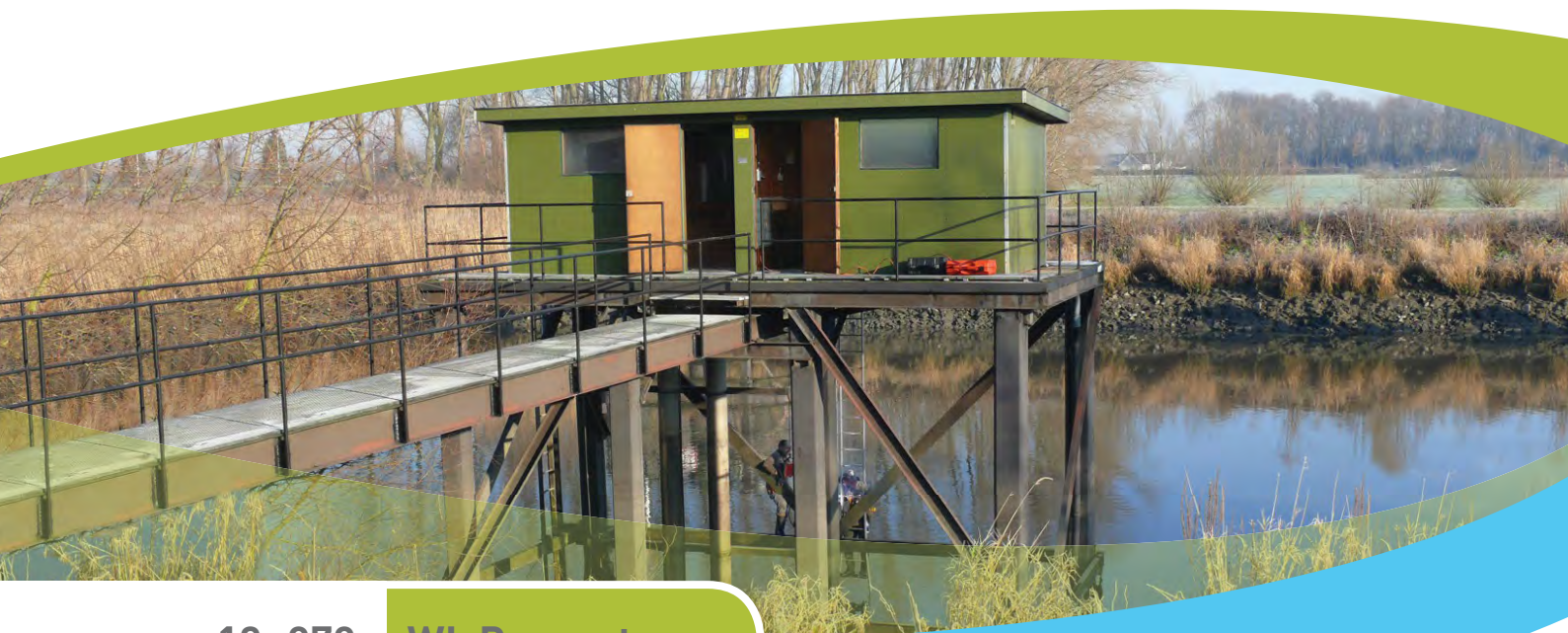




departement  
*Mobiliteit en  
Openbare Werken*

# MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014

FACTUAL DATA RAPPORTAGE VAN MONITORING HYDRODYNAMIEK  
EN FYSISCHE PARAMETERS ZOALS GEMETEN DOOR WL IN HET  
ZEESCHELDEBEKKEN IN 2014



12\_070

WL Rapporten

## **MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014**

Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek  
en fysische parameters zoals gemeten door WL in het  
Zeescheldebekken in 2014

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsen, S.; Vereycken, K.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.;  
Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.

Juni 2015

WL2015R12\_070\_4

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsen, S.; Vereycken, K.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2014. Versie 4.0. WL Rapporten, 12\_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL 2014: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2014		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2015R12_070_4
Keywords (3-5):	Tij, Sediment, Schelde, Monitoring, Slibbalans		
Tekst (p.):	153	Bijlagen (p.):	6
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf:	
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Verantwoordelijke (Steunpunt) HIC	Afdelingshoofd
Ferket, B. 	Plancke, Y. 	Vanlierde, E. 	Deschamps, M. 	Mostaert, F. 
Michielsen, S. 				
Vereycken, K. 	Meire, D. 		<b>Coördinator Studie &amp; Advies</b> Verwaest, T. 	
Pauwaert, Z. 				
Levy, Y. 				

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	07/05/2015	Conceptversie	Ferket, B., Michielsen, S., Pauwaert, Z.; Vereycken, K., Vanlierde, E.
2.0	22/05/2015	Inhoudelijke revisie	Plancke, Y.; Meire D.
3.0	12/06/2015	Revisie opdrachtgever	Beirinckx, K.; Roose, F.
4.0	30/06/2015	Definitieve versie	Vanlierde, E.

Abstract

Dit is het zevende (jaarlijkse) zogenaamde Moneos-rapport dat het Waterbouwkundig Laboratorium uitgeeft, met name over de monitoring van het jaar 2014. Eerdere rapporten gingen over 2008 t/m 2013. In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010) wordt een uitgebreide monitoring in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken gedaan. Het handelt grotendeels over een continue systeem-monitoring, en waarvan het merendeel al decennia lang wordt bemeten. Zo voert het Waterbouwkundig Laboratorium in het Zeescheldebekken vele continue metingen uit over waterstand, debieten, stromingen, chloridegehalten, turbiditeit en andere fysische parameters.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2014 in het Zeescheldebekken deed, meer bepaald het deel dat voor Moneos dienstig is. Dit rapport is een factual data rapportage van getijwaarnemingen, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit gemeten in 2014. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genoemd "basisboek" (Taverniers et al., 2013).



## Inhoudstafel

1.	Inleiding .....	1
	Jaarsamenvatting.....	2
2.	Jaaroverzicht getijwaarnemingen .....	3
2.1.	Getijwaarnemingen te Antwerpen .....	3
2.1.1.	Jaaroverzicht.....	3
2.1.2.	Jaaroverzicht 2014 in historisch perspectief .....	5
2.2.	Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten .....	10
2.3.	Stormvloeden .....	14
2.4.	Speciale tijen.....	19
2.4.1.	Speciaal tij 13 januari 2014.....	19
2.4.2.	Speciaal tij 7 februari 2014.....	21
2.4.3.	Speciaal tij 12 december 2014.....	23
3.	Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken .....	26
3.1.	Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts.....	27
3.1.1.	Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis.....	27
3.1.2.	Bovendebieten 2014 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief .....	29
3.2.	Overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied .....	31
3.2.1.	Globaal overzicht .....	31
3.2.2.	Individuele wasregimes.....	34
4.	Jaaroverzicht fysische parameters .....	40
4.1.	Continue metingen "fysische parameters" .....	40
4.1.1.	Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters" .....	40
4.1.2.	Verloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde.....	42
4.1.3.	Verloop temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde.....	54
4.1.4.	Verloop conductiviteit continue meetlocaties .....	62
4.1.5.	Verloop saliniteit continue meetlocaties.....	71
4.1.6.	Verloop turbiditeit en suspensiegehalte .....	78
4.1.7.	Verloop overige parameters.....	112
4.1.8.	Slibbalans.....	114
4.2.	Meetcampagnes.....	121
4.2.1.	Langsvaarten .....	121
4.2.2.	Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentraties) .....	132
5.	Referenties .....	152
	Bijlage: MONEOS-T parameters .....	B1
A.	Situering .....	B1
B.	Methodologie.....	B1
C.	Resultaten .....	B1
1.C.1	Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters .....	B1
1.C.2	Maximale eb- en vloednelheid in functie van daling/stijging te Antwerpen.....	B6

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 - Zeeschelde in Antwerpen: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2014 en in historisch perspectief; (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).....	5
Tabel 2 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor het jaar 2014, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. ....	11
Tabel 3 - Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2014.....	13
Tabel 4 - Beneden Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1972-2014), verdeeld per decimeter (mTAW).....	17
Tabel 5 - Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer. ....	26
Tabel 6 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m <sup>3</sup> /s). ....	28
Tabel 7 – 20 hoogste pentadegemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991 tot december 2014.....	30
Tabel 8 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2014 (m <sup>3</sup> /s) .....	33
Tabel 9 - Overzicht van de toesteltypes van multi-parametertoestellen ingezet in 2014 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren .....	41
Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2014) .....	42
Tabel 11 -- Gemiddelde en standaardafwijking van de gemeten stroomrichting bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) en Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2014. ...	42
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014).....	51
Tabel 13 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014).....	51
Tabel 14 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014.....	61
Tabel 15 - Overzicht van de conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014 ..	70
Tabel 16 - Overzicht van de saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014 .....	77
Tabel 17 – R <sup>2</sup> , RMSE en MSPE, het aantal datakoppels (N) en de min. en max. van deze datakoppels voor de SSC (turbiditeit) relatie van de verschillende Aanderaa meetlocaties.....	93
Tabel 18 - Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014).....	102
Tabel 19 – Enkelvoudige (enerzijds obv turbiditeit en anderzijds obv debiet) en meervoudige (obv turbiditeit en bijkomende predictor) regressiemodellen (o.b.v. data 2012-2014) aan de vier meetlocaties met ISCO staalnametoestel en YSI multiparametersonde .....	107
Tabel 20 - Regressiemodel en R <sup>2</sup> -waarde voor de meetposten gebruikt voor de slibbalansberekening 2014 (Qdm = daggemiddeld debiet), met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-betrouwbaarheidsinterval .....	116
Tabel 21 - Totale sedimentvracht (SSL) voor 2014 berekend via de interpolatiemethode met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-betrouwbaarheidsinterval.....	119

Tabel 22 - Herschalingfactor van meetraai naar monding.....	120
Tabel 23 - Totale sedimentvracht voor 2014 berekend via de interpolatiemethode aan de monding van de bemeten en <i>niet-bemeten</i> stroomgebieden en op de Zeeschelde te Schelle .....	120
Tabel 24 - Overzicht data meetcampagnes halve tij eb. ....	122
Tabel 25 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van halftij-eb gegevens in 2014 langsheen de volledige Zeeschelde .....	128
Tabel 26 - Overzicht meetcampagnes dertienuursmetingen met datum van uitvoering en start- en einduur in MET .....	133
Tabel 27 – Debiet, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF), Sedimentvracht (SSL), Stroomsnelheid en Volume bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de dertienuursmetingen in 2014 .....	151

## Lijst van de figuren

Figuur 1 - Beneden Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2014 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater. ....	3
Figuur 2 - Verloop van tijverschil geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2014. ....	4
Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2014. ....	4
Figuur 4 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van hoogwaters en laagwaters in 2014 verdeeld per decimeter TAW. ....	6
Figuur 5 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van tijverschillen in 2014 verdeeld per decimeter TAW. ....	7
Figuur 6 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddelden van hoogwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm (uiteraard werden in het verleden ook peilschaalopmetingen gedaan, maar deze zijn hier niet weergegeven). ....	7
Figuur 7 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddelden van laagwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm. ....	8
Figuur 8 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van tijverschillen. ....	8
Figuur 9 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend. ....	9
Figuur 10 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend. ....	9
Figuur 11 - Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium te 2014, waarin de MONEOS posten apart uitgelicht worden. ....	10
Figuur 12 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2014 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen. ....	12
Figuur 13 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2014 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen. ....	12
Figuur 14 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2014 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug). ....	14
Figuur 15 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2014 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug). ....	15
Figuur 16 – Stormvloed op 22 oktober 2014 - waterstand te Antwerpen van 20-24 oktober 2014 (UTC). ...	16
Figuur 17 - Frequentietabel van opzet te Antwerpen berekend a.d.h.v. het verschil tussen gemeten hoog- en laagwaters en astronomische voorspelde hoog- en laagwaters te Antwerpen in de periode 1985-2014. ....	16
Figuur 18 - Hoogte van stormtijden in relatie tot de opzet voor de periode 1987-2014. Astronomische voorspellingen voor 1987 zijn niet beschikbaar. ....	18
Figuur 19 - Speciaal tij op 13 januari 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Kallo, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC). ....	19
Figuur 20 - Weerkaarten van 13 januari 2014 00u & 06u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 27 april 2015). ....	20
Figuur 21 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meetpost Cadzand op 13 januari 2014. ....	21
Figuur 22 - Speciaal tij op 7 februari 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC). ....	21

Figuur 23 - Weerkaarten van 7 februari 2014 06u & 12u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 27 april 2015).....	22
Figuur 24 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meestpost Cadzand op 7 februari 2014. .	23
Figuur 25 - Speciaal tij op 12 december 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC).....	23
Figuur 26 - Weerkaarten van 12 december 2014 06u & 12u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 27 april 2015).....	24
Figuur 27 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meestpost Cadzand op 12 december 2014. ....	25
Figuur 28 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgdde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend. ....	27
Figuur 29 - Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle" voor 2014.....	28
Figuur 30 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2014.....	29
Figuur 31 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2014 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte. ....	29
Figuur 32 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadeberekening voor de periode 1991-2014.....	30
Figuur 33 - Pentadedebieten in de periode 1991-2014 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m <sup>3</sup> /s.....	31
Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2014. Duffel-sluis aan de Beneden-Nete, Epepegem aan de Zenne, Haacht aan de Dijle, Appels aan de Dender en Melle aan de Bovenzeeschelde.....	32
Figuur 35 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in het jaar 2014.....	32
Figuur 36 - Pentadeafvoer van de Rupel en de Bovenschelde opwaarts de monding van de Rupel in het jaar 2014.....	33
Figuur 37 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 13 januari tot 19 februari 2014 .....	34
Figuur 38 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 13 januari tot 19 februari 2014 .....	35
Figuur 39 - Gevallen neerslag van 4 juli 2014 tot en met 10 juli 2014.....	35
Figuur 40 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 7 tot 13 juli 2014.....	36
Figuur 41 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 7 tot 13 juli 2014 .....	36
Figuur 42 - Gevallen neerslag van 25 augustus 2014 tot en met 27 augustus 2014 .....	37
Figuur 43 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 25 tot 31 augustus 2014.....	37
Figuur 44 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 25 tot 31 augustus 2014 .....	38
Figuur 45 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 12 tot 30 december 2014 .....	38
Figuur 46 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 12 tot 30 december 2014 ...	39
Figuur 47 - Locatie van Moneos-metposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt .....	40
Figuur 48 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	44



Figuur 49 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	44
Figuur 50 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	45
Figuur 51 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	45
Figuur 52 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014) ..	46
Figuur 53 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	46
Figuur 54 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	47
Figuur 55 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	47
Figuur 56 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	48
Figuur 57 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	48
Figuur 58 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014).....	49
Figuur 59 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Boei 84.....	49
Figuur 60 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Oosterweel.....	50
Figuur 61 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten .....	50
Figuur 62 - Maximale ebsnelheid en maximale vloednelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014) .....	52
Figuur 63 - Maximale ebsnelheid en maximale vloednelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014) .....	52
Figuur 64 - Maximale ebsnelheid en maximale vloednelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014).....	53
Figuur 65 - Maximale ebsnelheid en maximale vloednelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014) .....	53
Figuur 66 - Maximale ebsnelheid en maximale vloednelheid te Driegoten (Beneden-Zeeschelde), versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014) .....	54
Figuur 67 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde) (2014) .....	56
Figuur 68 – Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	56
Figuur 69 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	57
Figuur 70 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) (2014).....	57
Figuur 71 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	58
Figuur 72 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	58
Figuur 73 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	59
Figuur 74 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	59

Figuur 75- Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	60
Figuur 76 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Bedenen-Nete) (2014).....	60
Figuur 77 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) .....	61
Figuur 78 - Temperatuur Appels (Dender), Epegem (Zenne) (2014) .....	62
Figuur 79 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Properpolder (Beneden- Zeeschelde) (2014) .....	64
Figuur 80 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	64
Figuur 81 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	65
Figuur 82 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden- Zeeschelde) (2014).....	65
Figuur 83 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	66
Figuur 84 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	66
Figuur 85 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2014) .....	67
Figuur 86 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde) (2014).....	67
Figuur 87 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Melle (Boven- Zeeschelde) (2014).....	68
Figuur 88 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2014).....	68
Figuur 89 - Verloop van conductiviteit bij kentering HW en kentering LW, in functie van de afstand tot Vlissingen (2014) .....	69
Figuur 90 - Boxplot voor de gemeten conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) .....	69
Figuur 91 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Appels (Dender), Epegem (Zenne) (2014) .....	70
Figuur 92 - Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden - Zeeschelde) (2014) .....	72
Figuur 93 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Boven (Beneden - Zeeschelde) (2014) .....	72
Figuur 94 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Onder (Beneden - Zeeschelde) (2014).....	73
Figuur 95 - Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden - Zeeschelde) (2014).....	73
Figuur 96 - Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel Boven (Beneden - Zeeschelde) (2014) .....	74
Figuur 97 - Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel Onder (Beneden - Zeeschelde) (2014).....	74
Figuur 98 - Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2014) .....	75
Figuur 99 - Saliniteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven - Zeeschelde) (2014) .....	75
Figuur 100 - Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven - Zeeschelde) (2014) .....	76
Figuur 101 - Saliniteit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2014).....	76
Figuur 102 - Boxplot voor de gemeten saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) .....	77
Figuur 103 - Saliniteit te Appels (Dender), Epegem (Zenne) (2014) .....	78
Figuur 104 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) 80	80
Figuur 105 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .80	80
Figuur 106 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	81

Figuur 107 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	81
Figuur 108 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	82
Figuur 109 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014).....	82
Figuur 110 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014) .....	83
Figuur 111 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	83
Figuur 112 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	84
Figuur 113 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	84
Figuur 114 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	85
Figuur 115 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	85
Figuur 116 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	86
Figuur 117 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	86
Figuur 118 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014).....	87
Figuur 119 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014).....	87
Figuur 120 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014).....	88
Figuur 121 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014).....	88
Figuur 122 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014).....	89
Figuur 123 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014).....	89
Figuur 124 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014).....	90
Figuur 125 - Turbiditeit gemeten te Appels (Dender) (2014).....	90
Figuur 126 - Turbiditeit gemeten te Epepegem (Zenne) (2014).....	91
Figuur 127 - Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Oosterweel en Driegoten (2014) .....	92
Figuur 128 - Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) met 95% betrouwbaarheidsinterval opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84 (SG500 linksboven, SG2500 rechtsboven), Oosterweel (SG2500 linksonder) en Driegoten (SG2500 rechtsonder) .....	93
Figuur 129 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014).....	94
Figuur 130 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) .....	94
Figuur 131 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)..	95
Figuur 132 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014) ...	95
Figuur 133 - SSC bij KLW en KHW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014).....	96
Figuur 134 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014) .....	96

Figuur 135 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)	97
Figuur 136 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)	97
Figuur 137 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)	98
Figuur 138 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)	98
Figuur 139 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)	99
Figuur 140 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)	99
Figuur 141 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)	100
Figuur 142 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)	100
Figuur 143 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)	101
Figuur 144 - Boxplot voor de SSC bij KHW en KLW op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014)	101
Figuur 145 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014)	102
Figuur 146 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012).	103
Figuur 147 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Melle (Boven-Zeeschelde)	104
Figuur 148 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Duffel Sluis (Beneden-Nete)	104
Figuur 149 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Appels (Dender)	105
Figuur 150 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Eppegem (Zenne)	105
Figuur 151 – Regressiemodel tussen turbiditeit, conductiviteit en SSC te Duffel Sluis (Beneden-Nete), voor ‘zomer’ (Mei-September, rechts) en ‘winter’ (Januari-April en Oktober-December, links): ruwe data (zwart), regressiemodel (blauw) en het onderste (groen) en bovenste (rood) 95%-betrouwbaarheidsinterval	107
Figuur 152 - SSC bij KLW en KHW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014)	108
Figuur 153 - SSC bij KLW en KHW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)	108
Figuur 154 - Maximale SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete), bovenste meettoestel (2014)	109
Figuur 155 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete), bovenste meettoestel (2014)	109
Figuur 156 - Maximale SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)	110
Figuur 157 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)	110
Figuur 158 – SSC (geschat o.b.v. stalen en regressiemodellen) te Appels (Dender)	111
Figuur 159 – SSC (geschat o.b.v. stalen en regressiemodellen) te Eppegem (Zenne)	111
Figuur 160 - Zuurstofgehalte [mg/l] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)	112

Figuur 161 - Zuurstofverzadiging [%] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde).....	113
Figuur 162 - Zuurtegraad [pH] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde).....	113
Figuur 163 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de verschillende stroomgebieden (+ jaarlijkse sedimentvracht berekend d.m.v. de interpolatiemethode voor de periodes 1972-2009 – Bron: Van Hoestenbergh et al. (2014)).....	114
Figuur 164 – Regressiemodel Debiet-SSC 2014: Dender te Appels (boven links), Zenne te Eppegem (boven rechts), Kleine Nete te Grobbendonk (midden links), Dijle te Haacht (midden rechts), Grote Nete te Itegem (onder links) en Boven-Zeeschelde te Melle (onder rechts).....	115
Figuur 165 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dender te Appels .....	116
Figuur 166 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zenne te Eppegem.....	117
Figuur 167 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Kleine Nete te Grobbendonk..	117
Figuur 168 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dijle/Demer te Haacht .....	118
Figuur 169 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Grote Nete te Itegem.....	118
Figuur 170 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) methode voor de Boven-Zeeschelde te Melle .....	119
Figuur 171 – Gecumuleerde sedimentvracht SSL geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zeeschelde te Schelle in 2014.....	121
Figuur 172 - Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten .....	122
Figuur 173 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden Zeeschelde.....	123
Figuur 174 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden Zeeschelde.....	124
Figuur 175 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de Beneden Zeeschelde.....	125
Figuur 176 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in februari 2014 langsheen de volledige Zeeschelde.....	126
Figuur 177 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in mei 2014 langsheen de volledige Zeeschelde .....	126
Figuur 178 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in september 2014 langsheen de volledige Zeeschelde..	127
Figuur 179 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in november 2014 langsheen de volledige Zeeschelde ...	127
Figuur 180 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Boei 79 .....	129
Figuur 181 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Liefkenshoek .....	129
Figuur 182 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Oosterweel .....	130
Figuur 183 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Kennedy-tunnel .....	130
Figuur 184 - Boxplots van sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Rupelmonde .....	131
Figuur 185 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde).....	133



Figuur 186 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	134
Figuur 187 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	135
Figuur 188 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	135
Figuur 189 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) op.....	136
Figuur 190 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	137
Figuur 191 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	137
Figuur 192 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	138
Figuur 193 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde).....	139
Figuur 194 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	140
Figuur 195 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	140
Figuur 196 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	141
Figuur 197 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde).....	142
Figuur 198 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	143
Figuur 199 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	143
Figuur 200 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	144
Figuur 201 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde).....	145
Figuur 202 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	146
Figuur 203 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	146
Figuur 204 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014.....	147
Figuur 205 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel).....	148
Figuur 206 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom (boven) en Terhagen (onder) (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014.....	149
Figuur 207 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014.....	150
Figuur 208 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014.....	150
Figuur 209 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de dertienuursmetingen langs de verschillende dwarsraaien in 2014.....	151

## Lijst van afkortingen

CTD: Conductiviteit – Temperatuur – Druk; tevens afkorting voor het meettoestel dat deze drie parameters registreert

HTE: Halve tij eb

FTU: Formazine turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door Aanderaa Seaguard multiparametertoestellen

GHW: gemiddeld hoogwater

GLW: gemiddeld laagwater

GTV: gemiddeld tijverschil, zijnde het hoogteverschil tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater

HHW: hoogste hoogwater

HLW: hoogste laagwater

KHW: kentering hoog water

KLW: kentering laag water

LCI: Lower confidence interval; onderste 95% betrouwbaarheidsinterval

LHW: laagste hoogwater

LLW: laagste laagwater

NTU: Nephelometric turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door YSI multiparametertoestellen

SSC: suspended sediment concentration, suspensiegehalte aan sediment

STDEV: standaard deviatie

TAW: Tweede Algemene Waterpassing, referentieniveau voor waterpassing gebruikt in België

UCI: Upper confidence interval; bovenste 95% betrouwbaarheidsinterval

## 1. Inleiding

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten Ontwikkeling-Schets) een uitgebreide monitoring uitgevoerd in het mondingsgebied van het Schelde-estuarium, in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken. Daarbij handelt het grotendeels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en kleinendeels over studie-monitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, of uitgebreid naar meer locaties of naar meer parameters.

Het globale MONEOS-programma omhelst verschillende delen, zowel naar:

- de drie luiken, zijnde toegankelijkheid, natuurlijkheid en veiligheid;
- de aard van de te meten parameters: hydraulisch, morfologisch, fysico-chemisch, biologisch, ...
- de plaats (water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde zoals overstromingsgebieden, gebieden met een gecontroleerd gereduceerd getij, ...).

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout vele continue metingen uit over waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensie-gehalte, en andere fysische parameters, waarvan vele metingen in het globale MONEOS-programma mee opgenomen zijn.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2014 door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Het gaat in dit rapport om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die eigen zijn aan het beleidsdomein "Mobiliteit en Openbare Werken" waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort, zoals:

- waterstanden (het tij in het Zeescheldebekken);
- bovendebieten (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied);
- temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte van vnl. het water van Zeeschelde en Nete;
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen);
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete, aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

Dit rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport is het zevende in een reeks, en bevat louter de weergave en rapportering van de resultaten voor 2014. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie document genaamd "Basisboek" dat vorig jaar reeds verscheen (Taverniers et al., 2013).

## Jaarsamenvatting

### Getij

In het jaar 2014 vond één stormvloed plaats (22 oktober 02:46, 6,78 mTAW).

Verder klasseert het getij in het jaar 2014 zich als normaal binnen de context van de tijen van de voorbije decennia.

Tot slot klasseert het jaar 2014 zich ook naar frequentieverdeling van optreden van alle hoogwaterstanden, alle laagwaterstanden en meteen ook van alle getijverschillen als normaal.

### Bovendebieten

Het jaar 2014 was wat afvoer aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken aangaat, gekenmerkt door vier periodes van hogere afvoer waarvan geen enkele gerapporteerd werd in gepubliceerde wasrapporten:

- Periode 1: 13-01-2014 tot 19-01-2014
- Periode 2: 09-07-2014 tot 11-07-2014
- Periode 3: 25-08-2014 tot 30-08-2014
- Periode 4: 12-12-2014 tot 30-12-2014

## 2. Jaaroverzicht getijwaarnemingen

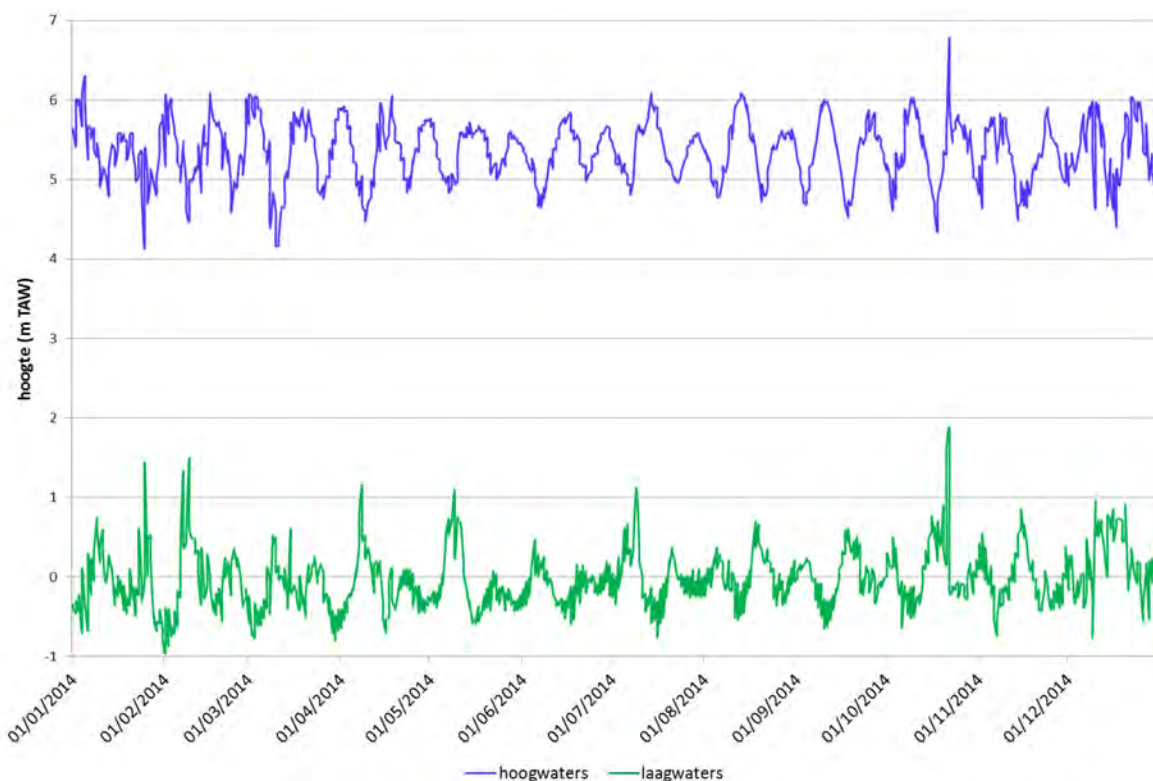
Voor achtergrond en duiding bij het getij in het Zeescheldebekken, meetlocaties en het normale verloop van het getij wordt verwezen naar het "Basisboek" (Taverniers et al., 2013).

### 2.1. Getijwaarnemingen te Antwerpen

#### 2.1.1. Jaaroverzicht

Al meer dan honderdtwintig jaar wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw het getij geregistreerd. Ondermeer daarom en gezien het representatieve karakter, worden de data afkomstig van de getij-meetpost te Antwerpen als toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

Figuur 1 toont het jaarverloop 2014 voor hoogwaters (in blauwe lijn) en voor laagwaters (in groene lijn) voor de meetpost Antwerpen. De zeer hoge en zeer lage hoog- en laagwaterstanden komen hier duidelijk naar voor. Ook kunnen de ongeveer veertien/vijftien-daagse periodes van spring- en doottij visueel onderscheiden worden.



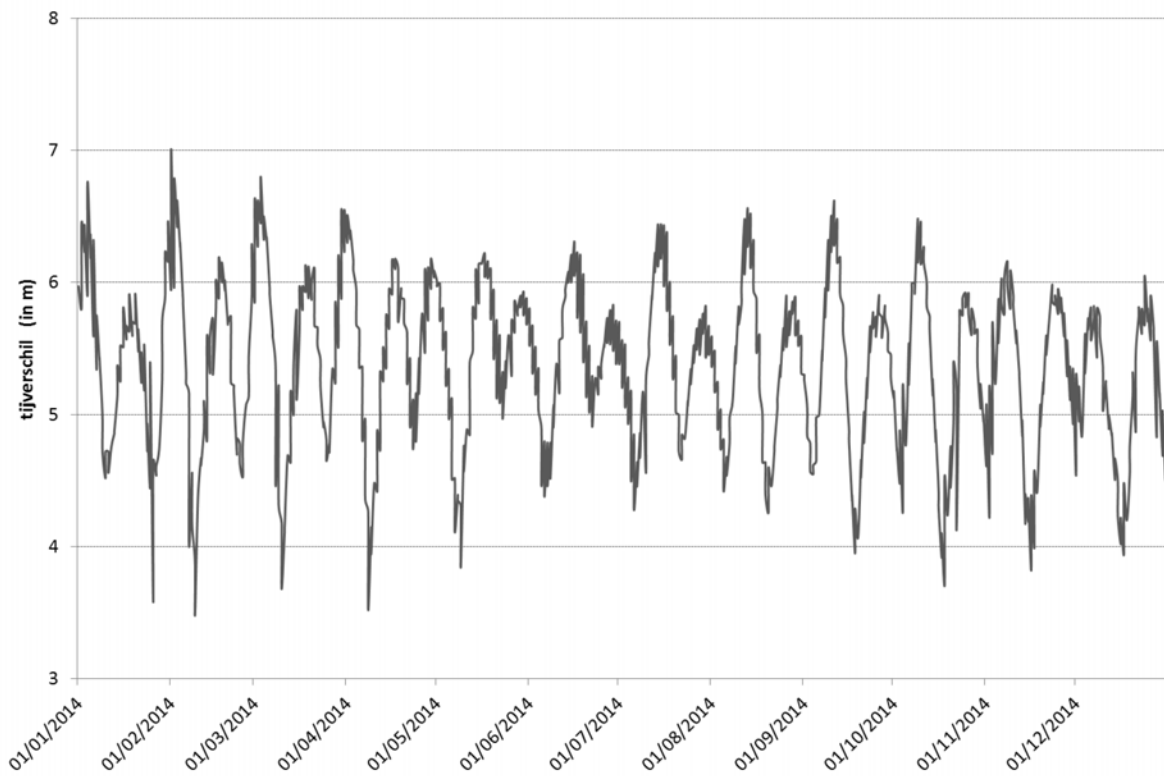
Figuur 1 - Beneden Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2014 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.

Deze doottij-springtijcyclus valt tevens op te merken in het jaarverloop van het tijverschil, dat getoond wordt in Figuur 2.

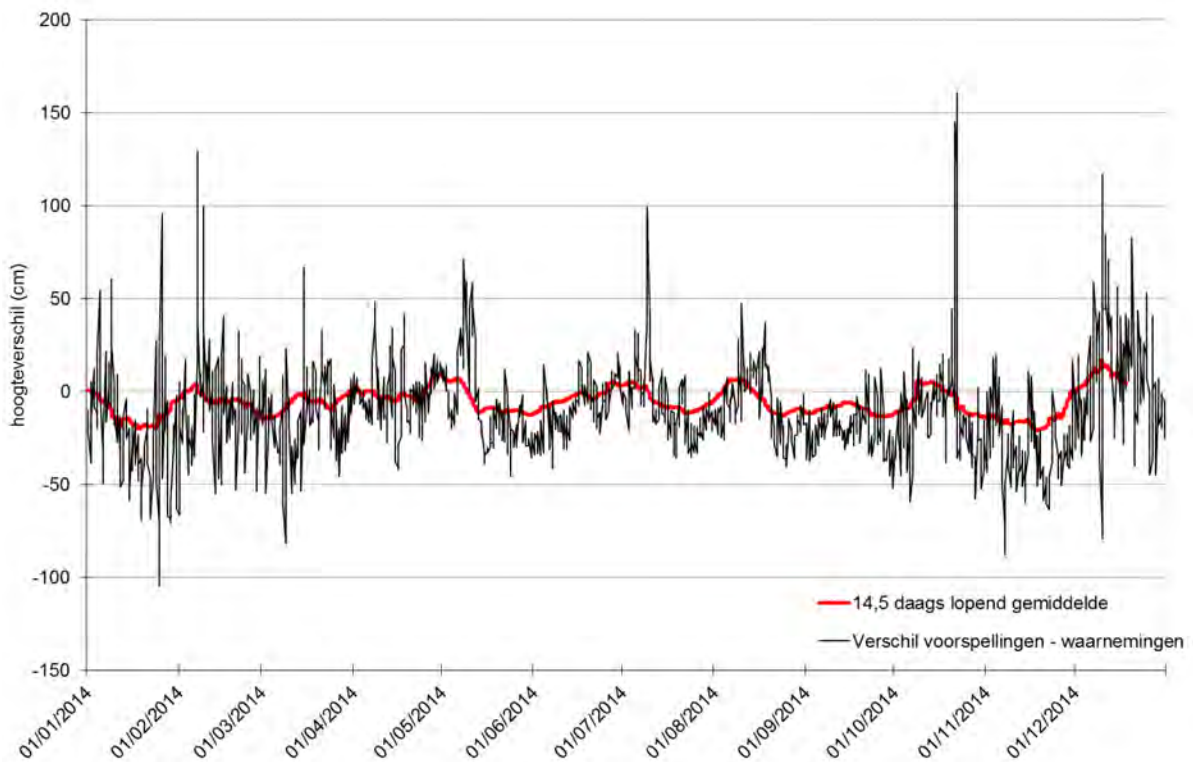
De springtij-doottijcyclus is astronomisch te voorspellen. Echter, de waarnemingen kunnen in beduidende mate afwijken van het astronomisch verloop. Dit komt omdat ze sterk beïnvloed kunnen worden door meteorologische omstandigheden, vooral opwaaiing en afwaaiing in het afwaartse deel van het tijbekken, en in het opwaartse deel sterk beïnvloed kunnen worden door de variatie van kleine, gemiddelde, grote en zeer grote bovendebieten uit de opwaarts van het tijbekken gelegen hydrografische gebieden.

Dit is geïllustreerd in Figuur 3, waarin de verschillen tussen de astronomisch voorspelde hoog- en laagwaters en de effectief waargenomen waarden voor het jaar 2014 zijn weergegeven. Hierin kan ook duidelijk een verschil tussen de zomer- en de wintermaanden opgemerkt worden.





Figuur 2 - Verloop van tjiverschil geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2014.



Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen (Beneden Zeeschelde) in 2014.

Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen opgetreden en astronomisch voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 13 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 29 cm). Dit komt doordat tijdens de zomer er slechts weinig opwaaingen en weinig afwaaingen plaatsvinden. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen astronomisch voorspeld en effectief waargenomen getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 20 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 49 cm, met een maximum verschil van 1,67 m).

### 2.1.2. Jaaroverzicht 2014 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het vaak interessanter om een aantal kerngetallen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 1 toont een overzicht van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor de tijpost Antwerpen in 2014. Tevens zijn in deze tabel de waarden van 2014 vergeleken met de waarden van de laatste vier decennia.

De bovenvernoemde kenmerkende tijwaarden zijn gemiddeld hoogwater (GHW), gemiddelde laagwater (GLW), gemiddeld tijverschil (GTV), duur van de stijging en duur van de daling, en dit zowel voor middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor springtij en voor doodtij.

Tot slot zijn ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW) alsook hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW)) geregistreerd in 2014 alsook in de 4 voorafgaande decennia opgenomen in deze tabel.

Tabel 1 - Zeeschelde in Antwerpen: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2014 en in historisch perspectief; (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2014
middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,31	5,36
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,06	-0,03
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,39
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>05:18</i>	<i>05:22</i>	<i>05:25</i>	<i>05:32</i>	<i>5:29</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>07:07</i>	<i>07:03</i>	<i>07:01</i>	<i>06:53</i>	<i>6:56</i>
springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,76
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,20	-0,29
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,95	6,04
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>4:45</i>	<i>5:00</i>	<i>05:01</i>	<i>05:10</i>	<i>5:05</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>7:25</i>	<i>7:20</i>	<i>07:18</i>	<i>07:11</i>	<i>7:13</i>
doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,84
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,28
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,56
	<i>Duur van de stijging</i>	<i>5:47</i>	<i>5:54</i>	<i>05:55</i>	<i>06:06</i>	<i>5:59</i>
	<i>Duur van de daling</i>	<i>6:53</i>	<i>6:48</i>	<i>06:44</i>	<i>06:38</i>	<i>6:45</i>
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,06	6,78
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	4,14
	99 <sup>ste</sup> percentiel	6,04	6,16	6,18	6,20	6,02
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	1,85
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,26	-0,95
	1 <sup>ste</sup> percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,60	-0,68

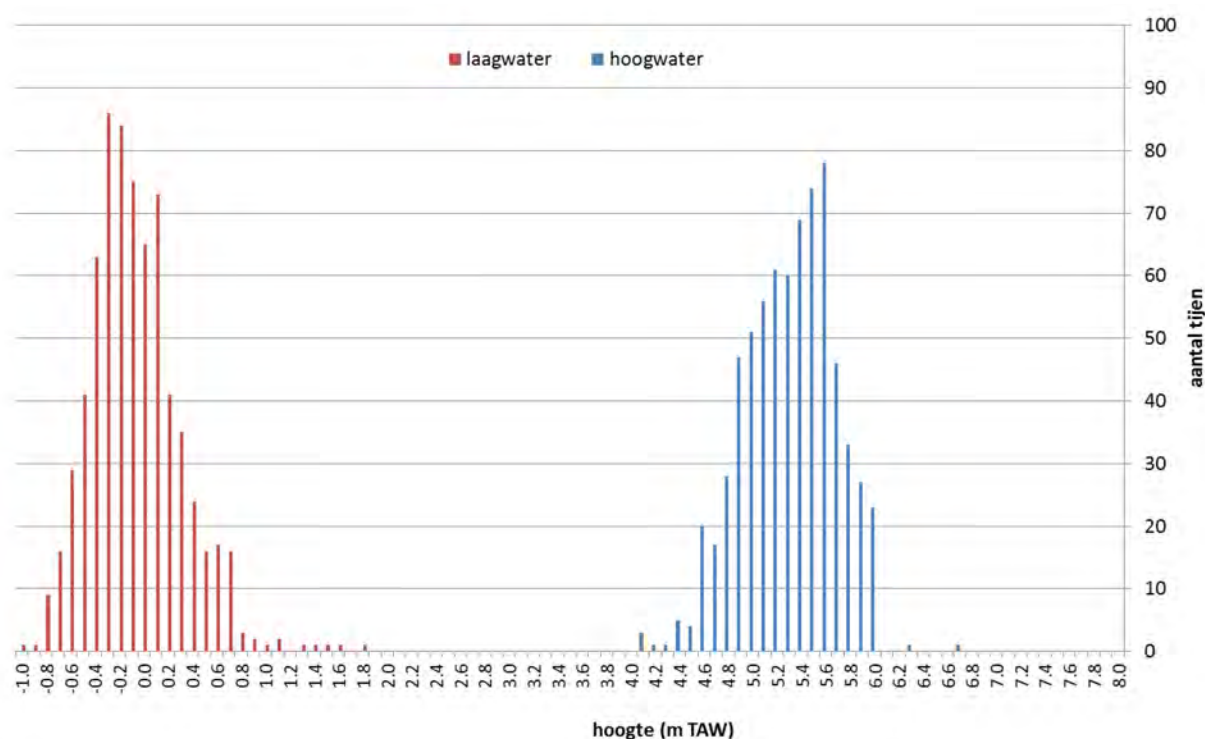
Deze kernwaarden geven echter geen volledig beeld van de verdeling van de hoogwaters, laagwaters en tijverschillen. Daarom tonen Figuur 4 en Figuur 5 frequentieverdelingen voor het jaar 2014, waarin per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal registraties van deze parameters.

Het totale bereik waarover de tijverschillen in de getoonde periode zijn gegaan, is niet uitzonderlijk. Gespreid over 37 klassen is er een bereik van 3,40 m tot 7,00 m.

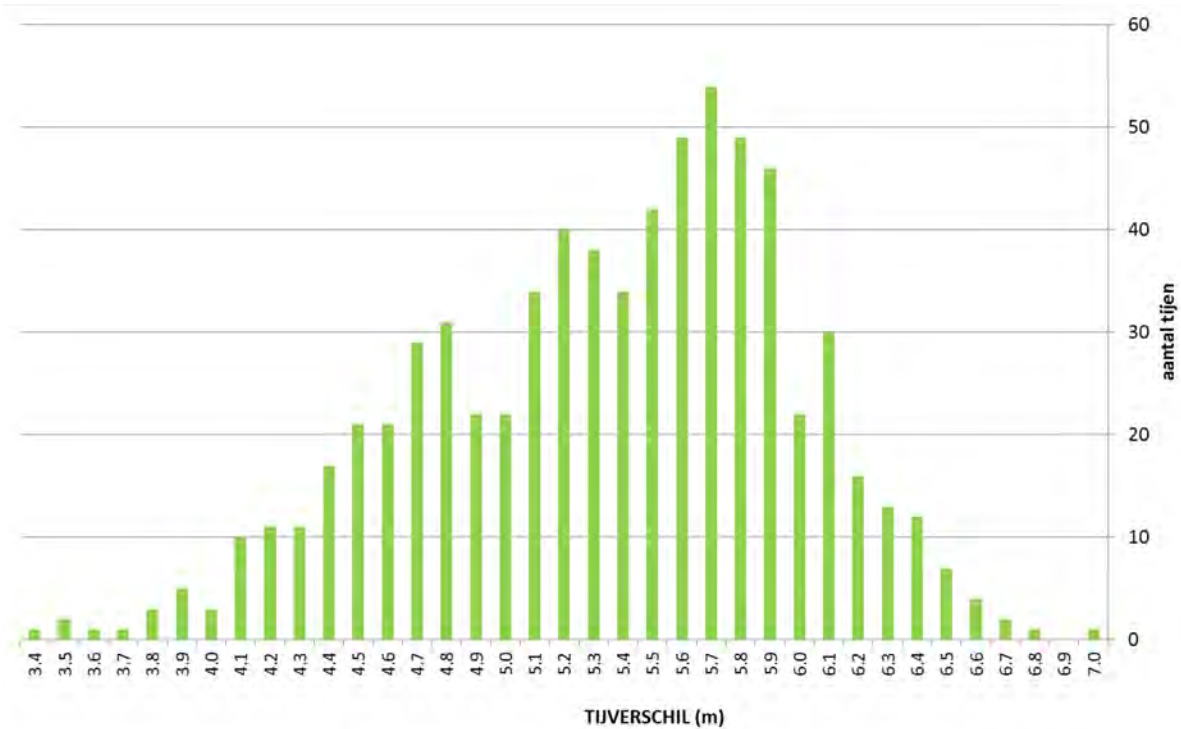
Figuur 4 en Figuur 5 handelen wel over de gegevens te Antwerpen, maar de trend geldt voor alle locaties, en voor bijvoorbeeld de opwaartse vakken van het tijbekken kan dit ook makkelijk begrepen worden omdat bij grote bovendebieten en wasregimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, maar de laagwaters nog (soms veel) meer dan de hoogwaters, waardoor het tijverschil beduidend kleiner wordt dan normaal.

Het jaar 2014 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 1) een vrij normaal jaar. Dat blijkt ook uit de volgende figuren.

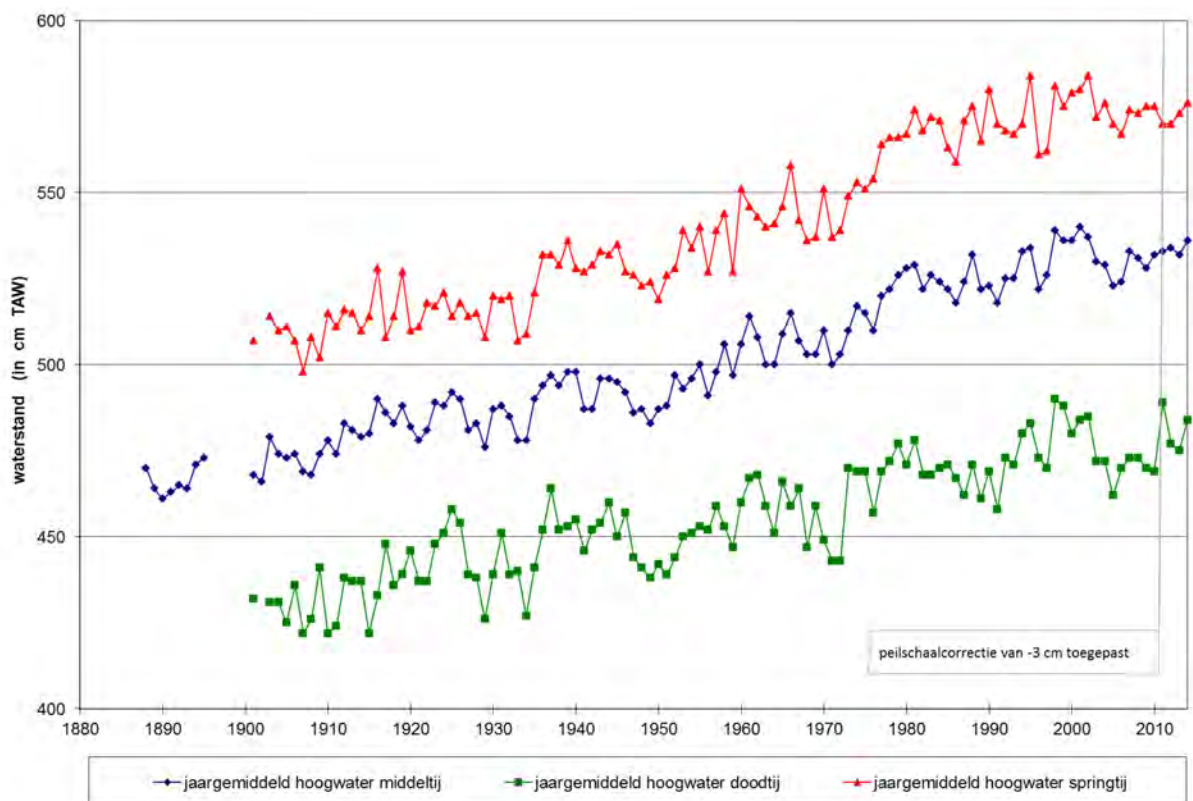
Naast Tabel 1 en Figuur 4 en Figuur 5 wordt het tij van 2014 ook in grafisch historisch perspectief geplaatst. Figuur 6 t/m Figuur 10 schetsen dit historisch beeld.



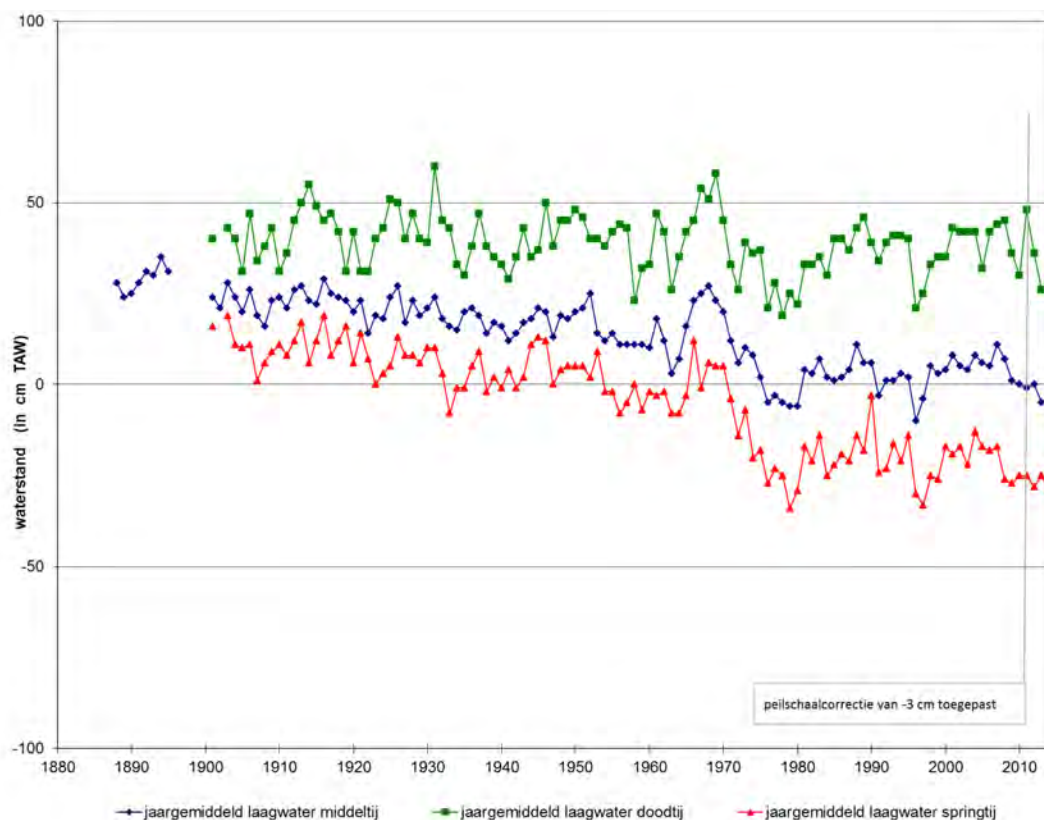
Figuur 4 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van hoogwaters en laagwaters in 2014 verdeeld per decimeter TAW.



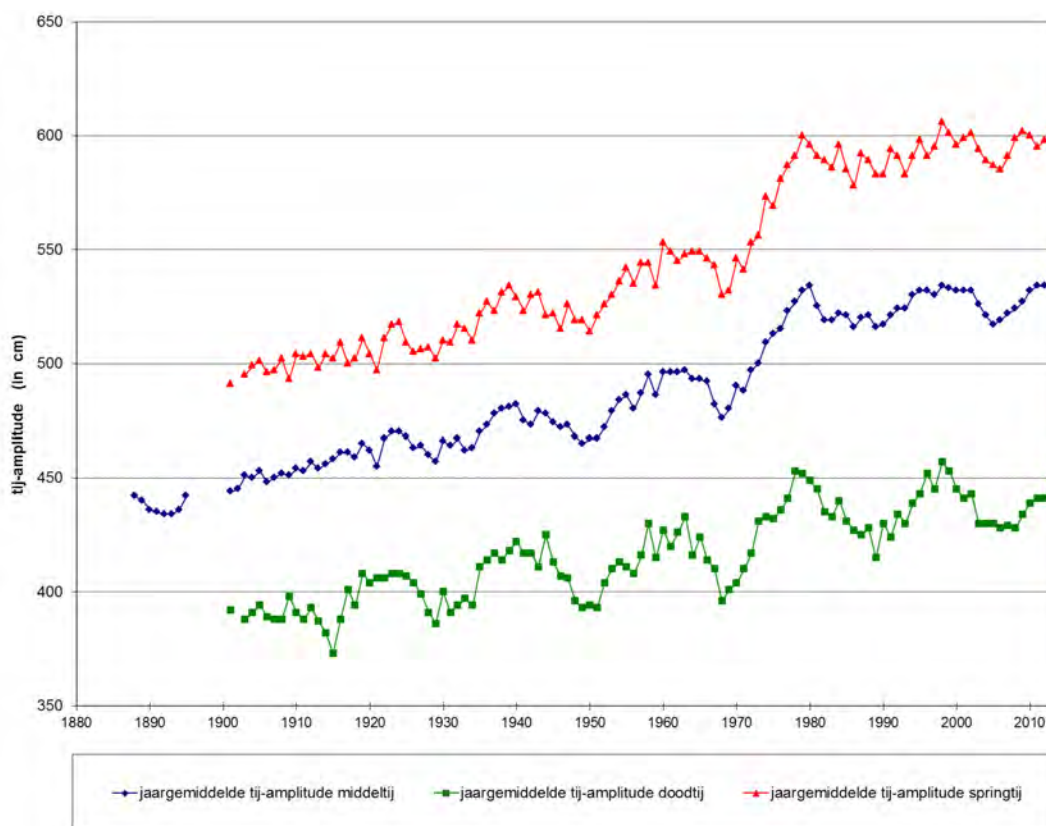
Figuur 5 - Zeeschelde in Antwerpen: Frequentieverdeling van tijverschillen in 2014 verdeeld per decimeter TAW.



Figuur 6 -Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddelden van hoogwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm (uiteraard werden in het verleden ook peilschaalopmetingen gedaan, maar deze zijn hier niet weergegeven).

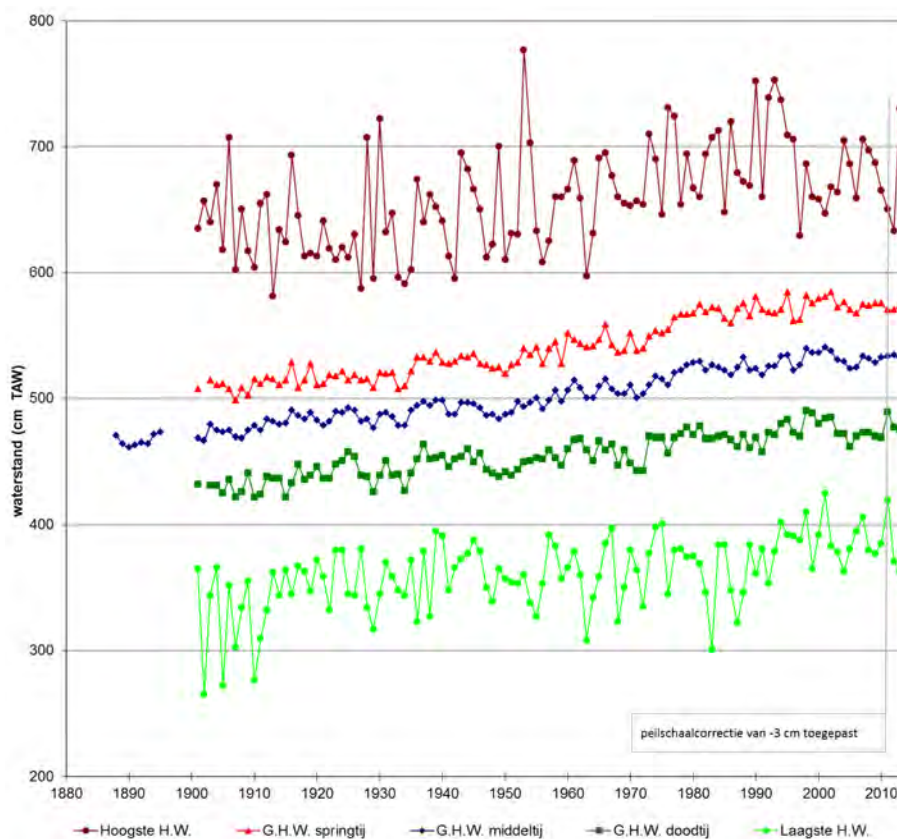


Figuur 7 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddelden van laagwater. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie doorgevoerd van -3 cm.

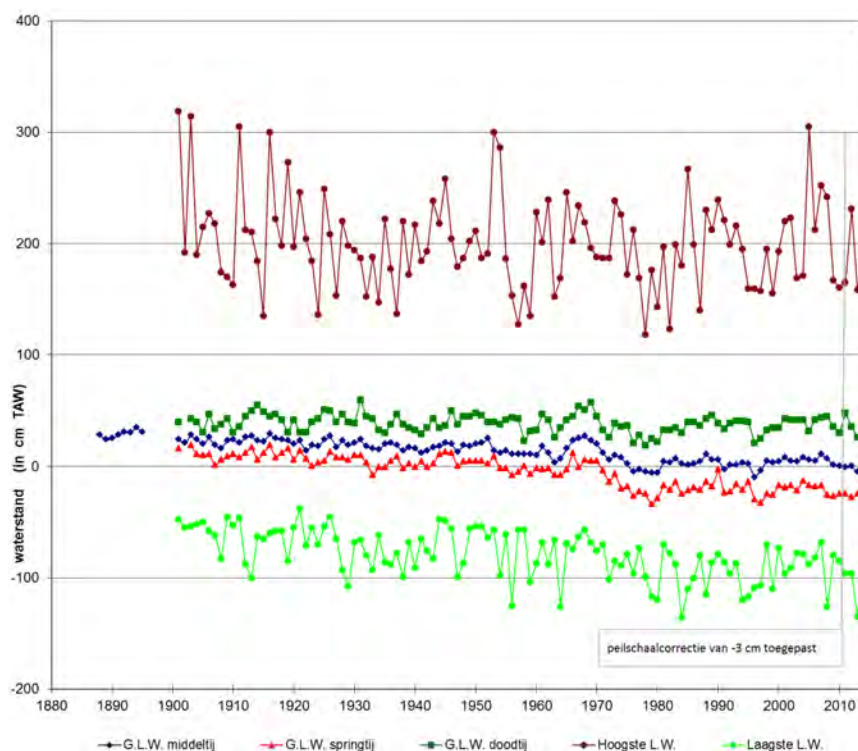


Figuur 8 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van tijverschillen.





Figuur 9 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.



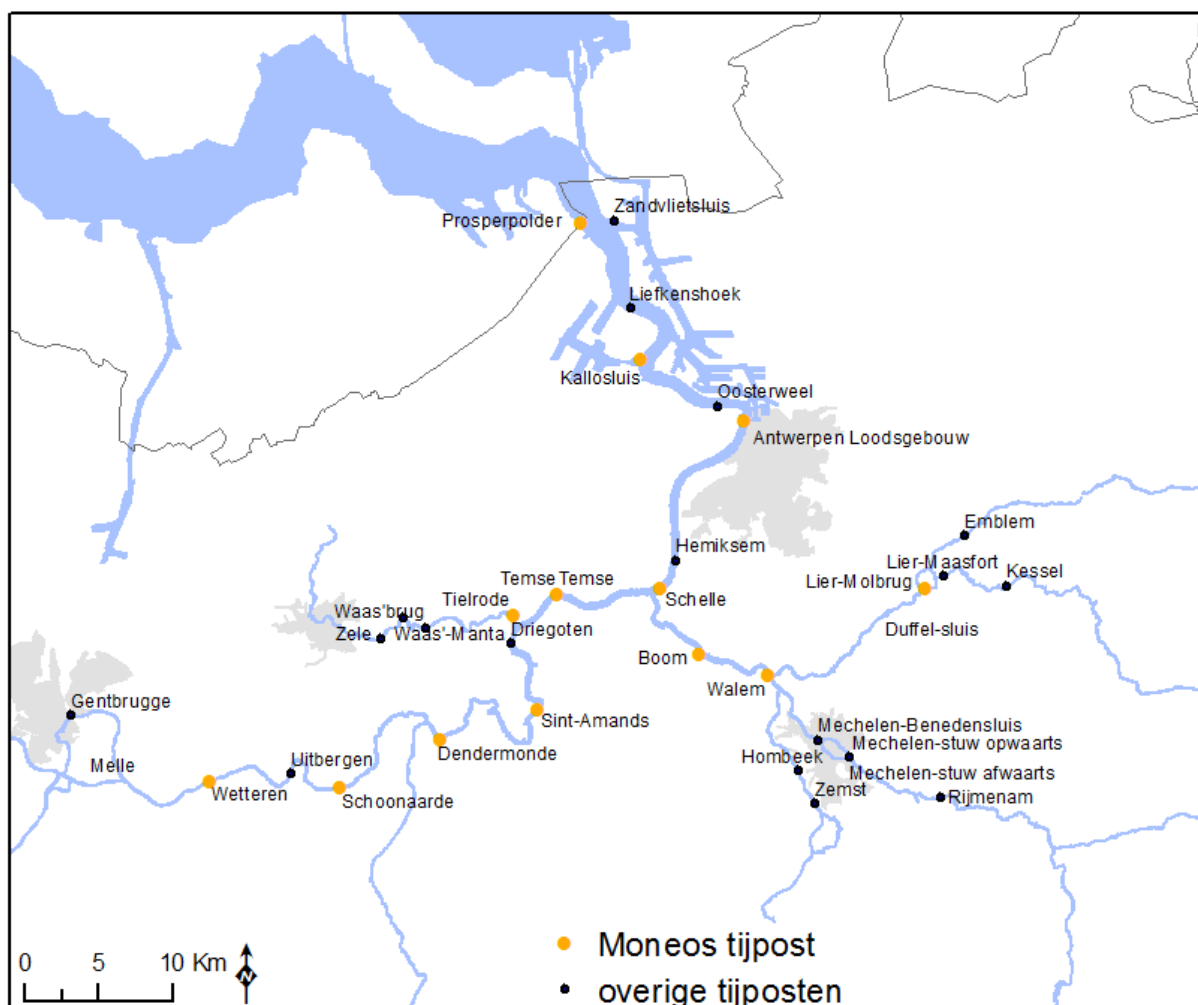
Figuur 10 - Zeeschelde in Antwerpen: langjarige tij-evolutie (1888-2014) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. Vanaf 2011 werd een peilschaalcorrectie van -3 cm doorgerekend.

## 2.2. Getijwaarnemingen op overige tijmeetposten

In § 2.1 is de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw besproken. Hoewel kennis van het tijverloop te Antwerpen al veel informatie biedt over andere meetlocaties, zijn in dit deel enkele andere strategisch gekozen meetlocaties behandeld.

Anders dan bij de afwaartse posten zoals Antwerpen kunnen de grote bovendebieten en wasregimes een grote invloed hebben op de meer opwaartse posten.

Figuur 11 toont de meetlocaties waar door het WL waterstanden wordt gemonteerd in het getijbeïnvloede gedeelte van het Scheldebekken.



Figuur 11 - Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium te 2014, waarin de MONEOS posten apart uitgelicht worden.

Tabel 2 geeft de hoofdkenmerkende tijwaarden van 2014 voor de belangrijkste meetlocaties in het Zeescheldebekken die ten nutte van Moneos zijn.

Hieronder volgt de rapportage van de metingen voor 2014. Voor de Moneos-T parameters van 2008 t.e.m. 2014 wordt verwezen naar Bijlage: MONEOS-T parameters, § 1.C.1

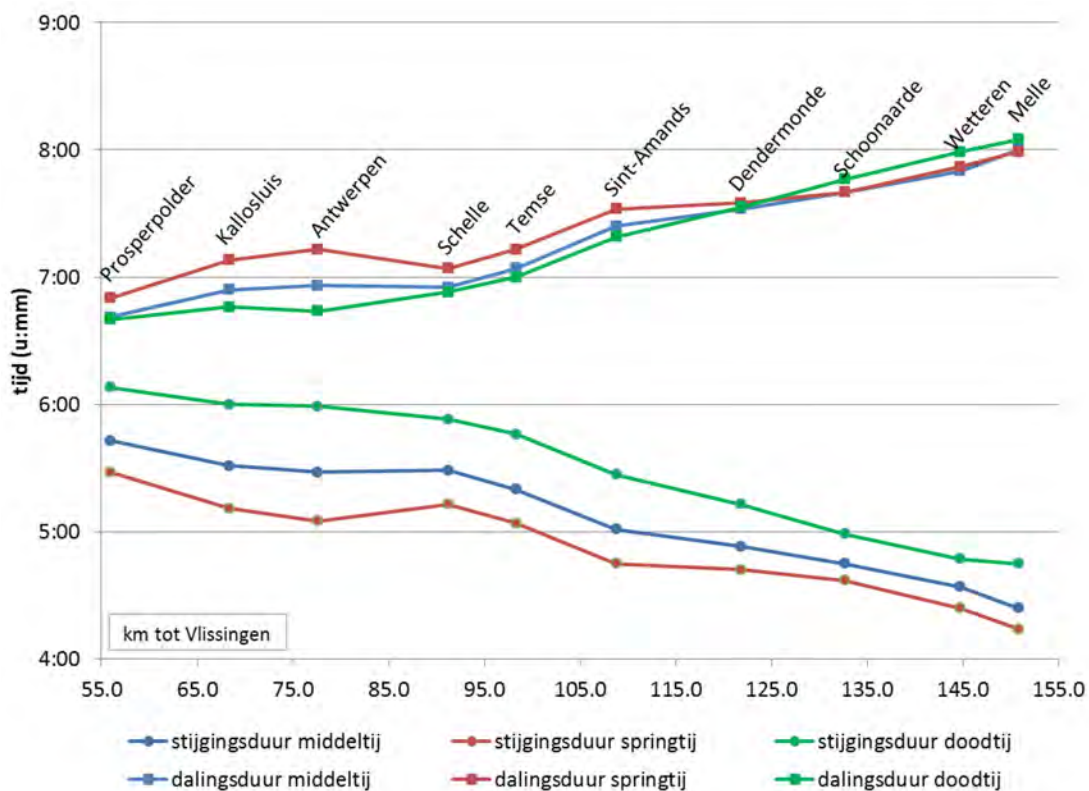
Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij periodes van grote bovendebieten, kan het voorkomen dat de laagwaters dan gedurende enkele tijden hoger uitkomen dan de jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit was voor de getoonde posten in 2014 niet het geval wegens de afwezigheid van een uitgesproken was. Wel is het bij Wetteren en Melle zo dat het hoogste laagwater groter is dan het laagste hoogwater. De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken nog groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laagwaterstanden, maar ook van hoogwaterstanden (hoewel kleiner). Hierdoor wordt het tijverschil tijdelijk beperkt.

Tabel 2 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor het jaar 2014, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.

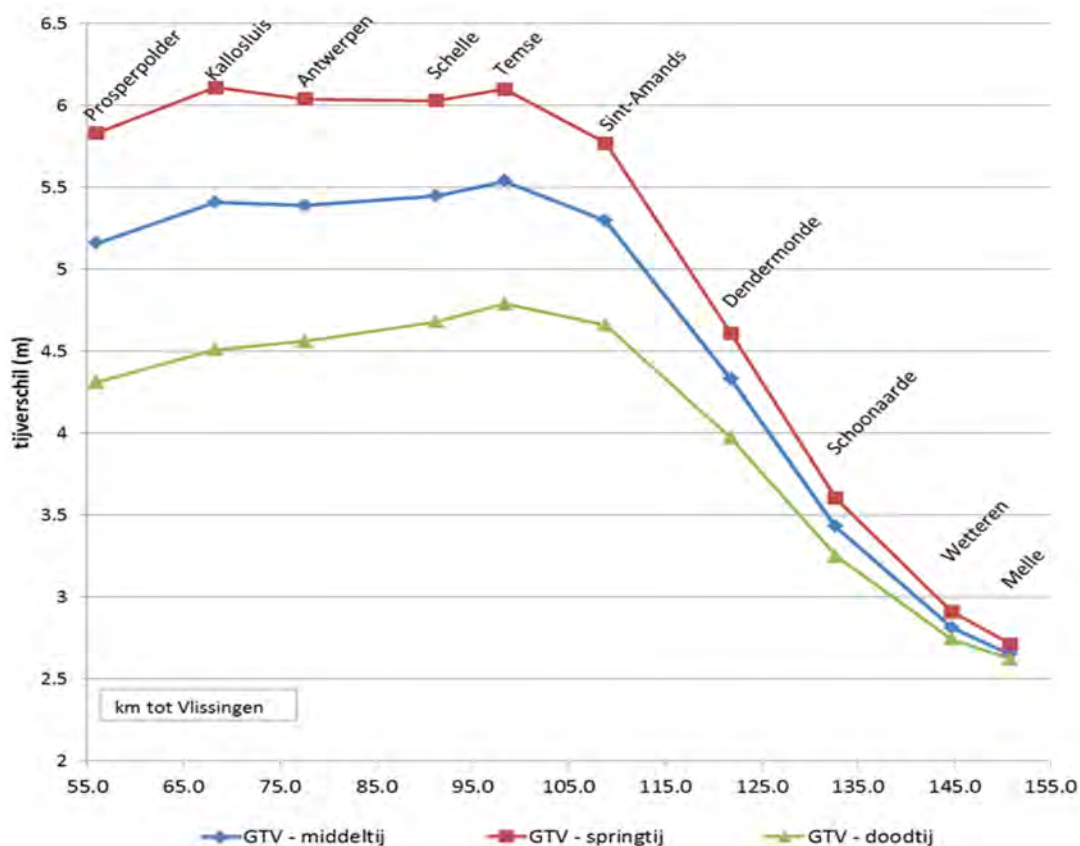
2014		Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen-Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle	
afstand tot Vlissingen (km)		55.9	68.3	77.6	91.2	98.3	108.8	121.8	132.6	144.7	150.8	
middeltij		GHW	5.17	5.33	5.36	5.49	5.61	5.63	5.37	5.16	4.99	5.09
		GLW	0.01	-0.07	-0.03	0.04	0.06	0.33	1.04	1.74	2.19	2.44
		GTV	5.16	5.41	5.39	5.45	5.54	5.30	4.33	3.43	2.81	2.65
		duur van stijging	05:43	05:31	05:28	05:29	05:20	05:01	04:53	04:45	04:34	04:24
		duur van daling	06:41	06:54	06:56	06:55	07:04	07:24	07:32	07:40	07:50	08:00
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-00:20	-00:14	00:00	00:39	00:48	01:05	01:40	02:16	02:57	03:19
		LW	-00:35	-00:16	00:00	00:38	00:56	01:32	02:16	02:59	03:51	04:23
springtij		GHW	5.58	5.77	5.76	5.85	5.98	6.00	5.68	5.43	5.23	5.30
		GLW	-0.25	-0.34	-0.29	-0.18	-0.12	0.22	1.07	1.83	2.31	2.59
		GTV	5.83	6.11	6.04	6.03	6.10	5.77	4.61	3.60	2.91	2.71
		duur van stijging	05:28	05:11	05:05	05:13	05:04	04:45	04:42	04:37	04:24	04:14
		duur van daling	06:50	07:08	07:13	07:04	07:13	07:32	07:35	07:40	07:52	07:59
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-00:14	-00:12	00:00	00:47	00:57	01:14	01:52	02:28	03:08	03:31
		LW	-00:37	-00:17	00:00	00:38	00:57	01:33	02:14	02:55	03:46	04:17
doodtij		GHW	4.62	4.76	4.84	4.98	5.07	5.10	4.95	4.82	4.71	4.81
		GLW	0.32	0.25	0.28	0.30	0.29	0.45	0.98	1.57	1.96	2.19
		GTV	4.31	4.51	4.56	4.68	4.79	4.66	3.97	3.25	2.74	2.62
		duur van stijging	06:08	06:00	05:59	05:53	05:46	05:27	05:13	04:59	04:47	04:45
		duur van daling	06:40	06:46	06:44	06:53	07:00	07:19	07:33	07:46	07:59	08:05
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	-00:24	-00:14	00:00	00:31	00:41	00:57	01:30	02:04	02:44	03:06
		LW	-00:28	-00:12	00:00	00:39	00:57	01:32	02:19	03:06	03:58	04:27
uiterste waarden		HHW	6.55	6.70	6.78	6.85	6.96	6.97	6.77	6.48	6.39	6.41
		LHW	3.91	4.06	4.14	4.28	4.38	4.40	4.30	4.19	4.00	4.06
	99e percentiel	HW	5.86	6.06	6.02	6.13	6.22	6.24	5.97	5.82	5.85	5.91
		HLW	1.86	1.80	1.85	1.88	1.87	1.95	2.52	3.16	4.05	4.74
		LLW	-0.91	-0.99	-0.95	-0.88	-0.70	-0.29	0.47	1.20	1.48	1.57
	1e percentiel	LW	-0.62	-0.73	-0.68	-0.61	-0.46	-0.08	0.67	1.32	1.62	1.74

Figuur 12 en Figuur 13 geven enkele waarden uit Tabel 2 grafisch weer. Uit Figuur 12 blijkt zeer duidelijk dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW). Hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de tijkromme. De springtij-doodtij cyclus heeft weinig invloed op de stijgingsduur, maar is wel duidelijk observeerbaar voor de dalingsduur.

Figuur 13 toont aan dat het tijverschil toeneemt van Prosperpolder tot Temse en pas dan gestaag afneemt en dat de invloed van het tij kleiner en kleiner wordt naarmate men zich meer opwaarts begeeft. Dit beeld is duidelijker voor dood- en springtij wordt kleiner stroomopwaarts.



Figuur 12 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2014 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



Figuur 13 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2014 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.

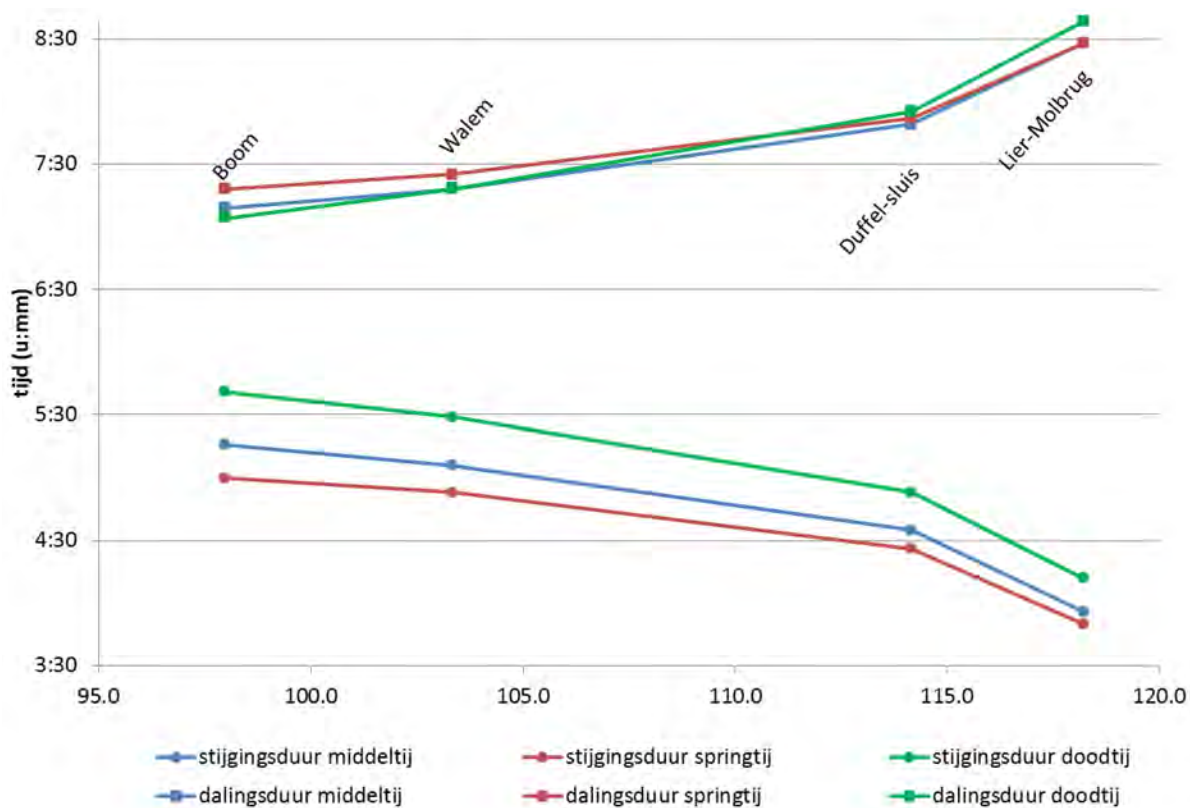
Voor de aan het tij onderhevige zijrivieren is de keuze beperkt tot Boom en Walem voor de Rupel, Duffel Sluis en Lier-Molbrug voor het Netebekken en Tielrode voor de Durme. De belangrijkste tijwaarden staan in Tabel 3.

Tabel 3 - Rupel, Beneden-Nete en Durme:  
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2014.

2014			Tielrode	Boom	Walem	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
<b>afstand tot Vlissingen (km)</b>			103.1	98.0	103.3	114.2	118.2
<b>middeeltij</b>		GHW	5.65	5.57	5.61	5.63	5.43
		GLW	0.08	0.13	0.37	1.23	2.54
		GTV	5.57	5.44	5.24	4.40	2.89
		duur van stijging	05:10	05:16	05:06	04:35	03:56
		duur van daling	07:14	07:09	07:18	07:49	08:28
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	00:53	00:51	01:04	01:30	01:49
		LW	01:11	01:04	01:26	02:23	03:21
<b>springtij</b>		GHW	6.04	5.93	5.95	5.96	5.72
		GLW	-0.09	-0.01	0.30	1.29	2.62
		GTV	6.13	5.93	5.65	4.66	3.09
		duur van stijging	04:54	05:00	04:53	04:26	03:50
		duur van daling	07:24	07:18	07:25	07:52	08:28
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	01:02	01:00	01:14	01:41	02:01
		LW	01:12	01:05	01:26	02:20	03:17
<b>doodtij</b>		GHW	5.10	5.07	5.13	5.17	5.04
		GLW	0.28	0.31	0.46	1.14	2.43
		GTV	4.82	4.76	4.67	4.03	2.61
		duur van stijging	05:39	05:41	05:29	04:53	04:12
		duur van daling	07:06	07:04	07:18	07:55	08:38
	tijdsverschil op Antwerpen	HW	00:47	00:43	00:52	01:17	01:35
		LW	01:08	01:02	01:25	02:27	03:29
<b>uiterste waarden</b>		HHW	6.97	6.95	6.98	6.97	6.72
		LHW	4.40	4.39	4.44	4.51	4.43
	99e percentiel	HW	6.30	6.19	6.22	6.23	6.03
		HLW	1.83	1.90	2.04	2.64	3.61
		LLW	-0.64	-0.55	-0.18	0.79	2.08
1e percentiel	LW	-0.42	-0.36	-0.03	0.87	2.16	

Hoewel de meetpost Lier-Molbrug net zoals Melle aan de rand ligt van het tijgebied, blijven de hoogst geregistreerde waterstanden in Lier ruim onder het peil van het jaargemiddeld hoogwater. In Melle en ook Wetteren is dit minder het geval. Hier spelen meerdere oorzaken. De bovenafvoer te Melle van de Schelde bedraagt meer dan het dubbel van deze van de Nete: hierdoor is de invloed van de bovenafvoer te Melle groter. Ten tweede is de afstand tot Vlissingen bij Melle veel groter dan te Lier waardoor sowieso het getij te Melle veel zwakker is dan te Lier. Hierbij komt nog dat het getij opwaarts Melle ter hoogte van de stuw van Merelbeke wordt tegengehouden (en gereflecteerd). Op de Netes opwaarts Lier Molbrug kan het getij vrij 'uitbollen'.

Figuur 14 en Figuur 15 tonen respectievelijk de stijgings- en dalingsduur en het gemiddeld tijverschil van Boom t.e.m. Lier-Molbrug, dus op de Rupel en Beneden Nete. Het valt op dat hoe dichter bij de Zeeschelde, hoe korter de dalingsduur en hoe langer de stijgingsduur. Het tijverschil is eveneens het grootst voor de meest afwaartse post (Boom). Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middeltij, springtij en doottij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts van de zijrivieren van de Schelde begeeft. In Duffel Sluis en Lier-Molbrug is bijvoorbeeld de dalingsduur quasi gelijk voor middeltij, springtij en doottij.



Figuur 14 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2014 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).

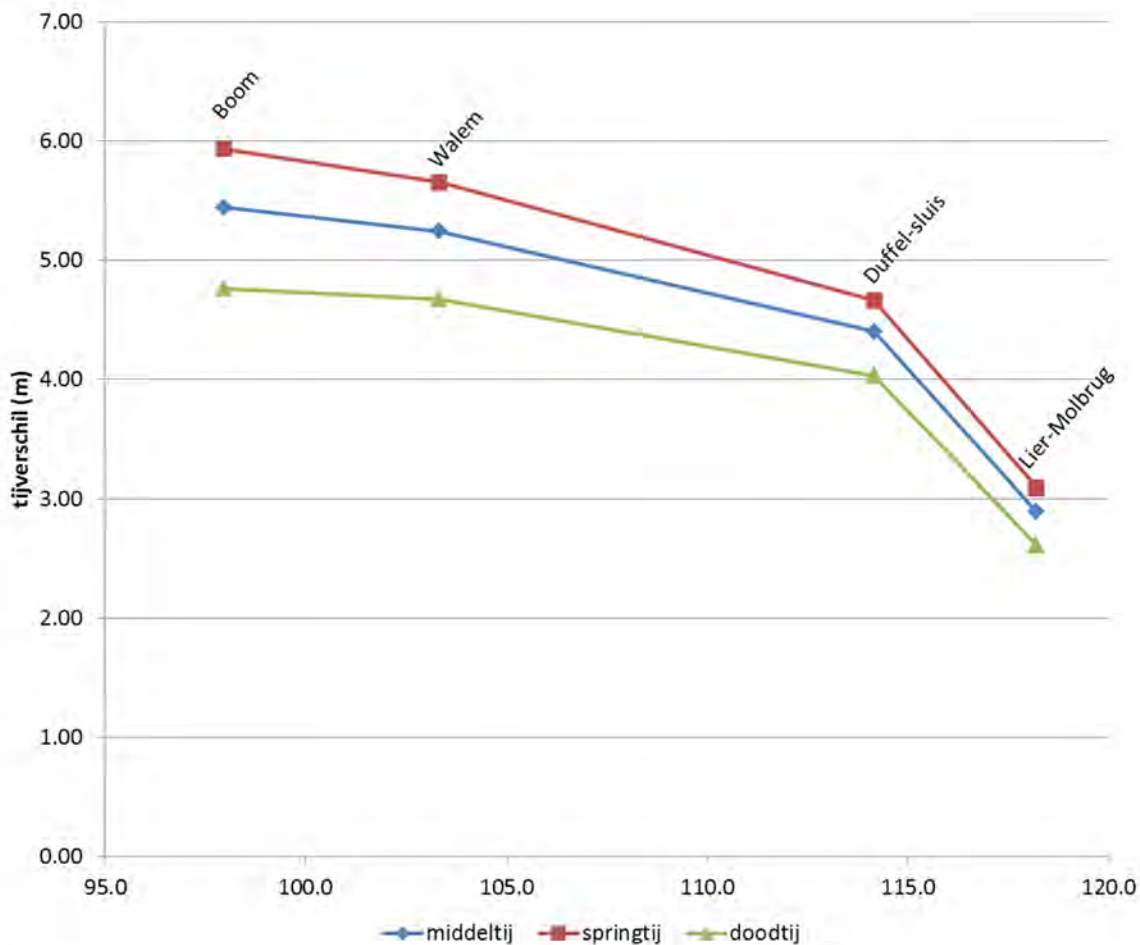
### 2.3. Stormvloeden

Met de term Stormvloeden in het Zeescheldebekken bedoelt men een hoogwatergolf die de Schelde binnendringt en voortplant, met een hoogwaterstand te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan 6,6 mTAW.

Men spreekt van stormtij (ook wel stormvloed) wanneer een hoogwater meer dan 6,6 mTAW en lager dan 7 mTAW bedraagt. Vanaf een hoogwater hoger dan 7 mTAW spreekt men van een gevaarlijk stormtij (ook wel buitengewone stormvloed).

Stormvloeden kennen hun oorsprong meestal door de combinatie van een springtij en een extra opstuwung van water door noordwestenwinden. Actief lagedrukgebieden kunnen aanleiding geven tot harde / stormachtige noordwestenwinden. Gezien de oriëntatie van het Schelde estuarium duwen noordwestenwinden extra zeewater het estuarium binnen.



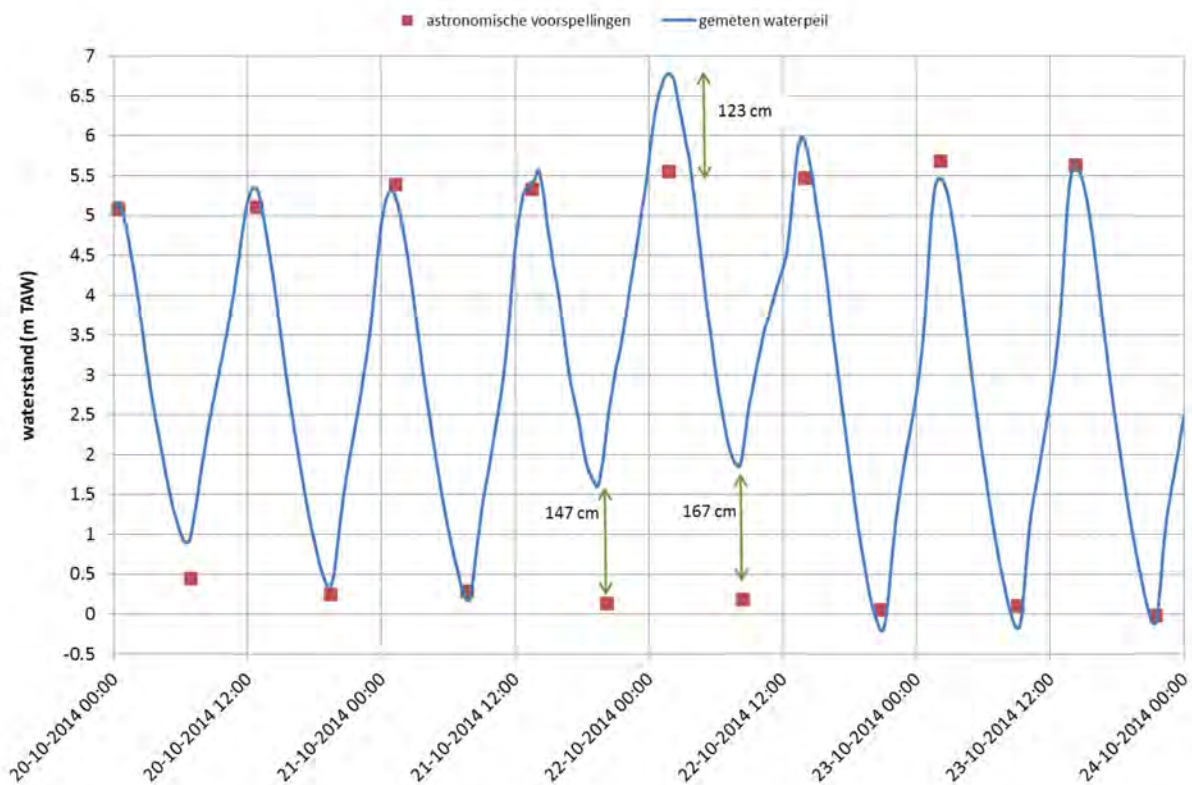


Figuur 15 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2014 voor de Rupel (Boom en Walem) en Beneden Nete (Duffel Sluis en Lier-Molbrug).

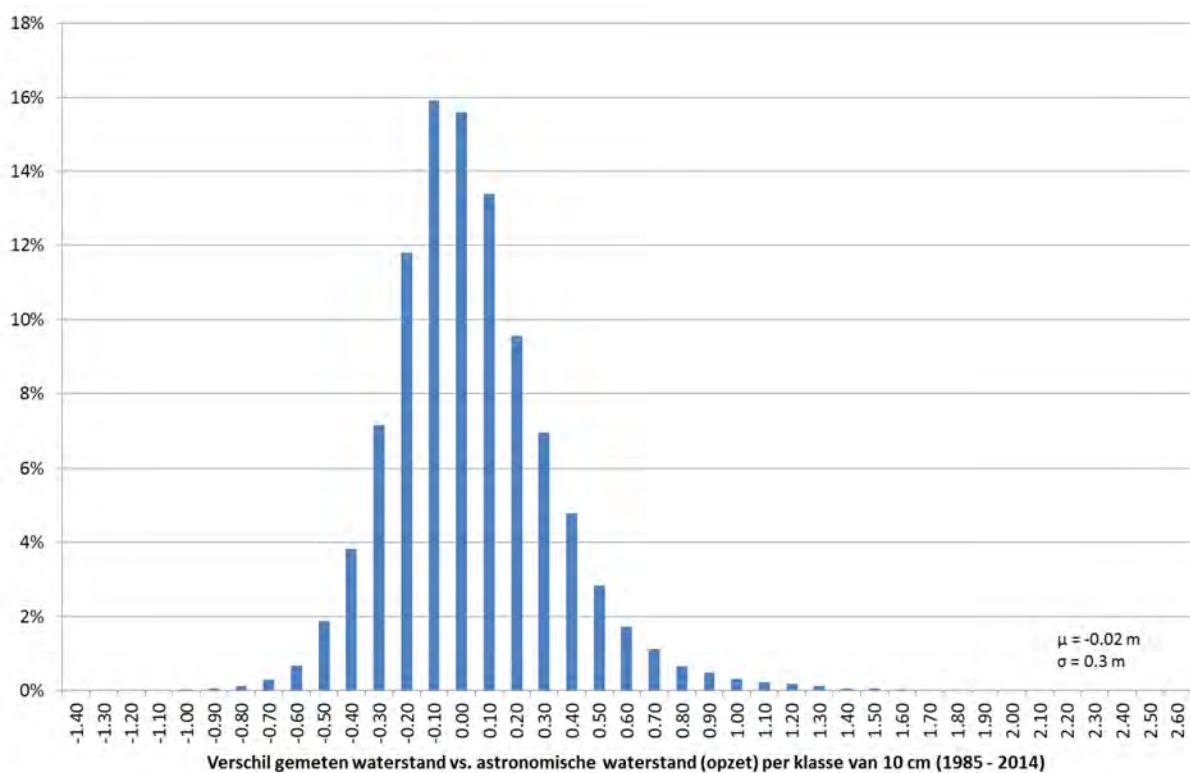
In 2014 deed zich één stormvloed voor op 22 oktober. Om 03:45 lokale tijd, werd in Antwerpen toen een waterpeil van 6,78 m TAW gemeten. Voor een uitgebreide beschrijving van deze storm in het Scheldebekken wordt verwezen naar het desbetreffende stormrapport (Boeckx et al., 2015). Het actieve lagedrukgebied dat zorgde voor hevige noordwestenwinden was een uitloper van de orkaan Gonzalo. Belangrijk om op te merken is dat we ons ongeveer in het midden tussen een doodtij en een springtij bevonden. De opgetreden hoge waterstanden zijn dus voornamelijk te wijten aan een door wind veroorzaakte opstuwing.

Figuur 16 toont de gemeten waterstand en de astronomische voorspellingen van 20 t.e.m. 24 oktober 2014 te Antwerpen. Tijdens het stormtij was het verschil tussen het astronomisch voorspelde tij en het opgetreden tij 123 cm. Dit verschil wordt de opzet genoemd. (Tijdens het buitengewone stormtij van 7,3 mTAW (De Sinterklaasstorm op 6 december 2013) bedroeg dit verschil 156 cm). Het water werd dus door de aanhoudende wind 123 cm opgestuwd. Voor de volledigheid wordt in Figuur 17 een frequentietabel getoond waarin de opzet van alle tijen van het jaar 1985 tot 2014 wordt getoond. Hieruit blijkt dat een opzetten van 123 cm, 147 cm en 167 cm zoals weergegeven in Figuur 16 zeer uitzonderlijk zijn.

Tabel 4 toont uiteindelijk alle hoogwaterstanden sinds 1972 te Antwerpen, hoger dan 6,5 mTAW. Figuur 18 toont de stormtijgen gemeten te Antwerpen in relatie tot de opzet. Uit deze tabel en grafiek kan men afleiden dat het stormtij dat zich in 2014 voordeed niet uitzonderlijk was.



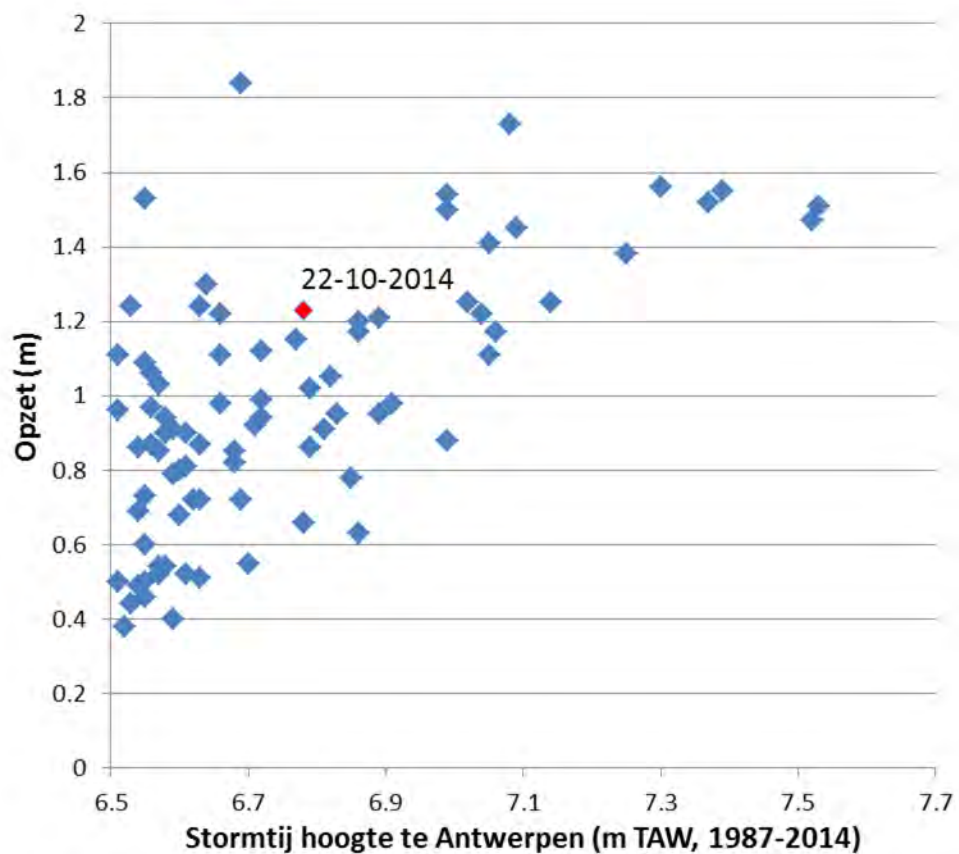
Figuur 16 – Stormvloed op 22 oktober 2014 - waterstand te Antwerpen van 20-24 oktober 2014 (UTC).



Figuur 17 - Frequentietabel van opzet te Antwerpen berekend a.d.h.v. het verschil tussen gemeten hoog- en laagwaters en astronomische voorspelde hoog- en laagwaters te Antwerpen in de periode 1985-2014.







Figuur 18 - Hoogte van stormtij in relatie tot de opzet voor de periode 1987-2014. Astronomische voorspellingen voor 1987 zijn niet beschikbaar.

## 2.4. Speciale tijen

In het jaar 2014 deden er zich drie speciale tijen voor. Onder een speciaal tij verstaan we hier een tijverloop dat afwijkt van een normale quasi sinusoïdale tijbeweging.

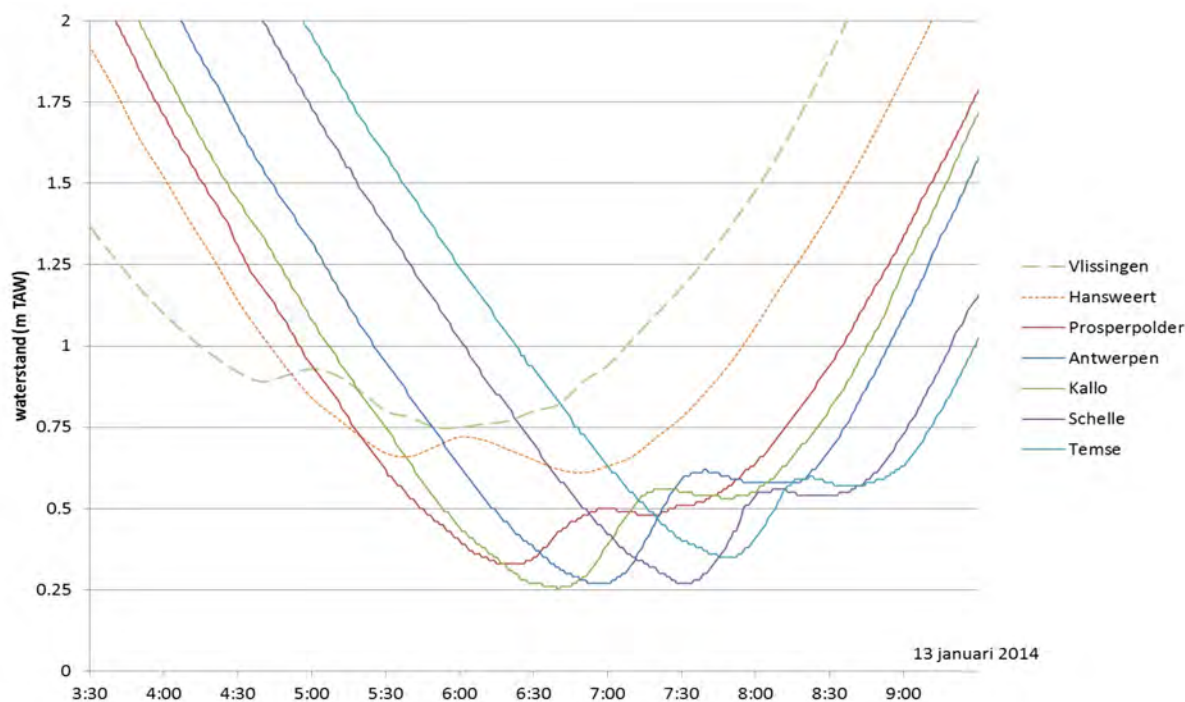
Meestal zijn de oorzaken gelegen in plotse drukdalingen of in een snel draaiend windveld. Deze fenomenen doen zich reeds voor op de Noordzee en worden enkel versterkt of verzwakt door lokale windvelden in het Schelde-estuarium.

Op 13 januari, 7 februari en 12 december werden dubbele laagwaters waargenomen (ook wel agger genoemd).

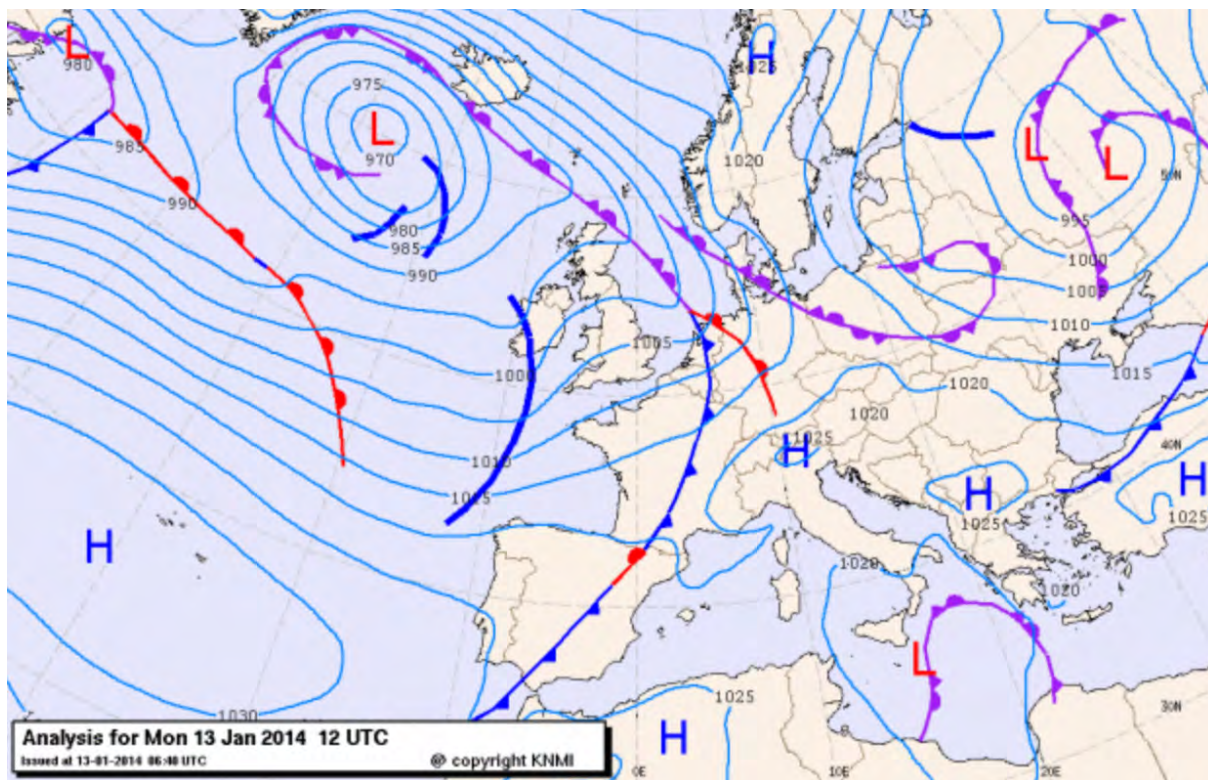
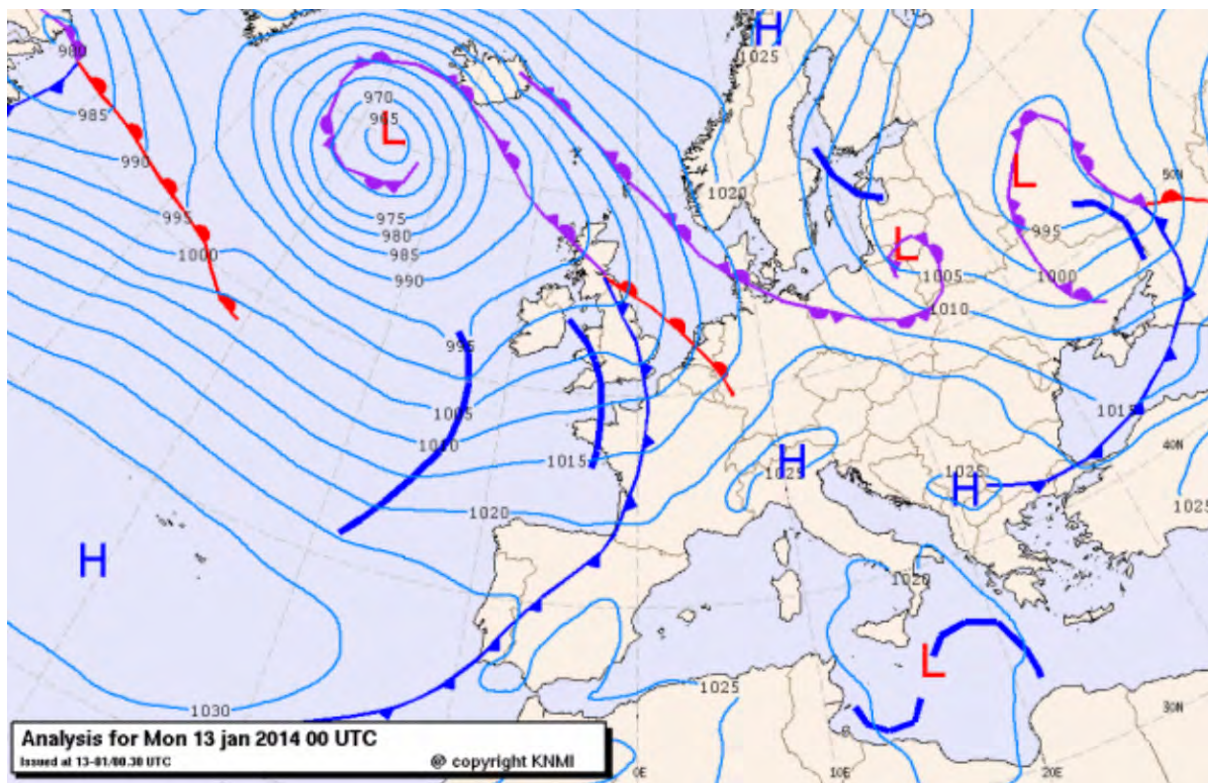
### 2.4.1. Speciaal tij 13 januari 2014

Op 13 januari deed zich een knik voor in het laagwater. Reeds in Vlissingen werden bij eb twee minima waargenomen. Meer stroomopwaarts in het Schelde estuarium veranderde de vorm van de getijkromme en werd de knik aldaar scherper. Mogelijke oorzaken van deze verscherping zijn de geometrie van het estuarium en lokale windvelden. De getijcurve kan afgelezen worden op Figuur 19.

Dat de getijcurve reeds geperturbeerd was in Vlissingen geeft aan dat het dubbel laagwater een gevolg is van Noordzee-invloeden. Figuur 20 geeft de weersituatie weer op 13 januari, zowel om 00u UTC als 06u UTC. Uit deze figuur kan men afleiden dat een koudefront het Kanaal en de Noordzee overtrok in zuidwestelijke richting. Dit resulteerde in een veranderende windrichting en toegenomen windsnelheden zoals zichtbaar in Figuur 21, met meetgegevens van de meetpost Cadzand. Aanvankelijk was er een zuidenwind die overging tot een zuidwester, parallel aan onze kust. Hierdoor werd extra water richting het Schelde estuarium gestuwd wat resulteerde in een lokaal maximum van de waterstand.

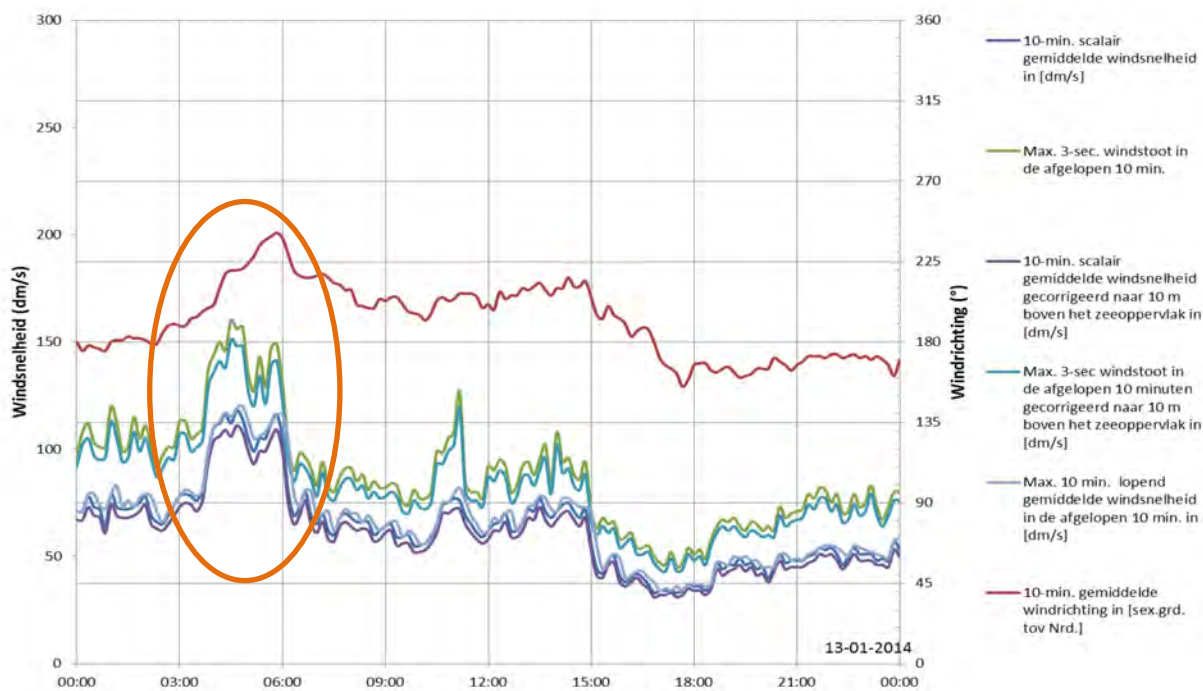


Figuur 19 - Speciaal tij op 13 januari 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Kallo, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC).



Figuur 20 - Weerkaarten van 13 januari 2014 00u & 06u UTC ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl), geraadpleegd op 27 april 2015).



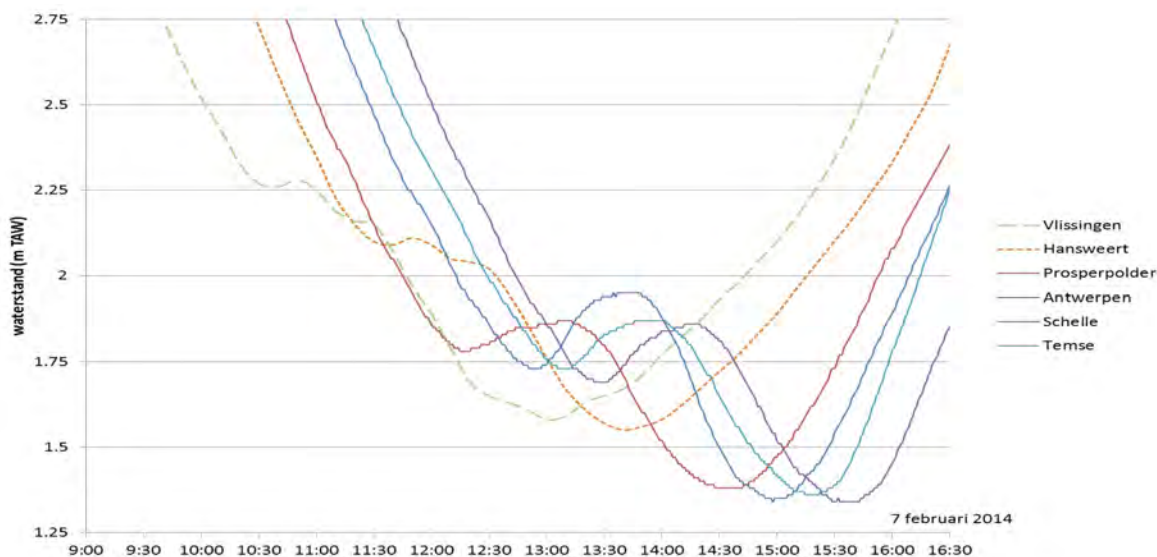


Figuur 21 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meetpost Cadzand op 13 januari 2014.

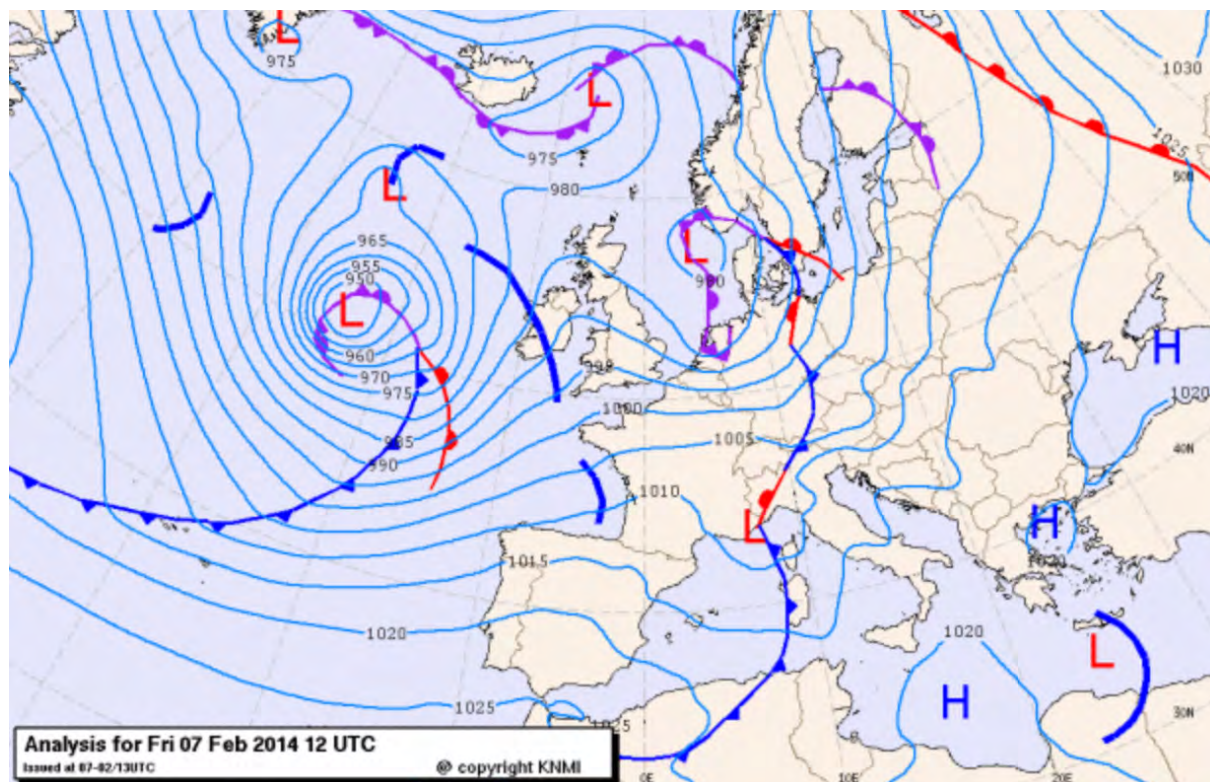
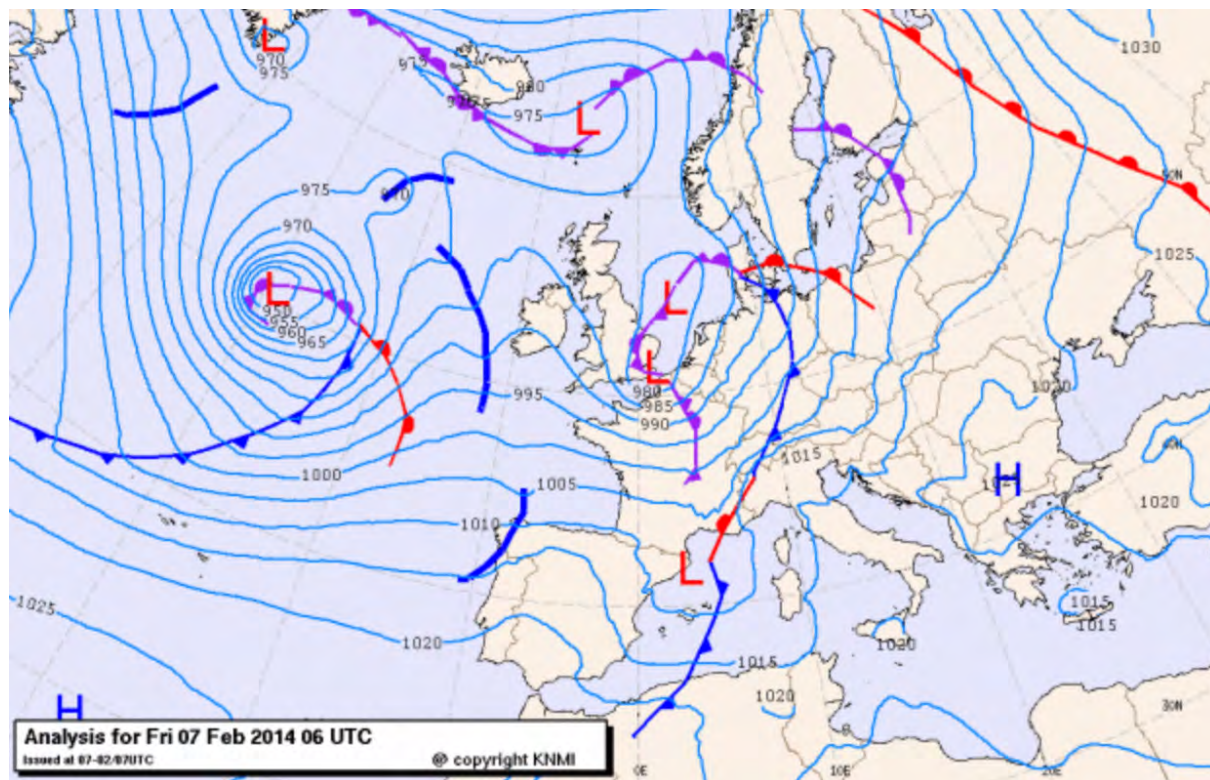
#### 2.4.2. Speciaal tij 7 februari 2014

Figuur 22 toont het getijverloop van 7 februari 09:00 tot 7 februari 16:30 UTC. Net zoals op 13 januari (§ 2.4.1) deed zich hier een dubbel laagwater voor. Ook in dit geval was de getijcurve reeds verstoord ter hoogte van de monding, maar was de verstoring vele malen sterker opwaarts de Schelde, voorbij Hansweert.

De verklaring van het getijverloop is gevonden in de toenmalige weersituatie die getoond wordt op Figuur 23. De kern van een lagedrukgebied, vergezeld van een oclusiefrent, bevond zich boven onze contreien en verplaatste in noordwestelijke richting. De snelle doortocht van het lagedrukgebied ging gepaard met een snelle verandering in windrichting (zie Figuur 24), van een zuidwester naar westenwind. De verandering in windrichting ging gepaard met een toename in windsnelheid met windstoten tot 20 m/s. Door de westenwind met hoge windsnelheden kon aldus tijdelijk extra water in het estuarium gestuwd worden waardoor het waterpeil sneller steeg dan men astronomisch zou verwachten.

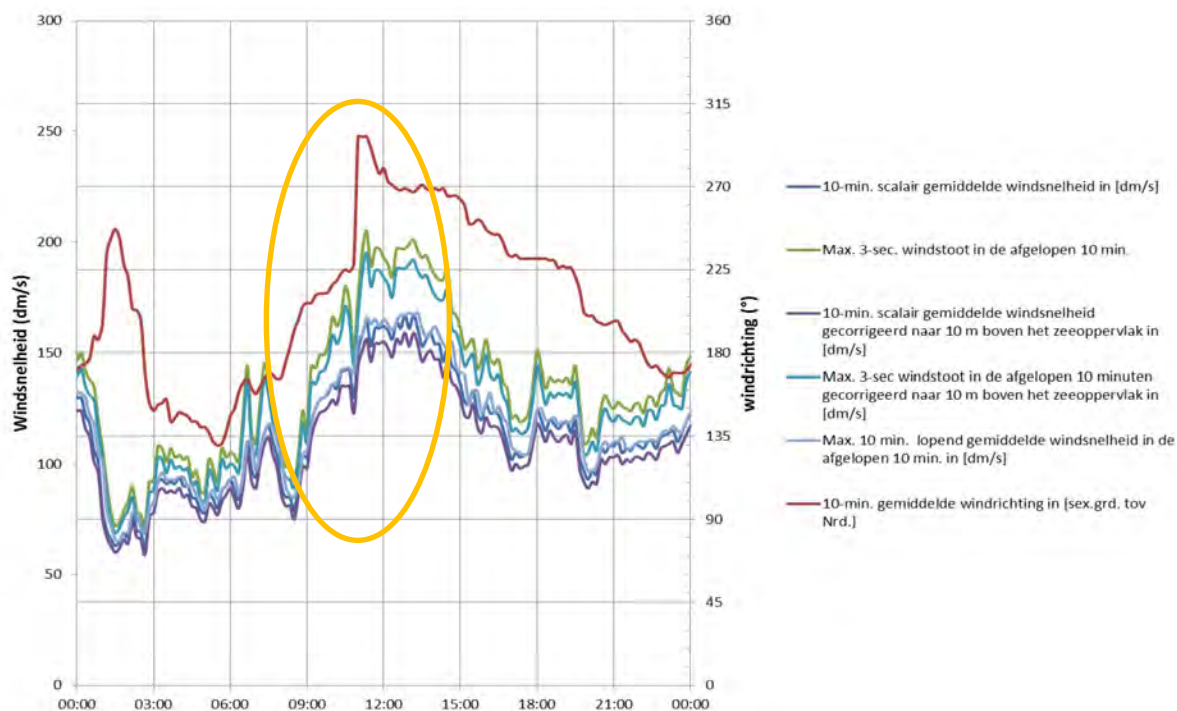


Figuur 22 - Speciaal tij op 7 februari 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC).



Figuur 23 - Weerkaarten van 7 februari 2014 06u & 12u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 27 april 2015).

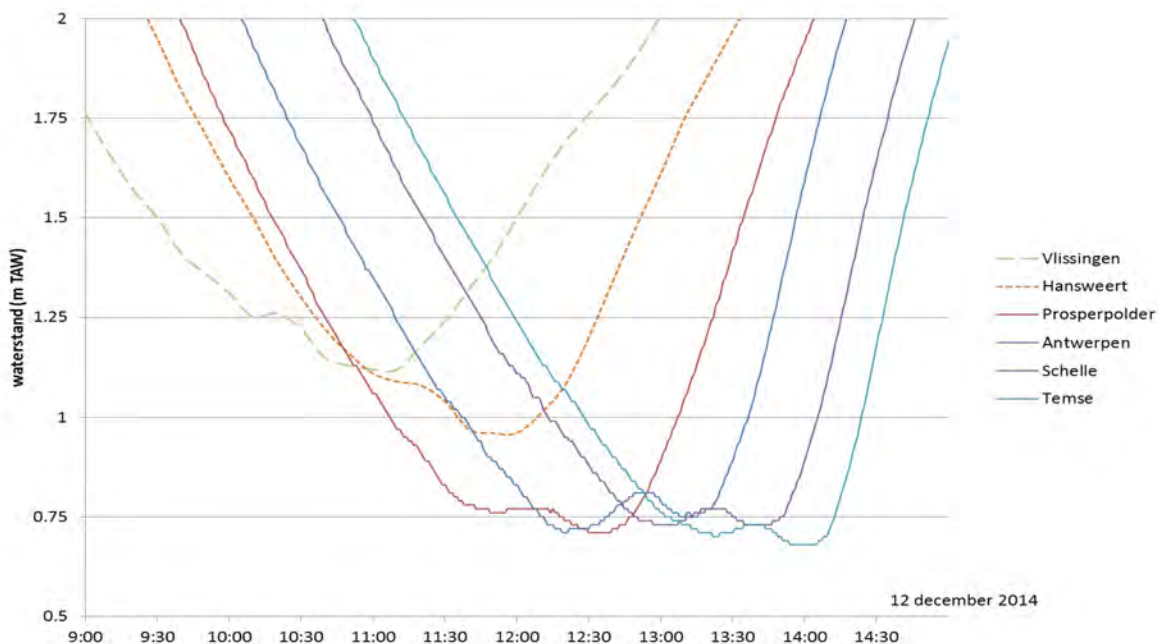




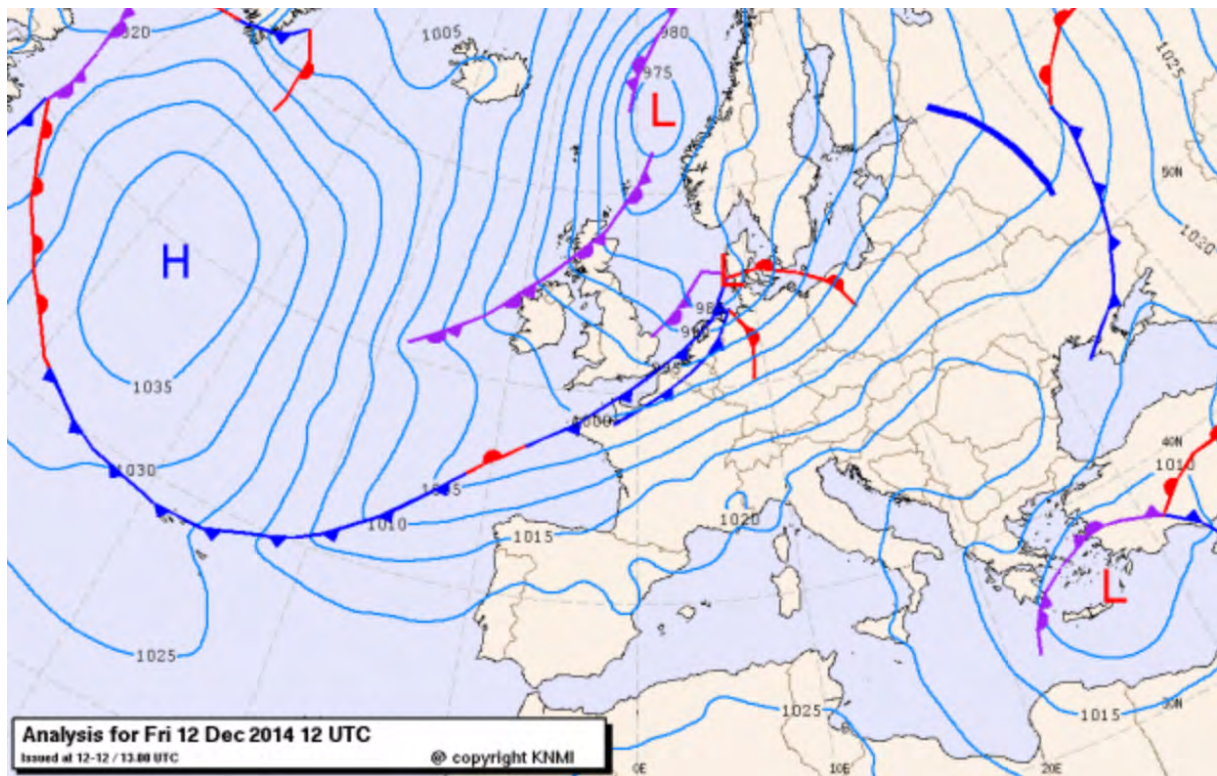
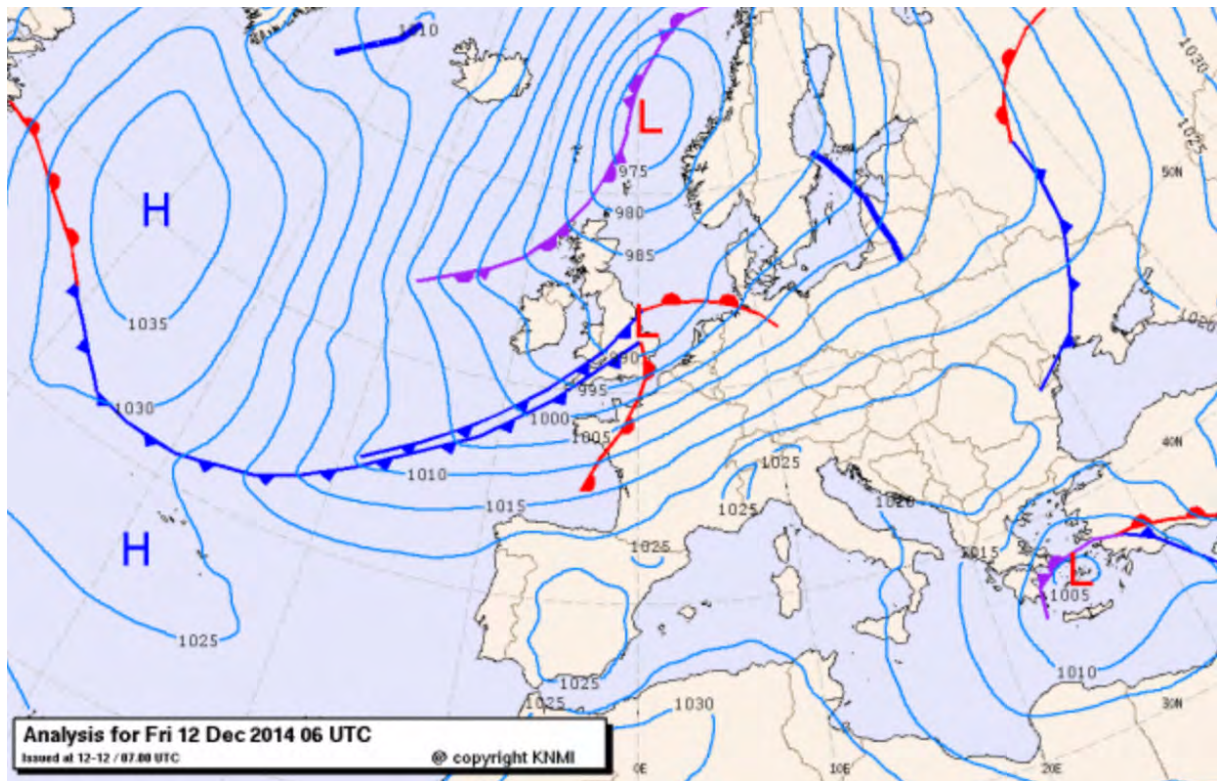
Figuur 24 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meestpost Cadzand op 7 februari 2014.

### 2.4.3. Speciaal tij 12 december 2014

Het speciale tij van 12 december is ook een dubbel laagwater, maar veel minder uitgesproken dan de twee vorige cases. Het verschil tussen beide minima in Antwerpen is enkele centimeters (Figuur 25). Net zoals in de vorige twee cases is de gewijzigde getijcurve het resultaat van weerfenomenen op de Noordzee. Figuur 26 toont de weersituatie van die dag. Een dubbel koufront trok over onze wateren wat aanleiding gaf tot hoge windsnelheden (Figuur 27). De windsnelheden waren ook hoger en langduriger dan zichtbaar in Figuur 24. De oriëntatie van de windrichting bleef wel zuidwestelijk en kende geen plotse overgang zoals in voorgaande situaties. Hierdoor was waarschijnlijk het effect op het tijverloop minder groot dan op 13 januari en 7 februari 2014.

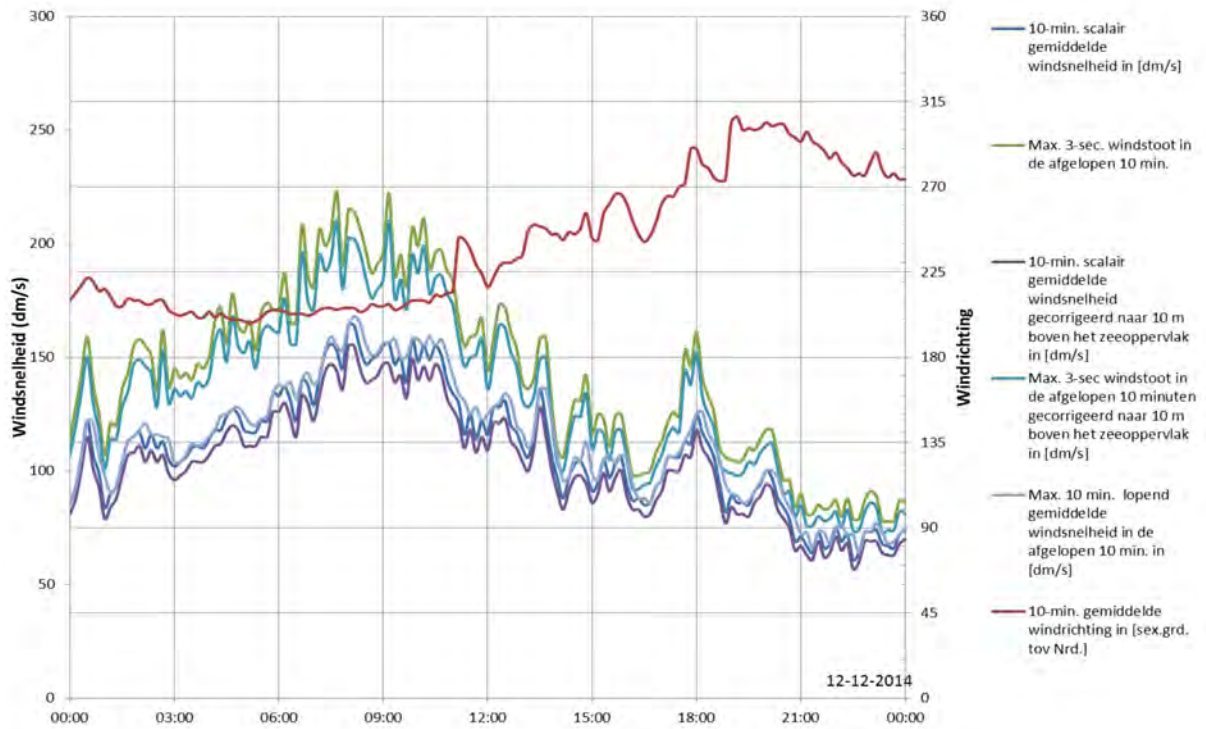


Figuur 25 - Speciaal tij op 12 december 2014. Meetposten te Vlissingen, Hansweert, Prosperpolder, Antwerpen, Schelle en Temse (tijden in UTC).



Figuur 26 - Weerkaarten van 12 december 2014 06u & 12u UTC (www.knmi.nl, geraadpleegd op 27 april 2015).





Figuur 27 - Verloop van wind en windrichting ter hoogte van de meestpost Cadzand op 12 december 2014.

### 3. Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken

Sedert 1947 worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen. Bovendien worden de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorgerekend, eerst naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in een andere, daarna alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van enerzijds de Zeeschelde opwaarts de Rupelmonding plus anderzijds de bovenafvoer van het aldaar uitmondende gehele Rupelbekken. Hun som levert de bovenaanvoer van de Beneden-Zeeschelde op.

Aan de randen van het tijgebied wordt het getij tegengehouden door sluizen en stuwen zoals op de Boven-Zeeschelde te Gentbrugge, en vanaf 1969 op de Tijarm-Ringvaart om Gent te Merelbeke en te Zwijnaarde, en op de Dender te Dendermonde en vanaf 1978 (via de "nieuwe" Dender doorheen de Sint-Onolfspolder) te Appels.

In tegenstelling tot de Boven-Schelde en Dender, deint het getij op de andere rivieren van het Zeescheldebekken uit. In eerste instantie stroomt het water nog in twee richtingen: zo is de Rupel nog volledig aan eb en vloed onderhevig. Maar het water stroomt ook nog landinwaarts in de Kleine en Grote Nete alsook in de Zenne en de Dijle. Zo stoot de vloedstroom in de Grote Nete door tot ergens tussen Kessel en Itegem, terwijl deze op de Kleine Nete nog meetbaar is tussen Emblem en Grobbendonk (afwaarts het Albertkanaal; de meetlocatie wordt Grobbendonk Derde Sas genoemd). Op de Dijle dringt het tij landinwaarts door tot ergens tussen Rijmenam en Haacht, terwijl op de Zenne de vloedstroom tot ergens tussen Zemst en Eppegem doordringt. Ook op deze bijrivieren laat zich iets verder stroomopwaarts nog een schijntij voelen.

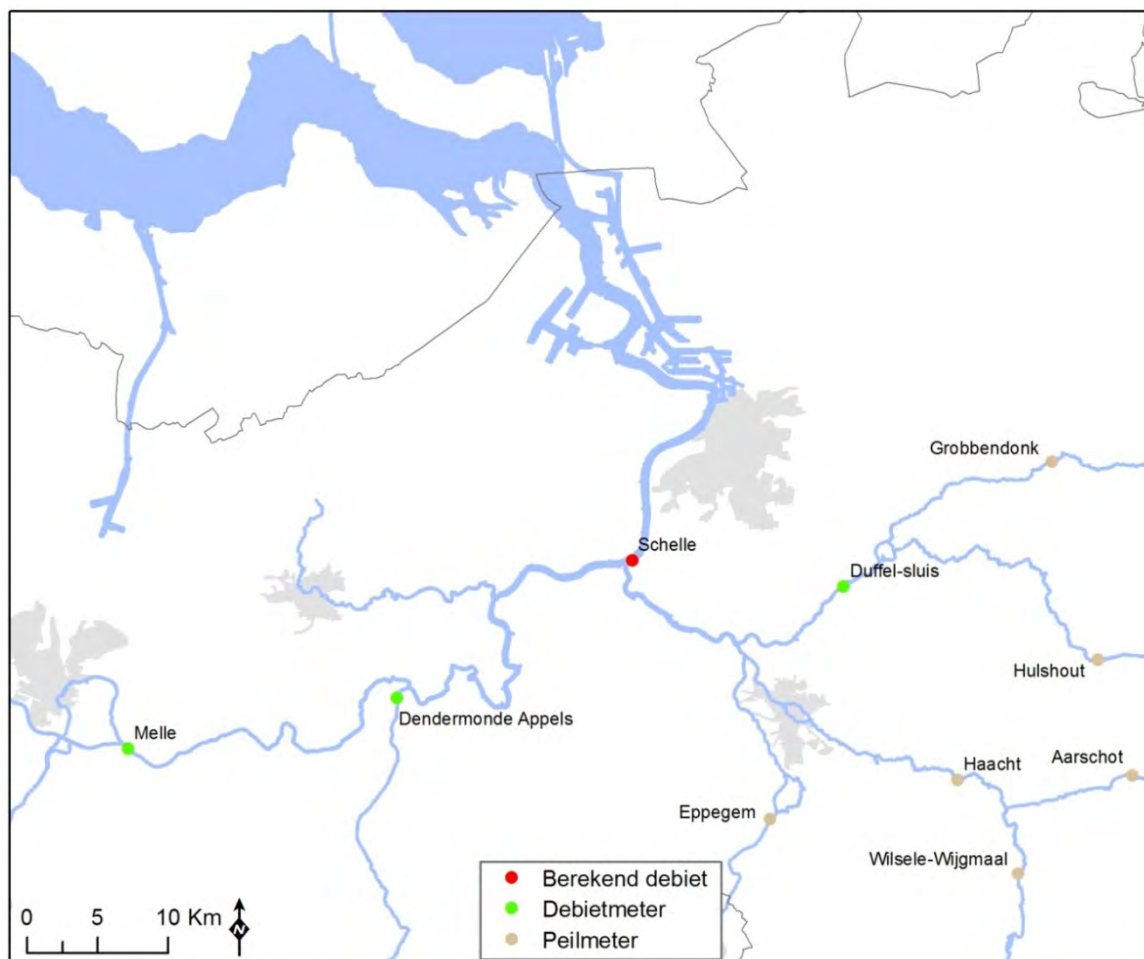
Het getij ontmoet daar in die mate de aanvoer van bovenwater uit het opwaarts gelegen hydrografische bekken, én de rivierbedding verhoogt dusdanig dat "hoog"-waterstanden daar niet meer vanuit het getij kunnen bereikt worden. Het semi-maritieme karakter gaat over in een zuiver fluviatiel karakter. Naar tijterminologie wordt ook van een "schijntij" gesproken, met name: er kan nog wel een "tijverschil" aanwezig zijn want op "tij-regelmatige" tijdstippen komen afwisselend "hoogwaters" en "laagwaters" voor, net zoals op de afwaarts ervan gelegen plaats waar nog wel écht getij heerst, en die de afstroming van stroomopwaarts respectievelijk vergemakkelijkt (eb) of bemoeilijkt (vloed). De riviersecties met schijntij worden gekenmerkt dooreen klein hoogteverschil, maar in de regel is er altijd eb doch nooit vloed, dus stroomt het water steeds naar afwaarts. De term "eb" verliest dan ook zijn betekenis.

De locaties waar de debieten bepaald worden zijn weergegeven in Tabel 5 en Figuur 28.

Er wordt geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Het Durmebekken, voor zover de afwatering geschiedt naar de tij-Durme, wordt wel als een zijbekken in rekening gebracht bij de doorrekening van de bovenafvoeren naar de "Schelde te Schelle".

Tabel 5 - Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer.

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Opmerking
bnt03a	Duffel Sluis	Beneden-Nete	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADCP, Q/Q relatie wordt toegepast
dij12a	Haacht	Dijle	H	Schijntij	Daggemiddeld debiet wordt bepaald ahv $Q/H_{LW}$ verband
zen03a	Eppegem	Zenne	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv $Q/H$ verband
den01a	Dendermonde (Appels)	Dender	Q	Schijntij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zes57a	Melle	Boven-Zeeschelde	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast



Figuur 28 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend.

### 3.1. Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

#### 3.1.1. Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis

In de Moneos-rapporten die rapporteerden over de meetjaren 2008 tot 2011 werden de bovendebieten op de Schelde te Schelle zowel berekend via de klassieke methode ir. R. Codde (1949), waarbij een tiendaags gemiddeld bovendebiet bepaald werd, alsook op de vernieuwde methode ontwikkeld door ir. E. Taverniers waarbij pentade-gemiddelde bovendebieten berekend worden. De berekeningsmethodes staan beschreven in Vanlierde et al. (2014).

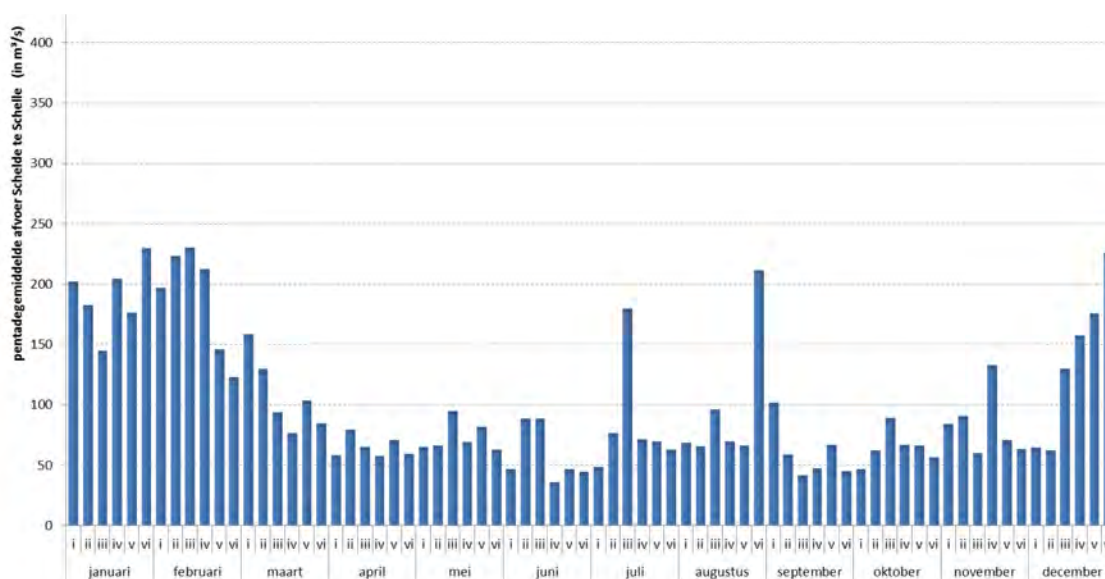
Voor de factual data rapporten vanaf 2012 werd alleen nog de pentade-methode toegepast. Tabel 6 toont de pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is  $101 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Figuur 29 geeft onderstaande tabel in grafiekvorm weer. Hier is zichtbaar dat het grootste vijfdaagse gemiddelde zich voordeed in de derde pentade van februari 2014 (pentadegemiddelde is  $230 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ook zijn er twee uitschieters zichtbaar in juli en augustus, maar deze overschrijden de hoogste waarde van februari niet.

Ook zichtbaar is de verhoogde afvoer in het begin van het jaar, een min of meer stabiele afvoer van  $50$  à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  van maart tot begin december en de verhoogde afvoer vanaf de derde pentade van december. 2014 is een jaar zonder opmerkelijke uitschieters en een min of meer constante afvoer hoewel de afvoer in de winterperiodes gemiddeld groter zijn.

Tabel 6 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m³/s).

maand	pentade	Q (m³/s)	maand	pentade	Q (m³/s)
Januari 2014	i	202	Juli 2014	i	49
	ii	182		ii	76
	iii	145		iii	180
	iv	204		iv	71
	v	176		v	70
	vi	229		vi	63
Februari 2014	i	197	Augustus 2014	i	68
	ii	223		ii	65
	iii	230		iii	96
	iv	213		iv	69
	v	146		v	66
	vi	123		vi	211
Maart 2014	i	159	September 2014	i	102
	ii	130		ii	59
	iii	94		iii	41
	iv	76		iv	47
	v	103		v	67
	vi	84		vi	45
April 2014	i	58	Oktober 2014	i	47
	ii	79		ii	62
	iii	65		iii	89
	iv	57		iv	67
	v	71		v	66
	vi	59		vi	56
Mei 2014	i	65	November 2014	i	84
	ii	66		ii	91
	iii	95		iii	60
	iv	69		iv	133
	v	82		v	71
	vi	63		vi	63
Juni 2014	i	46	December 2014	i	64
	ii	89		ii	62
	iii	88		iii	130
	iv	36		iv	157
	v	47		v	176
	vi	44		vi	226

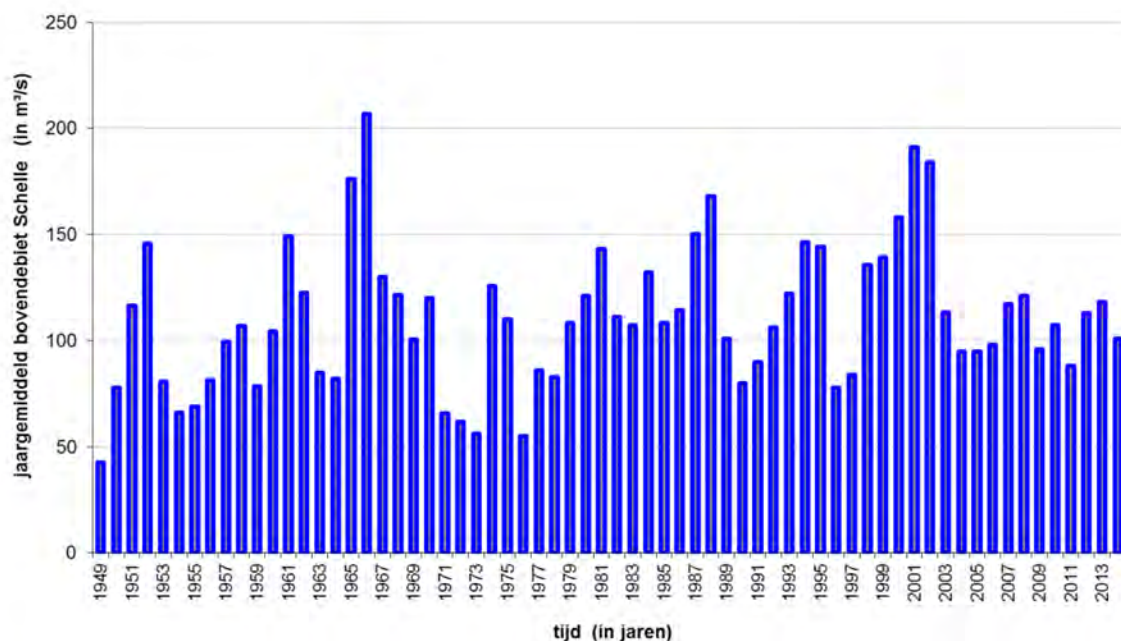


Figuur 29 - Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle" voor 2014.

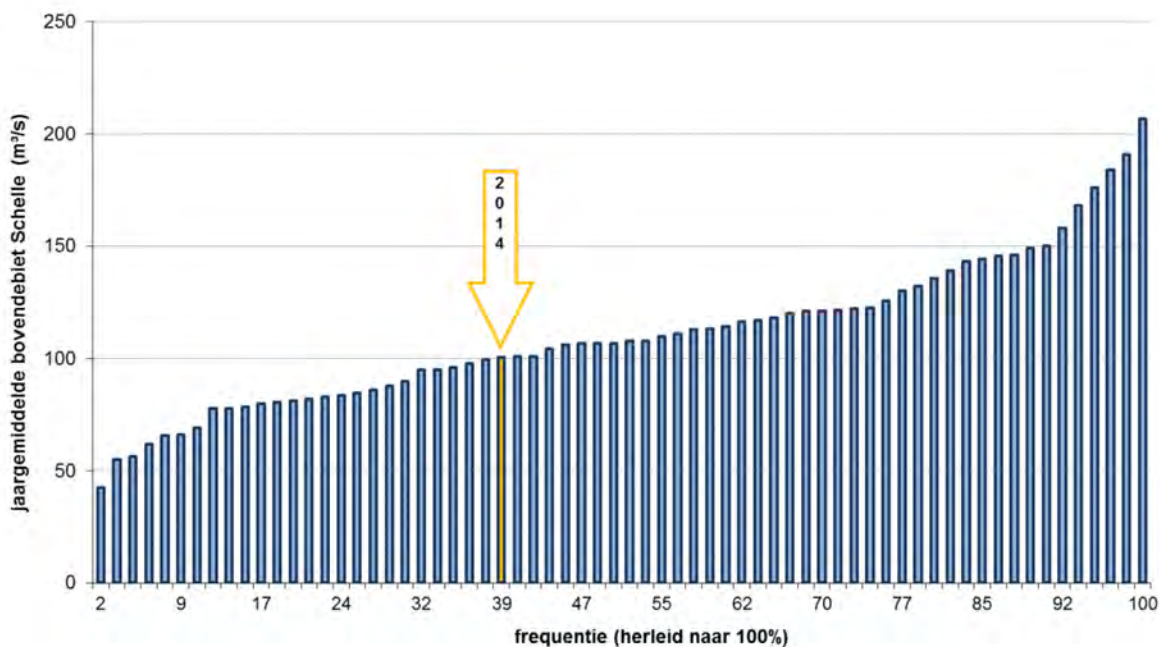
Het kleinste vijfdaagse gemiddelde deed zich voor in de vierde pentade van juni 2014: gemiddeld slechts 36 m<sup>3</sup>/s. In juni was de gemiddelde maandelijkse afvoer ook het kleinst: 58 m<sup>3</sup>/s.

### 3.1.2. Bovendebiten 2014 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

Figuur 30 en Figuur 31 geven de jaargemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle weer, respectievelijk naar jaar en naar frequentieverdeling. De gemiddelde afvoer te Schelle bedroeg in het jaar 2014 'slechts' 101 m<sup>3</sup>/s, zo'n 60 % van de jaardebieten te Schelle is hoger dan dat van 2014.

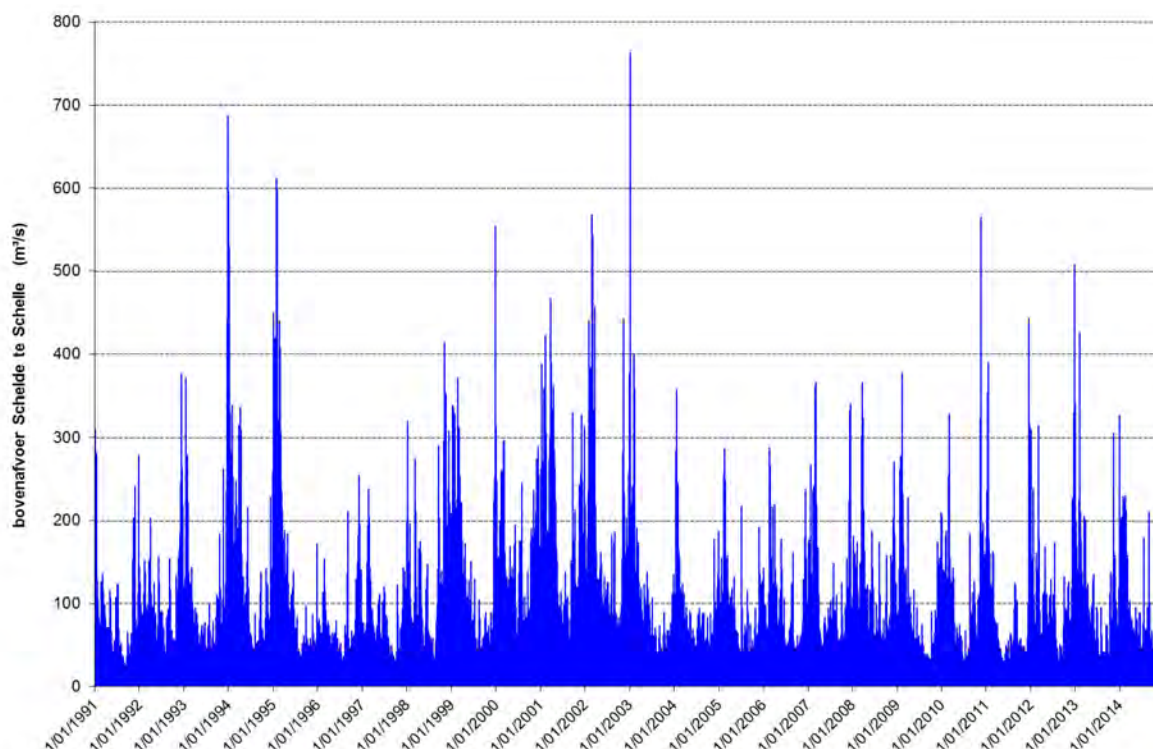


Figuur 30 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2014.



Figuur 31 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2014 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte.



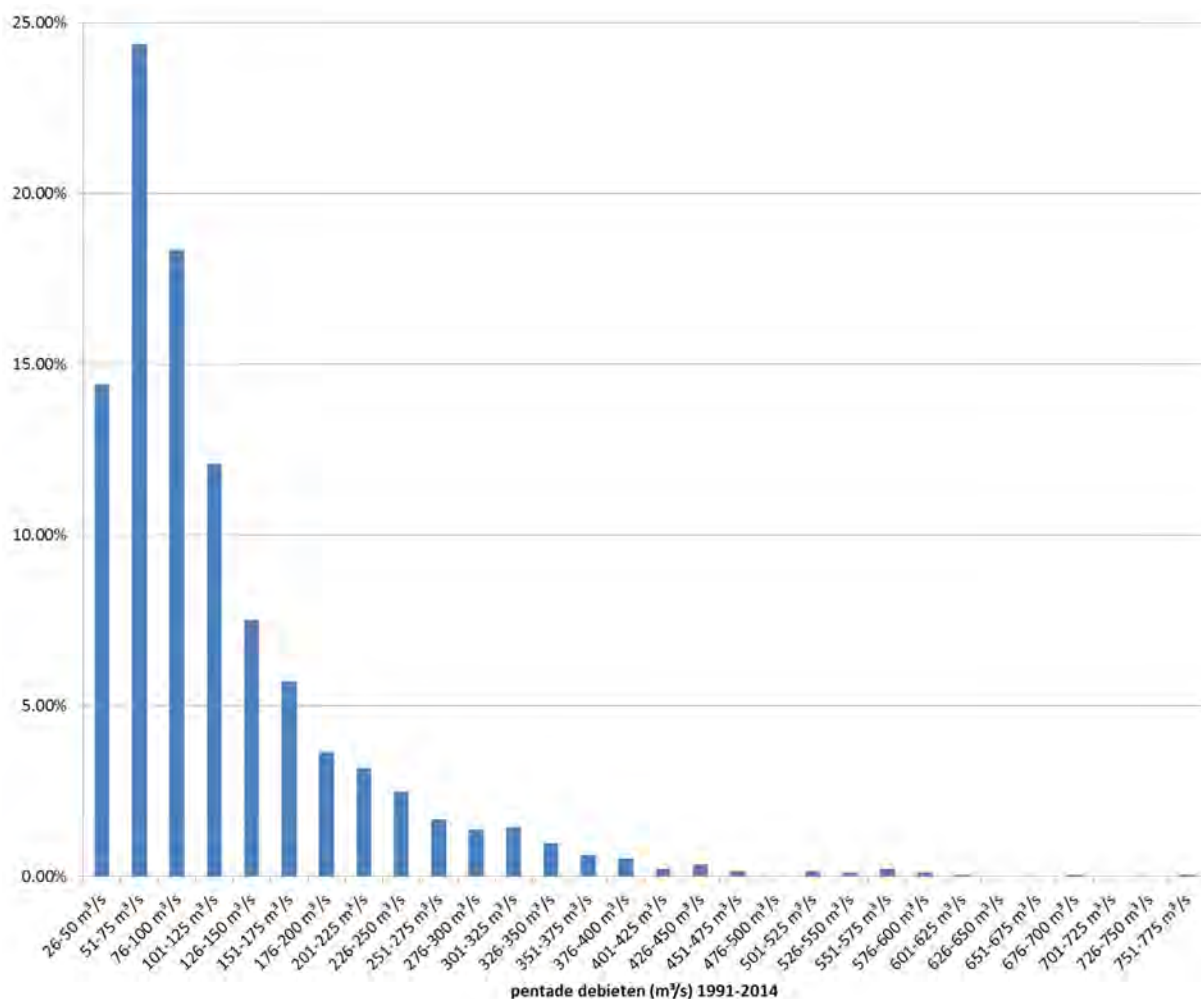


Figuur 32 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentadeberekening voor de periode 1991-2014.

Eerder werd al aangehaald dat 2014 een jaar was zonder opmerkelijke uitschieters. Dit wordt extra zichtbaar als men de 20 hoogste pentade gemiddelden van de periode 1991-2014 vergelijkt (de volledige reeks van pentades wordt gepresenteerd in Figuur 32). Het hoogste pentadedebiet van 2014 bedroeg 230 m<sup>3</sup>/s, amper de helft de laagste waarde in Tabel 7. Dit blijkt ook uit Figuur 33.

Tabel 7 – 20 hoogste pentadegemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991 tot december 2014

rang	jaar	maand	pentadenr.	pentadegemiddeld debiet (m <sup>3</sup> /s)
1	2003	januari	i	764
2	1993	december	v	687
3	1995	januari	vi	612
4	1995	februari	i	598
5	1994	januari	i	596
6	2002	februari	vi	569
7	2010	november	iv	565
8	1993	december	vi	559
9	1999	december	vi	554
10	2002	maart	i	545
11	1994	januari	ii	530
12	2003	januari	ii	516
13	2002	februari	v	509
14	2012	december	vi	508
15	2001	maart	v	468
16	2002	maart	v	458
17	1995	januari	i	451
18	2011	december	iv	443
19	1993	december	iv	442
20	2002	november	iii	442



Figuur 33 - Pentadedebieten in de periode 1991-2014 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m³/s.

## 3.2. Overzicht bovendebieten aan de randen van het tijgebied

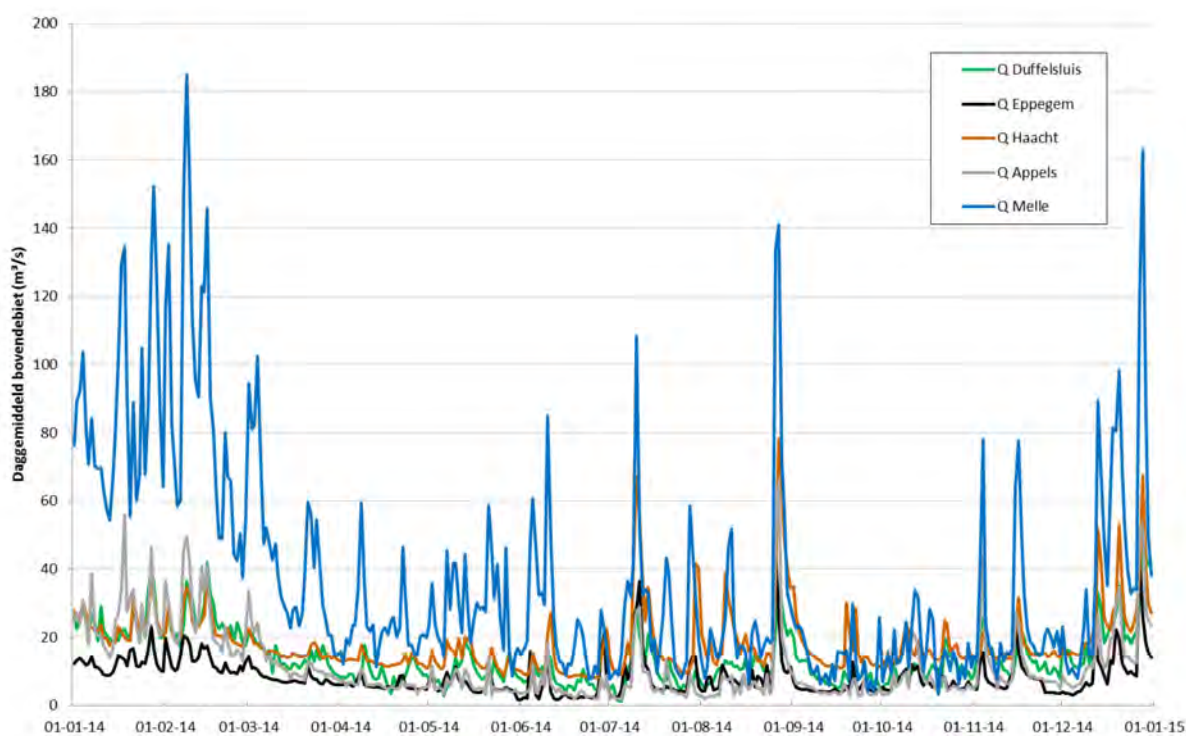
### 3.2.1. Globaal overzicht

Figuur 34 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2014. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds door invloed van de neerslag in een bepaald hydrografisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie.

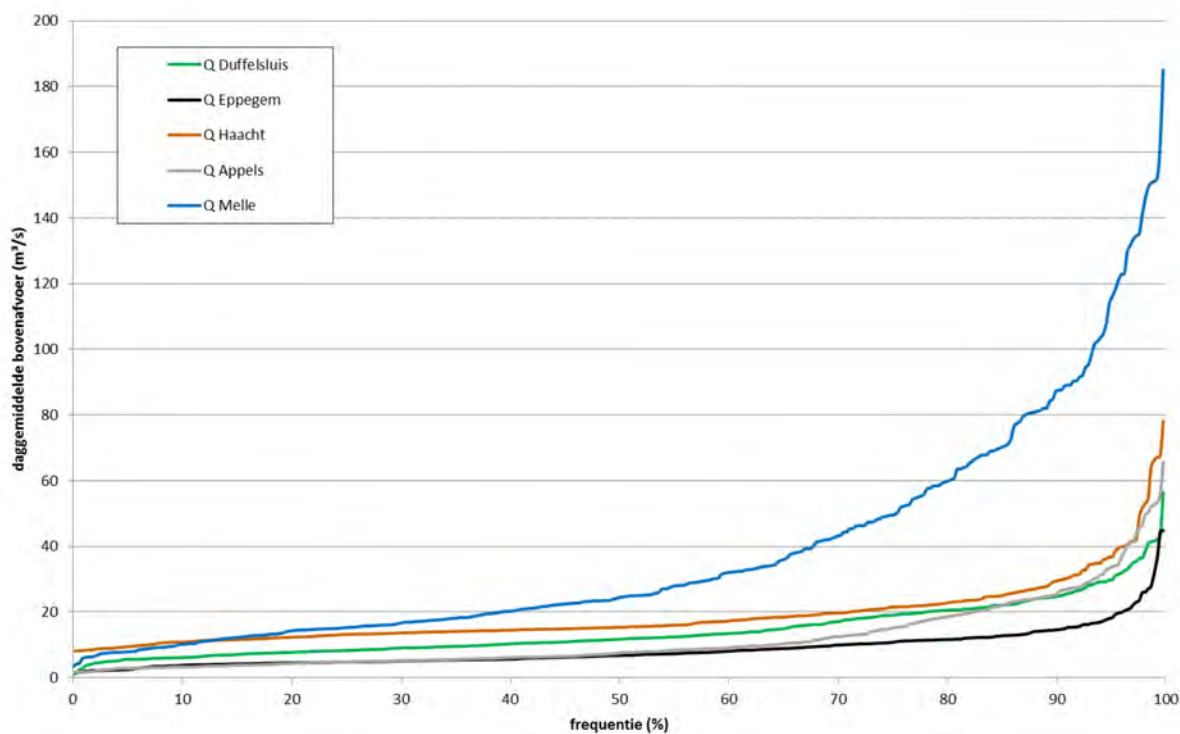
Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie meestal het meest van alle randlocaties bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Dit wordt duidelijk gemaakt door de debieten te Melle (die een groot gedeelte van deze debieten naar de Zeeschelde transporteren). Enkel bij zeer kleine bovendebieten te Melle brengt de Dijle te Haacht meer bovendebiet naar het tijgebied. De Zenne brengt -door het jaar heen- van Schelde, Dender, Dijle, Zenne en Beneden-Nete, de kleinste afvoer aan.

Er zijn enkele periodes met verhoogde debieten doorheen het jaar (begin van het jaar, eind januari, begin juli, eind augustus, midden oktober, de hele maand november en kerst 2014). Deze worden verder besproken in §3.2.2. Anderzijds merken we ook op dat het grootste deel van de periode van augustus-september 2014 de bovenafvoeren eerder klein tot zeer klein waren

Naar opeenvolging van grootte van de daggemiddelde bovendebieten 2014 aan de meetlocaties aan de randen van het tijgebied, toont Figuur 35 de frequentie van voorkomen van een bepaald bovendebiet per meetlocatie.



Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2014. Duffel-sluis aan de Beneden-Nete, Eppegem aan de Zenne, Haacht aan de Dijle, Appels aan de Dender en Melle aan de Bovenzeeschelde.



Figuur 35 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebielen aan de meetraaien in het jaar 2014



De frequentieverdeling toont duidelijk dat de Zenne en de Dender meer dan 65 % van de tijd een gelijkaardige afvoer vertonen.

Ook toont Figuur 35 duidelijk dat de dagelijkse bovenafvoer van de Schelde te Melle in 2014 een kleine 15% van de tijd kleiner is dan deze van de Dijle te Haacht.

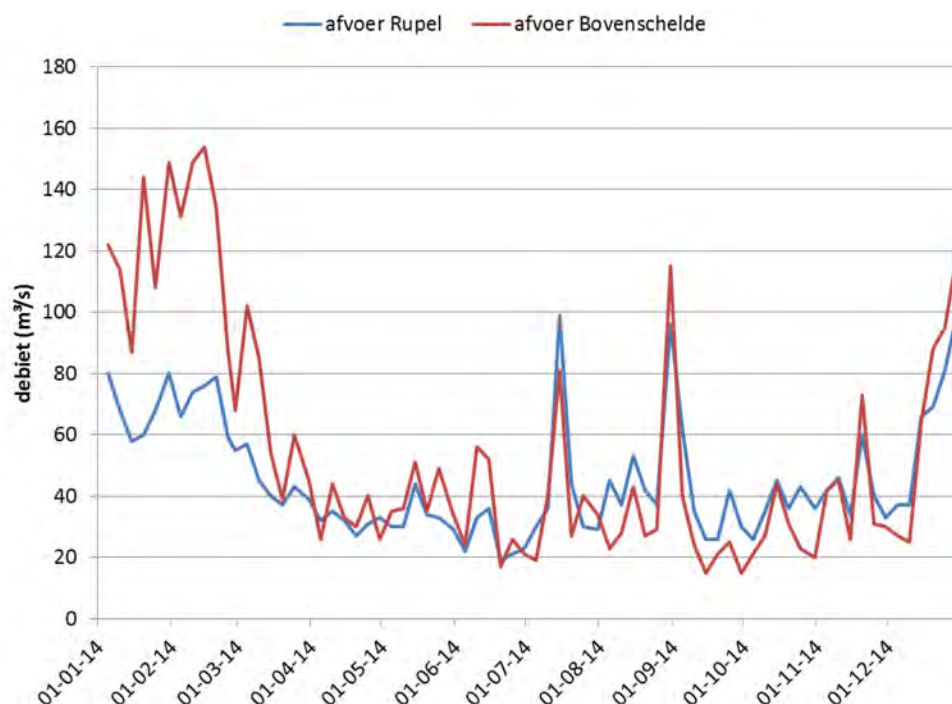
Ook kan opgemerkt worden dat het bovendebiet van de gekanaliseerde rivieren (Bovenschede en Leie naar het Gentse, dus hier de meetraai in de Boven-Zeeschede te Melle, alsook de Dender, met daar de meetraai te Appels) gedurende dagen lang zeer klein kan zijn.

In Tabel 8 is het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde, en de 5 en 95 percentielen. Zoals in de tabel aangegeven brengt van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied de locatie Melle gemiddeld het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht. Daarna zijn de Beneden Nete te Duffel Sluis en de Dender te Dendermonde (Appels) de grootste aanbrengers van zoetwater.

Tabel 8 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2014 (m<sup>3</sup>/s)

	Beneden Nete te Duffel Sluis	Zenne te Epepegem	Dijle te Haacht	Dender (Appels) te Dendermonde	Schede te Melle
minimum	1.2	1.7	8.1	1.6	3.4
5%-percentiel	5.6	2.5	9.5	2.9	7.9
<b>gemiddeld</b>	<b>14.1</b>	<b>8.4</b>	<b>18.5</b>	<b>11.5</b>	<b>37.7</b>
95%-percentiel	29.3	17.7	36.2	32.7	107.5
maximum	56.4	44.8	78.2	65.7	185.1

Ten slotte wordt in Figuur 36 de afvoer van de Rupel vergeleken met de afvoer van de Bovenschede net voor de Rupel in de Schelde vloeit. De afleiding van de getoonde pentadadebieten wordt beschreven in Vanlierde et al. (2014). De afvoer van beide rivieren loopt grotendeels gelijk, alleen in de eerste drie maanden was de afvoer van de Bovenschede merkkelijk groter dan deze van de Rupel. Dit is ook zichtbaar in Figuur 34, waar de afvoer te Melle relatief groter is t.o.v. de andere meetposten in de eerste drie maanden.



Figuur 36 - Pentadeafvoer van de Rupel en de Bovenschede opwaarts de monding van de Rupel in het jaar 2014

### 3.2.2. Individuele wasregimes

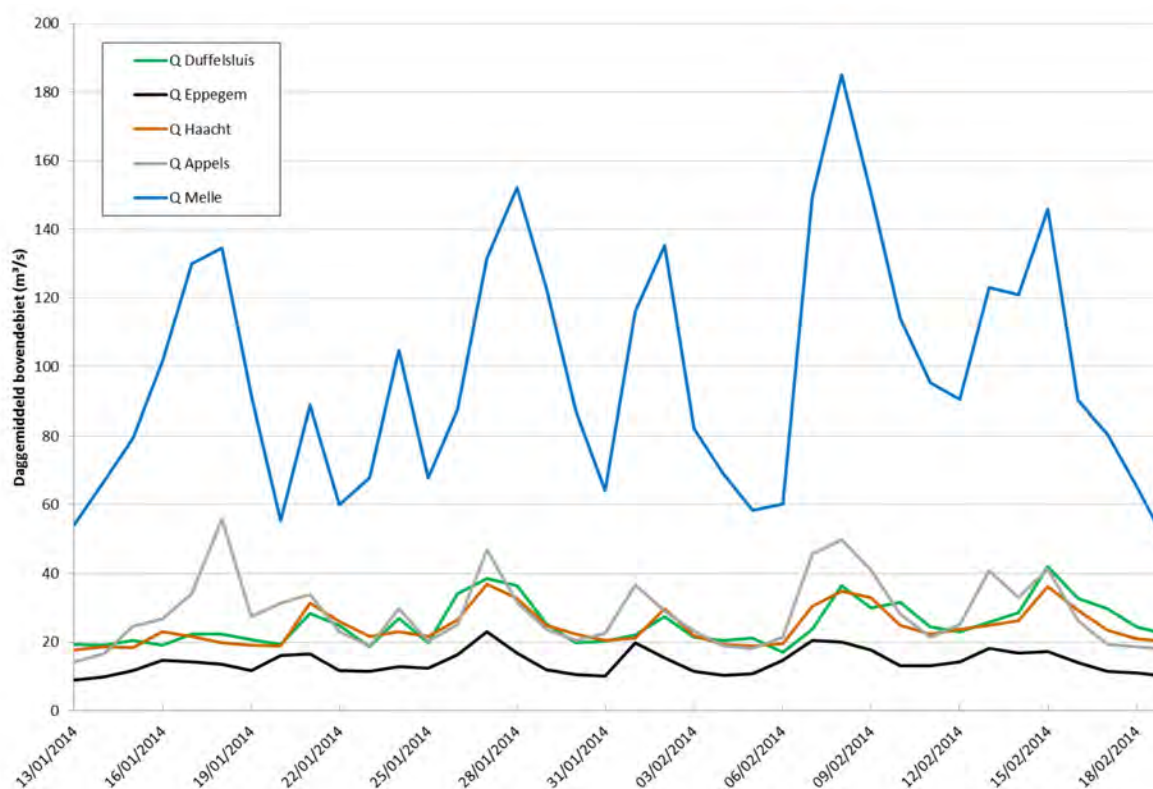
In 2014 heeft zich geen enkel wasregime voorgedaan dat geleid heeft tot een wasrapport. Wel hebben zich enkele periodes voorgedaan van verhoogde afvoer, zoals te zien in Figuur 34.

Aangezien deze invloed hebben op de geregistreerde fysische parameters, besproken in § 4 worden de individuele events hieronder kort besproken.

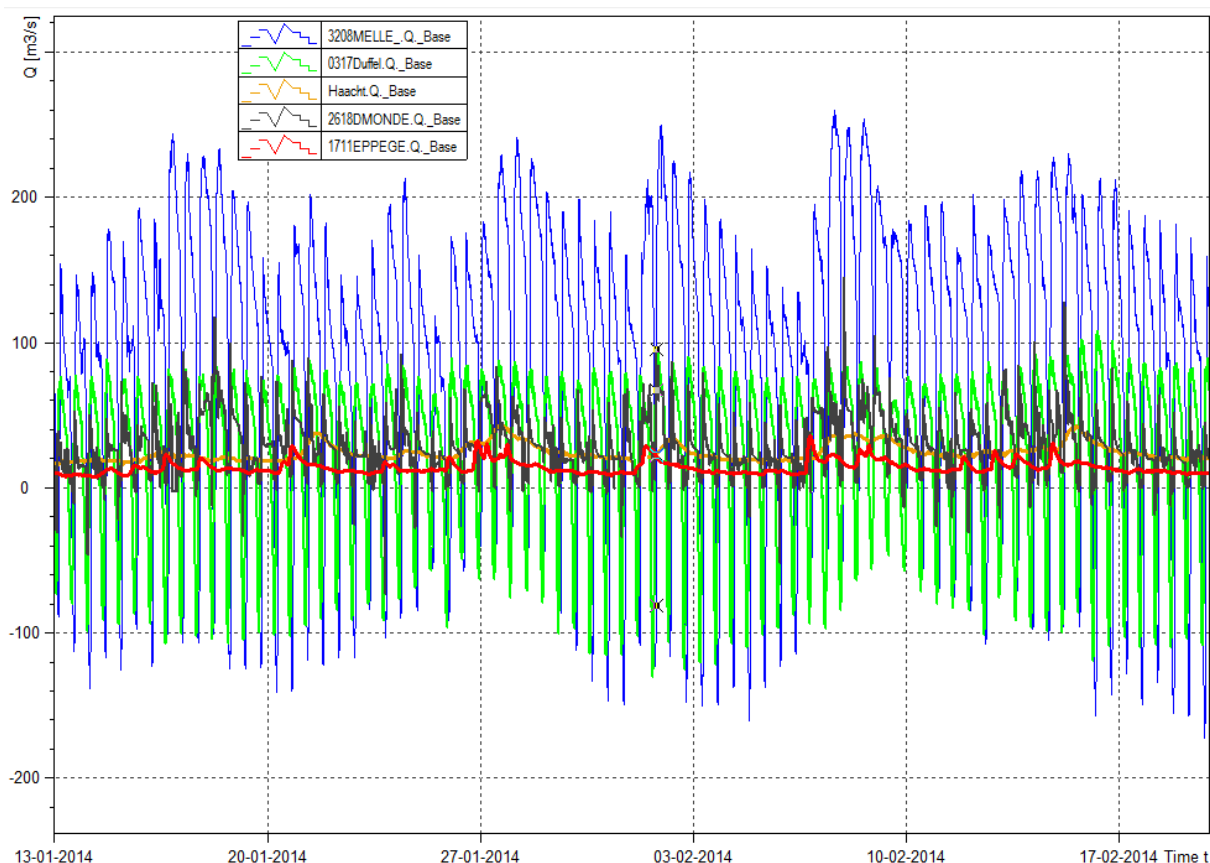
#### 3.2.2.1 Verhoogde afvoer 1: 13-1-2014 tot 19-2-2014

Tijdens de winterperiode zijn er verschillende opeenvolgende verhoogde afvoeren geregistreerd. De periode met de hoogste afvoeren bevindt zich tussen 13 januari en 19 februari 2014 (zie Figuur 37).

Enkel tijdens de verhoogde afvoer rond 8 en 9 februari deed zich gedurende enkele tijen een continue ebstroom voor in deze periode in de Boven-Zeeschelde te Melle (zie Figuur 38). Bij de andere events was de afvoer te Melle niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Deze werd wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar er was geen sprake van schijntij.



Figuur 37 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 13 januari tot 19 februari 2014

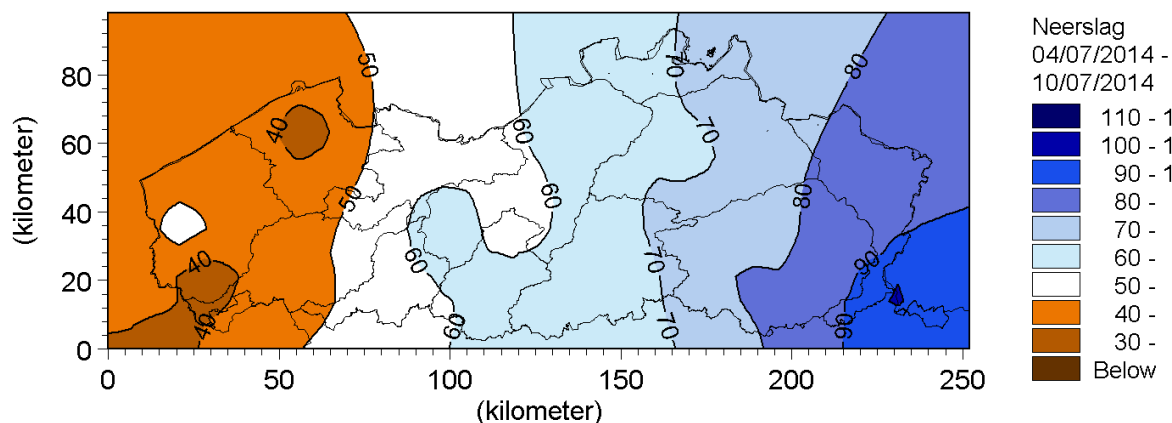


Figuur 38 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 13 januari tot 19 februari 2014

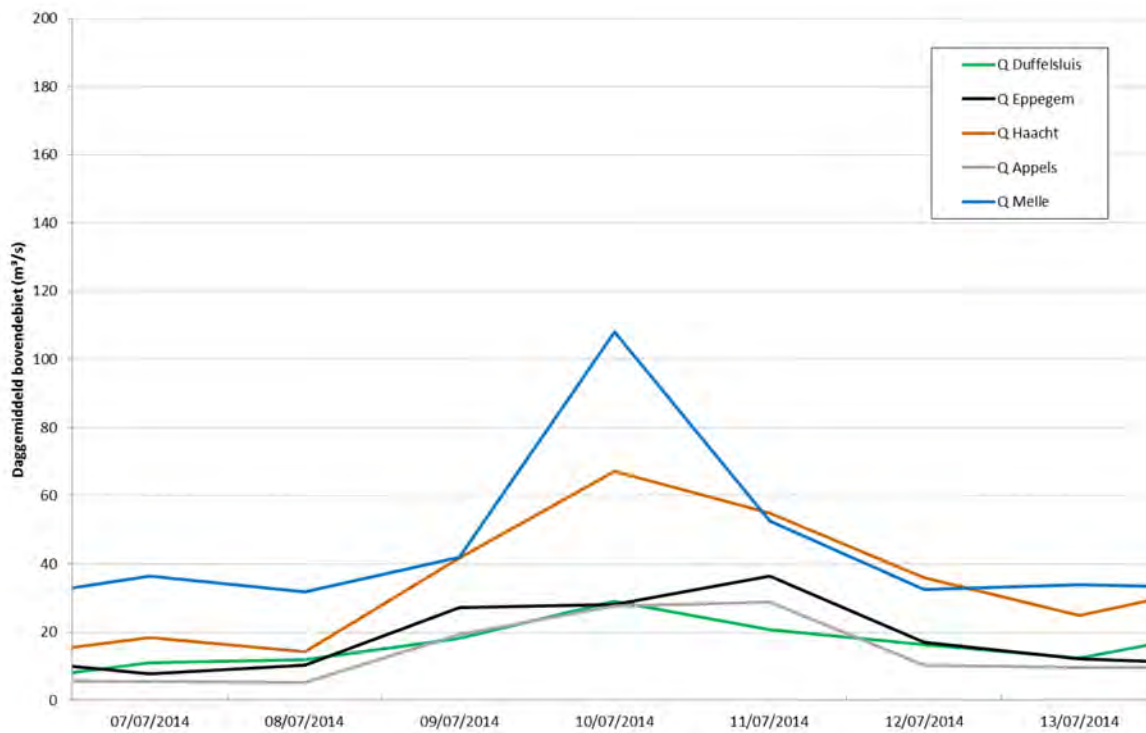
### 3.2.2.2 Verhoogde afvoer 2: 9-7-2014 tot 11-7-2014

Tijdens de zomer zijn er twee momenten van verhoogde afvoer. Het eerste bevindt zich rond 9 tot 11 juli.

De neerslag viel voornamelijk in de oostelijke landshelft (zie Figuur 39) wat verklaart waarom de meetraai te Haacht relatief sterkere verhoogde waarden in afvoer vertoonde t.o.v. de minder sterke (maar wel verhoogde) afvoeren te Melle en te Dendermonde (zie Figuur 40).

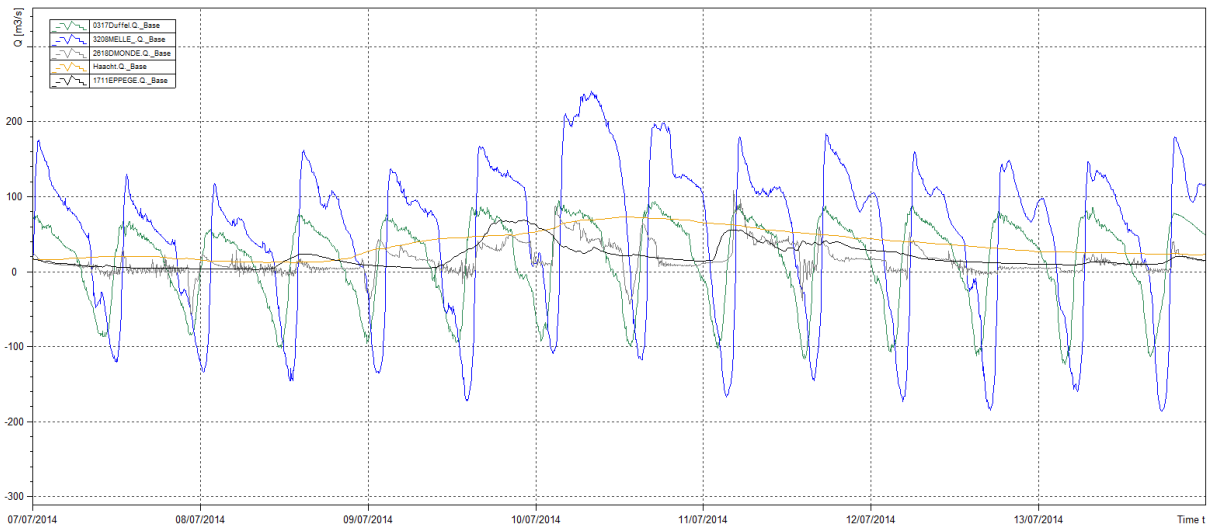


Figuur 39 - Gevallen neerslag van 4 juli 2014 tot en met 10 juli 2014



Figuur 40 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 7 tot 13 juli 2014

De afvoer te Melle was evenwel niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Zoals in Figuur 41 te zien is, wordt deze wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij.

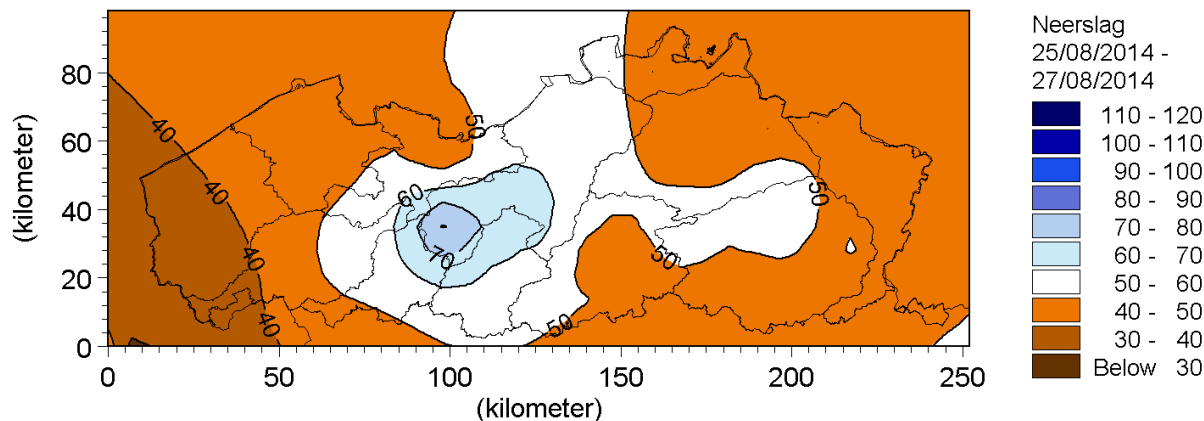


Figuur 41 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 7 tot 13 juli 2014

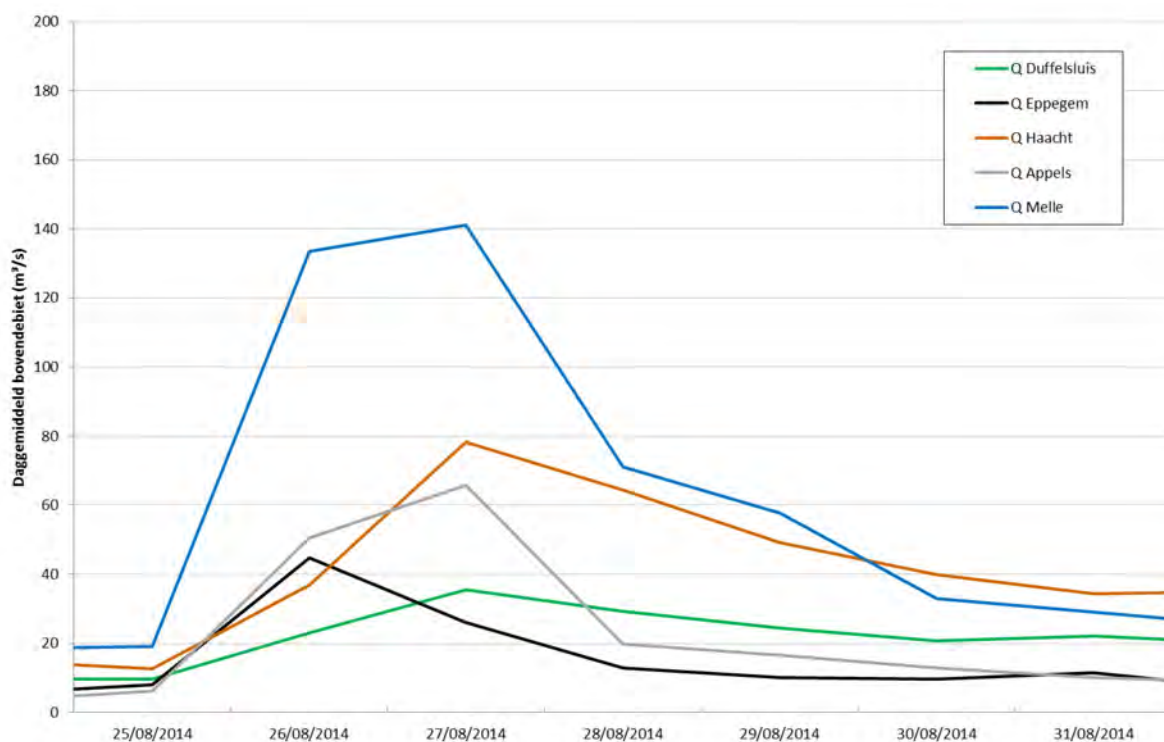
### 3.2.2.3 Verhoogde afvoer 3: 25-8-2014 tot 30-8-2014

De tweede verhoogde afvoer tijdens de zomer deed zich voor eind augustus.

De neerslag viel voornamelijk in het centrum van Vlaanderen (zie Figuur 42), wat verklaart waarom enkel de meetraai in Melle, en in mindere mate de meetraai in Appels (Dendermonde) verhoogde waarden in afvoer vertonen (zie Figuur 43).

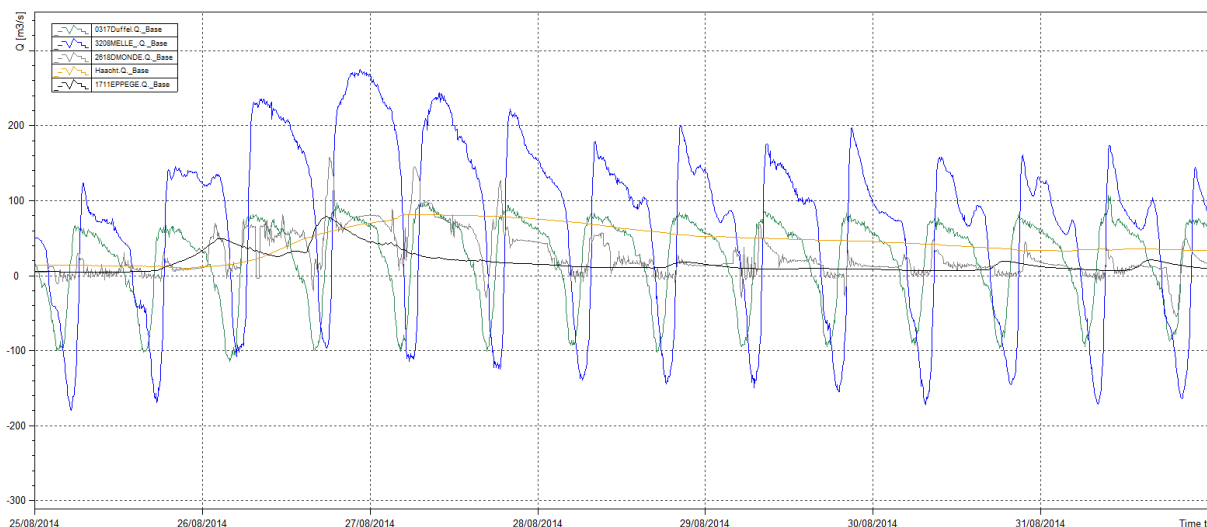


Figuur 42 - Gevallen neerslag van 25 augustus 2014 tot en met 27 augustus 2014



Figuur 43 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 25 tot 31 augustus 2014

Ook tijdens dit event was de afvoer te Melle niet zo sterk toegenomen dat de vloedstroom volledig tegengewerkt werd. Zoals in Figuur 44 gezien kan worden, wordt deze wel een paar keer sterk teruggedrongen, maar is geen sprake van schijntij.

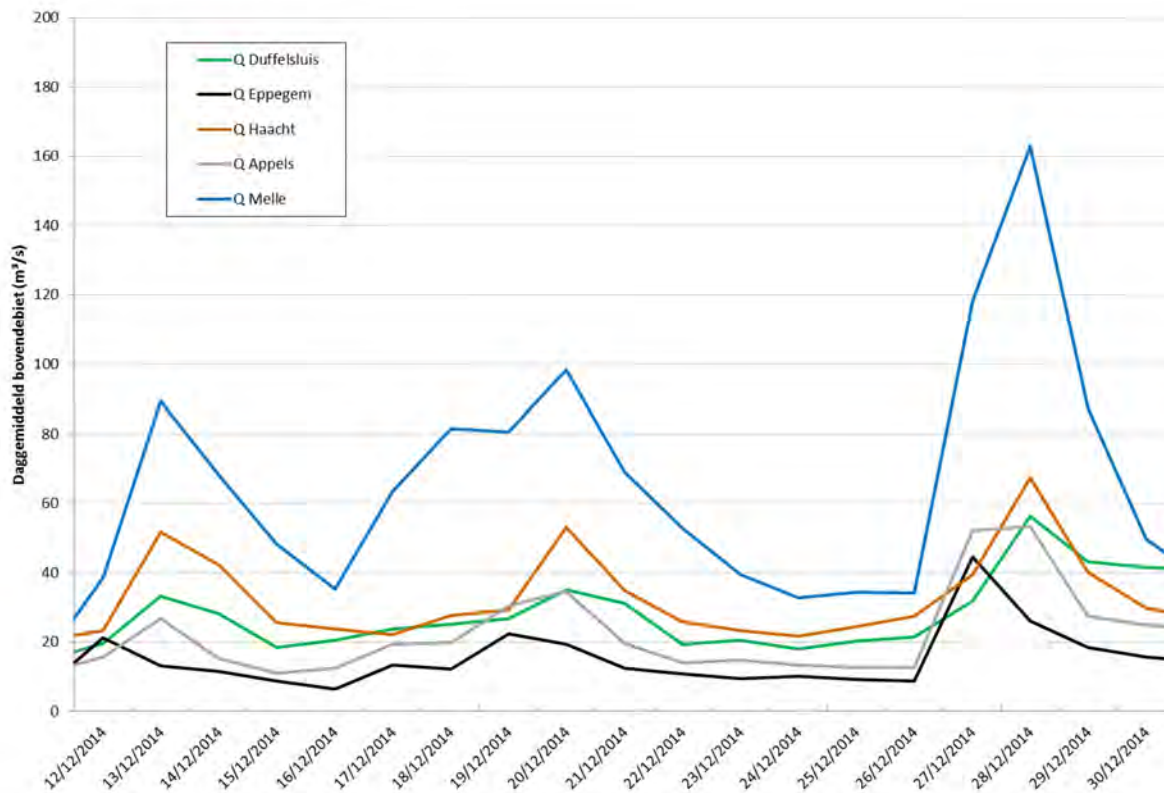


Figuur 44 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 25 tot 31 augustus 2014

### 3.2.2.4 Verhoogde afvoer 4: 12-12-2014 tot 30-12-2014

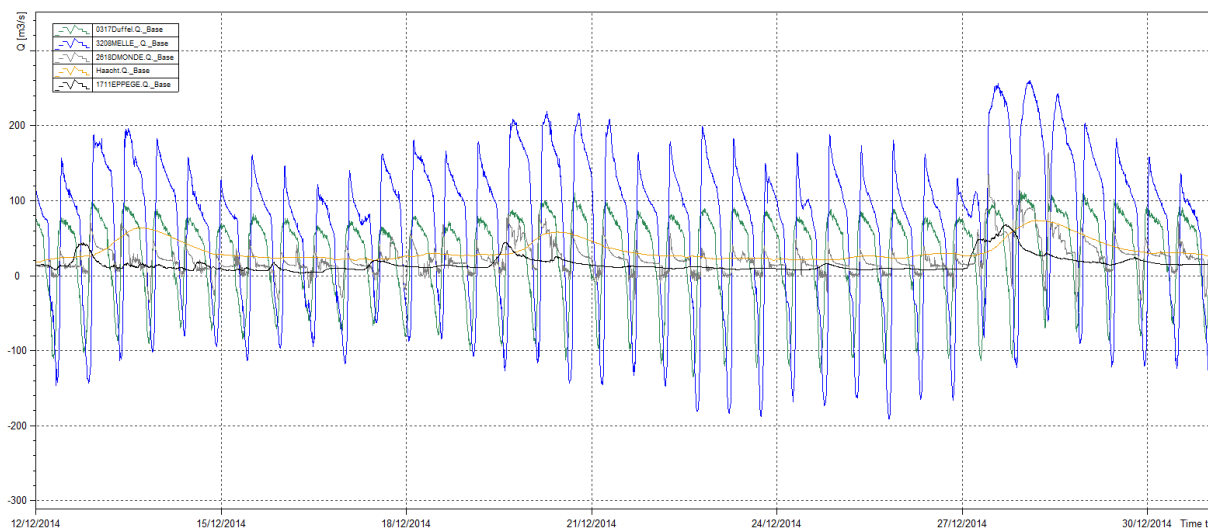
Tijdens de tweede helft van de maand december 2014 werden opnieuw verschillende opeenvolgende verhoogde afvoeren geregistreerd (zie Figuur 45).

Tijdens deze periode deed zich echter geen continue ebstroom voor te Melle (zie Figuur 46).



Figuur 45 - Zeescheldebekken: daggemiddelde afvoer aan de meetraaien van 12 tot 30 december 2014





Figuur 46 - Zeescheldebekken: hoogfrequente afvoer aan de meetraaien van 12 tot 30 december 2014

## 4. Jaaroverzicht fysische parameters

Door het Waterbouwkundig Laboratorium worden fysische parameters zoals temperatuur, conductiviteit en turbiditeit, zowel op continue meetlocaties als tijdens singuliere meetcampagnes gemeten. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters.

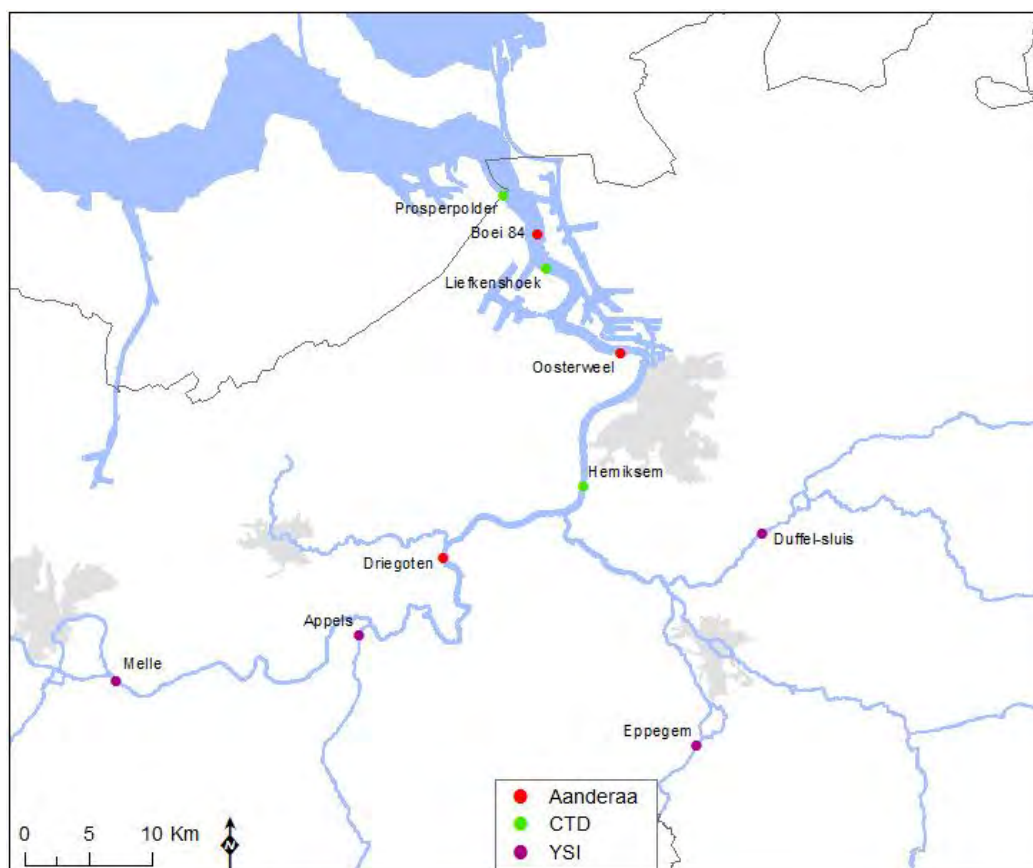
Voor achtergrond en duiding bij de monitoring van fysische parameters in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genaamd "Basisboek" (Taverniers et al., 2013). Hierin worden de gebruikte meettoestellen in detail beschreven, evenals de meetlocaties. Daarenboven zijn in dit rapport de typische verlopen van de fysische parameters in functie van het getij en de seizoenen voor de verschillende meetposten opgenomen.

### 4.1. Continue metingen "fysische parameters"

#### 4.1.1. Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Op zeven meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Boei 84, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Driegoten en Melle), één meetplaats in de Dender (Appels), één meetplaats in de Zenne (Epegem) en op één meetplaats in de Beneden-Nete (Duffel Sluis) worden met behulp van multiparameter-toestellen op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd (zie Figuur 47).

Op meetlocaties te Boei 84 en te Oosterweel hangen telkens twee multiparametertoestellen, een onderste toestel dicht bij de bodem, een bovenste toestel onder het laag-laagwater peil, zodat ook deze zich ten allen tijde onder water bevindt. Het onderste toestel te Boei 84 hangt 1 m boven de bodem, het bovenste hangt 3,75 m boven de bodem. Te Oosterweel hangt het onderste toestel 1 m boven de bodem, het bovenste 4,5 m. Op de meetposten Prosperpolder, Liefkenshoek, Hemiksem, Driegoten, Melle en Duffel Sluis werd er telkens één toestel opgesteld. Tabel 9 geeft een overzicht van welk toesteltype op welke locatie hangt, alsook welke parameters deze toestellen registreren en met welk tijdsinterval.



Figuur 47 - Locatie van Moneos-metposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt



Tabel 9 - Overzicht van de toesteltypes van multi-parametertoestellen ingezet in 2014 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren

Toesteltype	Tijdsinterval	Gemeten parameters	Meetlocatie	Vertikale positie	Rivier
Aanderaa Seaguard	10 min	Totale druk Temperatuur Conductiviteit	Boei 84 (boven + onder)	B: 3,5 m O: 1 m	Beneden-Zeeschelde
		Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid	Oosterweel (boven + onder)	B: 4,5 m O: 1 m	Beneden-Zeeschelde
			Driegoten	+/- 3 m onder het wateroppervlak	Boven-Zeeschelde
Valeport-CTD	10 min	Totale druk Temperatuur Conductiviteit	Prosperpolder	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
			Liefkenshoek	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
			Hemiksem	-1,5 m TAW	Boven-Zeeschelde
YSI	5 min	Totale druk Temperatuur Conductiviteit	Duffel Sluis	+/- 0,35 m boven de bodem	Beneden-Nete
		pH Turbiditeit	Melle	+/- 0,8 m boven de bodem	Boven-Zeeschelde
		Zuurstofgehalte Zuurstofverzadiging	Appels	+/- 0,4 m boven de bodem	Dender
			Epegem	+/- 0,3 m boven de bodem	Zenne

Te Boei84 werden de meettoestellen een periode vermist omwille van een menselijke fout tijdens het ophalen. Hierdoor zijn er voor deze meetpost geen data beschikbaar tussen 24/09/2014 en 5/11/2014. Ook voor andere posten worden in onderstaande tabel (Tabel 10) periodes aangegeven waar er door onvoorziene omstandigheden geen data kon geregistreerd worden.

Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2014)

Meetlocatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen
Boei 84 (Onder en Boven)	24/09/2014	05/11/2014
Oosterweel (Onder en Boven)	30/01/2014	03/02/2014
Driegoten	nvt	Nvt
Prosperpolder	nvt	Nvt
Liefkenshoek	30/07/2014	08/08/2014
Hemiksem	nvt	Nvt
Duffel Sluis	nvt	Nvt
Melle	nvt	Nvt
Appels	nvt	Nvt
Epepegem	nvt	Nvt
Prosperpolder	nvt	Nvt

#### 4.1.2. Verloop stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde

##### 4.1.2.1 Verloop van stroomrichting

Op drie locaties in de Zeeschelde (met name Boei 84, Oosterweel en Driegoten) werd in 2014 de stroomrichting en stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa multiparametertoestellen (zie Figuur 47). Deze sondes meten de vectoriële watersnelheid in een horizontaal vlak, tot een drietal meter rondom de meetsonde. Buiten de absolute grootte van snelheid is dus ook de stroomrichting gekend. Deze geldt in het horizontale vlak, en wordt klassiek uitgedrukt in 360-delige graden t.o.v. de noordelijke richting. De gemeten waterstroomrichting duidt dus de zin aan waarnaar de stroming gaat, in tegenstelling tot windrichting.

De oriëntatie van de meetlocaties maakt dat te Boei 84 en Driegoten de stroomrichting bij eb naar het noorden georiënteerd is en dus schommelt rond  $0^\circ = 360^\circ$ . Bij vloed is de stroomrichting voor deze meetlocaties in zuidelijke richting georiënteerd, dus rond  $180^\circ$ . Te Oosterweel daarentegen, gaan de vloed- en ebstromingen volgens de Oost-West-as. De stroomrichting bij vloed gaat in oostelijke richting, of dus rond  $90^\circ$ , terwijl de stroomrichting bij eb naar het westen georiënteerd is, dus rond  $270^\circ$ .

Op alle meetlocaties schommelt het verschil tussen vloed- en ebstroming dus rond  $180^\circ$ . Er zijn geen lokale invloeden van riviermorphologie of van constructies die de stroomrichtingen ter hoogte van deze locaties van de Noord-Zuid of Oost-West-lijnen doen afwijken. De stroomrichting is een parameter die telkenmale bij vloed resp. eb heel constant is, en die tijdens een vloed resp. eb slechts weinig variatie kent (Tabel 11).

Gezien er een nagenoeg éénduidige stroomrichting is bij eb en vloed, met een verschil tussen beide richtingen van ongeveer  $180^\circ$ , wordt het verloop van de stroomrichting in de tijd niet als dusdanig in dit rapport opgenomen. Wel wordt aan de hand van de verandering van de stroomrichting, de tijdstippen van kentering Hoog Water (KHW) en van Kentering Laag Water (KLW) bepaald. Hierdoor kunnen ook eb en vloed gedefinieerd worden: eb is de periode tussen KHW en KLW, en vloed tussen KLW en KHW.

Tabel 11 - Gemiddelde en standaardafwijking van de gemeten stroomrichting bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) en Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2014.

Locatie	Eb			Vloed		
	Hoek/Richting ( $^\circ$ )		Azimut	Hoek/Richting ( $^\circ$ )		Azimut
	Gemiddelde	Standaardafwijking		Gemiddelde	Standaardafwijking	
Boei 84 (B)	1,92	11,33	N	182,45	11,38	Z
Oosterweel (B)	263,07	7,35	W	92,23	8,44	O
Driegoten	1,32	5,53	N	181,30	8,46	Z

#### 4.1.2.2 Verloop van stroomsnelheid

Naast de stroomrichting wordt ter hoogte van Boei 84, Oosterweel en Driegoten ook de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. Deze metingen zijn puntstroomsnelheidsmetingen. De locatie van de meetplaatsen is telkens zo representatief mogelijk voor de dwarssectie gekozen. Bij deze locatiekeuze dient telkens wel rekening gehouden te worden met het feit dat ze buiten vaargeul gelegen moet zijn en aan een steiger of dukdalf geplaatst moet kunnen worden. Om toch een inzicht te krijgen in de stroming en sedimenttransport doorheen de gehele dwarssectie op verschillende plaatsen in de Zeeschelde (en in de Rupel), zijn dertienuurs-metingen uitgevoerd (zie § 4.2.2).

Aangezien de stroomsnelheid rond het moment van de kenteringen naar nul terugvalt, zijn enkel gemiddelde en maximale stroomsnelheden tijdens vloed en eb interessante afgeleiden om te presenteren. Bij springtijden zijn ze groter dan bij middeltijden die dan weer groter zijn dan bij doottijden. Bij stormtijden kunnen de stroomsnelheden nog beduidend groter zijn. Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en eb, gelden ook de maximum stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er afhankelijkheid van doottijd, middeltijd, springtij, stormtij.

De gemiddelde en maximale snelheden over eb en vloed zijn berekend in de periode tussen twee kenteringen, waarbij het moment van kentering bepaald is op basis van de met dezelfde Aanderaa-sonde gemeten stroomrichting.

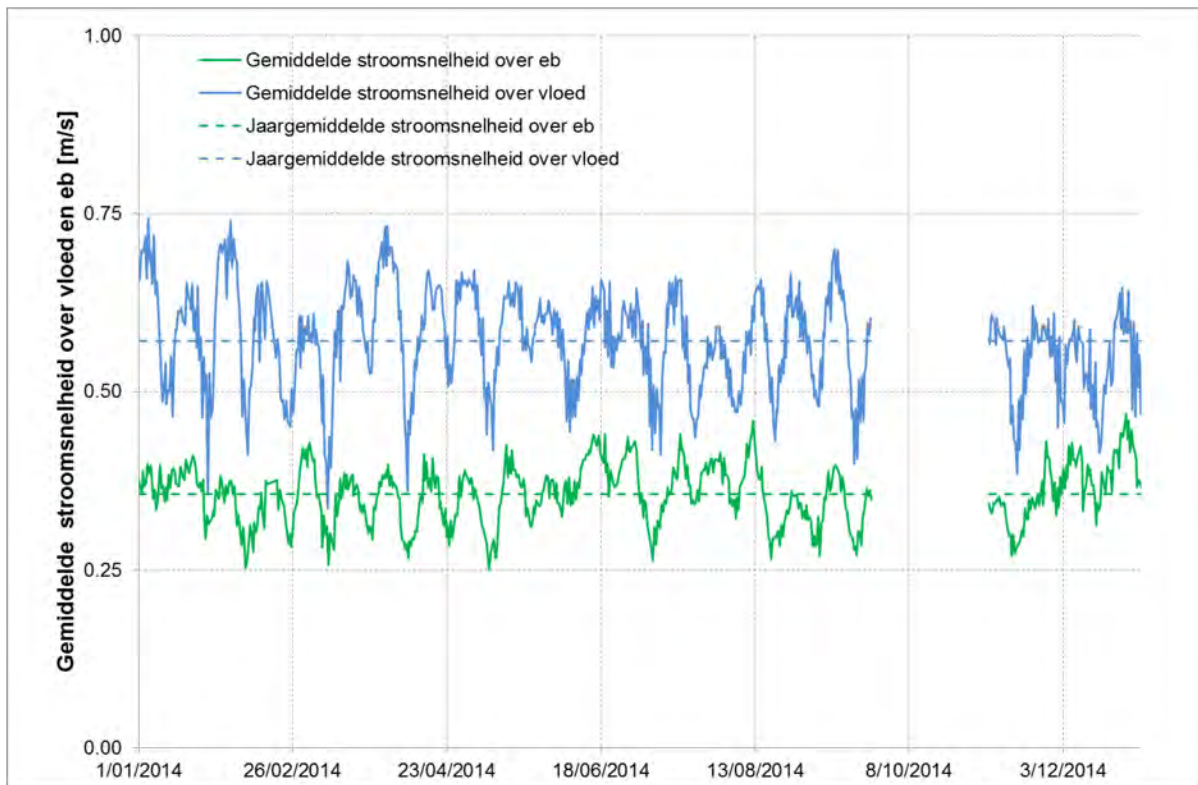
Figuur 48 tot en met Figuur 57 tonen resp. de gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 48 t.e.m. Figuur 52) bij vloed en bij eb, en de maximale (Figuur 53 t.e.m. Figuur 57) stroomsnelheden bij vloed en bij eb en dit voor resp. de locaties Boei 84, Oosterweel, en Driegoten. Wat betreft de meetlocaties te Boei 84 en Oosterweel, is telkens eerst het resultaat van het bovenste meettoestel weergegeven en vervolgens dit van het onderste meettoestel. Op de meetlocatie van Driegoten is slechts één toestel aanwezig. Op al deze locaties is steeds het patroon van doottijd/middeltij/springtij te herkennen. De variatie tijdens deze cyclus is vooral erg groot tijdens de maximale vloedstroming. Verder moet ook vermeldt worden dat het onderste toestel te Oosterweel tijdens de maand februari foute stroomsnelheden mat. Daarom zijn deze hier niet meer voorgesteld (Figuur 51 en Figuur 56).

Figuur 58 geeft een samenvatting van Figuur 51 tot Figuur 57 grafieken voor alle meetlocaties door middel van boxplots. Door het gebruik van boxplots kunnen de mediaan (de volle lijn), de interkwartielafstand (de doos), de minimum en maximum waarden exclusief uitschieters (whiskers) en de uitschieters zelf (bollen en sterren) van de verschillende meetplekken vergeleken worden.

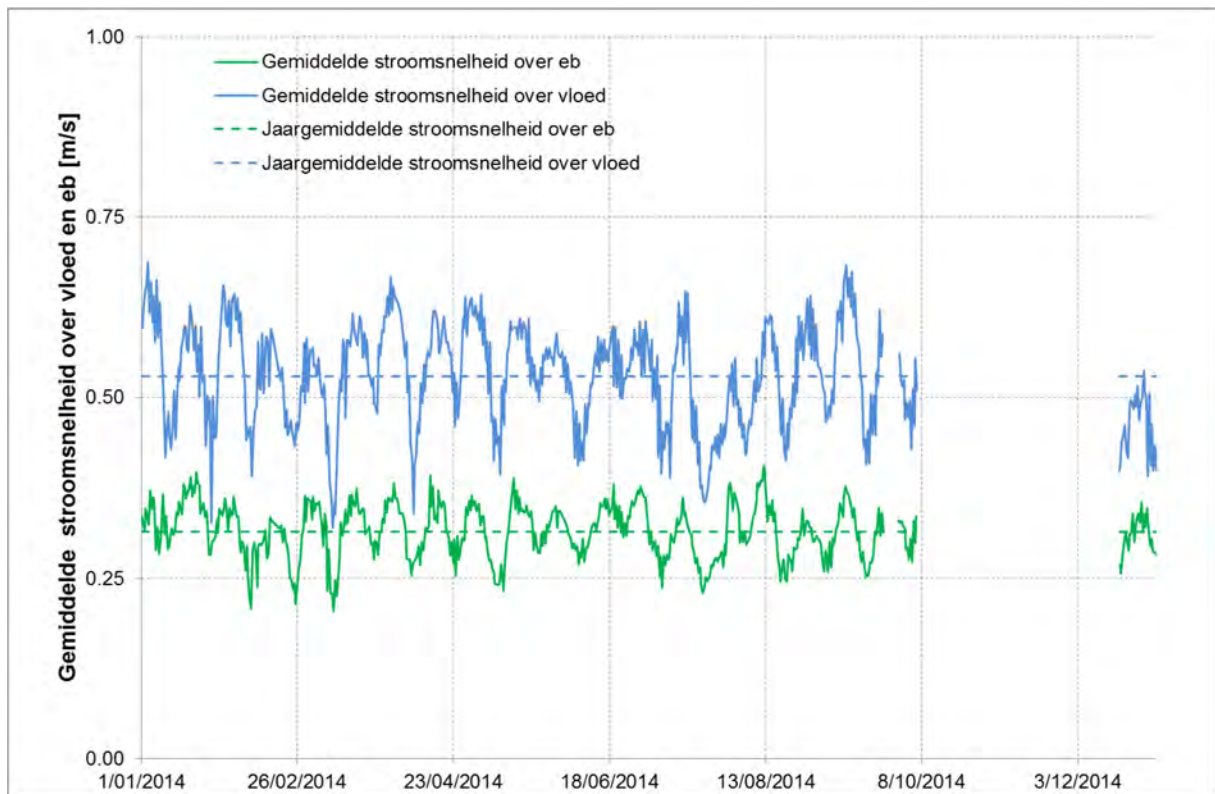
Samengevat kan worden gesteld dat de gemiddelde stroomsnelheid uiteraard groter is bij de bovenste toestellen voor Boei 84 en Oosterweel en dat in maart en september doorgaans grotere maximale vloodsnelheden voorkomen dan in andere maanden. Dit wordt veroorzaakt doordat – algemeen genomen – er in deze maanden een sterkere springtij ontwikkelt. Ook het feit van flink ontwikkelde springtijden, bijna-stormtijden en echte stormvloeden speelt daarin. In 2014 waren er echter geen echte stormvloeden te herkennen, ook de ontwikkeling van stormtijden bleven beperkt. Het verschil in maximale stroomsnelheden tussen winter en zomer bleef dan ook voor 2014 beperkt.

Aan Boei 84 zijn er uitgesproken verschillen tussen de stroomsnelheden bij vloed en deze bij eb. Voor het bovenste toestel worden hier gemiddelde snelheden bij vloed gemeten van 0,35-0,75 m/s, voor het onderste toestel liggen deze een tiental cm/s lager. Bij eb worden snelheden rond 0,25-0,5 m/s gemeten aan het bovenste toestel, en snelheden rond 0,15-0,4 m/s onderaan. De maximale snelheden op deze locatie vertonen eenzelfde trend: de maximale stroomsnelheden bij vloed zijn steeds groter dan deze bij eb in dezelfde periode beschouwd. Maximum stroomsnelheden bij vloed gaan van 0,5 à 1,5 m/s (met bij het bovenste meettoestel uiteraard grotere snelheden dan bij het toestel vlak boven bodem) en bij eb gaat het van 0,4 tot 0,85 m/s. Deze ogenschijnlijke vloeddinamiek is te wijten aan de plaatsing van het meettoestel op deze locatie, zoals te zien is in Figuur 59 waarin de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij getoond worden zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).

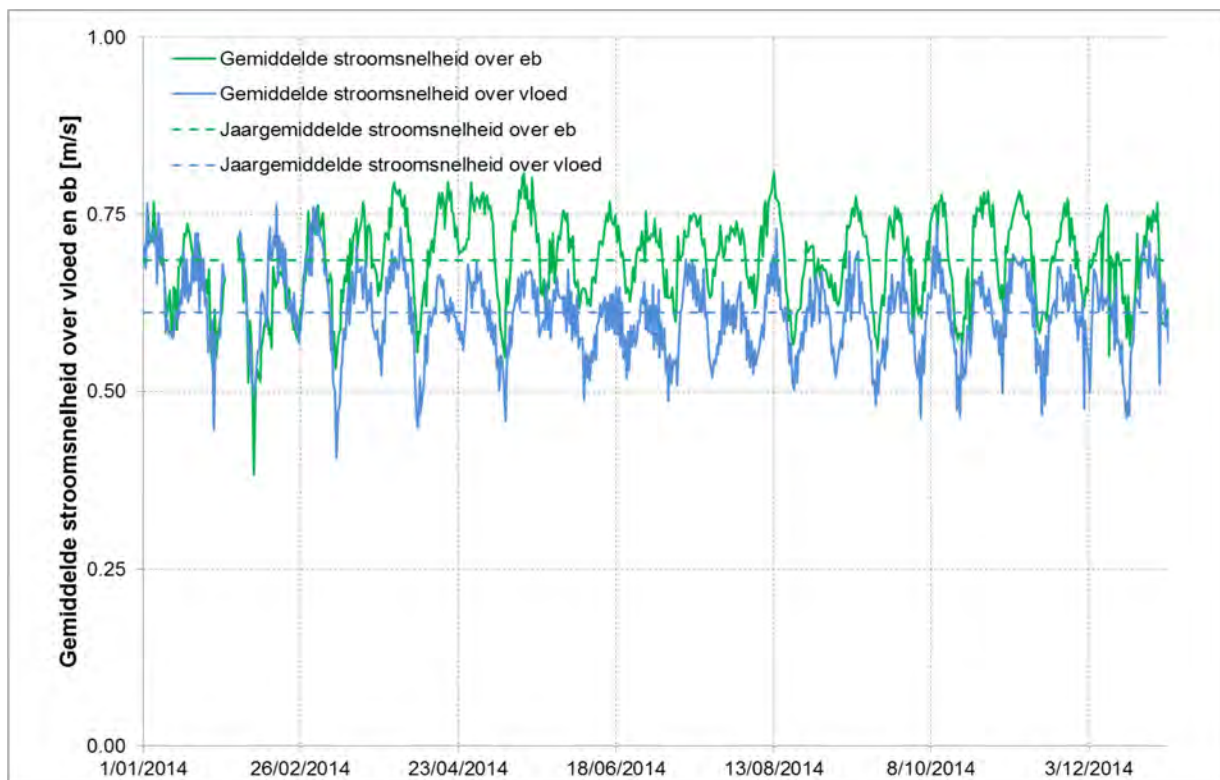
Te Oosterweel zijn (per meethoogte) de gemiddelde stroomsnelheden over vloed en over eb ongeveer gelijk; ze variëren tussen rond 0,3 en 0,75 m/s voor het toestel vlak boven de bodem, en tussen 0,4 en 0,75 m/s voor het toestel net onder laag-laagwaterpeil. De maximum-snelheden te Oosterweel over vloed zijn doorgaans groter dan deze over eb, al is het verschil voor het onderste toestel erg klein, en is het verschil voor het toestel boven de bodem van grootteorde 0,2 à 0,4 m/s.



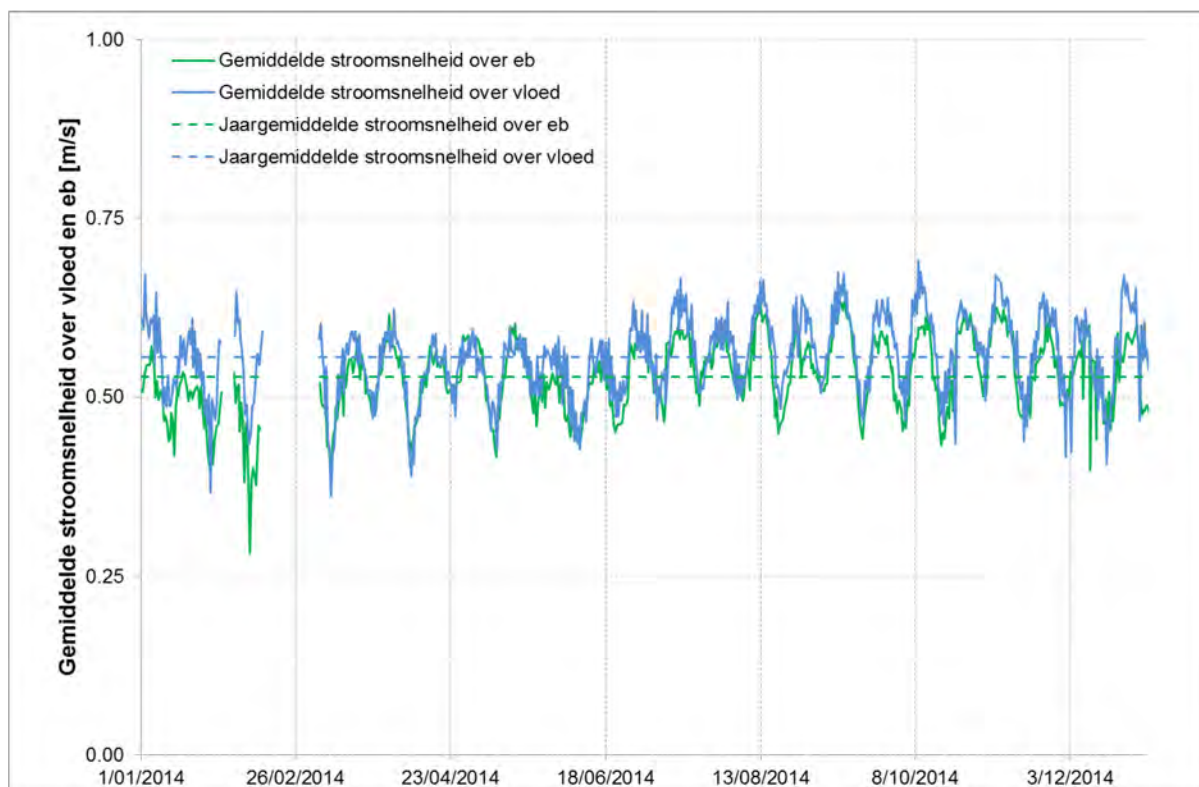
Figuur 48 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



Figuur 49 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

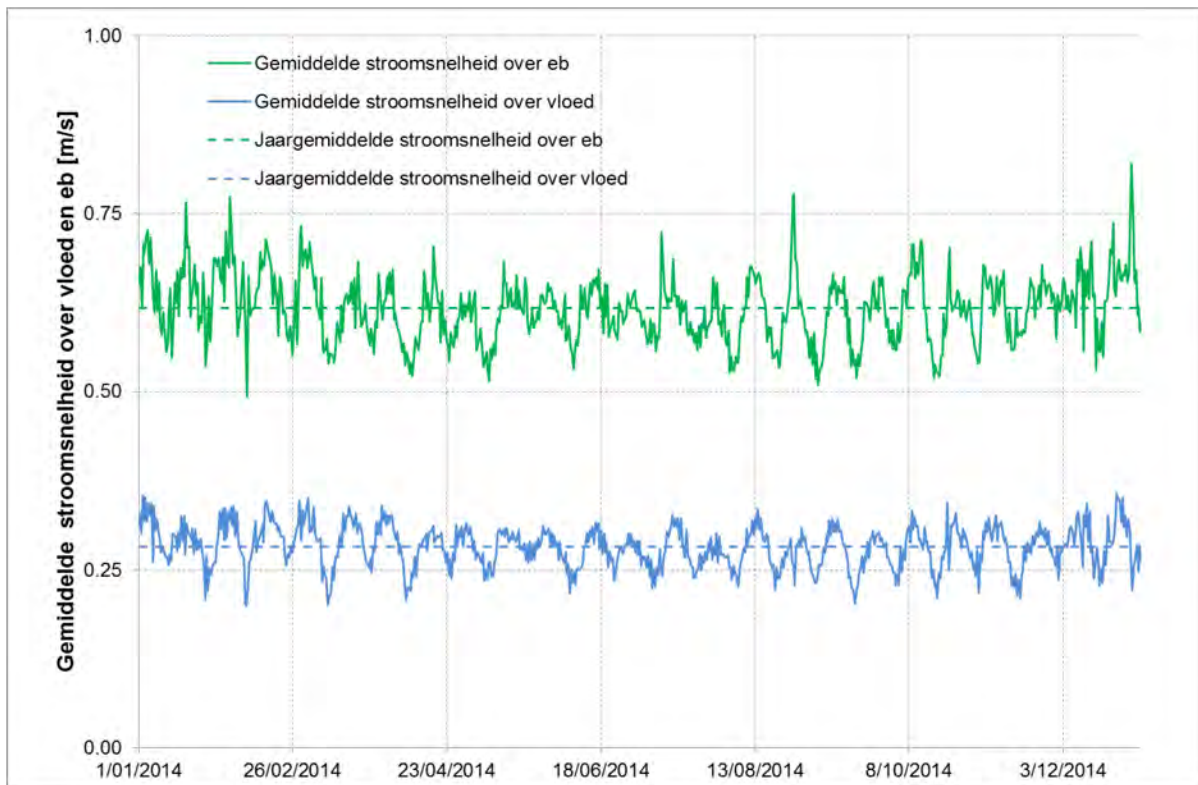


Figuur 50 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

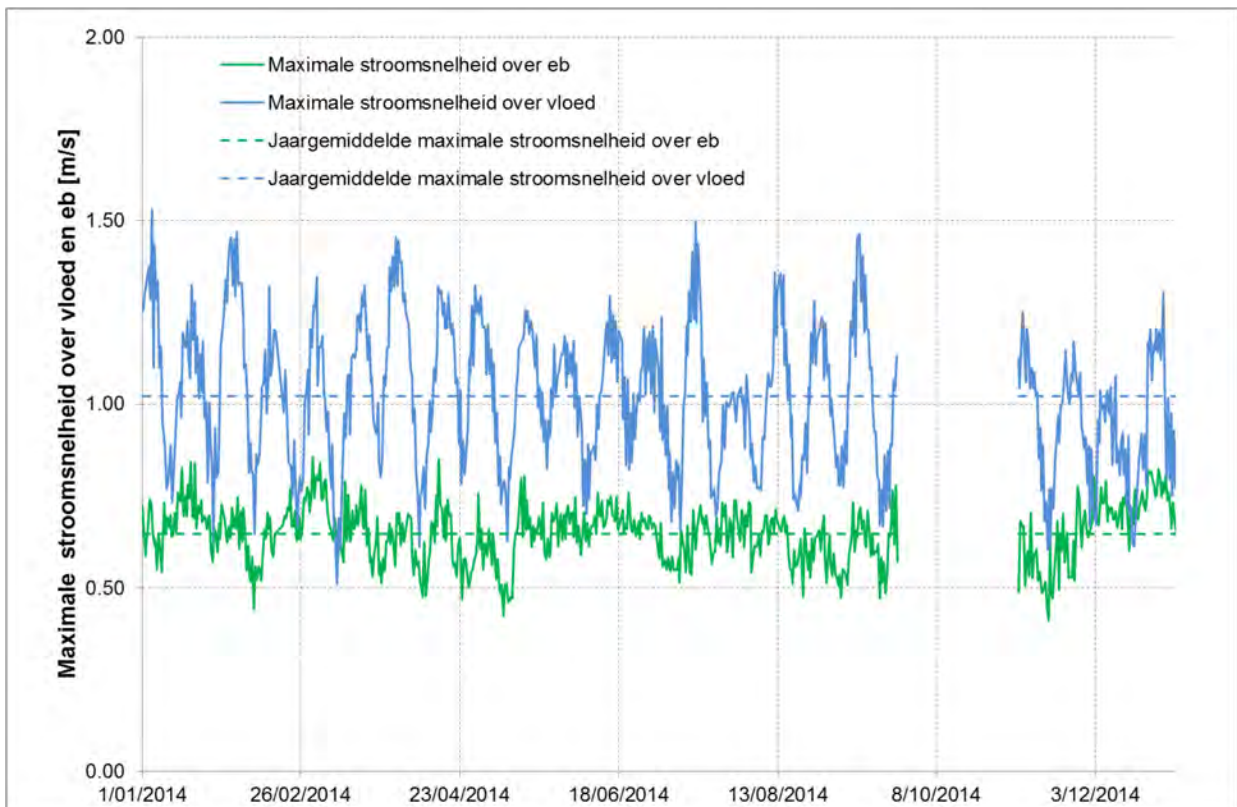


Figuur 51 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

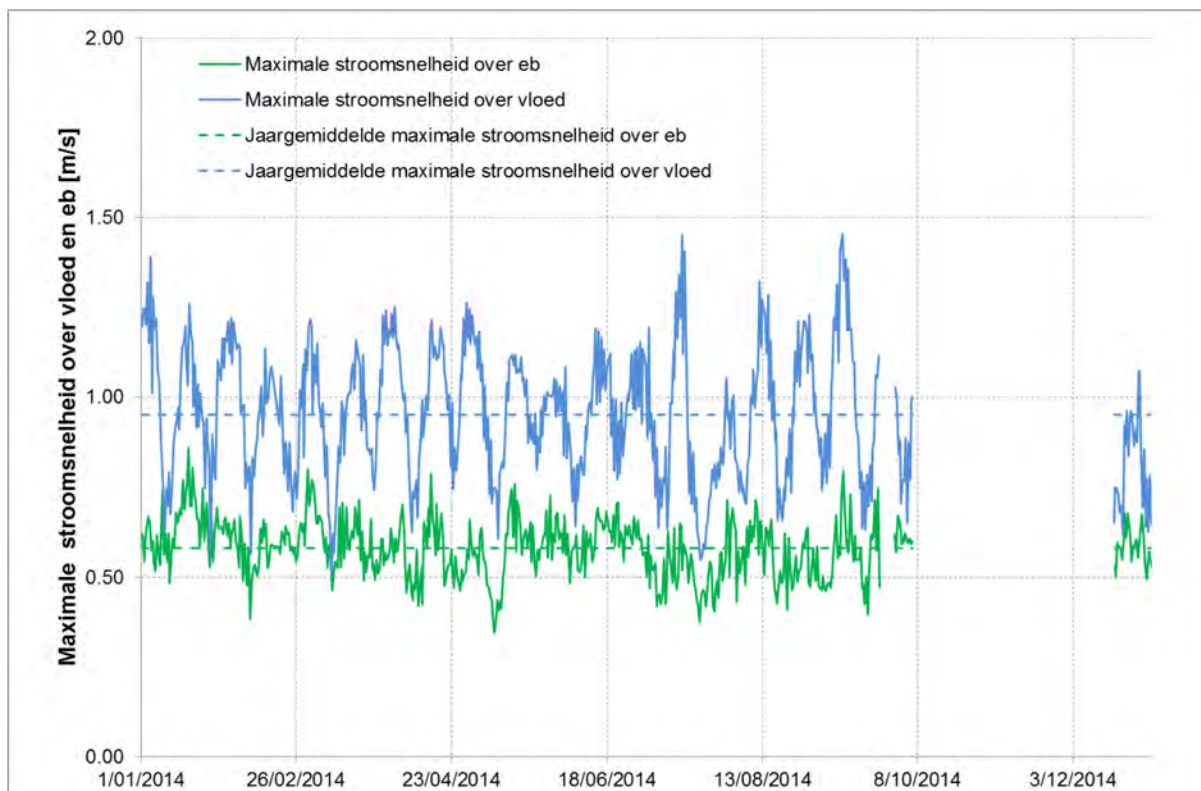




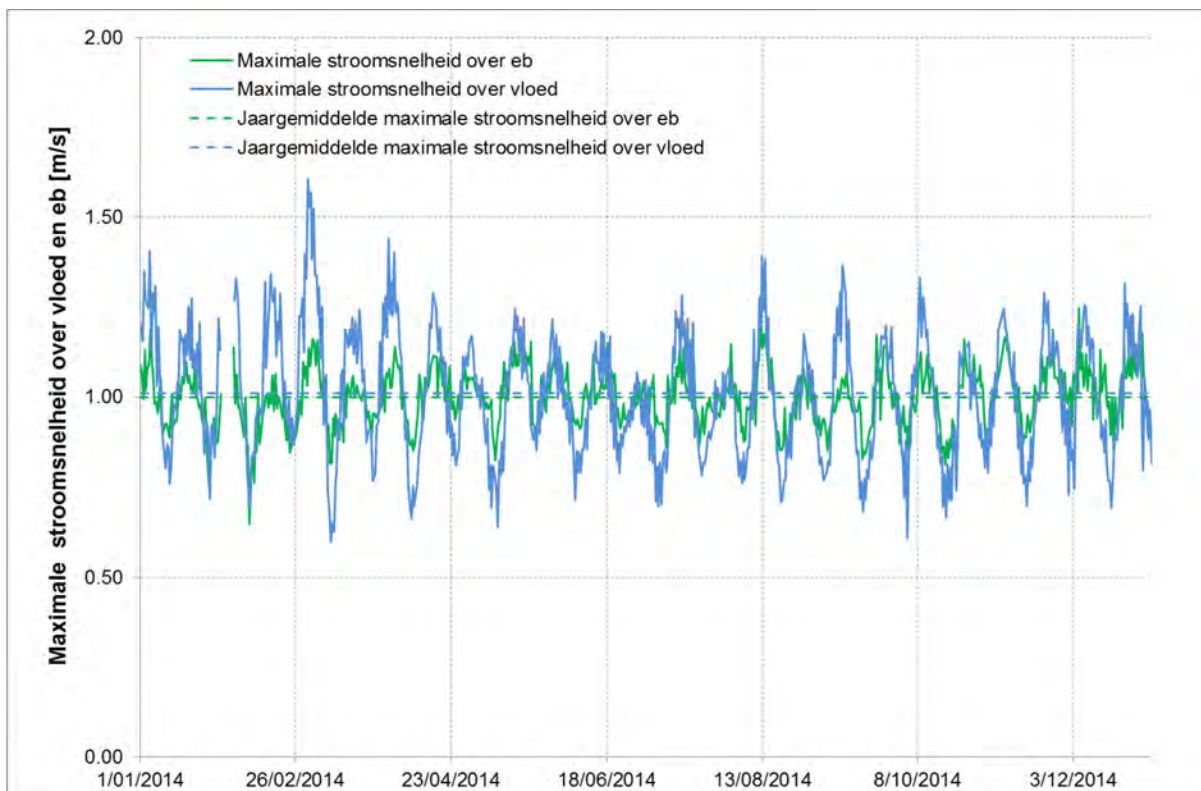
Figuur 52 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeescheldebekken) (2014)



Figuur 53 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2014)

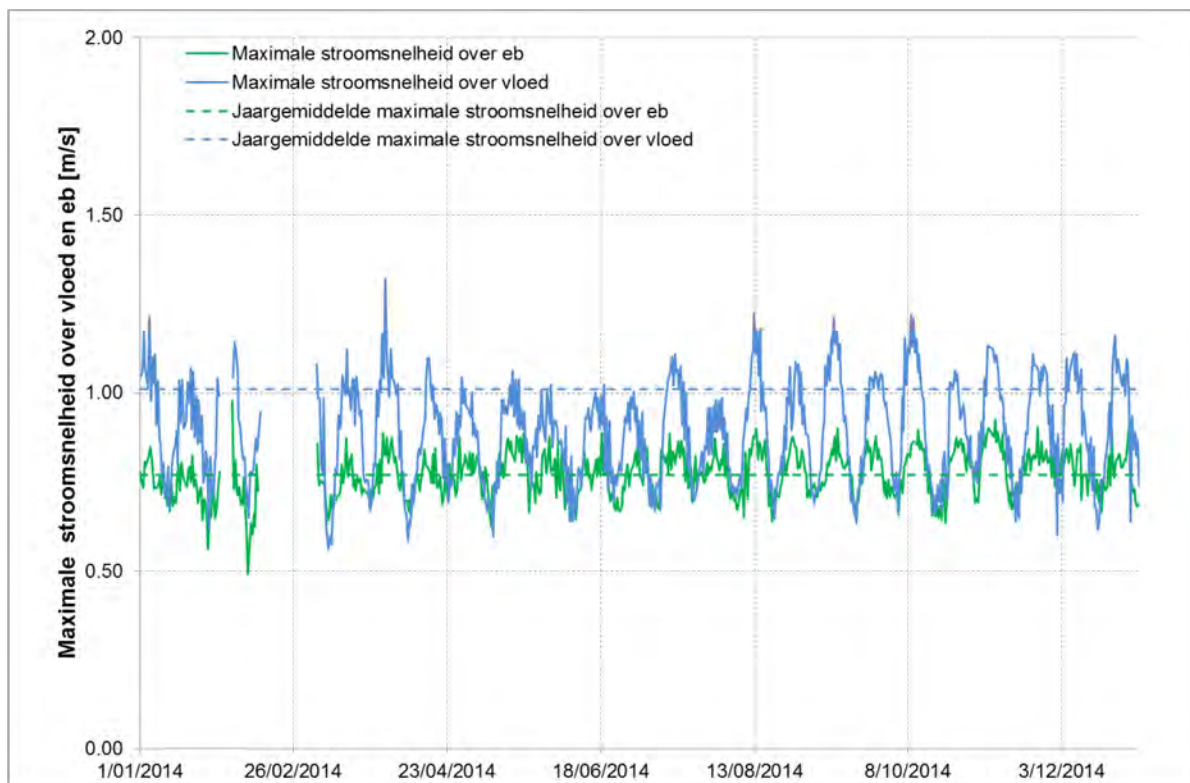


Figuur 54 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

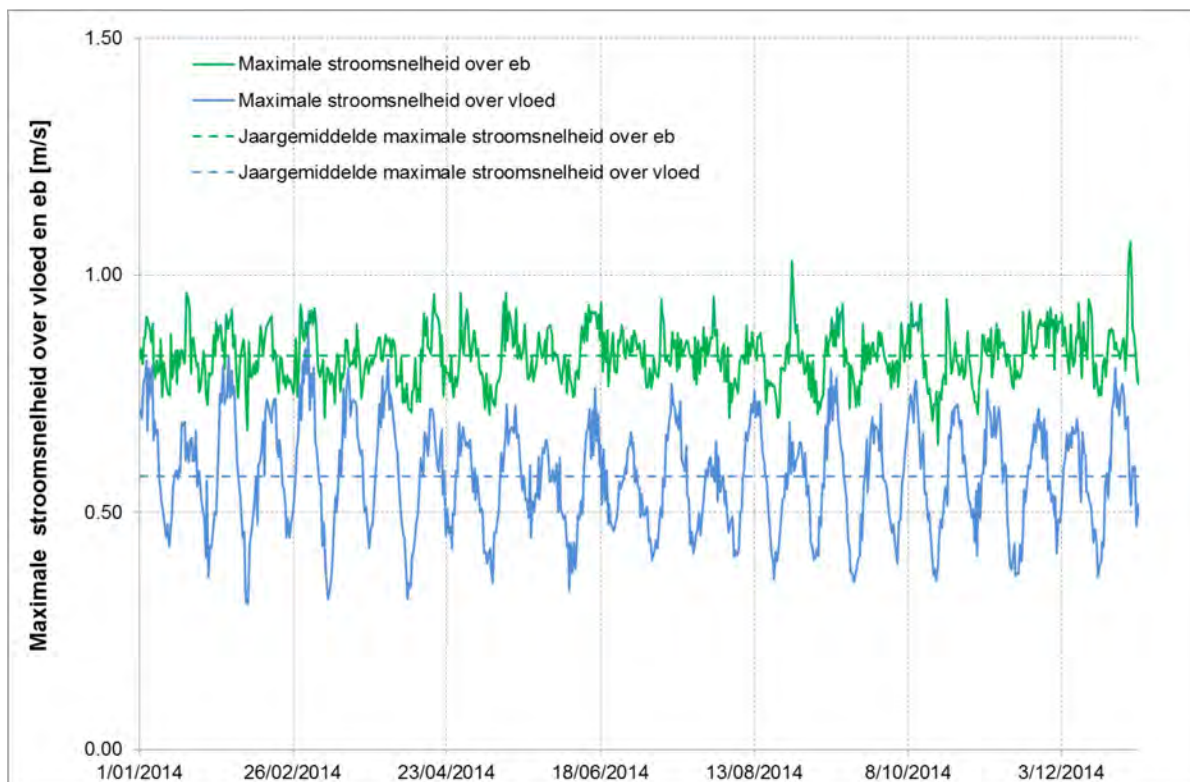


Figuur 55 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

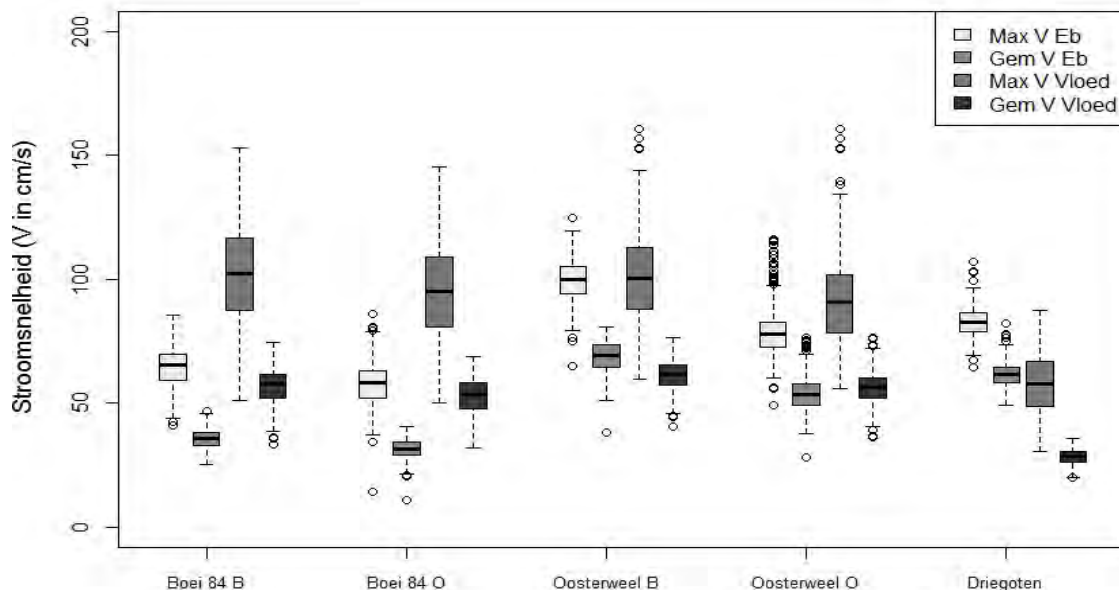




Figuur 56 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



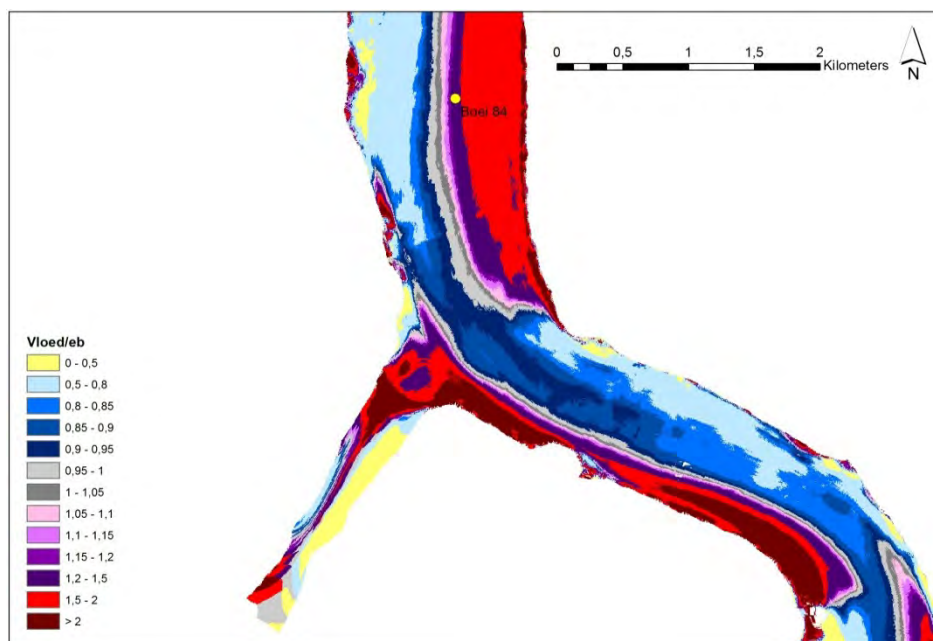
Figuur 57 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)



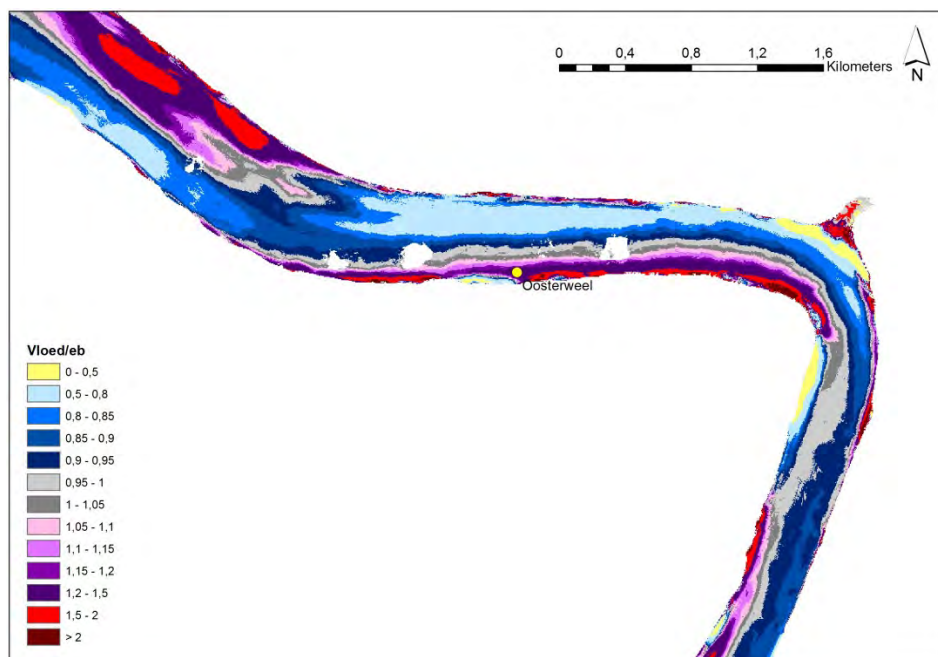
Figuur 58 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014)

Ook deze verdeling van eb- en vloedstromingen is te wijten aan de plaatsing van het meettoestel, zoals te zien is in Figuur 60 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Oosterweel. Figuur 60 waarin de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij getoond worden zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).

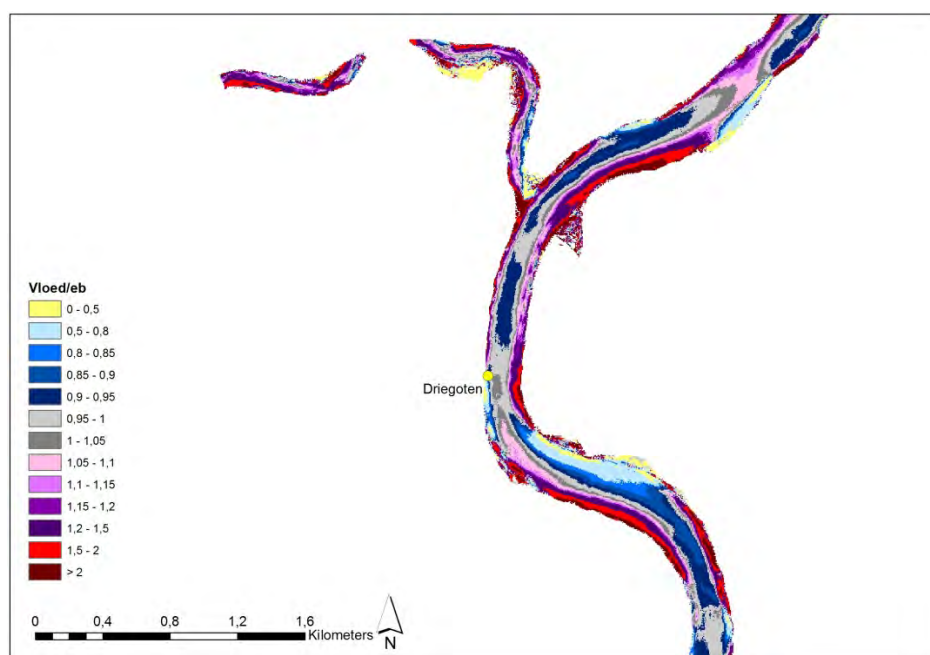
Wat betreft de stroomsnelheden te Driegoten is het patroon omgekeerd. Hier is zowel de gemiddelde als de maximale stroomsnelheid bij eb groter dan deze bij vloed. De gemiddelde stroomsnelheden schommelen hierbij rond 0,5-0,8 m/s bij eb en rond 0,25 m/s bij vloed. De maximale stroomsnelheden variëren van 0,65-1 m/s bij eb en van 0,3-0,85 m/s over vloed. Deze ogenschijnlijke ebdominantie is ook hier te wijten aan de plaatsing van het meettoestel op deze locatie. Figuur 61 toont de verhouding van gemiddelde vloed- en gemiddelde ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten zoals gemodelleerd in het kader van de habitatmapping van de Zeeschelde (Vos et al., 2015).



Figuur 59 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Boei 84



Figuur 60 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Oosterweel



Figuur 61 - Verhouding gem. vloed- en gem. ebsnelheid bij gemiddeld getij ter hoogte van Driegoten

Tabel 12 en Tabel 13 geven bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de gemiddelde en de maximale stroomsnelheid overloed en over eb voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde. Deze waarden tonen eveneens de vloed-dominantie stroomafwaarts ter hoogte van Boei 84, ten opzichte van de ebdominantie van de stroming ter hoogte van Driegoten, onder meer te wijten aan de respectieve meetlocaties in de dwarsdoorsnede.

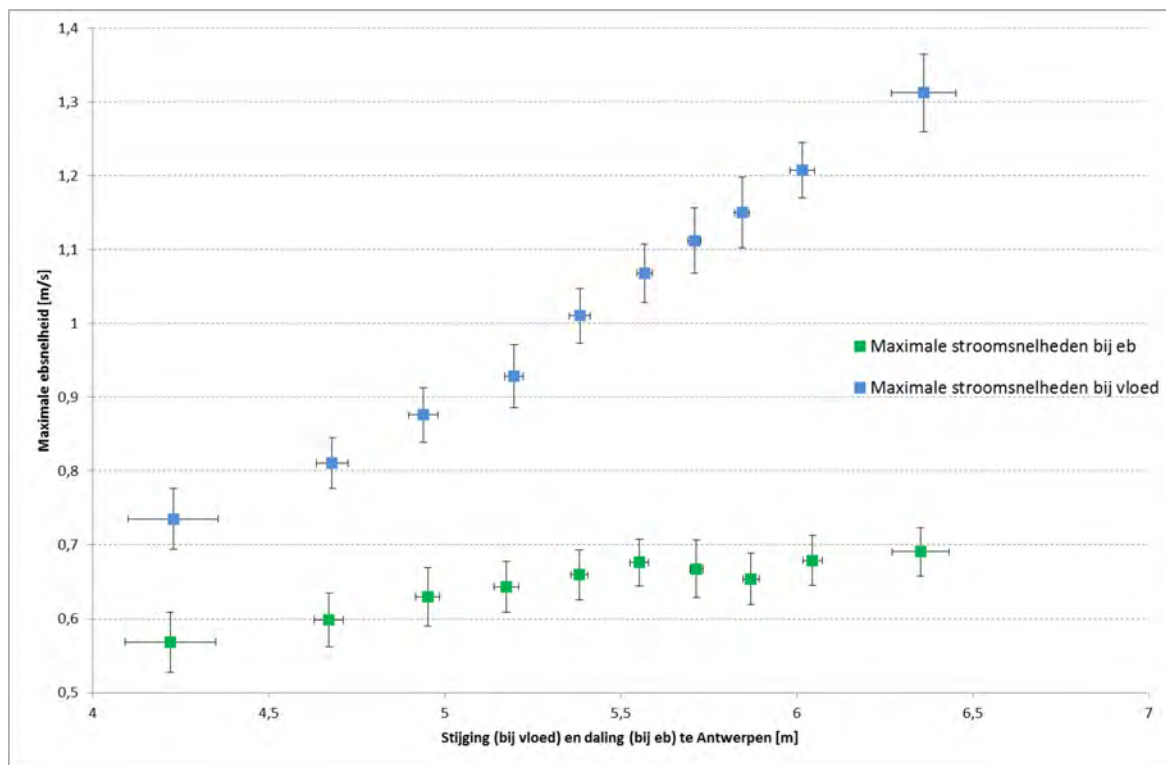
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014)

	Gemiddelde snelheid over eb (cm/s)				Gemiddelde snelheid over vloed (cm/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei 84 boven	25	36	47	4	34	57	74	7
Boei 84 onder	11	31	41	4	32	53	69	7
Oosterweel boven	38	69	81	6	41	61	77	6
Oosterweel onder	28	54	76	6	36	56	76	6
Driegoten	49	62	82	5	20	28	36	3

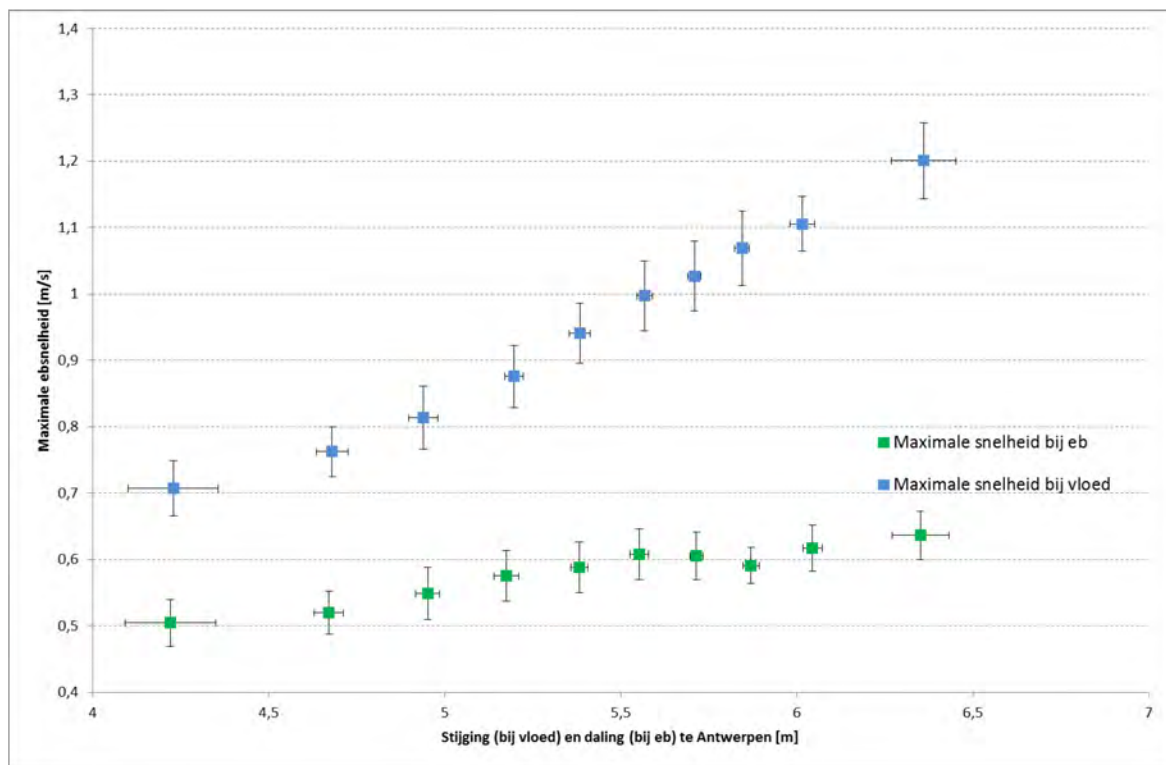
Tabel 13 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2014)

	Maximum snelheid over eb (cm/s)				Maximum snelheid over vloed (cm/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei 84 boven	41	65	86	8	51	102	153	19
Boei 84 onder	14	58	86	8	50	95	145	18
Oosterweel boven	65	100	125	8	60	101	161	17
Oosterweel onder	49	78	116	8	56	91	161	16
Driegoten	64	83	107	6	31	58	88	11

In Figuur 62 tot en met Figuur 66 wordt voor elke meetlocatie met Aanderaa toestellen (Boei 84, Oosterweel en Driegoten) de maximale eb- en vloedsnelheid weergegeven in functie van de overeenkomstige daling respectievelijk stijging van het waterpeil te Antwerpen. Meer bepaald wordt de gemiddelde stroomsnelheid en de standaardafwijking voor elk stijging- en dalingpercentiel uitgezet.

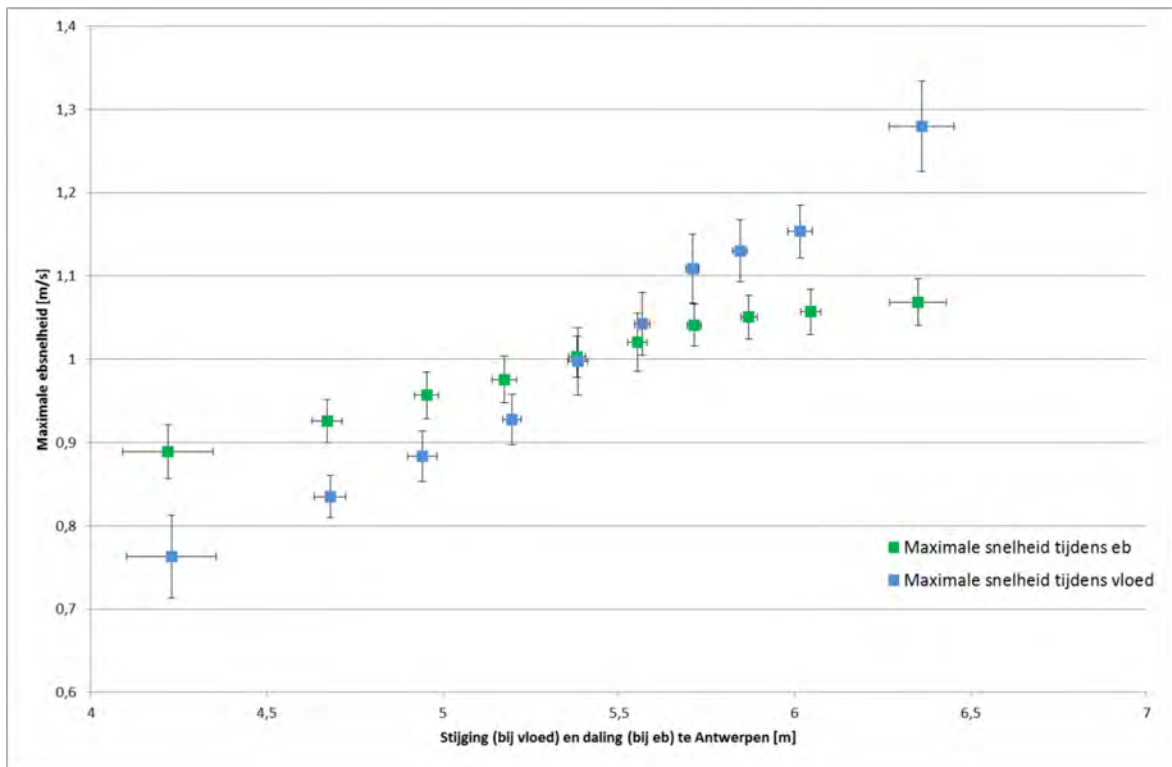


Figuur 62 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014)

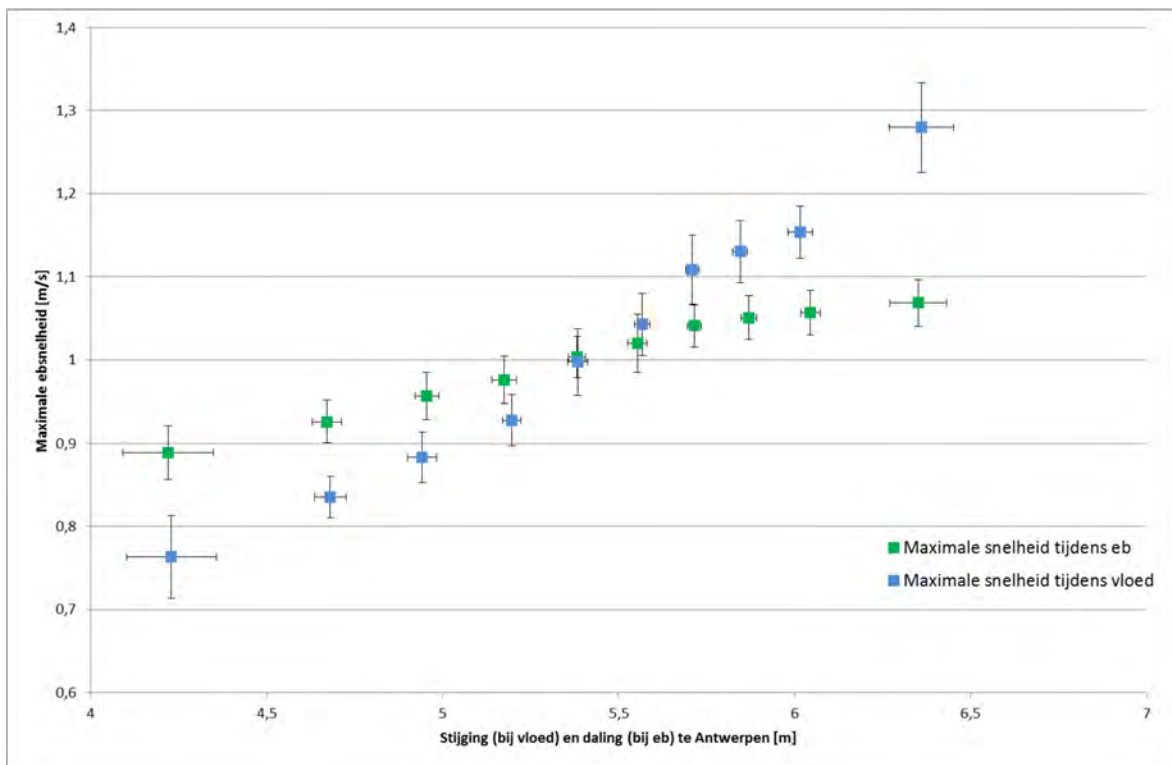


Figuur 63 - Maximale ebsnelheid en maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014)



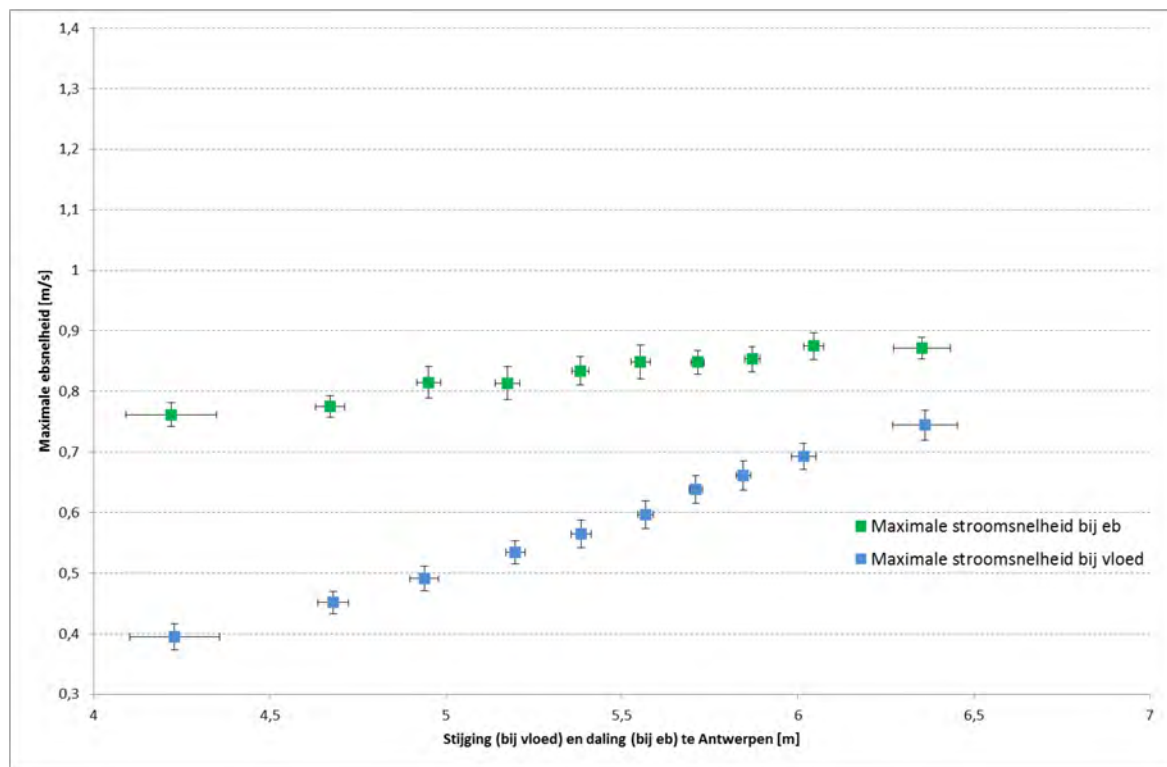


Figuur 64 - Maximale ebsnelheid en maximale vloodsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014)



Figuur 65 - Maximale ebsnelheid en maximale vloodsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014)





Figuur 66 - Maximale ebsnelheid en maximale vloodsnelheid te Driegoten (Beneden-Zeeschelde), versus de daling, respectievelijk de stijging, in waterpeil te Antwerpen (2014)

Deze figuren vertonen logischerwijs een stijgend verloop: bij een grotere verandering van het waterpeil treedt een grotere snelheid op en vice versa. Een tweede vaststelling heeft betrekking op het bereik van de maximale snelheden dat duidelijk hoger ligt bij de bovenste meettoestellen in vergelijking met de onderste meettoestellen te Boei 84 en te Oosterweel. De stroomsnelheid is uiteraard kleiner vlak bij de bodem dan hoger in de waterkolom.

Ook uit deze figuren kan duidelijk de vloeddominantie te Boei 84 en de ebdominantie te Driegoten worden vastgesteld, die ten dele te wijten is aan de lokalisatie van de meettoestellen in de dwarsdoorsnede. Voor Boei 84 ligt, zowel voor het bovenste als onderste meettoestel, de range van maximale snelheden (i.e. percentielgemiddelden) bij eb volledig onder deze bij vloed. Te Driegoten kan het omgekeerde worden vastgesteld. Te Oosterweel is het bereik van snelheden gelijkaardig bij eb en vloed.

Een overzicht van het verloop van de maximale eb- en vloodsnelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008 t.e.m. 2014 is weergegeven in Bijlage 0.

#### 4.1.3. Verloop temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde

Zowel te Prosperpolder, Boei 84, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Driegoten, Melle, Appels, Epegem en Duffel Sluis wordt de watertemperatuur op continue wijze gemeten. Zoals al hoger aangehaald, betekent "continu" een meting om de tien minuten (en te Melle, Appels, Epegem en Duffel Sluis zelfs om de vijf minuten). Hierna wordt voor deze meetlocaties het verloop van de temperatuur in 2014 gerapporteerd.

Voor de meetlocaties waar de Aanderaa-toestellen snelheidsrichting meten (Boei 84, Oosterweel en Driegoten), zijn op basis van deze richting het moment van KHW en KLW afgeleid. Deze tijdstippen werden gebruikt om de temperatuur rond KHW en KLW te bepalen, als het extremum (minimum/maximum) binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering. Voor de andere locaties (Prosperpolder, Liefkenshoek, Hemiksem, Melle en Duffel Sluis) werd het moment van kentering bepaald aan de hand van de hoog- en laagwater tijdreeksen van een tijpost op dezelfde of nabijgelegen locatie en de conductiviteit op

de desbetreffende locatie. De meetposten Appels en Epegem zijn nog amper onderhevig aan getij en daar kan bijgevolg ook geen moment van kentering berekend worden.

Voor meting van watertemperatuur is de aanwezigheid van twee of meer metingen over de verticaal (te Boei 84 en Oosterweel) weinig relevant. Door de grote menging is er op eenzelfde ogenblik immers zeer weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel. Er is wel een verloop gedurende een tij, waarbij de mariene invloed een bufferende werking heeft: tijdens de zomer is het zeewater gemiddeld kouder dan de bovenafvoer, tijdens de winter is het zeewater gemiddeld warmer. Daarom is het interessant om de temperaturen in de Beneden-Zeeschelde, net zoals de conductiviteiten, te bepalen bij de momenten van kentering.

Figuur 67 tot en met Figuur 76 geven het temperatuursverloop in 2014 bij KHW en KLW weer voor alle locaties. Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen uiteraard duidelijk en zeer vanzelfsprekend, nl. meegaande met de luchttemperatuur dus mooi seizoenaal. Hierbij valt het dal rond februari op, zijnde een klassieke vorstperiode. Het maximum wordt bereikt eind juli, begin augustus.

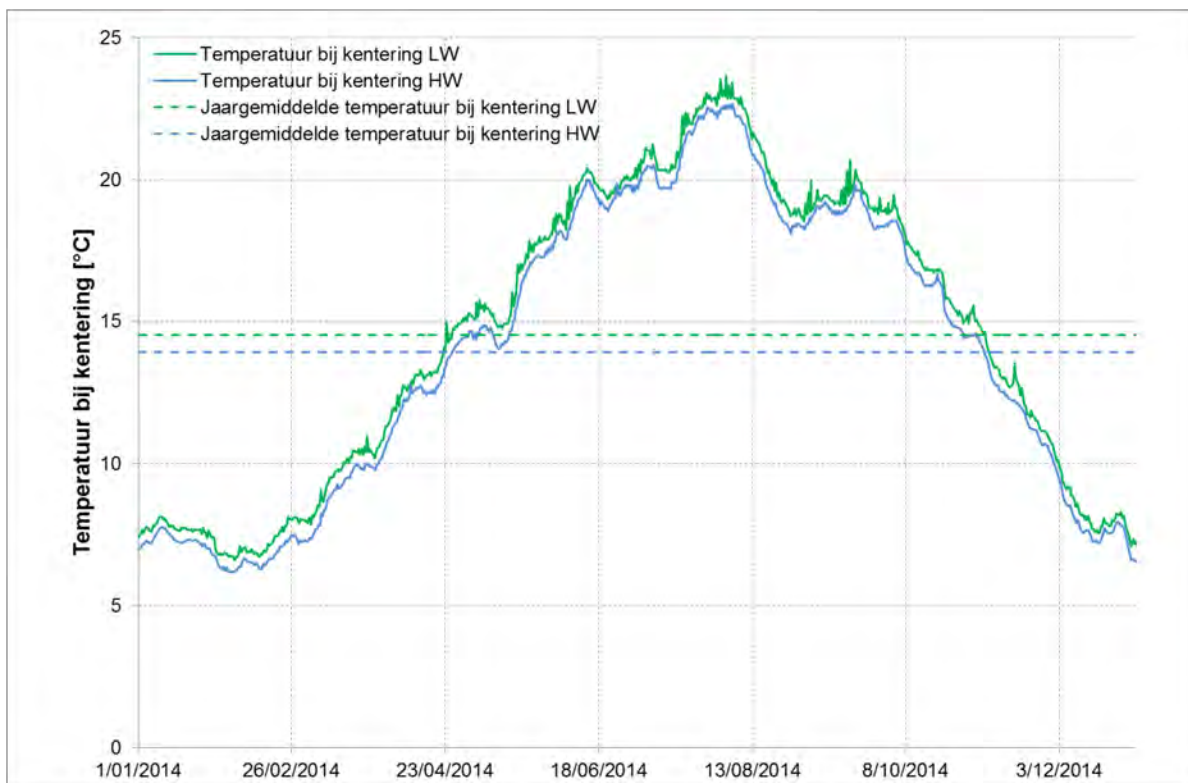
Het temperatuursverloop aan Boei 84 (Figuur 68 en Figuur 69) toont dat het Schelde-water onafhankelijk van de seizoenen bijna altijd iets kouder is bij KHW dan bij KLW. Alhoewel hier geen 4 volledige seizoenen konden opgemeten worden door het uitvallen van de sensor eind september, wordt dit algemene beeld toch bevestigd. Vloed brengt van afwaarts kouder water aan tot een tijdelijk minimum wordt bereikt waarna het, met eb, weer warmer wordt. Het temperatuursverschil is niet constant, en hangt af van het tijverschil: hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen. Zo loopt het verschil tussen de temperatuur bij KHW en bij KLW te Prosperpolder (meest stroomafwaarts) op tot 2°C, met een gemiddeld verschil van 0,6 °C, terwijl dergelijk gemiddeld temperatuurverschil te Melle beperkt blijft tot gemiddeld 0,03°C.

Het temperatuursverloop te Oosterweel (Figuur 71 en Figuur 72) wijkt daar iets van af. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde een rol: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse, vnl. petrochemische, industrieën. Dat mag echter niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuursmetingen op andere locaties. Of KHW warmer dan wel kouder is dan KLW kan dus niet aan een "warmere" of aan een "koudere" periode worden gerelateerd. Wel is te zien dat bij afkoeling (winter + nazomer + herfst + begin van nieuwe winter) het een omgekeerd beeld geeft van wat aan Boei 84 het hele jaar door geobserveerd: de watertemperatuur is bij KHW hoger dan bij KLW; in 2014 was dit op te merken tijdens de maanden januari-maart en september-december. In warme jaren kan het beeld evenwel wisselend zijn al naargelang warmer of kouder weer, of al naargelang warm of koud weer persistent aanhoudt. Alsdan kan het voorkomen dat de temperatuur te Oosterweel bij KHW toch iets kouder is dan bij de omringende KLW's. Ook te Liefkenshoek ligt de watertemperatuur bij kentering laagwater lager tijdens voornoemde koudere maanden. Tussen maart en september lopen de watertemperaturen bij KHW en deze bij KLW nagenoeg samen. Te Hemiksem tonen beide watertemperaturen de eerste zeven maanden van 2014 een te verwachten verloop, de laatste vijf maanden is de watertemperatuur bij KHW weer hoger dan bij KLW.

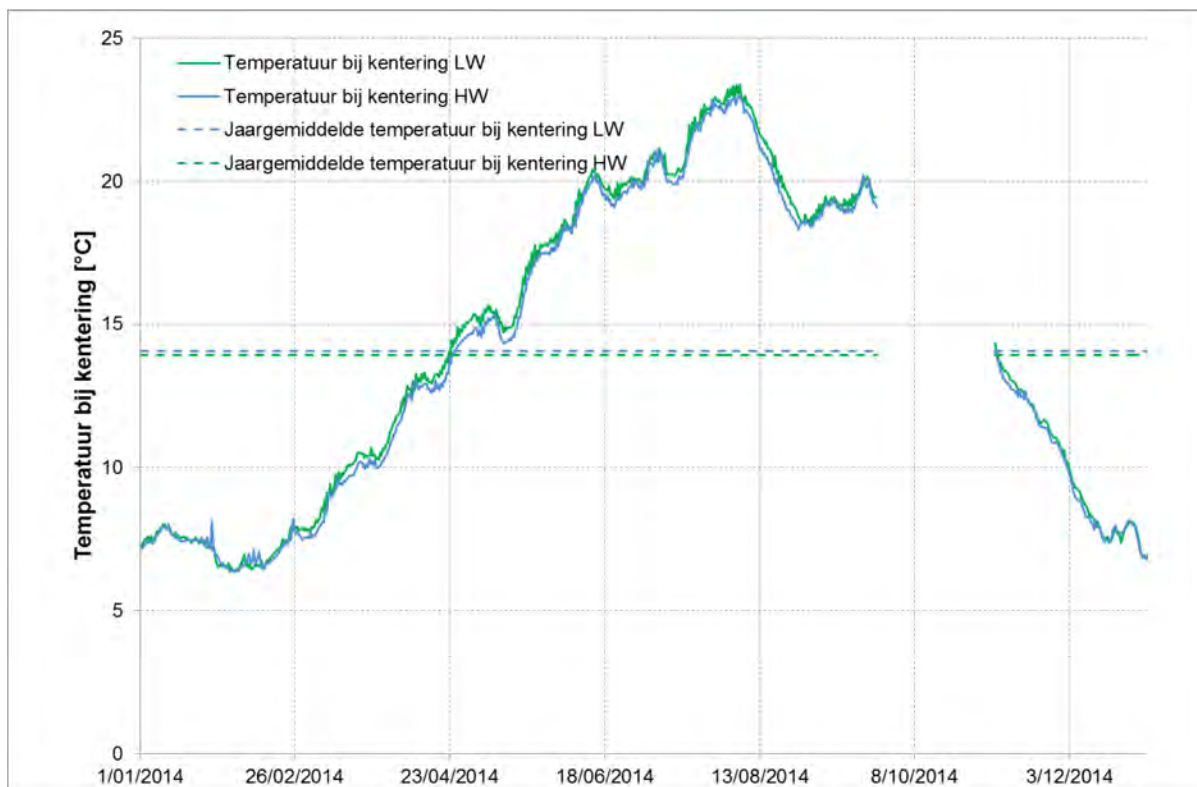
Te Driegoten (Figuur 74) is het verschil tussen temperatuur bij KHW en KLW weer amper merkbaar. Bij hogere temperaturen is de temperatuur tijdens KLW telkens iets hoger dan bij KHW.

Vergelijking van de watertemperaturen van enerzijds Oosterweel en anderzijds Boei 84, toont dat deze temperaturen goed overeenkomen, behalve vanaf nazomer tot en met winterperiode, wanneer de watertemperaturen te Oosterweel bij kentering van laagwater beduidend kouder zijn dan te Boei 84. Een "warmtehart" tussen Oosterweel en Boei 84 levert dergelijk beeld, als bij koud Schelde-water de verschillende en soms erg belangrijke warmtelozingen tussen Kallo en de grens hun effect tonen.

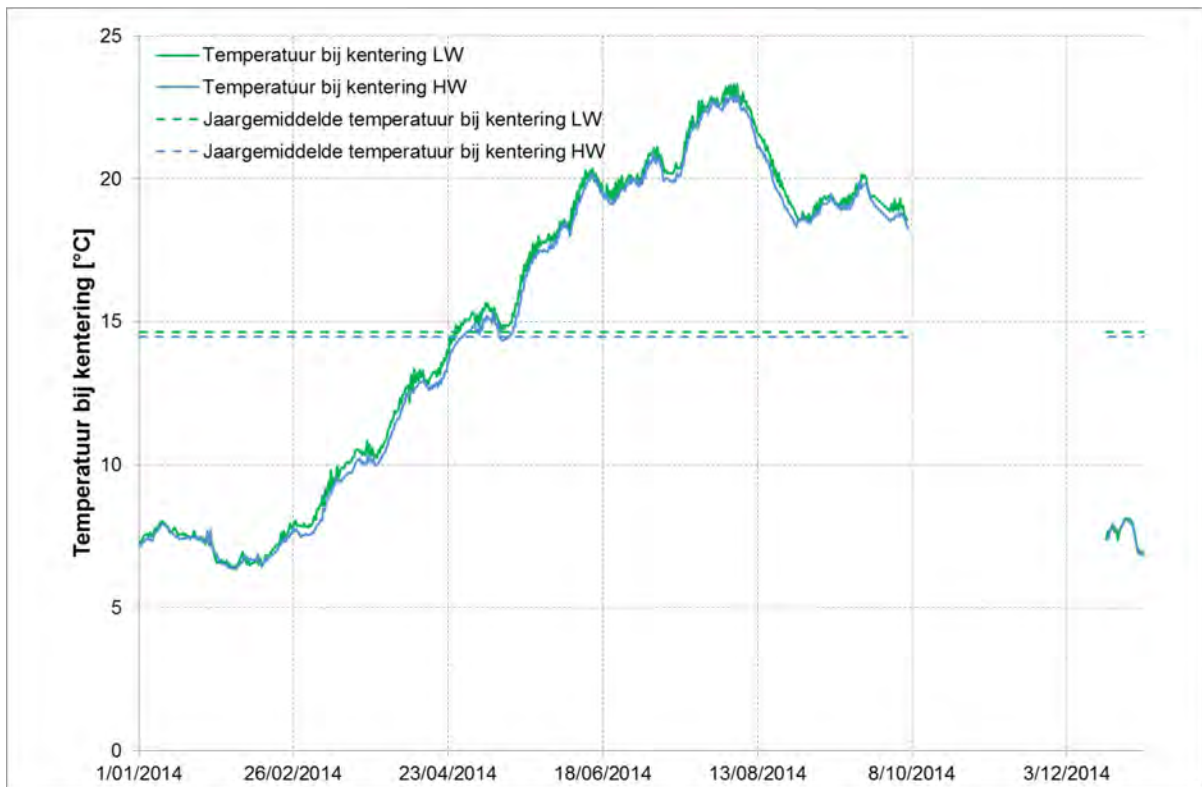
Te Duffel Sluis (Figuur 76) is het verschil in watertemperatuur tijdens beide kenteringen nog steeds miniem. Al kan opgemerkt worden dat tijdens de zomermaanden de watertemperatuur bij KHW hoger zijn dan bij KLW.



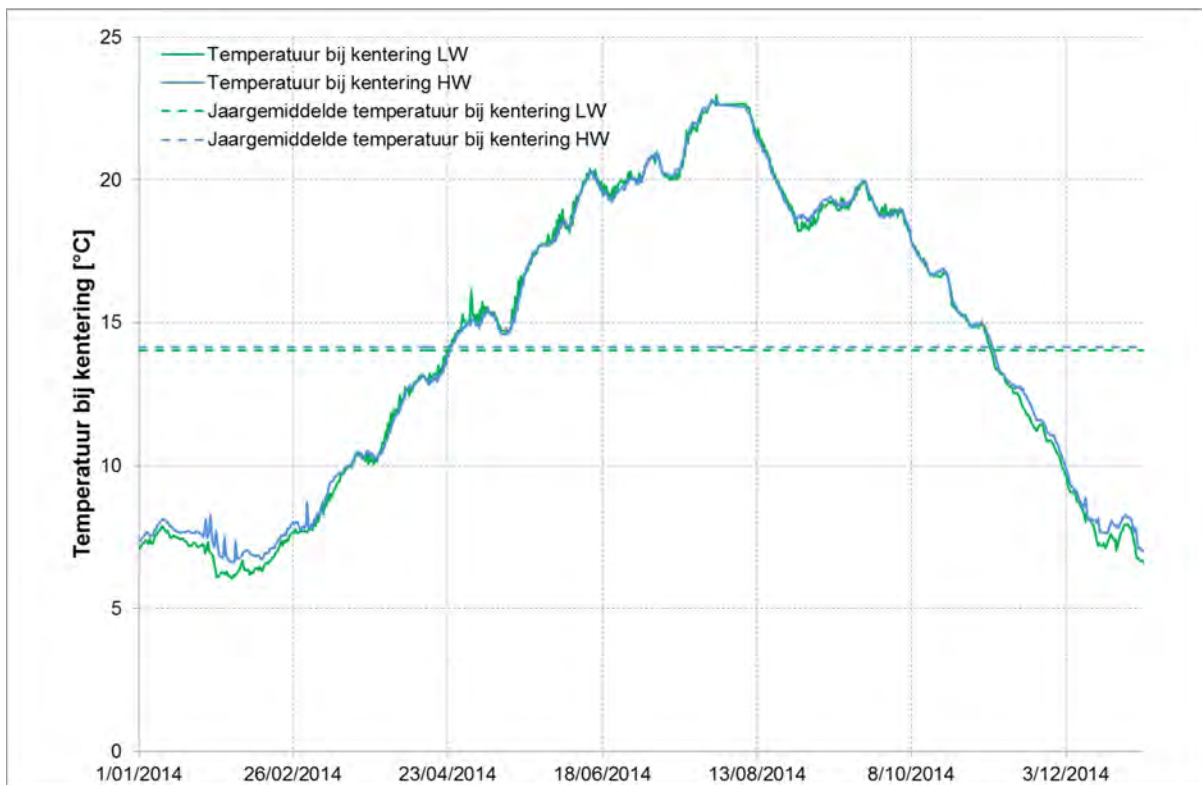
Figuur 67 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeescheldebekken) (2014)



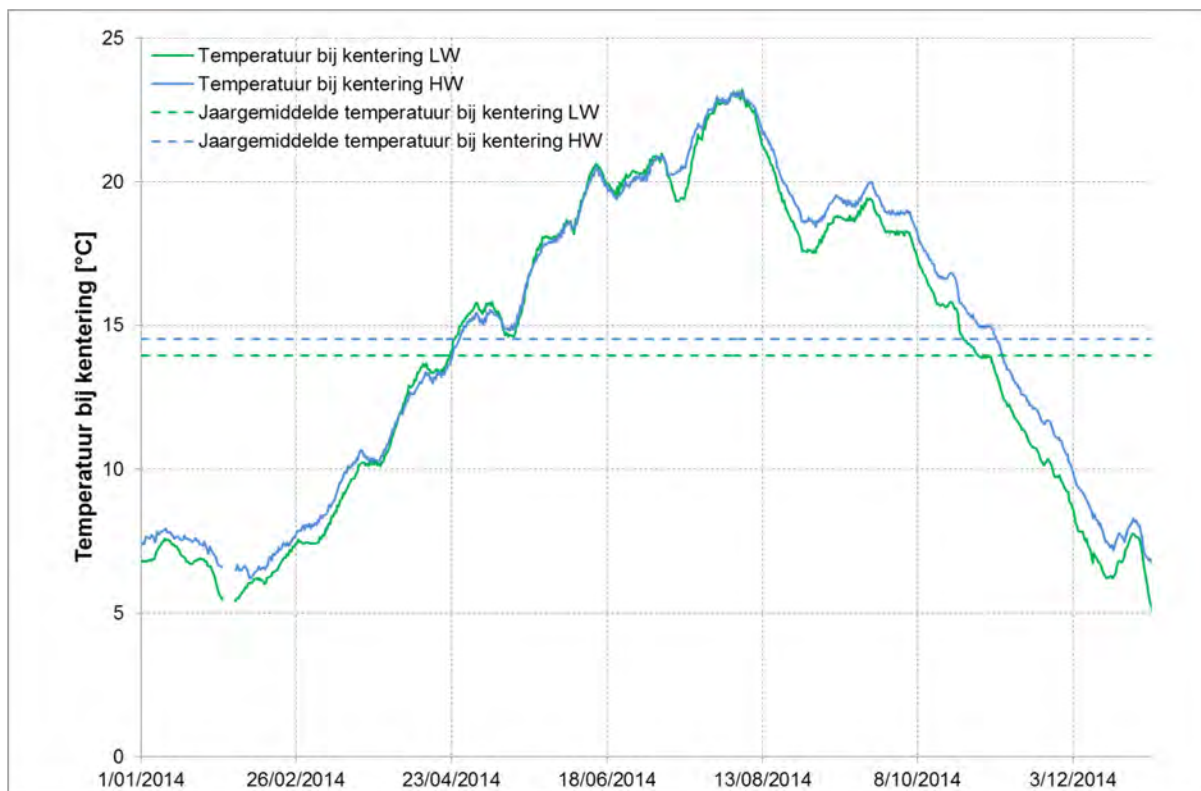
Figuur 68 – Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2014)



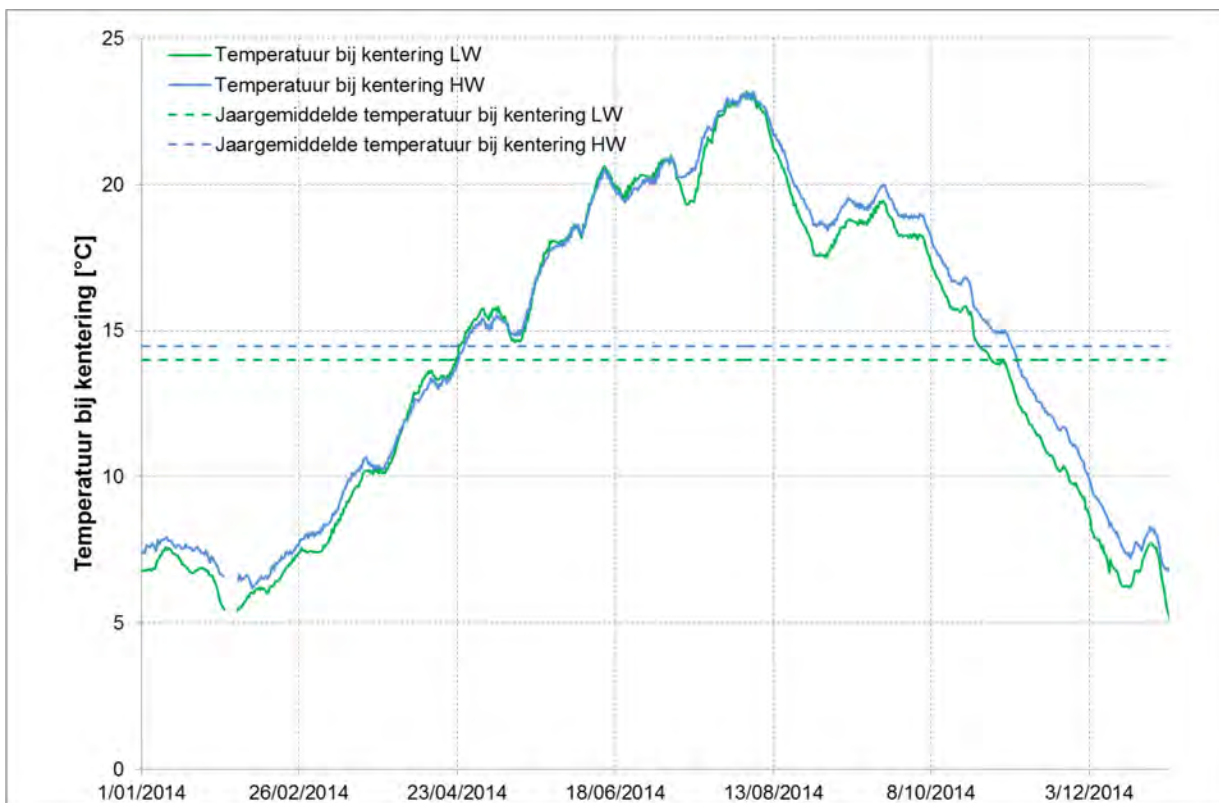
Figuur 69 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



Figuur 70 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) (2014)

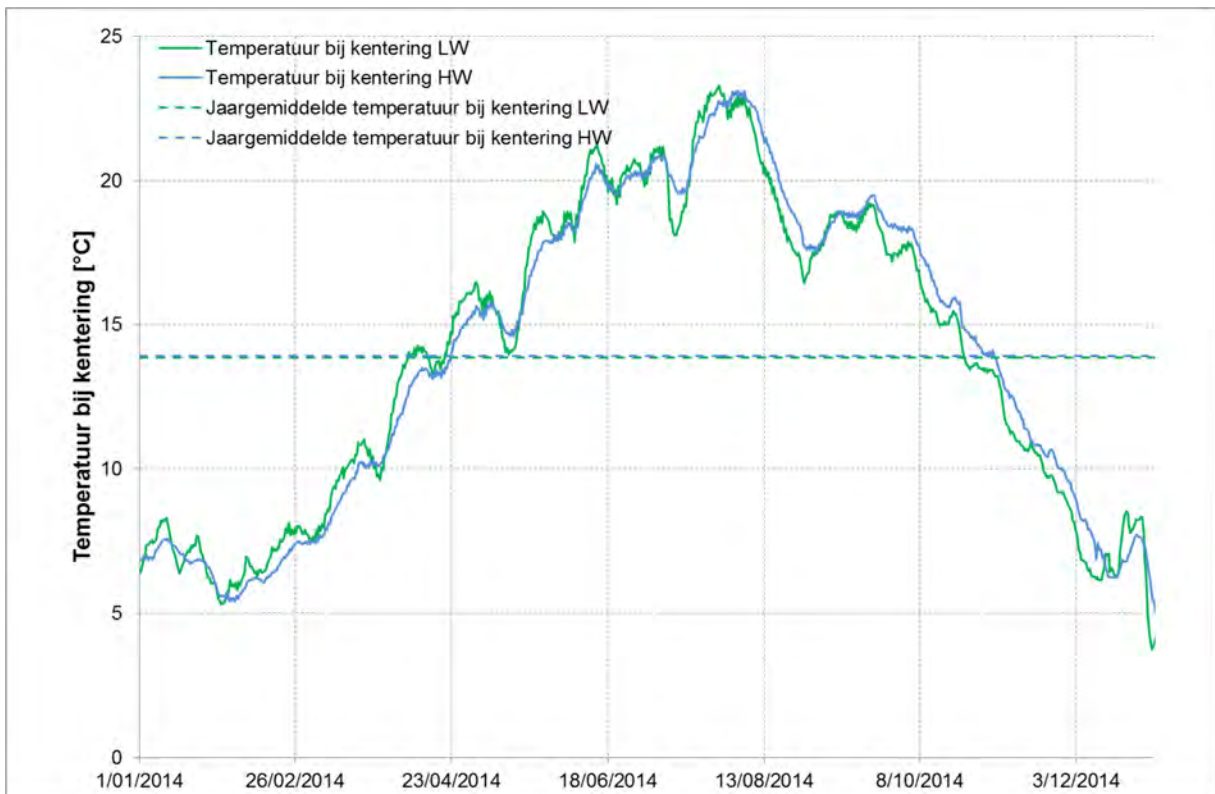


Figuur 71 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

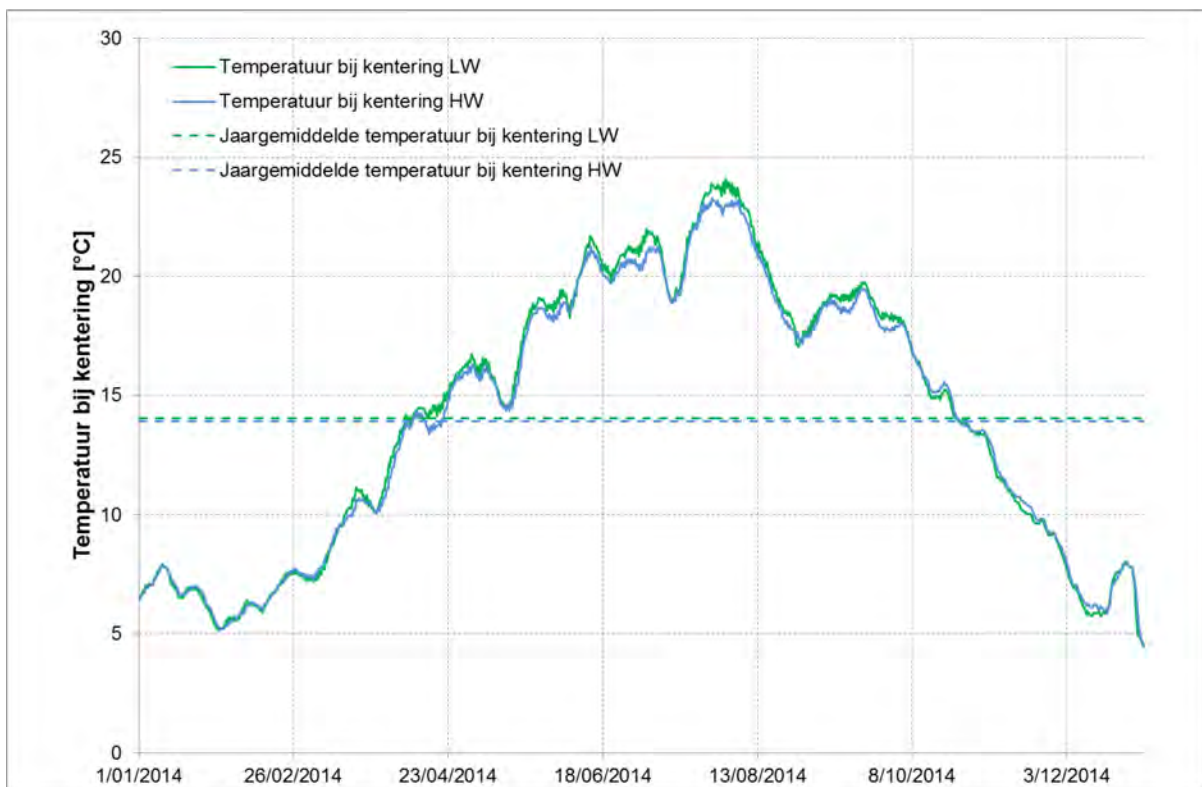


Figuur 72 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)





Figuur 73 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde) (2014)

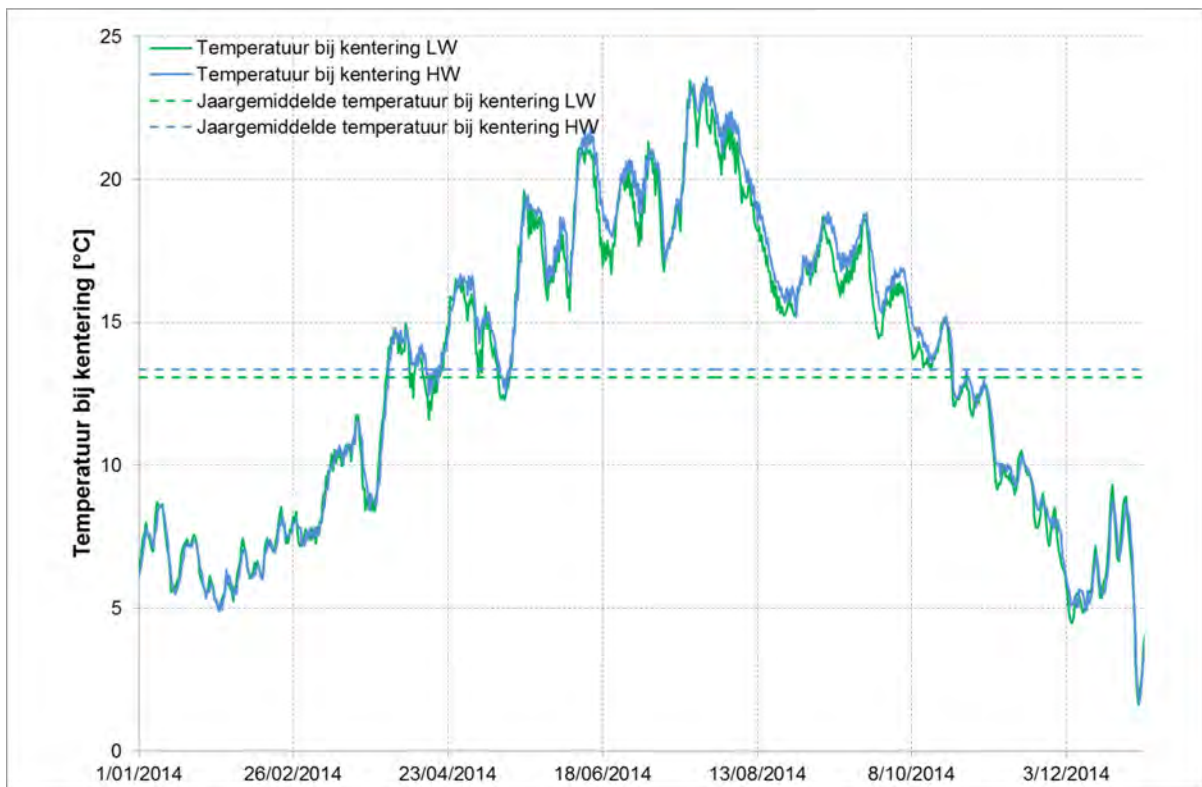


Figuur 74 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)





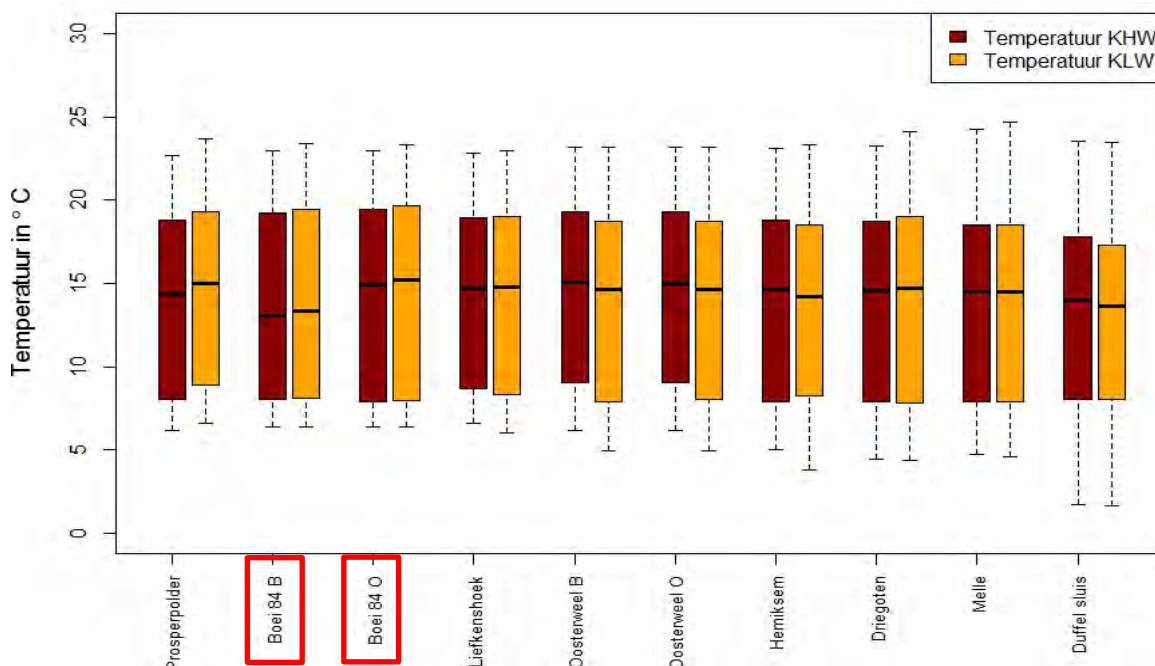
Figuur 75- Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)



Figuur 76 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Bededen-Nete) (2014)

Figuur 77, toont bij wijze van overzicht, de boxplots voor de gemeten temperatuur bij KHW en KLW op alle locaties. Deze figuur toont eveneens aan dat er slechts een beperkt verschil is in watertemperatuur voor de verschillende meetlocaties in de Boven-Zeeschelde.

Tabel 14 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de extrema in temperatuur rond KWH en KLW voor de verschillende metingen in de Zeeschelde. De hogere gemiddelde temperatuur voor Boei 84 onder dan Boei 84 boven (14,5 °C t.o.v. 13,9 °C bij KHW en 14,6 °C t.o.v. 14,1 °C bij KLW ) is te wijten aan het uitvallen van de onderste sensor, waardoor een groot deel van de lagere temperaturen in de late herfst niet werd meegerekend in het berekenen van deze kengetallen.



Figuur 77 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014)

Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

Tabel 14 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

	Temperatuur (°C) bij KHW				Temperatuur (°C) bij KLW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	6,2	13,9	22,7	5,2	6,6	14,5	23,7	5,2
Boei 84 boven	6,4	13,9	23,0	5,4	6,4	14,1	23,4	5,5
Boei 84 onder	6,4	14,5	22,9	5,5	6,4	14,6	23,3	5,6
Liefkenshoek	6,6	14,1	22,8	5,1	6,1	14,0	23,0	5,2
Oosterweel boven	6,2	14,5	23,2	5,2	5,0	14,0	23,2	5,4
Oosterweel onder	6,2	14,5	23,2	5,2	5,0	14,0	23,2	5,4
Hemiksem	5,0	13,9	23,1	5,4	3,8	13,9	23,3	5,4
Driegoten	4,4	13,9	23,3	5,5	4,4	14,1	24,1	5,7
Melle	4,7	13,9	24,2	5,5	4,6	13,8	24,7	5,5
Duffel Sluis	1,7	13,4	23,6	5,3	1,6	13,1	23,5	5,1

Figuur 78 toont het jaarverloop van de temperatuur te Appels en Eppegem (YSI multiparametersondes).

Het verloop van de temperatuur te Eppegem is verschillend van de overige meetposten, gekenmerkt door minder lage temperaturen in de winter en minder hoge in de zomer. De bandbreedte van de temperatuursmetingen voor de verschillende meetlocaties, is telkens te wijten aan invloeden van getij en dag- en nachtcyclus.

Het temperatuursverloop vertoont een sterke daling rond februari, gezien vorstperiodes en de snelle respons van het “boven”-water op temperatuurschommelingen. Voor de Boven-Zeeschelde (Hemiksem, Melle en Driegoten), de Dender (Appels), de Nete (Duffel Sluis) is deze daling bruusk. Voor de Beneden-Zeeschelde is deze daling meer geleidelijk ten gevolge van de bufferende werking van het meer maritieme milieu (met groter watervolume). Hoewel dit in 2014 beperkt blijft, valt op dat de temperatuur te Appels inderdaad reageert met een sterkere daling van de watertemperatuur in deze periode, ten opzichte van Eppegem.

Niet alleen de bufferende werking van het maritiem milieu verklaart de verschillen tussen Eppegem en de andere posten. Eppegem heeft een afwijkend temperatuurpatroon van nagenoeg alle meetposten (ook deze niet in dit rapport opgenomen). De temperatuur van de Zenne afwaarts Brussel wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van deze grote stad.

Voor de grotere variatie in temperatuur te Eppegem, december 2014, werd zowel uit de data als uit de terreinkennis geen verklaring gevonden. Het passeren van een kortstondige stroom kouder water zou dit kunnen verklaren. Maar tot nu toe is daar nog geen bewijs voor gevonden.



Figuur 78 - Temperatuur Appels (Dender), Eppegem (Zenne) (2014)

#### 4.1.4. Verloop conductiviteit continue meetlocaties

De conductiviteit van het Scheldewater in de Beneden-Zeeschelde hangt vooral af van het gehalte aan (zout) zeewater en in mindere mate van de watertemperatuur. In dit rapport wordt conductiviteit steeds weergegeven als de absolute conductiviteit, dus deze bij heersende watertemperatuur en niet een herleide conductiviteit naar een standaardtemperatuur van bvb. 20 of 25°C.

Net zoals voor de temperatuur, zijn voor zo goed als alle meetlocaties, de minimale (KLW) en maximale (KHW) conductiviteiten rond kentering gerapporteerd. Deze afgeleide reeksen worden berekend door, telkens in een tijdsvenster van een uur, de minimale, respectievelijke maximale conductiviteit te zoeken op of rond het moment van kentering. Voor de andere meetlocaties, Appels en Eppegem, zijn de continue (i.e. per 5 min) metingen weergegeven.

Figuur 79 tot en met Figuur 88 geven het conductiviteitsverloop in 2014 bij KHW (maxima) en KLW (minima) weer voor alle locaties waar desbetreffende waarden berekend werden. Het is vanzelfsprekend dat de conductiviteit telkens groter is rond KHW dan rond KLW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens KHW. Ook opvallend is de mate waarin de conductiviteit daalt naar opwaarts toe (Figuur 89). Waar de conductiviteit ter hoogte van Prosperpolder bij KHW oploopt tot meer dan 23 mS/cm, terwijl dit ter hoogte van Driegoten nog maximaal 1,5 mS/cm bedraagt, is dit in Melle nog verder gedaald tot slechts 1 mS/cm. Tot slot is vooral de invloed van de bovenafvoer een belangrijke factor die bepalend is voor het verloop van de conductiviteit. Een verhoogde afvoer in midden juli en eind augustus resulteerde in een ernstige terugval van conductiviteit. Gedurende augustus daalde de conductiviteit te Prosperpolder van een maximum van 23 mS/cm tot 15,5 mS/cm de laatste dagen van augustus. Hoe meer opwaarts, des te groter die invloed van de afvoer verwacht kan worden, want hoe belangrijker de wasafvoer t.o.v. de vloed- en ebvolumes. Gezien het feit dat de conductiviteitswaarden aanzienlijk afnemen naar opwaarts toe, is te verwachten dat de invloed van de events echter minder duidelijk zichtbaar is voor de opwaartse meetlocaties. De absolute vermindering in conductiviteit aan deze opwaartse posten bedraagt nog 0,45 mS/cm te Melle en 0,3 mS/cm te Duffel Sluis. Relatief gezien is de verandering in conductiviteit gedurende deze regenachtige periodes echter gelijkaardig, 30-40%, voor zowel opwaartse als afwaartse posten.

Bij langdurige periodes van vrij gelijkblijvende gemiddelde tot kleine en zeer kleine bovendebiten, vergroot de conductiviteit in de lente gestaag tot het bereiken van maxima in de zomer waarna een daling volgt naar de winter toe. De maximale conductiviteitswaarden worden bereikt in de eerste dagen van juli 2014, na de eerste was in begin juli valt deze terug om begin augustus 2014 een tweede gelijkaardig maximale niveau te bereiken. Na de langdurige hevige regenval gedurende augustus herstelt de conductiviteit zich terug om vanaf oktober de daling naar de wintermaanden in te zetten.

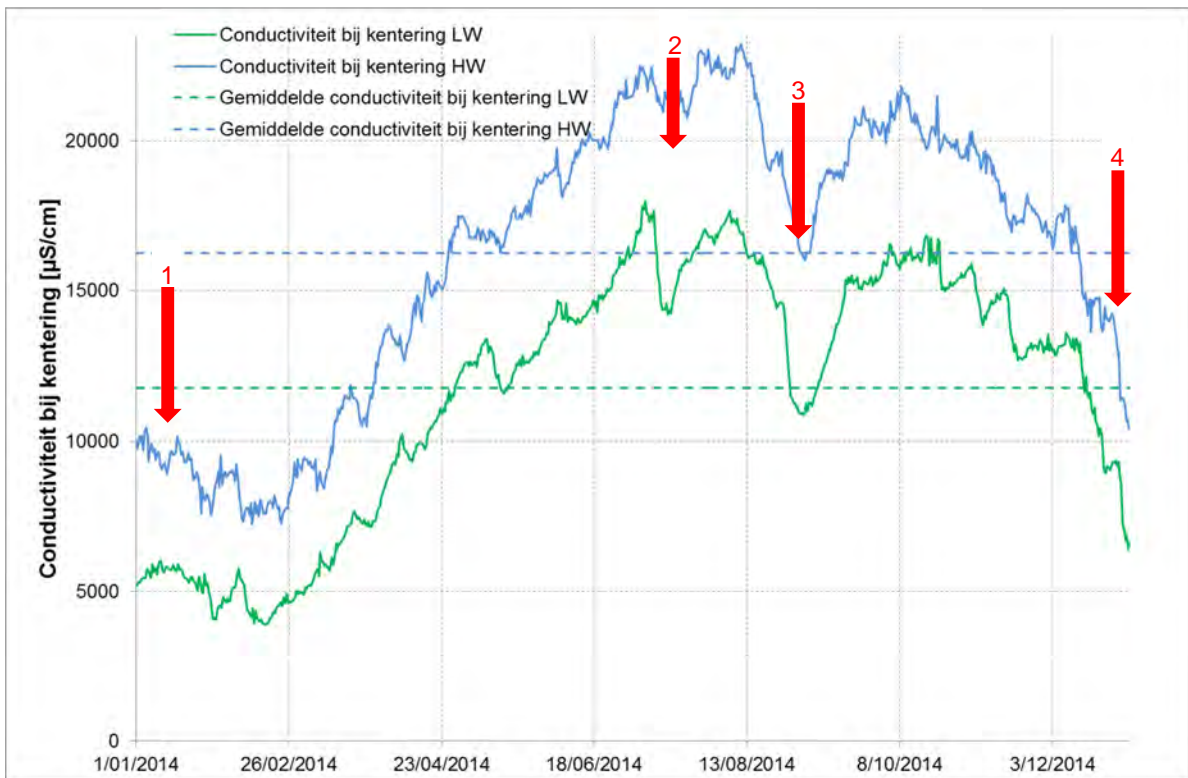
Aan Prosperpolder (Figuur 79) en Boei 84 (Figuur 80 en Figuur 81) en Liefkenshoek (Figuur 82) zijn de variaties zowel bij KLW als bij KHW zeer groot, en congruent. Te Oosterweel (Figuur 83 en Figuur 84) blijft de conductiviteit bij KLW (in vergelijking met deze bij KHW, of met de kenteringswaarden aan Boei 84) vrij klein, met enige variatie in functie van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee. De variatie bij KHW is groter! congruentie weg!. Ook ter hoogte van de meer opwaartse meetlocaties te (Hemiksem (Figuur 85) en Driegoten (Figuur 86)) is de variatie bij KLW kleiner dan bij KHW en geen gelijkaardig verloop meer. Ter hoogte van Melle (Figuur 87) en Duffel Sluis (Figuur 88) is er nog amper een verschil te merken in conductiviteit tijdens KHW en KLW. Tijdens de wintermaanden zijn beide waarden nagenoeg identiek, terwijl tijdens de zomermaanden de conductiviteit bij KHW een tiental  $\mu\text{S/cm}$  hoger ligt.

Te Driegoten zijn de conductiviteitswaarden over het jaar vrij klein. Gedurende 2014 was er weinig of geen variatie binnen de wintermaanden, vroege lente en laatste herfst. De waarden schommelen tussen ongeveer 400 en 800  $\mu\text{S/cm}$ , met meestal geen aanzienlijk verschil tussen de waarden bij KHW en KLW. Enkel tijdens de zomermaanden wordt de conductiviteit beduidend groter en worden ook de waarden bij KLW relatief "groot" nl. 700 à 1.100  $\mu\text{S/cm}$  t.o.v. 800 à 1.550  $\mu\text{S/cm}$  bij KHW.

Wat betreft de meetlocaties te Oosterweel en Boei 84 waar telkens twee Aanderaa-meettoestellen aanwezig zijn, is er nagenoeg geen verschil in conductiviteit gemeten tussen het bovenste en onderste meettoestel. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 90 dat boxplots weergeeft van de conductiviteit bij KHW en KLW aan alle meetstations.

In het jaarverloop 2014 (zie Figuur 79 tot Figuur 88) blijkt duidelijk welke grote en snelle invloed een tijdelijk flink vergroten van de bovenafvoer heeft, nl. afname van de conductiviteit. In 2014 werden vier periodes van verhoogde afvoer genoteerd, zoals ook beschreven in §3.2.2. Te Boei 84 was deze afname het grootst voor verhoogde afvoer 3 (zie §3.2.2). Daarnaast deden zich aanzienlijke afnames voor bij verhoogde afvoer 2 en 4. Er werd een verhoogde afvoer genoteerd in de periode tussen 13 en 19 januari 2014, deze bracht echter slechts een beperkte afname in conductiviteit te weeg. Deze periodes van verhoogde afvoer zijn als rode pijlen aangeduid in onderstaande figuren.





Figuur 79 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Properpolder (Beneden- Zeeschelde) (2014)

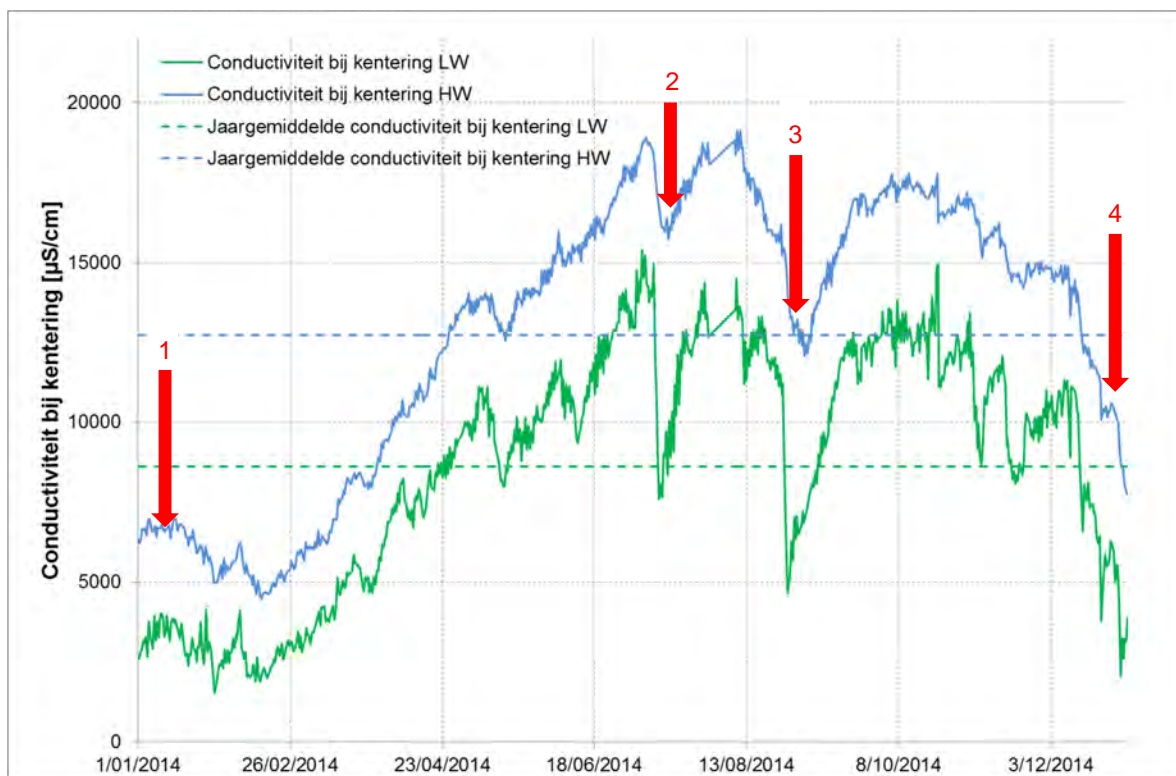


Figuur 80 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

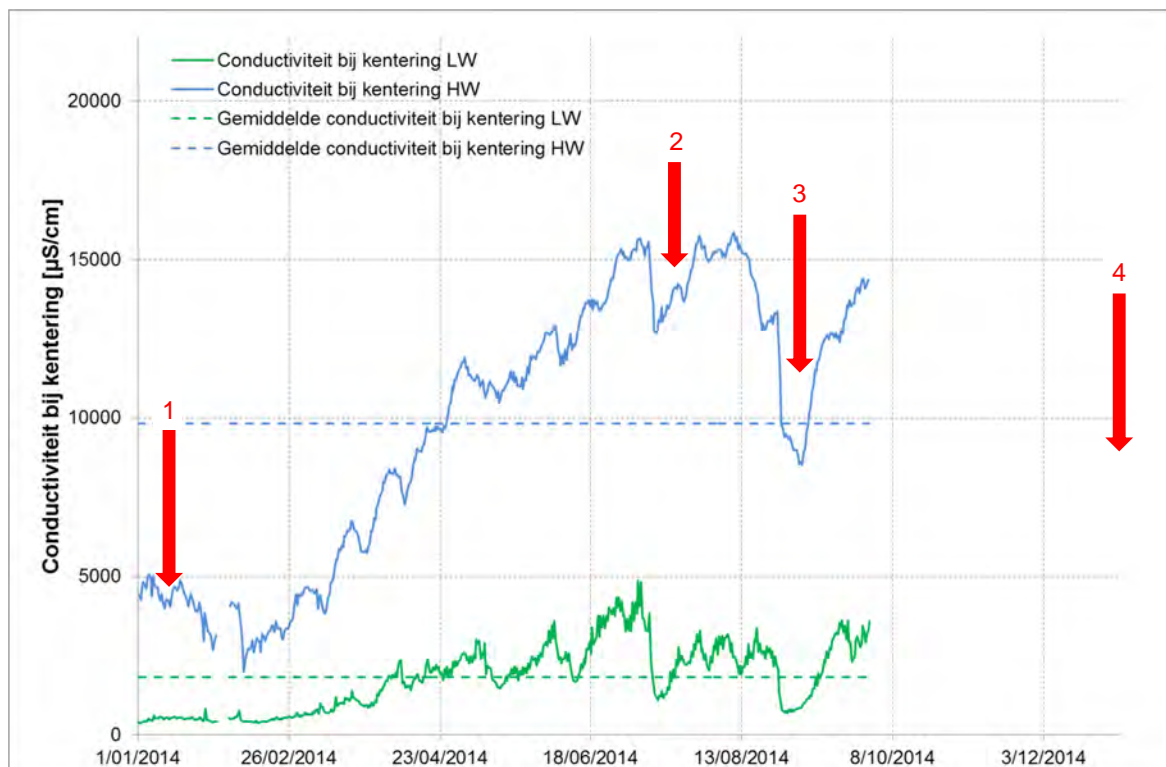




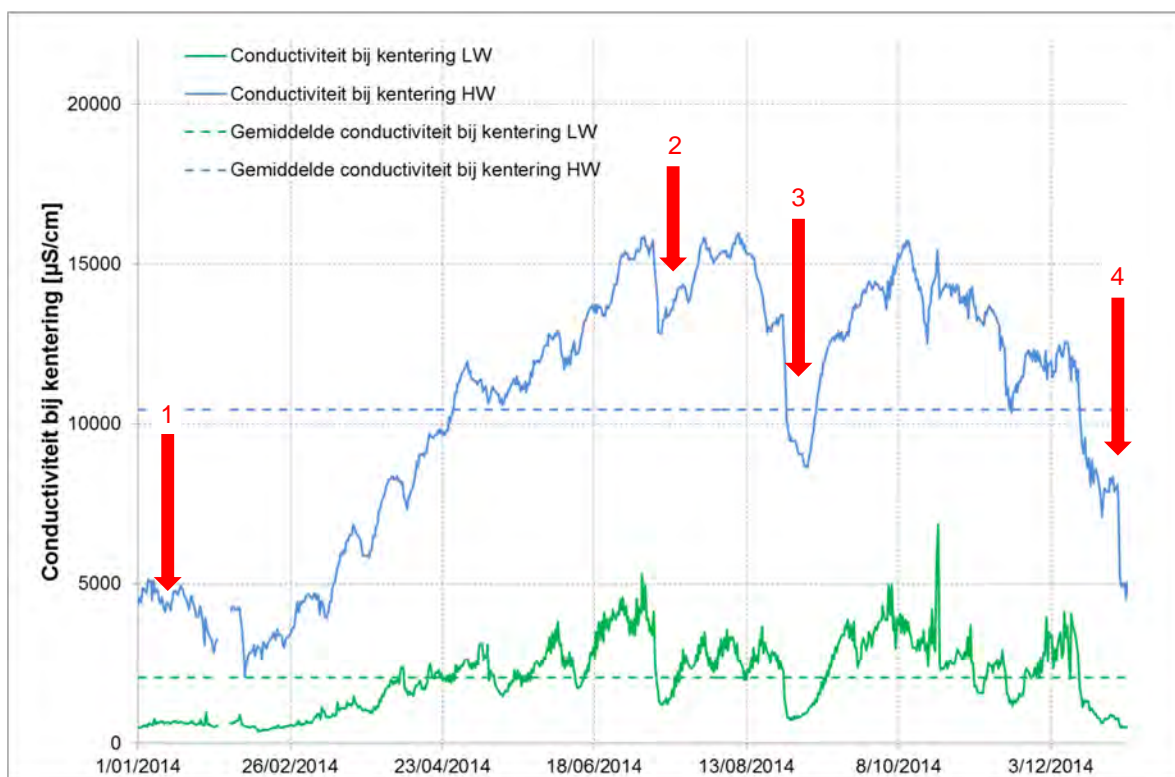
Figuur 81 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



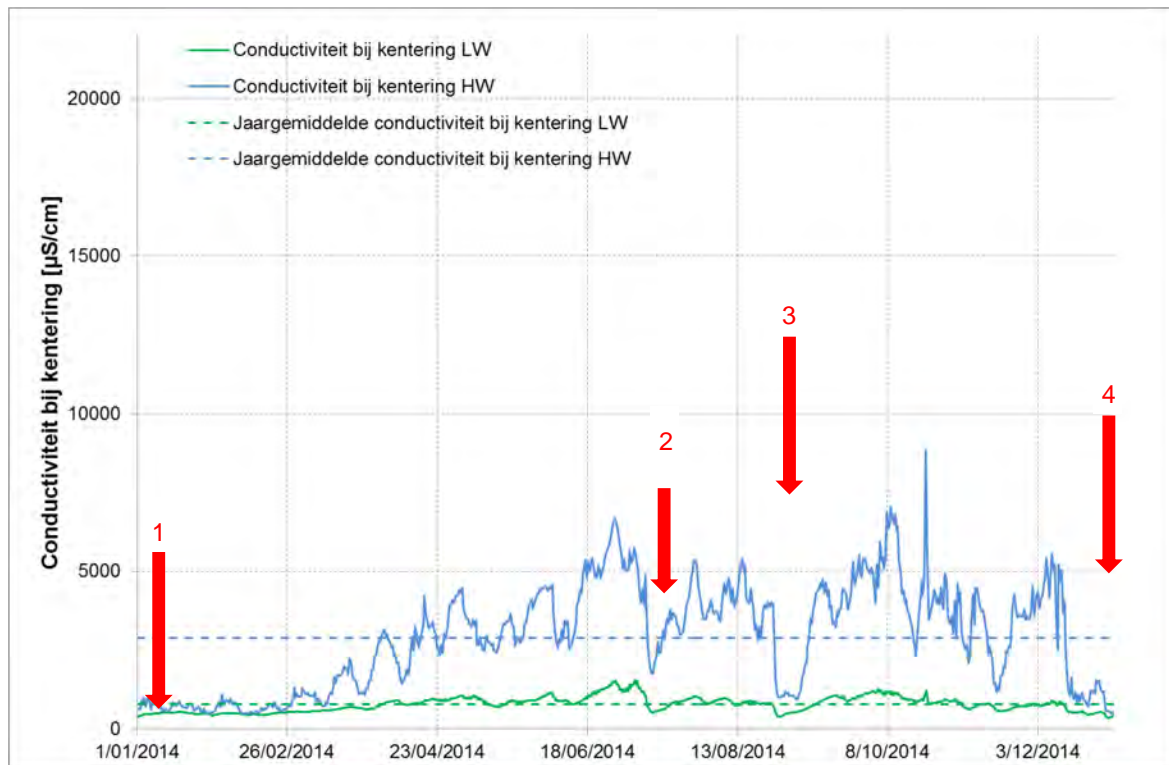
Figuur 82 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden- Zeeschelde) (2014)



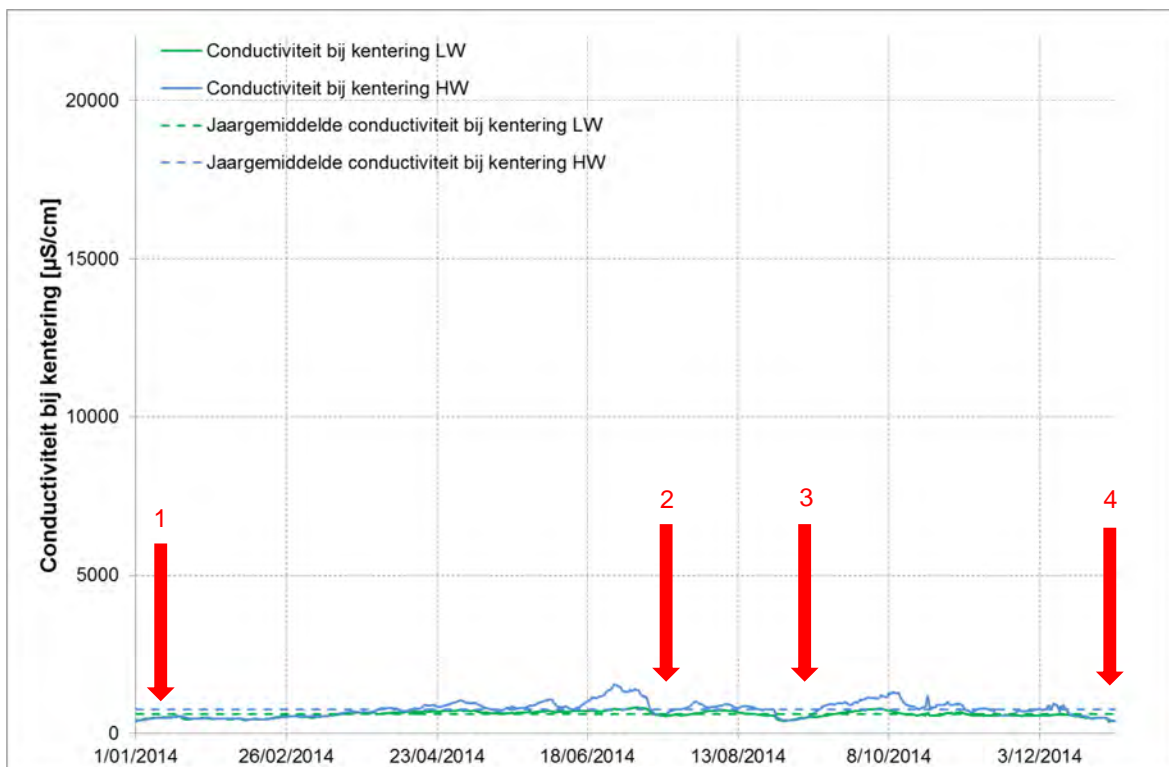
Figuur 83 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



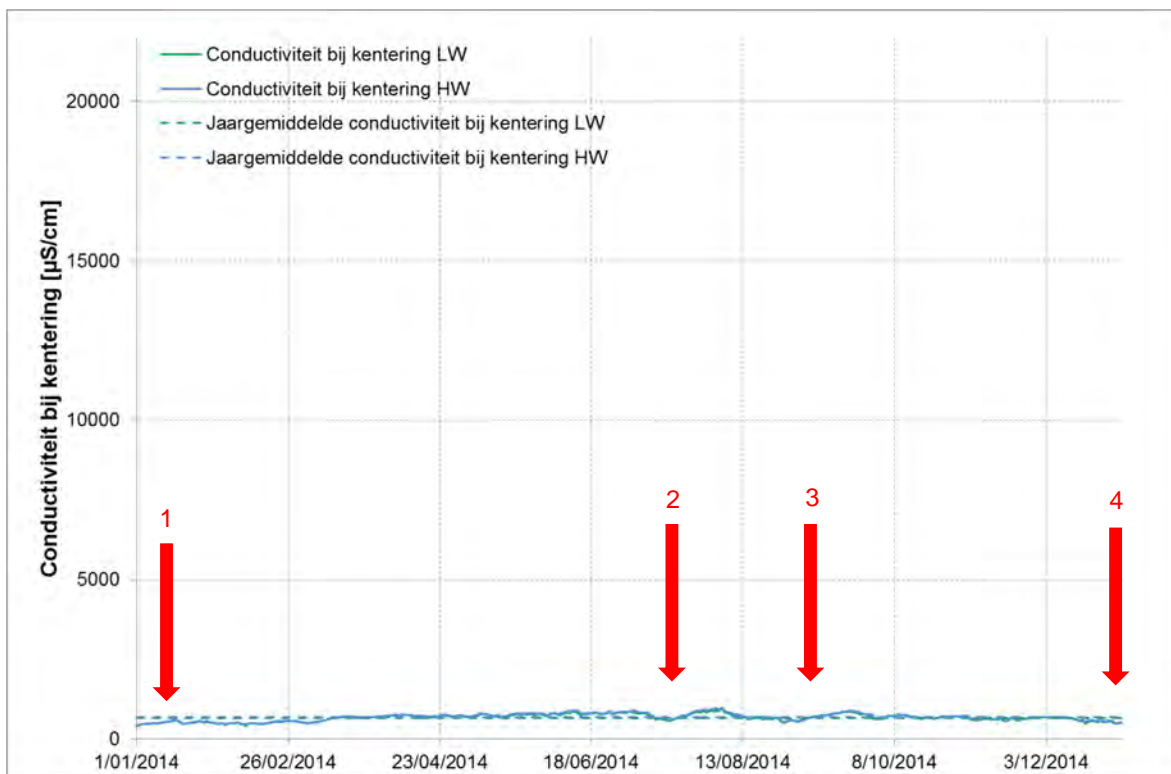
Figuur 84 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



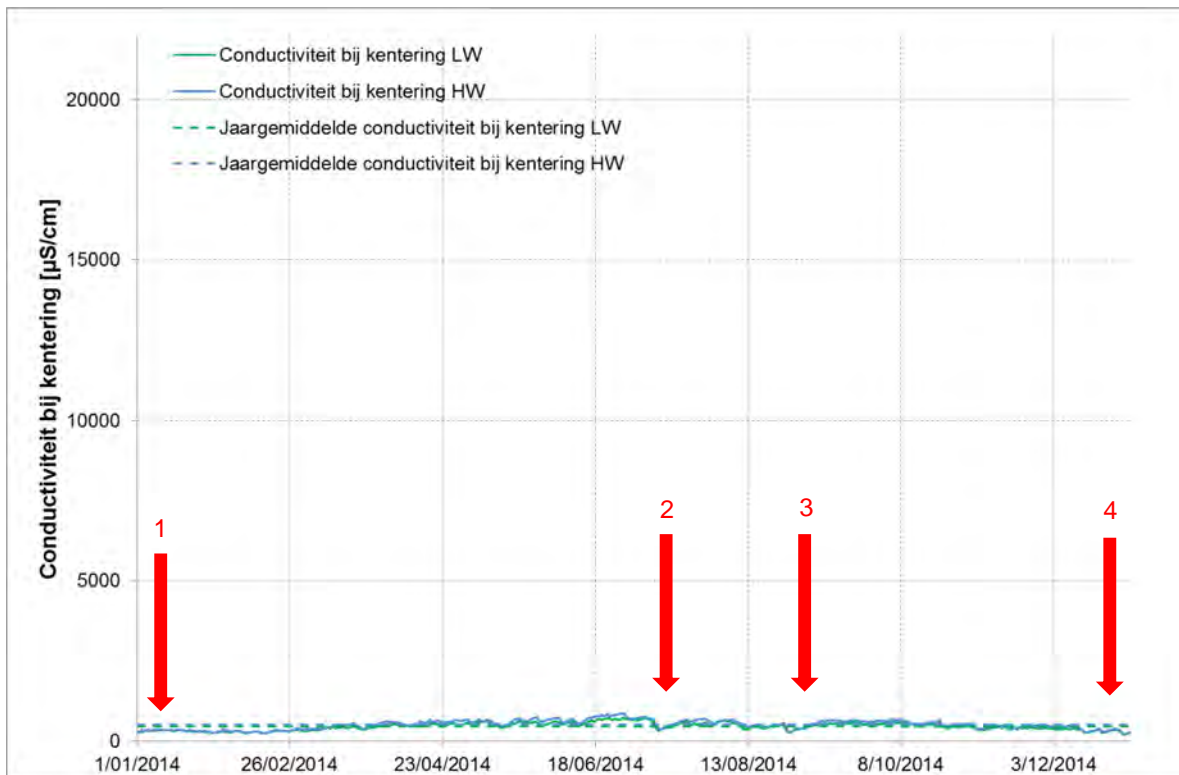
Figuur 85 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2014)



Figuur 86 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde) (2014)

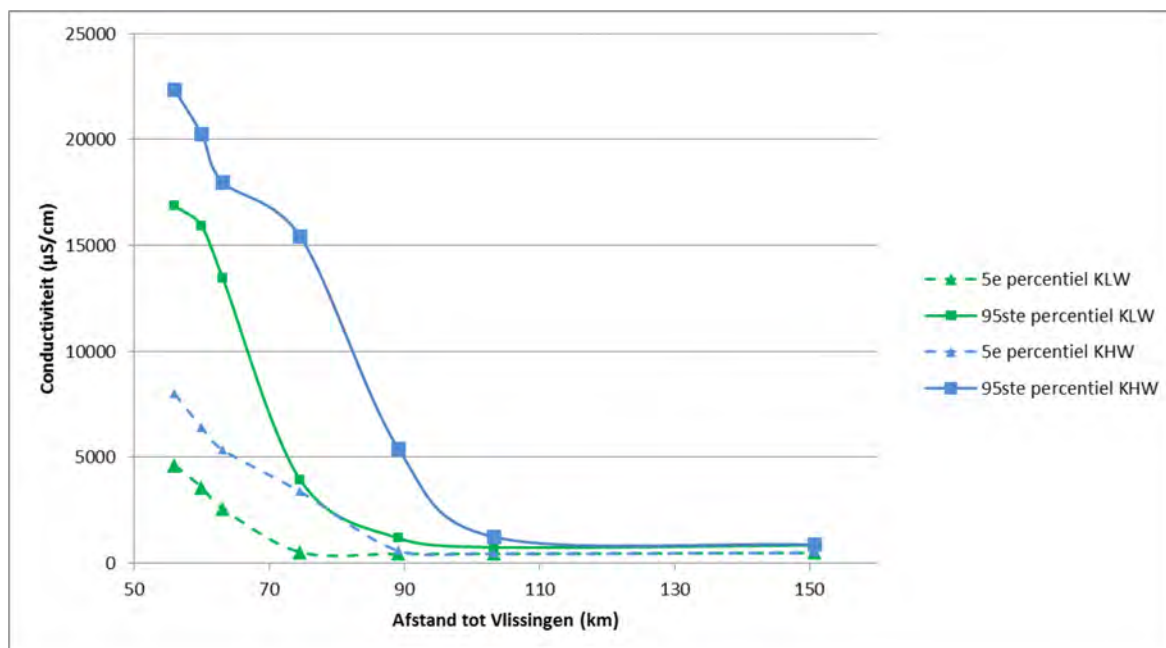


Figuur 87 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Melle (Boven- Zeeschelde) (2014)



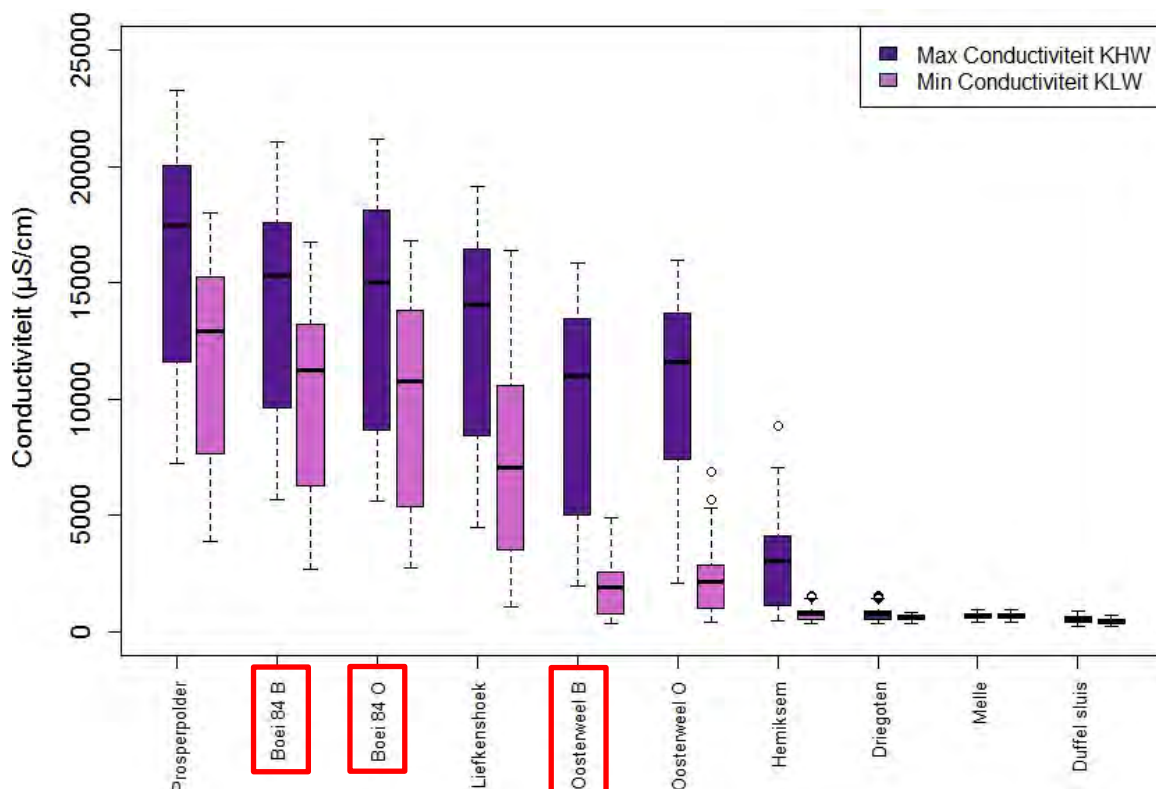
Figuur 88 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2014)





Figuur 89 - Verloop van conductiviteit bij kentering HW en kentering LW, in functie van de afstand tot Vlissingen (2014)

Figuur 90 toont bij wijze van overzicht de boxplots voor de gemeten conductiviteit bij KHW en K LW op alle meetlocaties (behalve voor Epegem en Appels). Deze figuur vat de eerder besproken vaststellingen samen. De conductiviteit is telkens groter rond KHW dan rond K LW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens KHW. Dit verschil tussen KHW en K LW is van alle meetposten het meest uitgesproken ter hoogte van Oosterweel. De daling van de conductiviteit naar opwaarts toe is eveneens duidelijk zichtbaar.



Figuur 90 - Boxplot voor de gemeten conductiviteit bij KHW en K LW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014)

Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

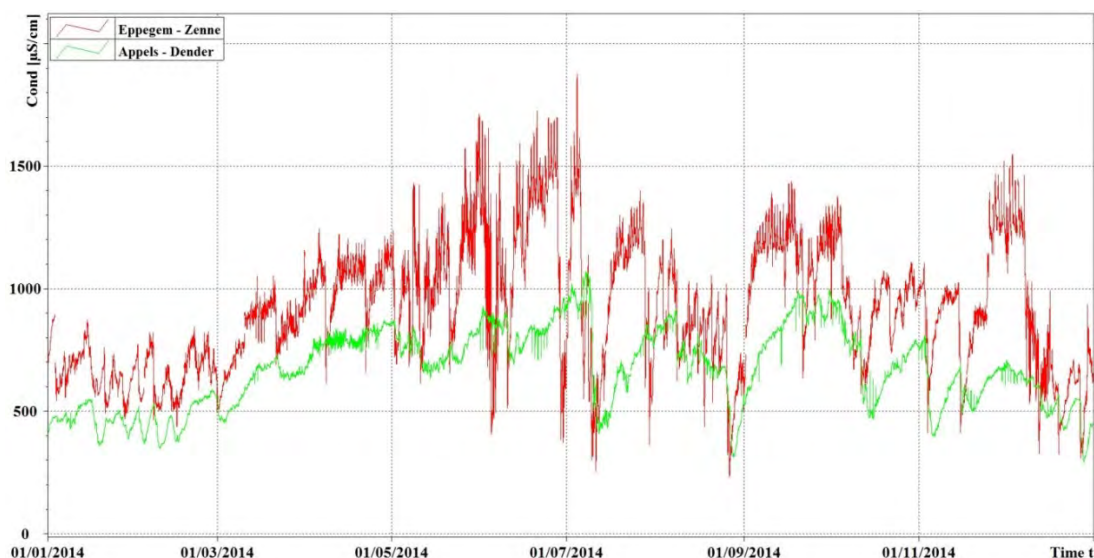


Tabel 15 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de conductiviteiten rond KWH en KLV voor de verschillende metingen in de Zeeschelde. Ook hier dient opgemerkt te worden dat de berekende gemiddelden ter hoogte van Boei 84 onder en Oosterweel boven een vertekend beeld geven als gevolg van het tijdelijk uitvallen van de sensor in de late zomer. Dit heeft een negatief gevolg op het gemiddelde en toont dus een lagere waarde dan in werkelijkheid aanwezig was.

Tabel 15 - Overzicht van de conductiviteit bij KHW en KLV op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

	Maximum conductiviteit ( $\mu\text{S/cm}$ ) bij KHW				Minimum conductiviteit ( $\mu\text{S/cm}$ ) bij KLV			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	7.246	16.262	23.232	4.719	3.876	11.751	17.970	4.145
Boei 84 boven	5.656	14.047	21.064	4.494	2.683	10.060	16.767	4.006
Boei 84 onder	5.635	13.891	21.139	4.753	2.714	10.016	16.807	4.227
Liefkenshoek	4.484	12.732	19.138	4.322	1.072	7.334	16.366	4.029
Oosterweel boven	1.982	9.821	15.830	4.205	367	1.818	4.875	1.055
Oosterweel onder	2.094	10.436	15.962	3.981	382	2.066	6.847	1.124
Hemiksem	478	2.893	8.838	1.650	346	775	1.548	237
Driegoten	373	765	1.551	239	376	603	841	97
Melle	424	684	972	116	402	672	947	112
Duffel Sluis	212	510	864	143	209	453	735	114

Figuur 91 toont het jaarverloop van de conductiviteit voor de YSI meetposten te Appels en Eppegem. De conductiviteit is op deze opwaartse meetplaatsen zeer klein ( $<1.700 \mu\text{S/cm}$ ). Het verloop van de conductiviteit wordt er voornamelijk beïnvloed door het bovendebiet (afvoer zoet water). Tevens is te Eppegem de veertiendaagse invloed van de doortij/springtij-cyclus merkbaar. Gedurende bijna het hele jaar ligt de conductiviteit voor Eppegem hoger dan deze te Appels. Dit toont dat de zoutindringing in het Zeescheldebekken eerder en grootser Eppegem (via Rupel en verder opwaarts) bereikt dan wel Appels. Dit is voornamelijk te wijten aan de grotere (zoutreducerende) aanvoer van zij- en bovendebiet in de Boven-Zeeschelde (vnl. afvoer Bovenschelde, Leie, Dender en in mindere mate Durme) ten opzichte van de kleinere bovenafvoer van het Rupelbekken.



Figuur 91 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Appels (Dender), Eppegem (Zenne) (2014)

#### 4.1.5. Verloop saliniteit continue meetlocaties

Zowel de CTD-, Aanderaa- als de YSI-multiparametersondes meten enkel conductiviteit als een maat voor het zoutgehalte van het water. Op basis van conductiviteit en temperatuur kan via de Unescoformule de saliniteit ten allen tijde berekend worden (De Boeck et al., 2014b). Hierbij dient de opmerking gemaakt te worden dat deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater, en dus in het Schelde estuarium met enige voorzichtigheid moet gebruikt worden. De saliniteit kan uitgedrukt worden in g/kg en in practical salinity units (PSU). In wat volgt worden de saliniteitswaarden enkel in PSU weergegeven.

De saliniteitswaarden te Prosperpolder (Figuur 92) zijn, in navolging van de conductiviteitswaarden op deze post, het hoogst, in vergelijking met de andere posten. Ze bedragen hier tussen 3,8 en 12 PSU voor kentering laagwater en tussen 6 en 16 PSU voor kentering hoogwater. Verder is hier ook de algemene seizoenale schommeling zichtbaar, waarbij de saliniteit een minimum bereikt tijdens de winterdip in februari, en een maximum in juli, augustus en oktober, onderbroken door periodes van verhoogde neerslag 2 en 3. In december is een vierde maximum te erkennen. Hoewel de temperaturen in deze periode gelijkaardig zijn aan de temperaturen in februari (rond 6°C, zie §4.1.3) eerder dat jaar, is er toch een sterk verhoogde saliniteit van het zeewater in deze periode. De conductiviteit aan het begin van december is wel hoger in vergelijking met de conductiviteitswaarden begin 2014, als gevolg van een periode met weinig tot geen neerslag eind november. Dit leidt tot de conclusie dat een verandering in conductiviteit, bij lage temperatuur, een sterke verhoging in de berekening van de saliniteit teweegbrengt. Bij een hogere temperatuur, zoals tijdens de zomermaanden wordt het effect van de verandering in conductiviteit op een verandering in de berekening van saliniteit kleiner. Met andere woorden een verhoging in conductiviteit brengt een grotere verhoging in berekening van saliniteit teweeg bij lage temperaturen dan bij hoge temperaturen.

Ter hoogte van de posten Prosperpolder, Boei 84 (Figuur 93 en Figuur 94) en Liefkenshoek (Figuur 95) loopt de saliniteit tijdens K LW en K HW parallel, terwijl ter hoogte van posten meer stroomopwaarts de saliniteit bij K LW minimaal blijft, maar de saliniteit bij K HW nog steeds de seizoenale trend volgt zoals bij voornoemde posten.

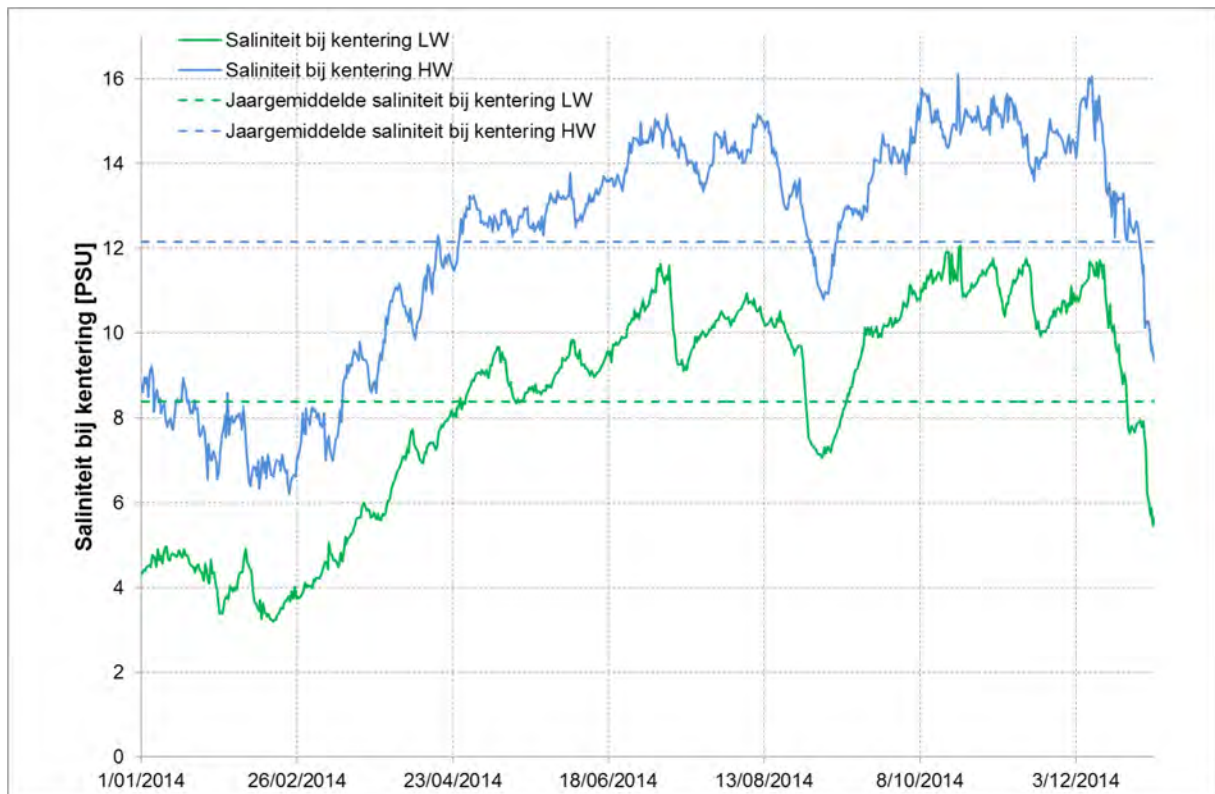
In Oosterweel (Figuur 96 en Figuur 97) klimt de saliniteit bij K HW niet hoger dan 10 PSU en blijft deze zelfs tussen 0,3 en 2 PSU schommelen bij K LW. Ter hoogte van Boei 84 is er echter amper een verschil te merken tussen waarden bij het bovenste en bij het onderste toestel.

Te Hemiksem (Figuur 98) komen de saliniteitswaarden nog amper boven de grens van 4 PSU uit (bij K HW). Voor een groot deel van 2014 blijven de waarden zelfs onder 2 PSU, wat maakt dat de Unescoformule, gebruikt voor het berekenen van deze saliniteit eigenlijk niet meer geldt. Voor de continuïteit van deze bespreking, wordt deze voorwaarde even achterwege gelaten. Bij verder gebruik en analyse van deze data dient deze opmerking wel in acht genomen te worden. De saliniteit bij K LW blijft schommelen rond 0,5 PSU.

Bij de drie meest stroomopwaartse posten, Driegoten (Figuur 99), Melle (Figuur 100) en Duffel Sluis (Figuur 101), is het verschil tussen saliniteit bij K HW en bij K LW minimaal. De absolute saliniteit blijft hier ook onder 1 PSU, waardoor verdere analyse van deze resultaten onmogelijk is.

Figuur 102 toont bij wijze van overzicht de boxplots voor de gemeten conductiviteit bij K HW en K LW op alle meetlocaties (behalve voor Epegem en Appels). Deze figuur vat de eerder besproken vaststellingen samen. De saliniteit is telkens groter rond K HW dan rond K LW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens K HW. Dit verschil tussen K HW en K LW is het meest uitgesproken ter hoogte van Oosterweel. De daling van de saliniteit naar opwaarts toe is eveneens duidelijk zichtbaar.

Tabel 16 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de saliniteiten rond K HW en K LW voor de verschillende metingen op de locaties zoals in onderstaande boxplot visueel is weergegeven. Ook hier zijn de kengetallen voor Oosterweel boven niet representatief voor 2014 door het uitvallen van de sensor eind september. Voor de volledigheid worden de waarden alsnog weergegeven.



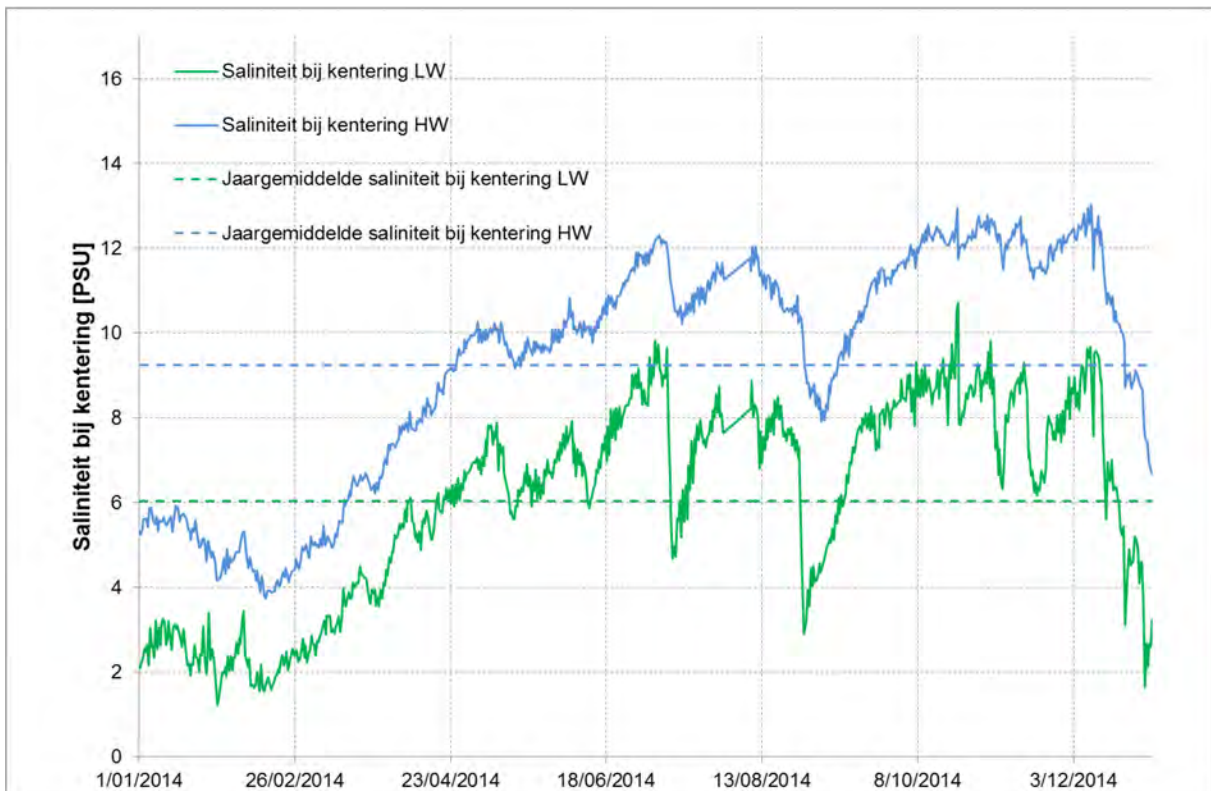
Figuur 92 - Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden - Zeeschelde) (2014)



Figuur 93 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Boven (Beneden - Zeeschelde) (2014)

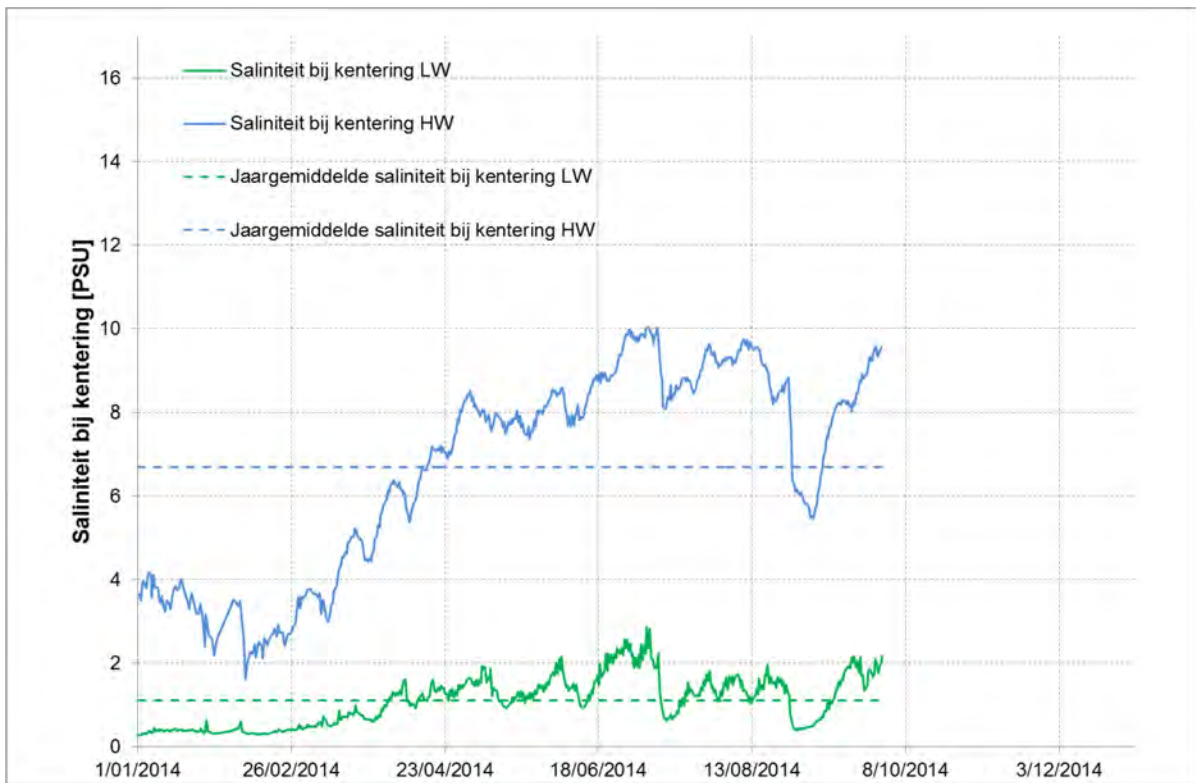


Figuur 94 - Saliniteit bij KHW en KLW te Boei 84 Onder (Beneden - Zeeschelde) (2014)

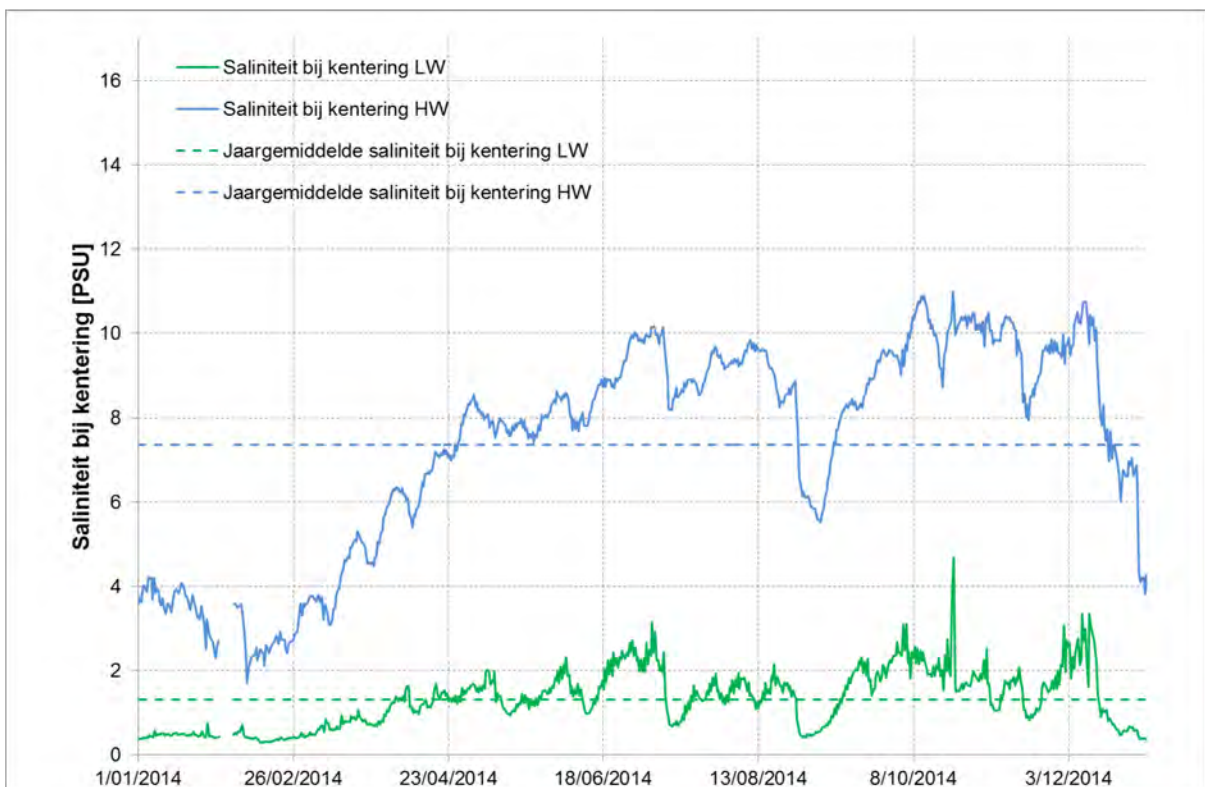


Figuur 95 - Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden - Zeeschelde) (2014)



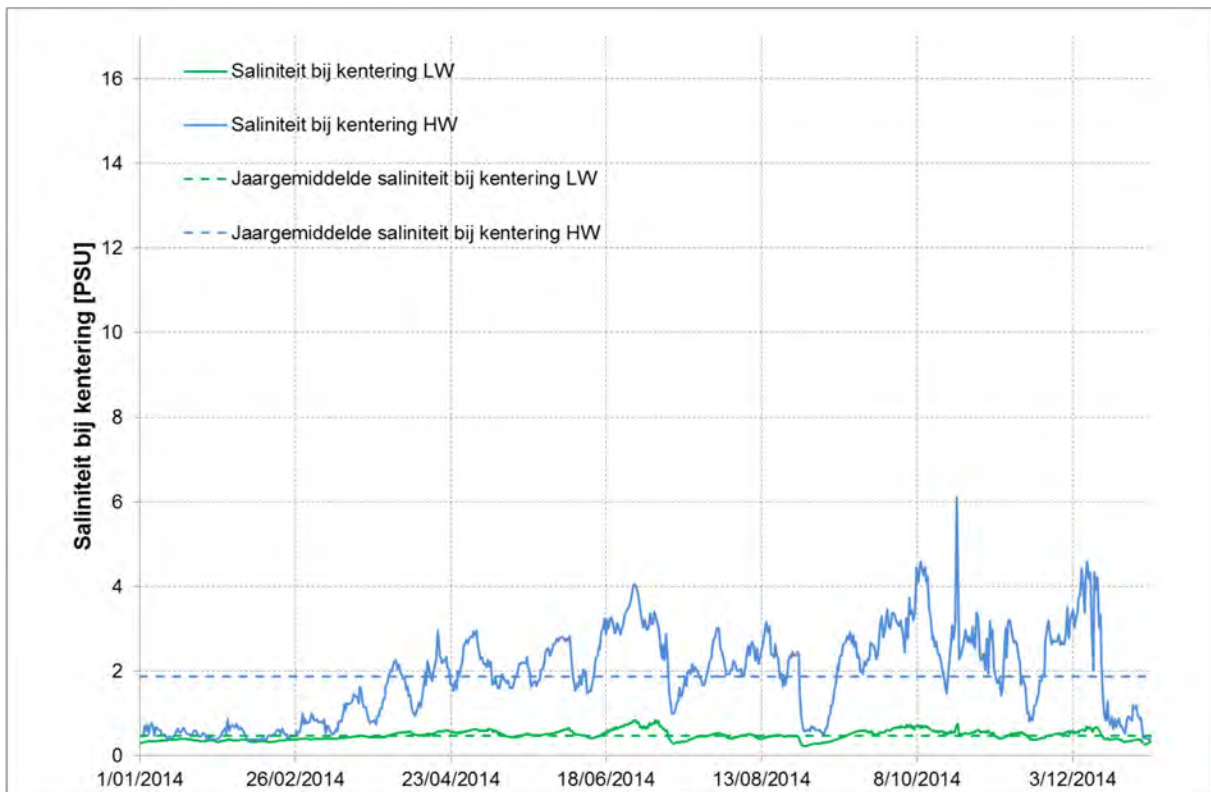


Figuur 96 - Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel Boven (Beneden - Zeeschelde) (2014)

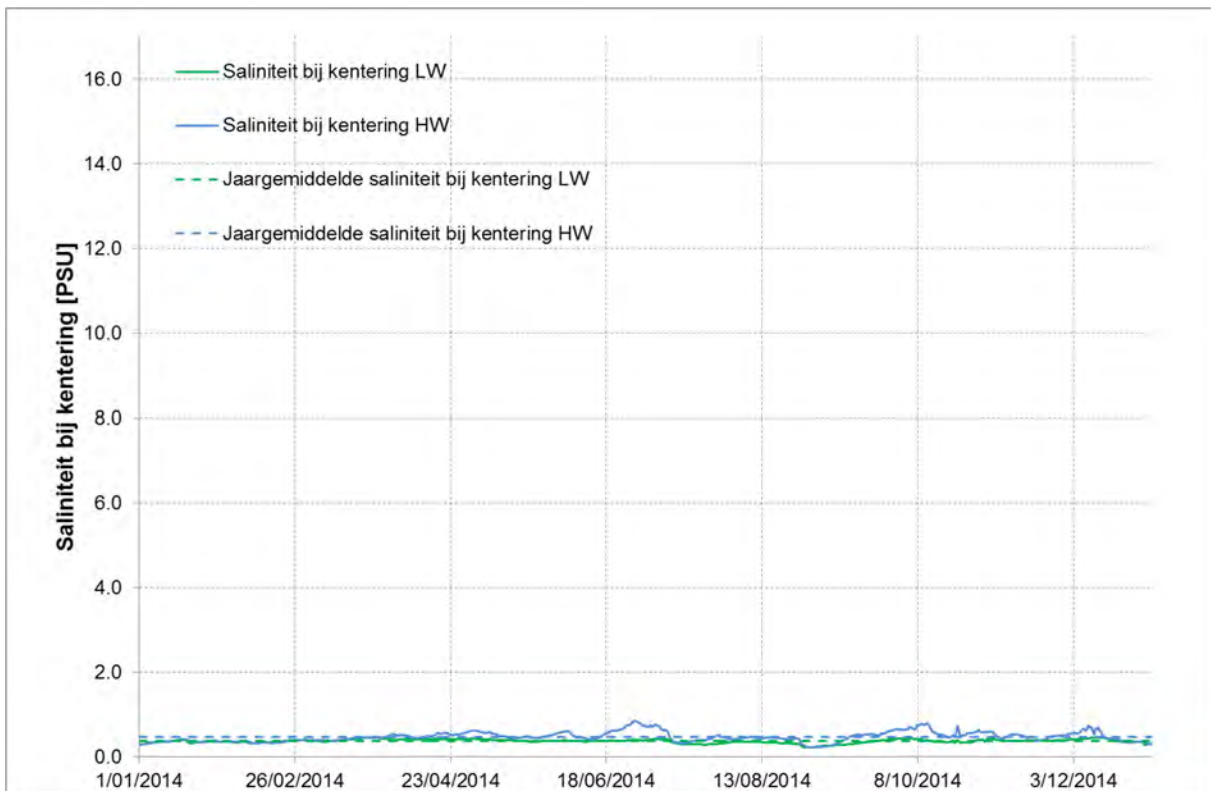


Figuur 97 - Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel Onder (Beneden - Zeeschelde) (2014)

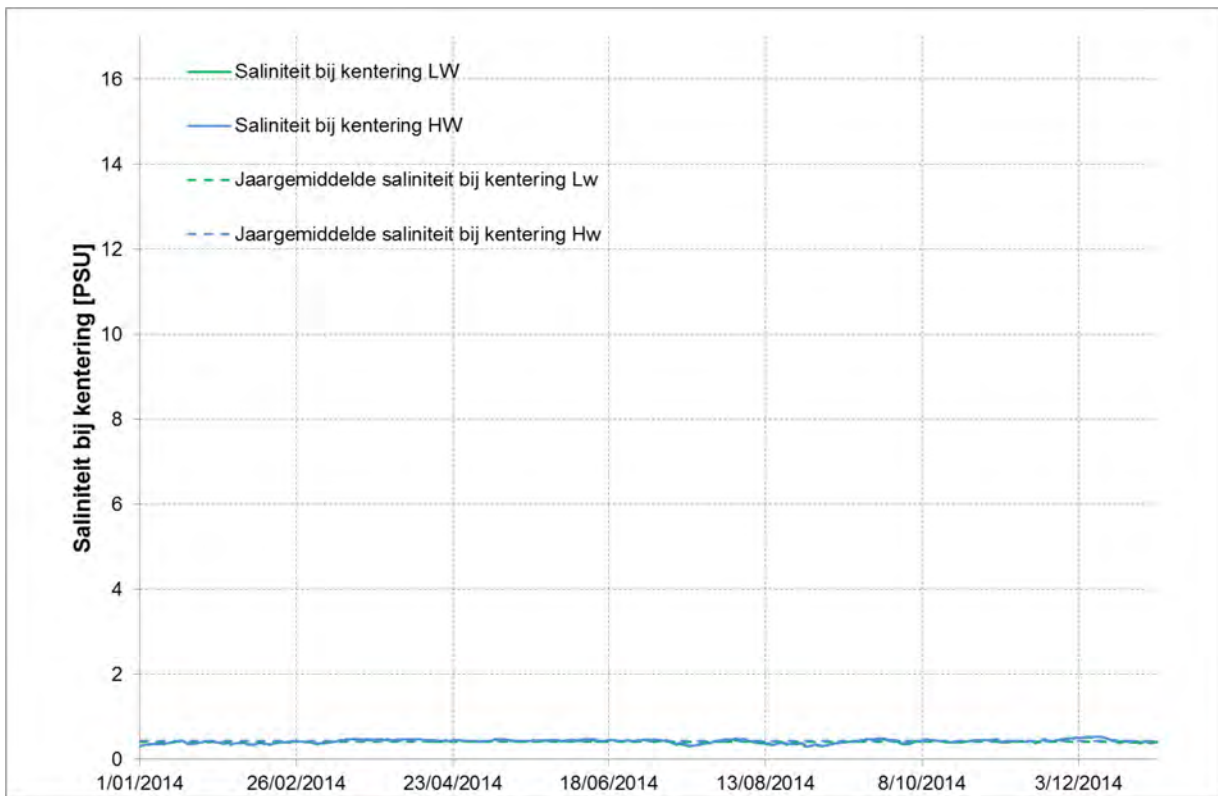




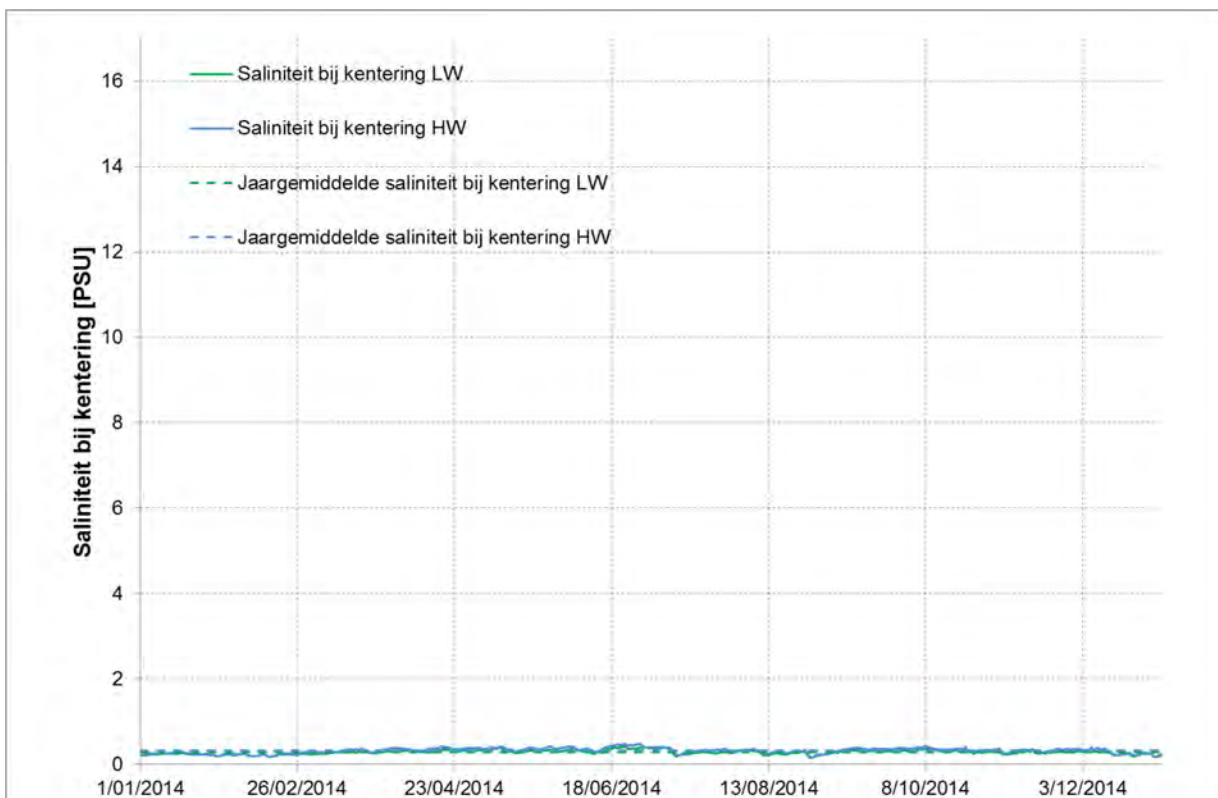
Figuur 98 - Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven - Zeeschelde) (2014)



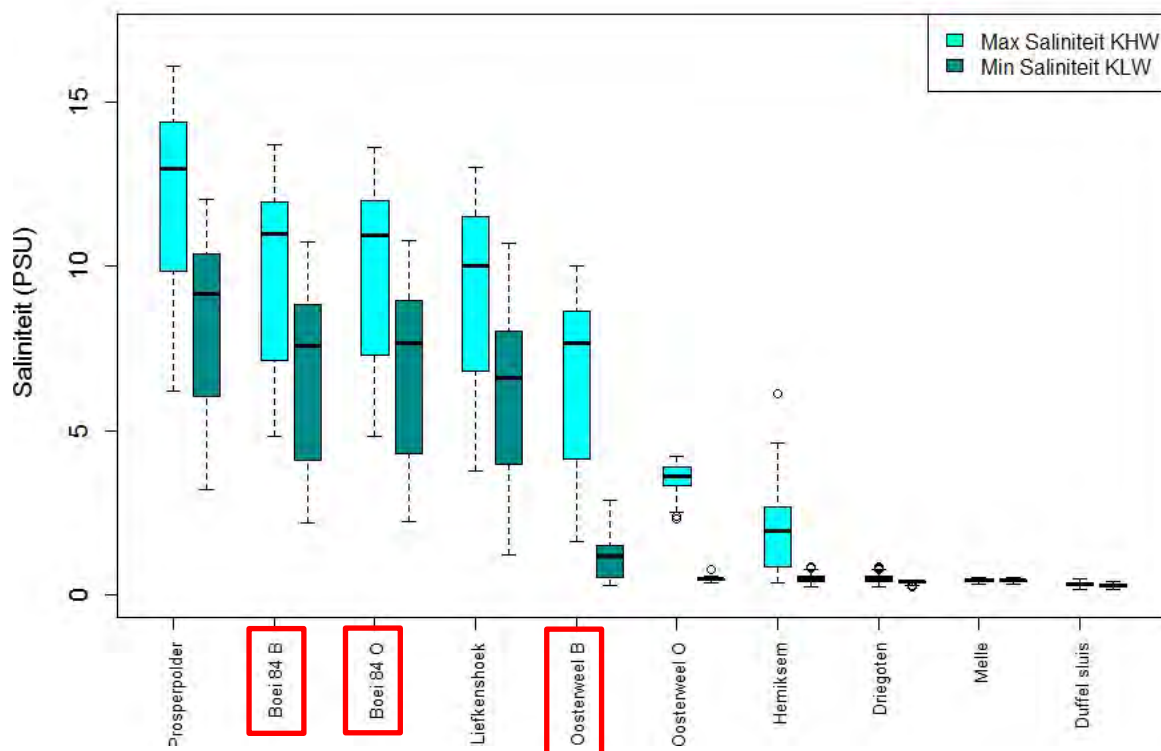
Figuur 99 - Saliniteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven - Zeeschelde) (2014)



Figuur 100 - Saliniteit bij KHW en KWL te Melle (Boven - Zeeschelde) (2014)



Figuur 101 - Saliniteit bij KHW en KWL te Duffel Sluis (Beneden - Nete) (2014)

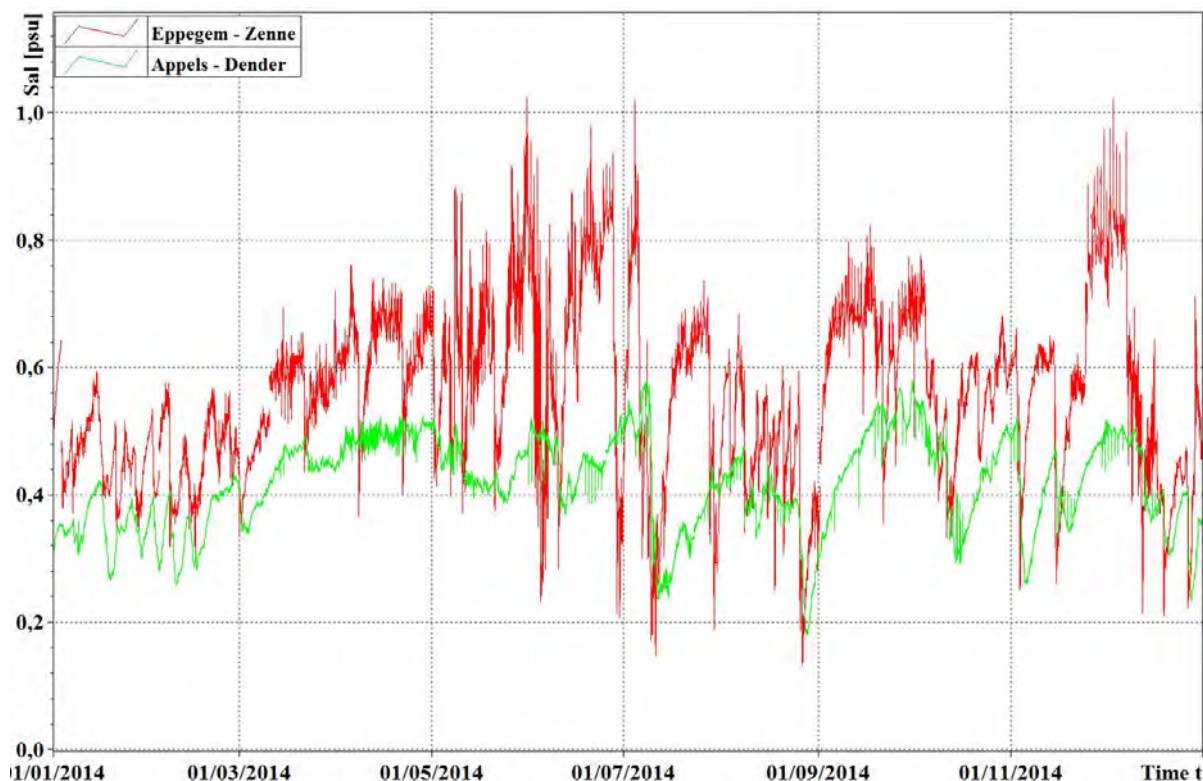


Figuur 102 - Boxplot voor de gemeten saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014)  
Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

Tabel 16 - Overzicht van de saliniteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2014) – Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

	Saliniteit (PSU) bij KHW				Saliniteit (PSU) bij KLW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	6,22	12,15	16,10	2,73	3,20	8,38	12,05	2,55
Boei 84 boven	4,84	9,90	13,70	2,58	2,20	6,79	10,76	2,42
Boei 84 onder	4,82	9,96	13,65	2,57	2,22	6,91	10,80	2,41
Liefkenshoek	3,75	9,24	13,02	2,68	1,23	6,04	10,71	2,36
Oosterweel boven	1,61	6,69	10,03	2,41	0,27	1,11	2,86	0,59
Oosterweel onder	2,30	3,53	4,23	0,48	0,37	0,47	0,75	0,06
Hemiksem	0,36	1,88	6,11	1,04	0,22	0,48	0,85	0,12
Driegoten	0,23	0,48	0,86	0,12	0,22	0,38	0,46	0,05
Melle	0,30	0,43	0,54	0,04	0,30	0,42	0,53	0,04
Duffel Sluis	0,16	0,32	0,48	0,06	0,15	0,29	0,41	0,05

Figuur 103 toont het jaarverloop van de saliniteit voor de YSI meetposten te Appels en Eppegem. De saliniteit is op deze opwaartse meetplaatsen zeer klein (<1 psu). Het verloop van de conductiviteit wordt er voornamelijk beïnvloed door het bovendebiet (afvoer zoet water). Hier geldt dezelfde bespreking als voor conductiviteit, met de belangrijke opmerking dat de Unescoformule die gebruikt werd om deze waarden te bespreken niet meer geldig is. Deze formule is enkel geldig voor saliniteitswaarden tussen 2 en 42 PSU.



Figuur 103 - Saliniteit te Appels (Dender), Eppegem (Zenne) (2014)

#### 4.1.6. Verloop turbiditeit en suspensiegehalte

Zoals vermeld in Tabel 9 worden turbiditeiten gemeten op twee hoogten langs de verticale te Oosterweel en aan Boei 84, terwijl te Driegoten, Melle, Appels, Eppegem en Duffel Sluis op één hoogte gemeten wordt. De eerste drie locaties (in het 'maritieme' gedeelte van de Zeeschelde) worden bemeaten met Aanderaa toestellen (met meetinterval 10 minuten). Daarbij zijn alle toestellen van het type Seaguard2500 (meetbereik turbiditeit tussen 0-2.500 FTU). Een uitzondering hierop vormt het bovenste meettoestel te Boei 84 van type Seaguard500 (meetbereik turbiditeit 0-500 FTU). Van 16 t.e.m. 30/07/2014 waren de toestellen te Boei 84 onder en boven per vergissing omgewisseld. De toestellen te Appels, Eppegem, Melle en Duffel Sluis meten om de 5 minuten en zijn YSI-toestellen van het type YSI 6920. Dit houdt in dat deze drie toesteltypes elk een andere relatie zullen hebben tussen hun turbiditeitseenheid (in de praktijk NTU voor YSI en FTU voor Aanderaa Seaguard toestellen) en de bijbehorende sedimentconcentraties (suspensie-gehalte of SSC) die zij waargenomen hebben, zelfs al meten deze op dezelfde locatie. Dit wordt verder besproken in § 4.1.6.2.

Een bijkomende opmerking bij het Aanderaa-toestel van het type Seaguard500 (SG500), voor Boei 84 bovenste meettoestel, is dat dit geen turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU kan registreren (verzadiging sensor). Bijgevolg werden geregeld de maximale waarden gemeten met deze Seaguard-sonde. Met andere woorden, turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU deden zich voor, maar konden niet geregistreerd worden (plafonnering op 500 FTU). Men kan dus stellen dat dit Seaguard toestel, hoewel het een turbiditeitsrange van 0-500 FTU bestrijkt, een te beperkt bereik heeft voor metingen in de Zeeschelde. Het is belangrijk om dit in rekening te brengen bij het interpreteren van de hieronder weergegeven grafieken. De turbiditeitswaarden plafoneerden immers geregeld en de maximale en gemiddelde turbiditeitswaarden werden berekend op basis van de tijdreeks waarin deze 'plafond'-waarden opgenomen zijn. Hierdoor zullen zowel de maxima als de gemiddelden soms lager uitvallen dan in werkelijkheid het geval zou moeten zijn. Op de grafieken is steeds aangeduid met welk toesteltype gemeten is.

#### 4.1.6.1 Turbiditeit

Voor de meetlocaties waar Aanderaasondes de snelheidsrichting meten (Boei 84, Oosterweel en Driegoten), wordt de minimale turbiditeit binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering gerapporteerd (Figuur 104 t.e.m. Figuur 108). Tevens worden de gemiddelde en de maximale turbiditeit bij eb en vloed weergegeven (Figuur 111 t.e.m. Figuur 120). Voor de meetlocaties met YSI sondes onderhevig aan getijwerking (Duffel Sluis en Melle) werden dezelfde afgeleiden berekend (Figuur 109 en Figuur 110 en Figuur 121 t.e.m. Figuur 124), weliswaar niet op basis van snelheidsmetingen maar op basis van de momenten van kentering gemeten door de tijpost op dezelfde locatie. Voor de meetlocaties met YSI sondes zonder getijwerking (Appels en Epegem) worden de continue meetreeksen getoond (zie Figuur 125 en Figuur 126). De onderbrekingen in de grafieken betreffen periodes dat meettoestellen voor ijkingen, nazicht en onderhoud van hun meetplaats werden weggenomen, het meettoestel zonder stroomvoorziening viel of defect was. Te Epegem werden tevens tijdens de validatie van de data een aantal periodes verwijderd aangezien de meetgegevens uitschieters vertoonden en/of waar de turbiditeitsmetingen duidelijk vertekend werden door vuilophoping en/of aangroei rond de sensor. Te Appels waren de turbiditeitsmetingen onbetrouwbaar tussen 01/08/2014 en 24/10/2014.

Algemeen worden de kleinste turbiditeiten steeds geobserveerd tijdens kentering aangezien de stroomsnelheid dan minimaal is en dus "bezinking" van de sedimenten optreedt. De turbiditeitswaarden bij kentering kunnen dus als een 'achtergrondwaarde' voor de turbiditeit beschouwd worden. De turbiditeit is o.a. functie van de stroomsnelheid en deze is functie van het tijverschil, wat gerelateerd is aan de cyclus doortij/springtij. Deze veertien/vijftiendaagse cyclus kan dan ook in de grafieken geobserveerd worden voor de meer afwaartse meetlocaties (Boei 84, Oosterweel en Driegoten) en in mindere mate Duffel Sluis en Melle.

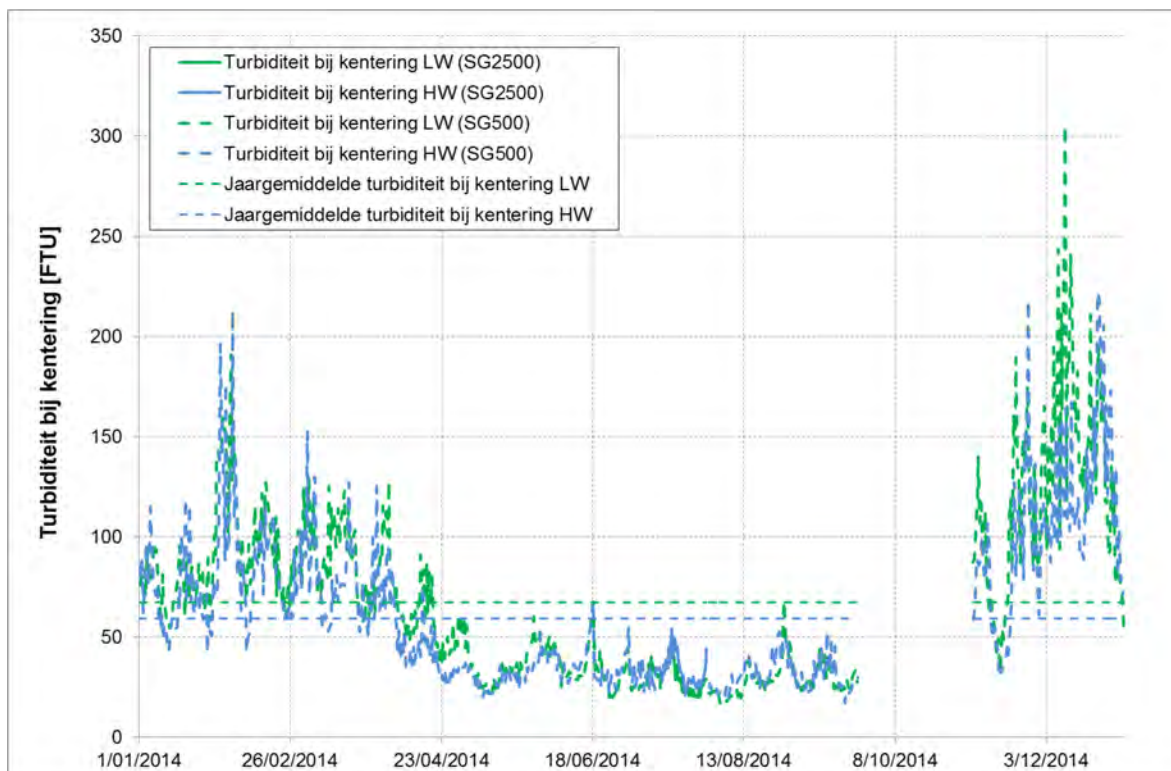
De figuren tonen ook dat er binnen alle meetwaarden over een jaar, of over een deel-periode van een jaar bvb. voornoemde tijcyclus, meer waarden aanwezig zijn van lage en gemiddelde turbiditeit en dat de grote tot zeer grote waarden uitschieters zijn waarvan er ook telkens een aanzienlijk aantal van aanwezig kunnen zijn.

Het verloop van de turbiditeit te Boei 84 vertoont duidelijk verhogingen tijdens januari t.e.m. maart en november t.e.m. december. Te Oosterweel is een zeer grote piek waarneembaar tijdens november en december. Eveneens zijn verhoogde waarnemingen te zien tijdens begin maart, eind mei en eind september. Op de Beneden-Zeeschelde lijkt de turbiditeit dus hoofdzakelijk gerelateerd te zijn aan andere processen (tij, hoge turbiditeitszones, baggerwerken, etc.) eerder dan aan een toename in de bovenafvoer. Te Driegoten situeren de turbiditeitspieken zich rond midden augustus, eind september tot begin oktober en begin december. Ook te Driegoten (Boven-Zeeschelde) lijkt de turbiditeit dus relatief weinig gecorreleerd te zijn met verhoogde bovenafvoer, in tegenstelling tot voorgaande jaren waar deze link duidelijker was. Dit is wellicht het gevolg van een algemeen lage bovenafvoer in 2014.

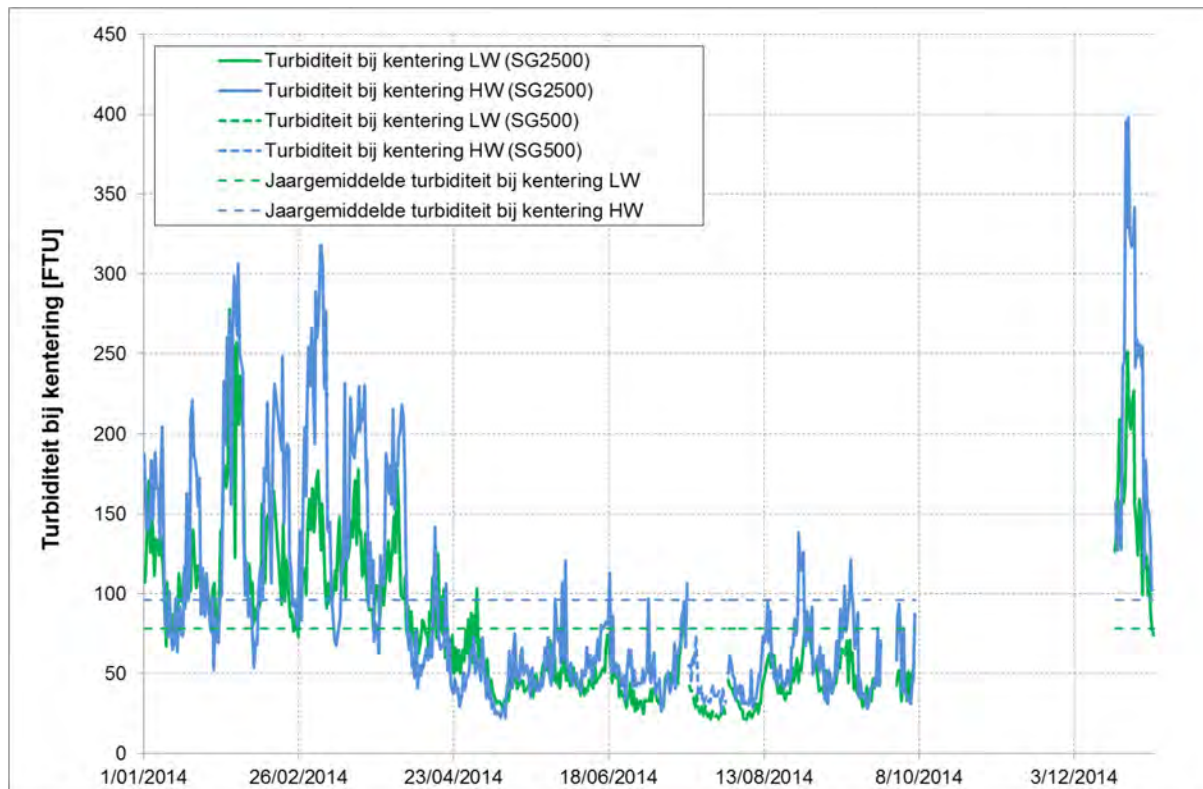
Het is bekend dat zich tussen Dendermonde en Doel, een zone van verhoogde turbiditeit voordoet, die volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone (Vandenbruwaene et.al., 2015). Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale variatie van turbiditeit. De temperatuur van het Scheldewater is mede een tweede doch onrechtstreekse drijfveer: tijdens de winter zullen de suspensie-partikels meer als aparte deeltjes aanwezig zijn, terwijl in de zomer meer als samengeklitte vlokken. Ook de mogelijkheid van erosie of resuspensie van deeltjes is zo seizoenaal gebonden.

Er kan een toename in turbiditeit tijdens juni t.e.m. november worden waargenomen op de Boven-Zeeschelde te Driegoten en te Melle. Dit zou kunnen verklaard worden door de opschuiving van het turbiditeitsmaximum dat in de Zeeschelde aanwezig is. In zomer-omstandigheden gaat die meer naar stroomopwaarts, door de lange relatief droge periode. De turbiditeiten op de Boven-Zeeschelde zakken namelijk opnieuw vanaf december. De turbiditeit bleef daarna wat lager te Driegoten en Melle dan tijdens de maanden ervoor. De periode van verhoogde turbiditeit te Driegoten en Melle begon vroeger en duurde langer dan tijdens voorgaande jaren. Door de algemeen lage bovenafvoer kon de turbide zone zich wellicht vroeger stroomopwaarts verplaatsen en zich daar langduriger handhaven.

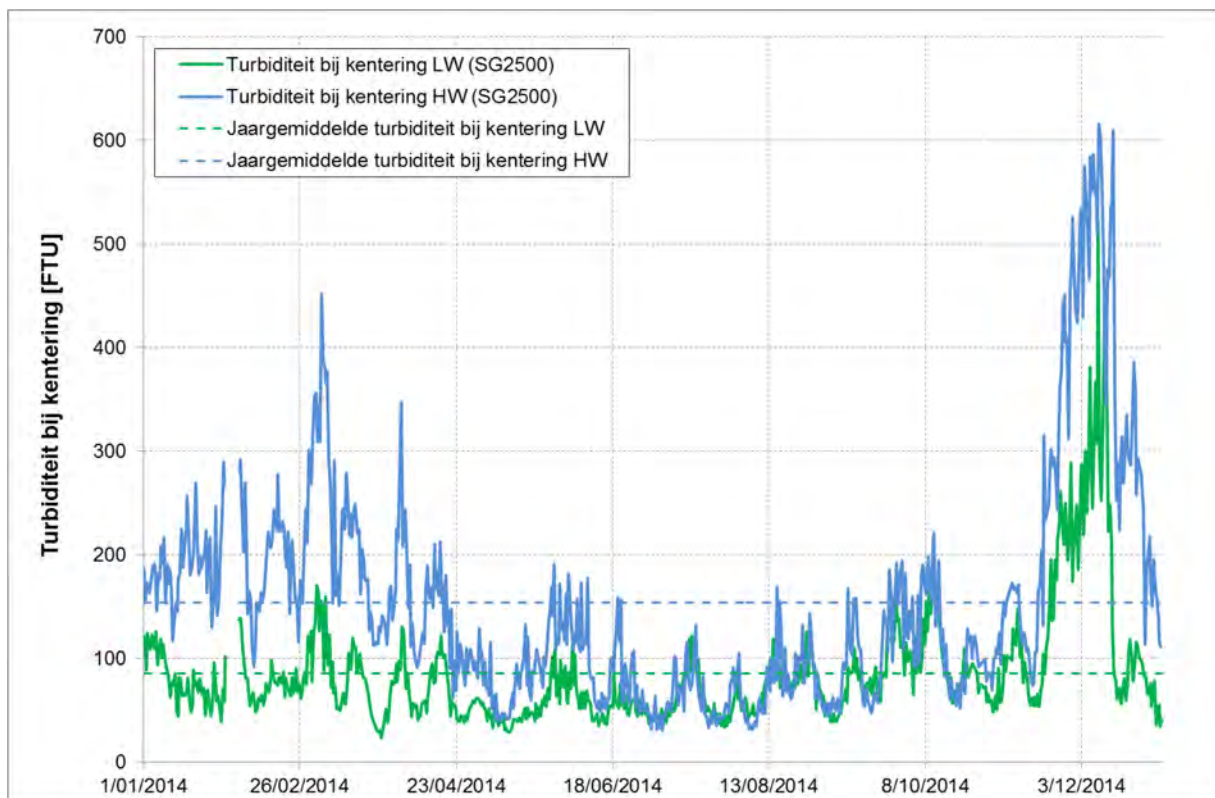




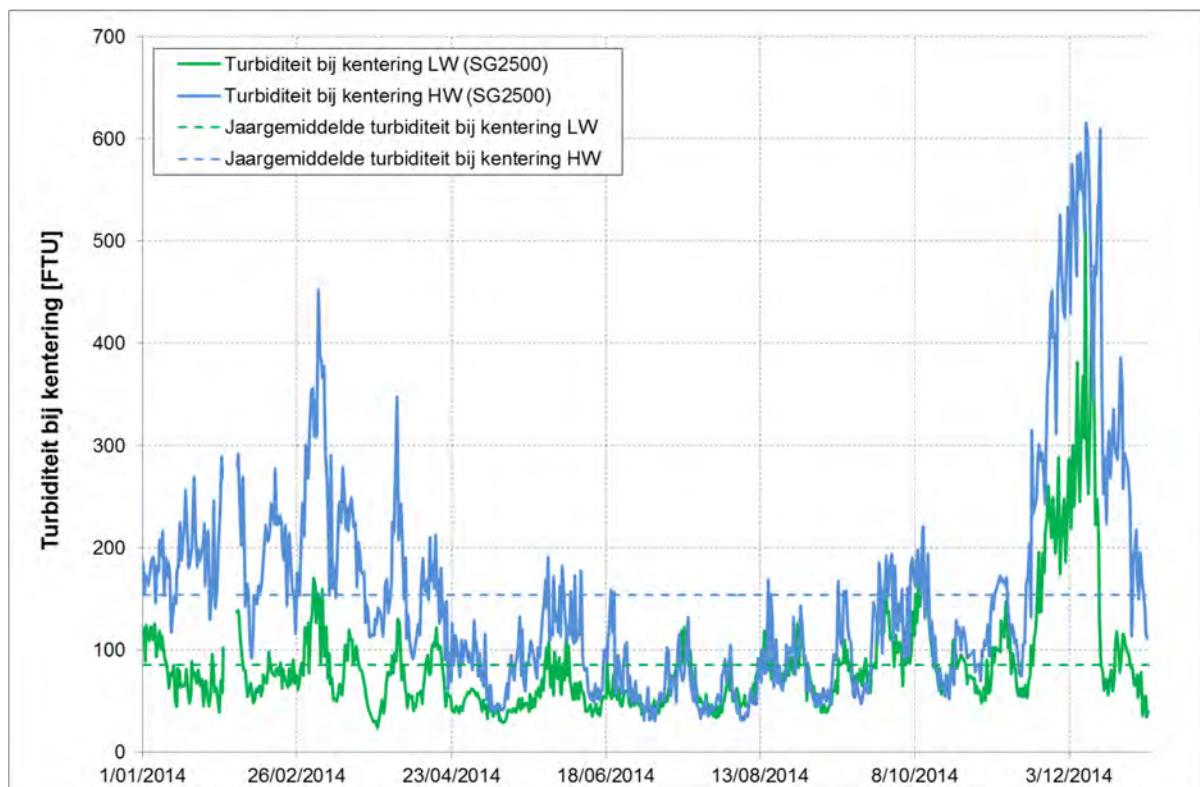
Figuur 104 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



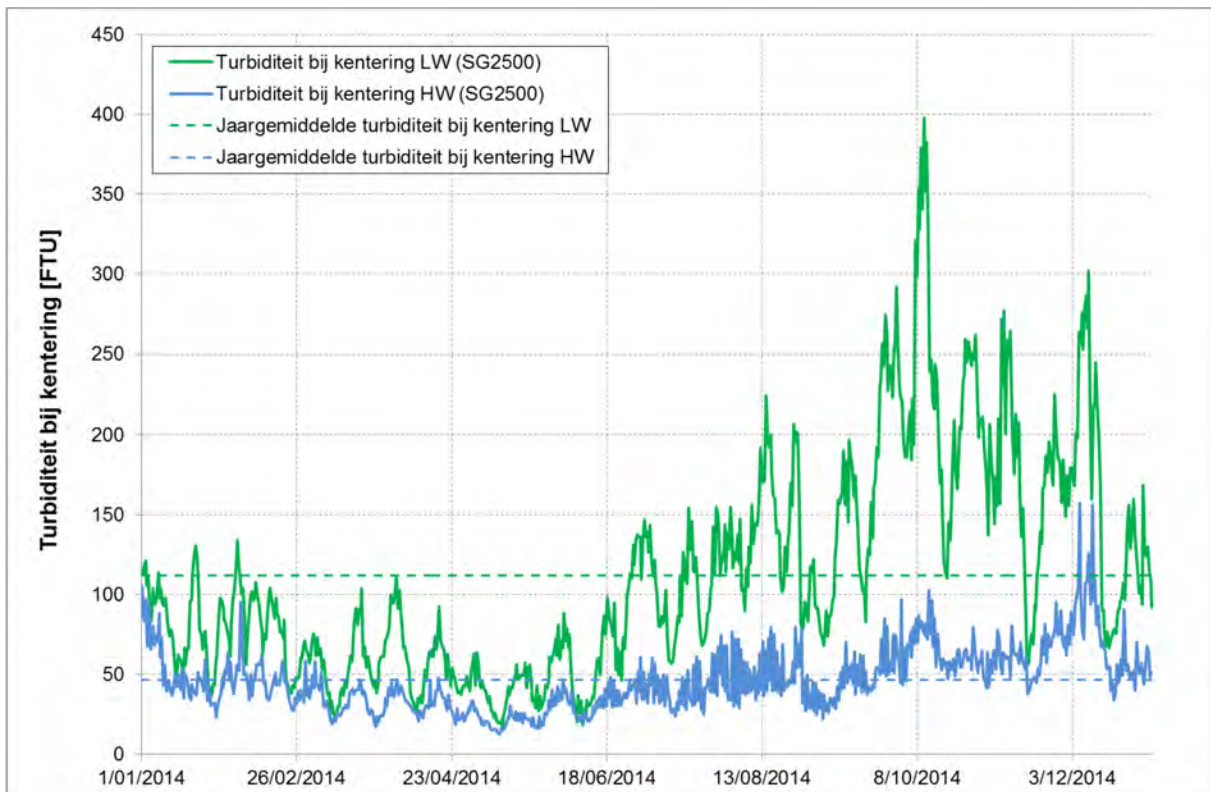
Figuur 105 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



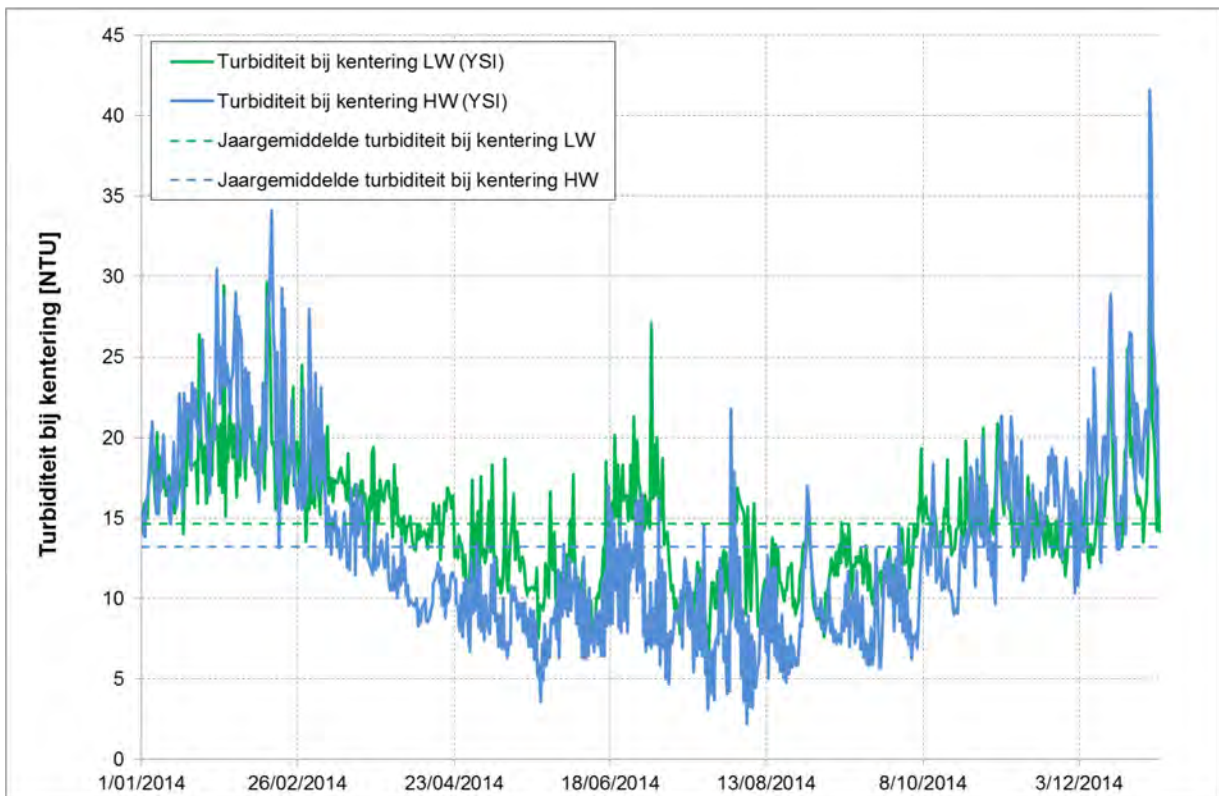
Figuur 106 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



Figuur 107 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

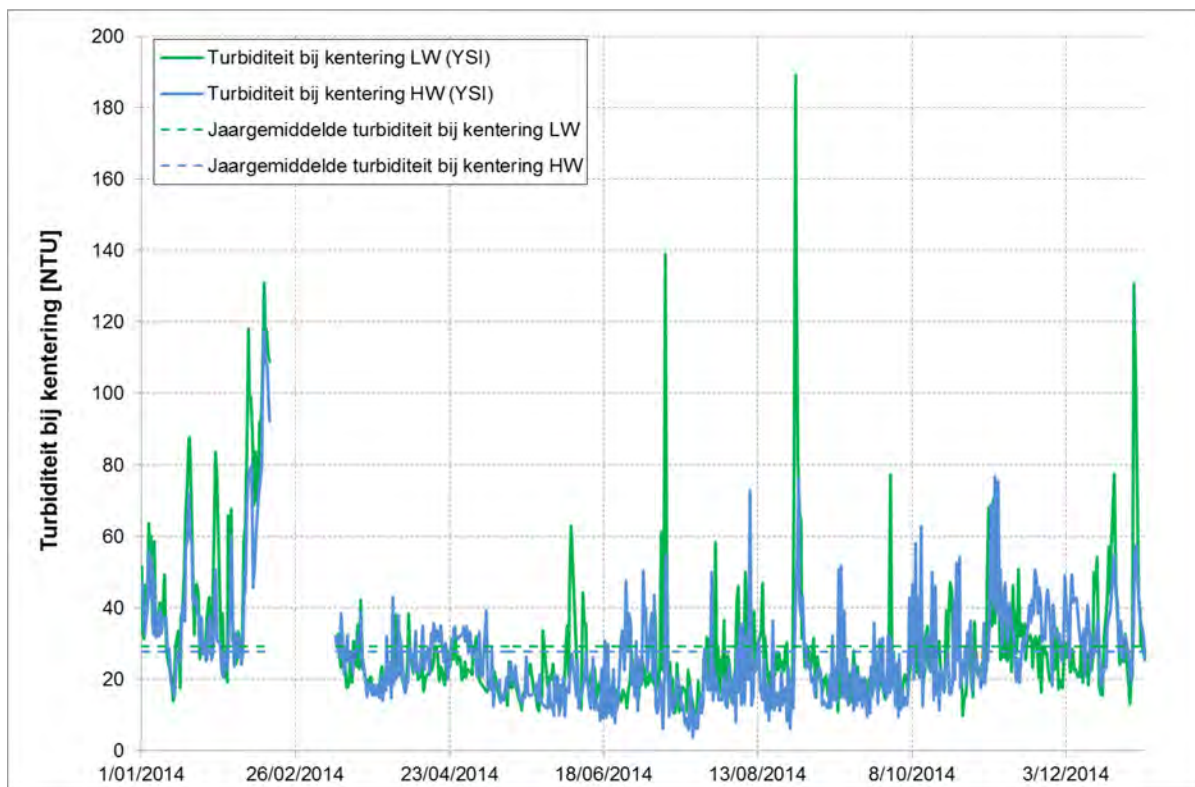


Figuur 108 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)

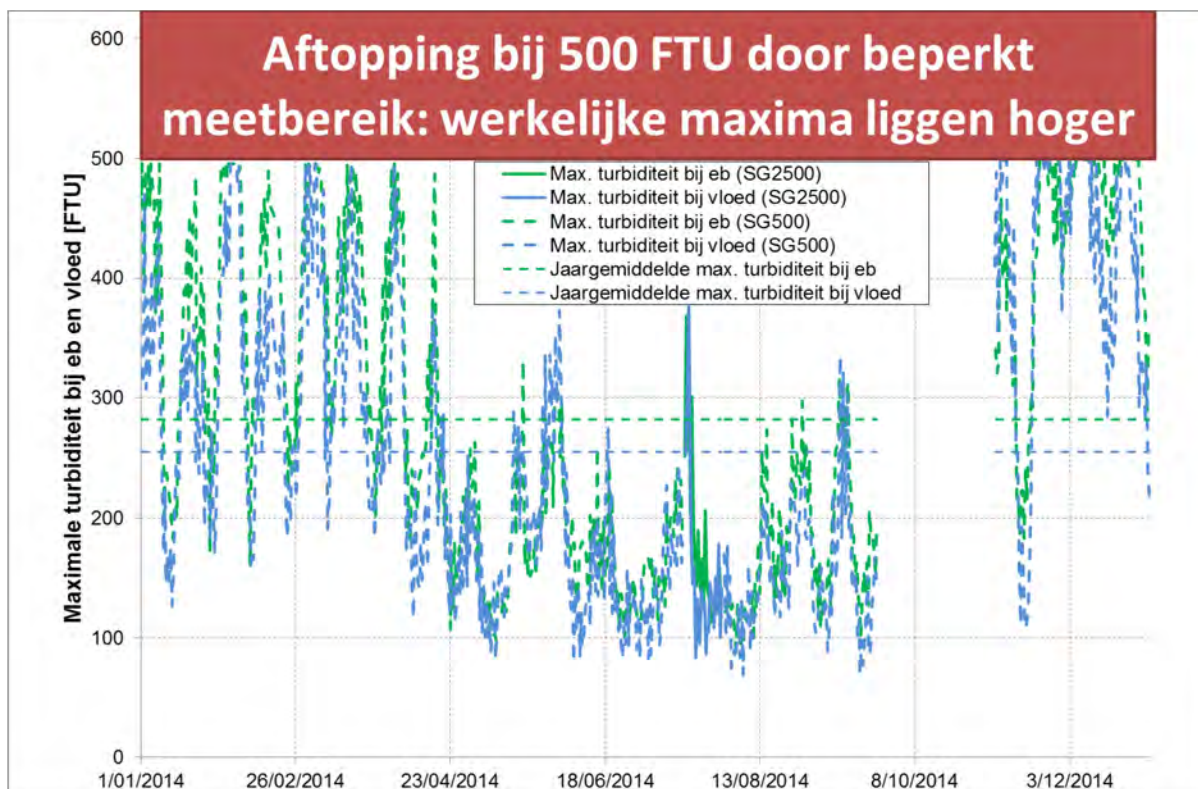


Figuur 109 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014)

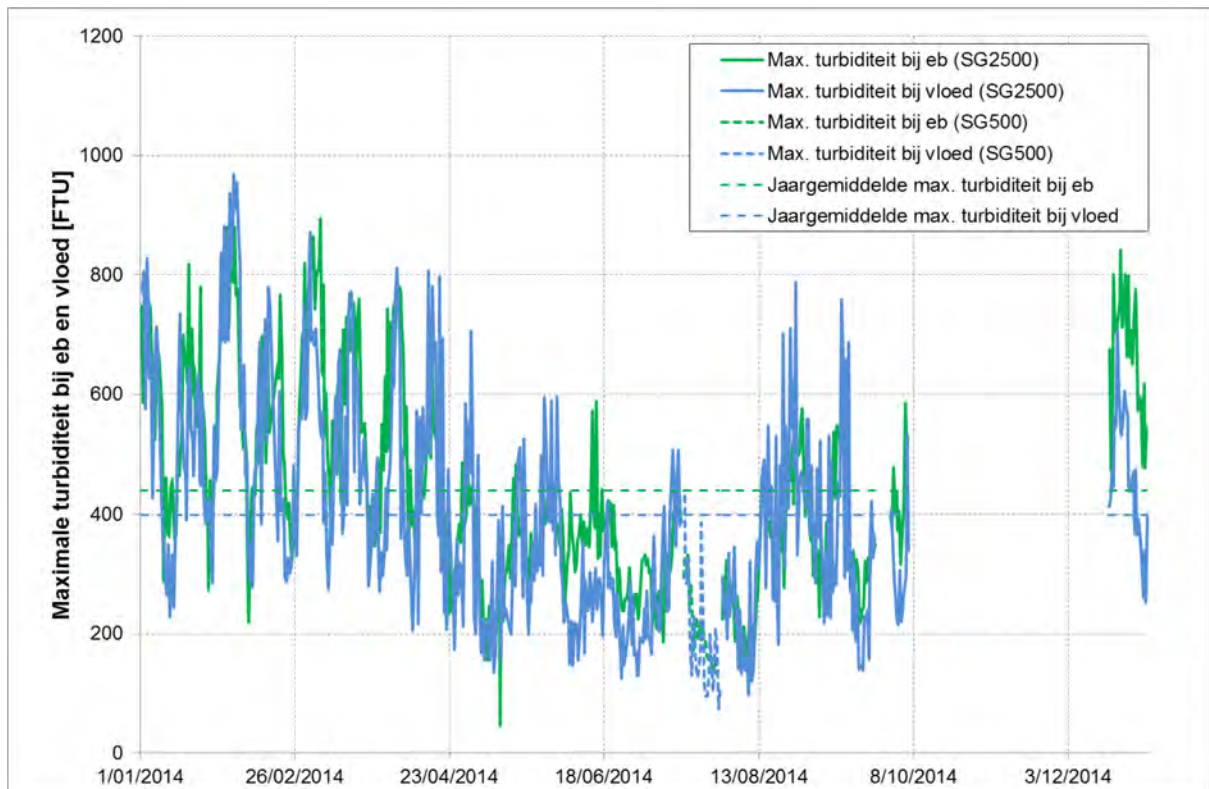




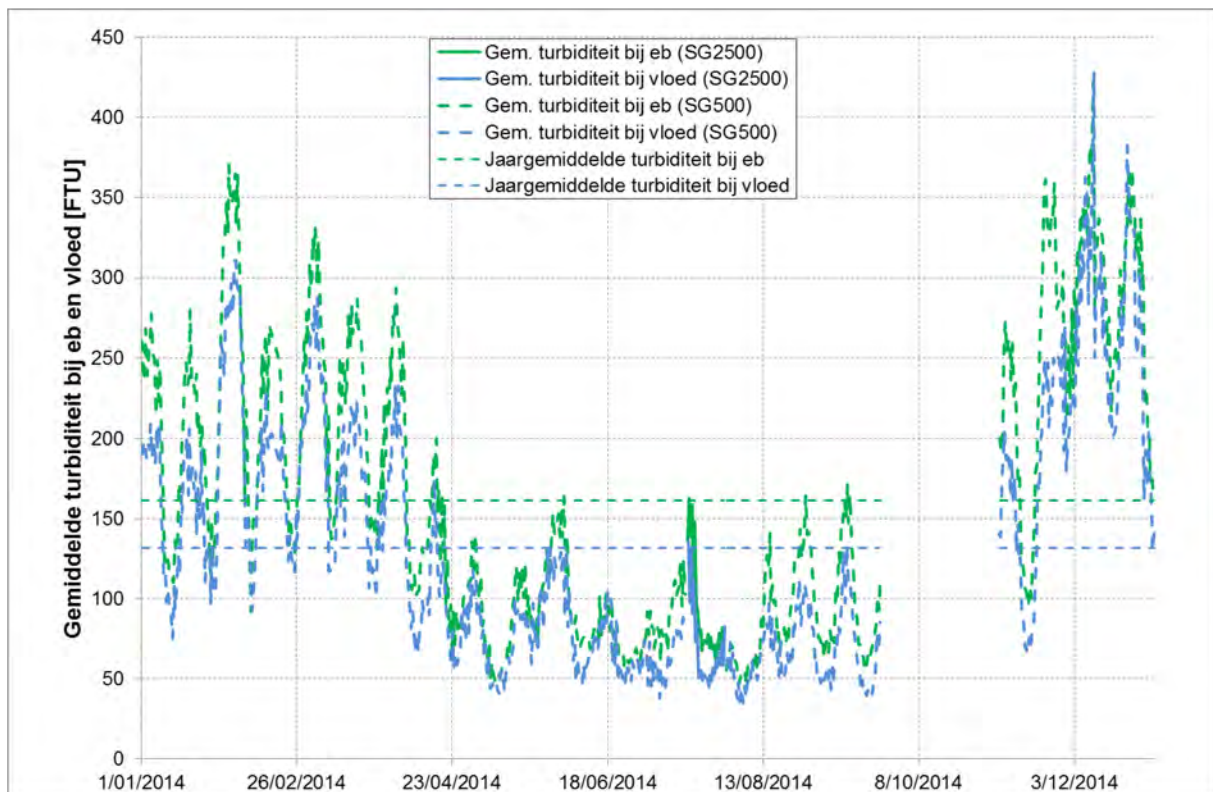
Figuur 110 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)



Figuur 111 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

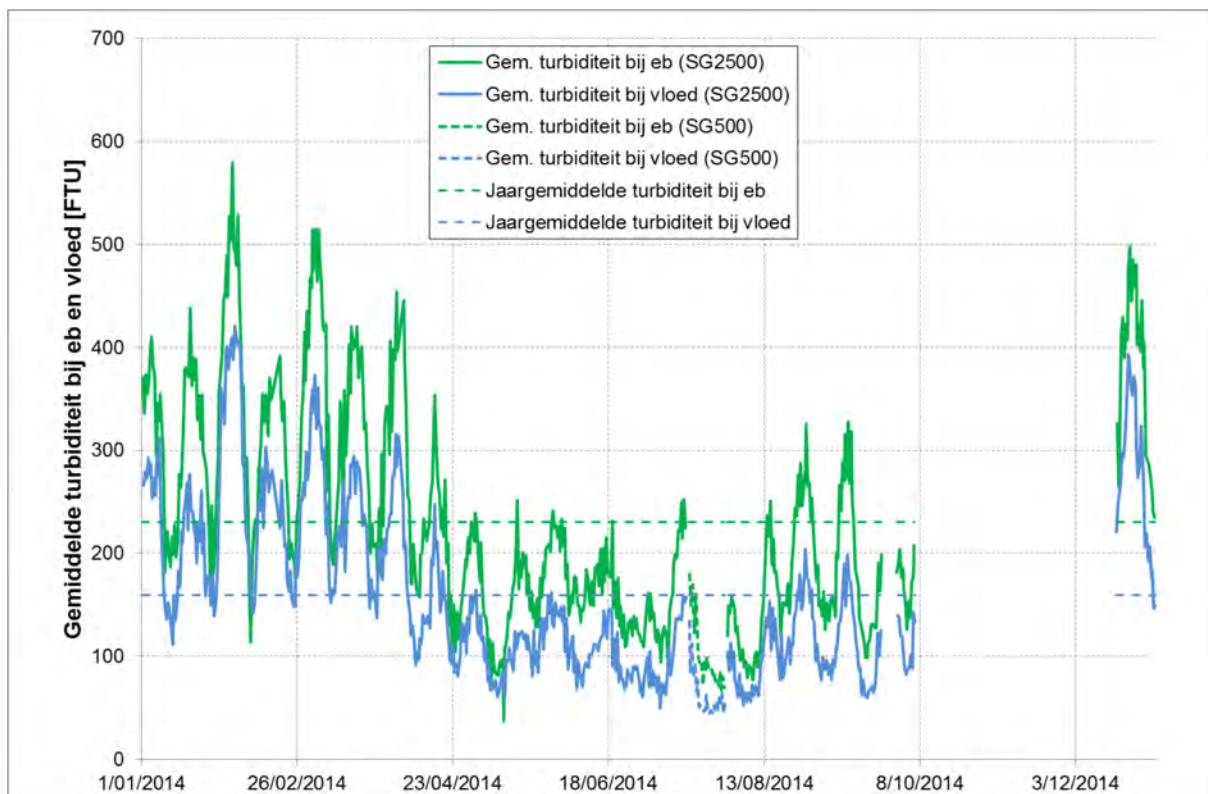


Figuur 112 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), onderste meettoestel (2014)

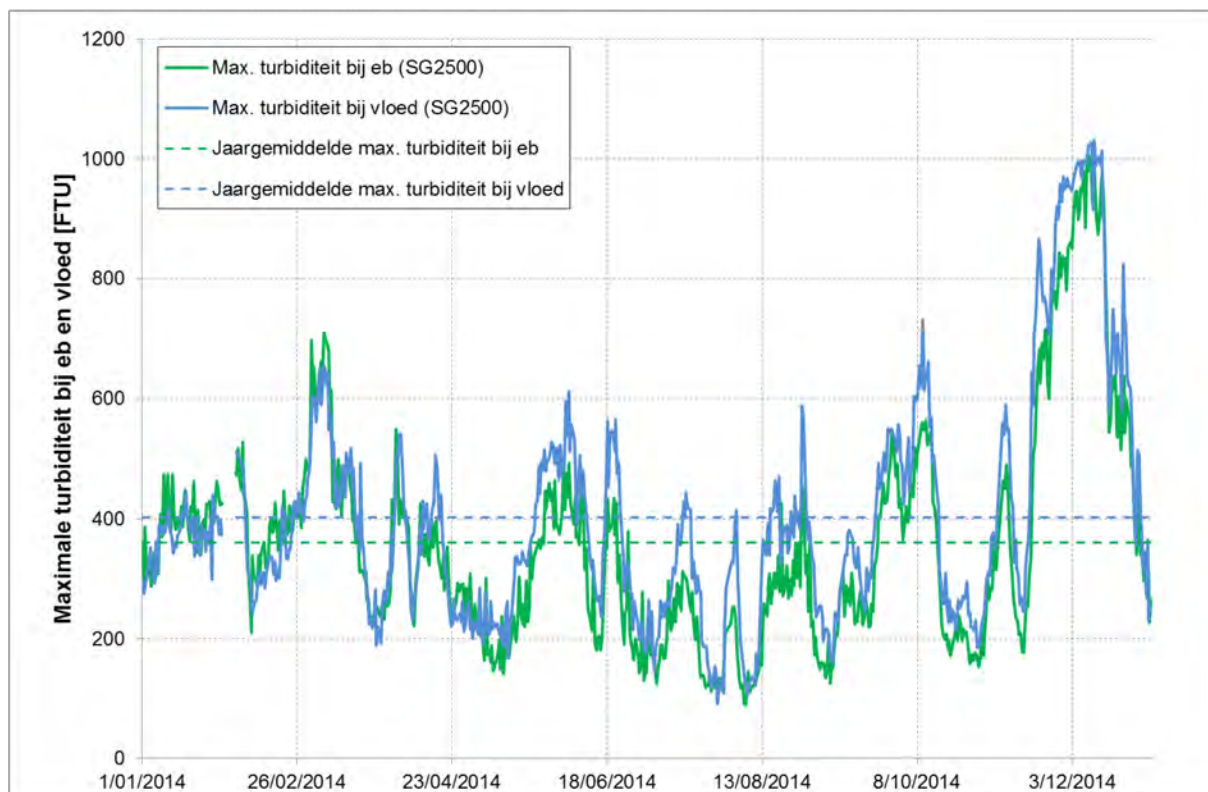


Figuur 113 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2014)

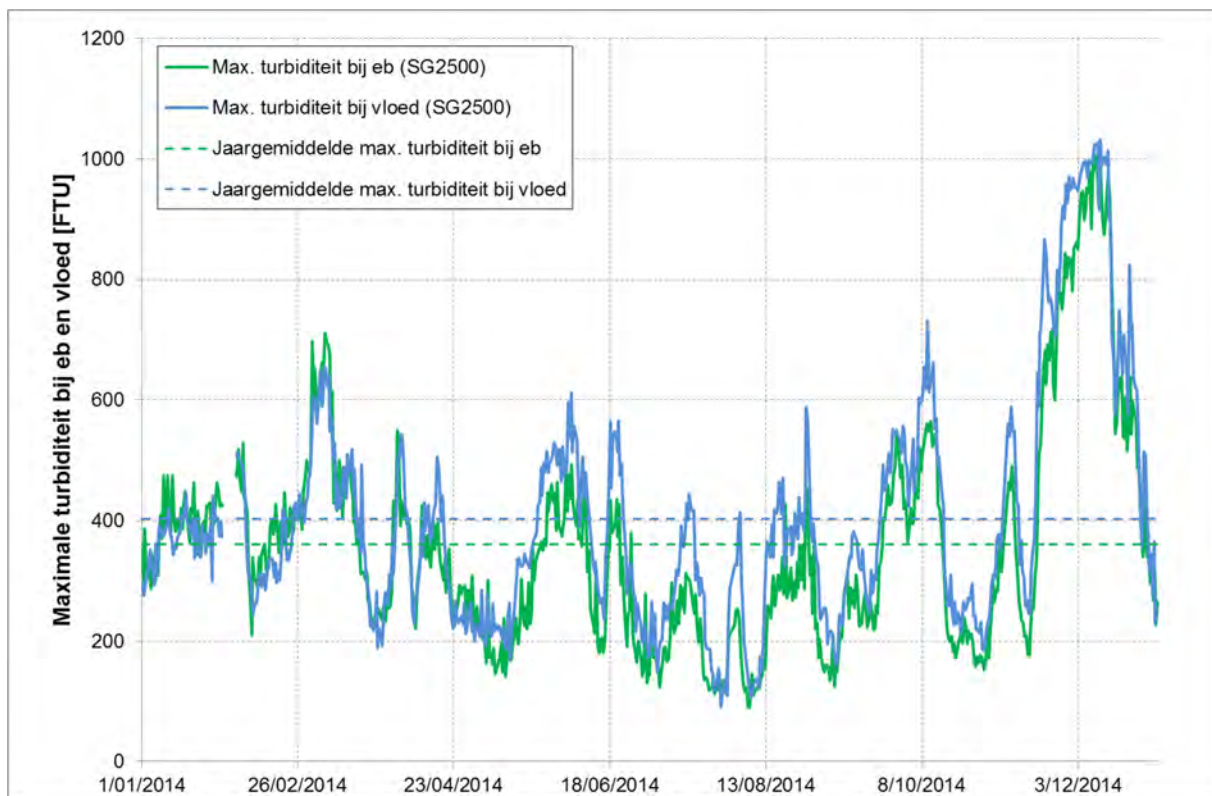




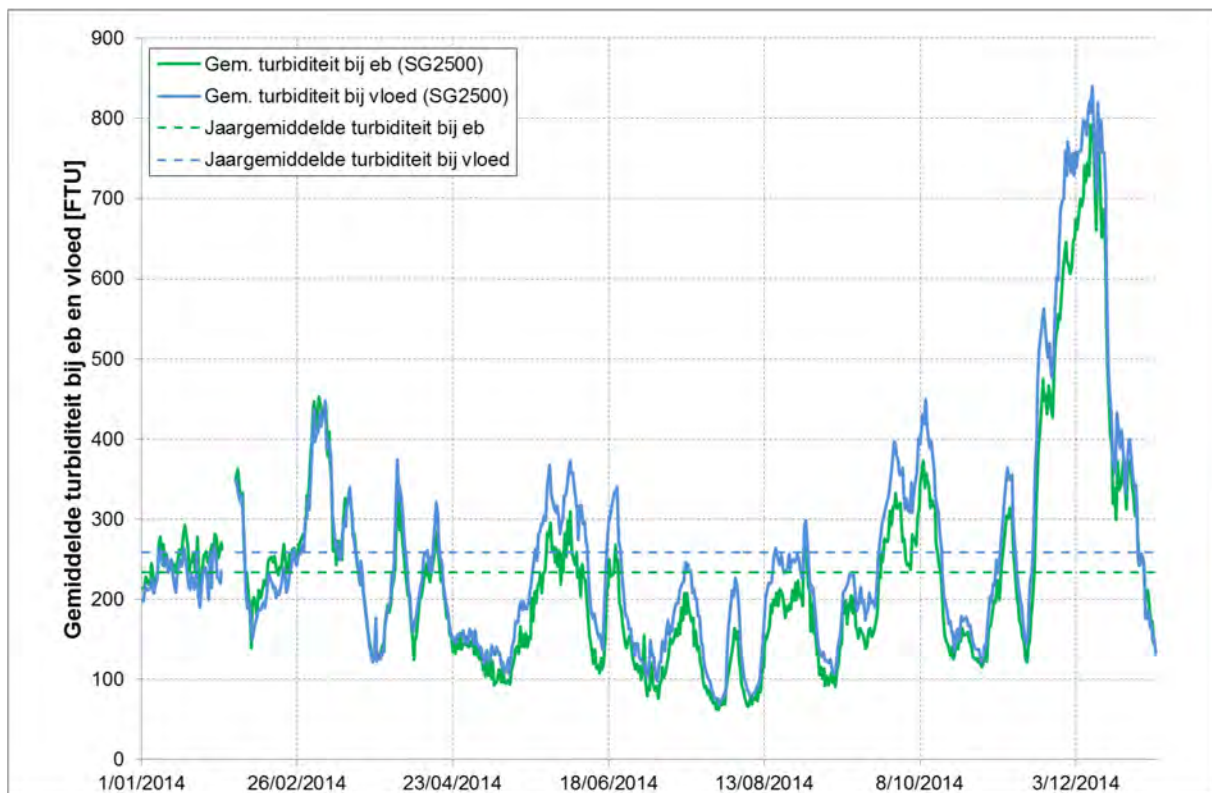
Figuur 114 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



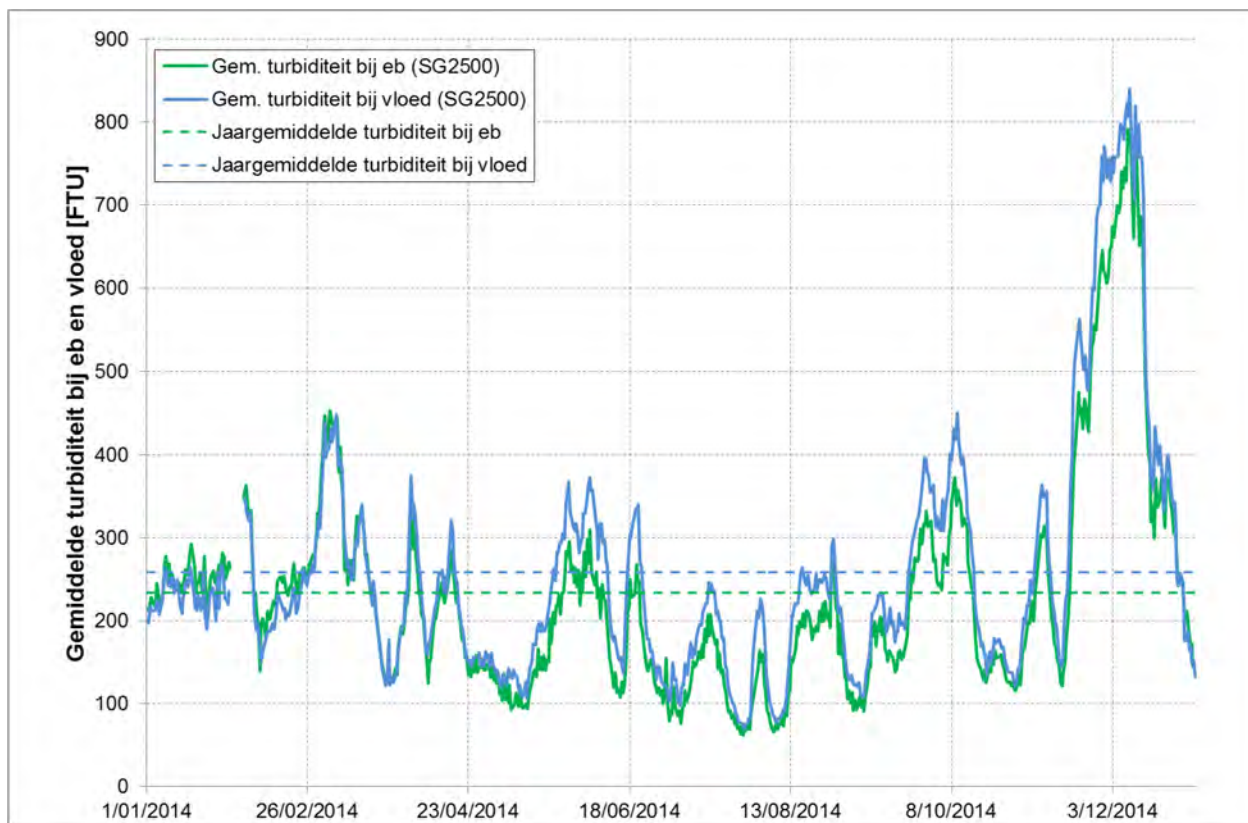
Figuur 115 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



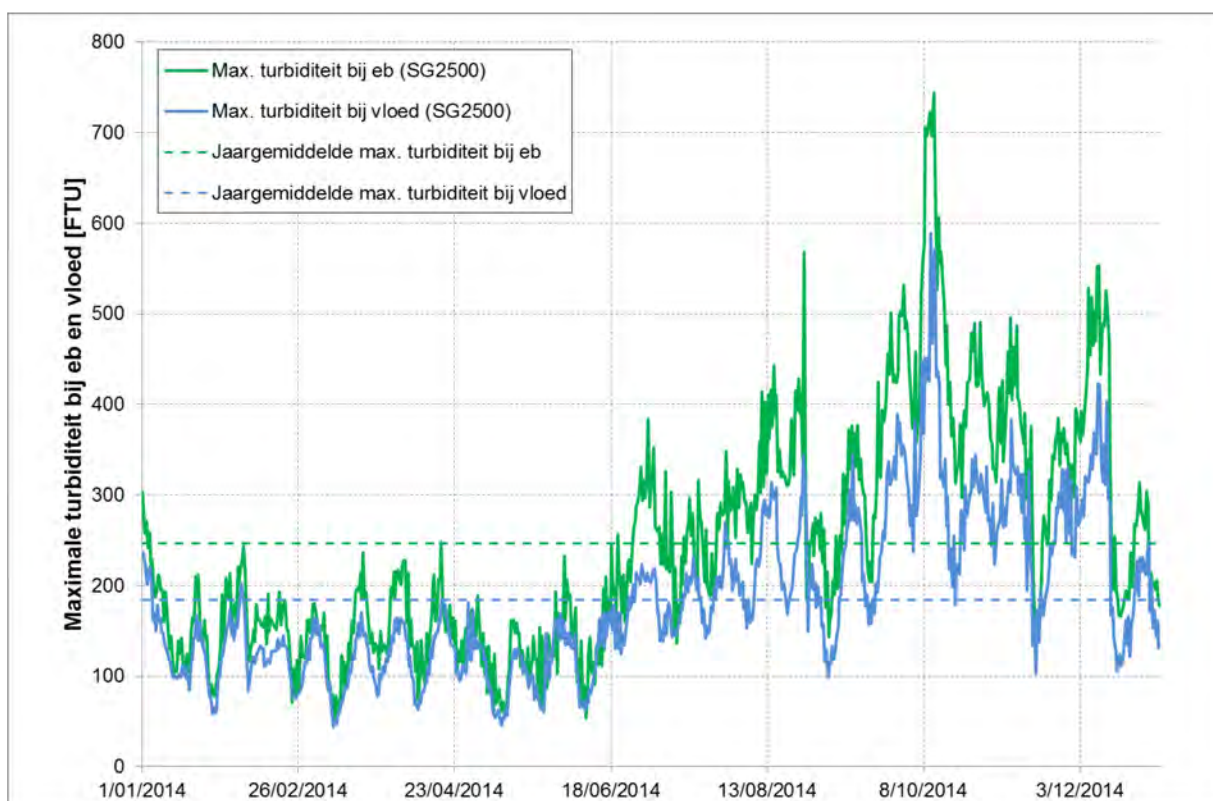
Figuur 116 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



Figuur 117 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

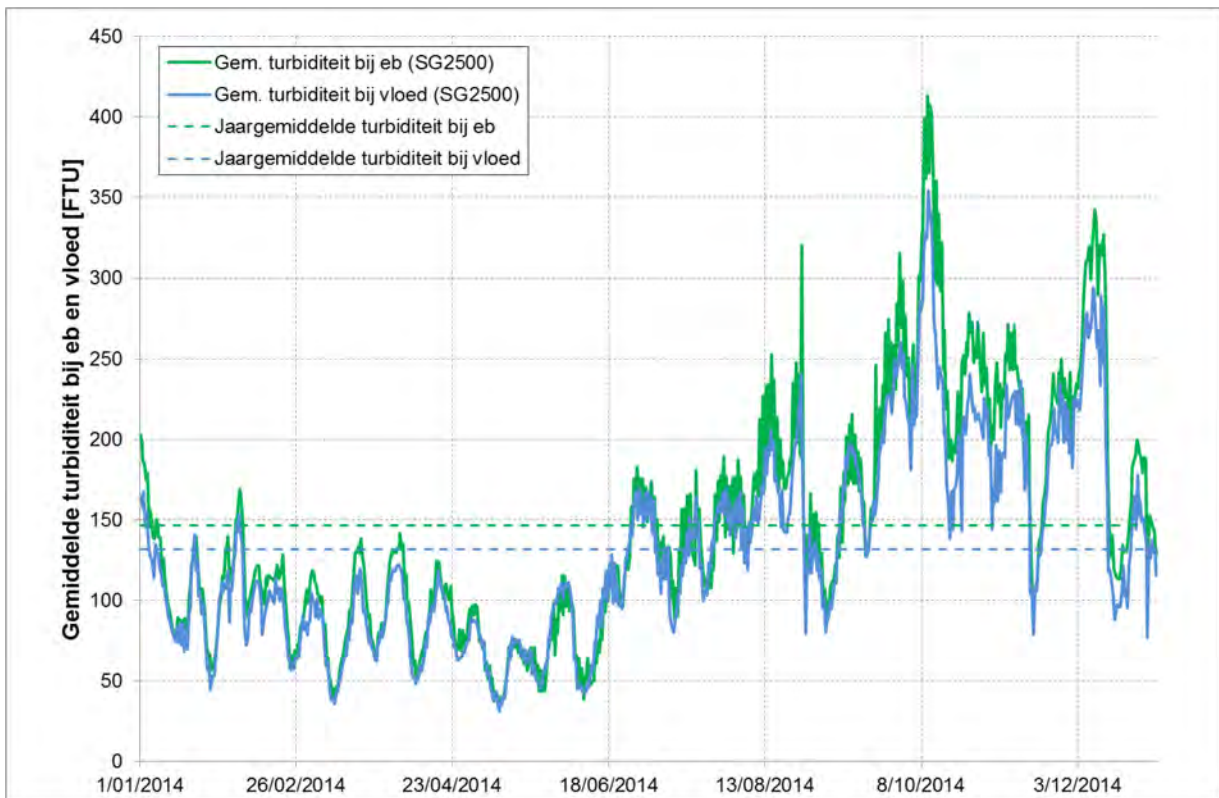


Figuur 118 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

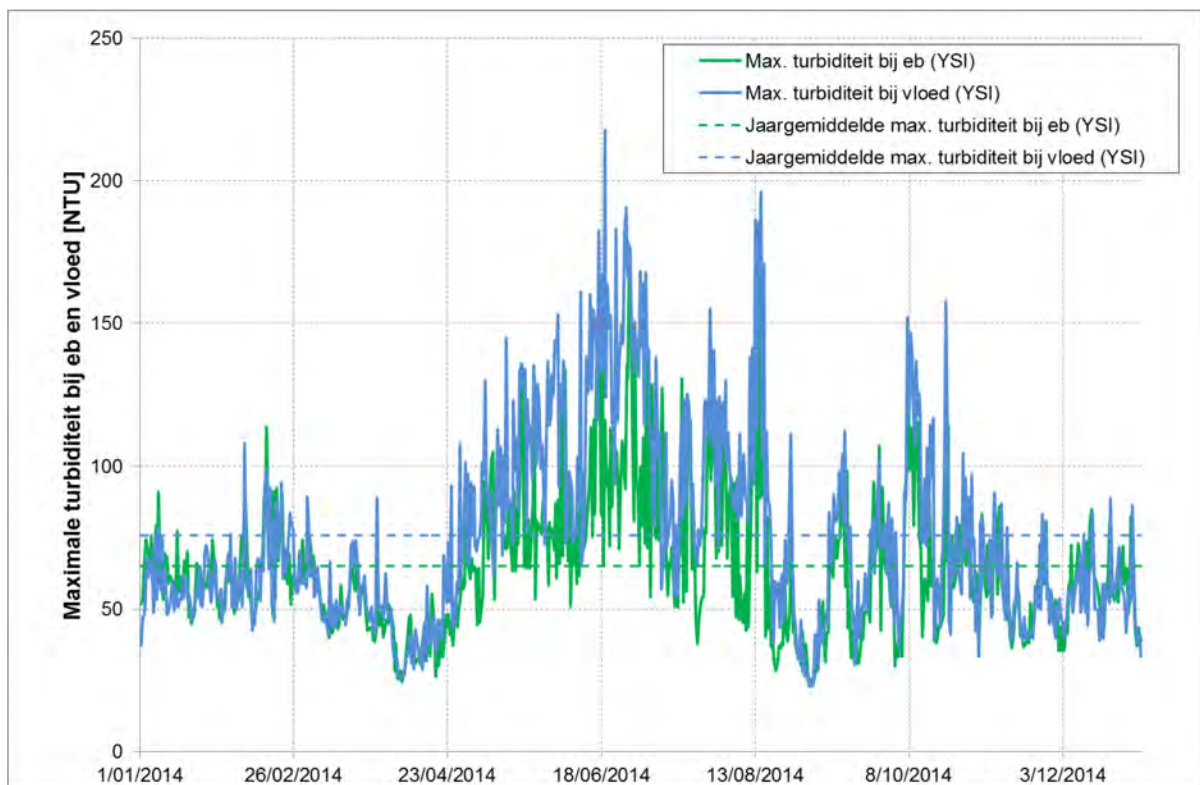


Figuur 119 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)

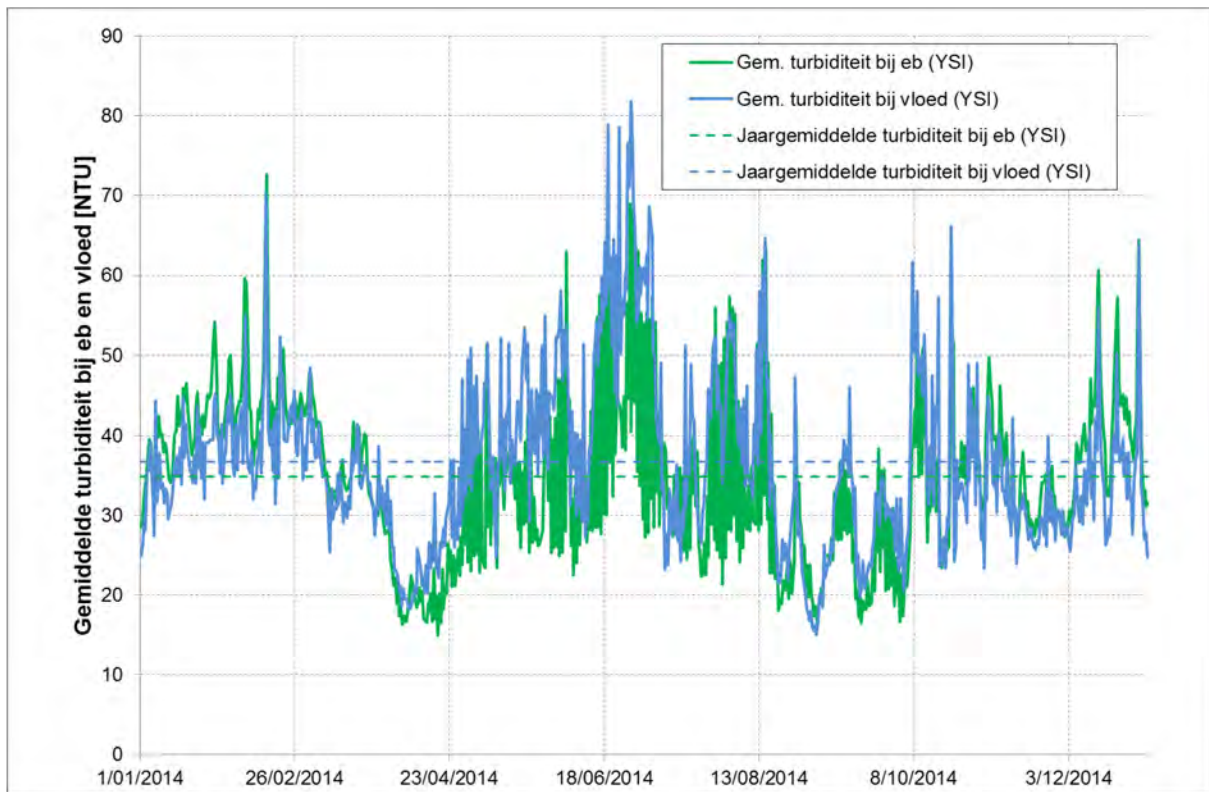




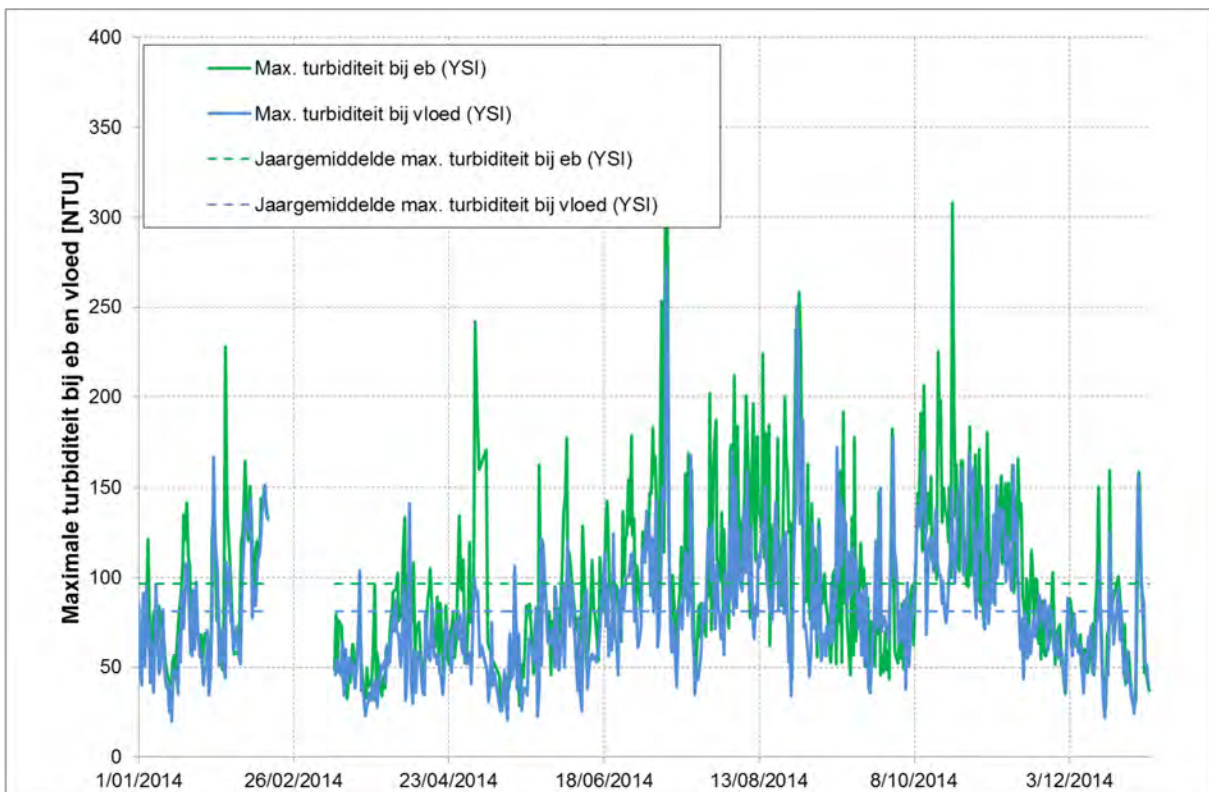
Figuur 120 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)



Figuur 121 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014)

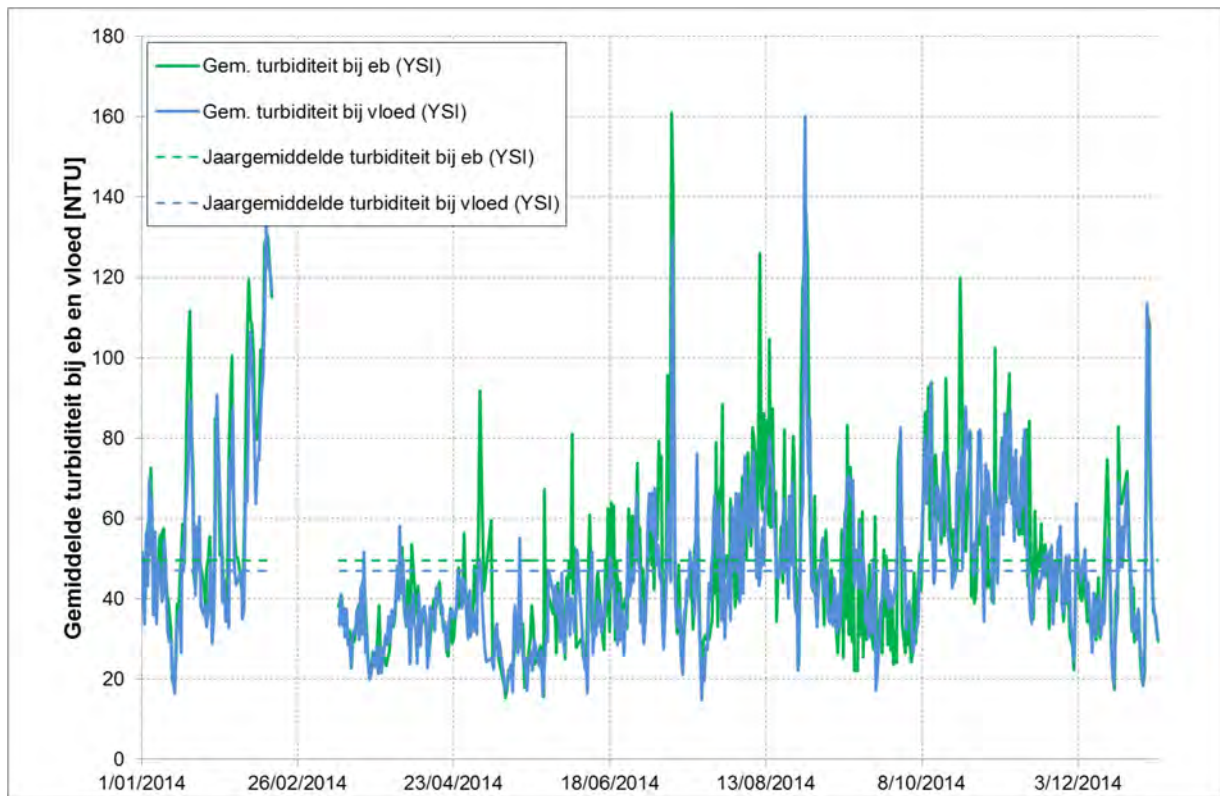


Figuur 122 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014)

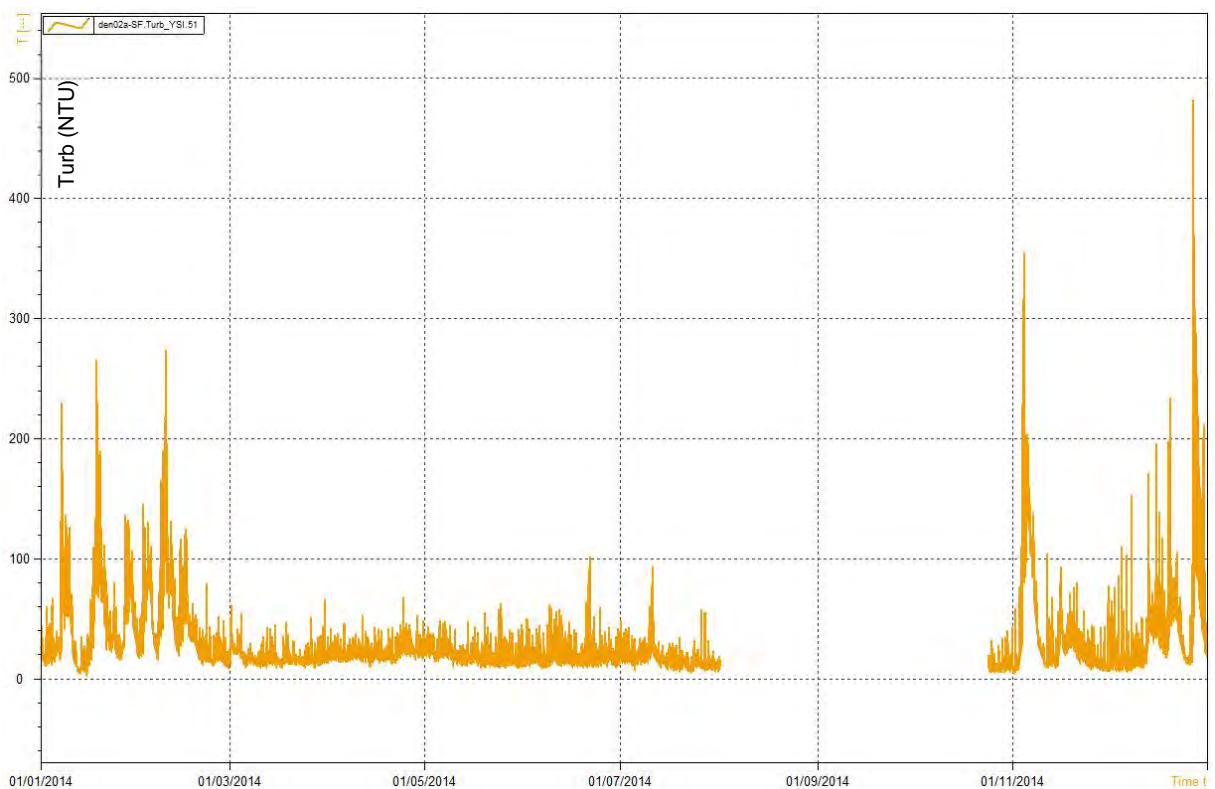


Figuur 123 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)

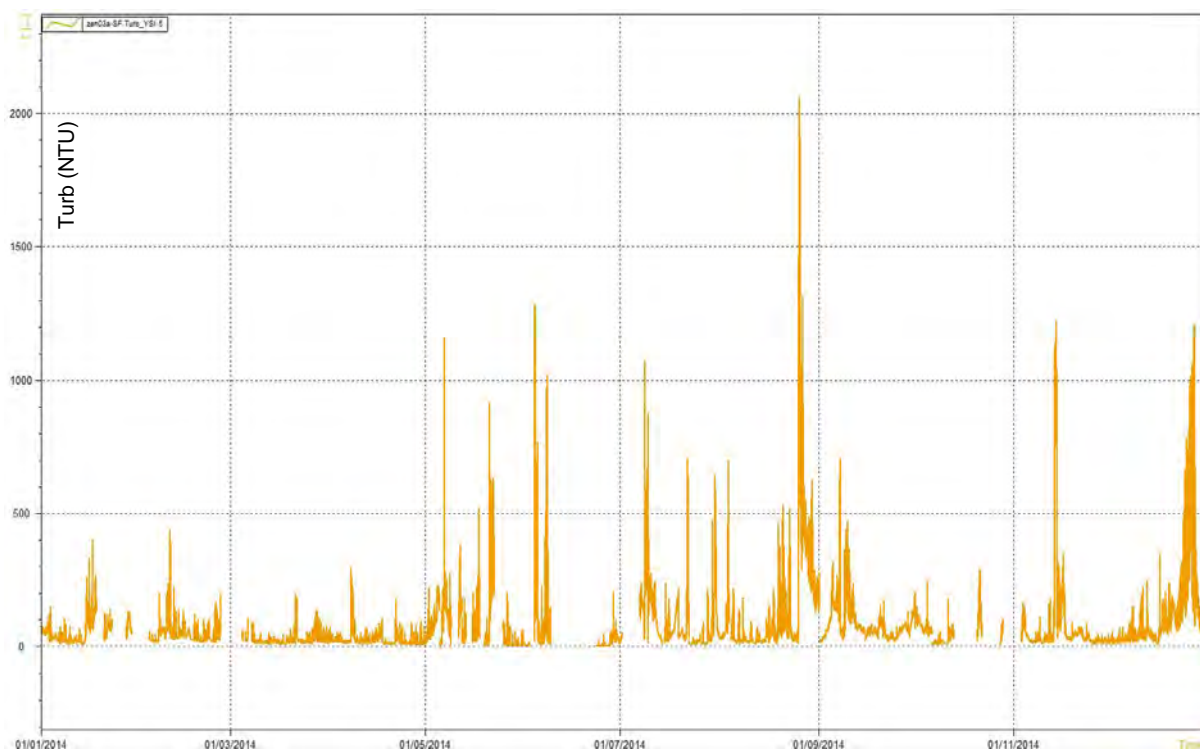




Figuur 124 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)



Figuur 125 - Turbiditeit gemeten te Appels (Dender) (2014)



Figuur 126 - Turbiditeit gemeten te Epegem (Zenne) (2014)

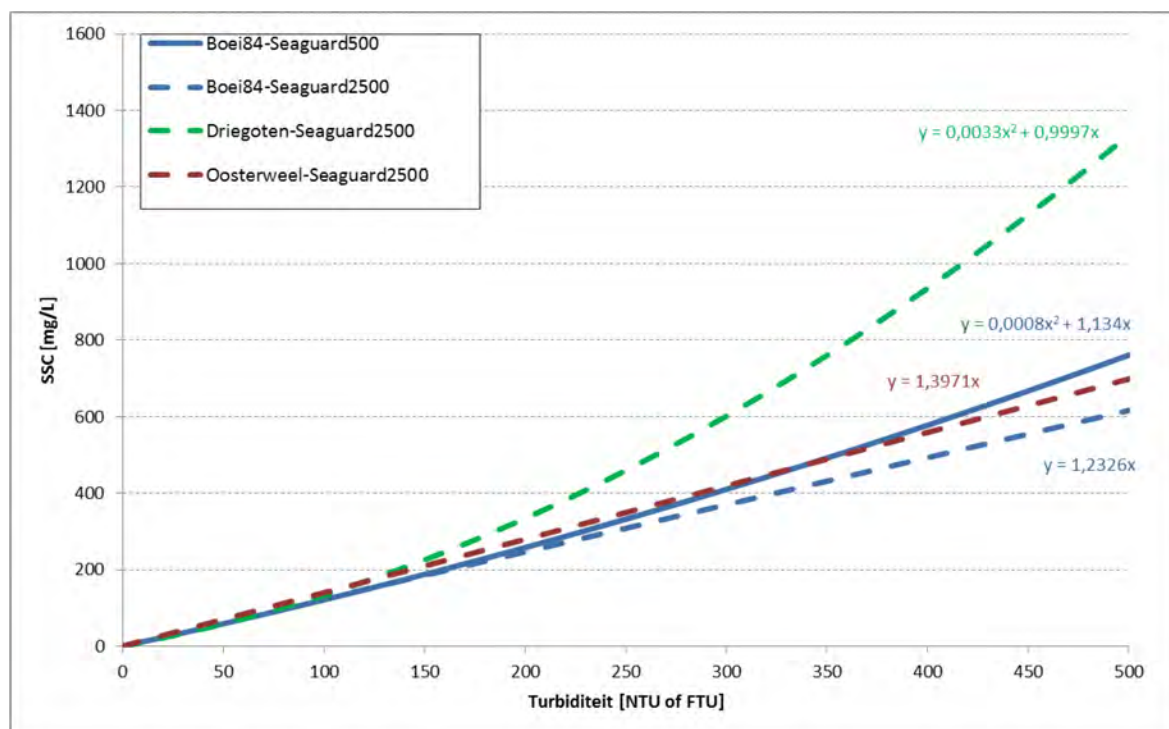
Aan de meer opwaartse meetlocaties te Appels en Epegem is de turbiditeit wel duidelijker gerelateerd aan het bovendebiet in de waterloop. De grootste turbiditeitspieken doen zich voor tijdens januari en februari te Appels, alsook begin november en tijdens december. Dit komt overeen met periodes van verhoogde afvoer. Hetzelfde geldt voor Epegem, waar de hoogste turbiditeiten werden gemeten eind augustus, midden november en eind december.

In het algemeen vielen de turbiditeiten te Melle binnen een range van 0 tot ongeveer 150 NTU. Daarnaast werden piekwaarden tot 350 NTU verkregen. Te Appels waren de turbiditeiten lager dan 50 NTU. Piekwaarden tot 500 NTU werden geregistreerd. In Epegem was de turbiditeit in het algemeen lager dan 50 NTU maar werden piekwaarden hoger dan 1.000 NTU geregistreerd (max. 2.063 NTU).

In Duffel Sluis beperken de gemeten turbiditeiten zich hoofdzakelijk tot ongeveer 100 NTU, terwijl verhogingen tot 220 NTU werden gemeten van mei tot midden augustus en tijdens oktober. Ook voor Duffel Sluis kunnen de turbiditeitsmaxima dus slechts beperkt gelinkt worden aan de bovenafvoer. De verhoogde turbiditeit tijdens de lente en zomer is opmerkelijk. Vermoedelijk bevindt er zich dan een sedimentrijke zone ter hoogte van de meetpost (zie verder).

#### 4.1.6.2 Suspensiegehalte

Gedurende meerdere jaren zijn te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten kalibratiecampagnes uitgevoerd, waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt werden, waarop nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald, terwijl tevens de turbiditeitswaarden geregistreerd werden met de desbetreffende Aanderaar-toestellen. Uit deze gegevens konden vervolgens relaties tussen het suspensiegehalte en de turbiditeit opgesteld worden (Figuur 127). Voor meer informatie omtrent het opstellen van deze relaties wordt verwezen naar Ferket et al. (2015).



Figuur 127 - Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Oosterweel en Driegoten (2014)

Uit deze kalibratiecampagnes konden volgende conclusies getrokken worden:

- alle gekalibreerde toestellen reageren op eenzelfde manier (hebben eenzelfde Turbiditeit-SSC relatie) voor eenzelfde meetlocatie. Het is dus niet nodig om voor elk toestel afzonderlijk een relatie te bepalen op een bepaalde locatie.
- er zijn kalibratiecampagnes uitgevoerd tijdens winter- en tijdens zomercondities. Op basis van de huidige dataset is het niet noodzakelijk of onmogelijk om voor verschillende seizoenen een verschillende relatie te bepalen. De afgeleide relaties gelden aldus voor het gehele jaar.
- het is duidelijk dat voor eenzelfde sedimentconcentratie de turbiditeit te Boei 84 en Oosterweel gelijkaardig is en hoger dan die te Driegoten. Dit houdt in dat de eigenschappen van het getransporteerde sediment (vorm, grootte, kleur, ...) verschillen tussen Boei 84 en Oosterweel enerzijds en Driegoten anderzijds.

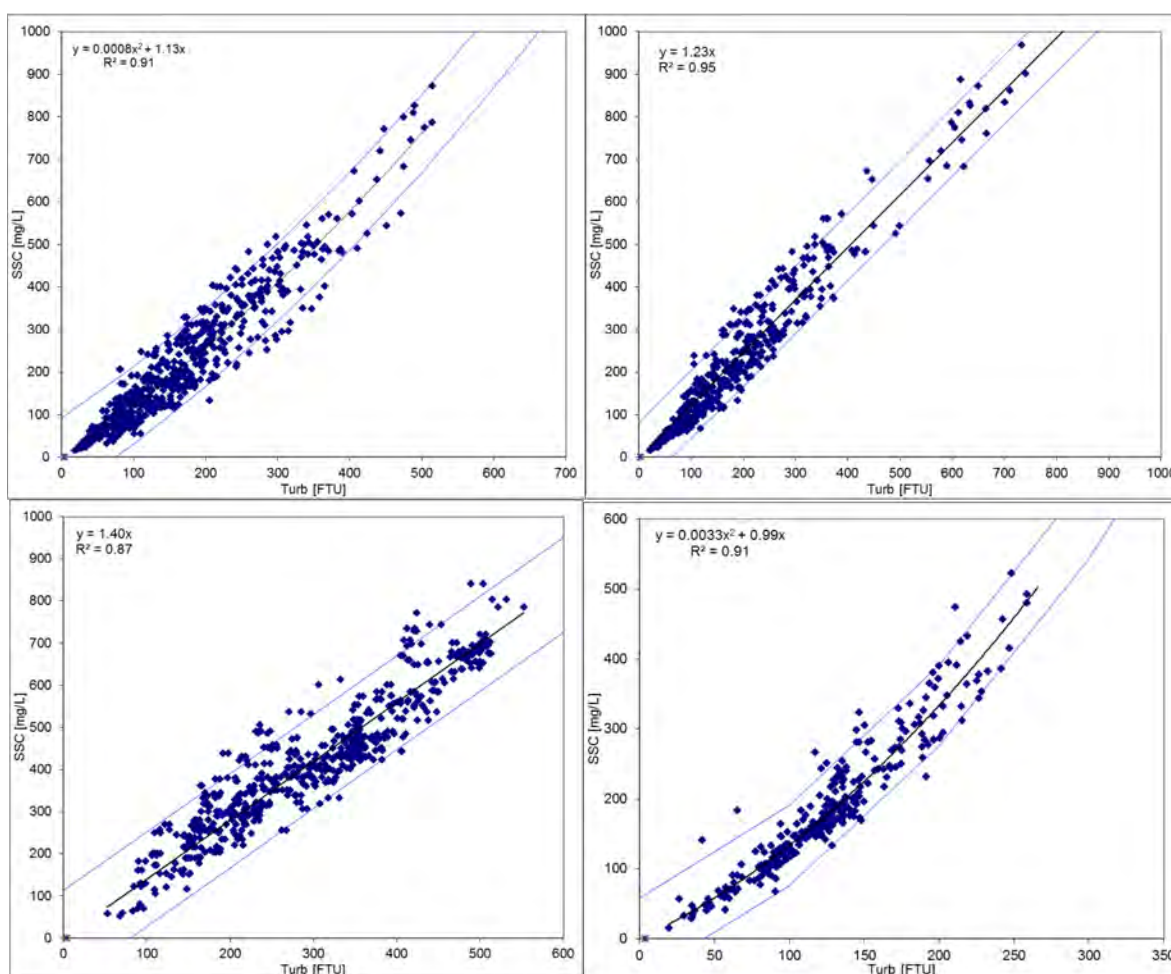
Door deze relaties toe te passen kan men voor alle meetlocaties inschattingen van het suspensiegehalte verkrijgen. Echter voor de Seaguard 500 toestellen zullen onderschattingen van het suspensiegehalte gegenereerd worden wanneer geplafonneerde waarden (500 FTU) omgezet worden naar het corresponderend suspensiegehalte, aangezien deze gemeten turbiditeiten eigenlijk onderschattingen zijn van de werkelijk aanwezige turbiditeiten.

Tabel 17 geeft de correlatie ( $R^2$ ), Root Mean Squared Error (RMSE) en Mean Squared Prediction Error (MSPE) van de SSC(turbiditeit) relaties voor de Aanderaa meetlocaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels en de min. en max. turbiditeits- en SSC-waarden van de dataset weergegeven. In principe is de relatie enkel geldig binnen deze grenzen. Een overschrijding van de max. SSC uit Tabel 17 in Figuur 129 t.e.m. Figuur 143 is dus een schatting op basis van een regressie die niet voor deze SSC grootte-orde opgesteld is (en dus zou mogen gebruikt worden). Hoewel de RSME op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit de MSPE (en  $R^2$ ) dat de regressies van een goede kwaliteit zijn.

Tabel 17 – R<sup>2</sup>, RMSE en MSPE, het aantal datakoppels (N) en de min. en max. van deze datakoppels voor de SSC (turbiditeit) relatie van de verschillende Aanderaa meetlocaties

Meetlocatie - Type	R <sup>2</sup>	RMSE	MSPE	N	Min. Turb	Max. Turb	Min. SSC	Max. SSC
Boei84 - SG500	0,91	45,9	23,1	670	18,83	514,92	16	872
Boei84 - SG2500	0,95	41,7	20,6	549	21,75	817,63	16	1004
Oosterweel - SG2500	0,87	57,85	13,62	597	53,06	552,61	52	841
Driegoten - SG2500	0,91	27,23	14,87	344	19,79	258,89	15	523

Voor elke SSC (turbiditeit) relatie werden de 95% betrouwbaarheidsintervallen bepaald. Deze worden weergegeven in Figuur 128.

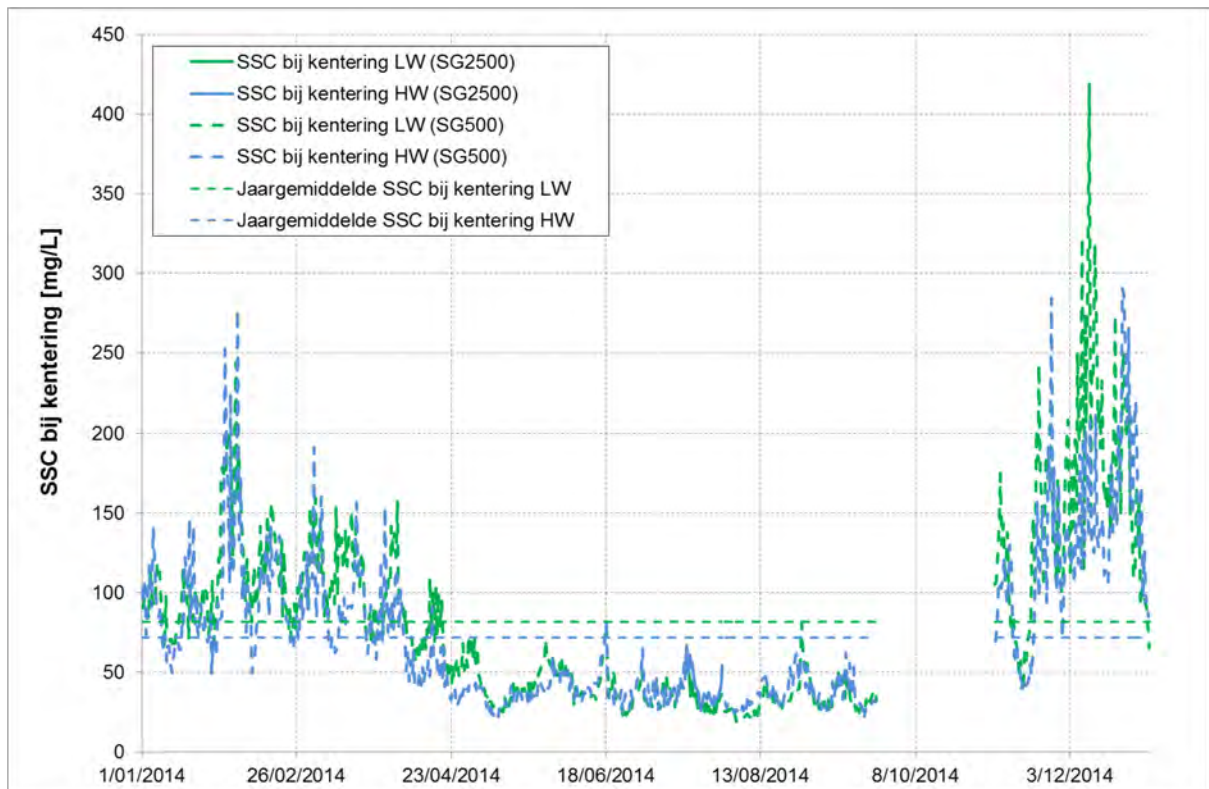


Figuur 128 - Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) met 95% betrouwbaarheidsinterval opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84 (SG500 linksboven, SG2500 rechtsboven), Oosterweel (SG2500 linksonder) en Driegoten (SG2500 rechtsonder)

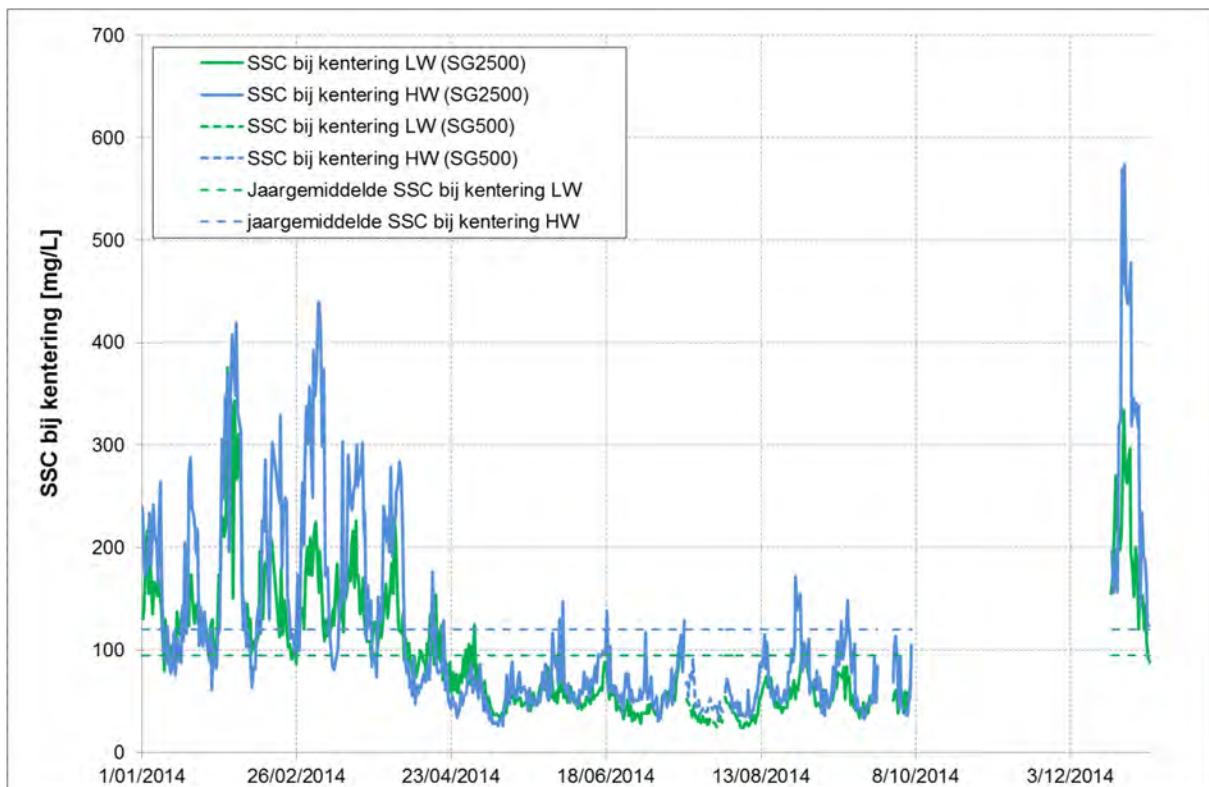
Net als voor turbiditeit worden de berekende SSC-reeksen gerapporteerd als de minimale SSC binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering (Figuur 129 t.e.m. Figuur 133), en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed (Figuur 134 t.e.m. Figuur 143).

In Tabel 18 en Figuur 144 en Figuur 145 (boxplots) worden enkele statistieken (minimum, maximum, gemiddelde en standaardafwijking) voor het jaar 2014 weergegeven.



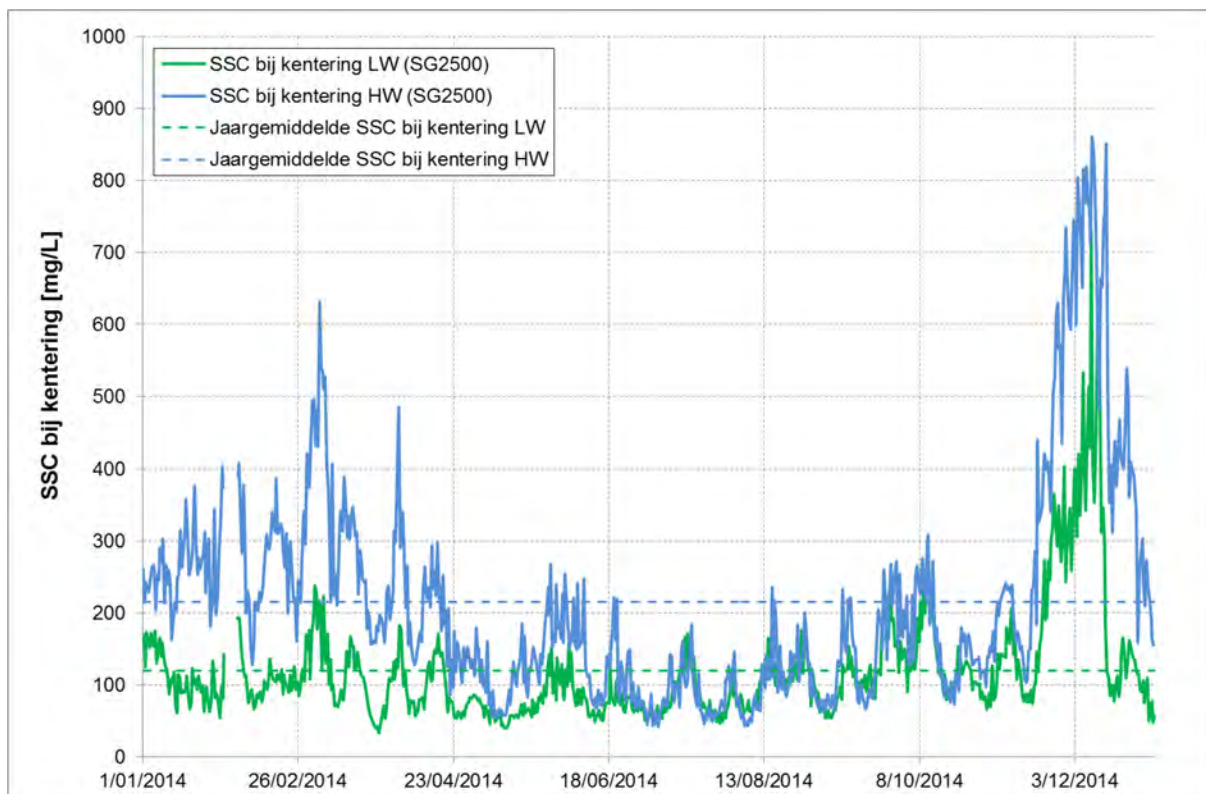


Figuur 129 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

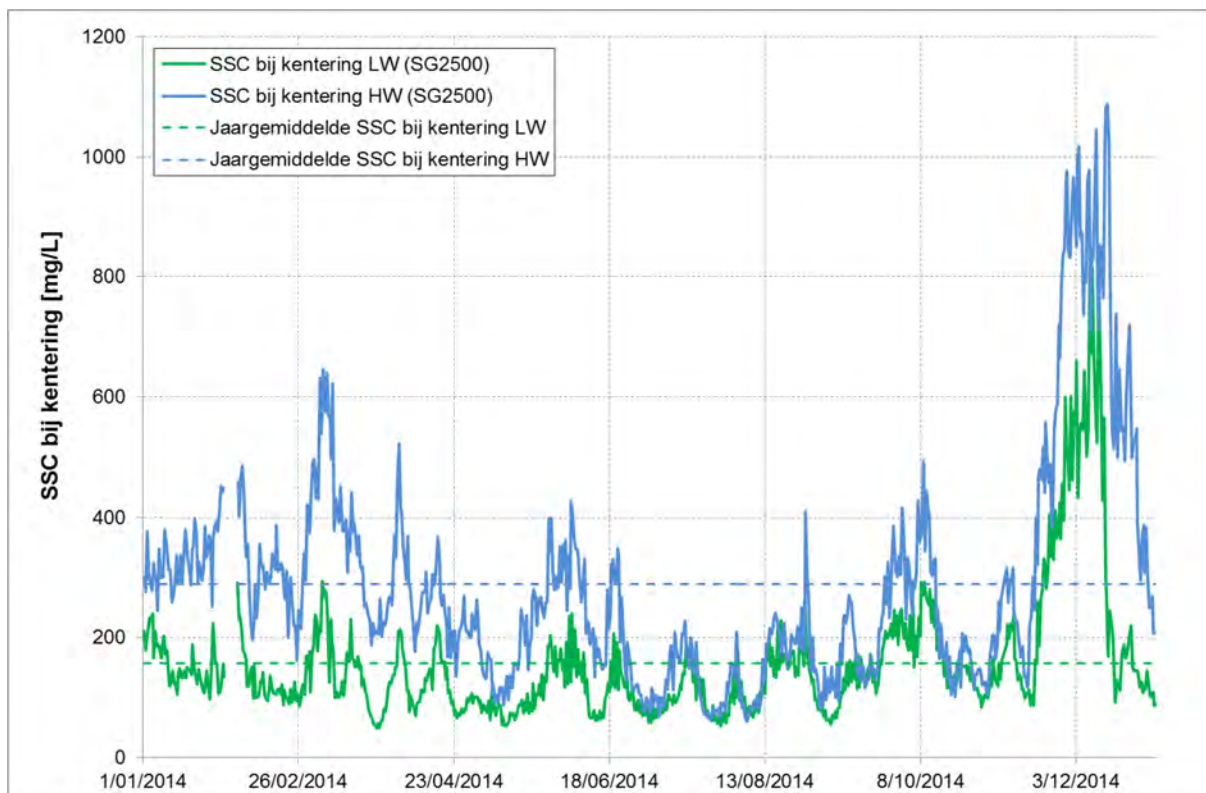


Figuur 130 - SSC bij K LW en K HW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

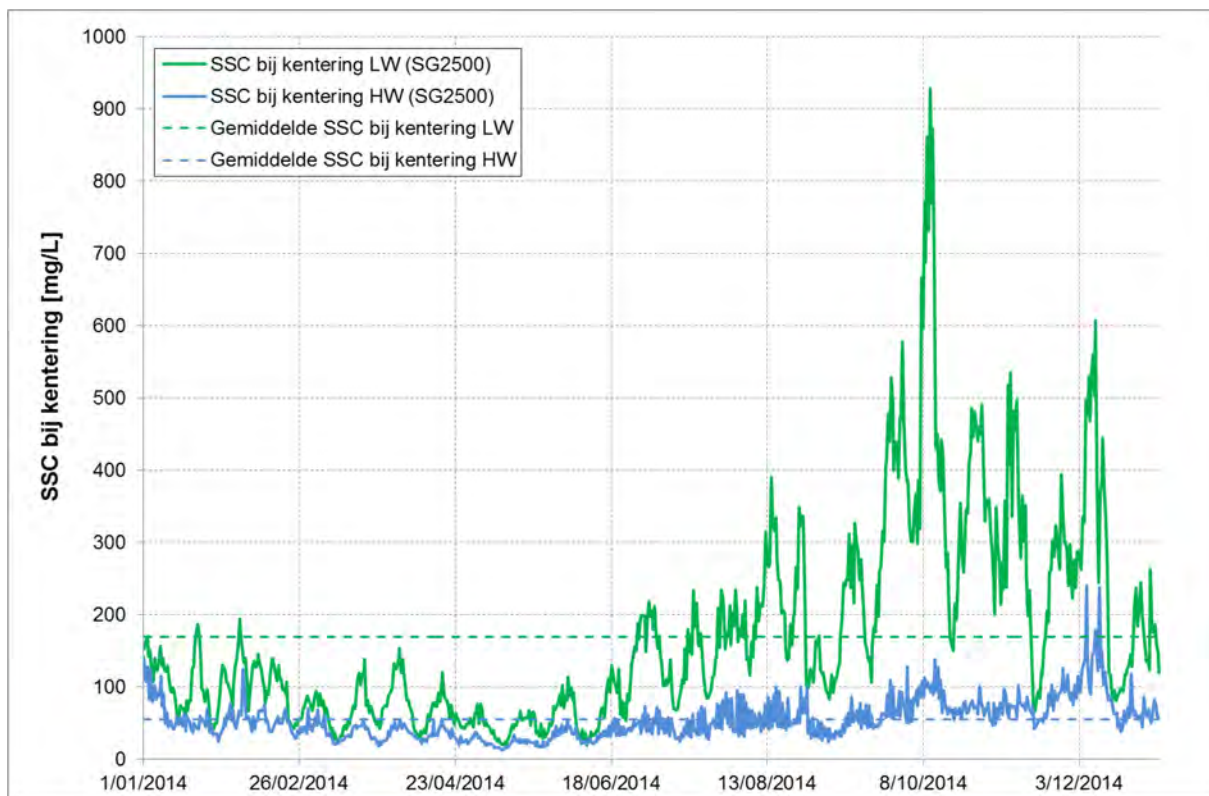




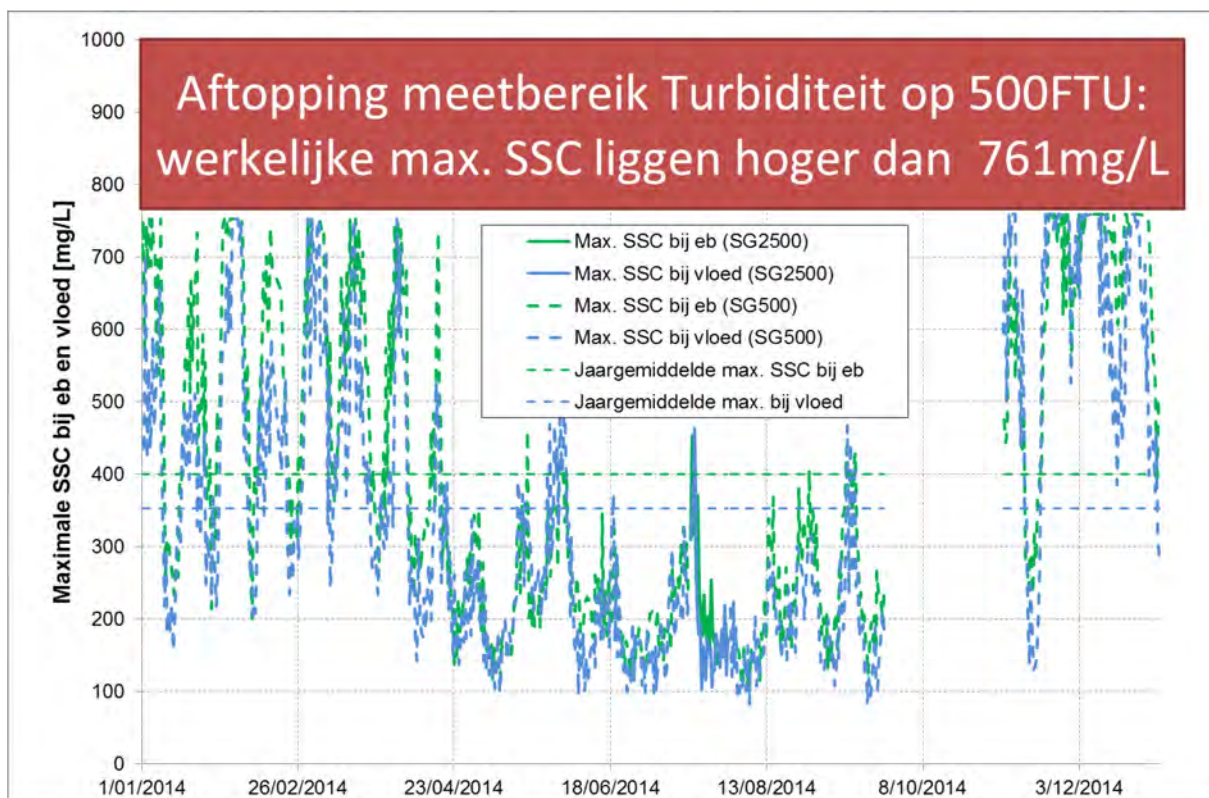
Figuur 131 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



Figuur 132 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

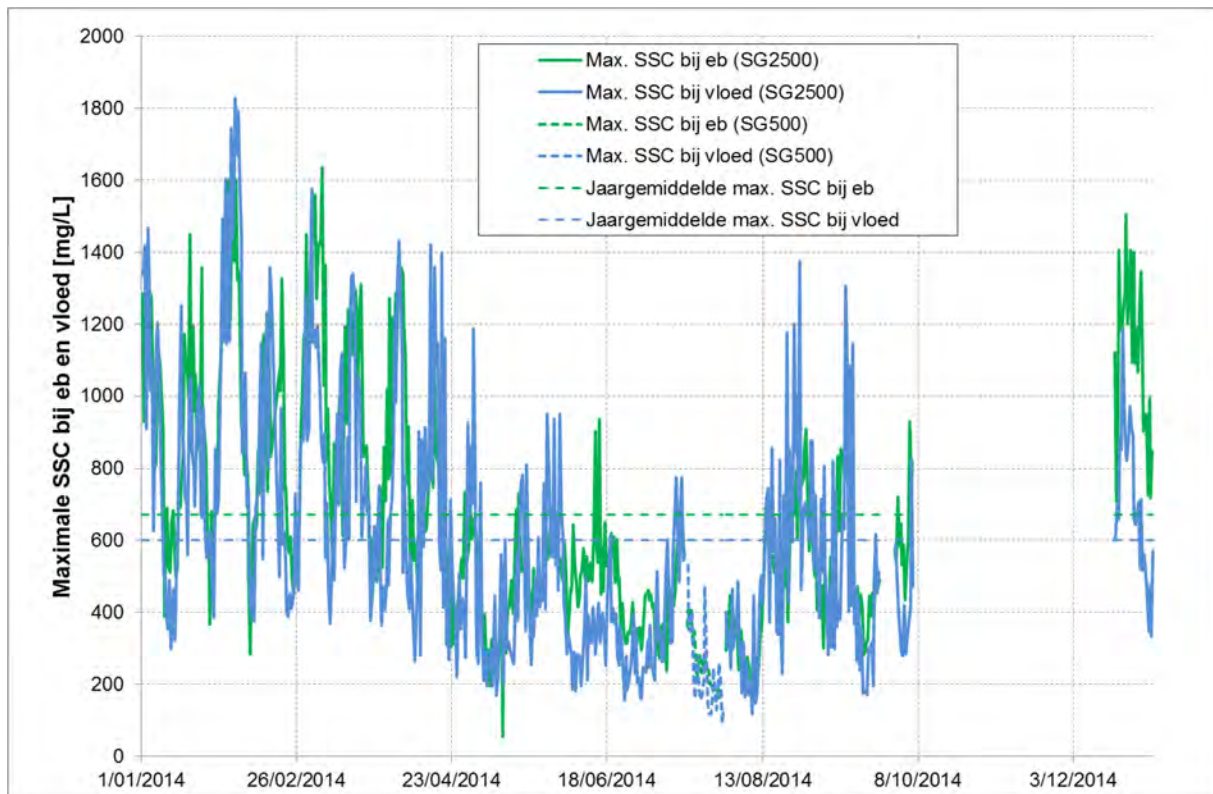


Figuur 133 - SSC bij KLW en KHW te Driegoten (Boven-Zeescheldebekken) (2014)

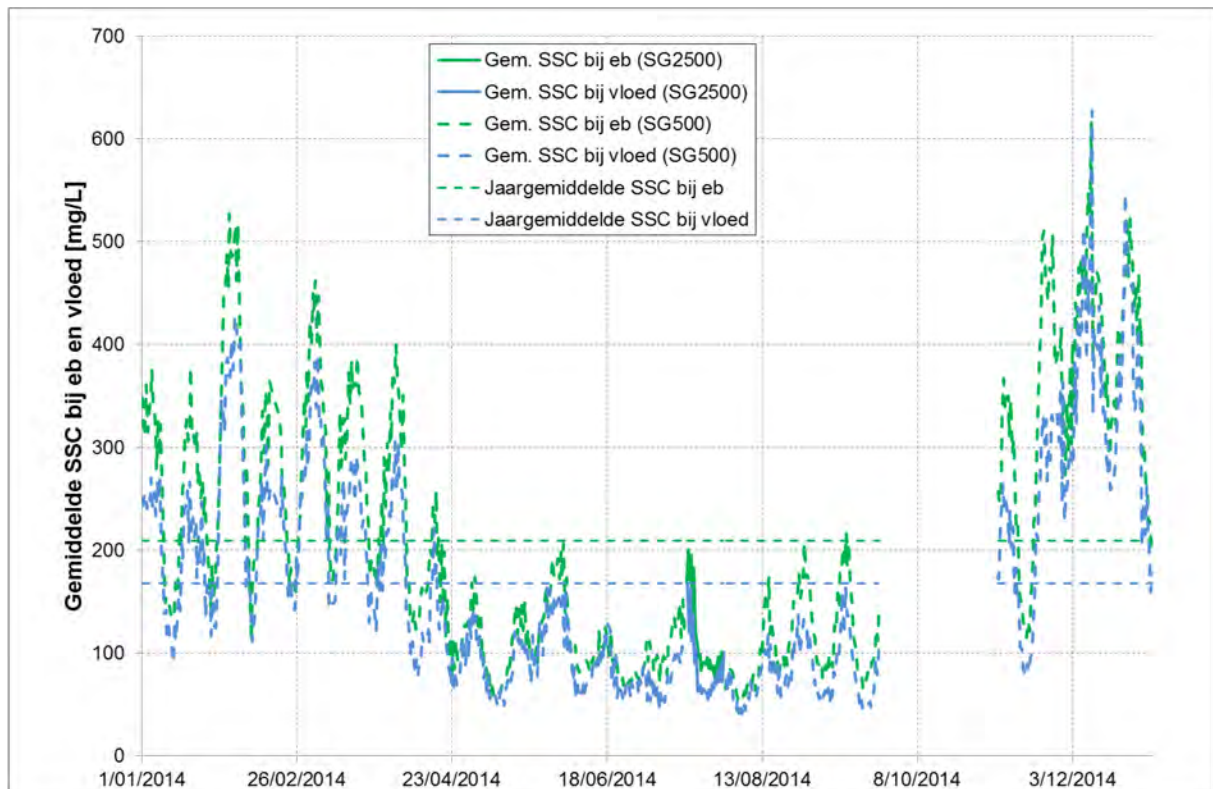


Figuur 134 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeescheldebekken), bovenste meettoestel (2014)

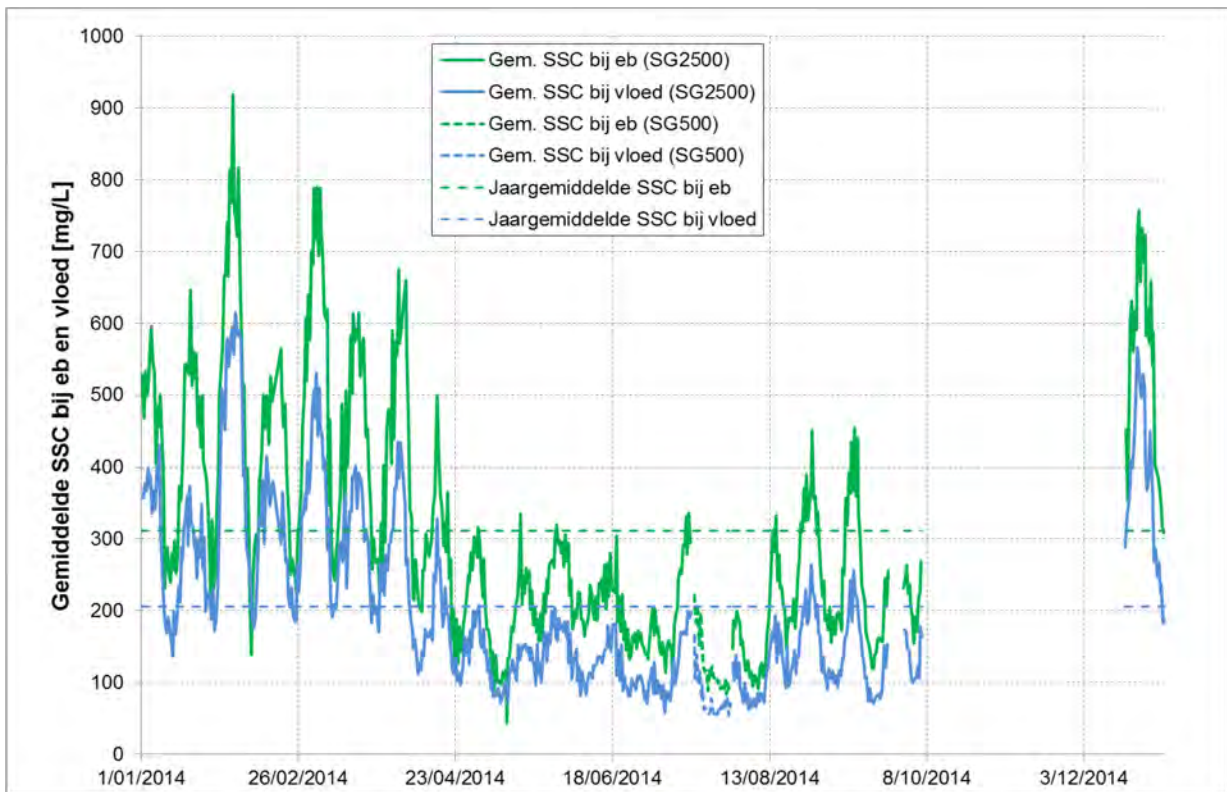




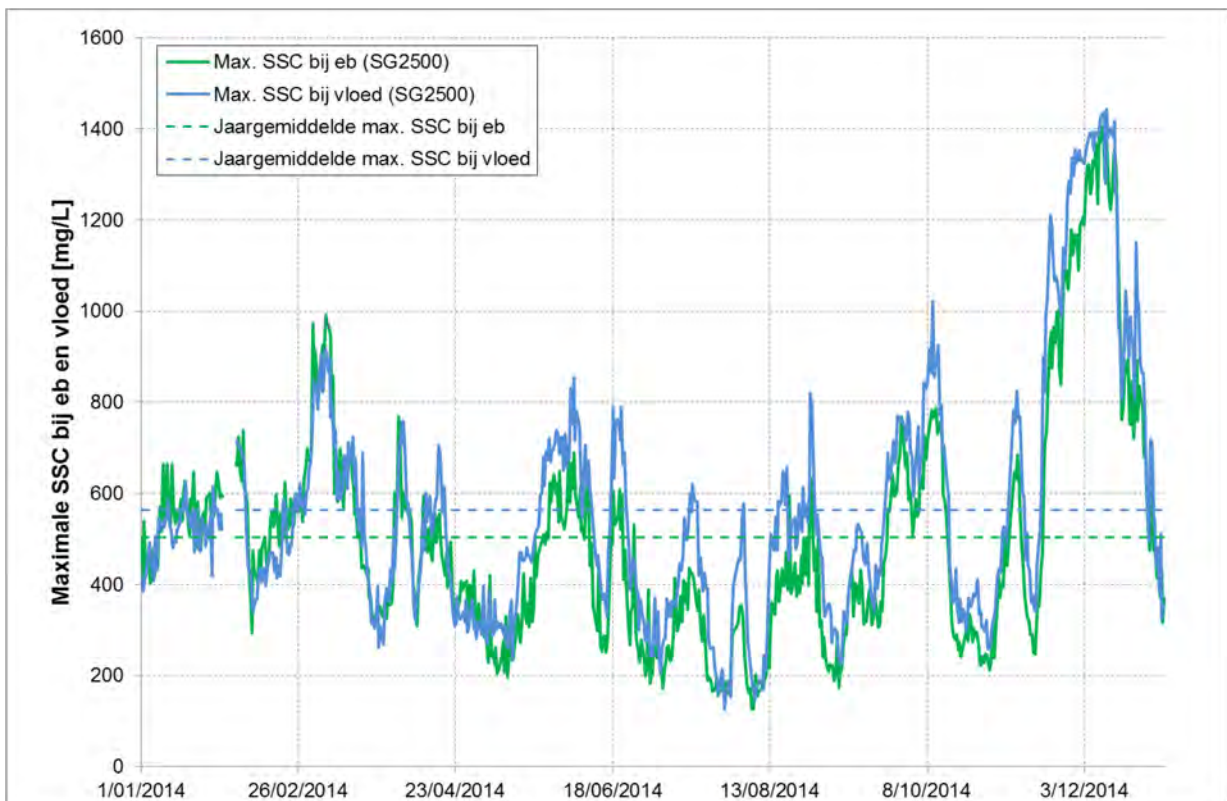
Figuur 135 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



Figuur 136 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

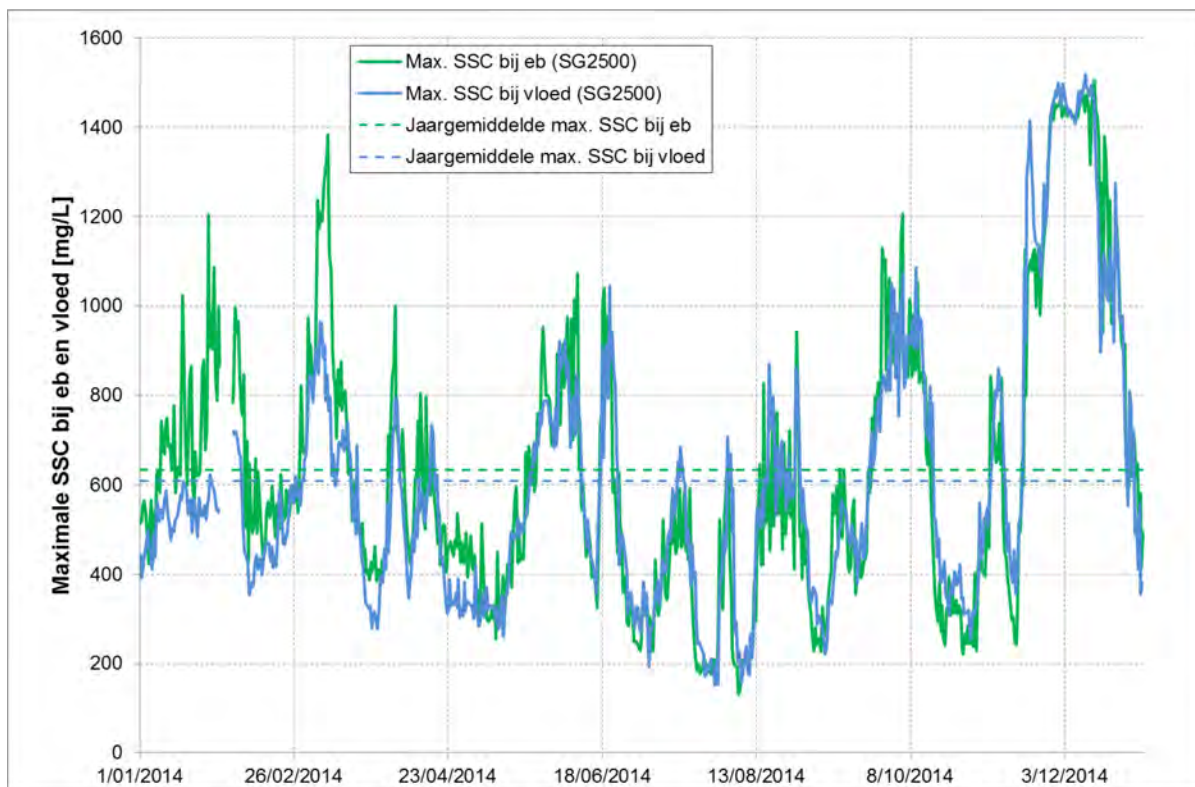


Figuur 137 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)

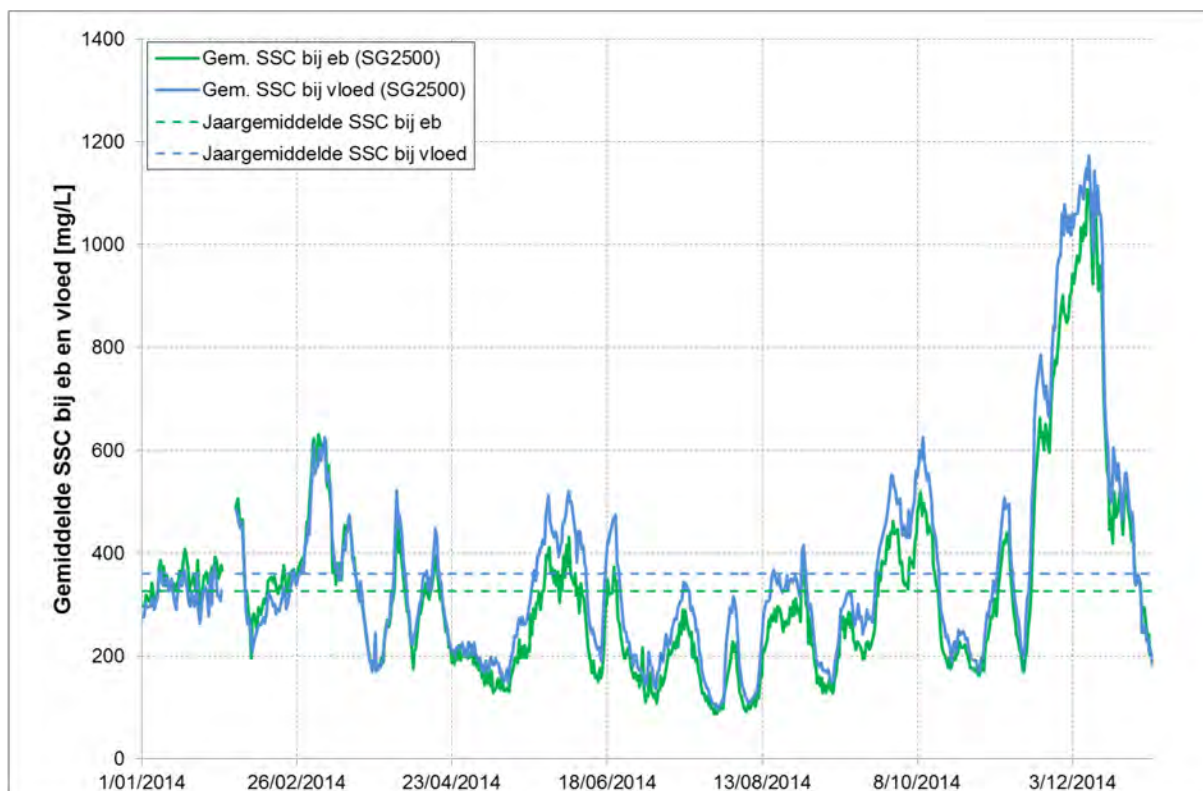


Figuur 138 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

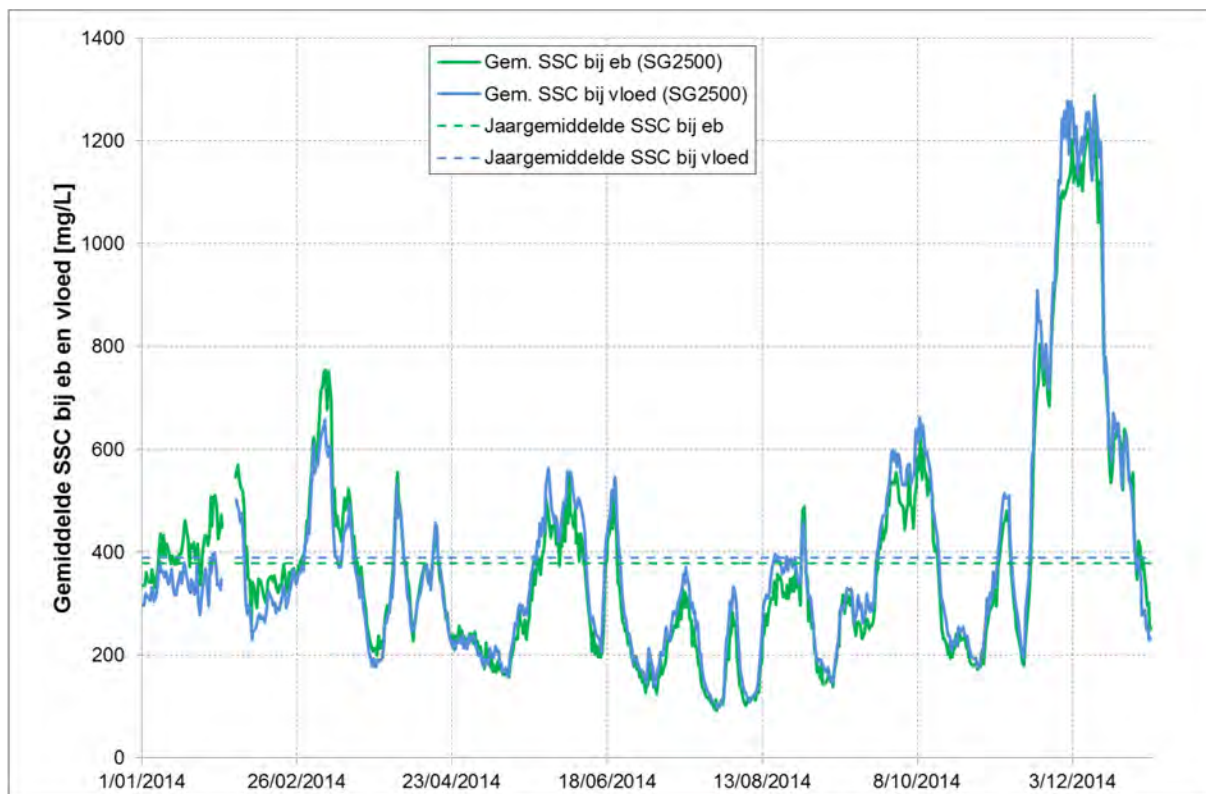




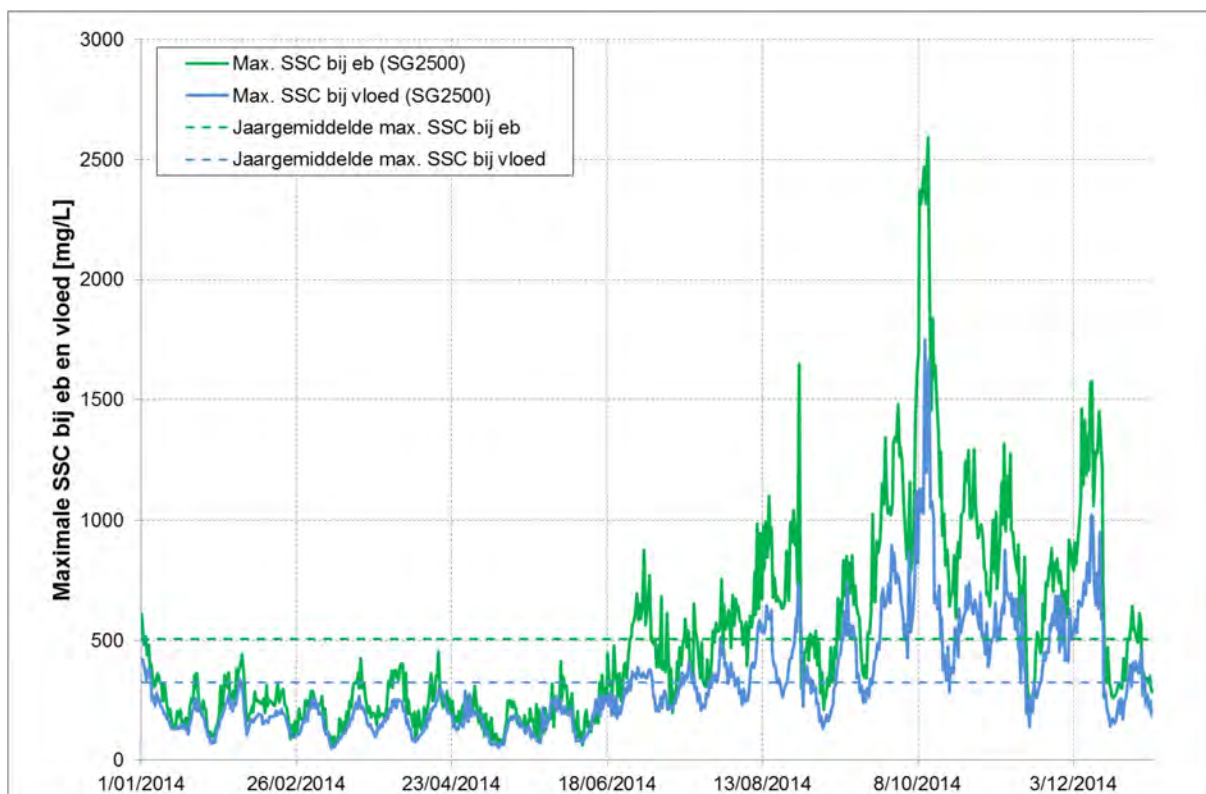
Figuur 139 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



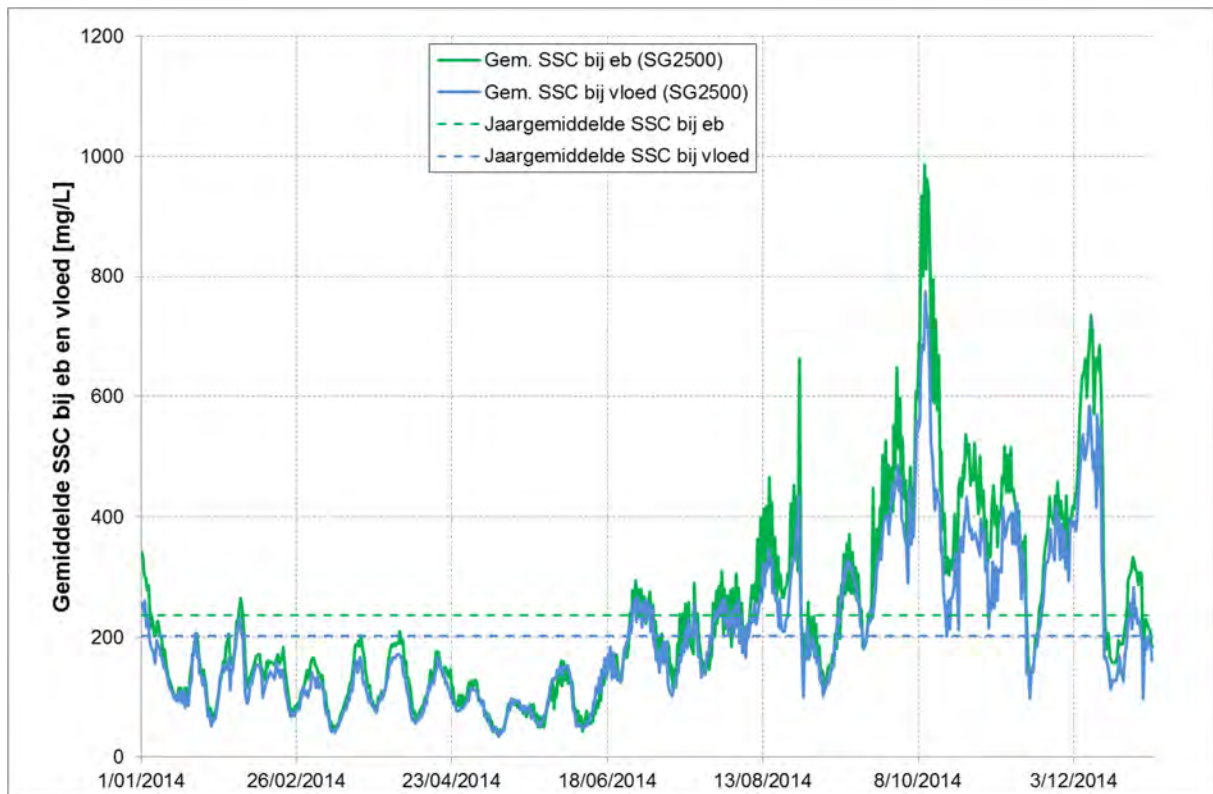
Figuur 140 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)



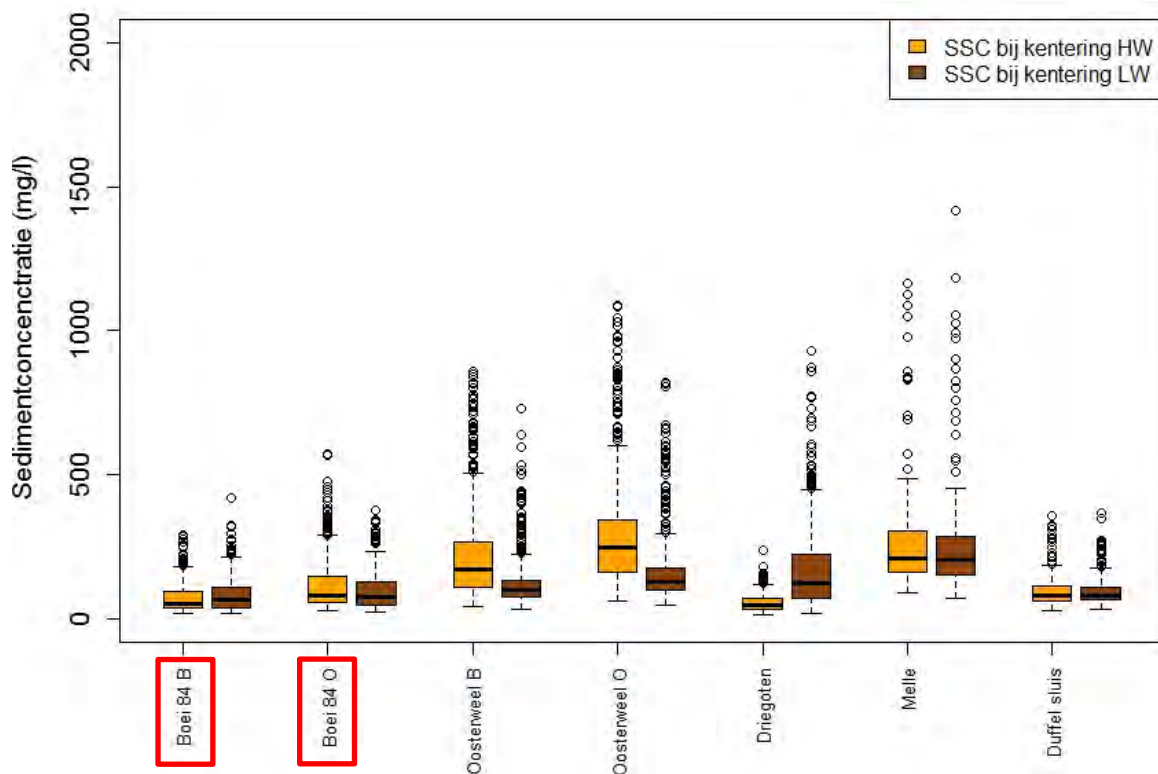
Figuur 141 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel (2014)



Figuur 142 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)



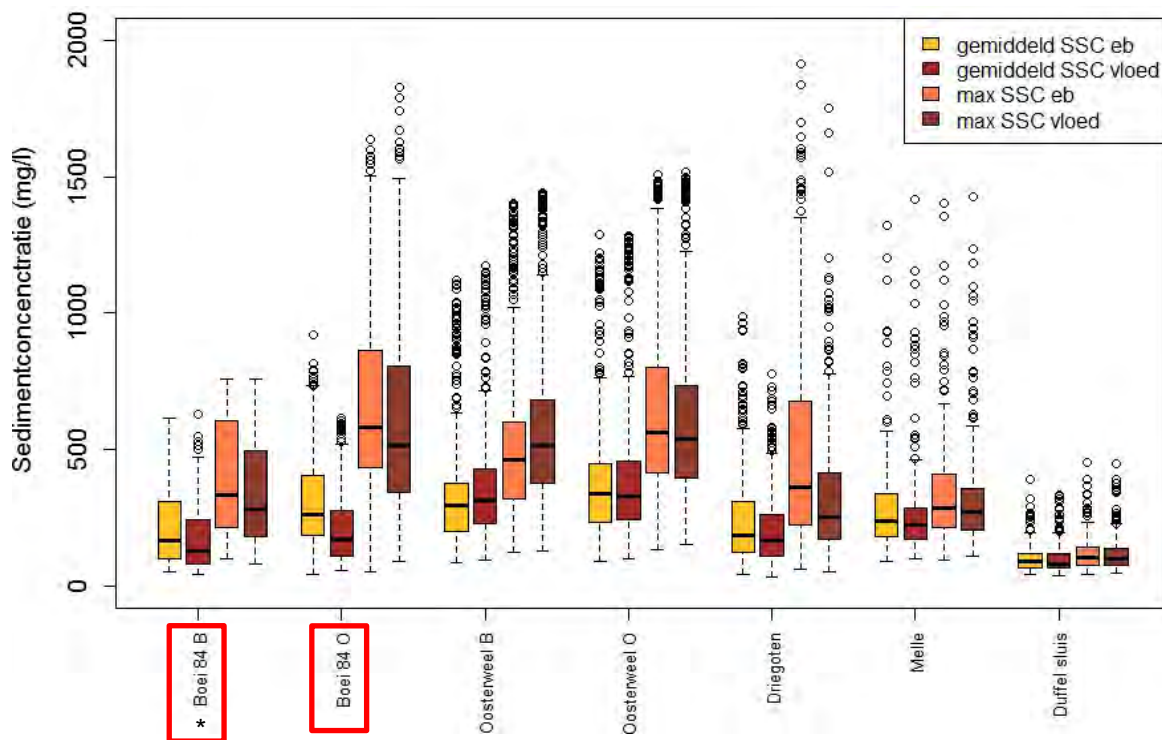
Figuur 143 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) (2014)



Figuur 144 - Boxplot voor de SSC bij KHW en KLW op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014)

Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014





Figuur 145 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014)

Posten in het rood omkaderd zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

\* Aftopping van turbiditeitssonde bij meetwaarden > 500 FTU heeft ook effect op de statistische kerngetallen te Boei 84 Onder

Tabel 18 - Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa- of YSI-multiparametersondes (2014)

Cijfers in het rood zijn onbetrouwbaar wegens >10% ontbrekende data in 2014

\* Aftopping van turbiditeitssonde bij meetwaarden > 500 FTU heeft ook effect op de statistische kerngetallen te Boei 84 Onder

Meet-locatie	Min	Gemiddelde	Max	STDEV	SSC (mg/L) bij KHW			
					Min	Gemiddelde	Max	STDEV
Boei 84 boven	20	72	291	48	19	82	419	57
Boei 84 onder *	25	120	574	97	24	95	375	62
Oosterweel boven	42	216	861	154	33	120	732	80
Oosterweel onder	61	289	1.087	188	48	157	819	108
Driegoten	13	55	240	28	18	169	928	139
Melle	91	268	1.163	188	69	262	1.417	203
Duffel Sluis	29	97	356	58	33	95	366	52
<b>Maximale SSC (mg/L) bij eb</b>					<b>Maximale SSC (mg/L) bij vloed</b>			
Boei 84 boven	101	401	759	216	83	353	759	205
Boei 84 onder *	54	672	1.636	333	91	601	1.827	342
Oosterweel boven	126	504	1.405	257	127	563	1.442	267
Oosterweel onder	131	633	1.506	312	150	608	1.517	297
Driegoten	61	505	2.592	400	51	324	1.750	226
Melle	97	351	1.402	223	111	329	1425	211
Duffel Sluis	44	120	454	62	46	121	449	71
<b>Gemiddelde SSC (mg/L) bij eb</b>					<b>Gemiddelde SSC (mg/L) bij vloed</b>			
Boei 84 boven	54	209	616	128	41	168	627	110
Boei 84 onder	44	312	918	172	55	206	615	124
Oosterweel boven	87	327	1.120	188	96	360	1.173	203
Oosterweel onder	92	380	1.288	220	99	389	1.284	232
Driegoten	41	236	986	162	34	202	775	127
Melle	90	297	1321	195	99	271	1.416	191
Duffel Sluis	40	104	391	52	38	102	335	59



Vermits de suspensiegehaltenes uit de gemeten turbiditeiten worden berekend, kunnen logischerwijs analoge observaties gemaakt worden i.v.m. het tijdsverloop. Hiervoor wordt verwezen naar de bespreking in §4.1.6.1 op pagina 79.

Te Boei 84 vertonen de suspensiegehaltenes bij KHW en KLW een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange niet significant verschillend. Te Oosterweel is de SSC bij KHW beduidend groter (gemiddelde en maximum) dan bij KLW (vooral tijdens de wintermaanden), terwijl te Driegoten het omgekeerde zich voordoet.

Te Boei 84 vertonen de maximale SSC's bij eb en vloed een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange niet significant verschillend. Te Oosterweel is de maximale SSC bij vloed wat groter dan bij eb tijdens de zomer, terwijl het omgekeerde geldt tijdens de winter, maar de verschillen zijn beperkt. De maximale SSC-waarden bij eb zijn te Driegoten groter dan deze respectieve waarden bij vloed op dezelfde locatie. Dat laatste kan verklaard worden uit het snelheidsverloop (Figuur 57). De stroomsnelheid is te Driegoten immers hoger bij eb dan bij vloed, zodat meer sediment in suspensie wordt gebracht en/of gehouden.

De grafiek voor het bovenste meettoestel te Boei 84 vertoont een aftopping tijdens januari t.e.m. maart en november t.e.m. december, bij suspensiegehaltenes berekend uit een turbiditeit van 500 FTU. Dit zal ook een effect hebben op de afgeleide parameters (zoals gemiddelde en maximale SSC bij eb en vloed). De SSC-waarden bij kentering zijn sowieso de minimale sedimentconcentraties en zullen dus veel minder beïnvloed zijn door het aftoppingsverschijnsel.

De gemiddelde SSC bij eb is een beetje groter dan deze bij vloed te Boei 84, vnl. voor het onderste meettoestel. Te Oosterweel zijn de gemiddelde SSC-waarden bij eb en vloed gelijkaardig. Ook te Driegoten verschilt de gemiddelde SSC nauwelijks bij eb en vloed, al is ze tijdens eb iets groter.

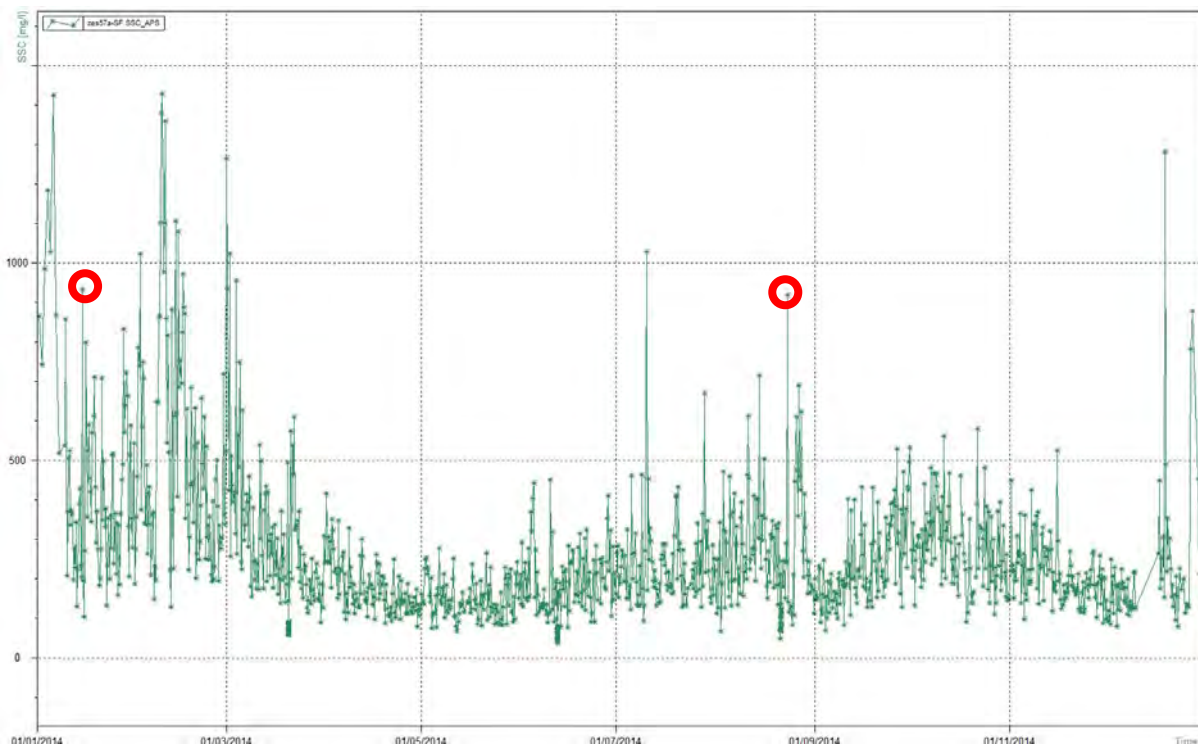
In tegenstelling tot de meetlocaties in het 'maritieme' gedeelte van het Zeescheldebekken, zijn de meetlocaties te Duffel Sluis, Appels, Epegem en Melle erg toegankelijk, is er een vast en ruim platform, en kan er gebruik gemaakt worden van het stroomnet. Daarom kon er op deze locaties een automatisch staalnametoestel (ISCO type 6712FR) geïnstalleerd worden (zie Figuur 146). Dit toestel is geprogrammeerd om elke zeven uur een staalname uit te voeren. De stalen worden gekoeld bewaard ter plaatse en eenmaal per week opgehaald en naar het sedimentologisch laboratorium gebracht. Daar wordt de sedimentconcentratie op deze stalen bepaald aan de hand van filtratie (De Schutter & Mostaert, 2009).



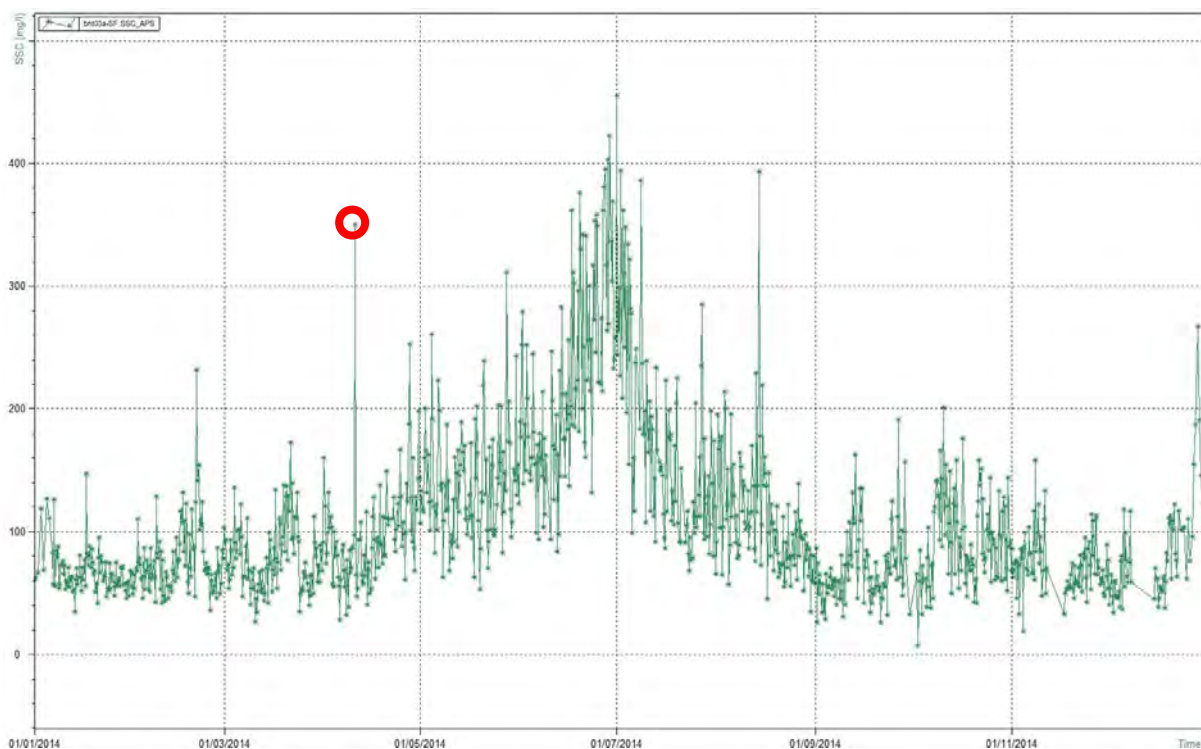
Figuur 146 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling  
Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012).

In Figuur 147 t.e.m. Figuur 150 worden de suspensiegehalten (SSC in mg/L) weergegeven voor de stations te Melle, Duffel Sluis, Appels en Eppegem zoals verkregen uit de zevenuurlijkse ISCO stalname.

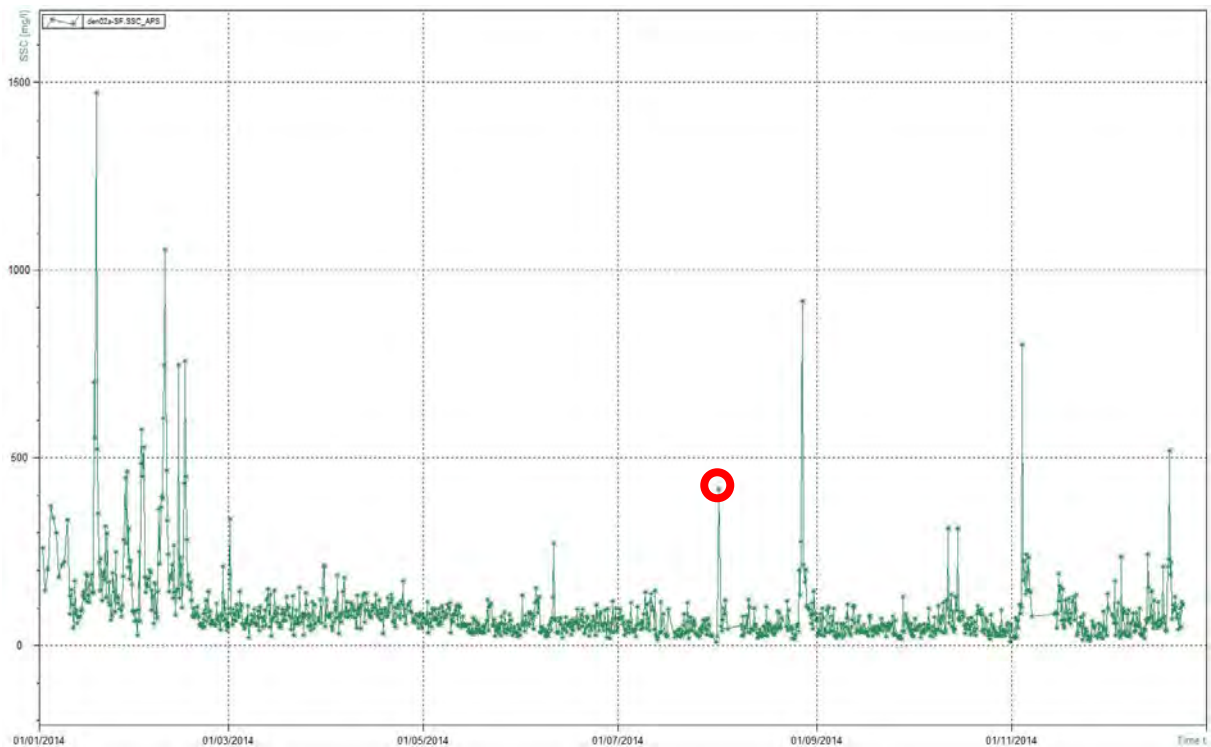
Met uitzondering van enkele pieken en de periode januari-februari, liggen de SSC-waarden te Melle hoofdzakelijk in de range 100-400 mg/L. Voor Duffel Sluis is deze range 50-200 mg/L, voor Eppegem en Appels 50-150 mg/L.



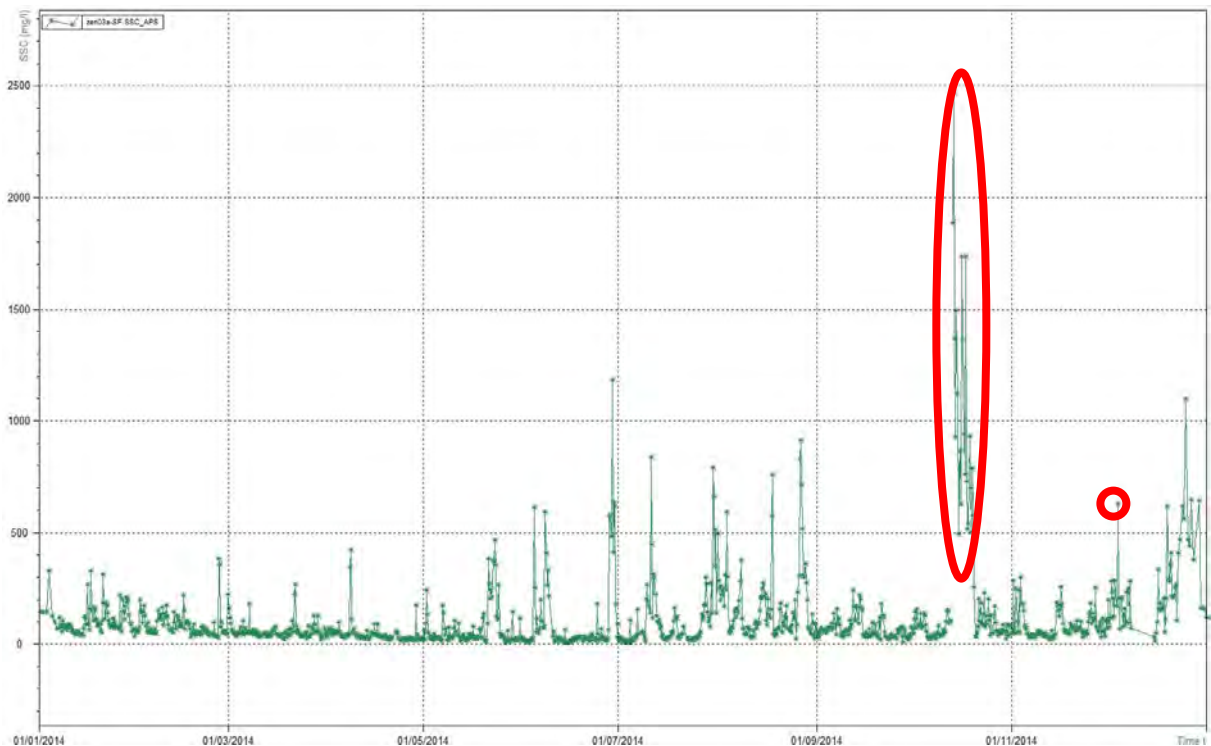
Figuur 147 - SSC (gemeten m.b.v. automatische stalname) te Melle (Boven-Zeeschelde)



Figuur 148 - SSC (gemeten m.b.v. automatische stalname) te Duffel Sluis (Beneden-Nete)



Figuur 149 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Appels (Dender)



Figuur 150 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Eppegem (Zenne)

De maximale SSC-waarden te Duffel Sluis doen zich, analoog aan de turbiditeitsmetingen (zie boven), voor tijdens de zomermaanden en zijn 200 à 450 mg/L groot. Net als de turbiditeit gemeten te Duffel Sluis, vallen deze slechts gedeeltelijk samen met de afvoerpieken. Eenzelfde trend (niet aan debiet gerelateerde verhoogde sedimentconcentraties) werden ook al in 2011 en 2013 in Duffel Sluis gerapporteerd (Vereecken et.al., 2012; Vanlierde et al., 2015) maar werden in 2012 niet geobserveerd (Vanlierde et.al., 2013).

De maximum SSC-waarde te Melle bedraagt 1.428 mg/L en treedt op tijdens de periode van verhoogde afvoer in februari. Daarnaast werden duidelijke SSC-pieken bepaald tijdens de periodes van verhoogde bovenafvoer midden juli, eind augustus en eind december.

Te Appels bedraagt de max. SSC 1.473 mg/L. Ook hier leidden de verhoogde afvoeren tijdens februari, eind augustus, begin november en eind december tot een verhoging van het SSC gehalte.

Te Epegem vallen de SSC maxima samen periodes van verhoogde afvoer in juni t.e.m. augustus en december. De maximale SSC (2.469 mg/L) werd gemeten in midden oktober. Deze zeer hoge SSC-waarden vallen in deze periode niet samen met hoge turbiditeiten of verhoogde debieten. Daarom worden deze verhoogde pompstaalconcentraties als verdacht beschouwd, en kregen ze ook de bijhorende validatievlag mee in WISKI (met rode cirkels aangeduid op onderstaande figuren).

Er wordt getracht om een continue tijdreeks te schatten van de gesuspendeerde sedimentconcentratie op basis van de hierboven vermelde pompstalen. Hiertoe worden de SSC-waarden die worden bepaald op deze stalen geïnterpoleerd. Voor periodes waarin geen stalen beschikbaar zijn (vb. defect staalnametoestel, foute analyse in labo, etc.) of deze als betrouwbaar konden beschouwd worden of waarin de tijd tussen twee opeenvolgende staalnames groter is dan zeven uren, worden de SSC-waarden geschat op basis van turbiditeitsgegevens, debietgegevens of andere parameters (vb. conductiviteit), eventueel logaritmisches getransformeerd.

Deze relaties worden opgesteld voor een periode van meerdere (3) jaren tussen deze gegevens en de SSC-data. Hiertoe wordt een regressieanalyse uitgevoerd. Er wordt een verband opgesteld tussen turbiditeit en SSC. Indien nodig (statistische criteria) wordt een meervoudige regressieanalyse uitgevoerd met één bijkomende predictor (met de grootste voorspellingskracht) naast turbiditeit. Dit kan debiet (tijgemiddeld, daggemiddeld, 5-minutenlijks, etc.) of conductiviteit zijn.

Daarna wordt nagegaan of het noodzakelijk is om verschillende relaties op te stellen voor bepaalde deelperiodes (vb. zomer en winter). Hiertoe wordt het verschil berekend tussen de gemeten SSC-waarden en de SSC-waarden voorspeld door het model. Wanneer dit verschil duidelijk verschillend is voor bepaalde periodes (vb. steeds negatief in de zomer en positief in de winter), worden voor deze periodes aparte relaties opgesteld.

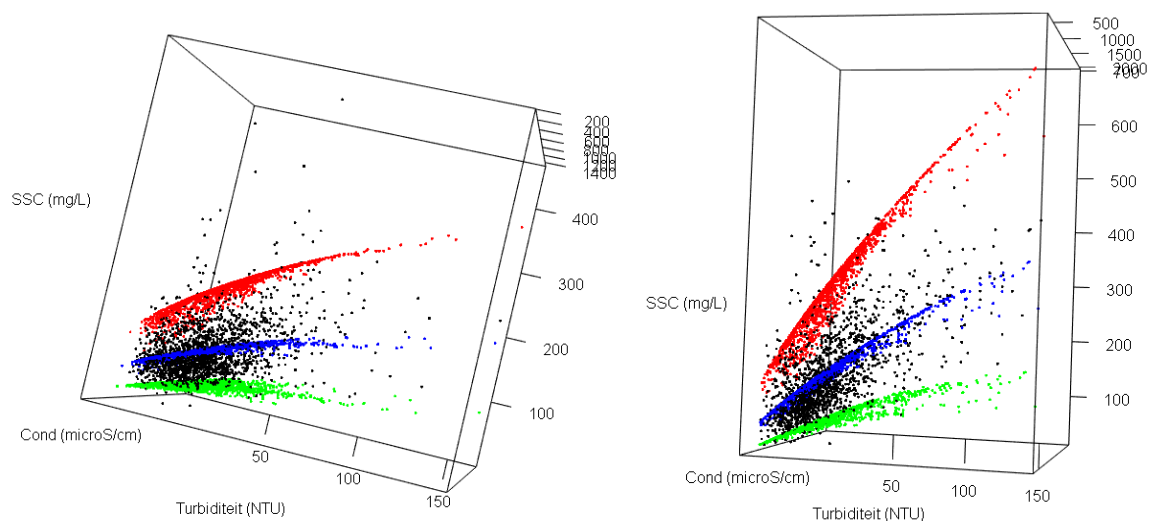
Via een Chow-test wordt dan nagegaan of deze relaties significant verschillend zijn en of het dus zinvol is om de aparte relaties toe te passen. Tevens wordt voor het voorspellingsmodel (of modellen indien aparte relaties voor deelperiodes zijn opgesteld) de 95%-betrouwbaarheidsintervallen bepaald. Daarnaast wordt een derde model bepaald tussen SSC en enkel het debiet. Dit model (eventueel gesplitst in deelperiodes) wordt gebruikt om de SSC-waarden te schatten voor periodes waar geen stalen beschikbaar zijn en ook turbiditeitsgegevens ontbreken (zodat de eerste relatie niet kan toegepast worden). Figuur 151 illustreert het regressiemodel dat werd opgesteld voor Duffel Sluis voor de periode 2012-2014. Voor meer details omtrent regressieanalyse wordt verwezen naar Ferket et al. (2015).

Tabel 19 geeft een overzicht van de regressiemodellen die werden opgesteld m.b.v. de data van 2012 t.e.m. 2014 voor Duffel Sluis, Appels, Melle en Epegem. Hieruit blijkt dat de gemiddelde afwijking voor deze modellen relatief groot is en de correlatie eerder laag. Dit is een gevolg van de grote variabiliteit die in de dataset (continue YSI metingen en zeventuurlijkse SSC) vervat zit. Toch kan met deze relaties een zinvolle schatting van de SSC uitgevoerd worden, rekening houdend met de betrouwbaarheidsintervallen.

De continue SSC reeksen voor 2014 o.b.v. stalen en deze regressiemodellen worden weergegeven in Figuur 152 tot Figuur 159. Analoge observaties als bij de bespreking van de SSC-waarden bepaald op de automatische stalen kunnen worden gemaakt (zie boven).

Net als bij de turbiditeitsmetingen en de Aanderaa meetlocaties wordt voor de meetlocaties Duffel Sluis en Melle de SSC bij kentering en de gemiddelde en maximale SSC bij eb en vloed weergegeven. In Tabel 18 en Figuur 144 en Figuur 145 (boxplots) zijn deze meetposten toegevoegd. Hieruit blijkt dat zowel te Melle als Duffel Sluis de SSC bij kentering hoog en laag water gelijkaardig was. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde en maximale SSC bij eb en vloed. Te Duffel Sluis werden duidelijk de laagste SSC gehalten bepaald in vergelijking met de overige meetlocaties. In Melle was de SSC bij kentering hoger dan Driegoten en Boei 84 en van dezelfde grootte-orde als Oosterweel. Wat de gemiddelde SSC bij eb en vloed betreft was Melle van dezelfde grootte-orde als de Aanderaa meetlocaties. De maximale SSC bij eb en vloed was op deze locaties echter hoger dan in Melle.

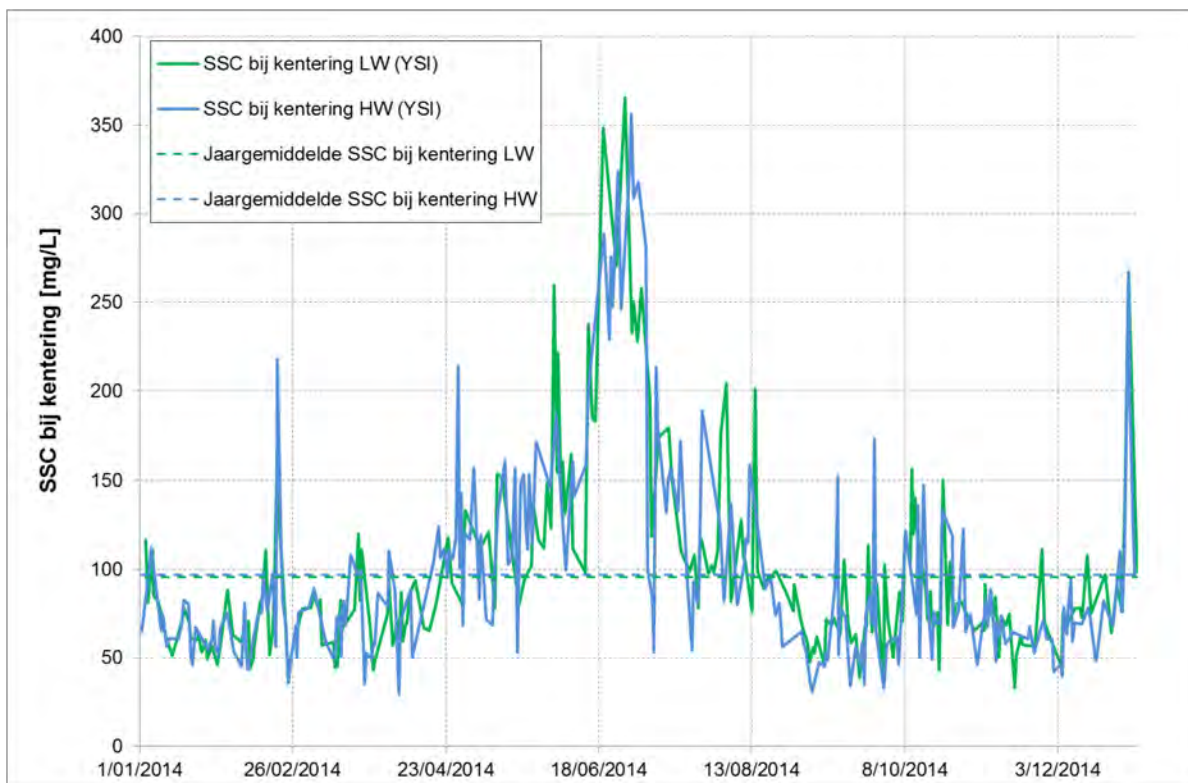




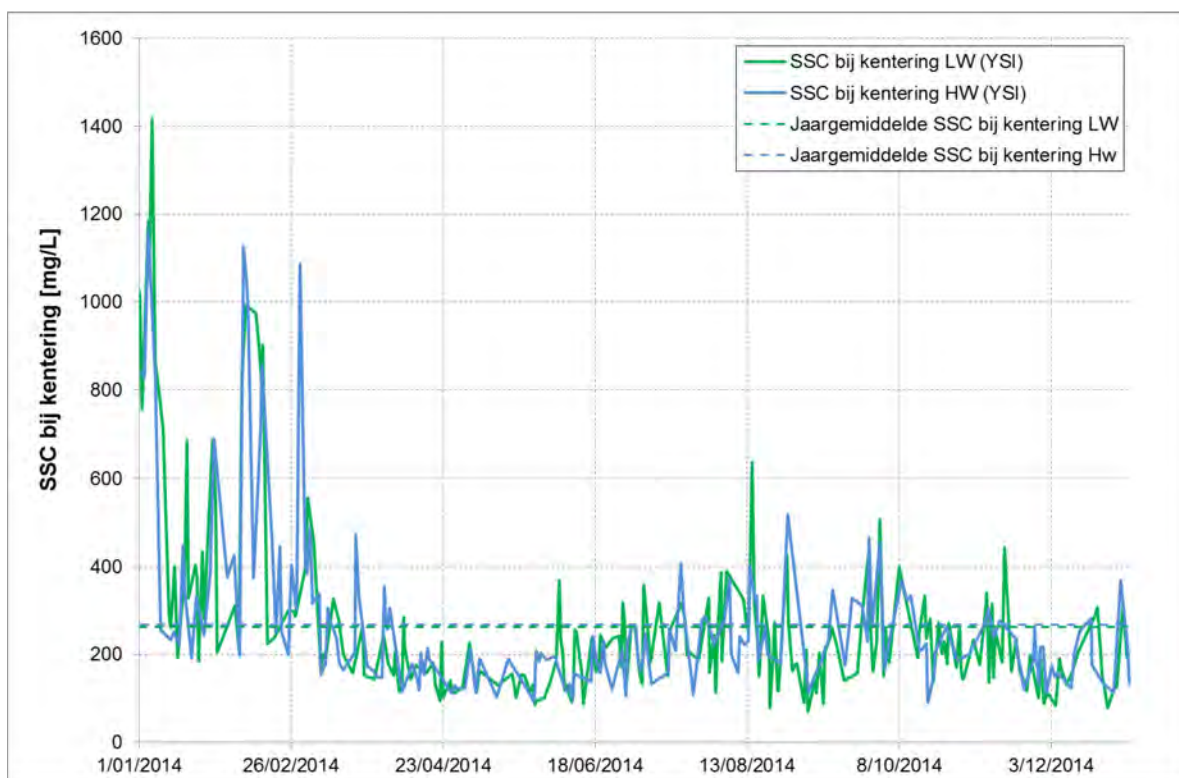
Figuur 151 – Regressiemodel tussen turbiditeit, conductiviteit en SSC te Duffel Sluis (Beneden-Nete), voor ‘zomer’ (Mei-September, rechts) en ‘winter’ (Januari-April en Oktober-December, links): ruwe data (zwart), regressiemodel (blauw) en het onderste (groen) en bovenste (rood) 95%-betrouwbaarheidsinterval

Tabel 19 – Enkelvoudige (enerzijds obv turbiditeit en anderzijds obv debiet) en meervoudige (obv turbiditeit en bijkomende predictor) regressiemodellen (o.b.v. data 2012-2014) aan de vier meetlocaties met ISCO staalnametoestel en YSI multiparametersonde

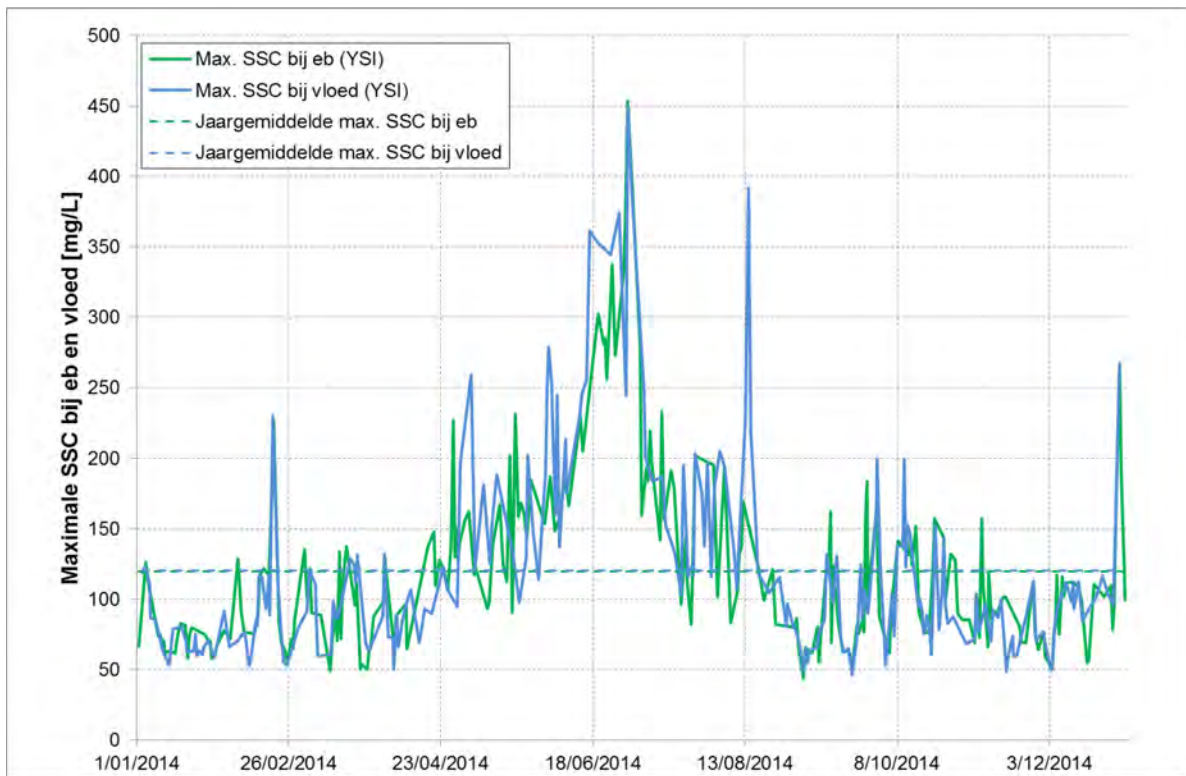
	Meetlocatie	Deelperiode	r <sup>2</sup>	RMSE	MSPE	N	BCF	Turb		Pred2		SSC		Regressiemodel SSC_Var
								Min	Max	Min	Max	Min	Max	
verschillende predictoren	Appels	nvt	0,50	128,7	137,6	2627	1,16	3,9	554,8	0,1	96,4	8	3797	$SSC=10^{0,73} * Turb^{0,60} * Qtij^{0,28} * 1,16$
	Duffelsluis	Jan-Apr en Okt-Dec	0,25	35,7	40,4	1792	1,07	3,3	163,4	210,0	1491,0	7	460	$SSC=10^{0,856} * Turb^{0,41} * Cond^{0,15} * 1,07$
		Mei-Sep	0,40	54,7	39,8	1452	1,08	4,6	167,1	259,0	2059,0	26	474	$SSC=10^{0,64} * Turb^{0,48} * Cond^{0,25} * 1,08$
	Eppegem	Jan-Mar en Okt-Dec	0,39	242,1	122,6	1172	1,31	5,9	895,3	2,4	97,1	14	4736	$SSC=100,91 * Turb^{0,54} * Q^{0,33} * 1,31$
Apr-Sep		0,38	126,2	116,1	1065	1,31	2,6	979,6	0,8	52,6	10	1900	$SSC=10^{0,94} * Turb^{0,33} * Q^{0,47} * 1,31$	
Melle	nvt	0,42	121,1	47,0	3236	1,09	6,9	549,2	0,2	318,3	35	2419	$SSC=10^{1,19} * Turb^{0,60} * Qtij^{0,12} * 1,09$	
predictor = turbiditeit	Appels	nvt	0,38	171,4	175,8	2662	1,24	3,9	554,8	nvt	nvt	2	3852	$SSC=10^{0,87} * Turb^{0,68} * 1,24$
	Duffelsluis	nvt	0,20	51,2	51,4	3283	1,10	3,3	167,1	nvt	nvt	7	474	$SSC=10^{1,39} * Turb^{0,40} * 1,10$
	Eppegem	nvt	0,31	242,3	151,5	2246	1,42	2,6	979,6	nvt	nvt	10	4736	$SSC=10^{1,14} * Turb^{0,53} * 1,42$
	Melle	nvt	0,35	144,4	55,5	3261	1,11	6,9	549,2	nvt	nvt	35	2419	$SSC=10^{1,39} * Turb^{0,59} * 1,11$
predictor = debiet	Appels	nvt	0,20	174,0	188,9	3318	1,31	0,09	96,35	nvt	nvt	2	3852	$SSC=10^{1,44} * Qtij^{0,37} * 1,31$
	Duffelsluis	Jan-Apr en Sep-Dec	0,16	43,8	48,2	2026	1,09	44,23	144,10	nvt	nvt	7	665	$SSC=10^{-0,18} * QtijMax^{1,10} * 1,09$
		Mei-Aug	0,02	73,6	50,3	1202	1,13	52,67	118,45	nvt	nvt	26	474	$SSC=10^{1,10} * QtijMax^{0,53} * 1,13$
	Eppegem	nvt	0,26	250,4	150,4	3402	1,56	0,81	97,11	nvt	nvt	6	4736	$SSC=10^{1,07} * Qdm^{1,016} * 1,55$
	Melle	nvt	0,20	205,8	73,2	3507	nvt	-29,14	318,30	nvt	nvt	35	3465	$SSC=2,63 * Qtij + 180,04$



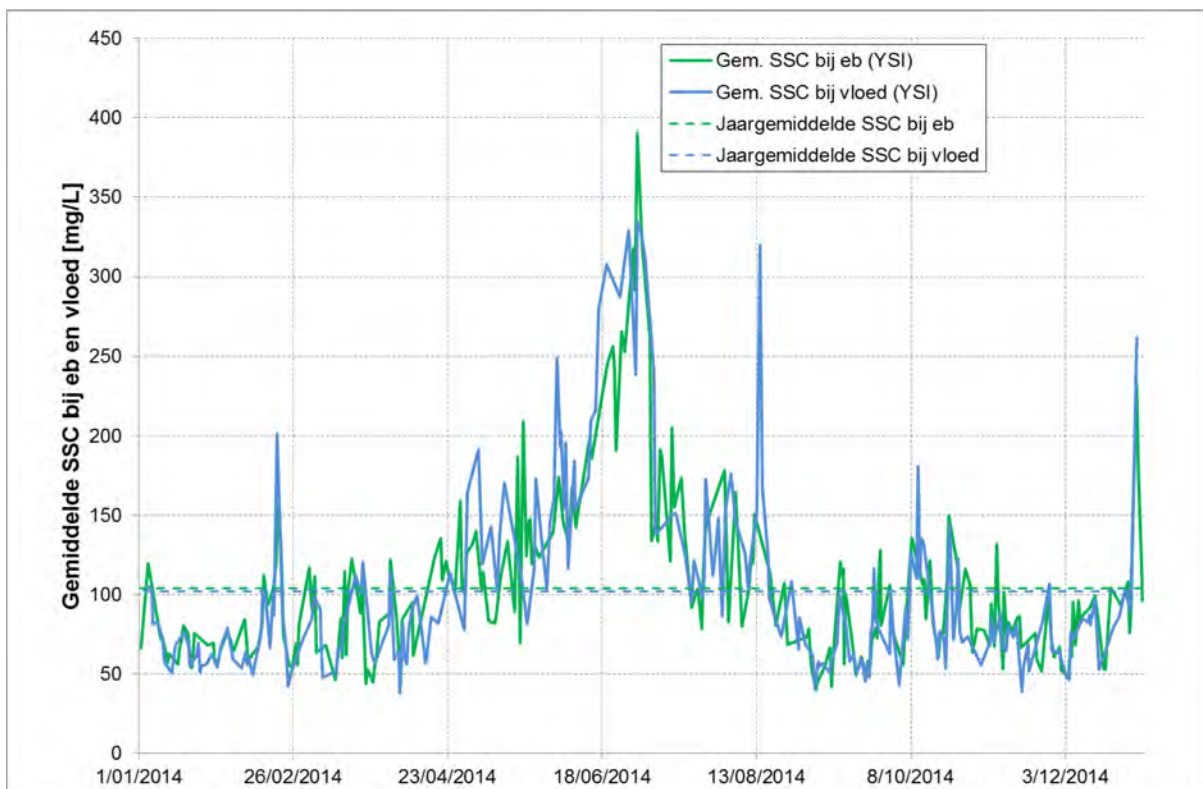
Figuur 152 - SSC bij KLW en KHW te Duffel Sluis (Beneden-Nete) (2014)



Figuur 153 - SSC bij KLW en KHW te Melle (Boven-Zeeschelde) (2014)

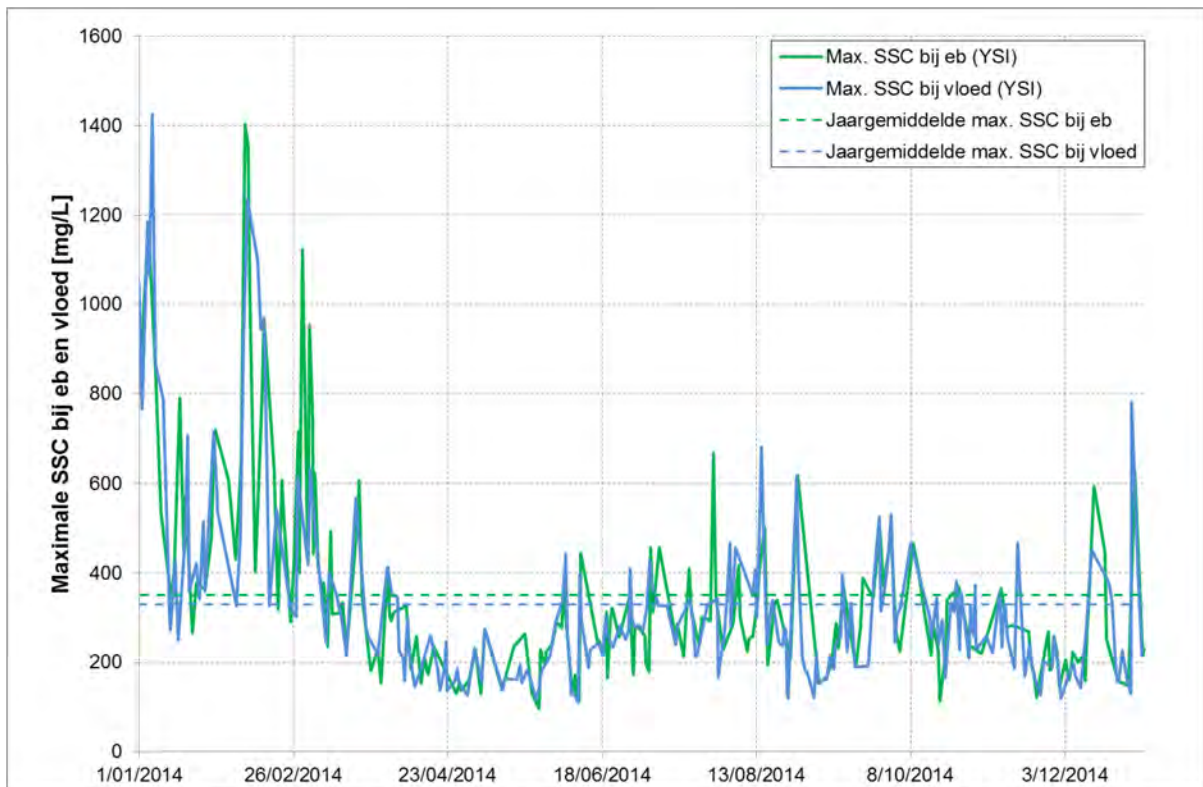


Figuur 154 - Maximale SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete), bovenste meettoestel (2014)

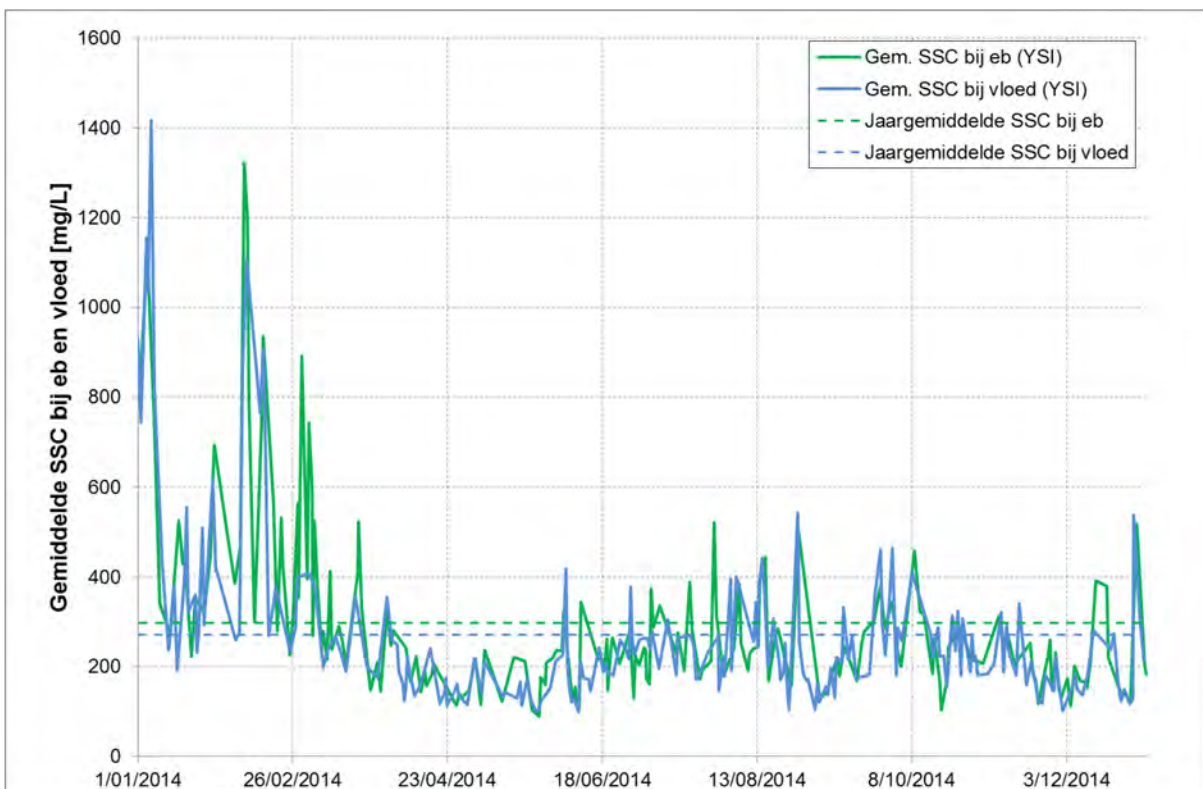


Figuur 155 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Duffel Sluis (Beneden-Nete), bovenste meettoestel (2014)



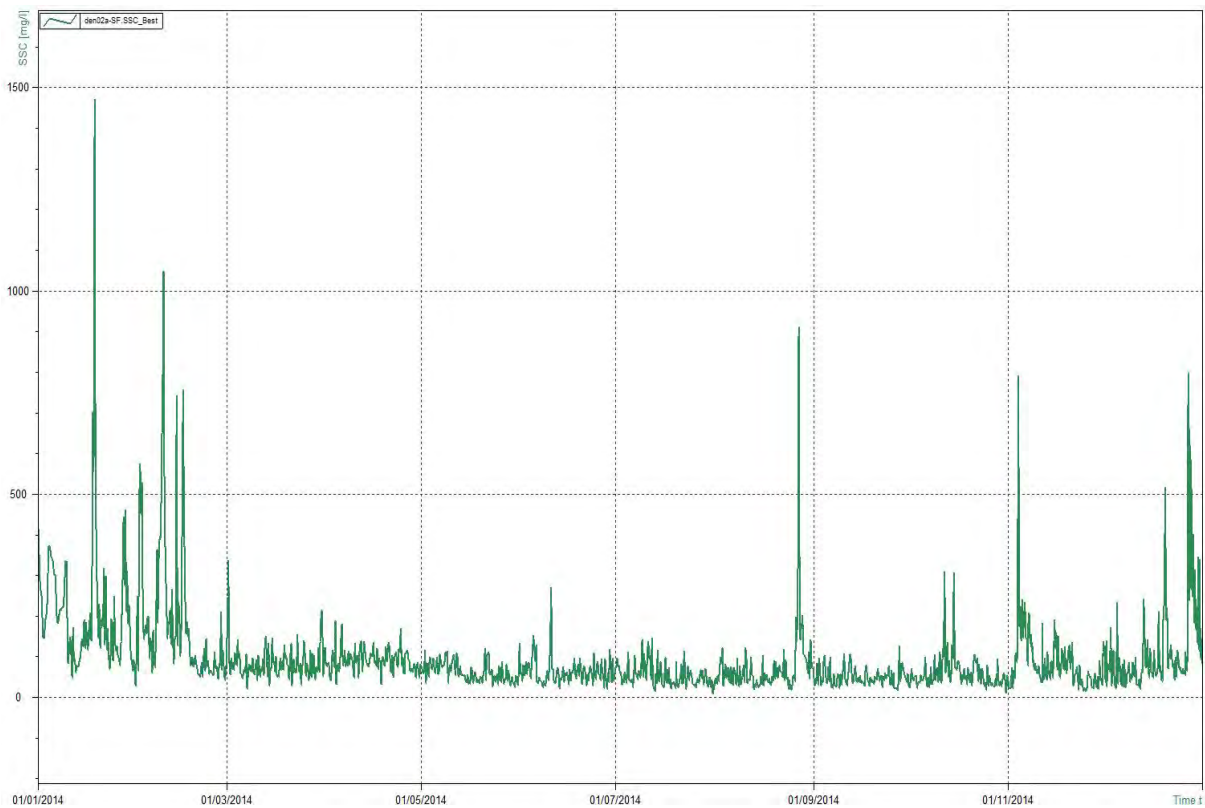


Figuur 156 - Maximale SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)

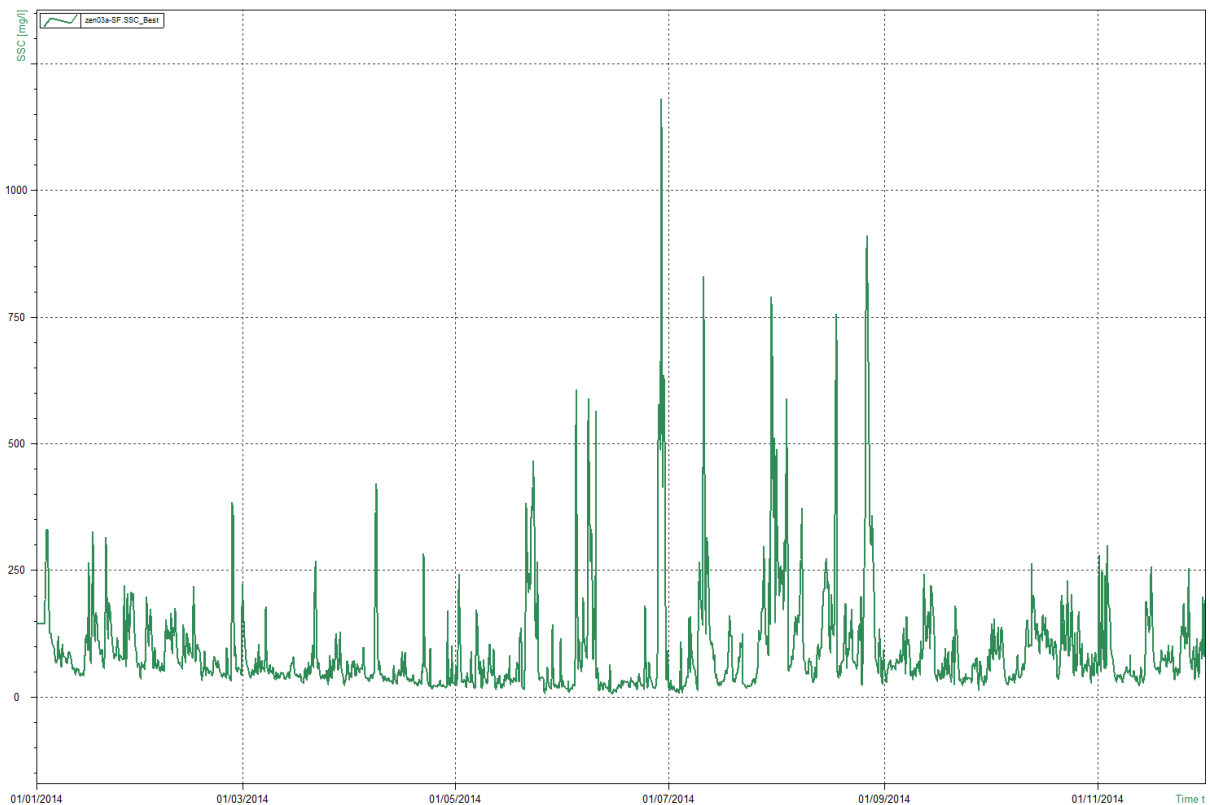


Figuur 157 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel (2014)





Figuur 158 – SSC (geschat o.b.v. stalen en regressiemodellen) te Appels (Dender)



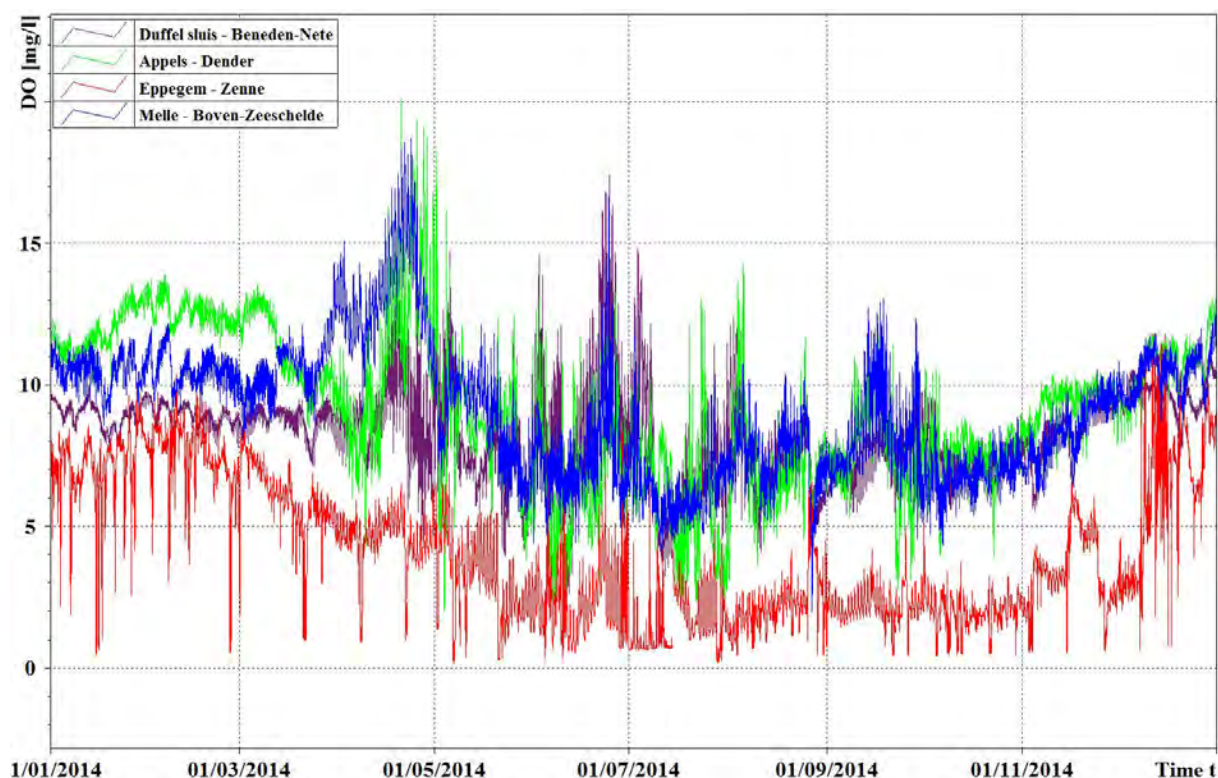
Figuur 159 – SSC (geschat o.b.v. stalen en regressiemodellen) te Eppegem (Zenne)

#### 4.1.7. Verloop overige parameters

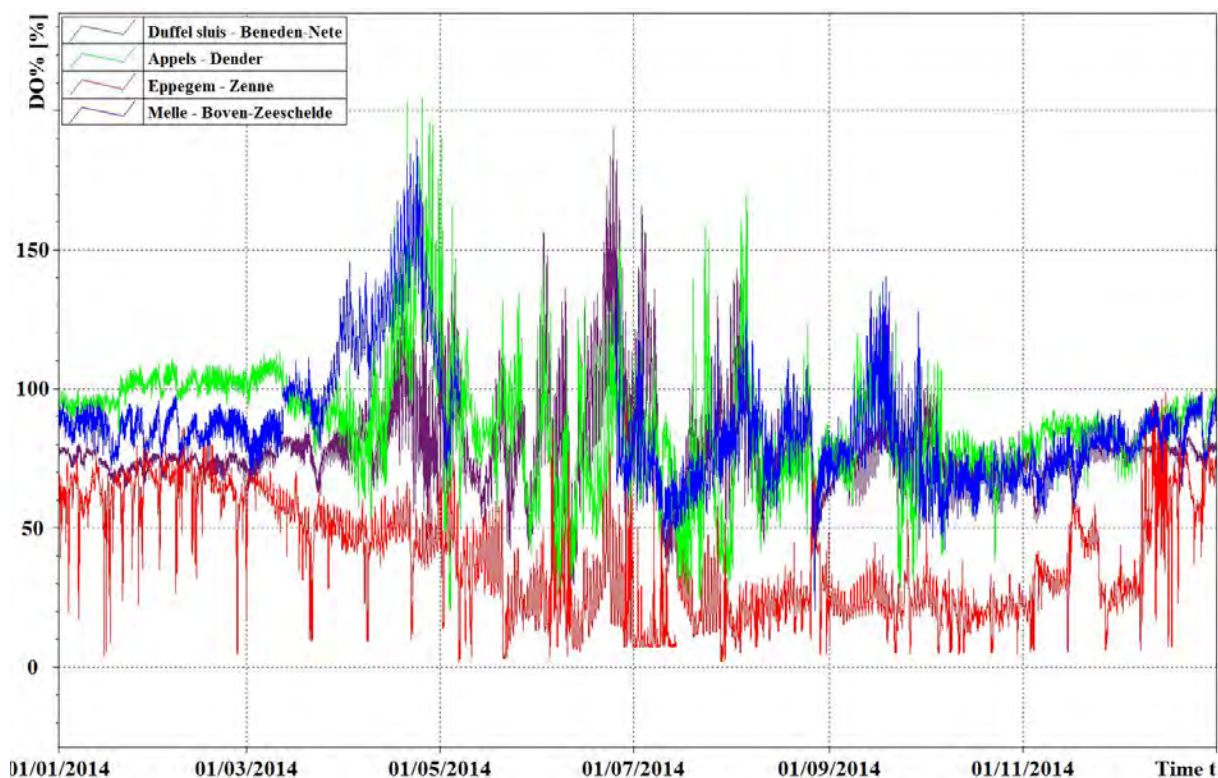
In de Boven-Zeeschelde te Melle, de Dender te Appels, de Zenne te Eppegem en de Beneden-Nete te Duffel Sluis is een YSI multiparametersonde opgesteld. Naast de hierboven gerapporteerde parameters (Temperatuur, Conductiviteit en Turbiditeit) worden op deze locaties ook de pH, redoxpotentiaal, zuurstofgraad en zuurstofgehalte gemeten. Tijdens het validatieproces werd duidelijk dat de sonde die redoxpotentiaal meet, nauwelijks betrouwbare waarden heeft geregistreerd, daarom werd de kwaliteitsvlag van al deze data op 'verdacht' gezet, en zal deze parameter in dit rapport en ook de volgende jaren niet verder meer besproken worden.

Figuur 160 geeft het verloop van de gemeten zuurstofgehalten. De grafieken voor Duffel Sluis, Appels en Melle zijn gelijkaardig. De zuurstofgehalten variëren er tussen ongeveer 5 en 15 mg/L, met minima tot 2mg/l en maxima tot 20 mg/l. Vanaf mei doet zich een algemene daling voor, behalve tijdens juli en in mindere mate augustus. Vanaf november neemt het zuurstofgehalte weer toe. Dit is gerelateerd aan de oplosbaarheid van zuurstof in water, die toeneemt bij afnemende temperatuur. Op de Zenne te Eppegem bedraagt het zuurstofgehalte bijna het hele jaar door minder dan 10 mg/L. Frequent komen plotse en kortstondige dalingen van het zuurstofgehalte voor. Dit heeft vermoedelijk te maken met het lozen van afvalwater en/of een onvoldoende zuiveringscapaciteit tijdens afvoerpieken.

Figuur 161 toont het verloop van de zuurstofverzadiging. Dit heeft, uiteraard, een gelijkaardig patroon als het zuurstofgehalte. Voor Melle, Duffel Sluis en Appels bedraagt de zuurstofverzadiging tijdens de wintermaanden tussen 70 en 90%. Tijdens de zomermaanden neemt de variatie in zuurstofverzadiging toe, met waarden tussen 20 en 180%. Te Appels is het water reeds in februari zuurstofverzadigd, begin april zakt de zuurstofverzadiging echter terug onder 100%. Gedurende de volgende maanden, met pieken eind april en in juni, is het water afwisselend wel en niet volledig verzadigd. Een gelijkaardig patroon kan beschreven worden voor Melle, maar hier is het water in de eerste maanden van 2014 niet verzadigd, en overschrijdt de zuurstofverzadiging pas eind maart voor het eerst 100%. Te Duffel Sluis treed er slechts in de beschreven verzadigingspieken eind april en in juni volledige verzadiging op. De rest van het jaar blijft de zuurstofverzadiging onder de grens van 100%. Te Eppegem trad nooit zuurstofverzadiging op in 2014. Tijdens de wintermaanden varieerde de zuurstofverzadiging er tussen 60 en 80%. Tijdens de zomermaanden was dit tussen 10 en 60%.

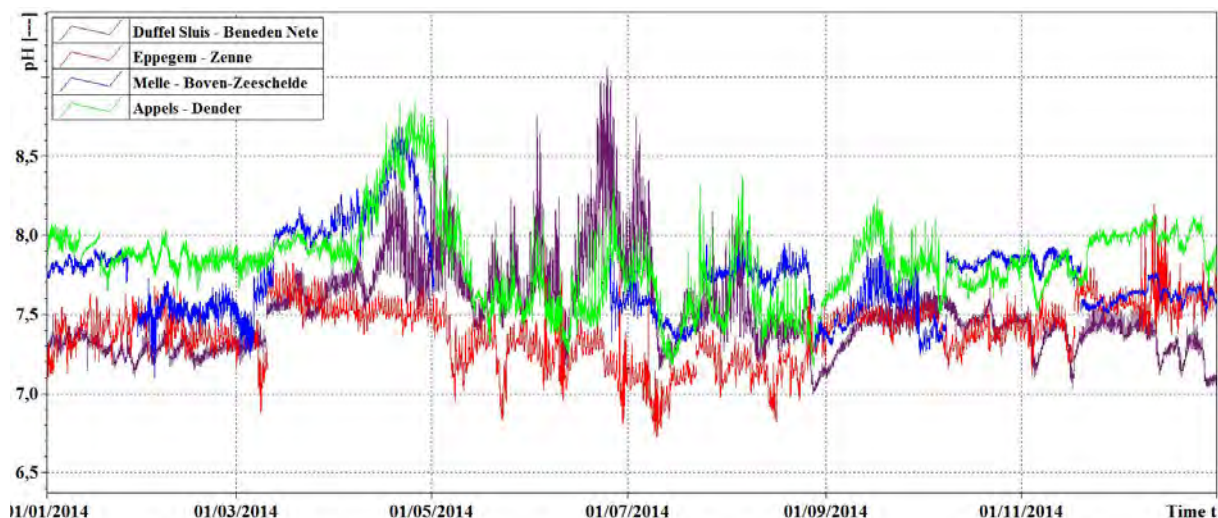


Figuur 160 - Zuurstofgehalte [mg/l] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)



Figuur 161 - Zuurstofverzadiging [%] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)

Als laatste physicochemische parameter kan de zuurtegraad beschreven worden (Figuur 162). Deze is relatief stabiel en schommelt het hele jaar door tussen 7 pH en 8 pH. Tijdens de maanden april en juni kunnen er pieken tot 9 pH onderscheiden worden. Dit analoog aan de pieken in zuurstofverzadiging in deze periodes. Schommeling in absolute pH-waarden zijn moeilijk te interpreteren, daar het mogelijk is dat deze ook te wijten zijn aan een grote kalibratiemarge van de sondes. Zo is de periode februari-maart te Melle gekenmerkt door veel lagere pH-waarden met een abrupt begin en einde. Dit kan verklaard worden door een verschillende kalibratie van het toestel die in deze periode werd tewerkgesteld. Deze pH-sonde gaf voor eenzelfde pH een lagere waarde aan dan de sondes ervoor en erna. Ook de extreem lage waarden begin mei zijn te wijten aan een gelijkaardige meetfout. Verder valt op dat ook te Eppegem, over het algemeen, lagere waarden gemeten werden, analoog aan de zuurstofconcentratie en zuurstofverzadiging.

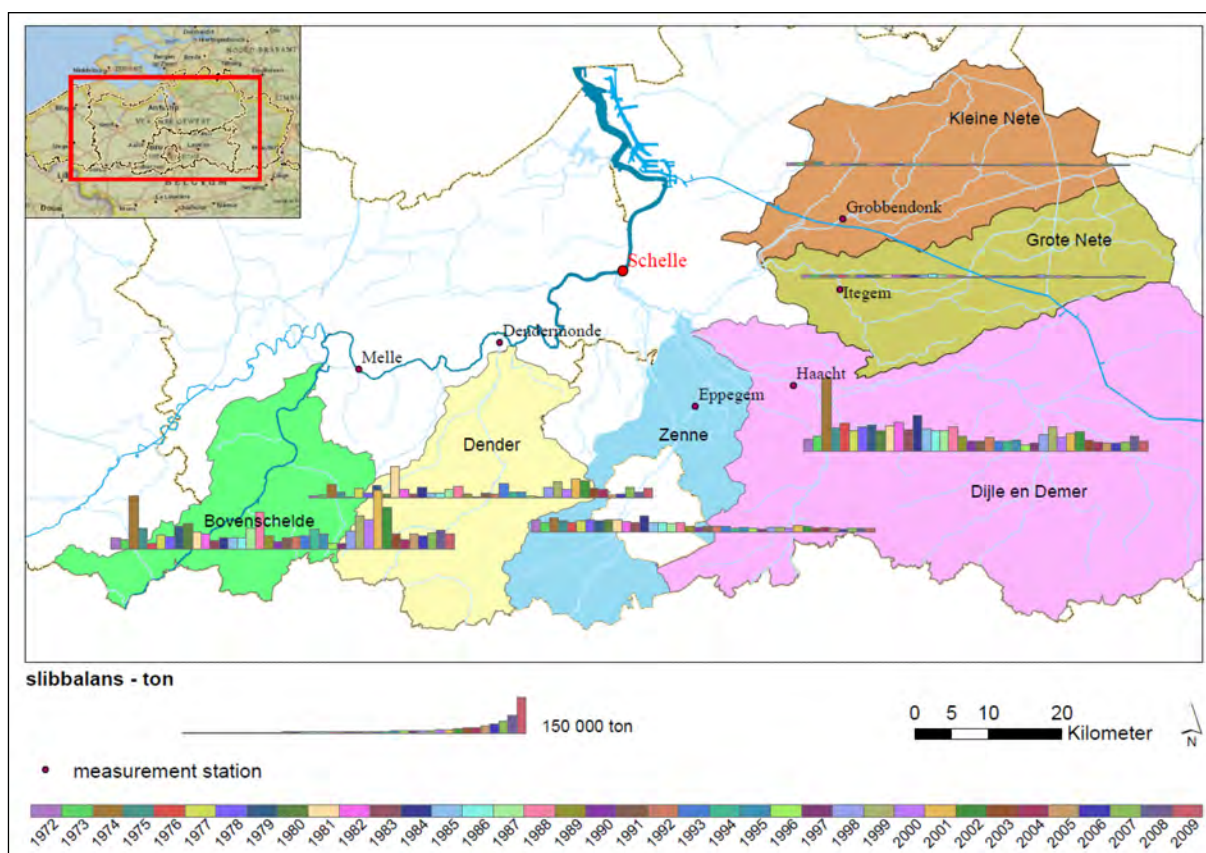


Figuur 162 - Zuurtegraad [pH] te Duffel Sluis (Beneden-Nete), Appels (Dender), Eppegem (Zenne) en Melle (Boven-Zeeschelde)



#### 4.1.8. Slibbalans

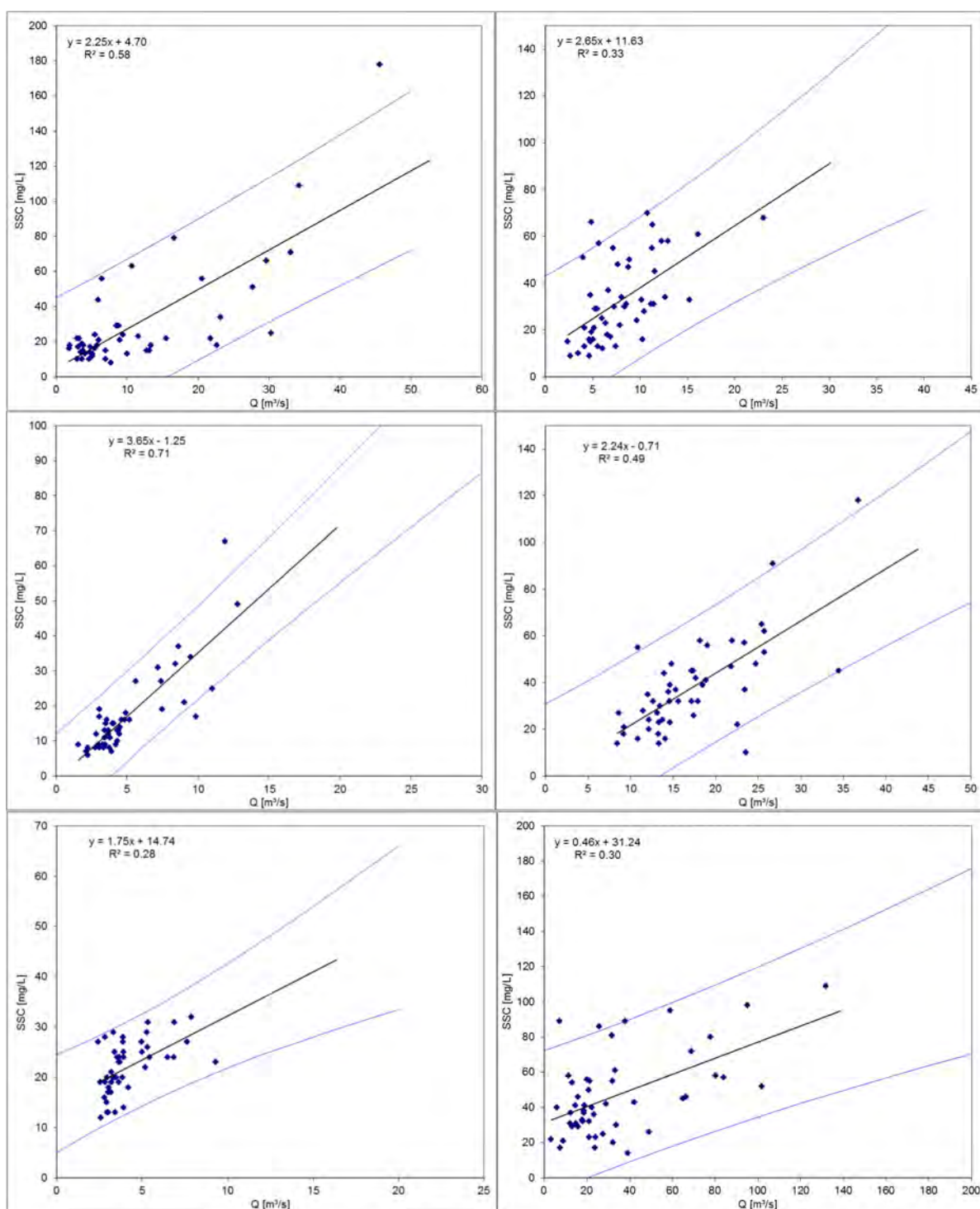
Ongeveer wekelijks wordt ter hoogte van verschillende meetposten op de Zeeschelde en de zijrivieren een schepstaal genomen met behulp van een verzwaarde fles. Nadien wordt op dit schepstaal de SSC bepaald. Samen met de debietmetingen kunnen deze gegevens gebruikt worden om een inschatting te maken van de sedimentvrachten naar de Zeeschelde. Dit gebeurt op basis van de debiet- en schepstaal-SSC gegevens van de meetposten (Figuur 163) te Grobbendonk (Kleine Nete), Itegem (Grote Nete), Haacht (Dijle en Demer), Epepegem (Zenne), Dendermonde-Appels (Dender) en Melle (Debiet) en Merelbeke (SSC) (Boven-Zeeschelde). De daggemiddelde sedimentflux wordt bekomen door vermenigvuldiging van daggemiddelde debieten met de SSC-waarden verkregen uit het schepstaal die dag bemonsterd. Voor de dagen dat geen SSC-gegevens beschikbaar zijn, worden deze SSC-waarden geschat via een regressiemodel opgesteld tussen dagelijkse schepstaal-sedimentconcentraties en overeenkomstige daggemiddelde debieten voor 2014. De berekende sedimentfluxen [massa/tijd] worden tenslotte geïntegreerd in de tijd tot de sedimentvracht (in ton). Deze berekeningsmethode wordt de 'interpolatiemethode' genoemd. Voor meer gedetailleerde informatie m.b.t. deze berekeningsmethoden wordt verwezen naar De Boeck et al. (2014a) en Van Hoestenbergh et al. (2014).



Figuur 163 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de verschillende stroomgebieden (+ jaarlijkse sedimentvracht berekend d.m.v. de interpolatiemethode voor de periodes 1972-2009 – Bron: Van Hoestenbergh et al. (2014))

Figuur 164 illustreert de regressiemodellen opgesteld tussen dagelijkse schepstaal-sedimentconcentraties en overeenkomstige daggemiddelde debieten voor 2014, evenals de bijhorende onderste en bovenste 95% betrouwbaarheidsintervallen (LCI resp. UCI). Dit betrouwbaarheidsinterval is afgeleid op basis van het regressiemodel. De interpolatiemethode gebruikt echter de gemeten SSC-waarden (i.p.v. de via het model geschatte SSC) wanneer deze beschikbaar zijn. Hierdoor komt het voor dat de berekende fluxen op basis van deze gemeten SSC-waarden soms buiten het betrouwbaarheidsinterval liggen. Tabel 20 geeft een overzicht van de regressiemodellen die opgesteld werden voor de zes meetposten onder beschouwing, met bijhorende  $R^2$ -waarde. Uit de  $R^2$ -waarde voor Epepegem, Itegem en Melle blijkt dat de regressiemodellen voor deze locaties van matige kwaliteit zijn ( $R^2 \approx 0.3$ ).





Figuur 164 – Regressiemodel Debiet-SSC 2014

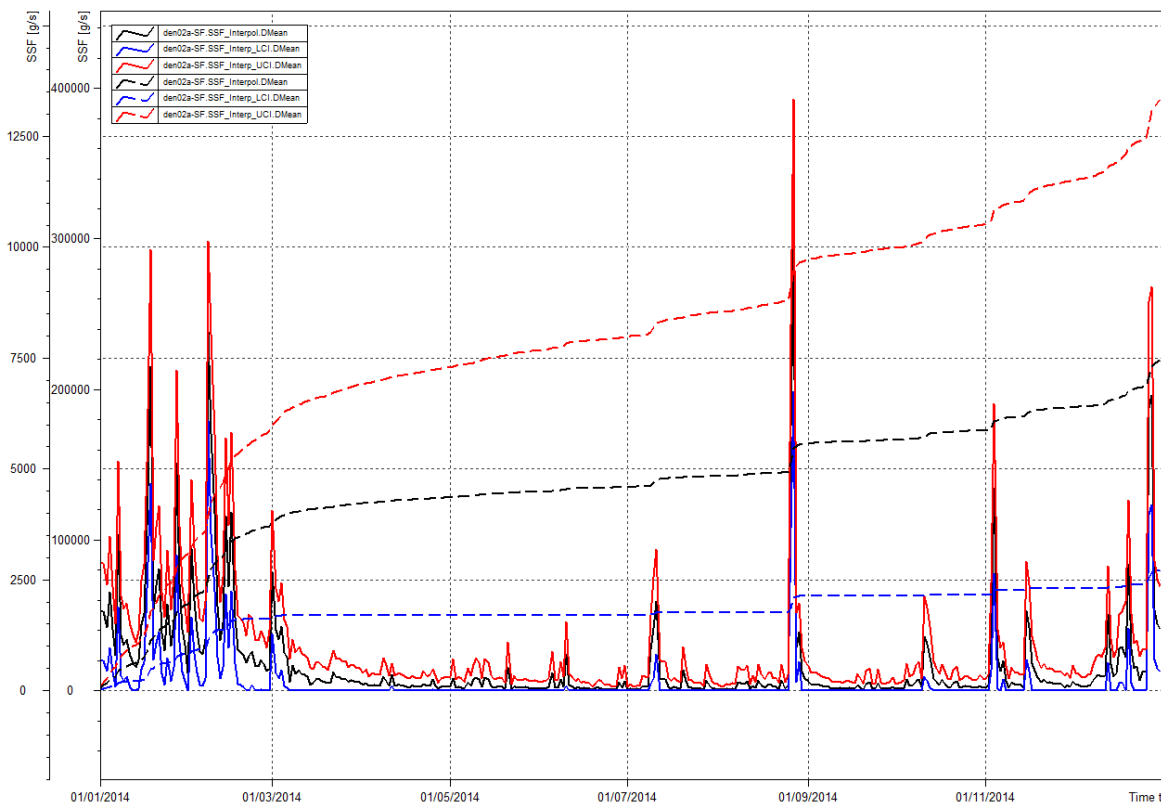
Dender te Appels (boven links), Zenne te Epegem (boven rechts), Kleine Nete te Grobbendonk (midden links), Dijle te Haacht (midden rechts), Grote Nete te Itegem (onder links) en Boven-Zeeschelde te Melle (onder rechts)

Figuur 165 t.e.m. Figuur 170 tonen de berekende sedimentfluxen (SSF) en gecumuleerde sedimentvrachten (SSL) voor de zes meetposten. De totale sedimentvrachten voor 2014 worden samengevat in Tabel 21.

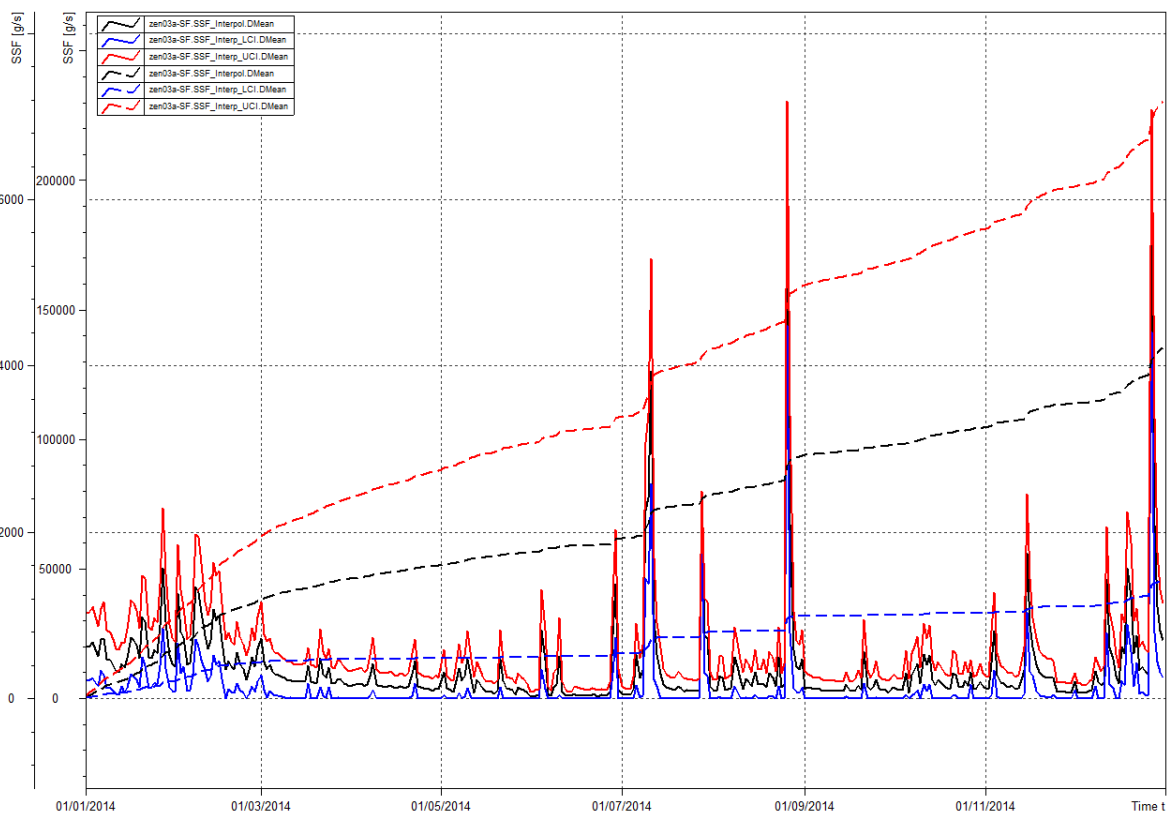
Voor alle meetposten worden de grootste sedimentfluxen berekend tijdens januari-februari, december en de wasregimes midden juli en eind augustus. De sedimentvracht is duidelijk hoogst te Melle. Ook te Haacht, Epegem en Appels worden aanzienlijke SSL berekend. De SSL te Grobbendonk en Itegem zijn het kleinst.

Tabel 20 - Regressiemodel en R<sup>2</sup>-waarde voor de meetposten gebruikt voor de slibbalansberekening 2014 (Q<sub>dm</sub> = daggemiddeld debiet), met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-betrouwbaarheidsinterval

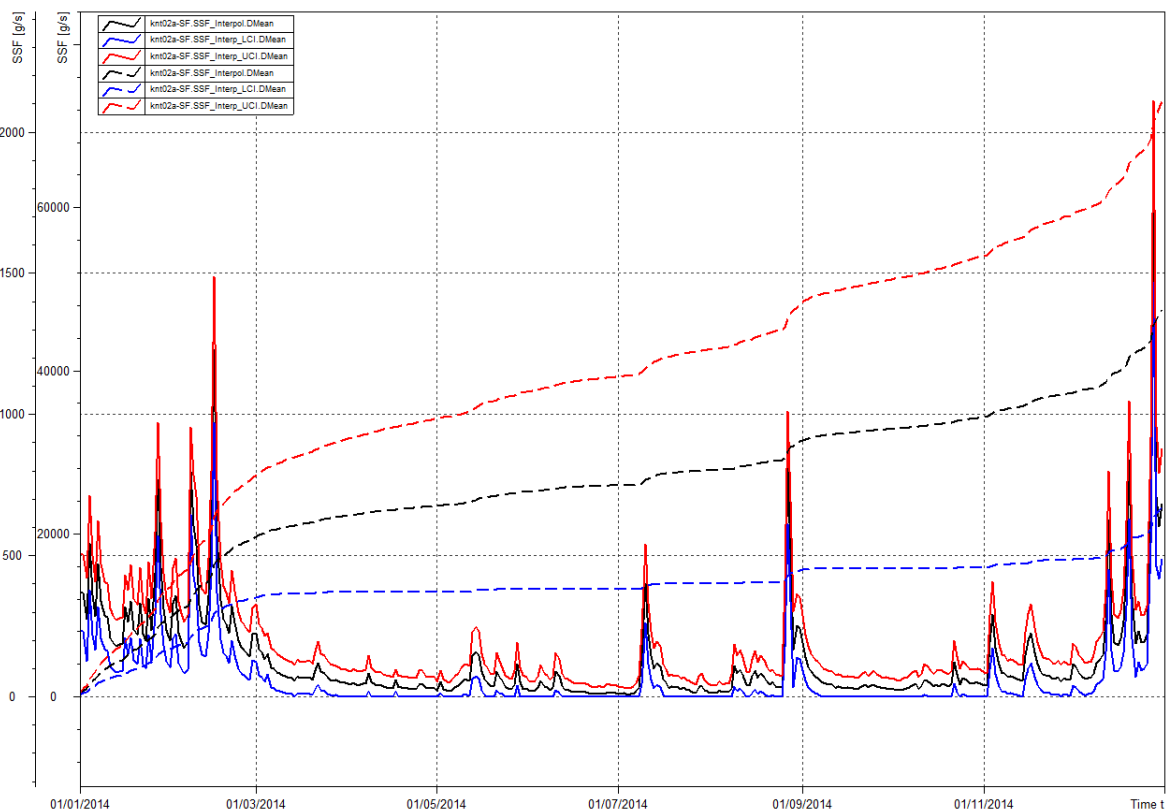
Meetlocatie	Regressiemodel	R <sup>2</sup>	LCI	UCI
Grobbendonk (Kleine Nete)	$SSC_{model} = 3,65 \cdot Q_{dm}^{-1,25}$	0,71	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 6,32 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-5,00)^2/337,50)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 6,32 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-5,00)^2/337,50)}$
Itegem (Grote Nete)	$SSC_{model} = 1,75 \cdot Q_{dm} + 14,74$	0,28	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 4,46 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-4,16)^2/111,03)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 4,46 \cdot \sqrt{(1+1/47+(Q_{dm}-4,16)^2/111,03)}$
Epegem (Zenne)	$SSC_{model} = 2,65 \cdot Q_{dm} + 11,63$	0,33	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 14,81 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-8,05)^2/44,40)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 14,81 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-8,05)^2/44,40)}$
Haacht (Dijle)	$SSC_{model} = 2,24 \cdot Q_{dm} - 0,71$	0,49	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 14,42 \cdot \sqrt{(1+1/49+(Q_{dm}-17,31)^2/1.878,28)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 14,42 \cdot \sqrt{(1+1/49+(Q_{dm}-17,31)^2/1.878,28)}$
Appels (Dender)	$SSC_{model} = 2,25 \cdot Q_{dm} + 4,70$	0,58	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 19,62 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-11,15)^2/4.988,72)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 19,62 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-11,15)^2/4.988,72)}$
Melle (Boven-Zeeschelde)	$SSC_{model} = 0,46 \cdot Q_{dm} + 31,24$	0,30	$SSC_{LCI} = SSC_{model} - 2,01 \cdot 19,91 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-33,99)^2/38.851,22)}$	$SSC_{UCI} = SSC_{model} + 2,01 \cdot 19,91 \cdot \sqrt{(1+1/50+(Q_{dm}-33,99)^2/38.851,22)}$



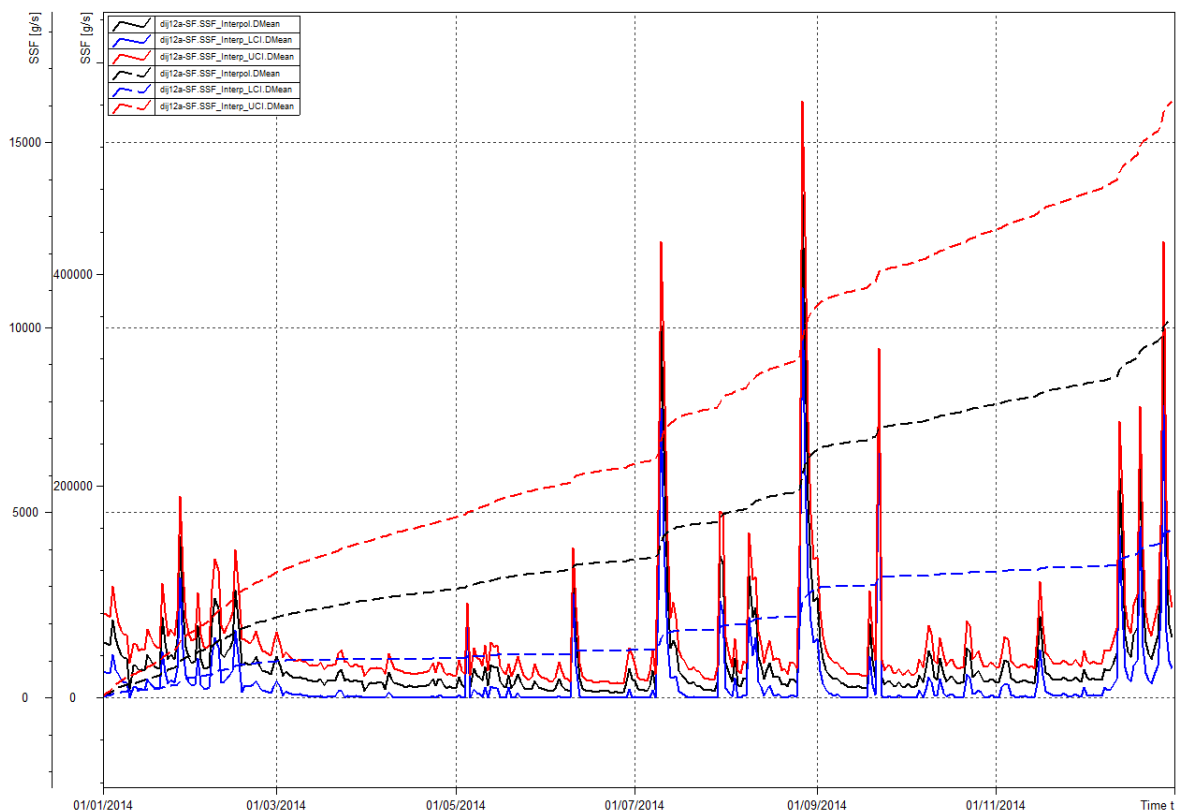
Figuur 165 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dender te Appels



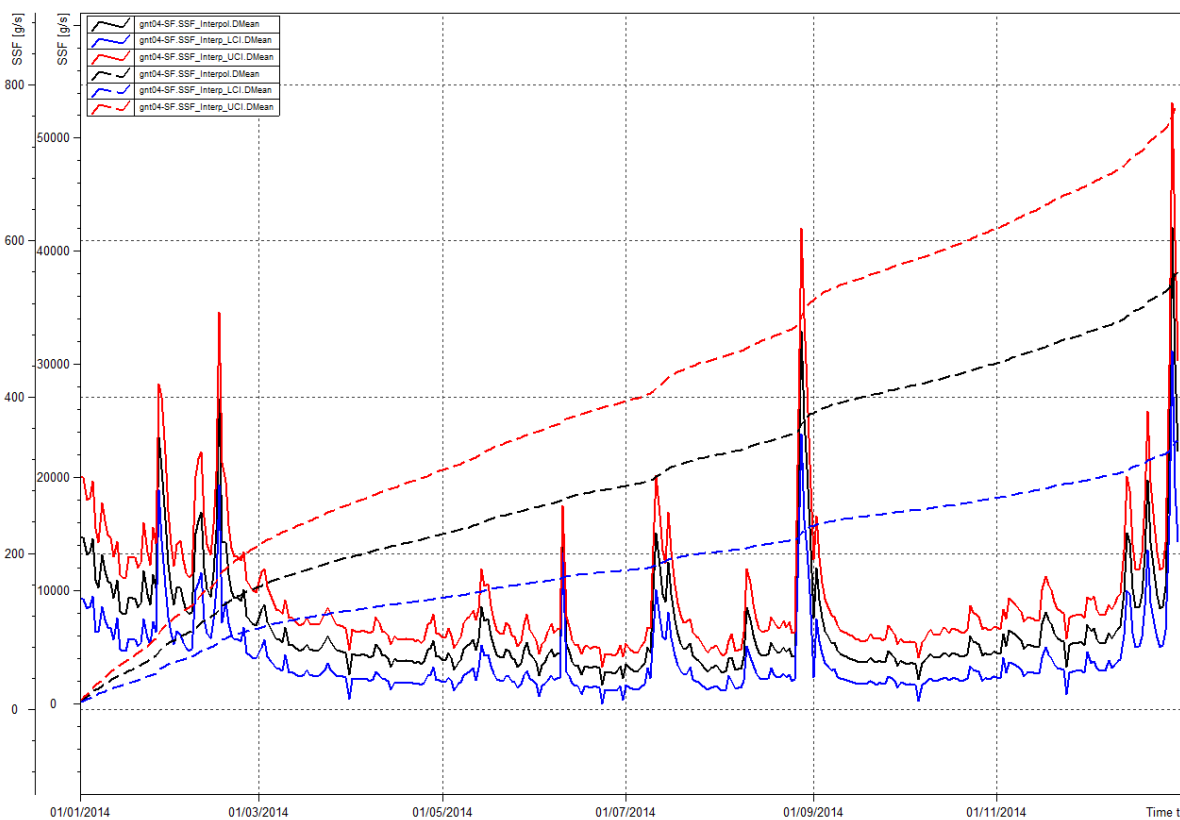
Figuur 166 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zenne te Epegem



Figuur 167 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Kleine Nete te Grobbendonk

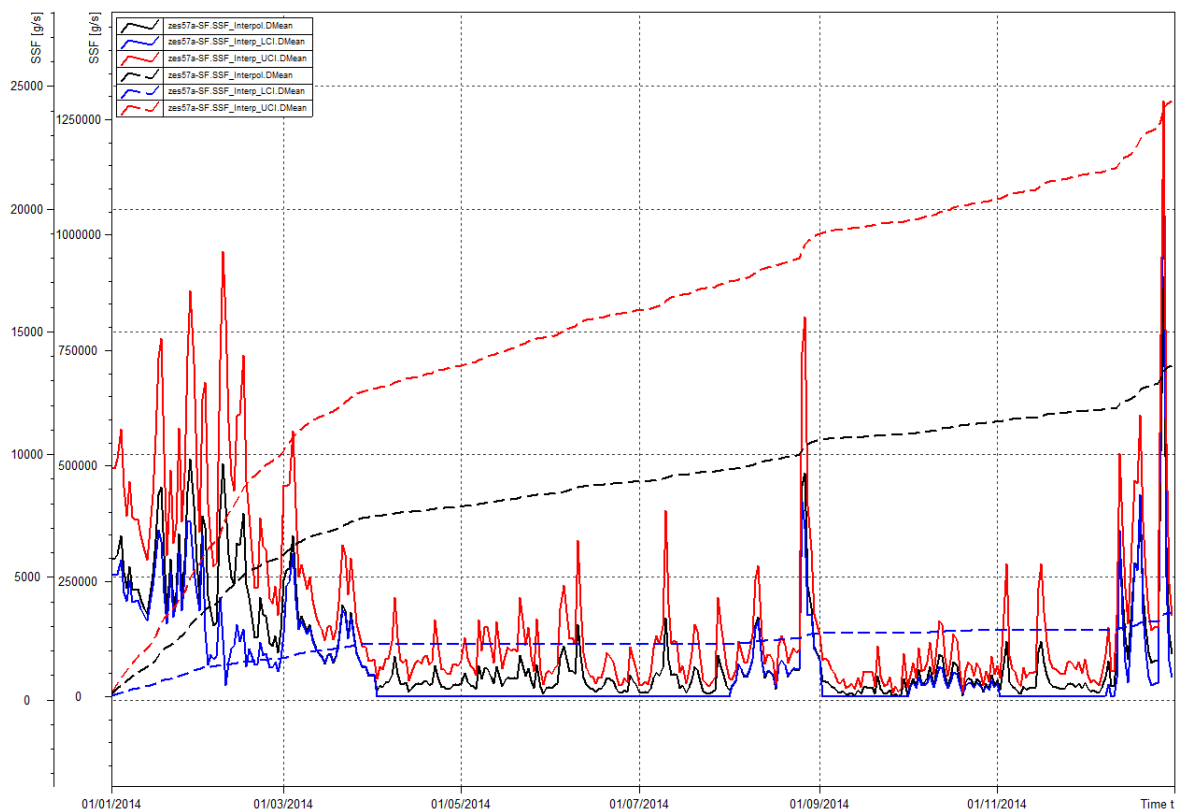


Figuur 168 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Dijle/Demer te Haacht



Figuur 169 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Grote Nete te Itegem





Figuur 170 – Sedimentflux SSF (volle lijnen) en gecumuleerde sedimentvracht SSL (stippellijnen) geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) methode voor de Boven-Zeeschelde te Melle

Tabel 21 - Totale sedimentvracht (SSL) voor 2014 berekend via de interpolatiemethode met onderste (LCI) en bovenste (UCI) 95%-betrouwbaarheidsinterval

Meetlocatie	SSL (ton)	LCI	UCI
Grobbendonk (Kleine Nete)	4.107	2.017	6.315
Itegem (Grote Nete)	3.301	2.014	4.588
Eppegem (Zenne)	11.683	3.941	19.917
Haacht (Dijle)	30.894	13.709	48.665
Appels (Dender)	18.988	6.930	33.920
Melle (Boven-Zeeschelde)	61.884	15.626	111.467

Wanneer men de LCI en UCI in de tabel en de figuren beschouwt, blijkt dat de geschatte sedimentvrachten onderhevig zijn aan een behoorlijk grote onzekerheid. Vooral voor de meetposten waarvoor slechts een regressiemodel van mindere kwaliteit ( $R^2$ ) kon gevonden worden (vb. Melle), liggen de LCI en UCI ver uiteen, of is dus de betrouwbaarheid van het model (en daarmee de geschatte sedimentvracht) relatief laag.

De maandelijkse slibafvoer aan de monding van de verschillende bemeten rivieren (Kleine Nete, Grote Nete, Zenne, Dijle, Dender) wordt berekend gebruikmakend van lineaire extrapolaties i.f.v. de oppervlakten van het deelbekken opwaarts de meetraaien en de volledige oppervlakten van het bekken (dus opwaarts de monding). Tabel 22 geeft voor de bemeten waterlopen de gehanteerde verhouding weer tussen het oppervlakte van het deelbekken opwaarts de monding en de oppervlakte opwaarts de meetraai. Deze verhouding vermenigvuldigd met de slibafvoer aan de meetraai, levert een benadering van de slibafvoer aan de monding. Voor de LCI en UCI wordt dezelfde herschalingfactoren toegepast.

Tabel 22 - Herschalingfactor van meetraai naar monding

Waterloop	Oppervlakte opwaarts monding / Oppervlakte opwaarts meetraai
Kleine Nete (Grobendonk)	1,46
Grote Nete (Itegem)	1,35
Zenne (Epepegem)	1,08
Dijle (Haacht)	1,08
Dender (Appels)	1
Boven-Zeeschelde (Melle)	1

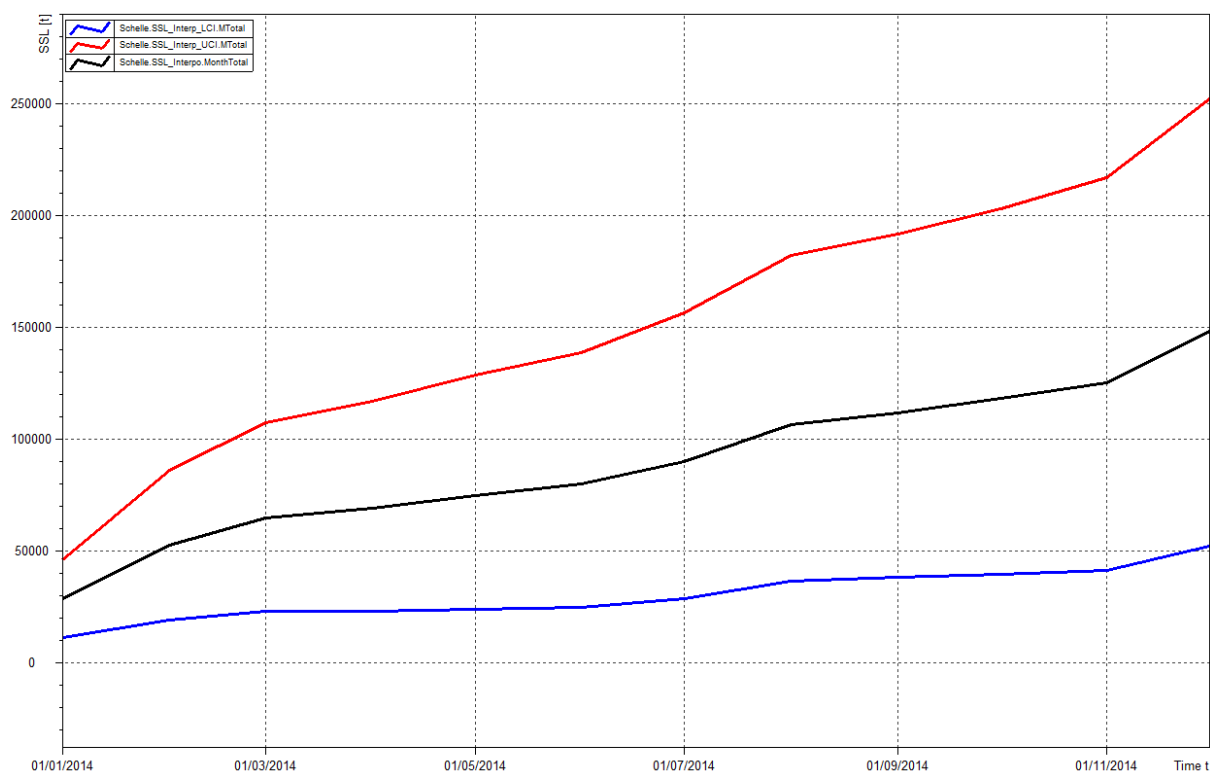
Door de gesommeerde slibafvoer aan de monding van Kleine en Grote Nete, Zenne en Dijle te delen door de bijhorende totale oppervlakte (6.065 km<sup>2</sup>), bekomt men de specifieke slibafvoer (per km<sup>2</sup>). De bijkomende slibafvoer afwaarts de monsternamepunten voor de Rupel, Nete, Schelde en Durme kan dan geschat worden door de vermenigvuldiging van de oppervlakte van deze zijbekkens met deze specifieke slibafvoer. De oppervlaktes van deze bijkomende zones afwaarts de monsternamepunten bedragen:

- 270 km<sup>2</sup> voor de Rupel
- 120 km<sup>2</sup> voor de Nete
- 475 km<sup>2</sup> voor de Schelde
- 325 km<sup>2</sup> voor de Durme

Sommatie van de slibafvoer aan de mondingen in Rupel- en Scheldebekken en de slibafvoer van de zijbekkens, levert dan een schatting van de slibafvoer te Schelle. Deze bedraagt 148.382 ton, met een LCI van 52.133 ton en een UCI van 252.427 ton. De resultaten worden weergegeven in Tabel 23 en Figuur 171. Het resultaat te Schelle ligt merkkelijk lager dan de jaarlijkse gemiddelden voor de periode 1972-2009 en 1992-2009, nl. 286.548 ton resp. 237.927 ton, maar wel boven de minima van deze periodes, nl. 130.319 ton resp. 103.753 ton (Van Hoestenbergh et al., 2014).

Tabel 23 - Totale sedimentvracht voor 2014 berekend via de interpolatiemethode aan de monding van de bemeten en *niet-bemeten* stroomgebieden en op de Zeeschelde te Schelle

Meetlocatie	SSL (ton)	LCI	UCI
Kleine Nete	5.996	2.946	9.220
Grote Nete	4.457	2.719	6.194
Zenne	12.618	4.256	21.511
Dijle	33.366	14.805	52.558
Dender	18.988	6.930	33.920
Boven-Zeeschelde	61.884	15.626	111.467
<i>Rupel – Nete – Zeeschelde – Durme</i>	<i>11.073</i>	<i>4.851</i>	<i>17.557</i>
<b>Zeeschelde (Schelle)</b>	<b>148.382</b>	<b>52.133</b>	<b>252.427</b>



Figuur 171 – Gecumuleerde sedimentvracht SSL geschat via de interpolatiemethode (zwart) met LCI (blauw) en UCI (rood) voor de Zeeschelde te Schelle in 2014

## 4.2. Meetcampagnes

### 4.2.1. Langsvaarten

#### 4.2.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Het Waterbouwkundig Laboratorium voert reeds vanaf de jaren 1960 periodieke langsvaarten langsheen het Schelde-estuarium. Hierbij wordt met behulp van een meetschip op een bepaald moment in de getijcyclus een meting uitgevoerd van bepaalde fysische parameters. In eerste instantie waren deze vaarten vooral gericht op het meten van het verloop van de conductiviteit langsheen het estuarium om alzo de "saliniteitsgradiënt" in beeld brengen.

Sinds 2010 heeft men echter ook systematisch naast de conductiviteit (gemeten met een YSI sonde) ook water- en sedimentstalen genomen met behulp van een pomp, om zo ook enerzijds het chloridegehalte te kunnen bepalen, als anderzijds ook de sedimentconcentratie te kunnen meten. Bij de zogeheten langsvaarten worden op 17 vaste locaties (zie Figuur 172) langsheen de Beneden-Zeeschelde pompstalen genomen in de bovenste helft van de waterkolom (1 à 3 m onder het wateroppervlak). De vaarten worden maandelijks tot 3-maandelijks uitgevoerd op volgende momenten van het getij:

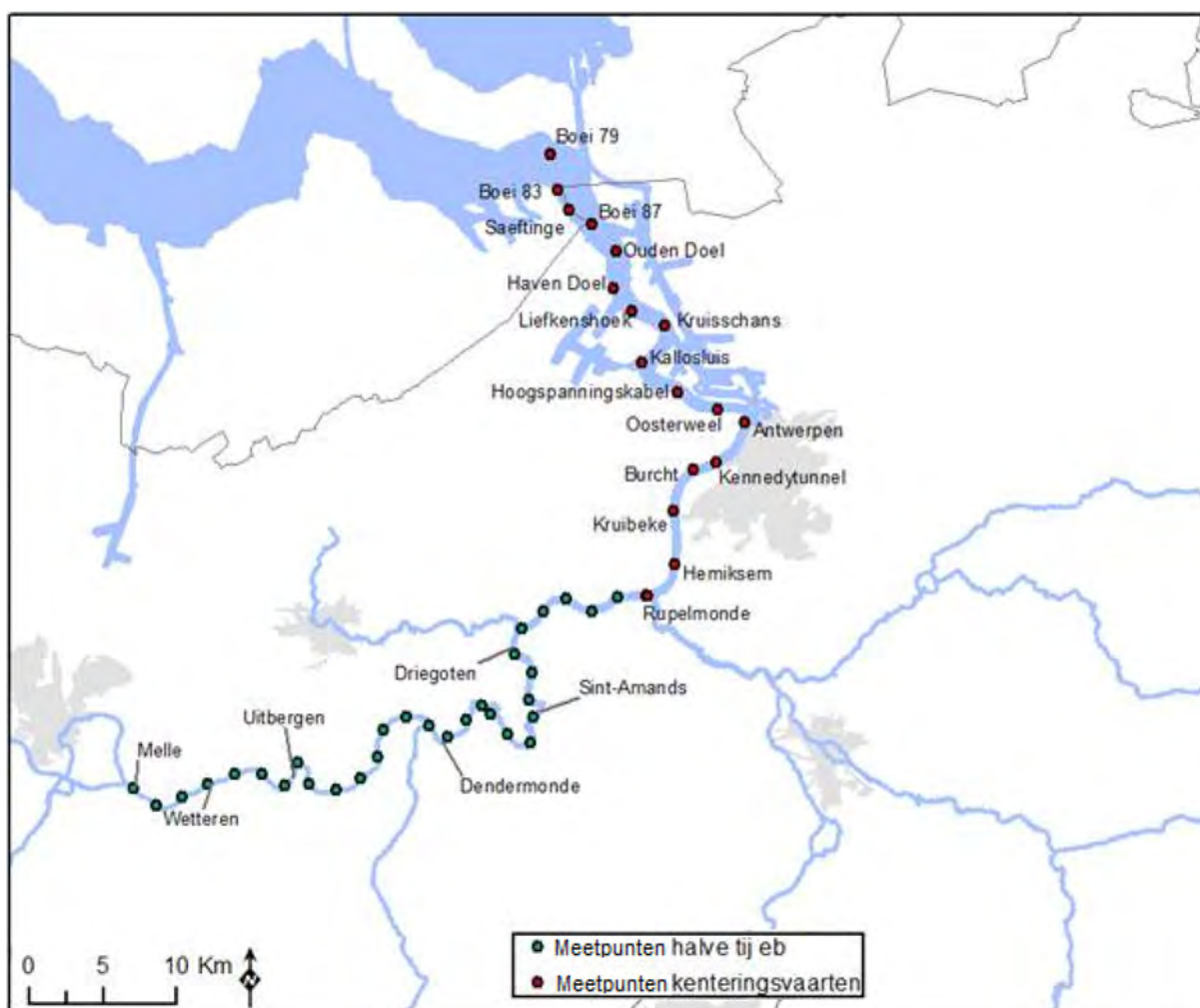
- Kentering hoogwater (KHW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de vloedperiode, wat overeenkomt met de meest opwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een "achtergrondwaarde" weer.
- Kentering laagwater (KLW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de ebperiode, wat overeenkomt met de meest afwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een "achtergrondwaarde" weer.
- Halftij-eb (HTE): deze meting (Tabel 24) richt zich louter op de sedimentconcentraties. en werd sinds 2009 maandelijks uitgevoerd in de Beneden-Zeeschelde; sinds 2012 werd deze meting ook uitgebreid naar de Boven-Zeeschelde [Plancke *et al.*, 2013, 2014], doch hier 3-maandelijks; deze metingen geven een beeld van de sedimentconcentraties in het estuarium bij aanzienlijke stromingen. De factual data rapportering voor 2014 gebeurde reeds in Meire *et al.* (2015).

Bij de kenteringsvaarten dient het meetschip de kentering bij te houden, wat in de praktijk niet evident is. Hierdoor zal de meting aanvagen op het meest stroomafwaartse punt op een moment dat de stroming nog niet gekenterd heeft, terwijl op het eindpunt (meest opwaarts) de kentering reeds gebeurd zal zijn.

Voor de conductiviteit zal de invloed hiervan beperkt blijven, doch voor de sedimentconcentratie kan dit een meer belangrijke invloed hebben. Bij de halftij-eb meting is deze invloed veel kleiner, aangezien de stroomsnelheid gedurende de eb-fase minder sterk varieert. Daardoor zal ook de sedimentconcentratie minder aan belangrijke variaties onderhevig zijn, zodat deze periode zich voor suspensiemateriaal beter leent tot metingen langsheen het estuarium

Tabel 24 - Overzicht data meetcampagnes halve tij eb.

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Winter	Beneden-Zeeschelde	07/02/2014
	Boven-Zeeschelde	05-06/02/2014
Lente	Beneden-Zeeschelde	06/05/2014
	Boven-Zeeschelde	20-21/05/2014
Zomer	Beneden-Zeeschelde	17/09/2014
	Boven-Zeeschelde	01-02/09/2014
herfst	Beneden-Zeeschelde	14/11/2014
	Boven-Zeeschelde	13-14/11/2014



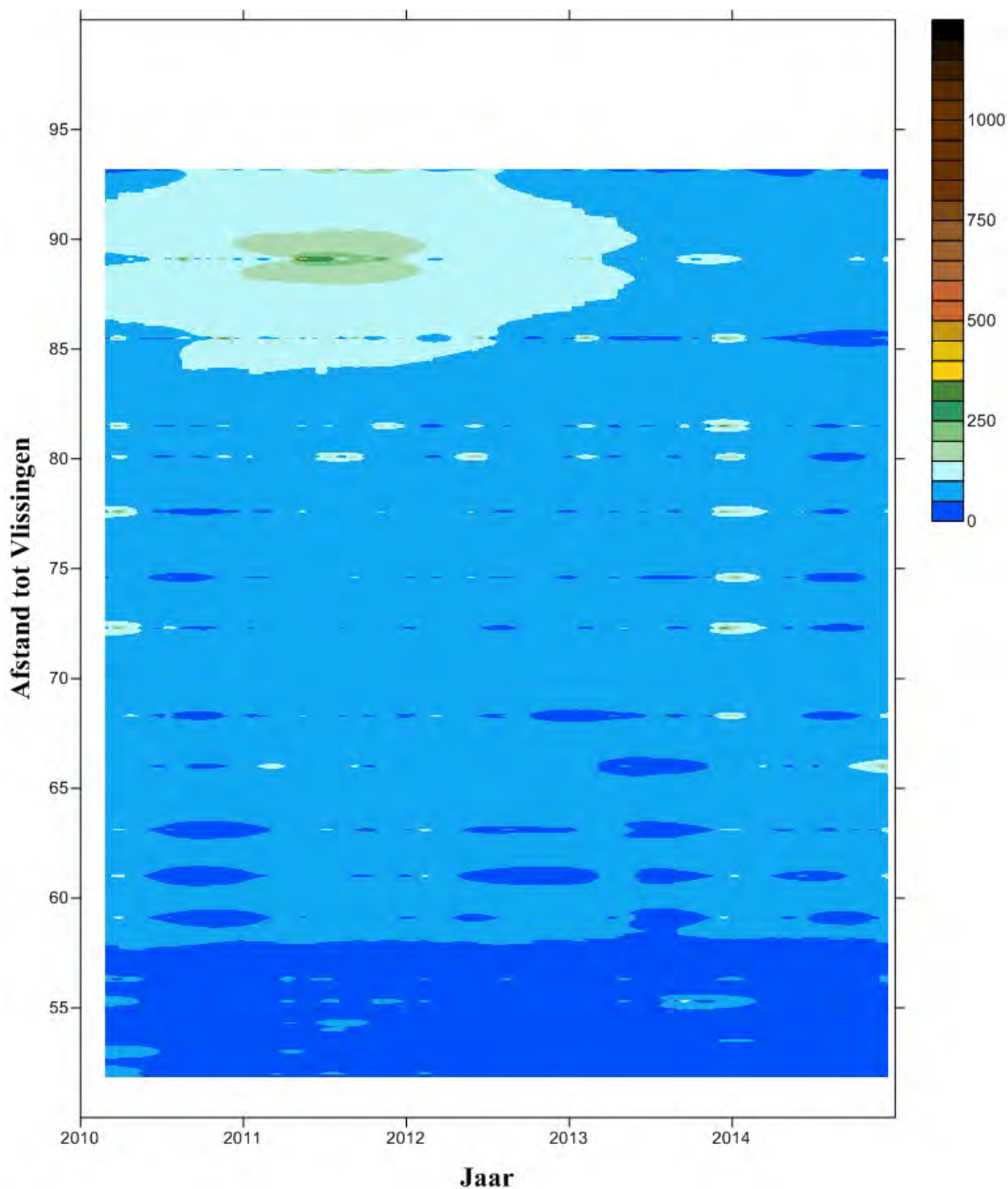
Figuur 172 - Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten



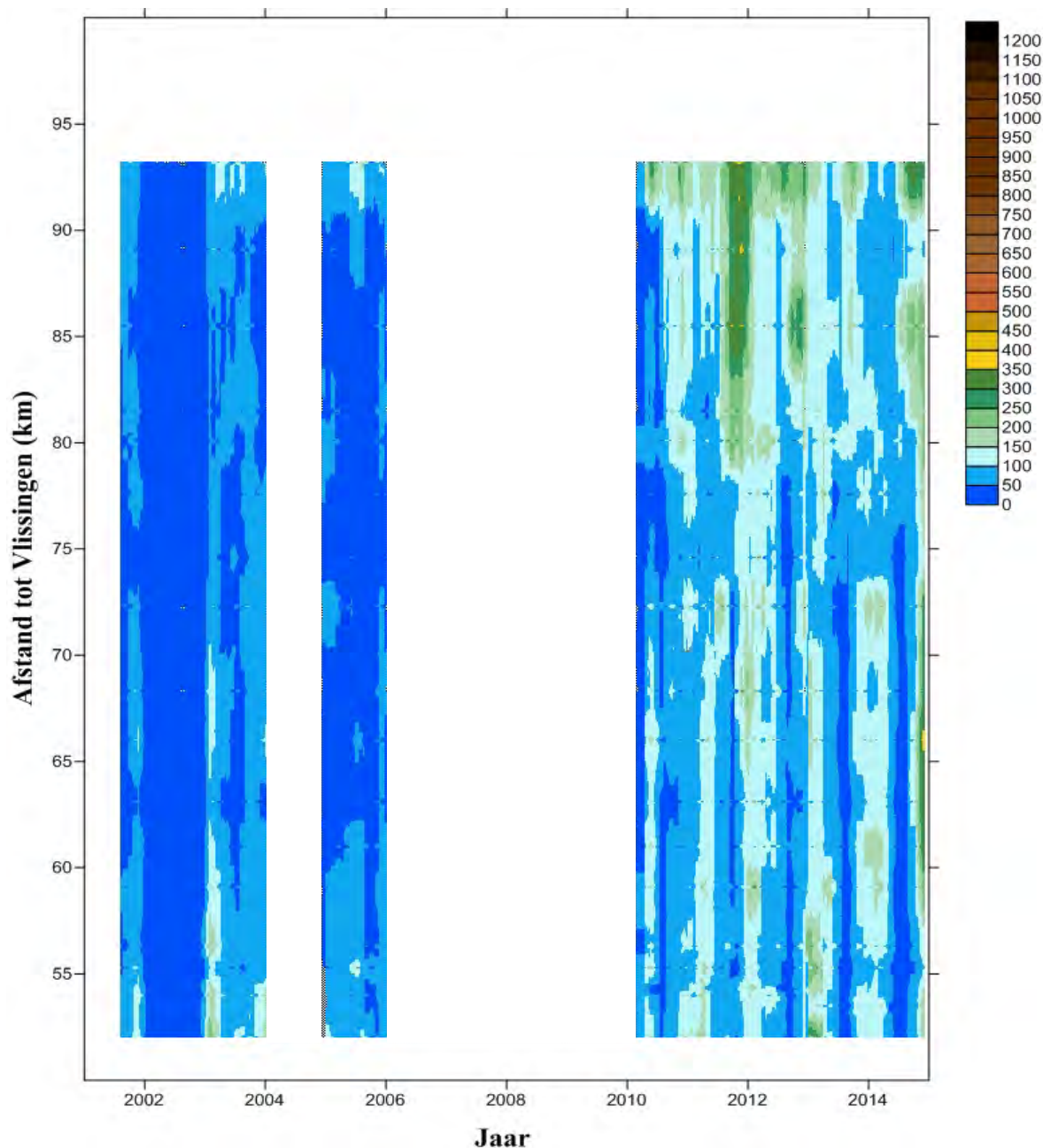
#### 4.2.1.2 Resultaten sedimentconcentratie langsvaarten

Figuur 173 t.e.m. Figuur 175 geven het verloop van de sedimentconcentratie langsheen het Beneden-Zeeschelde weer voor de periode 2010 – 2014 en dit voor de verschillende momenten van het getij. Deze grafieken geven op de y-as de afstand ten opzichte van de monding weer, waarbij de meting afwaarts aanvangt ter hoogte van Boei 79 (nabij Bath, KM 53), via Liefkenshoek (KM 63,1) en Antwerpen-Loodsgebouw (KM 77,6) tot Rupelmonde (KM 93). Deze plots zijn gemaakt aan de hand van een Inverse Distance Weighting interpolatietechniek, waarbij langsheen de x-as data mee opgenomen worden in de interpolatie die binnen de grenzen van + 1.5 maand en - 1.5 maand zijn gelegen, langsheen de y-as is dit +5km en -5 km.

Gelet op bovenstaande bemerking met betrekking tot de moeilijkheid van het volgen van de kentering over het volledige traject, dient opgemerkt te worden dat de hogere waarden in het opwaartse deel van het traject (tussen KM 80 en 93) naar alle waarschijnlijkheid deels te wijten zijn aan het niet meten op het moment van kentering hoog- en laagwater, doch reeds in de initiële eb- respectievelijk vloedperiode.



Figuur 173 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden Zeeschelde.

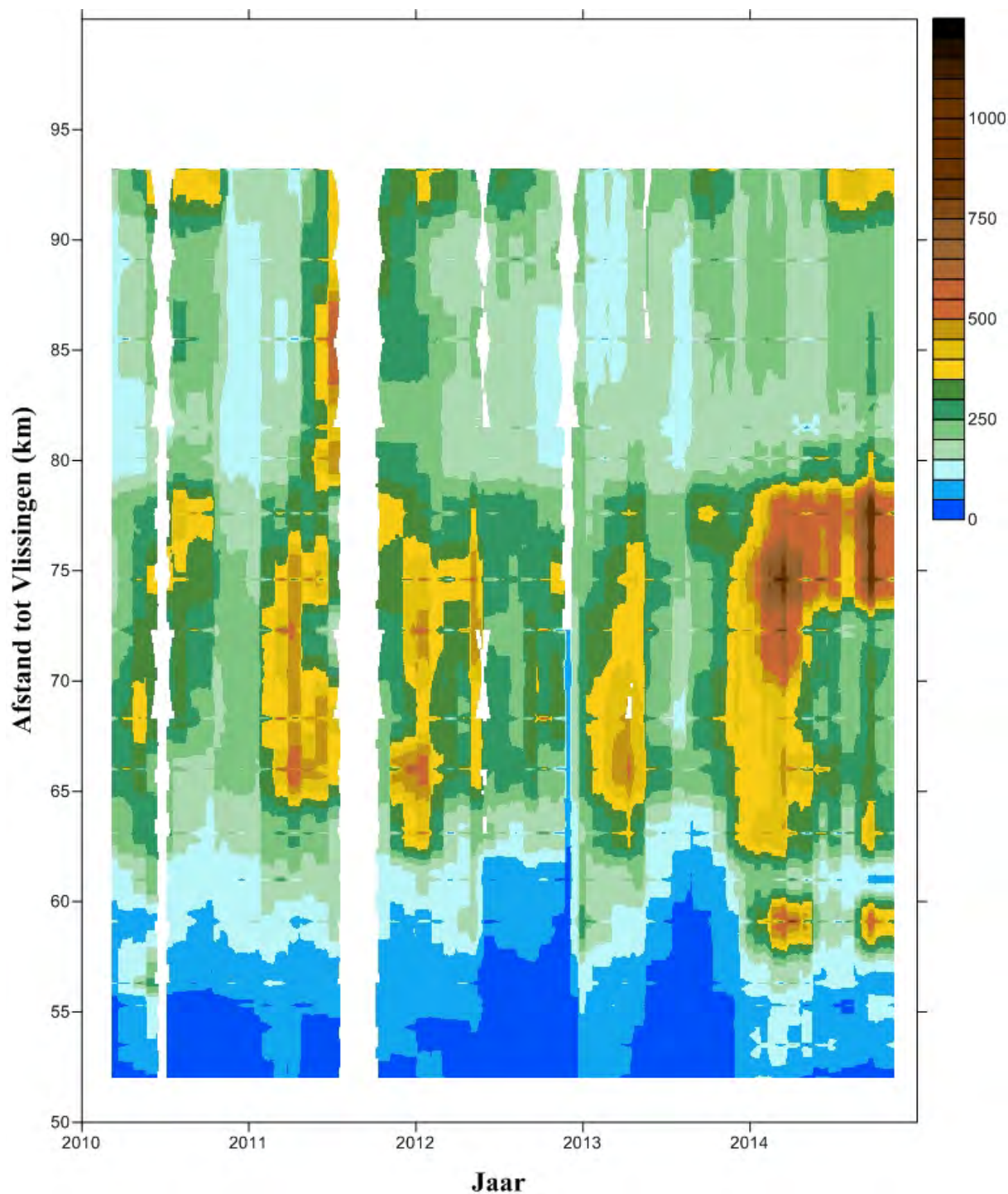


Figuur 174 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden Zeeschelde.

Aangezien de metingen op identieke wijze in de loop der jaren worden uitgevoerd, zijn de waarden wel onderling vergelijkbaar over de verschillende jaren.

Voor de langsvaarten tijdens kentering hoogwater, blijven de gemeten sedimentconcentraties grotendeels beneden 100 mg/l. Enkel in het meest opwaartse deel worden hogere concentraties gemeten, die echter ook in de tijd variëren. Hierbij valt met name de verhoging van de sedimentconcentraties op in het jaar 2011, die in de loop van 2012 terug zakken naar een lager niveau, en nog verder zakken in 2013. In 2014 lijkt een opnieuw een lichte toename waarneembaar (zeker in de winterperiodes).

De langsvaarten tijdens kentering laagwater vertonen een soortgelijk verloop, al liggen de gemeten waarden hier hoger (ca. 150 mg/l). Ook hier kunnen eind 2011 – begin 2012 hogere waarden vastgesteld worden, die ook weer afnemen in de loop van 2012 en ongeveer gelijk blijven (of nog licht zakken) in 2013. Ook hier stijgen de waarden weer licht in 2014, waarbij vooral de winterperiode eind 2014 verhoogde waarden vertoont.

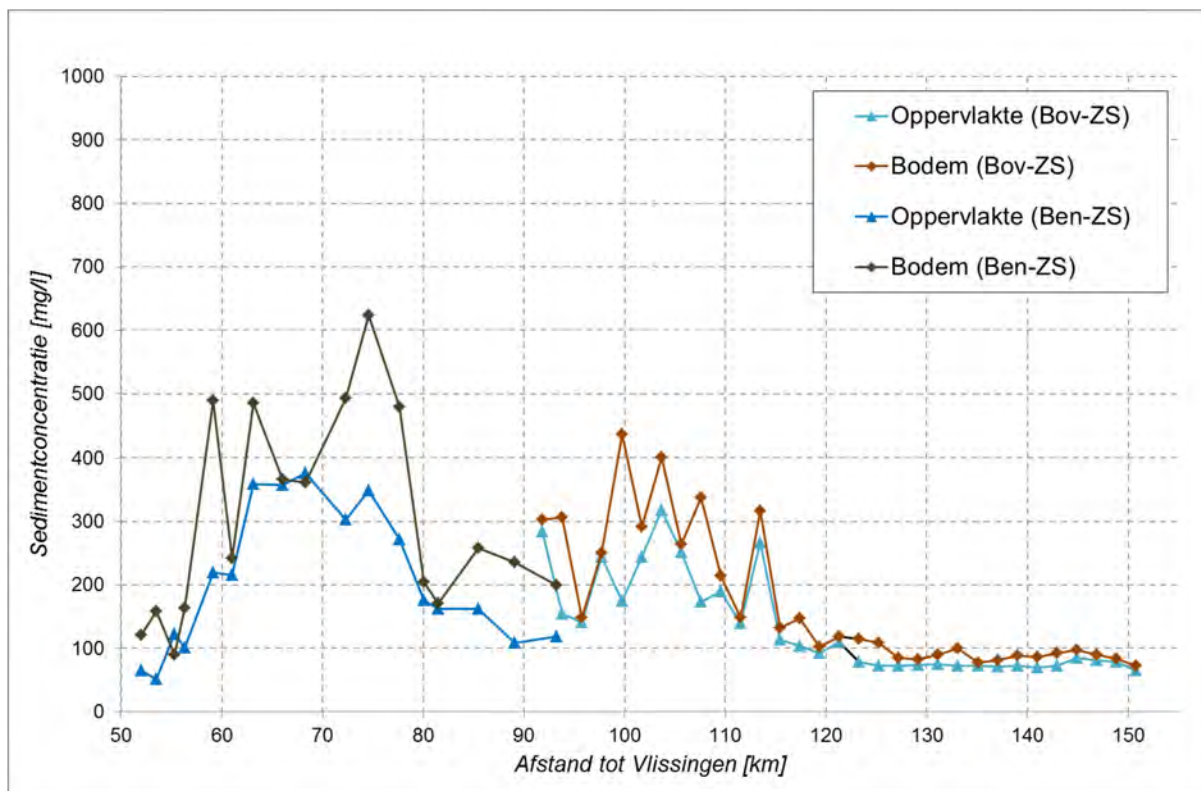


Figuur 175 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de Beneden Zeeschelde.

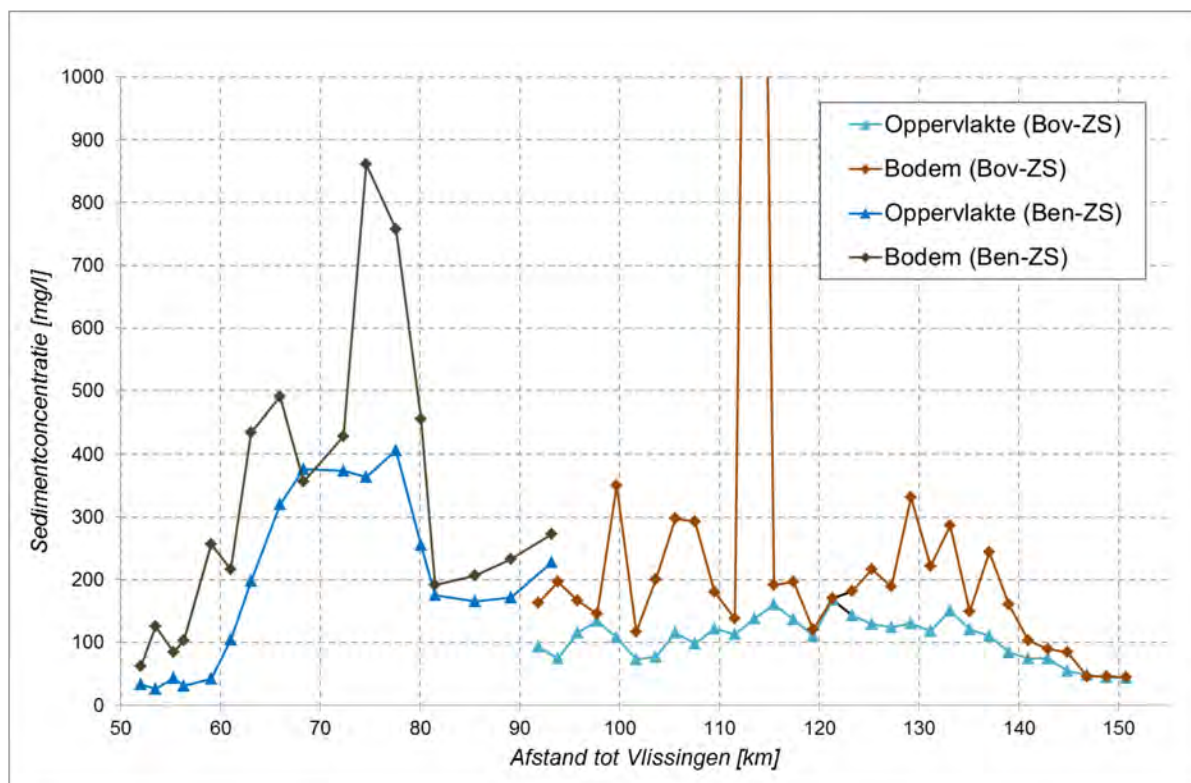
De metingen uitgevoerd bij halftij-eb geven ruimtelijk een ander beeld: de hoogste sedimentconcentraties (tot 650 mg/l) worden gevonden tussen KM 60 en KM 80. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, kan een vergelijkbaar patroon vastgesteld worden als bij de kenteringvaarten.

Figuur 176 t.e.m. Figuur 179 geven het verloop van de (aan de oppervlakte bemonsterde) sedimentconcentratie langsheen de volledige Zeeschelde, tijdens vier HTE campagnes die zowel de Boven-Zeeschelde als de Beneden-Zeeschelde bemonsterden. Tabel 25 geeft enkele kengetallen van deze campagnes.



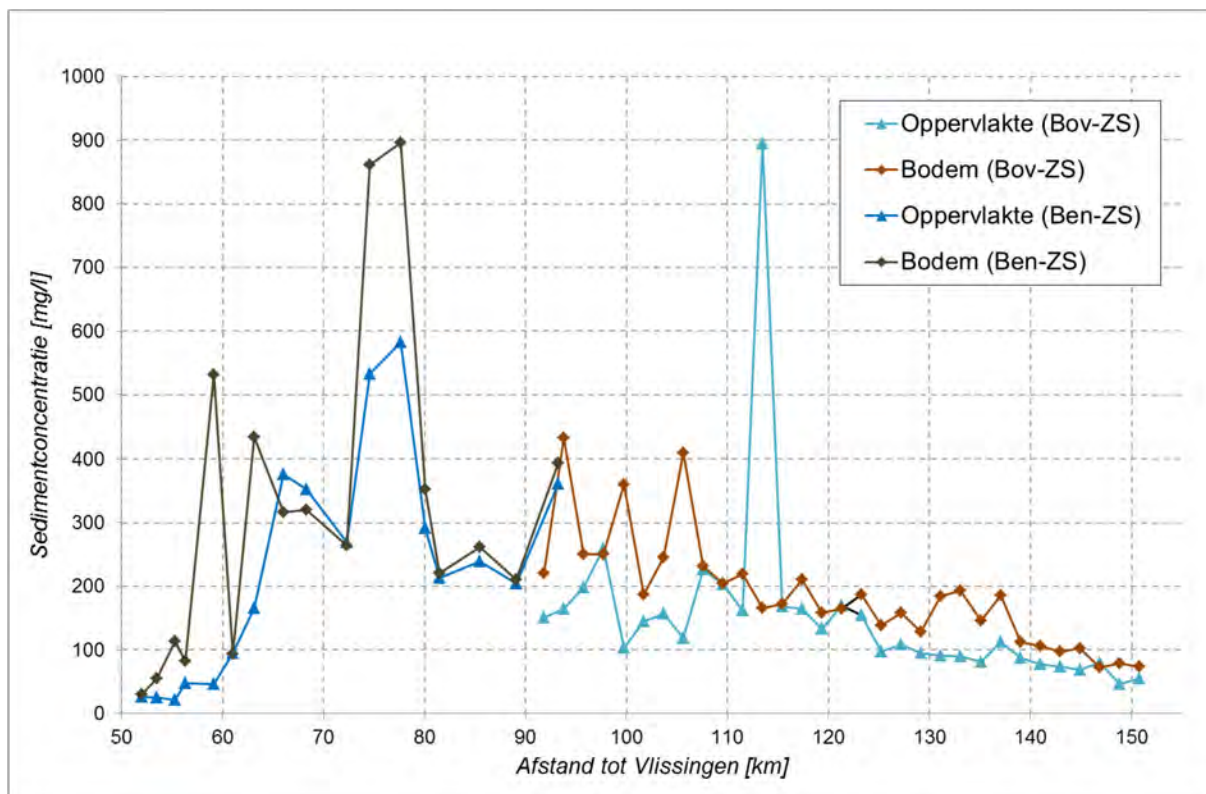


Figuur 176 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in februari 2014 langsheen de volledige Zeeschelde

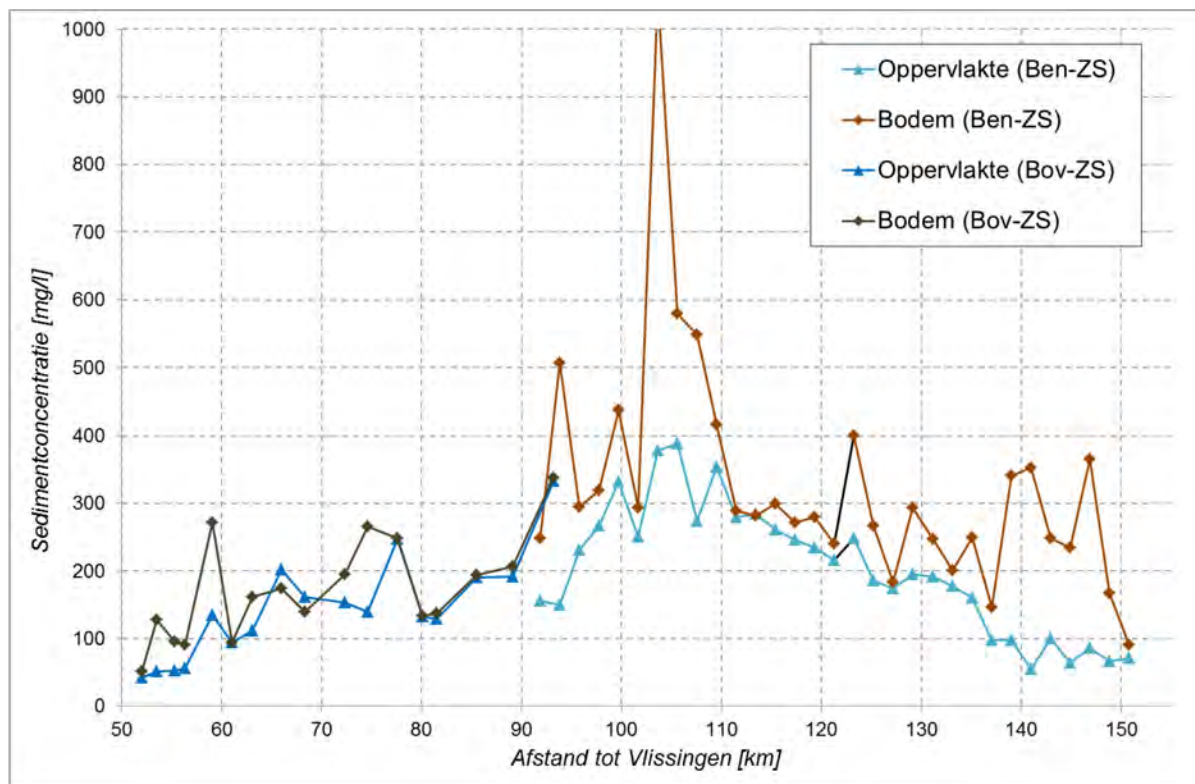


Figuur 177 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in mei 2014 langsheen de volledige Zeeschelde





Figuur 178 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in september 2014 langsheen de volledige Zeeschelde



Figuur 179 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb in november 2014 langsheen de volledige Zeeschelde

Tabel 25 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van halfjaar-gegevens in 2014 langsheen de volledige Zeeschelde

		februari		mei		september		november	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	51	72	26	44	30	22	42	52
	max	376	624	406	2710	896	583	388	1052
	gemid	159	217	137	283	212	202	181	272
	stdev	95	141	93	389	203	124	92	162
Boven-Zeeschelde	min	65	72	43	44	47	73	55	91
	max	318	437	168	2.710	895	433	388	1.052
	gemid	133	170	106	259	153	189	202	327
	stdev	75	106	33	454	145	86	93	171
Beneden-Zeeschelde	min	51	90	26	62	22	30	42	52
	max	376	624	406	861	583	896	333	337
	gemid	207	302	195	326	227	320	142	172
	stdev	107	156	132	219	170	245	74	74

Uit deze figuren en tabel valt geen eenduidig beeld rond seizoenale variaties af te leiden. Zo blijkt dat de laagste gemiddelde sedimentconcentraties voor bodem- en oppervlaktestaalnames niet steeds bij dezelfde campagne geregistreerd zijn. Voor de Boven-Zeeschelde vallen ze beiden tijdens de campagne van februari, maar voor de Beneden-Zeeschelde werd de laagste gemiddelde sedimentconcentratie aan zowel de bodem als aan het oppervlak, geregistreerd tijdens de wintercampagne van november. Dit is logisch aangezien het estuarine turbidity maximum (ETM) zich verplaatst afhankelijk van de bovenafvoer.

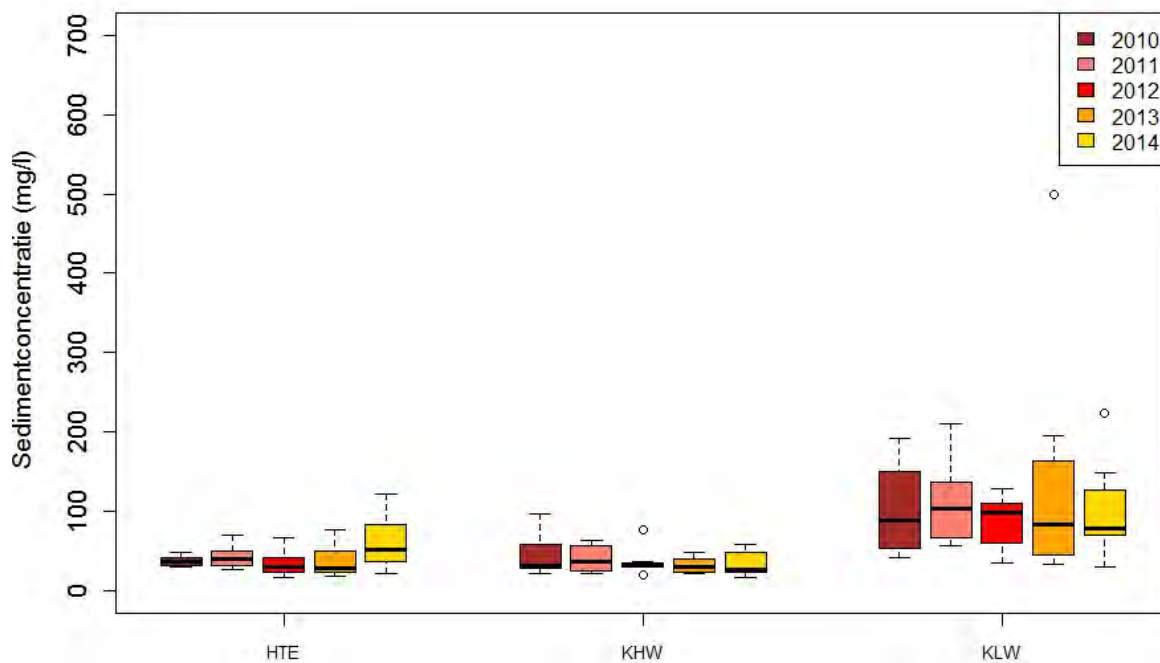
Ook blijkt dat in februari van km 120 tot 150 lage concentraties (rond 100 mg/l) bij zowel oppervlakte als bodemstalen worden gemeten en dat deze waarden vrij constant blijven in deze zone. Vanaf km 120 doet zich een stijging voor, waarbij rond km 90 een lokaal minimum aan sedimentconcentraties wordt opgemerkt. De lokale maxima liggen in februari rond de 100km en 70km.

Deze trends komen echter de andere drie meetcampagnes niet terug. De lage sedimentconcentraties worden nagenoeg onmiddellijk de hoogte ingestuwd, en de lokale maxima en minima zijn niet steeds even duidelijk herkenbaar.

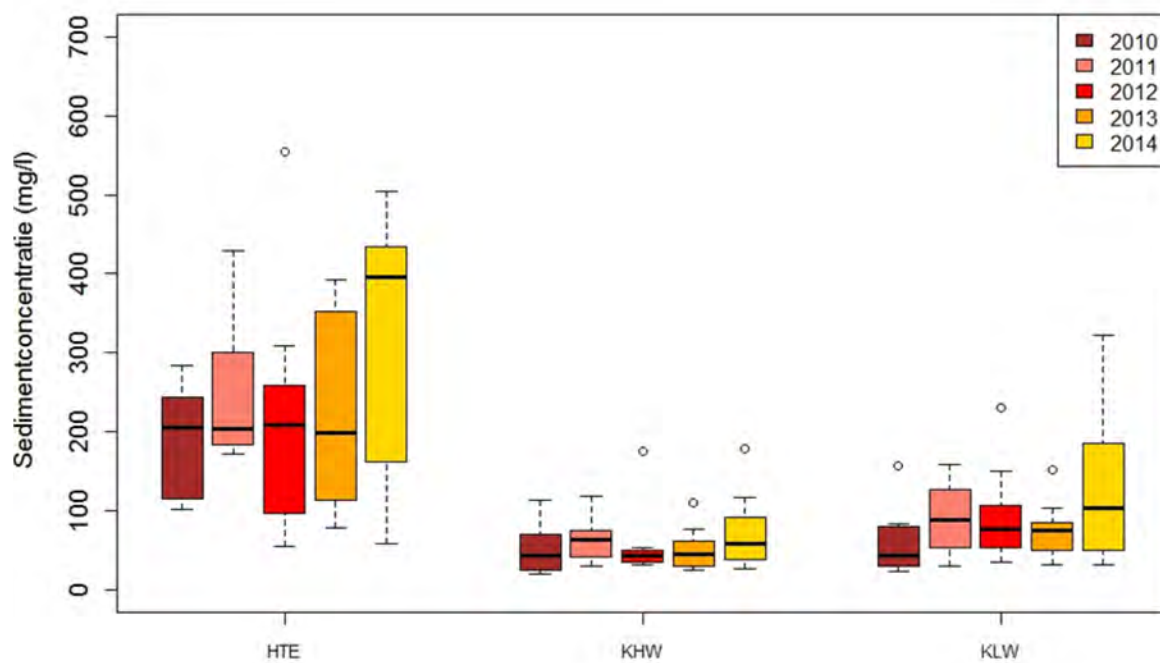
Verder valt op dat tijdens voor drie van de vier meetcampagnes, hogere sedimentconcentraties gemeten zijn in de Beneden-Zeeschelde. Enkel tijdens de november-campagne zijn de sedimentconcentraties duidelijk hoger in de Boven-Zeeschelde.

Om hier uitspraak over te kunnen doen zijn meerdere meetjaren nodig.

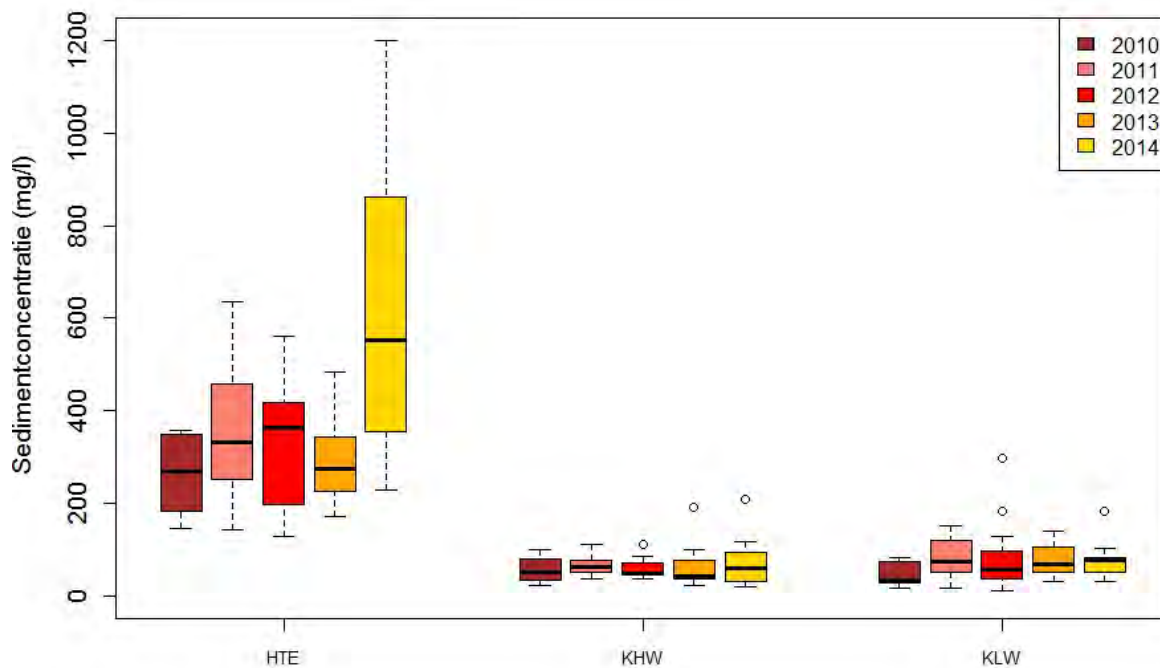
Tot nu toe werden de langsvaarten besproken in het kader van ruimtelijke en temporele variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde. In Figuur 180 t.e.m. Figuur 184 worden voor vijf verschillende locaties langsheen de Beneden Zeeschelde (tussenafstand ca. 10 km), en voor de verschillende momenten in de getijcyclus, het verloop van de sedimentconcentraties genomen aan het oppervlak voor de periode 2010-2014 weergegeven. Hierbij is geopteerd voor een boxplot-weergave: een vijf-getallen-samenvatting die bestaat uit het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan (of tweede kwartiel), het derde kwartiel en het maximum van de waargenomen data (die niet als uitschieters worden beschouwd). Zwakke uitschieters liggen op een afstand tussen 1,5 en 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een °. Sterke uitschieters liggen op een afstand groter dan 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een \*.



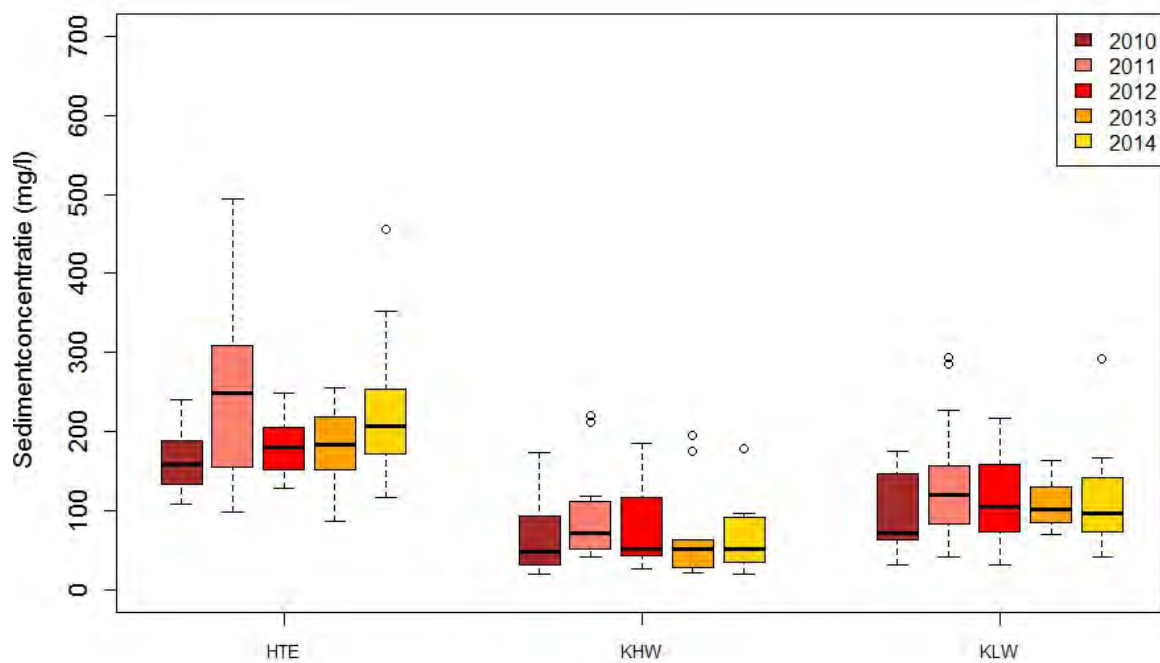
Figuur 180 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Boei 79



Figuur 181 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Liefkenshoek

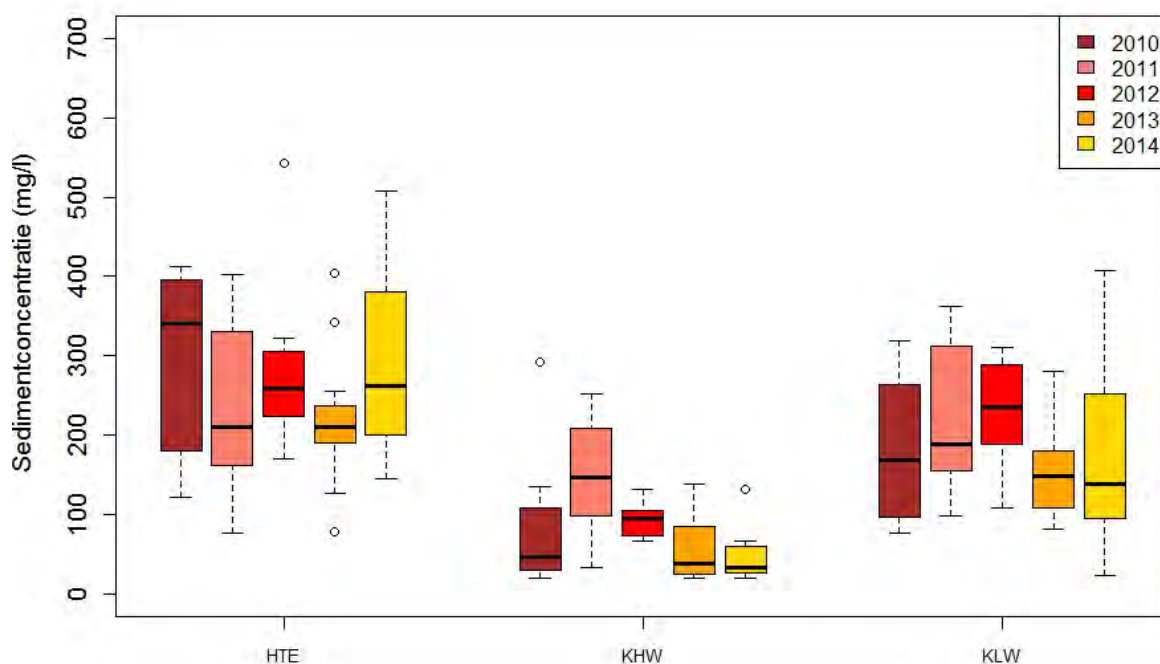


Figuur 182 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Oosterweel



Figuur 183 - Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Kennedy-tunnel





Figuur 184 - Boxplots van sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2014 – Rupelmonde

Te Boei 79 blijken de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor te komen bij kentering laagwater (gemiddeld ca. 100-200 mg/l), terwijl deze bij kentering hoogwater en halftij-eb lager liggen (ca. 50 mg/l). Dit kan verklaard worden doordat het sedimentrijk water van de Zeeschelde enkel bij kentering laag water deze afwaarts gelegen locatie bereikt, terwijl bij kentering hoog water het minder sediment-beladen water van de Waesterschelde deze locatie voorbijstroomt. Deze gemiddelde waarden variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. Enkel voor de halve tij-eb campagnes is een algemene verhoging van de sedimentconcentraties merkbaar voor 2014, dit in vergelijking met de voorgaande jaren.

Te Liefkenshoek komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). Deze gemiddelde waarden variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. De variatie binnen de halftij-eb gegevens is wel veel groter dan voor de kenteringsvaarten. Ter hoogte van Liefkenshoek werden voor alle campagnes in 2014 gemiddeld hogere sedimentconcentraties opgemeten in vergelijking met de voorgaande jaren. Bij de halve tij-eb campagnes leidde dit zelfs tot een verdubbeling van de mediaan (van 200 mg/l in 2010-2013 tot 400 mg/l in 2014). De verhoging van de sedimentconcentratie tijdens kentering hoogwater bleef in 2014 beperkt, maar was wel merkbaar bij de kentering laagwater campagnes. De gemeten waarden bij kentering laagwater waren in 2014 gemiddeld maar enkele 10mg/l hoger dan in voorgaande jaren, maar er werden enkele uitzonderlijk hoge concentraties gemeten (hoger derde kwartiel).

Een zelfde trend kan opgemerkt worden ter hoogte van Oosterweel: de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties komen voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 300 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). Ter Oosterweel vertonen de gemiddelde waarden echter wel wat meer variatie tussen de verschillende jaren. Te Oosterweel werden er tijdens de halve tij-eb campagnes in 2014 enkele extreem hoge sedimentconcentraties gemeten (tot 1.200 mg/l), ook over het algemeen waren de sedimentconcentraties tijdens deze campagnes hoger dan in voorgaande jaren (hogere waarden in tweede en derde kwartiel). Voor de kenteringsvaarten (tijdens hoog- en laagwater) werden er zeer gelijkaardige sedimentconcentraties bemeaten, in vergelijking met de voorgaande jaren. Bij de kentering hoogwater-campagnes was slechts een beperkte verhoging van de concentratie merkbaar, bij de kentering laagwater-campagnes waren de gemeten concentraties zelfs lager.

Ook voor de locatie aan de Kennedy-tunnel komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij half-tij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). De campagnes die afgewerkt werden in 2014, leverden zeer gelijkaardige resultaten op als de vorige jaren. Er valt echter een uitschieter op bij de halve tij-eb campagnes, die een waarde bereikt die sinds 2011 niet meer gemeten werd.

Voor Rupelmonde tenslotte is het beeld iets minder duidelijk. De hoogste sedimentconcentraties bevinden zich bij half-tij-eb (gemiddelden variërend tussen 200 en 350 mg/l), maar de gemiddelde waarden bij kentering laagwater zijn ook behoorlijk hoog (variërend van 150 tot 250 mg/l). De gemiddelde sedimentconcentraties bij kentering hoogwater liggen lager (variërend van 50 tot 150 mg/l). Er is geen duidelijke trend doorheen de jaren zichtbaar: bij kentering hoogwater zijn er hogere waarden in 2011; bij kentering laagwater nemen de gemiddelde sedimentconcentraties geleidelijk toe van 2010 tot 2012 om dan naar een dieptepunt te zakken in 2013; bij half-tij-eb fluctueren de kengetallen over de vijf jaren zonder uitgesproken trend. Hier valt op dat de sedimentconcentratie gemeten in 2014 enkel hoger waren tijdens de halve tij-eb campagnes en de kenteringsvaarten bij laagwater. Tijdens de campagnes bij hoogwater werden het hele jaar door lagere concentraties bemonsterd dan tijdens de voorgaande jaren.

#### **4.2.2. Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentraties)**

##### 4.2.2.1 Algemeen

Dertienuursmetingen (Tabel 26) beslaan een volledig getij (dus gedurende minstens de duur van een halfdaags getij, gemiddeld 12u25min lang, en vandaar het adjectief “dertienuurs”). Ze worden uitgevoerd door continu dwarsraaien te varen op een bepaalde plaats, aangevuld met het nemen van waterstalen. Tijdens de meting worden de watersnelheid en van het gehalte aan suspensiemateriaal opgemeten. De “ganse dwarssectie”, hieronder verstaan we nagenoeg de volledige hoogte van de waterkolom, van nabij het wateroppervlak, tot bijna op de bodem hetgeen (meestal tot één meter boven de bedding). In breedte van de rivier gaat het uiteraard over de natte breedte, dus breder bij hoogwater dan bij laagwater, en voor zover het betrokken meetschip gezien zijn diepgang en de nodige kielspeling tot nabij de oever kon varen.

De dertienuursmetingen worden uitgevoerd met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Dit toestel is in staat om continu stroomsnelheden te meten, zowel en tegelijk over de (bijna) gehele waterkolom (verticale) als over de dwarsbreedte van de rivier, indien het schip dat het ADCP-toestel voert, mooi over de dwarsbreedte vaart. Verschillende instellingen qua diepte- en dwarsbreedtes worden toegepast. Deze metingen gebeuren per cel van 50 cm hoogte (voor de dwarsraaien te Liefkenshoek, Oosterweel en Schoonaarde) en per cel van 25 cm (voor de dwarsraaien te Driegoten, terhagen en Kruikebeke), en telkens - cel per cel - over een 25-tal meter volgens de dwarsbreedte.

Om de waterstroming te kunnen meten wordt hoogfrequent een akoestisch signaal uitgezonden, waarvan door het Doppler-effect (= de fase-verschuiving tussen de uitgezonden en de ontvangen puls, uitgezonden met een frequentie van 1.200 kHz) de stroomsnelheid rechtstreeks wordt bepaald. Door de gemeten stroomsnelheden te vermenigvuldigen met de natte sectie, bekomt men het debiet (Q).

Zulk ADCP-toestel geeft evenwel ook een relatief betrouwbaar beeld van het gehalte aan zwevend materiaal in het water, ook per cel, dus ook telkens over een halve meter hoogte over de verticale en per eenheid over de breedte. Want er is een vermindering van intensiteit tussen het (krachtige) uitzendingsignaal en het (zwakkere) ontvangen signaal, zijnde de “backscatter”. Dat verschil is een geluidsabsorptie veroorzaakt door enerzijds de absorptie in het eigenlijke water, en anderzijds de verspreiding en de absorptie van de geluidsgolf door alle sedimentkorrels in suspensie dat het signaal in zijn heen en weer gaan ondervindt. De bepaling van sedimentconcentratie (SSC) is dus afgeleid uit het signaalverlies tussen het door de ADCP uitgezonden en ontvangen akoestische signaal, maar wordt gecorreleerd met het gehalte aan suspensiemateriaal door zowel het regelmatig nemen van watermonsters alsook de ijking met een turbiditeitsmeetinstrument waarvan de turbiditeit ook naar sedimentgehalte gevalideerd is.

Voor meer gedetailleerde informatie met betrekking tot de methodologie van dertienuursmetingen wordt verwezen naar Levy et al. (2015). Hier worden enkel de resultaten van ADCP-metingen van 2014 gepresenteerd (vergeleken met de waarden van de vorige jaren). Meer bepaald worden de debieten, sedimentconcentraties (SSC) en de sedimentflux (SSF) gepresenteerd.

Tabel 26 - Overzicht meetcampagnes dertienuursmetingen met datum van uitvoering en start- en einduur in MET

Meetlocatie	Datum campagne	startuur	einduur
Liefkenshoek	14 mei 2014	6:54	19:47
Oosterweel	16 mei 2014	7:12	19:44
Kruikeke	02 juli 2014	8:33	20:16
Driegoten	17 juni 2014	6:35	19:32
Schoonaarde	03 juli 2014	8:33	21:29
Terhagen	30 juni 2014	8:55	20:12

#### 4.2.2.2 Dertienuursmeting te Liefkenshoek

Op 14 mei 2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek. Figuur 185 toont de ligging van de gevaren dwarsraai, net opwaarts van (aan linkeroever) de steiger aan Fort Liefkenshoek en (aan rechteroever) Lillo, in wezen dus de lijn boven de Liefkenshoektunnel.



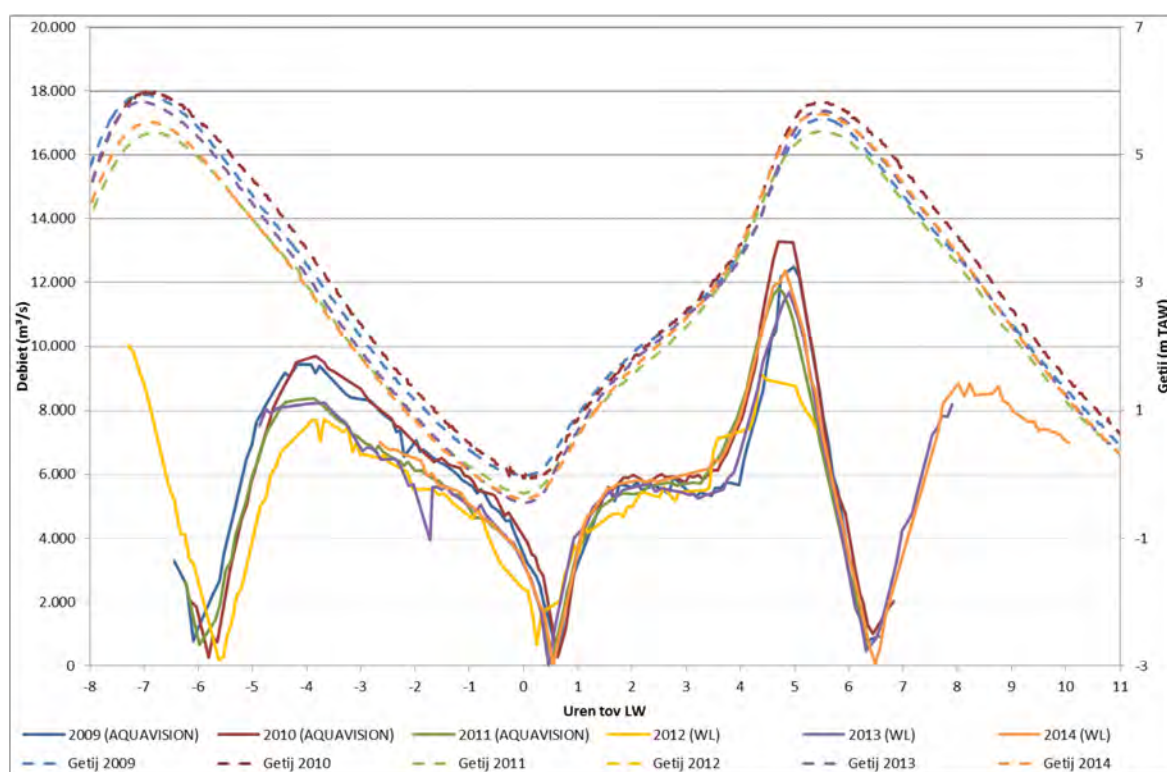
Figuur 185 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)

De zwarte lijn stelt de gevaren dwarsraai voor, waarover het meetschip, met een ADCP-meettoestel aan boord, gedurende dertien uren bijna onafgebroken weg en weer heeft gevaren. Er werden watermonsters genomen om zowel de backscattering van de ADCP als de meevarende turbiditeitsmeter te ijken. Op deze manier kunnen, naast stroomgegevens, ook een beeld van de verdeling en de grootte van het suspensiemateriaal over de dwarssectie opgemaakt worden.

Figuur 186 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2012 zijn kleiner dan deze voor de overige jaren, veroorzaakt door een kleiner getijverschil bij deze meting.

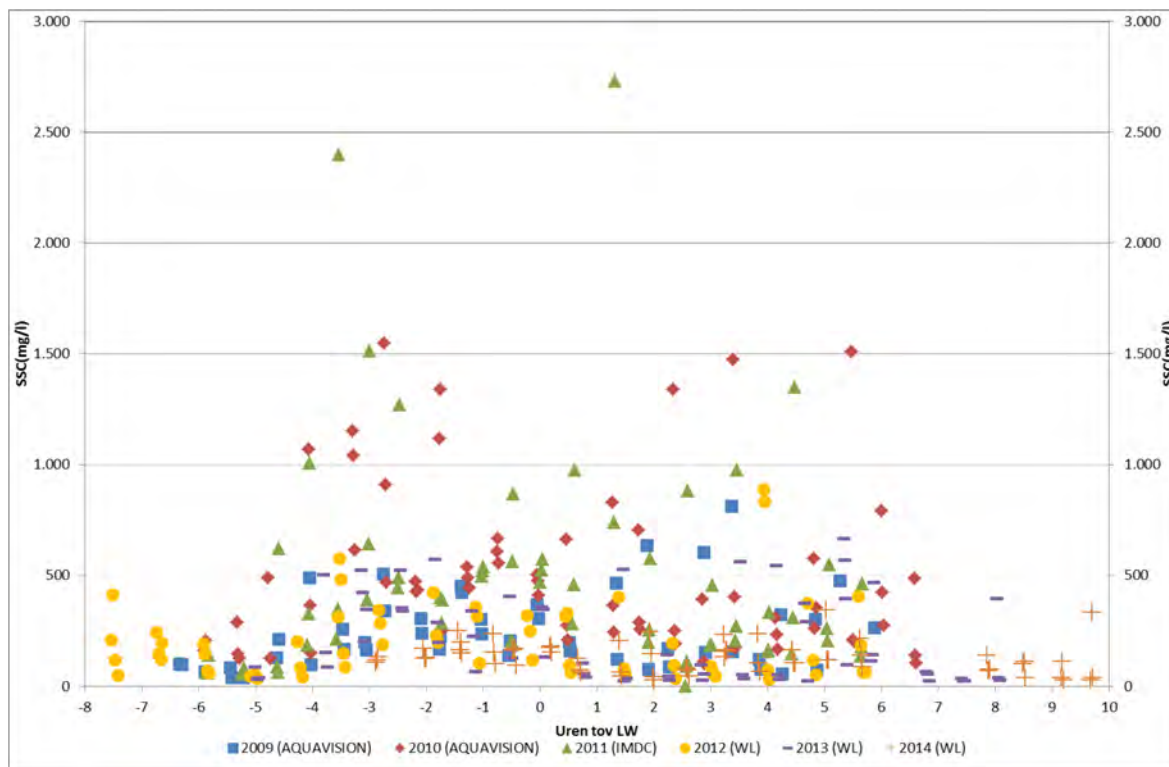
Figuur 187 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Hieruit blijkt dat ook de suspensiegehalten bepaald in 2009, 2012 en 2013 lager zijn dan in 2010 en 2011, dat alles o.m. afhankelijk van het getijverschil bij meting. De metingen genomen tijdens de campagne van 2014 waren gemiddeld lager dan alle voorgaande jaren.

Door vermenigvuldiging van de gemeten debieten met de overeenkomstige SSC-waarden worden tenslotte de sedimentfluxen (SSF) berekend. Deze worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2014 (Figuur 188). Uit de figuur blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen het grootst waren tijdens de dertienuursmetingen in 2010 en 2011. De meting van 2014 resulteerde in gemiddelde sedimentconcentraties. Door de sedimentflux te integreren over de duur van een getij bekomt men de sedimentvracht (SSL) tijdens dat getij.

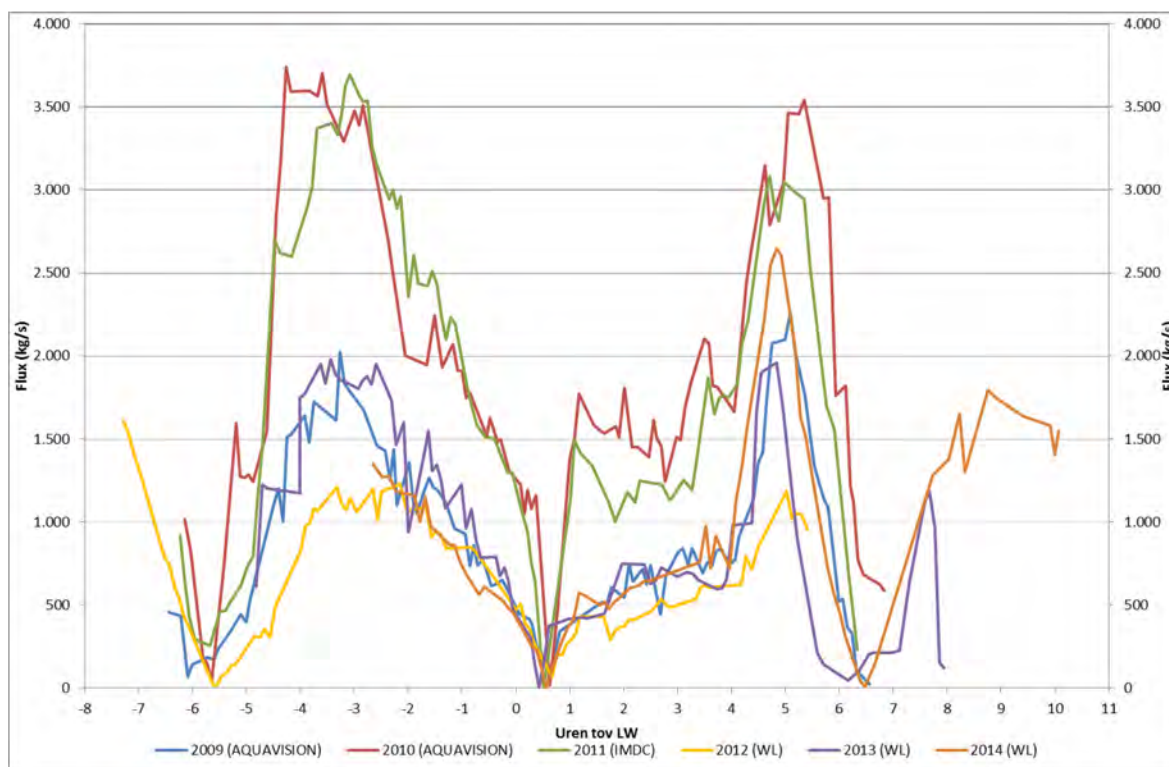


Figuur 186 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014





Figuur 187 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 188 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014

#### 4.2.2.3 Dertienuursmeting te Oosterweel

Op 16 mei 2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Oosterweel. Figuur 189 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

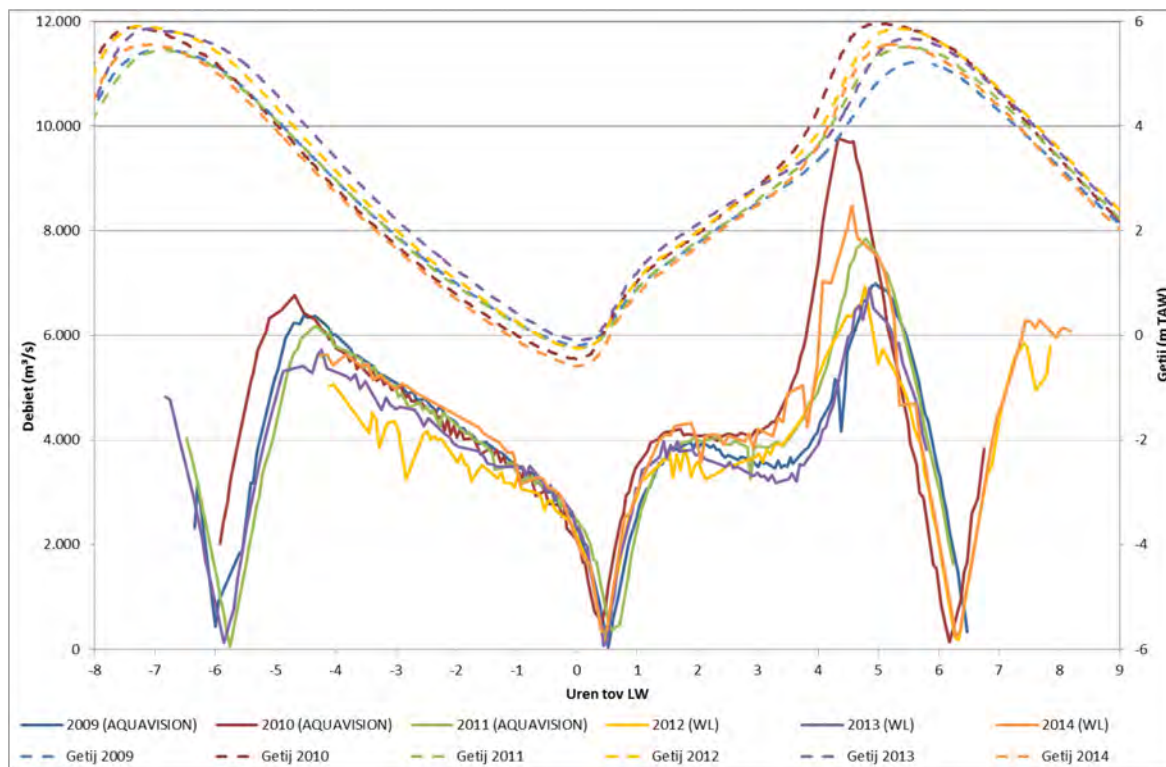


Figuur 189 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) op

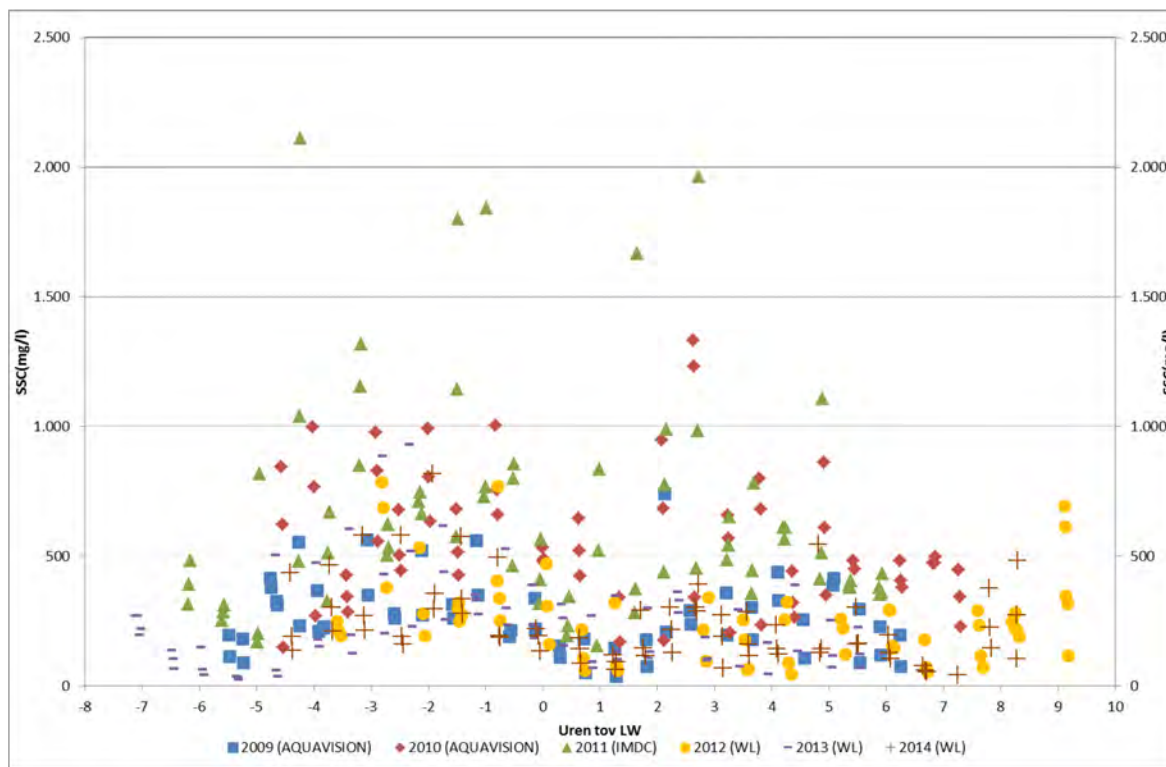
Figuur 190 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2009, 2012 en 2013 zijn ietwat lager dan deze voor de overige jaren, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie. Nochtans zijn de verschillen (en dan vooral met 2011) klein. Tijdens de campagne in 2014 werden er iets hogere debieten bemeaten.

Figuur 191 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Hieruit blijkt dat de suspensiegehalten bepaald in 2009, 2012 - 2014 lager zijn dan in 2010 en 2011.

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2014 in Figuur 192. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen gelijkaardig waren tijdens de dertienuursmetingen in 2009, 2012 - 2014, maar groter in 2010 en 2011 ( $\pm$  factor 2).

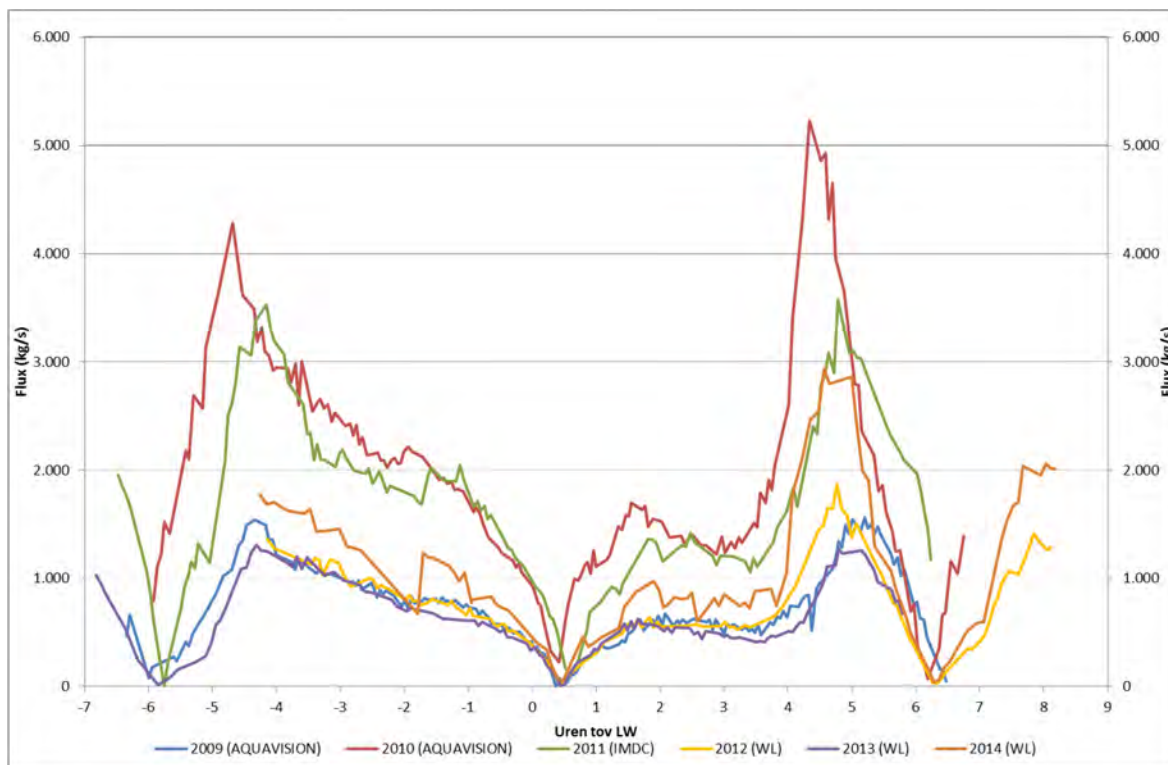


Figuur 190 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 191 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014





Figuur 192 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



#### 4.2.2.4 Dertienuursmeting te Kruikeke

Op 02/07/2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Kruikeke. Figuur 193 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

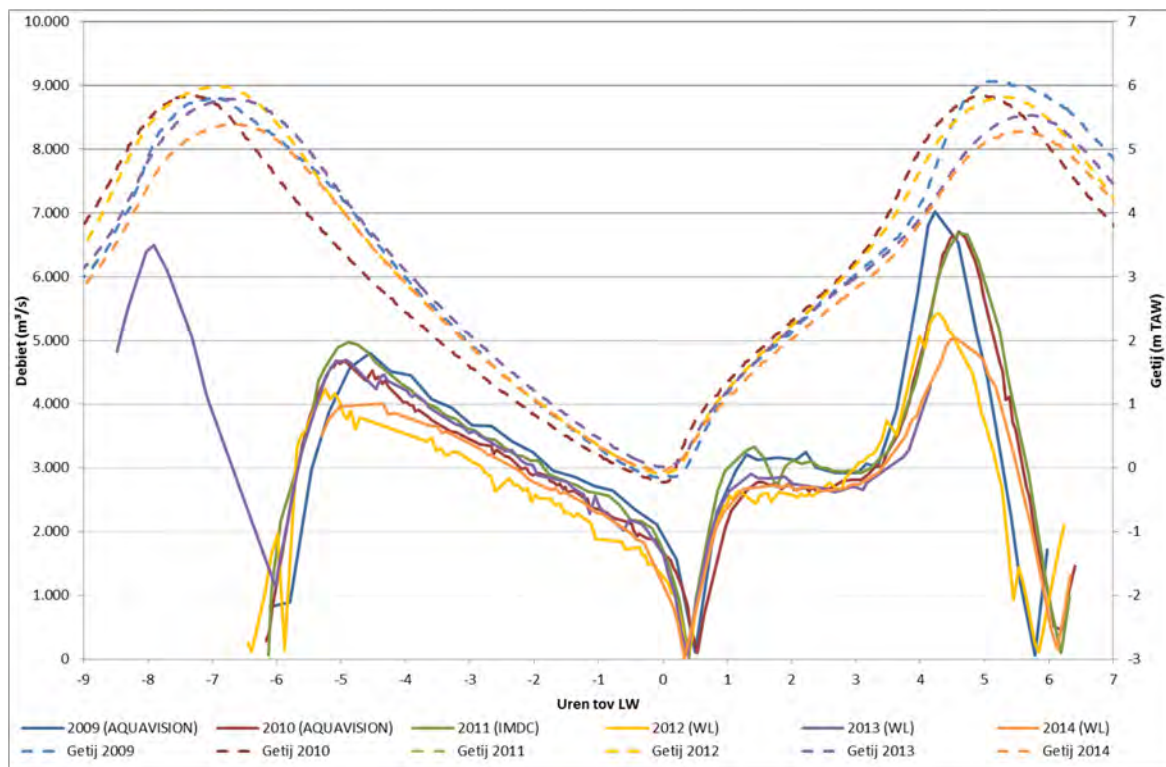


Figuur 193 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Kruikeke (Beneden-Zeeschelde)

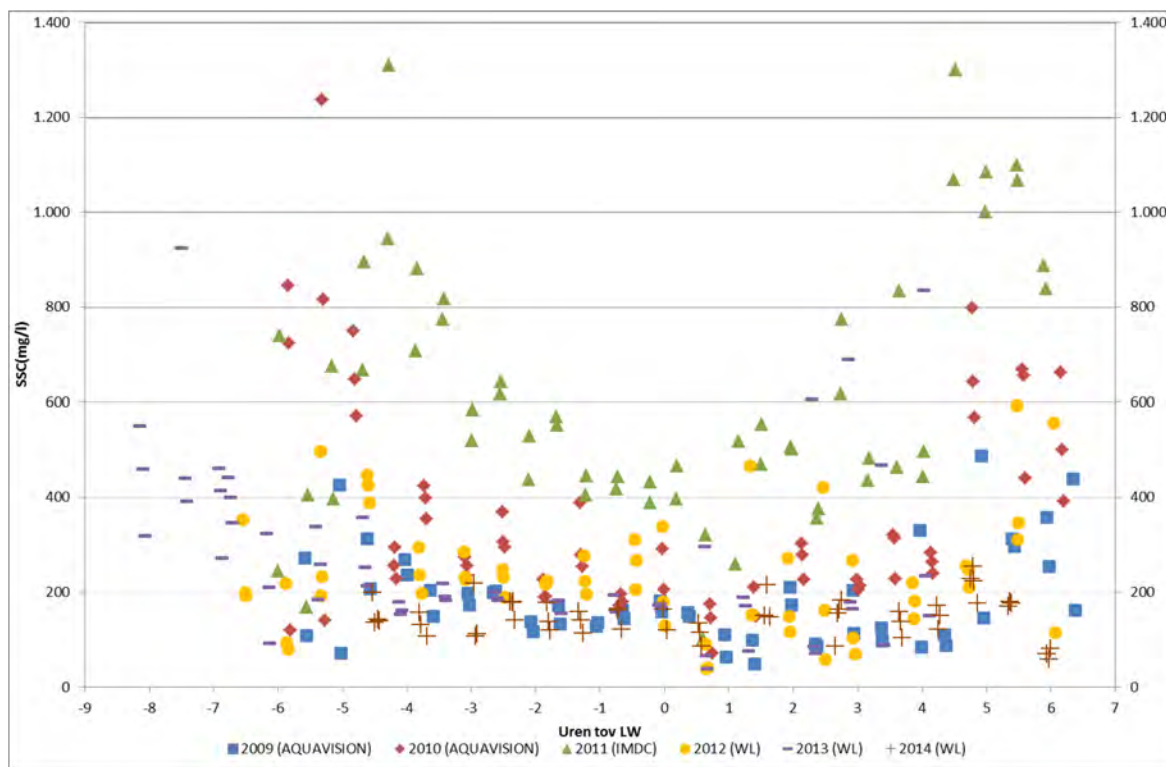
Figuur 194 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Kruikeke voor de periode 2009 t.e.m. 2014. De debieten in 2012 zijn ietwat lager dan deze voor de overige jaren. Enkel in 2012 werden nog lagere debieten gemeten dan in 2014.

Figuur 195 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Kruikeke voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Hieruit blijkt dat de suspensiegehalten bepaald tijdens de dertienuursmetingen in 2014 gelijkaardig zijn aan deze van de voorafgaande jaren. Enkel 2011 vertoont hier afwijkende concentraties, waarbij de laagste sedimentconcentraties nog steeds een factor twee hoger liggen dan de laagste concentraties gemeten in de vorige jaren. Ook op deze meetlocatie werden in 2014 gemiddeld lagere concentraties bemeaten.

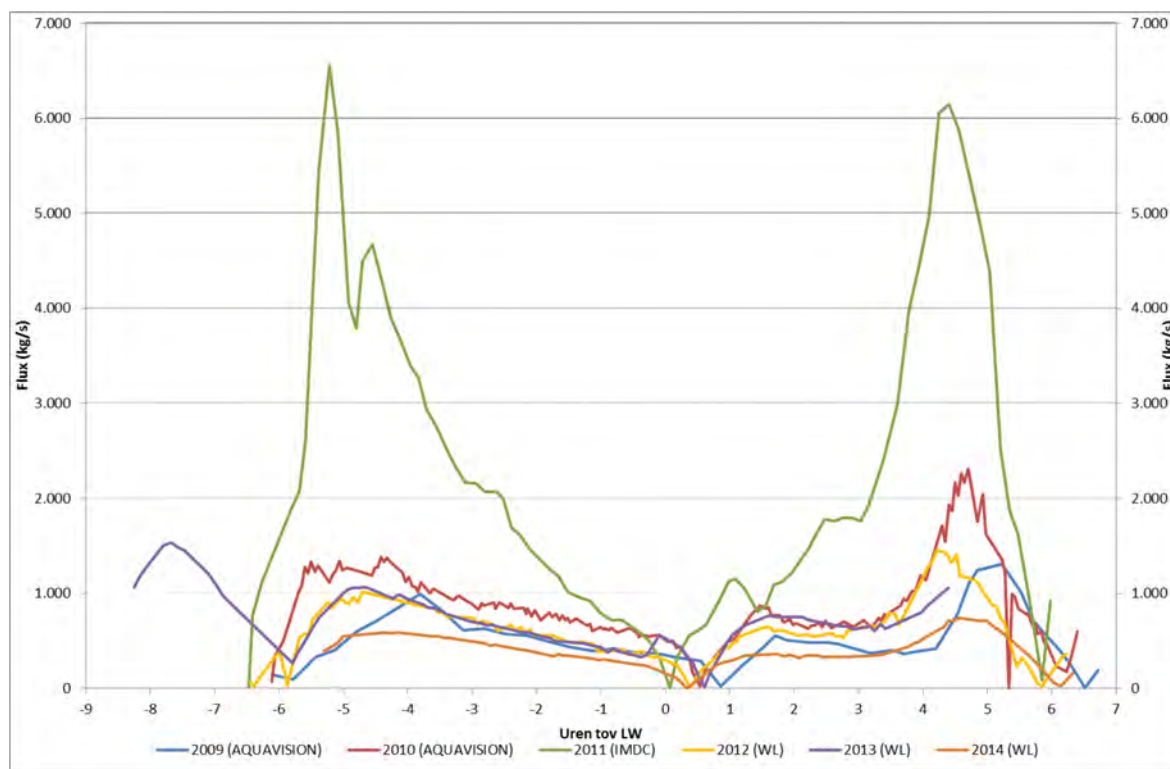
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Kruikeke voor de periode 2009 t.e.m. 2014 in Figuur 196. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen het grootst waren tijdens de meting in 2011 en het kleinst in 2014 terwijl de waarden voor 2013 zich hiertussen bevinden en gelijkaardig zijn aan deze voor 2012.



Figuur 194 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Kruikebe (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 195 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Kruikebe (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 196 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



#### 4.2.2.5 Dertienuursmeting te Driegoten

Op 17 juni 2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Driegoten. Figuur 197 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.



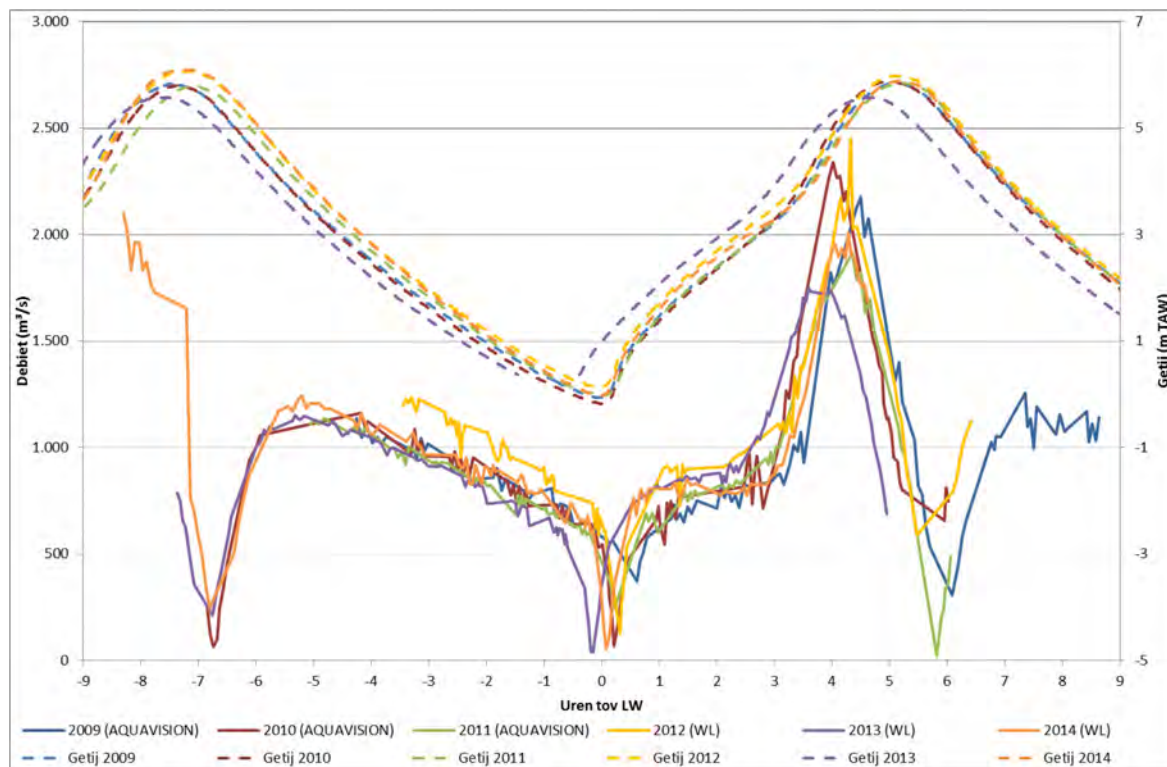
Figuur 197 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde)

Figuur 198 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten.

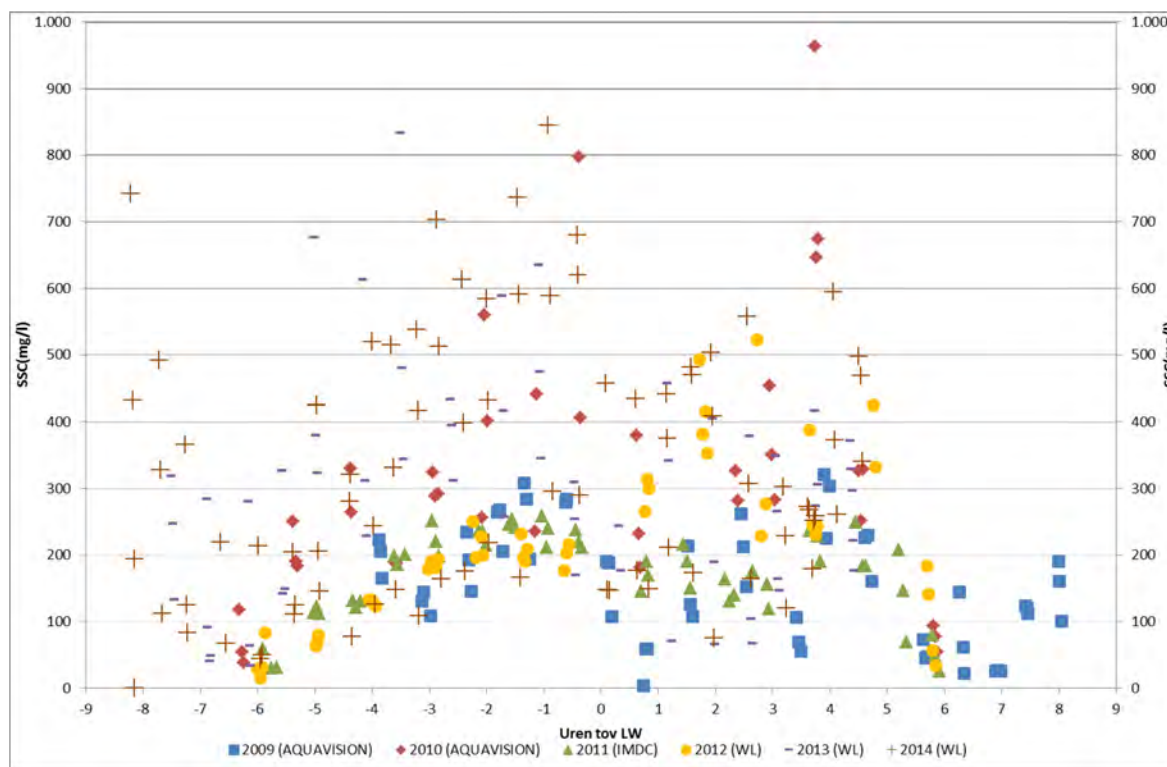
Figuur 199 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Hieruit blijkt dat in 2010, 2013 en 2014 de hoogste concentraties werden gemeten.

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2014 in Figuur 200. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen bij eb groter waren tijdens de dertienuursmetingen in 2012 en in mindere mate 2013 dan voor de overige jaren. Bij vloed was de sedimentflux tijdens de dertienuursmetingen in 2013 gelijkaardig aan deze in 2009 en lager dan in de overige jaren. De sedimentflux gemeten in 2014 is quasie identiek aan deze gemeten in 2012. Voor de verschillende jaren is de SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere piek.

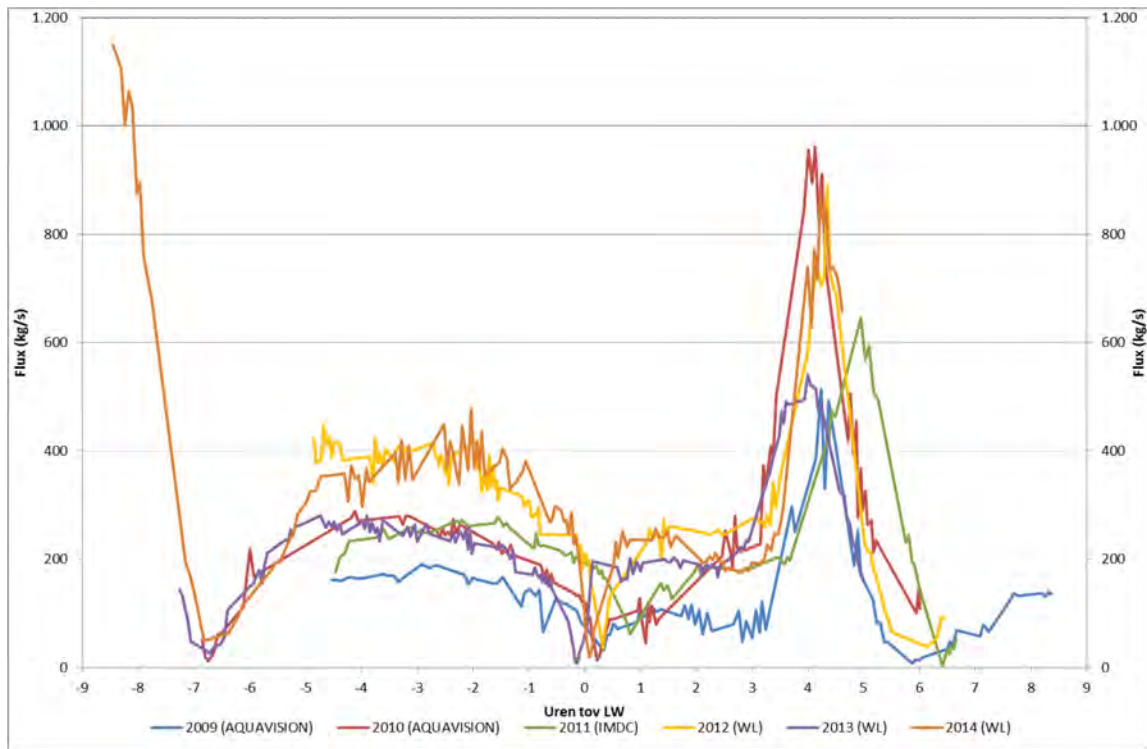




Figuur 198 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 199 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 200 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014

#### 4.2.2.6 Dertienuursmeting te Schoonaarde

Op 3 juli 2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Schoonaarde. Figuur 201 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.



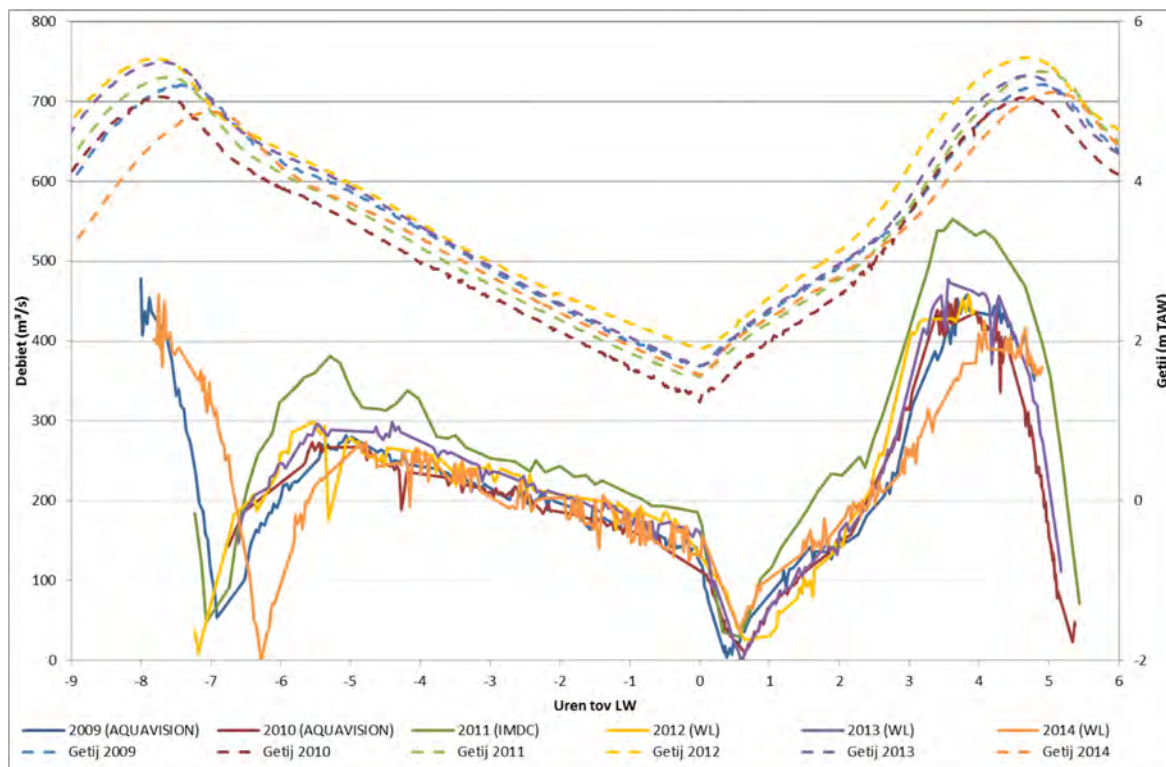
Figuur 201 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde)

Figuur 202 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2014. Tijdens de meetcampagne in 2014 werden de laagste debieten gemeten, wat ten dele kan te wijten zijn aan het feit dat het eerste HW en de bijbehorende eerste kentering hoog water vroeger viel (6u20 i.p.v. 7u20) dan gemeten in voorgaande jaren.

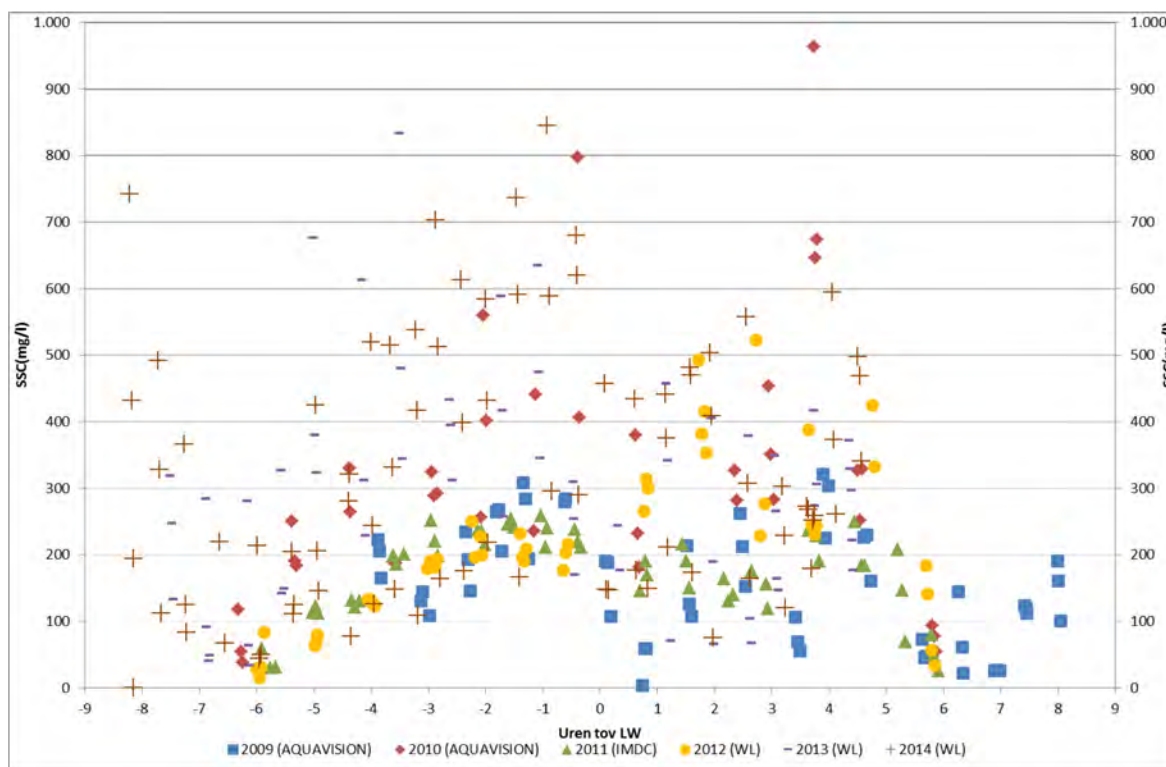
Figuur 203 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2014.

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2014 in Figuur 204. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen bij eb tijdens de dertienuursmetingen in 2014 gemiddeld hoger waren dan tijdens voorgaande campagnes. Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek.



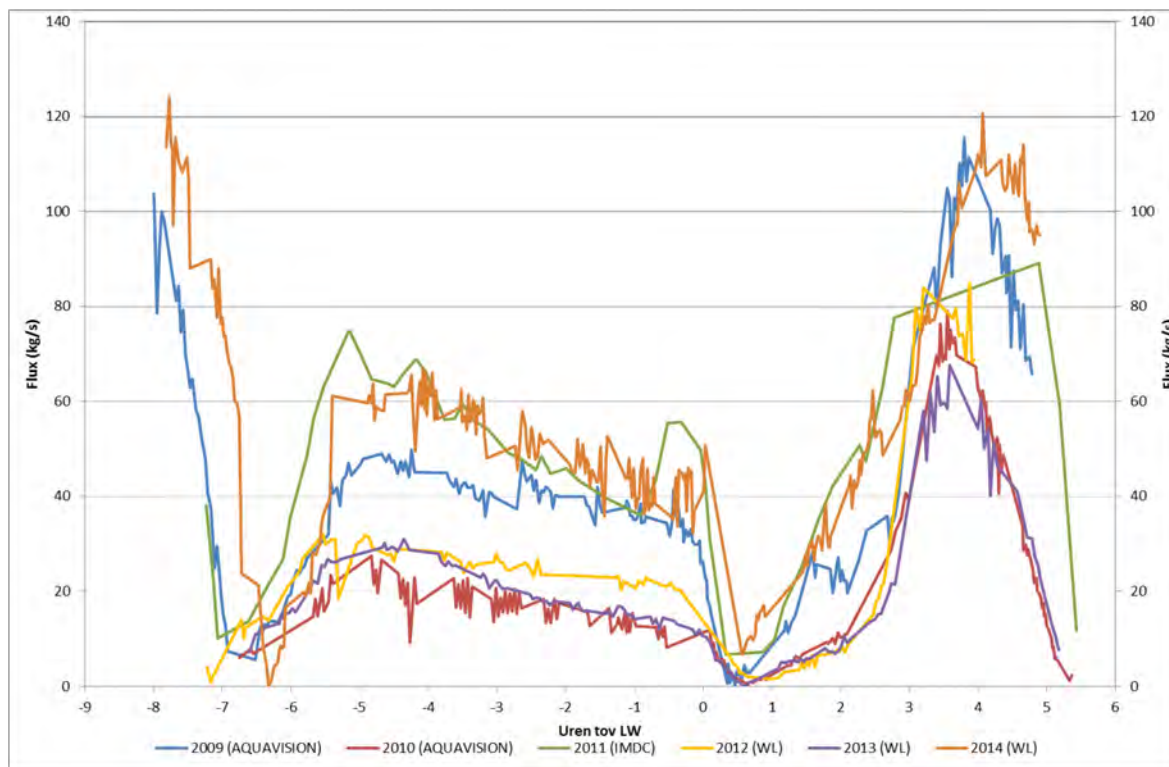


Figuur 202 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 203 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014





Figuur 204 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2014

#### 4.2.2.7 Dertienuursmeting te Terhagen

Op 30 juni 2014 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Rupel te Terhagen. Figuur 205 toont de ligging van de gevaren dwarsraai. Deze locatie is sinds 2011 in gebruik genomen voor dertienuursmetingen. Voordien werd dit op een meer afwaartse locatie te Boom uitgevoerd.



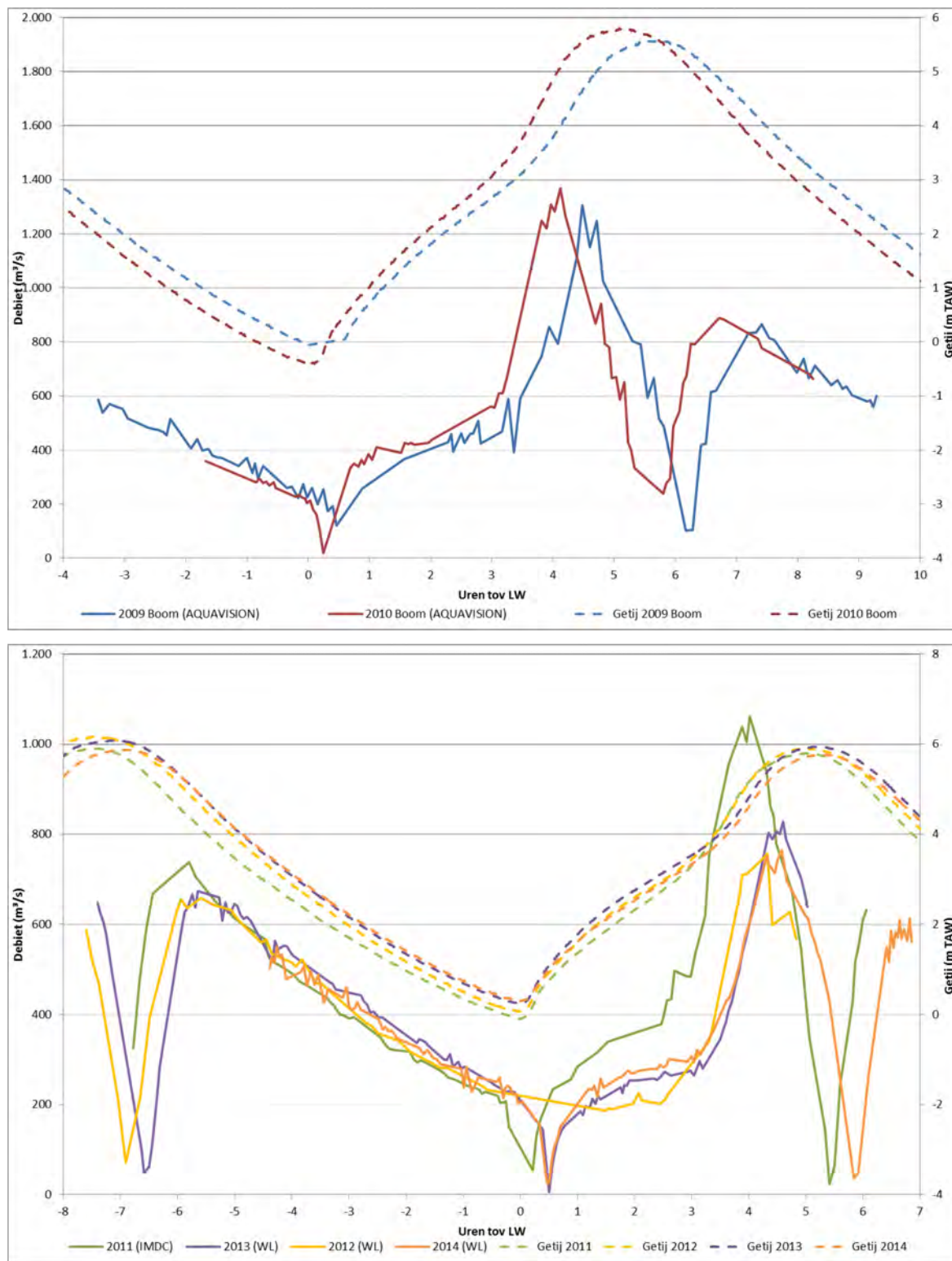
Figuur 205 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel)

Figuur 206 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen Terhagen voor de periode 2011 t.e.m. 2014. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig debiet gemeten bij eb. Bij vloed zijn de debieten in 2012 - 2014 echter duidelijk lager dan deze voor 2011, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie.

Figuur 207 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2014. In 2014 werden zowel de hoogste als de laagste sedimentconcentraties gemeten.

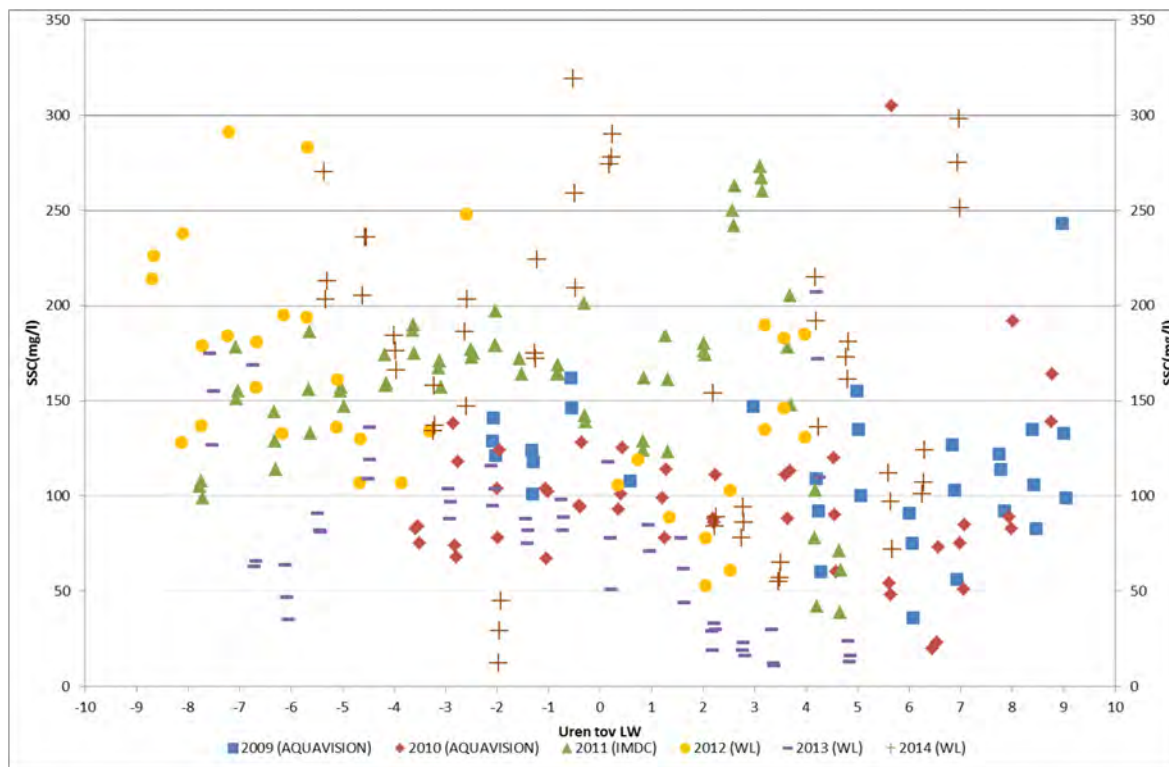
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2014 in Figuur 208. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen tijdens de dertienuursmetingen in 2009, 2012 en 2013 kleiner waren dan in 2010, 2011 en 2014. Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek. Tijdens eb werden er in 2014 grotere fluxen berekend dan tijdens de voorgaande campagnes. Tijdens vloed waren de fluxen gelijkaardig aan deze berekend uit de campagnes van 2010 en 2011

Voorts zijn in Tabel 27 het debiet, sedimentconcentratie (SSC), sedimentflux (SSF), sedimentvracht (SSL), stroomsnelheid en voorbij gestroomd volume water bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) samengevat.

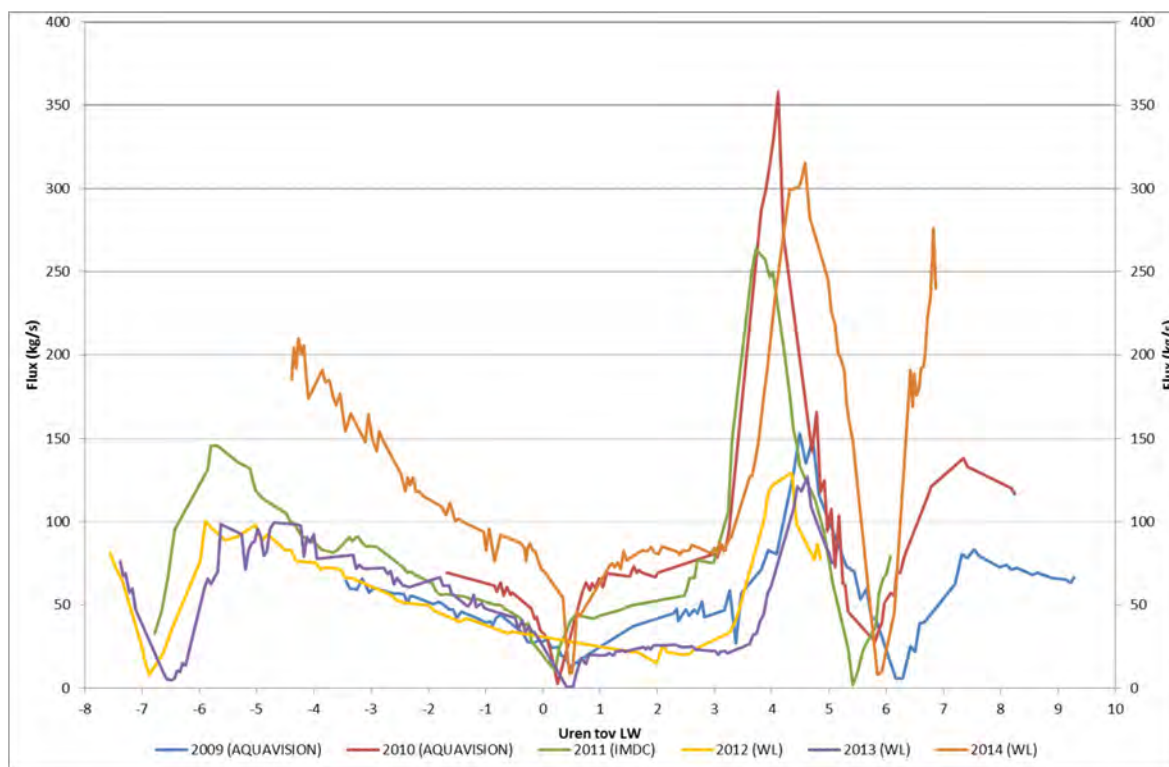


Figuur 206 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom (boven) en Terhagen (onder) (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014





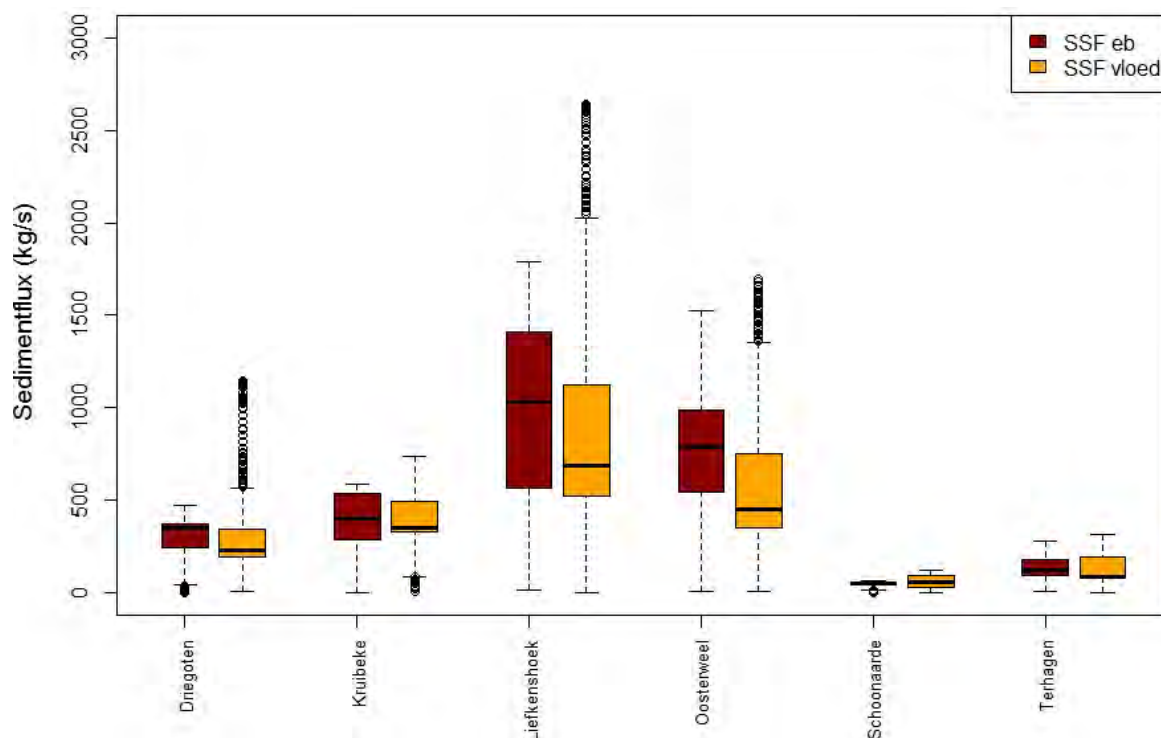
Figuur 207 - Gemeten SSC tijdens de dertienuurmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 208 - SSF tijdens de dertienuurmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2014



Figuur 209 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed in 2014, voor alle meetlocaties



Figuur 209 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de dertienuursmetingen langs de verschillende dwarsraaien in 2014

Tabel 27 – Debiet, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF), Sedimentvracht (SSL), Stroomsnelheid en Volume bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de dertienuursmetingen in 2014

			Liefkenshoek	Oosterweel	Kruibeke	Driegoten	Schoonaarde	Terhagen
Stroomsnelheid (cm/s)	Eb	Max	93	122	98	108	100	111
		Gemid.	68	90	76	81	63	78
	Vloed	Max	114	132	106	122	113	90
		Gemid.	64	77	70	69	62	56
Debiet (m <sup>3</sup> /s)	Eb	Max	8.813	6.290	4.001	1.242	273	612
		Gemid.	5.747	4.315	2.801	917	189	387
	Vloed	Max	12.349	8.447	5.029	2.093	456	764
		Gemid.	6.314	4.464	2.961	994	238	377
Volume (Mm <sup>3</sup> )	Eb	Totaal	136	108	64	22	5	8
	Vloed	Totaal	134	94	61	20	5	7
SSC (mg/L)	Eb	Gemid.	161	177	137	331	234	343
	Vloed	Gemid.	132	131	132	298	232	324
SSF (kg/s)	Eb	Gemid.	983	764	388	301	45	136
	Vloed	Gemid.	913	604	396	329	59	129
SSL (ton)	Eb	Totaal	23.286	19.073	8.851	7.323	1.083	2.881
	Vloed	Totaal	19.451	12.750	8.222	6.690	1.166	2.493

## 5. Referenties

Boeckx, L.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Stormrapport: Stormtij Zeescheldebekken 22 oktober 2014. Versie 4.0. WL Rapporten, 00\_119. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.

De Boeck, K.; Ferket, B.; Vanlierde, E.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2014a). Methodologie Berekening Slibbalans Zeeschelde: Methodologie en implementatie in WISKI. Versie 3.0. WL Rapporten, 12\_061. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.

De Boeck, K.; Van Hoestenbergh, T.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014b). Saliniteit – Chloriniteit – Chlorositeit: Relaties in gebruik in zeewater en in de Beneden-Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 12\_076. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

De Schutter, J.; Mostaert, F. (2009). Instructie: Bepalen van droogrest. I-WL-PP31-5 Versie 01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 6 p.

Ferket, B.; Van Hoestenbergh, T.; Claeys, S.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Methodologie voor de bepaling van SSC aan meetposten met Aanderaa of YSI multiparametersondes, Versie 6.0. WL Rapporten, 12\_076\_1. Waterbouwkundig Laboratorium : Antwerpen, België.

Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). MONEOS 2012 volle tij metingen: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 2.0. WL Rapporten, 13\_086. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Meire, D., Levy, Y., Vereecken, H., Plancke, Y., Deschamps, M., Verwaest, T., Mostaert, F. (2015). MONEOS, Metingen half-tij-eb in de Beneden-Zeeschelde: Factual data rapport 2014. Versie 4.0. WL Rapporten, 13\_084. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Levy, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). MONEOS 2014 - 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 3.0. WL Rapporten, 13\_086. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 5 - Metingen half-tij-eb Boven-Zeeschelde 2013. Versie 4.0. WL Rapporten, 00\_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Schrijver M., Plancke Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rapport MONEOS-T-2008-033 /WL2008R791-3\_1ref1\_0. Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg, Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout

Taverniers, E.; Plancke Y. en Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. Versie 3\_0. WL Rapporten, Projectnr 12\_070.

Teledyne Technologies Incorporated (2012). Teledyne Isco – Products - 6712FR Fiberglass Refrigerated Sampler [ONLINE] Teledyne Technologies Incorporated. Beschikbaar op: <http://www.isco.com/products/products3.asp?PL=201202010> [datum van opzoeking: 12-12-2012].

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Vanlierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 2 – Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00\_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea Group. Antwerpen, België.

Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 4 – Historische evolutie SPM. Versie 4\_0. WL Rapporten, 00\_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea: Antwerpen, België.

Vanlierde, E.; Cornet, E.; Vereycken, K.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Methode berekening debieten in de Schelde. Berekening debieten te Schelle, afwaarts Dendermonde en aan de Belgisch-Nederlandse grens Versie 5.0. WL Rapporten, 12\_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Michielsen, S.; Vereycken, K; Van Hoestenbergh, T.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2013: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2013. Versie 8.0. WL Rapporten, 12\_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vanlierde, E.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012. Versie 2\_0. WL Rapporten, 12\_070\_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Vereecken, H; Vanlierde, E.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012) MONEOS – jaarboek monitoring WL 2011: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2011 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4\_0. WL Rapporten, Projectnr 833\_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Vos, G.; Maximova, T.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Habitatmapping Zeeschelde: Indeling o.b.v. abiotiek volledige Zeeschelde. Versie 2.0. WL Adviezen, 00\_028. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

## Bijlage: MONEOS-T parameters

### A. Situering

In het kader van het project Verruiming Vaargeul, waarbij de vaargeul in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde verdiept werd ten behoeve van een getij-onafhankelijke vaart tot 131 dm, zal na twee jaar een voortgangsrapport van de monitoring dienen opgemaakt te worden. Basis hiervoor zijn het monitoringprogramma MONEOS-T (Schrijver & Plancke, 2008) en het "Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters". Dit monitoringprogramma omvat verschillende parameters voor de aspecten waterbeweging, morfologie en fysische parameters. In eerste instantie zal voornamelijk voor het getij een uitgebreide evaluatie gebeuren. Gelet op de korte referentieperiode voor de andere parameters, zal de analyse hiervoor voorlopig beperkt blijven.

Voor het getij zullen de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwater geëvalueerd worden. Naar analogie met MOVE, wordt een referentieperiode gekozen waarop de trends worden bepaald. Voor de trends worden twee processen in beschouwing genomen: de zeespiegelstijging (waarbij aangenomen wordt dat deze lineair is) en de 18,61-jarige nodale getijcyclus (sinusoïdaal verondersteld met vastgelegde fase). Aangezien in de jaren 1970 sterke veranderingen zijn opgetreden in de laagwaters, is geopteerd om de periode 1980 – 2009 als referentieperiode te hanteren. Vervolgens worden de nieuw beschikbare meetgegevens vergeleken met deze trends en de bijbehorende voorspellings-intervallen.

### B. Methodologie

Voor het bepalen van de trends werden twee processen in beschouwing genomen:

- zeespiegelstijging: lineaire trend:  $WL = \lambda \cdot t + \mu$
- 18,61 jarige nodale cyclus: sinusoidale trend met vastgelegde fase:

$$WL = \alpha \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \varphi\right)$$

Met behulp van de methode der kleinste kwadraten werden de parameters  $\lambda$ ,  $\mu$  en  $\alpha$  bepaald. Hierbij werd uitgegaan van volgende relatie:  $WL_i = \lambda \cdot t_i + \mu + \alpha \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t_i + \varphi\right) + e_i$

Binnen de sinusoidale trend werd de periode ( $T = 18,61$  jaar) vastgelegd, terwijl de fase bepaald werd voor het getijverschil in Vlissingen, waarbij eerst het effect van de zeespiegelstijging werd verwijderd. Deze keuze biedt enerzijds het voordeel dat het getij in Vlissingen niet verstoord is door wijzigingen (ten gevolge van ingrepen) in het estuarium, terwijl anderzijds het getijverschil maximaal beïnvloed wordt door de 18,61-jarige cyclus (hogere hoogwater en lagere laagwaters).

Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters ( $\lambda$ ,  $\mu$  en  $\alpha$ ) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

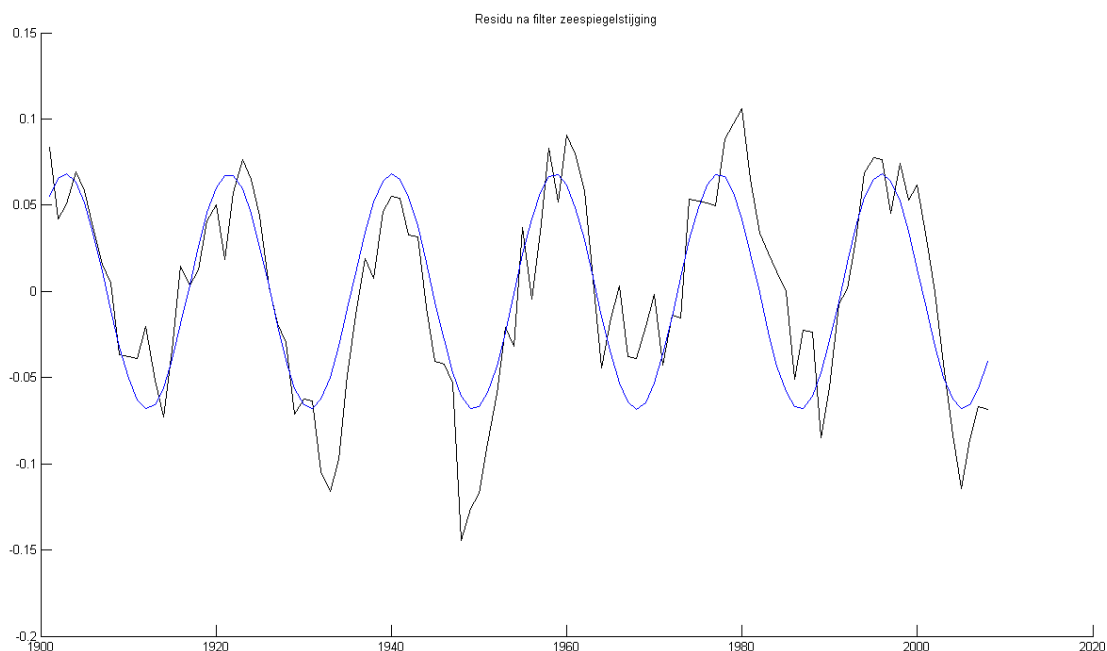
### C. Resultaten

#### 1.C.1 Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters

In eerste instantie werd de fase  $\varphi$  van het sinusoidale verloop van de 18,61-jarige cyclus bepaald. Figuur C1 - 1 geeft het resultaat van de regressie van die 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen (na verwijdering zeespiegelstijging en  $T = 18,61$  jaar). Deze fase wordt vervolgens toegepast in de regressiemodellen voor de verschillende beschouwde posten in de Beneden-Zeeschelde. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoog- en het laagwater in tegenfase zijn (hogere hoogwaters vallen samen met lagere laagwaters en vice versa):

- $\varphi_{HW} = 1,27 \cdot E-4$
- $\varphi_{LW} = 1,27 \cdot E-4 + \pi$





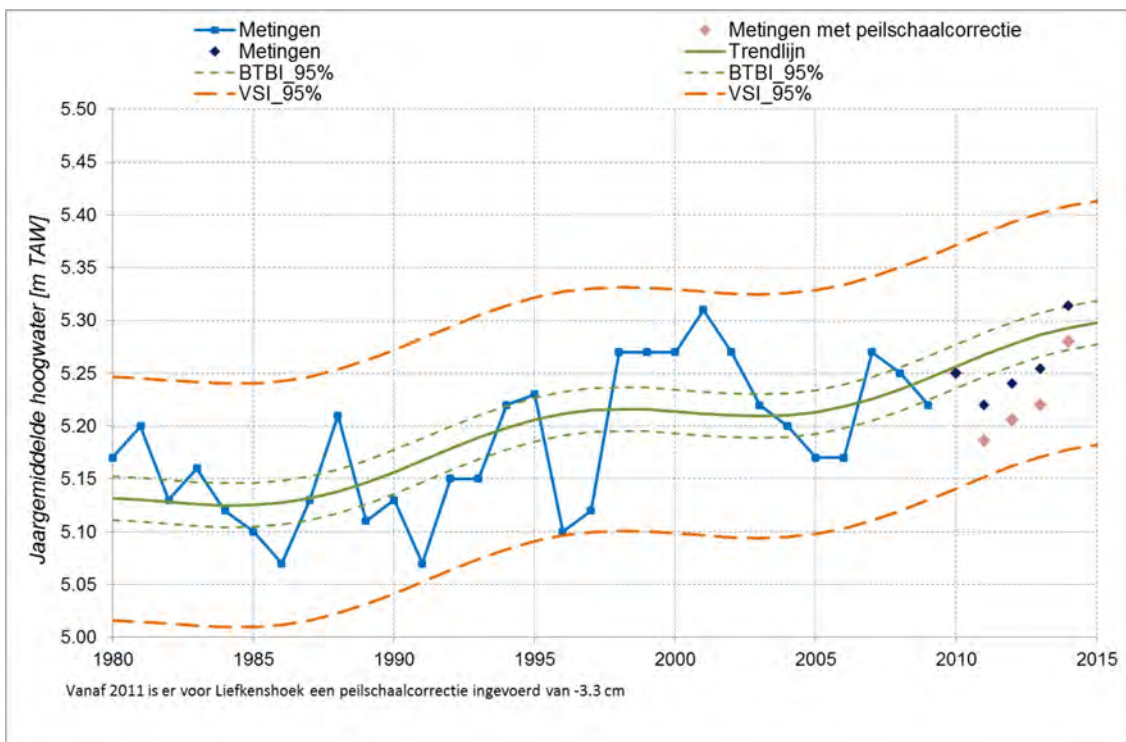
Figuur C1 - 1 - Bepalen van de fase voor de 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen

Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters ( $\lambda$ ,  $\mu$  en  $\alpha$ ) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

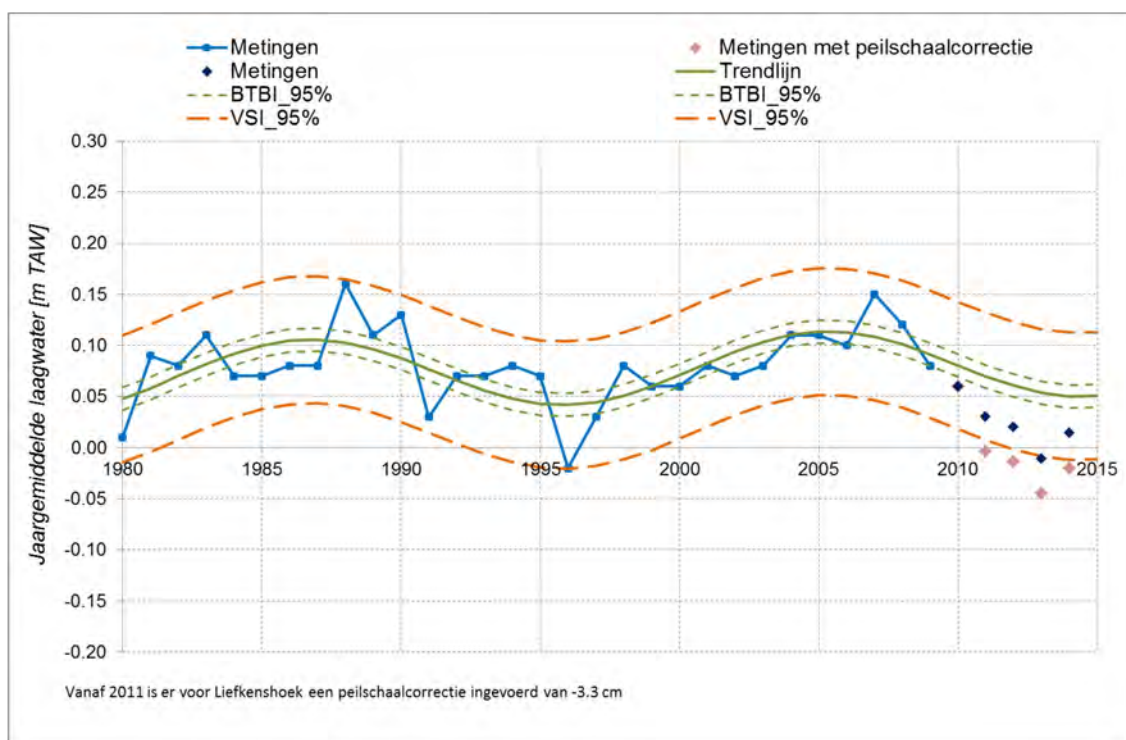
Tabel C1 - 1: Overzicht regressieparameters getijposten Beneden-Zeeschelde

	HOOGWATER			LAAGWATER		
	$\lambda$ [m/jaar]	$\mu$ [m]	$\alpha$ [m]	$\lambda$ [m/jaar]	$\mu$ [m]	$\alpha$ [m]
<b>Liefkenshoek</b>	4,54E-3	-3,87	1,97E-2	4,40E-4	-0,80	3,40E-2
<b>Antwerpen</b>	3,12E-3	-0,94	2,99E-2	1,00E-3	-1,98	3,66E-2
<b>Schelle</b>	4,05E-3	-2,63	2,63E-2	7,91E-4	-1,53	2,58E-2

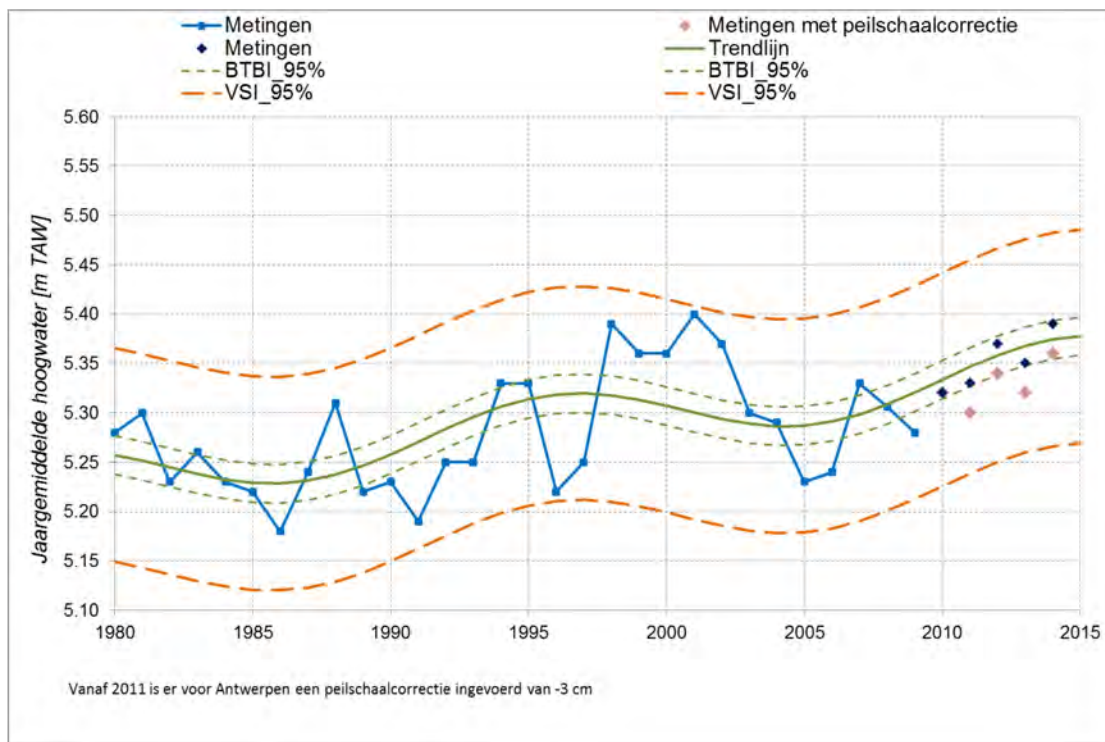
Figuur C1 - 2 tot en met Figuur C1 - 8 presenteren de resultaten voor de beschouwde getijposten voor hoog- en laagwater. De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het licht blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Tenslotte worden de recente meetwaarden als donker blauwe punten weergegeven op de grafiek. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten voor o.a. deze drie tijposten. Het bleek dat de peillat voor deze tijposten 3 cm hoger aangaf dan de werkelijke hoogte, aldus zijn al de tijgegevens met drie cm naar beneden gecorrigeerd en teruggerekend t.e.m. 2011. Hierdoor is een knik waarneembaar in alle 6 grafieken, daarom zijn zowel de zwarte ruiten ("metingen") als de roze ruiten ("metingen met peilschaalcorrectie") weergegeven op de grafieken. Deze zaken zullen uiteraard ook opgenomen worden in het tienjarig overzicht dat eind 2015 opgemaakt zal worden.



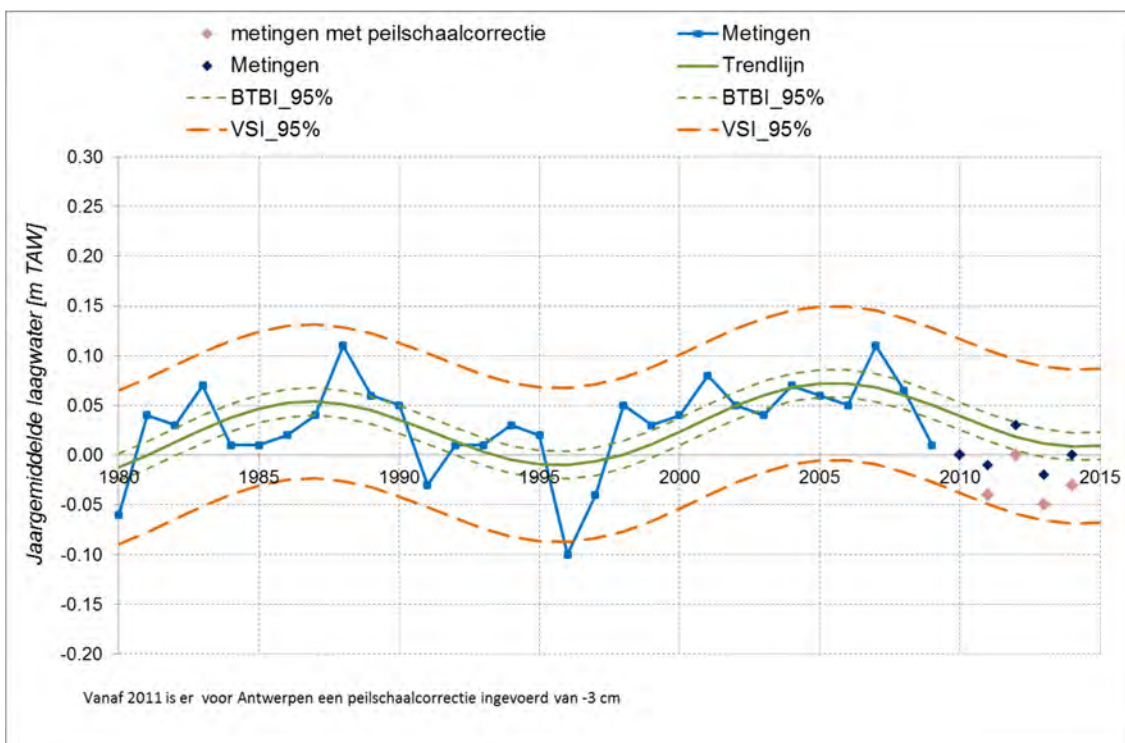
Figuur C1- 2: Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek



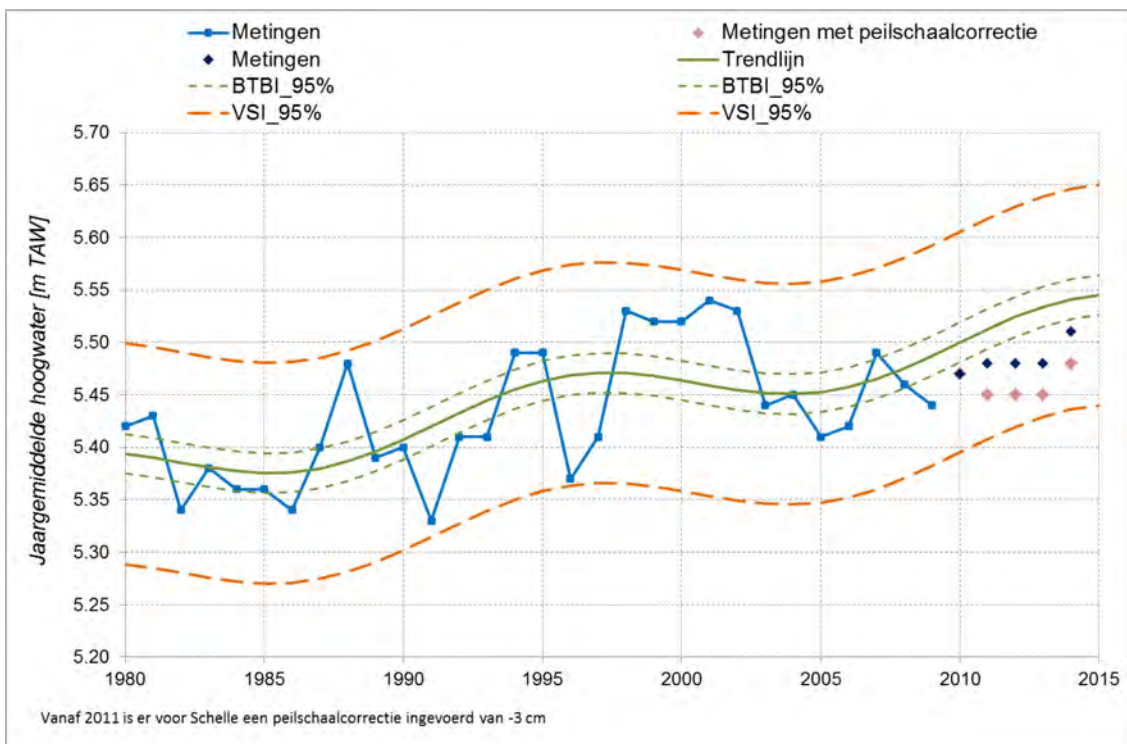
Figuur C1- 3: Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek



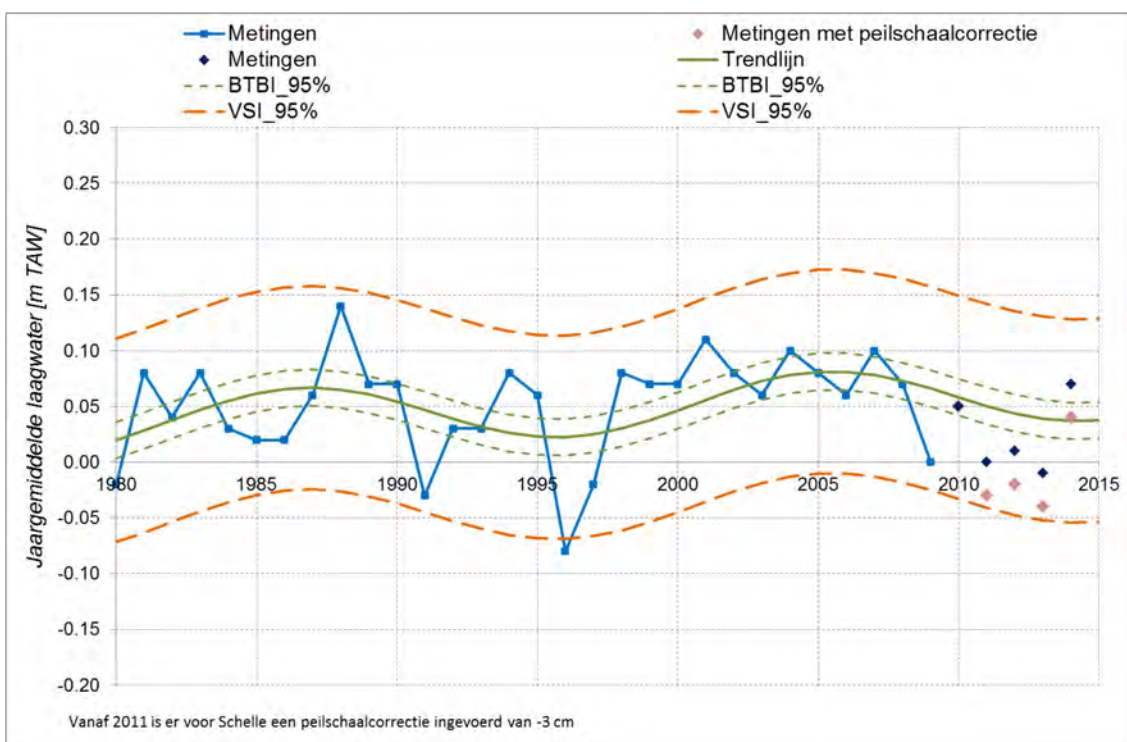
Figuur C1- 4: Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen



Figuur C1- 5: Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen



Figuur C1- 6: Ontwikkeling van het hoogwater te Schelle

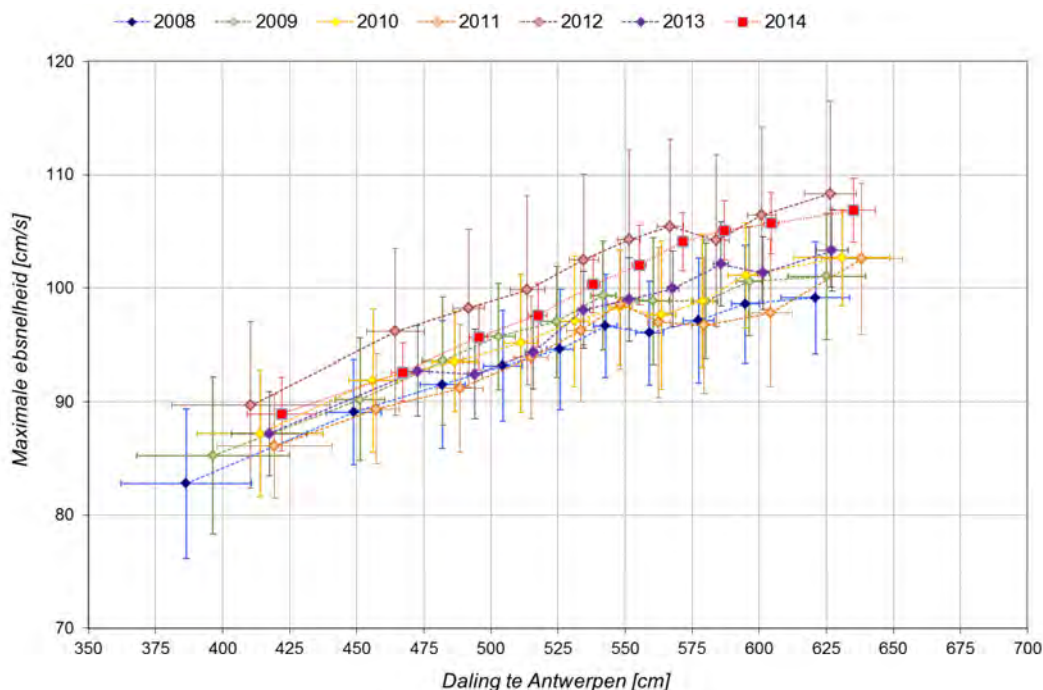


Figuur C1- 7: Ontwikkeling van het laagwater te Schelle

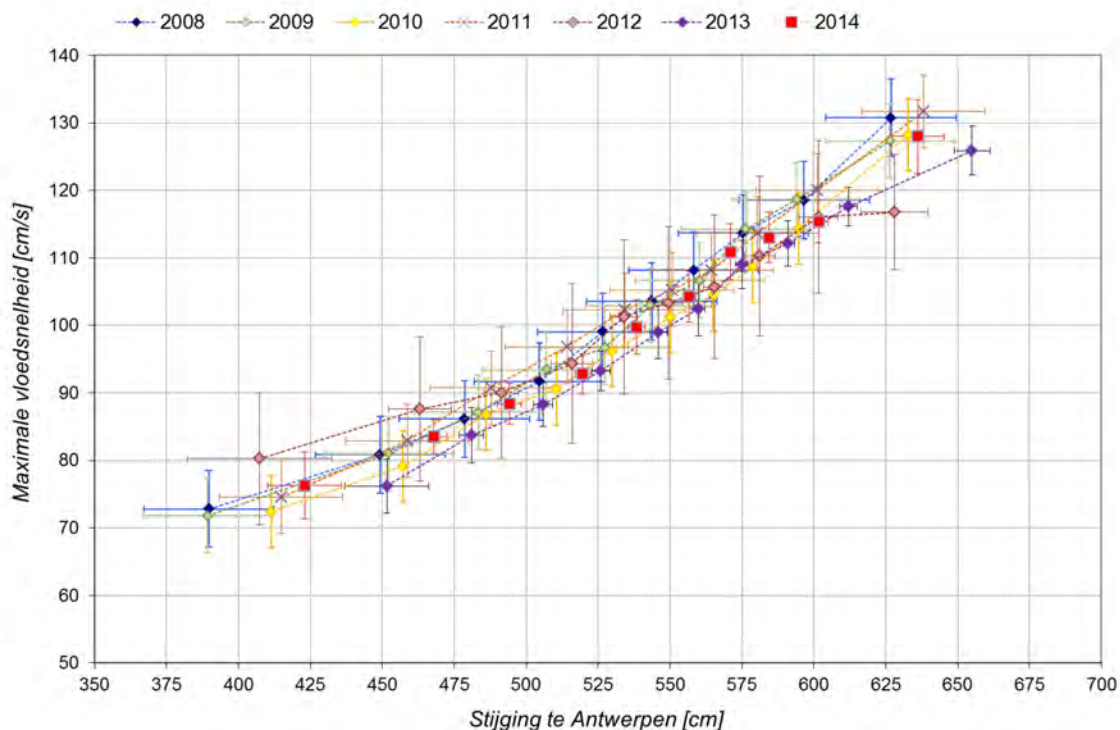


Maximale eb- en vloednelheid in functie van daling/stijging te Antwerpen

Figuur C2- 1 en Figuur C2- 2 tonen het verloop van de maximale eb- en vloednelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008-2014.



Figuur C2- 1: Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



Figuur C2- 2: Maximale vloednelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen



**Waterbouwkundig Laboratorium**

*Flanders Hydraulics Research*

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: [waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)