



Vlaanderen
is wetenschap



PA047_9
WL rapporten

Monitoring Effecten Ontwikkelingschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2019

Factual data rapportage van monitoring waterbeweging
en fysische parameters in het Schelde estuarium in 2019

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2019

Factual data rapportage van monitoring waterbeweging
en fysische parameters in het Schelde estuarium in 2019

Vandenbruwaene, W.; Thant, S.; Michiels, S.; Van de Moortel, I.; Brackx, M.; Hertoghs, R.;
Claeys, S.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2020
D/2020/3241/183

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vandenbruwaene, W.; Thant, S.; Michielsens, S.; Van de Moortel, I.; Brackx, M.; Hertoghs, R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2019: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in het Schelde estuarium in 2019. Versie 4.0. WL Rapporten, PA047_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Oprachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2020RPA047_9	
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium			
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > 1.1 Getij			
	Hydraulica en sediment > 1.6 Rivierafvoer			
	Hydraulica en sediment > 2.2 Cohesief sediment			
Tekst (p.):	132	Bijlagen (p.):	21	
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar		

Auteur(s):	Vandenbruwaene, W.; Thant, S.; Michielsens, S.; Van de Moortel, I.; Brackx, M.; Hertoghs, R
------------	---

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Claeys, S.	Getekend door: Sryn Claeys (Signature) Getekend op: 2020-08-18 13:20:54 + Reden: Ik keur dit document goed <i>Sryn Claeys</i>
	Meire, D.	Getekend door: Dieter Meire (Signature) Getekend op: 2020-07-23 11:36:45 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Dieter Meire</i>
	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2020-07-27 08:05:11 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>
	Vereecken, H.	Getekend door: Hans Vereecken (Sign) Getekend op: 2020-08-18 13:10:33 + Reden: Ik keur dit document goed <i>Hans Vereecken</i>
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	Getekend door: Wouter Vandenbruwaene (E) Getekend op: 2020-07-24 09:23:11 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Wouter Vandenbruwaene</i>

Goedkeuring

Coördinator onderzoeksgroep:	Deschamps, M.	Getekend door: Maarten Deschamps (Signa) Getekend op: 2020-07-23 13:26:21 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Maarten Deschamps</i>
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Lieve Van de Water (Signat) Getekend op: 2020-07-28 09:36:35 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Lieve Van de Water</i>



Abstract

Het MONEOS-jaarboek, uitgegeven door het Waterbouwkundig Laboratorium, rapporteert de resultaten van de systeemmonitoring in het Schelde-estuarium uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium in het kader van de “Ontwikkelingsschets 2010” van het Schelde-estuarium (OS-2010). Dit rapport handelt over de resultaten van het jaar 2019. Achtereenvolgens worden de meetgegevens gepresenteerd inzake de continue metingen van waterstanden, debieten, stromingen, saliniteit en sedimentconcentratie. Ook de vaarten (halftij-eb en 13-uursmetingen) en de periodieke metingen worden gerapporteerd.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VIII
Colofon	XV
Lijst van afkortingen	XVI
1 Inleiding	1
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen	2
2.1 Getijwaarnemingen	2
2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen	9
2.2.1 Jaaroverzicht.....	9
2.2.2 Het jaar 2019 in historisch perspectief.....	13
2.3 Stormvloeden	17
3 Jaaroverzicht bovendebieten	19
3.1 Overzicht meetlocaties.....	19
3.2 Verloop van de bovendebieten in 2019	20
3.3 Bovendebiet van de Schelde te Schelle.....	22
3.3.1 Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle"	22
3.3.2 Bovendebieten 2019 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief.....	24
3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde.....	27
3.4.1 Resultaten voor 2019	27
3.4.2 Resultaten in historisch perspectief	28
4 Jaaroverzicht fysische parameters	30
4.1 Continue metingen "fysische parameters"	30
4.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"	30
4.1.2 Moment van kentering en berekening extremen KHW/KLW of vloed/eb.....	35
4.1.3 Verloop van stroomsnelheid	36
4.1.4 Verloop watertemperatuur	47
4.1.5 Verloop saliniteit	56
4.1.6 Verloop suspensiegehalte (SSC)	64
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak	84
4.2.1 Zeeschelde.....	85

4.2.2	Durme	86
4.2.3	Rupel en bovenstromen	86
4.3	Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied	88
4.4	Meetcampagnes - langsvaarten	93
4.4.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"	93
4.4.2	Verloop halftij-eb-vaarten	95
4.4.3	Trends in sedimentconcentratie over langere termijn.....	101
4.5	Meetcampagnes - 13u-metingen	106
4.5.1	Meetlocaties en meetinstrumenten.....	106
4.5.2	Liefkenshoek.....	109
4.5.3	Oosterweel	111
4.5.4	Kruikebe.....	113
4.5.5	Weert.....	115
4.5.6	Dendermonde.....	117
4.5.7	Schellebelle.....	119
4.5.8	Terhagen.....	121
4.5.9	Tielrode.....	123
4.6	Hoogfrequente golfmetingen.....	125
4.6.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen"	125
4.6.2	Resultaten.....	126
5	Referenties	130
Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2019		B1
Bijlage B: Evoluties HW en LW.....		B4
Bijlage C: Harmonische componenten		B9
Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC.....		B12
A.	Specifieke kalibratiecampagnes	B12
A.1	Kenmerken bekomen SSC-Turbiditeit relaties.....	B13
A.2	Liefkenshoek-Veer	B14
A.3	Oosterweel & Meetpaal Lillo	B15
A.4	Kruikebe.....	B16
A.5	Weert.....	B17
A.6	Schellebelle.....	B18
A.7	Klein-Willebroek	B19
A.8	Tielrode.....	B20
B.	Kalibratie Melle.....	B21

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2019, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur:minuten.	4
Tabel 2 – Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2019.	7
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2019 in historisch perspectief;	14
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtij (1971-2019), verdeeld per decimeter (mTAW).	18
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle.	19
Tabel 6 – Zeescheldebekken: kenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebiten aan de meetraaien in 2019 (m ³ /s)	22
Tabel 7 – Maandgemiddelde bovenafvoer van de Zeeschelde te Schelle, Rupel en Boven-Zeeschelde in 2019 (m ³ /s).	23
Tabel 8 – Vergelijking van de maandgemiddelde debieten in 2017, 2018 en 2019 te Schelle.	25
Tabel 9 – Overzicht van de toesteltypes van multiparametertoestellen ingezet in 2019 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren	32
Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2019).	33
Tabel 11 – Overzicht statistieken voor de gemiddelde en maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2019) (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar, worden de waarden <i> cursief en onderlijnd </i> weergegeven). .	36
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2019).	48
Tabel 13 – Overzicht statistieken saliniteit [PSU] voor minimum en maximum bij resp. KLW en KHW gemeten op locaties met getijdewerking (2019).	57
Tabel 14 – Overzicht statistieken suspensiegehalte [mg/l] voor minimum bij KLW en KHW, voor gemiddelde en voor maximale bij eb en vloed, gemeten op locaties met getijdewerking (2019).	66
Tabel 15 – Geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) aan de rand van het getijdegebied.	89
Tabel 16 – Overzicht data meetcampagnes halftij-eb in 2019.	94
Tabel 17 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van halftij-eb gegevens in 2019 langsheen de volledige Zeeschelde	99
Tabel 18 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en einduur in MET	107
Tabel 19 – Waterpeil (bij 1 ^{ste} hoogwater, laagwater en 2 ^{de} hoogwater), stroomsnelheid, debiet, watervolume, sedimentconcentratie (SSC), sedimentflux (SSF), sedimentlading (SSL) bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de 13u-metingen in 2019.	108

Tabel 20 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2019 (medianen)	126
Tabel 21 – Meetlocaties MONEOS 2019	B2
Tabel 22 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2019).....	B4
Tabel 23: Overzicht kalibratiecampagnes t.b.v. SSC-Turbiditeit relatie voor 2019 (2015-2019). Rode campagnes zijn niet opgenomen in de regressiecurve t.g.v. onbetrouwbare metingen. Bij blauwe campagnes werd het mobiele meettoestel angewend.	B13
Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-turbiditeit relaties naargelang meetlocatie.....	B13

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2019	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen	5
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	5
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	6
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).....	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).....	8
Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).....	9
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2019 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.....	10
Figuur 9 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van hoogwaters in 2019 verdeeld per decimeter TAW.....	10
Figuur 10 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van laagwaters in 2019 verdeeld per decimeter TAW.....	11
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van tijverschillen in 2019 verdeeld per decimeter.....	11
Figuur 12 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen-Loodsgebouw in 2019	12
Figuur 13 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).....	13
Figuur 14 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.....	15
Figuur 15 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.....	15
Figuur 16 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doortij.....	16
Figuur 17 – Ontwikkeling van het gemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw met Conf (95% betrouwbaarheidsinterval) en Pred (95% voorspellingsinterval).....	16
Figuur 18 – Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw met Conf (95% betrouwbaarheidsinterval) en Pred (95% voorspellingsinterval).....	17

Figuur 19 – Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.....	20
Figuur 20 – Zeescheldebekken: daggemiddelde bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2019.	21
Figuur 21 – Zeescheldebekken: cumulatieve frequentieverdeling van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien voor het jaar 2019.....	21
Figuur 22 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle, opgedeeld in de debieten aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) in 2019.....	23
Figuur 23 – Jaargemiddelde afvoer van de Zeeschelde te Schelle over de periode 1949-2019, gerangschikt naar grootte.....	24
Figuur 24 – Dagdebieten te Schelle in 2019 vergeleken met de periode 1971 – 2018 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m ³ /s	25
Figuur 25 – Dagdebieten te Schelle in 2019 vergeleken met deze van de Rupel (bij de monding) en de Zeeschelde (opwaarts de monding van de Rupel), gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m ³ /s ...	26
Figuur 26 – Correlatie tussen het jaargemiddelde bovendebiet te Schelle en de jaarlijkse neerslag te Ukkel (1949-2019).	26
Figuur 27 – Verblijftijd van de Boven-Zeeschelde voor het jaar 2019	28
Figuur 28 – Verblijftijd van de Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2019).....	29
Figuur 29 – Locatie van Moneos-meetposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. Tielrode is voorlopig een mobiel YSI toestel en wordt op termijn een vaste meetlocatie.	31
Figuur 30 – Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid bij vloed en eb, gemeten door de Aanderaa toestellen in de Zeeschelde (2019). De posten met minder dan 90% correcte metingen zijn omkaderd.....	37
Figuur 31 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo	38
Figuur 32 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo	38
Figuur 33 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Oosterweel.....	39
Figuur 34 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo	39
Figuur 35 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo	40
Figuur 36 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Oosterweel	40
Figuur 37 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doortij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	42
Figuur 38 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	42
Figuur 39 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	43
Figuur 40 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doortij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	43
Figuur 41 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	44
Figuur 42 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	44

Figuur 43 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Lillo (bovenste toestel). In 2015 werd de meetpost verplaatst van locatie (naar de meetpaal).	45
Figuur 44 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Lillo (onderste toestel). In 2015 werd de meetpost verplaatst van locatie (naar de meetpaal).	46
Figuur 45 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)	46
Figuur 46 – Boxplot van de temperatuur bij kentering laag- en hoogwater (respectievelijk “KLWExtr” en “KHWExtr”), op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2019).	49
Figuur 47 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)	50
Figuur 48 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	50
Figuur 49 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	51
Figuur 50 : – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek - Veer (Beneden-Zeeschelde)	51
Figuur 51 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)	52
Figuur 52 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	52
Figuur 53 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Kruike (Beneden-Zeeschelde)	53
Figuur 54 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Hemiksem (Beneden-Zeeschelde)	53
Figuur 55 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Weert (Boven-Zeeschelde)	54
Figuur 56 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)	54
Figuur 57 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)	55
Figuur 58 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Klein-Willebroek (Rupel)	55
Figuur 59 – Boxplot van de Saliniteit bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2019)	58
Figuur 60 – Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)	59
Figuur 61 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	59
Figuur 62 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	60
Figuur 63 – Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)	60
Figuur 64 – Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	61
Figuur 65 – Saliniteit bij KHW en KLW te Kruike (Beneden-Zeeschelde)	61
Figuur 66 – Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde)	62
Figuur 67 – Saliniteit bij KHW en KLW te Weert (Boven-Zeeschelde)	62
Figuur 68 – Saliniteit bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)	63
Figuur 69 – Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)	63
Figuur 70 – Saliniteit bij KHW en KLW te Klein-Willebroek (Rupel)	64
Figuur 71 – Boxplot voor SSC (mg/l): minimum bij KHW en KLW (BOVEN) en maximaal en gemiddelde bij eb en vloed (ONDER)	68

Figuur 72 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Boven (SG500) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).	69
Figuur 73 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Onder (SG2500) met aanduiding van het jaargemiddelde	69
Figuur 74 – Verhouding SSC van onderste en bovenste sensor (O/B) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo.	70
Figuur 75 – SSC bij KLW en KHW te Liefkenshoek - Veer – met aanduiding van het jaargemiddelde	70
Figuur 76 – SSC bij KLW en KHW te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	71
Figuur 77 – SSC bij KLW en KHW te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde	71
Figuur 78 – SSC bij KLW en KHW te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde	72
Figuur 79 – SSC bij KLW en KHW te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde	72
Figuur 80 – SSC bij KLW en KHW te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	73
Figuur 81 – SSC bij KLW en KHW te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde	73
Figuur 82 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	74
Figuur 83 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde	74
Figuur 84 – Verhouding SSC van onderste en bovenste sensor (O/B) bij eb en vloed te Meetpaal Lillo.	75
Figuur 85 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Liefkenshoek - Veer met aanduiding van het jaargemiddelde	75
Figuur 86 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	76
Figuur 87 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde	76
Figuur 88 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde	77
Figuur 89 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde	77
Figuur 90 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	78
Figuur 91 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde	78
Figuur 92 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	79
Figuur 93 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde	79
Figuur 94 – Maximale SSC bij eb en vloed te Liefkenshoek - Veer met aanduiding van het jaargemiddelde	80
Figuur 95 – Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	80
Figuur 96 – Maximale SSC bij eb en vloed te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde	81
Figuur 97 – Maximale SSC bij eb en vloed te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde	81
Figuur 98 – Maximale SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde	82
Figuur 99 – Maximale SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	82
Figuur 100 – Maximale SSC bij eb en vloed te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde. ..	83

Figuur 101 – Locatie van MONEOS-meetposten in de Zeeschelde met periodieke meting van suspensiegehalte aan het wateroppervlak. In Schelle worden geen metingen meer uitgevoerd, Wetteren en Schoonaarde worden in 2020 terug opgestart.....	84
Figuur 102 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Zeeschelde gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen.	85
Figuur 103 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Durme gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen.	86
Figuur 104 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Rupel en bovenstromen gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen	87
Figuur 105 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de stroomgebieden.	89
Figuur 106 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (EWI-correctie toegepast).	90
Figuur 107 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).	91
Figuur 108 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).	91
Figuur 109 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).	92
Figuur 110 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).	92
Figuur 111 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).....	93
Figuur 112 – Ligging van de meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten.....	95
Figuur 113 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	96
Figuur 114 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	97
Figuur 115 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m ³ /s, zoekradius Y-as: 8 km).	98
Figuur 116 Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m ³ /s, zoekradius Y-as: 8 km).	98
Figuur 117 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.	100
Figuur 118 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	100
Figuur 119 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Liefkenshoek tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	101
Figuur 120 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Oosterweel tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	102
Figuur 121 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Hemiksem tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	103
Figuur 122 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Temse (brug) tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	104

Figuur 123 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Zele (kasteeltje) tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	105
Figuur 124 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Melle tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.....	106
Figuur 125 – Meetlocaties van de 13u-metingen in 2019.....	107
Figuur 126 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019.	109
Figuur 127 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).....	110
Figuur 128 – SSF tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019.	110
Figuur 129 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019.....	111
Figuur 130 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).....	112
Figuur 131 – SSF tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019.	112
Figuur 132 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruikeke tussen 2009 en 2019.	113
Figuur 133 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Kruikeke tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).....	114
Figuur 134 – SSF tijdens de 13u-metingen in Kruikeke tussen 2009 en 2019.	114
Figuur 135 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019.....	115
Figuur 136 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)	116
Figuur 137 – SSF tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019.....	116
Figuur 138 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019.	117
Figuur 139 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)	118
Figuur 140 – SSF tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019.	118
Figuur 141 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde tussen 2014 en 2019, aangevuld met het gemeten debiet in Melle tijdens 13-uursmeting in 2019 te Schellebelle.	119
Figuur 142 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Schellebelle tussen 2014 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).....	120
Figuur 143 – SSF tijdens de 13u-metingen in Schellebelle tussen 2014 en 2019.	120
Figuur 144 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019.	121
Figuur 145 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)	122
Figuur 146 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019.	122
Figuur 147 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019.....	123
Figuur 148 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019 (op meerdere dieptes genomen)	124
Figuur 149 – SSF tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019.....	124

Figuur 150 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)	125
Figuur 151 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	127
Figuur 152 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	127
Figuur 153 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	128
Figuur 154 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)	128
Figuur 155 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	129
Figuur 156 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	129
Figuur 157 – Meetlocaties MONEOS 2019	B1
Figuur 158 – Ontwikkeling van het hoogwater te Prosperpolder.....	B5
Figuur 159 – Ontwikkeling van het laagwater te Prosperpolder.....	B5
Figuur 160 – Ontwikkeling van het hoogwater te Temse.	B6
Figuur 161 – Ontwikkeling van het laagwater te Temse.	B6
Figuur 162 – Ontwikkeling van het hoogwater te Dendermonde.....	B7
Figuur 163 – Ontwikkeling van het laagwater te Dendermonde.	B7
Figuur 164 – Ontwikkeling van het hoogwater te Wetteren.	B8
Figuur 165 – Ontwikkeling van het laagwater te Wetteren.	B8
Figuur 166 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0	B9
Figuur 167 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten).....	B10
Figuur 168 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten).....	B10
Figuur 169 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten).....	B11
Figuur 170 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten).....	B11
Figuur 171 – Liefkenshoek - Veer (YSI): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Liefkenshoek - Veer.	B14
Figuur 172 – Oosterweel (SG2500): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Oosterweel.....	B15
Figuur 173 – Kruibeke (YSI): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Kruibeke.....	B16
Figuur 174 – Weert (YSI): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Weert.	B17
Figuur 175 – Schellebelle (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Schellebelle.....	B18
Figuur 176 – Klein-Willebroek (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Klein-Willebroek. De turbiditeit werd gemeten m.b.v. een extra mobiel YSI toestel, behalve voor de campagne van 13/12/2018 (vast toestel).....	B19
Figuur 177 – Tielrode (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Klein - Tielrode.....	B20
Figuur 178 - Melle (YSI): Meervoudig regressiemodel $SSC = f(\text{turbiditeit, tijgemiddeld debiet})$ op basis van automatische pompstalen.....	B21

Colofon

Aan het tot stand komen van dit jaarrapport dragen meerdere mensen bij in diverse aspecten en domeinen. Onze dankbaarheid gaat in eerste instantie uit naar het volledige meetnetteam. Het meetnetteam verzorgt de werking van de meettoestellen, treedt op bij problemen in het meetnet, en voert waar nodig bijkomende meetcampagnes uit. Daarnaast danken we de laboranten uit het sedimentlabo. Zij voeren specifieke analyses uit op de terreinstalen en leveren op die manier een belangrijke bijdrage met betrekking tot de verdere data-analyse. Tenslotte bedanken we alle onderzoekers voor het geleverde werk. Zij valideren, verwerken en analyseren de opgemeten data. De resultaten van hun analyses zijn essentieel voor de jaarlijkse rapportages.

Lijst van afkortingen

- CTD: Conductiviteit – Temperatuur – Druk; tevens afkorting voor het meettoestel dat deze drie parameters registreert
- HTE: Half-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% voorspellingsinterval
- 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% voorspellingsinterval
- VMM: Vlaamse Milieumaatschappij
- WL: Waterbouwkundig Laboratorium

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 deels over een continue systeem-monitoring, deels over project- en deels over studie-monitoring. Veel van de systeem-monitoring is een verderzetting van al decennia lang bestaande meetnetten en metingen, eventueel uitgebreid naar meer locaties en/of meer parameters.

In het Zeescheldebekken voert het Waterbouwkundig Laboratorium continue metingen uit van 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 2019 door het Waterbouwkundig Laboratorium uitgevoerde monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Volgende parameters komen hierbij aan bod:

- waterstanden (het tij in het Zeescheldebekken)
- bovendebieten (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied)
- temperatuur en zoutgehalte van het water
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen)
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde, aangevuld met periodieke metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken)
- de fluviatiele sedimentaanvoer (de aanvoer van zwevende stof vanuit de rivieren richting estuarium)

Daarnaast worden een aantal ecologische parameters (zuurstof, chlorofyl, pH) bemeaten door het WL. Deze parameters worden gevalideerd door Universiteit Antwerpen en gepresenteerd binnen de OMES rapportages.

Voorliggend rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de hydrologische en fysische parameters bemeaten en gevalideerd door het WL duidelijk weergeeft. Dit rapport bevat de weergave en rapportering van de resultaten voor 2019. Voor een overzicht van de MONEOS meetlocaties anno 2019 wordt verwezen naar Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2019. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar Taverniers *et al.* (2013).

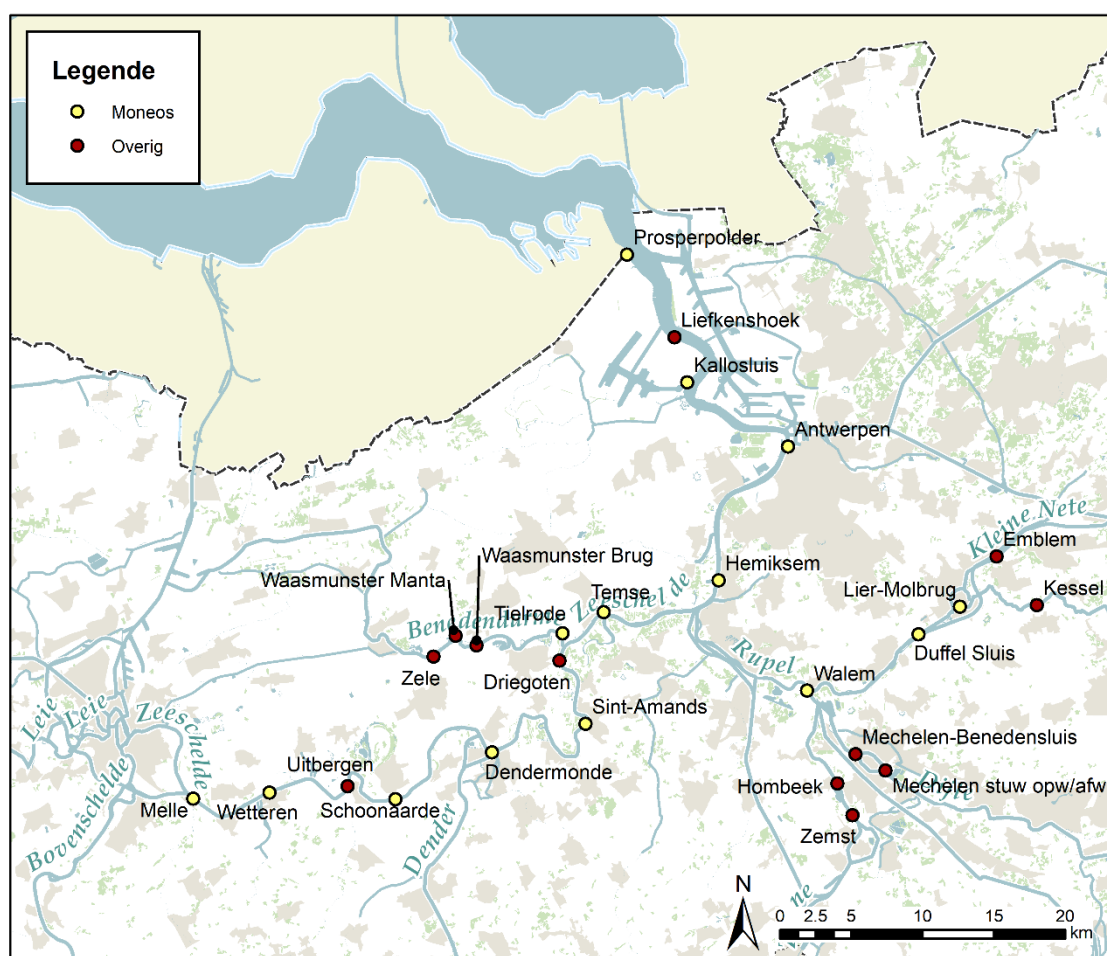
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen

Langsheen het Schelde-estuarium worden op verschillende locaties de waterstanden continu gemeten door Rijkswaterstaat (Westerschelde) en het Waterbouwkundig Laboratorium (Zeeschelde en bijrivieren). Deze metingen laten toe de belangrijkste getijparameters te bepalen. In dit hoofdstuk worden eerst de getijparameters 2019 voor de belangrijkste meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium gepresenteerd, en daarna wordt de langere termijn ontwikkeling voor de referentiepost “Antwerpen-Loodsgebouw” gepresenteerd.

2.1 Getijwaarnemingen

Figuur 1 toont de meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium waar het WL continu waterstanden meet: dit gaat van de Belgisch-Nederlandse grens (locatie Prosperpolder) tot aan de opwaartse grenzen van het aan getij onderhevige deel van het Scheldebekken. In oktober 2019 werd de locatie Walem (Rupel) verlaten en een paar honderd meter opwaarts verplaatst richting Rumst (Nete).

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2019



Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2019 weer voor de belangrijkste meetlocaties in het Schelde-estuarium. Volgende getijparameters worden gerapporteerd:

- gemiddeld hoogwater (GHW)
- gemiddeld laagwater (GLW)
- gemiddeld tijverschil (GTV)
- duur van de stijging
- duur van de daling
- tijdsverschil ten opzichte van Antwerpen voor hoogwater
- tijdsverschil ten opzichte van Antwerpen voor laagwater

Deze parameters worden gerapporteerd voor zowel middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor spring- en doottij.

Tot slot worden ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW), hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW) alsook de P1- en P99-percentielen) opgenomen in deze tabel.

De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laag- en hoogwaterstanden (hoewel minder bij hoogwater). Hierdoor wordt het tijverschil tijdelijk beperkt. Te Melle, Wetteren en Schoonaarde zijn de hoogste laagwaters hoger dan de laagste hoogwaters.

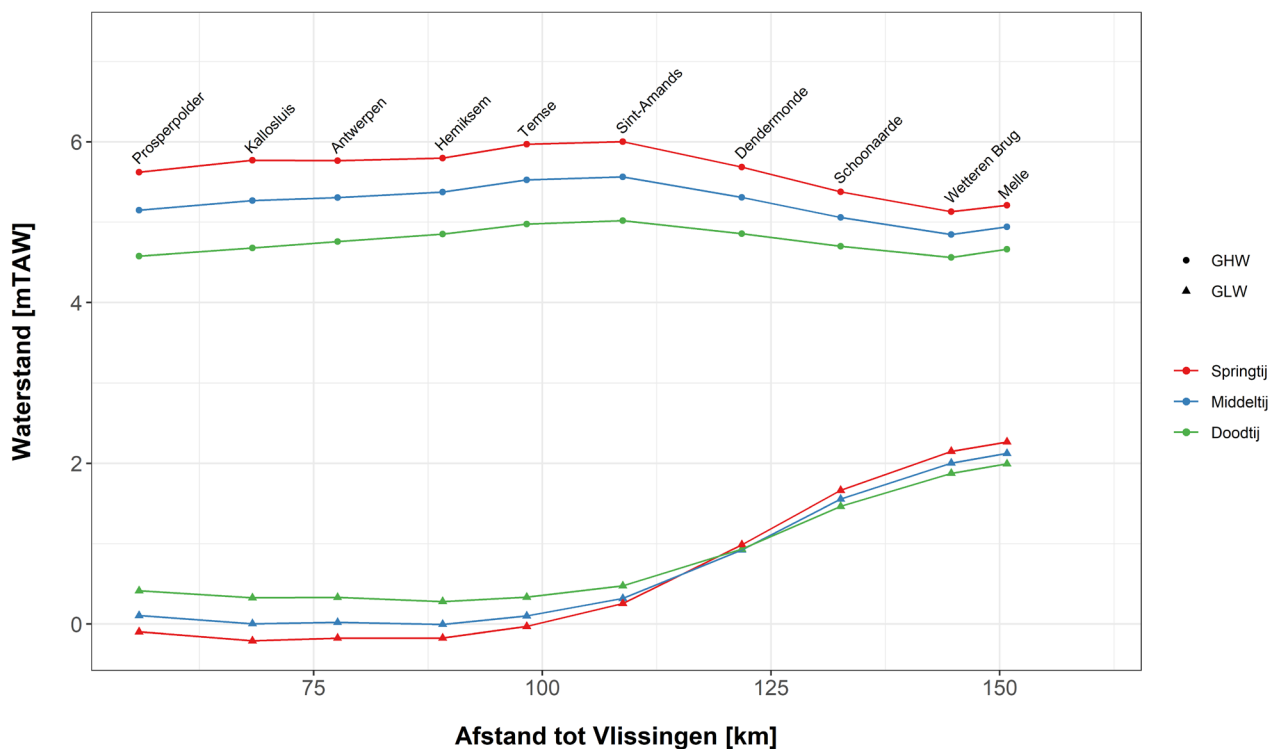
Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven enkele waarden uit Tabel 1 weer. Figuur 2 geeft het GHW en GLW weer in functie van de afstand tot de monding. Het GHW neemt toe van Prosperpolder tot Temse en neemt daarna af. Het GLW blijft van Prosperpolder tot Temse min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in Temse (zie Figuur 3), waar het 5,48 m bedraagt. Vanaf Sint-Amands neemt het GHW af en het GLW toe, wat een kleiner tijverschil als gevolg heeft. Vanaf Dendermonde is het GLW bij springtij hoger dan bij middel- en doottij, bij doottij is het GLW dan weer lager dan bij middel- en springtij. Het GHW blijft wel hoger bij springtij en lager bij doottij. Het tijverschil bij springtij blijft zo hoger dan bij middel- en doottij, maar het verschil wordt wel kleiner.

Uit Figuur 4 blijkt 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 getijkromme. De springtij-dooctijcyclus heeft een belangrijke invloed op de stijgings- en dalingsduur, waarbij de duur van de stijging bij springtij korter is dan bij doottij. In Antwerpen-Loodsgebouw loopt dit verschil op tot ca. 60 minuten, terwijl dit in Dendermonde nog ca. 30 minuten is.

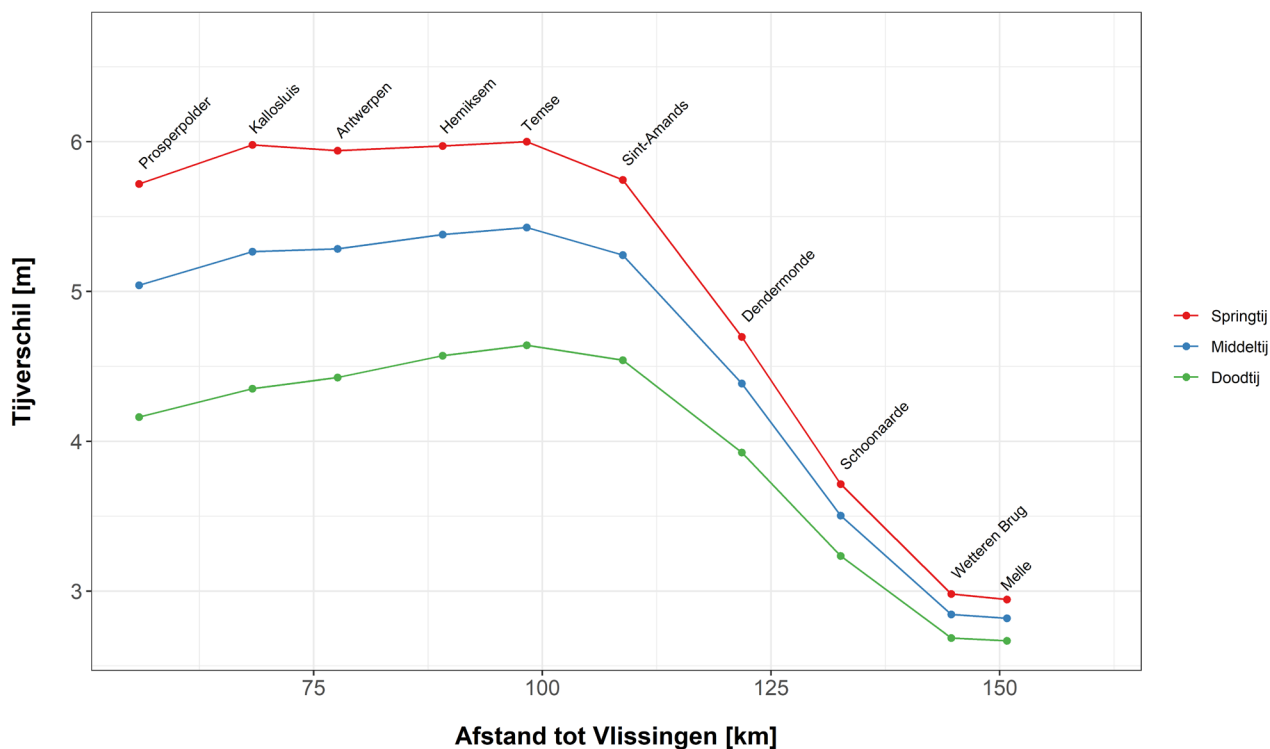
Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2019, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur:minuten.

2019		Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Hemiksem	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle	
afstand tot Vlissingen (km)		55,9	68,3	77,6	89,1	98,3	108,8	121,8	132,6	144,7	150,8	
middeltij		GHW	5,15	5,27	5,31	5,38	5,53	5,56	5,31	5,06	4,85	4,94
		GLW	0,11	0,00	0,02	0,00	0,10	0,32	0,92	1,55	2,00	2,12
		GTV	5,04	5,27	5,28	5,38	5,43	5,24	4,39	3,50	2,84	2,82
		duur van stijging	5:45	5:32	5:29	5:35	5:22	5:03	4:56	4:49	4:48	4:44
		duur van daling	6:40	6:53	6:56	6:50	7:03	7:22	7:29	7:36	7:37	7:41
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:20	-00:14	0:00	0:34	0:49	1:05	1:41	2:15	3:05	3:27
		LW	-00:36	-00:18	0:00	0:27	0:55	1:30	2:13	2:55	3:45	4:12
springtij		GHW	5,62	5,77	5,77	5,80	5,97	6,00	5,68	5,38	5,13	5,21
		GLW	-0,10	-0,21	-0,17	-0,17	-0,03	0,26	0,99	1,66	2,15	2,27
		GTV	5,72	5,98	5,94	5,97	6,00	5,74	4,70	3,71	2,98	2,94
		duur van stijging	5:33	5:16	5:09	5:22	5:10	4:52	4:50	4:47	4:47	4:42
		duur van daling	6:48	7:05	7:12	6:59	7:12	7:30	7:32	7:39	7:35	7:38
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:14	-00:12	0:00	0:41	0:56	1:13	1:51	2:27	3:16	3:38
		LW	-00:38	-00:18	0:00	0:28	0:56	1:30	2:11	2:51	3:39	4:05
doodtij		GHW	4,58	4,68	4,76	4,85	4,98	5,02	4,86	4,70	4,56	4,66
		GLW	0,42	0,33	0,33	0,28	0,34	0,48	0,93	1,46	1,88	1,99
		GTV	4,16	4,35	4,43	4,57	4,64	4,54	3,93	3,23	2,69	2,67
		duur van stijging	6:07	6:00	6:00	5:57	5:47	5:30	5:14	5:02	4:57	4:53
		duur van daling	6:34	6:39	6:40	6:43	6:52	7:10	7:24	7:36	7:44	7:47
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:24	-00:14	0:00	0:25	0:42	0:58	1:30	2:05	2:52	3:14
		LW	-00:30	-00:16	0:00	0:28	0:54	1:28	2:14	2:59	3:54	4:20
uiterste waarden		HHW	6,63	6,75	6,70	6,74	6,91	6,89	6,51	6,28	6,15	6,19
		LHW	3,95	4,05	4,14	4,23	4,34	4,41	4,18	4,02	3,90	3,97
	99e percentiel	HW	6,06	6,22	6,21	6,24	6,40	6,46	6,18	6,06	6,02	6,08
		HLW	2,13	2,08	2,09	2,01	2,03	2,10	2,66	3,20	4,29	4,88
	1e percentiel	LLW	-0,90	-1,02	-1,03	-1,06	-0,89	-0,52	0,17	0,96	1,36	1,38
		LW	-0,62	-0,73	-0,71	-0,71	-0,51	-0,18	0,52	1,14	1,51	1,56

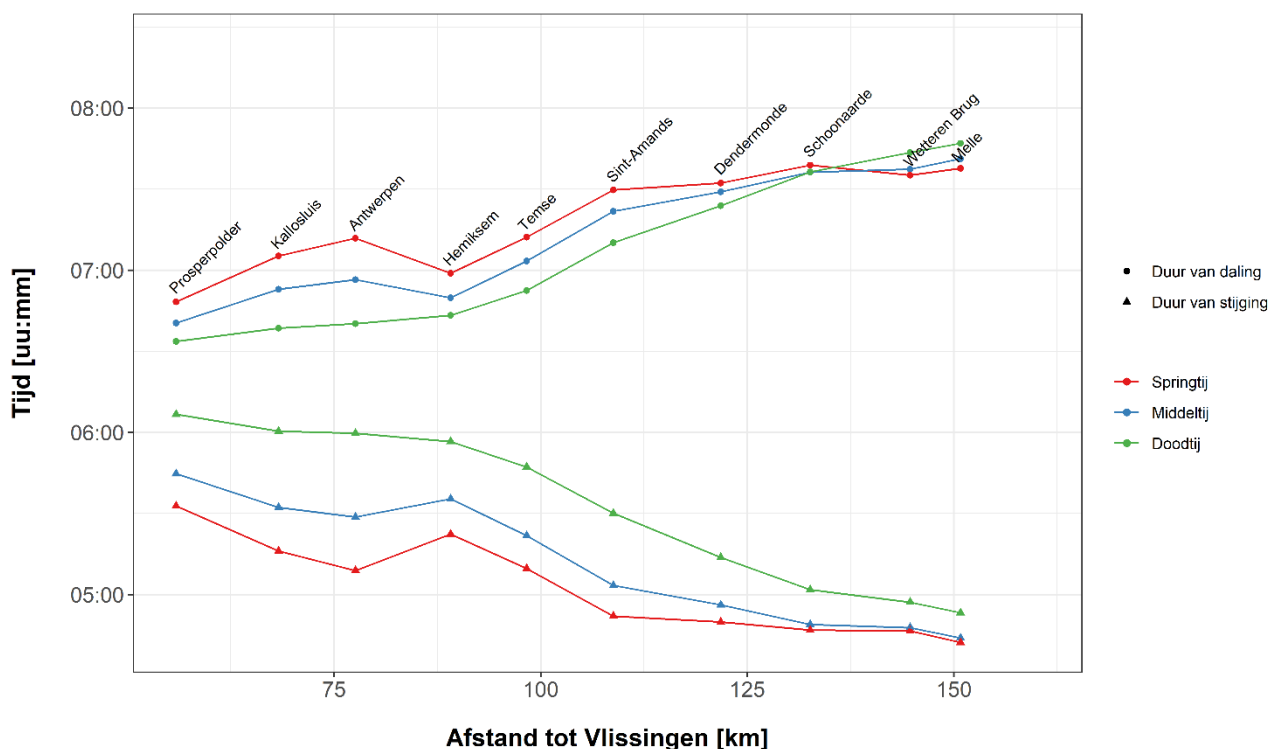
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doodtij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2019 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



Voor de aan het getij onderhevige zijrivieren is de keuze beperkt tot Walem voor de Rupel, Duffel-Sluis en Lier-Molbrug voor de Beneden-Nete, en Tielrode voor de Durme. De belangrijkste tijwaarden staan in Tabel 2.

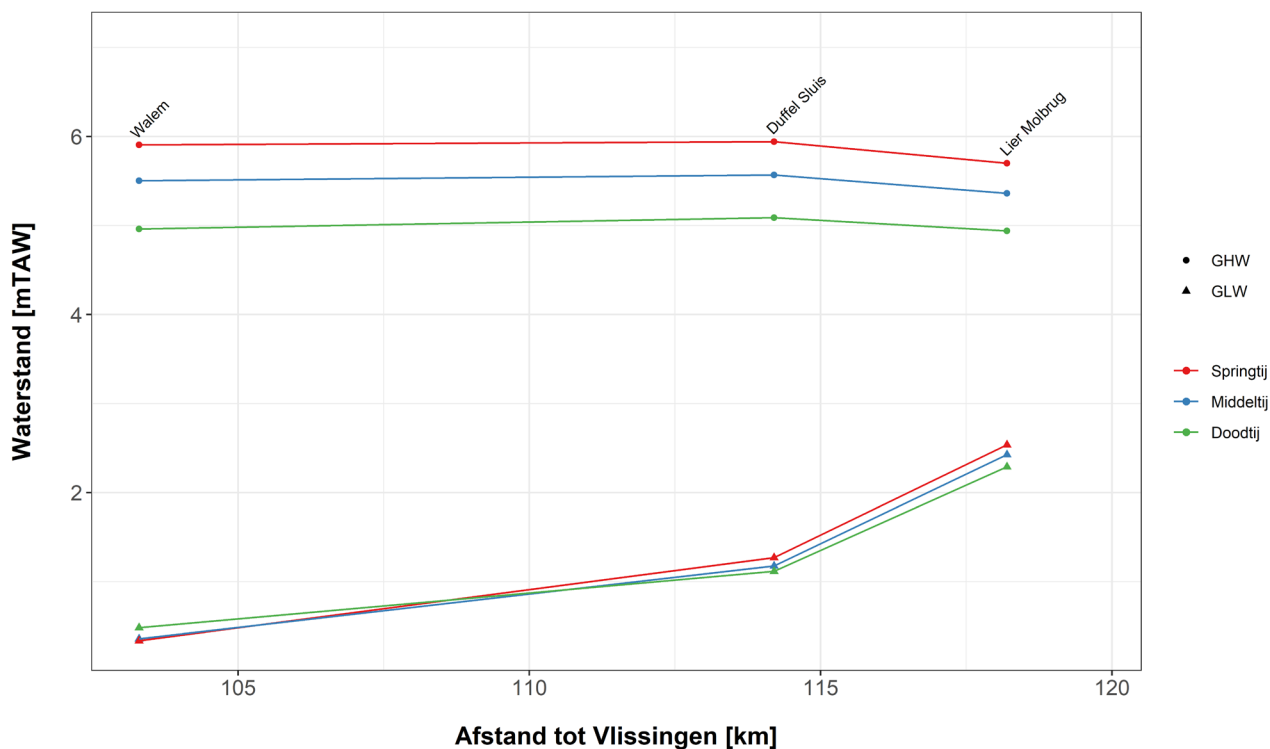
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2. Hoe verder stroomopwaarts hoe lager het GHW en hoe hoger het GLW. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld tijverschil. Het tijverschil is het grootst voor de meest afwaartse post (Walem).

Figuur 7 geeft de stijgings- en dalingsduur van Walem tot en met Lier-Molbrug (Rupel en Beneden-Nete) weer. Net zoals in de Boven-Zeeschelde neemt de getij-asymmetrie toe naarmate er meer opwaarts wordt gegaan. Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middel-, spring- 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 middel-, spring- en doottij. Dit kleiner wordend verschil vindt men ook bij het tijverschil terug.

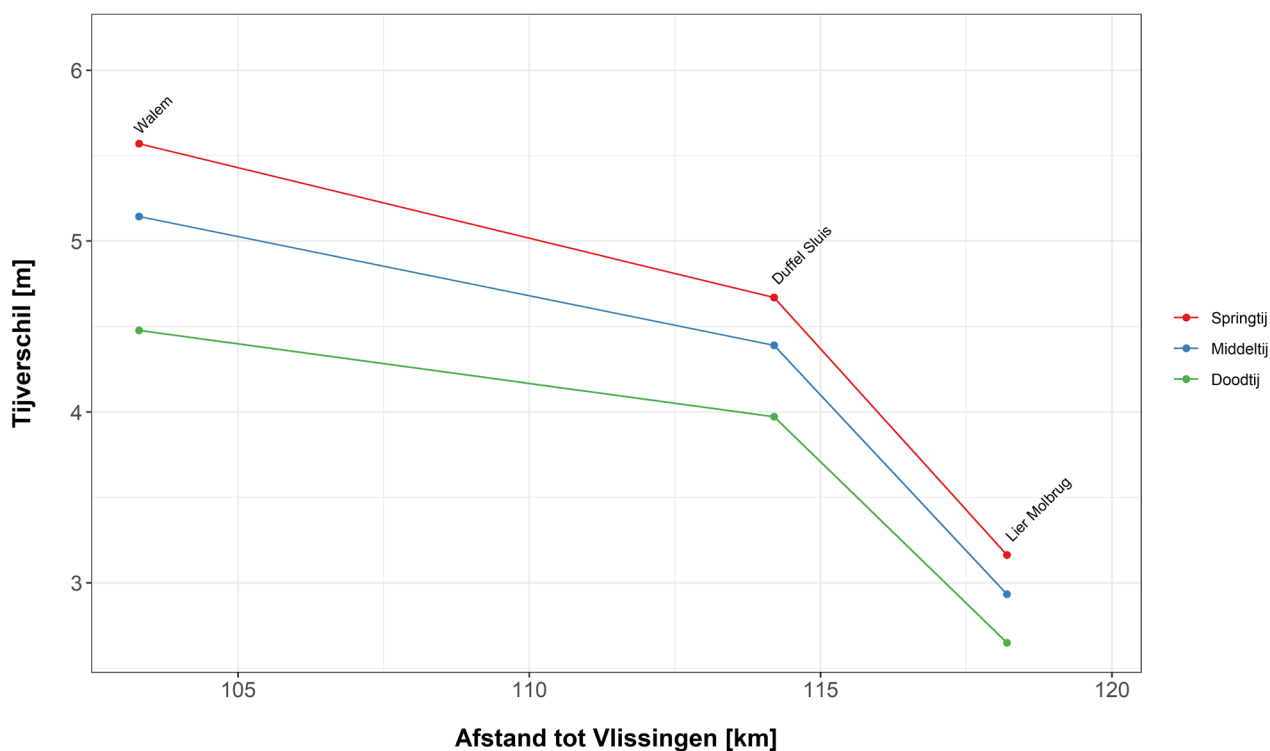
Tabel 2 – Rupel, Beneden-Nete en Durme:
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2019.

2019			Tielrode	Walem	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	103,3	114,2	118,2
middeltij		GHW	5,57	5,50	5,57	5,36
		GLW	0,11	0,36	1,18	2,43
		GTV	5,46	5,14	4,39	2,93
		duur van stijging	5:13	5:10	4:39	4:02
		duur van daling	7:12	7:15	7:46	8:23
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:54	1:05	1:30	1:50
		LW	1:09	1:24	2:19	3:17
springtij		GHW	6,03	5,91	5,94	5,70
		GLW	-0,01	0,34	1,27	2,54
		GTV	6,04	5,57	4,67	3,16
		duur van stijging	5:00	4:59	4:35	4:03
		duur van daling	7:22	7:21	7:48	8:22
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	1:01	1:16	1:40	2:02
		LW	1:11	1:25	2:16	3:11
doodtij		GHW	5,01	4,96	5,09	4,94
		GLW	0,33	0,48	1,12	2,29
		GTV	4,68	4,48	3,97	2,65
		duur van stijging	5:40	5:30	4:54	4:10
		duur van daling	7:00	7:06	7:43	8:25
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:47	0:54	1:18	1:36
		LW	1:07	1:22	2:21	3:23
uiterste waarden		HHW	6,92	6,79	6,75	6,47
		LHW	4,38	4,39	4,48	4,36
	99e percentiel	HW	6,46	6,39	6,39	6,24
		HLW	2,00	2,18	2,53	3,60
	1e percentiel	LLW	-0,56	-0,13	0,66	1,89
		LW	-0,46	-0,09	0,78	1,92

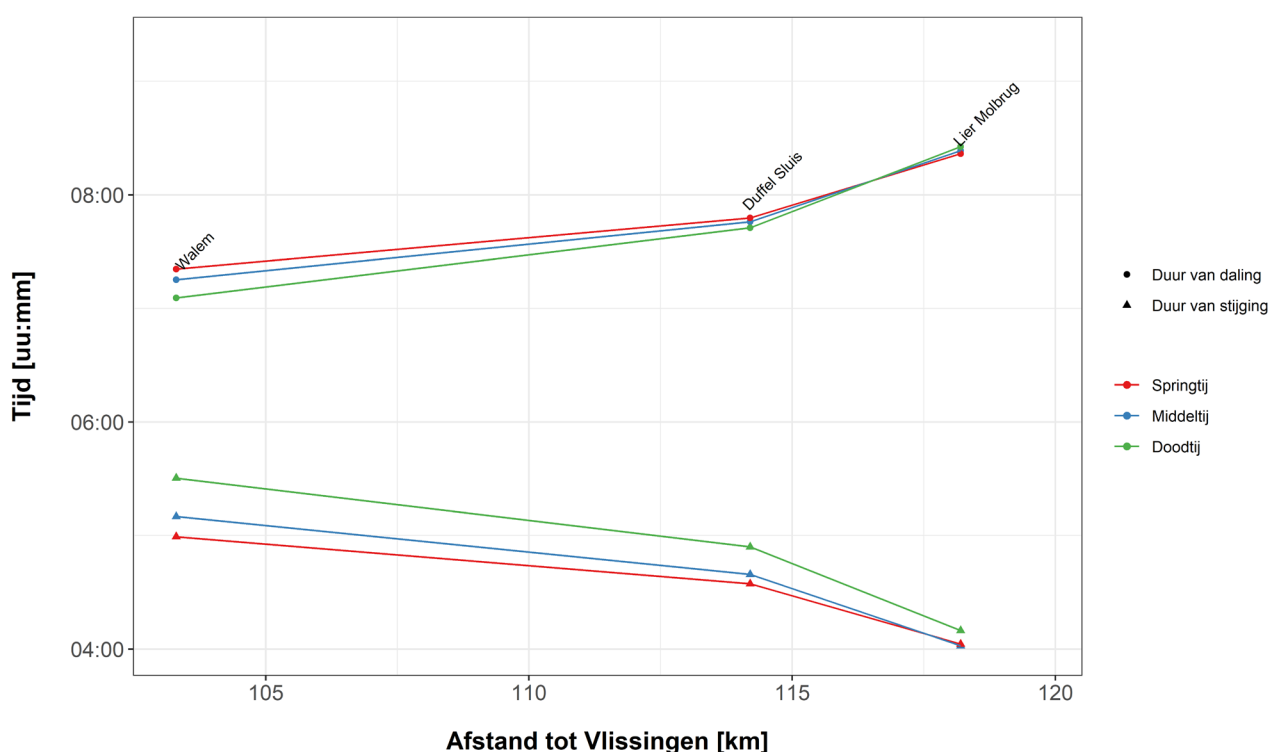
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doodtij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug)



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).



Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2019 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).



2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

2.2.1 Jaaroverzicht

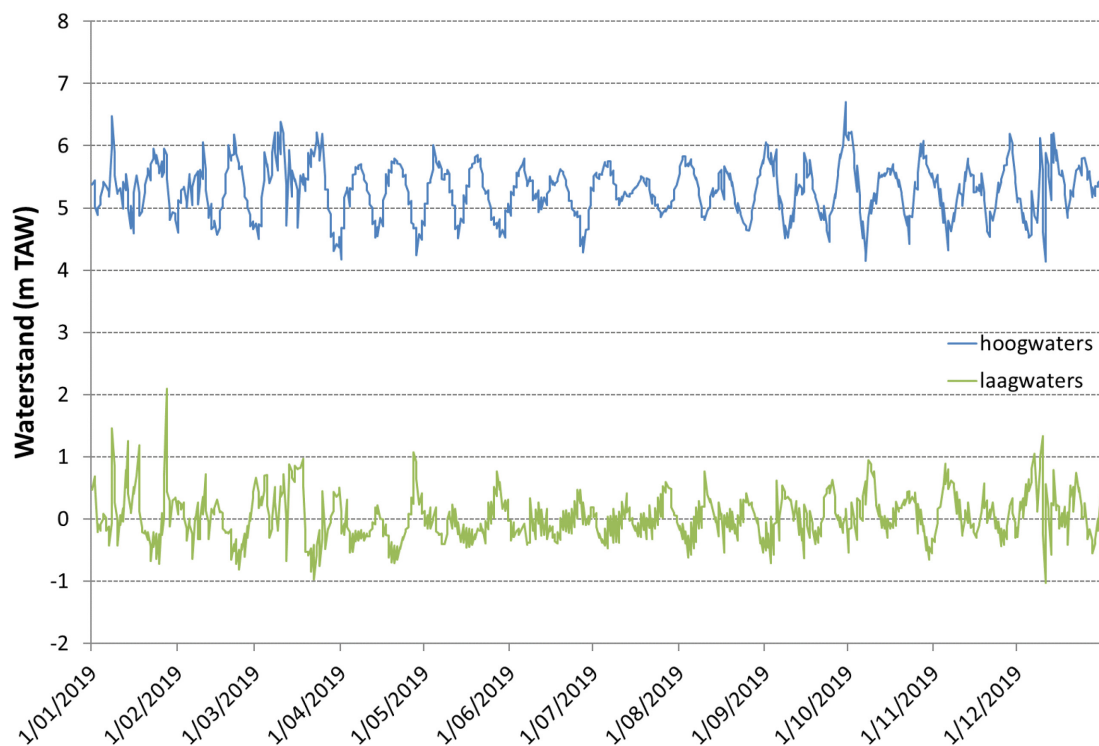
Al meer dan honderddertig jaar (1888 - 2019) wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw de waterstand geregistreerd. Door deze lange registratieperiode en gezien het representatieve karakter van deze meetpost worden deze data als maatstaf van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

Figuur 8 toont het jaarverloop 2019 voor hoogwaters en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. De uiterste waterstanden komen hier duidelijk naar voor. 2019 was een jaar zonder veel extremen. Het hoogste laagwater deed zich voor op 28 januari (2,09 mTAW).

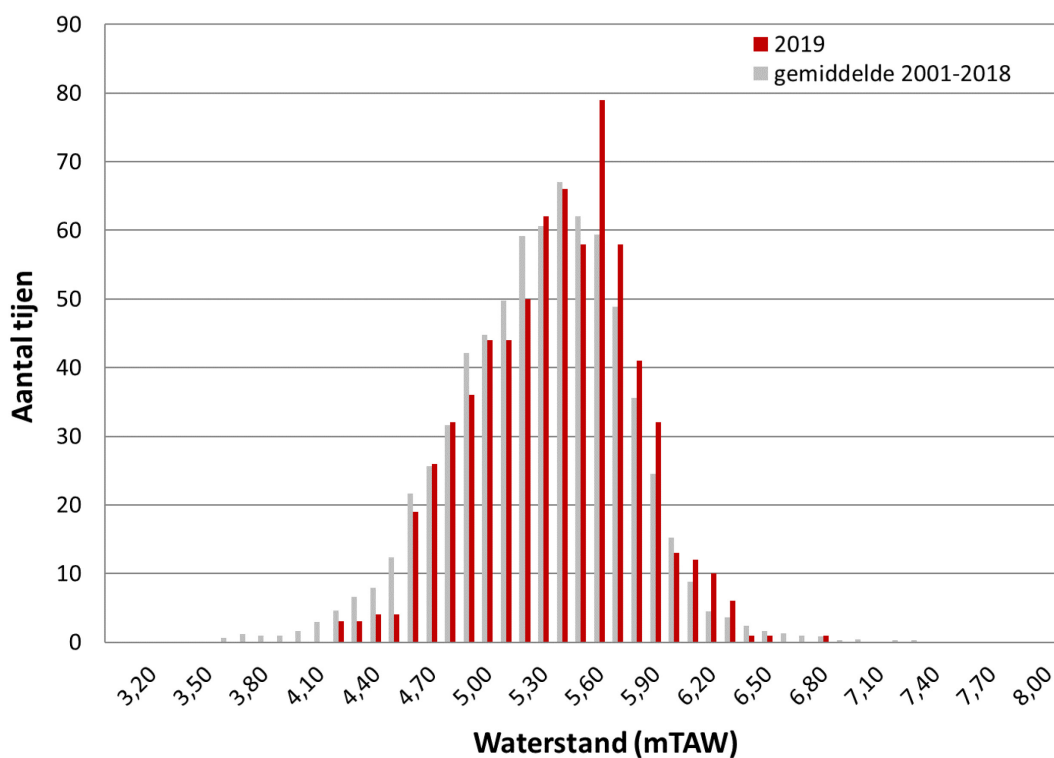
Om een volledig beeld van de verdeling van de hoogwaters, laagwaters en tijverschillen te krijgen tonen we frequentieverdelingen voor het jaar 2019, waarin per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal registraties van hoogwaters, laagwaters en tijverschillen.

Figuur 9, Figuur 10 en Figuur 11 geven bovenvernoemde frequentieverdelingen van Antwerpen-Loodsgebouw. Deze verdelingen zijn ook representatief voor de overige lokaties in het estuarium. Enkel in de opwaartse gebieden van het tijbekken verhogen bij grote bovendeelten en wasregimes de laagwaters meer dan de hoogwaters, waardoor het tijverschil beduidend kleiner wordt dan normaal. Voor deze lokaties kunnen de histogrammen afwijken van het beeld dat hier voor Antwerpen getoond wordt. De verdeling is in Antwerpen vergelijkbaar met de gemiddelde verdeling sinds 2001. Al blijkt wel dat zowel bij de hoog- als de laagwaters de (niet extreme) hogere waterstanden meer voorkomen dan gemiddeld (sinds 2001).

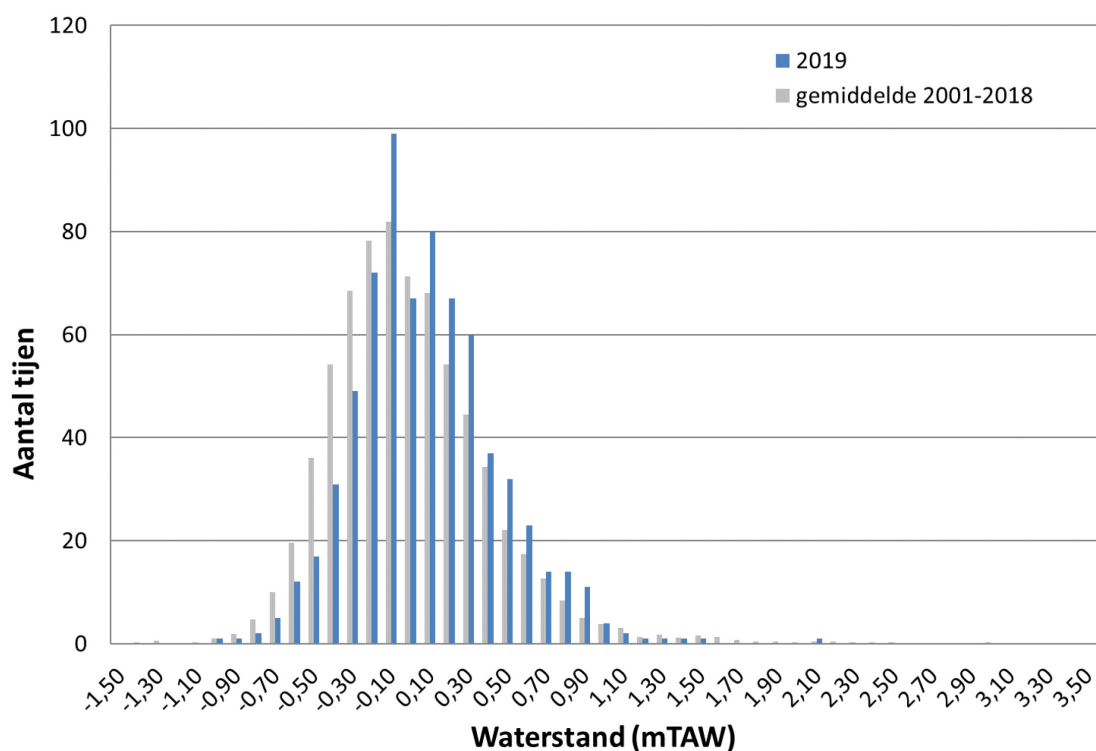
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2019 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.



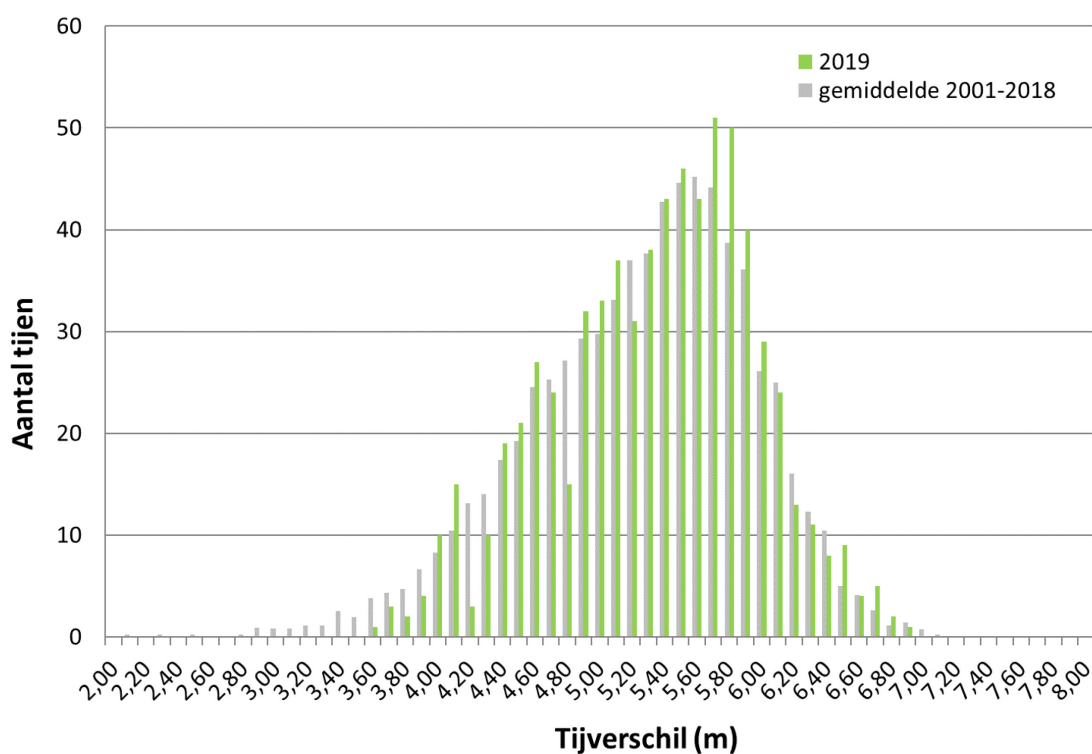
Figuur 9 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van hoogwaters in 2019 verdeeld per decimeter TAW.



Figuur 10 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van laagwaters in 2019 verdeeld per decimeter TAW.



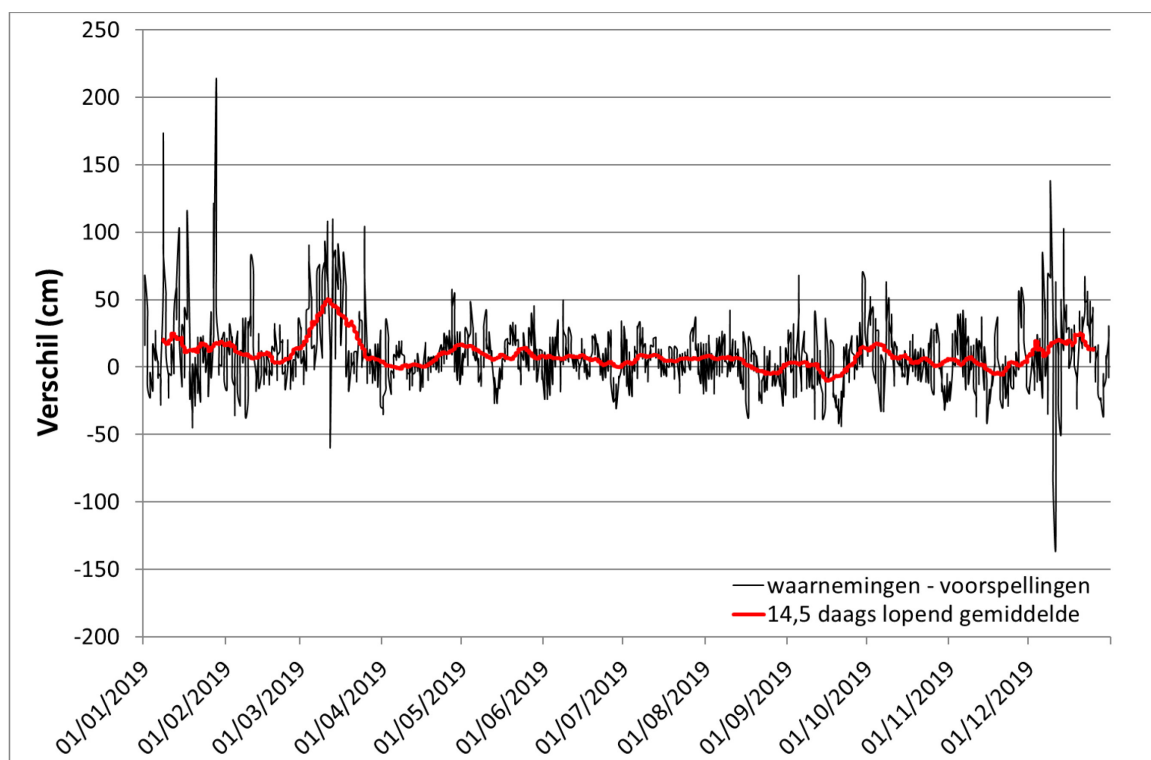
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van tijverschillen in 2019 verdeeld per decimeter.



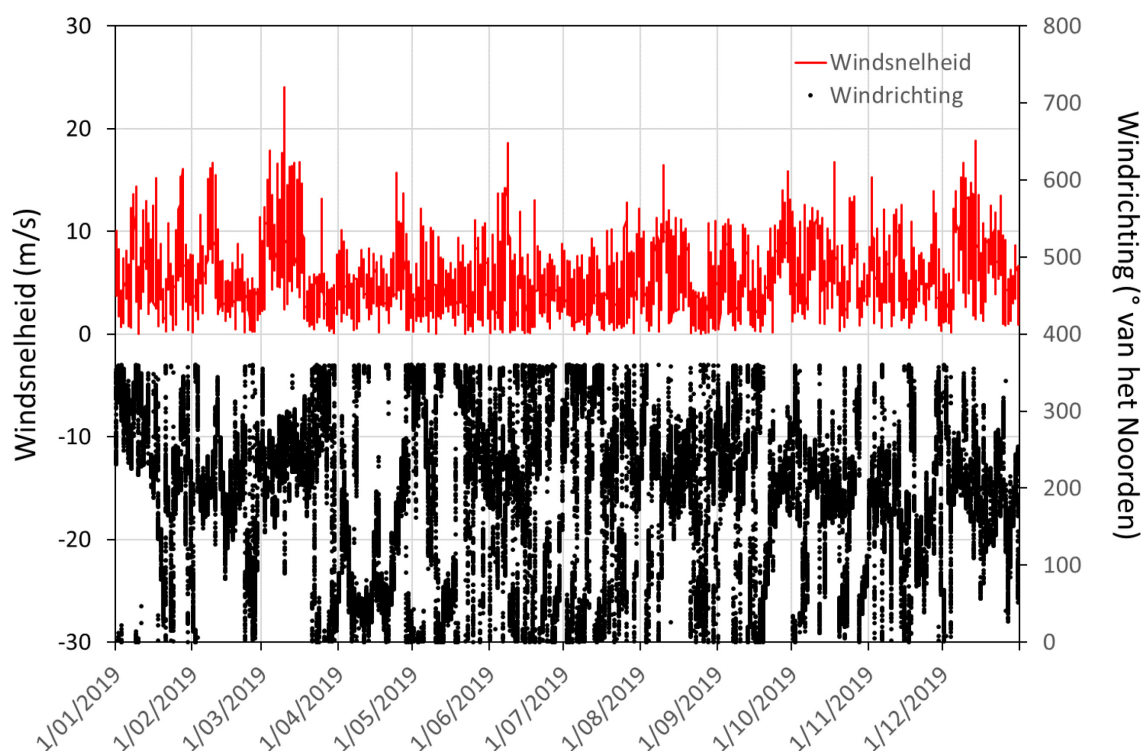
De tweewekelijkse springtij-doodtijcyclus is duidelijk waarneembaar in de metingen (Figuur 8). Echter, de waarnemingen kunnen in beperkte of grotere mate afwijken van het astronomische verloop (Figuur 12). Dit komt doordat ze beïnvloed worden door de meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel is de variatie in bovenafvoer belangrijk.

Gedurende het jaar 2019 was gemiddeld gezien de waargenomen waterstand (beperkt) hoger dan de voorspelde waterstand (9 cm). De gemiddelde absolute waarde van het verschil tussen waargenomen en voorspelde waterstand bedraagt voor 2019 18 cm. Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 13 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 30 cm, met een maximum verschil van 70 cm). Dit komt doordat tijdens de zomer er slechts weinig opwaaiingen en afwaaiingen plaatsvinden. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen effectief waargenomen getij en astronomisch voorspeld getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 23 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 71 cm, met een maximum verschil van 210 cm tijdens het laagwater van 28 januari). Vooral tijdens de maanden maart en december was het verschil groter. Uit Figuur 13 blijkt dat de wind toen relatief hard waaide uit zuidwestelijke sector (tussen 200° en 260°) wat opwaaiing tot 50 cm veroorzaakte.

Figuur 12 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen-Loodsgebouw in 2019



Figuur 13 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).



2.2.2 Het jaar 2019 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal ke(r)ngetalen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 3 toont een overzicht van de getijparameters voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2019, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia.

Het jaar 2019 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 3) een vrij normaal jaar. Dat blijkt ook uit Figuur 14, Figuur 15 en Figuur 16 die het historisch tijbeeld schetsen.

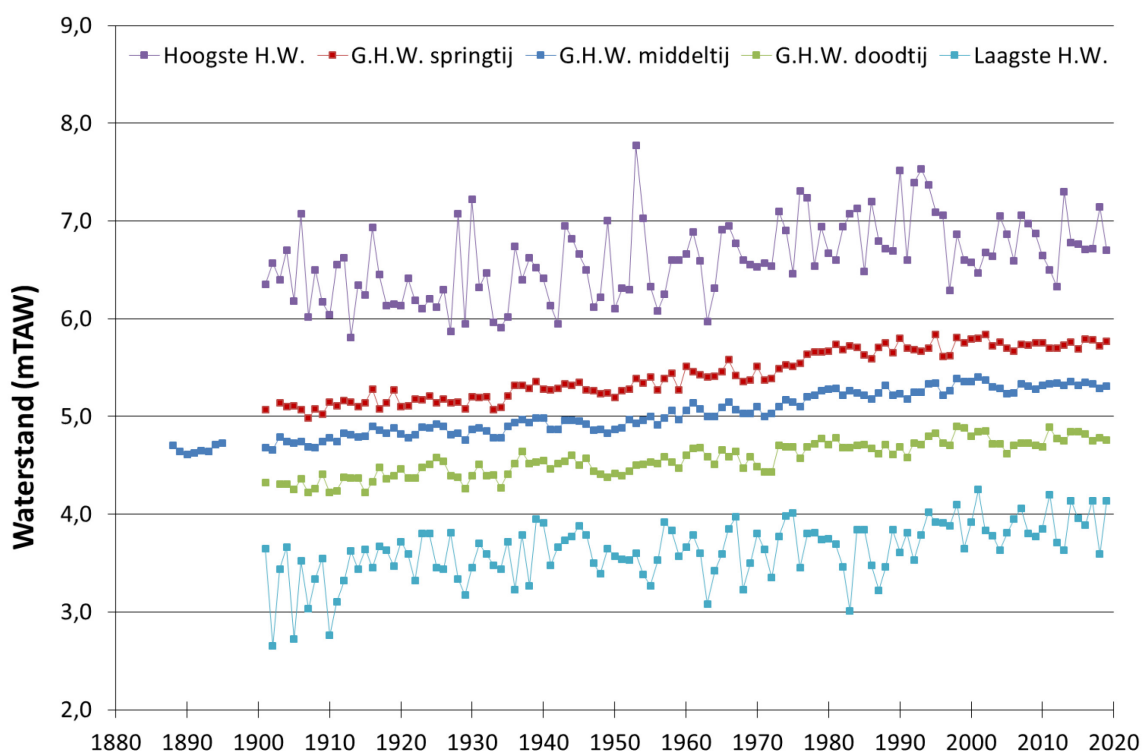
In het kader van Moneos-T (Schrijver en Plancke, 2008) en recenter ook de T2009 (Depreiter *et al.*, 2014), T2015 (Barneveld *et al.*, 2018b) en Agenda voor de Toekomst (Vandenbruwaene *et al.*, 2020a) rapportages werd specifiek gekeken naar trends in de langjarige evolutie van hoog- en laagwaters. Figuur 17 en Figuur 18 geven deze respectievelijke trends weer voor Antwerpen (berekend over de periode 1980-2019). Het GHW en GLW van 2019 liggen respectievelijk boven en onder de trendlijn, maar nog wel binnen de 95% voorspelbaarheidsintervallen. Over de periode 1980-2019 bedraagt de stijging in jaargemiddeld hoogwater ten gevolge zeespiegelstijging 0,19 cm/jaar.

Voor meer informatie omtrent trendbepalingen en resultaten van overige meetlocaties wordt verwezen naar Bijlage B: Evoluties HW en LW. Voor de evolutie van de harmonische componenten wordt verwezen naar Bijlage C: Harmonische componenten.

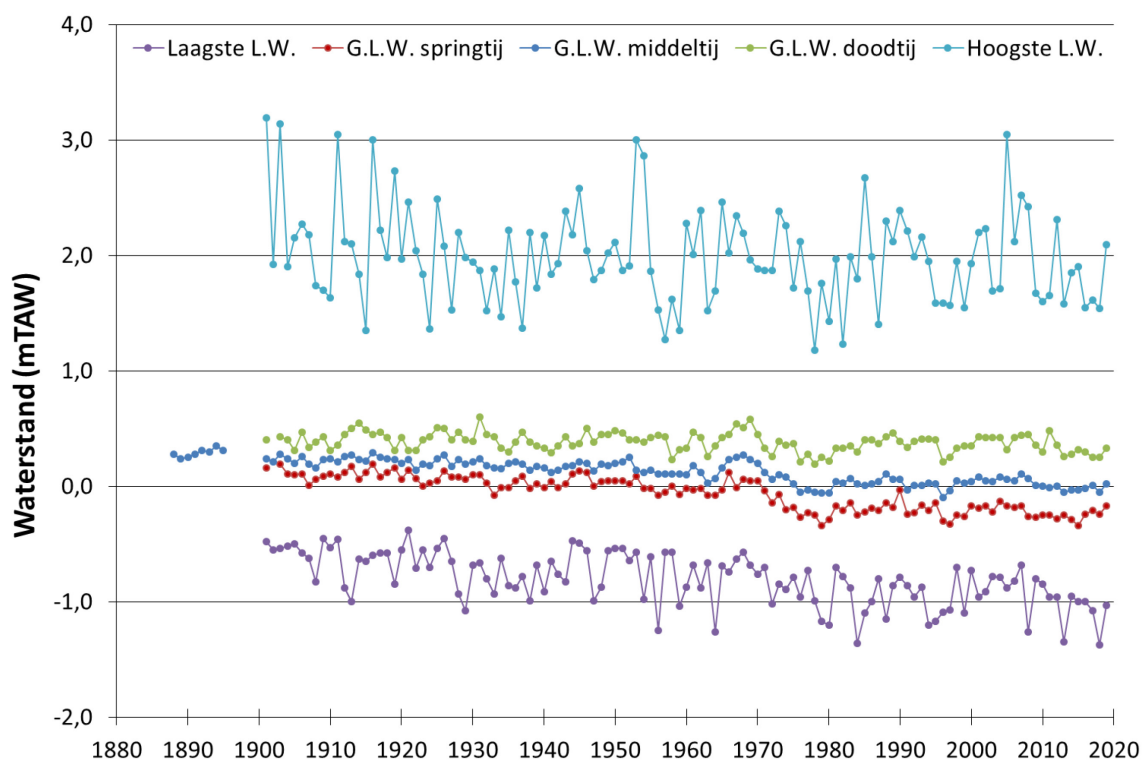
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2019 in historisch perspectief;
 (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

		1971 - 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2015	2019
Middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,32	5,31
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,04	0,02
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,36	5,28
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	5:29
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:55	6:56
Springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,70	5,77
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,29	-0,17
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	6,00	5,94
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	05:07	5:09
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	07:12	7:12
Doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,80	4,76
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,32	0,33
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,43
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	06:00	6:00
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	06:41	6:40
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,30	6,7
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,60	4,14
	99 ^{ste} percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,18	6,21
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	2,09
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,38	-1,03
	1 ^{ste} percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,80	-0,71

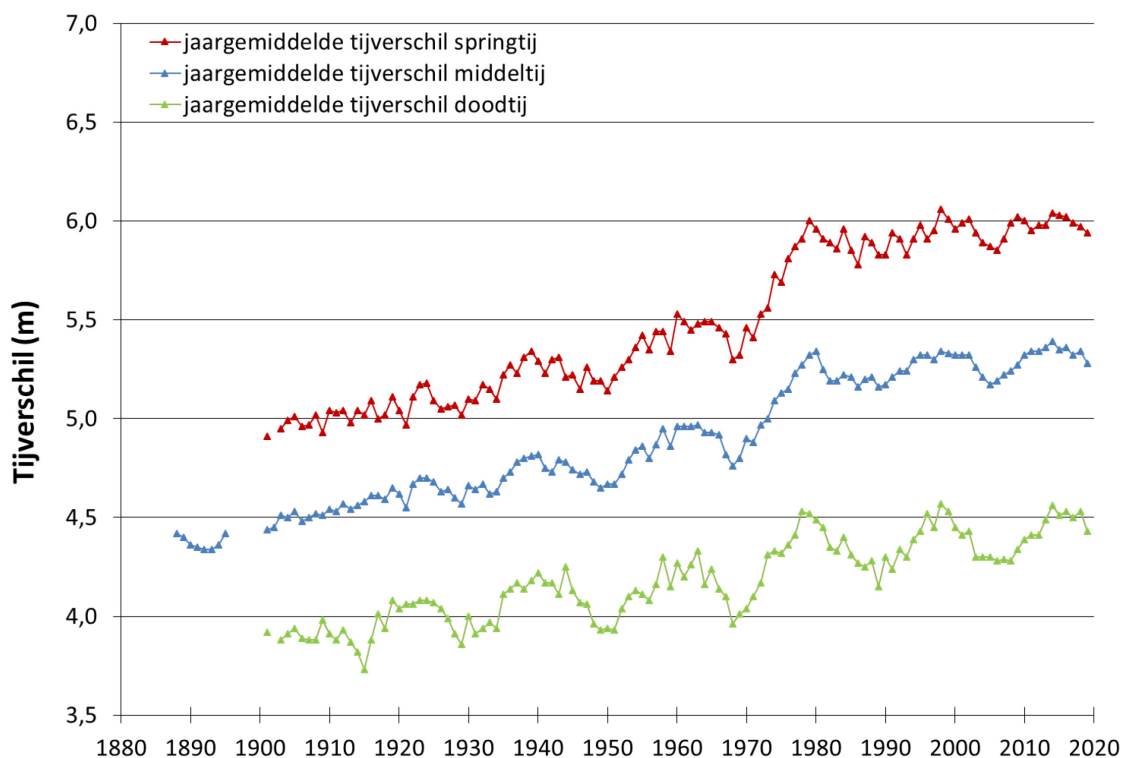
Figuur 14 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



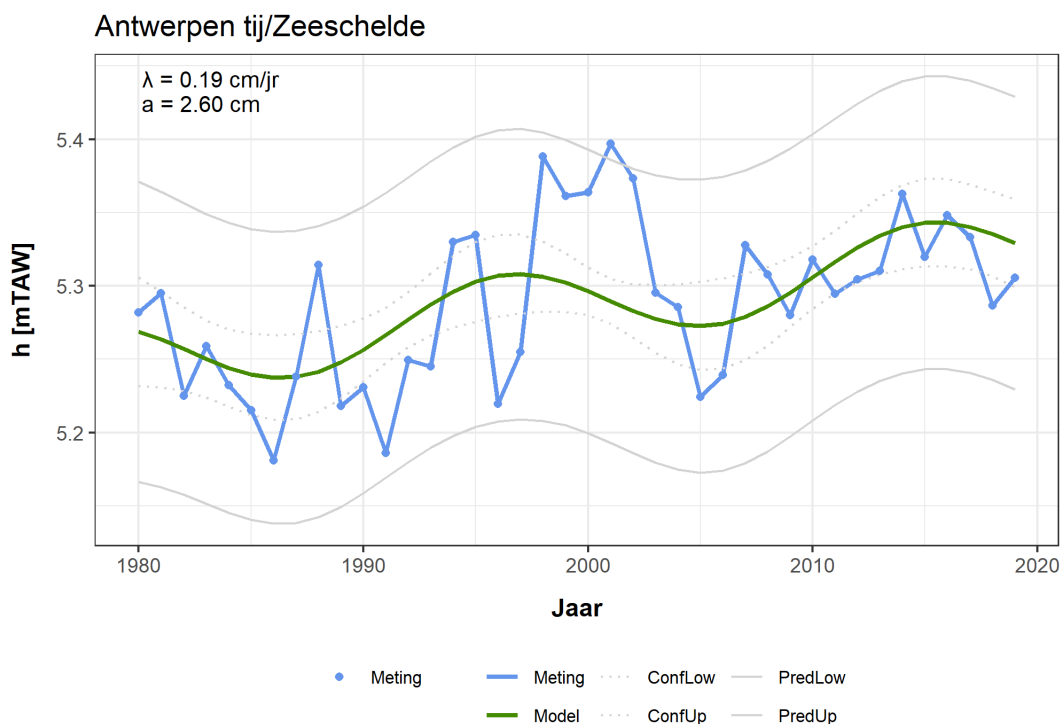
Figuur 15 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.



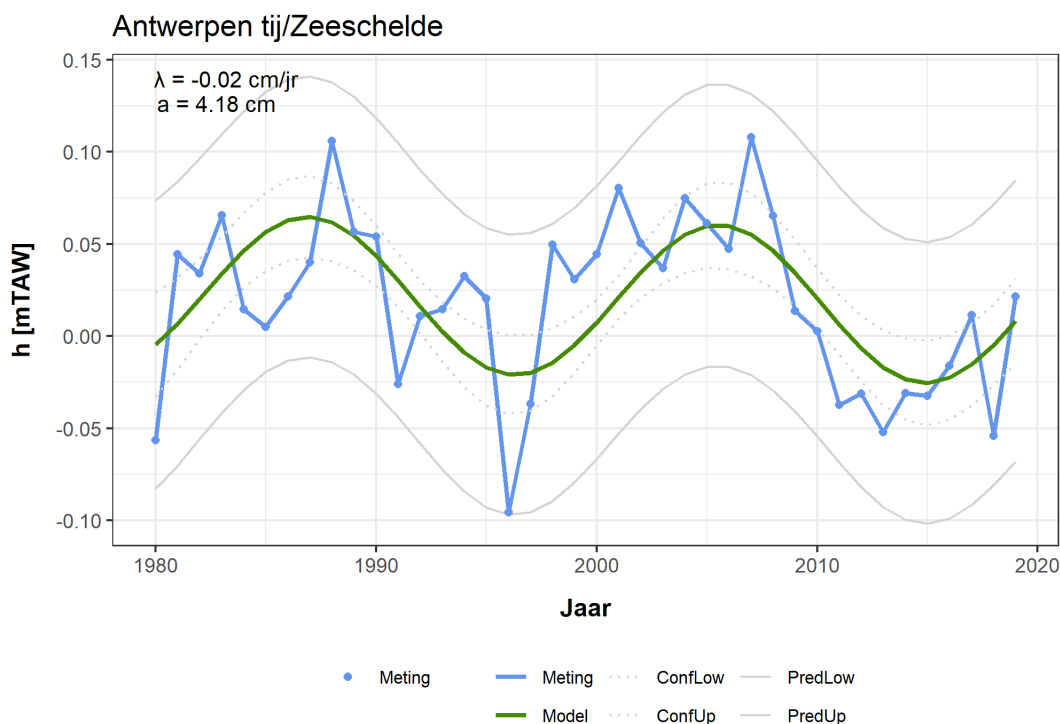
Figuur 16 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2019) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doottij.



Figuur 17 – Ontwikkeling van het gemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw met Conf (95% betrouwbaarheidsinterval) en Pred (95% voorspellingsinterval).



Figuur 18 – Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw met Conf (95% betrouwbaarheidsinterval) en Pred (95% voorspellingsinterval).



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 opwaaiing. Actief lagedrukgebieden kunnen aanleiding geven tot harde, stormachtige noordwestenwinden. Gezien de oriëntatie van het Schelde-estuarium stuwen noordwestenwinden extra zeewater het estuarium binnen.

Op 30 september werd de hoogste waterstand van 2019 geregistreerd. In Antwerpen was het hoogwater 6,70 mTAW (stormtij). Meer informatie over deze gebeurtenis is terug te vinden in de eerder gepubliceerde Scheldeflits 2019 - 01 (HIC, 2019).

Tabel 4 toont al de hoogwaterstanden sinds 1971 in Antwerpen, hoger dan 6,5 mTAW. Het stormtij dat zich in september voordeed is niet uitzonderlijk.

3 Jaaroverzicht bovendebieten

3.1 Overzicht meetlocaties

Sedert 1949 worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenafvoer uit de opwaarts van het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen. Bovendien worden de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorgerekend, eerst naar de monding van de betrokken zijrivier in een andere, daarna alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle. Daar wordt de bovenafvoer van de Zeeschelde bepaald opwaarts de Rupelmonding plus de bovenafvoer van het daar uitmondende Rupelbekken. Hun som levert de bovenafvoer van de Beneden-Zeeschelde op. De berekeningsmethodes staan beschreven in Vanlierde *et al.* (2014) en Michielsens *et al.* (2019).

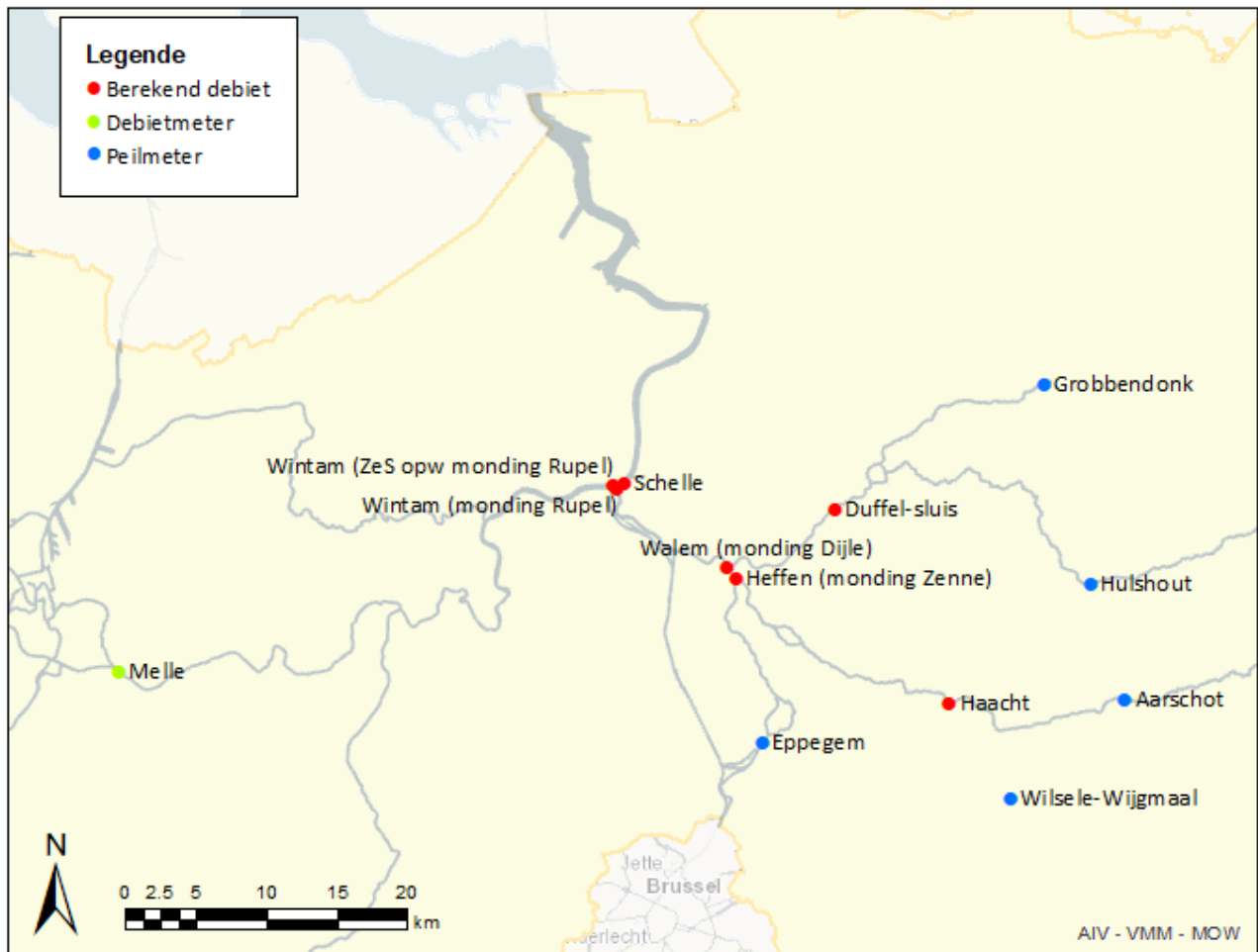
De locaties waar de debieten bepaald worden (dd. 2019) zijn weergegeven in Tabel 5 en Figuur 19.

Er wordt vooralsnog geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Sinds januari 2016 is er in Lokeren een nieuw pompemaal in dienst genomen dat bij hoge waterstanden op de Moervaart automatisch water overpompt (theoretisch maximum 7,5 m³/s) van de Moervaart in de Durme. Bij normaal weer zal het gemaal minder water overpompen, maar genoeg om de tijgebonden Durme weer van voldoende bovendebiet te voorzien om verzanding tegen te gaan. Momenteel worden deze debieten echter nog niet geregistreerd. Het Durmebekken 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 te Schelle.

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Opmerking
knt03a	Grobbendonk Troon	Kleine Nete	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
gnt05a	Hulshout	Grote Nete	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
dem02a	Aarschot	Demer	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
L08_093	Wilsele	Dijle	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
zen03a	Epegem	Zenne	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
den01a	Dendermonde	Dender	Q	Schijntij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zes57a	Melle	Zeeschelde	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast

Figuur 19 – Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.



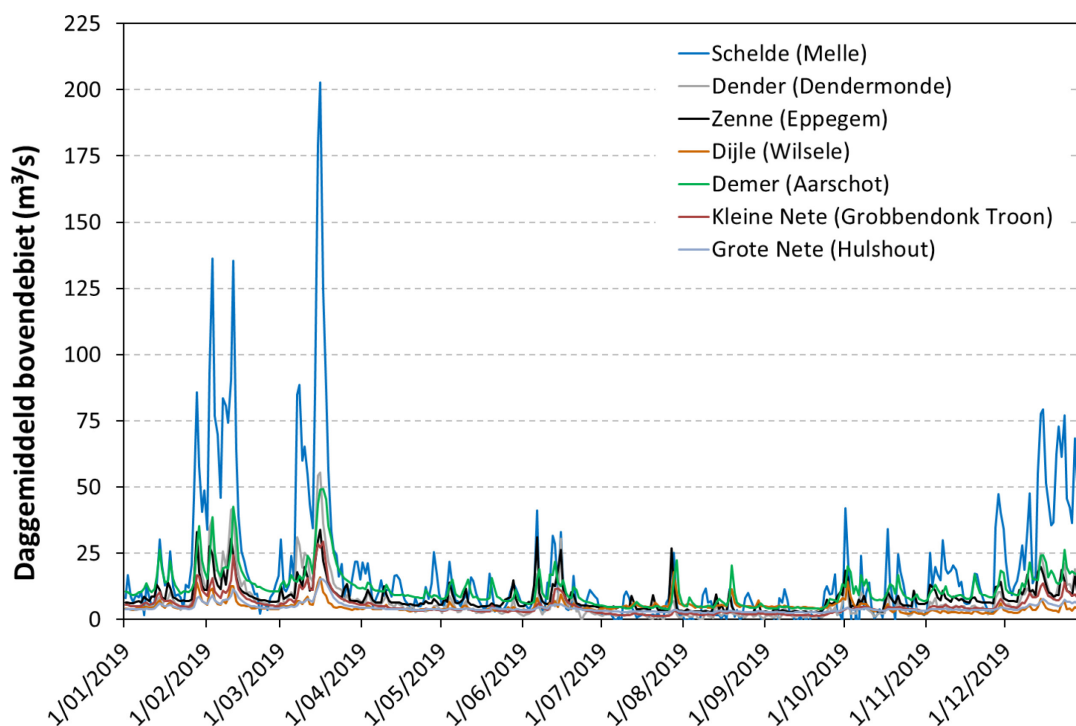
3.2 Verloop van de bovendebiten in 2019

Figuur 20 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebiten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2019. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebiten, 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.

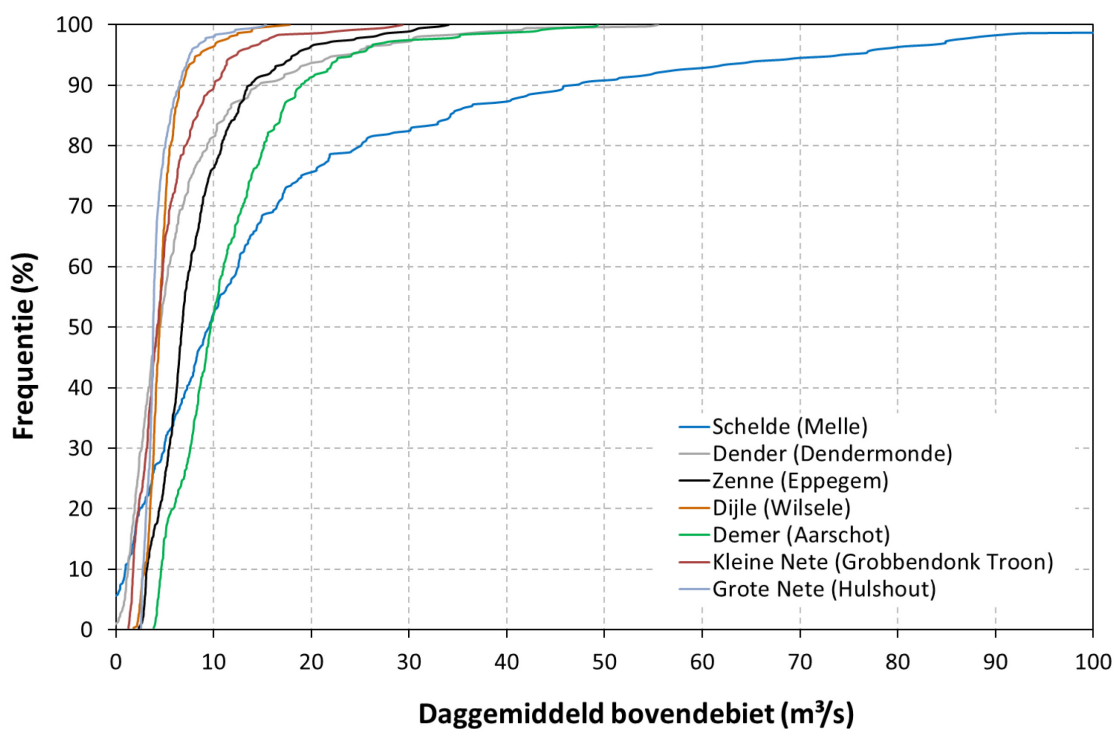
Zoals bekend hebben de Bovenschelde en de Leie, bij wassen, het grootste aandeel in het bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Dit leidt tot duidelijk hogere debieten te Melle in vergelijking met de overige meetlocaties (Figuur 20 en Figuur 21). Tijdens zeer droge periodes keren de rollen om en is de bovenafvoer in Melle lager dan die aan de overige randen van het tijgebied. Het grootste volume van de al beperkte afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt tijdens zeer droge periodes afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen.

Er zijn drie perioden met verhoogde afvoeren (eind januari-begin februari, maart en december). Hierbuiten wordt 2019, op een sporadische verhoging van het debiet, gekenmerkt door (zeer) lage afvoer (Figuur 20). De frequentieverdeling voor 2019 toont aan dat de dagelijkse bovenafvoer te Melle voor aanzienlijke periodes lager is dan de overige locaties (Figuur 21). Zo is de dagelijkse bovenafvoer te Melle ruim 50% van de tijd kleiner dan in Aarschot. De overige tijd wordt gekenmerkt door bovenafvoeren die duidelijk veel hoger liggen in Melle (Figuur 20 en Figuur 21). Voor meer informatie met betrekking tot de bovendebiten langsheen de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen voor 2019 wordt verwezen naar Vandenbruwaene et al. (2020b).

Figuur 20 – Zeescheldebekken: daggemiddelde bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2019.



Figuur 21 – Zeescheldebekken: cumulatieve frequentieverdeling van de daggemiddelde bovendebietsen aan de meetraaien voor het jaar 2019.



In Tabel 6 staan het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde en de 5-, 50- (mediaan) en 95 percentielen. Van al de meetlocaties aan de rand van het tijgebied meet de locatie Melle, in 2019, gemiddeld het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. De tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Demer, gevolgd door de Zenne te Eppegem en de Dender te Dendermonde.

Tabel 6 – Zeescheldebekken: kenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in 2019 (m³/s)

	Kleine Nete Grobendonk Troon	Grote Nete Hulshout	Demer Aarschot	Dijle Wilsele	Zenne Eppegem	Dender Dendermonde	Schelde Melle
minimum	1,3	2,6	3,9	1,8	2,3	-0,5	-17,7
5 ^e -percentiel	1,7	2,6	4,3	2,5	2,9	0,9	-0,2
50 ^e percentiel (mediaan)	4,3	3,8	9,7	4,4	6,7	4,5	9,6
gemiddelde	5,3	4,3	11,4	4,8	8,2	6,8	18,0
95 ^e percentiel	12,3	7,5	24,1	8,5	18,3	23,4	74,1
maximum	29,4	15,4	49,3	17,8	34,0	55,5	202,8

3.3 Bovendebiet van de Schelde te Schelle

3.3.1 Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle"

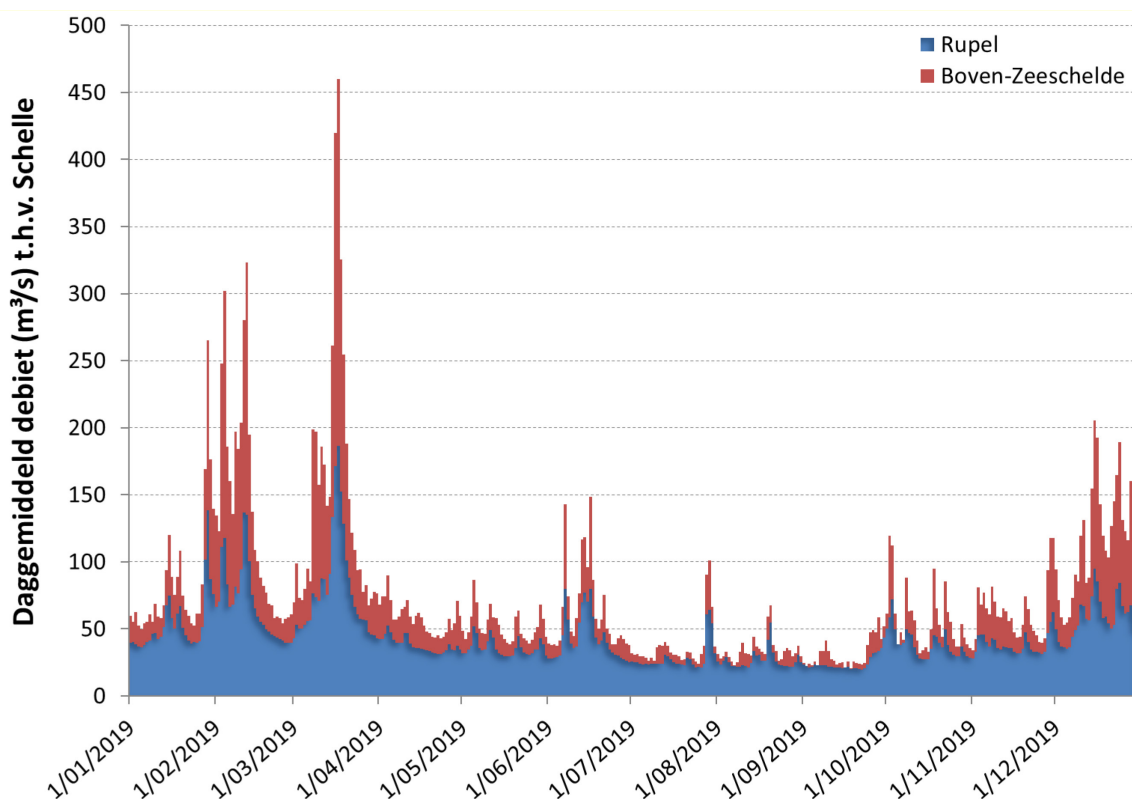
Sinds het MONEOS-rapport van 2008 wordt gewerkt met pentade-gemiddelde (=vijfdaags) bovendebieten. De berekeningsmethodes staan beschreven in (Vanlierde *et al.*, 2014). In 2018 is deze methode geactualiseerd door de berekeningsmethode te uniformiseren, de tijdsvertraging tussen de opwaartse metingen en Schelle te herzien en af te stappen van de pentade-gemiddelden (Michielsen *et al.*, 2019). De methode is voor het eerst toegepast op de data vanaf januari 2018.

De daggemiddelde afvoer te Schelle wordt getoond in Figuur 22. De figuur toont het aandeel aangevoerd door de Rupel en de Boven-Zeeschelde. Net als in Figuur 20 en Figuur 21 toont ook deze figuur de beperkte bijdrage van de Leie, Schelde en Dender (die het debiet van de Boven-Zeeschelde bepalen) tijdens droge periodes.

Tabel 7 toont de maandgemiddelde bovenafvoer van de Schelde (te Schelle) de Rupel (bij de monding te Wintam) en de Boven-Zeeschelde (te Wintam opwaarts de monding van de Rupel).

Ook gemiddeld gezien is in 2019 de bijdrage van de Rupel groter: 45 m³/s t.o.v. 29 m³/s. De jaargemiddelde bovenafvoer van de Schelde is in 2019 73 m³/s.

Figuur 22 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle, opgedeeld in de debieten aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) in 2019.



Tabel 7 – Maandgemiddelde bovenafvoer van de Zeeschelde te Schelle, Rupel en Boven-Zeeschelde in 2019 (m³/s).

	Schelle	Rupel	Boven-Zeeschelde
Januari	86	55	31
Februari	134	69	65
Maart	152	79	73
April	58	38	20
Mei	51	36	16
Juni	63	43	20
Juli	37	28	8
Augustus	34	27	7
September	32	25	7
Oktober	54	38	16
November	64	39	25
December	116	58	57
Gemiddelde	73	45	29

3.3.2 Bovendebieten 2019 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

Figuur 23 geeft de frequentieverdeling van de jaargemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle weer. In 2019 bedraagt de gemiddelde afvoer te Schelle 73 m³/s. Bijna 90% van de jaardebieten te Schelle (sinds 1949) is hoger dan dat van 2019. 2019 was dus een jaar met een lage afvoer, in het bijzonder tussen april en november (zie ook Boeckx *et al.*, 2020).

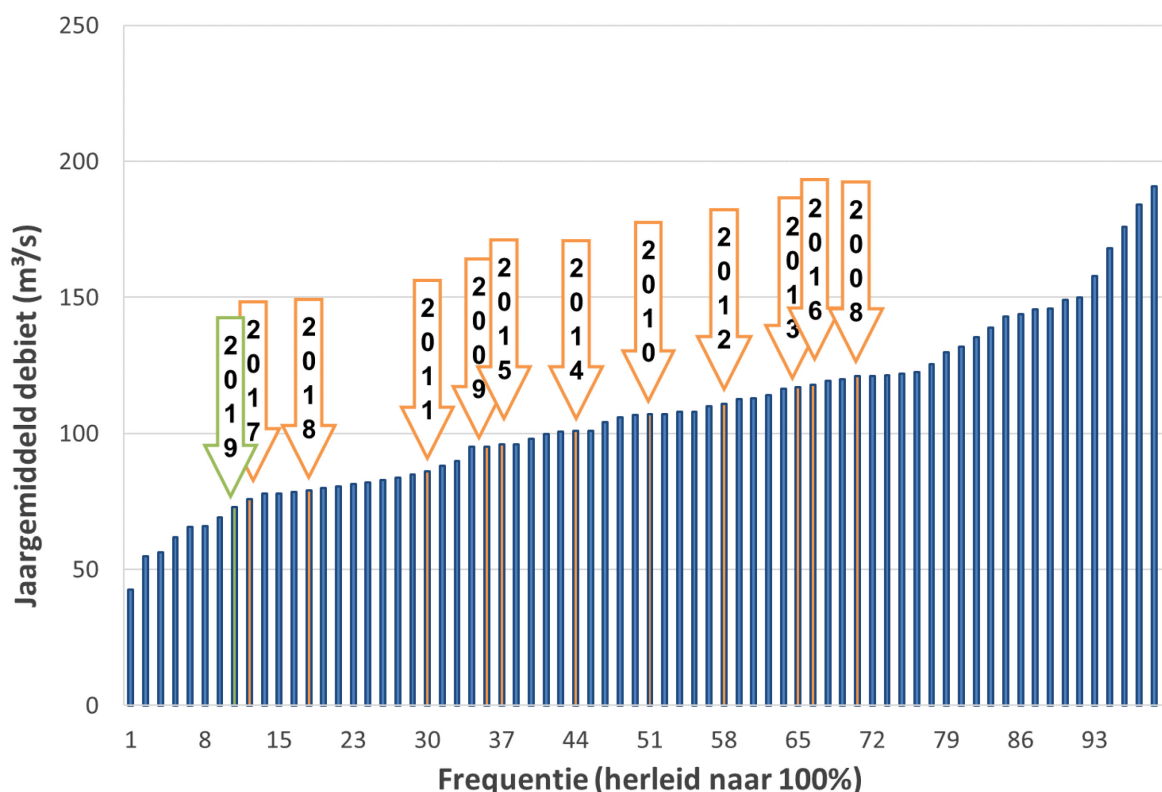
Sinds de start van de Moneos rapportering is 2019 het jaar met de laagste jaargemiddelde afvoer, net lager dan de voorbije jaren 2017 (76 m³/s) en 2018 (80 m³/s). (Figuur 23, Tabel 8).

Figuur 24 toont de frequentieverdeling van de daggemiddelde debieten in klassen van 25 m³/s. Hieruit blijkt duidelijk dat 2019 gekenmerkt was door zeer lage afvoeren. 42% van de daggemiddelde debieten is lager dan 50 m³/s en ruim 80% is lager dan 100 m³/s. Over de periode 1971-2018 is 23% lager dan 50 m³/s en 61% is lager dan 100 m³/s. Zowel de aanvoer via de Zeeschelde als de Rupel zijn laag in 2019.

Figuur 25 toont de debietverdeling van beide. De aanvoer van de Zeeschelde is in 2019 in bijna 70% van de tijd lager dan 25 m³/s. Voor de Rupel is dat ongeveer 15%. Het merendeel van de tijd (60%) is de aanvoer via de Rupel tussen 25 en 50 m³/s. De verlaging van het debiet t.h.v. Schelle in 2019 is het gevolg van de verminderde aanvoer langs zowel de Zeeschelde als de Rupel. Met name de aanvoer via de Zeeschelde is duidelijk bepalend voor de laagste debieten.

Het bovendebiet in Schelle is in belangrijke mate gecorreleerd met de neerslaghoeveelheid. Een lage jaarlijkse neerslag resulteert hierbij in een lage jaargemiddelde bovenafvoer te Schelle (zoals bv. voor het jaar 2018, zie Figuur 26). Voor 2019 geldt dit niet, het jaargemiddelde debiet is in Schelle relatief laag t.o.v. het jaartotaal neerslag dat vrij normaal is. We merken hierbij op dat de neerslaghoeveelheden te Ukkel niet 1-op-1 vergelijkbaar zijn met de gevallen neerslag in de afzonderlijke deelbekkens.

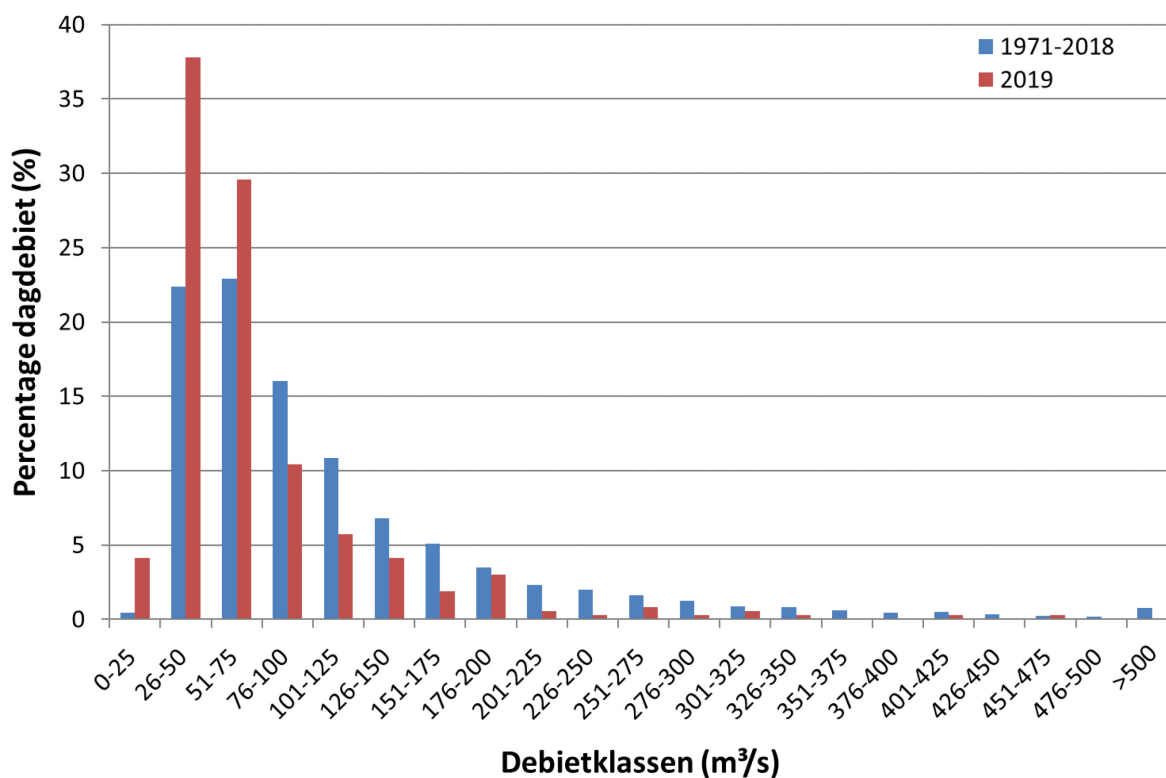
Figuur 23 – Jaargemiddelde afvoer van de Zeeschelde te Schelle over de periode 1949-2019, gerangschikt naar grootte.



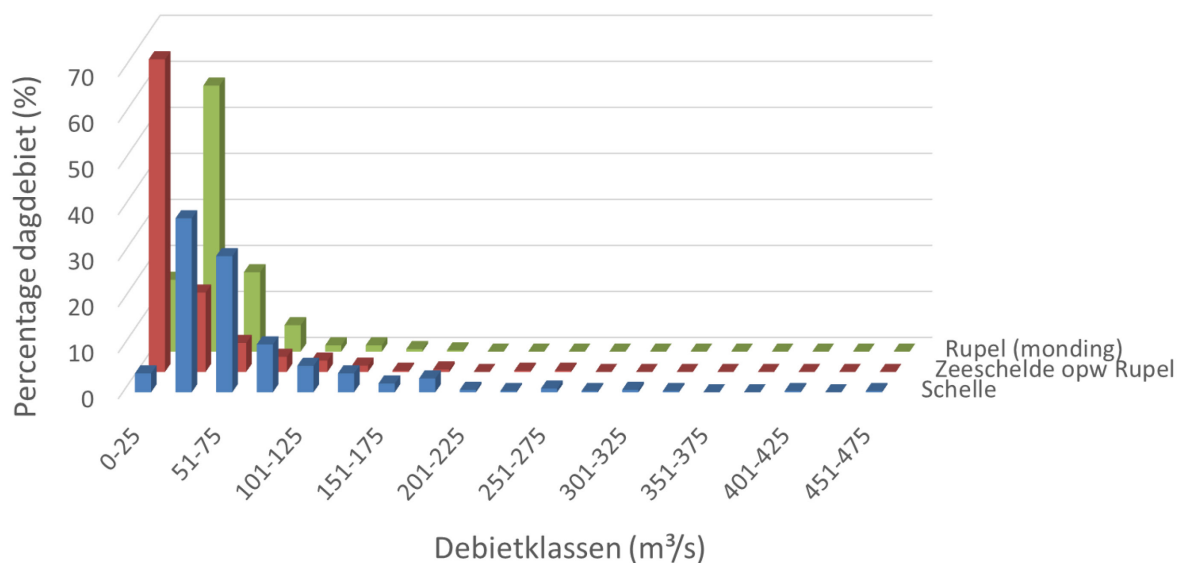
Tabel 8 – Vergelijking van de maandgemiddelde debieten in 2017, 2018 en 2019 te Schelle.

Maand	Debiet 2017 (m ³ /s)	Debiet 2018 (m ³ /s)	Debiet 2019 (m ³ /s)
Januari	79	222	86
Februari	115	135	134
Maart	147	135	152
April	53	87	58
Mei	46	65	51
Juni	33	48	63
Juli	43	30	37
Augustus	39	35	34
September	47	38	32
Oktober	45	37	54
November	68	43	64
December	197	79	116

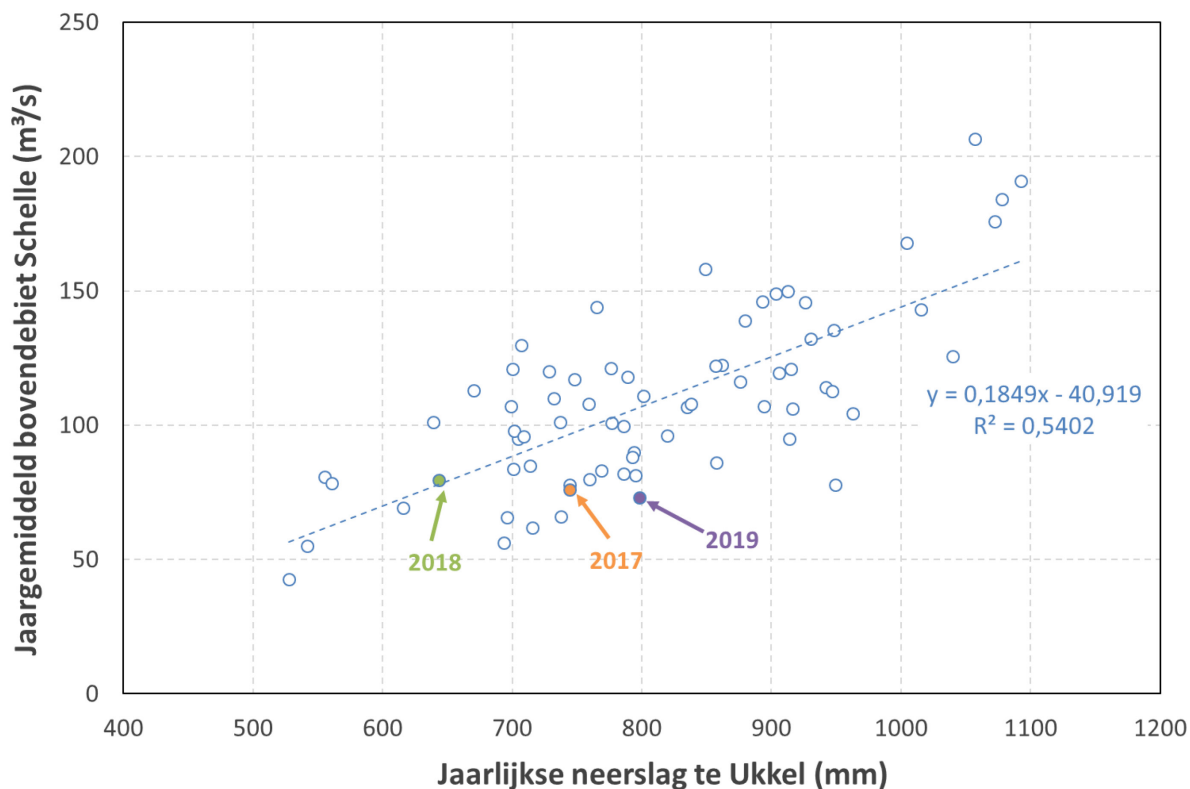
Figuur 24 – Dagdebieten te Schelle in 2019 vergeleken met de periode 1971 – 2018 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m³/s



Figuur 25 – Dagdebieten te Schelle in 2019 vergeleken met deze van de Rupel (bij de monding) en de Zeeschelde (opwaarts de monding van de Rupel), gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m³/s



Figuur 26 – Correlatie tussen het jaargemiddelde bovendebiet te Schelle en de jaarlijkse neerslag te Ukkel (1949-2019).



3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde

Naast de daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van de randen van het tijgebied, is het ook belangrijk een inzicht te krijgen in de opeenvolging van de debieten. De bovenafvoer vertoont een sterke variabiliteit doorheen de jaren, alsook binnen één jaar. Zo zijn er periodes van resp. lage (zomer) en hoge (winter) bovenafvoer, en bovendien verschilt de duur van periodes met lage/hoge bovenafvoer sterk van jaar tot jaar. Om de rol van de bovenafvoer op een kleinere tijdschaal te kwantificeren, wordt de ‘**verblijftijd**’ voorgesteld als parameter. De ‘verblijftijd’ (ook wel eens ‘ververstijd’ genoemd) wordt gedefinieerd als de lengte van de periode (aantal dagen) voorafgaand aan een bepaalde dag die nodig is om met de bijbehorende daggemiddelde bovenafvoeren een watervolume te bekomen dat gelijk is aan het watervolume van de Boven-Zeeschelde. Dit watervolume wordt hier gedefinieerd als het volume tussen Merelbeke (stuw) en Rupelmonde (samenvloeiing met Rupel) beneden de laagwaterlijn. Er dient opgemerkt te worden dat in de realiteit de getijdenwerking ervoor zal zorgen dat het watervolume niet per se volledig “ververst” zal worden doordat er menging optreedt van het van opwaarts aangevoerde zoetwater en het van afwaarts komende vloedvolume (Plancke *et al.*, 2017).

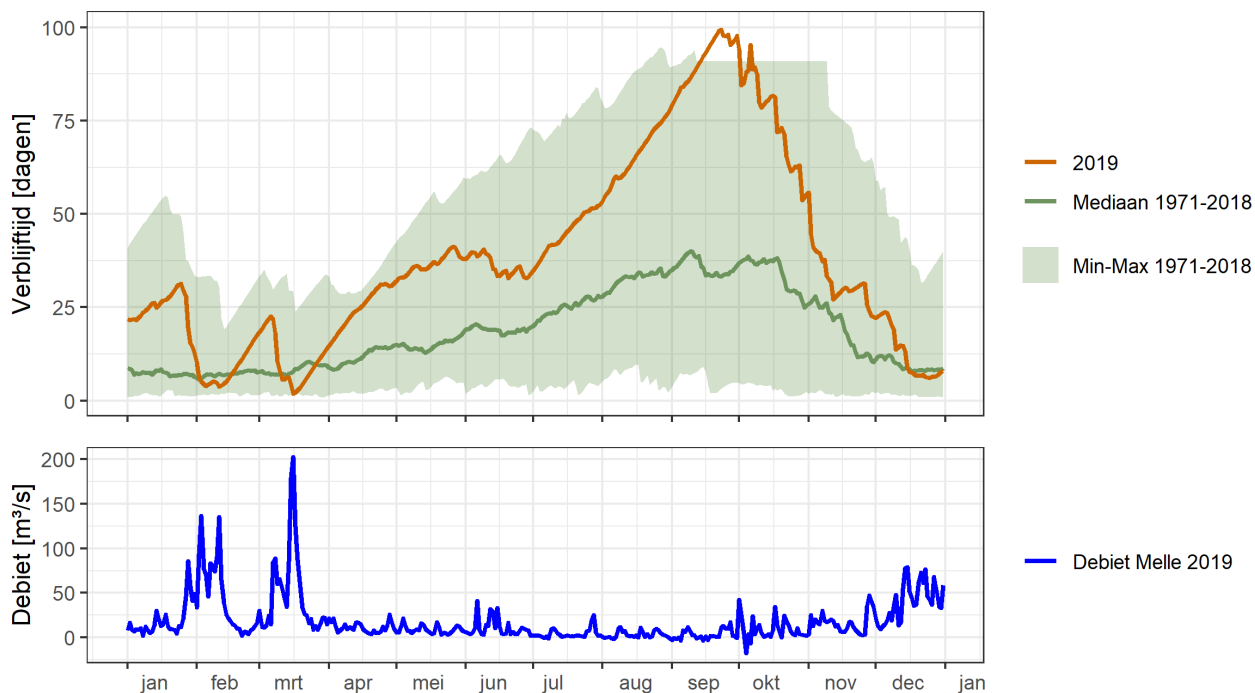
In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de temporele veranderingen in de perioden met hoge of lage bovenafvoeren (duur van de periode, grootte van de bovenafvoeren) gebruik makende van de verblijftijd. Dit kan belangrijk zijn voor de indringing van zout, de residuele sedimenttransporten (uitspoeling vs. opwaartse transport) en verschillende ecologische parameters (o.a. verblijftijden in verschillende delen van het estuarium).

3.4.1 Resultaten voor 2019

Het verloop van de verblijftijd in 2019 wordt weergegeven in Figuur 27 samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. Ter vergelijking worden ook de minimum-, mediaan- en maximumwaarden per dag weergegeven over de periode 1971-2018.

In februari en maart waren er in 2019 twee periodes met verhoogde bovenafvoer. De verblijftijd daalt dan tot ver onder de 20 dagen. Vanaf midden maart neemt de verblijftijd toe tot ongeveer 35 dagen halfweg mei. In de eerste helft van juni neemt de bovenafvoer weer wat toe waardoor de verblijftijd terug enkele dagen korter wordt. Halfweg juni begint er een droge periode die tot het einde van september duurt. Hierdoor neemt de verblijftijd toe tot net geen 100 dagen. Vanaf november stijgt de bovenafvoer weer langzaam, waardoor de verblijftijd daalt tot minder dan 10 dagen aan het einde van het jaar.

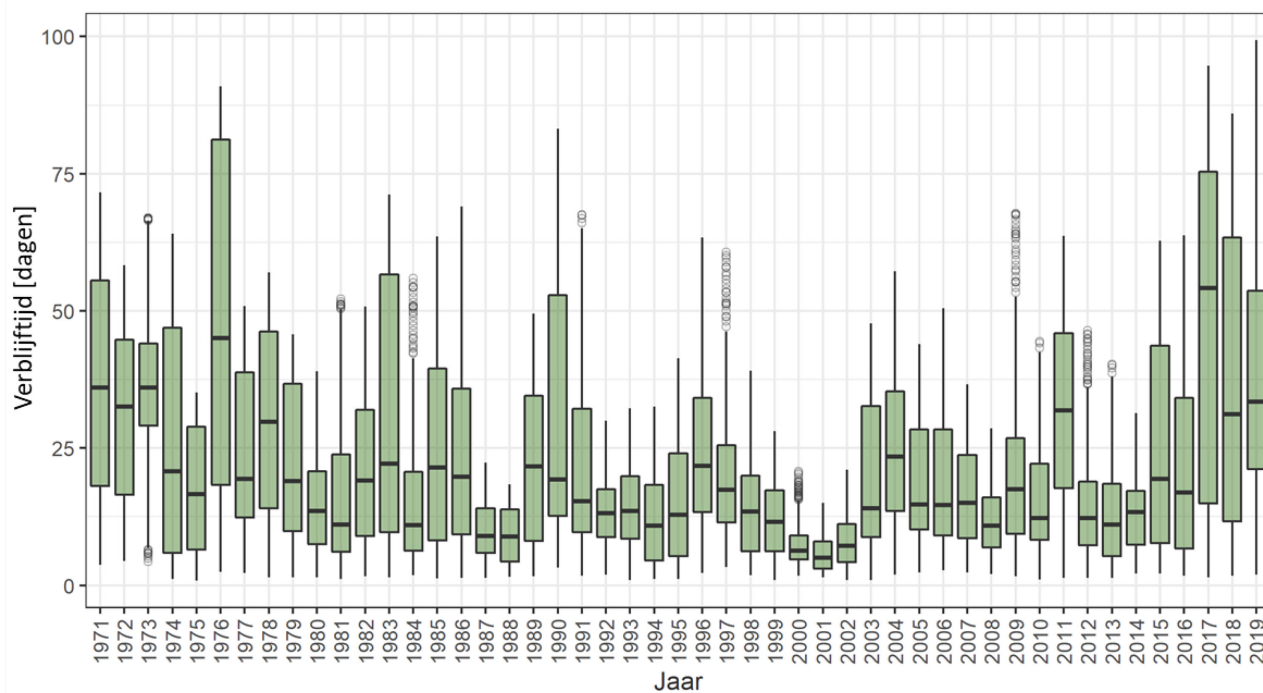
Figuur 27 – Verblijftijd van de Boven-Zeeschelde voor het jaar 2019



3.4.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 28 toont voor elk jaar de boxplot van de dagelijkse verblijftijden sinds 1971. De situatie in 2019 is vergelijkbaar met 2018, de mediaan is ongeveer gelijk, de interkwantielafstand is iets korter. Het jaar 2019 werd net als 2018 gekenmerkt door een lange droge periode in de zomermaanden. In 2019 werd de hoogste verblijftijd sinds het begin van de metingen waargenomen, net geen 100 dagen (zie ook Figuur 27). Daarnaast ligt de 25^e percentielgrens uitzonderlijk hoog, enkel in 1973 was deze hoger. Dit kan verklaard worden door de hoge verblijftijden in het begin van het jaar, ten gevolge van een erg droge winter in 2018-2019. Met andere woorden het ontbreken van periodes met verhoogde bovenafvoer (en dus verkorting verblijftijd) zorgt voor de hogere 25^e percentielgrens in 2019.

Figuur 28 – Verbliftijd van de Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2019)



4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters (stroomsnelheid, temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) en ecologische parameters (Chlorofyl A-gehalte, PPF¹, zuurstofconcentratie, zuurstofverzadigingsgraad en zuurtegraad) op zowel continue basis op vaste meetlocaties, als tijdens singuliere meetcampagnes. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters in het jaar 2019. Voor de ecologische parameters wordt verwezen naar de OMES-rapporten. Meer achtergrond en duiding betreffende de monitoring van de fysische parameters in het Zeescheldebekken is terug te vinden in het zogenaamde “MONEOS Basisboek” (Taverniers *et al.*, 2013).

4.1 Continue metingen "fysische parameters"

4.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Situering

Op 9 meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek, Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Hemiksem, Kruibekke, Weert, Schellebelle en Melle) en op één plaats op de Rupel (Klein-Willebroek) staan er vaste multiparameter-toestellen (zie Figuur 29). Hier worden op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd. Te Tielrode nabij de Durmemonding is een mobiel toestel opgesteld, dit toestel zal op langere termijn onderdeel uitmaken van een vaste installatie.

Te Lillo hangen er twee meettoestellen: een onderste, dicht bij de bodem en een bovenste toestel, onder het laag-laagwater peil, zodat ook deze steeds ondergedompeld is. Op de overige meetposten hangt er telkens één toestel. Een aantal toestellen zijn vlottend gepositioneerd zodat ze gedurende de gehele getijcyclus, relatief t.o.v. het wateroppervlakte, dezelfde waterlaag opmeten.

In het estuarium wordt er met verschillende sensortypes gemeten. De Aanderaa Seaguards meten om de 30 seconden. Deze metingen worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en via telemetrie doorgestuurd. De CTD-toestellen (RBR concerto; Valeport Midas) meten, afhankelijk van de locatie, om de 1 of 2 seconden. Elke 10 minuten worden deze waarden uitgemiddeld en via telemetrie doorgestuurd. De YSI-toestellen meten één maal binnen het meetinterval van 5 minuten. Het YSI toestel geeft m.a.w. elke 5 minuten één instantane waarde waardoor er geen ruis wordt uitgefilterd. Dit heeft voornamelijk een impact op de variabiliteit in het turbiditeitsignaal (§4.1.6).

Tabel 9 presenteert voor iedere meetlocatie welk toesteltype er hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en aan welke frequentie. Indien mogelijk² wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid.

¹ Fotonenstroombichtheid in het fotosynthetisch actieve lichtspectrum (400-700 nm) van het zonlicht (Photosynthetically active Photon Flux Density) omvat de golflengte binnen het lichtspectrum welke organismen gebruiken voor fotosynthese. De eenheid wordt uitgedrukt in $\mu\text{mol fotonen/m}^2\text{s}$.

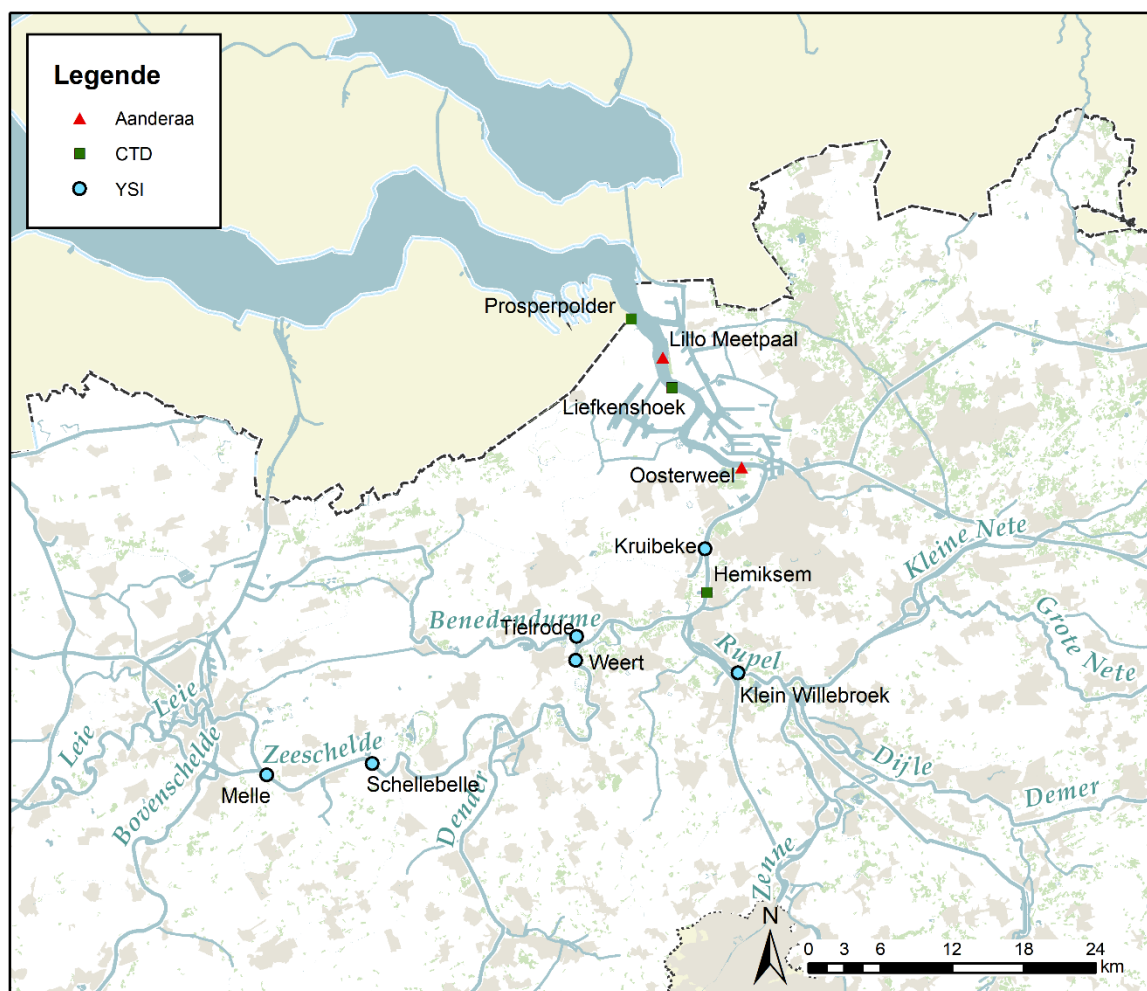
² Bij een drijvende opstelling bevindt de sensor zich op een vaste (relatieve) positie onder het wateroppervlak. Er is dus geen vaste, absolute positie doorheen de tijd.

Aanpassingen meetnet

Ten opzichte van de situatie in 2018 (Vandenbruwaene *et al.*, 2019b) zijn volgende aanpassingen uitgevoerd op het meetnet:

1. De meetlocatie 'Liefkenshoek Veer' is opgestart. De eerste waarnemingen van het YSI-toestel zijn geregistreerd op 26/03/2019. Deze nieuwe meetpost vervangt de meetpost Liefkenshoek die ontmanteld werd op 18/11/2019. De nieuwe meetpost ligt een twintigtal meter stroomafwaarts t.o.v. de oude post.
2. Bovenstaande vervangt de oude, nabijgelegen meetlocatie 'Liefkenshoek' waar louter CTD-parameters geregistreerd werden. De registratie van waarnemingen eindigde op 18/11/2019.
- 3.

Figuur 29 – Locatie van Moneos-meetposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. Tielrode is voorlopig een mobiel YSI toestel en wordt op termijn een vaste meetlocatie.



Tabel 9 – Overzicht van de toesteltypes van multiparametertoestellen ingezet in 2019 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren

Toesteltype	Tijds- interval	Gemeten parameters ³	Meetlocatie	Verticale positie ⁴	Absolute positie (mTAW) ⁵	Stroomgebied
Aanderaa Seaguard	5 min	Conductiviteit Stroomsnelheid Stroomrichting Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur	Lillo Meetpaal (boven + onder)	Vast: B: 3,75 m boven de bodem O: 1 m boven de bodem	B: - 5 mTAW O: - 8,5 mTAW	Beneden- Zeeschelde
			Oosterweel (boven)	Vast: B: 4,5 m boven de bodem	- 2,3 mTAW	Beneden- Zeeschelde
Valeport-CTD	10 min	Conductiviteit Totale druk Watertemperatuur	Prosperpolder	Vast	-1,5 m TAW	Beneden- Zeeschelde
			Liefkenshoek	Vast	-1,5 m TAW	Beneden- Zeeschelde
			Hemiksem	Vast	-1,5 m TAW	Beneden- Zeeschelde
EXO	5 min	Conductiviteit Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur Zuurstofgehalte Zuurtegraad	Liefkenshoek - Veer	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden – Zeeschelde
YSI	5 min	Conductiviteit Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur Zuurstofgehalte Zuurtegraad	Kruikeke	Vlottend: 1,1 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden- Zeeschelde
			Weert	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven- Zeeschelde
			Schellebelle	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven- Zeeschelde
			Melle	Vast: 1,1 m boven de bodem	+1,5 m TAW	Boven- Zeeschelde

³ Chlorofyl A-gehalte en PPFD worden enkel gemeten in Schellebelle, Weert en Klein-Willebroek.

⁴ Positie kan licht variëren afhankelijk van de stroomsnelheden. De Aanderaa instrumenten zitten gemonteerd in een klein frame met vis en worden afgelaten via een lier van de meetpaal/staketsel. De overige vaste toestellen worden afgelaten en in positie gehouden via een vlotterbuis (PVC) vertrekkende binnen in de meethut tot in het water(PVC).

⁵ Positie kan licht variëren afhankelijk van de stroomsnelheden

			Klein-Willebroek (vanaf juli 2018)	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
			Tielrode ⁶	Vlottend: 0,5 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Durme

Onderbrekingen

Door technische problemen kan een toestel enkele/alle parameters niet of foutief registreren. In Tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de periodes waarin problemen optraden met de meetapparatuur en er dus geen data beschikbaar zijn.

Lijst van mogelijke storingstypes (niet limitatief): onderbreking voeding (zonnepanelen en windmolen, walvoeding (winterstop, schade)), communicatie tussen sensor en datalogger, telemetrie (modem defect, wisselen provider, slecht bereik), (bio)-fouling, onderhoud (reinigen en wisselen van instrumentatie), defect meettoestel, defect sensor (faling, drift, in-situ slijtage).

Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2019)

Locatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Duur (dagen)	Ontbrekende parameter(s)	Reden
Lillo meetpaal boven (Aanderaa Seaguard)	20/03/2019	22/03/2019	2	Conductiviteit	Kalibratiecampagnes op andere locatie
	02/07/2019	04/07/2019	2	Totale druk	
	27/09/2019	01/10/2019	4	Turbiditeit	
	11/12/2019	13/12/2019	2	Snelheid	
	06/01/2019	07/01/2019	1	Snelheidsrichting	Storing sensor(s)
26/03/2019	03/04/2019	8	Watertemperatuur		
	5/07/2019	17/07/2019	12	Snelheid	Storing sensor(s)
	17/07/2019	19/07/2019	2	Conductiviteit Totale druk Snelheid Snelheidsrichting Watertemperatuur	Storing sensor(s)
	12/09/2019	18/09/2019	6	Conductiviteit	Storing sensor(s)
Lillo meetpaal onder (Aanderaa Seaguard)	27/06/2019	01/01/2020	186	Conductiviteit	Storing sensor(s)
	06/01/2019	07/01/2019	1	Totale druk Conductiviteit Turbiditeit	Storing sensor(s)
	17/07/2019	19/07/2019	2		
	09/10/2019	16/10/2019	5		
	20/03/2019	22/03/2019	2	Snelheid	Kalibratiecampagnes op andere locatie
02/07/2019	04/07/2019	2	Snelheidsrichting		
27/09/2019	02/10/2019	5	Watertemperatuur		
11/12/2019	13/12/2019	2			

⁶ Tielrode is nog geen vaste meetpost, momenteel wordt er gemeten met een mobiele YSI. Voor het jaar 2019 zijn er maar een half jaar aan bruikbare data beschikbaar. Daarom wordt deze post voorlopig nog niet gerapporteerd.

Locatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Duur (dagen)	Ontbrekende parameter(s)	Reden
	12/09/2019	13/09/2019	1	Totale druk Turbiditeit Snelheid Snelheidsrichting	Storing sensor(s)
	12/09/2019	21/09/2019	9	Watertemperatuur	Storing sensor(s)
Oosterweel boven (Aanderaa Seaguard)	20/03/2019	22/03/2019	2	Turbiditeit Conductiviteit	Kalibratiecampagnes op andere locatie
	2/07/2019	04/07/2019	2	Totale druk	
	27/09/2019	02/10/2019	5	Snelheid	
	11/12/2019	13/02/2019	2	Snelheidsrichting Watertemperatuur	
	23/03/2019	9/05/2019	47	Totale druk	Storing sensor(s)
	09/04/2019	09/05/2019	31	Snelheid	Foute plaatsing meetopstelling
Prosperpolder (Valeport-CTD)	20/05/2019	29/05/2019	9	Conductiviteit Totale druk Watertemperatuur	Defecte data/voedingskabel
	01/08/2019	14/08/2019	13		
	20/09/2019	09/10/2019	18		
	20/09/2019	9/10/2019	18		Defect toestel
Liefkenshoek (Valeport-CTD)	30/01/2019	01/02/2019	2	Conductiviteit Totale druk Watertemperatuur	Storing sensor(s)
	12/06/2019	13/06/2019	1		
	26/09/2019	18/11/2019	53		
	18/11/2019	1/01/2020	43	Conductiviteit Watertemperatuur Totale druk	Defect toestel
Hemiksem (Valeport-CTD)	19/11/2019	22/11/2019	3	Conductiviteit Watertemperatuur	Storing sensor(s)
	19/11/2019	1/01/2020	42	Totale druk	Defecte sensor
Liefkenshoek- Veer	9/07/2019	16/07/2019	7	Turbiditeit	Storing sensor
	26/03/2019	4/12/2019	253	Totale druk	Storing sensor(s)
	26/03/2019	15/10/2019	193	Conductiviteit	Storing sensor
Kruikeke (YSI)	4/09/2019	6/09/2019	2	Conductiviteit Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur	Geen communicatie meer met toestel
Weert (YSI)	29/08/2019	9/09/2019	11	Conductiviteit Totale druk Turbiditeit	Storing sensor(s)
	21/03/2019	22/03/2019	1	Watertemperatuur	Onderhoudsmoment
Melle (YSI)	13/04/2019	15/04/2019	2	Conductiviteit Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur	Geen communicatie meer met toestel
	24/07/2019	25/07/2019	1		Onderhoudsmoment
	21/08/2019	22/08/2019	1		Storing sensor
	24/08/2019	25/08/2019	1	Totale druk	Storing sensor

Locatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Duur (dagen)	Ontbrekende parameter(s)	Reden
	26/08/2019 12/12/2019	4/09/2019 1/01/2020	9 19	Turbiditeit	Defect sensor
Klein-Willebroek (YSI)	05/06/2019 20/06/2019 06/07/2019	13/06/2019 26/06/2019 07/07/2019	8 6 1	Turbiditeit	Storing sensor
	26/08/2019	7/10/2019	42		Defecte sensor

4.1.2 Moment van kentering en berekening extremen KHW/KLW of vloed/eb

Om het typische verloop van de fysische parameters in functie van het getij te kunnen bepalen werd op iedere locatie het moment van kentering berekend. Dit komt overeen met het tijdstip waarop de stroomrichting omslaat naar de tegenovergestelde zin. De berekeningswijze hangt af van de databeschikbaarheid:

1. Voor de meetlocaties waar Aanderaa-toestellen de **stroomrichting** meten (Lillo Meetpaal en Oosterweel), werden deze aangewend om het moment van kentering af te leiden.
2. Voor de overige locaties (Prosperpolder, Liefkenshoek, Liefkenshoek – Veer, Kruikeke, Hemiksem, Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek) werd het moment van kentering bepaald aan de hand van de hoog- en laagwater tijdreeksen van een **getijpost** op dezelfde of nabijgelegen locatie. Het moment van kentering bevindt zich echter, afhankelijk van de locatie in het estuarium, iets na het moment van hoog- of laagwater. Sinds **MONEOS 2017** wordt deze **tijdsvertraging** toegepast. De variatie in tijdsvertraging doorheen het schelde-estuarium werd geanalyseerd in Vandenbruwaene *et al.* (2016). Er is besloten om 1 gemiddelde waarde te hanteren voor de volledige Zeeschelde:
 - 30 minuten na laagwater
 - 45 minuten na hoogwater

Bovenstaande tijdstippen zijn aangewend om, afhankelijk van parameter, de minima en/of maxima rond kentering bij laagwater (KLW) en hoogwater (KHW) of het extreem (minimum/maximum) te bepalen binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering en de gemiddelden en/of minima/maxima tijdens eb en vloed. Dit zoekvenster vangt de variabiliteit tijdens het moment van kentering op. Merk op dat het gemiddelde de kwaliteitsvlag krijgt van de minst betrouwbare meting binnen het zoekvenster. Een onbetrouwbare meting resulteert dus in een onbetrouwbaar gemiddelde. Bij de extremen wordt de kwaliteit van het gevonden extreem overgenomen. Indien er één punt ontbreekt bij eb of vloed wordt er bovendien geen gemiddelde berekend en worden de extremen als onbetrouwbaar aanzien. Dit laatste criteria is niet van toepassing bij de extremen tijdens KLW/KHW. Bovenstaande heeft een invloed op het relatieve aandeel aan correcte meetwaarden en de weergave in onderstaande figuren en tabellen. Ook de duur van het zoekvenster heeft een invloed gezien dit leidt tot de kans op onbetrouwbare metingen. Bij parameters waarvan het signaal veel uitschieters bevat⁷, kan dit resulteren in een aanzienlijk verschil in relatief aantal betrouwbare extremen.

⁷ Zoals bijvoorbeeld turbiditeit, zeker bij de YSI-toestellen gezien deze één instantane meting registreren (§4.1.1).

4.1.3 Verloop van stroomsnelheid

Karakteristieke parameters

Ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel wordt de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. Deze metingen zijn puntstroomsnelheidsmetingen (1 stromingsvolume). Deze meetlocaties zijn zo gekozen opdat ze zo representatief mogelijk zijn voor de dwarssectie. Bij de locatiekeuze moet men echter ook rekening houden met volgende randvoorwaarden: de meetposten moet buiten de vaargeul liggen en men moet het toestel kunnen installeren aan vb. een steiger of dukdalf of meetpaal.

Aangezien de stroomsnelheid rond het moment van de kenteringen naar nul terugvalt, zijn vooral de gemiddelde en maximale stroomsnelheden tijdens vloed en eb interessant. De stroomsnelheden zijn hoger bij springtij dan bij gemiddeld getij, en het laagst tijdens doottij. Tijdens stormtij kunnen de stroomsnelheden beduidend hoger liggen.

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 (§4.1.2). Figuur 30 geeft een samenvatting voor alle meetlocaties door middel van boxplots.

Figuur 31 tot en met Figuur 36 tonen resp. de gemiddelde (Figuur 31 t.e.m. Figuur 33) en maximale (Figuur 34 t.e.m. Figuur 36) stroomsnelheden bij vloed en eb, voor de locaties Lillo Meetpaal en Oosterweel. Bij Lillo Meetpaal is eerst het bovenste meettoestel weergegeven en vervolgens het onderste meettoestel. Op al deze locaties is steeds het patroon van doottij/middeltij/springtij te herkennen. De variatie tijdens deze cyclus is groter voor de maximale vloedstroming.

Tabel 11 geeft de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde. Zowel bij Lillo Meetpaal Boven en Onder als Oosterweel Boven (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie ook Tabel 10). De impact van de ontbrekende metingen op de berekende statistieken is onbekend.

Tabel 11 – Overzicht statistieken voor de gemiddelde en maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2019) (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar, worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

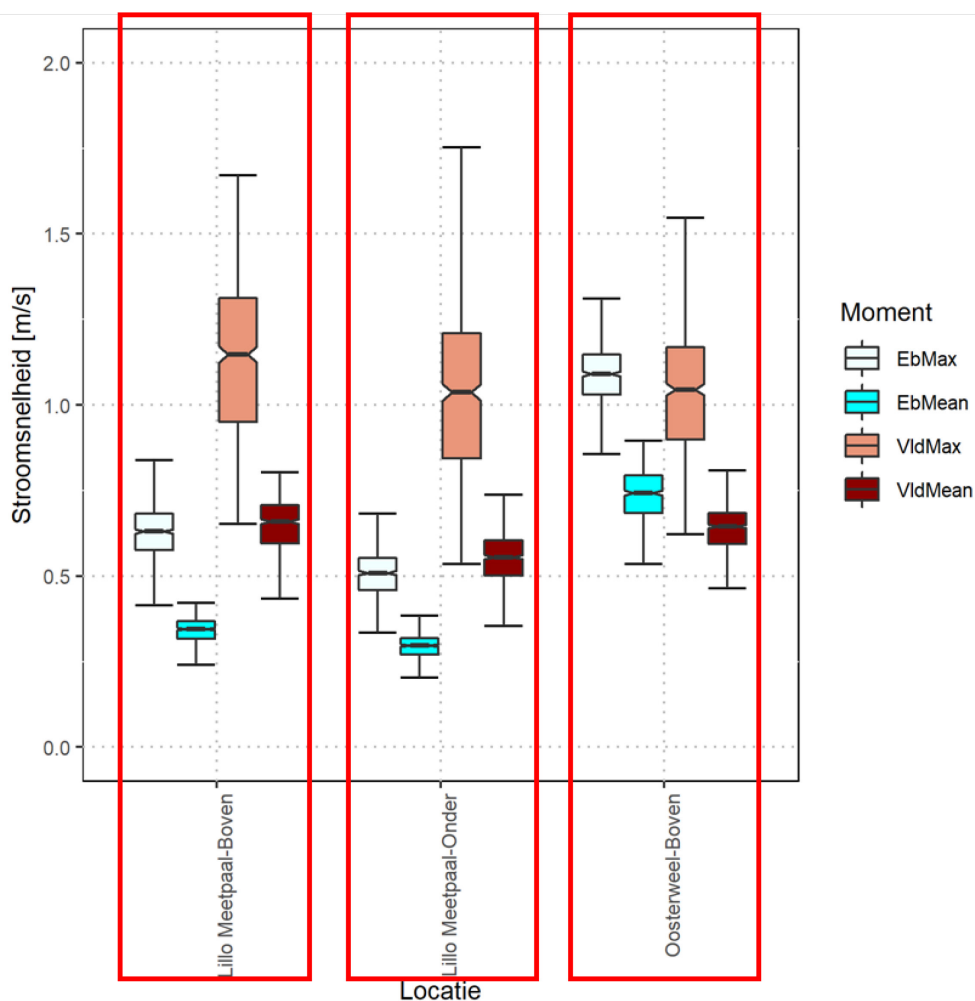
	Gemiddelde snelheid over eb (m/s)				Gemiddelde snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
<i>Lillo Meetpaal boven</i>	<i>0,19</i>	<i>0,34</i>	<i>0,42</i>	<i>0,04</i>	<i>0,40</i>	<i>0,65</i>	<i>0,80</i>	<i>0,08</i>
<i>Lillo Meetpaal onder</i>	<i>0,20</i>	<i>0,29</i>	<i>0,38</i>	<i>0,03</i>	<i>0,32</i>	<i>0,55</i>	<i>0,74</i>	<i>0,07</i>
<i>Oosterweel boven</i>	<i>0,49</i>	<i>0,73</i>	<i>0,89</i>	<i>0,08</i>	<i>0,43</i>	<i>0,64</i>	<i>0,81</i>	<i>0,07</i>
	Maximale snelheid over eb (m/s)				Maximale snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
<i>Lillo Meetpaal boven</i>	<i>0,42</i>	<i>0,63</i>	<i>0,88</i>	<i>0,09</i>	<i>0,65</i>	<i>1,14</i>	<i>1,67</i>	<i>0,22</i>
<i>Lillo Meetpaal onder</i>	<i>0,33</i>	<i>0,51</i>	<i>0,74</i>	<i>0,07</i>	<i>0,54</i>	<i>1,04</i>	<i>1,75</i>	<i>0,24</i>
<i>Oosterweel boven</i>	<i>0,84</i>	<i>1,09</i>	<i>1,34</i>	<i>0,09</i>	<i>0,62</i>	<i>1,04</i>	<i>1,55</i>	<i>0,18</i>

Voor **Meetpaal Lillo** zijn er uitgesproken verschillen tussen de gemiddelde stroomsnelheden bij vloed en eb (Tabel 11). De stroming is hier vloedgedomineerd. Voor het bovenste toestel (Figuur 31) worden bij vloed snelheden gemeten van 0,40-0,80 m/s, tegenover 0,19-0,42 m/s bij eb. Voor het onderste toestel (Figuur 32) liggen deze tussen 0,32 en 0,74 m/s bij vloed, tegenover tussen 0,20 en 0,38 m/s bij eb.

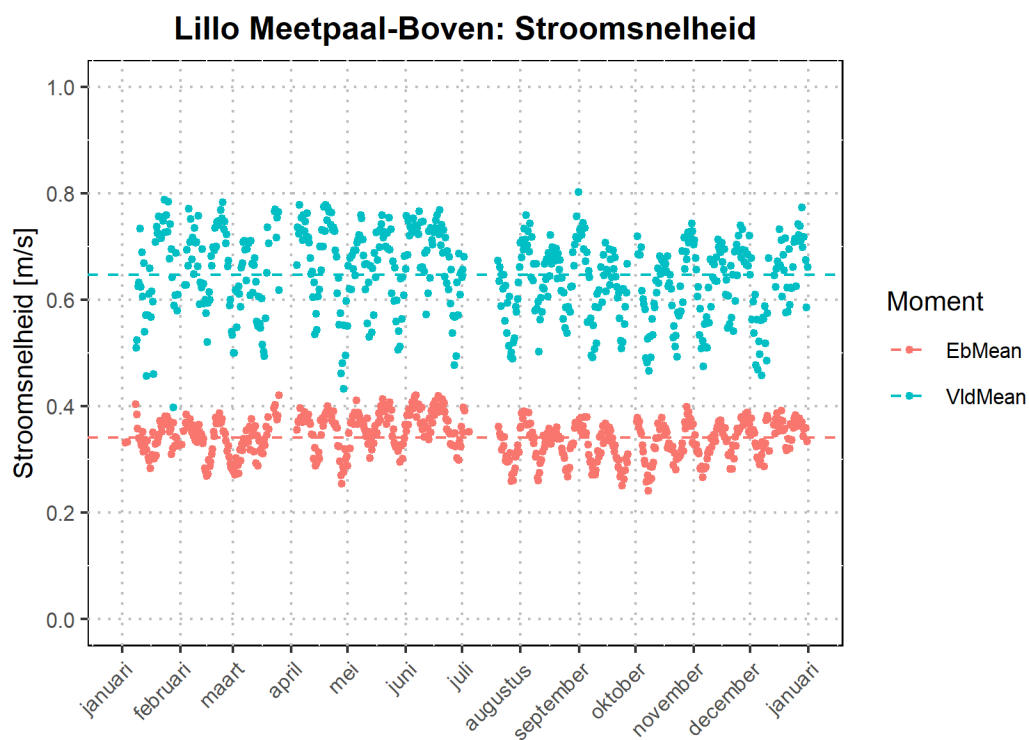
De maximale snelheden (Figuur 34 en Figuur 35) aan de meetpaal te Lillo vertonen eenzelfde trend: deze liggen hoger bij vloed dan bij eb. Voor het bovenste toestel bedragen de maximum stroomsnelheden 0,65 tot 1,67 m/s bij vloed, tegenover 0,42 tot 0,88 m/s bij eb. Voor het onderste toestel liggen deze tussen 0,54 en 1,75 m/s bij vloed, tegenover 0,33 en 0,74 m/s bij eb.

Wat betreft de stroomsnelheden te **Oosterweel** is de gemiddelde stroomsnelheid bij eb groter dan deze bij vloed (Tabel 11). Er is hier sprake van, gemiddeld, een eerder ebdominante stroming. Dit is voor een groot deel te wijten aan de positie van de meetlocatie in de dwarsdoorsnede van de rivier. De gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 33) schommelen hierbij van 0,49 tot 0,89 m/s bij eb en tussen 0,43 en 0,81 m/s bij vloed. De maximale stroomsnelheden schommelen rond ongeveer dezelfde waarde bij eb als vloed (gemiddeld respectievelijk 1,09 en 1,04 m/s), maar tijdens vloed is er een grotere spreiding (Figuur 36). De maximale stroomsnelheden variëren van 0,84-1,34 m/s bij eb en van 0,62-1,55 m/s bij vloed. De minimum waarden bij eb en vloed, zowel bij de gemiddelde als de maximale stroomsnelheden, liggen lager dan deze van het voorgaande jaar. Dit wordt veroorzaakt door de sterke terugval in stroomsnelheden in de maanden april – mei. Deze terugval is niet waargenomen in de gegevens van Meetpaal Lillo.

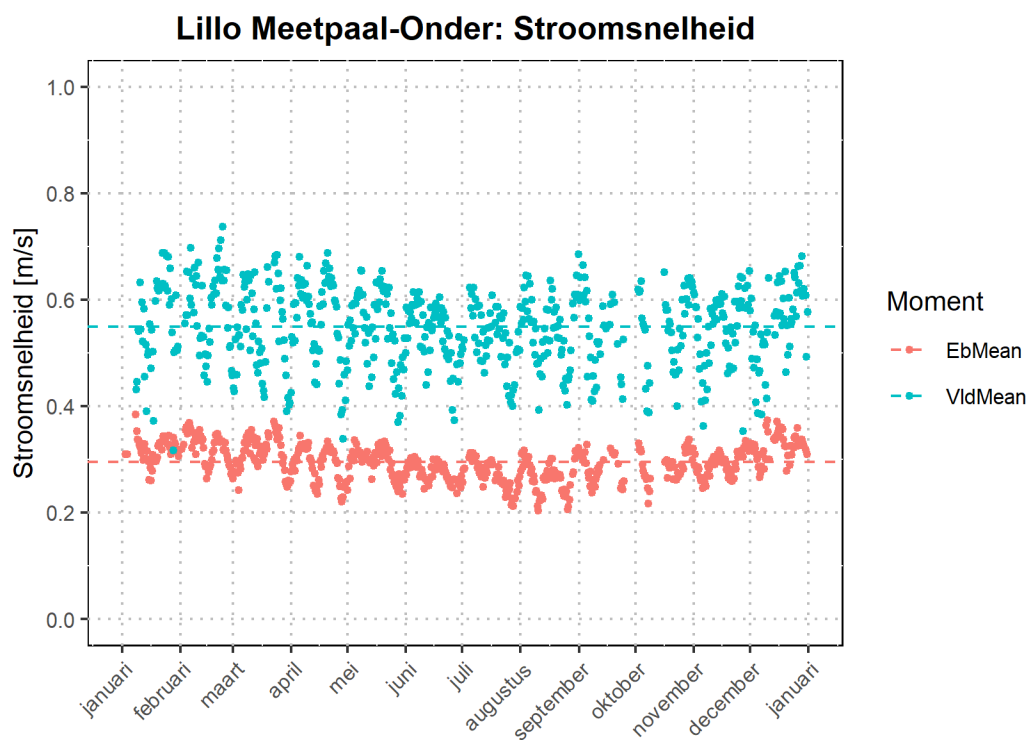
Figuur 30 – Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid bij vloed en eb, gemeten door de Aanderaa toestellen in de Zeeschelde (2019). De posten met minder dan 90% correcte metingen zijn omkaderd.



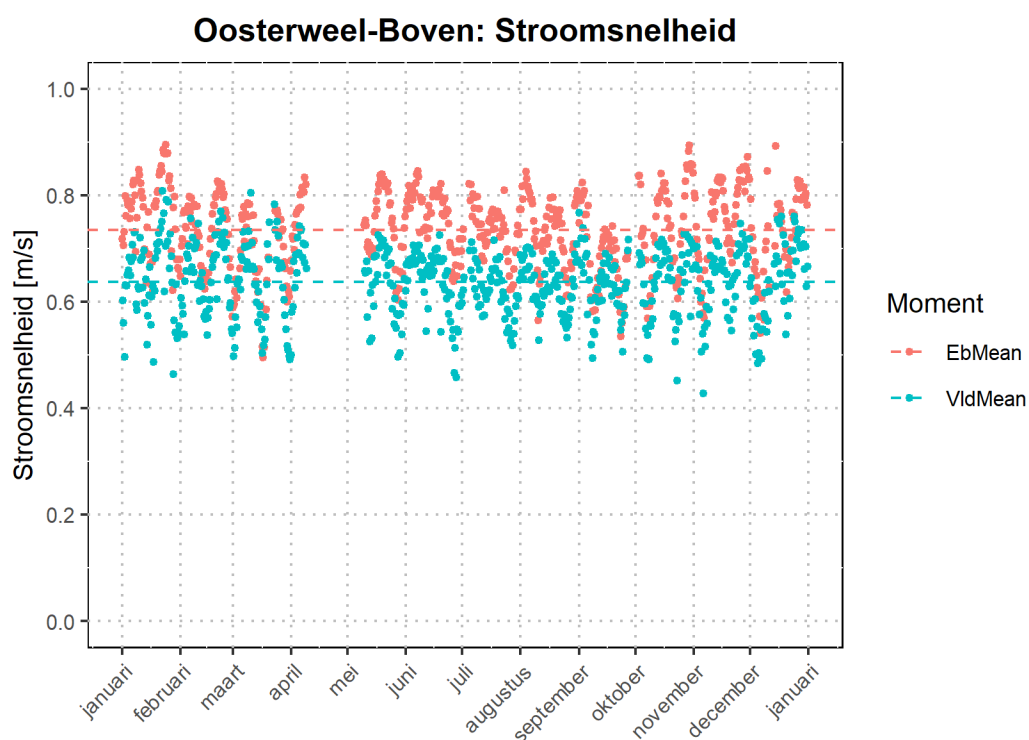
Figuur 31 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



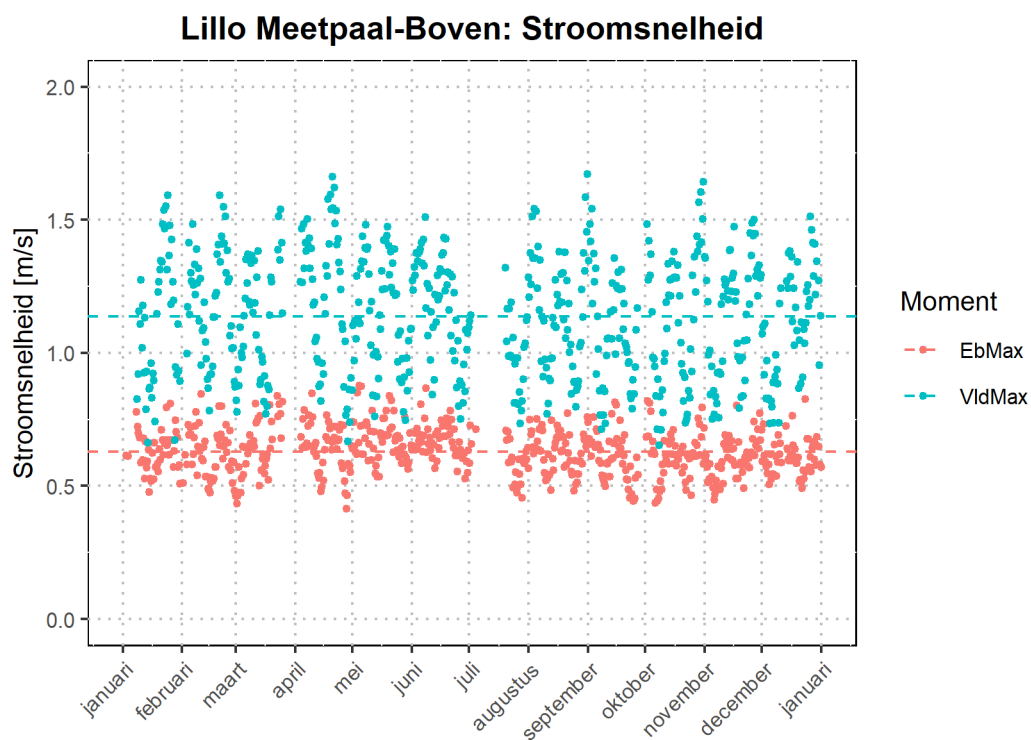
Figuur 32 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



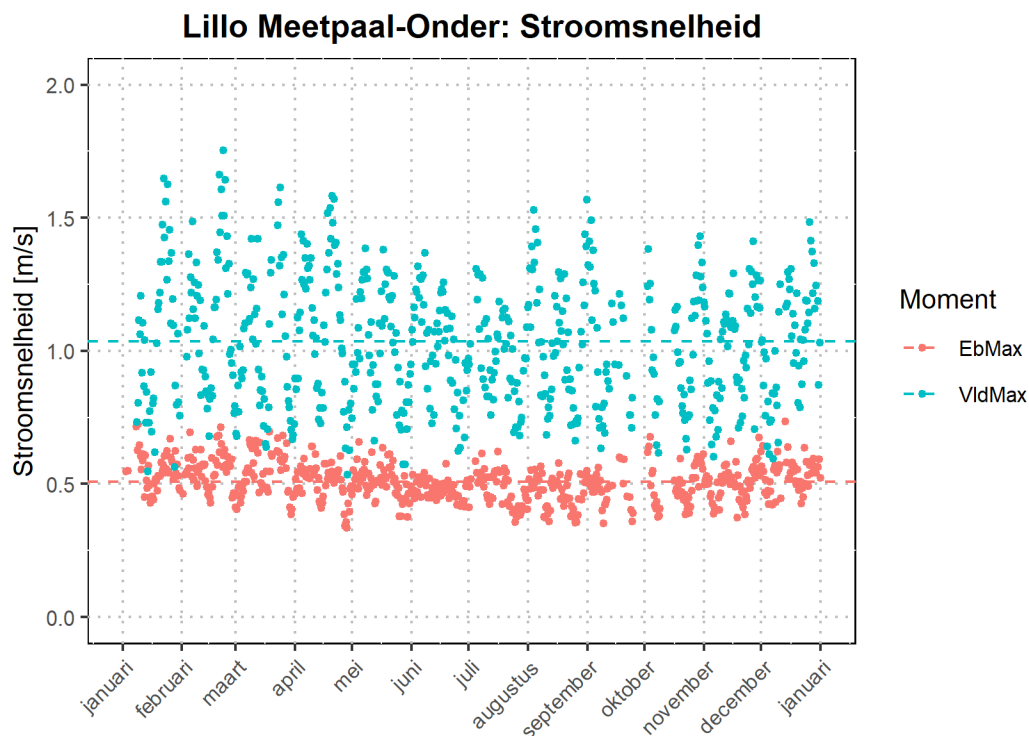
Figuur 33 – Gemiddelde stroomsnelheid bij vloed en eb te Oosterweel, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



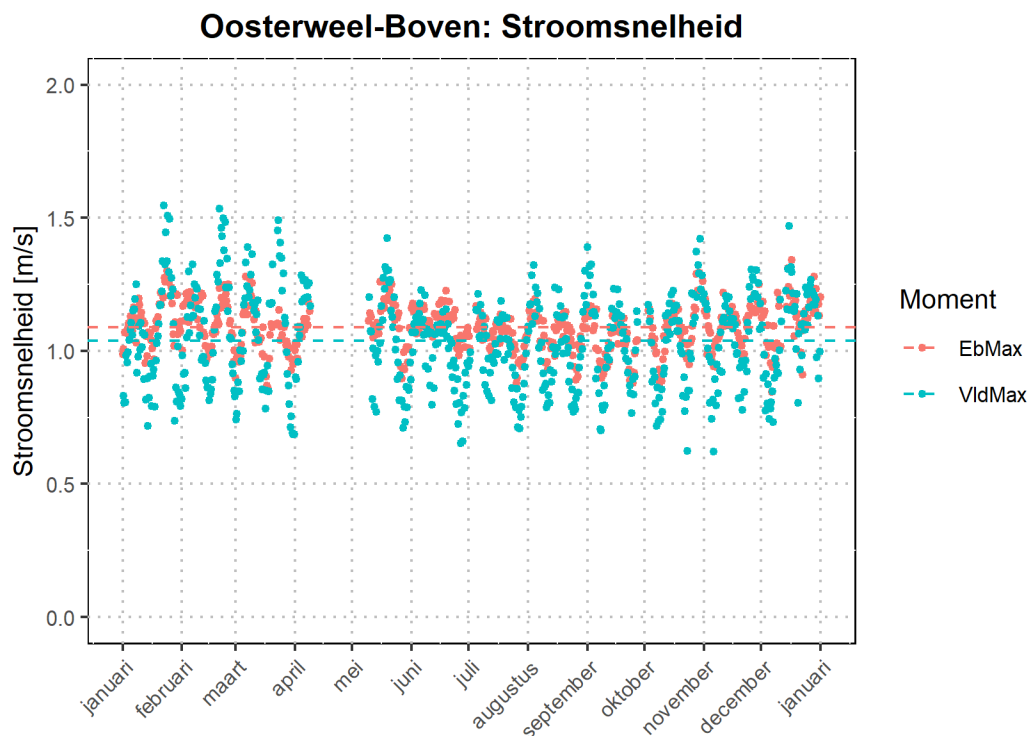
Figuur 34 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 35 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 36 - Maximale stroomsnelheid bij vloed en eb te Oosterweel, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Ensemble analyse

De continue metingen laten toe het karakteristiek verloop van de stroomsnelheid gedurende een getijcyclus te bepalen. In het kader van het MONEOS-jaarboek wordt een ensemble-analyse uitgevoerd op de gemeten stroomsnelheden. Dit houdt volgende stappen in:

1. Per jaar: selectie van getijden op basis van de karakteristieken te Antwerpen-Loodsgebouw (meetpost 'Antwerpen tij')
 - a. Doodtij: getijverschil < P10 van getijverschillen
 - b. Gemiddeld getij: getijverschil > P45 en < P55 van getijverschillen
 - c. Springtij: getijverschil > P90 van getijverschillenMerk op dat deze indeling afwijkt van de standaard definitie van spring- en doottij, en dat deze methodiek omwille van pragmatiek werd gekozen.
2. Voor de geselecteerde getijden worden de gemeten stroomsnelheden geselecteerd en wordt het tijdstip omgevormd tot een tijdstip ten opzichte van hoogwater op de meetlocatie. Deze selectie levert een reeks van snelheidsverlopen in de tijd (zgn. "ensemble").
3. Van de ensembles wordt voor elke tijdstap van 10 minuten de P10, P50 en P90 waarde bepaald

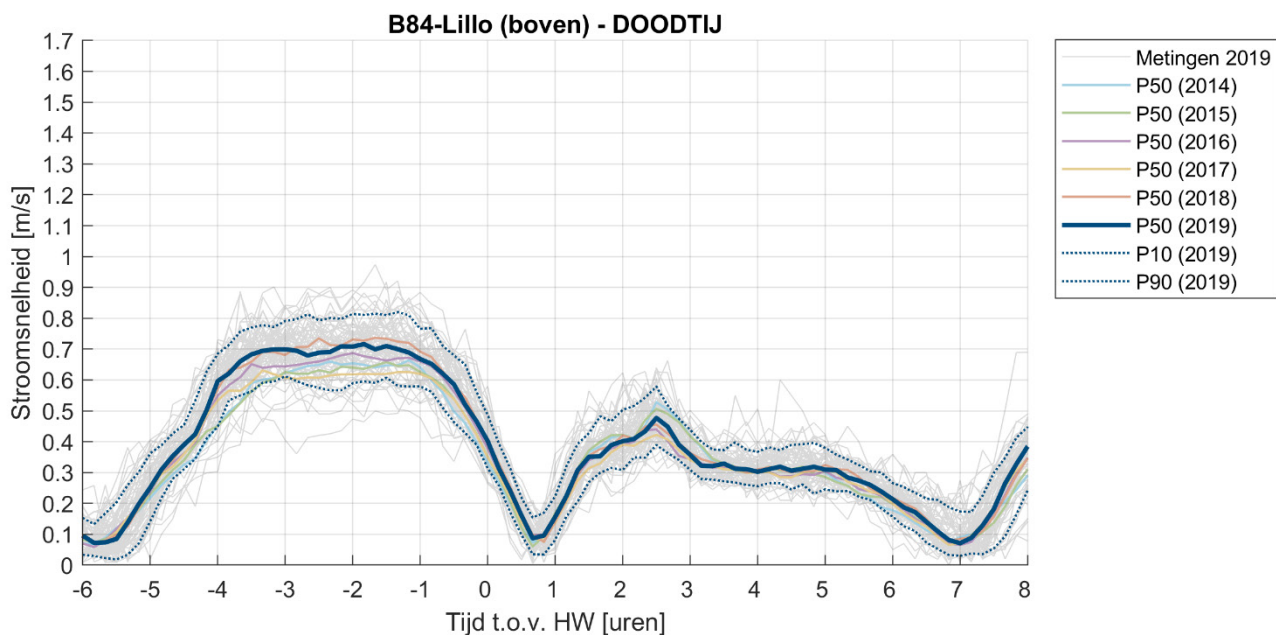
Figuur 37 tot en met Figuur 42 geven voor de meetlocaties nabij Lillo⁸ en Oosterweel, het karakteristieke verloop van de snelheid weer, die werd opgemeten met de bovenste sensor en telkens bij doottij, gemiddeld tij en springtij. Voor 2019 wordt de mediaan (P50) en de 10^e en 90^e percentielen getoond (P10 en P90). Om de recente ontwikkelingen te kunnen nagaan worden eveneens de P50 waarden getoond voor de voorgaande 5 jaren.

Voor meetpaal Lillo, blijkt uit Figuur 37 t.e.m. Figuur 39, nogmaals dat de snelheden tijdens vloed hoger zijn dan tijdens eb. Figuur 37 geeft de resultaten weer voor doottij. Voor 2019 en de vijf voorgaande jaren, wordt de P50 van de snelheid bij doottij weergegeven. Hieruit blijkt dat de stroomsnelheid bij vloed het hoogst is in 2018, gevolgd door de snelheid in 2019 en 2016. In 2017 was de snelheid bij vloed het laagst. Tijdens de ebfase was de stroomsnelheid het hoogst in 2014 gevolgd door 2015 en 2019. Bij Figuur 38 en Figuur 39 (gemiddeld tij en springtij) komt een licht andere volgorde van de snelheden naar voren. Het jaar 2016 piekt hier bij springtij over 2019 en heeft de grootste snelheden tijdens vloed.

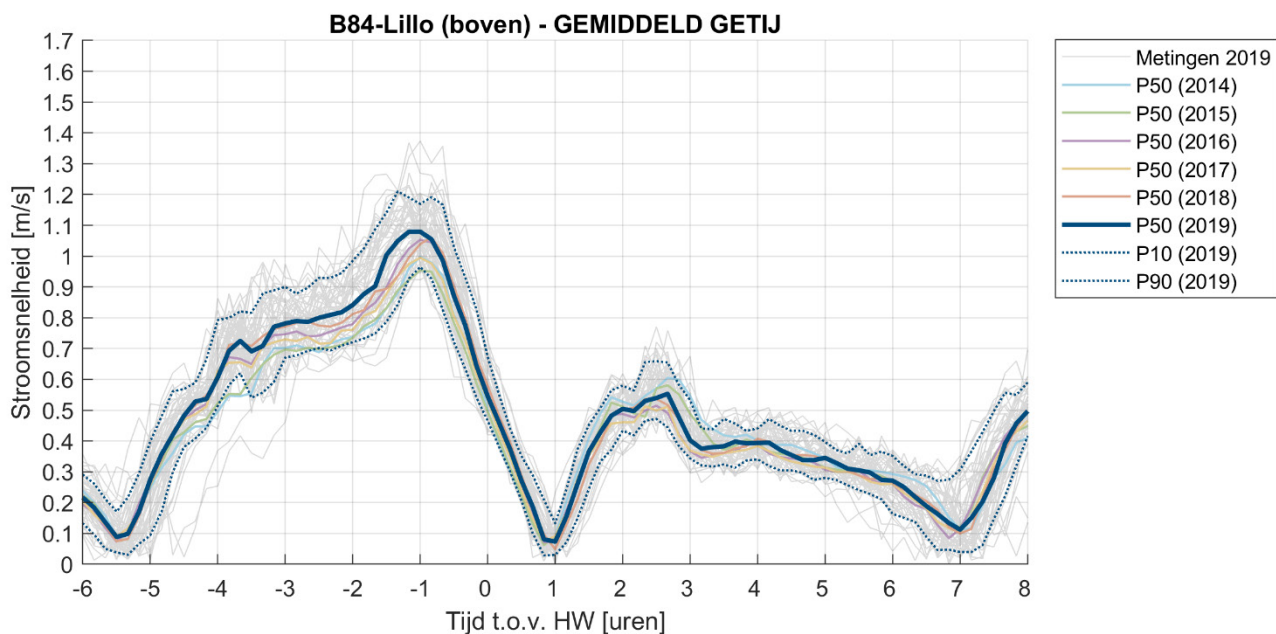
Te Oosterweel is er een kleiner verschil tussen de eb- en vloedsnelheden: tijdens doottij (Figuur 40) ligt de snelheid tijdens eb wat hoger dan tijdens vloed. Bij gemiddeld tij (Figuur 41) zijn de snelheden van vloed lichtjes hoger dan deze van eb, met een piek rond 1 uur voor HW. Ook bij springtij (Figuur 42) piekt de stroming tijdens vloed hoger dan tijdens eb. Zowel bij doottij, gemiddeld tij, als springtij vertonen de metingen een lichte stijging: de medianen van 2014 en 2015 liggen vaak onder die van de laatste vier jaar. De verschillen zijn echter beperkt en de waardes liggen ruim binnen elkaars P10-P90-band.

⁸ In 2015 zijn de toestellen verzet van Boei-82/84 naar de nabijgelegen meetpaal te Lillo.

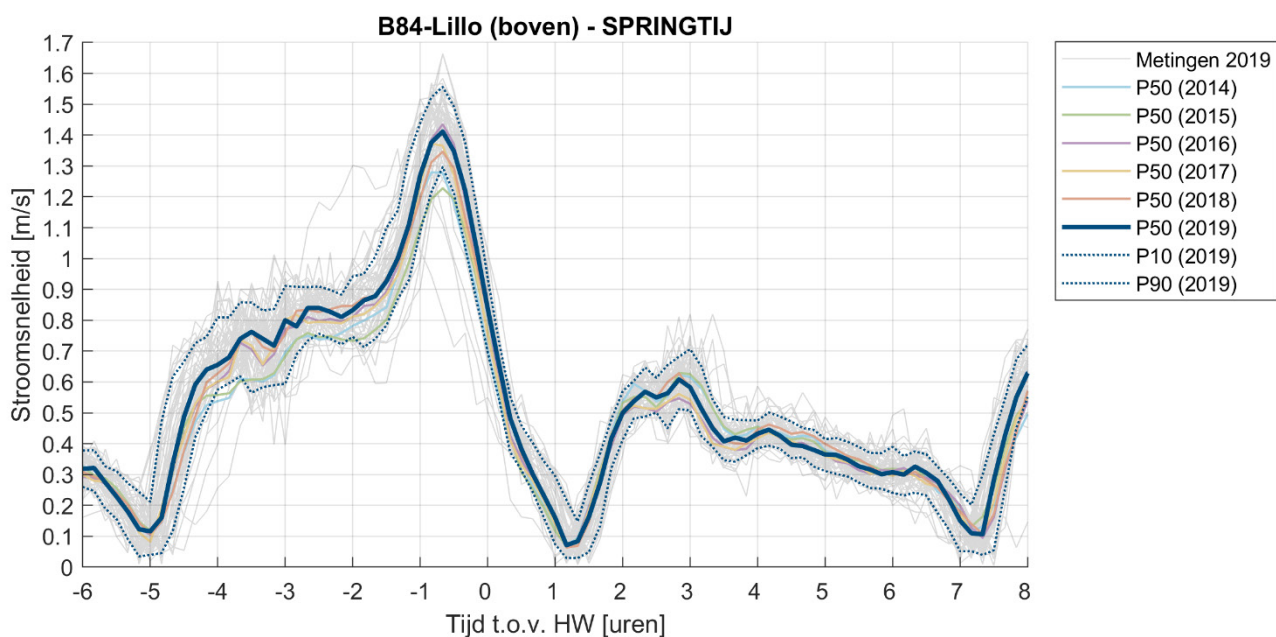
Figuur 37 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doodtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



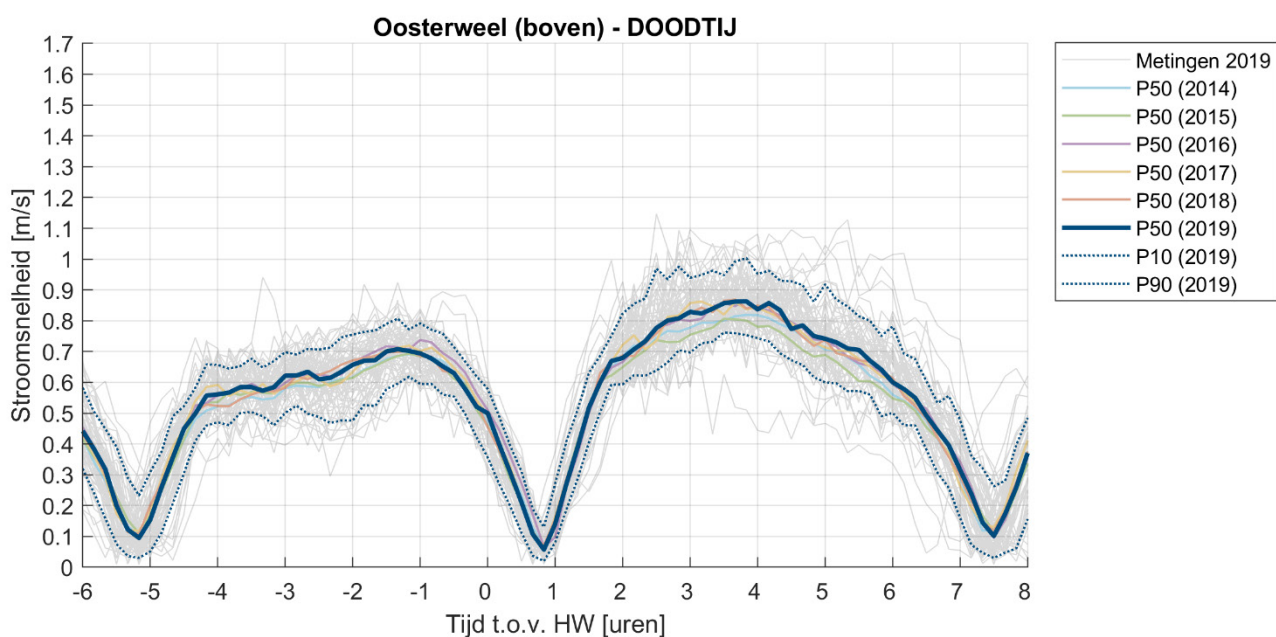
Figuur 38 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



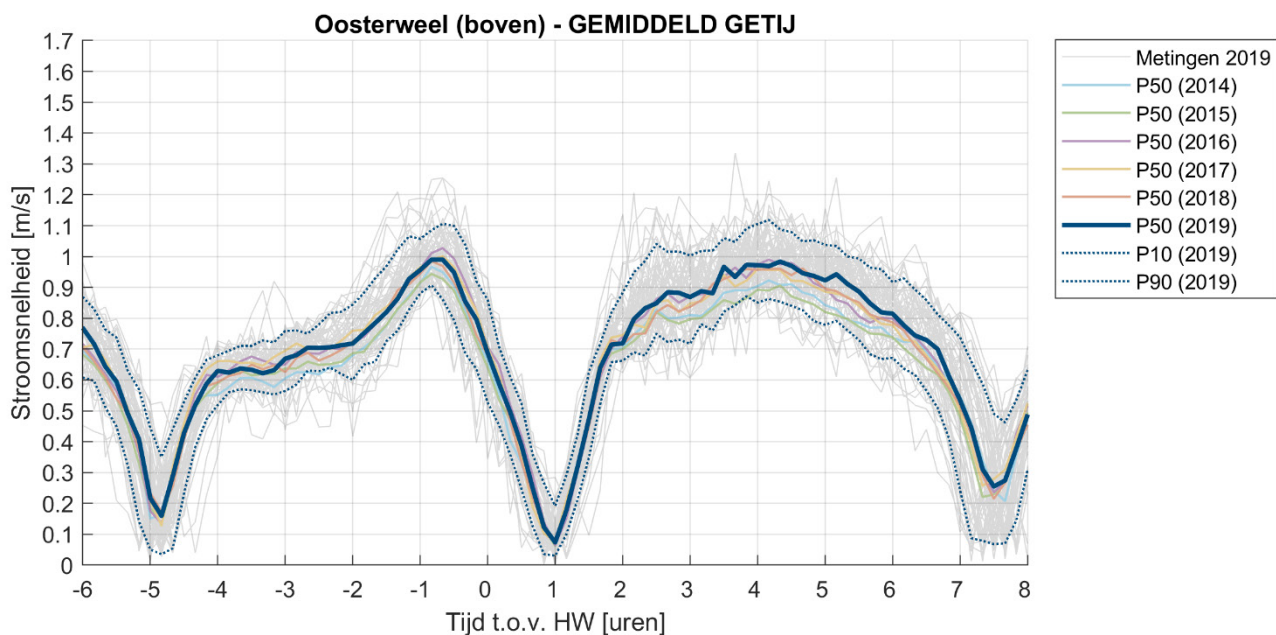
Figuur 39 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



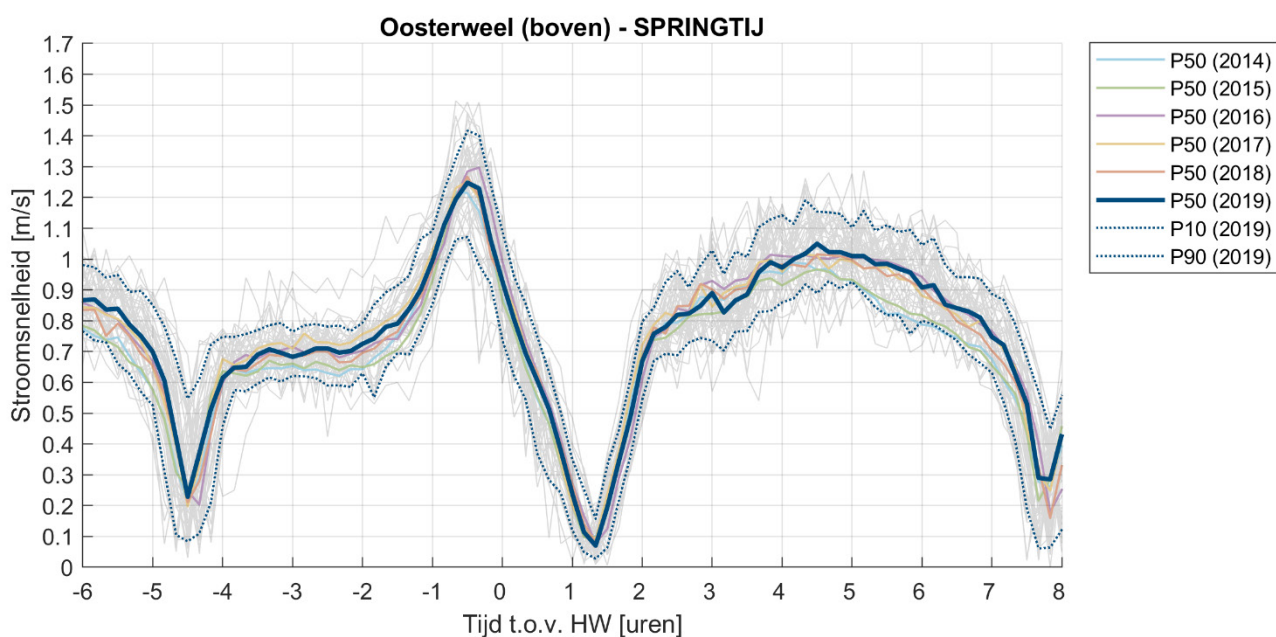
Figuur 40 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doodtij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



Figuur 41 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



Figuur 42 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [uren] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



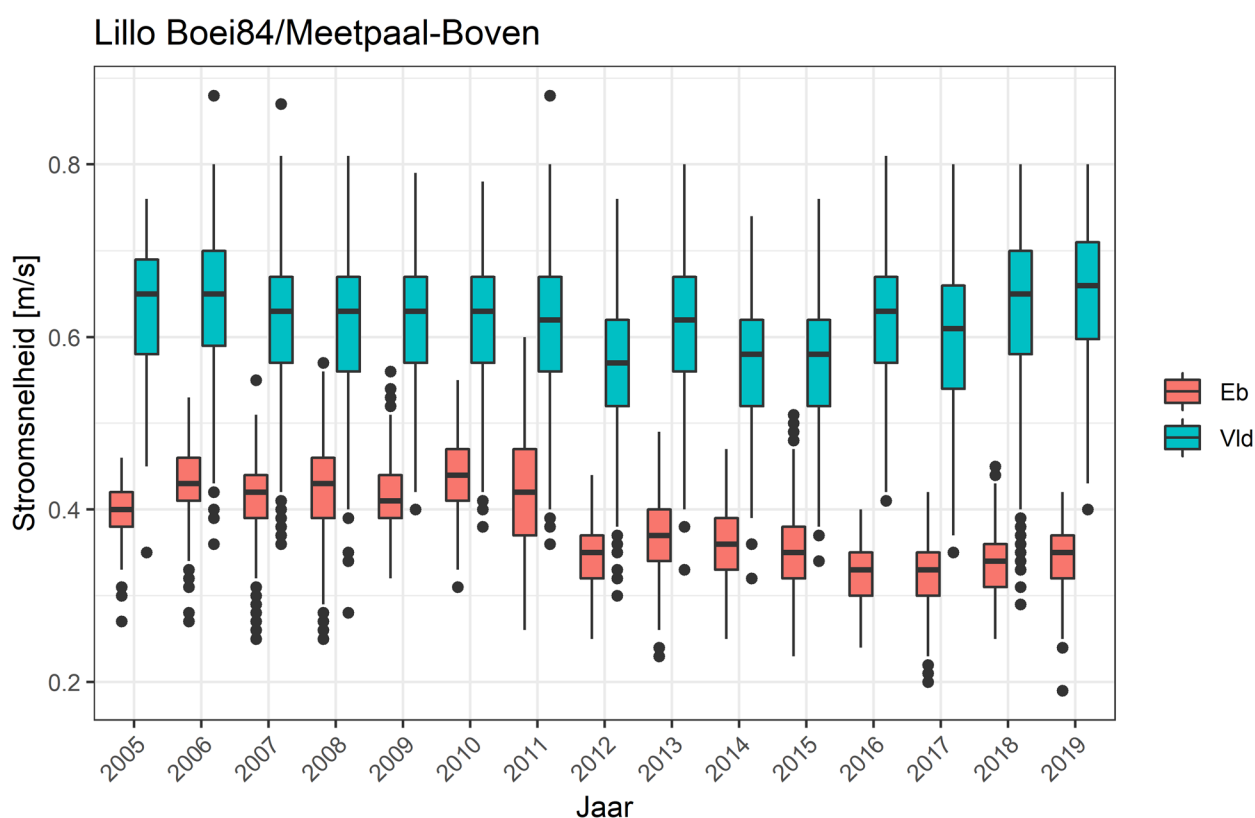
Historische evolutie

In Figuur 43 tot Figuur 45 wordt het historische verloop van de gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed weergegeven, voor respectievelijk Lillo (bovenste toestel), Lillo (onderste toestel) en Oosterweel (bovenste toestel).

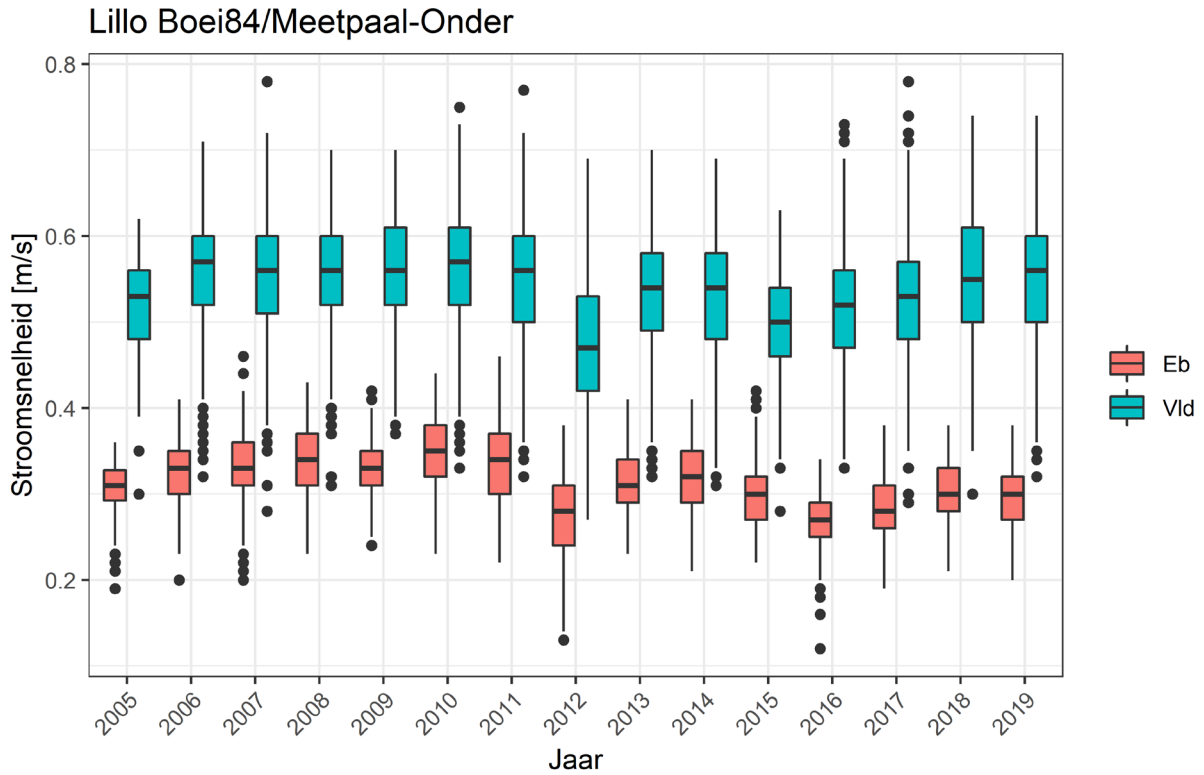
Ter hoogte van Lillo zijn metingen beschikbaar vanaf 2005 (Figuur 43 en Figuur 44). De twee toestellen, werden in 2015 verplaatst van Boei-82/84 naar de nabijgelegen meetpaal Lillo. Deze verplaatsing heeft geen waarneembare trendbreuk veroorzaakt in de gemeten stroomsnelheden. In 2012 lijkt er wel een daling van de stroomsnelheid bij eb te hebben plaatsgevonden voor beide toestellen. De snelheden voor 2019 zijn voor beide toestellen iets hoger dan het vorige jaar.

Voor Oosterweel zijn de metingen beschikbaar sinds 2001 (Figuur 45). In de periode 2003-2006 was er een sterkere verhoging van de gemiddelde stroomsnelheid bij eb. De laatste drie jaar vertoont de stroomsnelheid bij eb opnieuw een lichte verhoging. De lichte verhoging in de stroomsnelheid bij eb de laatste drie jaar (2016 – 2018) zet zich verder in 2019.

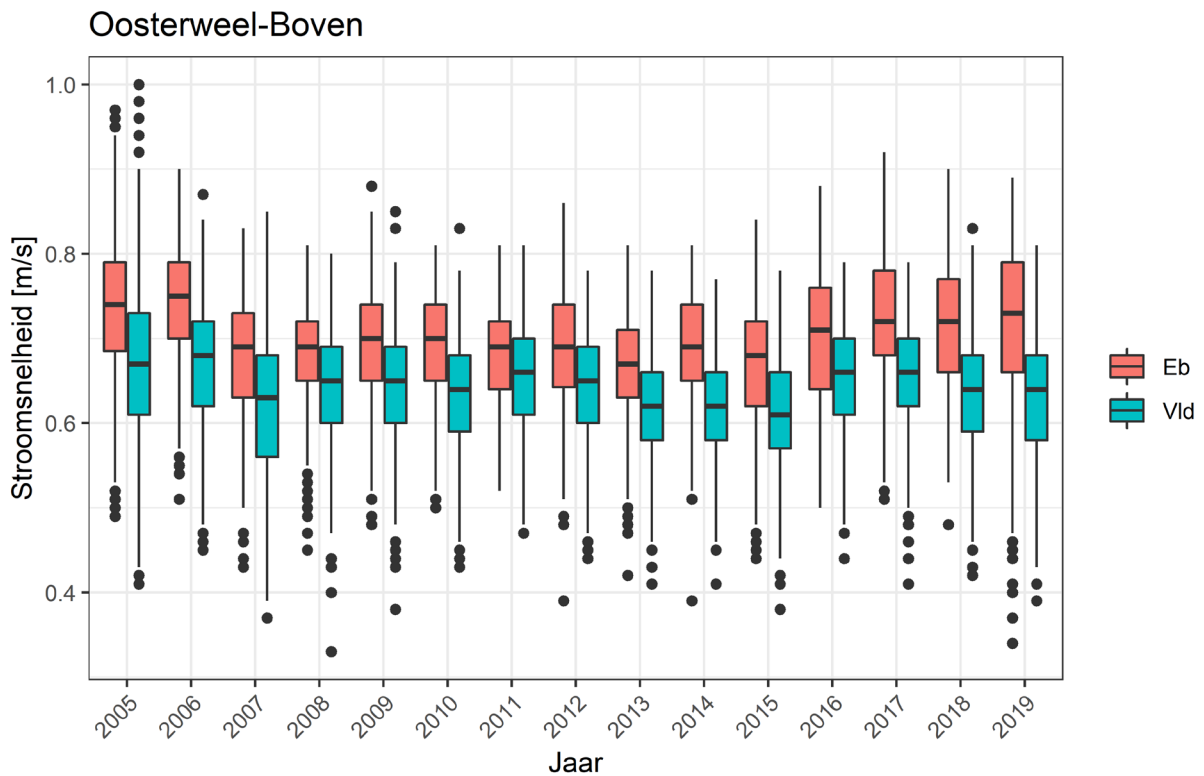
Figuur 43 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Lillo (bovenste toestel). In 2015 werd de meetpost verplaatst van locatie (naar de meetpaal).



Figuur 44 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Lillo (onderste toestel). In 2015 werd de meetpost verplaatst van locatie (naar de meetpaal).



Figuur 45 – Historische evolutie van de gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb en vloed ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)



4.1.4 Verloop watertemperatuur

Op alle meetlocaties (Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek, Liefkenshoek - Veer, Oosterweel, Kruike, Hemiksem, Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek) wordt de watertemperatuur continu gemeten. Voor de watertemperatuur is de aanwezigheid van twee of meer metingen over de verticaal (te Lillo Meetpaal) weinig relevant. Door de grote menging in de waterkolom is er op eenzelfde ogenblik immers zeer weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel.

Figuur 47 tot en met Figuur 58 geven het temperatuursverloop in 2019 bij KHW en KLW weer voor alle locaties. Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen duidelijk: meegaande met de luchttemperatuur. Een duidelijke seizoenale trend is waarneembaar. Hierbij valt het dal begin februari, wat klassiek de koudste periode van het jaar is (temperatuur ijlt na op de zonneposities). Het maximum wordt bereikt eind juni, en zet zich door tot midden september.

De watertemperatuur verloopt ook gedurende een getijdencyclus, 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 de temperatuur in de Beneden-Zeeschelde bepaald bij de momenten van kentering (§4.1.2). De posten meer stroomafwaarts zijn sterker onderhevig aan de bufferende werking van het zeewater, terwijl de posten meer stroomopwaarts en aan de bovenlopen eerder onderhevig zijn aan de sterk schommelende temperaturen van de veranderende bovenafvoer.

Wanneer men de posten afzonderlijk bekijkt, kan men het volgende vaststellen:

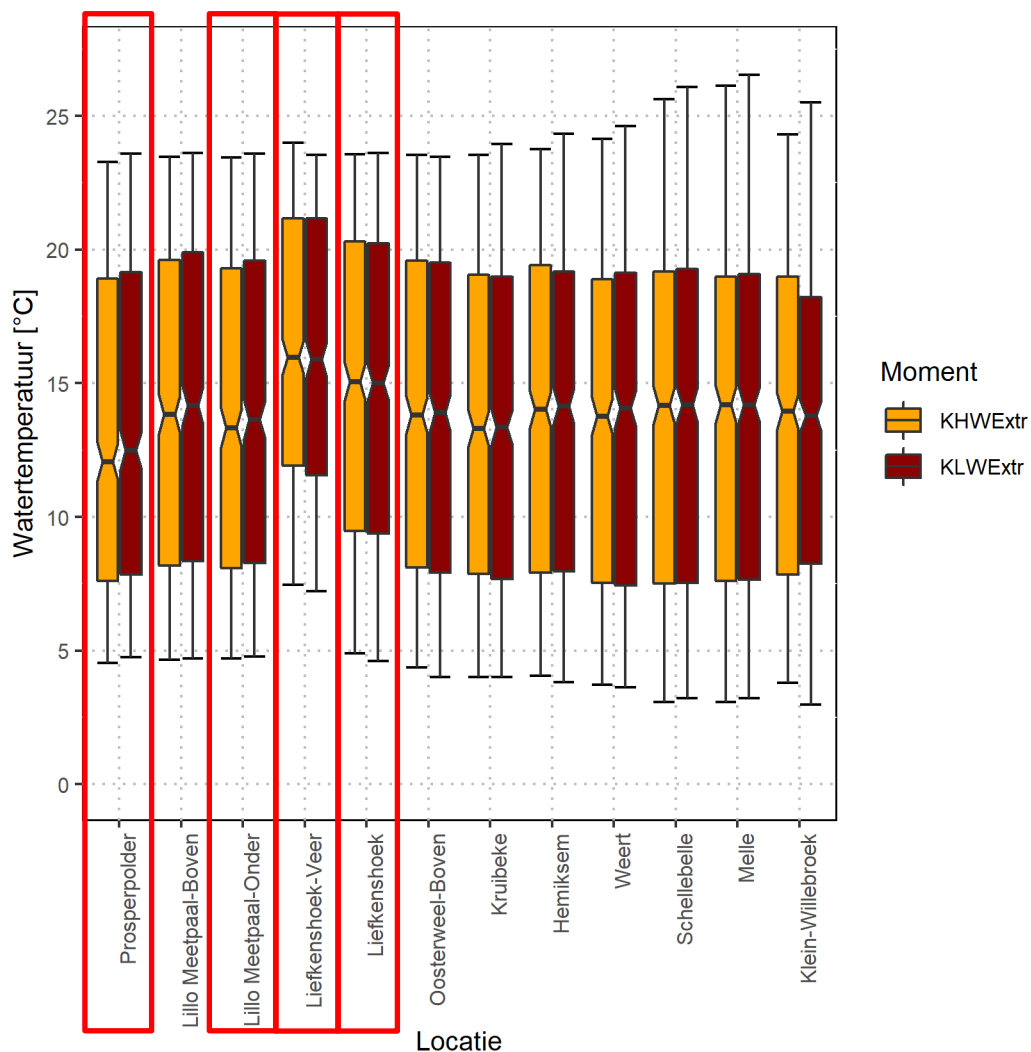
1. Het temperatuursverloop in **Prosperpolder** (Figuur 47) en **Meetpaal Lillo** (Figuur 48 en Figuur 49) toont dat het Scheldewater onafhankelijk van de seizoenen iets kouder is bij KHW dan bij KLW. Het temperatuurverschil is niet constant, maar hangt af van de seizoenen en het tijverschil. Hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen. Zo is ter hoogte van Prosperpolder (meest stroomafwaarts) het gemiddelde verschil in temperatuur bij KHW versus KLW gelijk aan 0,4 °C. Dergelijk gemiddeld temperatuurverschil in de meer opwaartse posten, zoals Melle, blijft beperkt tot <0,1°C.
2. De meetwaarden in **Liefkenshoek-Veer** (Figuur 51), **Liefkenshoek** (Figuur 51), **Oosterweel** (Figuur 52), **Kruike** (Figuur 53) en **Hemiksem** (Figuur 54) vertonen eenzelfde verloop. Bij deze posten is in het voorjaar de temperatuur bij KHW ongeveer gelijk aan de temperatuur bij KLW. Nabij Liefkenshoek en Oosterweel zijn de temperatuurverschillen tussen KLW en KHW het grootst in de winterdoor aanvoer van warmer water vanuit de zee tijdens KHW.
3. Te **Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek** (Figuur 55 tot Figuur 58) is het verschil tussen temperatuur bij KHW en KLW amper merkbaar. In juli en augustus bereikte de watertemperatuur opnieuw uitzonderlijke hoogten: tot 26,5°C in Melle.

Tabel 12 geeft een overzicht van de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de temperatuur rond KHW en KLW voor de verschillende metingen op de locaties zoals in de boxplot (Figuur 46) visueel is weergegeven. Bij **Prosperpolder, Lillo Meetpaal Onder, Liefkenshoek en Liefkenshoek - Veer** (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie ook Tabel 10). Hierdoor vertonen een aantal statistieken een **vertekend beeld**. Bij Prosperpolder en Lillo Meetpaal Onder leidt hier tot een onderschatting in de statistieken, doordat een deel van de zomer ontbreekt. Bij Liefkenshoek en Liefkenshoek – Veer leidt dit tot een overschatting, gezien een deel van de winter ontbreekt.

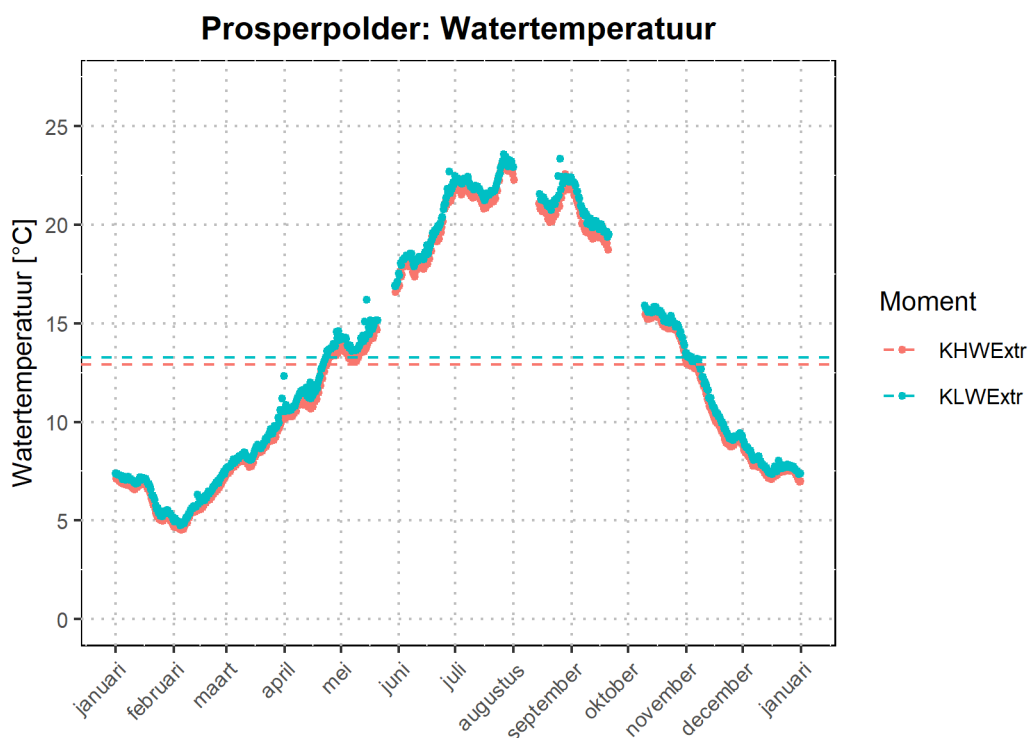
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2019)
 (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar, worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

	Temperatuur (°C) bij KLW				Temperatuur (°C) bij KHW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
<i>Prosperpolder</i>	<u>4,8</u>	<u>13,3</u>	<u>23,6</u>	<u>5,8</u>	<u>4,5</u>	<u>12,9</u>	<u>23,3</u>	<u>5,8</u>
Lillo M-Boven	4,7	14,2	23,6	5,8	4,7	13,9	23,5	5,8
<i>Lillo M-Onder</i>	<u>4,8</u>	<u>13,9</u>	<u>23,6</u>	<u>5,9</u>	<u>4,7</u>	<u>13,6</u>	<u>23,5</u>	<u>5,8</u>
<i>Liefkenshoek- Veer</i>	<u>7,2</u>	<u>16,1</u>	<u>23,6</u>	<u>5,0</u>	<u>7,5</u>	<u>16,2</u>	<u>24,0</u>	<u>4,9</u>
<i>Liefkenshoek</i>	<u>4,6</u>	<u>14,7</u>	<u>23,6</u>	<u>5,8</u>	<u>4,9</u>	<u>14,8</u>	<u>23,6</u>	<u>5,8</u>
Oosterweel- Boven	4,0	13,7	23,5	6,0	4,4	13,8	23,5	5,9
Kruikeke	4,0	13,5	23,9	6,0	4,0	13,5	23,5	6,0
Hemiksem	3,8	13,8	24,3	6,0	4,1	13,7	23,8	6,0
Weert	3,6	13,5	24,6	6,2	3,7	13,4	24,1	6,0
Schellebelle	3,2	13,8	26,1	6,4	3,1	13,7	25,6	6,4
Melle	3,2	13,7	26,5	6,3	3,1	13,7	26,1	6,3
Klein- Willebroek	3,0	13,6	25,5	5,7	3,8	13,7	24,3	6,0

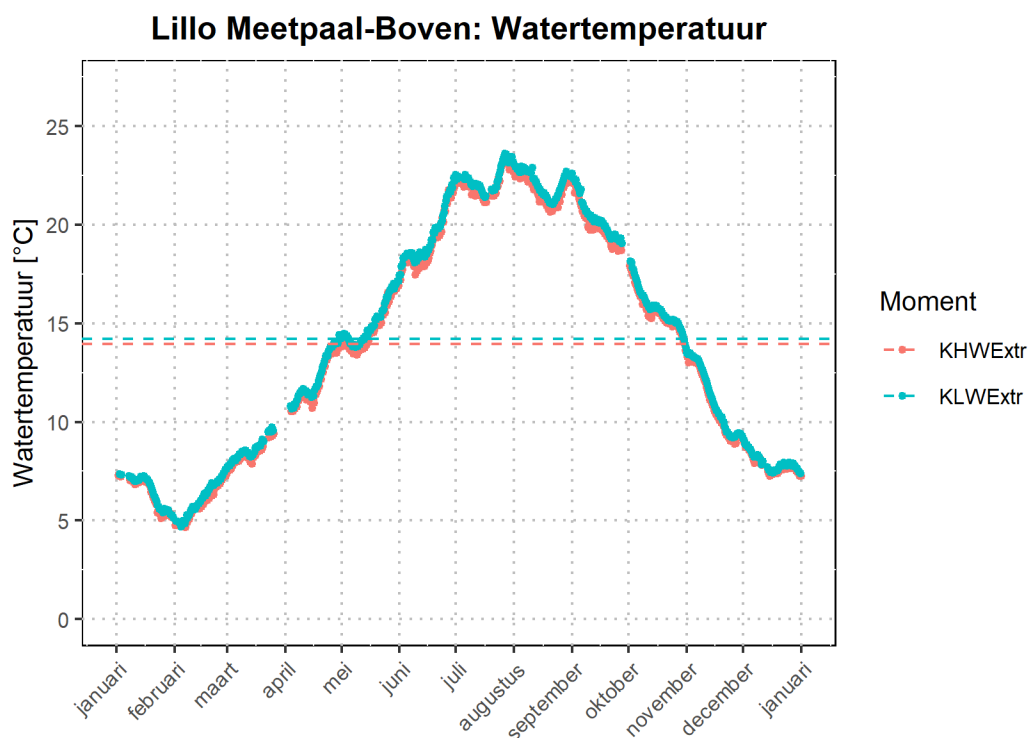
Figuur 46 – Boxplot van de temperatuur bij kentering laag- en hoogwater (respectievelijk “KLWExtr” en “KHWExtr”), op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2019). De posten met minder dan 90% correcte metingen zijn omkaderd.



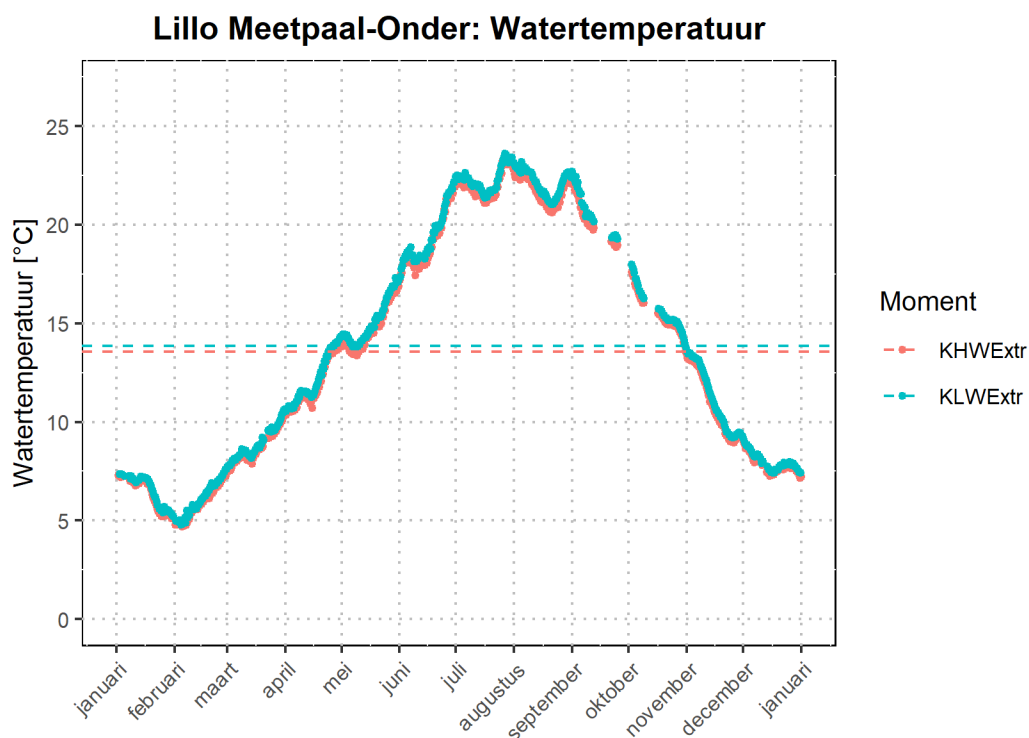
Figuur 47 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



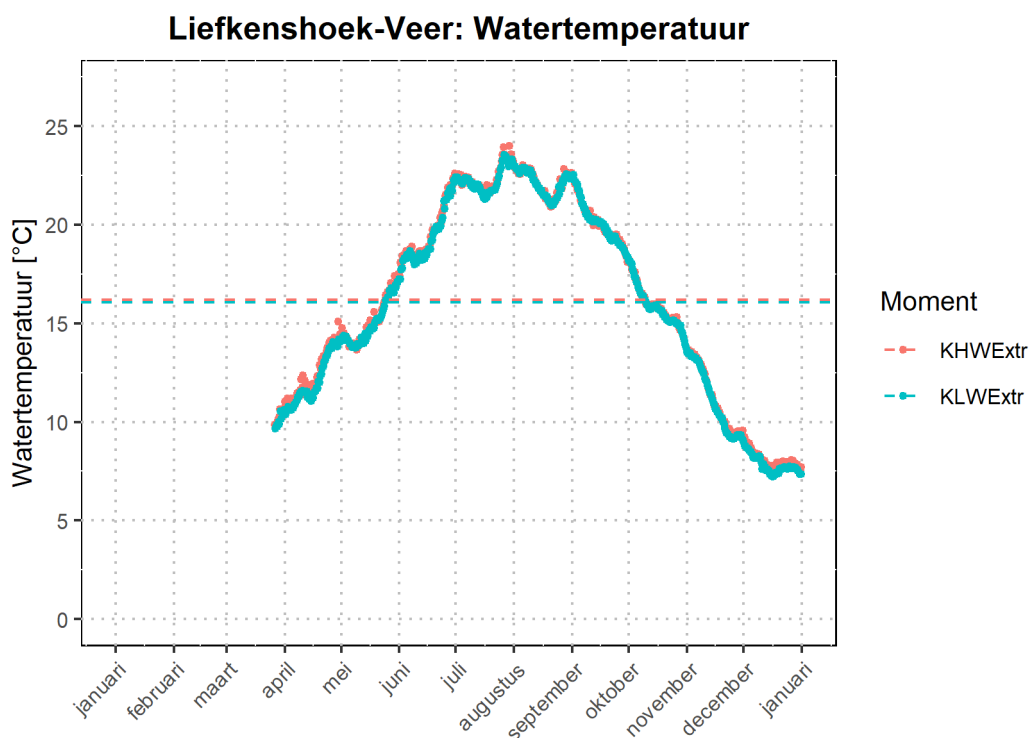
Figuur 48 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



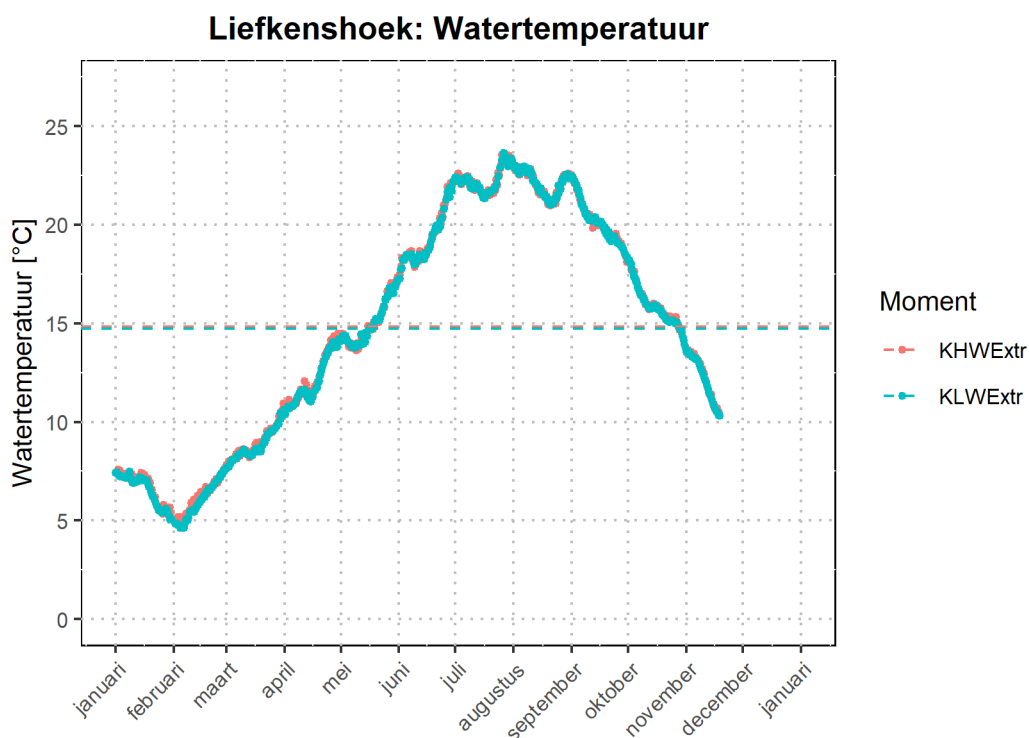
Figuur 49 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



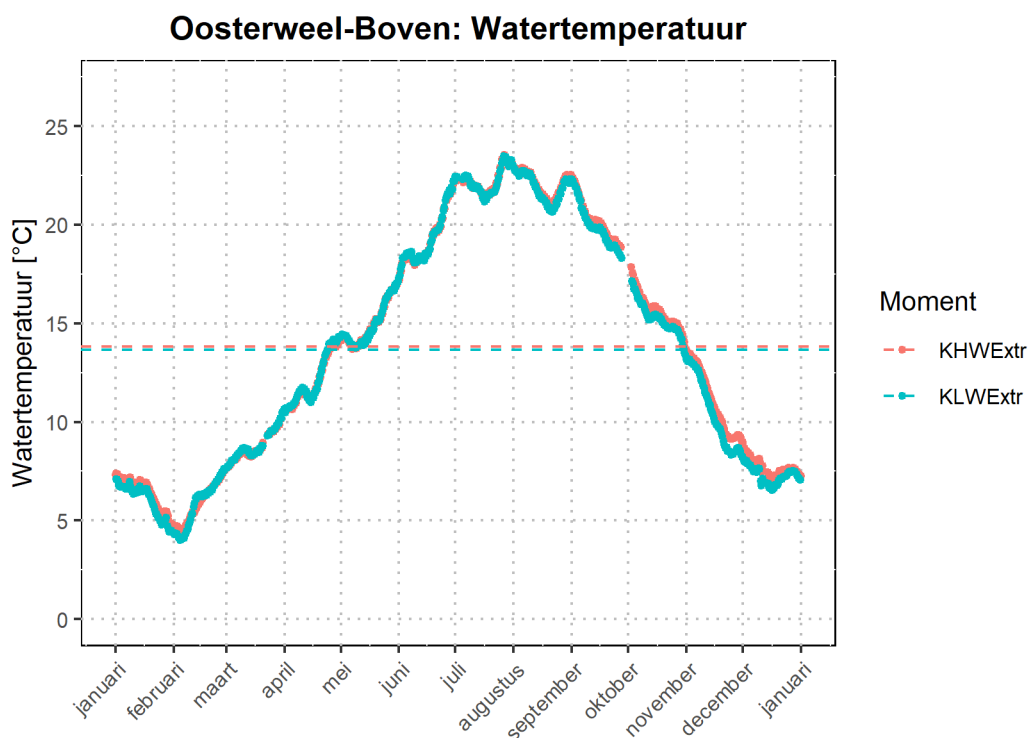
Figuur 50 : – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek - Veer (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



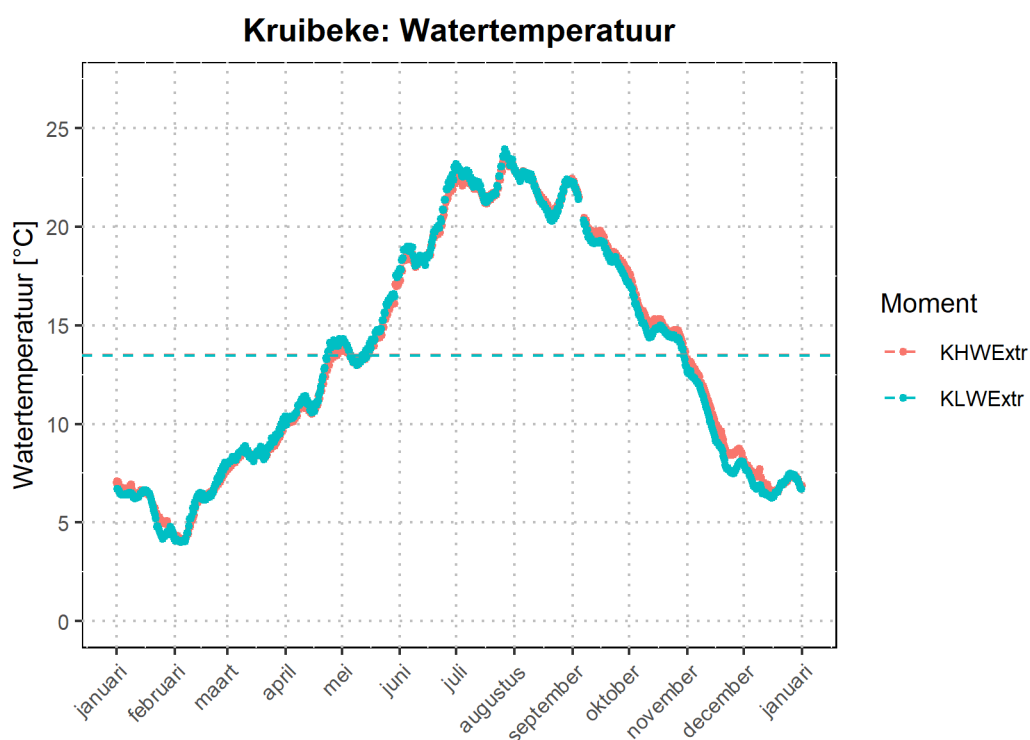
Figuur 51 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



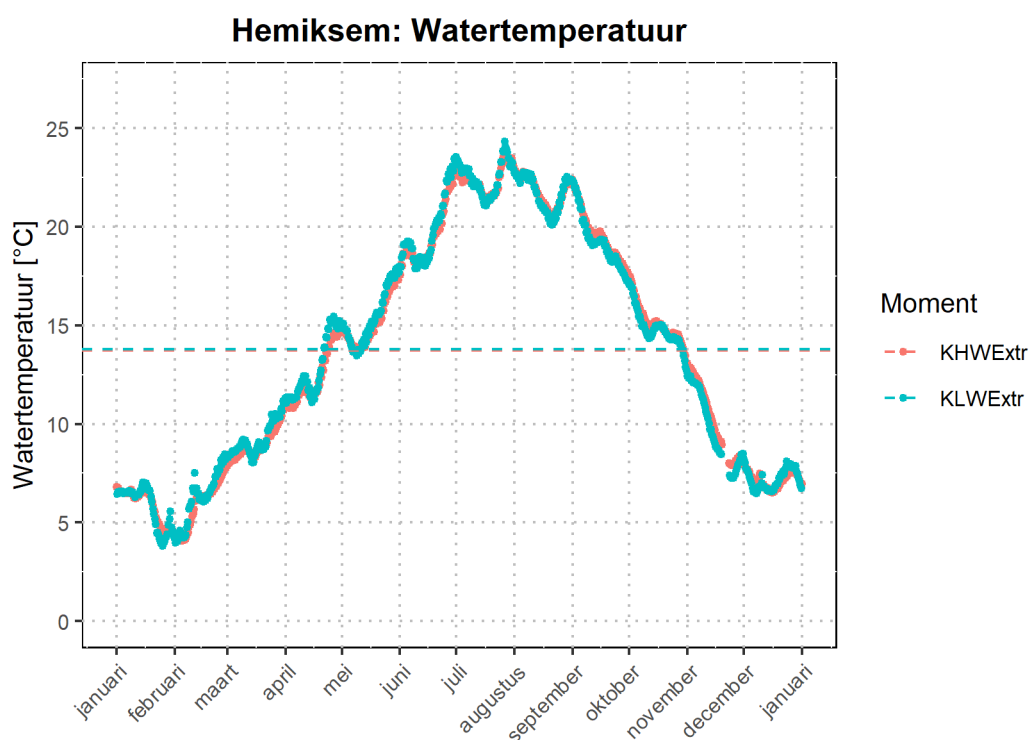
Figuur 52 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



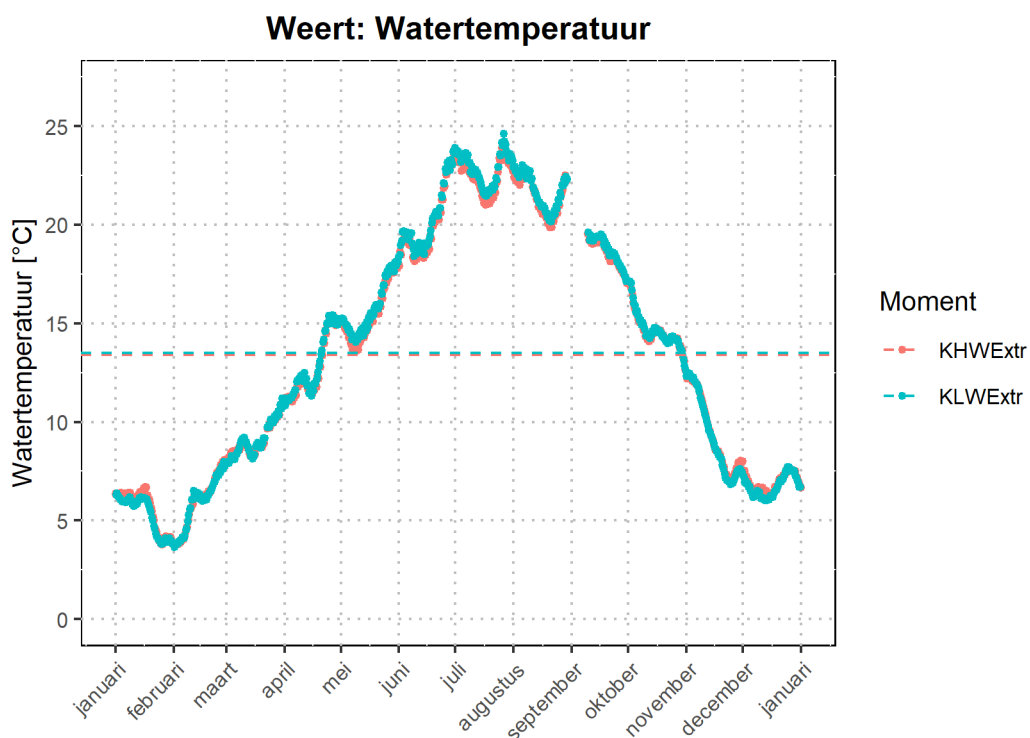
Figuur 53 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Kruiseke (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



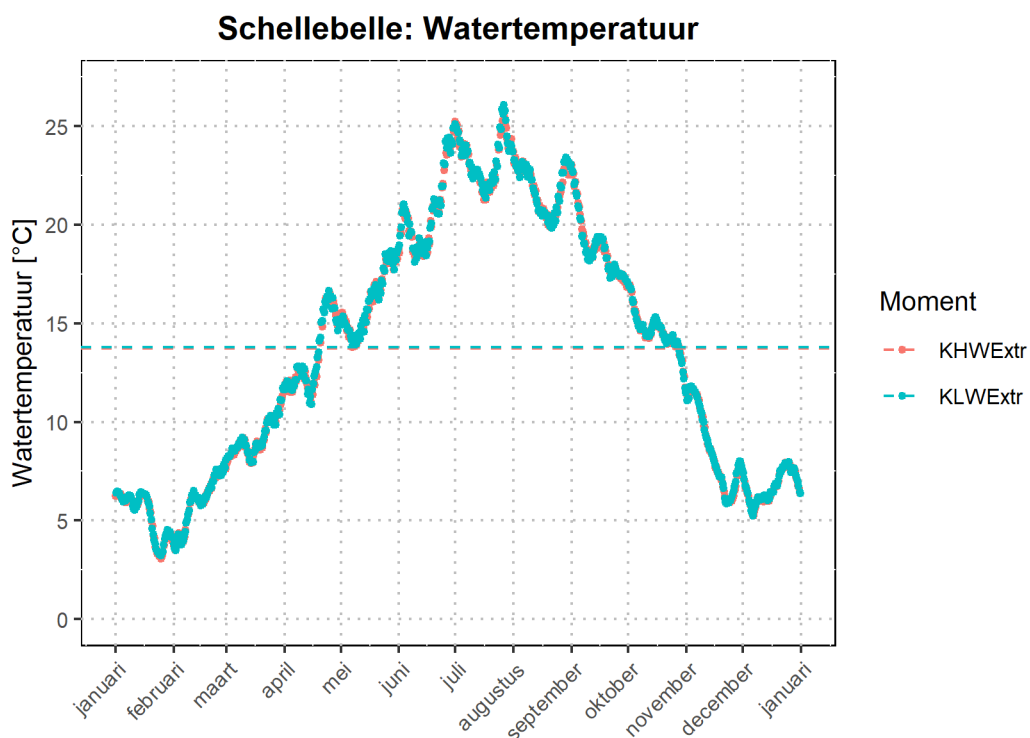
Figuur 54 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Hemiksem (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



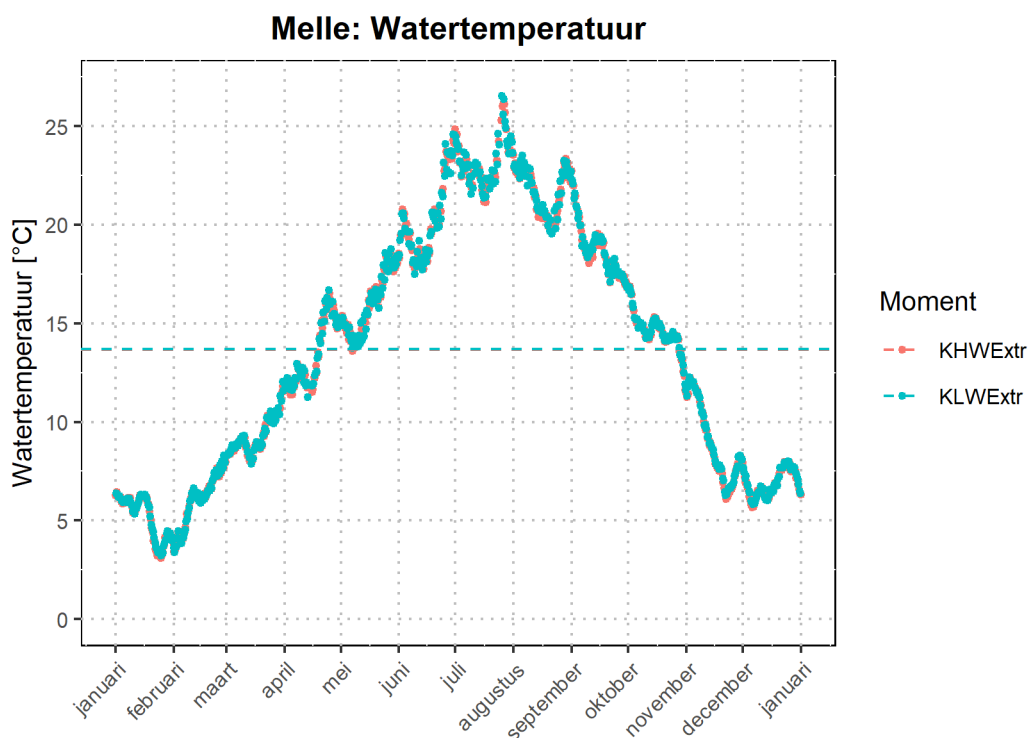
Figuur 55 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Weert (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



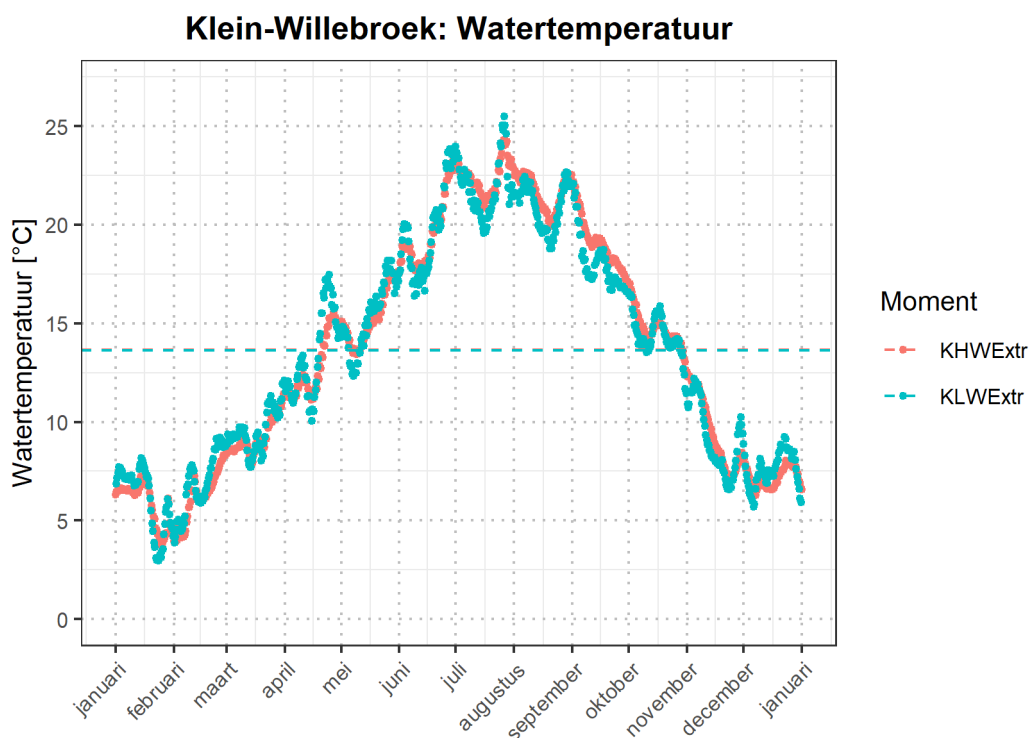
Figuur 56 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 57 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 58 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Klein-Willebroek (Rupel)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



4.1.5 Verloop saliniteit

Zowel de CTD-, Aanderaa- als de YSI-multiparametersondes meten conductiviteit en temperatuur als een maat voor het zoutgehalte van het water. Op basis van conductiviteit en temperatuur kan men via de Unescoformule de **saliniteit** berekenen (De Boeck *et al.*, 2014). Deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater en is daarom enkel nauwkeurig binnen het bereik 2-42 PSU⁹. Enige voorzichtigheid is dus aan de orde bij gebruik van deze formule in het Schelde estuarium. Momenteel wordt de afwijking bij lagere PSU waardes onderzocht (Vandenbruwaene *et al.*, in prep).

Het verloop doorheen het jaar staat weergegeven in Figuur 60 tot en met Figuur 70. Tabel 13 geeft een overzicht van de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de saliniteit rond KWH en KLW voor de verschillende metingen op de locaties zoals in de boxplot (Figuur 59) visueel is weergegeven. Op een aantal meetlocaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie ook Tabel 10). Hierdoor vertonen een aantal statistieken een **vertekend beeld**. Bij Prosperpolder veroorzaakt dit een minimale onderschatting van het gemiddelde en maximum. Bij Lillo Meetpaal Onder leidt dit tot een sterke onderschatting gezien de volledige 2^{de} helft van het jaar – zomer en najaar – ontbreekt. Bij Liefkenshoek ontbreken de natte maanden en vertonen de statistieken bijgevolg een overschatting. De saliniteit ter hoogte van Liefkenshoek-Veer wordt niet gerapporteerd ten gevolge technische problemen met de conductiviteitssensor over het volledige meetjaar 2019.

Men kan het volgende vaststellen:

1. De minima in saliniteit correleren met periodes gekenmerkt door hoge afvoeren. Zo is te merken dat de saliniteit in de wintermaanden veel lager is dan in de zomermaanden. Na een droge lente en zomer, steeg de bovenafvoer pas vanaf december. Dit moment is gecorreleerd met een terugval in saliniteit.
2. Ter hoogte van de posten Prosperpolder (Figuur 60), Lillo Meetpaal (Figuur 61 en Figuur 62) en Liefkenshoek (Figuur 63) loopt de saliniteit tijdens KLW en KHW parallel, terwijl verder stroomopwaarts de saliniteit bij KLW laag blijft, maar de saliniteit bij KHW nog steeds de seizoensale trend volgt zoals bij bovenstaande posten.
3. De saliniteitswaarden zijn het hoogst in de meest zeewaartse post **Prosperpolder** (Figuur 60). Ze bedragen hier tussen $\pm 3,5$ en 17 PSU voor kentering laagwater en tussen $\pm 7,5$ en 21 PSU voor kentering hoogwater.
4. Voor Liefkenshoek zijn de gemiddelde saliniteitswaarden bij KHW en KLW lager dan de meer afwaartse locatie Lillo Meetpaal-Boven (Tabel 13). Dit heeft te maken met het ontbreken van saliniteitsdata in de maanden november en december (lagere saliniteit) te Liefkenshoek (vergelijk Figuur 61 en Figuur 63).
5. De onderste en bovenste sensor bij **Lillo Meetpaal** vertonen gelijkaardige zoutgehaltes bij respectievelijk KLW en KHW (Figuur 61 en Figuur 62). De grafieken duiden op een goed gemengd systeem, net als de situatie in 2018 (Vandenbruwaene *et al.*, 2019b).
6. In **Oosterweel** (Figuur 64) klimt de saliniteit bij KHW tot aan 16 PSU. Bij KLW blijft de saliniteit voornamelijk onder 8 PSU. Op 1 oktober vindt er een plotse daling in de waarden plaats, deze is te wijten aan een verhoogde bovenafvoer na een periode van langdurige droogte. Deze plotse terugval is ook te zien bij de posten Hemiksem, Weert en Klein-Willebroek.
7. Bij Kruibeke, Hemiksem en Weert liggen de metingen tijdens de winter bij KLW lager dan 1,5 PSU. In **Kruibeke** (Figuur 65) stijgt de saliniteit tot 14,7 PSU bij KHW, maar blijft ze bij KLW onder 4,5 PSU. **Hemiksem** (Figuur 66) kent eenzelfde verloop als de nabijgelegen post Kruibeke. Hier stijgen de saliniteitswaarden tot ca. 11,9 PSU, terwijl bij KLW de saliniteit onder 3,2 PSU blijft.

⁹ Practical Salinity Unit. Zeewater is euhalien en reikt van 30-35 PSU. Brak water heeft een saliniteit van 0,5 tot 29 PSU wat volgens het *Venice System* verder kan onderverdeeld worden in: polyhalien (30-18 PSU), mesohalien (18-5 PSU) en oligohalien (5-0,5 PSU).

Weert (Figuur 67) ligt verder stroomopwaarts, wat zich vertaalt naar een lagere saliniteit: bij KHW reikt deze nog tot 4,2 PSU, maar bij KLW daalt ze onder 1,5 PSU.

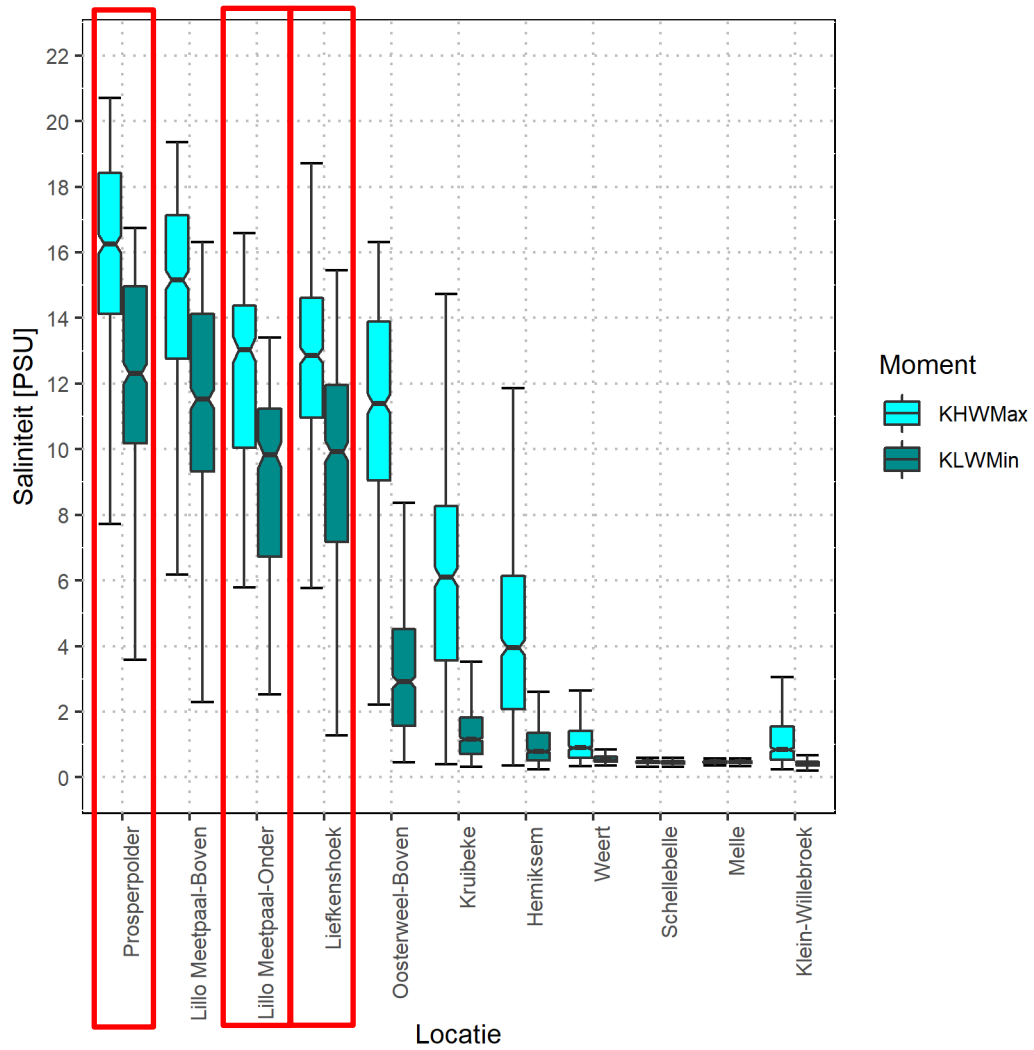
8. Nabij **Klein-Willebroek** (Figuur 70) zijn de saliniteitswaarden bij KLW minimaal. Bij KHW kan echter een verhoging vastgesteld worden tot 4,2 PSU in het najaar.
9. De twee meest stroomopwaartse posten, **Schellebelle** (Figuur 68), **Melle** (Figuur 69), worden gekenmerkt door zoet water. Het verschil tussen 'saliniteit' bij KHW en bij KLW is minimaal. De waargenomen fluctuaties zijn vermoedelijk gecorreleerd met de fluviatiele bovenafvoer (Barneveld *et al.*, 2018a).

Tabel 13 – Overzicht statistieken saliniteit [PSU] voor minimum en maximum bij resp.
KLW en KHW gemeten op locaties met getijdewerking (2019)

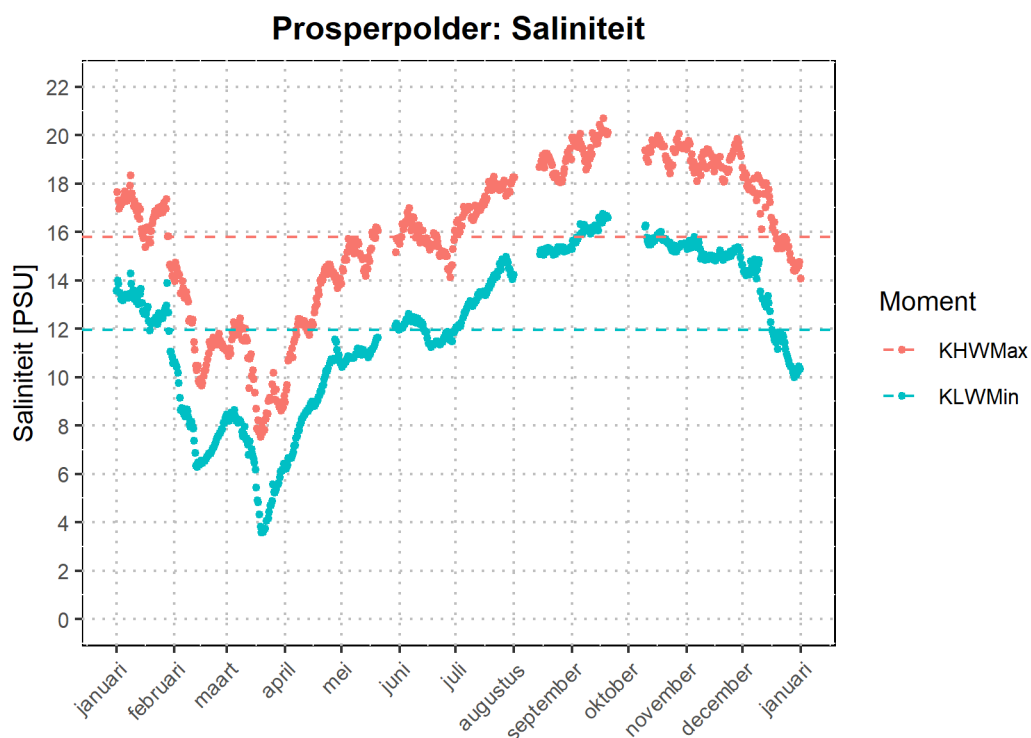
(Indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden cursief en onderlijnd weergegeven).

	Saliniteit (PSU) bij KLW				Saliniteit (PSU) bij KHW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
<u>Prosperpolder</u>	<u>3,58</u>	<u>11,96</u>	<u>16,75</u>	<u>3,20</u>	<u>7,53</u>	<u>15,79</u>	<u>20,70</u>	<u>3,17</u>
Lillo Meetpaal Boven	2,30	11,27	16,32	3,13	5,77	14,53	19,35	3,02
<u>Lillo Meetpaal Onder</u>	<u>2,52</u>	<u>8,91</u>	<u>13,41</u>	<u>2,55</u>	<u>5,79</u>	<u>12,24</u>	<u>16,58</u>	<u>2,63</u>
<u>Liefkenshoek</u>	<u>4,07</u>	<u>11,72</u>	<u>17,36</u>	<u>2,81</u>	<u>7,21</u>	<u>15,43</u>	<u>21,02</u>	<u>2,80</u>
Oosterweel boven	0,46	3,18	8,36	1,89	1,57	10,98	16,32	3,25
Kruikeke	0,33	1,43	4,55	0,94	0,40	6,06	14,73	2,97
Hemiksem	0,25	1,04	3,19	0,69	0,36	4,21	11,85	2,43
Weert	0,36	0,62	1,52	0,24	0,35	1,11	4,20	0,70
Schellebelle	0,31	0,46	0,59	0,05	0,32	0,47	0,59	0,05
Melle	0,30	0,46	0,57	0,05	0,32	0,47	0,58	0,04
Klein - Willebroek	0,2	0,43	0,74	0,1	0,24	1,14	4,23	0,81

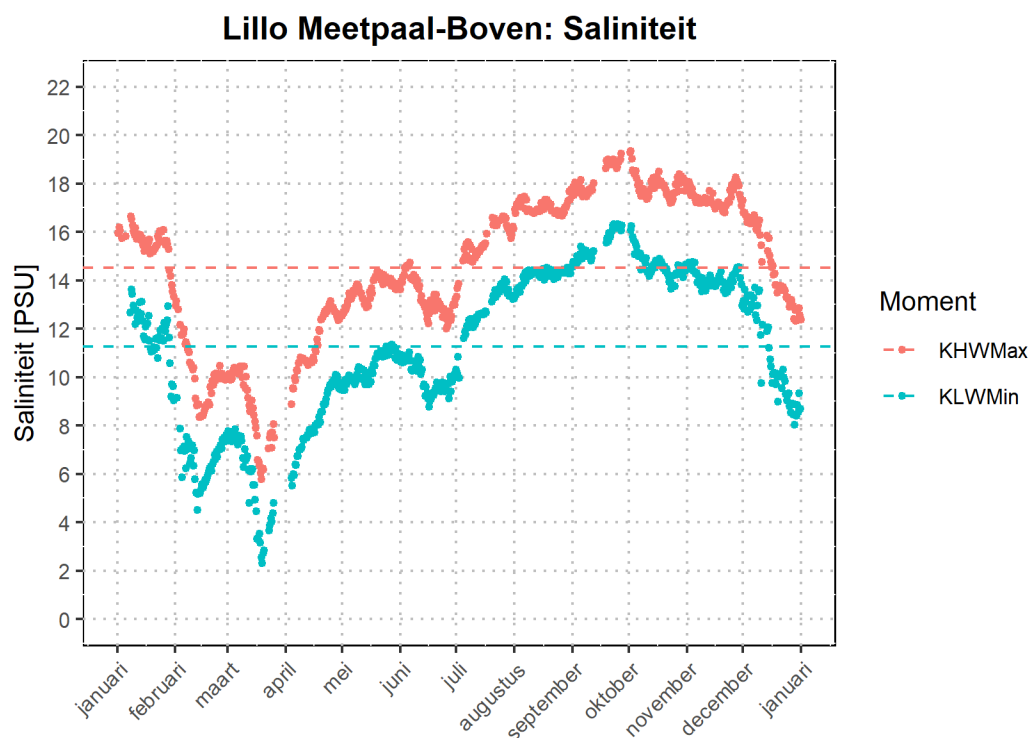
Figuur 59 – Boxplot van de Saliniteit bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2019).
De posten met minder dan 90% correcte metingen zijn omkaderd.



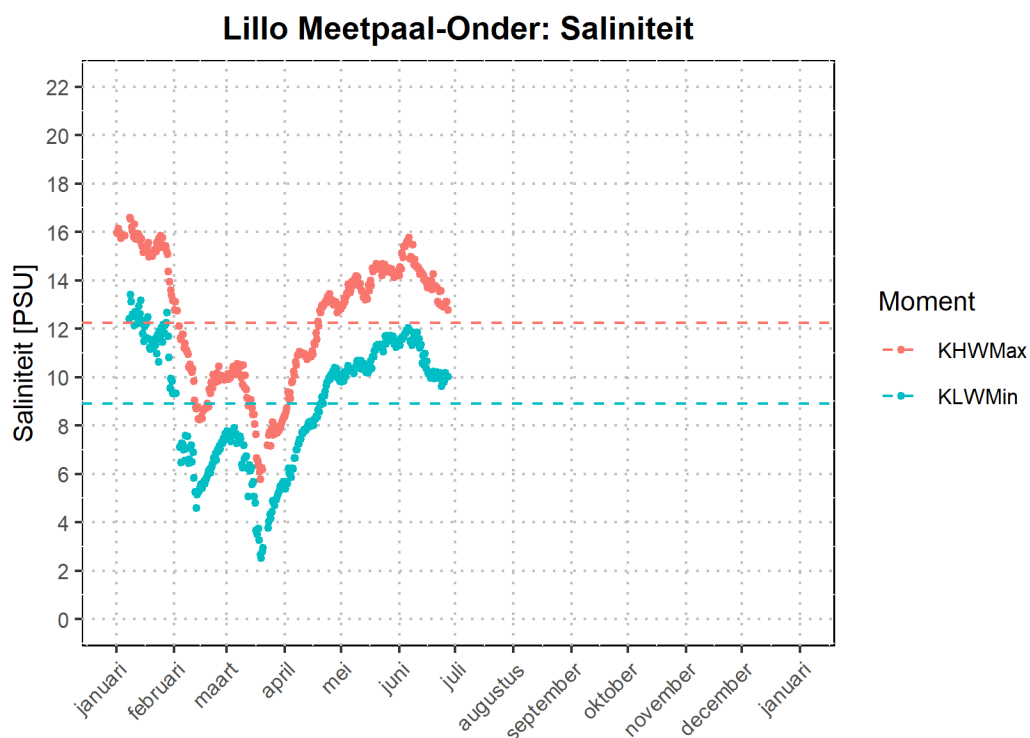
Figuur 60 – Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



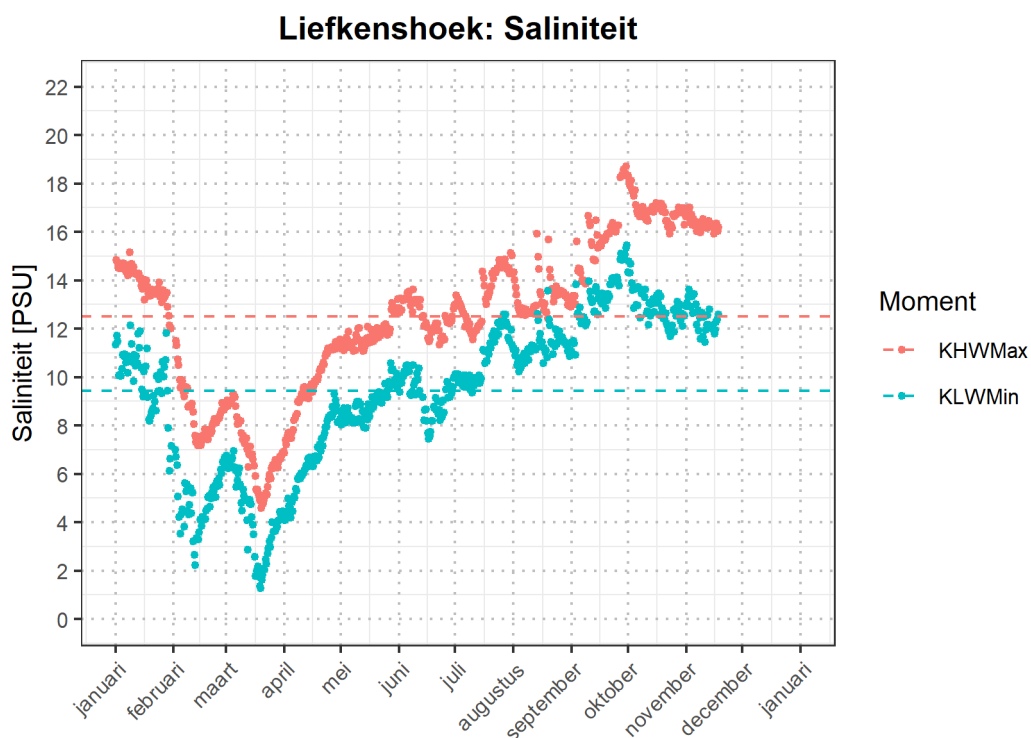
Figuur 61 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



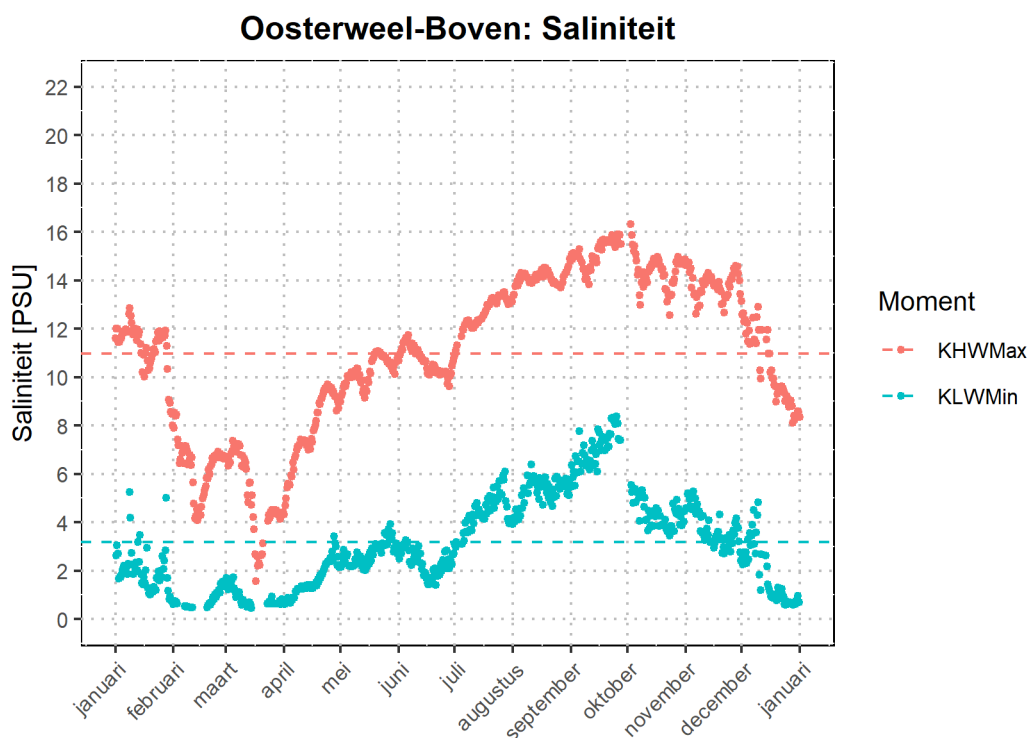
Figuur 62 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



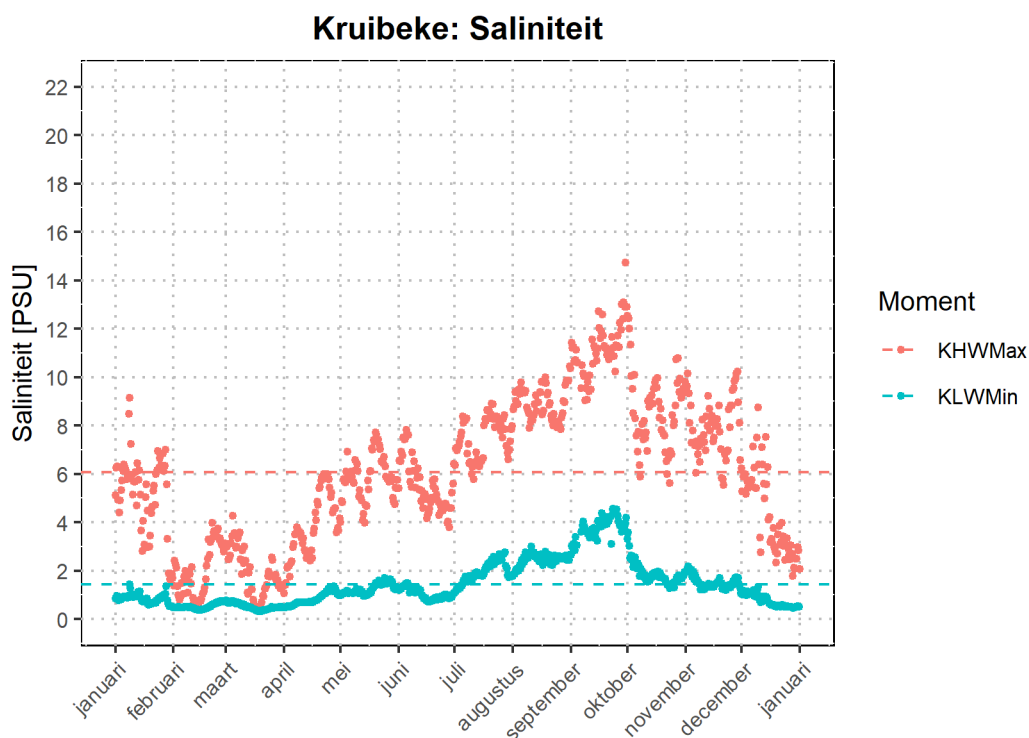
Figuur 63 – Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



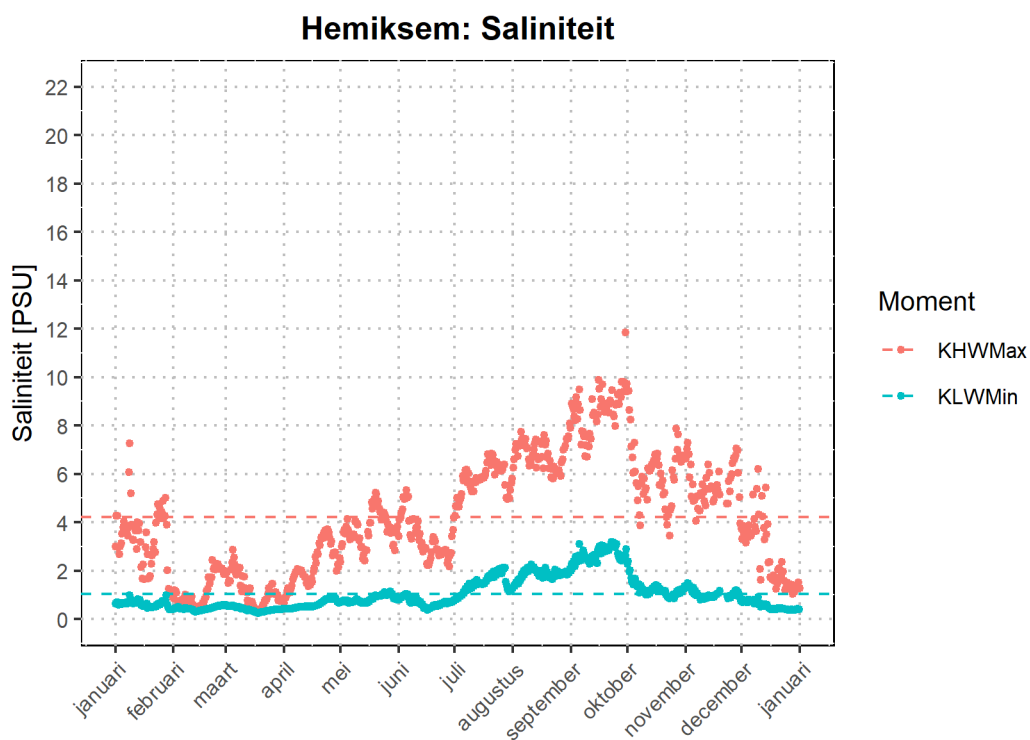
Figuur 64 – Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



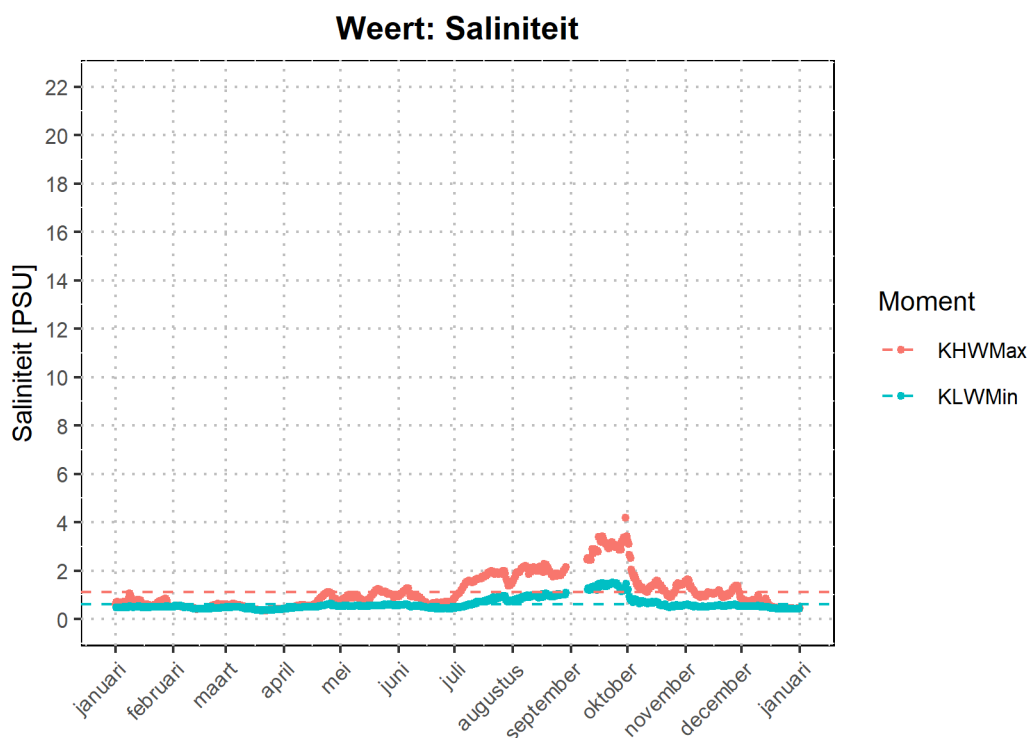
Figuur 65 – Saliniteit bij KHW en KLW te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



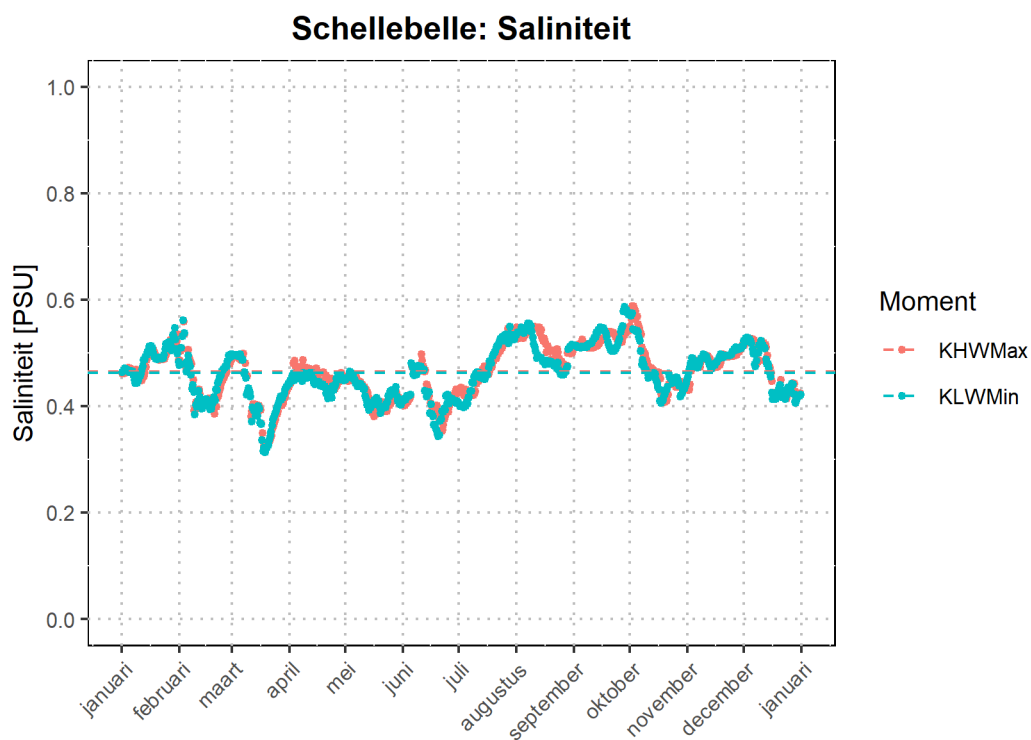
Figuur 66 – Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



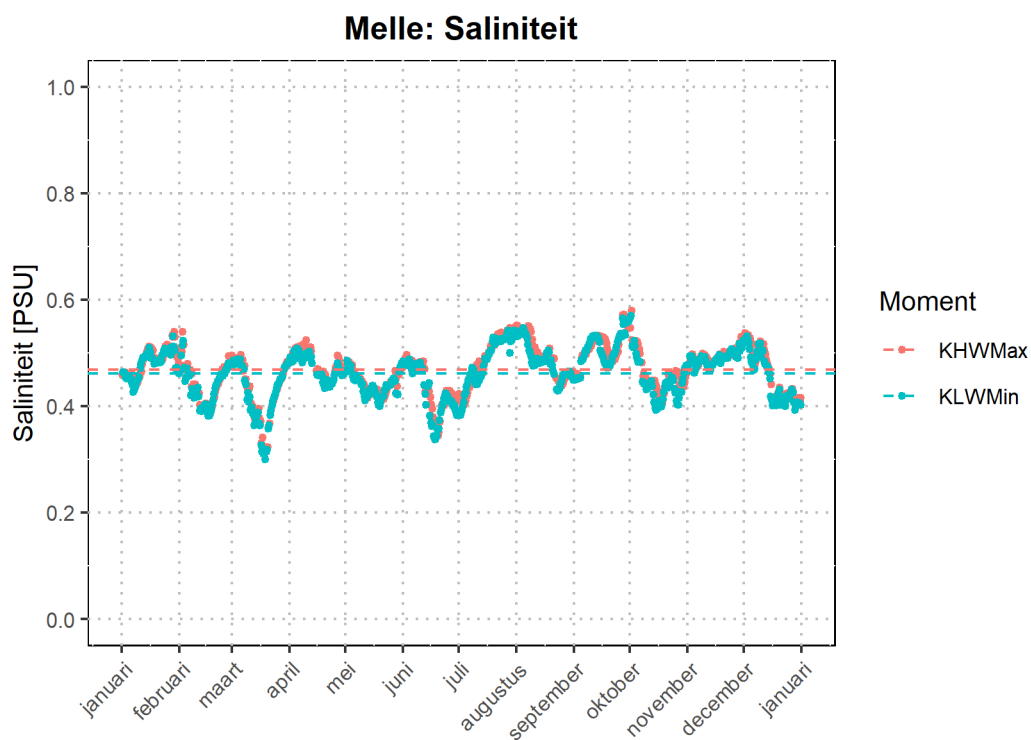
Figuur 67 – Saliniteit bij KHW en KLW te Weert (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



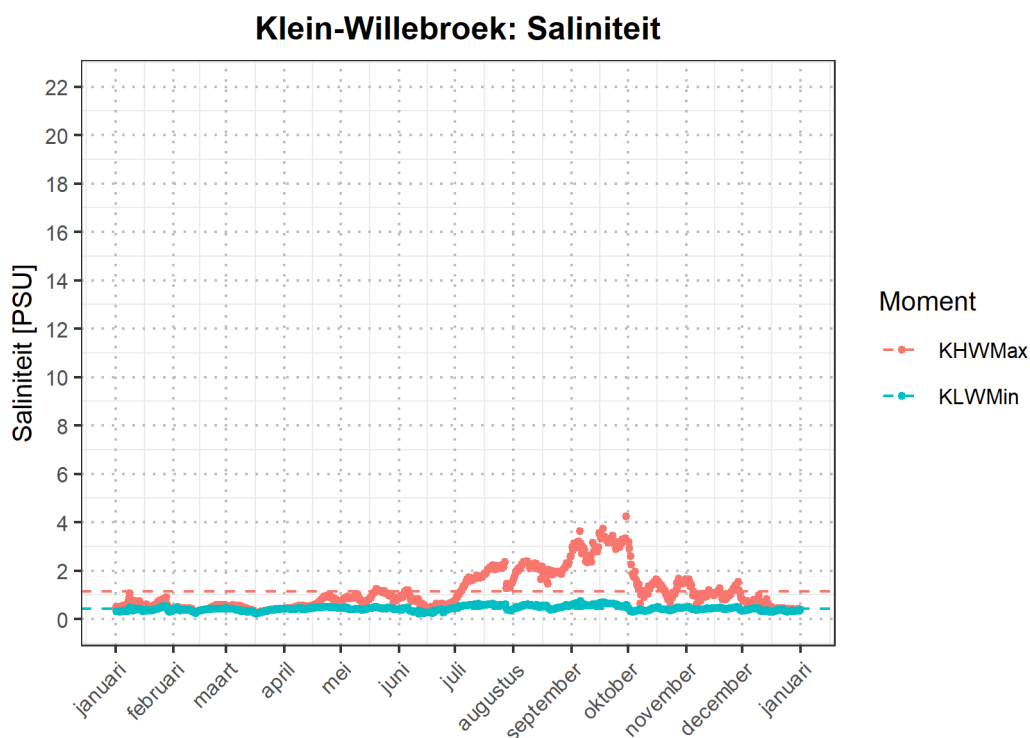
Figuur 68 – Saliniteit bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 69 – Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 70 – Saliniteit bij KHW en KLW te Klein-Willebroek (Rupel)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



4.1.6 Verloop suspensiegehalte (SSC)

Inleiding

De concentratie aan sediment in suspensie (**Suspended Sediment Concentration, SSC**) wordt bepaald aan de hand van bemonstering en labo-analyses en is daarom niet continu beschikbaar. Vaak hanteert men turbiditeit als een proxy voor SSC aangezien deze parameters sterk gecorreleerd zijn. De relatie tussen beide parameters is echter locatie-specifiek en is bovendien ook afhankelijk van andere (mogelijks dynamische) factoren, zoals o.a. de korrelgrootte, vorm, grootte-orde van de concentratie (meervoudige verstrooiing), dichtheid (organisch materiaal vs. minerale fractie) en de kleur van het sediment. Men kan turbiditeit continu meten ("continu" = 5 minuutwaarden) zodat men op deze manier een continue tijdreeks van SSC kan bekomen. Meer uitleg omtrent de kalibratie van de turbiditeit met het suspensiegehalte, kan teruggevonden worden in Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

In dit rapport wordt zowel de hoog- (m.b.v. turbiditeitsmetingen) als laagfrequente staalnames (schipstalen) binnen het getijdegebied besproken. De hoogfrequente metingen worden in onderstaand hoofdstuk besproken. De laagfrequente metingen zijn terug te vinden in §4.2. Voor een indicatie van de sedimentinput aan de randen van het systeem, wordt verwezen naar §4.3.

Hoogfrequent

Zoals vermeld in Tabel 9, wordt de turbiditeit gemeten op 2 verschillende waterdieptes aan de meetpaal te Lillo, terwijl er te Oosterweel, Liefkenshoek-Veer, Kruikeke, Schellebelle, Weert, Melle en Klein-Willebroek op één hoogte gemeten wordt. Nabij Lillo en Oosterweel wordt er gemeten met Aanderaa (Seaguard) toestellen. Sinds januari 2017 registreren deze aan een frequentie van 5 minuten.

De YSI-toestellen, van het type YSI 6920, te Liefkenshoek-Veer, Kruike, Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek meten aan een frequentie van 5 minuten. Deze toesteltypes meten aan een verschillende turbiditeitsseenheid (NTU voor YSI en FTU voor Aanderaa Seaguard). Daarom wordt er per toesteltype een relatie opgesteld tussen turbiditeit en gerelateerde sedimentconcentratie in suspensie (SSC). Tot slot is er ook een verschil qua meetmethode: de YSI registreert één instantane waarde terwijl een Aanderaa de hoogfrequente metingen uitmiddelt tot één waarde per 5 minuten (§4.1.1).

Tot en met 17/01/2018 hing er bovenaan te Lillo een Seaguard500 toestel. Dit toestel heeft een meetbereik tot 500 FTU, waardoor hogere waarden afgetopt worden. Vanaf 22/01/2018 hangen er in Lillo en Oosterweel enkel nog Seaguard2500 toestellen met een meetbereik tot 2500 FTU, wat voldoende hoog is voor deze meetlocaties. Aftopping komt sinds dan niet meer voor.

In onderstaande Figuur 72 tot Figuur 100 wordt het verloop van (1) het minimale suspensiegehalte binnen een getijcyclus optredend rond het moment van kentering HW en kentering LW, (2) het gemiddelde suspensiegehalte bij eb en vloed en (3) het maximale suspensiegehalte bij eb en vloed weergegeven. De respectievelijke boxplots zijn terug te vinden in Figuur 71. Tabel 14 presenteert de samenvatting. Op een aantal locaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie ook Tabel 10). De statistieken zijn dus berekend op een onvolledig jaar. De impact op de berekende statistieken van 2019 is onbekend. Hoe men beslist of een gemiddelde/extreem tijdens KLW, KHW, eb of vloed correct is, staat uitgelegd in §4.1.2. Merk op dat er minder kans is dat een maximum tijdens eb of vloed ontbreekt dan een gemiddelde.

Een onderlinge vergelijking tussen de locaties is niet éénvoudig. De sensoren hangen immers niet allemaal op dezelfde waterdiepte. Zo wordt de turbiditeit ter hoogte van Schellebelle en Kruike gemeten nabij het wateroppervlak, terwijl de sensor te Melle zich beduidend dieper bevindt (Tabel 9). Theoretisch volgt het SSC een Rouse profiel, waarbij de SSC gehalten toenemen naar de bodem toe. Men kan verwachten dat de diepte van de sensor een invloed heeft op de opgemeten SSC gehalten.

Men kan het volgende vaststellen:

1. Bij meetpaal Lillo wordt er gemiddeld tijdens KHW een lagere SSC geregistreerd dan tijdens KLW, en is de SSC tijdens eb hoger dan tijdens vloed (Figuur 71, Figuur 72, Figuur 73, Figuur 82 en Figuur 83). Zowel tijdens de kenteringsmomenten als tijdens eb/vloed geeft de onderste sensor te Lillo-Meetpaal hogere waarden. Voor KLW is dit over het algemeen een factor 1-1.5 hoger, tijdens KHW is deze factor groter (Figuur 74). Begin juni en eind augustus is de SSC van de bovenste sensor tijdelijk hoger (dit valt samen met periodes van verhoogde bovenafvoer, zie Figuur 22). De analyse over eb en vloed geeft gelijkaardige resultaten. Over het algemeen is de verhouding in SSC (O/B) iets hoger tijdens eb dan tijdens vloed (Figuur 84).
2. Het hoogste suspensiegehalte wordt vrijwel steeds waargenomen nabij Melle, Weert en Oosterweel. In Melle is dat onder meer te wijten aan de diepere positie van de sensor waar er meer sediment is. De meetlocatie Oosterweel is gesitueerd tegenover de belangrijkste stortlocatie voor het terugstorten van slibrijke specie, wat een impact heeft op het suspensiegehalte. Weert tenslotte is gelegen aan de afwaartse rand van het turbiditeitsmaximum tussen Temse en Dendermonde, en bijgevolg worden er hogere sedimentconcentraties waargenomen.
3. Op de **meetlocaties te Lillo** (Figuur 72, Figuur 73, Figuur 82, Figuur 83, Figuur 92 en Figuur 93) is het suspensiegehalte tijdens eb hoger dan tijdens vloed, terwijl te **Oosterweel** (Figuur 76, Figuur 86 en Figuur 95) het suspensiegehalte tijdens eb lager is dan tijdens vloed. Voor Oosterweel zijn ook de minima tijdens KLW lager dan tijdens KHW.
4. **Liefkenshoek-Veer** (Figuur 75, Figuur 85 en Figuur 94) wordt gekenmerkt door lagere SSC waarden dan de nabijgelegen locaties Lillo en Oosterweel. Dit komt omdat de sensor vlottend geïnstalleerd is en zo enkel het suspensiegehalte nabij de oppervlakte meet. Verder vertonen de metingen tijdens eb, vloed, KLW en KHW een zeer gelijklopend patroon. De belangrijkste verhoging wordt waargenomen in december. Deze en overige verhoogde concentraties zijn ook zichtbaar nabij Lillo, Oosterweel en

Kruike. Zowel stortingen als een verhoogde bovenafvoer (Figuur 20) kunnen hier een rol spelen. Merk op hoe de kalibratiecurve van Liefkenshoek-Veer gebaseerd is op één kalibratiecampagne met een hoog *intercept* tot gevolg (Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC), wat de zogenaamde hoge achtergrondconcentratie verklaart. Mogelijk wijzigt dit beeld wanneer er bijkomende kalibratiecampagnes tijdens perioden met hogere turbiditeit beschikbaar zijn.

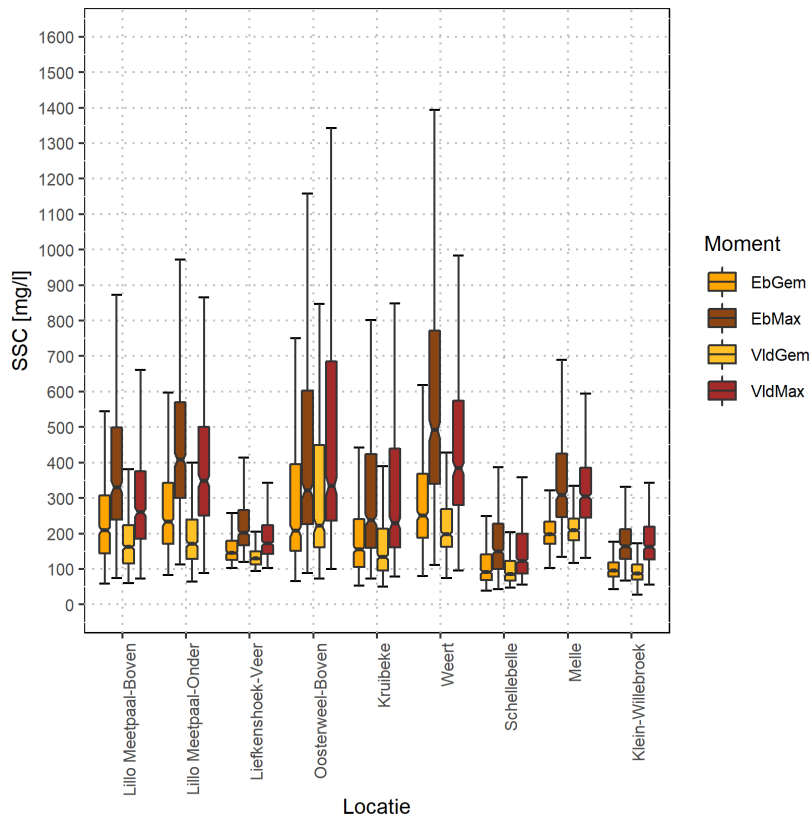
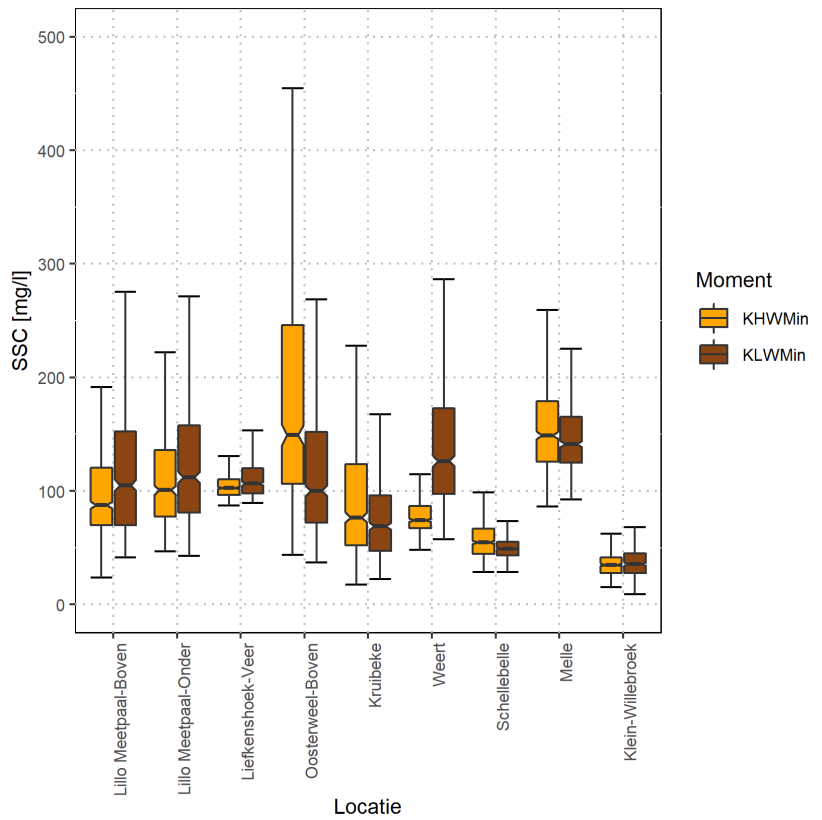
5. Het suspensiegehalte nabij **Kruike** (Figuur 77, Figuur 87 en Figuur 96) vertoont een gelijkaardig patroon als de stroomafwaarts gelegen meetlocaties. De meetsensor te Kruike is vlottend geïnstalleerd, net als nabij Liefkenshoek-Veer wat een vergelijking toelaat – in tegenstelling tot de meetopstelling nabij Oosterweel of Lillo. Kruike wordt over het algemeen gekenmerkt door een sterkere variabiliteit en hogere maximumconcentraties dan Liefkenshoek-Veer. De hogere sedimentconcentraties zijn geassocieerd met periodes van verhoogde bovenafvoer (Figuur 20), en de meer opwaartse positie van Kruike (en dus meer invloed bovenafvoer) geeft dus een mogelijke verklaring.
6. De meettoestellen nabij **Weert** (Figuur 78, Figuur 88 en Figuur 97) en **Schellebelle** (Figuur 79, Figuur 89 en Figuur 98) zijn ook vlottend geïnstalleerd, maar vertonen een ander patroon dan de meer afwaarts gelegen posten. Beide meetlocaties kenden tijdens de zomer en het najaar verhoogde suspensiegehalten dicht bij het oppervlakte (0,7m diepte). Het suspensiegehalte ligt hoger bij eb en K LW dan bij resp. vloed en K HW. Het suspensiegehalte nabij Weert is hoger dan nabij Schellebelle.
7. Het meettoestel te **Melle** (Figuur 80, Figuur 90 en Figuur 99) bevindt zich nabij de bodem. Het signaal vertoont in februari - maart een verhoogd suspensiegehalte (voornamelijk zichtbaar in de maxima en/of minima). Deze periode werd gekenmerkt door een verhoogde bovenstroomse afvoer. Zeker vanuit de Bovenschelde was er een piekdebiet (Figuur 20).
8. De meetsensor te **Klein-Willebroek** (Figuur 81, Figuur 91 en Figuur 100) is vlottend geïnstalleerd. De metingen vertonen echter veel onderbrekingen, waardoor het niet mogelijk is een algemeen patroon te onderscheiden. Het is wel duidelijk dat deze meetpost gekenmerkt wordt door lagere fluctuaties en piekconcentraties dan bijvoorbeeld Weert (\pm zelfde afstand tot monding maar langsheen Boven-Zeeschelde). Het verschil in bovenafvoerregime tussen Rupel en Boven-Zeeschelde (vastgelegd in Melle) en de ontwikkeling van het turbiditeitsmaximum in Boven-Zeeschelde spelen hierin een rol.

Tabel 14 – Overzicht statistieken suspensiegehalte [mg/l] voor minimum bij K LW en K HW, voor gemiddelde en voor maximale bij eb en vloed, gemeten op locaties met getijdewerking (2019). (Indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

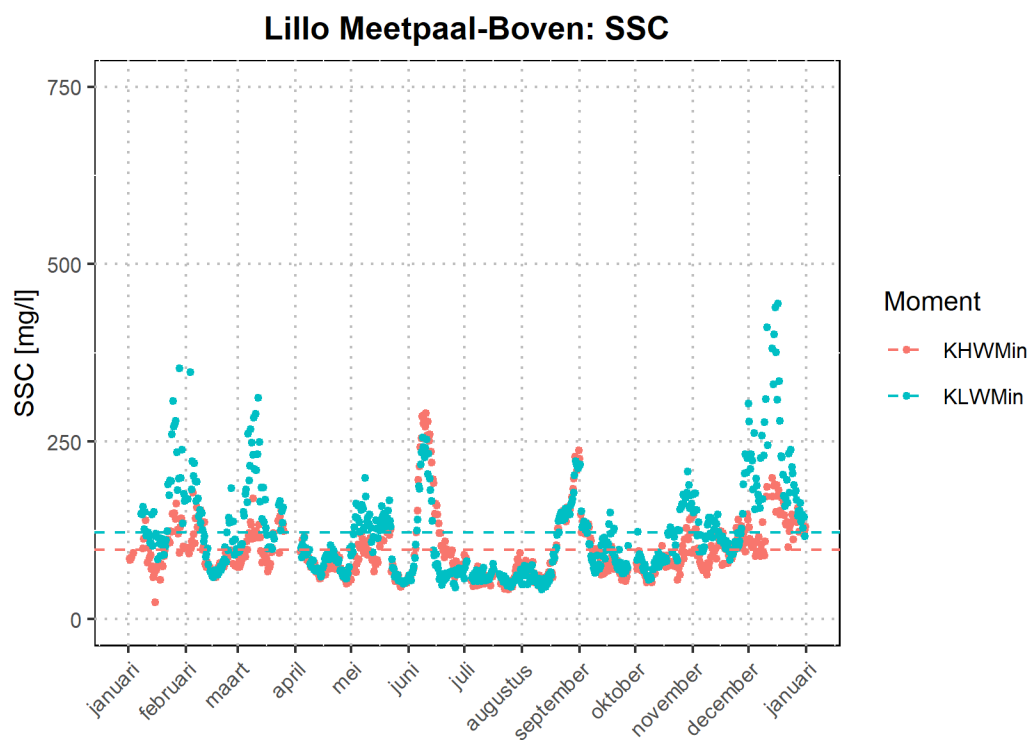
Meetlocatie	Min	Gemiddelde	Max	STDEV	Min	Gemiddelde	Max	STDEV
	Minimale SSC (mg/L) bij K LW				Minimale SSC (mg/L) bij K HW			
Lillo Boven	41,2	121,8	444,2	65,8	23,7	98	289,7	42,2
Lillo Onder	42,8	130,4	459	68,3	46,6	110	319,2	42,6
<i>Liefkenshoek - Veer</i>	<i>89,4</i>	<i>112,2</i>	<i>263,5</i>	<i>21,3</i>	<i>87,3</i>	<i>106,1</i>	<i>177,6</i>	<i>13,9</i>
Oosterweel Boven	37	123,7	636,1	72,4	43,7	205,5	848,7	136,7
Kruike	22,5	76,2	207,5	36,4	17,5	95,3	419,7	59,7
<i>Weert</i>	<i>57,3</i>	<i>143,3</i>	<i>424,4</i>	<i>36,7</i>	<i>48,1</i>	<i>78,2</i>	<i>136,8</i>	<i>16,4</i>
Schellebelle	28,7	50,4	113,9	10,7	28,4	58	144,2	18,3
Melle	92,6	157,9	578,9	63,3	86,1	159,5	453,6	48,7

<i>Klein - Willebroek</i>	<u>9,2</u>	<u>37,7</u>	<u>103</u>	<u>13,5</u>	<u>15,4</u>	<u>37,1</u>	<u>74,8</u>	<u>12,9</u>
	Gemiddelde SSC (mg/L) bij eb				Gemiddelde SSC (mg/L) bij vloed			
Lillo Boven	58,7	233,3	709,5	115,6	60,4	178,1	454,5	80,9
<i>Lillo Onder</i>	<u>82,6</u>	<u>262,8</u>	<u>697,1</u>	<u>121,7</u>	<u>64,3</u>	<u>190,3</u>	<u>521,7</u>	<u>83,1</u>
<i>Liefkenshoek - Veer</i>	<u>103,1</u>	<u>158,1</u>	<u>396,2</u>	<u>48</u>	<u>94,9</u>	<u>137,9</u>	<u>359</u>	<u>36,7</u>
Oosterweel Boven	66,3	278,6	888,4	170,5	73,4	301,9	994,6	191,2
Kruikeke	52,7	178,8	559,9	94,1	50,5	160,5	640,4	86,6
<i>Weert</i>	<u>79,5</u>	<u>284,4</u>	<u>656,2</u>	<u>125,7</u>	<u>74,8</u>	<u>223,7</u>	<u>555,3</u>	<u>88,1</u>
Schellebelle	39	107,9	295	49,1	47,6	99,1	242,8	40,1
<i>Melle</i>	<u>102,1</u>	<u>212,9</u>	<u>647,9</u>	<u>72,1</u>	<u>116,9</u>	<u>221,9</u>	<u>834,4</u>	<u>74,1</u>
<i>Klein - Willebroek</i>	<u>43,3</u>	<u>101,7</u>	<u>196,7</u>	<u>31,3</u>	<u>27,5</u>	<u>94</u>	<u>206,9</u>	<u>35,4</u>
	Maximale SSC (mg/L) bij eb				Maximale SSC (mg/L) bij vloed			
Lillo Boven	74	381,5	1141,9	196,7	72,9	295	974,6	148,5
<i>Lillo Onder</i>	<u>112,2</u>	<u>448,1</u>	<u>1454,9</u>	<u>198,1</u>	<u>89,2</u>	<u>393,8</u>	<u>1365,5</u>	<u>190,1</u>
<i>Liefkenshoek - Veer</i>	<u>119,7</u>	<u>225,6</u>	<u>644,5</u>	<u>84,8</u>	<u>102,9</u>	<u>193,3</u>	<u>535,3</u>	<u>72,1</u>
Oosterweel Boven	87,9	425,8	1362,7	267	100,6	457,8	1342,1	291,4
Kruikeke	73,4	299,9	1067,2	177,3	78,1	305,4	1104	188,1
<i>Weert</i>	<u>111,9</u>	<u>580</u>	<u>1621,9</u>	<u>305,1</u>	<u>95,5</u>	<u>436,2</u>	<u>1143,6</u>	<u>207,4</u>
Schellebelle	42,8	169,2	480,3	82,7	56,4	151,5	450,9	77,9
<i>Melle</i>	<u>134,5</u>	<u>386,6</u>	<u>2834,3</u>	<u>257,6</u>	<u>130,9</u>	<u>359,8</u>	<u>2504,6</u>	<u>229</u>
<i>Klein - Willebroek</i>	<u>67,4</u>	<u>177,5</u>	<u>738,2</u>	<u>71,1</u>	<u>55,3</u>	<u>175,7</u>	<u>365,5</u>	<u>66,1</u>

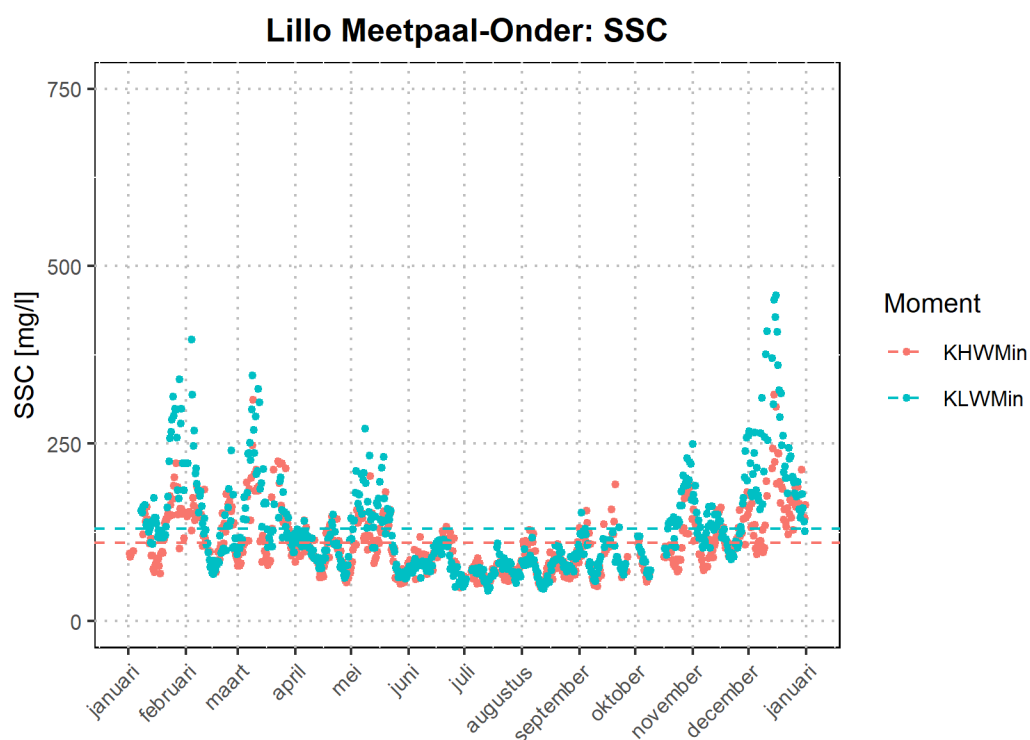
Figuur 71 – Boxplot voor SSC (mg/l): minimum bij KHW en KLW (**BOVEN**) en maximaal en gemiddelde bij eb enloed (**ONDER**).
 Een aantal andere meetposten vertonen mogelijk een vertekend beeld door ontbrekende waarden (zie Tabel 14).



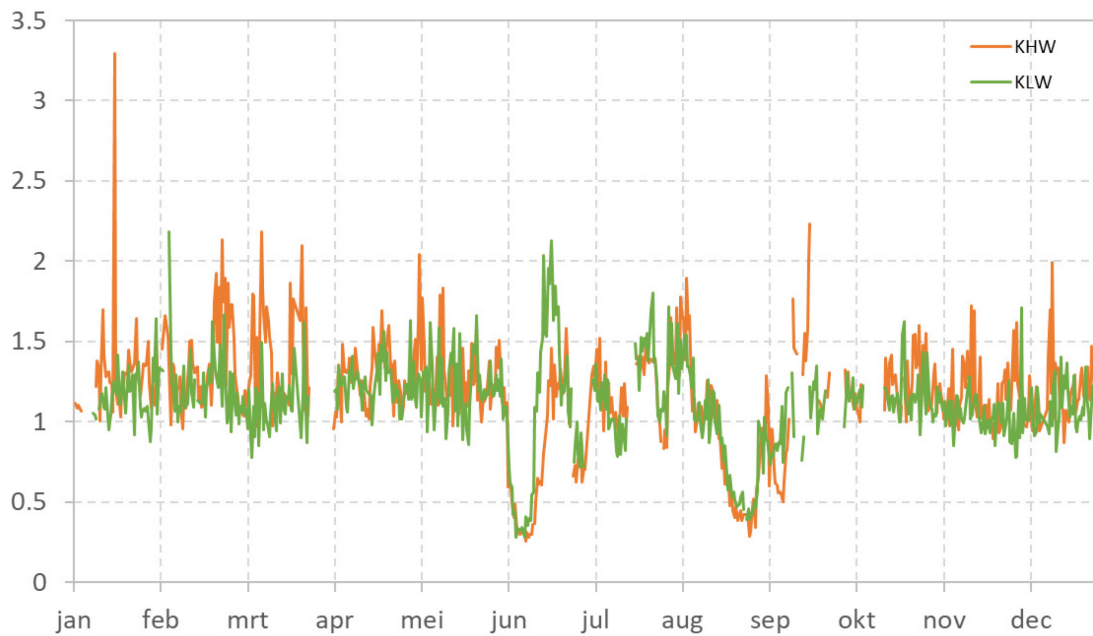
Figuur 72 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Boven (SG500) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



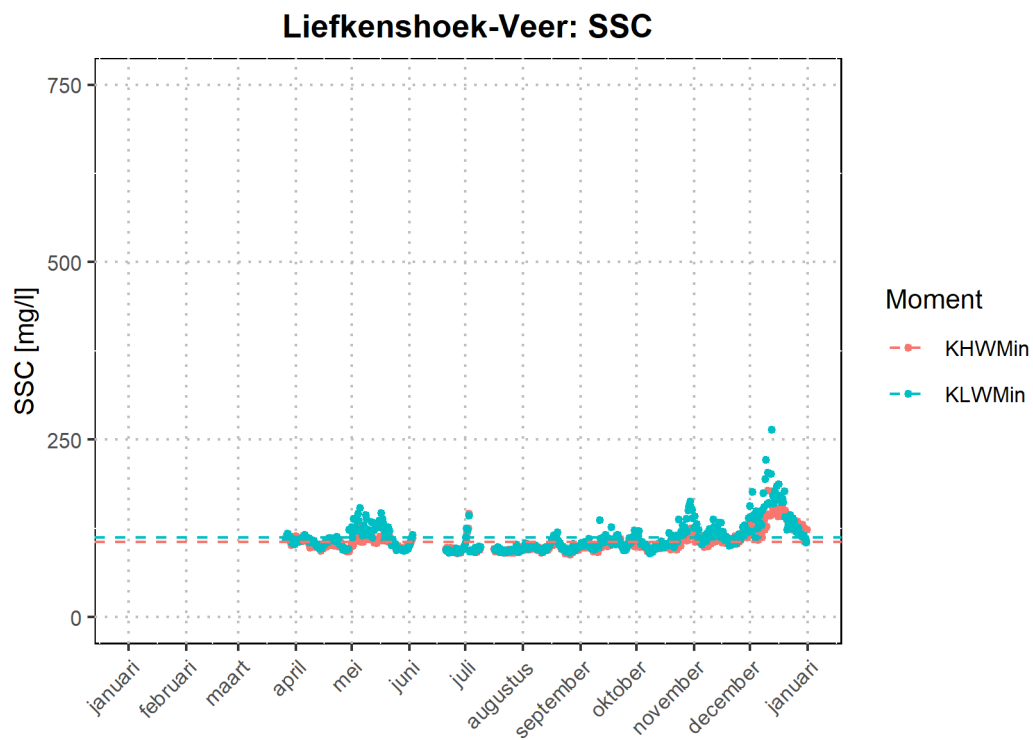
Figuur 73 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Onder (SG2500) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



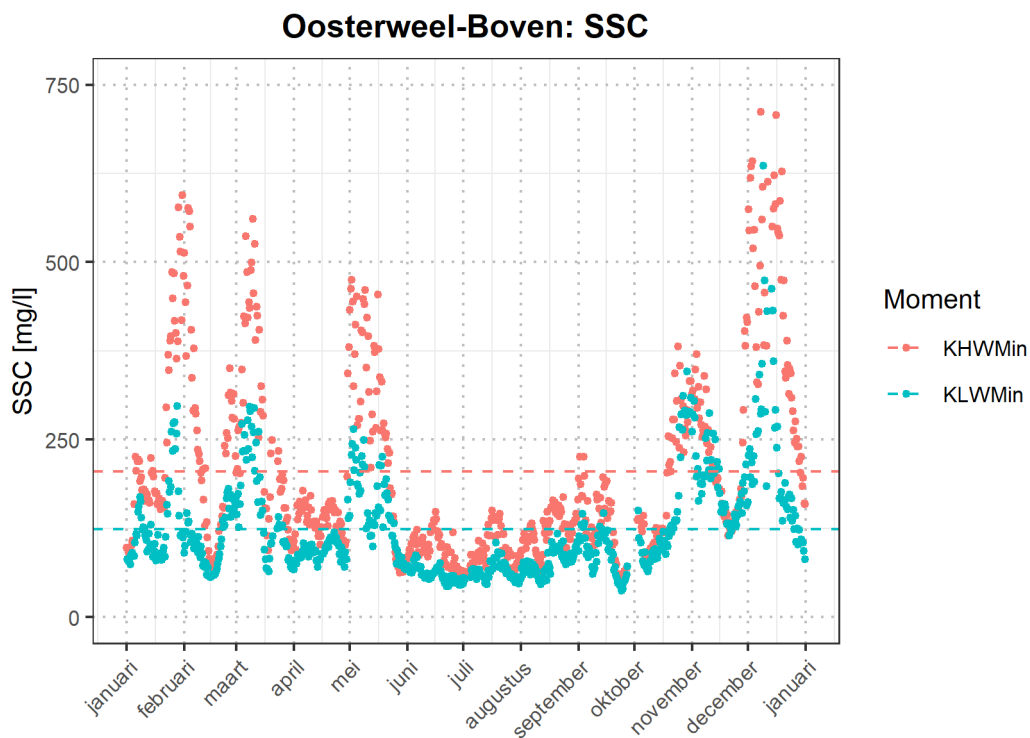
Figuur 74 – Verhouding SSC van onderste en bovenste sensor (O/B) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo.



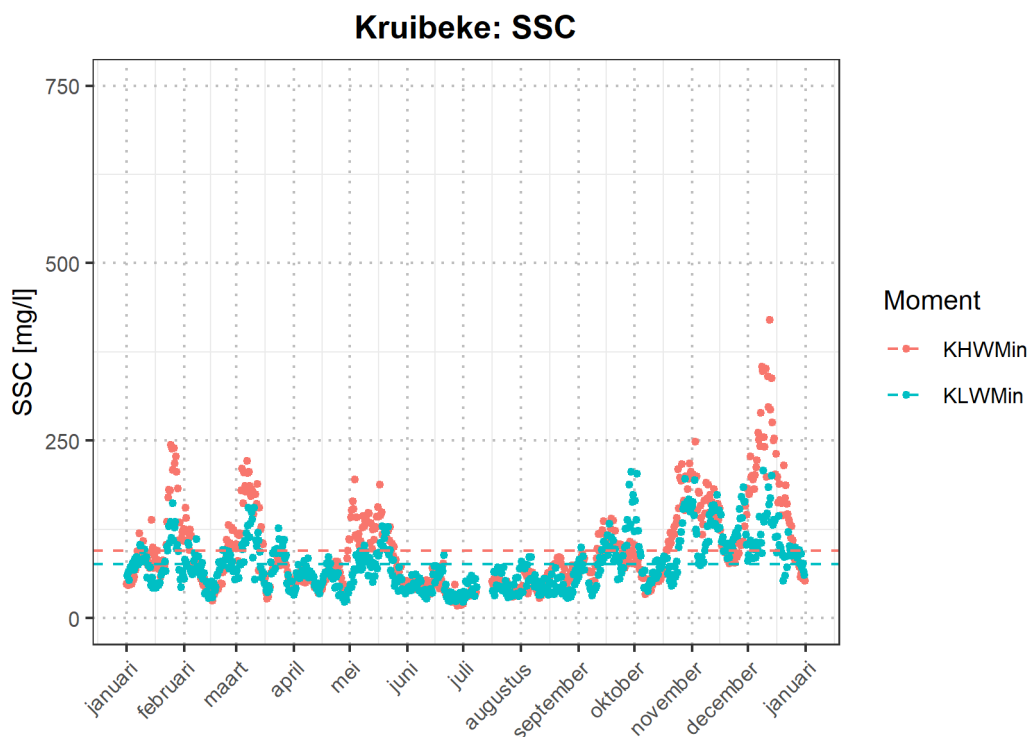
Figuur 75 – SSC bij KLW en KHW te Liefkenshoek - Veer – met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



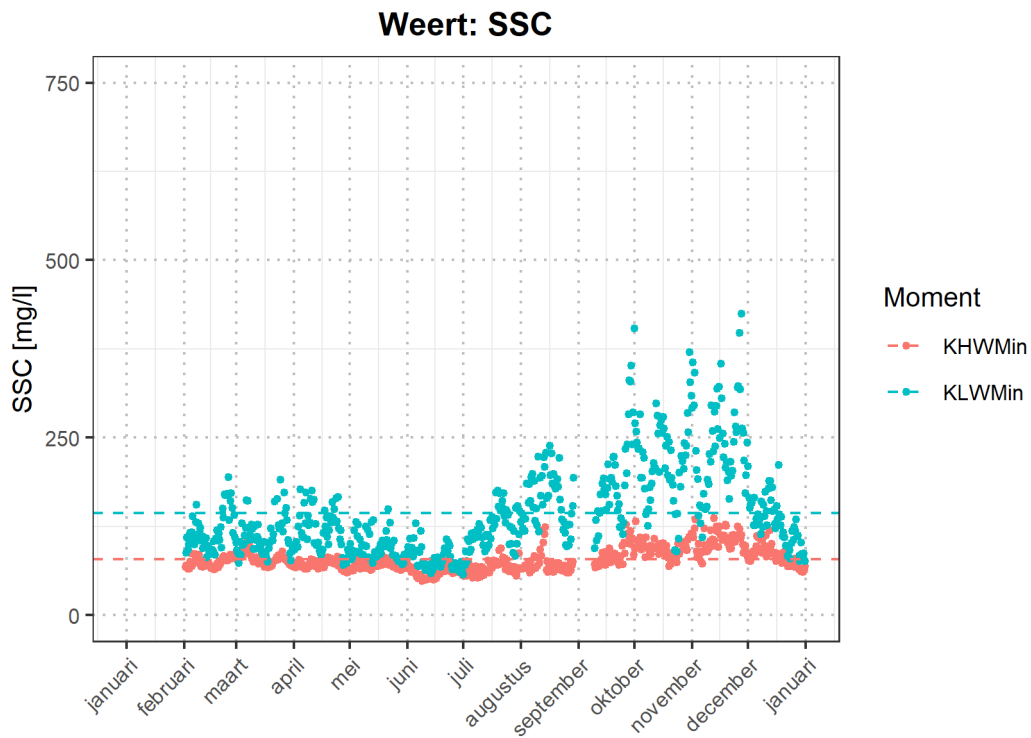
Figuur 76 – SSC bij KLW en KHW te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



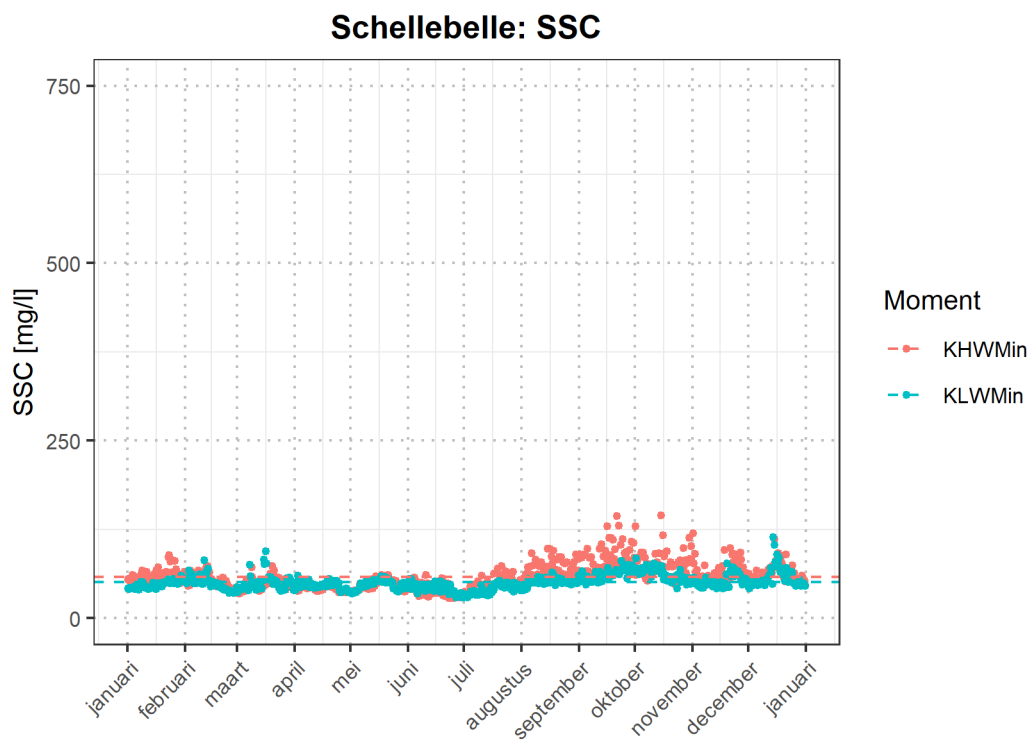
Figuur 77 – SSC bij KLW en KHW te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



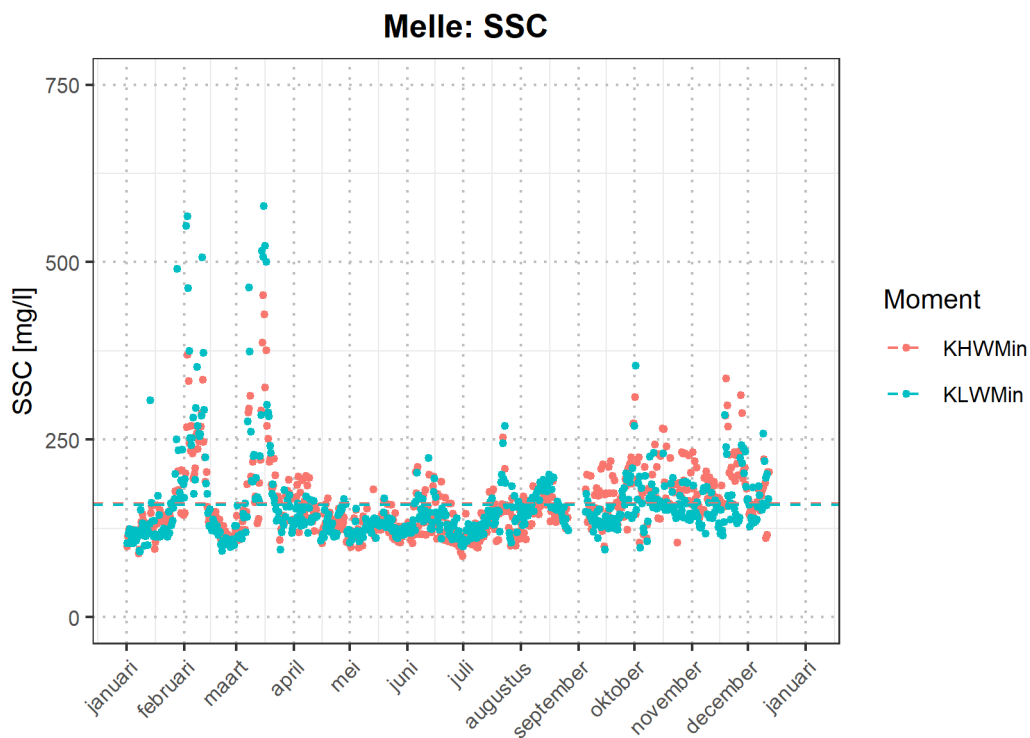
Figuur 78 – SSC bij KLW en KHW te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



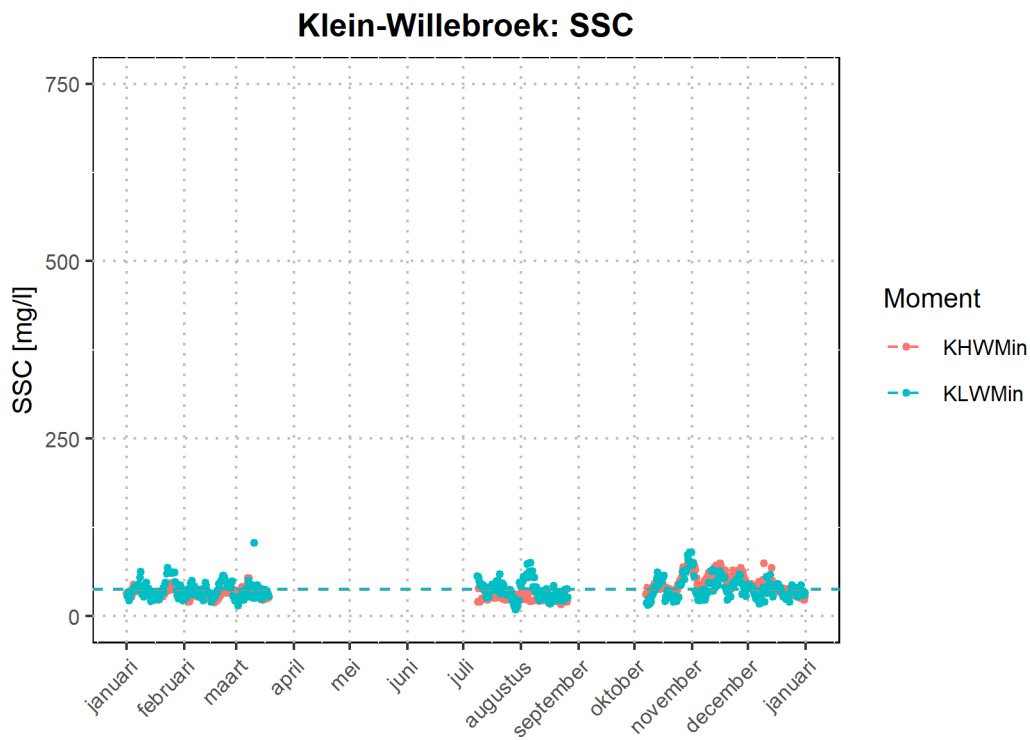
Figuur 79 – SSC bij KLW en KHW te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



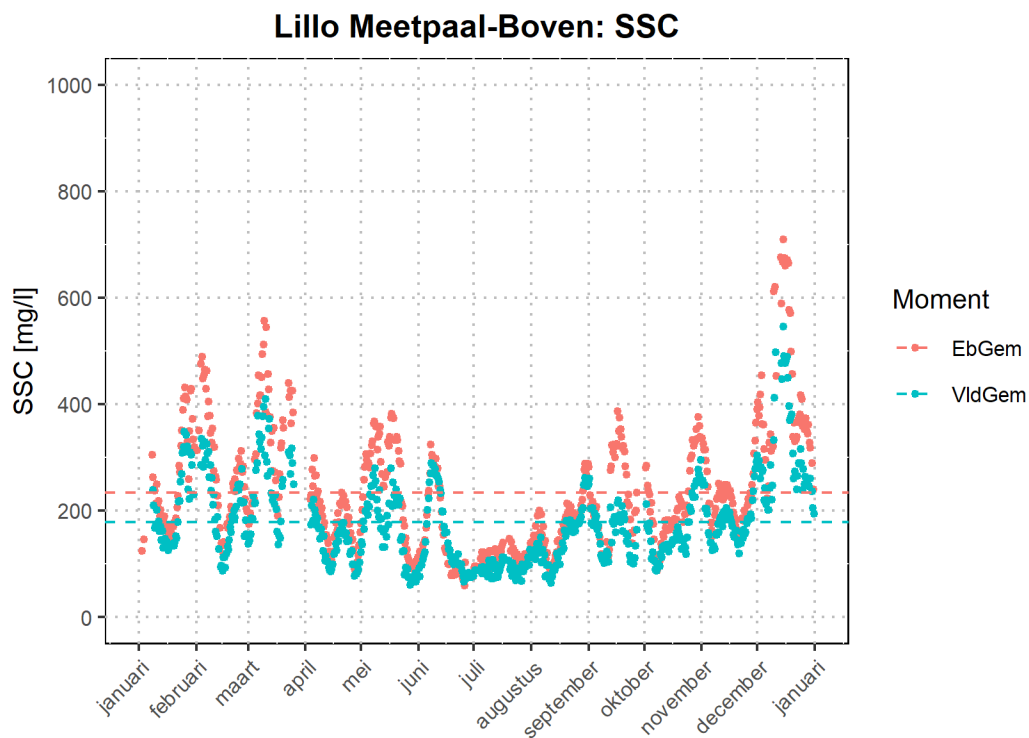
Figuur 80 – SSC bij KLW en KHW te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



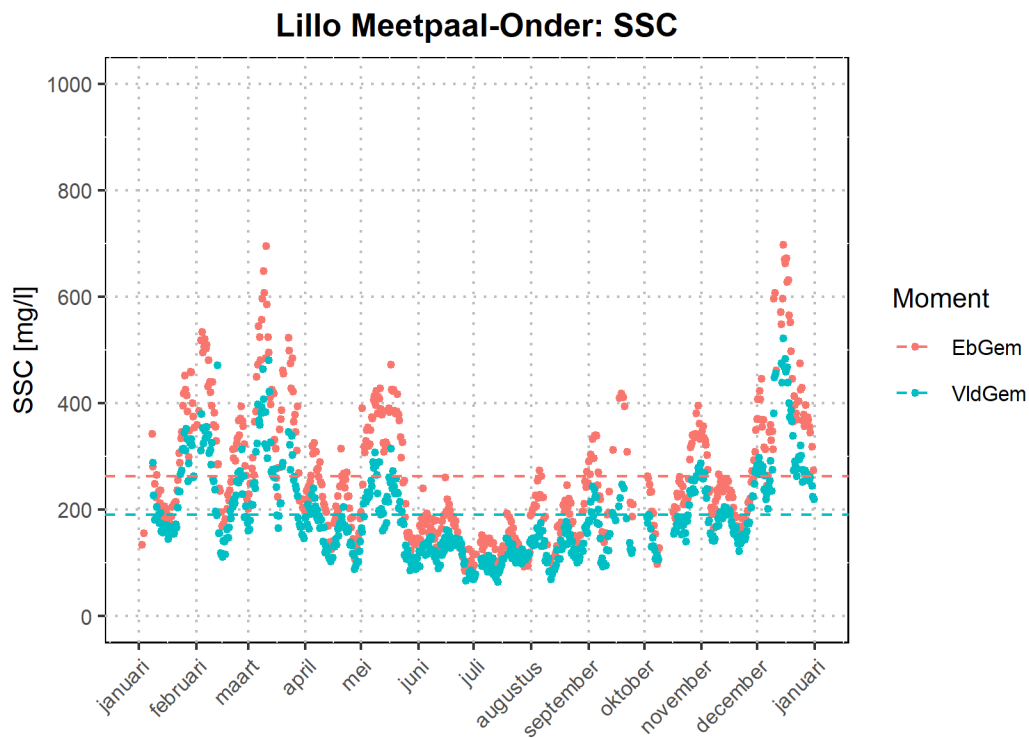
Figuur 81 – SSC bij KLW en KHW te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



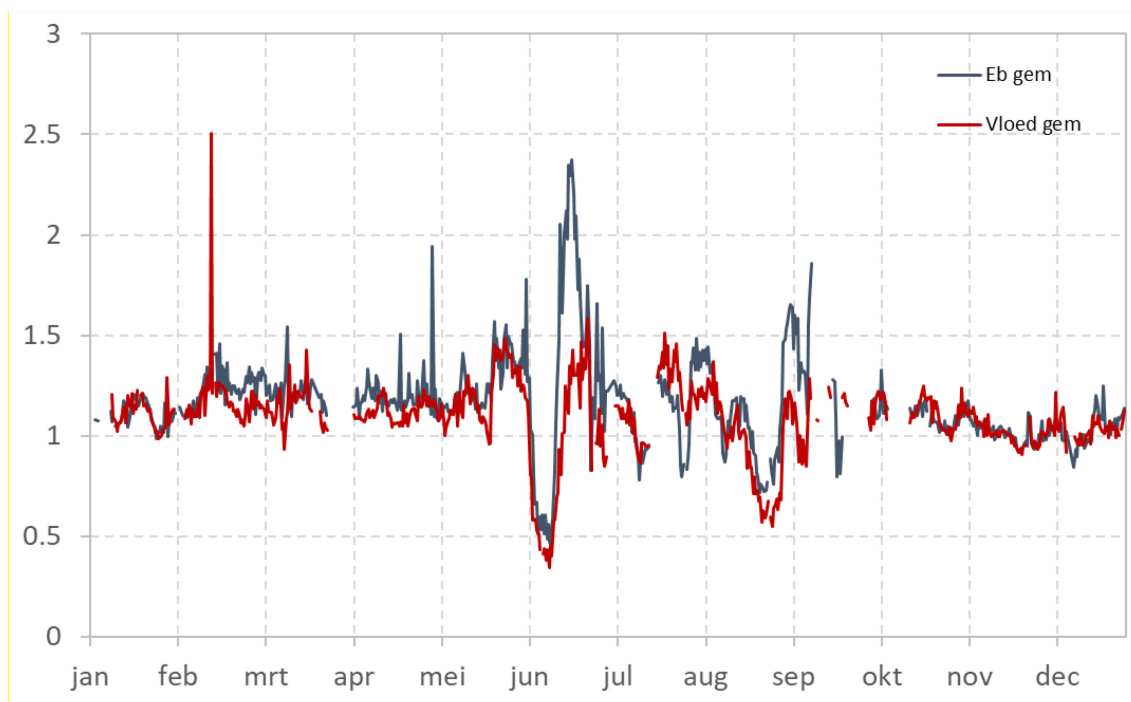
Figuur 82 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



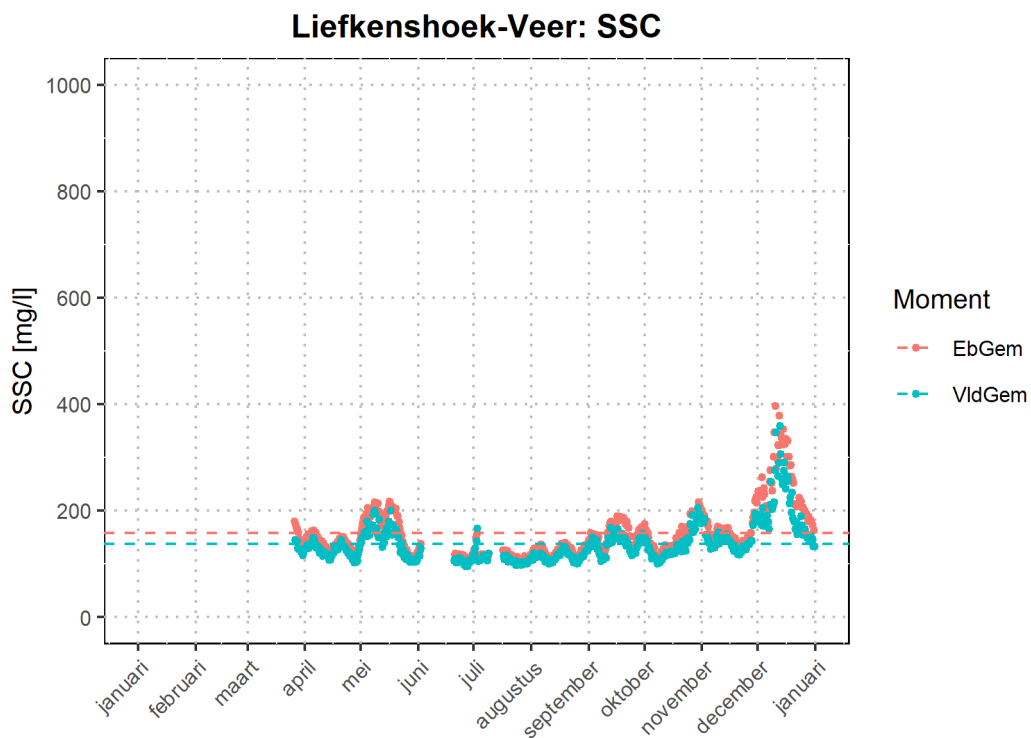
Figuur 83 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



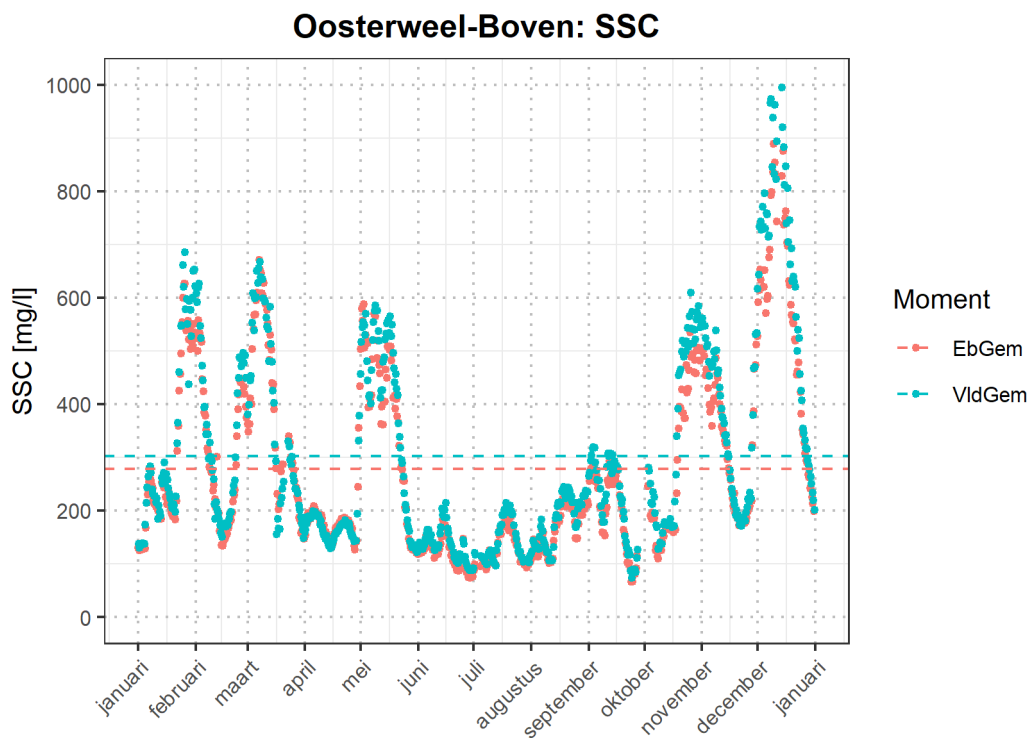
Figuur 84 – Verhouding SSC van onderste en bovenste sensor (O/B) bij eb en vloed te Meetpaal Lillo.



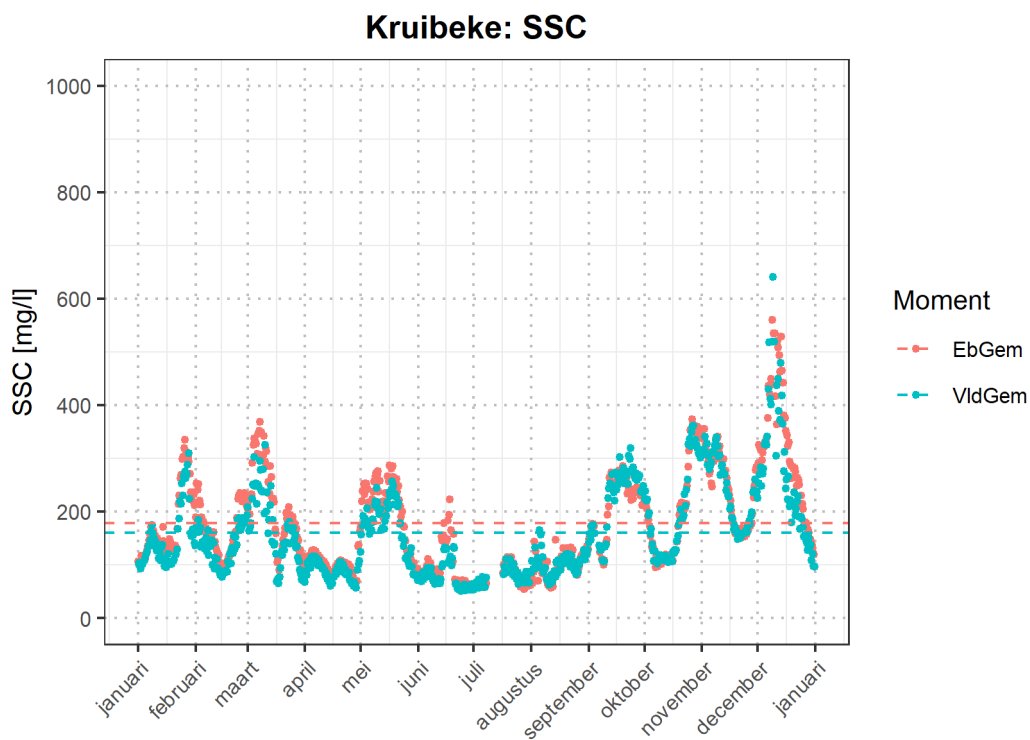
Figuur 85 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Liefkenshoek - Veer met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



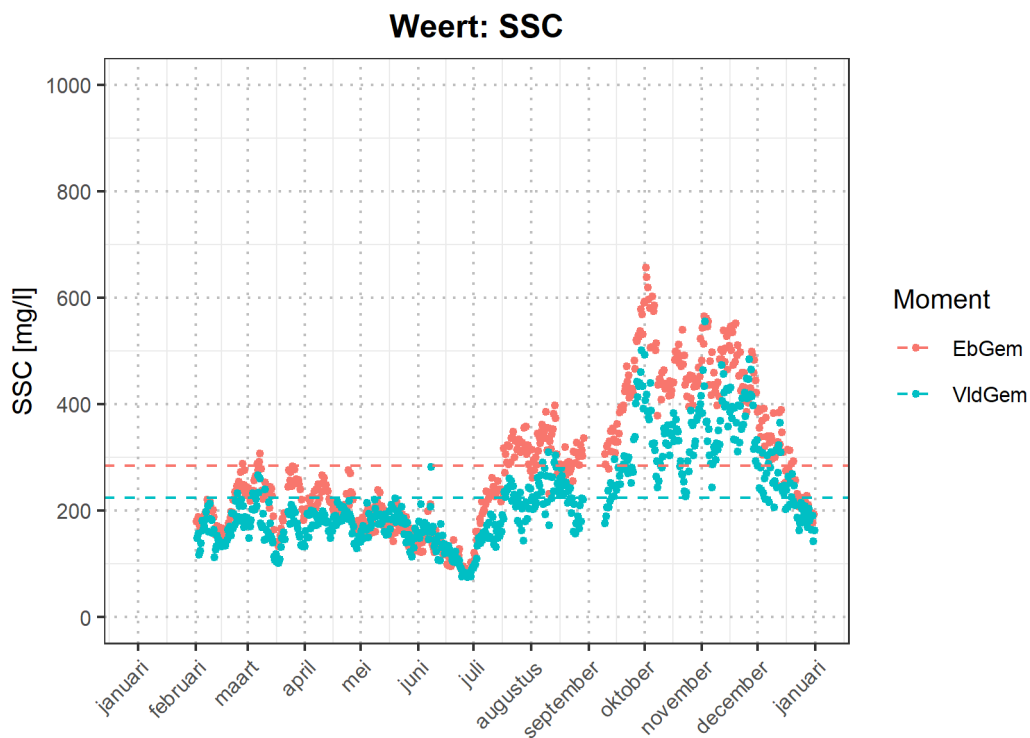
Figuur 86 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



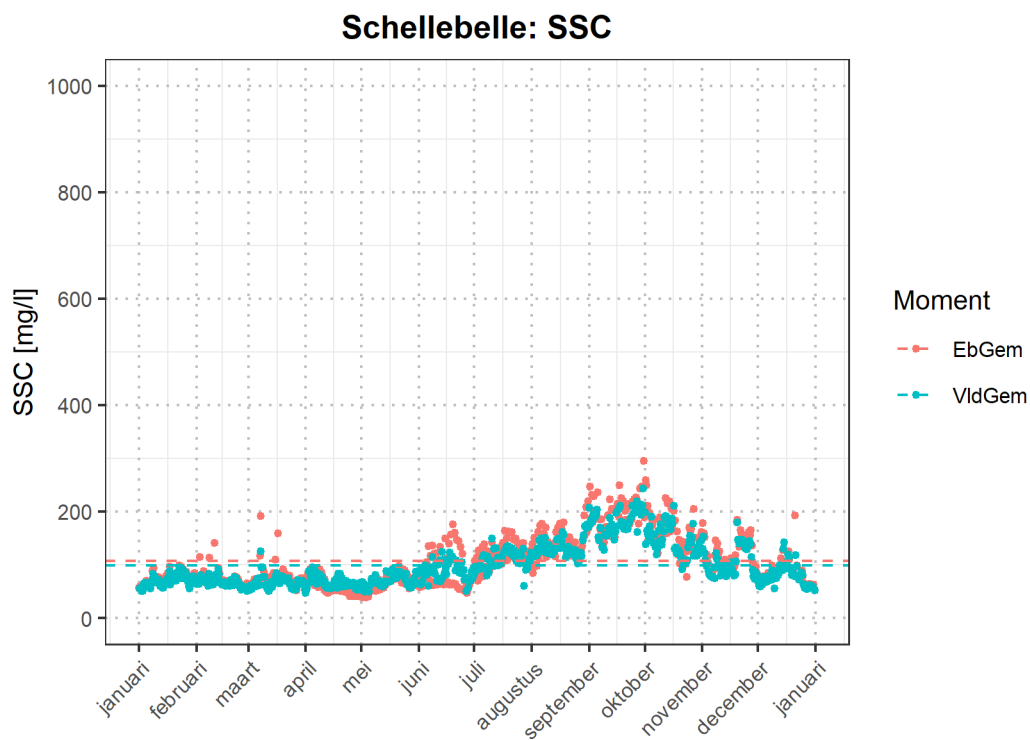
Figuur 87 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



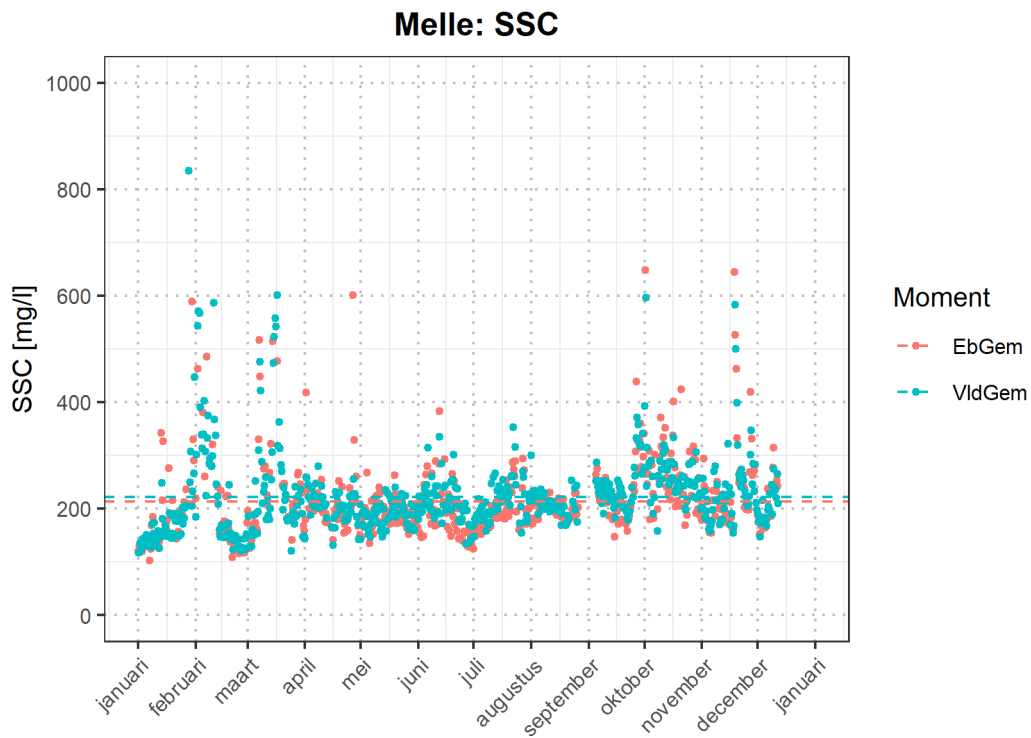
Figuur 88 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



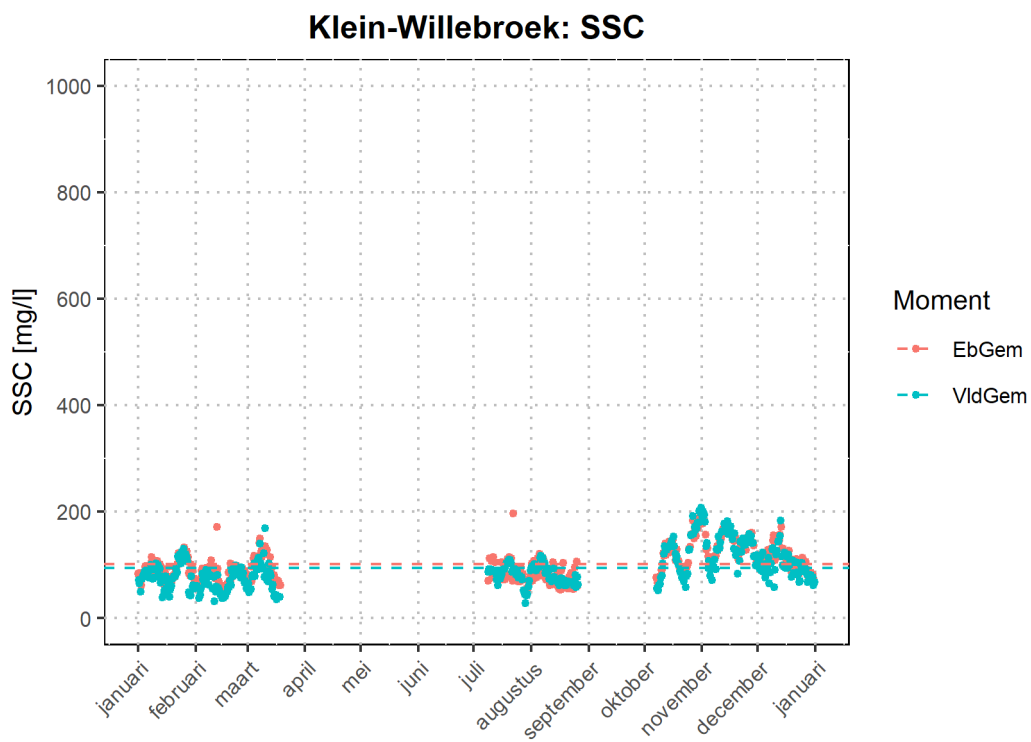
Figuur 89 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



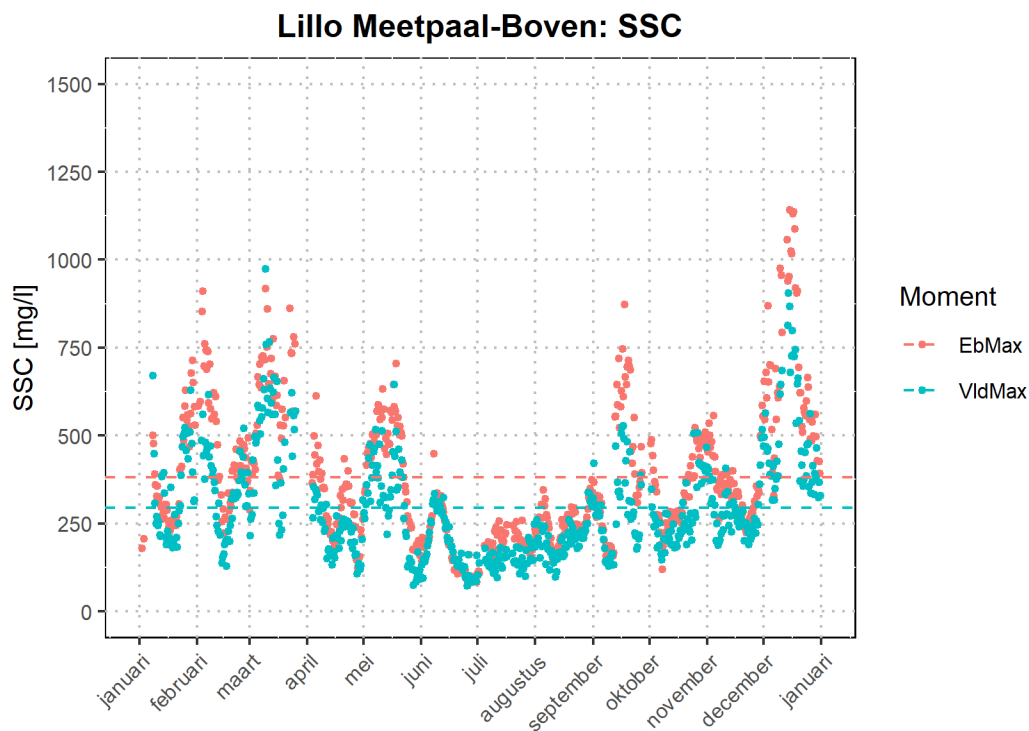
Figuur 90 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



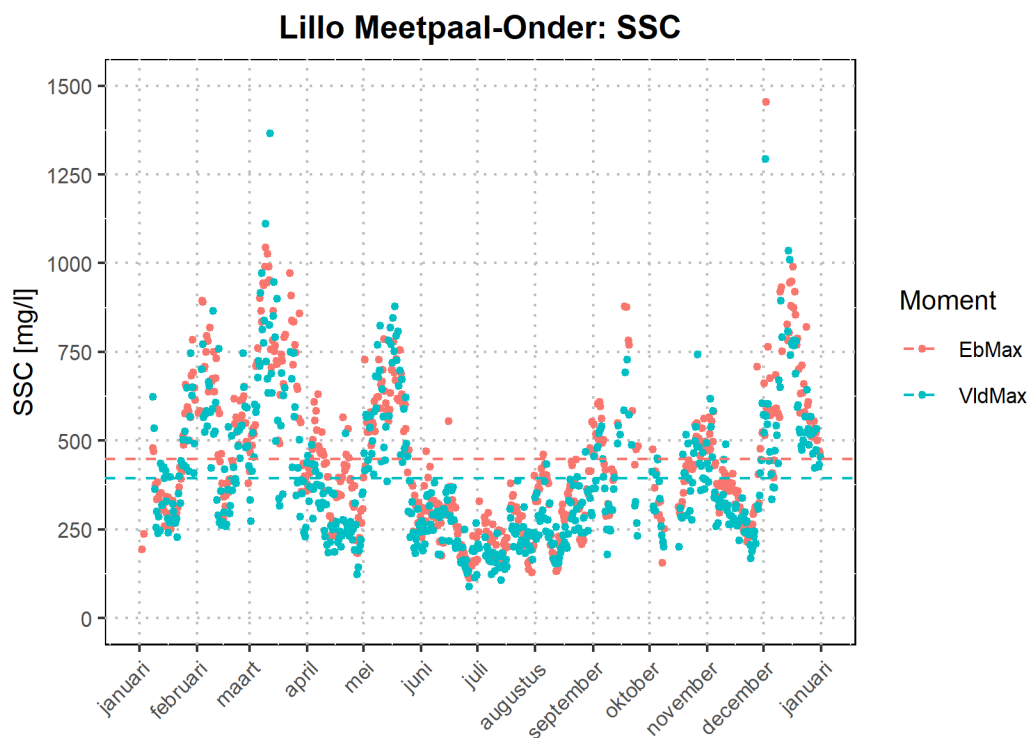
Figuur 91 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



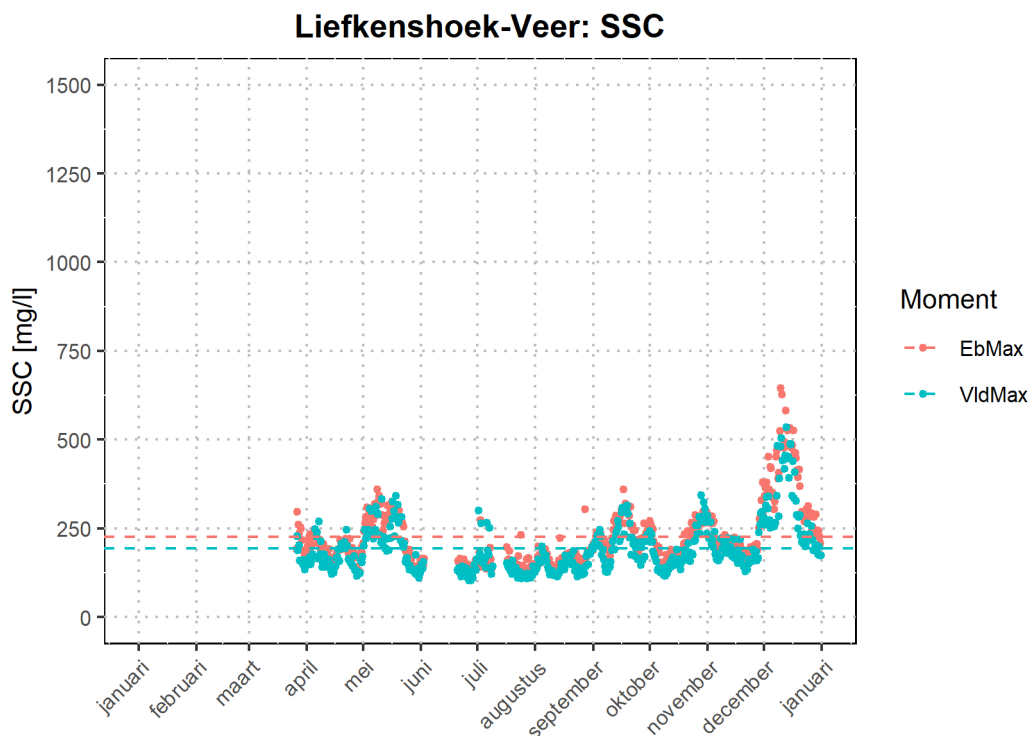
Figuur 92 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).



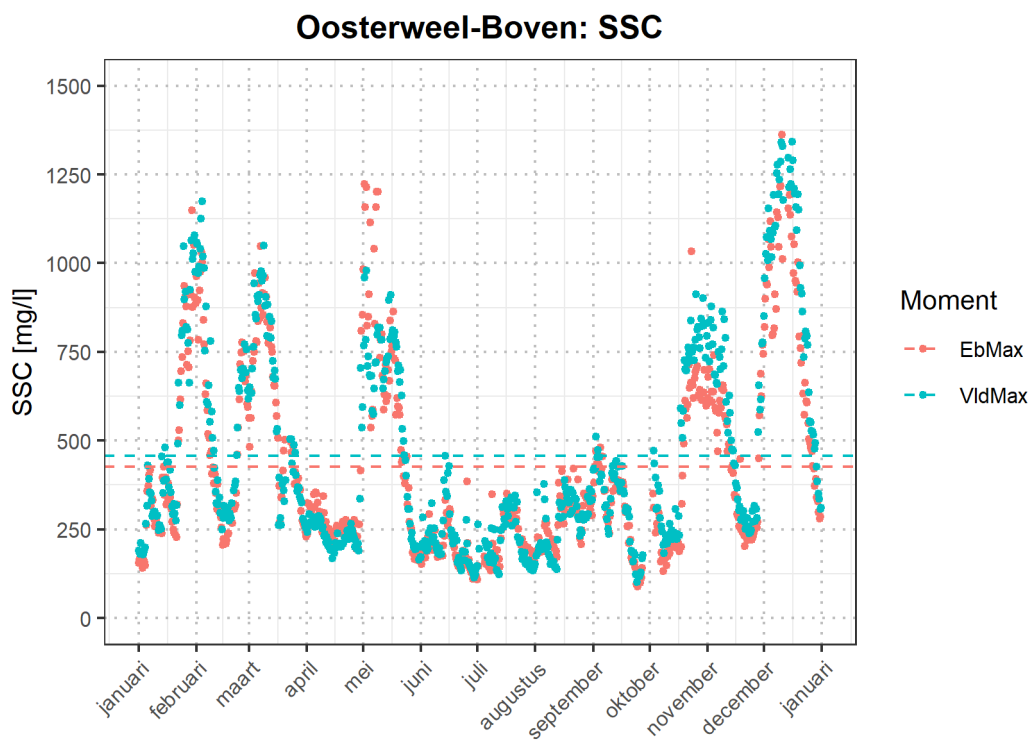
Figuur 93 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



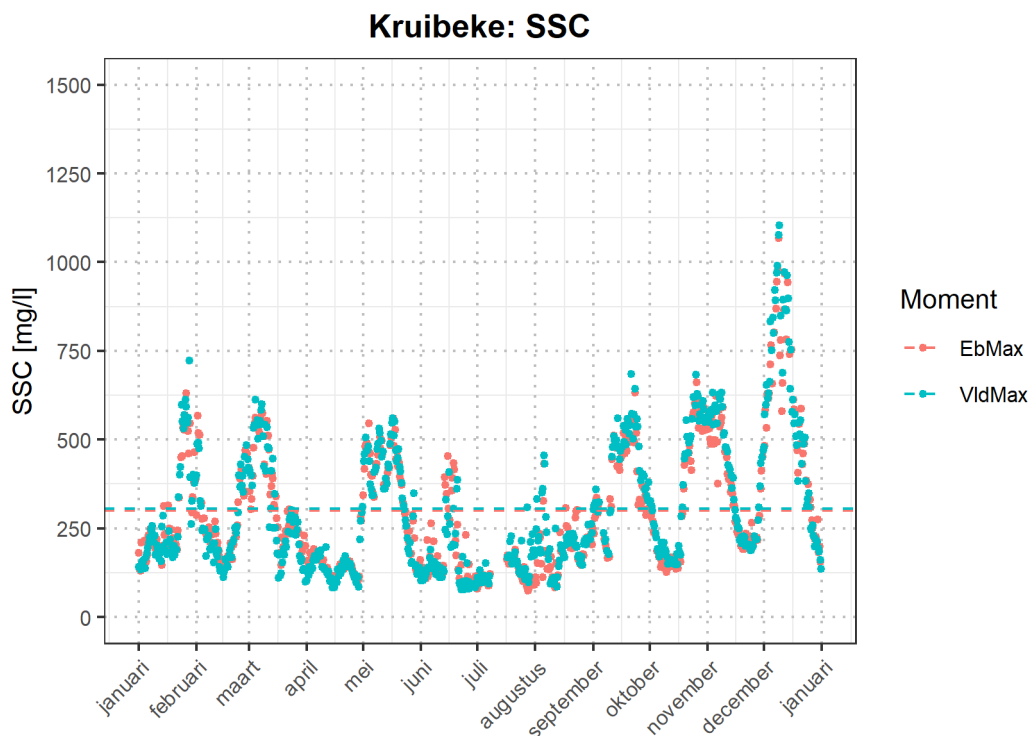
Figuur 94 – Maximale SSC bij eb en vloed te Liefkenshoek - Veer met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



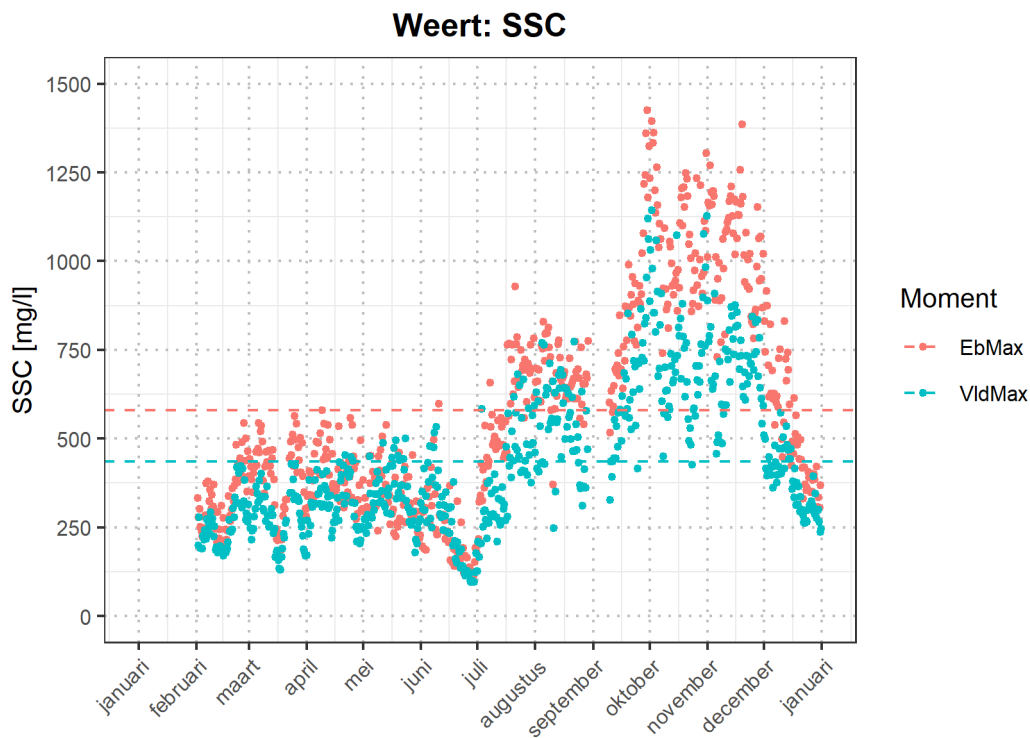
Figuur 95 – Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



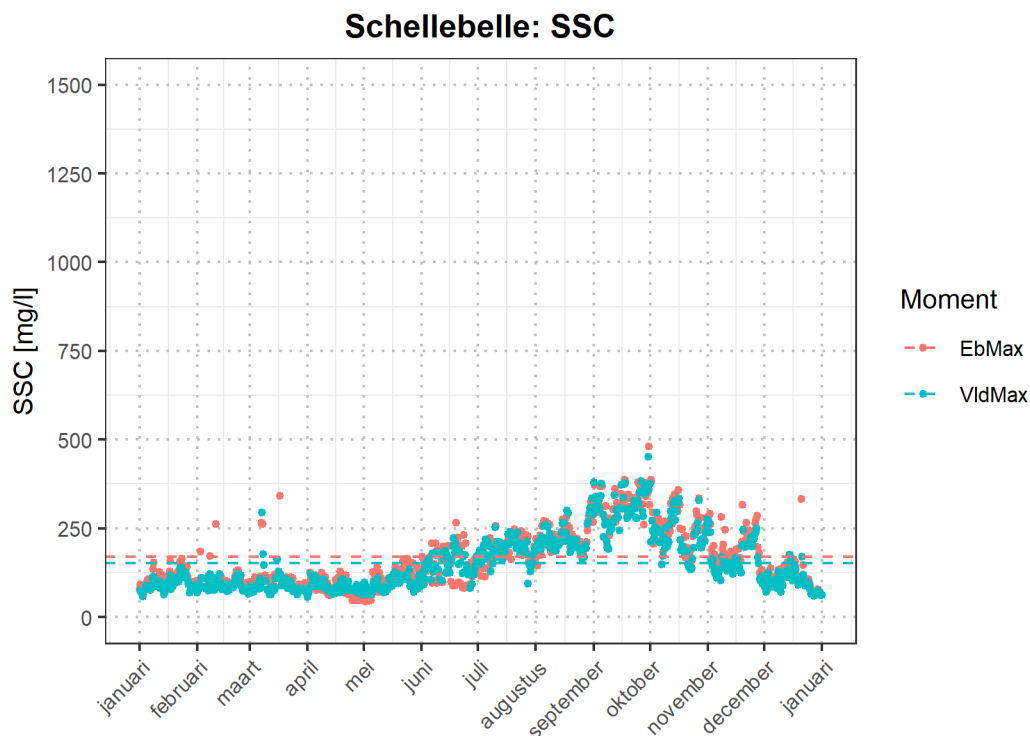
Figuur 96 – Maximale SSC bij eb en vloed te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



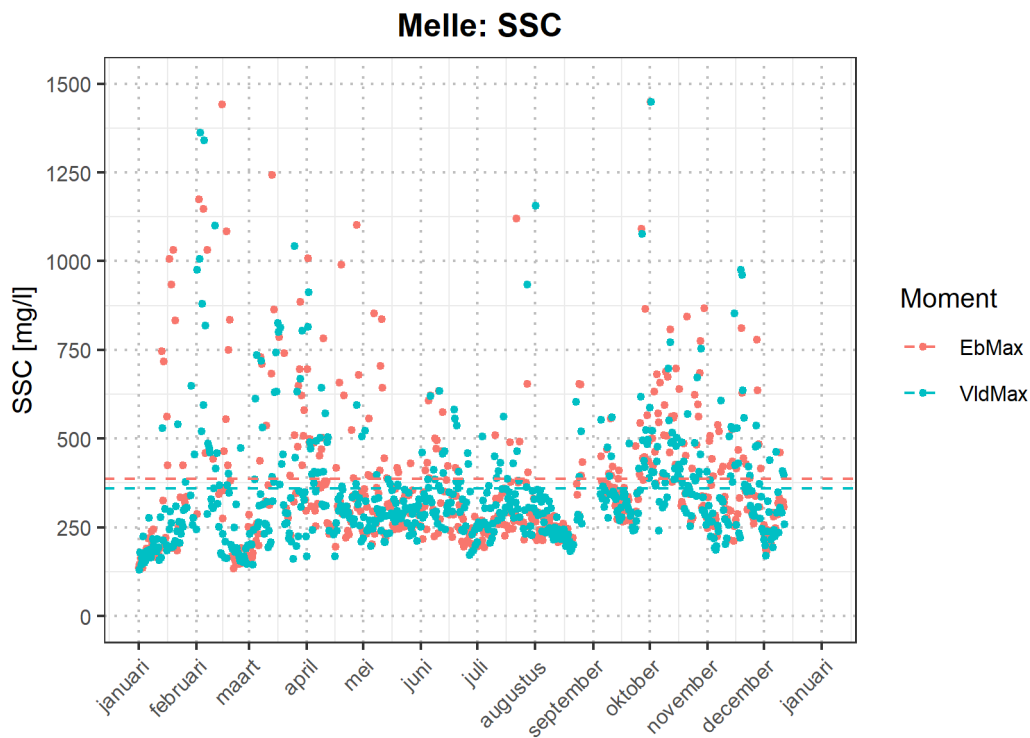
Figuur 97– Maximale SSC bij eb en vloed te Weert met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



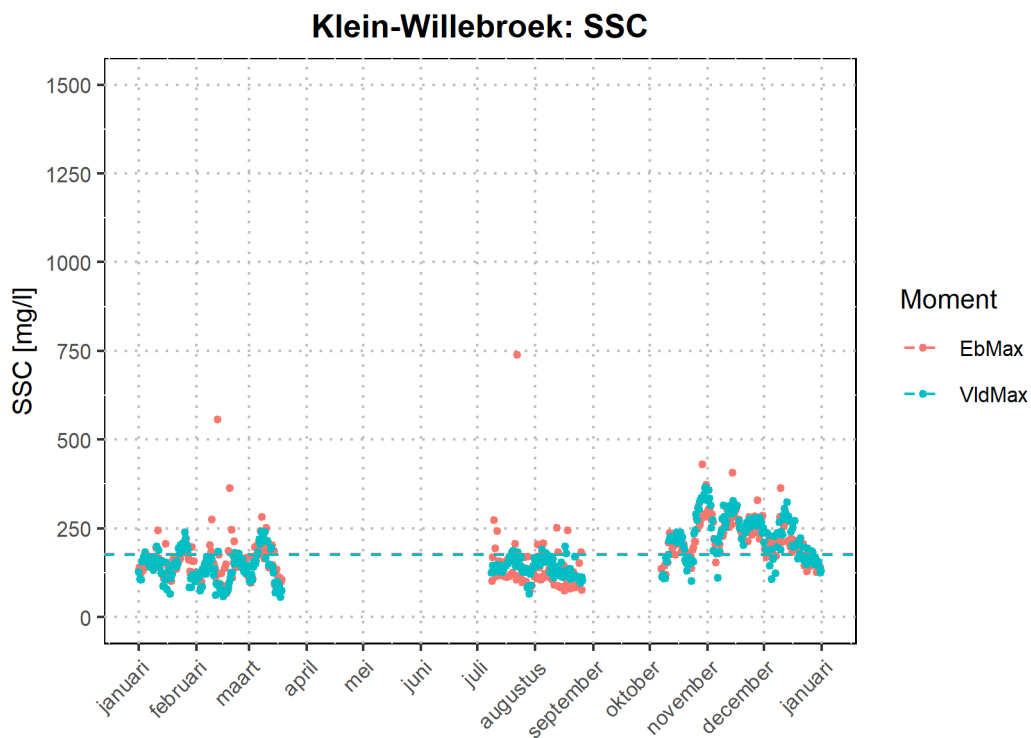
Figuur 98 – Maximale SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 99 – Maximale SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 100 – Maximale SSC bij eb en vloed te Klein - Willebroek met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



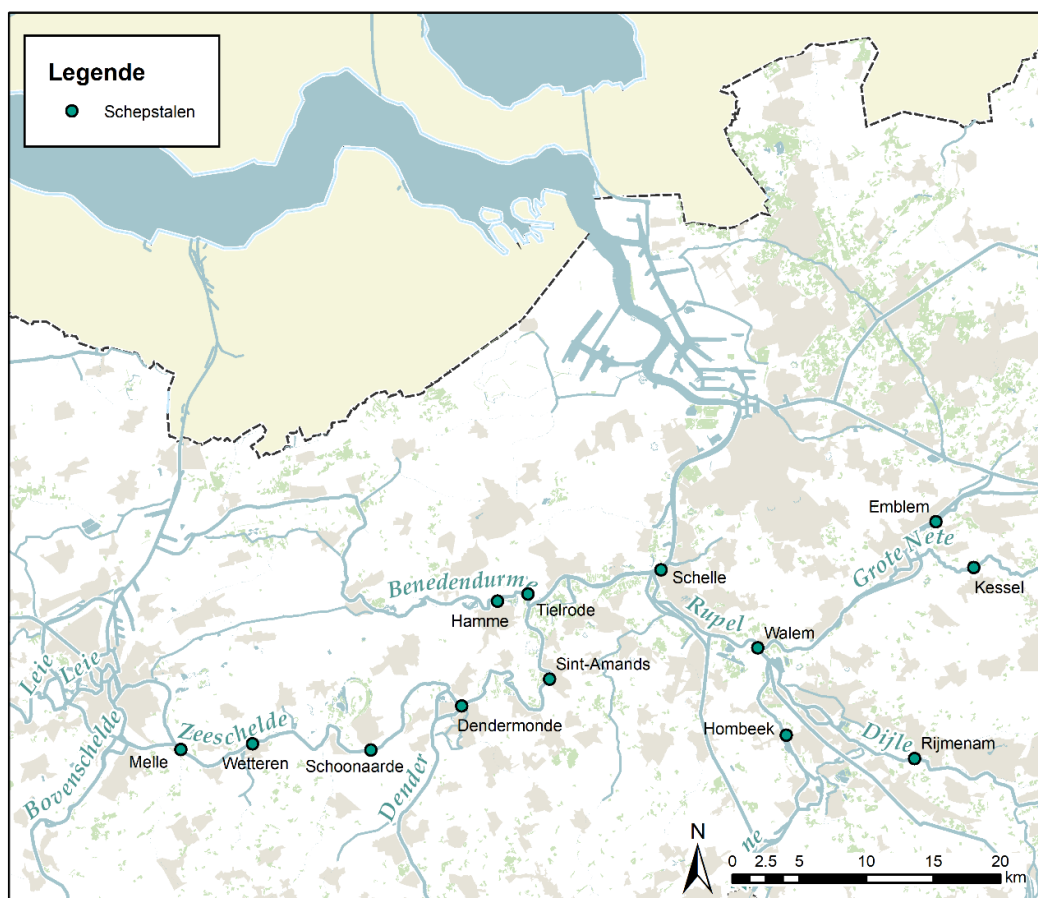
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak

Sinds de jaren '90 worden er periodieke metingen van het suspensiegehalte uitgevoerd. Het betreft bemonstering aan het wateroppervlak ("schemstalen") ter hoogte van de getijmeetposten verspreid doorheen het estuarium, waarvan de SSC wordt opgemeten in het sedimentlabo van het Waterbouwkundig Laboratorium. De bemonsteringsfrequentie van deze dataset bedraagt ongeveer 2 weken. De dataset laat toe om de huidige metingen in een historisch perspectief te plaatsen.

Voor 13 locaties (Figuur 101) zijn de gevalideerde SSC vergeleken voor 2006¹⁰ tot en met 2019. Merk op dat er doorheen de tijd verschillende meetmethoden zijn gebruikt. Een verkennende analyse¹¹ wees uit dat dit geen significante verschillen in de meetresultaten met zich meebracht.

In de onderstaande hoofdstukken wordt de SSC besproken, die is opgemeten in de Boven-Zeeschelde, de Durme en de Rupel met haar bovenstromen. Merk op dat de uitvoer van periodieke metingen recent (2016-2017) is herzien. De prioriteit ligt heden bij het continue meetnet, dat verder wordt uitgebouwd. Door de betere spreiding van de continue meetposten, moet men op minder locaties schemstalen nemen. Sinds 2016 wordt er niet meer bemonsterd nabij Schelle. De metingen ter hoogte van Wetteren en Schoonaarde worden in 2020 terug opgestart.

Figuur 101 – Locatie van MONEOS-metposten in de Zeeschelde met periodieke meting van suspensiegehalte aan het wateroppervlak. In Schelle worden geen metingen meer uitgevoerd, Wetteren en Schoonaarde worden in 2020 terug opgestart.



¹⁰ Vanaf 2006 werden de gegevens opgeslagen in de gangbare databanken.

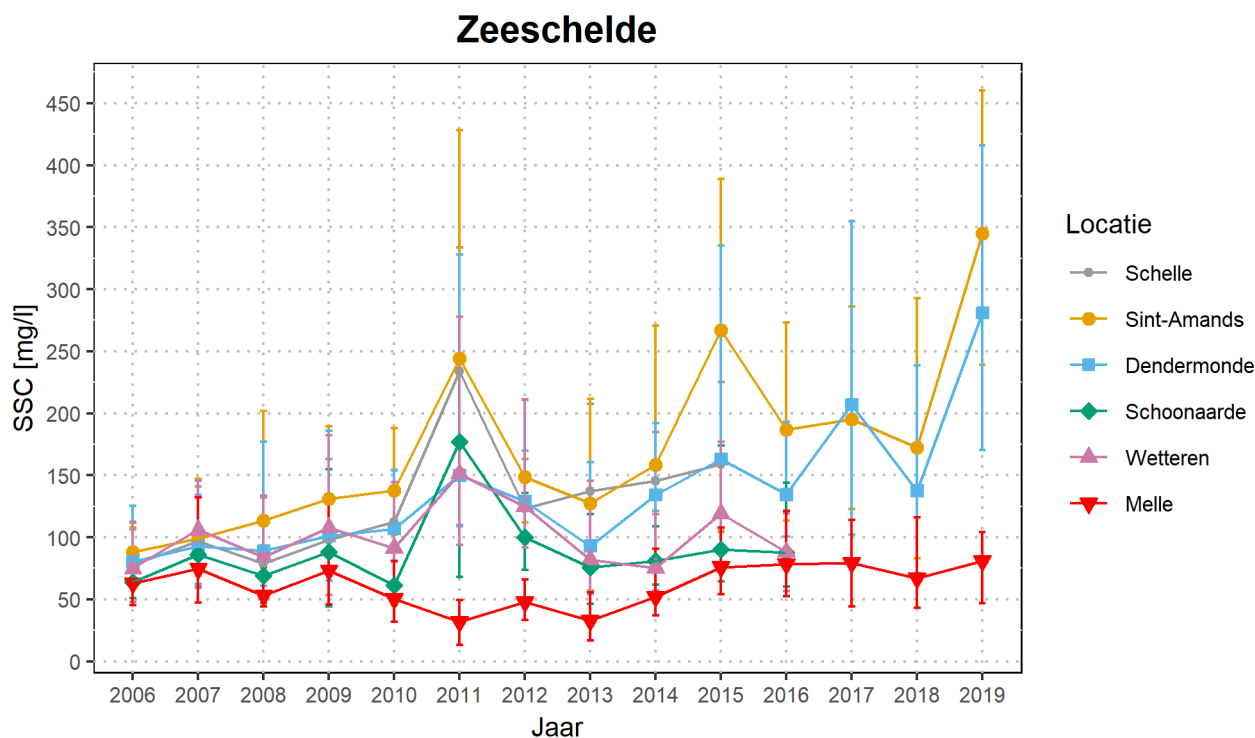
¹¹ De verschillende meetmethoden zijn echter nooit gelijktijdig uitgevoerd. Een diepgaande vergelijking is dan ook niet mogelijk.

4.2.1 Zeeschelde

Figuur 102 toont het suspensiegehalte aan het wateroppervlak in de Boven-Zeeschelde, gemeten nabij Melle, Wetteren, Schoonaarde, Dendermonde, Sint-Amands en Schelle. Merk op dat er sinds 2016 niet meer bemonsterd wordt nabij Schelle, terwijl in 2017 de metingen in Wetteren en Schoonaarde tijdelijk zijn stopgezet.

In de Boven-Zeeschelde werd tijdens 2019 de laagste jaargemiddelde sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomafwaarts tot in Sint-Amands waar de hoogste jaargemiddelde sedimentconcentraties worden opgemeten. Met name in Sint-Amands en Dendermonde is de jaargemiddelde sedimentconcentratie uitgesproken hoog, het hoogst sinds de start van de metingen in 2006. Melle werd tijdens 2019 gekenmerkt met eenzelfde suspensiegehalte als voorgaande jaren (2015-2018).

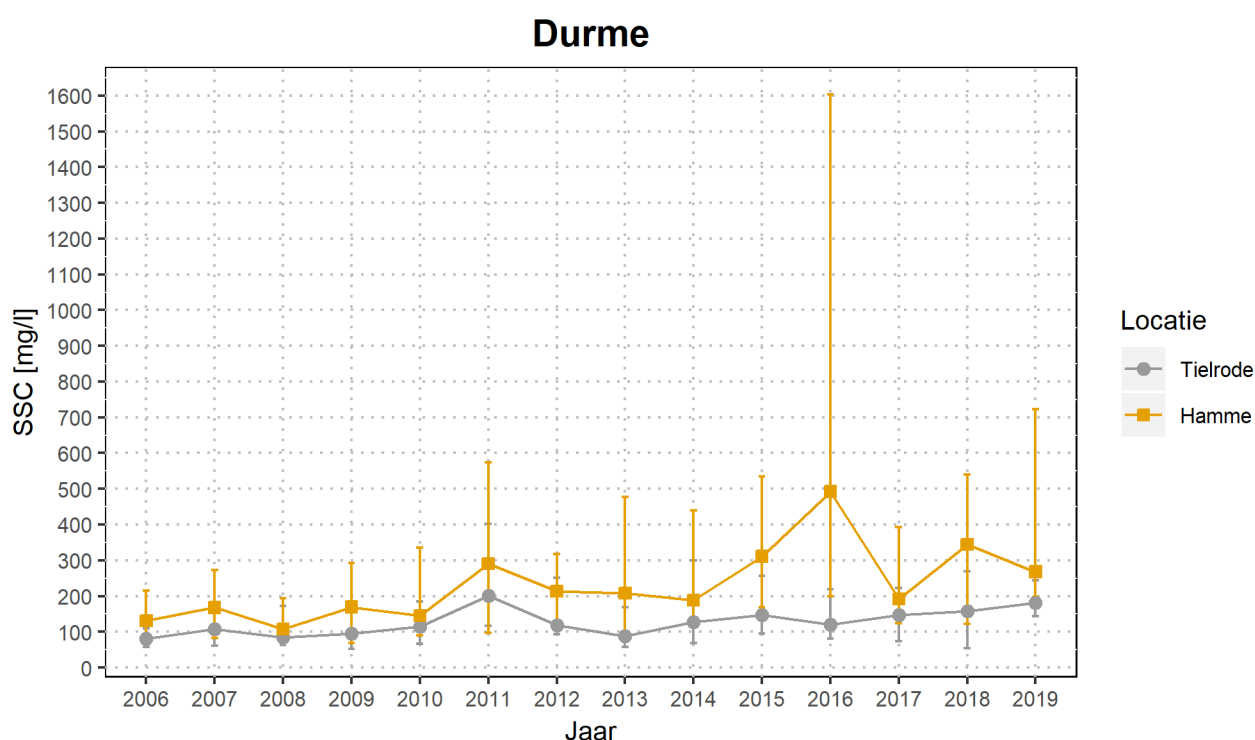
Figuur 102 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Zeeschelde gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen.



4.2.2 Durme

Figuur 103 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. Bij Hamme worden er hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook groter, met grotere uitschieters. Hamme vertoont sinds 2015 een sterkere jaar-op-jaar variatie dan voorheen: Tussen 2014 en 2016 stegen de meetwaarden te Hamme, om in 2017 weer af te nemen. De waarde in 2019 ligt in lijn met voorgaande observaties. In Tielrode neemt de sedimentconcentratie sinds 2013 licht toe, met een beperkte afname in 2016. Algemeen nam de jaargemiddelde sedimentconcentratie aan het wateroppervlak het voorbije decennium licht toe op beide locaties.

Figuur 103 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Durme gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen.



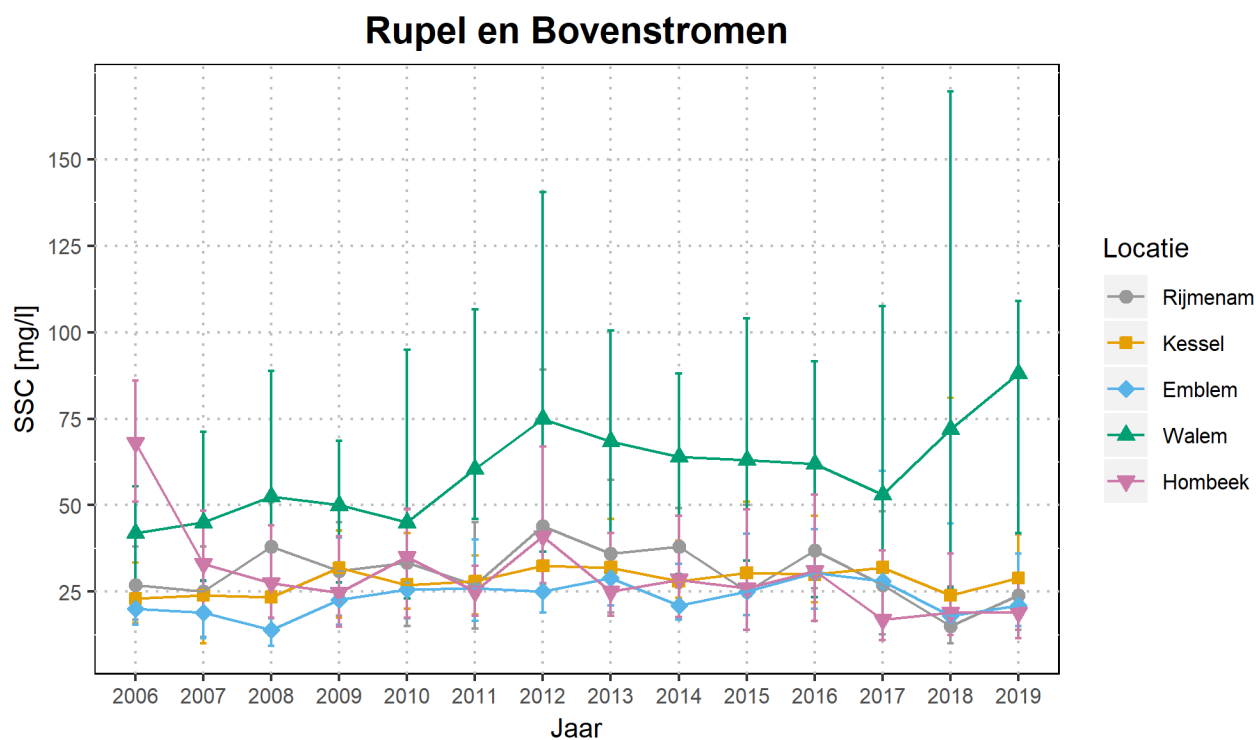
4.2.3 Rupel en bovenstromen

Figuur 104 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Rupel en zijn bovenstromen, gemeten nabij Emblem (Kleine Nete), Kessel (Grote Nete), Rijmenam (Dijle), Hombeek (Zenne) en Walem (Rupel). In de Rupel, nabij Walem worden de hoogste sedimentgehalten opgemeten. Hier vertoonden de jaargemiddelde suspensiegehalten een dalende trend tussen 2012 en 2017, om daarna te stijgen tot er in 2019 de hoogste sedimentconcentraties sinds het begin van de metingen werd waargenomen.

De meer opwaartse gelegen locaties vertonen een verschillend beeld: in de Grote-Nete te Kessel en de Kleine-Nete te Emblem bleef het suspensiegehalte navenant constant. In de Zenne te Hombeek en de Dijle te Rijmenam vertoont het de laatste jaren zelfs een dalende trend.

De verhoogde suspensiegehalten in de Rupel lijken dus eerder afkomstig vanuit de Zeeschelde. Een lokale bron valt echter niet uit te sluiten.

Figuur 104 – Sedimentgehalte aan het wateroppervlak in de Rupel en bovenstromen gemeten a.d.h.v. schepstalen: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen



4.3 Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied

Dit hoofdstuk bespreekt het aangevoerde sedimentvolume in suspensie. Migratie van de *bedload* door o.m. saltatie zit hier niet in opgenomen. In het verleden werd de sedimentvracht naar het getijdegebied ingeschat op basis van laagfrequente bemonstering door middel van schepstalen waarbij er een relatie werd opgesteld tussen de sedimentconcentratie en het daggemiddelde debiet (Van Hoestenbergh *et al.*, 2014). De analyse van Vos *et al.* (2019) wees echter uit dat dit een onderschatting van de sedimentvrachten teweegbracht aangezien belangrijke events gemist werden door de lagere meetresolutie. Sinds 2017 wordt een nieuwe methode toegepast:

- Bij de meetstations aan de rand van het getijdegebied met louter stroomafwaarts georiënteerde flux wordt de sedimentvracht rechtstreeks berekend uit de waargenomen sedimentconcentratie in de pompstalen. De meetresolutie van 7 tot 14u is voldoende hoog voor deze posten en zo wordt er geen bijkomende onzekerheid geïntroduceerd door het toepassen van een regressie tussen turbiditeit en sedimentconcentratie.
- Bij de meetstations die nog onderhevig zijn aan de getijdewerking en waar men bijgevolg nog steeds eb- en vloedstroming waarneemt, brengt de meetresolutie van de pompstalen echter een overschatting van de sedimentvrachten met zich mee. De negatieve flux tijdens vloed wordt namelijk niet optimaal in rekening gebracht. De sedimentvracht op deze locaties wordt berekend door omrekening van de hoogfrequente turbiditeitsmetingen met een temporele resolutie van 5 minuten, naar suspensiegehalte.

Bij beide methodes wordt het suspensiegehalte gedurende periodes zonder betrouwbare meetgegevens ingeschat m.b.v. de bovenafvoer.

De sedimentvracht wordt berekend voor onderstaande stations (zie Figuur 105):

- Boven-Zeeschelde te Melle (YSI)
- Dender te Dendermonde (YSI)
- Zenne te Epegem (automatische pompstalen)
- Demer te Aarschot (automatische pompstalen)
- Grote Nete te Itegem-Hullebrug (automatische pompstalen)
- Kleine Nete te Grobbendonk (Troon) (automatische pompstalen)

Bovenstaande puntmetingen zijn gecorrigeerd naar doorsnede gemiddelde concentraties. Hiervoor werden de bevindingen toegepast van Brackx *et al.* (2019), die een analyse uitvoerde op de EWI-campagnes uitgevoerd door het WL. De correctie van de metingen in Dendermonde, Itegem-Hullebrug en Melle staat echter nog niet op punt. Er is nood aan bijkomende EWI-campagnes om een betere relatie op te stellen.

Voor de Dijle worden de jaarlijkse vrachten berekend en gerapporteerd door VMM. De vrachten worden berekend op basis van turbiditeitsmetingen (OBS500, Campbell Sc.) en staalnames ter hoogte van Werchter, en debietsmetingen ter hoogte van Wilsele. VMM voert bovenstaande metingen uit op beide locaties, WL heeft aanvullend EWI-metingen uitgevoerd om te komen tot gecorrigeerde vrachten. Meer informatie over de metingen en de methodiek met betrekking tot de Dijle is terug te vinden in het rapport 'sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen' (momenteel in concept bij VMM).

Zowel de ruwe jaarlijkse sedimentvracht, als de gecorrigeerde waarden zijn terug te vinden in Tabel 15. In Figuur 106 tot en met Figuur 111 wordt de sedimentvracht (suspensie) weergegeven voor de meetlocaties vermeld in Tabel 15.

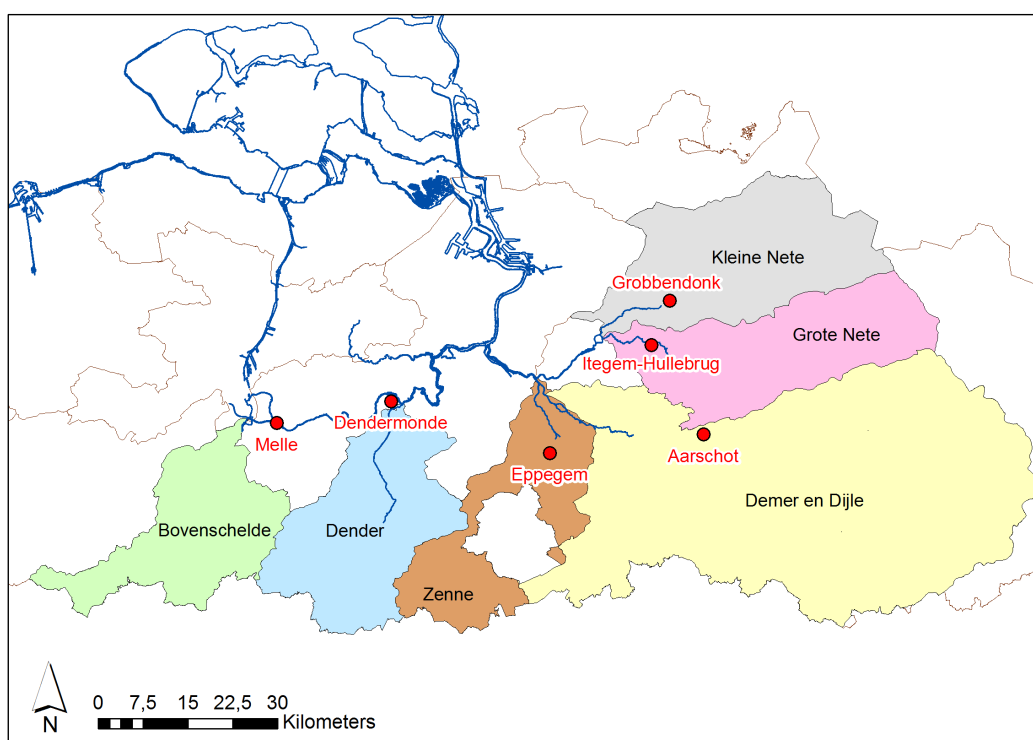
Men kan volgende bevindingen waarnemen:

- De jaarlijkse vracht is grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents met verhoogde bovenafvoer (zie ook §3.2).
- De toevoer aan sediment in suspensie vanuit de bovenstromen bedraagt 394 933 ton voor 2019.
- Het merendeel kwam vanuit de Zenne, die de helft van het totaal voor haar rekening neemt. De hoge jaarlijkse vracht vanuit de Zenne wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door een aantal piekevents waarbij er zowel hoge debieten als hoge sedimentconcentraties gemeten zijn. Dergelijke verhoogde

sedimentconcentraties vallen echter buiten het bereik waarvoor er een EWI-correctie is opgesteld. De omrekening naar doorsnedegemiddelde concentraties is bijgevolg onzeker. In de toekomst zullen EWI-campagnes ingepland worden tijdens dergelijke events om zo deze onzekerheid weg te werken.

- De overige lading komt hoofdzakelijk uit de (Leie en) Bovenschelde, de Dender en de Demer. De sedimentvracht van de Grote en Kleine Nete is gevoelig lager dan de overige bovenstromen.
- De sedimentvracht van de Zenne is ruim groter dan deze van de Bovenschelde te Melle, wat opmerkelijk is gezien het verschil in piekdebiet (§3.2). De verhoogde sedimentvrachten bij hogere afvoeren zijn in de Zenne groter dan in de andere rivieren.
- Tot slot moet men in het achterhoofd houden dat de sedimentvracht in Melle niet per se representatief is voor het Leie- en Bovenscheldebekken. De aanvoer van beide bekken wordt sterk beïnvloed door de verschillende kunstwerken, alvorens een deel naar het Zeescheldebekken wordt geleid.

Figuur 105 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de stroomgebieden.

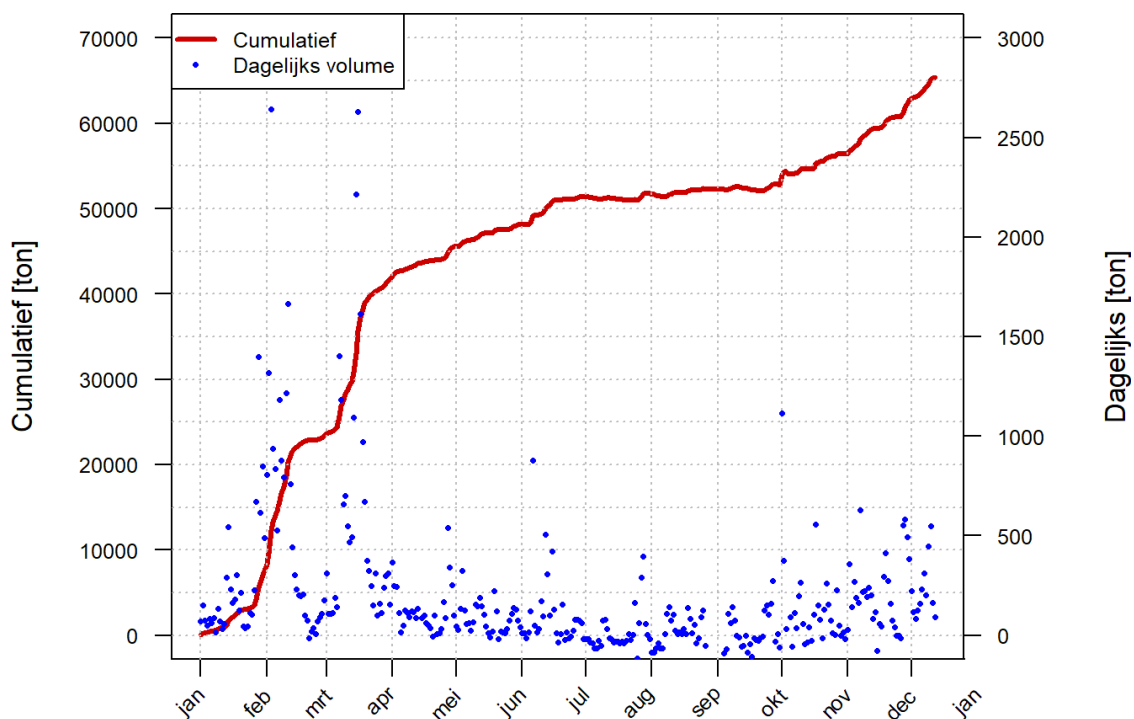


Tabel 15 – Geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) aan de rand van het getijdgebied: de “ruwe” berekening op basis van de in situ meting en de sedimentvracht gecorrigeerd m.b.v. de EWI-correctie op het gemeten suspensiegehalte (SSC).

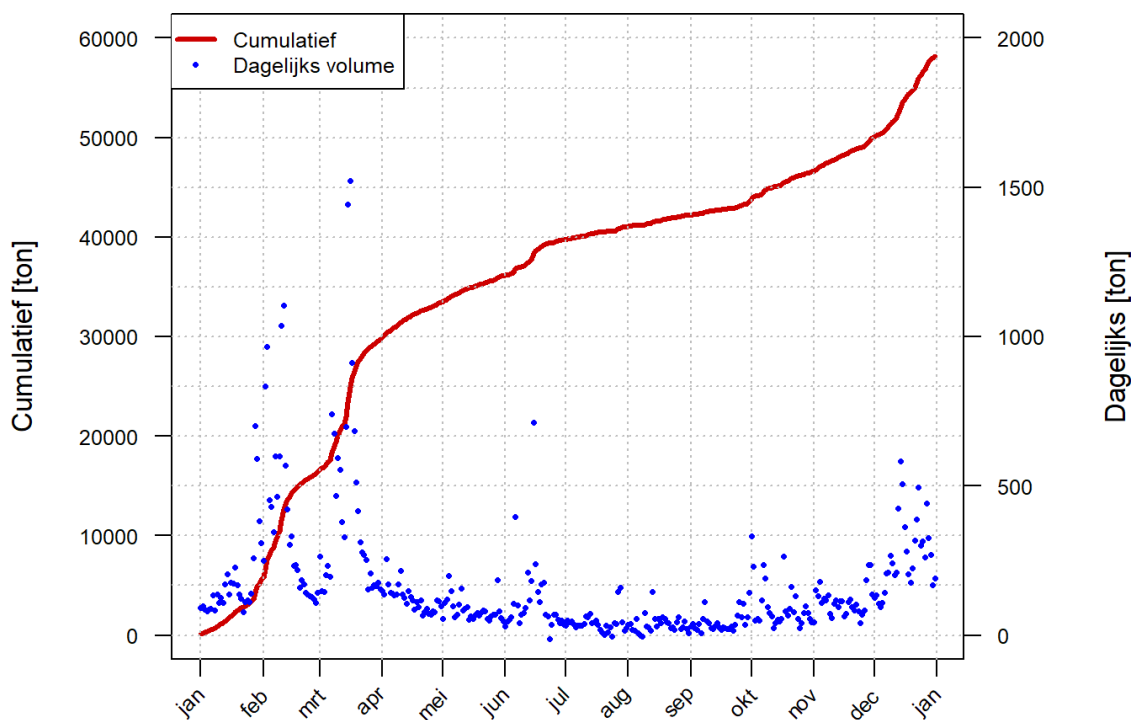
Meetlocatie	Rivier	Ruwe jaarlijkse sedimentvracht [ton]	EWI-correctie	Gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Bovenschelde	113 776	$EWI = 0,39 * SSC + 44,57$	65 439

Dendermonde	Dender	17 826	$EWI = 0,27 \cdot SSC + 248,57$	58 212
Eppegem	Zenne	281 232	$EWI = 0,67 \cdot SSC + 10,35$	191 089
Aarschot	Demer	209 919	$EWI = 0,14 \cdot SSC + 29,10$	39 890
Itegem - Hullebrug	Grote Nete	4 367	$EWI = 1,33 \cdot SSC + 11,20$	7 332
Grobbendonk – Troon	Kleine Nete	47 740	$EWI = 0,30 \cdot SSC + 13,24$	16 532
Werchter	Dijle	Rapport VMM (in concept)	Rapport VMM (in concept)	16 439

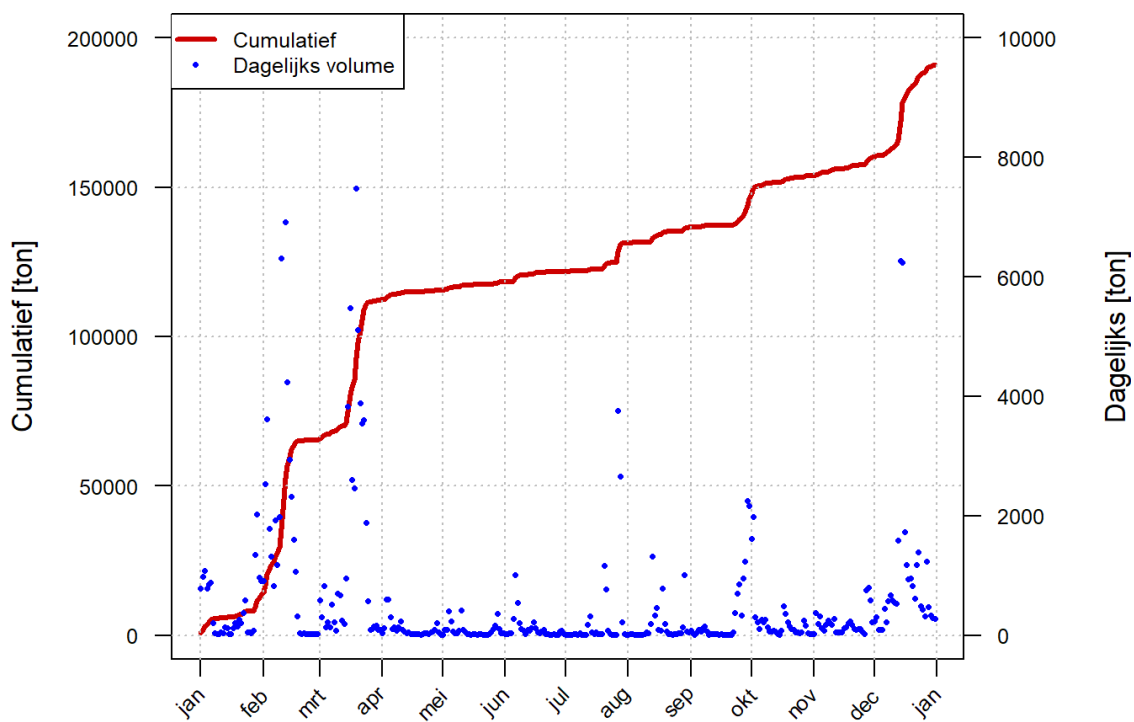
Figuur 106 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (EWI-correctie toegepast).



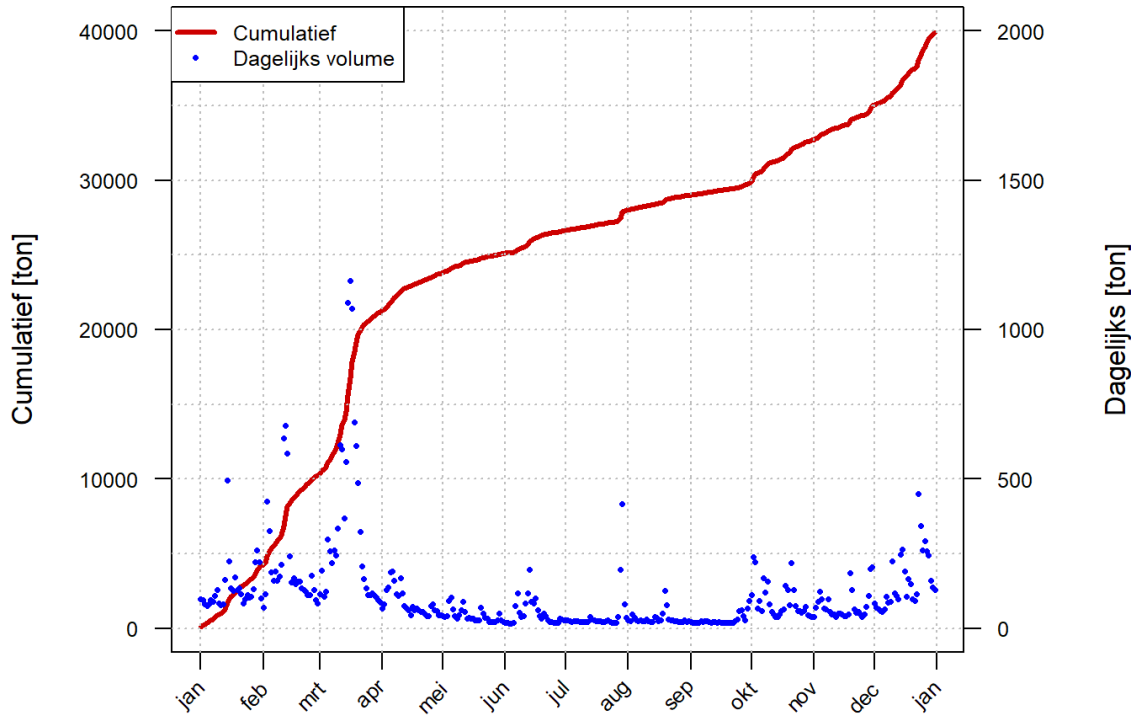
Figuur 107 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).



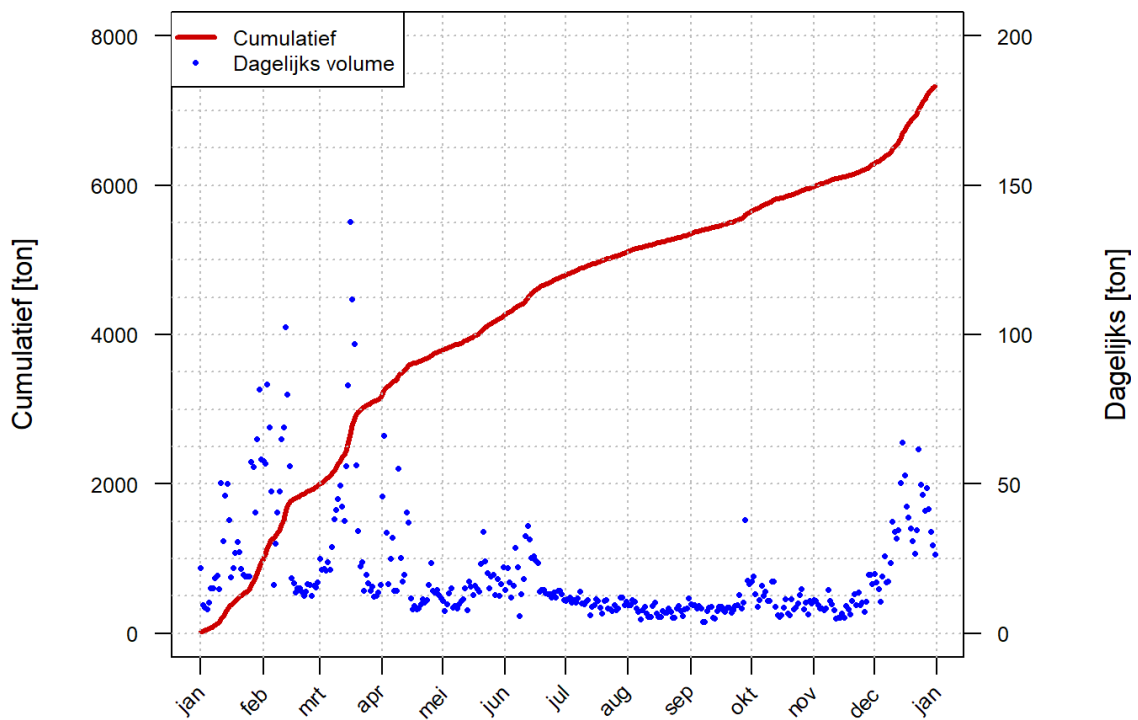
Figuur 108 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).



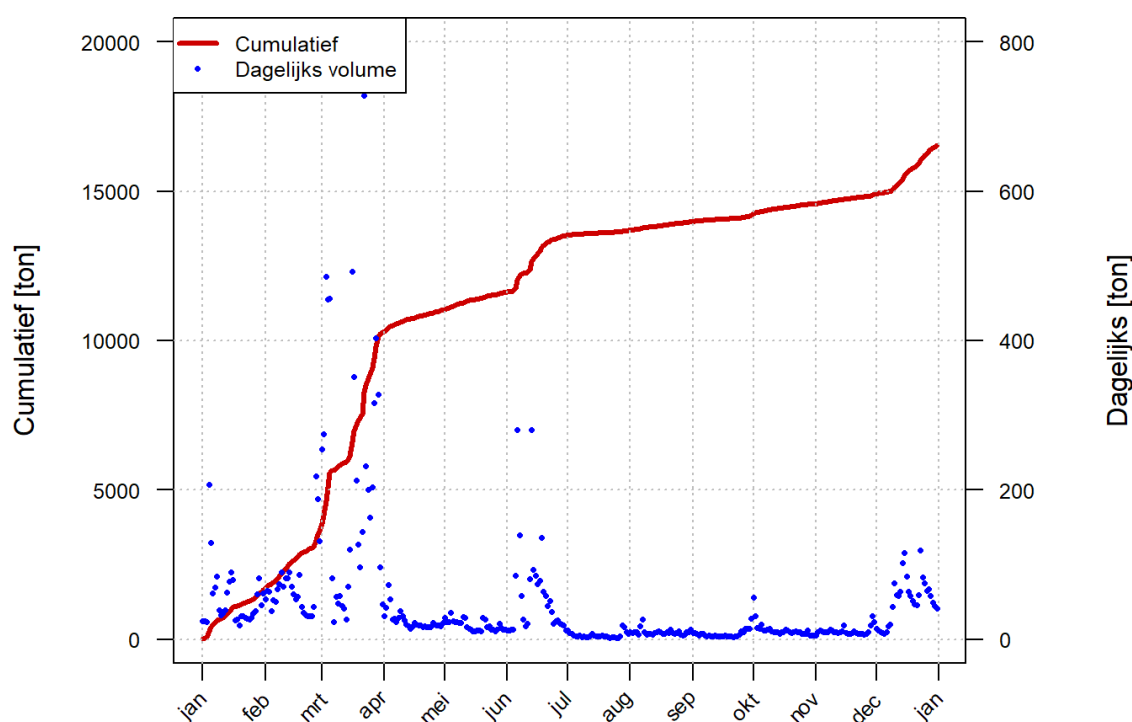
Figuur 109 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).



Figuur 110 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).



Figuur 111 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).



4.4 Meetcampagnes - langsvaarten

4.4.1 Meetlocaties en meetinstrumenten “fysische parameters”

Het Waterbouwkundig Laboratorium voert reeds vanaf de jaren 1960 periodieke langsvaarten uit langsheen het Schelde-estuarium. Hierbij wordt met behulp van een meetschip een meting uitgevoerd op een welbepaald moment in de getijcyclus. In eerste instantie waren deze vaarten vooral gericht op het meten van het zoutgehalte langsheen het estuarium om alzo de “saliniteitsgradiënt” in beeld brengen op het moment van kentering.

Sinds 2010 heeft men echter ook systematisch, naast de conductiviteit (gemeten met een YSI-sonde), water- en sedimentstalen genomen met behulp van een pomp, om zo enerzijds het chloridegehalte te kunnen bepalen, en anderzijds de sedimentconcentratie te kunnen meten. Hierbij worden pompstalen genomen. Tot en met 2016 werden zowel zogenaamde kenteringsvaarten uitgevoerd (bij kentering hoogwater en kentering laagwater) alsook halftij-eb vaarten (op de helft van de cyclus, tussen hoog en laagwater). Omwille van de verhoogde beschikbaarheid van continue conductiviteitsmetingen werd besloten om de kenteringsvaarten, die vooral de saliniteitsgradiënt in beeld brachten, niet langer uit te voeren.

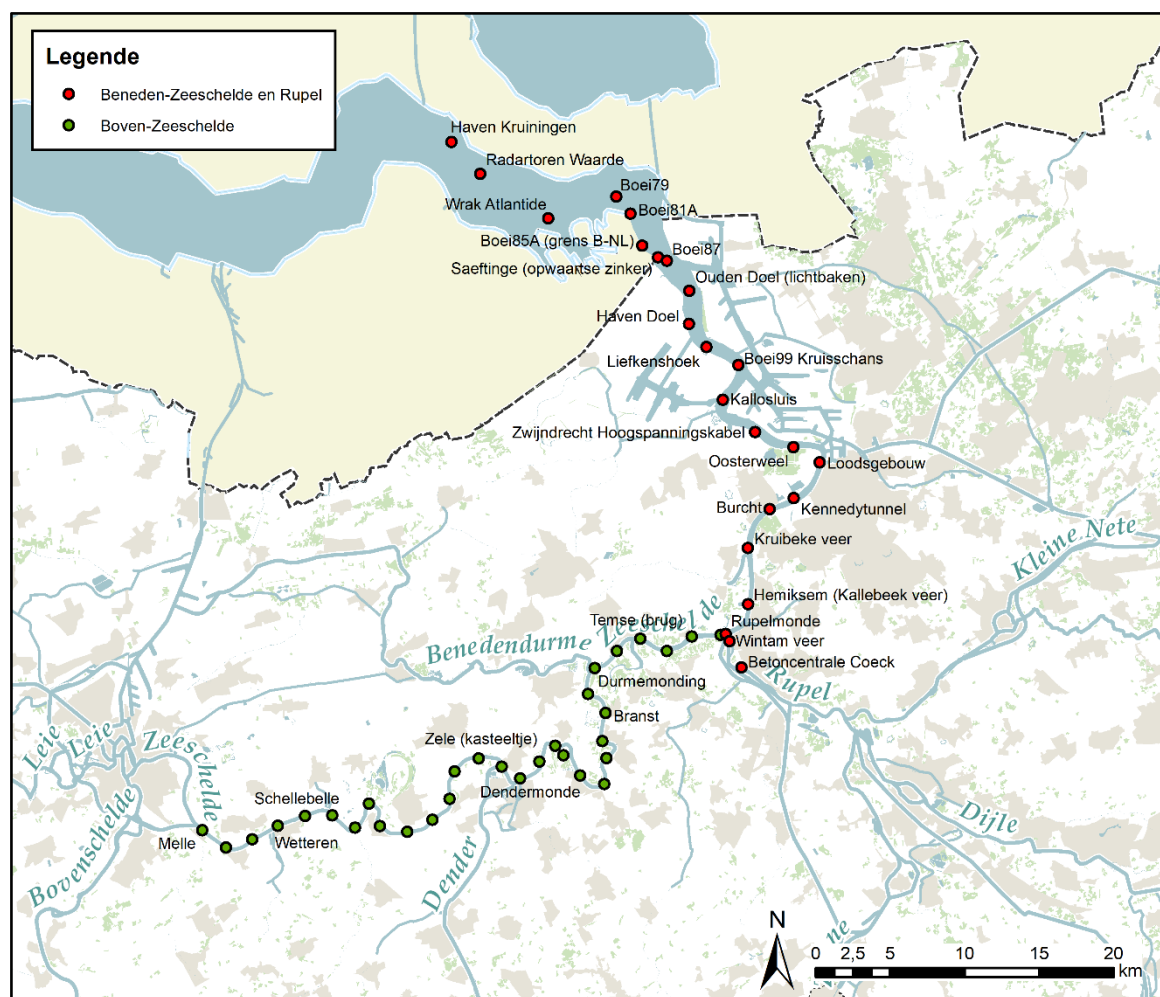
De halftij-eb metingen werden uitgevoerd als focus op het suspensiegehalte in het estuarium. Langsheen het estuarium worden er op vaste locaties – met een tussenafstand van ca. 2km – waterstalen genomen op verschillende dieptes in de waterkolom. Door het voornog ontbreken van voldoende continue turbiditeit-SSC metingen worden de halve-tij eb metingen nog steeds uitgevoerd. Bij deze metingen tijdens de eb-fase varieert de stroomsnelheid minder sterk waardoor ook de sedimentconcentraties minder sterk fluctueren. Dit moment leent zich dus – voor suspensiemateriaal – beter voor metingen langsheen het estuarium. De halftij-eb vaarten worden sinds 2009 maandelijks uitgevoerd op 17 vaste locaties in de Beneden-Zeeschelde. In 2013 vond een uitbreiding plaats met 30 meetpunten in de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2014). Gezien

de consequenties qua praktische haalbaarheid, werd de frequentie verlaagd naar een seizoenale uitvoering. Tot slot meet men sinds 2017 ook in 3 meer afwaarts gelegen punten op de Westerschelde, meer bepaald ter hoogte van de Haven van Kruiningen, de Radartoren van Waarde en het wrak van de Atlantide. Tabel 16 presenteert de meetcampagnes uitgevoerd in 2019. Figuur 112 visualiseert alle meetlocaties.

Tabel 16 – Overzicht data meetcampagnes halftij-eb in 2019

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Lente	Beneden-Zeeschelde	29/03/2019
	Boven-Zeeschelde	27 - 28/03/2019
Zomer	Beneden-Zeeschelde	26/06/2019
	Boven-Zeeschelde	24 - 25/06/2019
Herfst	Beneden-Zeeschelde	06/09/2019
	Boven-Zeeschelde	04 - 05/09/2019
Winter	Beneden-Zeeschelde	19/12/2019
	Boven-Zeeschelde	17 - 18/12/2019

Figuur 112 – Ligging van de meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten



4.4.2 Verloop halftij-eb-vaarten

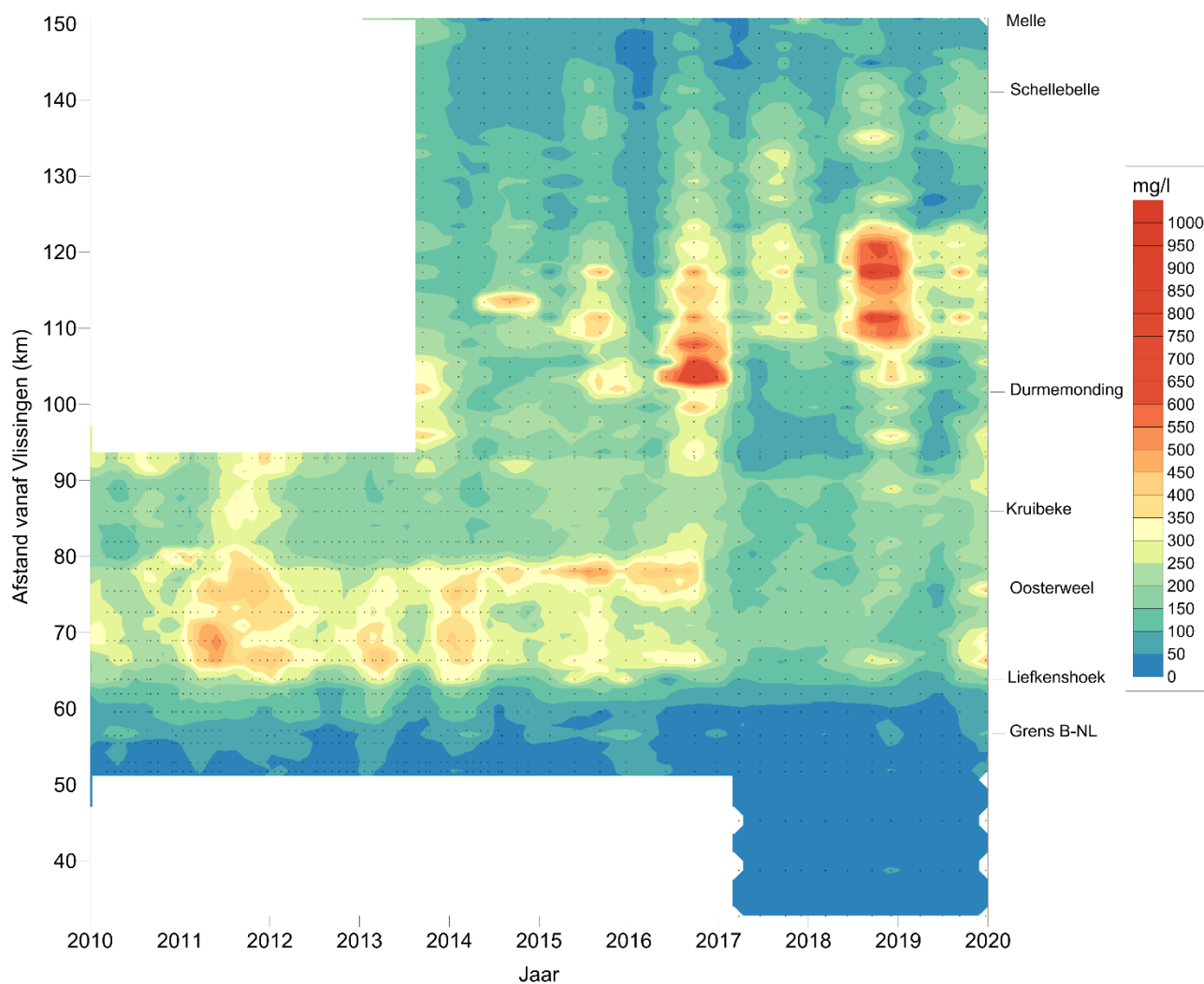
Bij de halftij-eb vaarten neemt men op iedere locatie stalen op verschillende waterdieptes. Men kan dus verwachten dat de diepte van stalname een invloed heeft op de opgemeten SSC gehalten (zie ook §4.1.6). Daarom werd er geopteerd om de waterkolom op te delen in 3 even grootte delen. De stalen bemonsterd gedurende 2010-2019 in het bovenste deel (de zgn. Oppervlaktestalen) staan gepresenteerd in Figuur 113. Figuur 114 toont de waterstalen in het diepste deel (zgn. dieptestalen). Gezien het beperkt aantal waterstalen uit de middelste sectie, worden deze hier niet gepresenteerd.

In de **Beneden-Zeeschelde** vertonen de oppervlaktestalen hogere sedimentconcentraties tussen km 60 en km 80, ter hoogte van de belangrijkste stortlocaties (Oosterweel, Punt van Melsele) voor slibrijke baggerspecie. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, valt het op dat deze hogere waarden optreden van 2010 tot de eind 2016. Deze tijdelijke verhoging komt niet meer voor vanaf 2017. De dieptestalen vertonen een hoger suspensiegehalte dan de oppervlaktestalen. De zone met verhoogde concentratie komt overeen met deze van de oppervlaktestalen. Het verhoogde suspensiegehalte zet zich nabij de rivierbodem ook voort na 2017 – alhoewel deze zich vanaf dan minder ver stroomafwaarts uitstrekt.

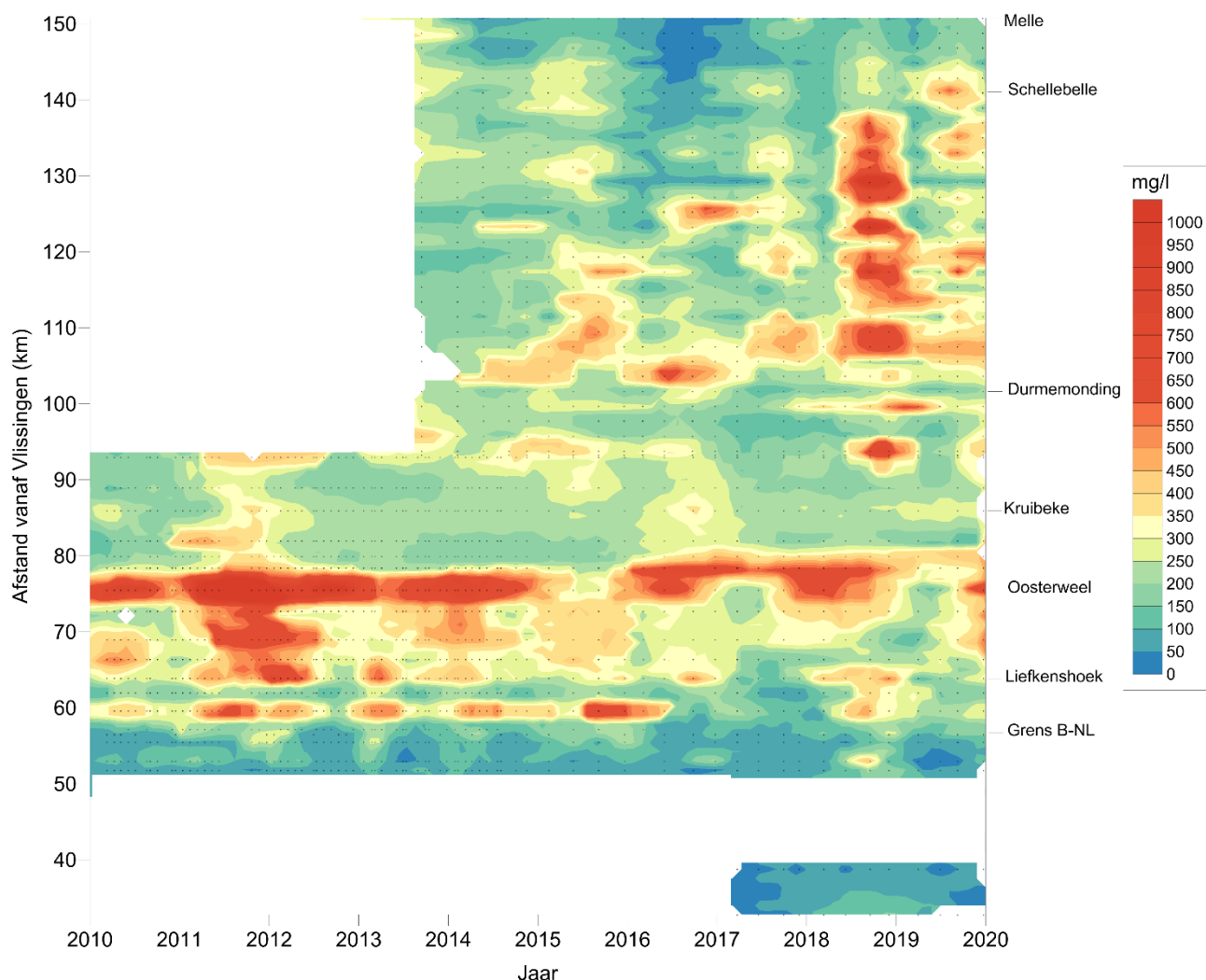
In de **Boven-Zeeschelde** komen – vnl. tussen km 100 en 120 – in de tweede helft van het jaar 2019 hogere concentraties voor dan in de eerste helft van het jaar. In de zomer en het najaar van 2018 komen er concentraties van 750 tot 900 à 950 mg/l voor tussen km 105 en 125 (van Branst tot voorbij Dendermonde).

In 2016 is er een grote zone met hoge concentraties zichtbaar die zich uitstrekt van km 100 tot km 120, terwijl in 2017 en vnl. 2018 de hogere concentraties tussen km 110 en 130 voorkomen (dus meer opwaarts dan eerder het geval was). In 2019 lag het suspensiegehalte lager dan de piekconcentraties in 2016 en 2018. Ze vertoont een gelijkaardig patroon als in 2017. Figuur 114 toont aan dat de piekconcentratie van het najaar in 2018, zich niet opnieuw manifesteerde in 2019. Het suspensiegehalte lag in 2019 weliswaar nog steeds hoger vóór 2018, zeker nabij Schellebelle.

Figuur 113 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)

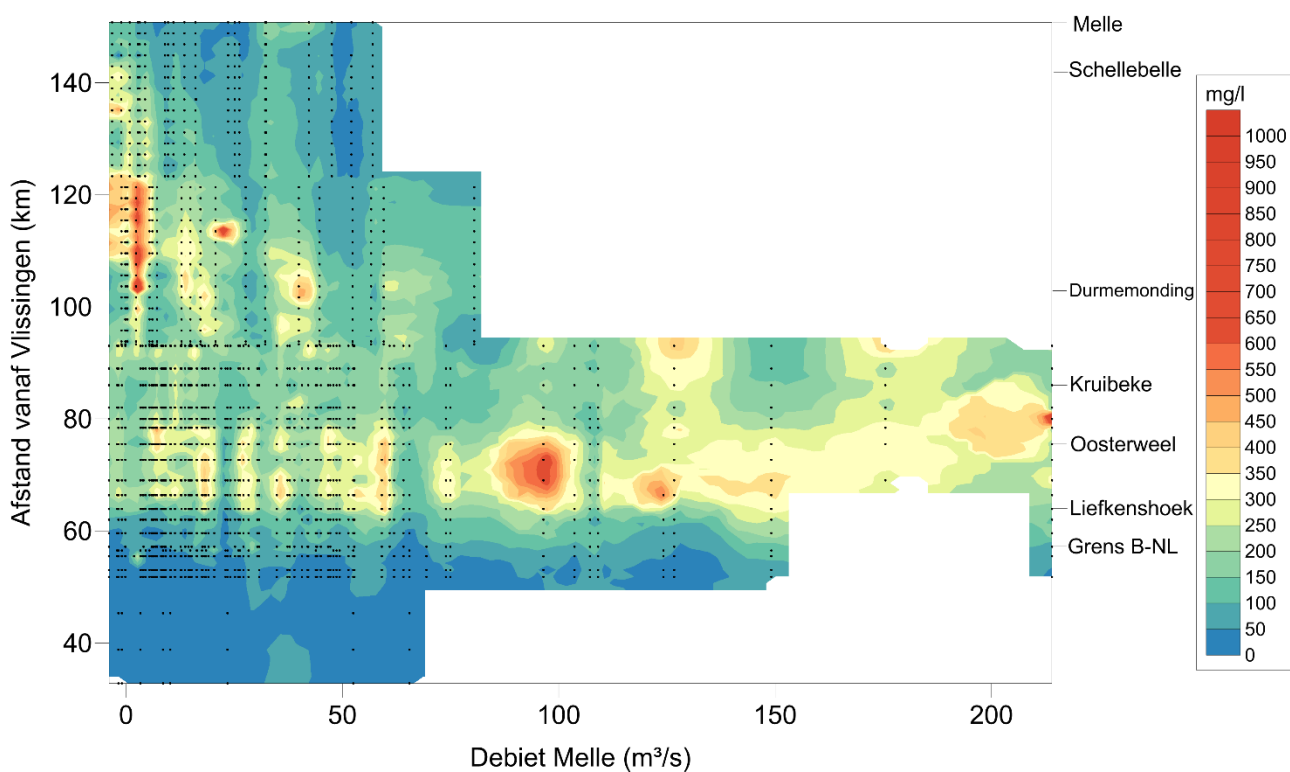


Figuur 114 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)

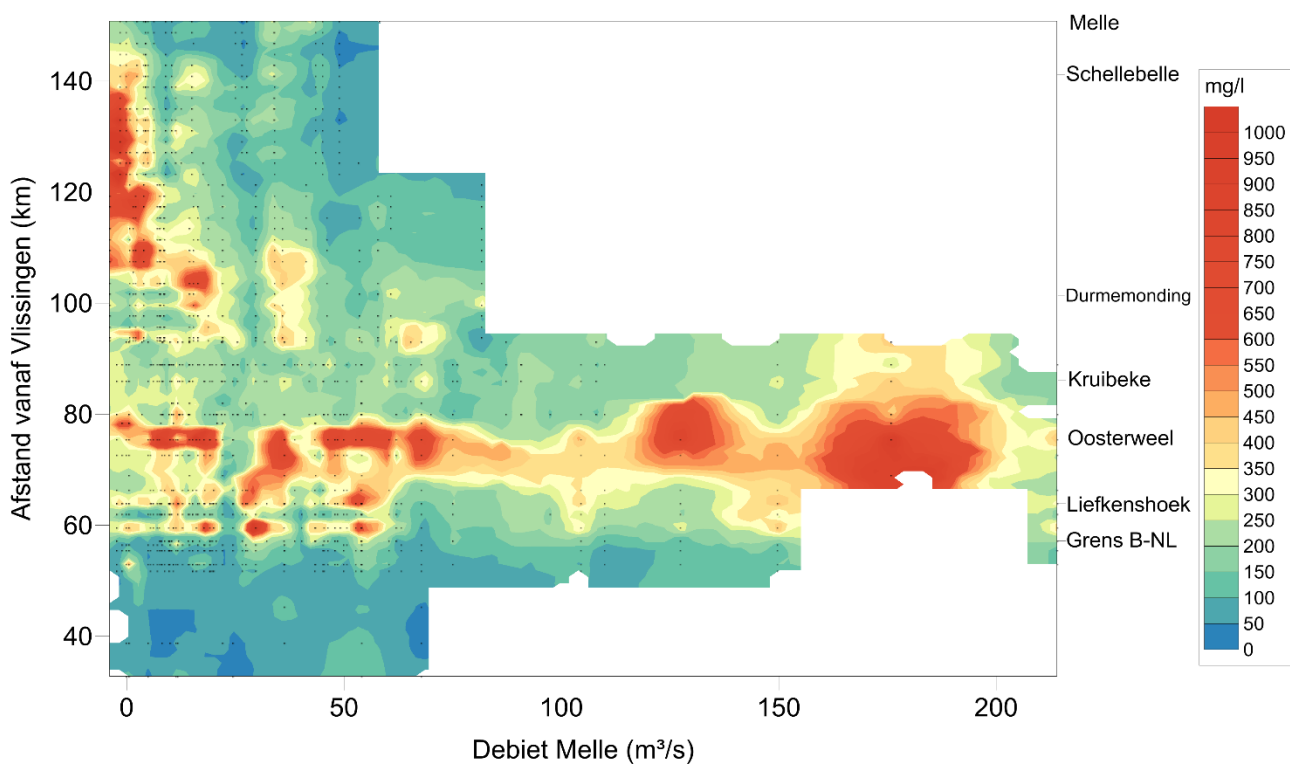


Figuur 115 geeft de sedimentconcentratie aan de oppervlakte weer ten opzichte van het debiet te Melle op basis van alle metingen sinds de start van de halftij-eb vaarten (2009). Bij lage bovendebiten valt de piek in sedimentconcentraties tussen 100 en 125 km stroomopwaarts van Vlissingen. Bij een hogere bovenafvoer zijn de hoogste concentraties meer afwaarts te vinden (tussen 90 en 110 km). In Figuur 116 staat het suspensiegehalte nabij de rivierbodem weergegeven in functie van het debiet. Er komt eenzelfde patroon naar voor als nabij het oppervlak: bij een lage bovenafvoer treedt het sedimentconcentratie maximum op in de Boven-Zeeschelde (100 tot 140 km) en bij een hogere bovenafvoer ligt het maximum meer afwaarts. Het sedimentmaximum strekt zich wel iets verder uit (100 tot 140 km van Vlissingen) nabij de bodem dan aan het wateroppervlak (100 tot 125 km). De zone met verhoogde concentratie ter hoogte van Oosterweel/Punt van Melsele (60km-80km) blijft behouden, onafhankelijk van het debiet.

Figuur 115 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m³/s, zoekradius Y-as: 8 km).



Figuur 116 Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m³/s, zoekradius Y-as: 8 km).



Figuur 117 en Figuur 118 geven respectievelijk het verloop aan van het suspensiegehalte in de oppervlakte- en dieptestalen langsheen de volledige Zeeschelde, tijdens de vier HTE campagnes van 2019. Tabel 17 geeft enkele kengetallen van deze campagnes.

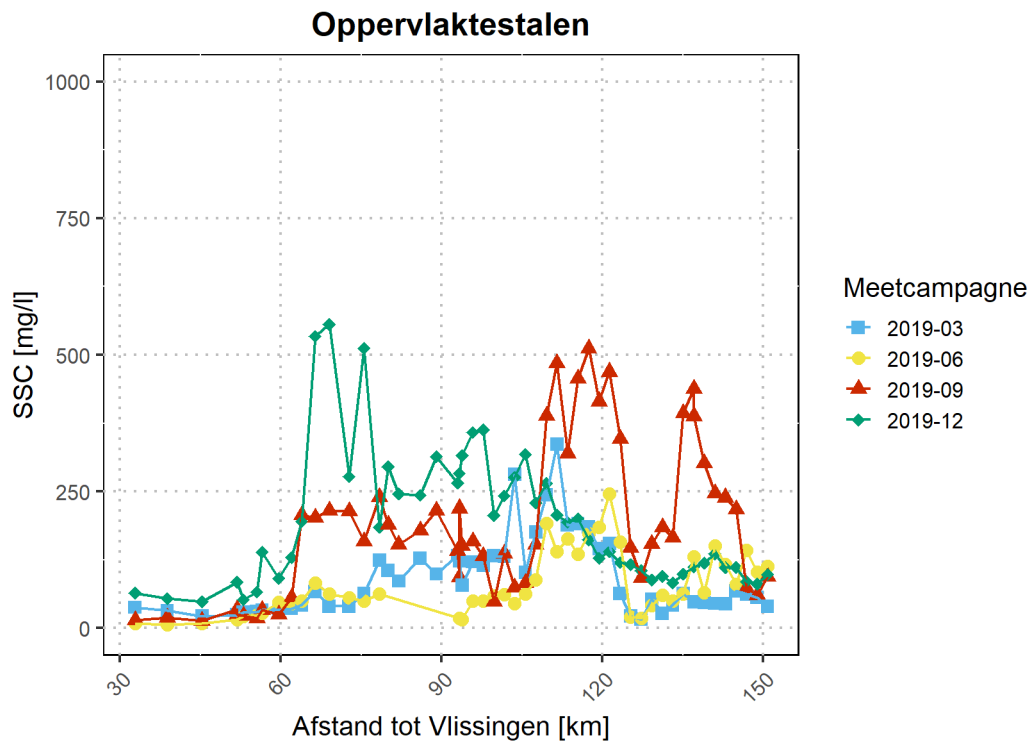
Tabel 17 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van
half-tij-eb gegevens in 2019 langsheen de volledige Zeeschelde

		maart		juni		september		December	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	Opp	Bodem
Gehele Zeeschelde	min	16	46	16	55	25	164	81	72
	max	336	756	245	665	512	919	556	864
	mediaan	86	94	63	185	184	367	194	183
	stdev	71	136	56	148	132	204	121	200
Beneden-Zeeschelde (Rupelmonde-grens BE/NL, km56,6-93)	min	33	46	27	77	25	198	91	149
	max	133	229	83	330	240	475	556	864
	mediaan	65	95	49	82	184	225	256	343
	stdev	38	73	15	145	71	107	150	285
Boven-Zeeschelde (opwaarts Rupelmonde, > km 93)	min	16	48	16	55	48	164	81	72
	max	336	756	245	665	512	919	363	496
	mediaan	78	94	80	202	184	438	136	143
	stdev	80	155	60	151	145	209	88	126

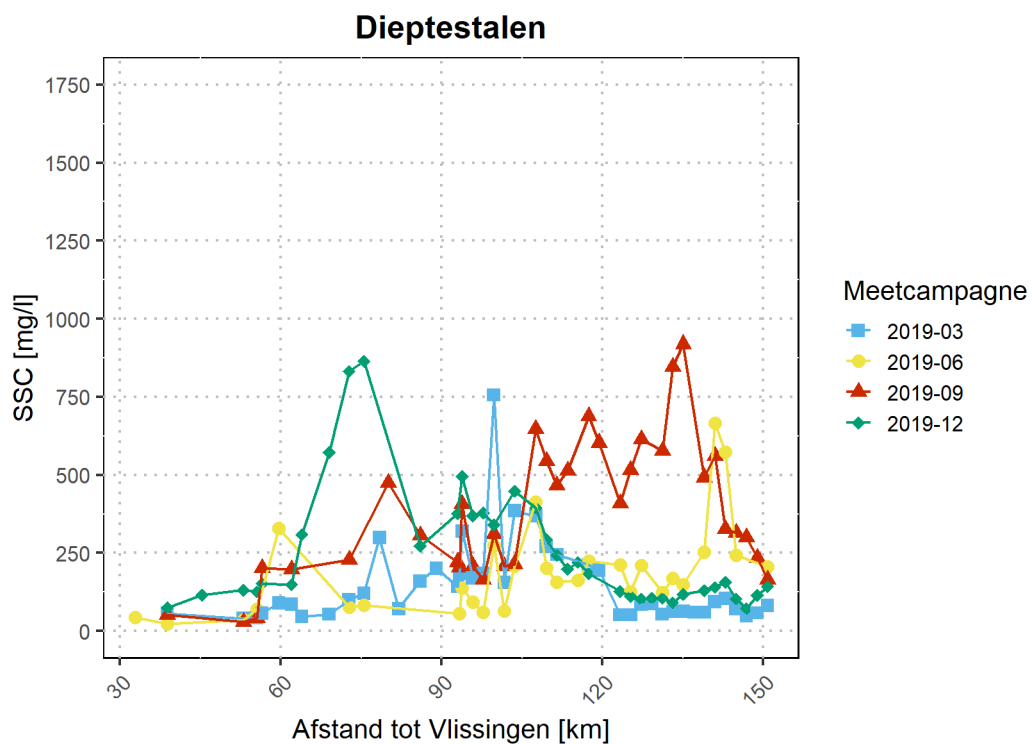
Enkele conclusies:

- De sedimentconcentraties zijn systematisch lager aan de oppervlakte dan aan de bodem.
- In de **Boven-Zeeschelde** werden in 2019, gemiddeld gezien, de laagste concentraties waargenomen tijdens de meetcampagne in maart. De hoogste suspensiegehaltes zijn waargenomen tijdens de meetcampagne in september. Dit geldt zowel voor de diepte- als oppervlakte-stalen.
- In de **Beneden-Zeeschelde** werden de laagste sedimentconcentraties waargenomen tijdens de meetcampagnes in maart en juni. De hoogste suspensiegehaltes zijn waargenomen tijdens de meetcampagne in december. Dit geldt zowel voor de diepte- als oppervlakte-stalen.
- Dit patroon toont aan dat het **sedimentmaximum** zich tijdens de winter voornamelijk in de Beneden-Zeeschelde manifesteert. In het voorjaar strekt het zich uit van Antwerpen tot Dendermonde, weliswaar met gereduceerde amplitude. In de zomer en najaar worden de hoogste suspensiegehaltes waargenomen in de Boven-Zeeschelde, alhoewel ook de Beneden-Zeeschelde gekenmerkt wordt door een verhoogd suspensiegehalte.

Figuur 117 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij half-tij-eb langs de volledige Zeeschelde



Figuur 118 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij half-tij-eb langs de volledige Zeeschelde



4.4.3 Trends in sedimentconcentratie over langere termijn

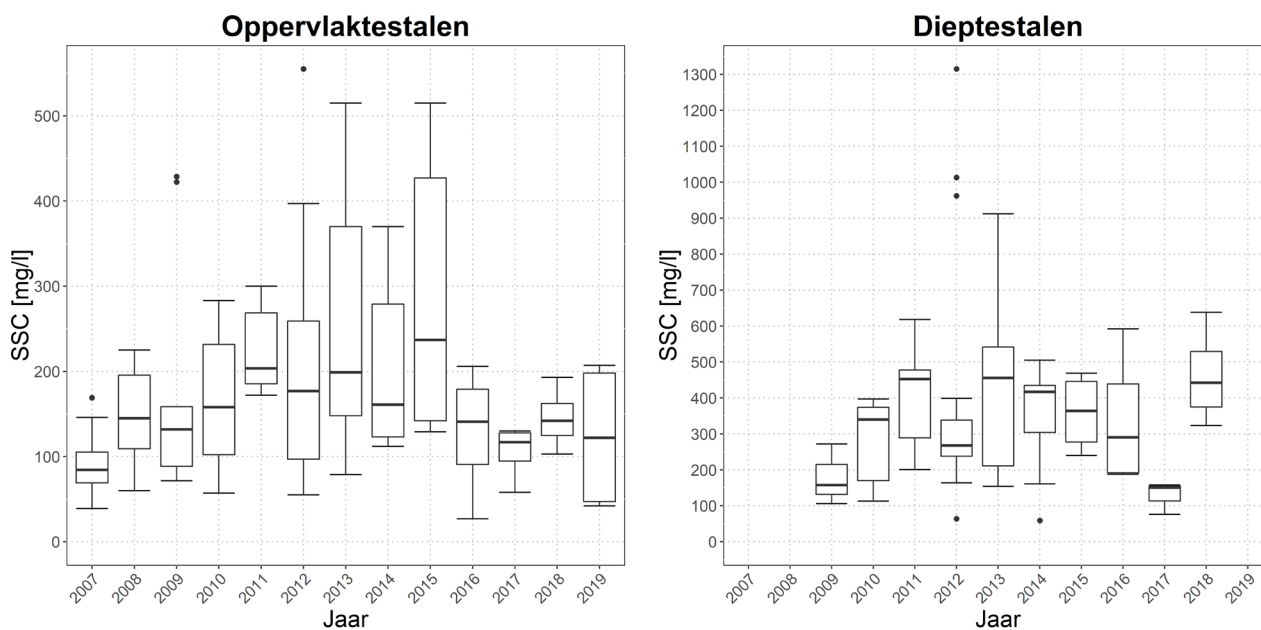
Tot dusver zijn de langsvaarten enkel in het kader van de ruimtelijke en temporele variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde besproken. In Figuur 119 tot en met Figuur 124 wordt voor verschillende locaties langsheen de Zeeschelde het verloop doorheen de laatste jaren van de sedimentconcentraties nabij het oppervlak en de bodem weergegeven. De locaties zijn geselecteerd op basis van de ruimtelijke spreiding langs de rivier en de beschikbaarheid aan data. Figuur 112 presenteert hun locatie. Enkel de jaren met minstens drie meetcampagnes zijn weerhouden in deze grafiek. Merk op dat er pas sinds eind 2013 gemeten wordt in de Boven-Zeeschelde. Voor deze locaties zijn er dus slechts zes jaren met voldoende meetcampagnes beschikbaar. Men kan dus geen lange termijn trend waarnemen.

Liefkenshoek

Te Liefkenshoek (Figuur 119) liggen sinds 2007 de mediane sedimentconcentraties aan de oppervlakte bij halftij-eb, gemiddeld rond 175 mg/l. De jaren 2010-2015 worden gekenmerkt door hogere mediane waarden met ook een hogere spreiding. Sinds 2016 zijn tijdens de halftij-eb-vaarten gelijkaardige sedimentconcentraties opgemeten als jaren voor 2010 (rond 150 mg/l).

Bij de bodem is de sedimentconcentratie meer dan het dubbele dan bij het oppervlak. Het patroon van de sedimentconcentraties is vergelijkbaar met dat bij de oppervlaktestalen. Enkel de sedimentconcentratie tijdens de campagnes in 2017 zijn relatief gezien lager (de concentratie is nauwelijks hoger dan bij het oppervlak), in 2018 hoger.

Figuur 119 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Liefkenshoek tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.

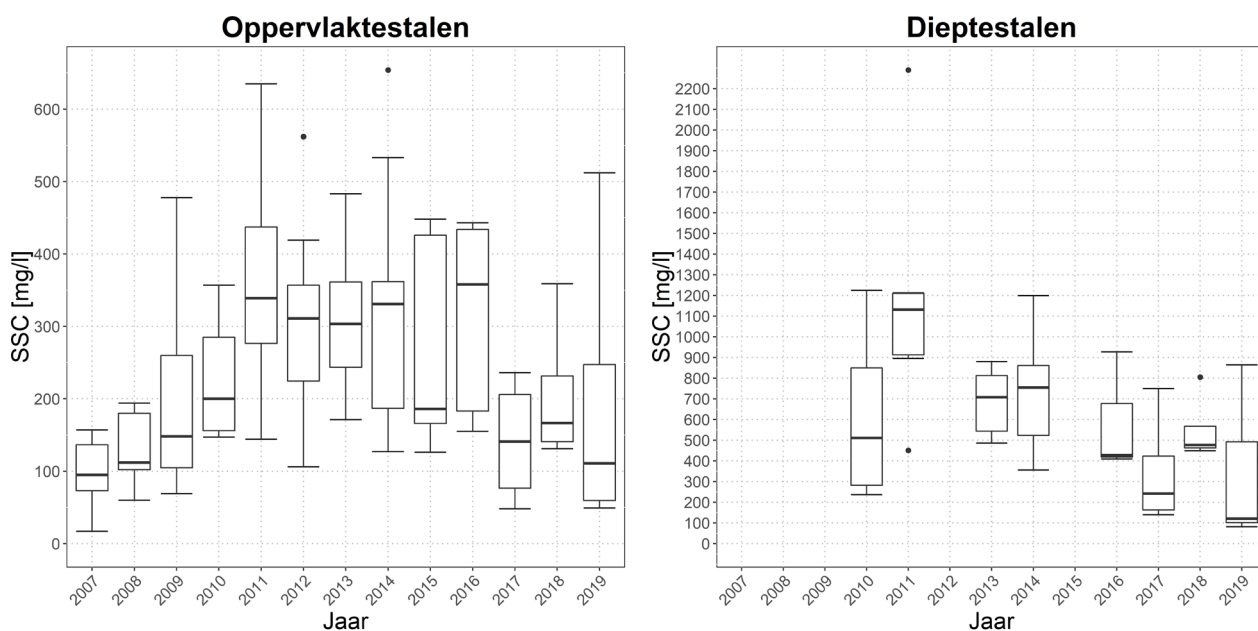


Oosterweel

Figuur 120 toont de sedimentconcentraties gemeten in Oosterweel tijdens de halftij-eb-vaarten vanaf 2007. Net als bij Liefkenshoek nemen ook hier de sedimentconcentraties jaarlijks toe tussen 2007 en 2011. De concentratie verdubbelde van ongeveer 150 mg/l tot ruim 300 mg/l. Vanaf 2011 stabiliseert het sedimentgehalte zich tot en met 2016. Enkel in 2015 is de mediane waarden vrij laag, de uitersten zijn gelijkaardig als de jaren ervoor. Sinds 2017 worden hier opnieuw lagere sedimentconcentraties (175 mg/l) gemeten.

Bij de bodem zijn er enkel voldoende resultaten vanaf 2010, met uitzondering van 2012. Het beperkt aantal staalnames vertonen – net als de oppervlaktestalen – een dalende trend: van een maximum jaarlijkse mediaan in 2011 (ca. 1100 mg/l) tot een minimum in 2019 (ca. 100 mg/l).

Figuur 120 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Oosterweel tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.



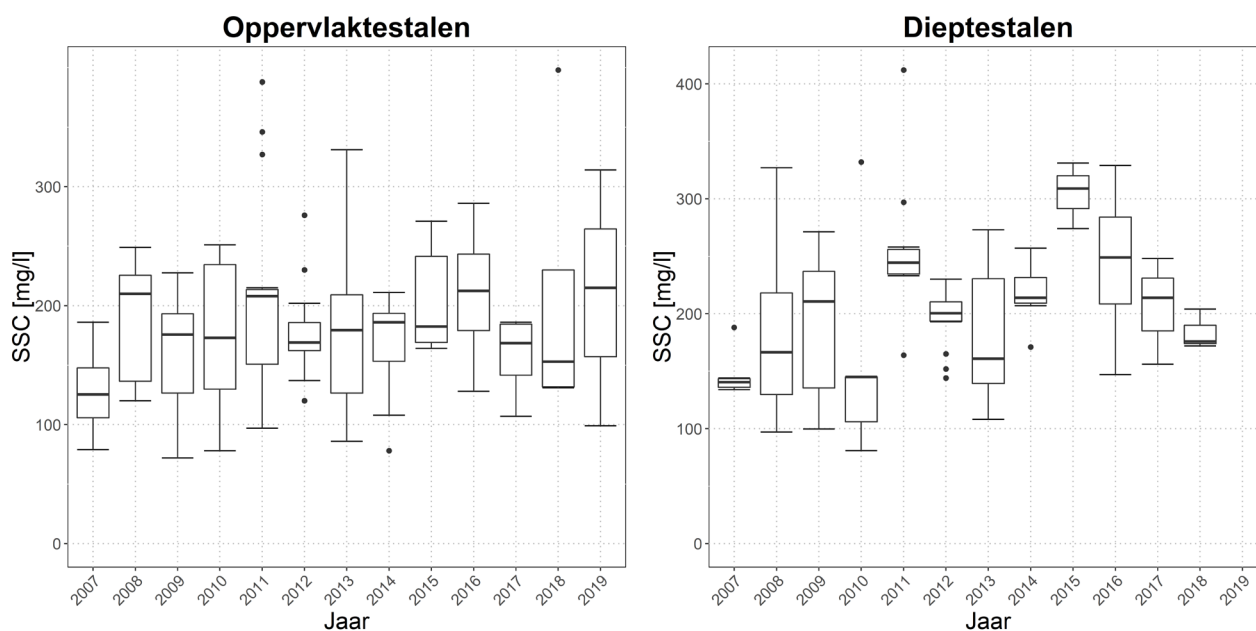
Hemiksem (Kallebeek veer)

In Hemiksem zijn er data beschikbaar vanaf 2007 (Figuur 121) voor zowel de oppervlakte- als de dieptestalen.

Bij het oppervlak is de mediane sedimentconcentratie om en bij de 200 mg/l, enkel in 2007 lagen de concentraties duidelijk lager. Ook de concentraties gemeten in 2019 zijn, in tegenstelling tot Liefkenshoek en Oosterweel waar deze uitgesproken lager waren dan de overige jaren, vrij normaal en zijn ze vergelijkbaar met SSC waarden van de nabijgelegen continue sensor te Kruibeke (179 mg/l gemiddeld voor de ebfase, zie Tabel 14)

Bij de dieptestalen is de variabiliteit veel groter. Opmerkelijk is wel dat de sedimentconcentratie in dezelfde orde van grootte is als de concentratie bij het oppervlak: rond 200 mg/l.

Figuur 121 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2007-2019) in Hemiksem tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.

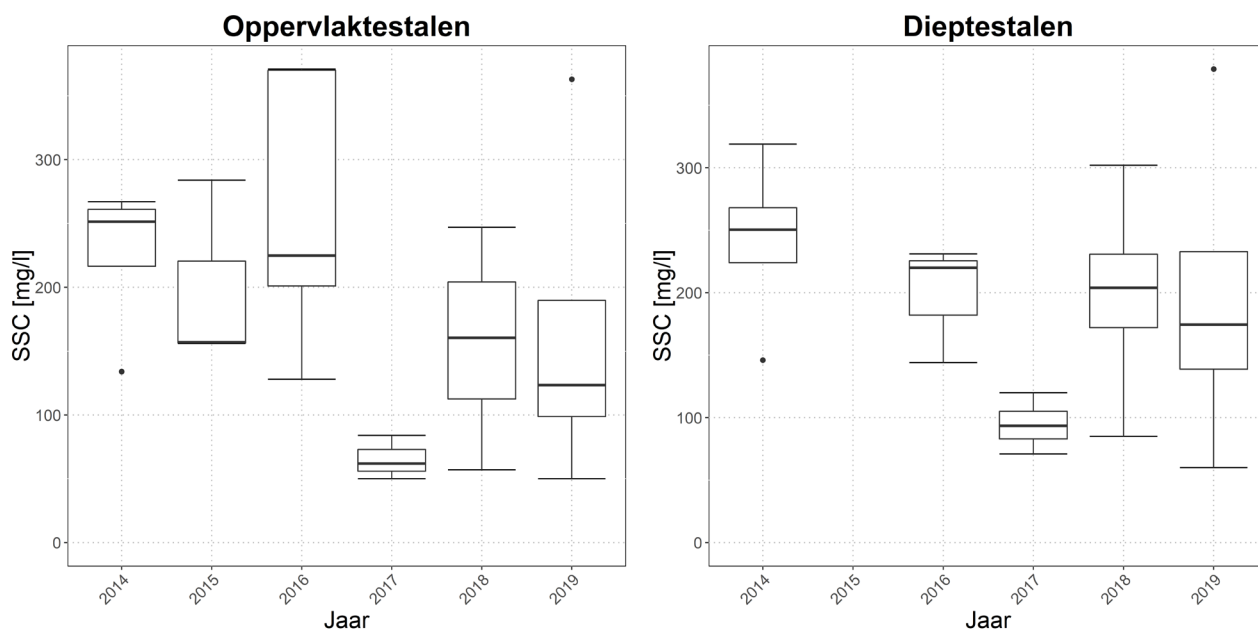


Temse (brug)

Figuur 122 toont het verloop van de sedimentconcentratie ter hoogte van Temse bij halftij-eb vanaf 2014. Tussen 2014 en 2016 was de concentratie bij het oppervlak gemiddeld ruim 200 mg/l. Voornamelijk 2017 (± 50 mg/l), maar ook 2018 en 2019 (± 130 mg/l) kenden lagere concentraties.

In 2015 waren er bij de bodem onvoldoende metingen in 2015. Ook hier is 2017 gekenmerkt door zeer lage sedimentconcentraties (± 90 mg/l). Tijdens de overige jaren schommelt het gehalte rond 200 mg/l.

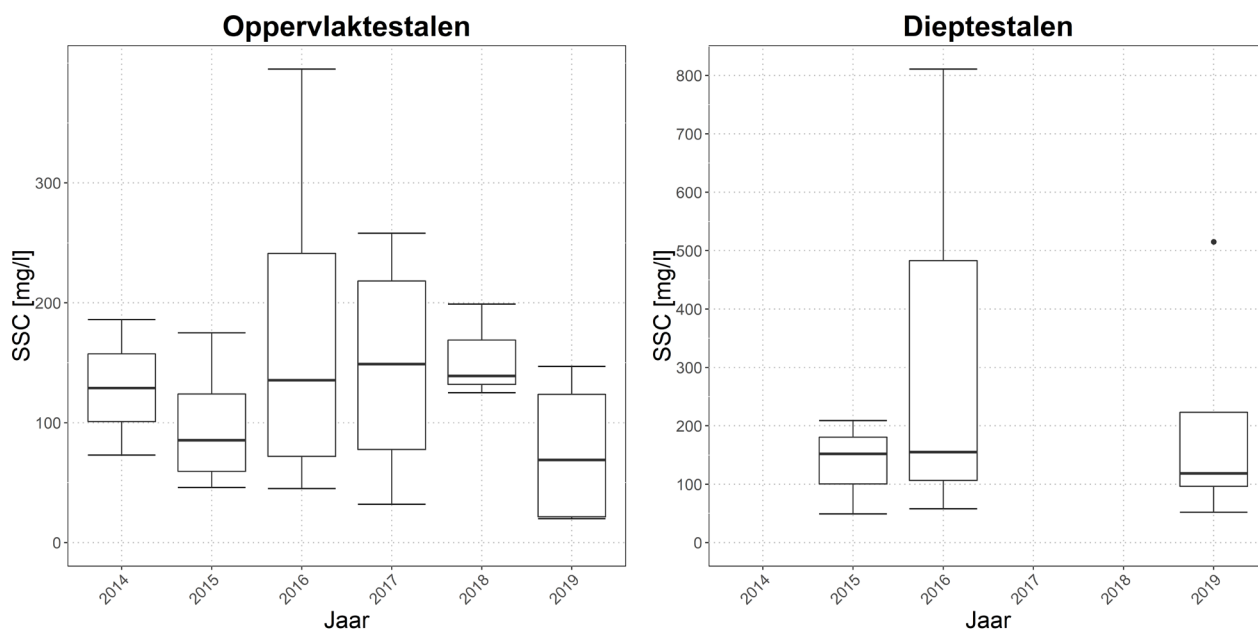
Figuur 122 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Temse (brug) tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.



Zele (kasteeltje)

Sinds de start van de staalnames in 2014 is de sedimentconcentratie, zowel bij het oppervlak (± 125 mg/l) als bij de bodem (± 200 mg/l), tamelijk constant (Figuur 123). In 2019 ligt het mediane sedimentgehalte bij het oppervlak duidelijk lager dan in voorgaande jaren. Bij de bodem is de mediane waarde dat jaar wel lager in vergelijking met de andere jaren. De extremen zijn wel vergelijkbaar.

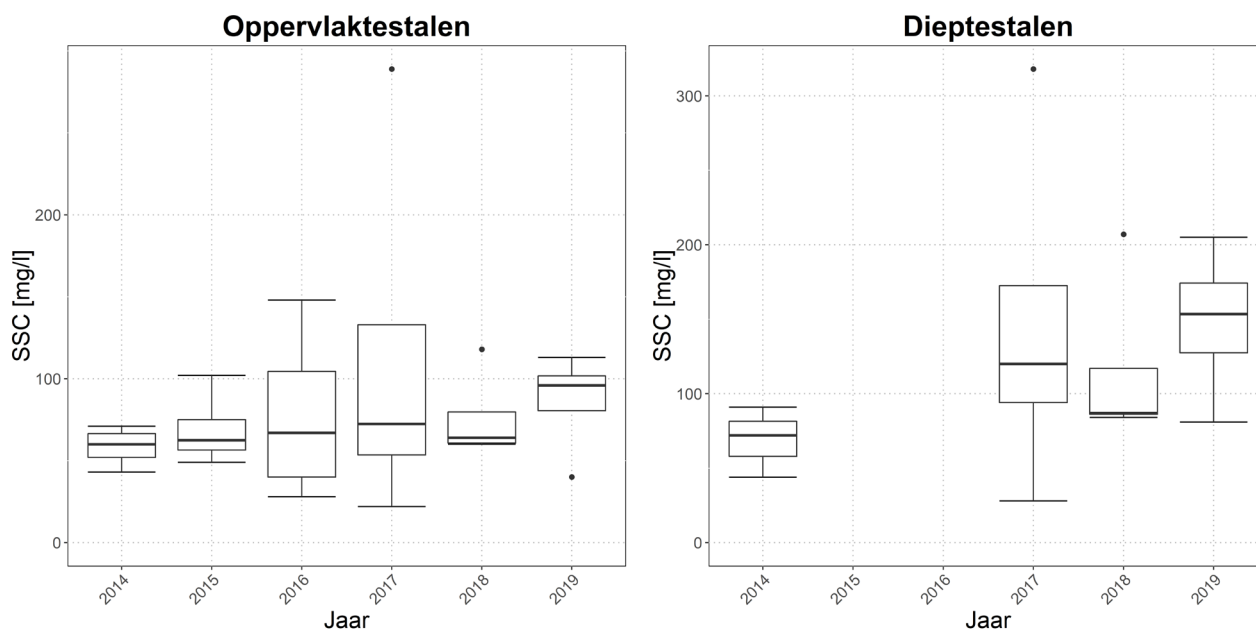
Figuur 123 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Zele (kasteeltje) tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.



Melle

In het opwaartse deel van de Zeeschelde zijn de locaties met voldoende dieptestalen beperkt. Melle (Figuur 124) is de locatie met de meeste en recentste data. Het sedimentgehalte is er bij het oppervlak ongeveer 60 mg/l. 2017 kent, in tegenstelling tot de overige locaties, de hoogste waarde. Idem bij de dieptestalen. De mediane concentratie bij de bodem schommelt er rond 100 mg/l.

Figuur 124 – Historisch verloop van de sedimentconcentratie (2014-2019) in Melle tijdens de halftij-eb-vaarten: boxplot met mediaan, interkwartielafstand, minimum, maximum en uitschieters.



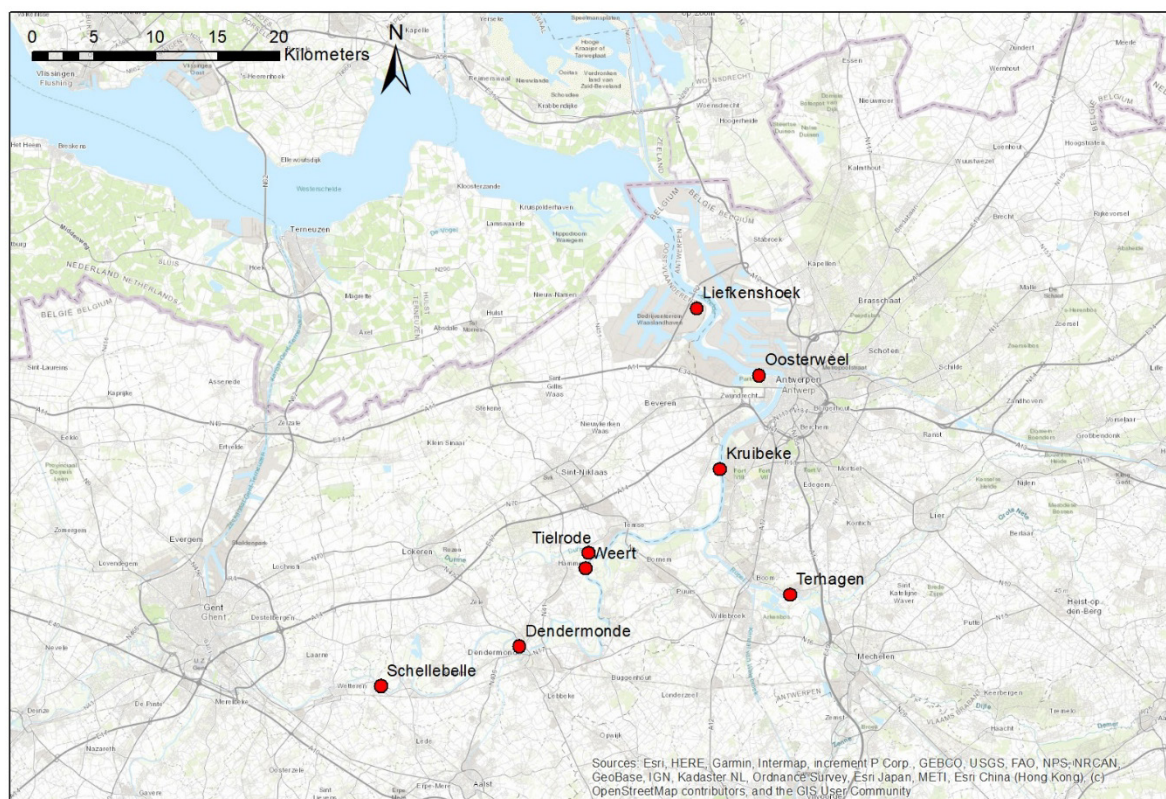
4.5 Meetcampagnes - 13u-metingen

4.5.1 Meetlocaties en meetinstrumenten

Aqua Vision heeft in 2019 in opdracht van het Waterbouwkundig Laboratorium op 8 locaties (Figuur 125, Tabel 18) 13u-metingen uitgevoerd en verwerkt. Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijcyclus continu dwarsraaien gevaren. Tijdens de meting wordt de watersnelheid gemeten en worden er stalen genomen om het sedimentgehalte te kunnen bepalen. De snelheid wordt gemeten met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) dat onder het schip wordt gemonteerd. Met een YSI (optische backscatter sensor) is de turbiditeit gemeten. De turbiditeit kan omgerekend worden naar de gesuspendeerde sedimentconcentratie (SSC) aan de hand van een kalibratiecurve die wordt opgemaakt aan de hand van de gemeten SSC uit watermonsters. Meer gedetailleerde informatie over de 13u-metingen uit 2019 staat in de meetverslagen van Aqua Vision (Aqua Vision, 2019a-h)

Tabel 19 is een samenvatting van de voornaamste resultaten van de 13u-metingen van 2019. In de volgende paragrafen staan per locatie de resultaten beschreven in vergelijking met de 13u-metingen van de voorbije jaren.

Figuur 125 – Meetlocaties van de 13u-metingen in 2019.



Tabel 18 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en einduur in MET

Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur
Oosterweel	5/6/2019	5:51	17:54
Liefkenshoek	6/6/2019	6:55	19:59
Kruikeke	11/4/2019	6:26	18:41
Weert	7/5/2019	6:29	19:13
	2/9/2019	7:13	12:50
	11/9/2019	10:56	15:45
Dendermonde	3/6/2019	5:39	18:11
Schellebelle	8/4/2019	5:44	18:23
Terhagen	10/4/2019	5:50	18:49
Tielrode	16/9/2019	6:18	18:47

Tabel 19 – Waterpeil (bij 1^{ste} hoogwater, laagwater en 2^{de} hoogwater), stroomsnelheid, debiet, watervolume, sedimentconcentratie (SSC), sedimentflux (SSF), sedimentlading (SSL) bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de 13u-metingen in 2019.

Parameter		Liefkenshoek	Oosterweel ¹	Kruibeke ²	Weert ³			Dendermonde	Schellebelle ⁴	Terhagen ⁵	Tielrode	
					7/5	2/9	11/9					
Waterpeil (mTAW)	1 ^{ste} HW	5,82	5,68	5,27	5,83	6,21		5,28	5,19	5,58	5,98	
	LW	-0,03	-0,17	-0,20	-0,27	-0,08	0,02	0,71	1,87	-0,05	0,02	
	2 ^{de} HW	5,59	5,66	5,14	5,70		5,21	5,49	5,13	5,49	5,80	
Stroomsnelheid (m/s)	Eb	Max	1,01	1,07	0,97	1,14	1,01		0,97	0,72	1,04	0,59
		Gemiddeld	0,70	0,77	0,73	0,83	0,79		0,77	0,56	0,72	0,45
	Vloed	Max	1,11	1,36	1,08	1,17		0,98	1,24	0,87	0,81	1,15
		Gemiddeld	0,62	0,86	0,77	0,81		0,71	0,76	0,60	0,55	0,57
Debiet (m ³ /s)	Eb	Max	9 083	5 957	3 992	1 215	1 238		409	204	561	226
		Gemiddeld	6 162	3 707	2 635	828	969		311	142	346	111
	Vloed	Max	12 527	8 078	5 161	1 954		1 512	736	298	783	277
		Gemiddeld	6 141	4 662	3 252	1 148		967	435	183	393	122
Volume (Mm ³ /getijcyclus)	Eb	Totaal	154,66	96,21	58,17	19,24	19,38		7,87	3,92	8,48	2,39
	Vloed	Totaal	126,55	92,94	60,65	21,79		16,6	7,73	2,82	7,27	1,78
SSC ¹² (mg/l)	Eb	Gemiddeld	112	135	122	317	319		246	134	81	315
	Vloed	Gemiddeld	101	139	111	418		381	244	148	83	581
SSF (kg/m ² /s)	Eb	Gemiddeld	0,08	0,11	0,09	0,27	0,26		0,20	0,08	0,06	0,15
	Vloed	Gemiddeld	0,06	0,12	0,09	0,35		0,26	0,21	0,10	0,05	0,36
SSL (ton/getijcyclus)	Eb	Totaal	16 991	13 615	7 532	6 132	5 983		2 020	549	643	684
	Vloed	Totaal	12 577	13 024	7 303	9 953		6 385	2 180	497	656	1 011

¹ getij te Antwerpen

² getij te Hemiksem

³ getij te Temse | OP 7/5 is een volledige 13u-meting uitgevoerd, op 2/9 enkel tijdens eb en op 11/9 enkel tijdens vloed. Daarom lijkt het dat er in deze kolommen data ontbreken.

⁴ getij te Uitbergen

⁵ getij te Boom

¹² De ADCP afgeleide SSC

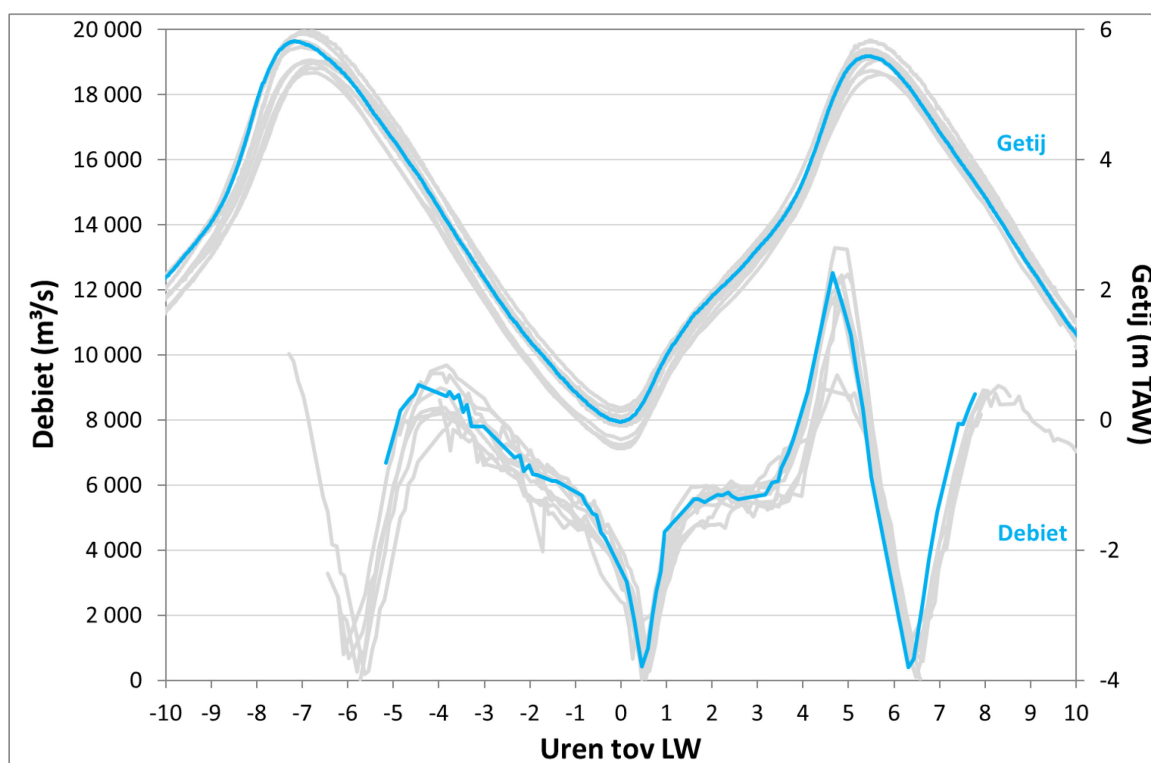
4.5.2 Liefkenshoek

Op 6 juni 2019 is er ter hoogte van Liefkenshoek een 13u-meting uitgevoerd. Figuur 126 (getij/debiet), Figuur 127 (SSC) en Figuur 128 (SSF) tonen de meetresultaten in vergelijking met de meetcampagnes van de voorgaande jaren.

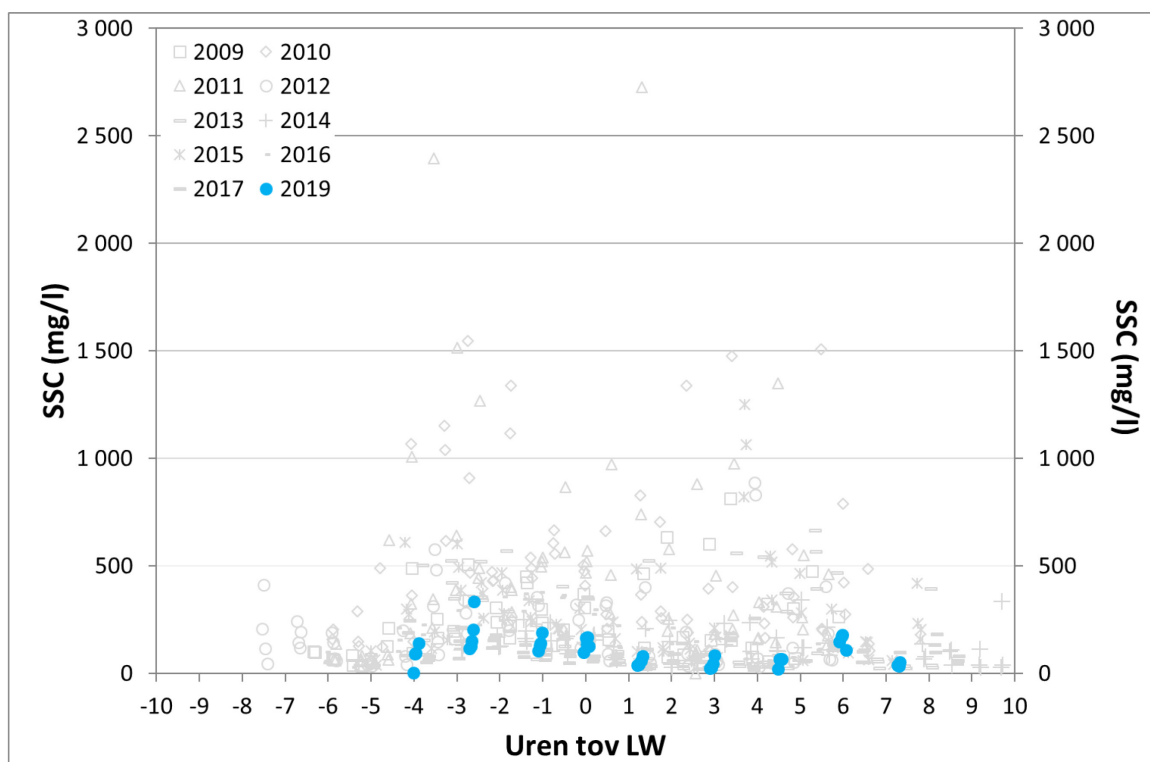
Vanaf 2009 worden er in Liefkenshoek 13u-metingen uitgevoerd. Al deze jaren is een gelijkaardig patroon gemeten van debiet. De debieten in 2012 en 2016 waren kleiner dan deze voor de overige jaren, veroorzaakt door een kleiner getijverschil bij deze meting. In vergelijking met de voorgaande meetcampagnes was het getij en het debiet op 6 juni normaal.

De maximale sedimentconcentratie is wel laag. Enkel in 2014 en 2017 waren de resultaten vergelijkbaar. De overige stalen kennen een lage, maar niet uitzonderlijke, SSC. Dit resulteert in een sedimentflux die relatief laag is, zowel tijdens eb als vloed. Maar, die ook hier niet uitzonderlijk is.

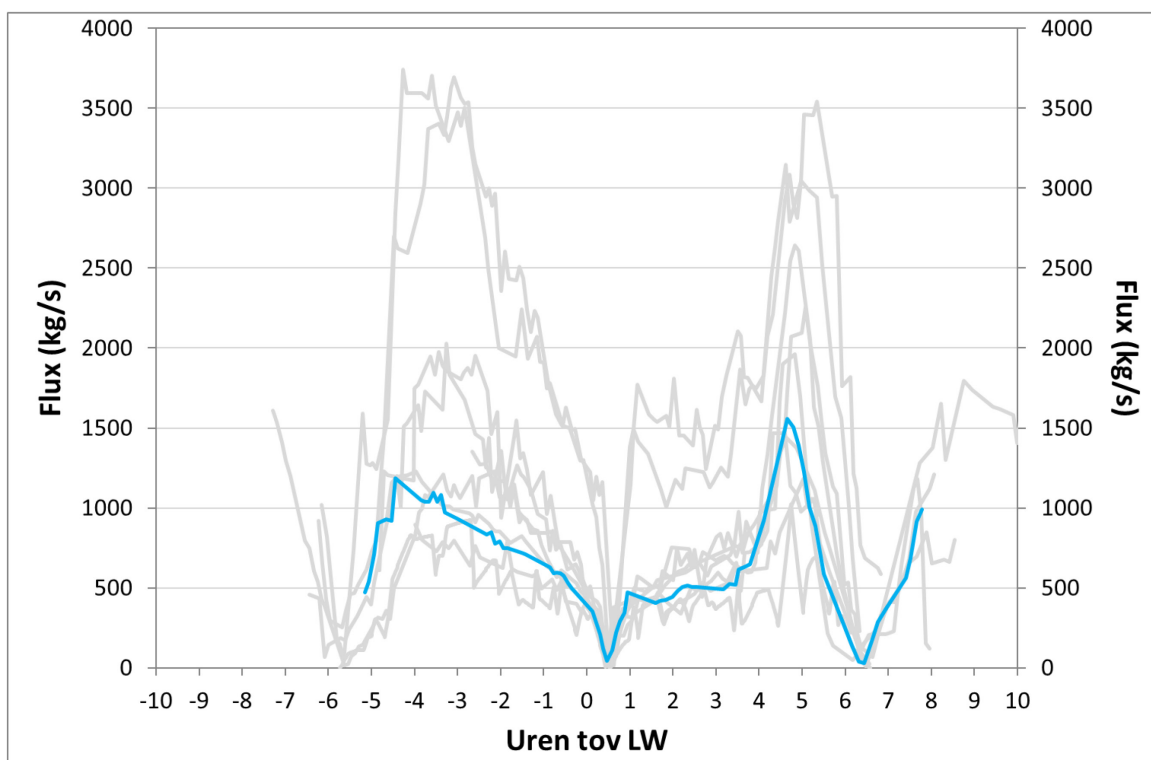
Figuur 126 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019.



Figuur 127 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).



Figuur 128 – SSF tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek tussen 2009 en 2019.



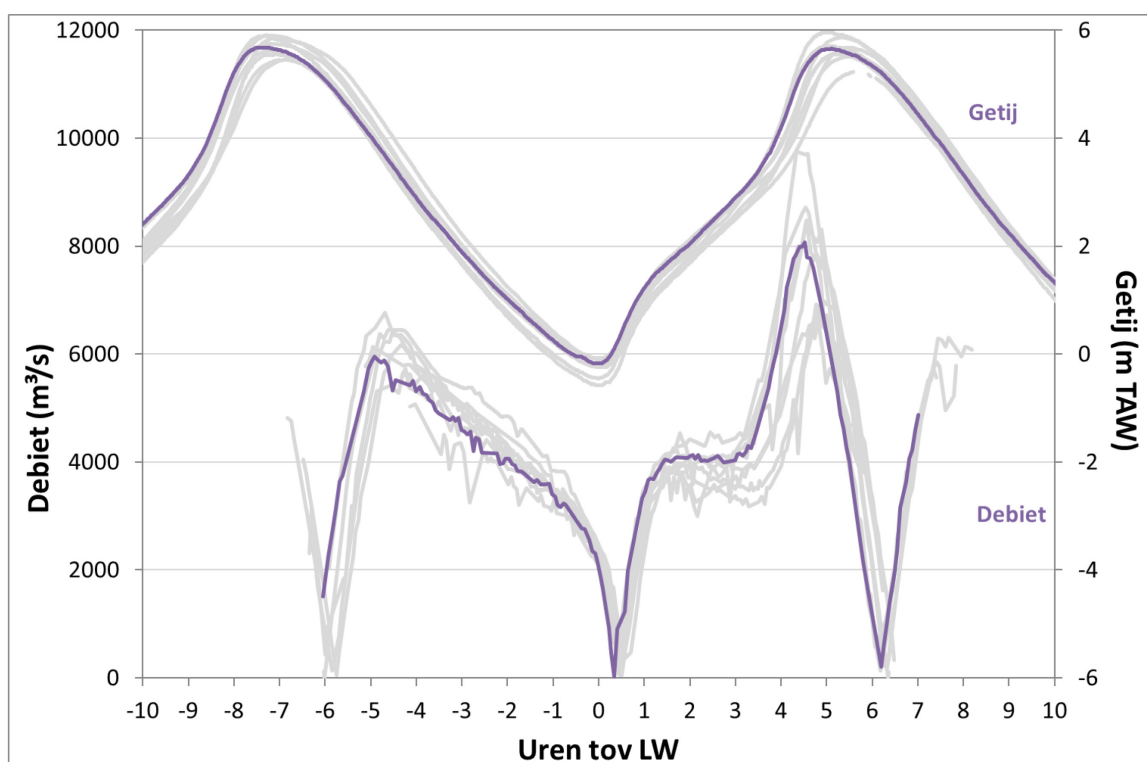
4.5.3 Oosterweel

Op 5 juni 2019 is een 13u-meting uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde ter hoogte van Oosterweel. Figuur 129 (getij/debiet), Figuur 130 (SSC) en Figuur 131 (SSF) tonen de meetresultaten in vergelijking met de meetcampagnes van de voorgaande jaren.

Op het moment van de meting was het bijna springtij. Het gemiddelde (2011-2015) hoogwater bij springtij in Antwerpen¹³ is 5,70 mTAW (Hertoghs et al., 2018), tijdens de 13u-meting waren de hoogwaterstanden 5,68 en 5,65 mTAW. Het laagwater in Antwerpen was -0,17 mTAW, een gemiddeld springtij is -0,29 mTAW. Het laagwater was tijdens deze 13u-meting dus betrekkelijk hoog. T.o.v. de laagwaters tijdens de voorgaande campagnes was het debiet tijdens eb laag. Tijdens vloed was het, langs de andere kant, hoog.

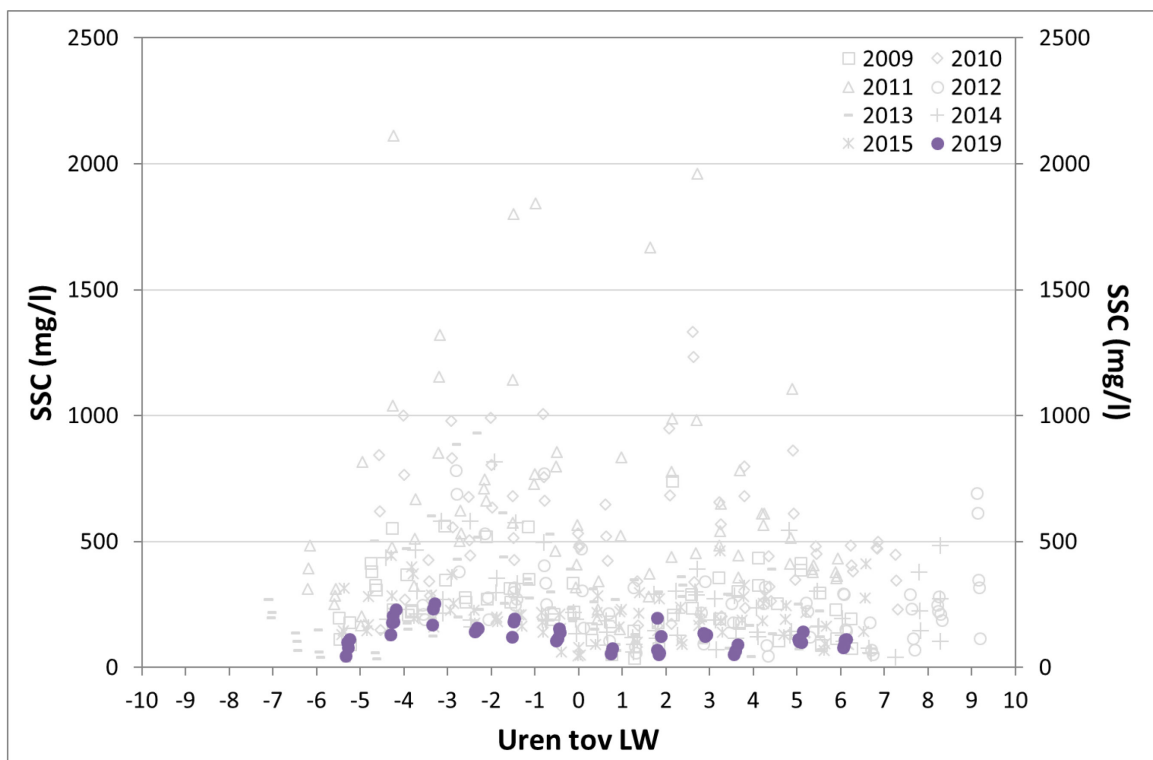
De maximale sedimentconcentratie is wel laag (250 mg/l). Tijdens eb werden de laagste concentraties van al de voorgaande 13u-metingen gemeten. Ook tijdens vloed werden lage concentraties gemeten, maar dat is tijdens de voorgaande campagne ook al eens gebeurd. De lage afvoer en lage SSC tijdens eb, vertaalt zich in een zeer lage sedimentflux. Ook in de beginfase van vloed (tot 3,5 u na kentering LW) is de flux zeer laag.

Figuur 129 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019.

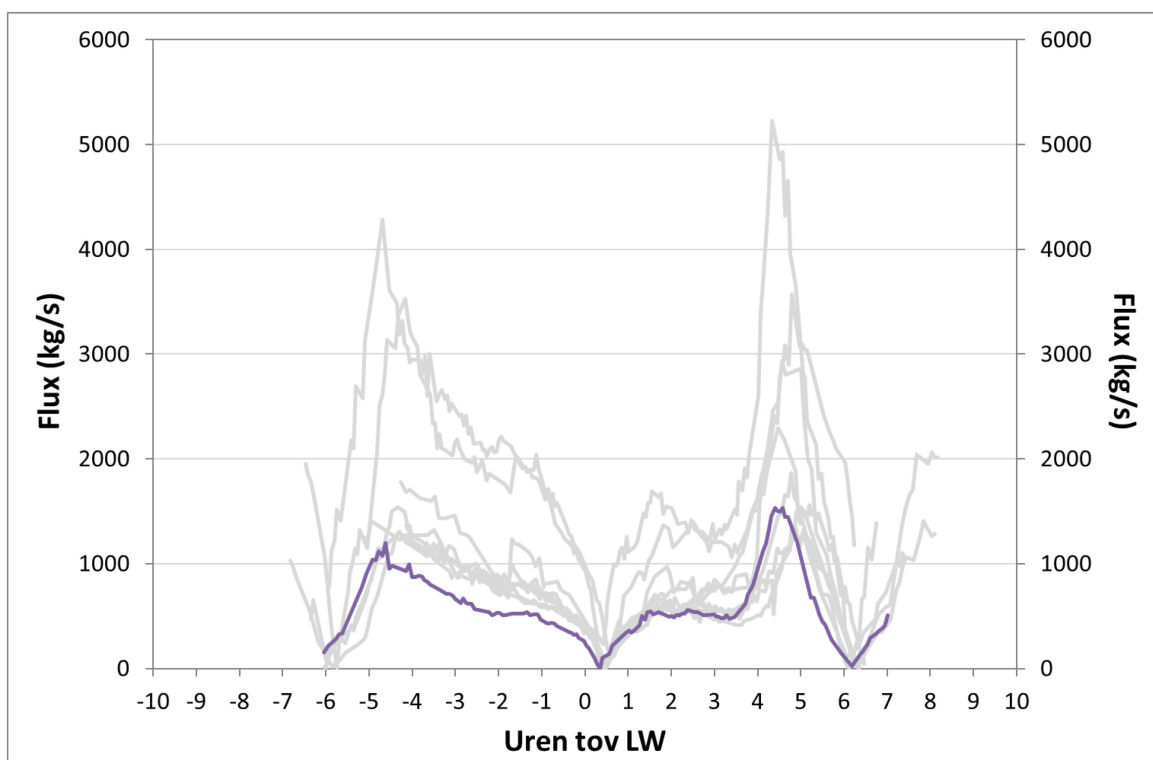


¹³ In Oosterweel wordt de waterstand sinds 2014 niet meer gemeten. Daarom wordt Antwerpen gebruikt om het getij op het moment van de 13u-meting te beschrijven.

Figuur 130 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen).



Figuur 131 – SSF tijdens de 13u-metingen in Oosterweel tussen 2009 en 2019.



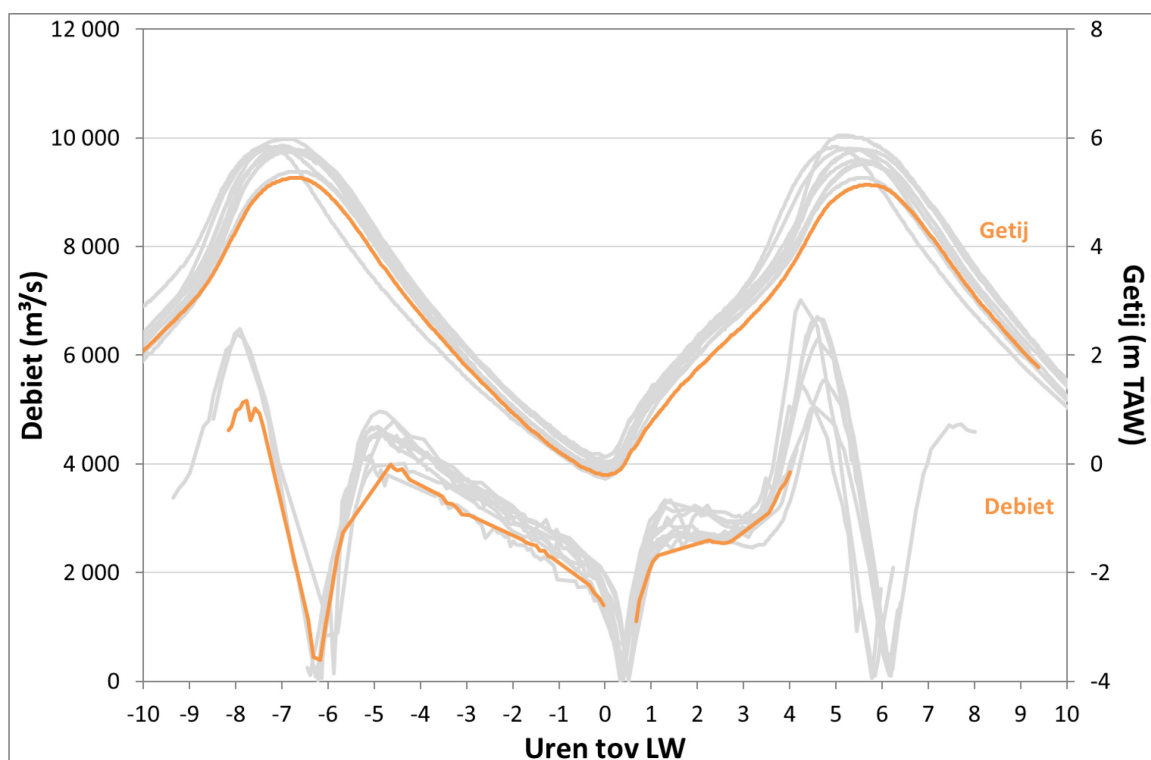
4.5.4 Kruibeke

Op 11 april 2019 is een 13u-meting uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde ter hoogte van Kruibeke. Figuur 132 (getij/debiet), Figuur 133 (SSC) en Figuur 134 (SSF) tonen de meetresultaten in vergelijking met de meetcampagnes van de voorgaande jaren.

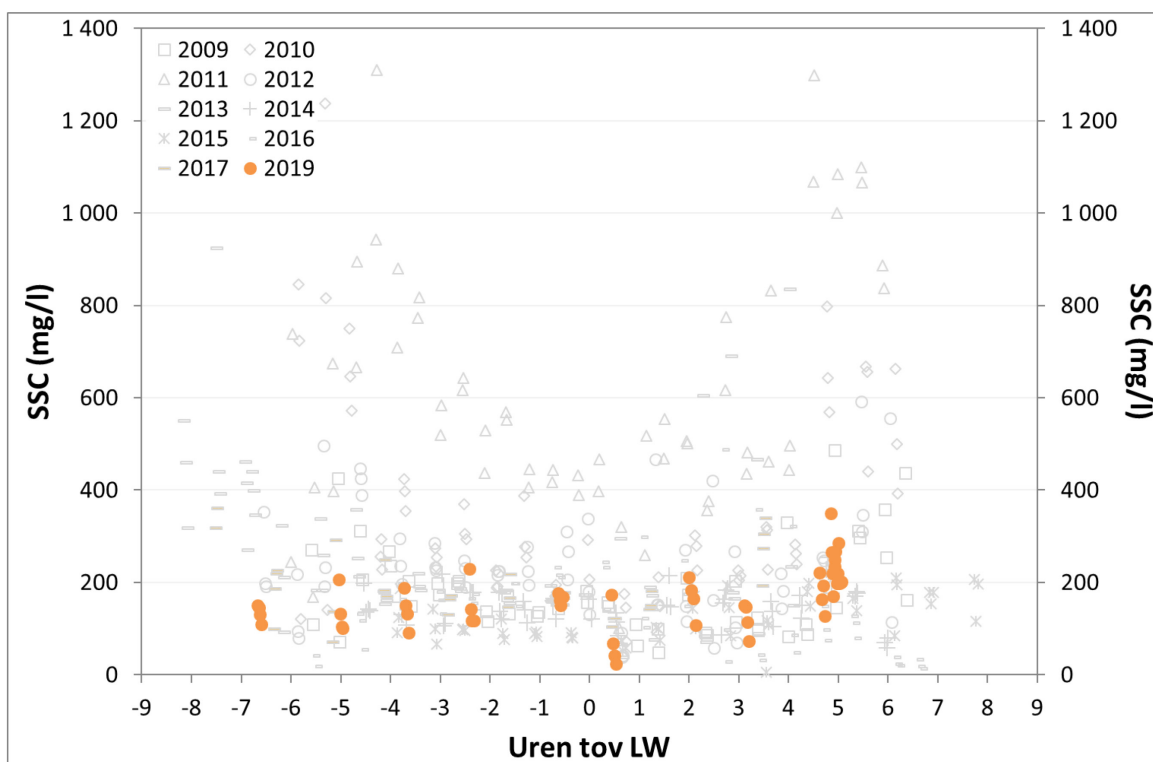
Het getij was tijdens de meting vrij laag. De hoogwaters waren het laagst van al de voorgaande meetcampagnes, ook het laagwater was relatief laag. Het debiet was tijdens eb vrij laag, vergelijkbaar met de 13u-meting van 2012. Ook de eerste 3 u na kentering LW was de afvoer tijdens vloed laag. Rond kentering LW zijn er geen debietmetingen, daarom zakt het debiet niet tot 0 m/s.

De sedimentconcentratie is vrij laag, maar dat is tijdens de voorgaande campagne ook al eens gebeurd. De resulterende sedimentflux is laag en vergelijkbaar met de resultaten van de campagnes uit 2014, 2015 en 2016.

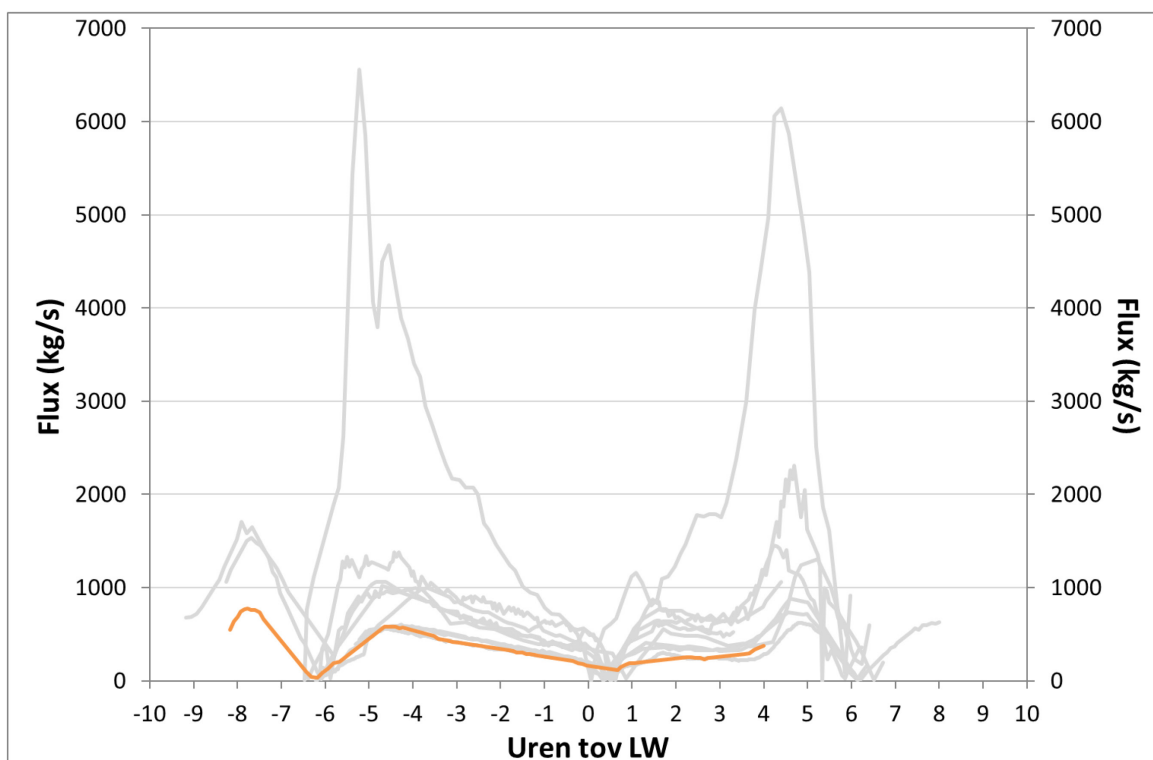
Figuur 132 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruibeke tussen 2009 en 2019.



Figuur 133 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Kruibeke tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)



Figuur 134 – SSF tijdens de 13u-metingen in Kruibeke tussen 2009 en 2019.

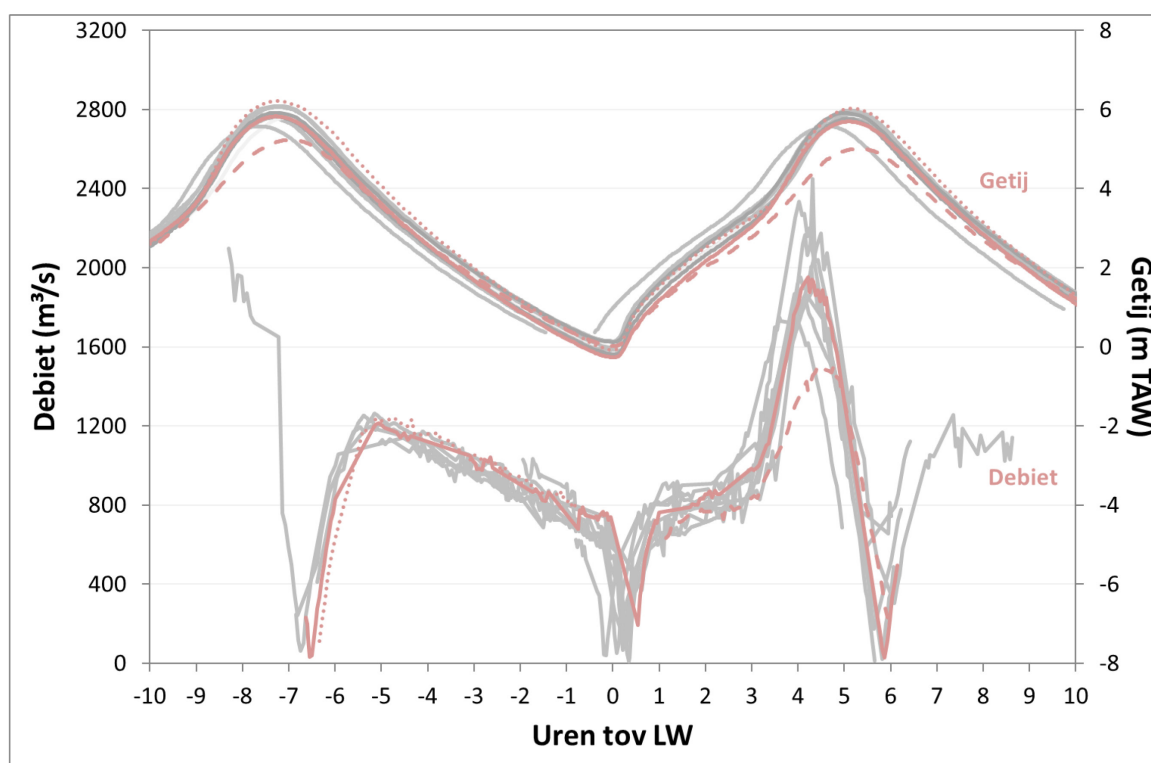


4.5.5 Weert

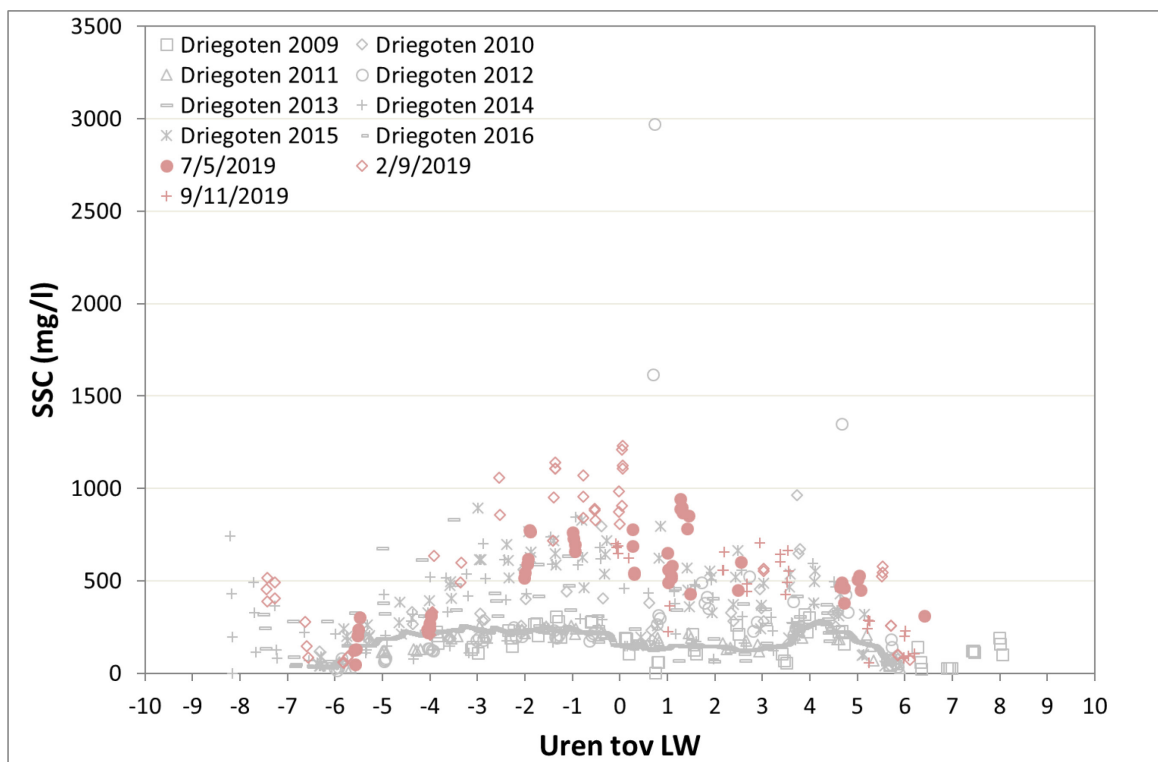
Sinds de continue meetinstallatie verplaatst is van Driegoten naar Weert is er voor het eerst een 13u-meting uitgevoerd. Deze meting gebeurde op dezelfde meetraai als de voorgaande meetcampagnes van Driegoten. Op 7 mei 2019 is een volledige 13u-meting uitgevoerd. Op 2 september 2019 is er enkel tijdens eb gemeten, op 11 september 2019 tijdens vloed. Tijdens de 2 laatste campagnes is het debiet rond laagwater niet gemeten. Hierdoor is er ook geen flux tijdens deze periode. Figuur 135 (getij/debiet), Figuur 136 (SSC) en Figuur 137 (SSF) tonen de meetresultaten.

Zowel de metingen van 7 mei als 2 september waren rond springtij. De meting van 11 september was rond doortij. In vergelijking met de vorige meetcampagnes was het debiet tijdens eb zowel op 7 mei als op 2 september hoog. Tijdens vloed was het debiet op 11 september beduidend lager dan de metingen de voorbije jaren. De SSC was, in vergelijking met eerdere 13u-metingen, hoog met name rond kentering en tijdens vloed. Er werden maxima gemeten rond kentering tussen 600 en 1200 mg/l.. Dit zorgde tijdens vloed, ondanks de lagere afvoeren, voor een relatief hoge sedimentflux.

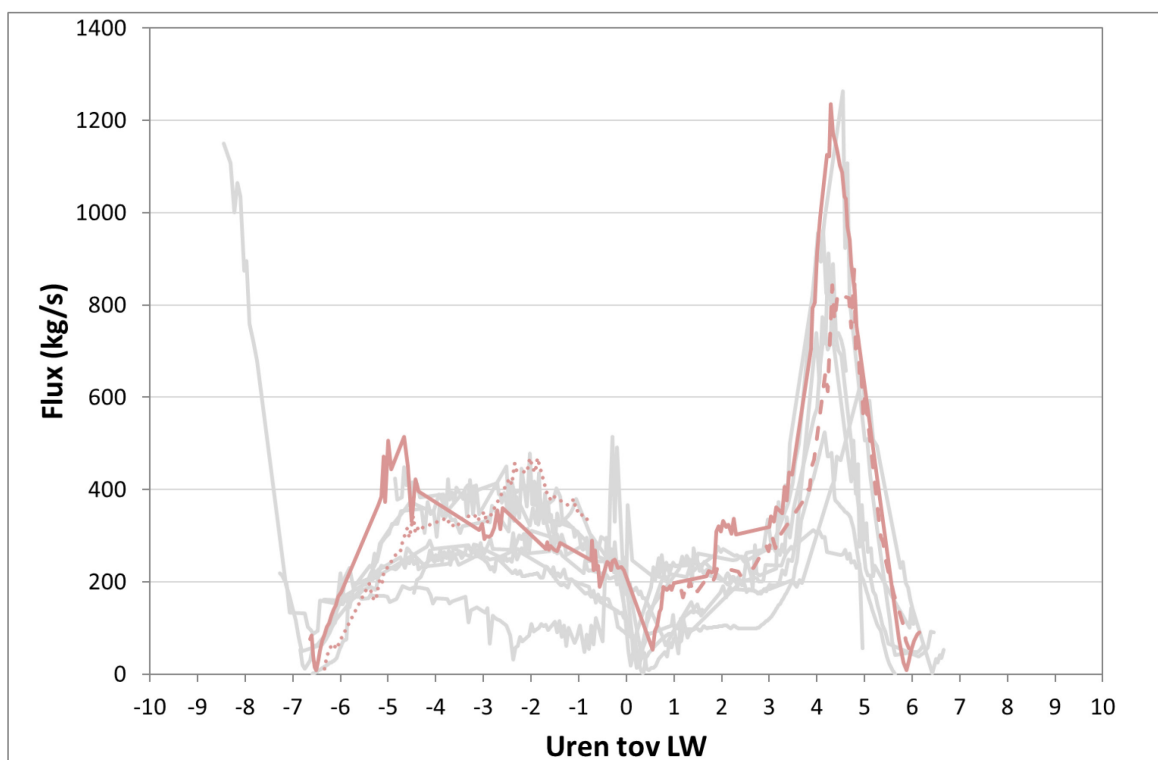
Figuur 135 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019.



Figuur 136 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)



Figuur 137 – SSF tijdens de 13u-metingen in Weert/Driegoten tussen 2009 en 2019.

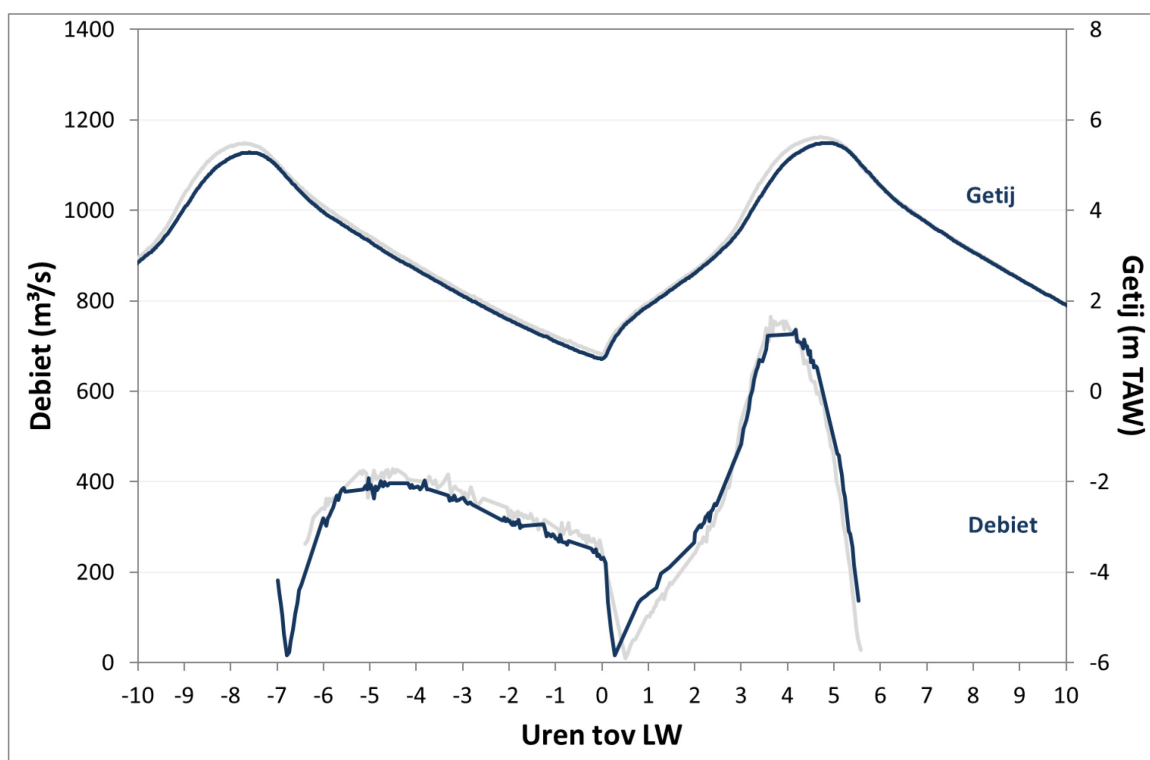


4.5.6 Dendermonde

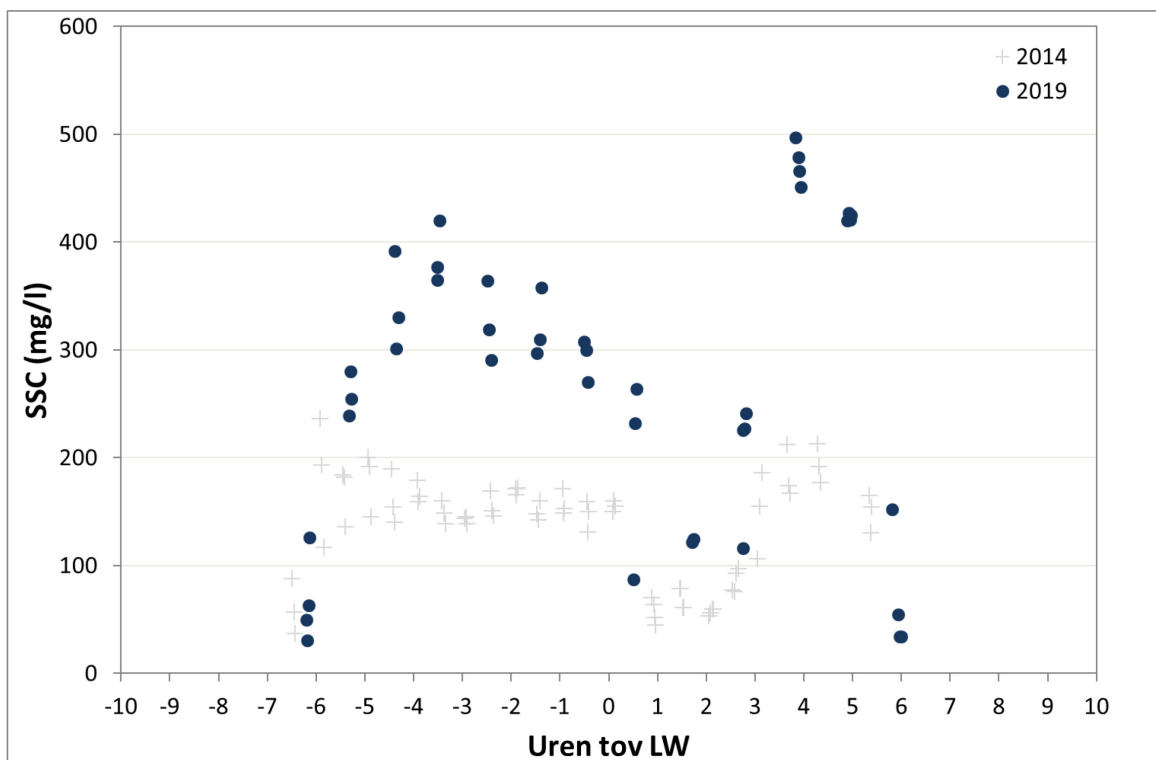
In Dendermonde is in 2014 voor het eerst gemeten. Tot 3 juni 2019 was dat ook de enige meting. Figuur 138 (getij/debiet), Figuur 139 (SSC) en Figuur 140 (SSF) tonen de onderlinge meetresultaten.

Het getij en het debiet waren tijdens beide metingen quasi gelijk. De sedimentconcentratie was tijdens meting van 2019 wel dubbel zo hoog als de metingen van 2014. Met als resultaat dat ook de sedimentflux veel hoger was dan in 2014.

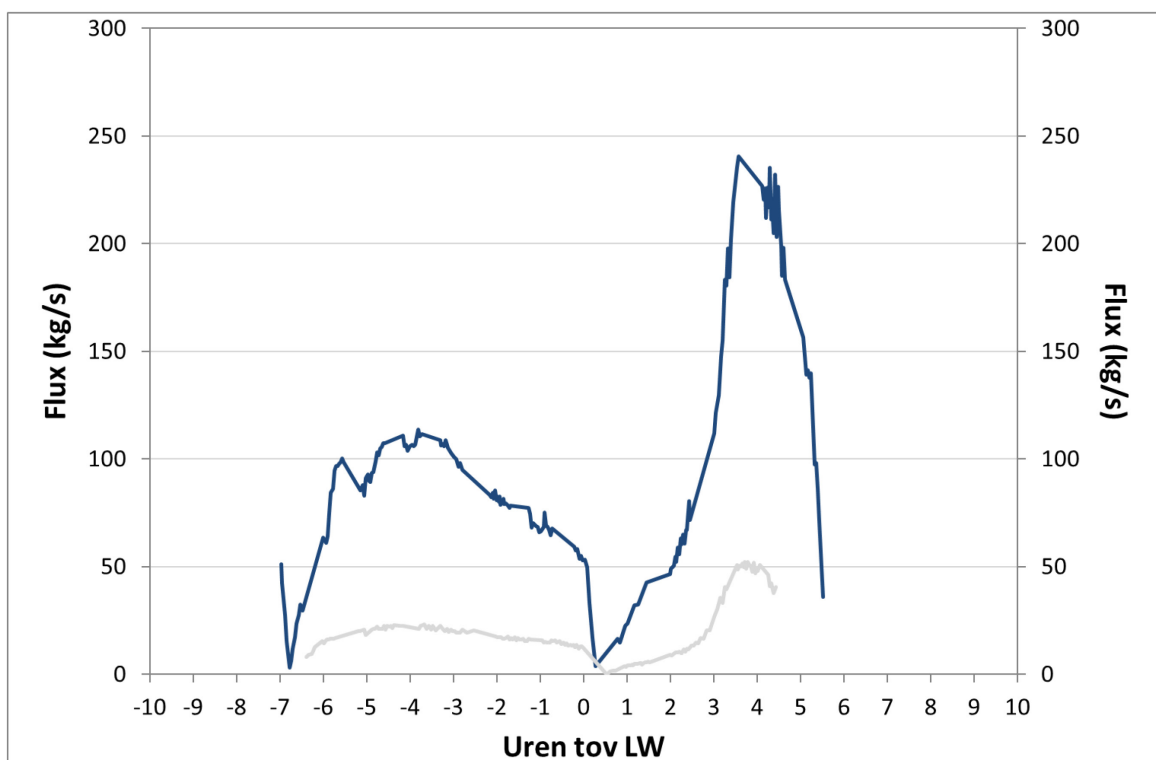
Figuur 138 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019.



Figuur 139 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)



Figuur 140 – SSF tijdens de 13u-metingen in Dendermonde tussen 2014 en 2019.

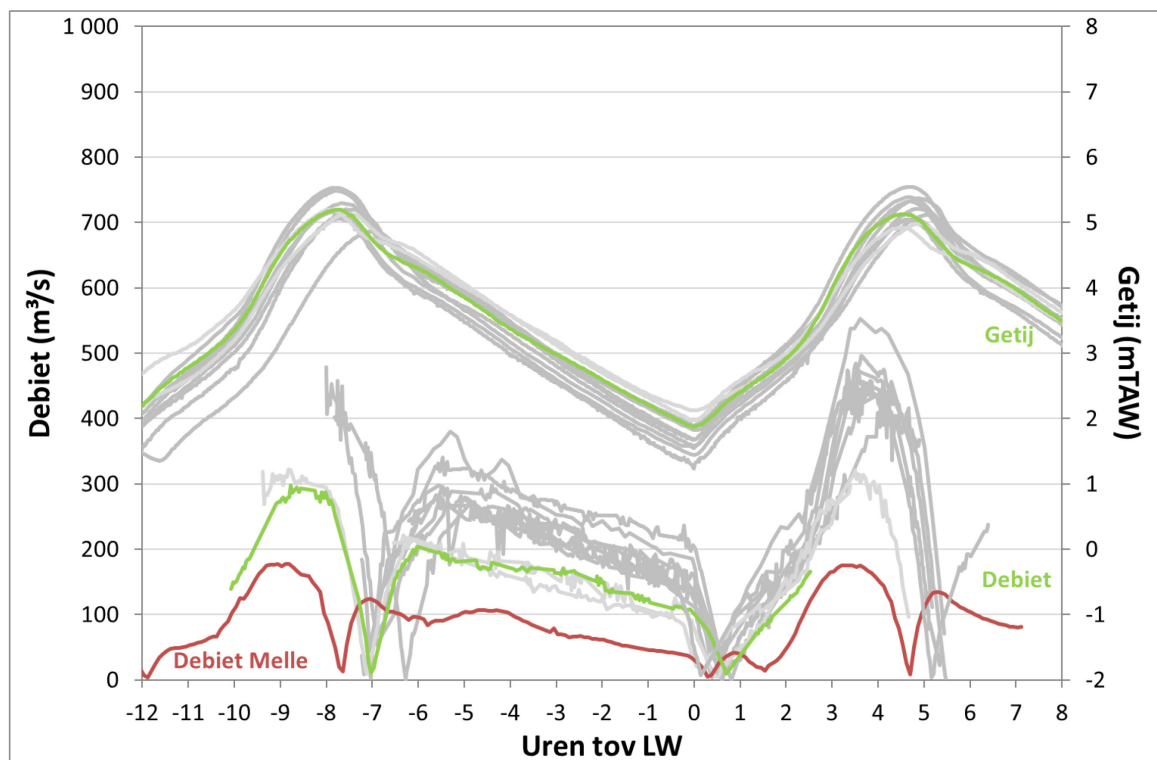


4.5.7 Schellebelle

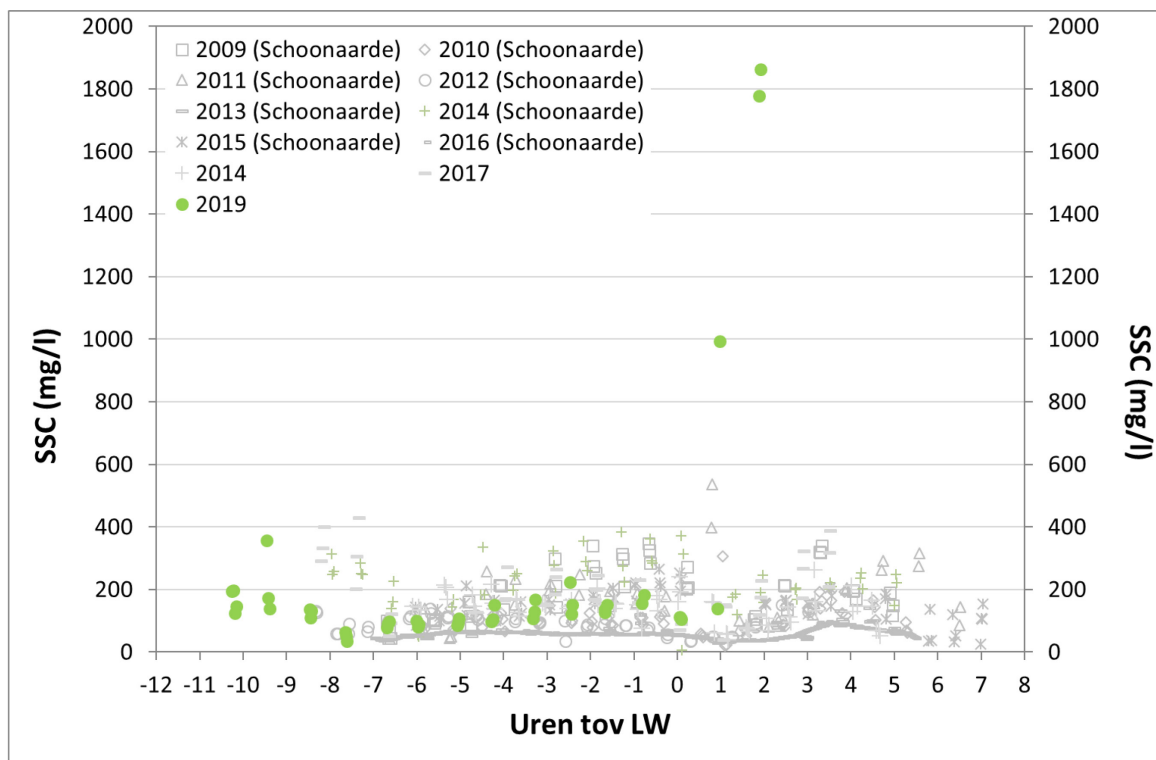
In Schellebelle zijn er drie 13u-metingen uitgevoerd: 2014, 2017 & 2019. Om de metingen wat te kaderen zijn de historische 13u-metingen van Schoonaarde (ruim 8 km afwaarts Schellebelle) aan de grafieken toegevoegd. Zowel voor getij als debiet gebeurde dat in vergelijkbare omstandigheden (Figuur 141). In vergelijking met de metingen in Schoonaarde is het debiet wel laag, zowel in 2014 en 2017 (lichtgrijs) als in 2019 (groen). Ter vergelijking is ook de bovenafvoer gemeten in Melle aan Figuur 141 toegevoegd. Deze is ongeveer de helft van wat er in Schellebelle gemeten wordt.

De sedimentconcentratie was vergelijkbaar tussen de 13u-meetcampagnes (Figuur 142). Enkel de laatste drie staalnamen wijken ernstig af (Figuur 143). Deze zijn als uitschieters beschouwd en zijn niet meegenomen in de berekening van de sedimentflux (AquaVision, 2019f) waardoor ook deze parameter vergelijkbare resultaten als in 2014 en 2017 vertoont.

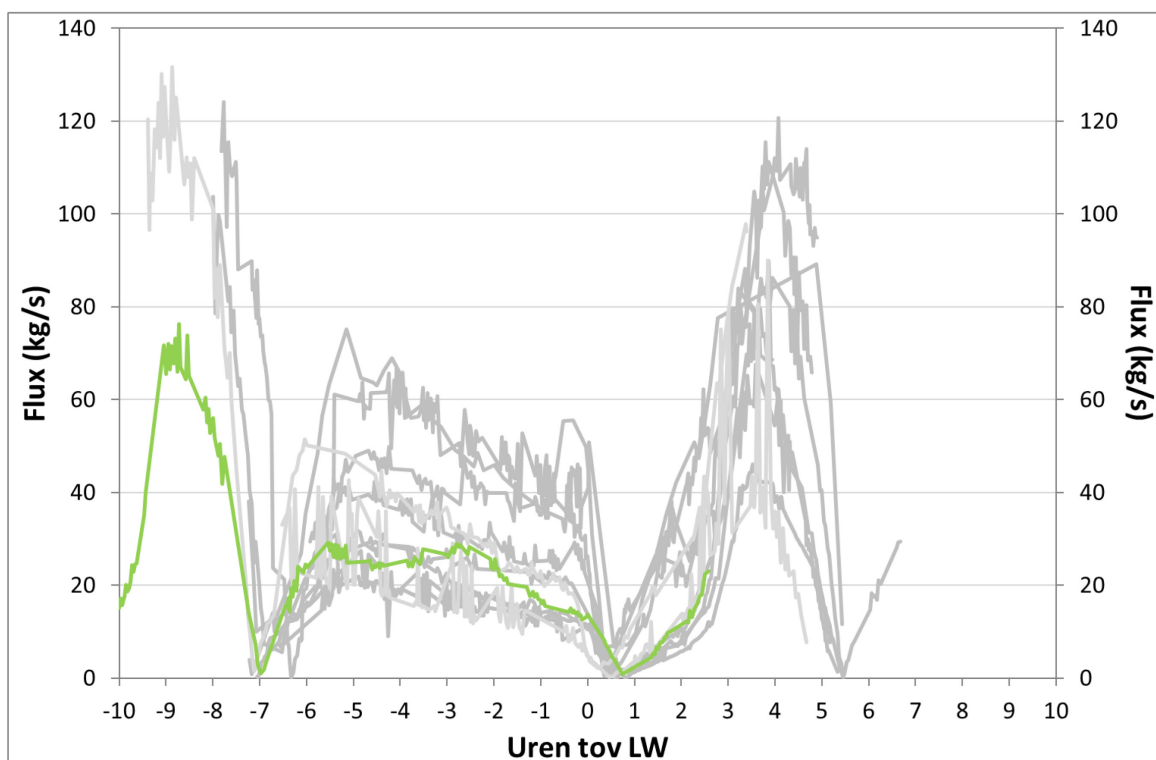
Figuur 141 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde tussen 2014 en 2019, aangevuld met het gemeten debiet in Melle tijdens 13-uursmeting in 2019 te Schellebelle.



Figuur 142 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Schellebelle tussen 2014 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)



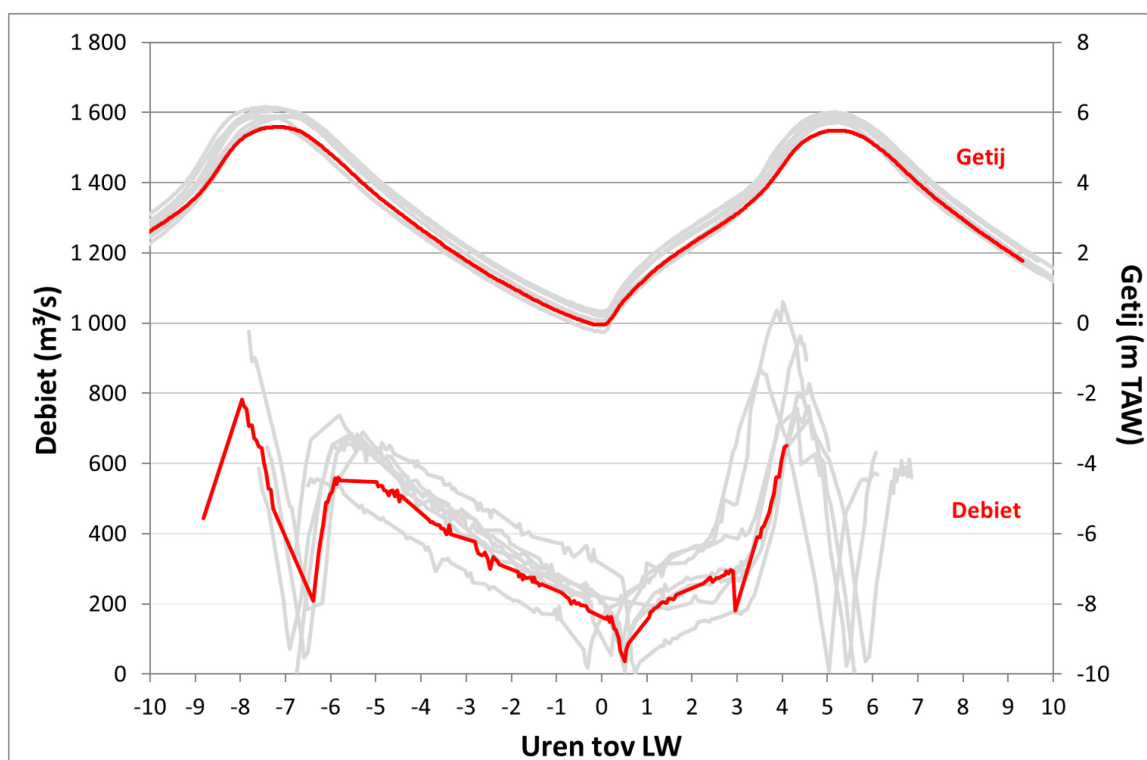
Figuur 143 – SSF tijdens de 13u-metingen in Schellebelle tussen 2014 en 2019.



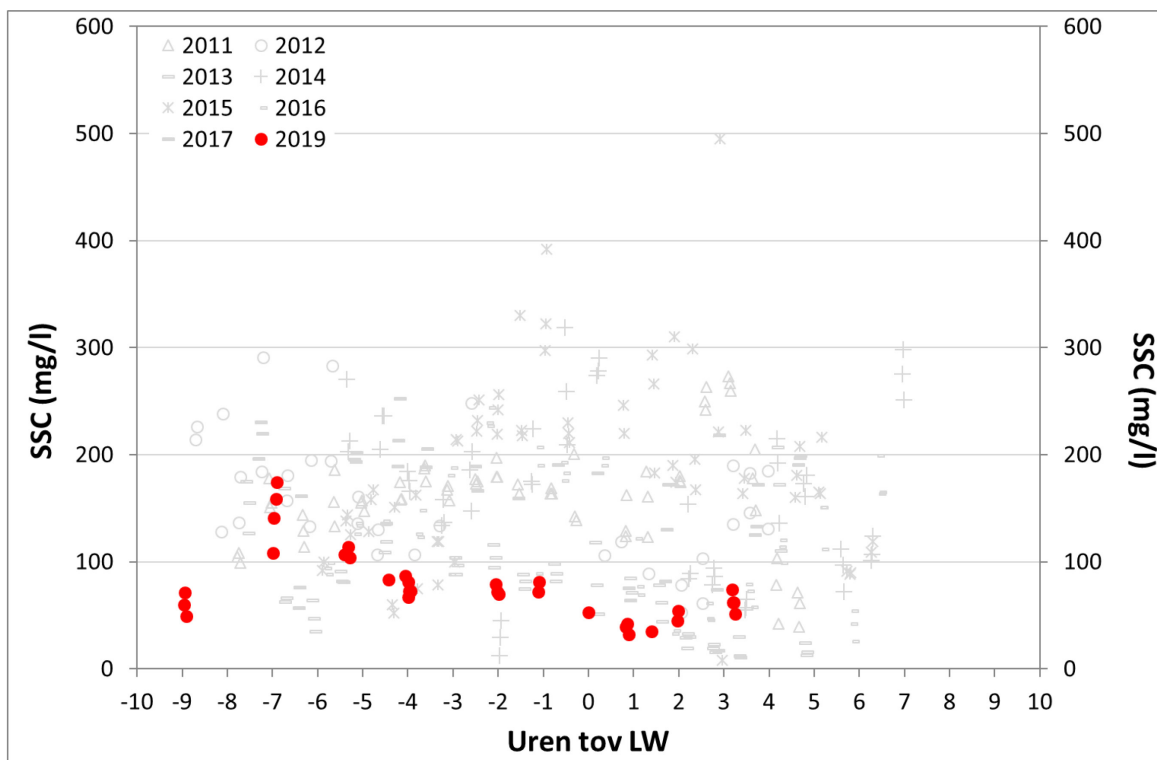
4.5.8 Terhagen

Op 10 april 2019 is ter hoogte van Terhagen een 13u-meting uitgevoerd. Ten opzichte van de jaren ervoor was de waterstand laag (Figuur 144), zowel voor hoog- als laagwater. Ook het debiet was redelijk laag, vnl. tijdens eb. Tijdens eb was ook de sedimentconcentratie laag (Figuur 144). Met als resultaat dat de sedimentflux tijdens eb ook het laagst is van al de 13u-metingen die sinds 2011 zijn uitgevoerd (Figuur 145). Ook tijdens vloed was de flux redelijk laag, enkel tijdens de campagnes van 2012 en 2015 was deze lager.

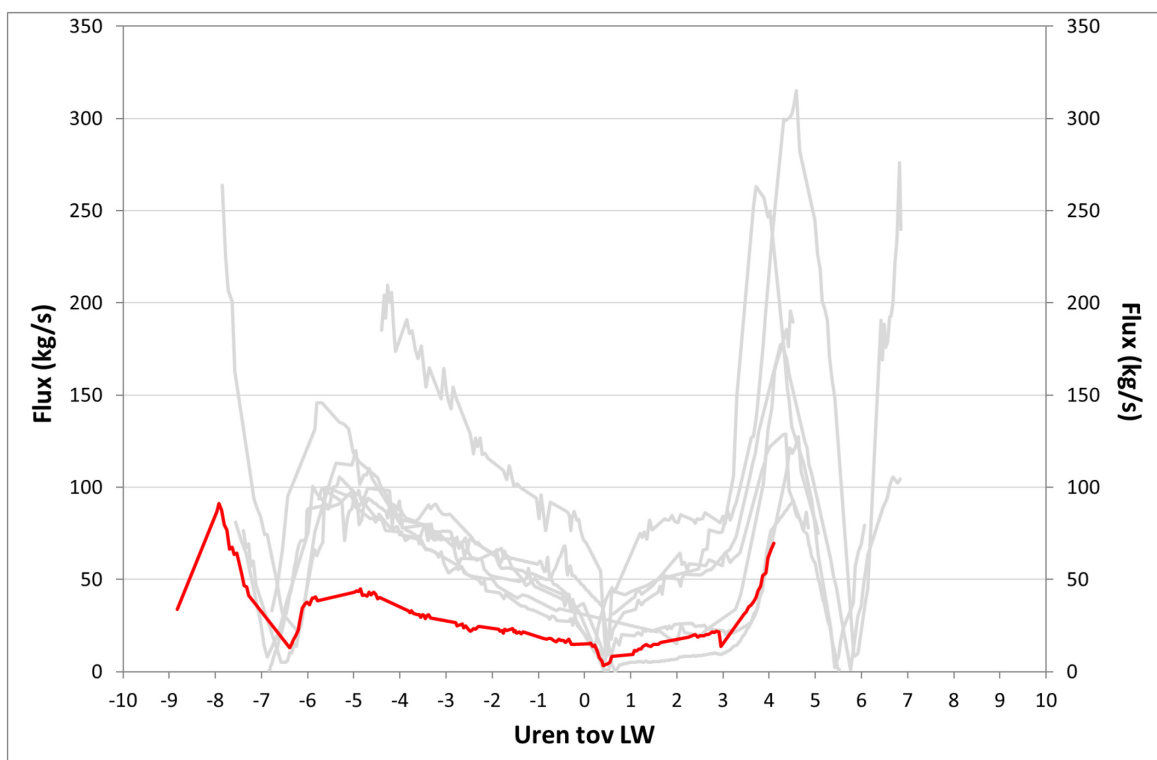
Figuur 144 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019.



Figuur 145 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019 (op meerdere dieptes genomen)



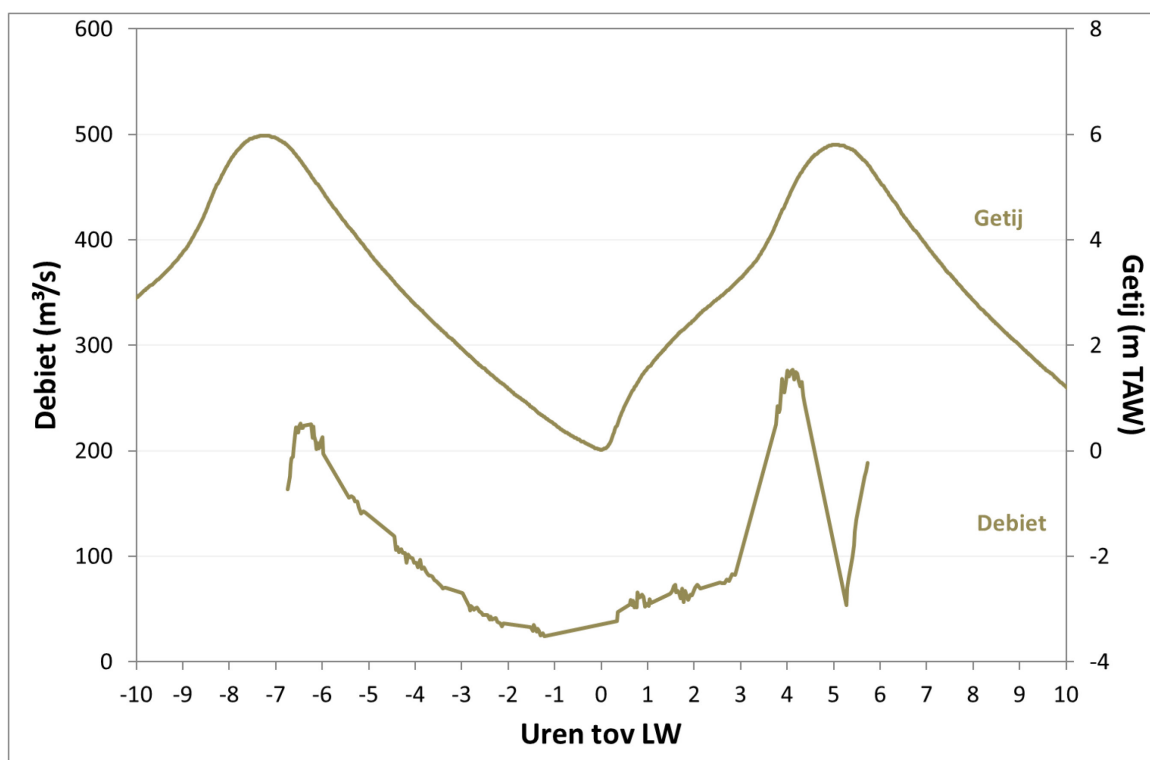
Figuur 146 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen tussen 2011 en 2019.



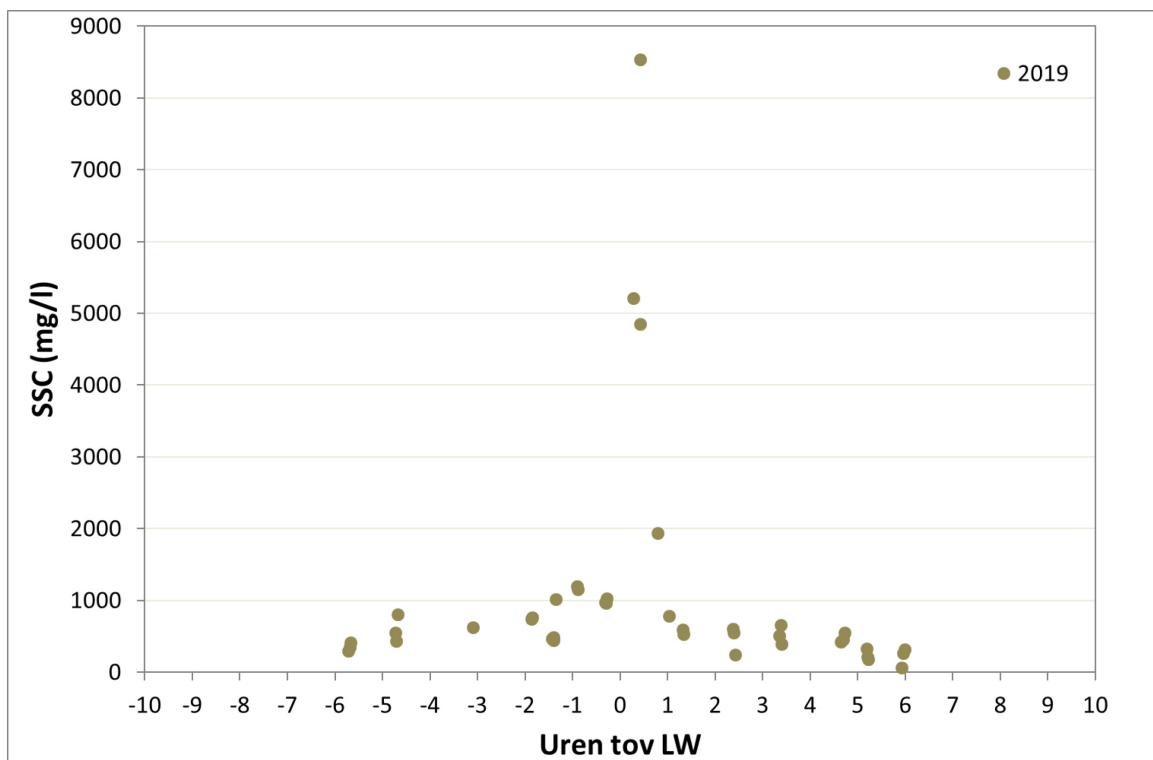
4.5.9 Tielrode

In 2019 is voor het eerst in Tielrode een 13u-meting gehouden. Vergelijkingen met voorgaande jaren is bijgevolg niet mogelijk. Rond laagwater zijn er geen debietmetingen (Figuur 147), het debiet zou tot 0 m³/s moeten zakken. Rond kentering LW is de SSC bijna 10x groter dan tijdens eb en vloed (Figuur 147). Op basis van terreinervaring met YSI metingen zijn dergelijke resultaten mogelijk. Dit zorgt bij kentering laagwater voor een bijkomende piek in de sedimentflux naast de pieken die veroorzaakt worden door de hoge afvoer (Figuur 149).

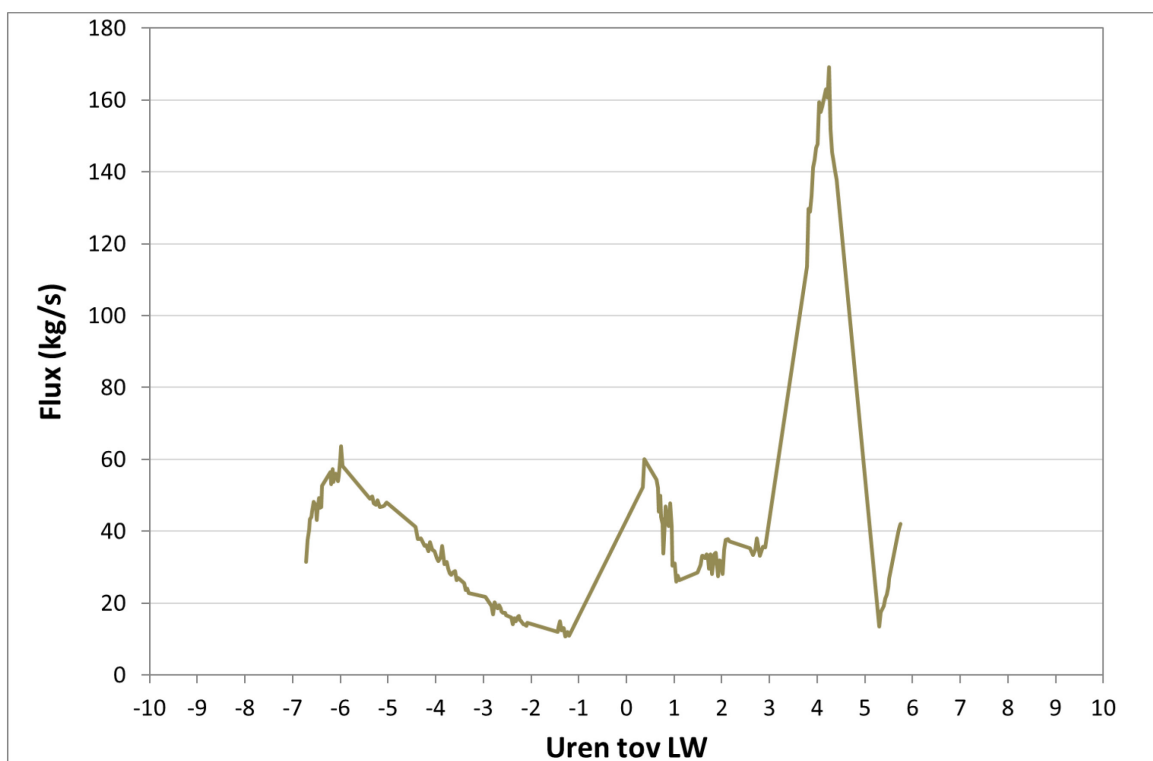
Figuur 147 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019.



Figuur 148 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019 (op meerdere dieptes genomen)



Figuur 149 – SSF tijdens de 13u-metingen in Tielrode in 2019.



4.6 Hoogfrequente golfmetingen

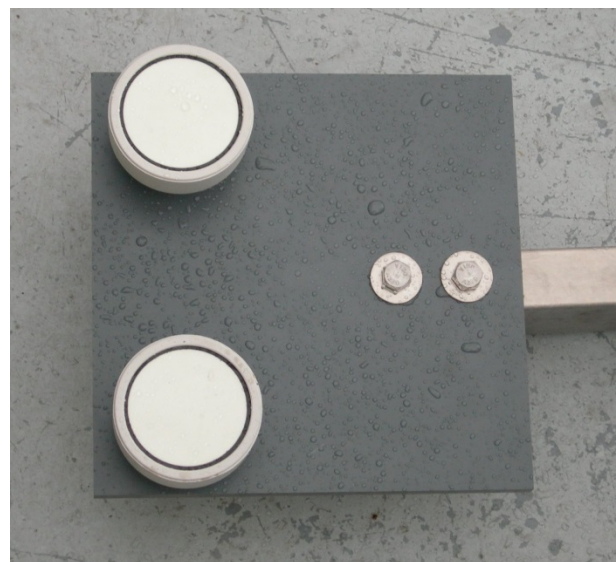
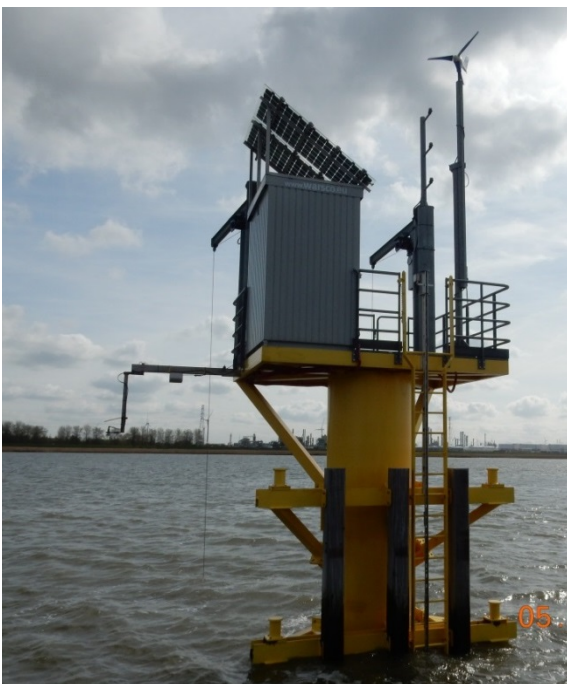
In het kader van MONEOS heeft het Waterbouwkundig Laboratorium op 30 mei 2010 een golvenmeter geïnstalleerd, eerst ter hoogte van "Galgeschoor-Lillo", nadien werd het toestel verplaatst naar de nieuwe locatie "Lillo Meetpaal".

In het MONEOS-jaarboek 2011 werden de golfparameters een eerste maal gerapporteerd. In de jaarboeken van 2012 t.e.m. 2015 werden ze niet gerapporteerd. De oorzaak van het ontbreken van deze parameters in de jaarboeken was hoofdzakelijk te wijten aan technische problemen inzake de energievoorziening. In 2016 en 2017 waren deze problemen nog niet volledig van de baan, maar waren er al voldoende gegevens beschikbaar om te rapporteren. Vanaf midden mei 2018 was er terug een technisch probleem waardoor data voor 2018 na 18 mei ontbraken. Voor 2019 ontbreken gegevens voor de maanden januari en september en twee kortere perioden in juni en augustus.

4.6.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen"

De hoogfrequente golfmetingen worden uitgevoerd op de locatie "Lillo-meetpaal" met behulp van een Log_aLevel meettoestel (Figuur 150). Dit toestel zendt akoestische signalen uit om hoogfrequent (5 Hz) de afstand tot het wateroppervlak te meten. Hierbij wordt door het toestel zelf, door meting van een referentieafstand een correctie van de geluidsnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.

Figuur 150 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)



4.6.2 Resultaten

De hoogfrequente inwinning van gegevens laat toe een aantal karakteristieke waarden voor golven af te leiden. Hiervoor is geopteerd dezelfde parameters te kiezen als Rijkswaterstaat in de Westerschelde, waarbij een deel in voorliggend jaarboek wordt gepresenteerd. Het betreft volgende parameters:

- Gemiddelde golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{\text{gem}, 30\text{min}}$) en bijbehorende periode
- Maximale golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{\text{max}, 30\text{min}}$) en bijbehorende periode
- Significante golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{1/3, 30\text{min}}$) en bijbehorende periode

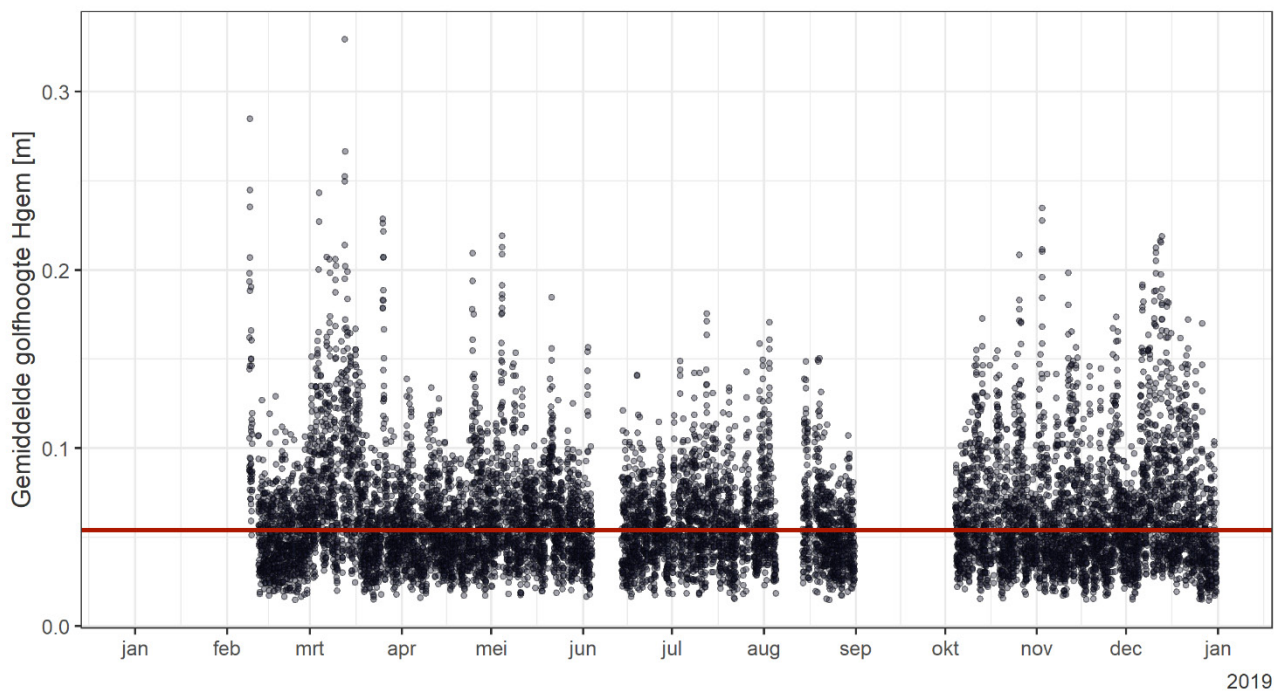
Tabel 20 geeft een overzicht van de karakteristieke golfparameters voor de jaren 2016 tot 2019. In 2019 liggen alle drie parameters voor golfhoogte lager dan de voorbije jaren. De periodes zijn iets langer dan de voorgaande jaren. Merk op dat de reeksen van zowel 2019 als de voorbije jaren niet volledig waren, waardoor de gerapporteerde waarden kunnen afwijken van de reële waarden.

Figuur 151 tot en met Figuur 156 geven het verloop weer van de gemiddelde, maximale en significante golfhoogte en bijbehorende periode. Daarnaast wordt per parameter ook de mediane waarde (rode lijn) getoond waarvan de waarden ook in Tabel 20 staan. De golfparameters zijn gedurende het hele jaar vrij gelijkmatig gespreid rond de mediaanwaarden. Voor meer informatie over golfmetingen ter hoogte van het nabijgelegen Galgenschoor wordt verwezen naar Kolokythas *et al.* (2019) en Verelst *et al.* (2012).

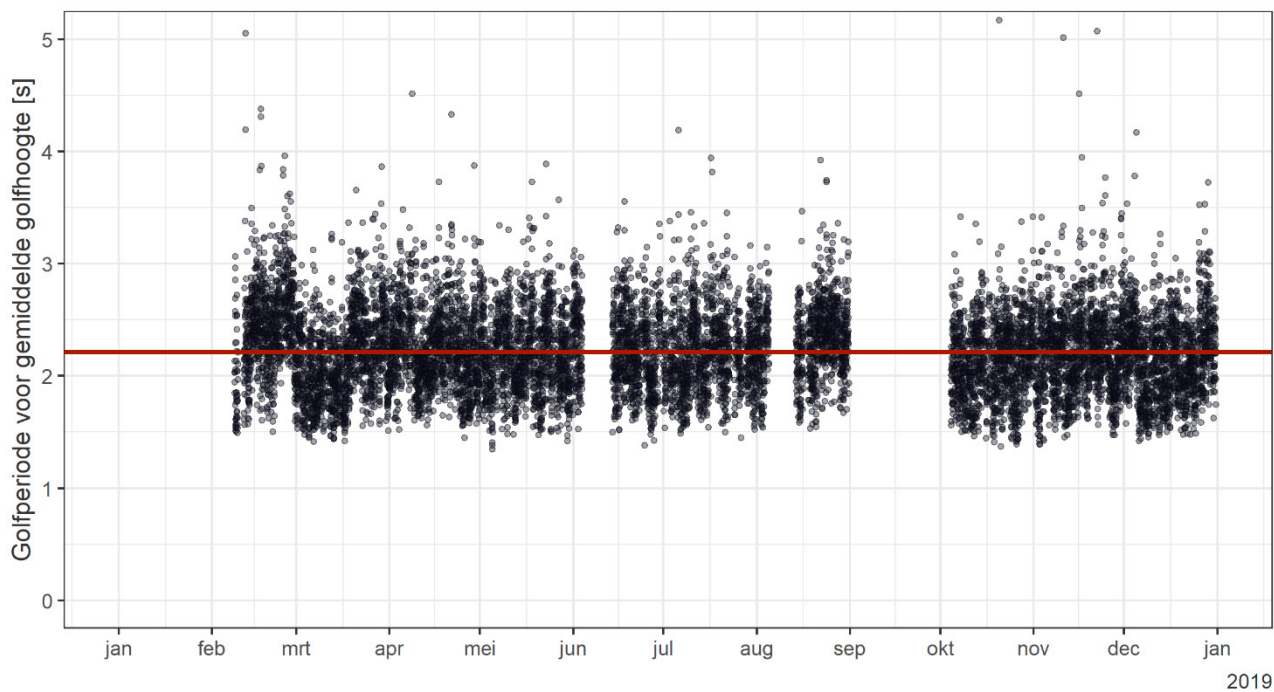
Tabel 20 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2019 (medianen)

Parameter	2016	2017	2018	2019
Gemiddelde golfhoogte ($H_{\text{gem}, 30\text{min}}$)	6,7 cm	6,9 cm	6,7 cm	5,4 cm
Periode van gemiddelde golfhoogte ($T_{\text{gem}, 30\text{min}}$)	1,90 s	1,90 s	1,95 s	2,21 s
Maximale golfhoogte ($H_{\text{max}, 30\text{min}}$)	36,6 cm	37,1 cm	36,0 cm	31,5 cm
Periode van maximale golfhoogte ($T_{\text{max}, 30\text{min}}$)	2,49 s	2,48 s	2,51 s	2,56 s
Significante golfhoogte ($H_{1/3, 30\text{min}}$)	11,0 cm	11,1 cm	10,8 cm	9,4 cm
Periode van significante golfhoogte ($T_{1/3, 30\text{min}}$)	2,29 s	2,30 s	2,35 s	2,57 s

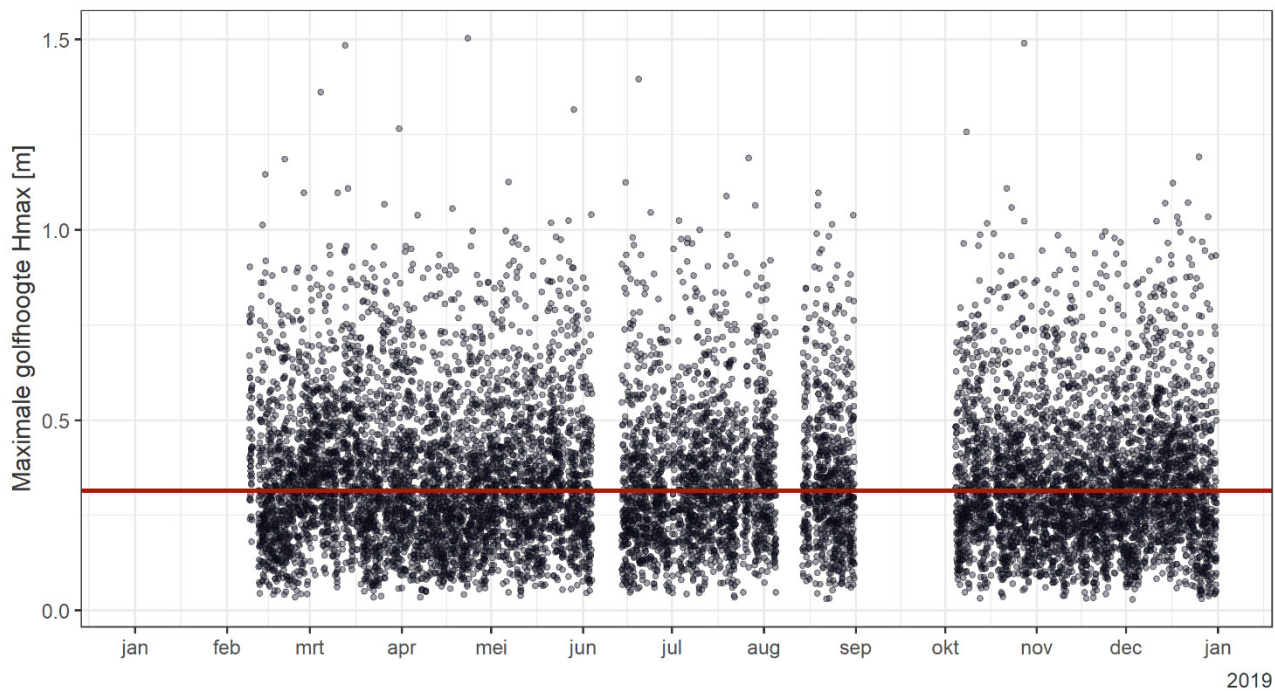
Figuur 151 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



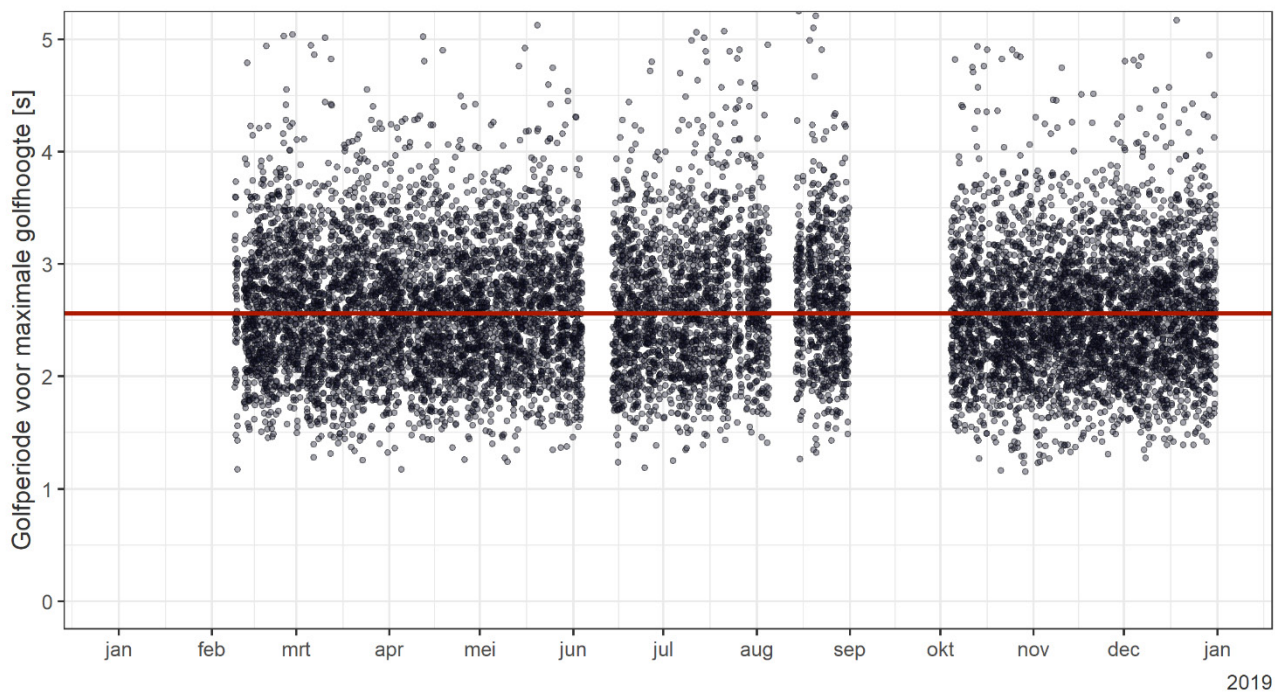
Figuur 152 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



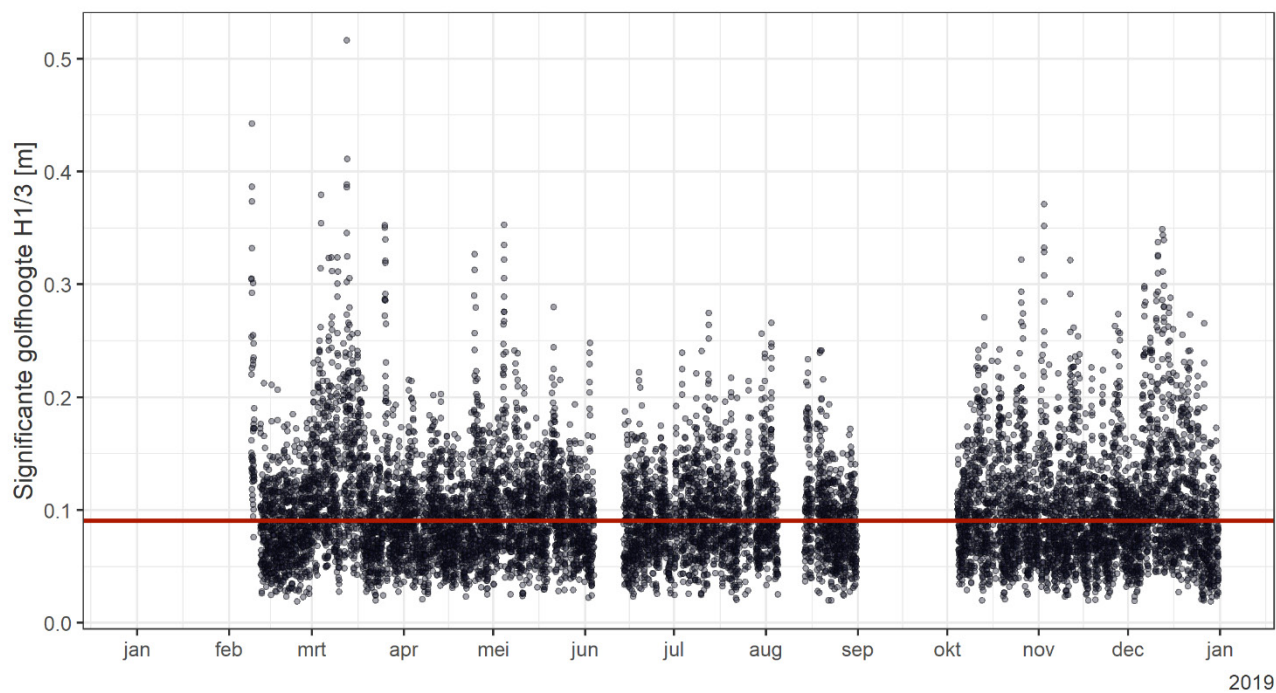
Figuur 153 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



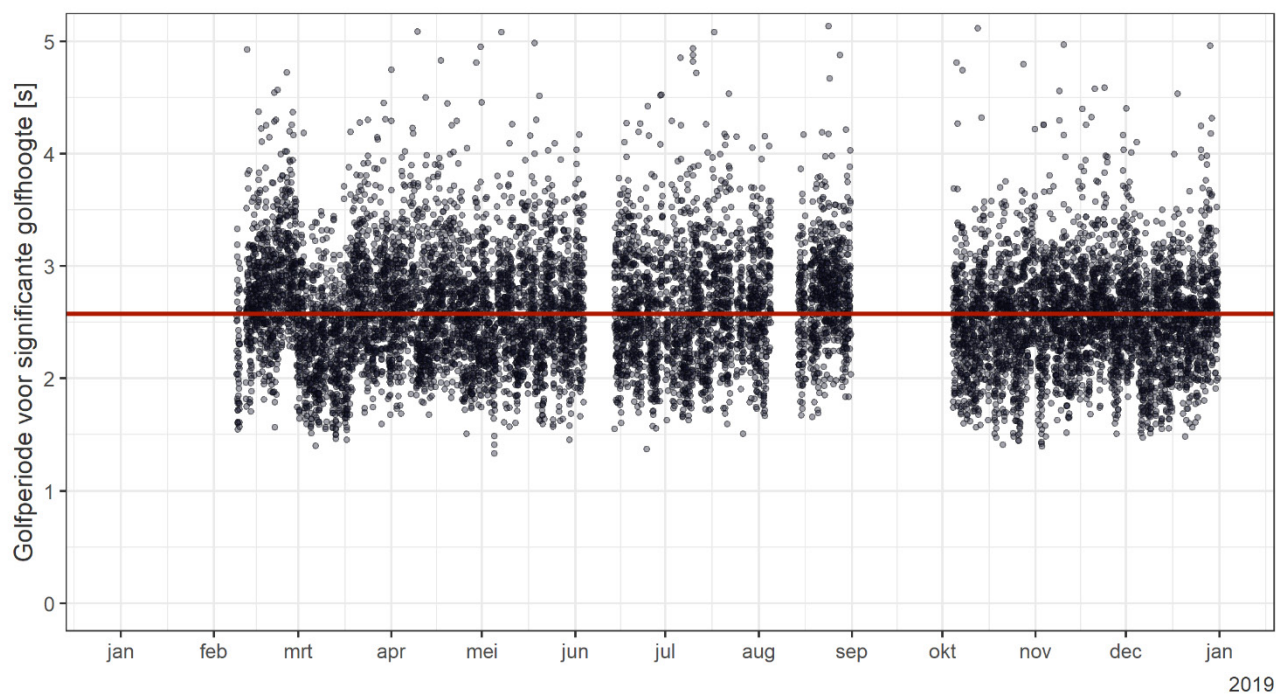
Figuur 154 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 155 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 156 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



5 Referenties

- Aqua Vision** (2019a) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Oosterweel 05/06/2019.
- Aqua Vision** (2019b) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Kruibeke 11/04/2019.
- Aqua Vision** (2019c) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Weert 07/05/2019.
- Aqua Vision** (2019d) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Weert 02/09/2019 en 11/09/2019.
- Aqua Vision** (2019e) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Dendermonde 03/06/2019.
- Aqua Vision** (2019f) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Schellebelle 08/04/2019.
- Aqua Vision** (2019g) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Terhagen/Klein Willebroek-Boom 10/04/2019.
- Aqua Vision** (2019h) Verwerking 13uurs-meting Debiet, Sediment Concentratie, en Sediment Flux Tielrode 16/09/2019.
- Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; van Veen, M.; van Haaster, S.; Boudewijn, T.J., de Jong, J.W.; van Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Middenveld, P.P.; Michielsen, S.; Van de Moortel, I.; Velez, C.; De Wilde, E.** (2018a). Analyserapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV Lijn in Water: Lelystad. Iv, 428 + bijlagen pp.
- Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; Boudewijn, T.J., de Jong, J.W.; van Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Van de Moortel, I.; Velez, C.** (2018b). Evaluatierapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV Lijn in Water: Lelystad. xx, 197 + bijlagen pp.
- Boeckx, L.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2020). Laagwaterseizoen 2019: Samenvatting seizoen en gepubliceerde laagwaterberichten waterwegen. Versie 1.0. WL Rapporten, PA006_9. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.
- Brackx, M.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2019). Validatie fysische parameters: Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017. Versie 1.0. WL Rapporten, 12_076_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.
- De Boeck, K.; Van Hoestenbergh, T.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014) Saliniteit – chloriniteit – chlorositeit: relaties in gebruik in zeewater en in de Beneden-Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_076. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. III, 33 pp.
- Depreiter, D.; Cleveringa, J.; van der Laan, T.; Maris, T.; Ysebaert, T.; Wijnhoven, S.** (2014). T2009-rapport Schelde-estuarium. IMDC/Arcadis/Universiteit Antwerpen/Imares/NIOZ: [s.l.]. 522 + 2 bijlagen pp.
- 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.
- Fremau, M.** (2019). Kalibratie van een optisch indirect meettoestel voor het meten van sedimenttransport in een fysisch model. Masterthesis, Universiteit Antwerpen.

Hertoghs, R.; Vereecken, H.; Boeckx, L.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2018). Vijfjarig overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken: Tijdvak 2011-2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 16_035_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

HIC (2019) Scheldeflits 2019 - 01: Hoogwater 30 september 2019.

Kolokythas, G.; Meire, D.; De Roo, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Wave measurements at Galgeschoor: Sub report 1 – Analysis of velocities and waves during an intensive measuring campaign (November 2015). Version 4.0. FHR Reports, 15_054_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

Maris, T.; Bruens, A.; Duren, L. van; Vroom, J.; Holzhauer, H.; Jonge, M. De; Van Damme, S.; Nolte, A.; Kuijper, K.; Taal, M.; Jeuken, C.; Kromkamp, J.; Van Wesenbeeck, B.; Ryckegem, G. Van; Bergh, E. Van den; Wijnhoven, S.; Meire, P. (2014). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium - Update 2014. 356 pp.

Michielsen, S.; Hertoghs, R.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019). Het debiet van de Zeeschelde te Schelle: Methodologie en de implementatie in WISKI7. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_077_11. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Plancke, Y.; Schramkowski, G.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Kubatuurberekening voor het Scheldeestuarium: karakteristieke getijden uit het decennium 1991 - 2000 en topo-bathymetrische gegevens uit 2001. RPRT. WL Rapporten, 00_157. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertoghs, R.; Vereecken, H.; Vos, G.; Verdoodt, N.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2017). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2016: Deelrapport 6 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2016. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_070_6. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Plancke, Y.; Schramkowski, G. J.; Mostaert, F. (2019). Harmonische analyse van het getij: Deelrapport 1 – Bepaling van harmonische componenten voor getijstations in de Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 18_108_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Taverniers, E.; Plancke, Y.; 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. RPRT. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Thant, S.; Plancke, Y.; Vandenbruwaene, W.; Claeys, S.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020). Kalibratiemetingen zwevende stof: overzichtsrapport uitgevoerde metingen Zeeschelde in het jaar 2017. Versie 4.0. WL Rapporten, 15_024_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. VIII, 21 + 27 p. bijl. pp.

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.

Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 4. Historische evolutie SPM. versie 6.0. WL Rapporten, 00_029_4. Waterbouwkundig Laboratorium/Antea Group: Antwerpen. 74 + 4 p. bijlagen pp.

Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019a). Optimalisatie monitoring Zeeschelde: Modernisering getijmeetnet en kwaliteitscontrole. Versie 4.0. WL Rapporten, 14_138_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Michielsen, S.; Van de Moortel, I.; Brackx, M.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019b). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2018: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2018. Versie 4.0. WL Rapporten, 12_070_8. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vandenbruwaene, W.; Beullens, J.; Meire, D.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2020a). Agenda voor de Toekomst – Schelde estuarium, historische evolutie getij en morfologie: deelrapport 2. Data-analyse morfologie en getij. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14_147_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 32 + 3 p. bijl. pp.

Vandenbruwaene, W.; Michiels, S.; Hertoghs, R.; Boeckx, L.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020b). Hydrologie bevaarbare waterlopen in Vlaanderen: Jaar 2019. Versie 1.0. *WL Rapporten*, 18_000_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vandenbruwaene, W.; Van Meel, K.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (in prep.). Bepaling saliniteit door het Waterbouwkundig Laboratorium: Deelrapport 1 – Methodiek voor het Schelde estuarium. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 17_119_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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. RPRT. *WL Rapporten*, 12_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Valierde, 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. V, 71 + 8 p. bijl. pp.

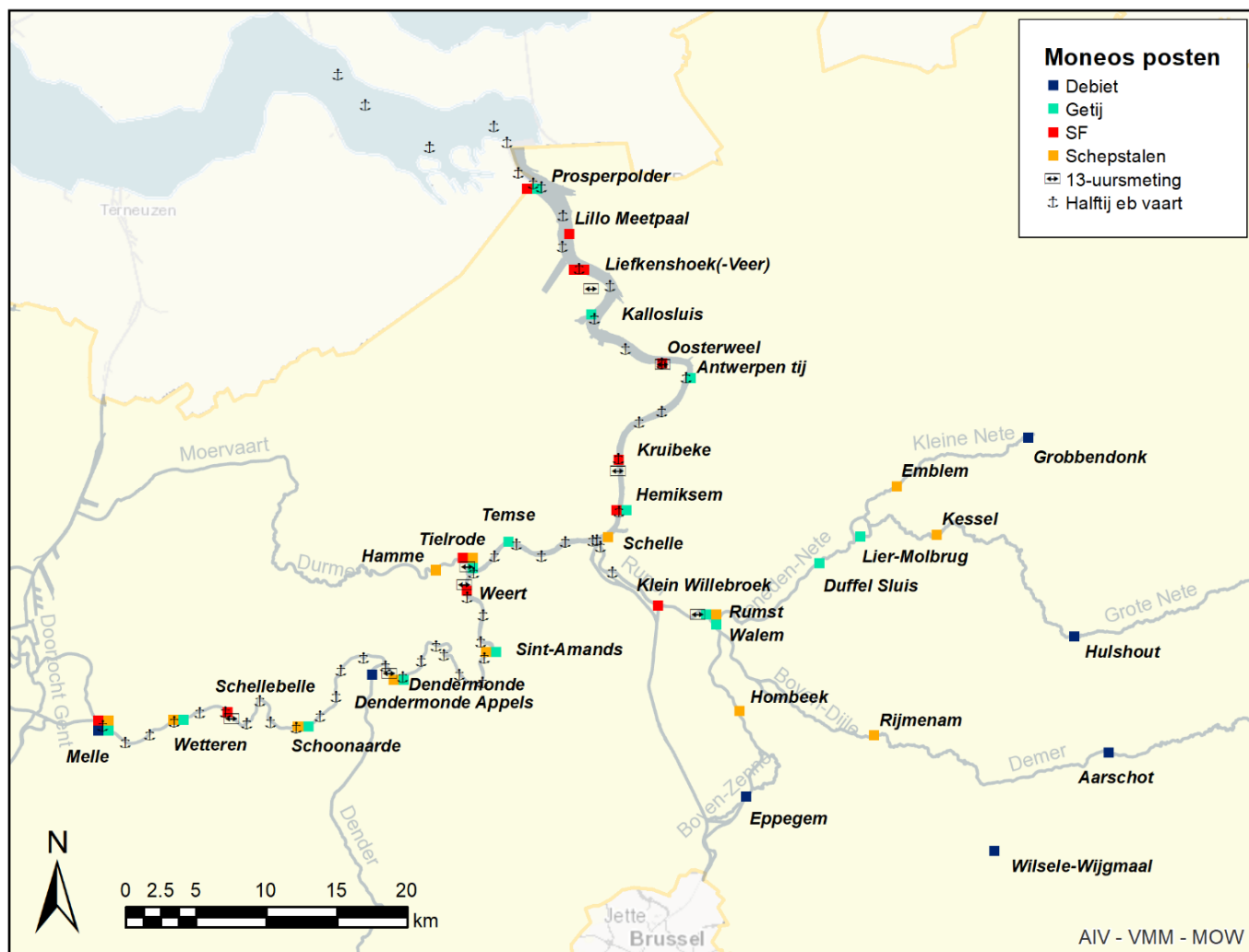
Verelst, K.; De Mulder, T.; Vereecken, H.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012). Onderzoek naar de invloedsfactoren van golfbelasting en de morfologische effecten op slikken en schorren in de Beneden Zeeschelde, meer specifiek op het Galgeschoor: Deelrapport 8: Analyserapport golfbelasting op het Galgeschoor. Versie 2_0. *WL Rapporten*, 837_03. Waterbouwkundig Laboratorium & INBO: Antwerpen, België.

Vos, G.; Van de Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Validatie fysische parameters: Optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 12_076_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2019

Figuur 157 geeft een overzicht van de meetlocaties die in het kader van MONEOS gerapporteerd worden.

Figuur 157 – Meetlocaties MONEOS 2019



In Tabel 21 worden voor elke meetlocatie, per soort meting, de opgemeten parameters, toesteltype, type monitoring (continu/periodiek) en startdatum weergegeven.

Tabel 21 – Meetlocaties MONEOS 2019

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Aarschot	Debiet	H	Radar Ott	Continu	1/01/1975
Dendermonde Appels	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Epegem	Debiet	H	Vega radar Ott	Continu	19/12/1970
Grobbendonk	Debiet	H	Radar Ott	Continu	20/12/1980
Hulshout	Debiet	H	Radar Ott	Continu	29/12/1975
Melle	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Wilssele-Wijgmaal	Debiet	H	Peil	Continu	26/12/1974
Antwerpen tij	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Dendermonde	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Duffel Sluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Hemiksem	Getij	W	Radar Ott	Continu	13/05/1966
Kallosluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Lier-Molbrug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Melle	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Prosperpolder	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Schoonaarde	Getij	W	Radar Ott	Continu	31/08/1998
Sint-Amands	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Temse	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Tielrode	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Walem	Getij	W	Radar Ott	Continu	12/05/1996
Wetteren	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Rumst	Getij	W	Radar Ott	Continu	24/10/2019
Hemiksem	SF	Cond, WT	CTD	Continu	28/07/2009
Klein-Willebroek	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	17/07/2018
Kruikeke	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	25/09/2015
Liefkenshoek	SF	Cond, WT	CTD	Continu	31/07/2009
Lillo Meetpaal	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	30/09/2015
Melle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	12/01/2010
Oosterweel	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	4/01/2001
Prosperpolder	SF	Cond, WT	CTD	Continu	23/04/2003
Schellebelle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	15/12/2016
Tielrode	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI (mobiel)	Continu	19/12/2017
Weert	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	19/12/2017
Liefkenshoek-Veer	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	26/03/2019
Dendermonde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Emblem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Hamme	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Hombeek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/12/2005
Kessel	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Melle	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Rijmenam	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/01/2002
Schelle	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Schoonaarde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Sint-Amands	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005

Tielrode	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Walem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/12/2005
Wetteren	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Kruikeke veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Liefkenshoek	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Loodsgebouw	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Oosterweel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Ouden Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Radartoren Waarde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Rupelmonde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Saeftinge	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Wintam veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/05/2015
Wrak Atlantide	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Zwijndrecht	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Appels opw veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
B132 opw Notelaer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Baasrode veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Boelwerf	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Branst	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Buggenhout	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
De Cramp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendermonde	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendersluis	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Durmemonding	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Kwatrecht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Kwatrecht afw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Lippenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	6/02/2014
Mariekerke veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Melle	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Moerzeke	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Schellebelle Kerk	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schellebelle opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde afw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde opw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Sint-Amands	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Steendorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Temsebrug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Uitbergen bocht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Uitbergen brug opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Vlassenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Wetteren	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wichelen	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wintam	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Zeke kasteeltje	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Zeke opw jachtclub	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

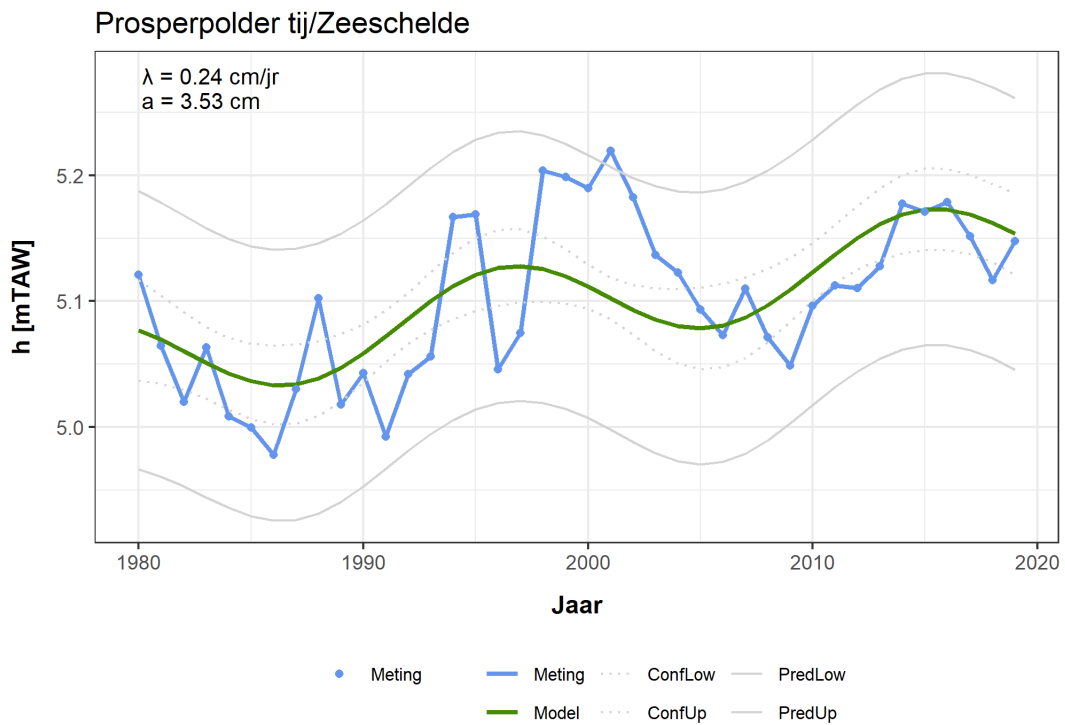
Bijlage B: Evoluties HW en LW

In onderstaande figuren zijn de meetwaarden gebruikt voor de regressie in het lichtblauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde grijze lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De grijze volle lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). De regressielijn, betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen zijn bepaald op basis van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters van 1980 tot en met 2019. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten en werd er vanaf 2011 een correctie doorgevoerd. Meer informatie hieromtrent is terug te vinden in Vandenbruwaene *et al.* (2019a). Uit datzelfde rapport blijkt dat het opnemen van de peilschaalcorrectie weinig invloed heeft op de trendanalyse in Antwerpen. Figuur 158 tot en met Figuur 165 presenteren de resultaten voor Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater. In Tabel 22 wordt de jaarlijkse lineaire evolutie voor hoog- en laagwater weergegeven, berekend over periode 1980-2019. Voor meer informatie over de trendlijnbepaling wordt verwezen naar het Moneos-rapport 2016 (Plancke *et al.*, 2017).

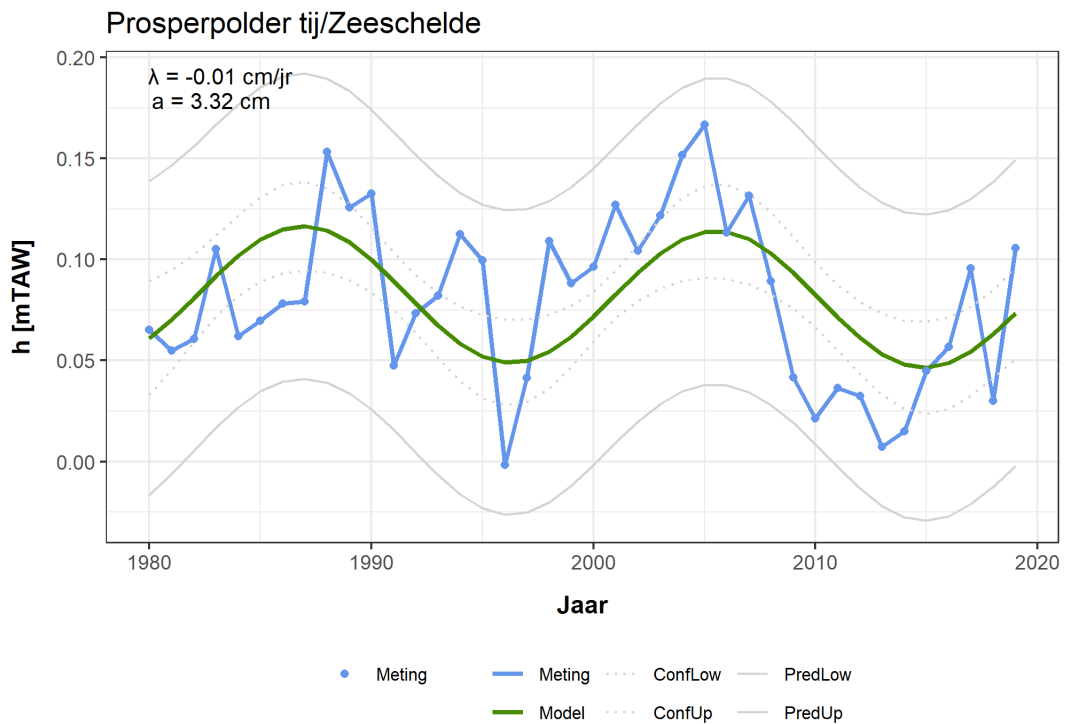
Tabel 22 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2019).

Locatie	Jaarlijkse evolutie (cm/jaar)	
	HW	LW
Prosperpolder	0,24	-0,01
Antwerpen	0,19	-0,02
Temse	0,38	-0,06
Dendermonde	0,35	-0,74
Wetteren	0,46	-1,09

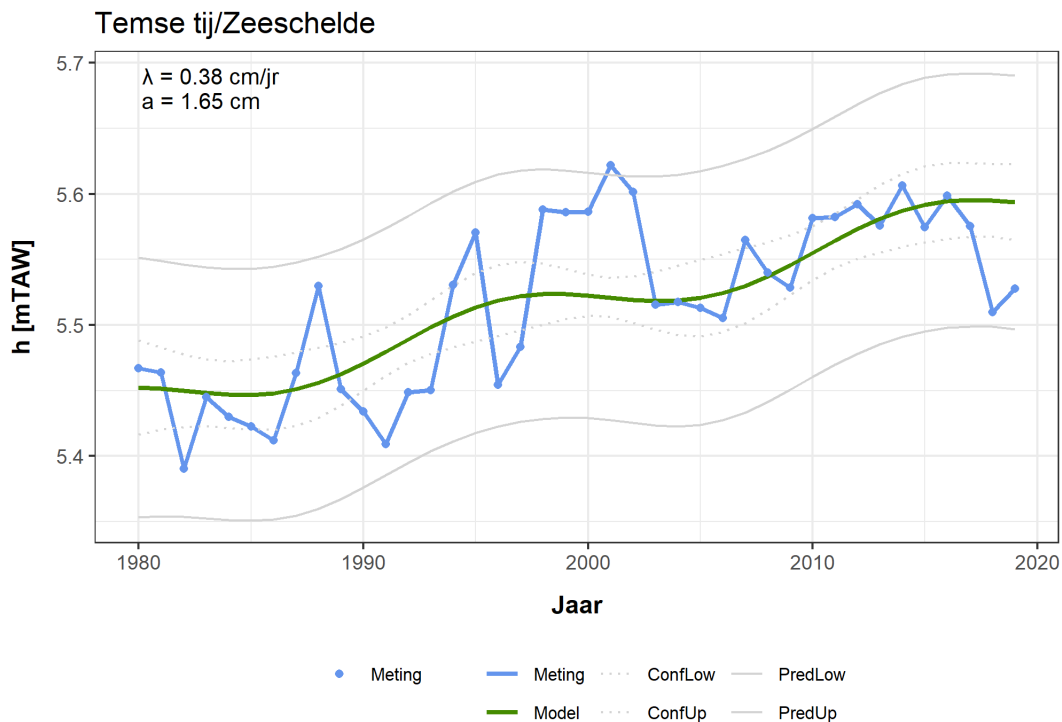
Figuur 158 – Ontwikkeling van het hoogwater te Prosperpolder.



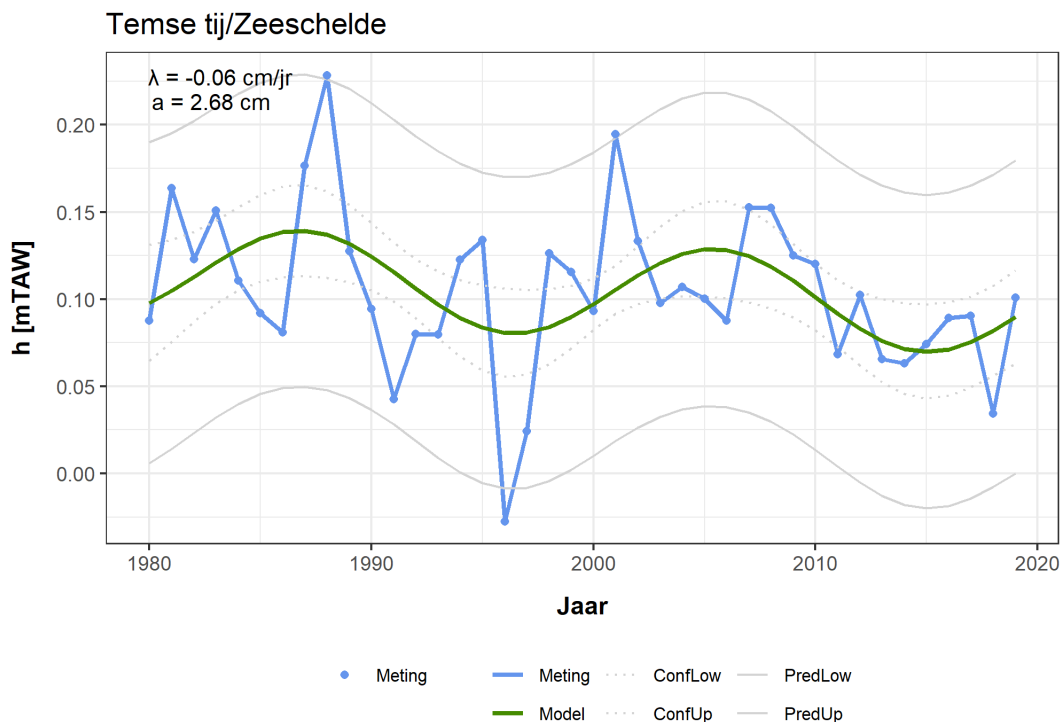
Figuur 159 – Ontwikkeling van het laagwater te Prosperpolder.



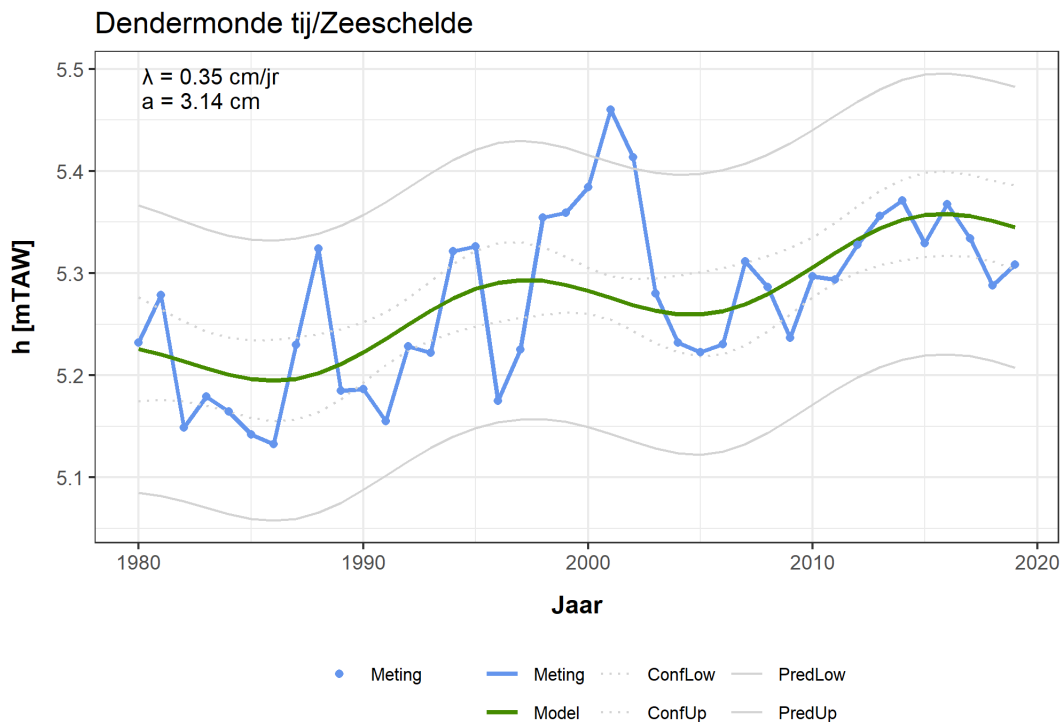
Figuur 160 – Ontwikkeling van het hoogwater te Temse.



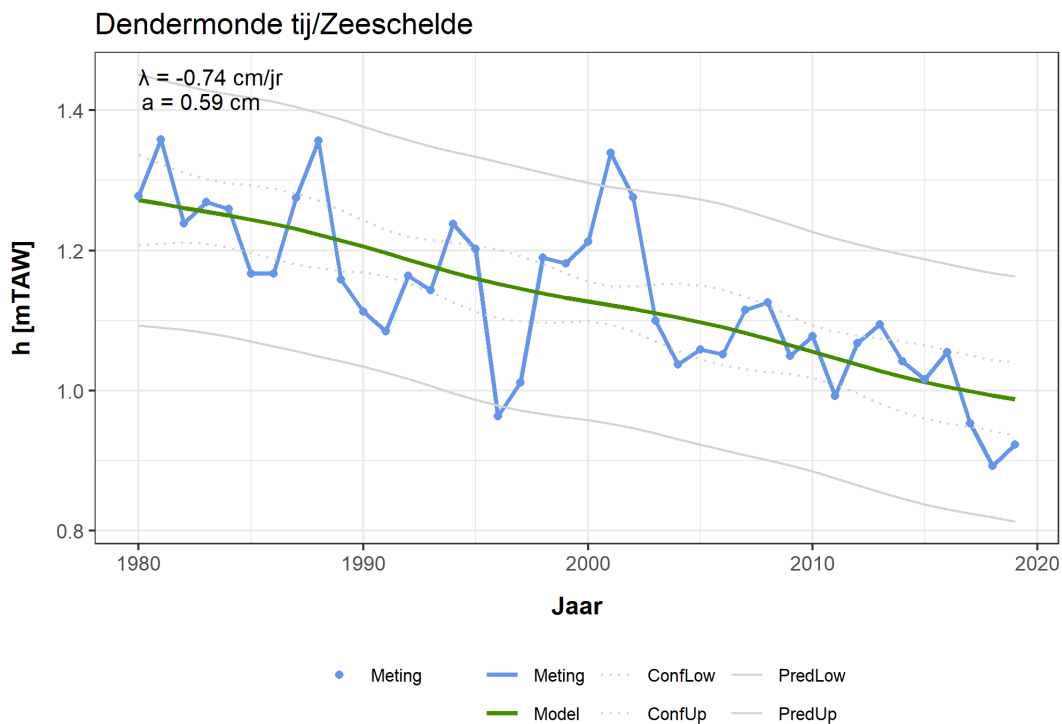
Figuur 161 – Ontwikkeling van het laagwater te Temse.



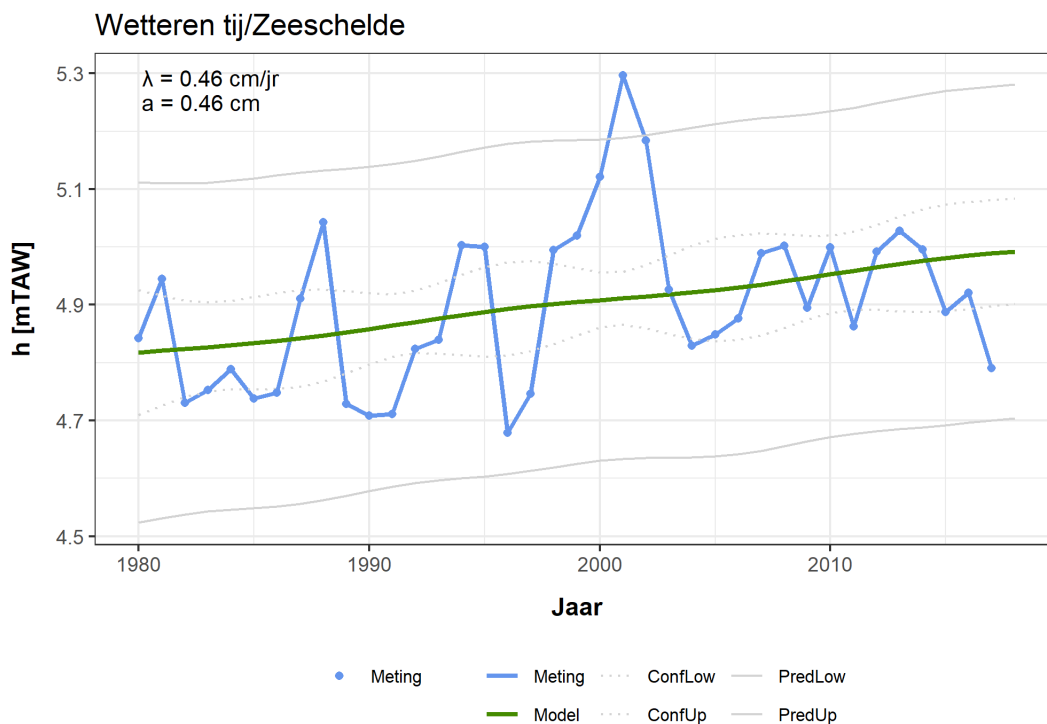
Figuur 162 – Ontwikkeling van het hoogwater te Dendermonde.



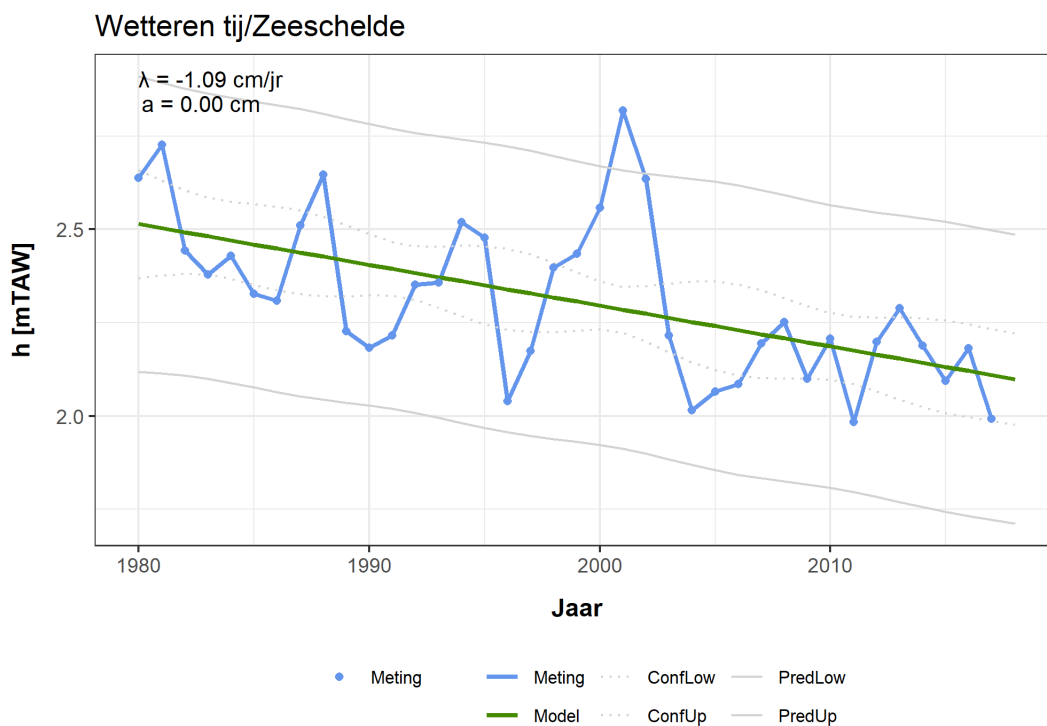
Figuur 163 – Ontwikkeling van het laagwater te Dendermonde.



Figuur 164 – Ontwikkeling van het hoogwater te Wetteren.



Figuur 165 – Ontwikkeling van het laagwater te Wetteren.



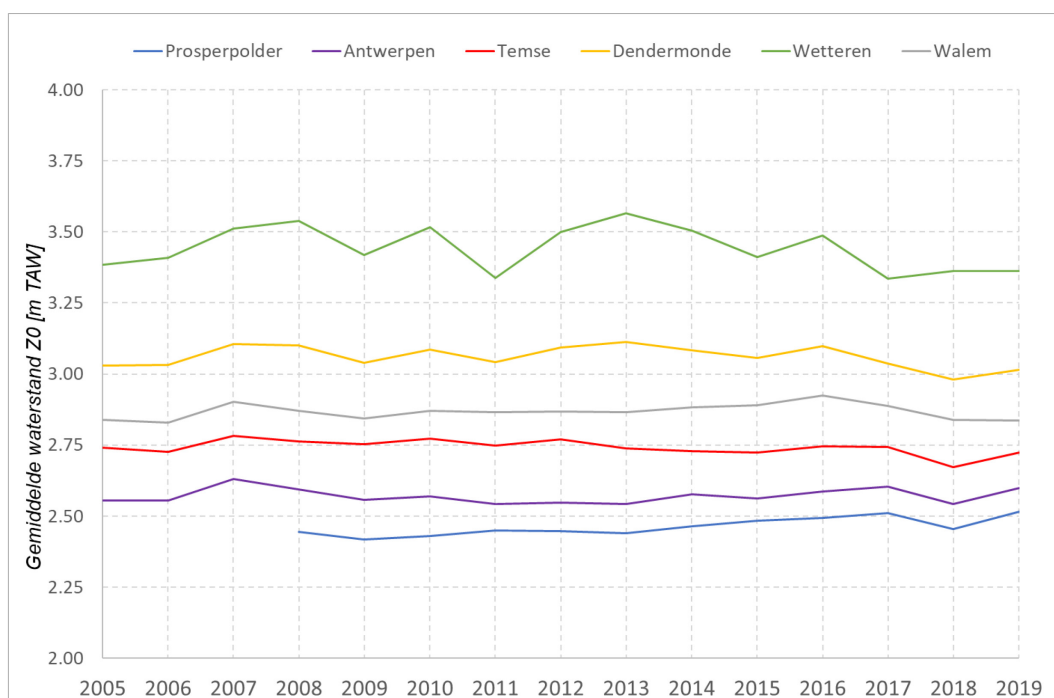
Bijlage C: Harmonische componenten

In het kader van de Evaluatiemethodiek voor het beoordelen van de ontwikkelingen van het fysisch systeem van het Schelde-estuarium, worden harmonische getijcomponenten als verklarende parameter beschouwd (Maris *et al.* 2014). Voor de Westerschelde worden deze door Rijkswaterstaat systematisch berekend, voor de Zeeschelde ontbraken deze vooralsnog. Daarom werd een methode opgesteld voor de bepaling van harmonische componenten voor getijstations in de Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2019). De harmonische getijcomponenten worden bepaald voor 6 getijposten, verspreid langsheen de Zeeschelde (Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw, Temse, Dendermonde, Wetteren) en de Rupel (Walem).

Vanaf meetjaar 2018 worden de harmonische componenten voor deze stations jaarlijks in MONEOS gerapporteerd. Er is geopteerd om louter de belangrijkste component (Z0, M2 en M4) te rapporteren (Plancke *et al.*, 2019). Daarbij is Z0 de gemiddelde waterstand, M2 het dubbeldaags maansgetij (periode 12 uur 25 minuten) en M4 de viermaaldaagse component van het maansgetij (periode 6 uur 13 minuten).

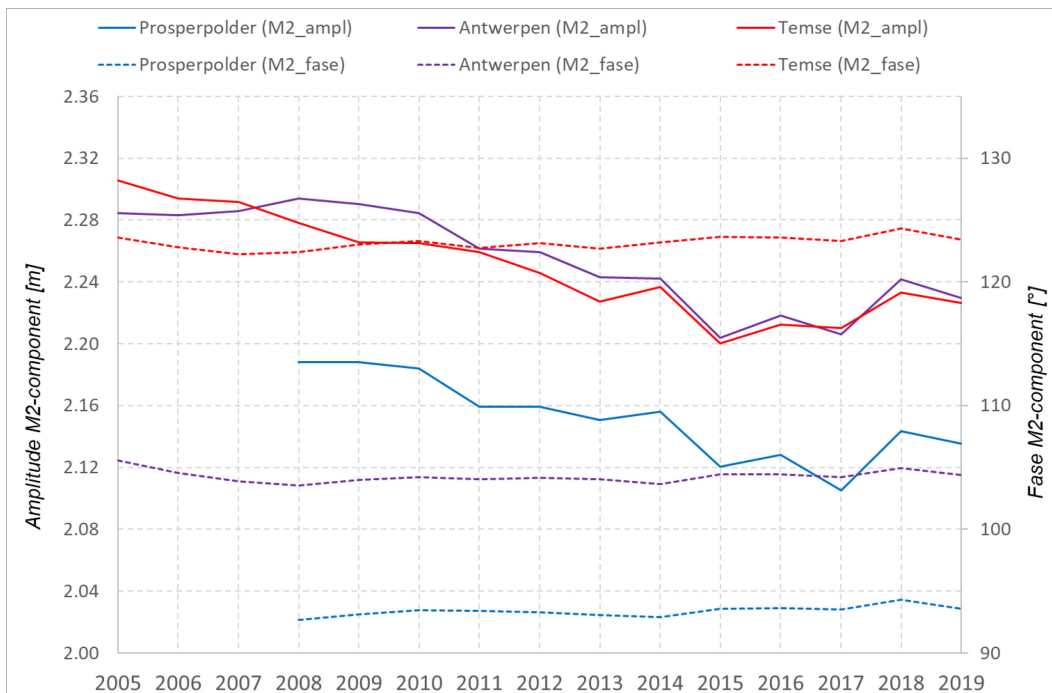
Figuur 166 geeft de evolutie van de gemiddelde waterstand Z0 weer voor de zes locaties, voor de periode 2005 (i.e. start beschikbaarheid continue digitale gegevens) tot 2019. Voor de bespreking van de lange termijnevoluties wordt verwezen naar Plancke *et al.* (2019). Voor 2019 blijkt dat, voor alle posten behalve Walem en Wetteren, de gemiddelde waterstand iets hoger was dan in 2018.

Figuur 166 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0

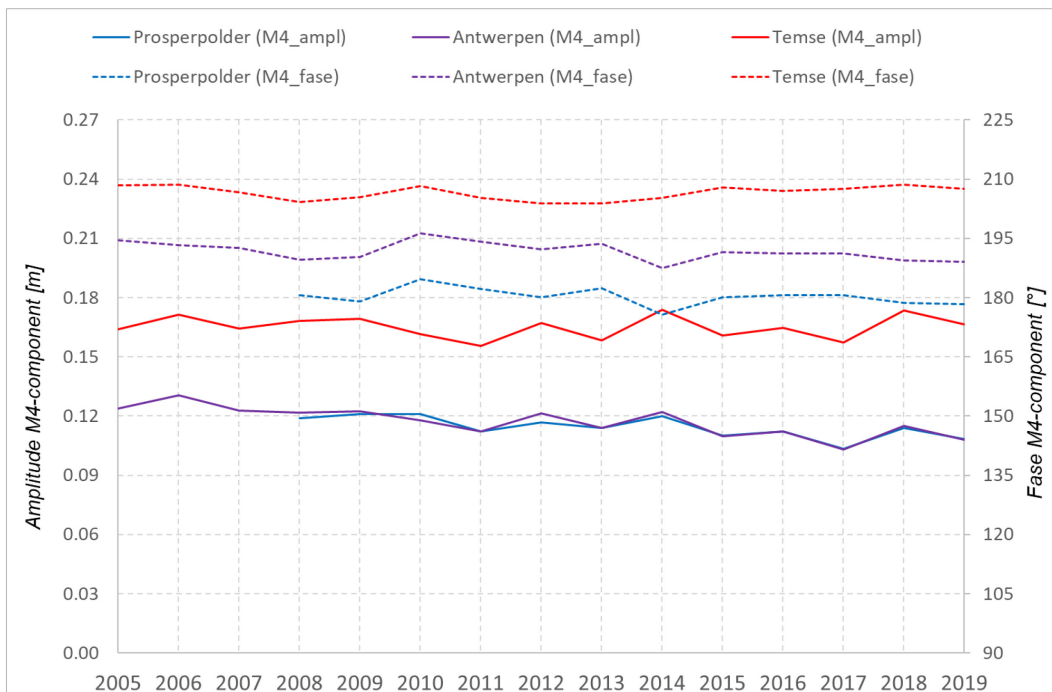


In Figuur 167 en Figuur 168 worden de fase (verschuiving t.o.v. Vlissingen) en amplitude van de M2 en M4 component weergegeven voor de drie meest afwaartse posten (Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw en Temse). De amplitude van de M4 component is aanzienlijk lager dan die van de M2 component, beide componenten volgen wel éénzelfde trend. De amplitude ligt in 2019 iets lager dan in 2018, voor zowel M2 als M4, voor alle posten. De fase wordt voornamelijk bepaald door de afstand tot Vlissingen en is vrijwel constant.

Figuur 167 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)

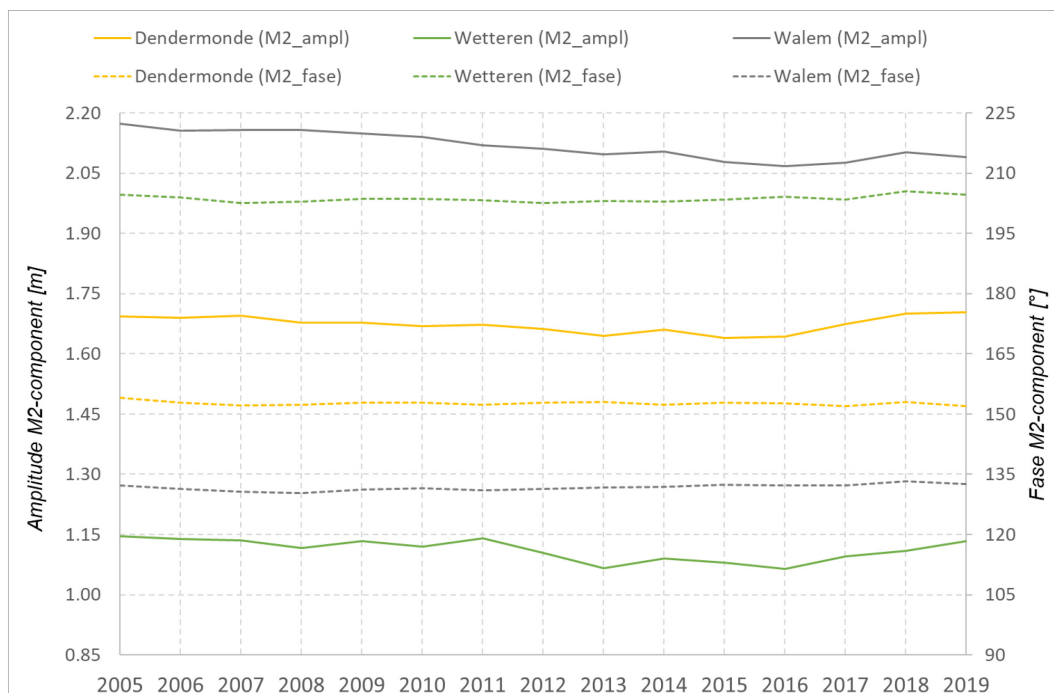


Figuur 168 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)

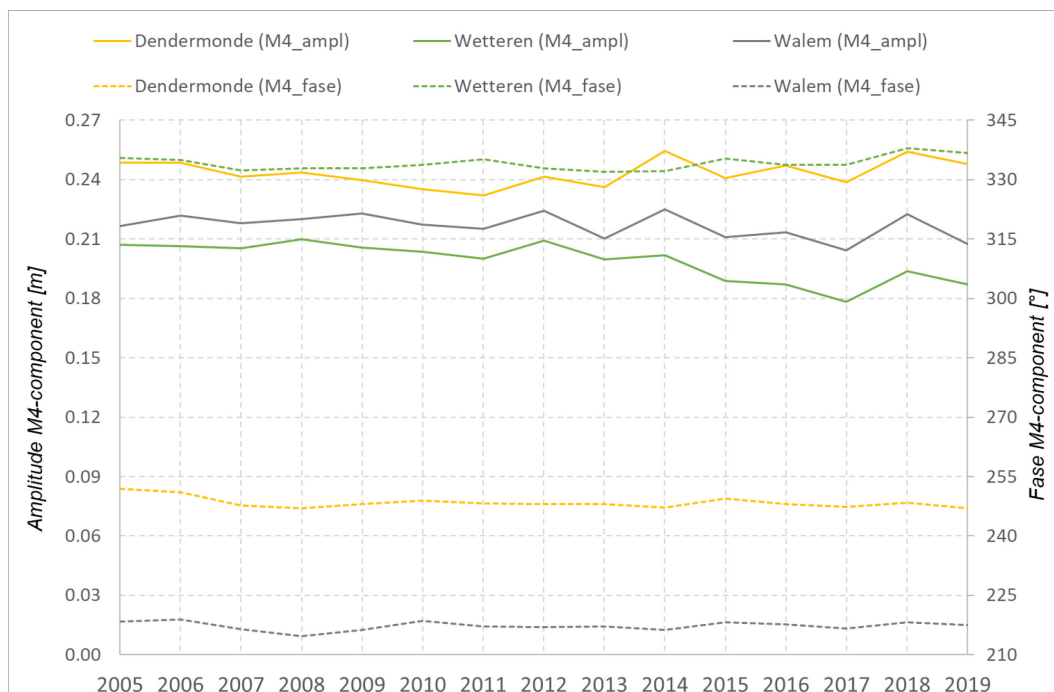


Figuur 169 en Figuur 170 geven de fase en amplitude weer van respectievelijk de M2 en M4 componenten voor de opwaartse posten. Over de drie posten is de M2-component ongeveer gelijk gebleven in 2019, er is geen trend. De M4 component is licht gedaald ten opzichte van 2018. De fase blijft voor alle posten relatief constant.

Figuur 169 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)



Figuur 170 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)



Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC

Om de sedimentconcentratie te kunnen bepalen aan de hand van turbiditeitsmetingen, dient men een relatie op te stellen tussen beide. Er worden daarom pompstalen genomen waarvan de sedimentconcentratie gerelateerd wordt aan de turbiditeitsmeting op datzelfde moment. Ter hoogte van Lillo-meetpaal, Oosterweel, Liefkenshoek, Liefkenshoek - Veer, Kruike, Tielrode, Weert, Schellebelle, Melle en Klein-Willebroek zijn specifieke kalibratiecampagnes uitgevoerd. Meer informatie over de theoretische relatie tussen sedimentconcentratie en turbiditeitsmetingen voor verschillende sedimenten op basis van laboproeven is bijvoorbeeld terug te vinden in Fremeau (2019).

De volgende hoofdstukken presenteren de bekomen relaties en modelstatistieken. Merk op dat er hier nog geen EWI-correcties op uitgevoerd zijn (zie §4.3).

A. Specifieke kalibratiecampagnes

Gedurende meerdere jaren zijn ter hoogte van Oosterweel, Lillo-Meetpaal, Kruike, Weert, Schellebelle en Melle kalibratiecampagnes uitgevoerd waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt zijn waarvan nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald. Tegelijkertijd werd de turbiditeit geregistreerd. Sinds de meetposten Tielrode, Liefkenshoek-Veer en Klein-Willebroek van start gingen, werden dergelijke campagnes ook hier uitgevoerd. Vanaf 2019 worden de Aanderaa toestellen (Lillo Meetpaal en Oosterweel) enkel nog gekalibreert nabij Oosterweel. Thant *et al.* (2020) wees namelijk uit dat de kalibratiecurves van deze 2 posten niet significant verschillen van elkaar.

Er wordt voor iedere meetlocatie een relatie opgesteld tussen SSC en turbiditeit op basis van de meetcampagnes uitgevoerd gedurende de laatste 5 jaar. Er wordt niet historisch teruggewerkt. Gerapporteerde relaties worden dus niet aangepast. Een uitzondering geldt bij nieuwe meetlocaties: indien er op basis van voortschrijdend inzicht blijkt dat de oorspronkelijke dataset te beperkt was om een goede regressie op uit te voeren. Voor meer informatie omtrent het opstellen van de relaties wordt verwezen naar Ferket *et al.* (2015). Door deze relaties toe te passen op het continue turbiditeitssignaal, verkrijgt men voor alle meetlocaties continue berekende suspensiegehalten (zie §4.1.6).

Tabel 23: Overzicht kalibratiecampagnes t.b.v. SSC-Turbiditeit relatie voor 2019 (2015-2019). Rode campagnes zijn niet opgenomen in de regressiecurve t.g.v. onbetrouwbare metingen. Bij blauwe campagnes werd het mobiele meettoestel aangewend.

Oosterweel/Lillo	Kruikeke	Weert	Schellebelle	Melle	Klein - Willebroek
<ul style="list-style-type: none"> • 21/01/2015 • 16/11/2015 • 05/02/2016 • 13/09/2016 • 01/03/2017 • 08/06/2017 • 06/09/2017 • 19/03/2018 • 26/06/2018 • 12/12/2018 • 21/03/2019 • 03/07/2019 • 30/09/2019 • 12/12/2019 	<ul style="list-style-type: none"> • 10/03/2017 • 29/06/2017 • 18/10/2017 • 01/12/2017 • 05/04/2018 • 21/06/2018 • 12/02/2019 • 02/10/2019 	<ul style="list-style-type: none"> • 03/05/2018 • 03/07/2018 • 27/09/2018 • 08/02/2019 • 07/05/2019 	<ul style="list-style-type: none"> • 03/03/2017 • 26/06/2017 • 10/10/2017 • 06/12/2017 • 18/06/2018 • 29/10/2018 • 07/02/2019 • 08/04/2019 • 13/09/2019 	<ul style="list-style-type: none"> • 31/03/2017 • 25/08/2017 • 11/10/2017 • 08/12/2017 • 19/06/2018 • 29/10/2018 	<ul style="list-style-type: none"> • 12/10/2018 • 13/12/2018 • 10/04/2019 • 19/09/2019
					Liefkenshoek Veer <ul style="list-style-type: none"> • 06/06/2019 • 04/10/2019
					Tielrode <ul style="list-style-type: none"> • 03/04/2018 • 11/12/2018 • 23/04/2019

A.1 Kenmerken bekomen SSC-Turbiditeit relaties

Tabel 24 geeft de correlatie (R^2) en Root Mean Squared Error (RMSE) van de turbiditeit-SSC relaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels (N), de significantie (p) en de minima en maxima van de dataset getoond. De relatie is dan ook enkel geldig binnen deze grenzen, extrapolatie wordt afgeraden. Hoewel de RMSE op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit R^2 en het significantieniveau dat de regressies van een redelijke kwaliteit zijn.

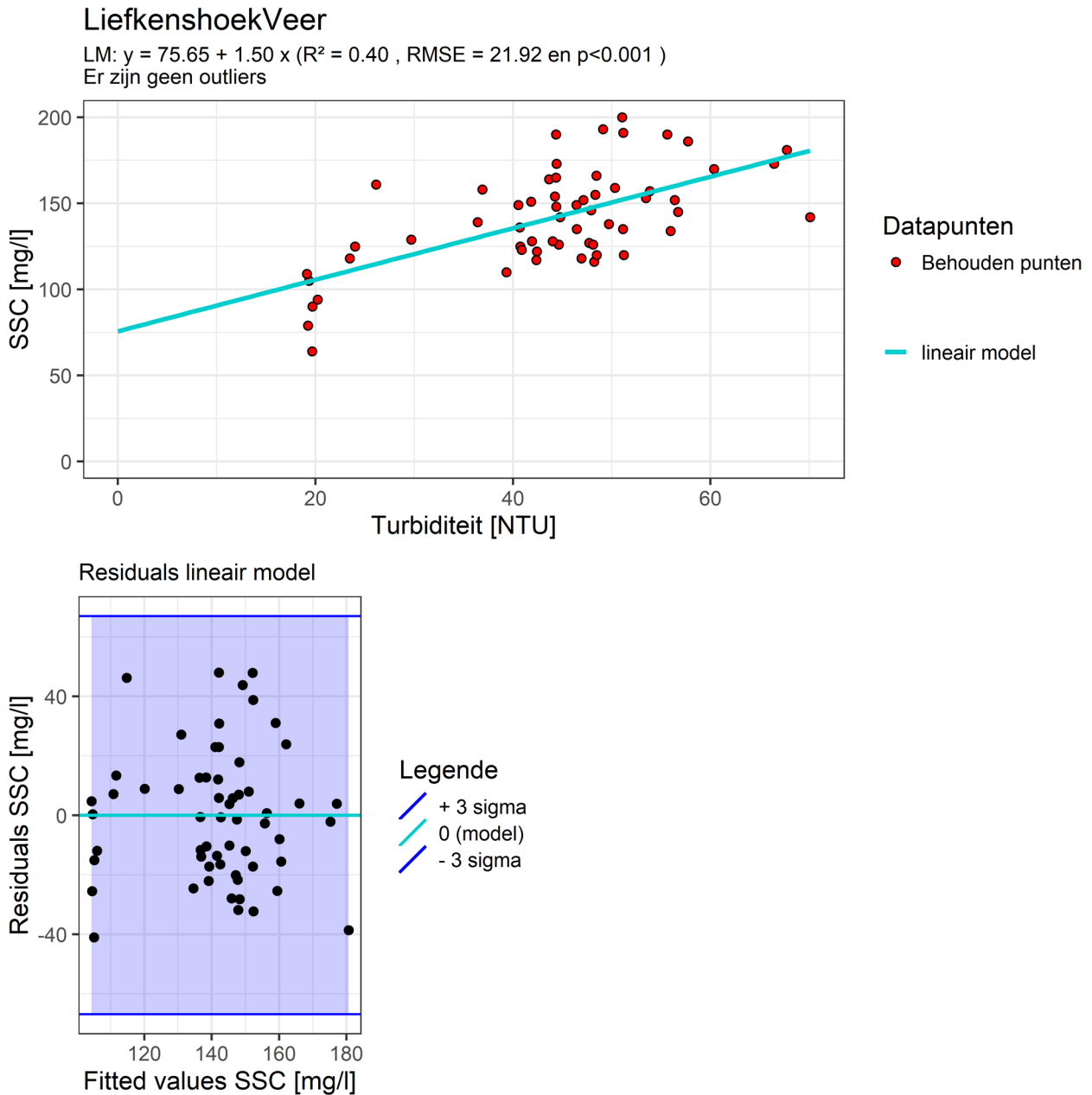
Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-turbiditeit relaties naargelang meetlocatie

Meetlocatie	R^2	RMSE	N	p	Min. Turb	Max. Turb	Min. SSC	Max. SSC
Oosterweel / Lillo	0,86	103,96	2680	<0,001	44,5	1047,9	34	1810
Liefkenshoek - Veer	0,40	21,92	59	<0,001	19,1	70,1	64	200
Kruikeke	0,55	49,36	399	<0,001	34,2	214,6	29	351
Weert	0,35	108,24	244	<0,001	36,2	301,0	76	673
Schellebelle	0,84	26,46	530	<0,001	14,5	211,3	18	354
Melle	0,06	94,38	-	<0,001	18,0	240,0	28	425
Klein - Willebroek	0,95	22,65	247	<0,001	17,0	300,6	3	410
Tielrode	0,94	122,39	180	<0,001	71,9	1143,8	117	2396

A.2 Liefkenshoek-Veer

Figuur 172 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met SG2500) en SSC. De relatie (rode trendlijn) wordt bepaald op de data die binnen een marge van 3 keer de standaardafwijking van het lineaire model van de oorspronkelijke dataset liggen (rode stippen in de figuur).

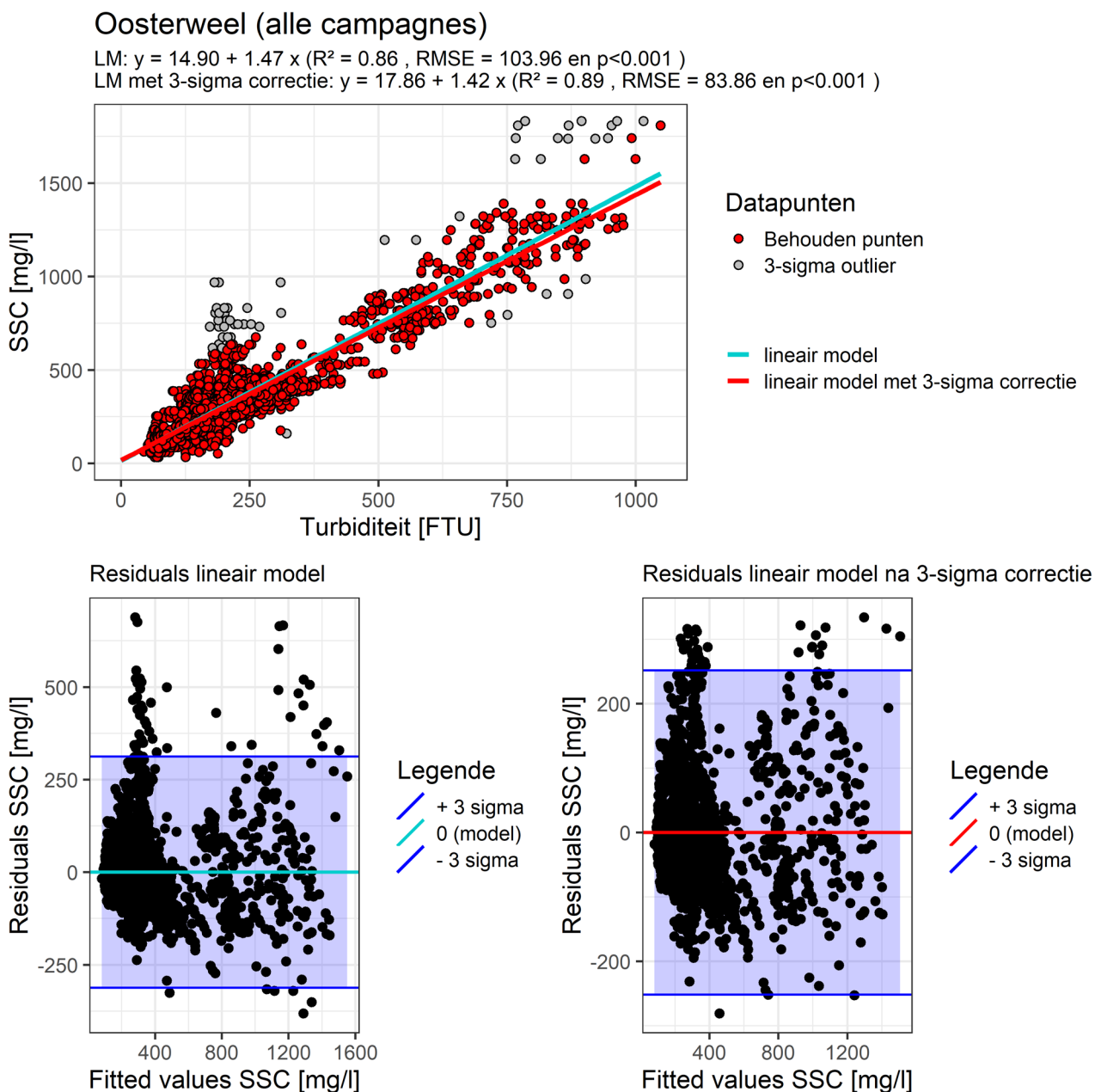
Figuur 171 – Liefkenshoek - Veer (YSI): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Liefkenshoek - Veer.



A.3 Oosterweel & Meetpaal Lillo

Figuur 172 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met SG2500) en SSC. De relatie (rode trendlijn) wordt bepaald op de data die binnen een marge van 3 keer de standaardafwijking van het lineaire model van de oorspronkelijke dataset liggen (rode stippen in de figuur).

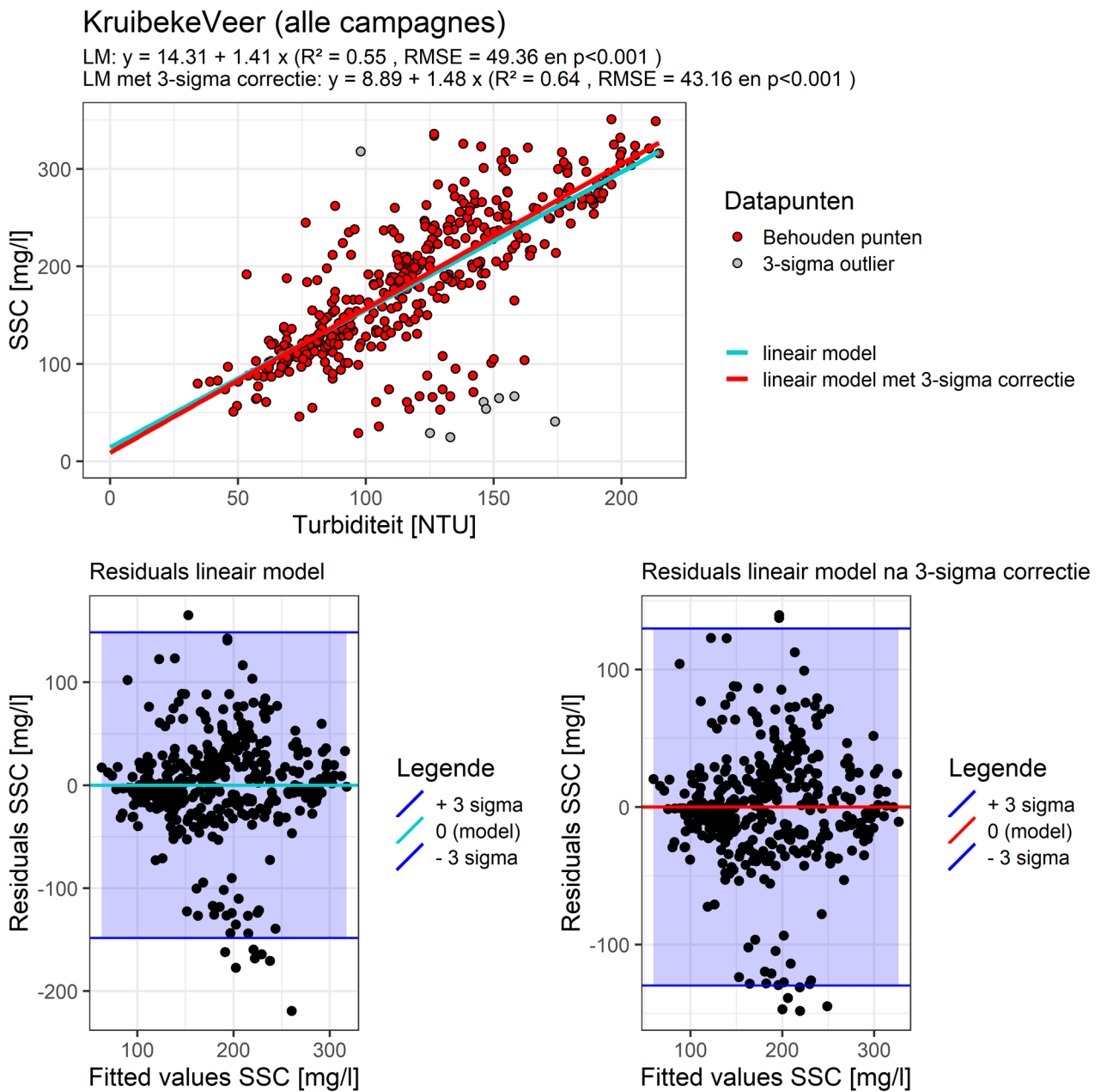
Figuur 172 – Oosterweel (SG2500): Kalibratierelaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Oosterweel.



A.4 Kruibeke

Het multiparameter toestel (YSI) in Kruibeke werd al in 2015 in gebruik genomen, maar de kalibratiecampagnes worden hier pas sinds 2017 uitgevoerd. Figuur 173 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met YSI) en SSC. De relatie (rode trendlijn) wordt bepaald op de data die binnen een marge van 3 keer de standaardafwijking van het lineaire model van de oorspronkelijke dataset liggen (rode stippen in de figuur).

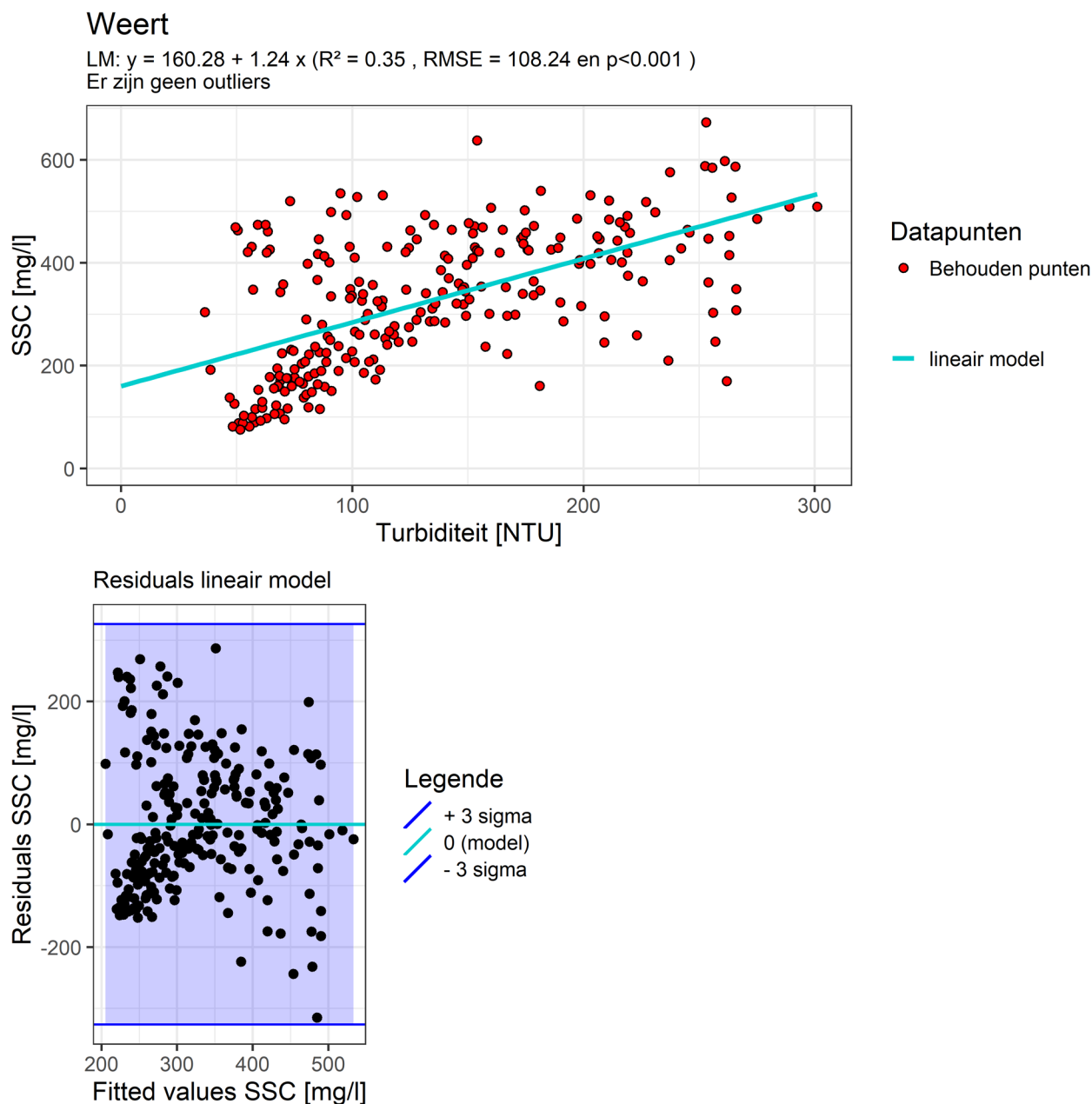
Figuur 173 – Kruibeke (YSI): Kalibratielaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Kruibeke.



A.5 Weert

Het multiparameter toestel (YSI) in Weert is sinds december 2017 in gebruik. Figuur 174 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met YSI) en SSC. De relatie (rode trendlijn) wordt bepaald op de data die binnen een marge van 3 keer de standaardafwijking van het lineaire model van de oorspronkelijke dataset liggen (rode stippen in de figuur).

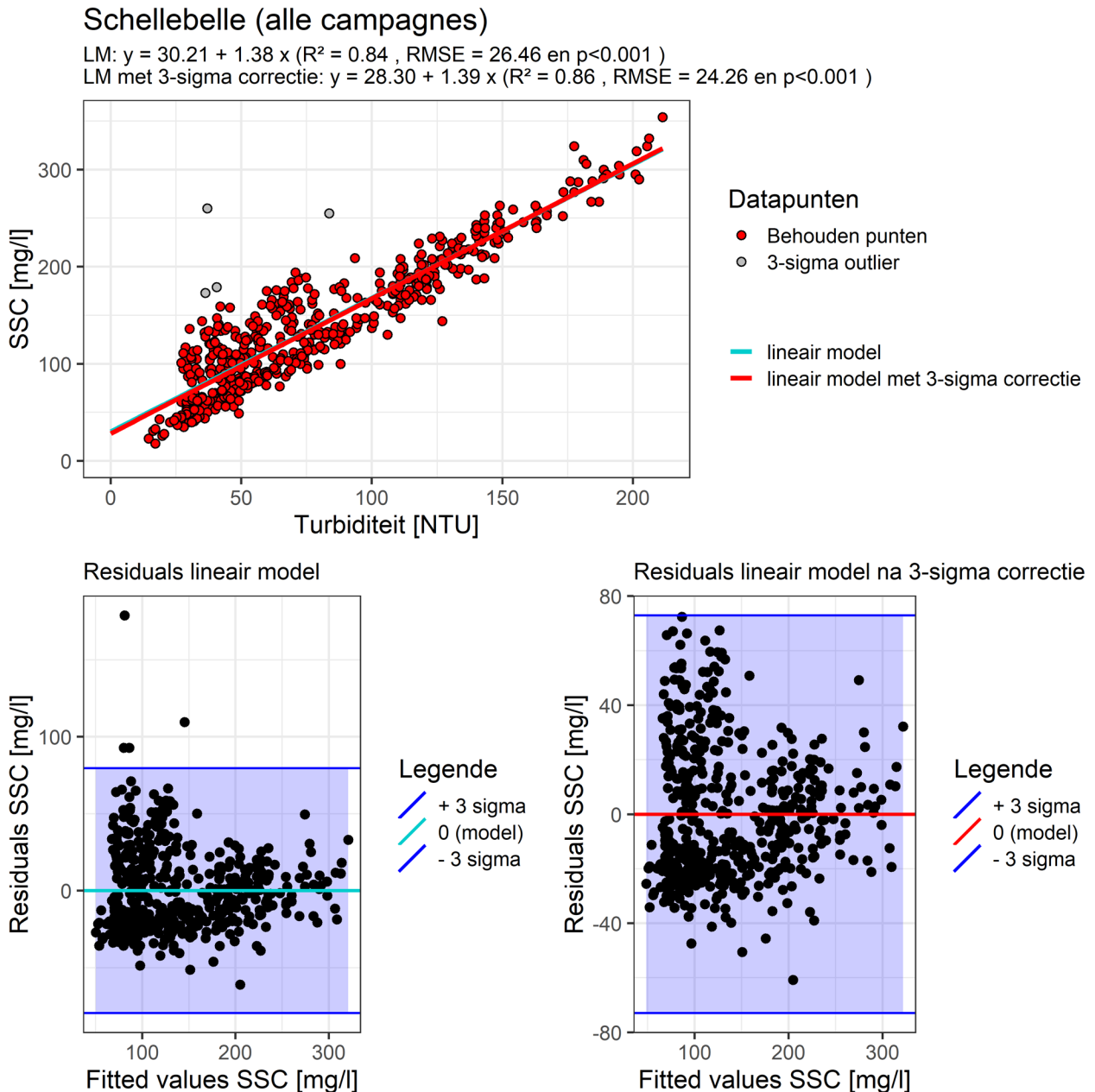
Figuur 174 – Weert (YSI): Kalibratielaties SSC-turbiditeit ter hoogte van Weert.



A.6 Schellebelle

Het multiparameter toestel (YSI) te Schellebelle is sinds 15/12/2016 in gebruik, waardoor de eerste kalibratiecampagnes uitgevoerd zijn in 2017. Figuur 175 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met YSI) en SSC. De relatie (rode trendlijn) wordt bepaald op de data die binnen een marge van 3 keer de standaardafwijking van het lineaire model van de oorspronkelijke dataset liggen (rode stippen in de figuur).

Figuur 175 – Schellebelle (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Schellebelle.

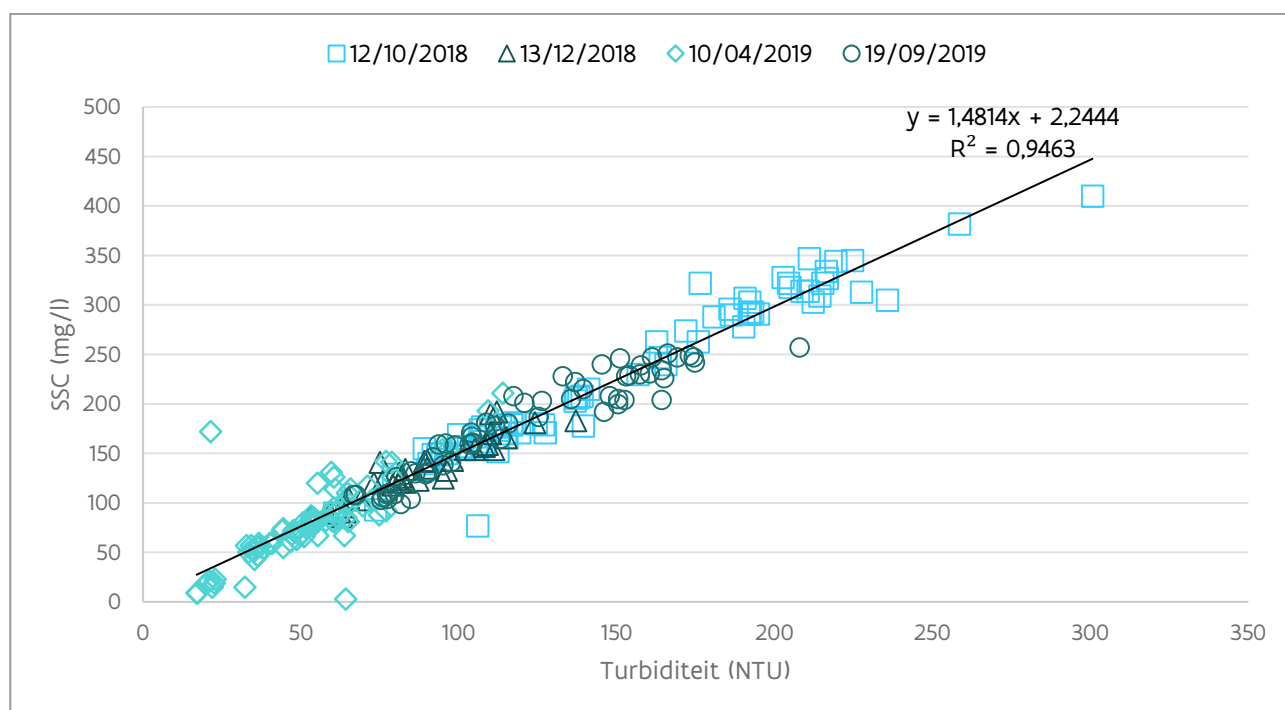


A.7 Klein-Willebroek

Het multiparameter toestel (YSI) in Klein - Willebroek werd pas midden 2018 in gebruik genomen, hierdoor werden er pas sinds het najaar van 2018 kalibratiecampagnes uitgevoerd. Daarnaast vertoonde het vaste YSI-toestel onbetrouwbare metingen tijdens meerdere kalibratiecampagnes (12/10/2018, 10/04/2019 en 19/09/2019). Voor deze campagnes is er geopteerd om de turbiditeitsmetingen van de bijkomende, mobiele YSI mee te nemen in de regressiecurve. Bij de campagne van 13/12/2018 werd het vaste YSI toestel gebruikt, i.p.v. een extra mobiel YSI toestel.

Figuur 172 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met SG2500) en SSC. De relatie bepaald op de data wordt weergegeven door de zwarte trendlijn.

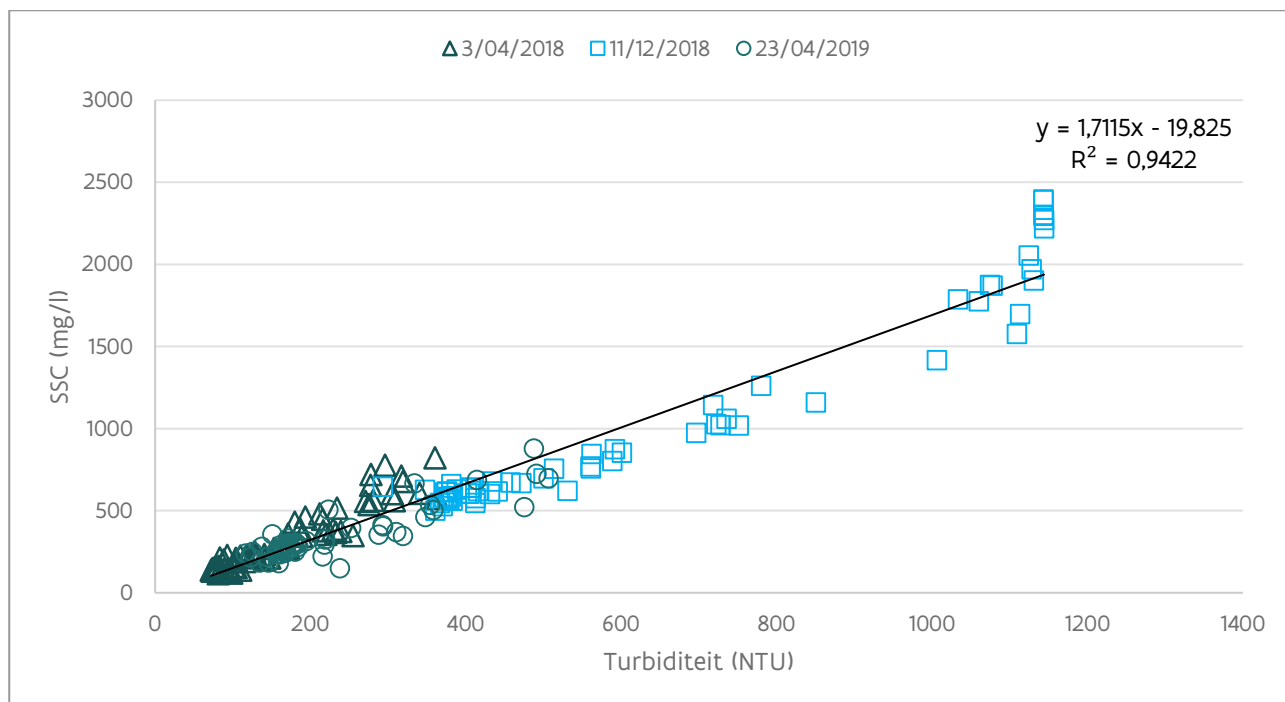
Figuur 176 – Klein-Willebroek (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Klein-Willebroek. De turbiditeit werd gemeten m.b.v. een extra mobiel YSI toestel, behalve voor de campagne van 13/12/2018 (vast toestel).



A.8 Tielrode

In Tielrode hangt er momenteel nog geen vast meettoestel. Ten behoeve van een aantal onderzoeksprojecten worden er hier sinds 2018 wel al een aantal kalibratiecampagnes uitgevoerd met behulp van een mobiele YSI. Figuur 172 toont het verband tussen turbiditeit (gemeten met SG2500) en SSC. De relatie bepaald op de data wordt weergegeven door de zwarte trendlijn.

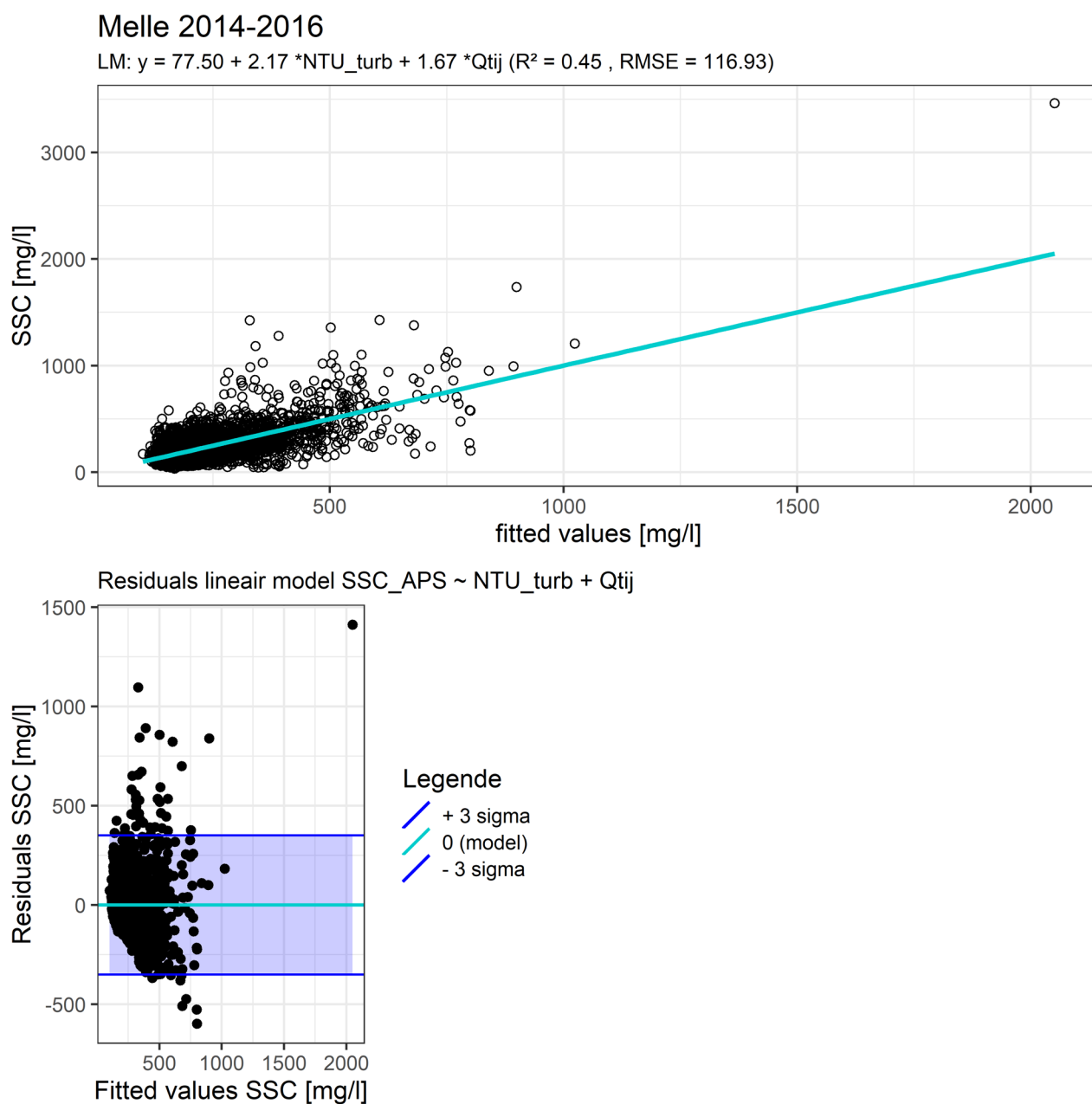
Figuur 177 – Tielrode (YSI): Kalibratierelaties SSC (turbiditeit) ter hoogte van Klein - Tielrode.



B. Kalibratie Melle

In Melle voert men ook kalibratiecampagnes uit, maar er is nood aan bijkomende kalibratiecampagnes om een beter inzicht te krijgen in het systeemfunctioneren, zeker voor het hogere turbiditeitsbereik. Daarom werd er een verkennende regressieanalyse uitgevoerd op de grotere dataset van de 7- tot 14-uurlijkse pompstalen die continu opgepompt worden met behulp van de ISCO automatische bemonsteringstoestellen. Merk op dat deze automatische bemonstering is stopgezet in 2017. Voor 2019 wordt daarom het resultaat van MONEOS 2018 overgenomen (Vandenbruwaene *et al.*, 2019b), waarbij een analyse is uitgevoerd op de laatste 3 jaar aan continue meetdata: 2014-2016 (Figuur 178).

Figuur 178 - Melle (YSI): Meervoudig regressiemodel $SSC = f(\text{turbiditeit, tijgemiddeld debiet})$ op basis van automatische pompstalen.



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be