



Vlaanderen
is wetenschap

12_070_7
WL rapporten

Monitoring Effecten Ontwikkelingschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2017

Deelrapport 7
Factual data rapportage van monitoring waterbeweging
en fysische parameters in de Zeeschelde in 2017

**DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2017

Deelrapport 7 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2017

Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Michielsen, S.; Van de Moortel, I.; Vos, G.; 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 2018
D/2018/3241/152

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Michiels, S.; Van de Moortel, I.; Vos, G.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2018). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2017: Deelrapport 7 – Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2017. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_070_7. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

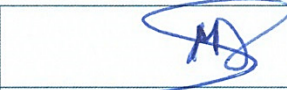
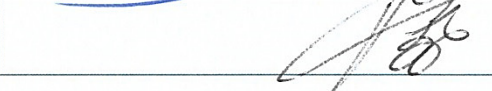
Oprachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2018R12_070_7
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium		
Tekst (p.):	118	Bijlagen (p.):	13
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Michiels, S.; Van De Moortel, I.; Vos, G.; Plancke, Y.; Vereecken, H.
------------	---

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.; Plancke, Y.; Vereecken, H.	
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	

Goedkeuring

Coördinator onderzoeksgroep:	Deschamps, M.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



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). Achtereenvolgens worden de meetgegevens gepresenteerd inzake de continue metingen van waterstanden, debieten, stromingen, saliniteit, turbiditeit en andere fysische parameters. Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2017 in het Schelde-estuarium deed. Ook de vaarten (halftij-eb), de periodieke metingen, en de 13-uursmetingen worden gerapporteerd.

Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Schelde-estuarium, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genoemd “basisboek” (Taverniers *et al.*, 2013).

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
Colofon	XIV
Lijst van afkortingen	XV
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 Jaaroverzicht 2017 in historisch perspectief	13
2.3 Stormvloeden	17
3 Jaaroverzicht bovendebieten	19
3.1 Overzicht meetlocaties.....	19
3.1.1 Globaal overzicht.....	20
3.2 Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts.....	22
3.2.1 Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis.....	22
3.2.2 Bovendebieten 2017 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief.....	24
3.3 Overzicht van de ververstijd voor de Boven-Zeeschelde	27
3.3.1 Resultaten voor 2017	27
3.3.2 Resultaten in historisch perspectief	28
4 Jaaroverzicht fysische parameters	29
4.1 Continue metingen "fysische parameters"	29
4.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"	29
4.1.2 Moment van kentering.....	33
4.1.3 Verloop van stroomsnelheid	33
4.1.4 Verloop watertemperatuur	44
4.1.5 Verloop saliniteit	52
4.1.6 Verloop suspensiegehalte	60
4.1.7 Verloop overige parameters.....	73

4.2	Periodieke metingen (laagfrequent)	76
4.2.1	Zeeschelde	77
4.2.1	Durme	78
4.2.1	Rupel en bovenstromen	79
4.3	Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied	80
4.4	Meetcampagnes - langsvaarten	85
4.4.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"	85
4.4.2	Halftij-eb-vaarten	86
4.4.3	Trends in sedimentconcentratie over langere termijn.....	92
4.5	Meetcampagnes – 13u-metingen	96
4.5.1	Meetlocaties en meetinstrumenten.....	96
4.5.2	Liefkenshoek.....	98
4.5.3	Kruikeke.....	101
4.5.4	Schellebelle.....	104
4.5.5	Terhagen.....	106
4.6	Hoogfrequente golfmetingen	109
4.6.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen"	109
4.6.2	Resultaten.....	110
5	Referenties	117
	Bijlage A: Evoluties HW en LW	B1
	Bijlage B: Kalibratie Turbiditeit – SSC	B6
	A. Specifieke kalibratiecampagnes	B6
	A.1 Overzicht.....	B6
	A.2 Meetpaal Lillo (en data Boei-84)	B7
	A.3 Oosterweel	B9
	A.4 Kruikeke.....	B10
	A.4 Schellebelle.....	B11
	B. Kalibratie op basis van continue 7-uurlijkse pompstalen.....	B12
	B.1 Melle.....	B12

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2017, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.....	4
Tabel 2 – Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2017.....	7
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2017 in historisch perspectief;.....	14
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1972-2017), verdeeld per decimeter (mTAW).....	18
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer.	19
Tabel 6 – Zeescheldebekken: kenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebiten aan de meetraaien in 2017 (m ³ /s)	22
Tabel 7 – Pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle (m ³ /s).....	23
Tabel 8 – De 20 laagste pentade-gemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991.....	25
Tabel 9 – Overzicht van de toesteltypes van multiparametertoestellen ingezet in 2017 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren.....	30
Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2017).....	32
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 (2017)	35
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2017)	45
Tabel 13 – Overzicht statistieken saliniteit [PSU] voor minimum KLW en maximum bij KHW gemeten op locaties met getijdewerking (2017).....	53
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 (2017).....	62
Tabel 15 – Meetlocaties aan de rand van het getijdegebied met de geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton)	81
Tabel 16 – Overzicht data meetcampagnes halftij eb.....	85
Tabel 17 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van halftij-eb gegevens in 2017 langsheen de volledige Zeeschelde	90
Tabel 18 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en einduur in MET96	
Tabel 19 – Waterpeil (bij 1 ^{ste} hoogwater, laagwater en 2 ^{de} hoogwater), Stroomsnelheid, Debiet, Watervolume, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF) en Sedimentvracht (SSL) bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de 13u-metingen in 2017.....	97
Tabel 20 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2017 en vergelijking met 2016	110
Tabel 21 – Overzicht van de parameters voor de turbiditeit-SSC relatie meetlocaties	B6
Tabel 22 – Overzicht parameters voor de turbiditeit-SSC relatie te Melle	B12

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2017.....	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2017 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 2017 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	5
Figuur 4 – Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2017 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 2017 2017 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).....	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2017 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 2017 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 2017 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.....	10
Figuur 9 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van hoogwaters in 2017 verdeeld per decimeter TAW.....	10
Figuur 10 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van laagwaters in 2017 verdeeld per decimeter TAW.....	11
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van tijverschillen in 2017 verdeeld per decimeter.....	11
Figuur 12 – Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2017	12
Figuur 13 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).....	13
Figuur 14 – Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw	15
Figuur 15 – Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw.....	15
Figuur 16 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.	16
Figuur 17 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.	16
Figuur 18 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doortij.....	17

Figuur 19 – Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend.	20
Figuur 20 – Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2017	21
Figuur 21 – Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in het jaar 2017	21
Figuur 22 – Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle", opgedeeld in de debieten aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) in 2017	22
Figuur 23 – Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2017.....	24
Figuur 24 – Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2017 gerangschikt naar grootte	25
Figuur 25 – Pentadebieten te Schelle in 2017 vergeleken met de periode 1991 – 2016 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m ³ /s	26
Figuur 26 – Zeescheldebekken: pentade-gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" obv pentade-berekening voor de periode 1991-2017.....	26
Figuur 27 – Ververstijd van de Boven-Zeeschelde voor het jaar 2017.....	27
Figuur 28 – Ververstijd van de Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1991 – 2017)	28
Figuur 29 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters	29
Figuur 30 – Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de Aanderaa toestellen in de Zeeschelde (2017).	36
Figuur 31– Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo.....	37
Figuur 32 – Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo	37
Figuur 33 – Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel	38
Figuur 34 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo	38
Figuur 35 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo	39
Figuur 36 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel.....	39
Figuur 37 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doortij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	41
Figuur 38 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	41
Figuur 39 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)	42
Figuur 40 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doortij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	42
Figuur 41 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	43

Figuur 42 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel).....	43
Figuur 43 – Boxplot van de temperatuur bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2017).	46
Figuur 44 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)	47
Figuur 45 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde).....	47
Figuur 46 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde).....	48
Figuur 47 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)	48
Figuur 48 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	49
Figuur 49 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Kruike (Beneden-Zeeschelde)	49
Figuur 50 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Hemiksem (Beneden-Zeeschelde).....	50
Figuur 51 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde).....	50
Figuur 52 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde).....	51
Figuur 53 – Boxplot van de Saliniteit bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2017).	54
Figuur 54 – Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde).....	55
Figuur 55 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	55
Figuur 56 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde).....	56
Figuur 57 – Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)	56
Figuur 58 – Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)	57
Figuur 59 – Saliniteit bij KHW en KLW te Kruike (Beneden-Zeeschelde)	57
Figuur 60 – Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde).....	58
Figuur 61 – Saliniteit bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde).....	58
Figuur 62 – Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde).....	59
Figuur 63 – Boxplot voor SSC (mg/l): gemiddelde bij KHW en KLW (Boven) en maximaal en gemiddelde bij eb en vloed (Onder).	63
Figuur 64 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Boven (SG500) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).	64
Figuur 65 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde.....	64
Figuur 66 – SSC bij KLW en KHW te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	65
Figuur 67 – SSC bij KLW en KHW te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde	65
Figuur 68 – SSC bij KLW en KHW te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde	66
Figuur 69 – SSC bij KLW en KHW te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	66
Figuur 70 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde.....	67

Figuur 71 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde.....	67
Figuur 72 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	68
Figuur 73 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde	68
Figuur 74 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde	69
Figuur 75 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	69
Figuur 76 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	70
Figuur 77 – Maximale SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde	70
Figuur 78 – Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde	71
Figuur 79 – Maximale SSC bij eb en vloed te Kruike met aanduiding van het jaargemiddelde.....	71
Figuur 80 – Maximale SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde.....	72
Figuur 81 – Maximale SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde	72
Figuur 82 – Instantaan zuurstofgehalte [mg/l] op de Beneden-Zeeschelde te Kruike (zwart) en de Boven-Zeeschelde te Schellebelle (rood) en te Melle (Blauw).....	74
Figuur 83 – Zuurtegraad [pH] op de Beneden-Zeeschelde te Kruike (zwart) en de Boven-Zeeschelde te Schellebelle (rood) en te Melle (Blauw)	75
Figuur 84 – Sedimentgehalte in de Zeeschelde: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen.	77
Figuur 85 – Sedimentgehalte in de Durme: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen.	78
Figuur 86 – Sedimentgehalte in de Rupel en bovenstromen: mediaan met aanduiding van de 25 ^{ste} en 75 ^{ste} percentielen.....	79
Figuur 87 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de stoomgebieden.....	80
Figuur 88 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde zonder de EWI-correctie.....	82
Figuur 89 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender zonder de EWI-correctie.....	82
Figuur 90 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Epepegem komende van de Zenne zonder de EWI-correctie.....	83
Figuur 91 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer zonder de EWI-correctie.....	83
Figuur 92 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete zonder de EWI-correctie.....	84
Figuur 93 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete zonder de EWI-correctie.	84
Figuur 94 – Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten	86
Figuur 95 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	87

Figuur 96 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde - Winter .	88
Figuur 97 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde - Zomer ..	89
Figuur 98 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	91
Figuur 99 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	91
Figuur 100 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2017 – Boei 79.....	92
Figuur 101 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2017 – Liefkenshoek.....	93
Figuur 102 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Oosterweel	94
Figuur 103 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Kennedytunnel	95
Figuur 104 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Rupelmonde	95
Figuur 105 – Indicatie van de 13u-metingen t.o.v. de wekelijkse gebaggerde stortvolumes (staafdiagrammen) en het pentadegemiddelde bovenafvoer van Schelle (oranje lijn) in mei en juni 2017..	98
Figuur 106 – Meetraai voor de 13u-meting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde).....	99
Figuur 107 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017	100
Figuur 108 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017.....	100
Figuur 109 – SSF tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017	101
Figuur 110 – Meetraai voor de 13u-meting te Kruike (Beneden-Zeeschelde).....	101
Figuur 111 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Kruike (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017	102
Figuur 112 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Kruike (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017	103
Figuur 113 – SSF tijdens de 13u-metingen te Kruike (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017	103
Figuur 114 – Meetraai voor de 13u-meting te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)	104
Figuur 115 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017. ...	105
Figuur 116 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017.....	105
Figuur 117 – SSF tijdens de 13u-metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017.....	106
Figuur 118 – Meetraai voor de 13u-meting te Terhagen (Rupel)	106
Figuur 119 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017.....	107
Figuur 120 – Gemeten SSC tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017	108
Figuur 121 – SSF tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017.....	108
Figuur 122 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)	109
Figuur 123 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)	111

Figuur 124 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	111
Figuur 125 – Gemiddelde golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	112
Figuur 126 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	112
Figuur 127 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	113
Figuur 128 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	113
Figuur 129 – Maximale golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	114
Figuur 130 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	114
Figuur 131 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	115
Figuur 132 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	115
Figuur 133 – Significante golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	116
Figuur 134 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan).....	116
Figuur 135 – Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek.....	B2
Figuur 136 – Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek	B2
Figuur 137 – Ontwikkeling van het hoogwater te Temse	B3
Figuur 138 – Ontwikkeling van het laagwater te Temse	B3
Figuur 139 – Ontwikkeling van het hoogwater te Dendermonde.....	B4
Figuur 140 – Ontwikkeling van het laagwater te Dendermonde	B4
Figuur 141 – Ontwikkeling van het hoogwater te Wetteren	B5
Figuur 142 – Ontwikkeling van het laagwater te Wetteren	B5
Figuur 143 – Meetpaal Lillo – SG500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van de historische meetlocatie Boei 84 en het bovenste toestel aan de meetpaal te Lillo.	B7
Figuur 144 – Meetpaal Lillo – SG2500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van de historische meetlocatie Boei 84 en het onderste toestel aan de meetpaal te Lillo.	B8
Figuur 145 – Oosterweel – SG2500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen nabij Oosterweel.	B9
Figuur 146 – Kruibeke – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Kruibeke.	B10
Figuur 147 – Schellebelle – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Schellebelle.....	B11
Figuur 148 – Melle – YSI: Kalibratierelatie tussen de SSC opgemeten in de pompstalen en de turbiditeit van het YSI toestel te Melle.	B13

Colofon

Aan het tot stand komen van dit jaarrapport dragen meerdere mensen bij in diverse aspecten en domeinen.

Onze dankbaarheid gaat uit naar:

- Emmanuel Cornet, Stef Michielsens, Raf Hertoghs, Ivo Van de Moortel, Gwendy Vos, Gerasimos Kolokythas en Yair Levy voor het valideren en verwerken van de terreindata.
- Het volledige meetnetteam voor het realiseren en opvolgen van de metingen.
- Voormalig collega's Elin Vanlierde, Marc Wouters en Eric Taverniers voor het leggen van de basis voor dit MONEOS-jaarboek.

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

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2017 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, conductiviteit en chloridegehalte van het water;
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen);
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete, aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).
- de slibbalans (de aanvoer vanuit de rivier van zwevende stof aan de rand van het tijgebied)

Dit rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport bevat de weergave en rapportering van de resultaten voor 2017. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie document genaamd "Basisboek" dat reeds verscheen (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 gepresenteerd voor de belangrijkste meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium, waarna tevens de langere termijn ontwikkeling voor de referentiepost “Antwerpen-Loodsgebouw” wordt gepresenteerd.

2.1 Getijwaarnemingen

Figuur 1 toont de meetlocaties waar door het WL continu waterstanden worden gemeten in het Vlaamse deel van het estuarium: dit gaat van de Belgisch-Nederlandse grens (locatie Prosperpolder) tot aan de opwaartse grenzen van het aan getij onderhevige deel van het Scheldebekken.

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2017.



De tijpost Boom is sinds oktober 2015 uit dienst en is vervangen door Boom Rupelbrug EMT. Deze post ligt op 900m van de gedeactiveerde tijpost maar wordt beheerd door de afdeling Elektromechanica en Telematica (EMT). De data van Boom Rupelbrug EMT in 2017 is door EMT niet gevalideerd. Het WL kan daarom de kwaliteit van de metingen niet garanderen. Vandaar dat Boom Rupelbrug EMT, in tegenstelling tot vorig jaar, niet mee is opgenomen in dit rapport.

Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2017 weer voor de belangrijkste meetlocaties in het Schelde-estuarium. Volgende getijparameters worden gerapporteerd:

- gemiddeld hoogwater (GHW)
- gemiddelde 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

en dit zowel voor middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor springtij en voor doottij.

Tot slot zijn ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW), hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW) alsook de P1 en P99 percentielen) geregistreerd in 2017 opgenomen in deze tabel.

Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij periodes van grote bovendebieten, kan het voorkomen dat de laagwaters gedurende enkele getijden hoger uitkomen dan de jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit was in 2017 het geval voor Melle in januari en december. Daarnaast zijn ook te Wetteren de hoogste laagwaters hoger dan de laagste hoogwaters. De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laagwaterstanden, maar ook van hoogwaterstanden (hoewel minder). Hierdoor wordt het tijverschil tijdelijk beperkt.

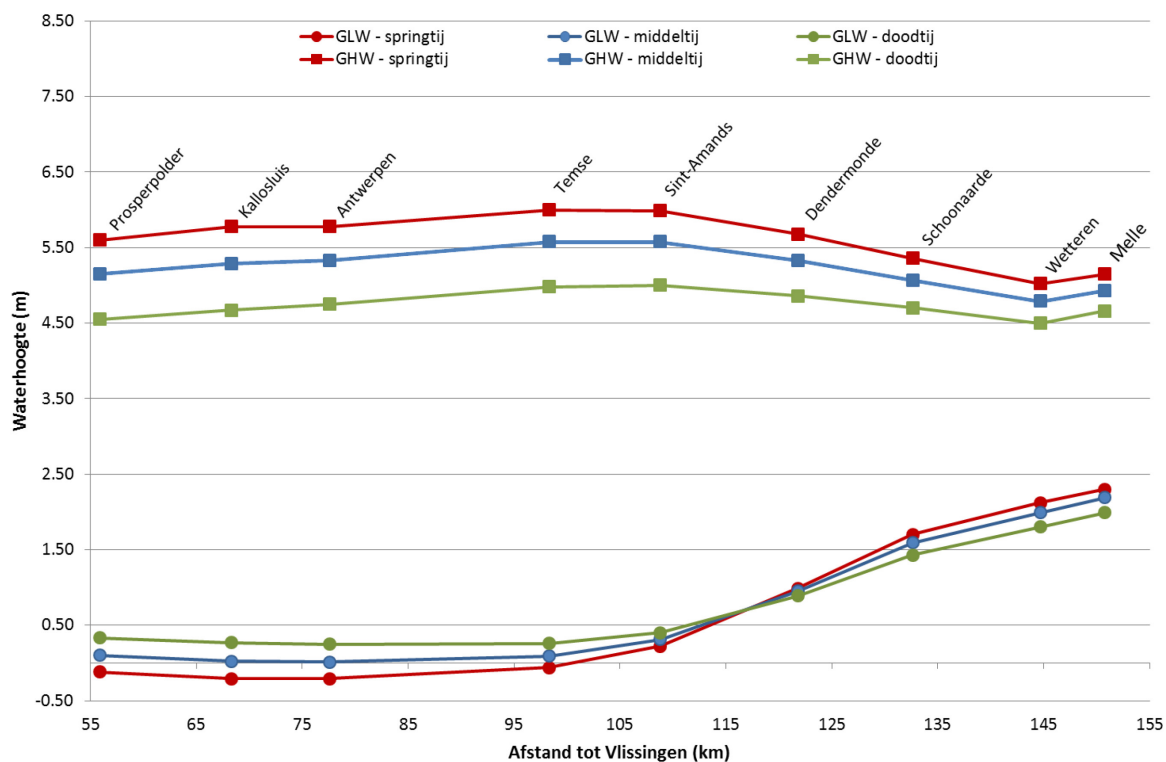
Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven enkele waarden uit Tabel 1 weer. Figuur 2 geeft het GHW en GLW weer in functie van de afstand tot de monding. Het GHW neemt toe van Prosperpolder tot Temse en neemt daarna af. Het GLW blijft van Prosperpolder tot Temse min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in Temse (zie Figuur 3). 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. Het GHW blijft wel hoger bij springtij. 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-doodtijcyclus 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 in Dendermonde dit nog ca. 30 minuten is.

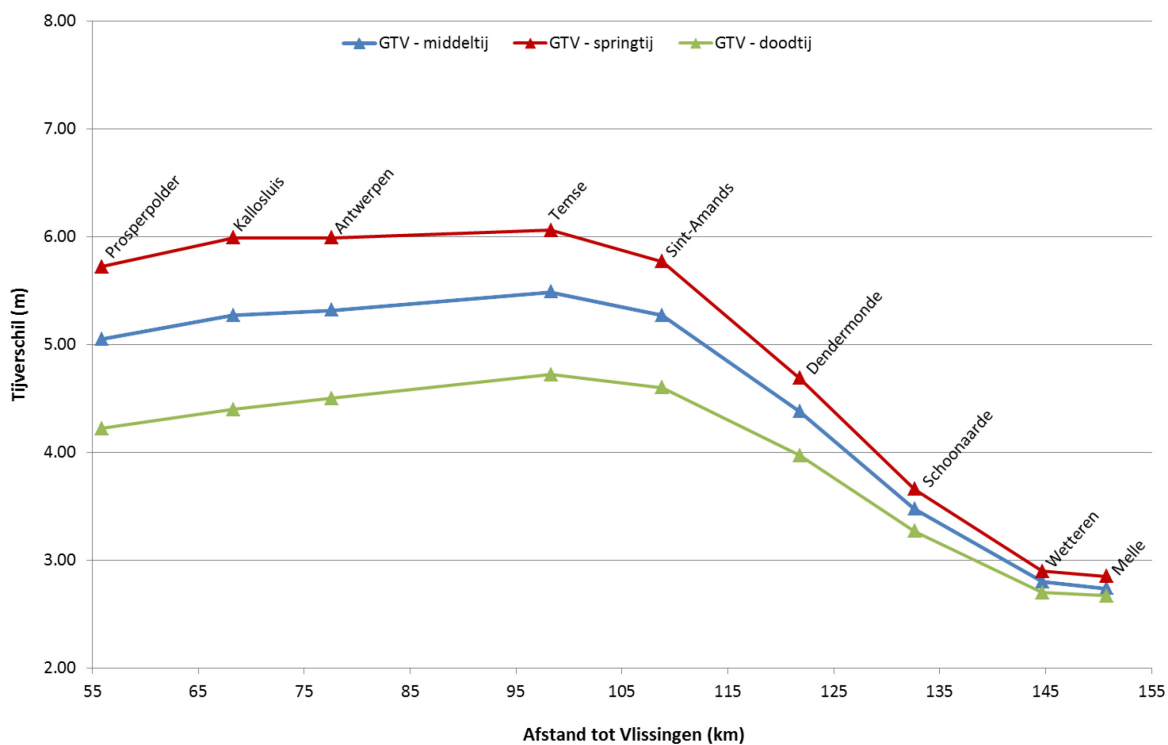
Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2017,
 gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.

2017			Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen- Loodsgebouw	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			55.9	68.3	77.6	98.3	108.8	121.8	132.6	144.7	150.8
middel tijd		GHW	5,15	5,29	5,33	5,58	5,58	5,33	5,07	4,79	4,93
		GLW	0,10	0,02	0,01	0,09	0,31	0,95	1,59	1,99	2,19
		GTV	5,05	5,27	5,32	5,49	5,27	4,38	3,48	2,80	2,74
		duur van stijging	05:45	05:33	05:29	05:23	05:04	04:57	04:49	04:49	04:46
		duur van daling	06:40	06:52	06:56	07:02	07:21	07:28	07:36	07:36	07:39
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:20	-00:14	00:00	0:49	01:05	01:41	02:15	03:02	03:27
		LW	-00:36	-00:18	00:00	0:55	01:30	02:13	02:52	03:32	03:53
spring tijd		GHW	5,60	5,78	5,78	6,00	5,99	5,68	5,36	5,02	5,15
		GLW	-0,12	-0,21	-0,21	-0,06	0,22	0,99	1,70	2,12	2,30
		GTV	5,72	5,99	5,99	6,06	5,77	4,69	3,66	2,90	2,85
		duur van stijging	05:29	05:11	05:05	05:07	04:48	04:47	04:41	04:46	04:42
		duur van daling	06:49	07:08	07:14	07:13	07:31	07:33	07:39	07:38	07:45
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:14	-00:12	00:00	00:57	01:13	01:52	02:26	03:15	03:40
		LW	-00:39	-00:18	00:00	00:56	01:31	02:11	02:51	03:27	03:58
dood tijd		GHW	4,55	4,67	4,75	4,98	5,00	4,86	4,70	4,50	4,66
		GLW	0,33	0,27	0,25	0,26	0,40	0,89	1,43	1,80	1,99
		GTV	4,22	4,40	4,50	4,72	4,60	3,97	3,27	2,70	2,67
		duur van stijging	06:10	06:04	06:02	05:49	05:33	05:18	05:05	05:00	04:57
		duur van daling	06:34	06:39	06:40	06:54	07:12	07:26	07:38	07:44	07:49
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:25	-00:15	00:00	00:41	00:58	01:31	02:04	02:48	03:12
		LW	-00:31	-00:17	00:00	00:56	01:30	02:16	03:01	03:51	04:19
uiterste waarden		HHW	6,56	6,74	6,72	6,93	6,89	6,81	6,48	6,43	6,54
		LHW	3,95	4,07	4,14	4,35	4,37	4,29	4,15	3,89	4,01
	99e percentiel	HW	6,18	6,36	6,38	6,59	6,59	6,35	6,14	6,06	6,17
		HLW	1,67	1,60	1,61	1,79	2,01	2,98	3,87	4,87	5,66
	1e percentiel	LLW	-0,98	-1,08	-1,08	-0,82	-0,41	0,40	1,05	1,35	1,49
		LW	-0,58	-0,68	-0,69	-0,48	-0,18	0,52	1,12	1,44	1,57

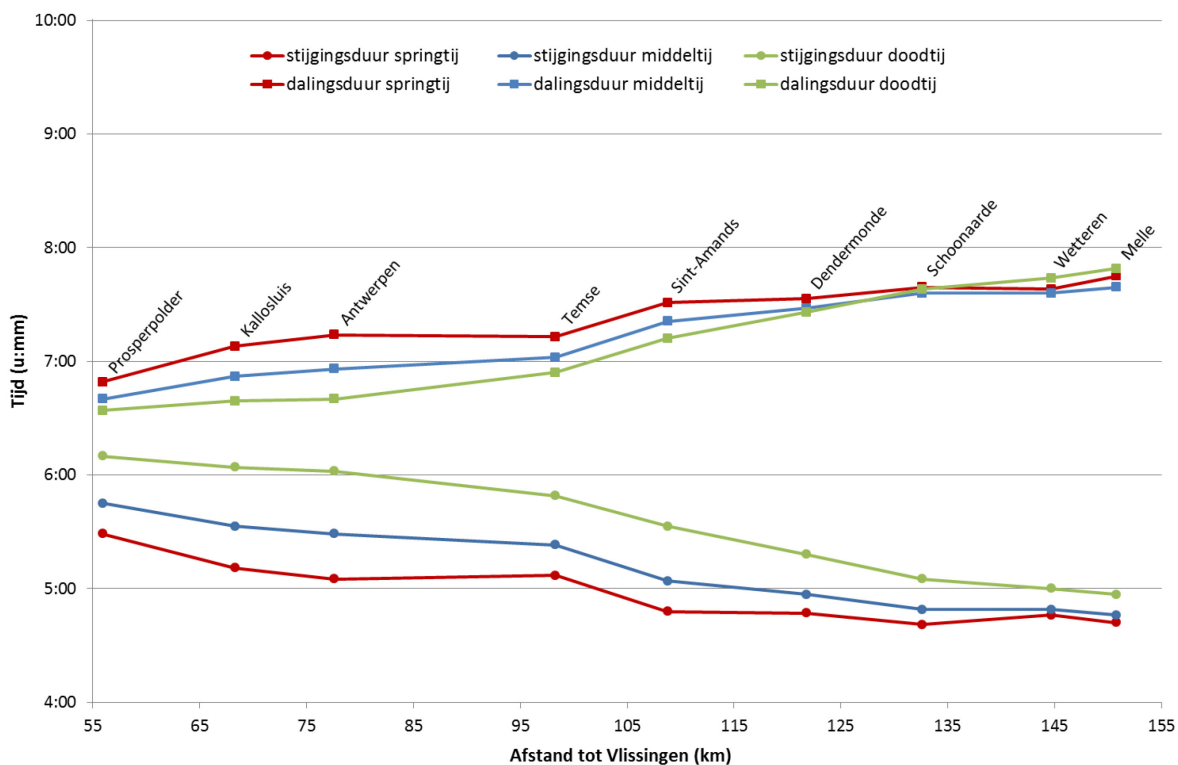
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2017 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2017 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



Figuur 4 – Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2017 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.

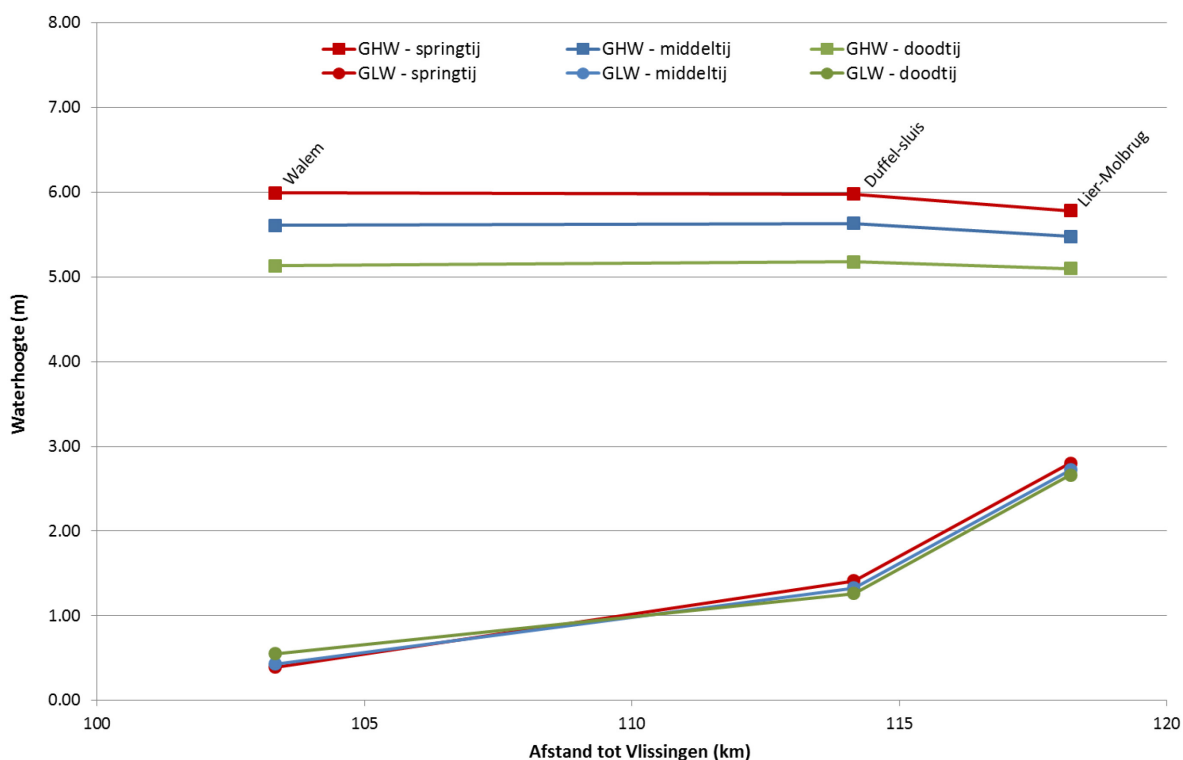
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2. Hoe verder stroomopwaarts hoe lager het GHW en hoe hoger het GLW. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld tijverschil. Het tijverschil is het grootst voor de meest afwaartse post (Walem).

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 hier toe naarmate er meer opwaarts wordt gegaan. Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middeltij, springtij en doottij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts van de zijrivieren van de Schelde begeeft. In Duffel Sluis en Lier-Molbrug is bijvoorbeeld de dalingsduur quasi gelijk voor middeltij, springtij en doottij. Dit kleiner wordend verschil vindt men ook bij het tijverschil terug.

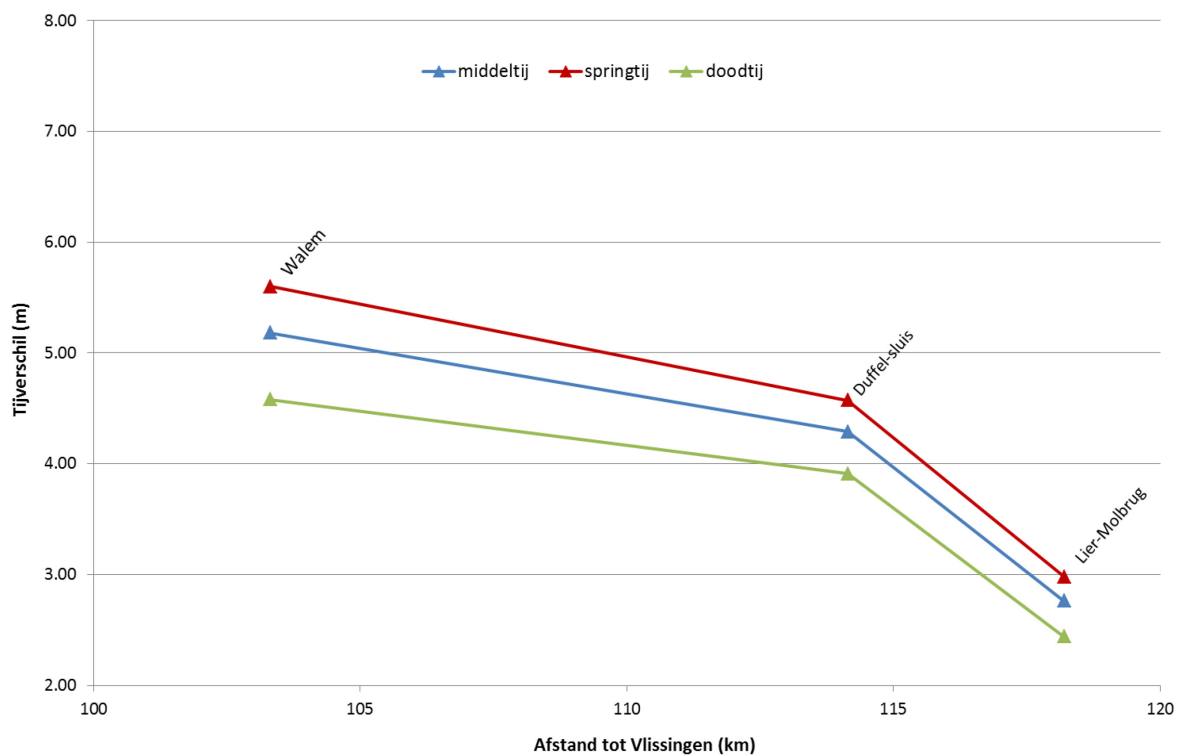
Tabel 2 – Rupel, Beneden-Nete en Durme:
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2017.

2017		Tielrode	Walem	Duffel Sluis	Lier-Molbrug	
afstand tot Vlissingen (km)		103.1	103.3	114.2	118.2	
middeltij		GHW	5,61	5,56	5,58	5,40
		GLW	0,09	0,38	1,19	2,51
		GTV	5,52	5,18	4,39	2,89
		duur van stijging	05:10	05:09	04:39	04:05
		duur van daling	07:15	07:16	07:46	08:19
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	00:50	01:05	01:29	01:49
		LW	01:09	01:25	02:08	01:53
springtij		GHW	6,04	5,94	5,93	5,72
		GLW	-0,05	0,33	1,26	2,64
		GTV	6,09	5,61	4,67	3,08
		duur van stijging	04:54	04:56	04:32	04:02
		duur van daling	07:27	07:23	07:49	08:20
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	00:58	01:15	01:42	02:01
		LW	01:11	01:26	02:11	02:22
doodtij		GHW	5,00	5,02	5,06	4,95
		GLW	0,25	0,43	1,06	2,37
		GTV	4,75	4,59	4,00	2,58
		duur van stijging	05:38	05:34	04:57	04:16
		duur van daling	07:05	07:11	07:48	08:30
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	00:43	00:54	01:17	01:35
		LW	01:08	01:24	02:16	02:29
uiterste waarden		HHW	6,94	6,88	6,85	6,73
		LHW	4,36	4,39	4,45	4,41
	99e percentiel	HW	6,62	6,59	6,54	6,37
		HLW	1,77	2,14	2,85	3,93
	1e percentiel	LLW	-0,68	-0,29	0,67	1,98
		LW	-0,47	-0,07	0,75	2,03

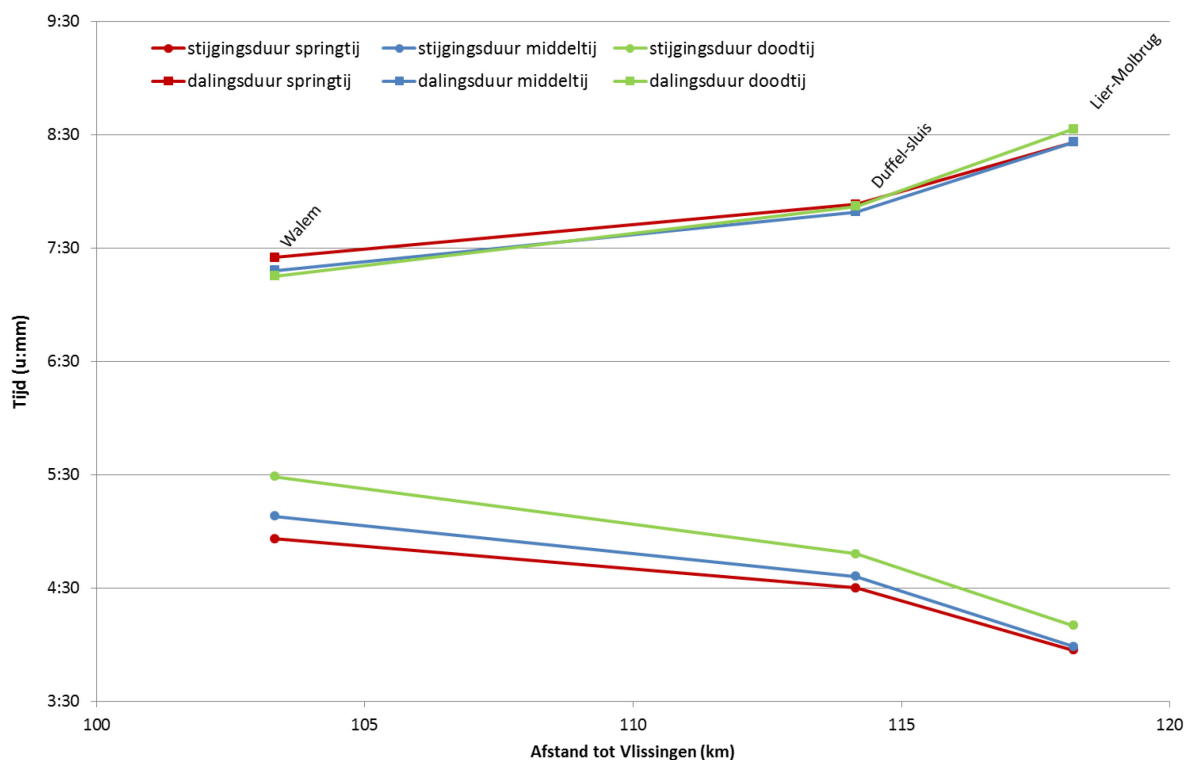
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2017 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug)



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2017 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).



Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2017 voor de Rupel (Walem) en Beneden-Nete (Duffel-Sluis en Lier-Molbrug).



2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

2.2.1 Jaaroverzicht

Al bijna honderddertig jaar (1888 - 2017) wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw de waterstand geregistreerd. Ondermeer daarom, en gezien het representatieve karakter, worden de data afkomstig van de meetpost te Antwerpen als maatstaf van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

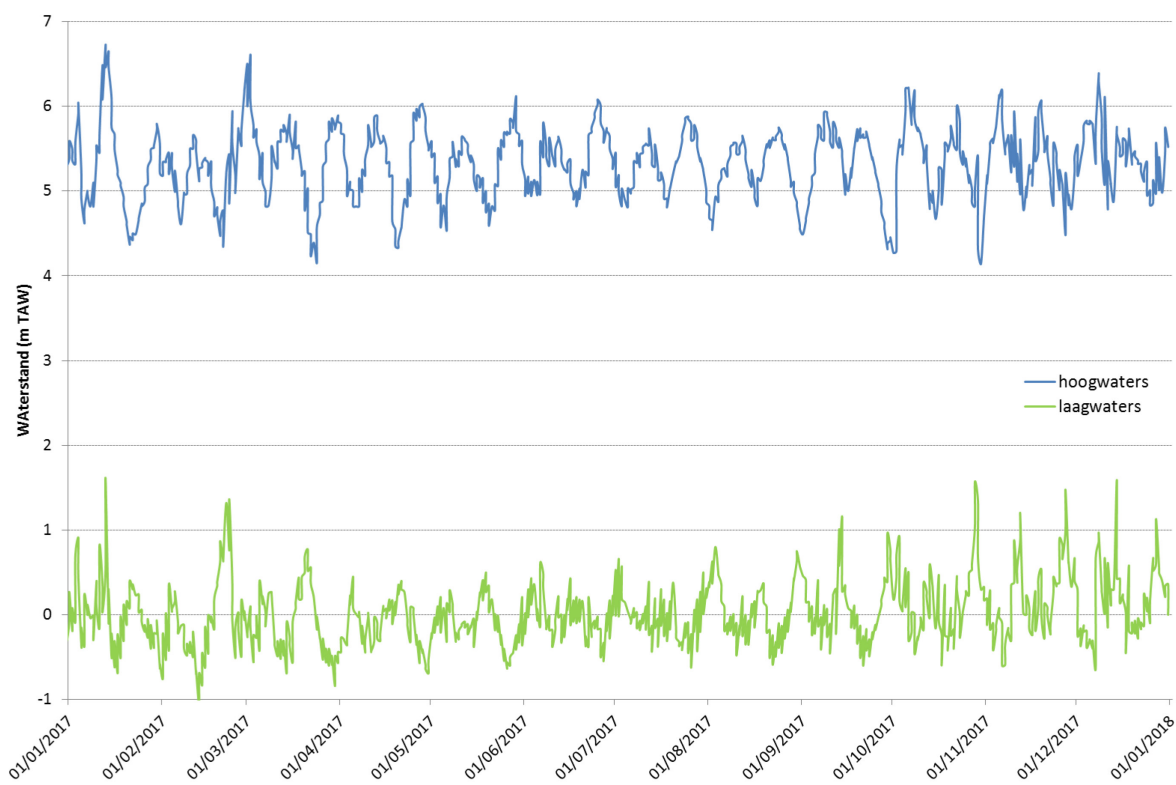
Figuur 8 toont het jaarverloop 2017 voor hoogwaters en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. De uiterste waterstanden komen hier duidelijk naar voor.

Om een volledig beeld van de verdeling van de hoogwaters, laagwaters en tijverschillen te krijgen tonen we frequentieverdelingen voor het jaar 2017, waarin per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal registraties van deze parameters.

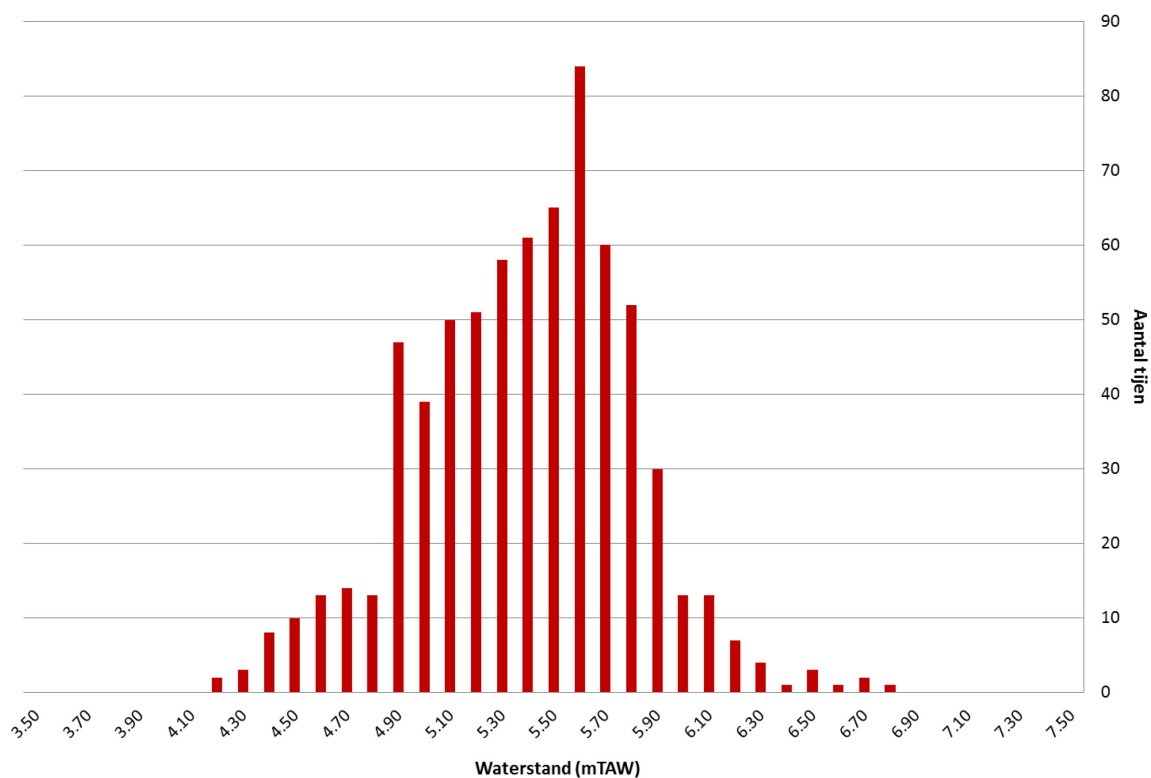
Het totale bereik waarover de tijverschillen in de getoonde periode zijn gegaan, is niet uitzonderlijk. Gespreid over 38 klassen is er een bereik van 3,00 m tot 6,90 m.

Figuur 9, Figuur 10 en Figuur 11 handelen over gegevens te Antwerpen-Loodsgebouw, maar deze trend geldt voor alle locaties. Voor bijvoorbeeld de opwaartse vakken van het tijbekken verhogen bij grote bovendebieten en wasregimes de laagwaters meer dan de hoogwaters, waardoor het tijverschil beduidend kleiner wordt dan normaal.

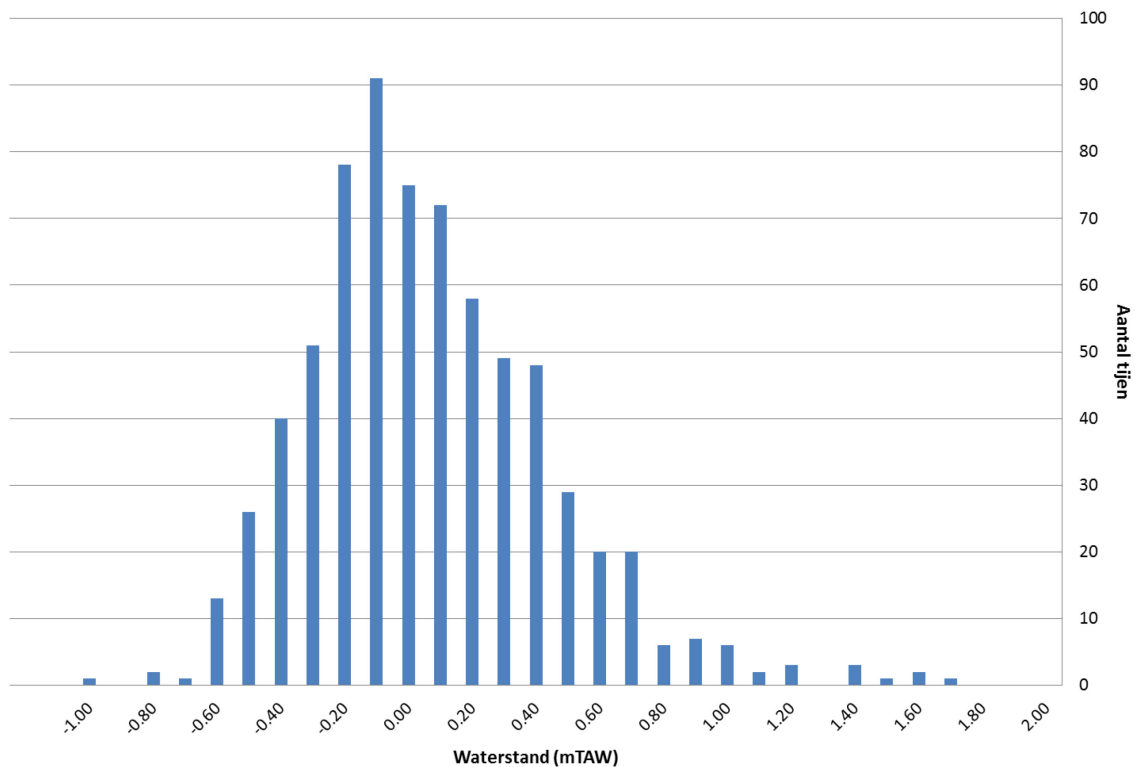
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2017 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater.



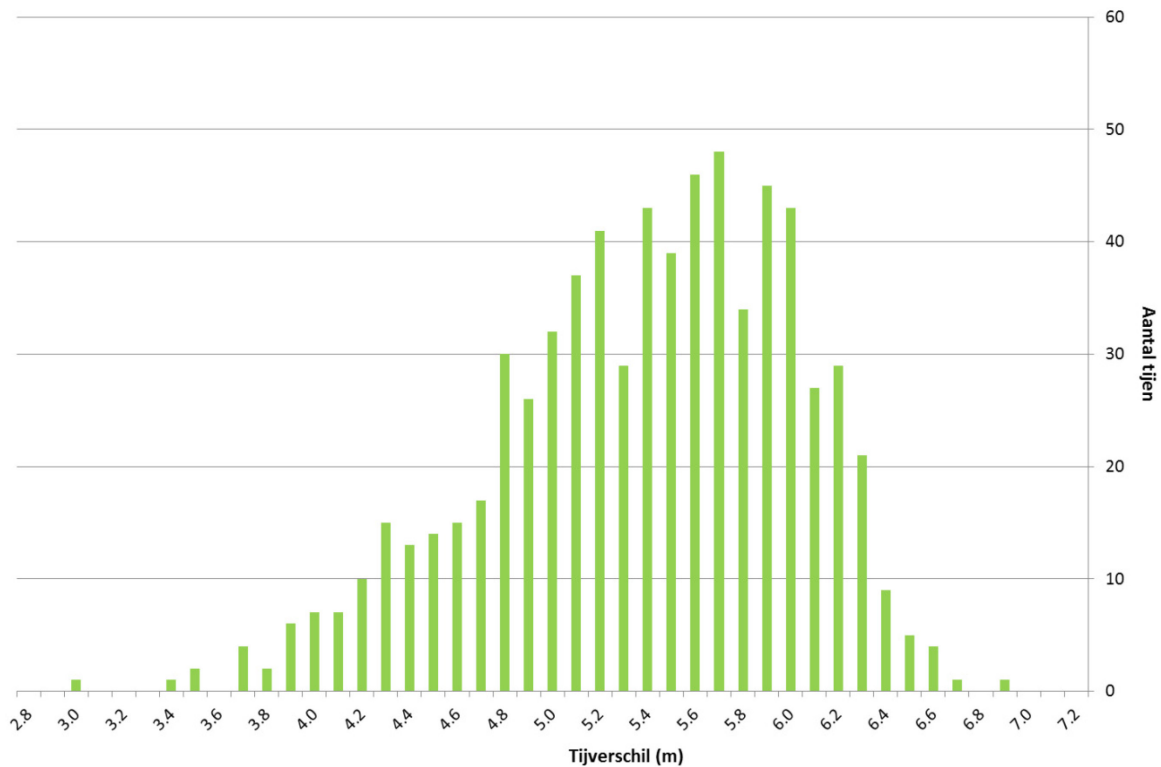
Figuur 9 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van hoogwaters in 2017 verdeeld per decimeter TAW.



Figuur 10 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van laagwaters in 2017 verdeeld per decimeter TAW.



Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: frequentieverdeling van tijverschillen in 2017 verdeeld per decimeter.



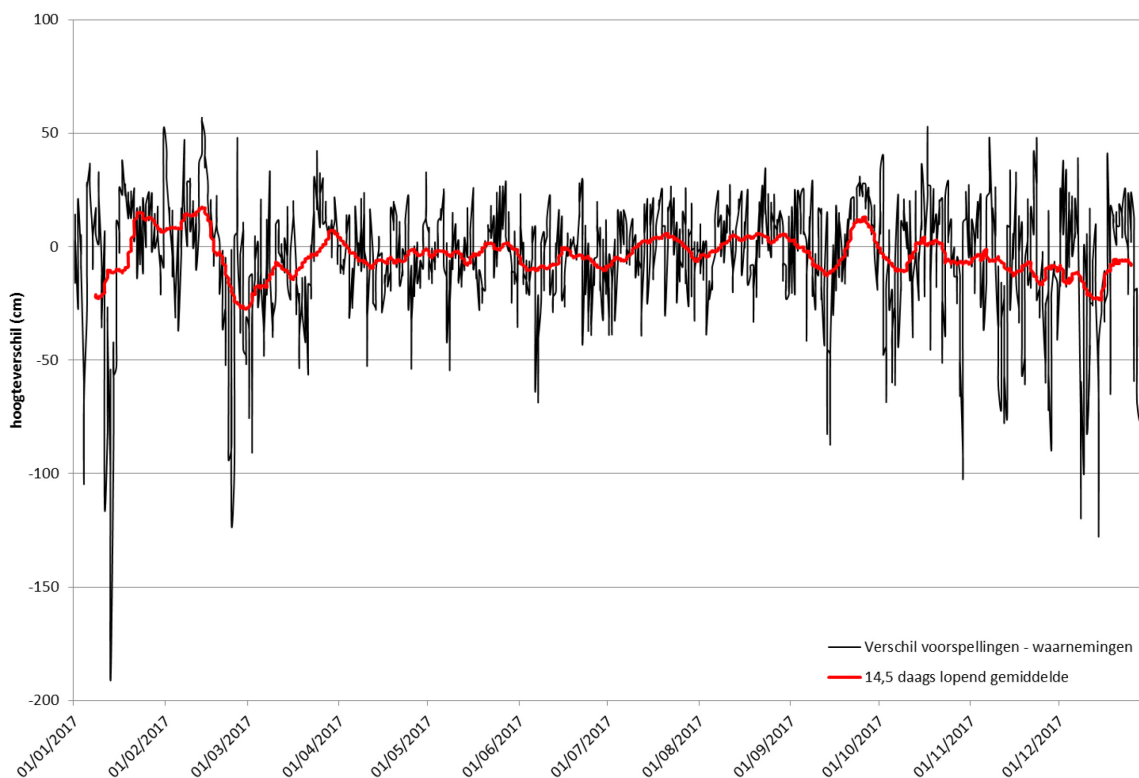
Uit Figuur 8 zijn de ongeveer 14,5-daagse periodes van spring- en doottijd duidelijk visueel te onderscheiden.

De springtij-doottijcyclus is astronomisch te voorspellen. Echter, de waarnemingen kunnen in beperkte of grotere mate afwijken van het astronomische verloop. Dit komt doordat ze beïnvloed kunnen worden door meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel kunnen waterstanden sterk beïnvloed worden door de variatie van bovendebieten uit de opwaarts van het tijbekken gelegen hydrografische gebieden.

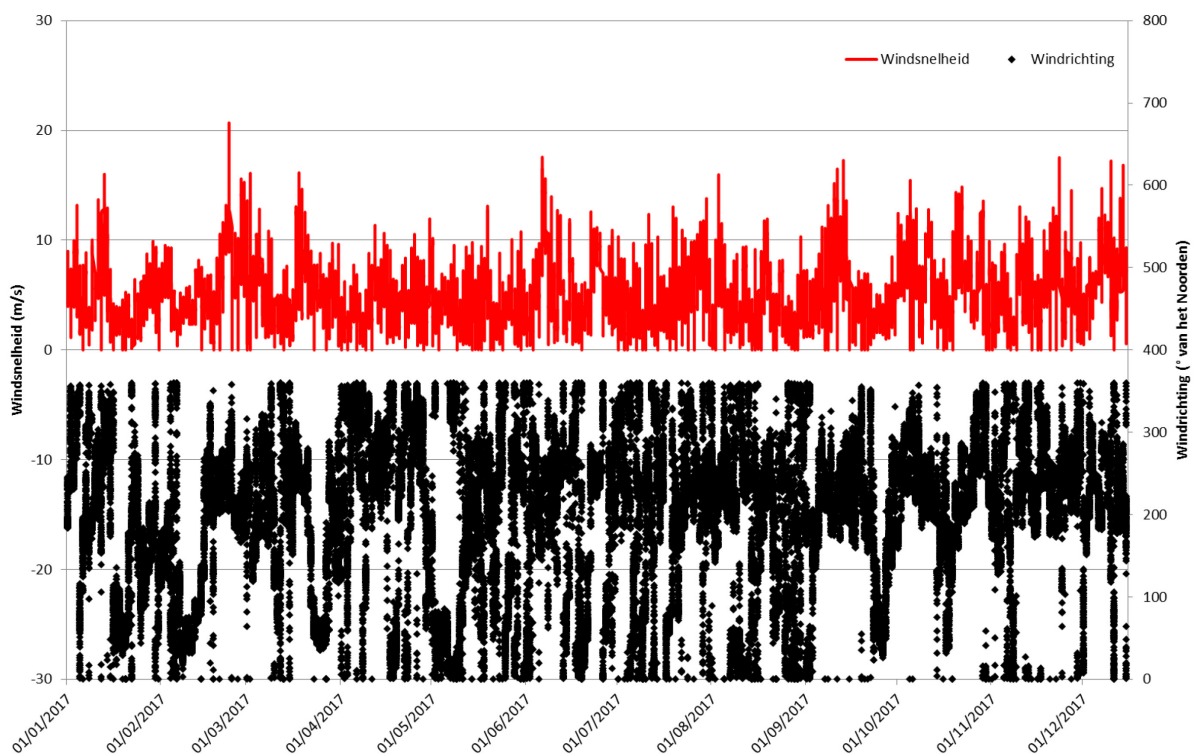
Dit wordt geïllustreerd in Figuur 12, waarin de verschillen tussen de astronomisch voorspelde hoog- en laagwaters en de effectief waargenomen waarden voor het jaar 2017 zijn weergegeven. Hierin kan ook duidelijk een verschil tussen de zomer- en de wintermaanden opgemerkt worden.

Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en astronomisch voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 13 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 24 cm, met een maximum verschil van 87 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 astronomisch voorspeld en effectief waargenomen getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 23 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 34 cm, met een maximum verschil van 191 cm). De grootste verschillen zijn algemeen gezien negatief, wat wijst op een groter belang van opwaaiing dan afwaaiing. Dit wordt gestaafd door Figuur 13, de windrichting lag (in de wintermaanden) meestal tussen 200° en 300°. Dit komt overeen met wind uit een westelijke sector, dewelke opwaaiing veroorzaakt. Het tweede deel van februari 2017 is een goed voorbeeld van een periode met veel opwaaiing. Daarnaast valt ook de periode van half januari tot half februari op. Tijdens deze periode was er sprake van afwaaiing en dus positieve verschillen. De wind blies toen voornamelijk uit de oostelijke sector (tussen 45° en 135°), wat ook te zien is op Figuur 13.

Figuur 12 – Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd in Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2017



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



2.2.2 Jaaroverzicht 2017 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal kerngetallen 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 2017, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia. Hieruit kan men afleiden dat het getijverschil iets kleiner is in vergelijking met de laatste gemiddelden van 2011 tot 2015. Dit is te wijten aan het voorkomen van hogere laagwaters dan in de periode 2011-2015.

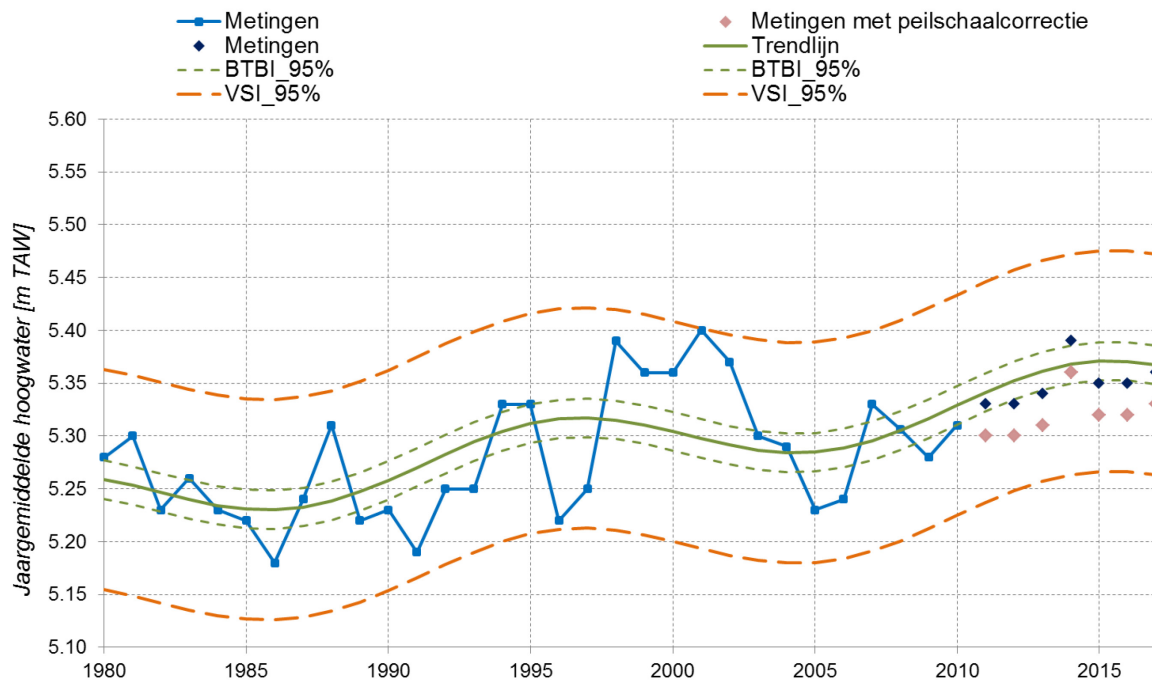
Het jaar 2017 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 3) een vrij normaal jaar. Dat blijkt ook uit de volgende figuren (Figuur 18, Figuur 16 en Figuur 17) die het historisch tijbeeld schetsen.

In het kader van Moneos-T (Schrijver en Plancke, 2008) werd specifiek gekeken naar de ontwikkeling van hoog- en laagwaters te Liefkenshoek en Antwerpen-Loodsgebouw. Figuur 14 en Figuur 15 geven de evolutie van het GHW en GLW doorheen de tijd te Antwerpen. Het GHW van 2017 ligt bijna op de trendlijn en het GLW is iets hoger dan voorspeld. Meer info en gelijkaardige figuren voor Temse, Dendermonde en Wetteren vindt men terug in Bijlage A: Evoluties HW en LW.

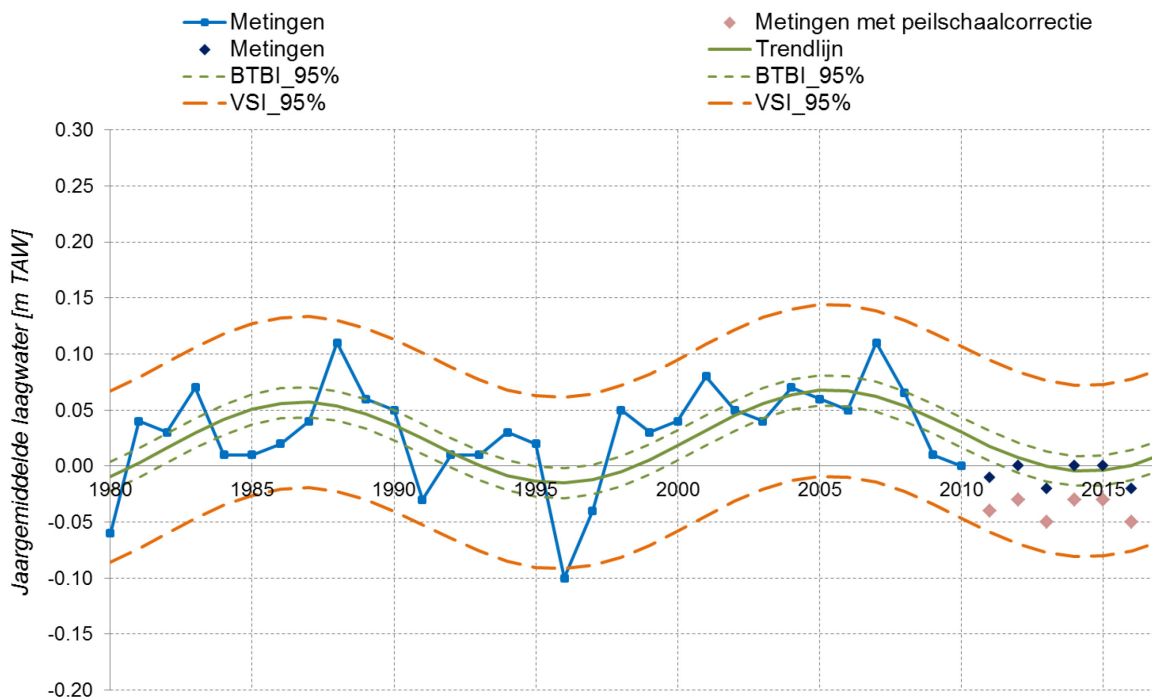
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2017 in historisch perspectief;
 (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2015	2017
middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,32	5,33
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,04	0,01
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,36	5,32
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	05:29
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:55	06:56
springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,70	5,78
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,29	-0,21
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	6,00	5,99
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	05:07	05:05
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	07:12	07:14
doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,80	4,75
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,32	0,25
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,50
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	06:00	06:02
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	06:41	06:40
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,30	6,72
	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	6,38
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	1,61
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,38	-1,08
	1 ^{ste} percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,80	-0,69

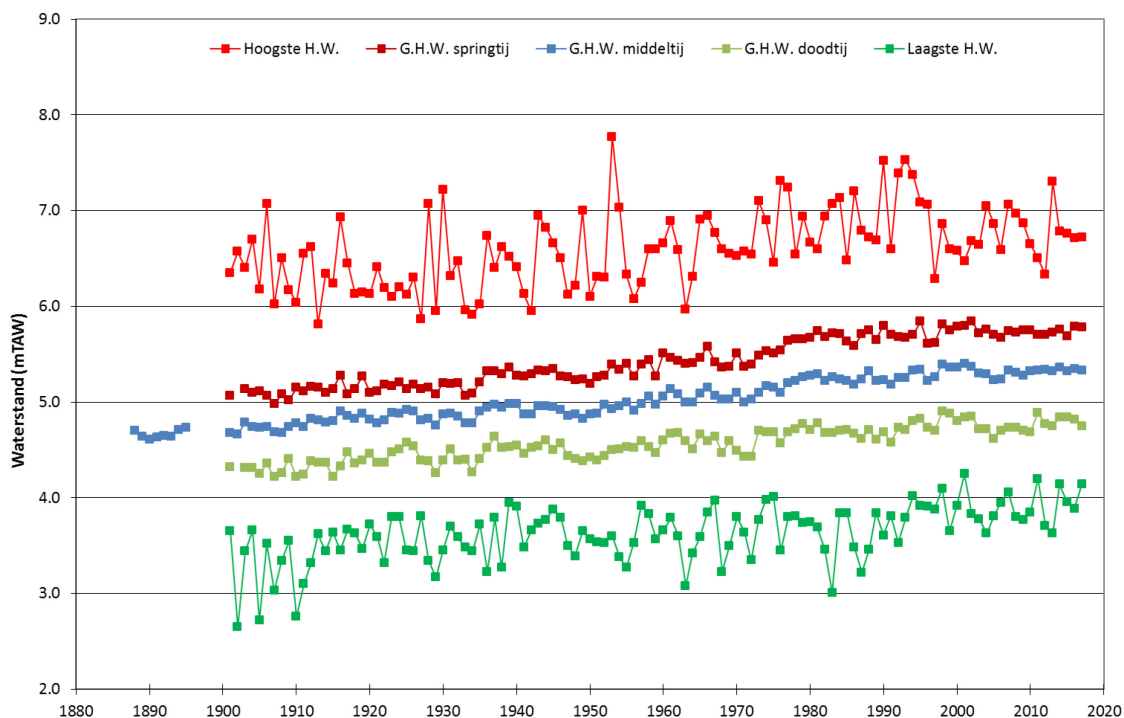
Figuur 14 – Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw



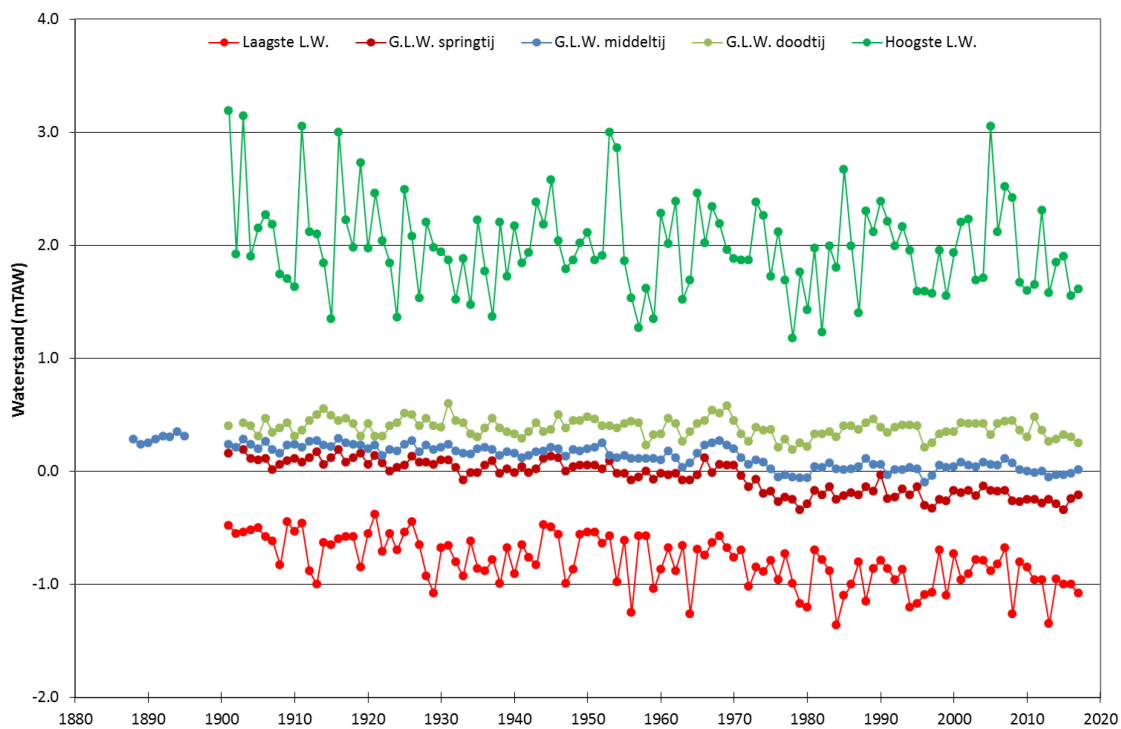
Figuur 15 – Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw



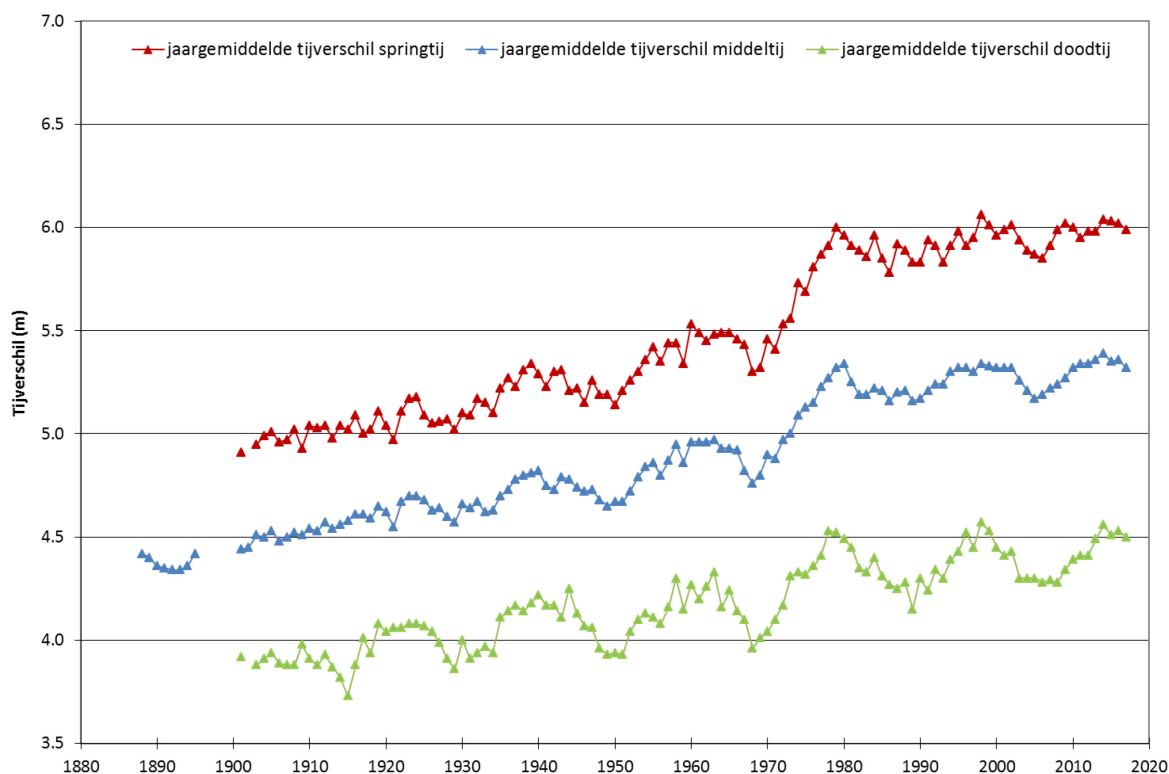
Figuur 16 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



Figuur 17 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.



Figuur 18 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2017) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doottij.



2.3 Stormvloeden

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

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

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

Op 13 januari 2017 werd de hoogste waterstand van 2017 geregistreerd. In Antwerpen was het hoogwater 6,72 mTAW. Een dag later was er een hoogwater van 6,65 mTAW. Ook op 2 maart was er een stormvloed. De waterstand in Antwerpen bedroeg toen 6,61 mTAW. Voor een uitgebreide beschrijving van deze gebeurtenissen consulteert men best de stormrapporten over deze gebeurtenissen (Boeckx *et al.*, 2017).

Tabel 4 toont al de hoogwaterstanden sinds 1972 in Antwerpen, hoger dan 6,5 mTAW. Het stormtij dat zich in januari en maart 2017 voordeed blijkt niet uitzonderlijk te zijn.

3 Jaaroverzicht bovendebieten

3.1 Overzicht meetlocaties

Sedert 1947 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 tijrivier 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).

De locaties waar de debieten bepaald worden (dd. 2017) zijn weergegeven in Tabel 5 en Figuur 19.

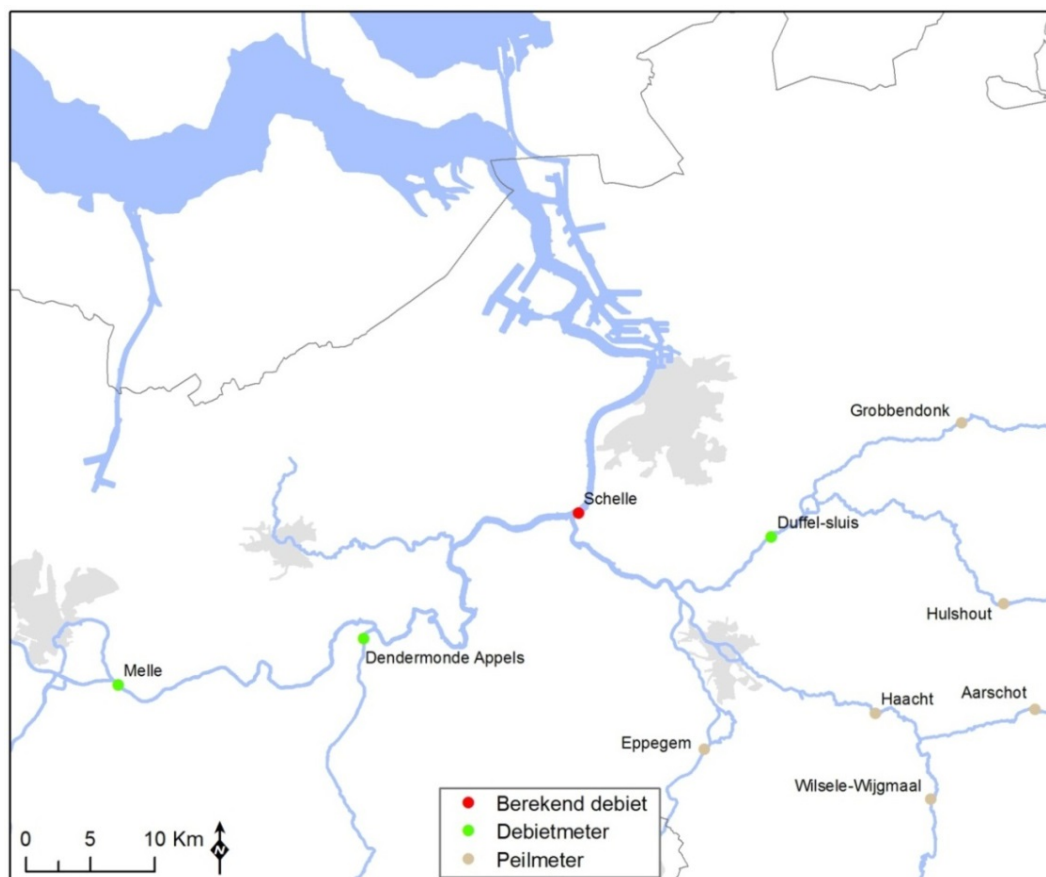
Er wordt vooralsnog geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Sinds januari 2016 is er in Lokeren een nieuw pompemaal in dienst genomen dat bij hoge waterstanden op de Moervaart automatisch water overpompt (maximaal 7,5 m³/s) van de Moervaart in de Durme. Bij normaal weer zal het gemaal minder water overpompen, 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".

De snelheidsmetingen in Duffel Sluis zijn sinds 22 juni 2017 gestopt omdat ze onbetrouwbaar waren. Het debiet dat er normaal afgeleid wordt uit de waterstand en de snelheid is vervangen door een afleiding op basis van het daggemiddelde debiet in Grobbendonk (Kleine Nete) en Hulshout (Grote Nete).

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

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Opmerking
bnt03a	Duffel Sluis	Beneden-Nete	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADCP, Q=A.v relatie wordt toegepast Vanaf 22/6/2017: daggemiddeld debiet bepaald a.h.v. de debieten te Grobbendonk en Hulshout
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
dij12a	Haacht	Dijle	H	Schijntij	Daggemiddeld debiet bepaald a.h.v. de debieten te Aarschot en Wilsele Wijgmaal
zen03a	Epegem	Zenne	H	Geen tij	Ogenblikkelijk debiet bepaald a.h.v. Q/H-verband
den01a	Dendermonde (Appels)	Dender	Q	Schijntij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zes57a	Melle	Boven-Zeeschelde	Q	Tij	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast

Figuur 19 – Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend.



3.1.1 Globaal overzicht

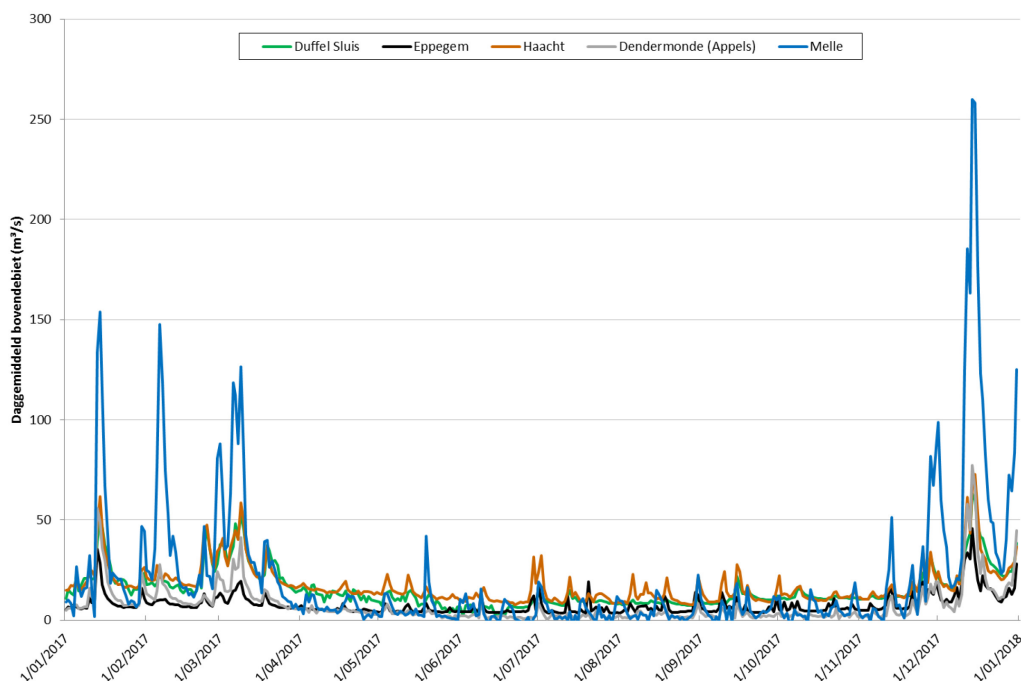
Figuur 20 toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2017. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds door invloed van de neerslag in een bepaald hydrografisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond en van evapotranspiratie.

Zoals bekend 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 (zoals tussen april en november 2017) keren de rollen om en is de bovenafvoer in Melle lager dan die in Epegem, Haacht en Duffel Sluis. Het grootste volume van de afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt in dergelijke omstandigheden afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen.

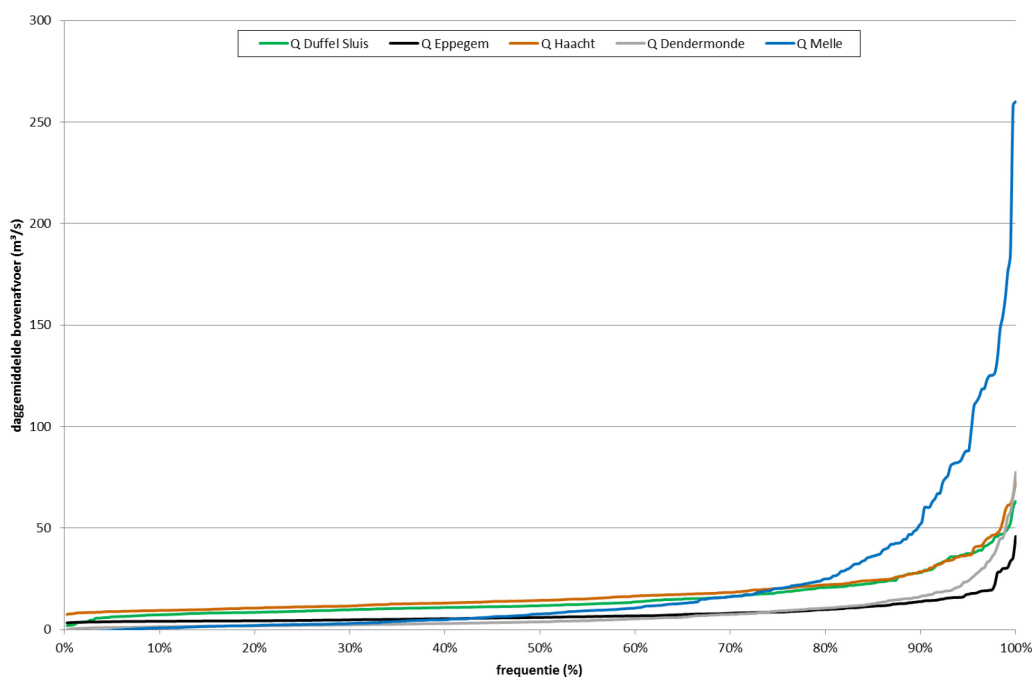
In 2017 zijn er van januari tot half maart en vanaf eind november verhoogde debieten waargenomen. De periode ertussen (april tot november) wordt gekenmerkt door lage debieten en een lage basisafvoer (Figuur 20).

De cumulatieve frequentieverdeling voor 2017 toont aan dat de dagelijkse bovenafvoer te Melle voor aanzienlijke periodes lager is dan de overige locaties (met uitzondering van Appels, Figuur 21). Zo is de dagelijkse bovenafvoer te Melle ongeveer 75% van de tijd kleiner dan bijvoorbeeld Haacht. De overige 25% wordt gekenmerkt door bovenafvoeren die duidelijk veel hoger liggen in Melle dan in Haacht (Figuur 20 en Figuur 21). Ook de meetraai te Appels wordt gekenmerkt door lange periodes met lage bovenafvoer. We merken op dat beide meetraaien (Melle en Appels) representatief zijn voor gekanaliseerde rivieren (respectievelijk Bovenschelde/Leie en Dender).

Figuur 20 – Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied voor het jaar 2017



Figuur 21 – Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in het jaar 2017



In Tabel 6 is het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde en de 5 en 95 percentielen. Van al de meetlocaties aan de rand van het tijgebied meet de locatie Melle, in 2017, gemiddeld het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. De tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht. Daarna zijn de Netes te Duffel Sluis, de Zenne te Epegem en de Dender te Dendermonde (Appels) de grootste aanvoerders van zoetwater.

Tabel 6 – Zeescheldebekken: kenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien in 2017 (m³/s)

	Netes te Duffel Sluis	Zenne te Eppegem	Dijle te Haacht	Dender te Dendermonde	Schelde te Melle
minimum	1,9	3,4	7,5	-0,1	-2,5
5%-percentiel	6,3	3,9	8,9	1,0	-0,3
gemiddelde	15,4	7,8	17,5	7,4	20,4
95%-percentiel	37,4	17,4	36,7	24,0	88,2
maximum	63,2	45,9	72,9	77,4	260,0

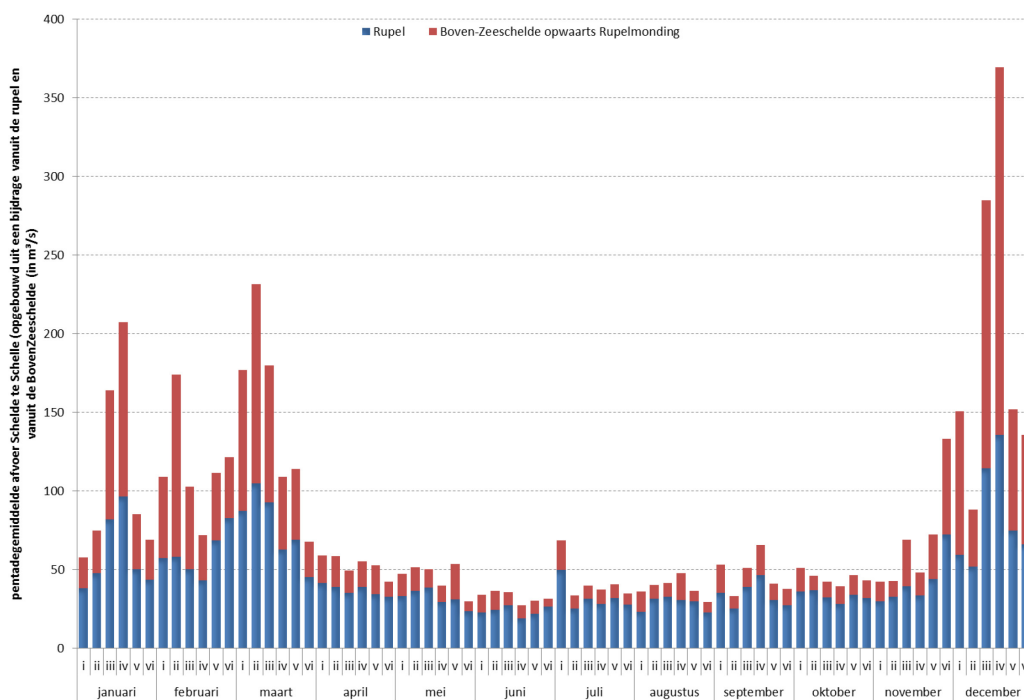
3.2 Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

3.2.1 Doorrekening bovendebieten naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis

Sinds het MONEOS-rapport van 2008 wordt gewerkt met pentade-gemiddelde bovendebieten. De berekeningsmethodes staan beschreven in (Vanlierde *et al.*, 2014).

Tabel 7 toont de pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is 79 m³/s.

Figuur 22 – Zeescheldebekken: Pentadegemiddelde waarden voor de afvoer van "de Schelde te Schelle", opgedeeld in de debieten aangeleverd door de Rupel (blauw) en door de Boven-Zeeschelde (rood) in 2017



Tabel 7 – Pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle (m³/s)

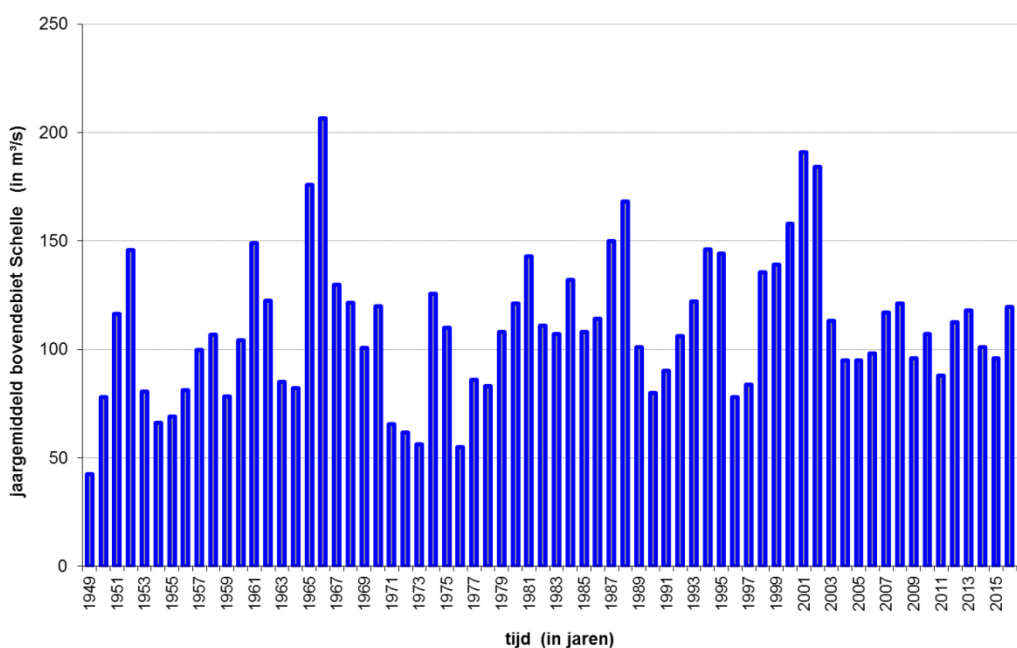
maand	pentade	Q Schelle (m ³ /s)	Q Rupel (m ³ /s)	Q Boven-Zeeschelde (m ³ /s)
januari	i	58	38,4	19
	ii	75	47,8	27
	iii	164	82,0	82
	iv	207	96,8	111
	v	86	50,4	35
	vi	69	43,9	25
februari	i	109	57,7	52
	ii	174	58,4	116
	iii	103	50,3	53
	iv	72	43,6	28
	v	112	68,9	43
	vi	122	82,9	39
maart	i	177	87,6	90
	ii	232	105,3	126
	iii	180	93,1	87
	iv	109	63,0	46
	v	114	69,3	45
	vi	68	45,7	22
april	i	59	41,9	17
	ii	59	39,4	19
	iii	50	35,6	14
	iv	55	39,2	16
	v	53	34,6	19
	vi	43	32,9	10
mei	i	48	33,4	14
	ii	52	36,7	15
	iii	51	38,6	12
	iv	40	29,7	10
	v	54	31,3	23
	vi	30	23,8	6
juni	i	34	23,0	11
	ii	37	24,7	12
	iii	36	27,4	9
	iv	28	19,3	8
	v	31	22,1	9
	vi	32	26,8	5
juli	i	69	50,2	19
	ii	34	25,3	9
	iii	40	31,9	8
	iv	37	28,3	9
	v	41	32,1	9
	vi	35	28,1	7
augustus	i	36	23,4	13
	ii	40	31,6	9
	iii	42	33,0	9
	iv	48	30,7	17
	v	37	30,2	7
	vi	29	22,9	7
september	i	54	35,5	18
	ii	33	25,5	8
	iii	51	39,3	12
	iv	66	46,9	19
	v	41	30,9	10
	vi	38	27,5	10
oktober	i	51	36,4	15
	ii	46	37,2	9
	iii	42	32,7	10
	iv	40	28,3	11
	v	47	34,2	13
	vi	43	32,0	11
november	i	42	30,27	12
	ii	43	33,04	10
	iii	69	39,75	30
	iv	48	33,88	15
	v	73	44,4	28
	vi	133	72,75	61
december	i	151	59,84	91
	ii	88	52,05	36
	iii	285	114,71	170
	iv	370	136,08	234
	v	152	75,05	77
	vi	136	66,23	69

3.2.2 Bovendebieten 2017 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

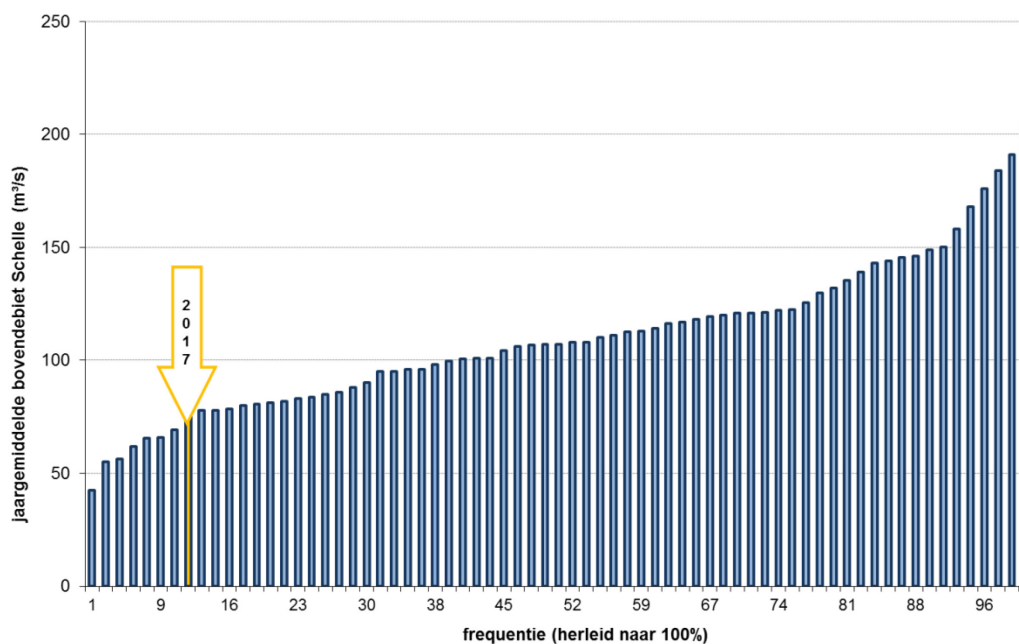
Figuur 23 en Figuur 24 geven de jaargemiddelde afvoer van de Schelde te Schelle weer, respectievelijk naar jaar en naar frequentieverdeling. In 2017 bedroeg de gemiddelde afvoer te Schelle 76 m³/s. Bijna 90% van de jaardebieten te Schelle is hoger dan dat van 2017. 2017 was dus een jaar met een lage afvoer, in het bijzonder tussen april en november.

2017 is een jaar gekenmerkt door een lage gemiddelde afvoer. Dat blijkt ook uit de rangschikking van de pentade-gemiddelden van de periode 1991-2017, waarvan de 20 laagste in Tabel 8 staan. Er zijn 3 pentades uit 2017 die in deze tabel voor komen: de 4^e pentade van juni (5), de 6^e pentade van augustus (16) en de 6^e pentade van mei (20). Figuur 25 toont de frequentieverdeling van de gemiddelde pentade-debieten in klassen van 25 m³/s. Hieruit blijkt duidelijk dat 2017 gekenmerkt was door zeer lage afvoeren. Bijna 50% van de pentade-gemiddelde debieten zijn lager dan 50 m³/s en 75% lager dan 100 m³/s. Over de periode 1991-2016 is 16% lager dan 50 m³/s en 75% is lager dan 150 m³/s. De volledige reeks van pentades wordt gepresenteerd in Figuur 26.

Figuur 23 – Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2017



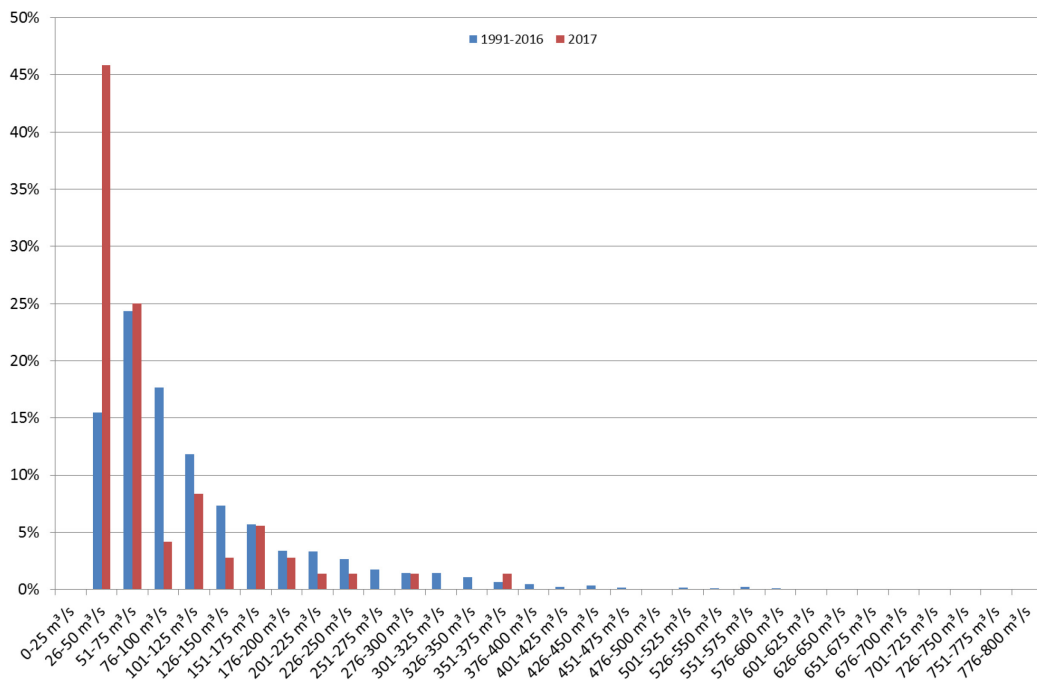
Figuur 24 – Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2017 gerangschikt naar grootte



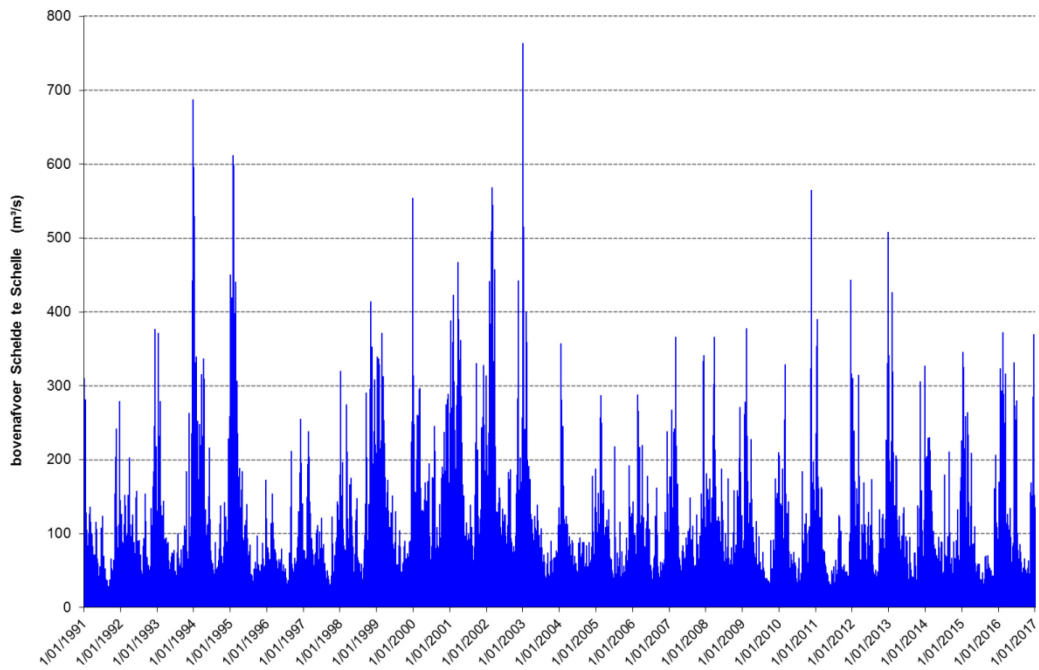
Tabel 8 – De 20 laagste pentade-gemiddelde afvoeren geregistreerd sinds 1991.

rang	jaar	maand	pentadenr.	pentadegemiddeld debiet (m³/s)
1	juli	2015	ii	24
2	september	1991	ii	26
3	september	1991	iii	26
4	juli	2015	i	27
5	juni	2017	iv	28
6	september	2016	v	28
7	juli	1996	v	28
8	september	2009	v	28
9	augustus	1991	vi	29
10	augustus	2012	v	29
11	september	1991	i	29
12	juni	2015	iv	29
13	september	1997	iv	29
14	oktober	1997	i	29
15	augustus	2015	i	29
16	augustus	2017	vi	29
17	mei	2011	v	30
18	juli	2011	ii	30
19	juni	2010	vi	30
20	mei	2017	vi	30

Figuur 25 – Pentadadebiten te Schelle in 2017 vergeleken met de periode 1991 – 2016 gerangschikt naar voorkomen per klasse van 25 m³/s



Figuur 26 – Zeescheldebekken: pentade-gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" obv pentade-berekening voor de periode 1991-2017



3.3 Overzicht van de ververstijd voor de Boven-Zeeschelde

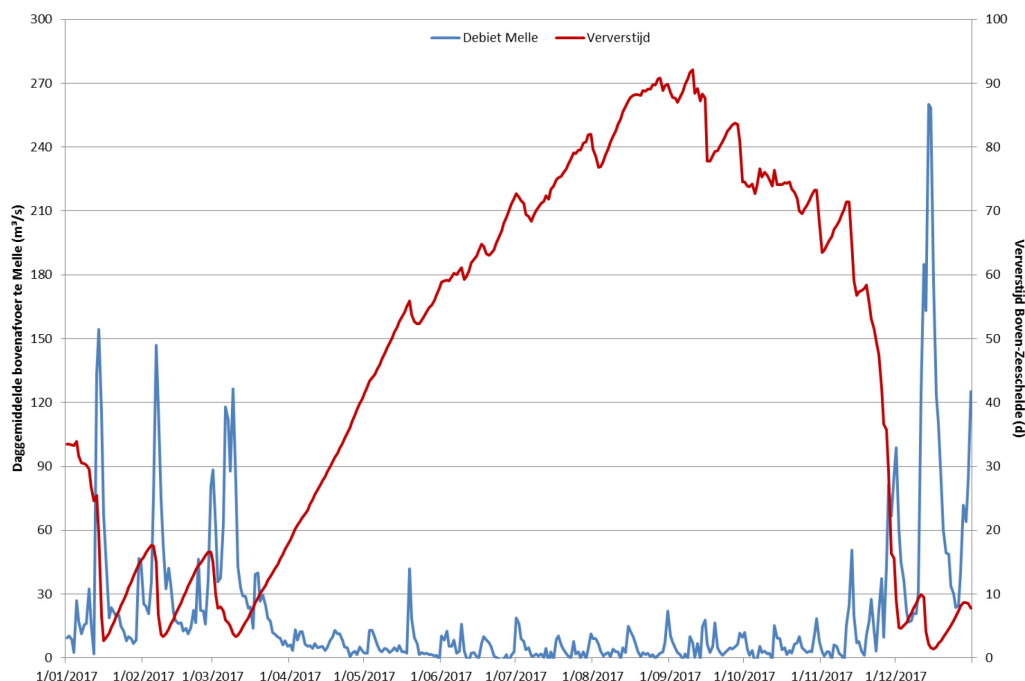
Naast de daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van de randen van het tijgebied, is het ook belangrijk een inzicht te krijgen in de opeenvolging in de tijd van de debieten. De bovenafvoer vertoont een sterke variabiliteit doorheen de jaren, alsook binnen één jaar. Zo zijn er periodes van resp. lage (eerder zomer) en hoge (eerder winter) bovenafvoer, doch het moment van optreden, alsook de duur verschilt sterk van jaar tot jaar. Om de rol van de bovenafvoer op een kleinere tijdschaal te kwantificeren, wordt de “**ververstijd**” voorgesteld als parameter (Plancke *et al.*, 2017).

Achterliggende gedachte is na te gaan of de periodes met hoge of lage bovenafvoeren veranderen (duur van de periode, grootte van de bovenafvoeren) in de loop der tijden. 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).

3.3.1 Resultaten voor 2017

Het verloop van de ververstijd in 2017 staat in Figuur 27 getekend samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. In het voorjaar zijn 3 periodes met een verhoogde bovenafvoer. Hierdoor blijft de ververstijd korter dan 20 dagen. Halfweg maart begint er een droge periode die tot half november duurt, acht maanden lang. Hierdoor neemt de ververstijd toe tot 90 dagen in september. Eind september en oktober neemt de ververstijd langzaam af tot 60 dagen. Bij de eerste toename van de bovenafvoer van enige betekenis neemt de ververstijd scherp af tot minder dan 10 dagen. Dit blijft zo tot het einde van het jaar.

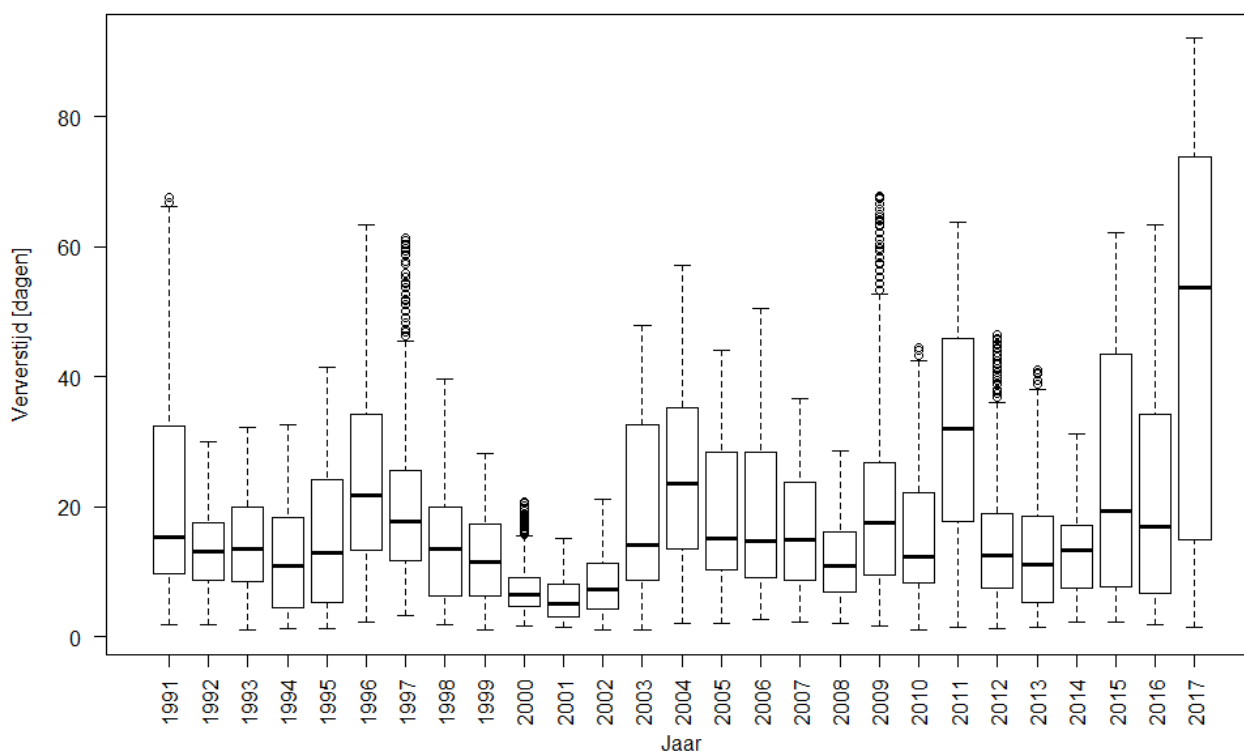
Figuur 27 – Ververstijd van de Boven-Zeeschelde voor het jaar 2017



3.3.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 28 toont de boxplot¹ voor de ververstijd sinds 1991. 2017 valt onmiddellijk op. Door de lange droge periode die voor lage bovenafvoeren zorgde, is de mediaan van de ververstijd in 2017 bijna 54 dagen, veruit het hoogste in de voorbije 26 jaar. Vaak is ze zelfs hoger dan de maximum ververstijd van andere jaren. Ook de overige kwartielen zijn ruim hoger in vergelijking met de overige jaren. Dit wijst op een groot aantal dagen met een lage bovenafvoer in 2017 (wat ook uit Figuur 25 afgeleid is). De maximale ververstijd is 92 dagen.

Figuur 28 – Ververstijd van de Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1991 – 2017)



¹ De boxplot-weergave geeft een vijf-getallen-samenvatting die bestaat uit het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan (of tweede kwartiel), het derde kwartiel en het maximum van de waargenomen data (die niet als uitschieters worden beschouwd). Zwakke uitschieters liggen op een afstand tussen 1,5 en 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een °. Sterke uitschieters liggen op een afstand groter dan 3 maal de interkwartielafstand van het eerste of derde kwartiel en worden aangeduid met een °.

4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters zoals temperatuur, conductiviteit en turbiditeit op zowel continue basis op vaste meetlocaties, als tijdens singuliere meetcampagnes. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van deze gemeten fysische parameters.

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

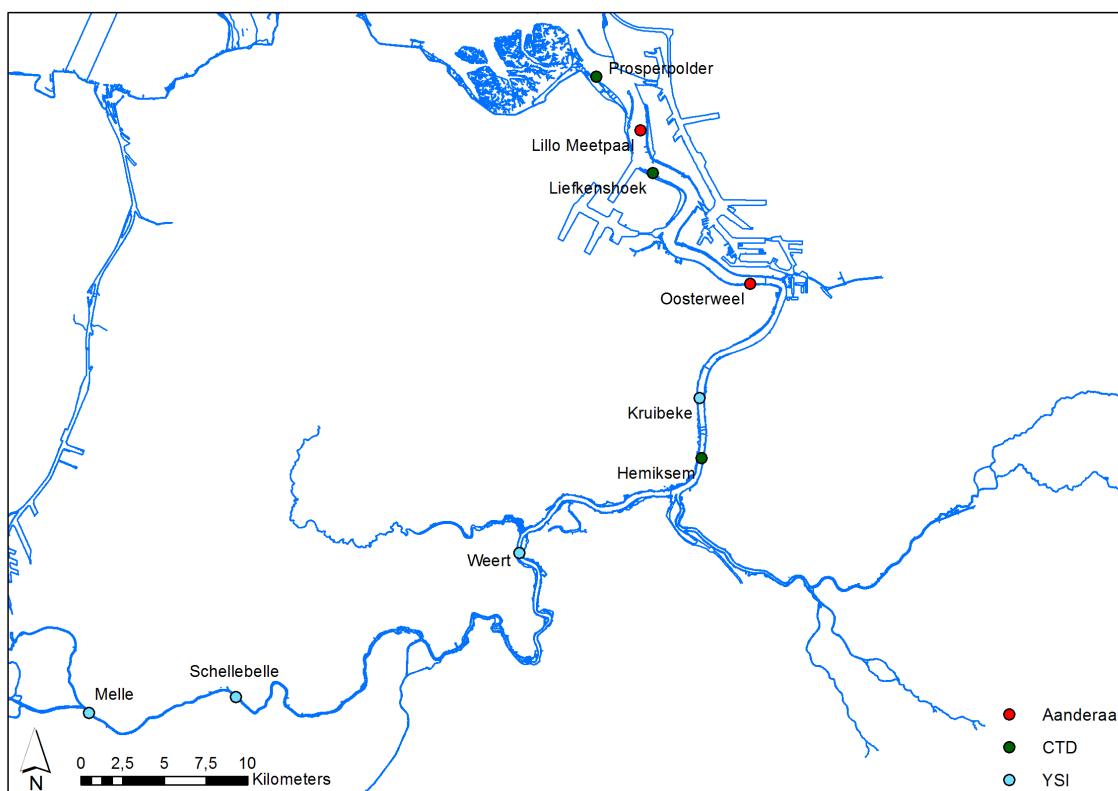
4.1 Continue metingen "fysische parameters"

4.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Situering

Op 9 meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Kruikeke, Weert, Schellebelle en Melle) staan er multiparameter-toestellen (zie Figuur 29). Hier worden er op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd.

Figuur 29 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters



Te Lillo hangen er twee meettoestellen: een onderste dicht bij de bodem en een bovenste toestel onder het laag-laagwater peil zodat ook deze zich ten allen tijde onder water bevindt. Op de overige meetposten hing er telkens één toestel. Tabel 9 geeft een overzicht van welk toesteltype op welke locatie hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en met welk tijdsinterval.

Tabel 9 – Overzicht van de toesteltypen van multiparametertoestellen ingezet in 2017 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren

Toesteltype	Tijds- interval	Gemeten parameters	Meetlocatie	Verticale positie	Afgeleide absolute positie (mTAW)	Stroom- gebied
Aanderaa Seaguard	5 min	Conductiviteit Stroomsnelheid Stroomrichting Totale druk	Lillo Meetpaal (boven + onder)	Vast: B: 3,75m boven de bodem O: 1m boven de bodem	B: - 5 mTAW O: - 8,5 mTAW	Beneden- Zeeschelde
		Turbiditeit Watertemperatuur	Oosterweel (boven)	Vast: B: 4,5m 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	Boven- Zeeschelde
YSI	5 min	Conductiviteit pH Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur Zuurstofgehalte Zuurstofverzadiging	Kruikeke	Vlottend: 1,1 m onder het wateroppervlak	N.A	Beneden- Zeeschelde
			Weert	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	N.A	Boven- Zeeschelde
			Schellebelle	Vlottend: 0,7 m onder het wateroppervlak	N.A	Boven- Zeeschelde
			Melle	Vast: 1,06 m boven de bodem	1,46 m TAW	Boven- Zeeschelde

Merk op dat een aantal toestellen vlottend gepositioneerd zijn zodat ze gedurende de gehele getijcyclus dezelfde waterlaag opmeten. Dit betekent dat de meest correcte verticale positie gegeven wordt t.o.v. het wateroppervlak of de bodem. Indien mogelijk² wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid. Deze afleiding dient met enige voorzichtigheid gehanteerd te worden.

Aanpassingen meetnet

Ten opzichte van de situatie in 2016 (Plancke *et al*, 2017) zijn volgende aanpassingen uitgevoerd op het meetnet:

1. In het kader van de optimalisatie van het meetnet, werd ter hoogte van **Oosterweel** op 24 maart 2016 het **onderste** toestel verwijderd. In 2017 werd er hier enkel nog met het bovenste toestel gemeten.
2. Het toestel nabij **Duffel Sluis** werd gedemonteerd op 09/01/2017. Vanaf dan worden er geen fysische parameters meer opgemeten op de Beneden-Nete.
3. Op 15/12/2016 installeerde men een nieuw multi-parametertoestel (type YSI) nabij **Schellebelle**. Vanaf 2017 zijn deze metingen mee opgenomen in de jaarlijkse rapportage.
4. Omwille van de vernieuwing van de drijvende infrastructuur, werd de meetpost te **Driegoten** op 11/05/2016 gedemonteerd. Deze meetpost is opnieuw geïnstalleerd aan het tegenoverliggende ponton te **Weert**. De meetresultaten zijn beschikbaar vanaf 19/12/2017. Omwille van de korte werking in 2017, zijn deze meetgegevens niet mee opgenomen in het voorliggende rapport.
5. De **temporele resolutie** van de meettoestellen nabij **Oosterweel** en **Lillo** ('Meetpaal') is verhoogd van 10 naar 5 minuten. Men voerde deze software update en bijhorende configuratie uit in januari 2017.

Onderbrekingen

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

² Bij een drijvende opstelling bevindt de sensor zich op een vaste (relatieve) positie onder het wateroppervlak. De getijdewerking maakt het onmogelijk om de absolute positie van de sensor af te leiden.

Tabel 10 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2017)

Meetlocatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Duur (dagen)	Ontbrekende parameter(s)	Reden
Lillo Meetpaal Boven	01/08/2017	N.A.	>152	Conductiviteit	Defecte conductiviteitssensor
Liefkenshoek	09/01/2017	10/02/2017	32	Conductiviteit	Optimalisatie meetpost (telemetrie)
	25/02/2017	28/03/2017	31	Totale druk Watertemperatuur	
Oosterweel Boven	01/01/2017	26/01/2017	25	Conductiviteit	Defecte conductiviteitssensor
	26/01/2017	01/02/2017	6	Conductiviteit	Technische problemen meettoestel
	19/03/2017	05/04/2017	17	Stroomsnelheid Stroomrichting	
	07/06/2017	13/06/2017	6	Totale druk Turbiditeit	
	02/08/2017	13/08/2017	11	Watertemperatuur	
	05/09/2017	05/10/2017	30	Conductiviteit Totale druk	Defecte conductiviteits- en druksensoren
	05/10/2017	08/11/2017	34	Conductiviteit Stroomsnelheid Stroomrichting Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur	Optimalisatie meetpost (telemetrie) + vervanging toestel
Kruibeke	27/04/2017	23/08/2017	118	Conductiviteit pH Totale druk Turbiditeit Watertemperatuur Zuurstofgehalte Zuurstofverzadiging	Optimalisatie meetpost
Schellebelle	10/01/2017	10/02/2017	31	Conductiviteit pH	Technische problemen meettoestel
	12/02/2017	16/02/2017	4	Totale druk Turbiditeit	
	20/02/2017	24/02/2017	4	Watertemperatuur Zuurstofgehalte	
	22/03/2017	29/03/2017	7	Zuurstofverzadiging	
	04/08/2017	17/08/2017	13	Turbiditeit	Defecte turbiditeitssensor

4.1.2 Moment van kentering

Om het typische verloop van de fysische parameters in functie van het getij te kunnen bepalen werd er 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 de Aanderaa-toestellen de **snelheidsrichting** meten (Lillo Meetpaal en Oosterweel), zijn op basis van deze richting het moment van KHW en KLW afgeleid.
2. Nabij Melle wordt het gemeten **debiet** aangewend om het moment van kentering te bepalen.
3. Voor de locaties Prosperpolder, Liefkenshoek, Kruibekke, Hemiksem en Schellebelle werd het moment van kentering bepaald aan de hand van de hoog- en laagwater tijdreeksen van een **tijpost** 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. Er is besloten dat **vanaf heden (MONEOS 2017)** deze **tijdsvertraging** wordt 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 werden gebruikt om, afhankelijk van parameter, de minima en/of maxima rond kentering laagwater (KLW) en hoogwater (KHW) te bepalen, het extremum (minimum/maximum) binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering en de gemiddelde en/of minima/maxima tijdens eb en vloed. Indien het moment van kentering zou afwijken van bovengekozen waarden, zal dit opgevangen worden door een zoekvenster van ca. 1u rond dit moment.

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. De locatie van de meetplaatsen is telkens zo representatief mogelijk voor de dwarssectie gekozen. Bij deze locatiekeuze dient telkens rekening gehouden te worden met het feit dat ze buiten vaargeul gelegen moet zijn en aan een steiger of dukdalf geplaatst moet kunnen worden. Om toch een inzicht te krijgen in de stroming en sedimenttransport doorheen de gehele dwarssectie op verschillende plaatsen in de Zeeschelde (en in de Rupel), worden aanvullend **13u-metingen** uitgevoerd (zie §4.5).

Aangezien de stroomsnelheid rond het moment van de kenteringen naar nul terugvalt, zijn vooral de gemiddelde en maximale stroomsnelheden tijdens vloed en eb interessante afgeleiden om te presenteren. Bij springtij zijn ze groter dan bij gemiddeld getij die dan weer groter zijn dan bij doortij. Bij stormtij kunnen de stroomsnelheden beduidend groter zijn.

De gemiddelde en maximale snelheden over eb en vloed zijn berekend in de periode tussen twee kenteringen, waarbij het moment van kentering bepaald is op basis van de met dezelfde Aanderaa-sonde gemeten stroomrichting. Figuur 30 geeft een samenvatting voor alle meetlocaties door middel van boxplots.

Figuur 31 tot en met Figuur 36 tonen resp. de gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 31 t.e.m. Figuur 33) bij vloed en bij eb, en de maximale (Figuur 34 t.e.m. Figuur 36) stroomsnelheden bij vloed en bij eb en dit voor resp. de locaties Lillo Meetpaal en Oosterweel. Wat betreft de meetlocatie te Lillo Meetpaal, is telkens eerst het resultaat van het bovenste meettoestel weergegeven en vervolgens dit van het onderste meettoestel. Op de meetlocatie van Oosterweel is sinds dit jaar nog maar één toestel aanwezig. Op al deze

locaties is steeds het patroon van doortij/middeltij/springtij te herkennen. De variatie tijdens deze cyclus is groter voor de maximale vloedstroming.

Wanneer men de posten afzonderlijk bekijkt, kan men vaststellen dat:

1. Aan **Meetpaal Lillo** zijn er uitgesproken verschillen tussen de **gemiddelde stroomsnelheden** bij vloed en deze bij eb. Voor het bovenste toestel (Figuur 31) worden hier snelheden bij vloed gemeten van 0,35-0,8 m/s, voor het onderste toestel (Figuur 32) liggen deze tussen 0,29 – 0,78 m/s. Bij eb worden snelheden rond 0,2-0,42 m/s gemeten aan het bovenste toestel, en snelheden rond 0,19-0,38 m/s onderaan. De stroming is hier dus duidelijk vloedgedomineerd.
2. De **maximale snelheden** (Figuur 34 en Figuur 35) aan de **meetpaal te Lillo** vertonen eenzelfde trend: de maximale stroomsnelheden bij vloed zijn groter dan deze bij eb. Maximum stroomsnelheden bij vloed gaan hier van 0,54 à 1,61 m/s en bij eb gaat het van 0,34 tot 0,86 m/s. Bij het onderste toestel liggen de maximale vloodsnelheden tussen 0,45 en 1,64 m/s, bij eb liggen deze tussen 0,31 en 0,76 m/s.
3. Wat betreft de stroomsnelheden te **Oosterweel** is de gemiddelde stroomsnelheid bij eb groter dan deze bij vloed. De gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 33) schommelen hierbij rond 0,51-0,92 m/s bij eb en rond 0,41-0,79 m/s bij vloed. De maximale stroomsnelheden schommelen rond dezelfde waarde tijdens zowel eb als vloed, maar tijdens vloed is er een grotere spreiding (Figuur 36). De maximale stroomsnelheden variëren van 0,73-1,34 m/s bij eb en van 0,24-1,57 m/s over vloed.

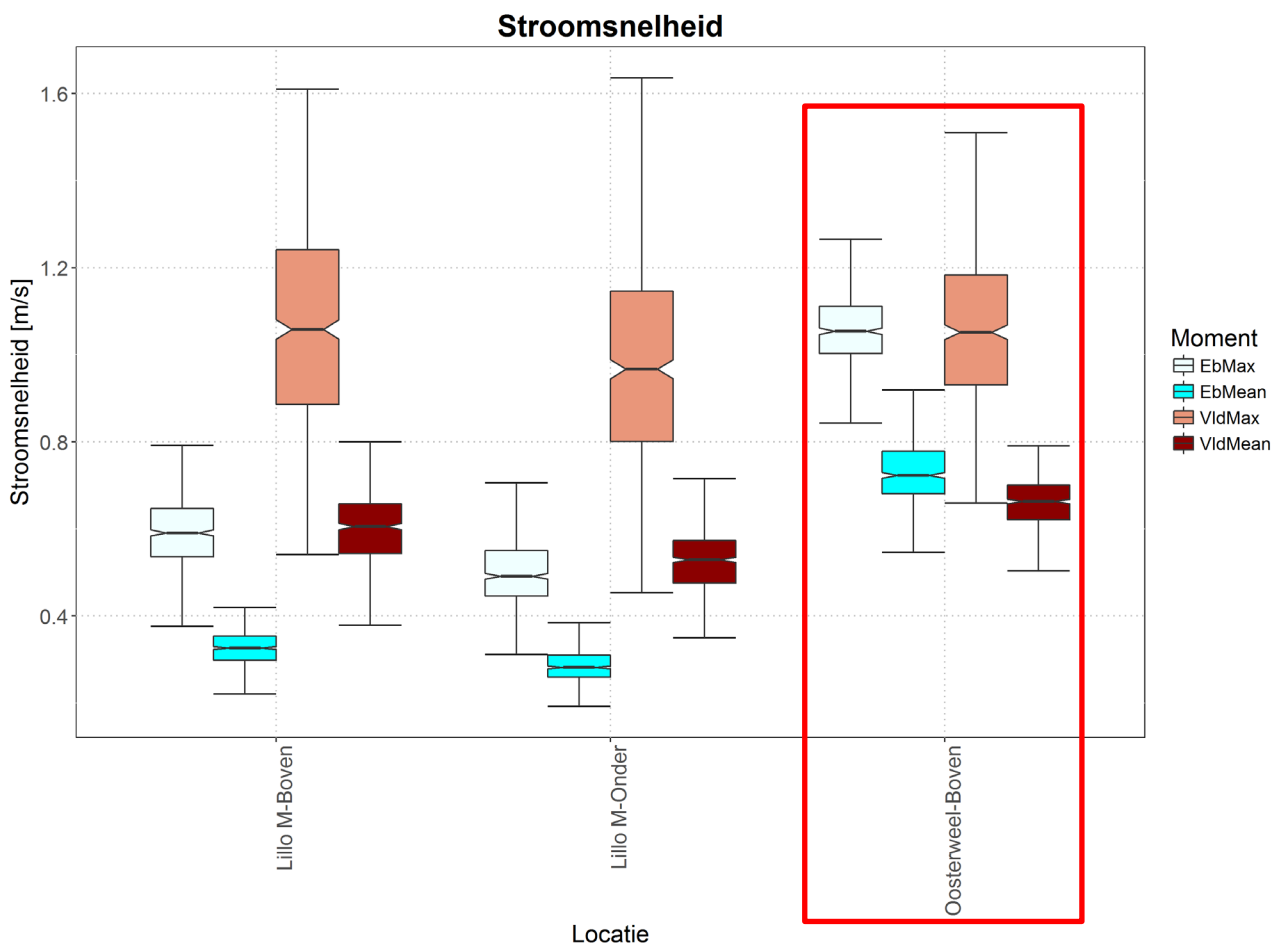
Tot slot geeft Tabel 11 bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de gemiddelde en de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde. Op een aantal meetlocaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie Tabel 10). De statistieken zijn dus berekend op een onvolledig jaar. De impact op de berekende statistieken is onbekend.

Deze waarden tonen eveneens de vloed-dominantie stroomafwaarts ter hoogte van Meetpaal Lillo, ten opzichte van de eerder ebdominantie van de stroming ter hoogte van Oosterweel. Dit is te wijten voor een groot deel te wijten aan de positie van de meetlocatie in de dwarsdoorsnede van de rivier.

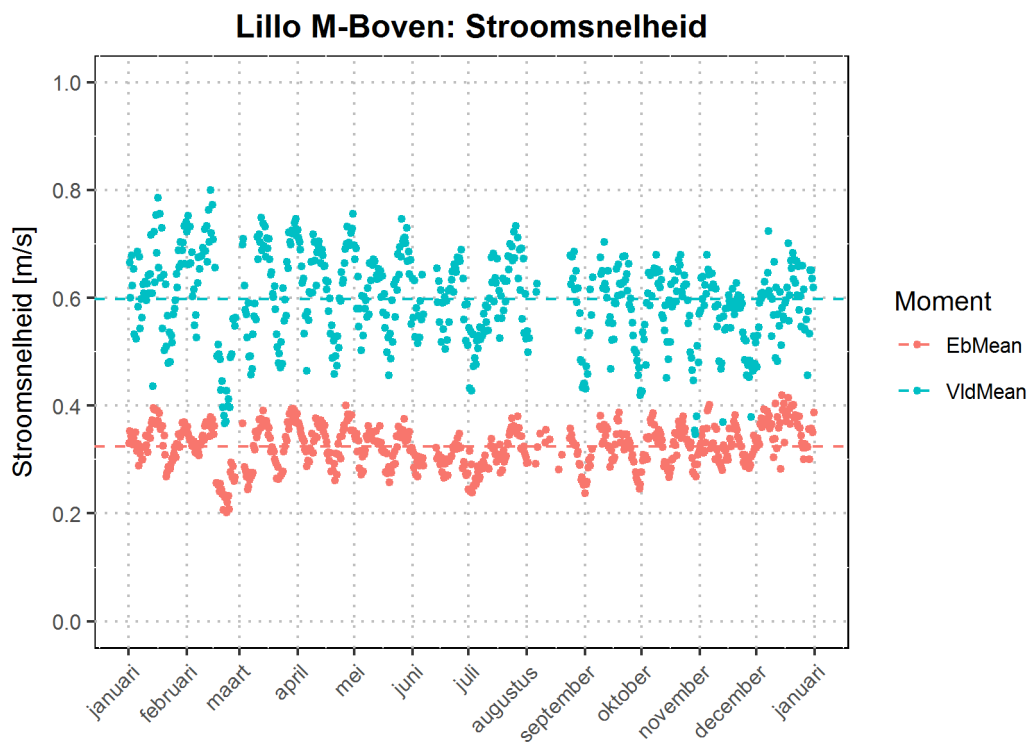
Tabel 11 – Overzicht statistieken voor de gemiddelde en maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde (2017)
 (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

	Gemiddelde snelheid over eb (m/s)				Gemiddelde snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Lillo Meetpaal boven	0.2	0.32	0.42	0.04	0.35	0.6	0.8	0.08
Lillo Meetpaal onder	0.19	0.28	0.38	0.04	0.29	0.52	0.78	0.07
<i>Oosterweel boven</i>	<i>0.51</i>	<i>0.73</i>	<i>0.92</i>	<i>0.07</i>	<i>0.41</i>	<i>0.66</i>	<i>0.79</i>	<i>0.06</i>
	Maximale snelheid over eb (m/s)				Maximale snelheid over vloed (m/s)			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Lillo Meetpaal boven	0.34	0.59	0.86	0.08	0.54	1.06	1.61	0.23
Lillo Meetpaal onder	0.31	0.5	0.76	0.08	0.45	0.98	1.64	0.22
<i>Oosterweel boven</i>	<i>0.73</i>	<i>1.06</i>	<i>1.34</i>	<i>0.09</i>	<i>0.66</i>	<i>1.06</i>	<i>1.57</i>	<i>0.17</i>

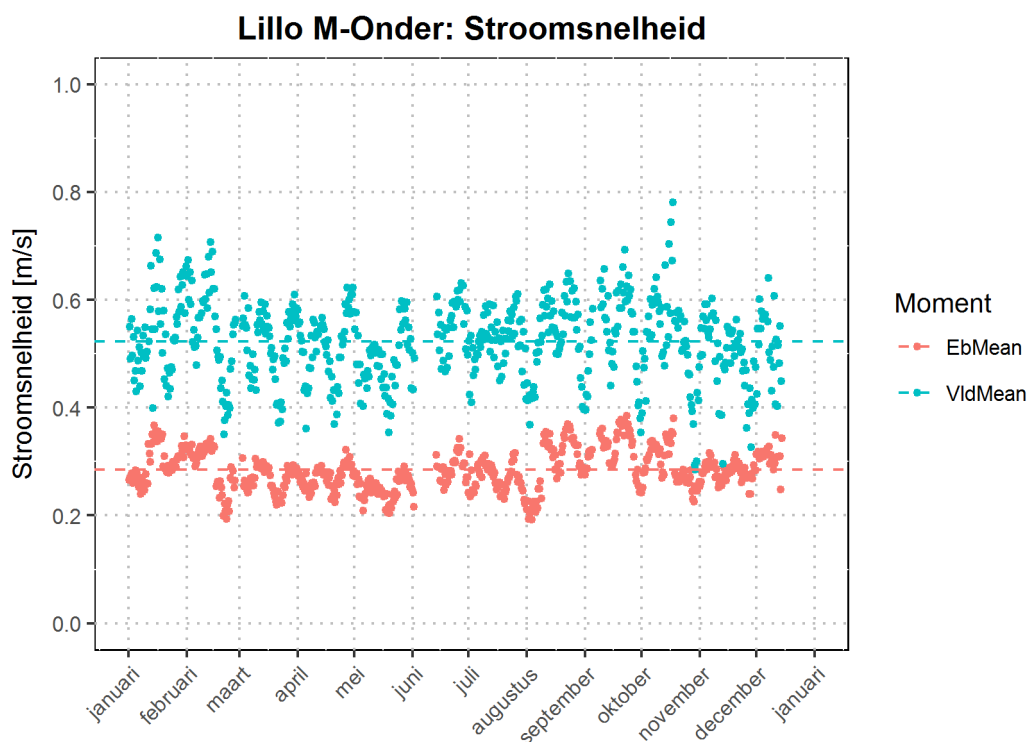
Figuur 30 – Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de Aanderaa toestellen in de Zeeschelde (2017).
Een aantal posten vertonen een vertekend beeld door ontbrekende waarden (Rood kader).



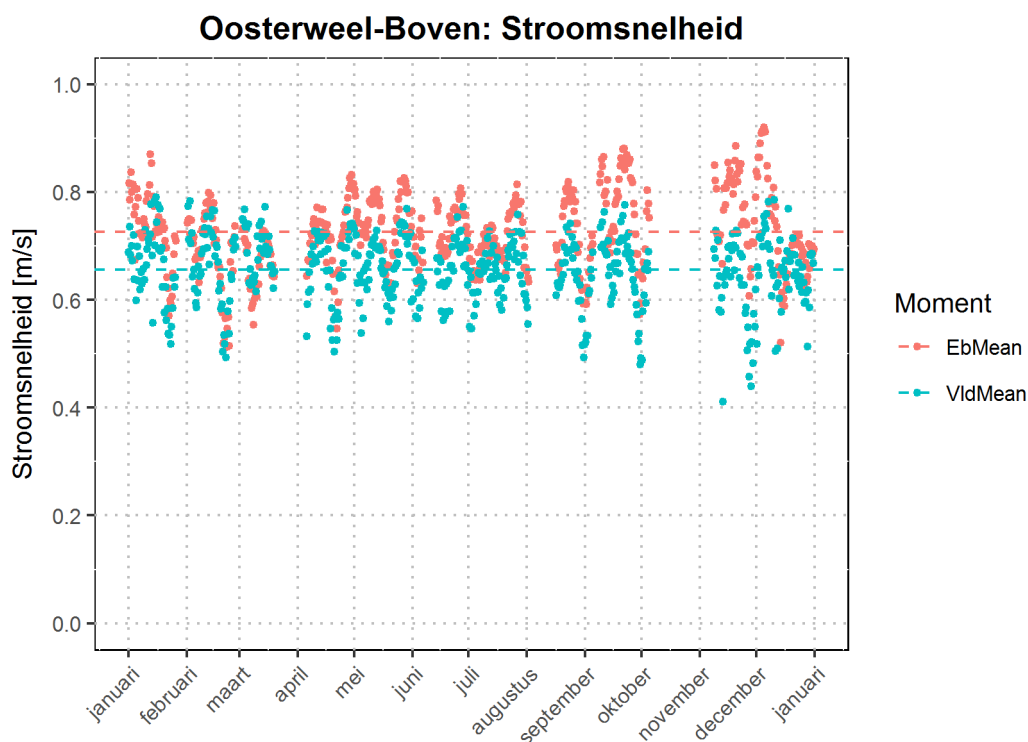
Figuur 31– Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



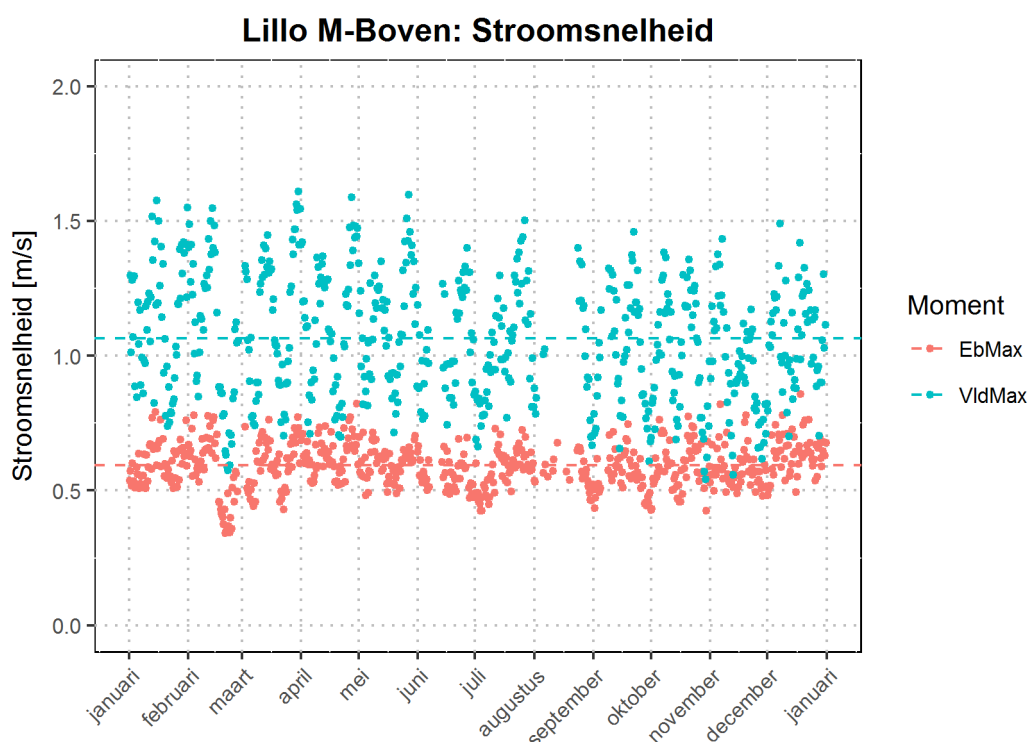
Figuur 32 – Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo , onderste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



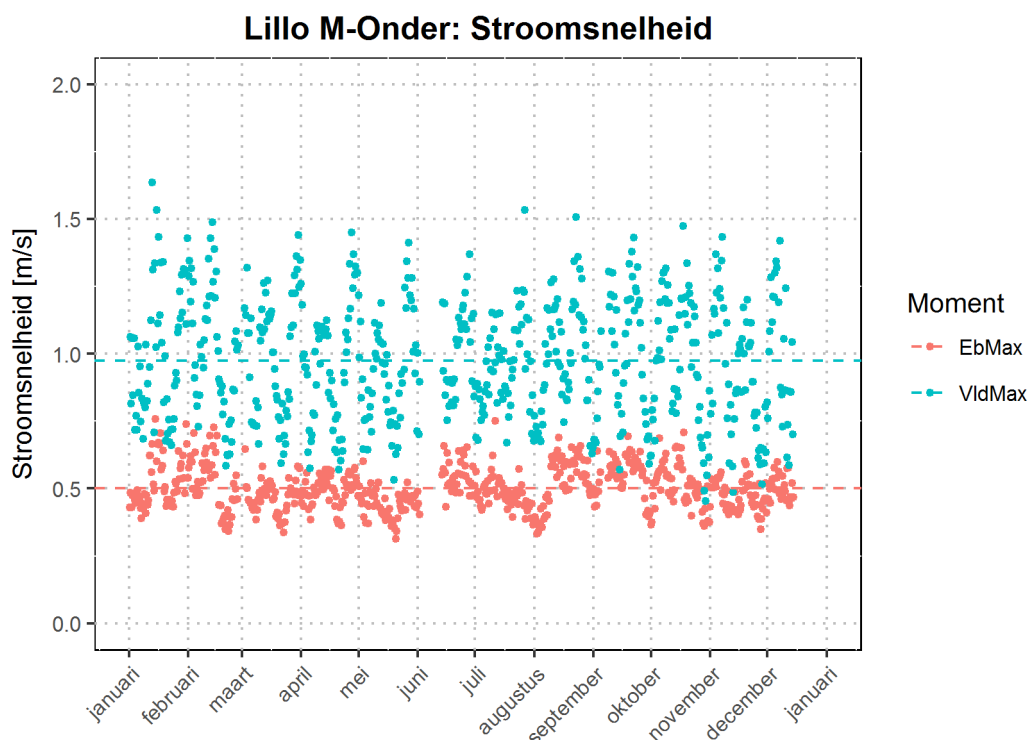
Figuur 33 – Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



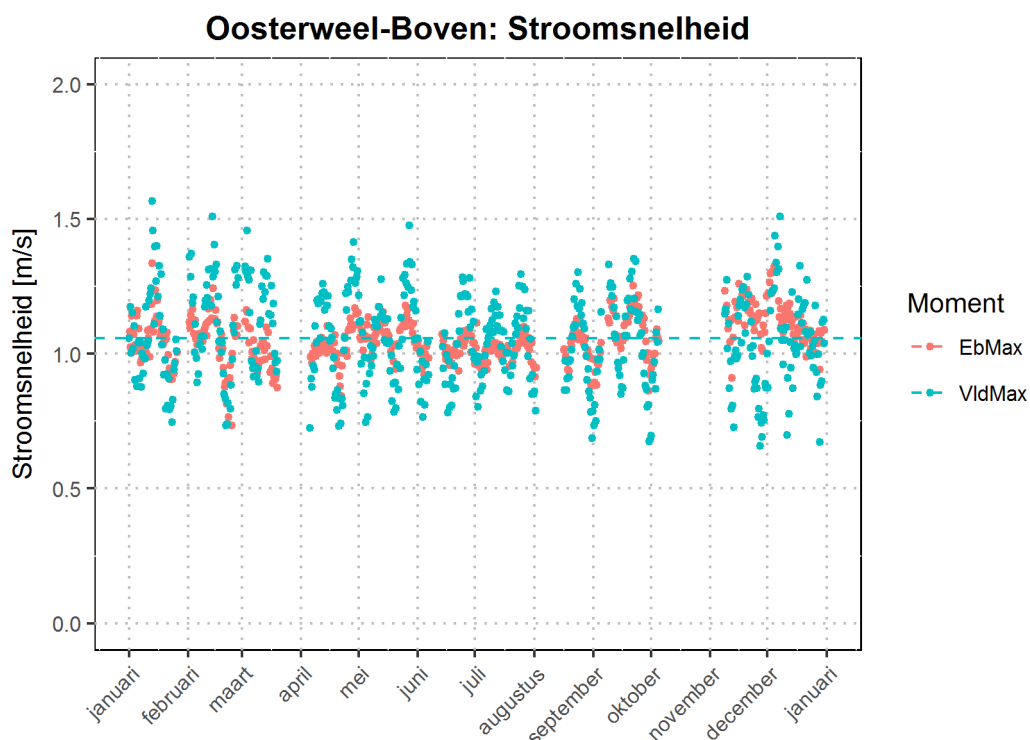
Figuur 34 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



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



Figuur 36 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over 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 dit MONEOS-jaarboek is een methodiek uitgewerkt waarbij een ensemble-analyse uitgevoerd wordt op de gemeten stroomsnelheden. Hierbij worden volgende stappen gevolgd:

1. Selectie van getijden op basis van de karakteristieken te Antwerpen-Loodsgebouw
 - a. Doodtij: getijverschil < P10 van getijverschillen 2017
 - b. Gemiddeld getij: getijverschil > P45 en < P55 van getijverschillen 2017
 - c. Springtij: getijverschil > P90 van getijverschillen 2017

Merk op dat deze indeling afwijkt van de standaard definitie van spring- en doottij, doch 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 (“ensemble”)
3. Van de ensembles wordt voor elke tijdstap van 5 minuten de P10, P50 en P90 waarde bepaald

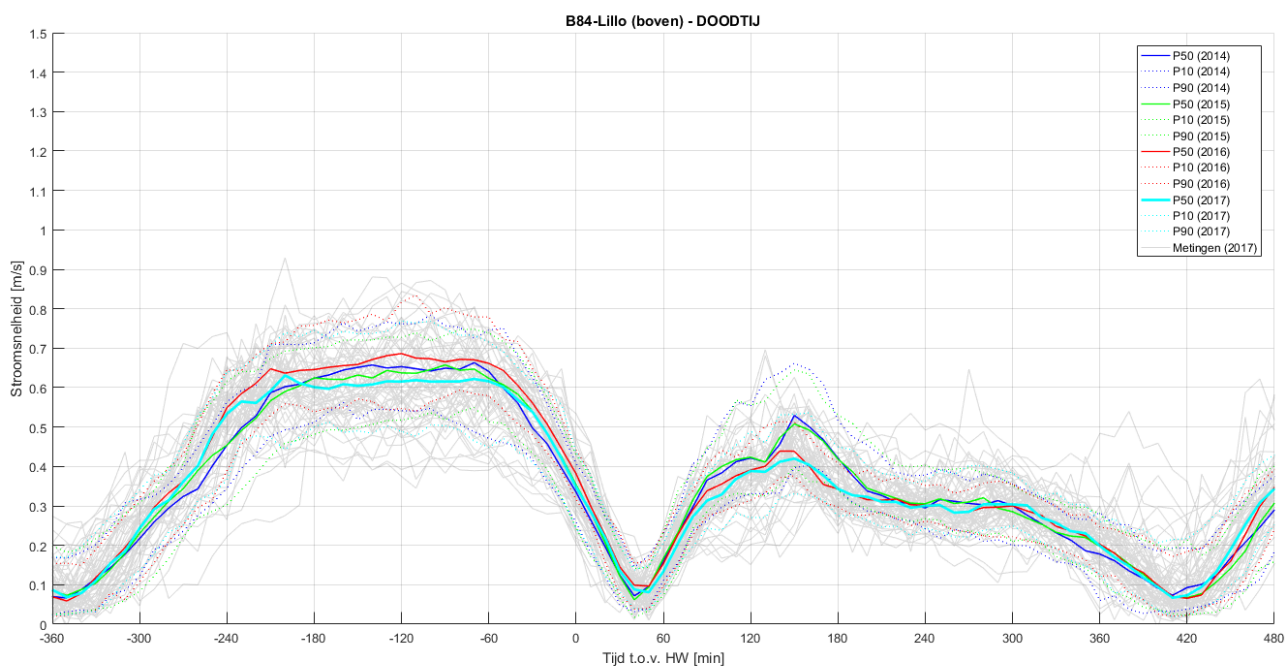
Figuur 37 tot en met Figuur 42 geven voor de meetlocaties nabij Lillo³ en Oosterweel het karakteristieke verloop van de snelheid weer die werd opgemeten met de bovenste sensor en telkens bij doottij, gemiddeld tij en springtij. Om de recente ontwikkelingen te kunnen nagaan worden eveneens de P10, P50 en P90 waarden getoond voor de vorige 3 jaren (*in casu* 2014 -2016).

Voor meetpaal Lillo (Figuur 37 t.e.m. Figuur 39) blijkt dat de snelheden tijdens de vloedfase hoger zijn dan tijdens de ebfase. Figuur 37 geeft de resultaten weer voor doottij. Voor de vier opeenvolgende jaren wordt de P50 van de snelheid bij doottij weergegeven in kleur. Hieruit blijkt dat de stroomsnelheid bij vloed in 2016 het hoogst is, gevolgd door de snelheid in 2014 en 2017. In 2015 was de snelheid bij vloed het laagst. Voor de ebfase verkrijgt men het omgekeerde beeld. Figuur 38 en Figuur 39 (gemiddeld tij en springtij) geven een licht andere volgorde weer van de snelheden: in 2016 ligt de snelheid tijdens de vloedfase nog steeds hoger dan de voorgaande jaren, maar ze wordt gevolgd door 2017 (*vice versa* tijdens de ebfase). De locatiewijziging van de meetlocatie Boei 84 => Boei 82 (september 2011) en Boei82 => meetpaal Lillo (30 september 2015) kan veranderingen in het karakteristiek verloop van de snelheid veroorzaakt hebben.

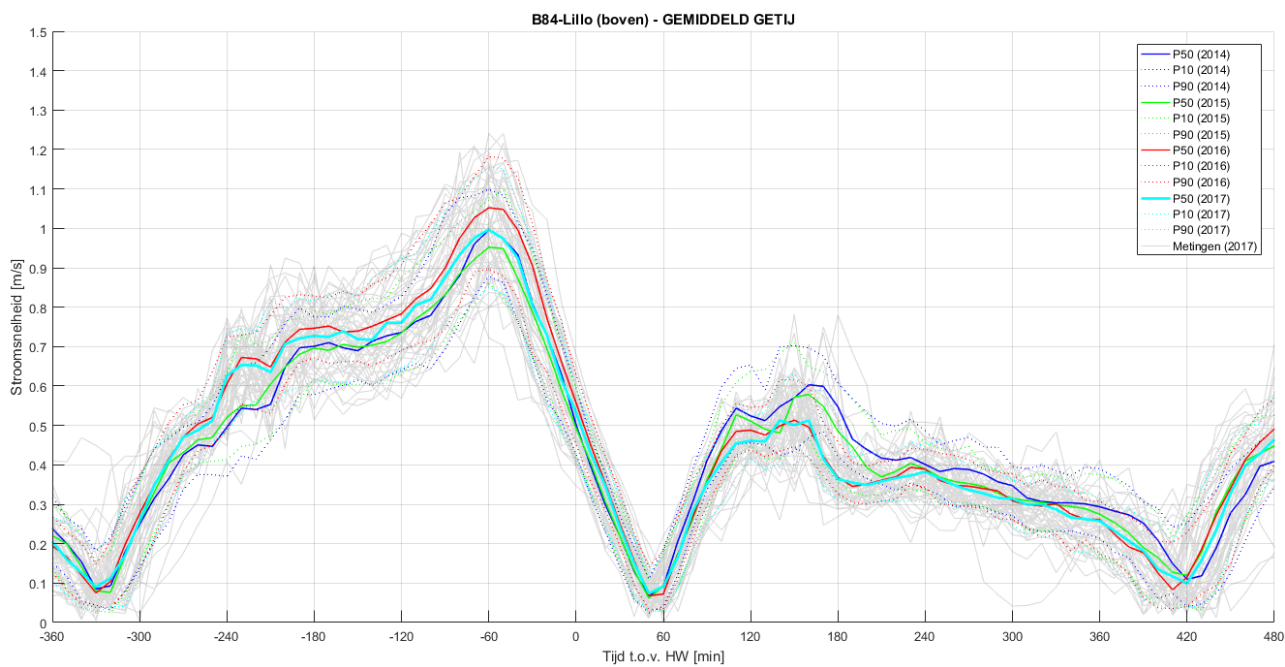
Te Oosterweel is er minder getij-asymmetrie: tijdens doottij (Figuur 40) ligt de snelheid tijdens eb wat hoger dan tijdens vloed. Bij gemiddeld tij (Figuur 41) zijn de snelheden gelijkaardig. Bij springtij (Figuur 42) piekt de stroming tijdens vloed wat hoger dan tijdens eb. Zowel bij doottij, gemiddeld tij, als springtij vertonen de metingen een lichte stijging waarbij de mediaan van 2014 de laagste is en deze van 2016 en 2017 iets hoger liggen. De verschillen zijn echter beperkt en de waardes liggen ruim binnen elkaars P10-P90-band.

³ In 2015 zijn de toestellen verzet van Boei-82/84 naar de nabijgelegen meetpaal te Lillo.

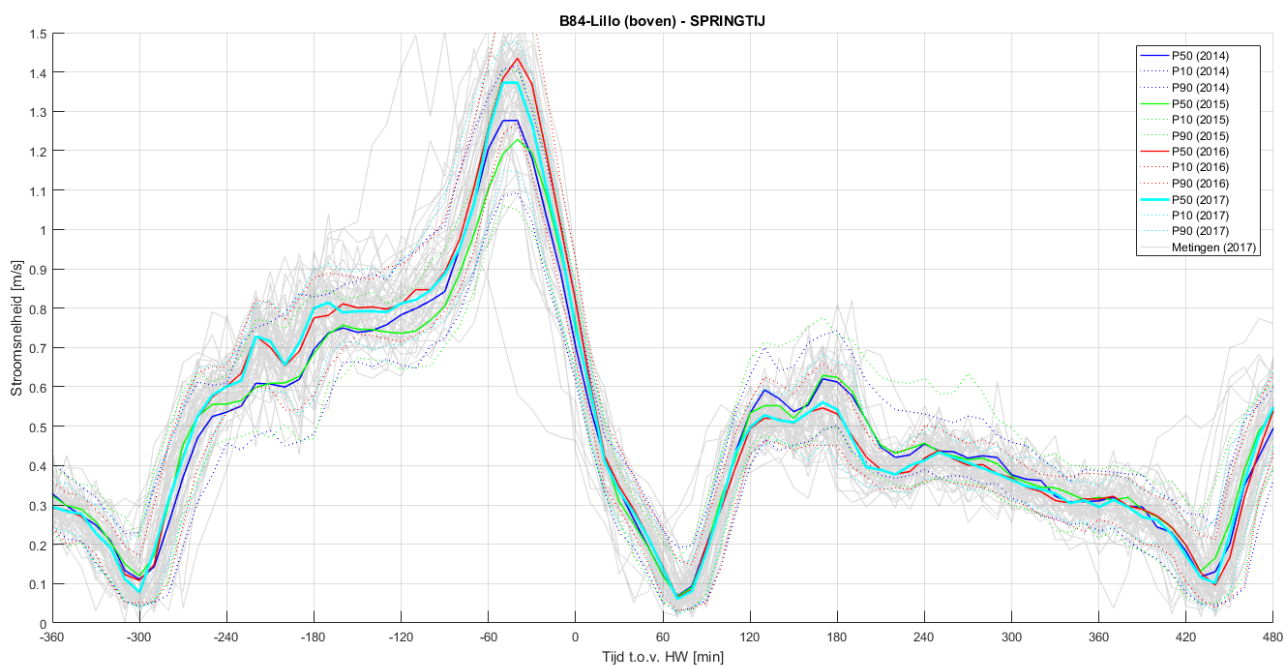
Figuur 37 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doodtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [minuten] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



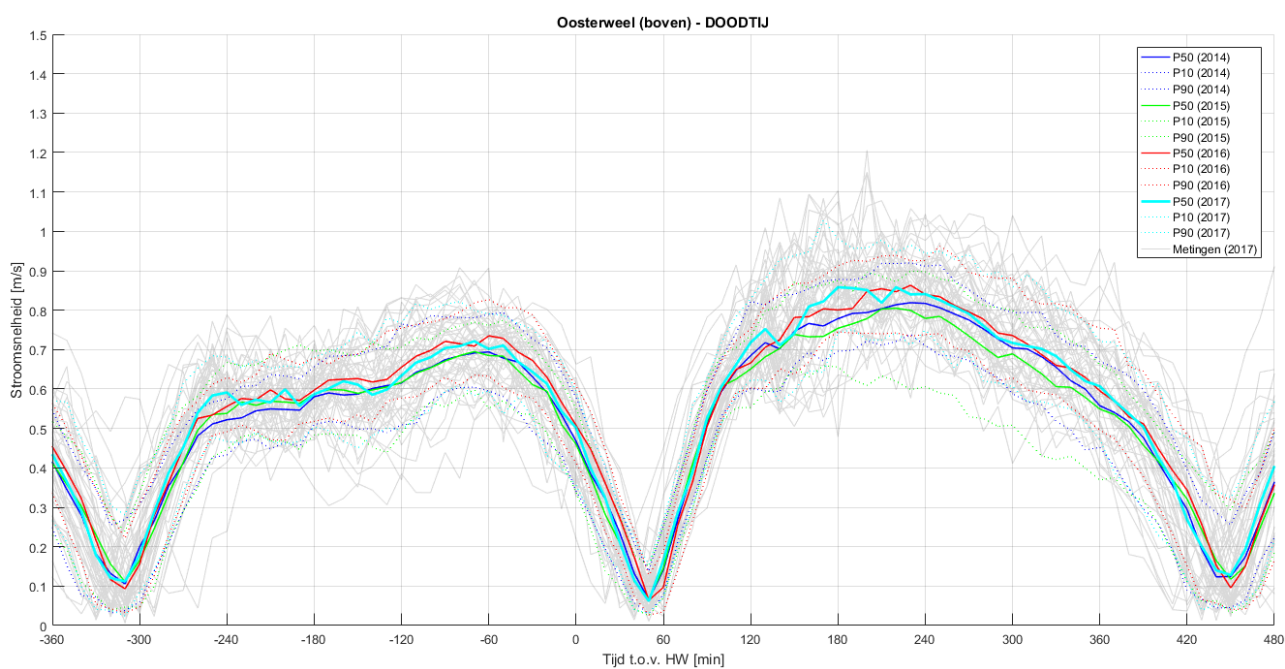
Figuur 38 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij gemiddeld tij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [minuten] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



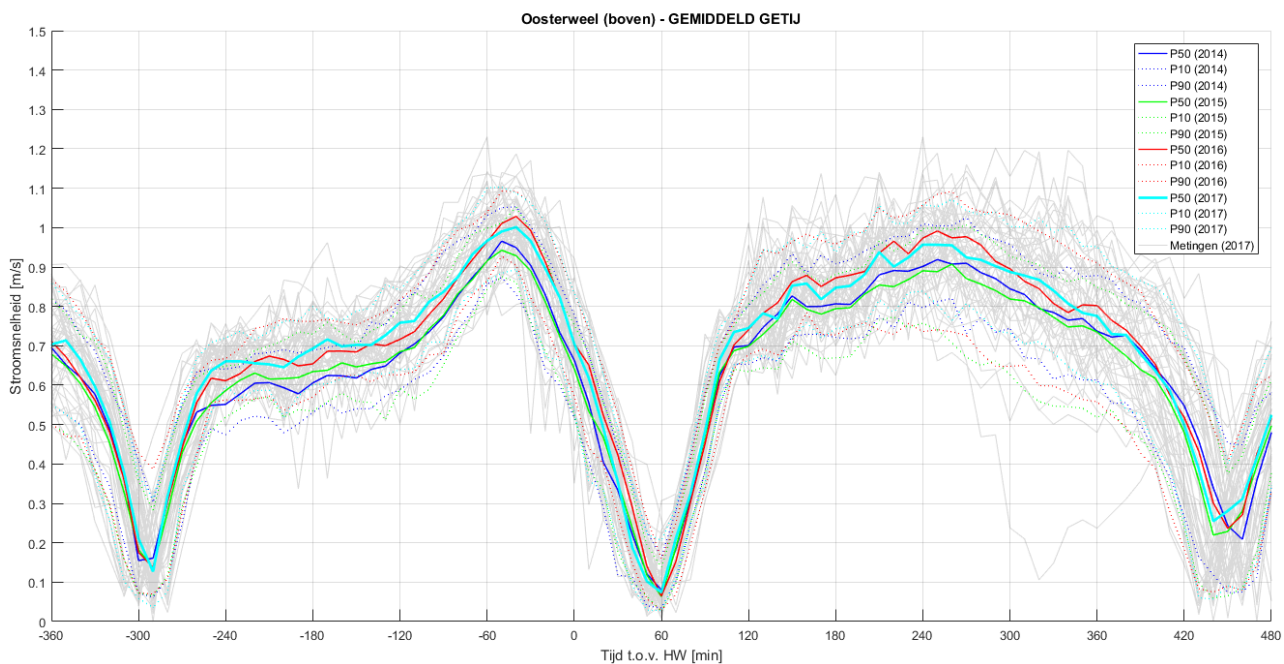
Figuur 39 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij springtij ter hoogte van Lillo (bovenste meettoestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [minuten] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



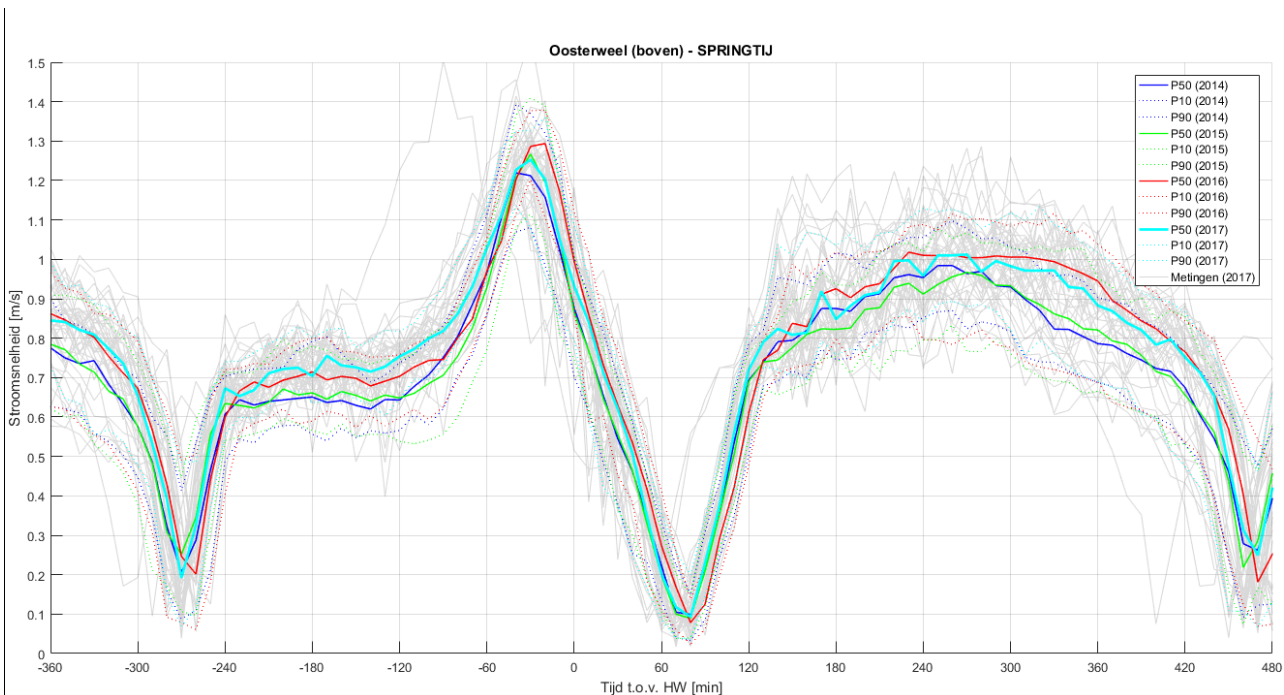
Figuur 40 – Karakteristiek verloop van de stroomsnelheid bij doodtij ter hoogte van Oosterweel (bovenste toestel)
(x-as = tijd t.o.v. hoogwater [minuten] | y-as = stroomsnelheid [m/s])



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



4.1.4 Verloop watertemperatuur

Zowel te Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek, Oosterweel, Kruikeke, Hemiksem, Schellebelle en Melle wordt de watertemperatuur op continue wijze gemeten. Bij 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.

De watertemperatuur verloopt echter wel gedurende een getij, waarbij de mariene invloed een bufferende werking heeft: tijdens de zomer is het zeewater gemiddeld kouder dan de bovenafvoer, tijdens de winter is het zeewater gemiddeld warmer. Daarom is het interessant om de temperatuur in de Beneden-Zeeschelde, net zoals de saliniteit, te bepalen bij de momenten van kentering. De posten meer stroomafwaarts zullen sterker onderhevig zijn aan de bufferende werking van het zeewater, terwijl de posten meer stroomopwaarts en aan de bovenlopen eerder onderhevig zijn aan de grillige temperaturen van de veranderende bovenafvoer.

Figuur 44 tot en met Figuur 52 geven het temperatuursverloop in 2017 bij KHW en KLW weer voor alle locaties. Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen uiteraard duidelijk en zeer vanzelfsprekend: meegaande met de luchttemperatuur en dus seizoenaal. Hierbij valt het dal begin februari op, 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.

Wanneer men de posten afzonderlijk bekijkt, kan men vaststellen dat:

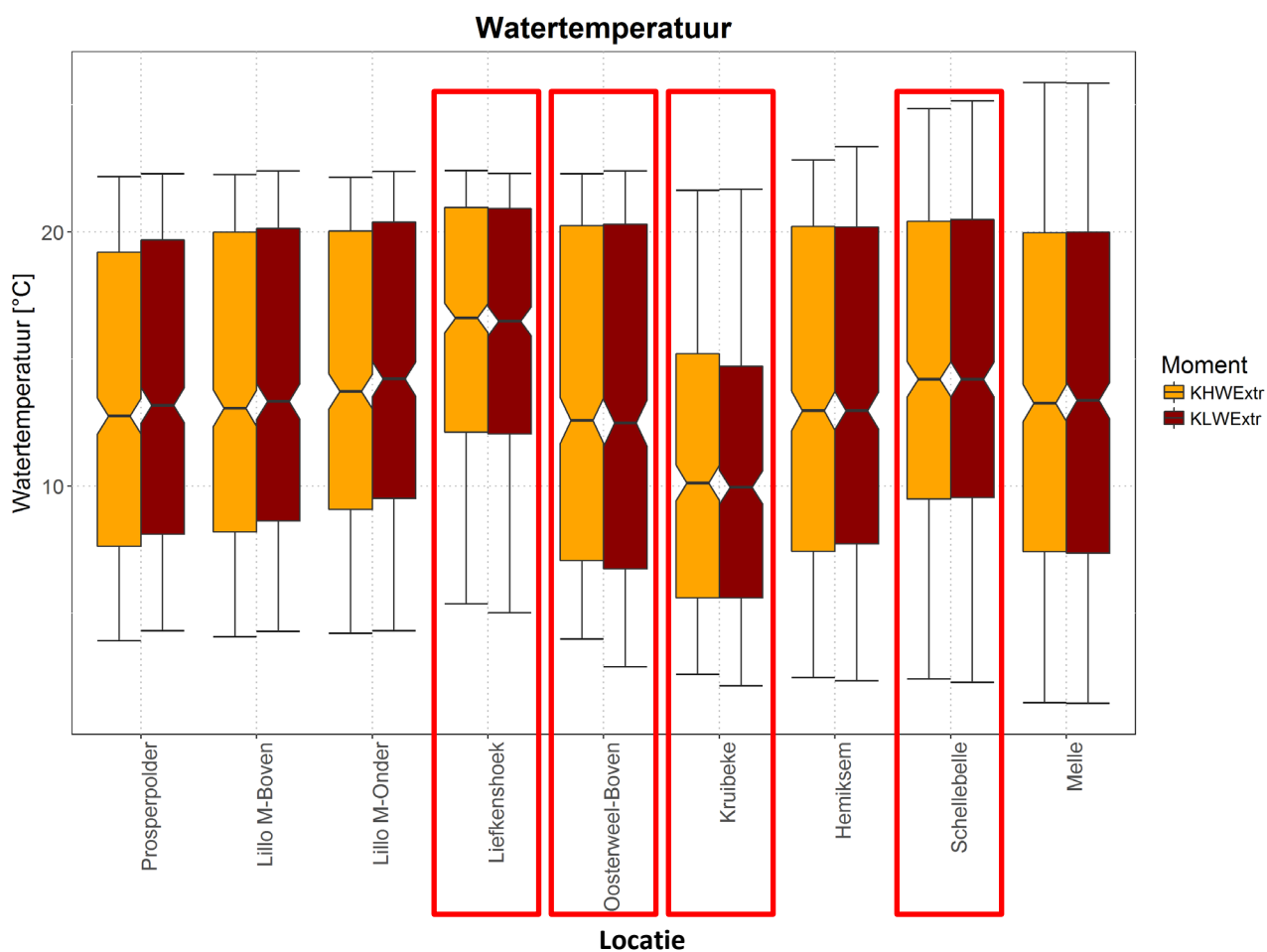
1. Het temperatuursverloop in **Prosperpolder** (Figuur 44) en **Meetpaal Lillo** (Figuur 45 en Figuur 46) toont dat het Scheldewater onafhankelijk van de seizoenen bijna altijd iets kouder is bij KHW dan bij KLW. Het temperatuurverschil is niet constant, en hangt af van enerzijds de seizoenen en anderzijds het tijverschil: hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen. Zo is te Prosperpolder (meest stroomafwaarts) het gemiddelde verschil in temperatuur bij KHW versus KLW 0,5 °C, terwijl dergelijk gemiddeld temperatuurverschil te Melle beperkt blijft tot gemiddeld <0,1°C.
2. Ook in **Liefkenshoek** (Figuur 47), **Oosterweel** (Figuur 48), **Kruikeke** (Figuur 49) en **Hemiksem** (Figuur 50) is eenzelfde verloop zichtbaar. 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 winter, wanneer er warmer water vanuit de zee wordt aangevoerd tijdens KHW.
3. Te **Schellebelle** en **Melle** (Figuur 51 en Figuur 52) is het verschil tussen temperatuur bij KHW en KLW amper merkbaar.
4. Uit de hoge-resolutie tijdsreeksen (niet gerapporteerd), blijkt dat de watertemperatuur nabij Prosperpolder, Lillo en Liefkenshoek duidelijk beïnvloed wordt door het lozen van **koelwater** afkomstig uit de kerncentrale van Doel. Dit is waarneembaar als kortstondige pieken (tot > 1°C), met een regelmatig patroon doorheen de tijd en dus getijcyclus. Hierdoor liggen de maxima hoger dan men zou verwachten bij een bufferende werking van het zeewater.

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 43) visueel is weergegeven. Op een aantal meetlocaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie Tabel 10). Hierdoor vertonen de statistieken een vertekend beeld. Bij Kruikeke leidt dit tot een onderschatting doordat de zomer ontbreekt. Bij Liefkenshoek leidt dit tot een overschatting door de vele ontbrekende waarden in de winter. Bij Schellebelle en Oosterweel-Boven is de impact beperkt doordat de ontbrekende waarden meer verspreid zijn in de tijd.

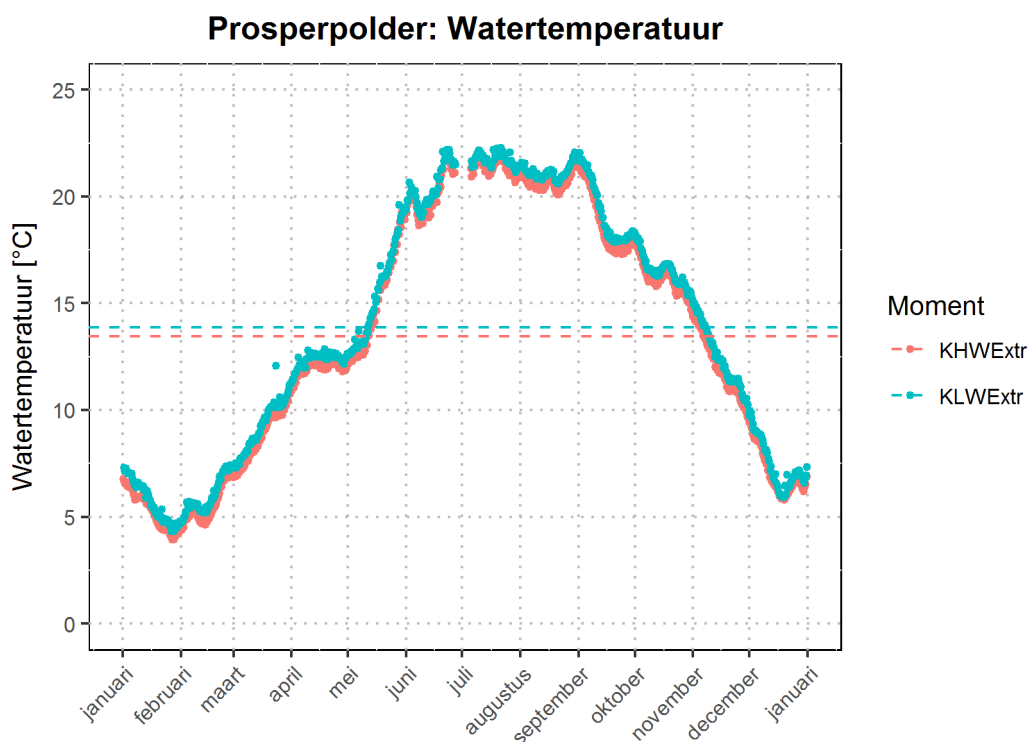
Tabel 12 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten op locaties met getijdewerking (2017)
 (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

	Temperatuur (°C) bij KLW				Temperatuur (°C) bij KHW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	4.3	13.9	22.3	5.8	3.9	13.4	22.2	5.8
Lillo Meetpaal boven	4.3	14	22.4	5.9	4.1	13.8	22.3	5.8
Lillo Meetpaal Onder	4.3	14.3	22.4	5.8	4.2	14	22.1	5.7
<i>Liefkenshoek</i>	<u>5</u>	<u>15.5</u>	<u>22.3</u>	<u>5.4</u>	<u>5.4</u>	<u>15.6</u>	<u>22.4</u>	<u>5.3</u>
<i>Oosterweel boven</i>	<u>2.9</u>	<u>13.2</u>	<u>22.4</u>	<u>6.5</u>	<u>4</u>	<u>13.5</u>	<u>22.3</u>	<u>6.3</u>
<i>Kruibeke</i>	<u>2.1</u>	<u>10.3</u>	<u>21.7</u>	<u>5.3</u>	<u>2.6</u>	<u>10.6</u>	<u>21.6</u>	<u>5.4</u>
Hemiksem	2.3	13.5	23.3	6.2	2.5	13.5	22.8	6.2
<i>Schellebelle</i>	<u>2.3</u>	<u>14.5</u>	<u>25.2</u>	<u>5.9</u>	<u>2.4</u>	<u>14.4</u>	<u>24.9</u>	<u>5.9</u>
Melle	1.4	13.4	25.9	6.5	1.5	13.4	25.9	6.5

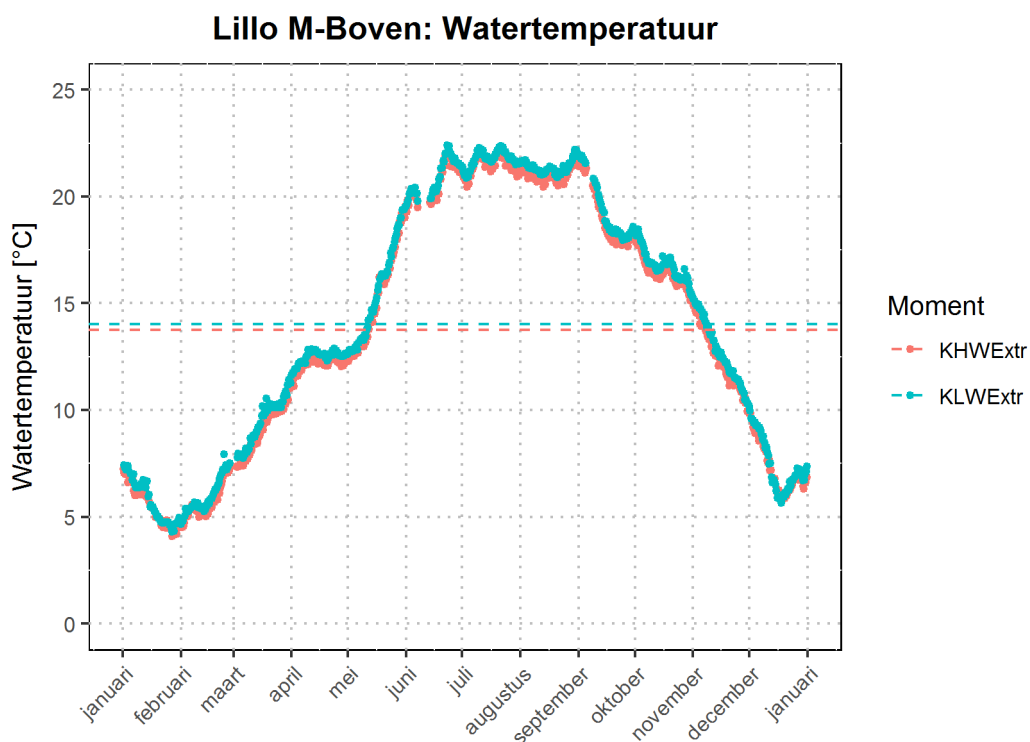
Figuur 43 – Boxplot van de temperatuur bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2017).
Een aantal posten vertonen een vertekend beeld door ontbrekende waarden (Rood kader).



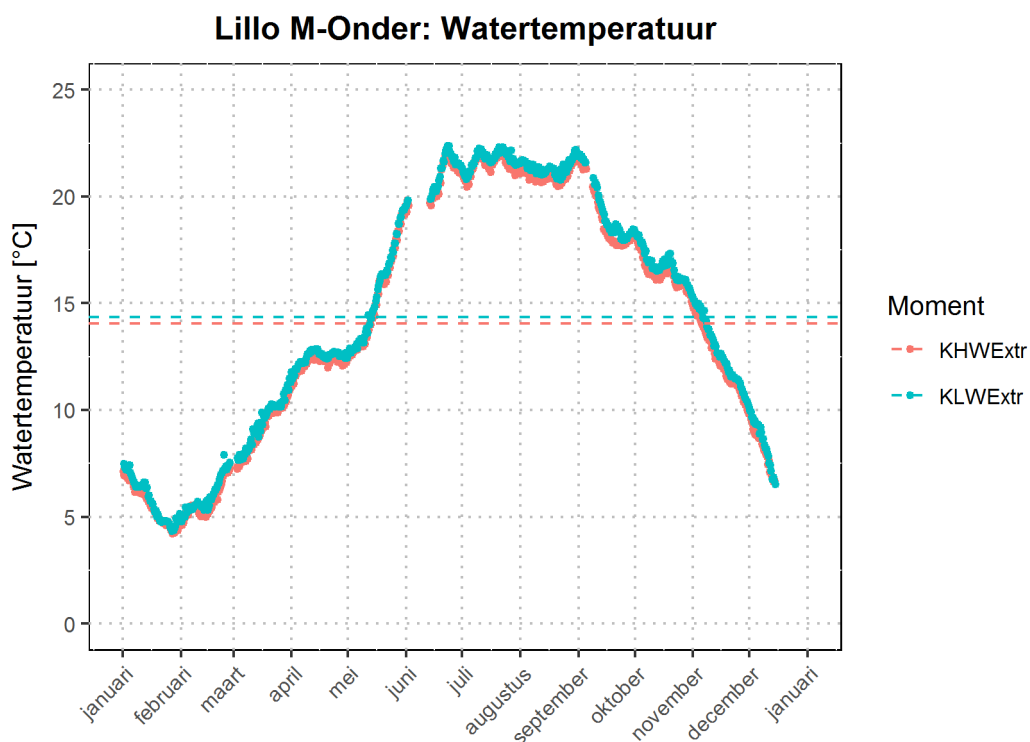
Figuur 44 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



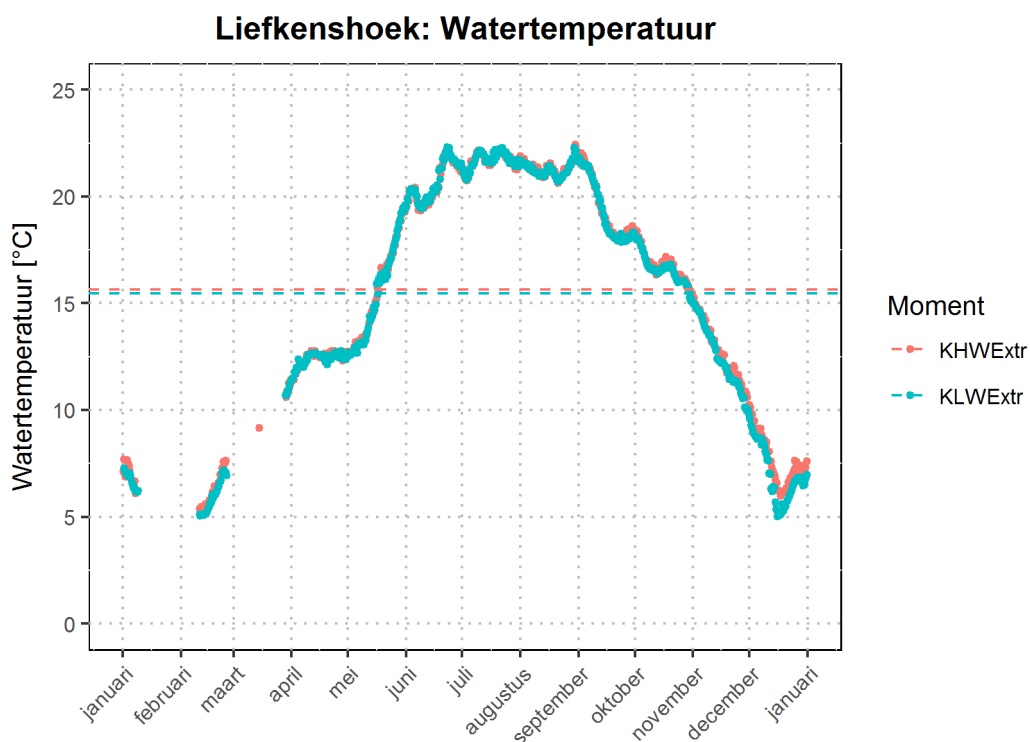
Figuur 45 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



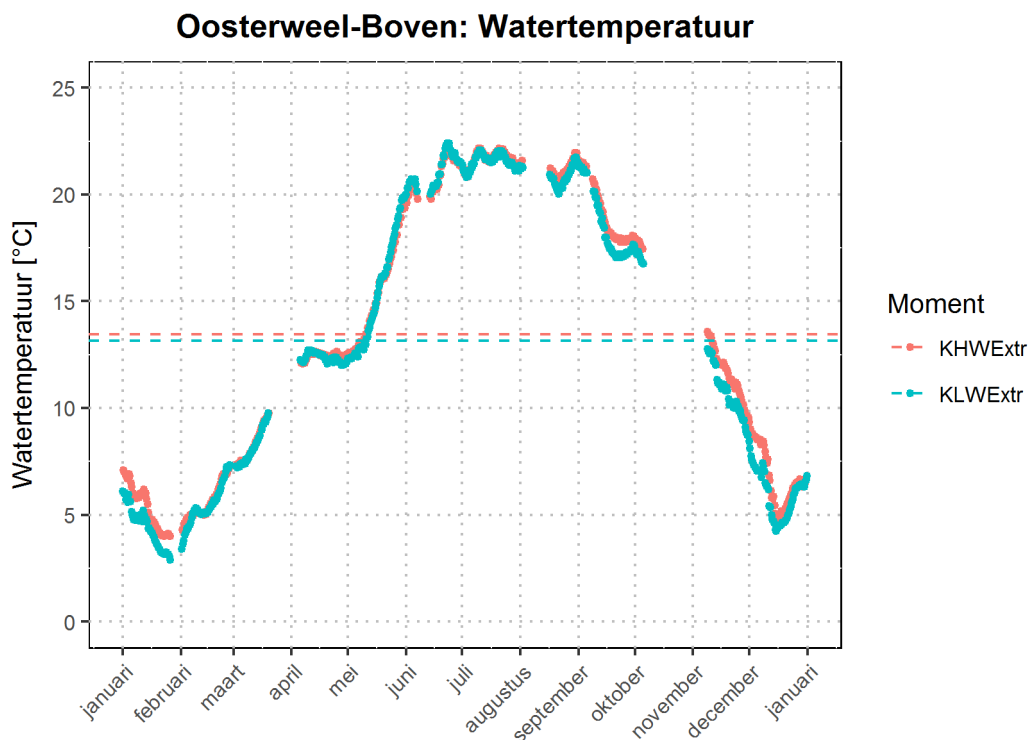
Figuur 46 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



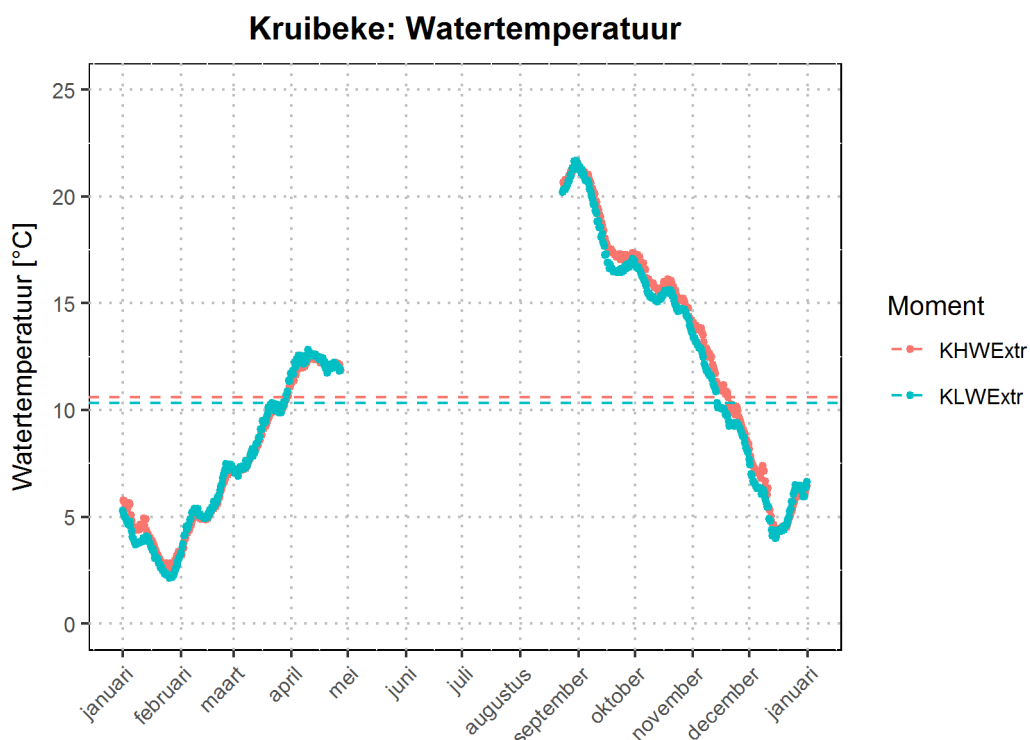
Figuur 47 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



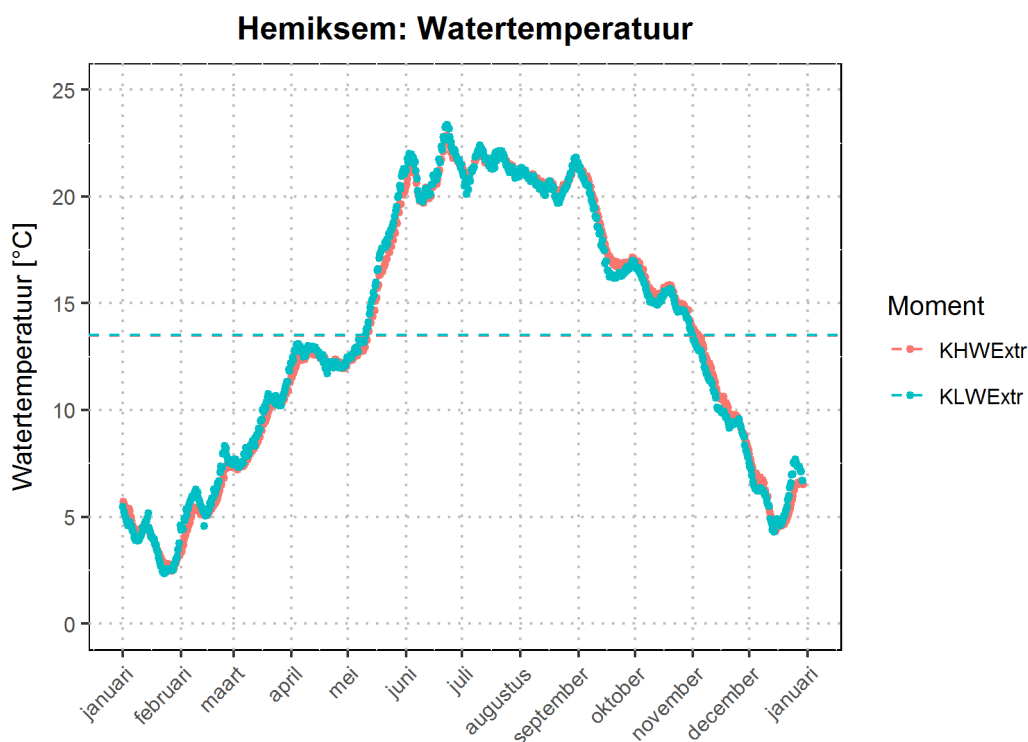
Figuur 48 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



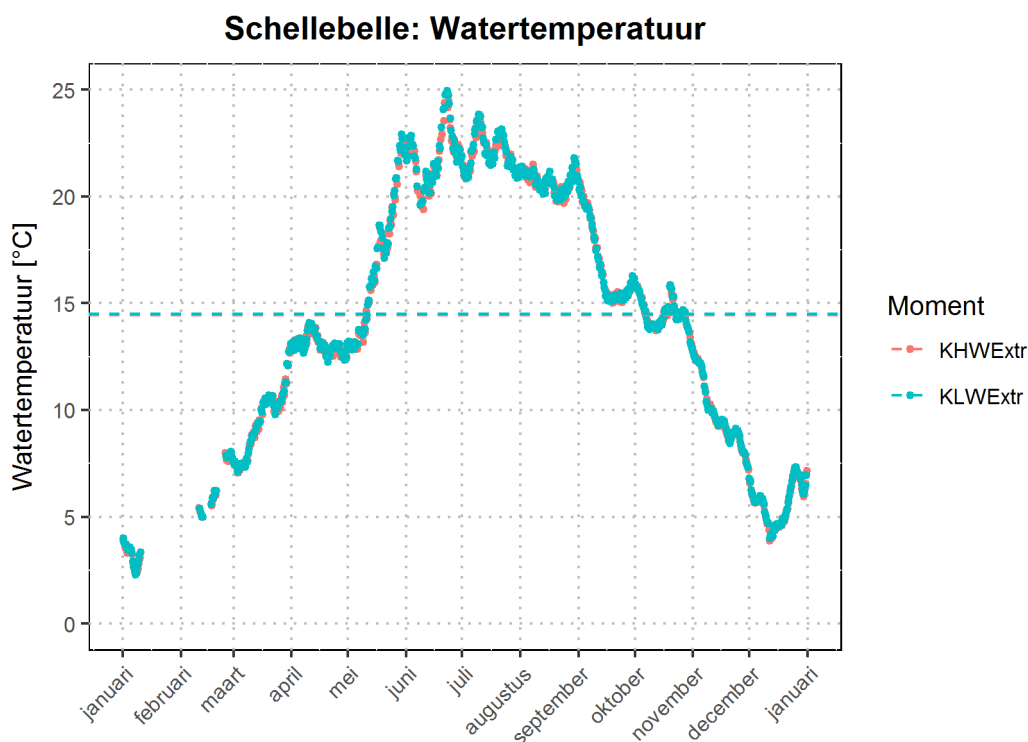
Figuur 49 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



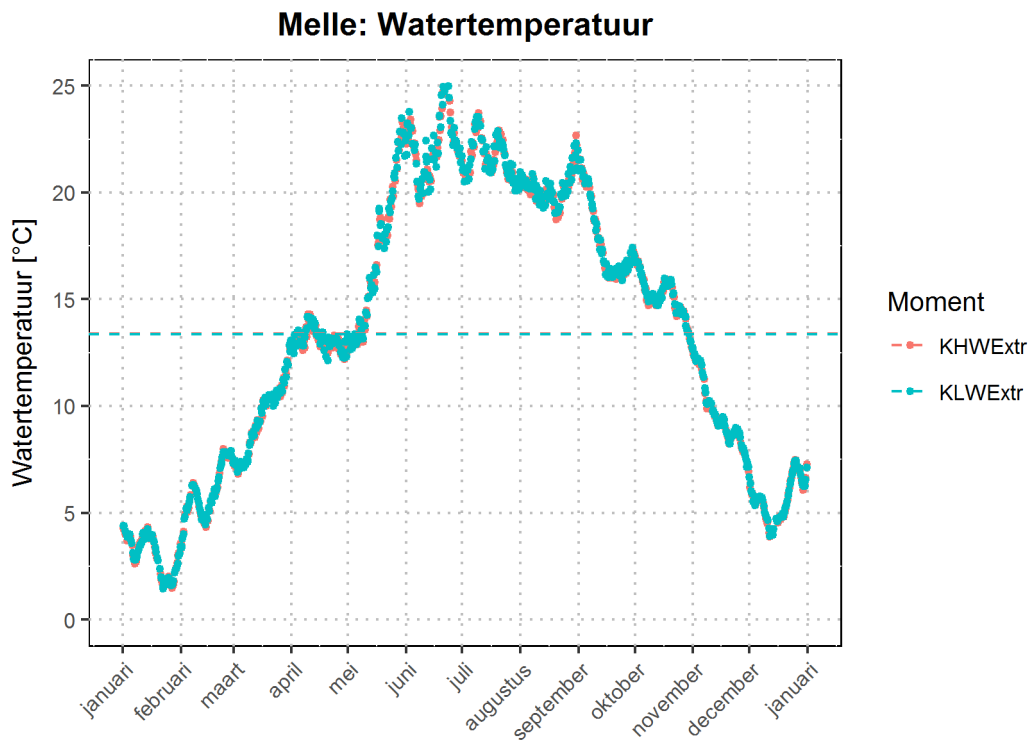
Figuur 50 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Hemiksem (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



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



Figuur 52 – Temperatuur (°C) bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



4.1.5 Verloop saliniteit

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

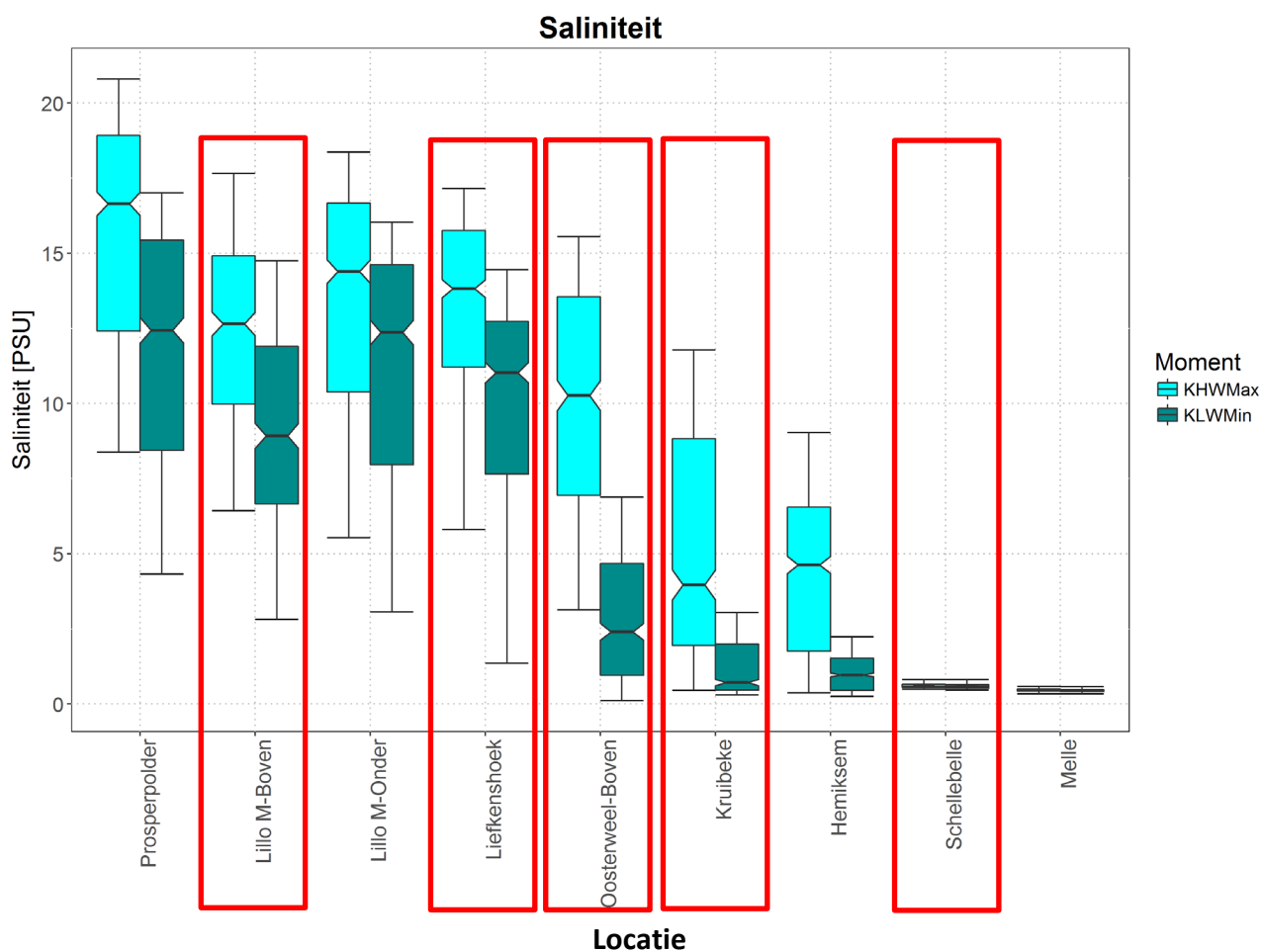
1. De saliniteitswaarden te **Prosperpolder** (Figuur 54) zijn het hoogste in vergelijking met de andere posten. Ze bedragen hier tussen ± 4 en 17 PSU voor kentering laagwater en tussen ± 8 en 21 PSU voor kentering hoogwater. De minima in saliniteit correleren met periodes gekenmerkt door hoge afvoeren. Zo is te merken dat de saliniteit in de wintermaanden veel lager is dan in de zomermaanden. Na een droog voorjaar en normale zomer wat betreft neerslag steeg de bovenafvoer pas vanaf midden november. Op hetzelfde moment was er een terugval in saliniteit.
2. Ter hoogte van de posten Prosperpolder (Figuur 54), Lillo Meetpaal (Figuur 55 en Figuur 56) en Liefkenshoek (Figuur 57) loopt de saliniteit tijdens K LW en K HW parallel, terwijl verder stroomopwaarts de saliniteit bij K LW minimaal blijft, maar de saliniteit bij K HW nog steeds de seizoensale trend volgt zoals bij bovenstaande posten.
3. In **Oosterweel** (Figuur 58) klimt de saliniteit bij K HW tot aan 15 PSU. Bij K LW blijft de saliniteit voornamelijk onder 6 PSU. Te **Hemiksem** (Figuur 60) stijgen de saliniteitswaarden tot $+8$ PSU. Bij K LW blijft de saliniteit onder 2 PSU (en valt hiermee buiten het toepassingsdomein van de Unescoformule). **Kruikeke** (Figuur 59) kent eenzelfde verloop als de nabijgelegen post Hemiksem, maar wordt gekenmerkt door hogere saliniteit dankzij zijn meer stroomafwaartse ligging.
4. Bij de twee meest stroomopwaartse posten, **Schellebelle** (Figuur 61), **Melle** (Figuur 62), is het verschil tussen saliniteit bij K HW en bij K LW minimaal. De absolute saliniteit blijft hier ook onder 1 PSU (buiten het toepassingsdomein van de Unescoformule).
5. Te **Lillo Meetpaal** is er verticale stratificatie zichtbaar tijdens het moment van kentering bij laag water. Dit is minder het geval bij kentering hoogwater. Merk op dat er voor het bovenste meettoestel geen meetgegevens voorhanden zijn vanaf eind juli (Tabel 10).

Tabel 13 geeft een overzicht van de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de saliniteit rond K WH en K LW voor de verschillende metingen op de locaties zoals in de boxplot (Figuur 53) visueel is weergegeven. Op een aantal meetlocaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie Tabel 10). Hierdoor vertonen de statistieken een vertekend beeld. Bij Meetpaal Lillo Boven, Oosterweel Boven, Kruikeke en Schellebelle leidt dit tot een onderschatting van de saliniteit. Bij Liefkenshoek tot een overschatting.

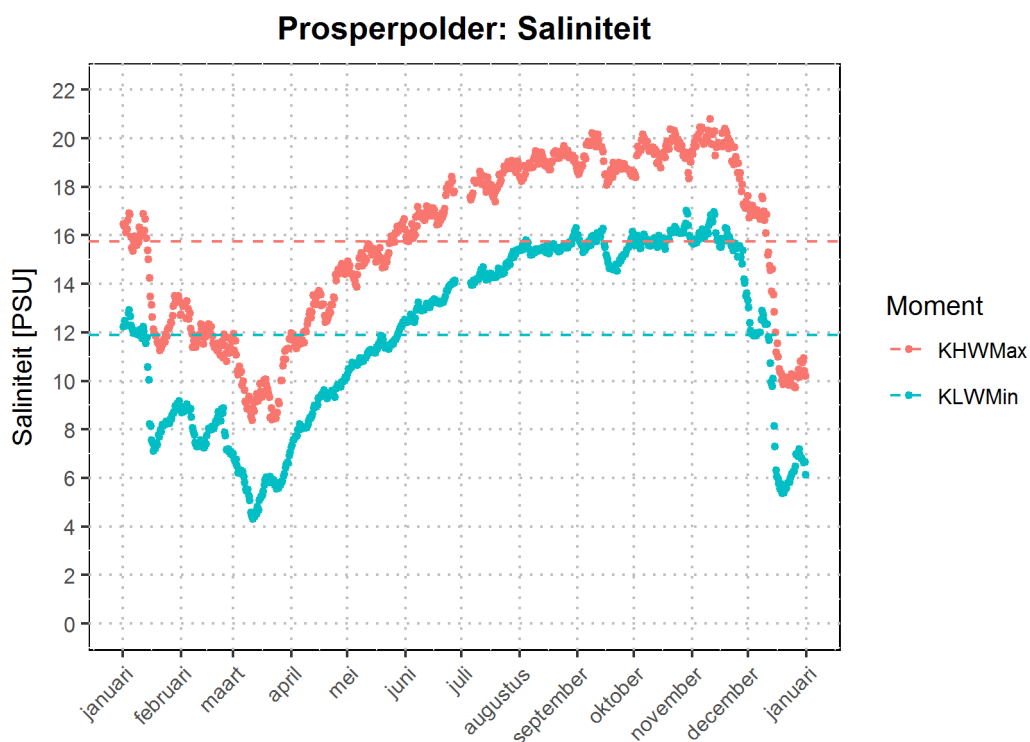
Tabel 13 – Overzicht statistieken saliniteit [PSU] voor minimum KLW en maximum bij KHW
 gemeten op locaties met getijdewerking (2017)
 (indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).

	Saliniteit (PSU) bij KLW				Saliniteit (PSU) bij KHW			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Prosperpolder	4.32	11.88	17.02	3.64	8.38	15.75	20.8	3.50
<i>Lillo Meetpaal boven</i>	<u>2.82</u>	<u>9.14</u>	<u>14.75</u>	<u>3.15</u>	<u>6.43</u>	<u>12.41</u>	<u>17.66</u>	<u>3.01</u>
Lillo Meetpaal Onder	3.06	11.3	16.03	3.57	5.53	13.56	18.37	3.48
<i>Liefkenshoek</i>	<u>1.36</u>	<u>10.06</u>	<u>14.45</u>	<u>3.21</u>	<u>5.8</u>	<u>13.05</u>	<u>17.16</u>	<u>3.09</u>
<i>Oosterweel boven</i>	<u>0.11</u>	<u>2.78</u>	<u>6.89</u>	<u>1.89</u>	<u>3.13</u>	<u>10.11</u>	<u>15.56</u>	<u>3.62</u>
<i>Kruikeke</i>	<u>0.30</u>	<u>1.16</u>	<u>3.04</u>	<u>0.83</u>	<u>0.45</u>	<u>5.14</u>	<u>11.78</u>	<u>3.55</u>
Hemiksem	0.25	1.02	2.23	0.56	0.37	4.22	9.03	2.54
<i>Schellebelle</i>	<u>0.47</u>	<u>0.6</u>	<u>0.89</u>	<u>0.08</u>	<u>0.50</u>	<u>0.61</u>	<u>0.93</u>	<u>0.09</u>
Melle	0.30	0.45	0.60	0.05	0.30	0.46	0.60	0.05

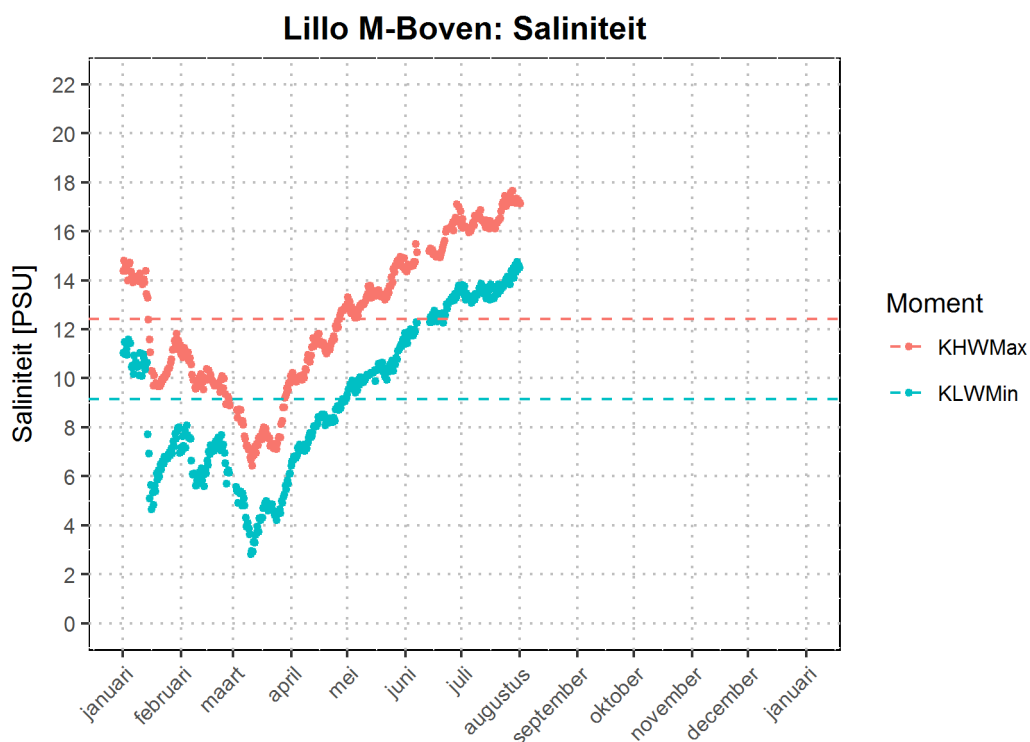
Figuur 53 – Boxplot van de Saliniteit bij kentering laag- en hoogwater, op de verschillende meetlocaties met getijdewerking (2017).
Een aantal posten vertonen een vertekend beeld door ontbrekende waarden (Rood kader).



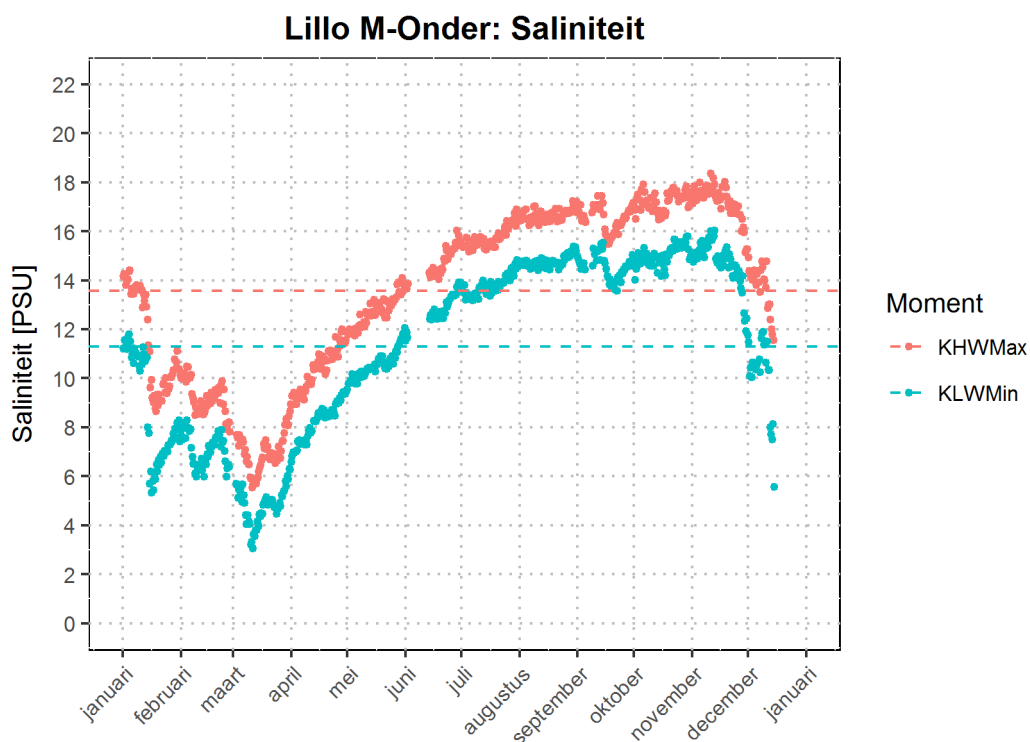
Figuur 54 – Saliniteit bij KHW en KLW te Prosperpolder (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



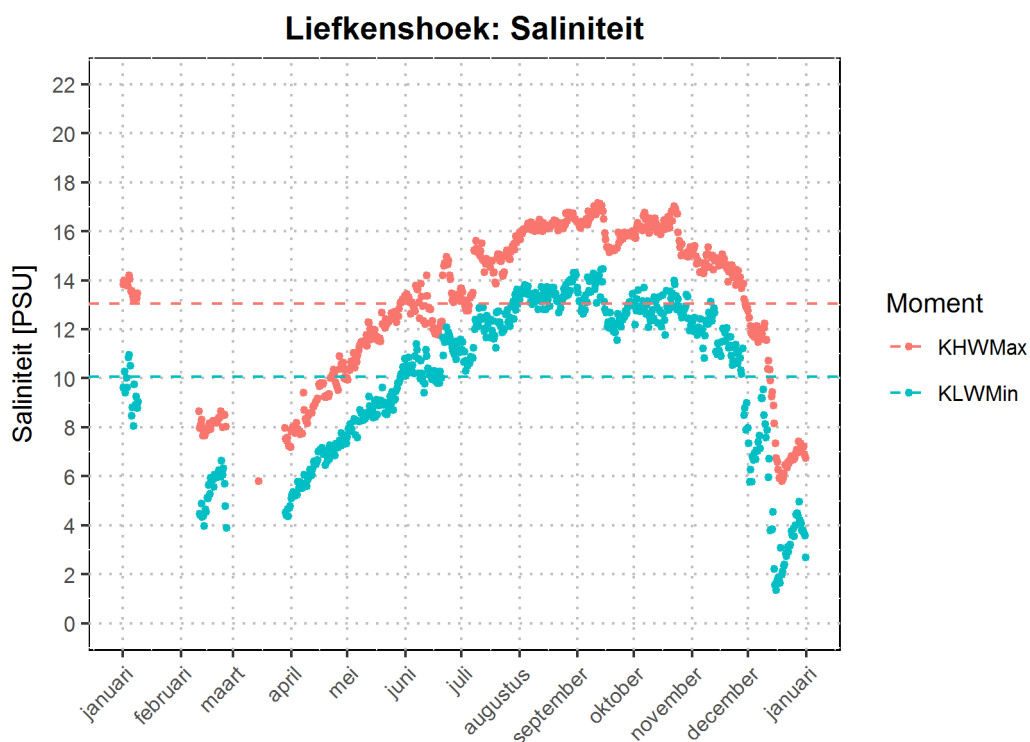
Figuur 55 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



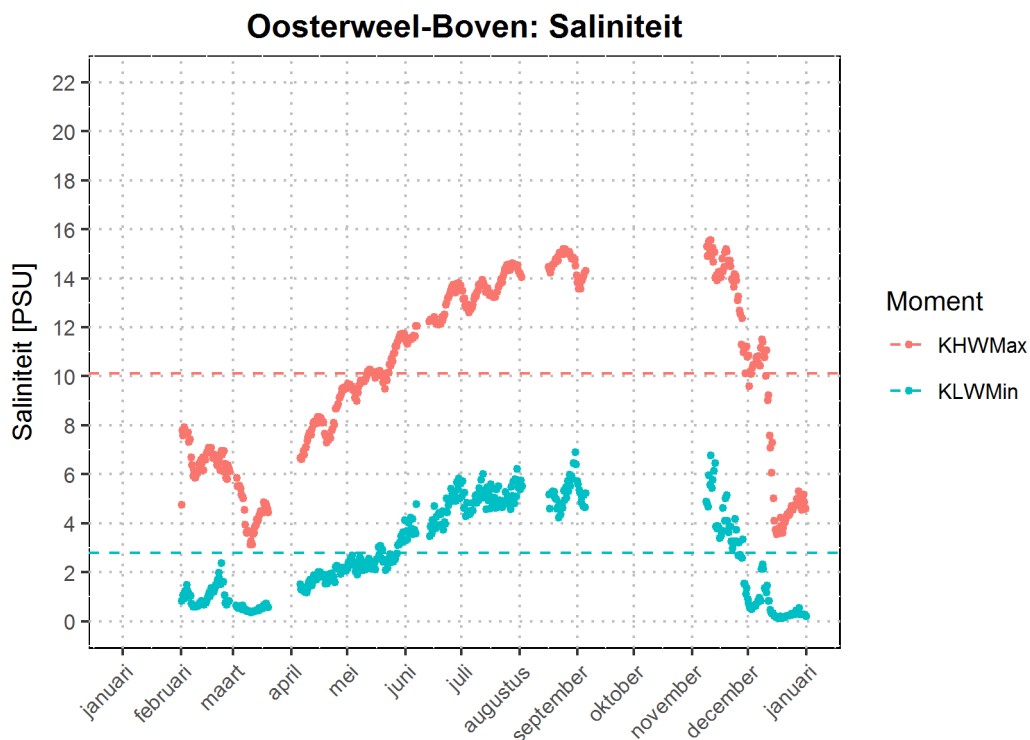
Figuur 56 – Saliniteit bij KHW en KLW te Meetpaal Lillo, onderste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



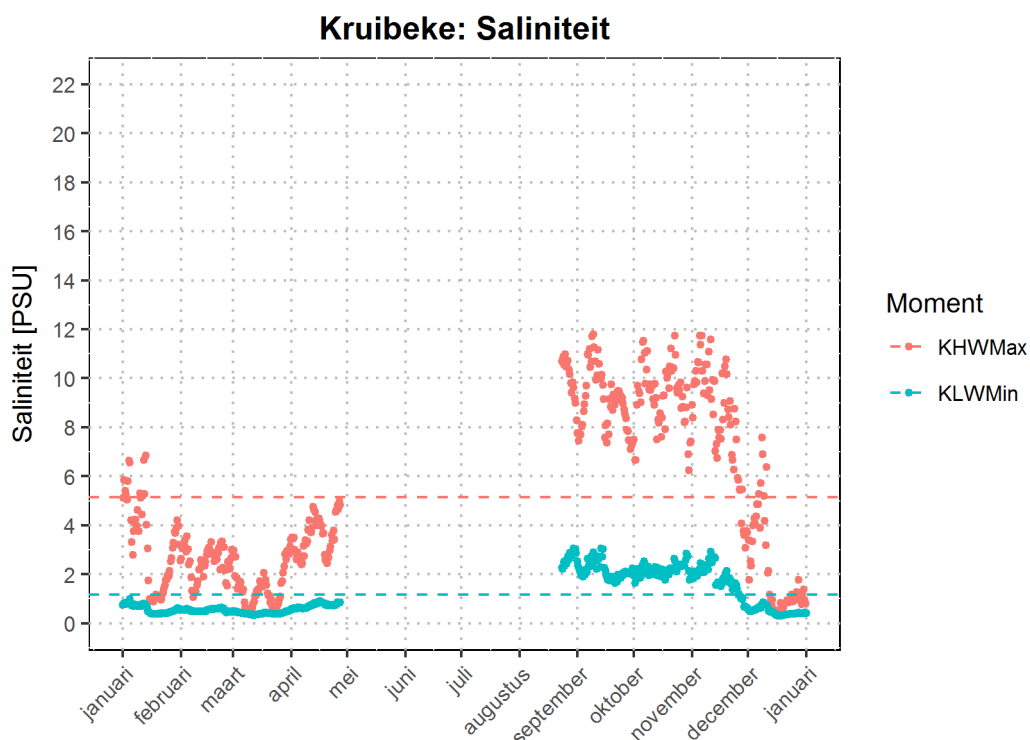
Figuur 57 – Saliniteit bij KHW en KLW te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



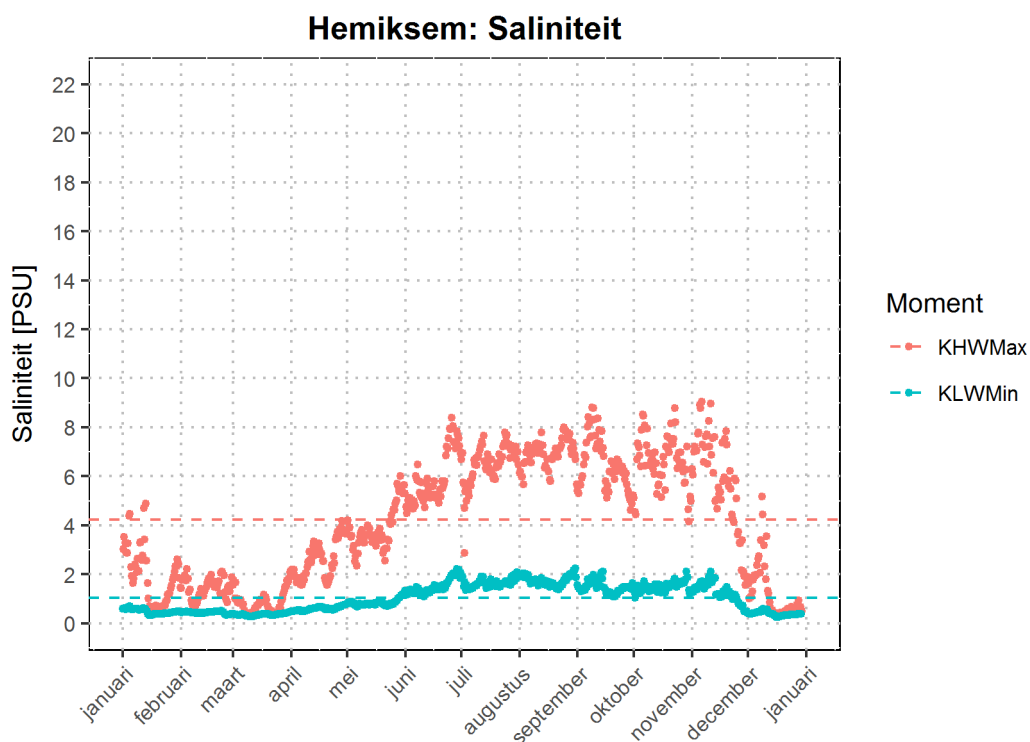
Figuur 58 – Saliniteit bij KHW en KLW te Oosterweel, bovenste meettoestel (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



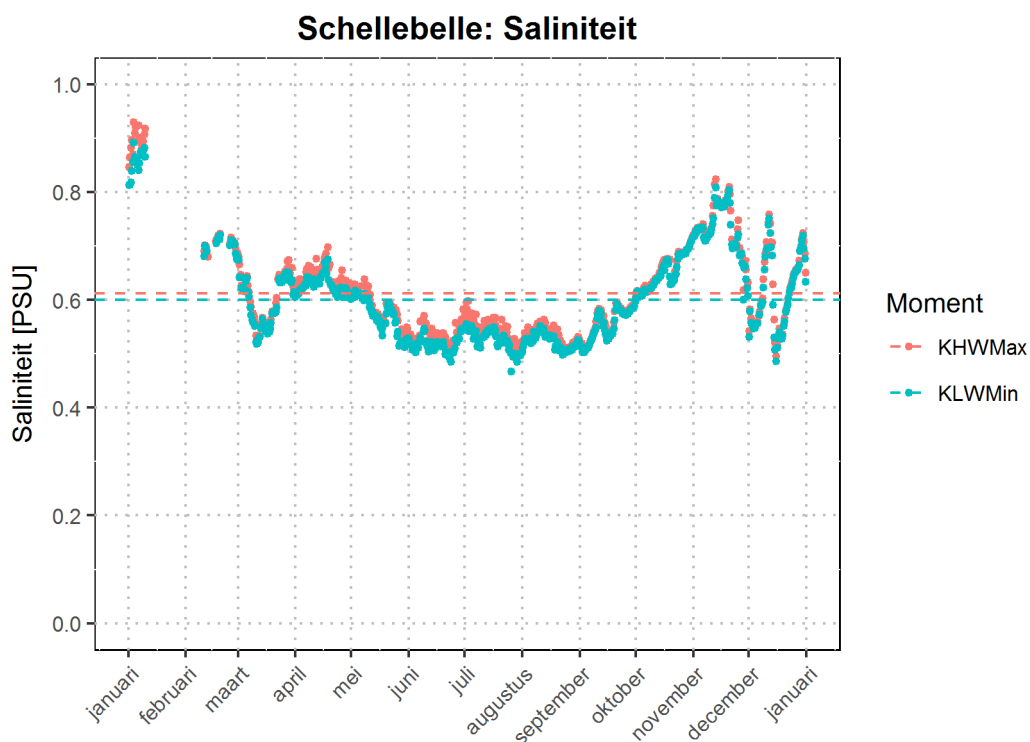
Figuur 59 – Saliniteit bij KHW en KLW te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



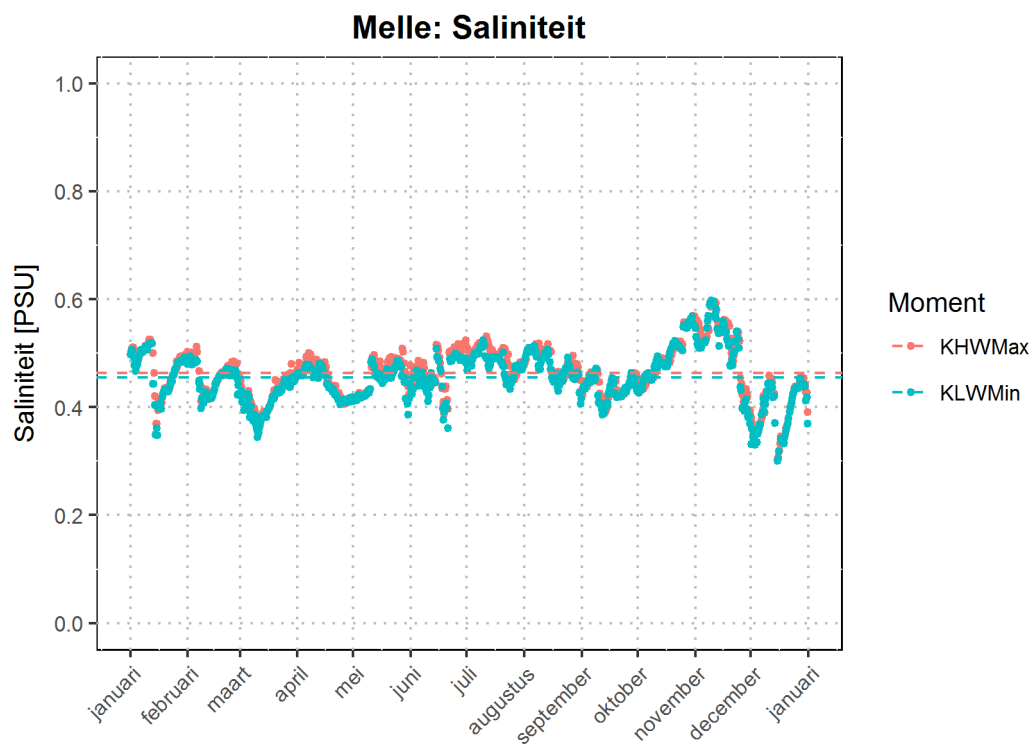
Figuur 60 – Saliniteit bij KHW en KLW te Hemiksem (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 61 – Saliniteit bij KHW en KLW te Schellebelle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 62 – Saliniteit bij KHW en KLW te Melle (Boven-Zeeschelde)
met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



4.1.6 Verloop suspensiegehalte

Inleiding

De concentratie aan sediment in suspensie (SSC) wordt bepaald aan de hand van bemonstering en labo-analyses en is daarom niet continu beschikbaar. Vaak hanteert men turbiditeit als een proxy van SSC aangezien deze parameter eraan gecorreleerd is. De relatie tussen beide parameters is locatie-specifiek en is bovendien ook afhankelijk van andere (mogelijks dynamische) factoren, zoals o.a. de korrelgrootte, -vorm, grootte-orde concentratie (meervoudige verstrooiing), dichtheid (organisch materiaal vs. minerale fractie) en de kleur van het sediment. Men kan turbiditeit wel continu meten zodat men op deze manier een continue tijdreeks van SSC kan bekomen. Aangezien turbiditeit niet bijdraagt tot extra systeemkennis, wordt in het voorliggend rapport enkel het suspensiegehalte gerapporteerd en niet de turbiditeit. Meer uitleg omtrent de kalibratie van de turbiditeit met het suspensiegehalte, kan teruggevonden worden in Bijlage B: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

In dit rapport wordt zowel de hoog- (m.b.v. turbiditeitsmetingen) als laagfrequente staalnames (schempstalen) binnen het getijdegebied besproken. 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 twee hoogten langs de verticale aan de meetpaal te Lillo, terwijl te Oosterweel, Kruibeke, Schellebelle en Melle op één hoogte gemeten wordt. Op de eerste twee locaties wordt er gemeten met Aanderaa toestellen. Sinds januari 2017 meten deze met een meetfrequentie van 5 minuten. De meeste toestellen zijn van het type Seaguard2500 (meetbereik turbiditeit tussen 0-2500 FTU). Een uitzondering hierop vormt het bovenste meettoestel aan de meetpaal te Lillo, waar het type Seaguard500 hangt (meetbereik turbiditeit 0-500 FTU). De toestellen te Kruibeke, Schellebelle en Melle meten om de 5 minuten en zijn YSI-toestellen van het type YSI 6920. Dit houdt in dat deze drie toesteltypen elk een andere relatie zullen hebben tussen hun turbiditeitsseenheid (in de praktijk NTU voor YSI en FTU voor Aanderaa Seaguard toestellen) en de bijbehorende sedimentconcentraties (suspensie-gehalte of SSC) die zij waargenomen hebben, zelfs al meten deze op dezelfde locatie. Een bijkomende opmerking bij het Aanderaa-toestel van het type Seaguard500 (SG500), voor Lillo Meetpaal bovenste meettoestel, is dat dit geen turbiditeit hoger dan 500 FTU kan registreren (verzadiging sensor). Bijgevolg werden geregeld de maximale waarden gemeten met deze Seaguard-sonde. Met andere woorden, een turbiditeit hoger dan 500 FTU kwam mogelijk voor, maar kon niet geregistreerd worden (plafonnering op 500 FTU). Men kan dus stellen dat dit Seaguard toestel, hoewel het een turbiditeitsrange van 0-500 FTU bestrijkt, een te beperkt bereik heeft voor metingen in dit deel van de Zeeschelde. Het is belangrijk om dit in rekening te brengen bij het interpreteren van de hieronder weergegeven grafieken. De turbiditeit plafonneerde immers geregeld en de maximale en gemiddelde turbiditeit werd berekend op basis van de tijdreeks waarin deze 'plafond'-waarden opgenomen zijn. Hierdoor zullen zowel de maxima als de gemiddelden soms lager uitvallen dan in werkelijkheid het geval zou moeten zijn.

Enkele algemene vaststelling m.b.t. het suspensiegehalte van de Zeeschelde zijn:

1. In de Beneden-Zeeschelde wordt SSC hoofdzakelijk bepaald door de getijdewerking en de slibstortingen (Vandenbruwaene *et al.*, 2016).
2. In de Boven-Zeeschelde bevindt zich een turbiditeitsmaximum dat volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken (Vandenbruwaene *et al.*, 2016). Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale variatie van turbiditeit/SSC.

In onderstaande Figuur 64 tot Figuur 81 wordt het verloop van (1) het minimale suspensiegehalte binnen een getijcyclus optredend rond de kentering, (2) het maximale suspensiegehalte bij eb en vloed en (3) het gemiddelde suspensiegehalte bij eb en vloed weergegeven. De respectievelijke boxplots zijn terug te vinden in Figuur 63. Een samenvatting kan teruggevonden worden in Tabel 14. Op een aantal meetlocaties (*cursief en onderlijnd*) zijn minder dan 90% van de meetwaarden (correct) beschikbaar (zie Tabel 10). De statistieken zijn dus berekend op een onvolledig jaar. De impact op de berekende statistieken is onbekend.

Gelieve op te merken dat een onderlinge vergelijking van de locaties met de nodige omzichtigheid dient te gebeuren. De sensoren hangen immers niet allemaal even diep onder het wateroppervlak. Zo wordt het suspensiegehalte ter hoogte van Schellebelle en Kruibeke gemeten nabij het wateroppervlak, terwijl deze van Melle dieper tegen de bodem hangt (Tabel 9). Ook situeert de sensor in Oosterweel zich dieper dan de vlottende opstelling in Kruibeke. Het verticale profiel van SSC volgt een Rouse-profiel waarbij de SSC stijgt naar de bodem toe. De diepte van de sensor beïnvloedt dus de opgemeten turbiditeit en SSC-concentratie.

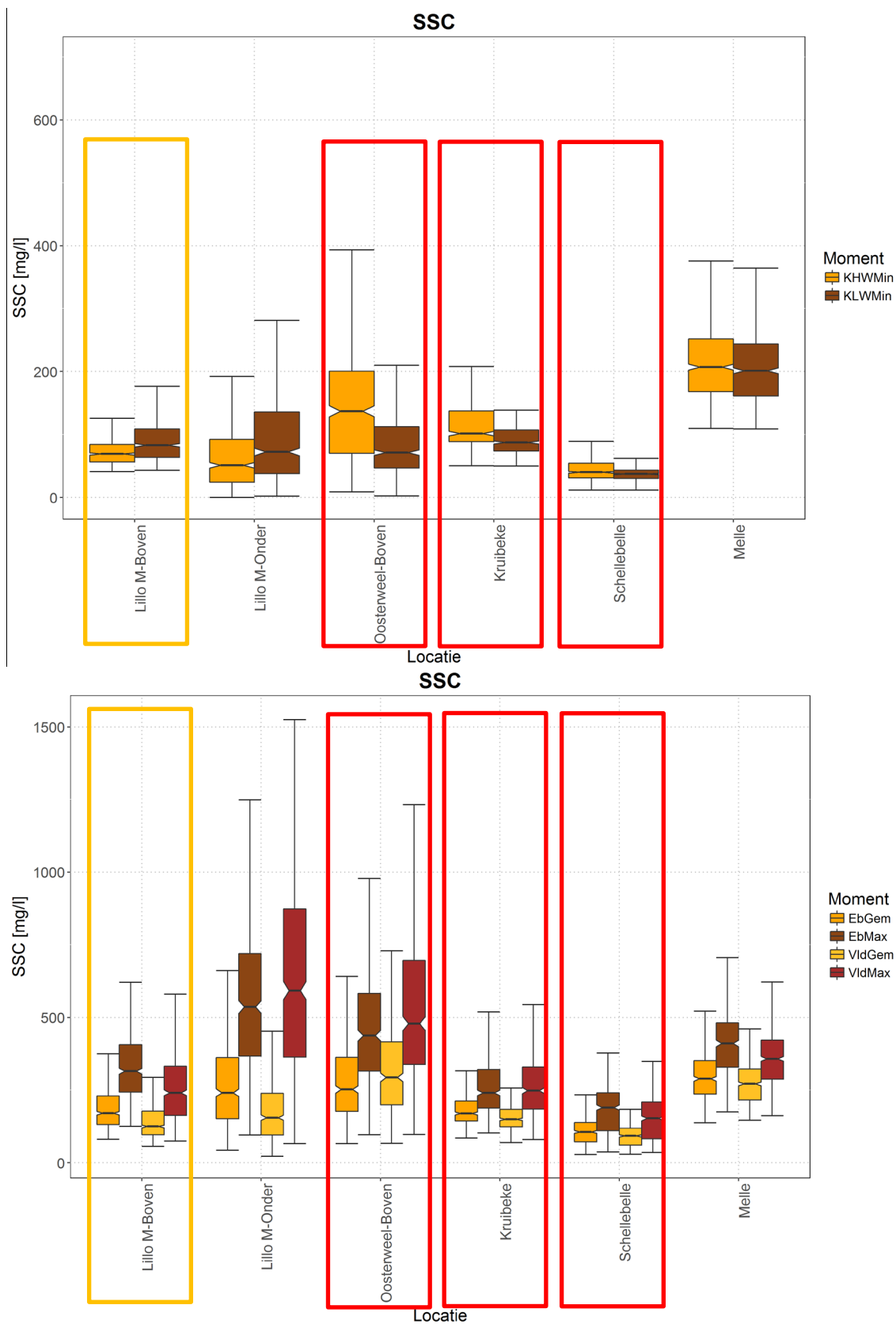
Volgende vaststellingen kunnen gemaakt worden:

1. Net zoals bij de saliniteit is er verticale stratificatie zichtbaar aan de meetpaal nabij **Lillo**: zowel de minima tijdens het moment van kentering, als de gemiddelden/maxima tijdens eb of vloed zijn het hoogst nabij de bodem.
2. Wanneer de onderste toestellen achterwege gelaten worden, wordt het hoogste suspensiegehalte waargenomen nabij **Oosterweel**. Deze locatie is dan ook gesitueerd tegenover de belangrijkste stortlocatie voor het terugstorten van slibrijke specie.
3. Op de meetlocaties te Lillo is het suspensiegehalte tijdens eb gemiddeld gezien hoger dan tijdens vloed en te Oosterweel is het suspensiegehalte tijdens eb gemiddeld gezien lager dan tijdens vloed. Voor Oosterweel geldt hetzelfde voor de minima tijdens KLW versus KHW. Bij de meetpaal te Lillo wordt er nabij KHW een lagere SSC geregistreerd dan tijdens KLW.
4. Bij de meer opwaarts gelegen meetposten (**Kruibeke** en **Schellebelle**) is er bij eb net een hoger suspensiegehalte opgemeten dan bij vloed. Bij **Melle** zijn de verschillen te verwaarlozen.
5. Het signaal in Melle en Schellebelle werd in december gekenmerkt door een verhoogde SSC (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).

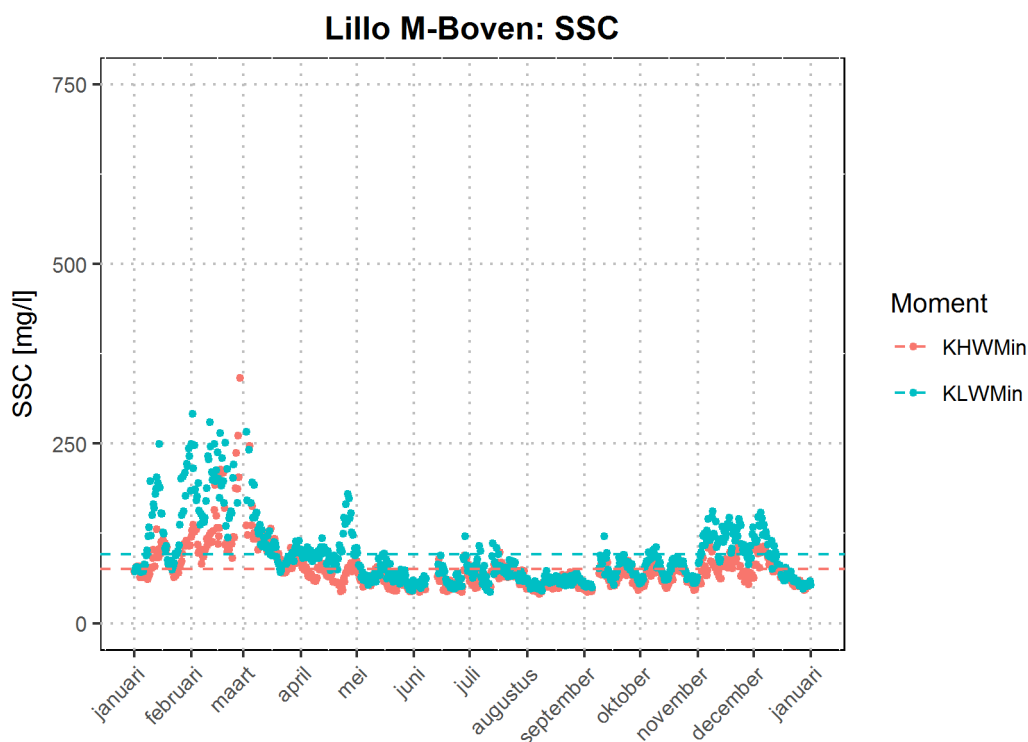
Tabel 14 – Overzicht statistieken suspensiegehalte [mg/l] voor minimum bij KLW en KHW, voor gemiddelde en voor maximale bij eb en vloed, gemeten op locaties met getijdewerking (2017).
 (Indien minder dan 90% van de meetwaarden correct beschikbaar worden de waarden *cursief en onderlijnd* weergegeven).
 Merk op Lillo-Boven (rood) raakt verzadigd bij 500 FTU.

Meet-locatie	Min	Gemiddelde	Max	STDEV	Min	Gemiddelde	Max	STDEV
	Minimale SSC (mg/L) bij KLW				Minimale SSC (mg/L) bij KHW			
Lillo Boven	43	95.7	291.1	44.7	41	75.9	341.3	30.2
Lillo Onder	2	95.7	514.4	78.2	0	69.4	438.8	64.8
<i>Oosterweel Boven</i>	<u>2.4</u>	<u>85.6</u>	<u>332.8</u>	<u>53.5</u>	<u>8.8</u>	<u>156</u>	<u>595.5</u>	<u>107.4</u>
<i>Kruibeke</i>	<u>50</u>	<u>90.4</u>	<u>232</u>	<u>21.6</u>	<u>50.6</u>	<u>113.6</u>	<u>234.1</u>	<u>37.2</u>
<i>Schellebelle</i>	<u>11.5</u>	<u>39.5</u>	<u>208.5</u>	<u>19.2</u>	<u>11.5</u>	<u>45.3</u>	<u>179.4</u>	<u>20</u>
Melle	109	208.1	653.3	61.3	109.7	215.2	698	61
	Gemiddelde SSC (mg/L) bij eb				Gemiddelde SSC (mg/L) bij vloed			
Lillo Boven	80.5	188.9	459.4	77.3	56.2	147.2	452	70.4
Lillo Onder	43.1	275.1	927.6	159	22.5	182.2	659.6	112.7
<i>Oosterweel Boven</i>	<u>65.8</u>	<u>283.6</u>	<u>768.9</u>	<u>152.4</u>	<u>66.3</u>	<u>323</u>	<u>840.3</u>	<u>170.8</u>
<i>Kruibeke</i>	<u>85.1</u>	<u>182.9</u>	<u>377.2</u>	<u>59</u>	<u>69.6</u>	<u>155.9</u>	<u>327.3</u>	<u>42.8</u>
<i>Schellebelle</i>	<u>28.4</u>	<u>107.6</u>	<u>273.8</u>	<u>46.8</u>	<u>29.5</u>	<u>92</u>	<u>183.9</u>	<u>36.8</u>
Melle	137.8	297.6	539.6	82.4	146.6	272.9	461.1	66.4
	Maximale SSC (mg/L) bij eb				Maximale SSC (mg/L) bij vloed			
Lillo Boven	126	340.1	621.6	127.9	74.4	269	620.5	130.8
Lillo Onder	95.3	569.9	1533.6	273.6	66.3	641.2	1525	335.6
<i>Oosterweel Boven</i>	<u>96.2</u>	<u>472.7</u>	<u>1271.6</u>	<u>236.1</u>	<u>97.3</u>	<u>533.8</u>	<u>1235.6</u>	<u>272.9</u>
<i>Kruibeke</i>	<u>102</u>	<u>272.4</u>	<u>680.8</u>	<u>120.6</u>	<u>79.8</u>	<u>270.7</u>	<u>677.5</u>	<u>120.7</u>
<i>Schellebelle</i>	<u>36.9</u>	<u>185</u>	<u>852.4</u>	<u>91.9</u>	<u>35.1</u>	<u>153</u>	<u>474.2</u>	<u>77.3</u>
Melle	175	418.5	1180.2	121.4	162	363.7	761.9	104.6

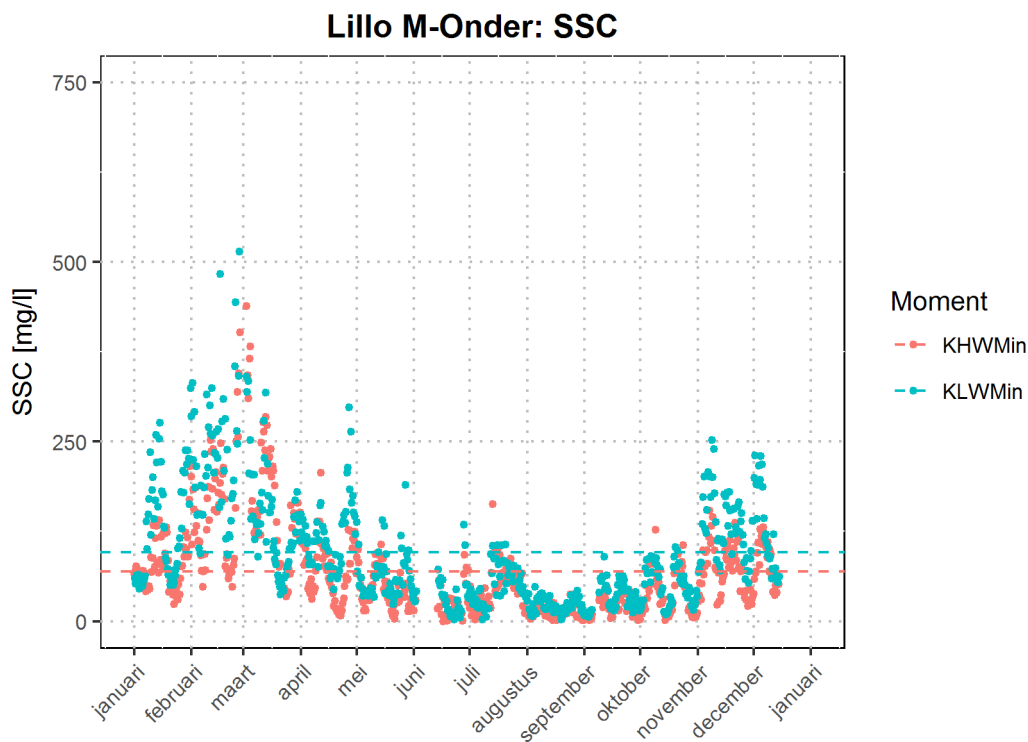
Figuur 63 – Boxplot voor SSC (mg/l): gemiddelde bij KHW en KLW (**Boven**) en maximaal en gemiddelde bij eb en vloed (**Onder**).
 De hoogste meetwaarden van de bovenste sensor in Lillo zijn onbetrouwbaar door verzadiging van turbiditeitssensor bij meetwaarden > 500 FTU. (Geel kader).
 Een aantal andere meetposten vertonen een vertekend beeld door ontbrekende waarden (Rood kader).



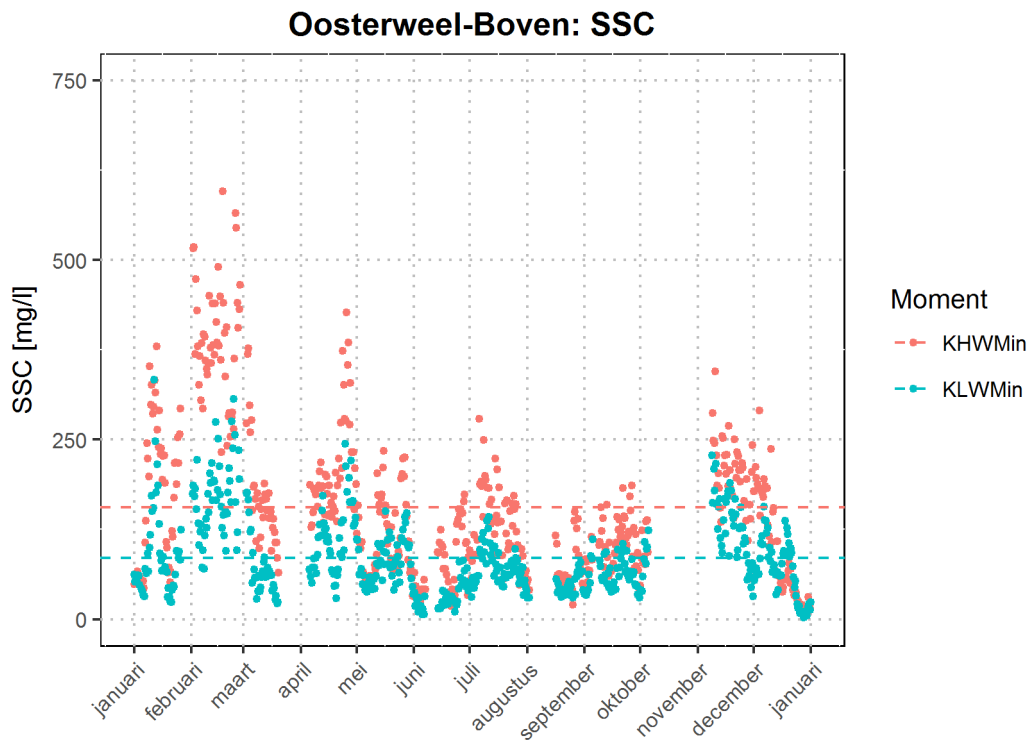
Figuur 64 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Boven (SG500) met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).
Bij deze sensor treedt verzadiging op vanaf 500 FTU (i.e. 673mg/l). Hogere meetwaarden worden dus foutief geregistreerd



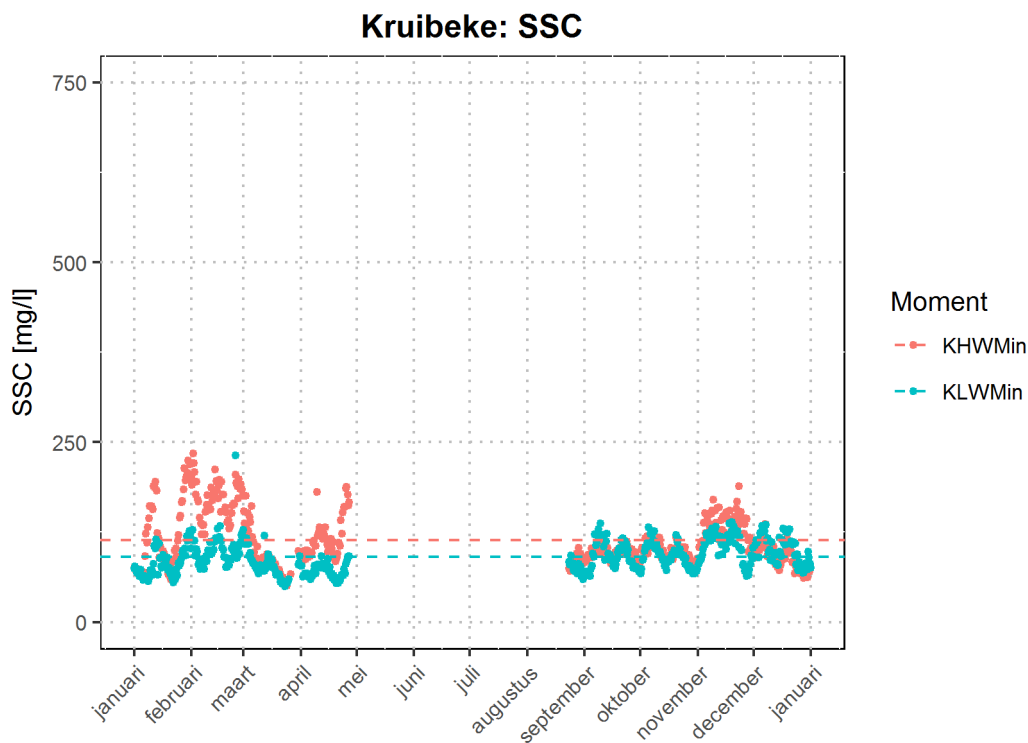
Figuur 65 – SSC bij KLW en KHW te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



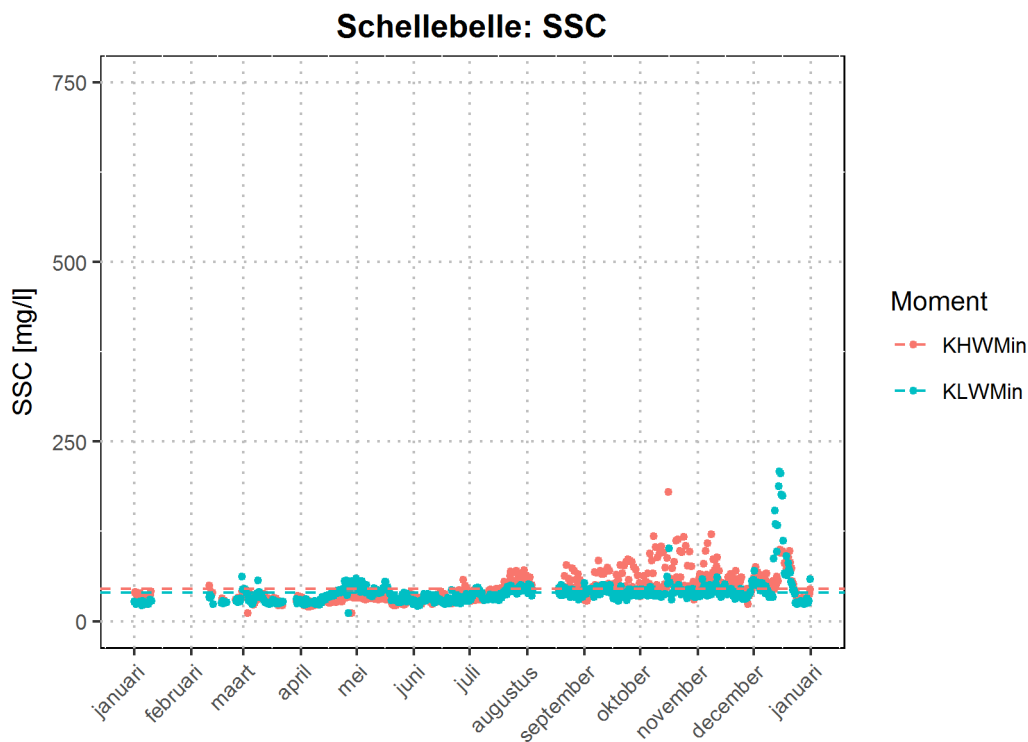
Figuur 66 – SSC bij KLW en KHW te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



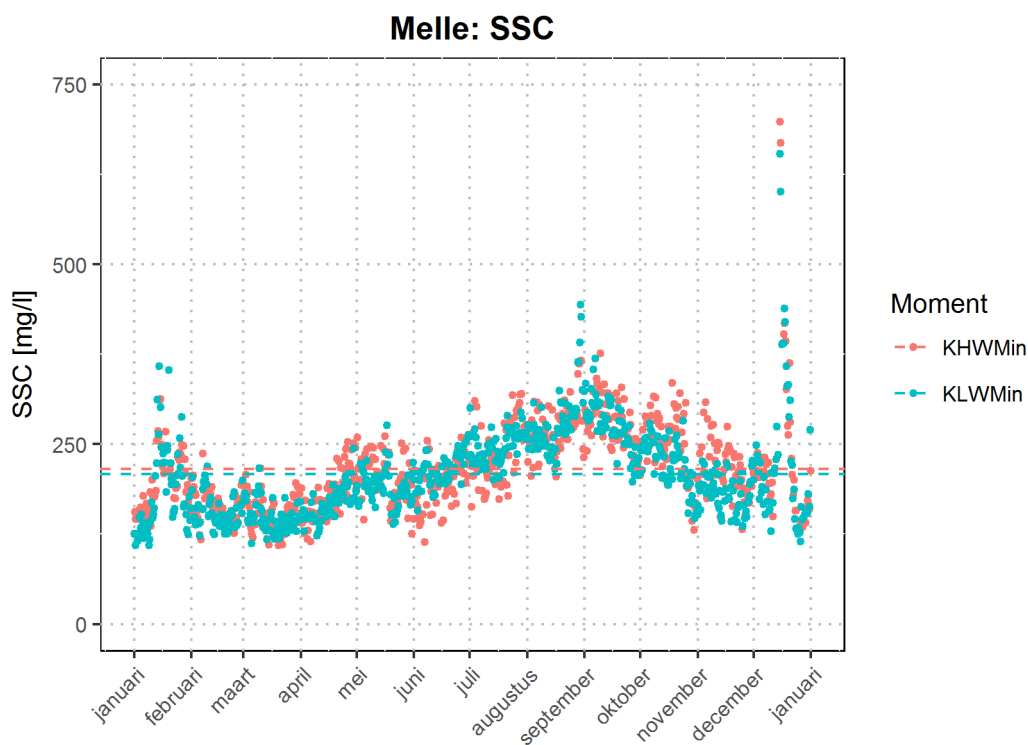
Figuur 67 – SSC bij KLW en KHW te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



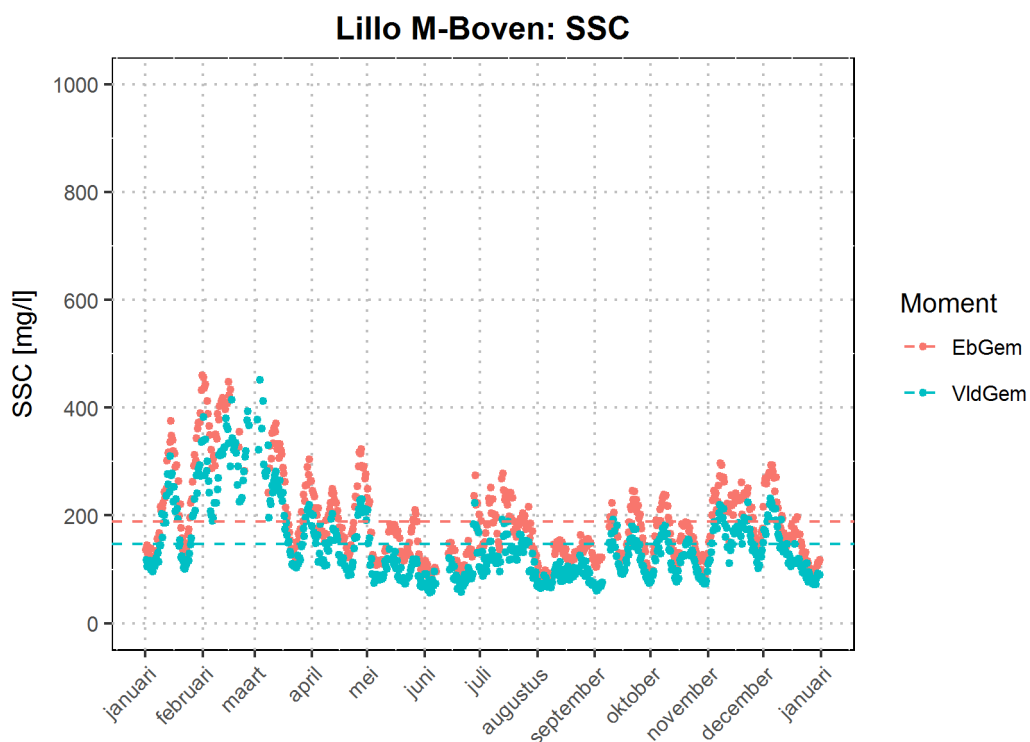
Figuur 68 – SSC bij KLW en KHW te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



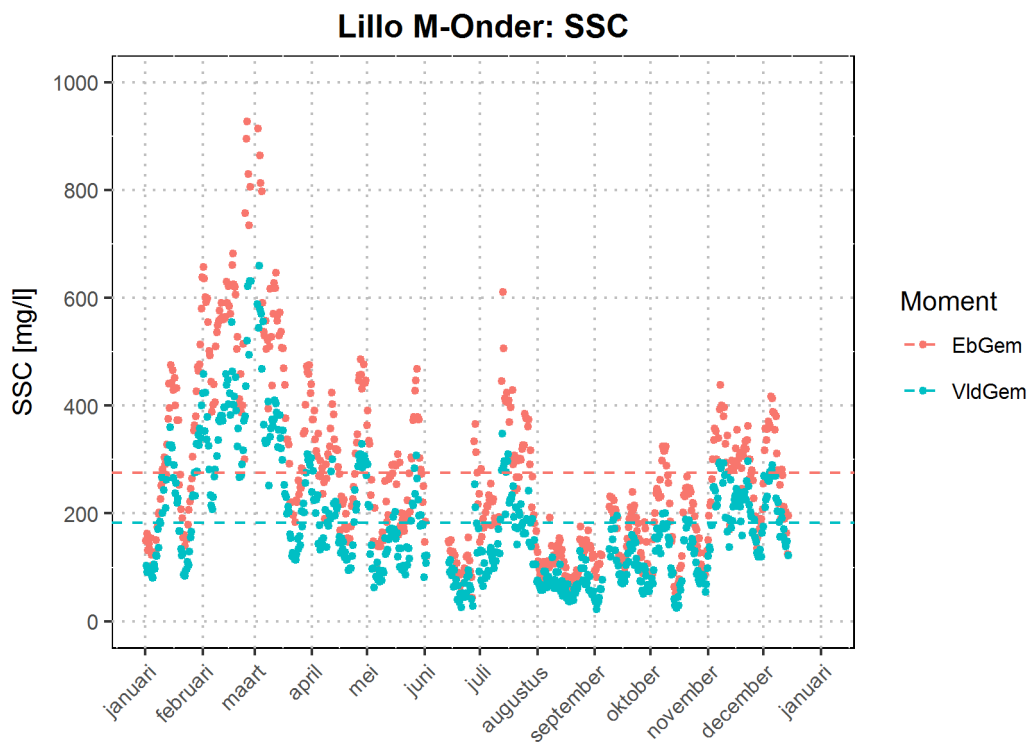
Figuur 69 – SSC bij KLW en KHW te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



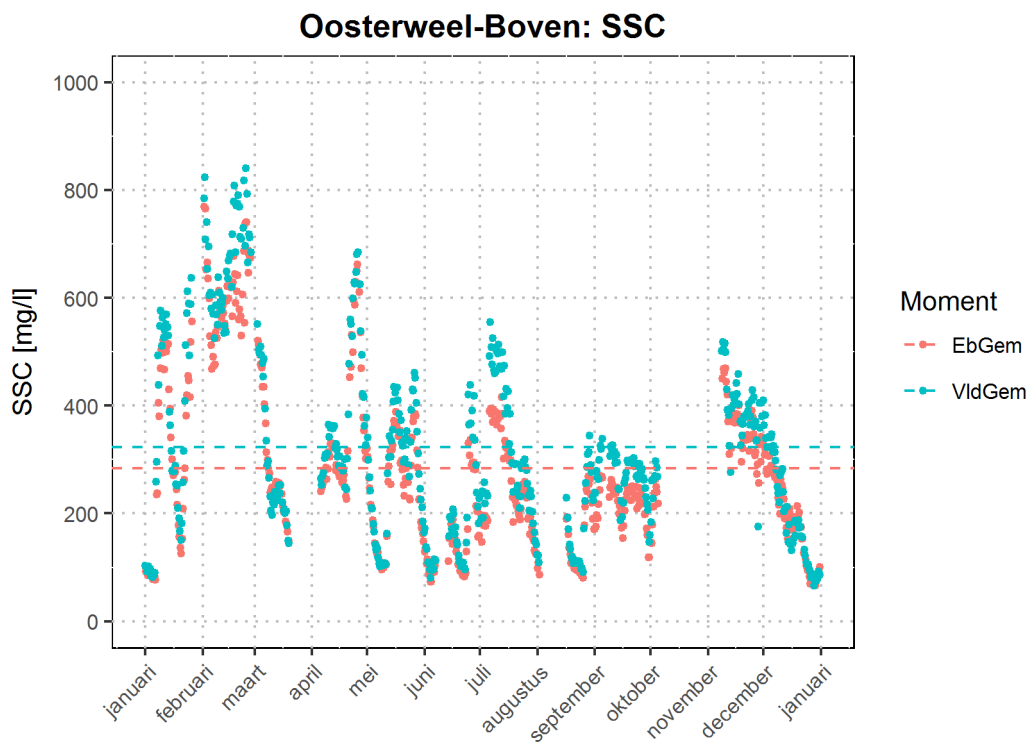
Figuur 70 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).
Bij deze sensor treedt verzadiging op vanaf 500 FTU (i.e. 673 mg/l). Hogere meetwaarden worden dus foutief geregistreerd



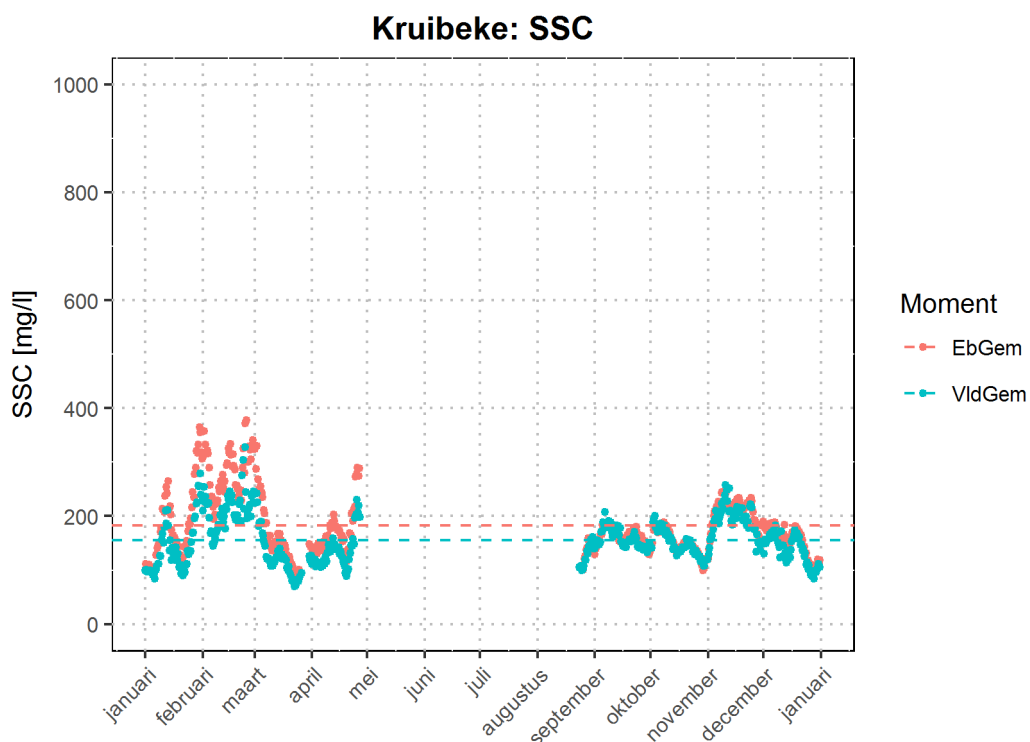
Figuur 71 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



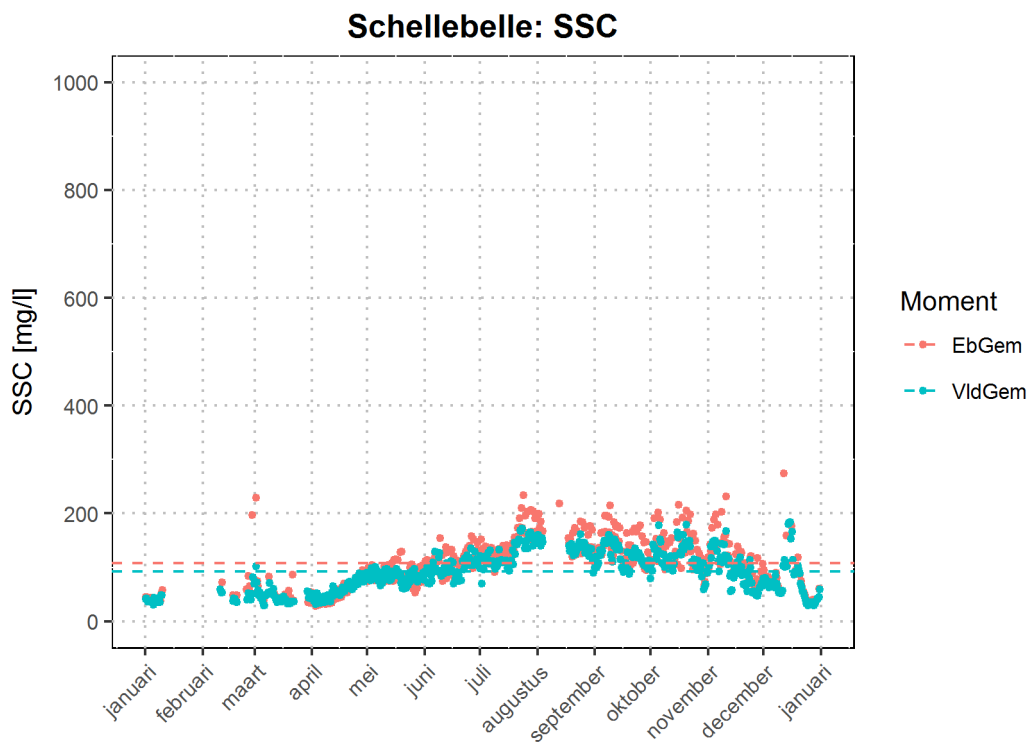
Figuur 72 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



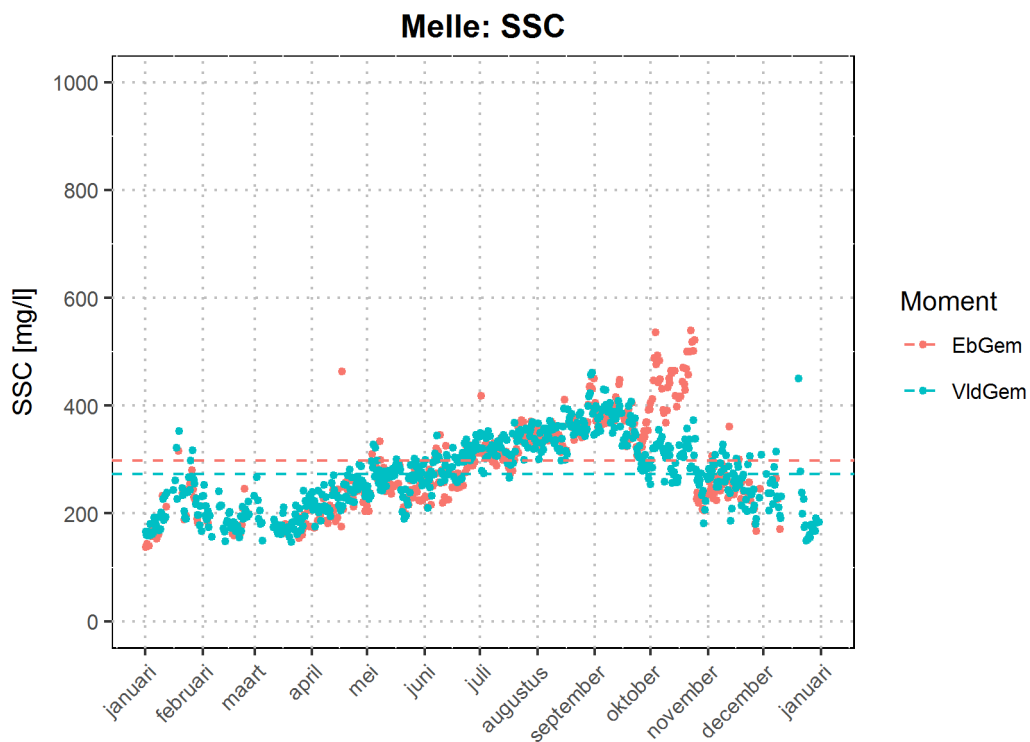
Figuur 73 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



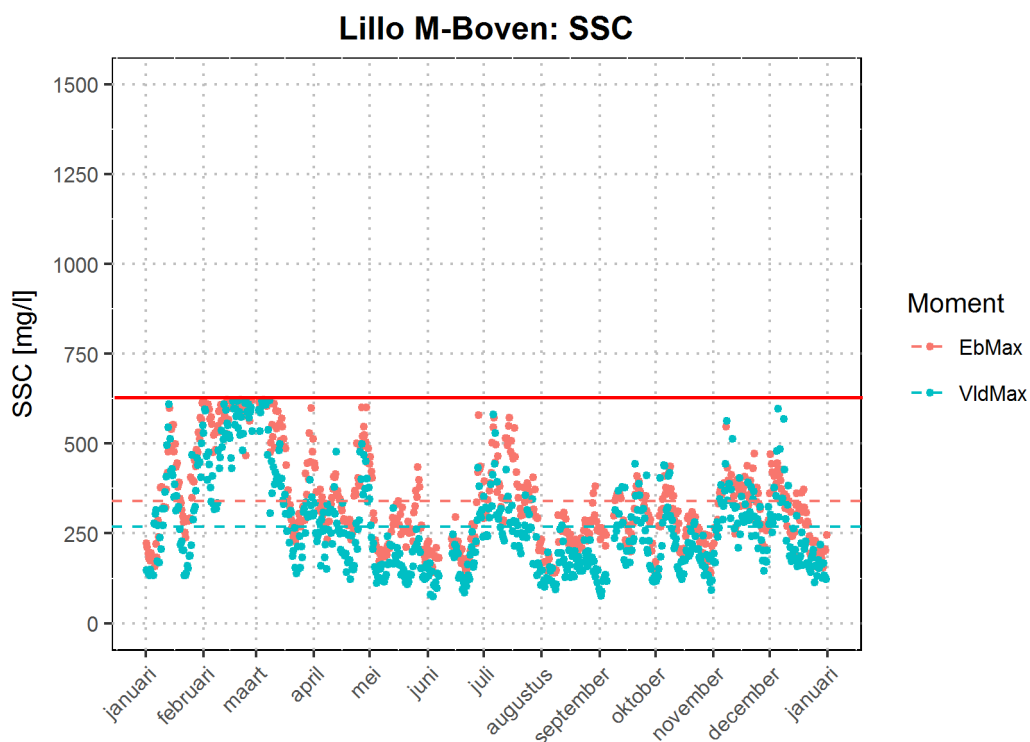
Figuur 74 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



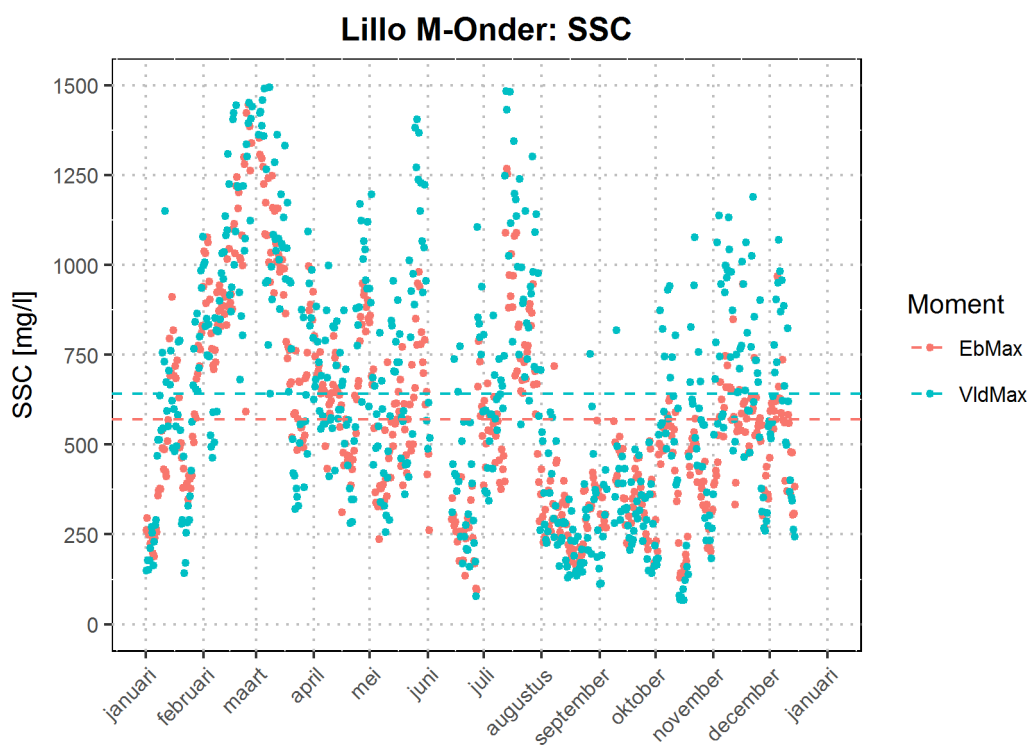
Figuur 75 – Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



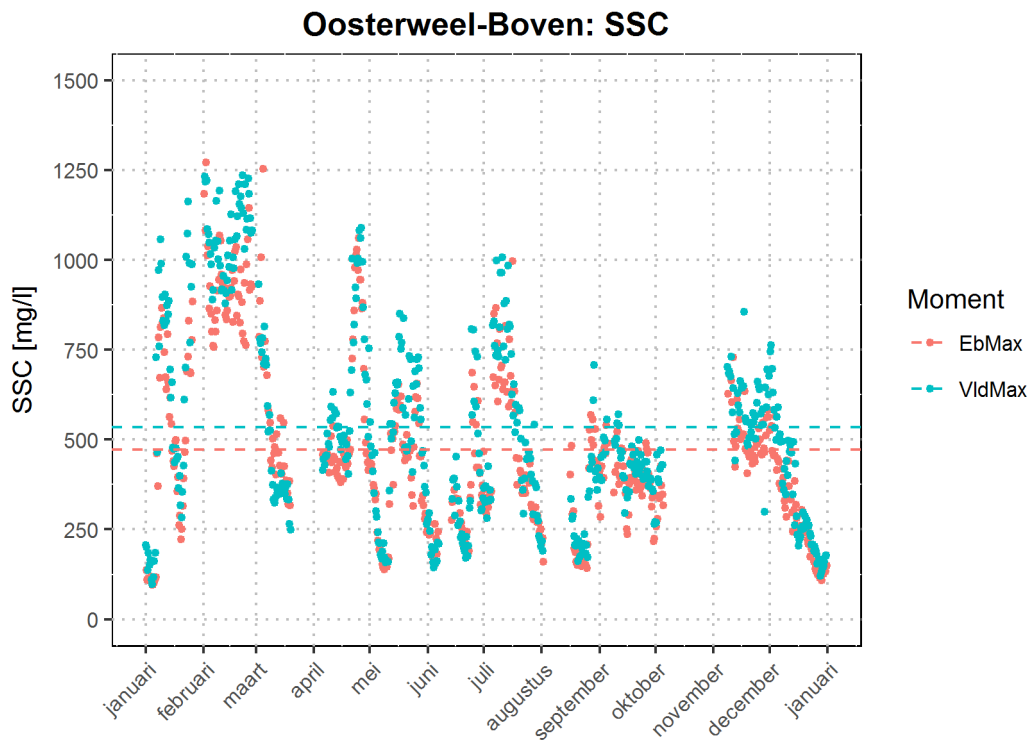
Figuur 76 – Maximale SSC bij eb enloed te Meetpaal Lillo – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn).
SSC afgeleid van de turbiditeit opgemeten met SG500 toestel dat aftopt op 500 FTU (673 mg/l - Rode lijn)



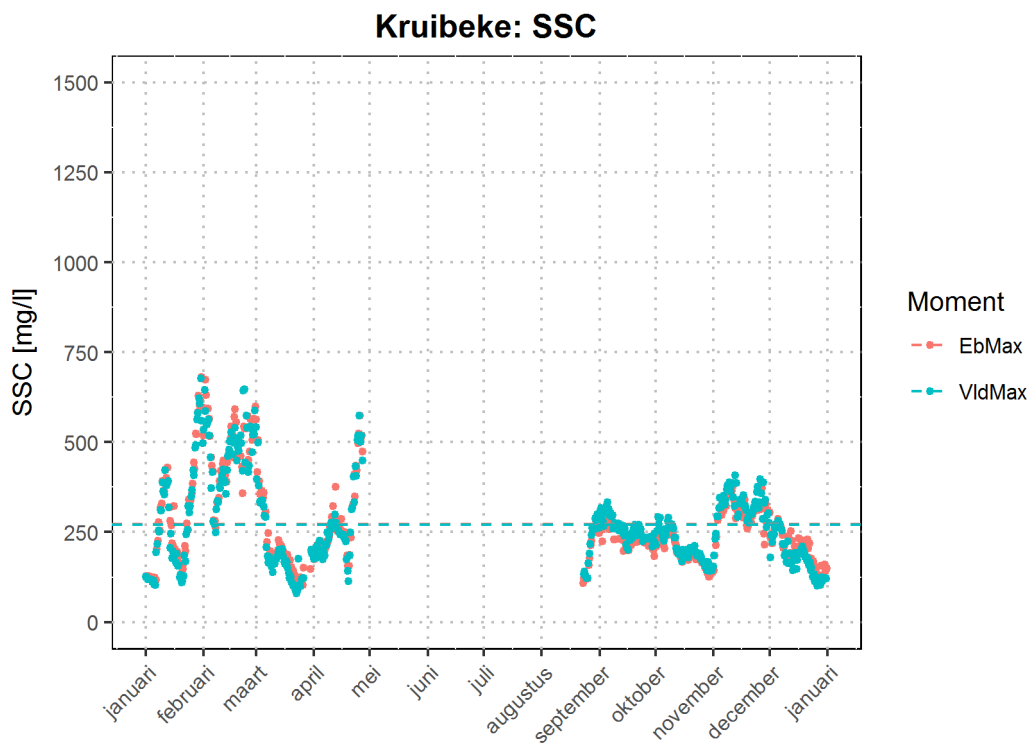
Figuur 77 – Maximale SSC bij eb enloed te Meetpaal Lillo – Onder met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



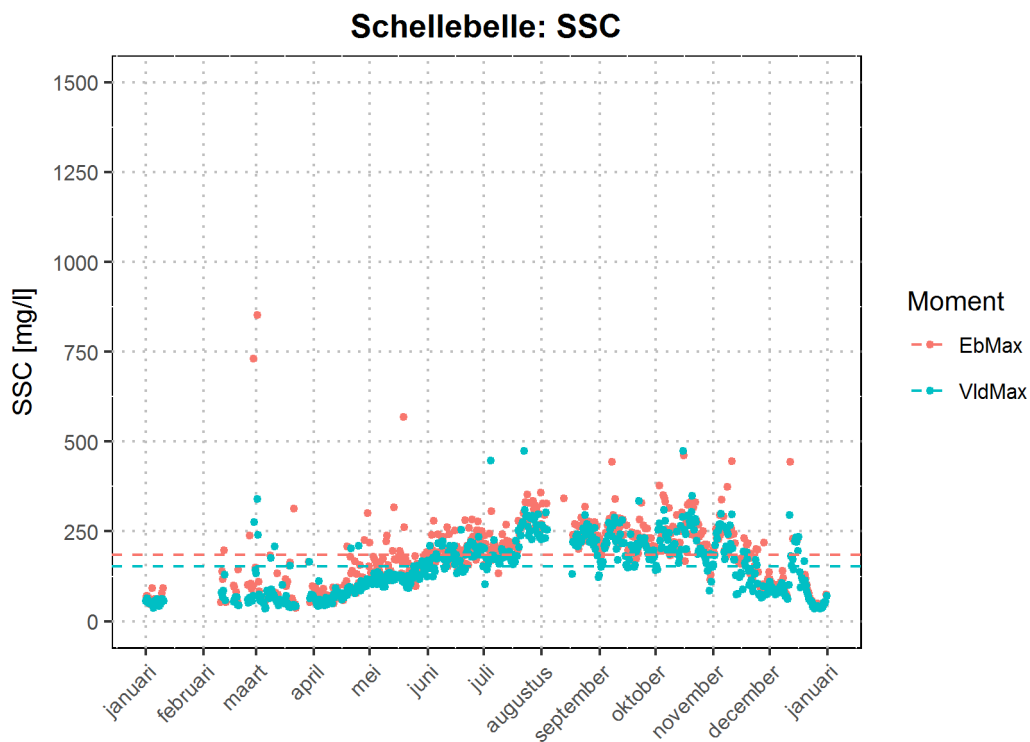
Figuur 78 – Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel – Boven met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



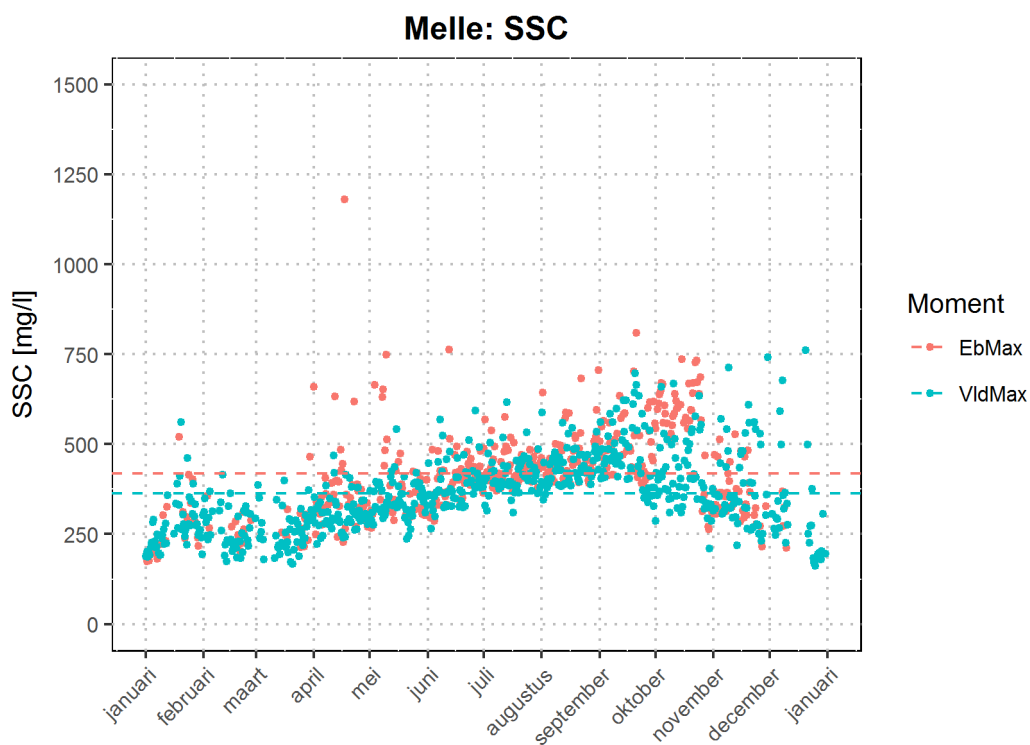
Figuur 79 – Maximale SSC bij eb en vloed te Kruibeke met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 80 – Maximale SSC bij eb en vloed te Schellebelle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



Figuur 81 – Maximale SSC bij eb en vloed te Melle met aanduiding van het jaargemiddelde (gestreepte lijn)



4.1.7 Verloop overige parameters

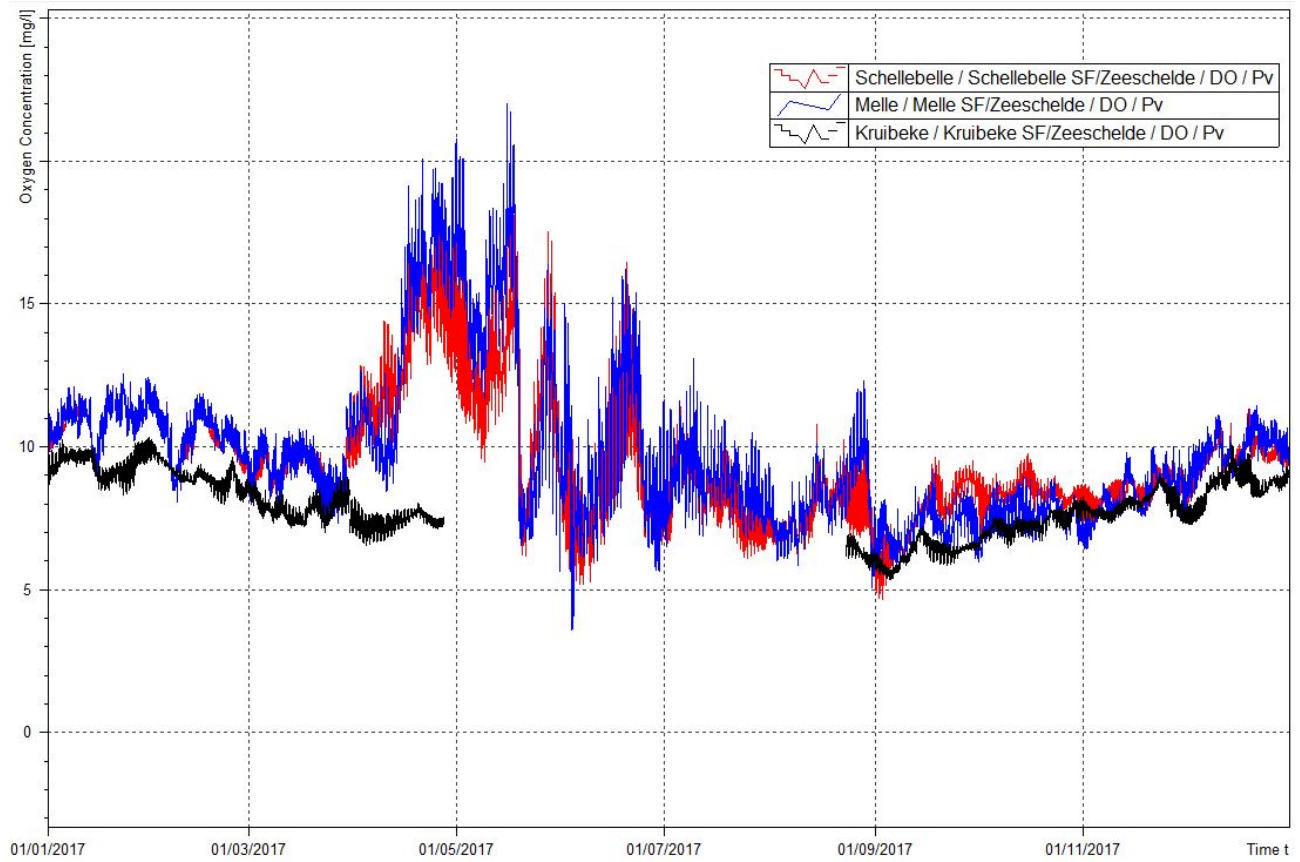
In de Boven-Zeeschelde te Schellebelle en Melle en de Beneden-Zeeschelde te Kruiseke is een YSI multiparametersonde opgesteld. Naast de hierboven gerapporteerde parameters (temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) worden op deze locaties ook de pH en het zuurstofgehalte gemeten.

Zuurstofconcentratie

De zuurstofconcentratie wordt beïnvloed door o.a. temperatuur, saliniteit, druk en stroomsnelheid, maar ook primaire productie en zuurstofvraag voor afbraak van organisch materiaal en/of nitrificatie. De oplosbaarheid van zuurstof daalt in water bij een stijgende temperatuur. Ook een stijgende saliniteit zorgt voor een daling in een gesatureerd watersample. Verder stijgt de totale concentratie opgelost zuurstof in een gesatureerd waterstaal met stijgende druk. Tot slot zorgt een verhoogde stroomsnelheid voor verversing van het water en het op peil houden of verhogen van de zuurstofconcentratie. Voor meer inzicht in het verloop van primaire productie en de zuurstofvraag wordt verwezen naar Maris & Meire (2016).

Figuur 82 geeft het verloop van de gemeten zuurstofgehalten. De grafieken voor **Schellebelle** en **Melle** kennen hierin een grotendeels gelijkaardig verloop. De zuurstofconcentratie te Melle en Schellebelle kennen een grotere dag-nacht variatie dan in Kruiseke. Over het algemeen is de zuurstofconcentratie wel iets hoger te Melle, wat lager in Schellebelle en het laagst nabij **Kruiseke**. In april en mei werden er duidelijke piekconcentraties geregistreerd nabij Schellebelle en Melle. In Kruiseke is deze afwezig (of ontbreken er waarden om te vergelijken). De sterk verhoogde zuurstofconcentratie is het gevolg van de aanzet in fotosynthese bij het begin van de lente. Hierna daalde de zuurstofconcentratie tot een minimum in juli. Dit komt doordat bij hogere temperaturen er meer zuurstof wordt verbruikt door een toename in (levende) biomassa en bovendien zuurstof minder oplosbaar wordt.

Figuur 82 – Instantaan zuurstofgehalte [mg/l] op de Beneden-Zeeschelde te Kruibeke (zwart) en de Boven-Zeeschelde te Schellebelle (rood) en te Melle (Blauw)

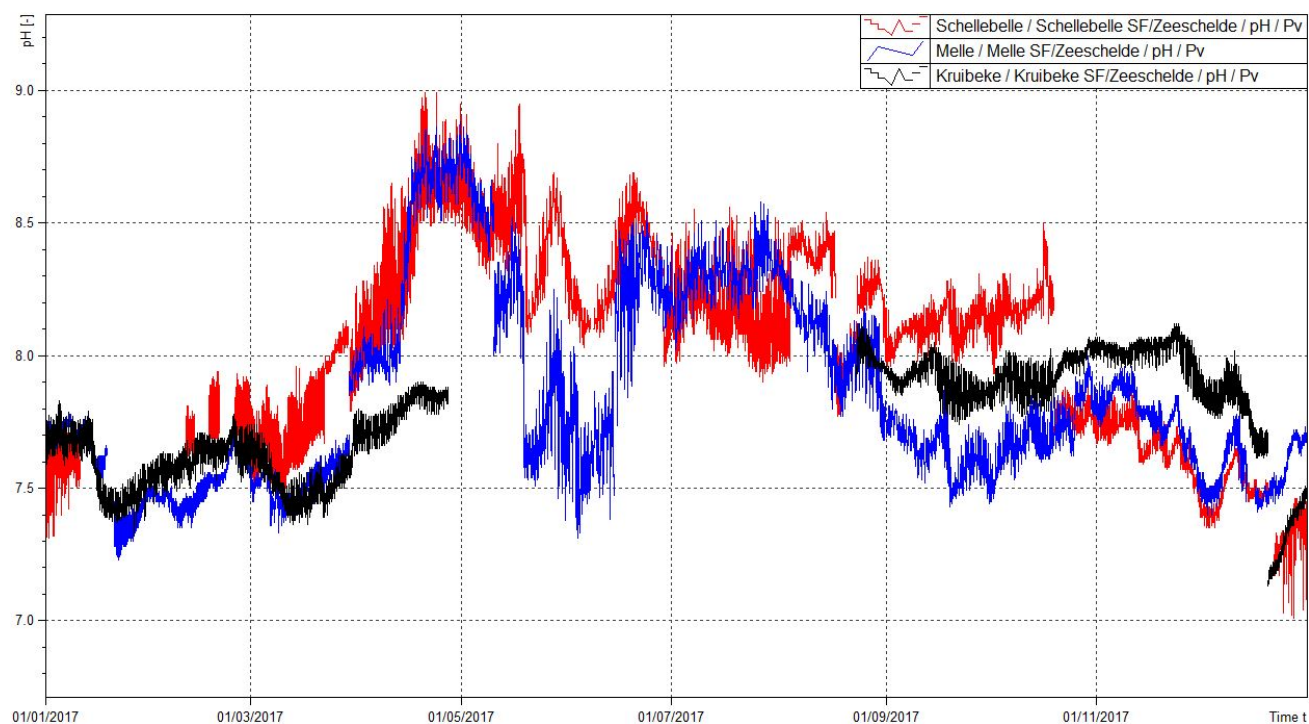


Zuurtegraad

Als laatste fysicochemische parameter wordt de zuurtegraad beschreven (Figuur 83). De zuurtegraad vertoont over het algemeen een gelijkaardige trend als zuurstofgehalte. Bij verhoogde primaire productie zal namelijk zowel het zuurstofgehalte als de pH toenemen (Maris & Meire, 2016). Verder blijkt dat in de Schelde ook een gradiënt aanwezig is waarbij de pH toeneemt in het zoete gedeelte. Merk op dat de validatie en verwerkingsmethode voor de zuurtegraad nog niet op punt staat. Zo is er een sterke variatie tussen de verschillende meettoestellen (van hetzelfde type). Dit is te zien in Figuur 83 als sprongen bij een wissel van de toestellen (bv. eind december in Kruikebeke of Schellebelle). De methodiek en bijhorende onzekerheidsanalyse zal in de toekomst verder uitgewerkt worden.

De pH is relatief stabiel en schommelt het hele jaar door tussen 7 en 9. Tijdens de maanden april en mei kunnen de hoogste pieken onderscheiden worden. Dit is analoog aan de pieken in zuurstofverzadiging rond deze periode.

Figuur 83 – Zuurtegraad [pH] op de Beneden-Zeeschelde te Kruikebeke (zwart) en de Boven-Zeeschelde te Schellebelle (rood) en te Melle (Blauw)



4.2 Periodieke metingen (laagfrequent)

Er worden al reeds sinds de jaren '90 periodieke metingen op sedimentconcentratie uitgevoerd. Het betreft bemonstering ("schepstalen") ter hoogte van de getijmeetposten verspreid doorheen het estuarium, waarvan de sedimentconcentratie wordt opgemeten in het sedimentlabo van het Waterbouwkundig Laboratorium. De staalnamefrequentie van deze dataset bedraagt ongeveer 2 weken. De dataset laat toe om de huidige metingen in een historisch perspectief te plaatsen.

Voor 12 locaties zijn de gevalideerde sedimentconcentraties vergeleken voor 2006⁴ tot en met 2017. Merk op dat er doorheen deze periode verschillende meetmethoden zijn gebruikt. Een verkennende analyse⁵ wees uit dat dit geen significante verschillen in de meetresultaten met zich meebracht. Voor iedere meetlocatie werd een Shapiro-Wilk test voor normaliteit uitgevoerd. Dit is een statistische test met als nulhypothese dat de data afkomstig is uit een normale verdeling. Voor het overgrote deel van de gevallen werd dit verworpen (p -waarde $< 0,05$), ook wanneer de test werd uitgevoerd op het natuurlijke logaritme van de data. Daarom wordt hier de mediaan en de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen gerapporteerd in plaats van de het gemiddelde en de standaardafwijking.

In de onderstaande hoofdstukken wordt de sedimentconcentratie besproken die is opgemeten in de Zeeschelde, Durme en Rupel met zijn bovenstromen. Merk op dat de periodieke metingen recent (2016-2017) zijn herzien. De prioriteit ligt heden bij het continue meetnet dat verder wordt uitgebouwd (recent een nieuwe meetpost in Kruibekke, Schellebelle en Weert). Door de betere spreiding van de continue meetposten, kunnen er op minder locaties schepstalen worden genomen.

⁴ Vanaf 2006 werden de gegevens opgeslagen in de gangbare databanken. Oudere meetgegevens werden momenteel nog niet teruggevonden, ondanks het feit dat ze opgemeten zijn.

⁵ De verschillende meetmethoden zijn echter nooit gelijktijdig uitgevoerd. Een diepgaande vergelijking is dan ook niet mogelijk.

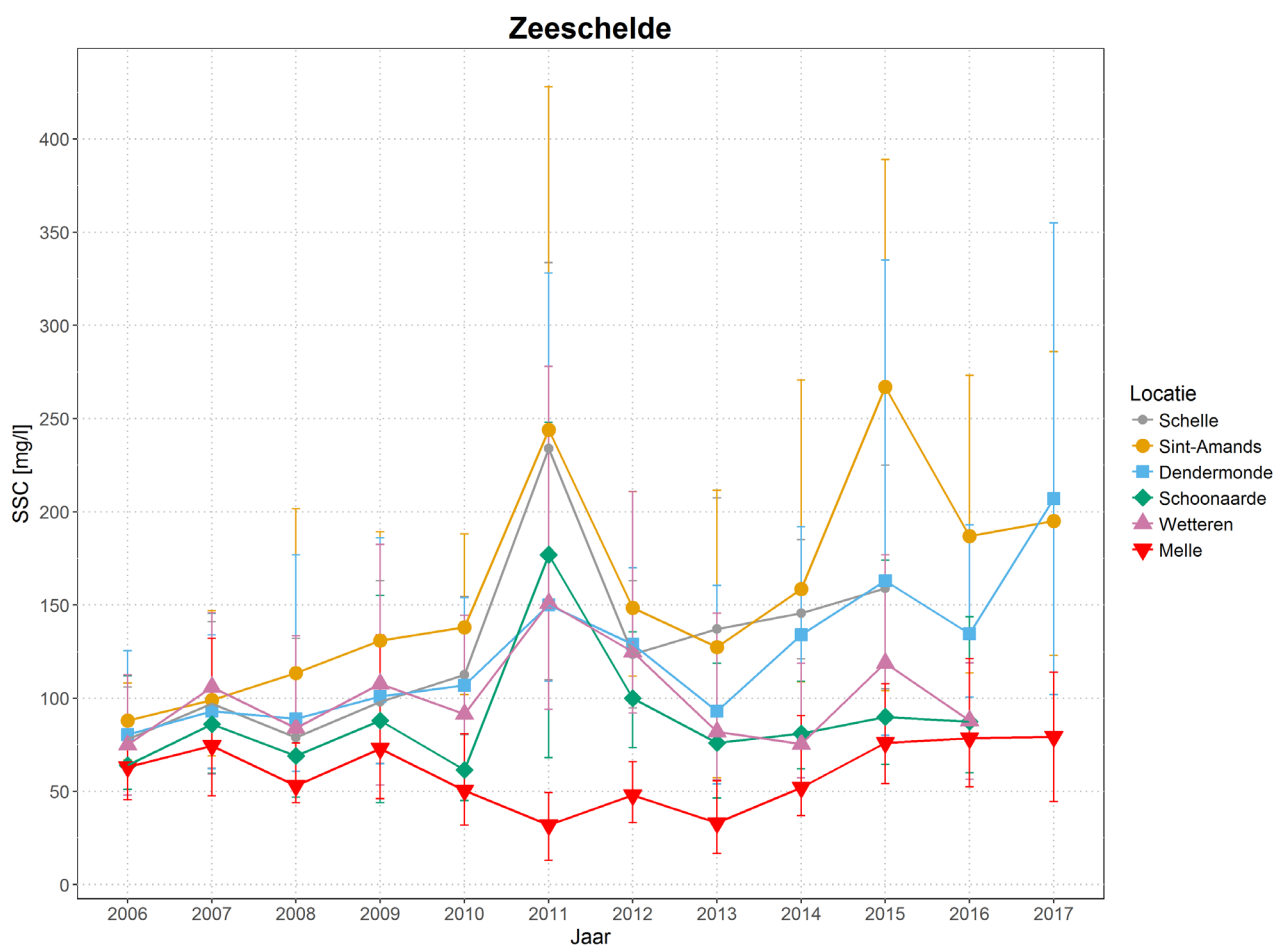
4.2.1 Zeeschelde

Figuur 84 toont de sedimentconcentratie op de Zeeschelde, gemeten nabij 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 zijn stopgezet.

In de Boven-Zeeschelde worden de laagste jaargemiddelde sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomopwaarts tot in Sint-Amands waar de hoogste jaargemiddelde sedimentconcentraties worden opgemeten. Verder stroomafwaarts, in Schelle, liggen de jaargemiddelde sedimentconcentraties iets lager dan in Sint-Amands.

Met uitzondering van Melle, vertoont de sedimentconcentratie een piek in 2011 en 2015. Het voorbije decennium steeg het sedimentgehalte nabij Sint-Amands, Schelle en Dendermonde. Wetteren en Schoonaarde vertoonden eerder een daling sinds de piek in 2011. In Melle daalde het jaargemiddelde tot een minimum in 2011 en 2013. Vanaf dan steeg het jaargemiddelde opnieuw.

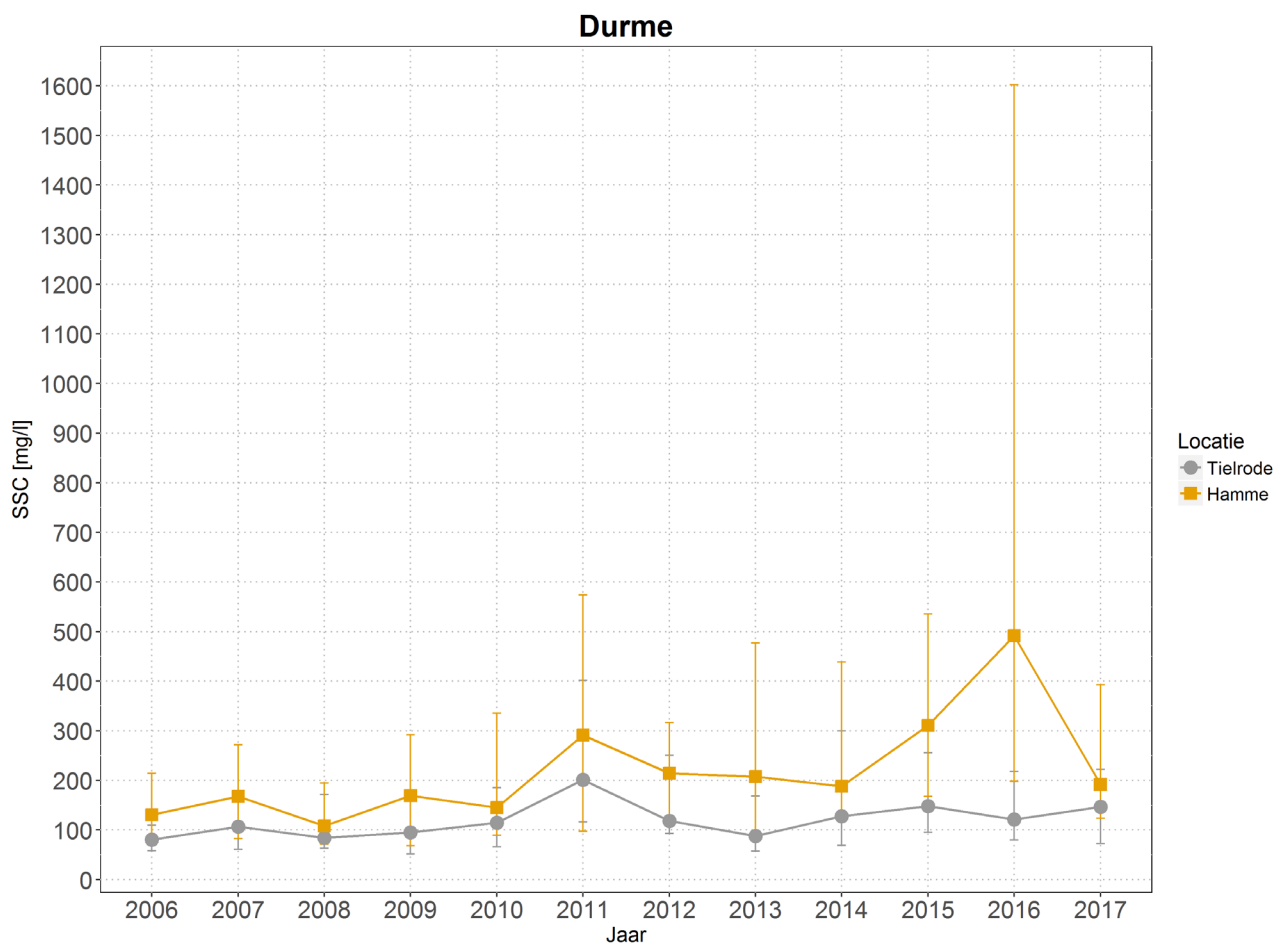
Figuur 84 – Sedimentgehalte in de Zeeschelde: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen.



4.2.1 Durme

Figuur 85 toont de sedimentconcentratie op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. In Hamme worden er hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook groter. Tussen 2014 en 2016 stegen de meetwaarden te Hamme. Dit werd niet waargenomen nabij Tielrode.

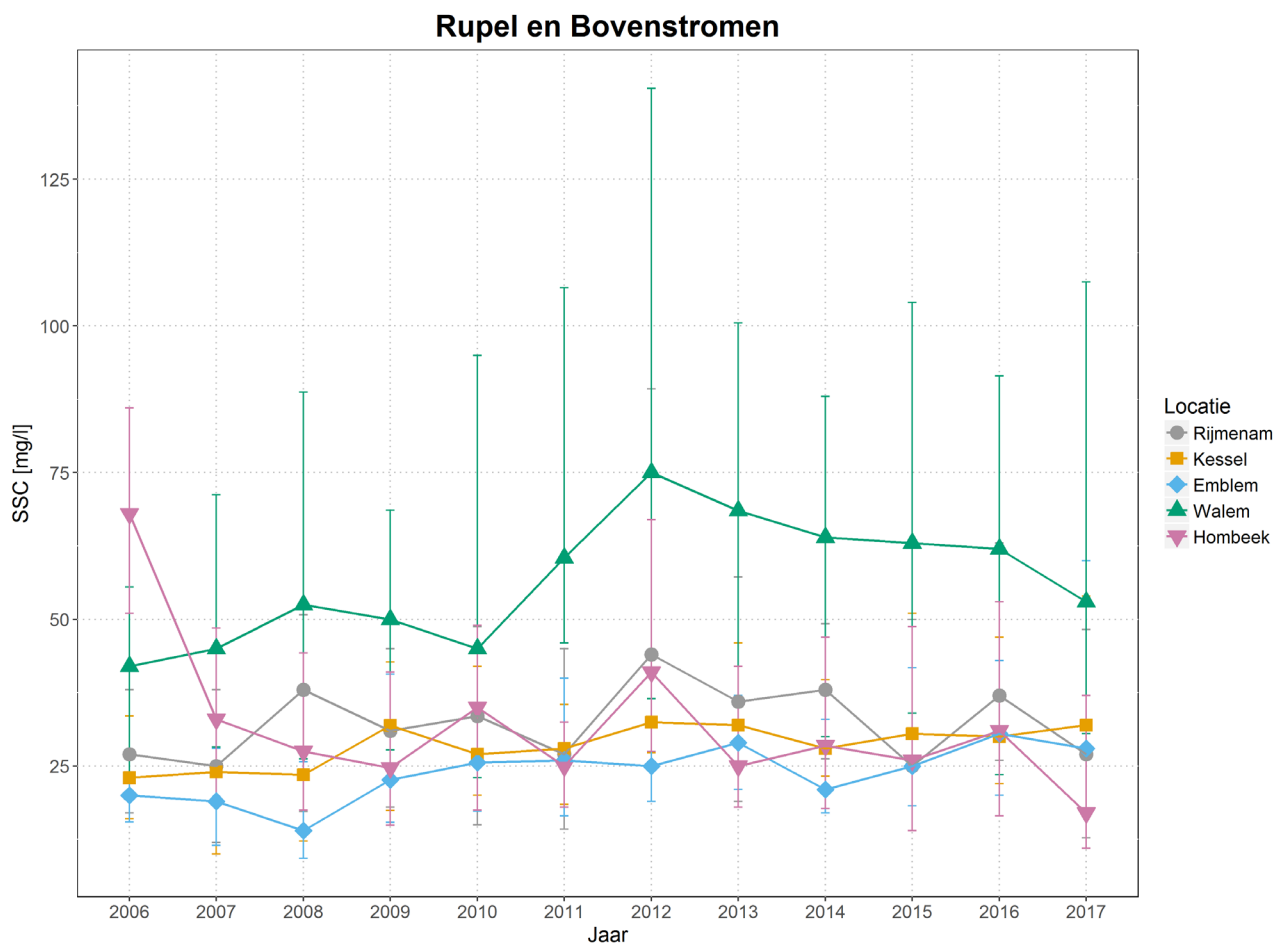
Figuur 85 – Sedimentgehalte in de Durme: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen.



4.2.1 Rupel en bovenstromen

Figuur 86 toont de sedimentconcentratie op de Rupel en zijn bovenstromen, gemeten nabij Emblem (Kleine Nete), Kessel (Grote Nete), Rijmenam (Dijle), Hombeek (Zenne) en Walem (Rupel). Nabij Walem worden de hoogste sedimentgehalten opgemeten. De meetresultaten vertonen hier weliswaar een dalende trend sinds 2012. De metingen nabij Rijmenam en Hombeek vertonen eenzelfde verloop. Deze daling is niet zichtbaar in Kessel en Emblem waar er zich het voorbije decennium een stijging voordeed.

Figuur 86 – Sedimentgehalte in de Rupel en bovenstromen: mediaan met aanduiding van de 25^{ste} en 75^{ste} percentielen



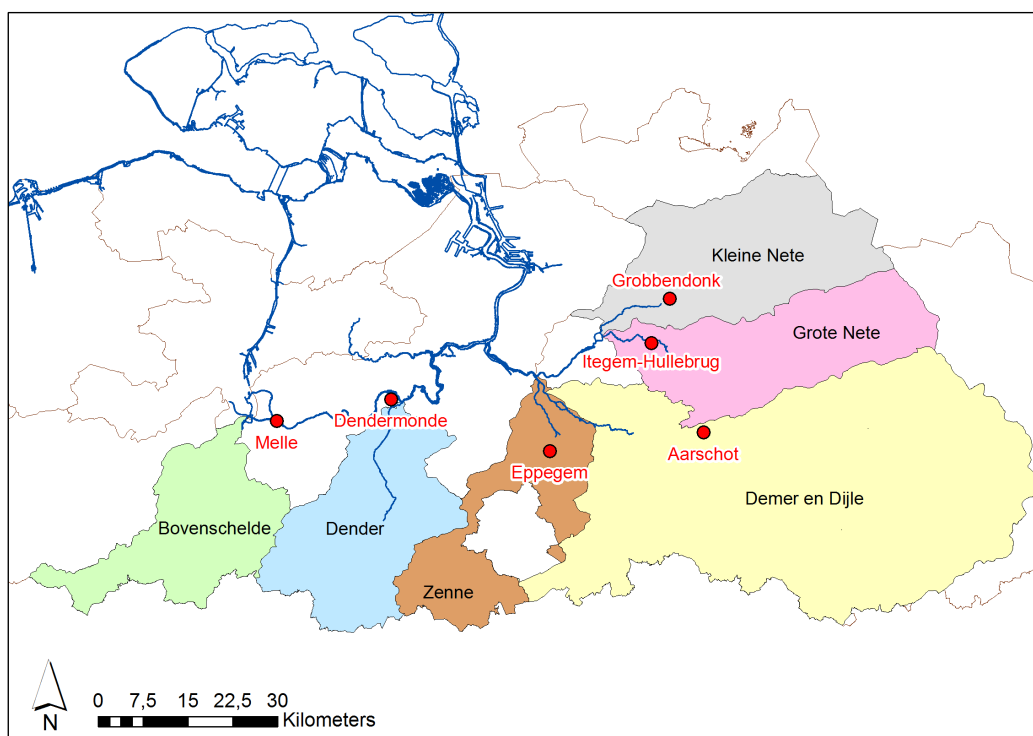
4.3 Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied

In het verleden werd de sedimentvracht naar het tijgebied 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). Deze methodiek heeft echter de tekortkoming dat events, die gepaard met piekconcentraties en (bijhorende) piekfluxen, gemist worden. Aangezien er aan de randen van het getijdegebied eveneens continue YSI-metingen (stations binnen het getijdegebied met eb- en vloedstroming) en automatische pompstalen (stations aan de rand van het getijdegebied met louter stroming naar afwaarts) plaatsvinden, wordt vanaf dit jaarboek de sedimentvracht ingeschat aan de hand van de hoogfrequenter metingen. Indien er geen betrouwbare meetgegevens voorhanden zijn, wordt het suspensiegehalte ingeschat m.b.v. de bovenafvoer. Voor meer gedetailleerde informatie m.b.t. deze berekeningsmethoden wordt verwezen naar Vos *et al.* (in prep.).

Anders dan bij voorgaande jaren wordt er in deze editie geen volledige slibbalans (i.e. doorrekening naar de Schelde te Schelle) opgesteld. De berekende sedimentvracht op een welbepaalde meetlocatie wordt hier dus niet opgeschaald tot de monding van de zijrivier, zodanig dat er geen extra onzekerheid sluipt in de gerapporteerde hoeveelheden. Volgende stations worden gebruikt voor het berekenen van de sedimentvrachten (zie Figuur 87):

- 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 (automatische pompstalen)

Figuur 87 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de slibbalansberekening met aanduiding van de stroomgebieden.



In Figuur 88 tot en met Figuur 93 wordt de sedimentvracht (suspensie) weergegeven voor de meetlocaties vermeld in Tabel 15. Merk op dat er in de huidige opstelling, geen continue metingen uitgevoerd worden op de Durme, noch de Dijle. Er dient vermeld te worden dat de *in situ* meting gebruikt werd als suspensiegehalten. M.a.w. er werd geen correctie uitgevoerd zodanig een representatieve concentratie voor de gehele rivierdoorsnede te verkrijgen. Het Waterbouwkundig Laboratorium voert momenteel een uitgebreide EW⁶-campagne uit. Een onderbouwde correctie zal doorgevoerd worden wanneer er voldoende data vergaard is. Voor een aantal posten zijn er al enkele voorlopige resultaten beschikbaar uit de Masterthesis van Denis & Byttebier (2015) en deze werden dan ook gebruikt om alvast een eerste (indicatieve) correctie uit te voeren. Zowel de geschatte jaarlijkse sedimentvracht op basis van *in situ* meetgegevens, als de gecorrigeerde waarden zijn terug te vinden in Tabel 15.

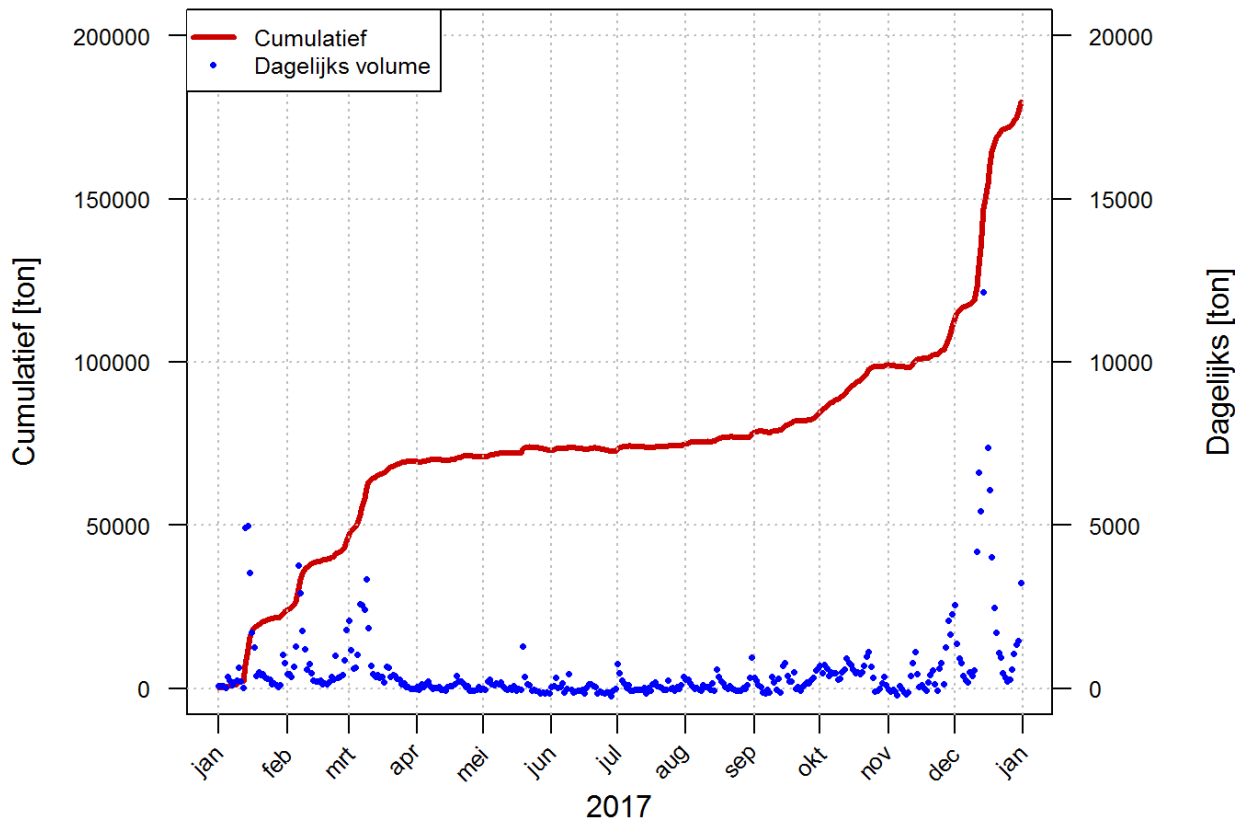
Wanneer men kijkt naar de gecorrigeerde schatting van de sedimentvracht, blijkt deze ter hoogte van Melle en Aarschot aanzienlijk hoger dan de overige meetlocaties. De geschatte sedimentinput te Itegem is één tot twee grootteordes kleiner dan de overige locaties. Opgemerkt moet worden dat de stalen genomen te Aarschot niet representatief zijn voor de volledige dwarssectie, waardoor de sedimentvracht zonder toepassing van de EW⁶-correctie een sterke overschatting geeft.

Tabel 15 – Meetlocaties aan de rand van het getijdegebied met de geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton): de “ruwe” berekening op basis van de *in situ* meting en de sedimentvracht gecorrigeerd m.b.v. een voorlopige EW⁶-correctie.

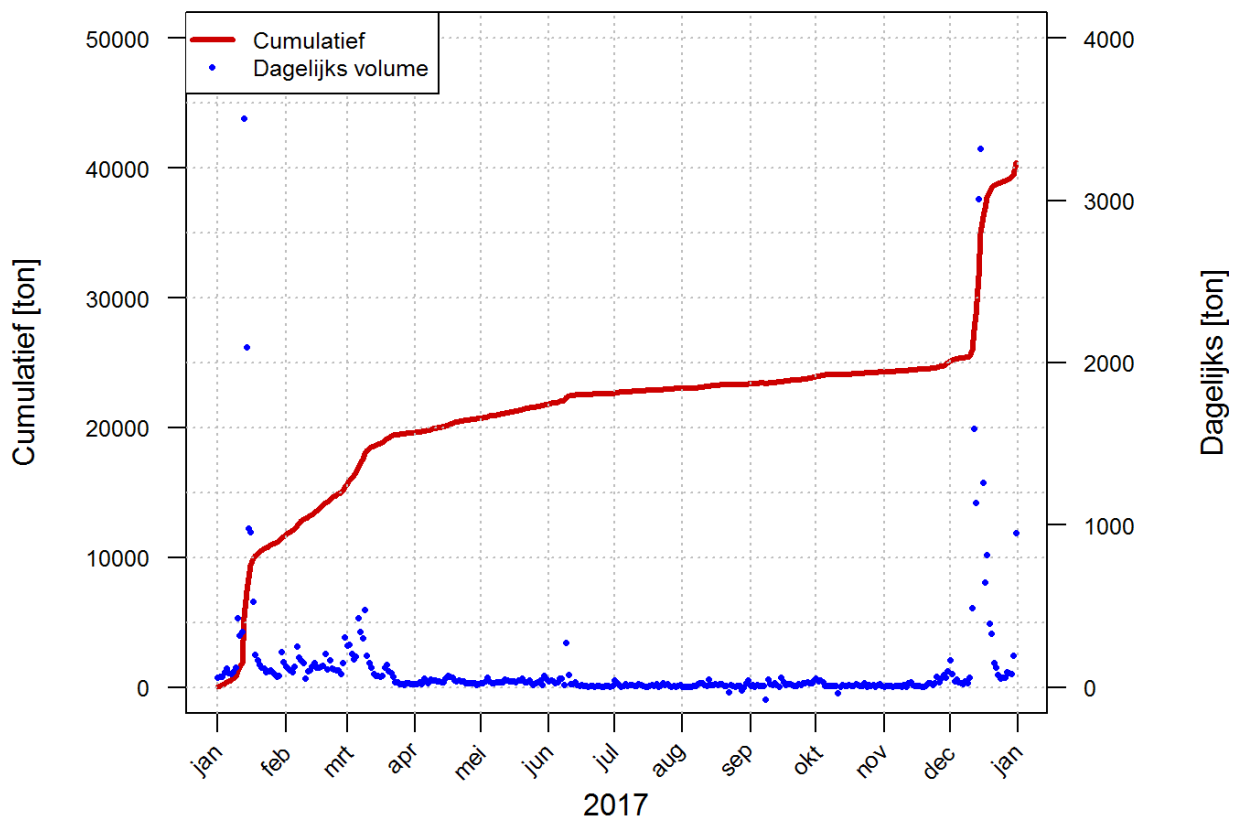
Meetlocatie	Rivier	Ruwe jaarlijkse sedimentvracht [ton]	EWI-correctie	Gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Boven-Zeeschelde	179 814	-	-
Dendermonde	Dender	40 432	-	-
Eppegem	Zenne	52 407	$EWI = 1.1072 * APS - 0.0178$	58 025
Aarschot	Demer	518 915	$EWI = 0.1249 * APS + 30$	64 843
Itegem - Hullebrug	Grote Nete	6 779	$EWI = 0.25 * APS + 20.833$	1 716
Grobbendonk - Troon	Kleine Nete	53 496	$EWI = 0.7329 * APS + 3.5482$	39 211

⁶ Equidistant Width Increment

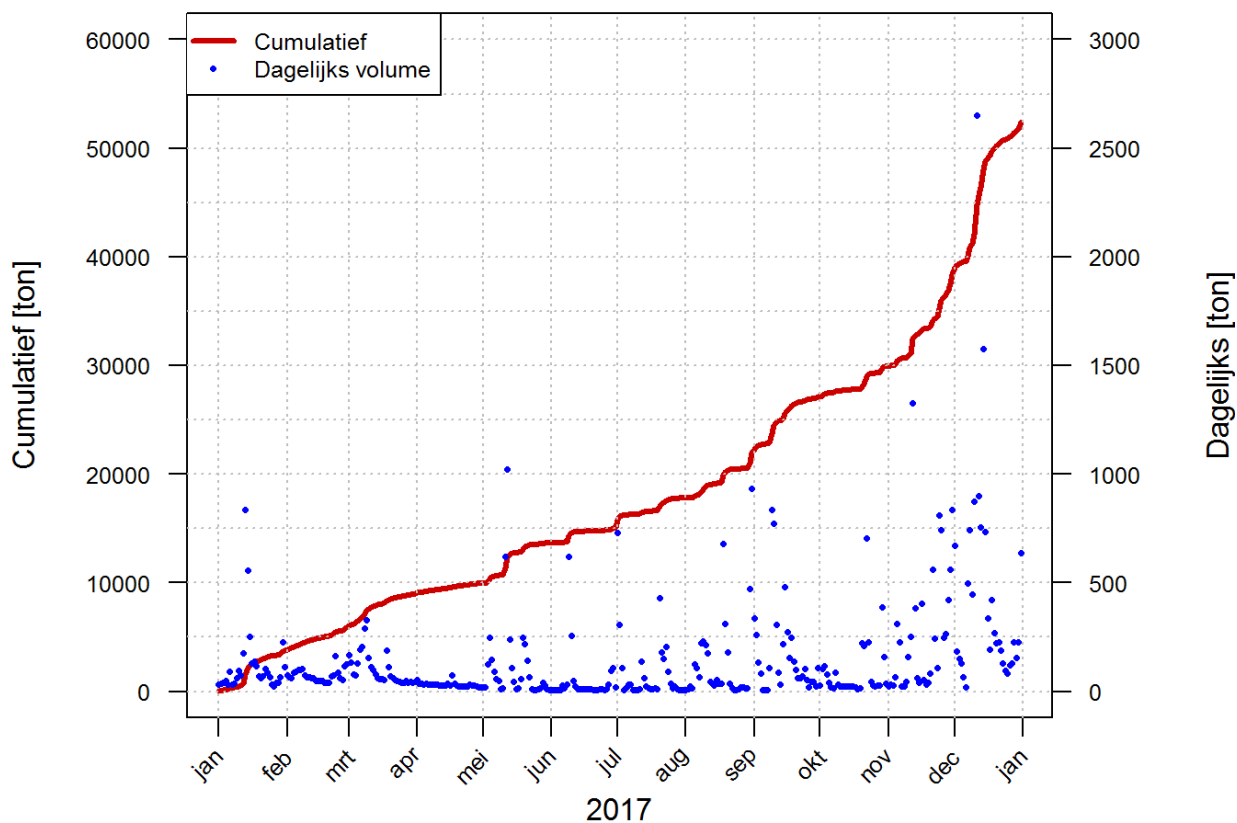
Figuur 88 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde zonder de EWI-correctie.



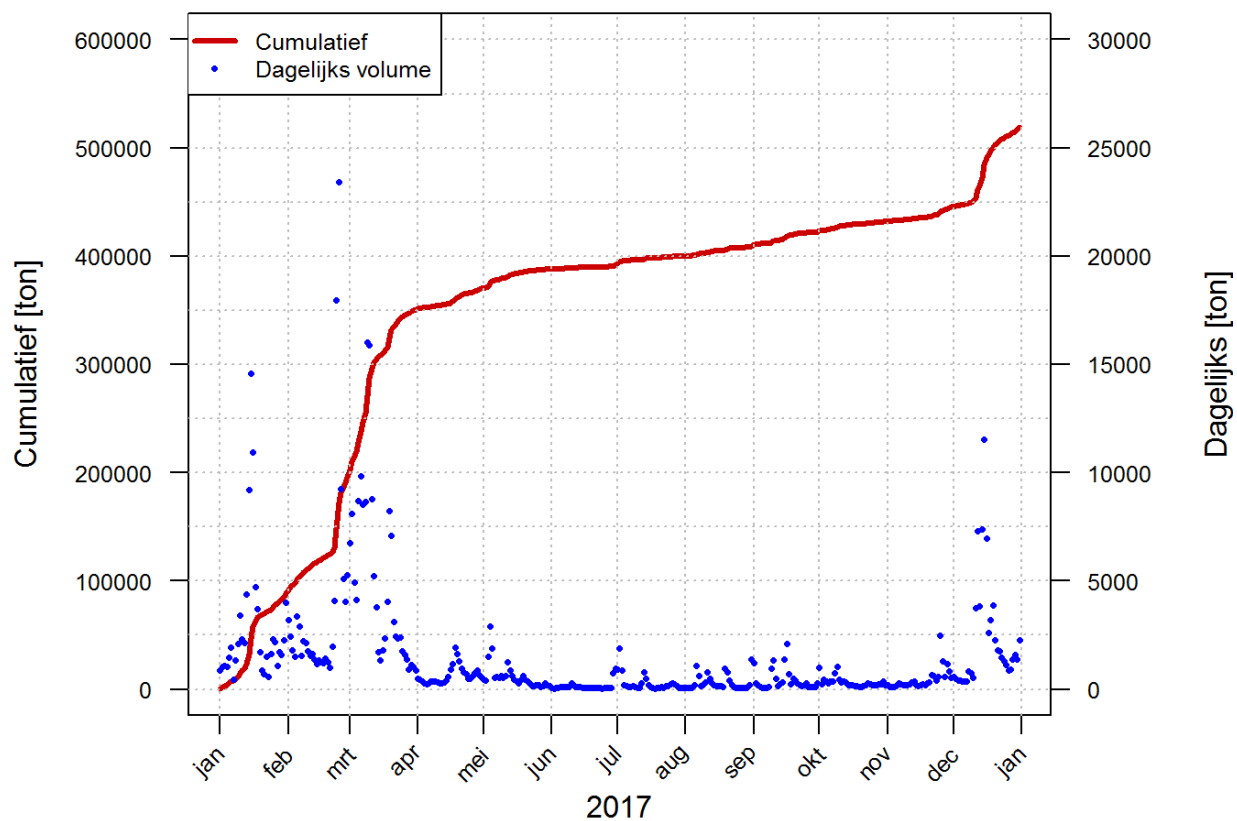
Figuur 89 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender zonder de EWI-correctie.



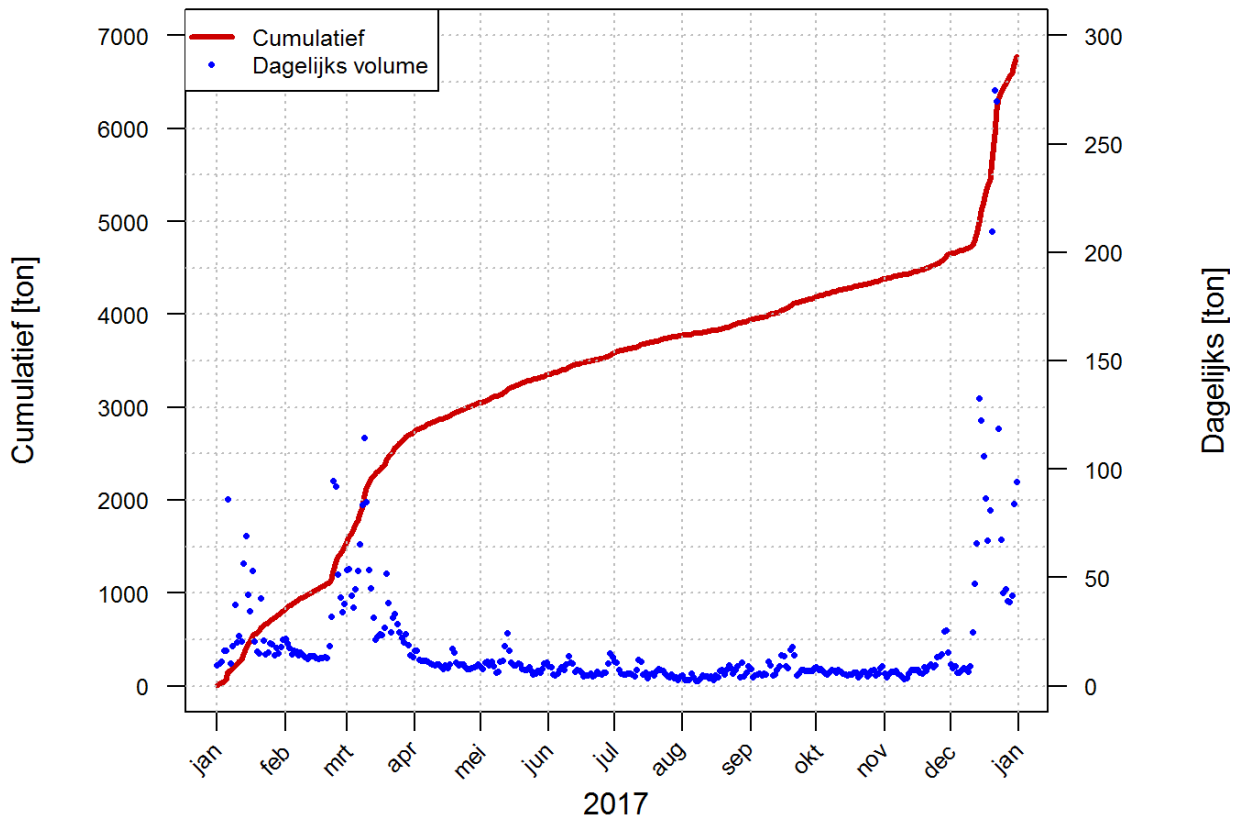
Figuur 90 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne zonder de EWI-correctie.



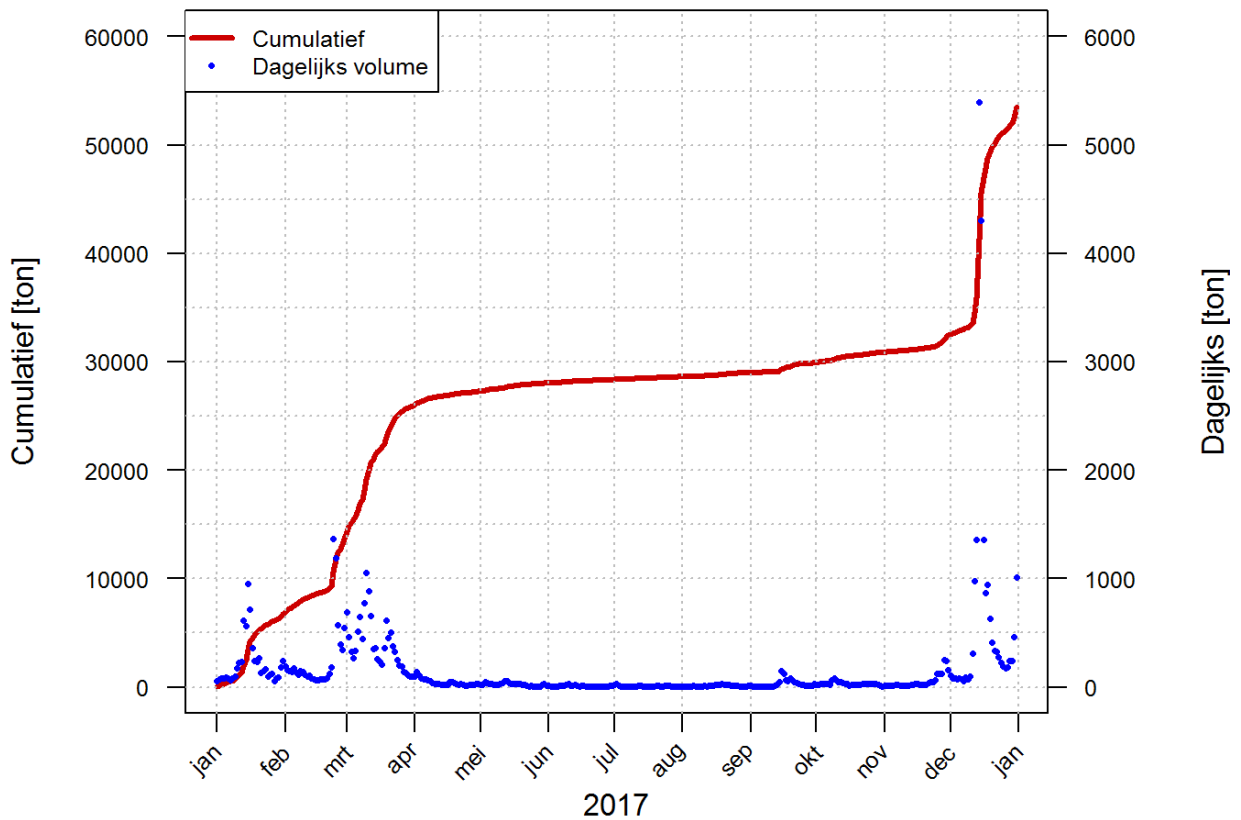
Figuur 91 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer zonder de EWI-correctie.



Figuur 92 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete zonder de EWI-correctie.



Figuur 93 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete zonder de EWI-correctie.



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 op een bepaald moment in de getij-cyclus een meting uitgevoerd van bepaalde fysische parameters. In eerste instantie waren deze vaarten vooral gericht op het meten van het verloop van de conductiviteit langsheen het estuarium om also de “saliniteitsgradiënt” in beeld brengen.

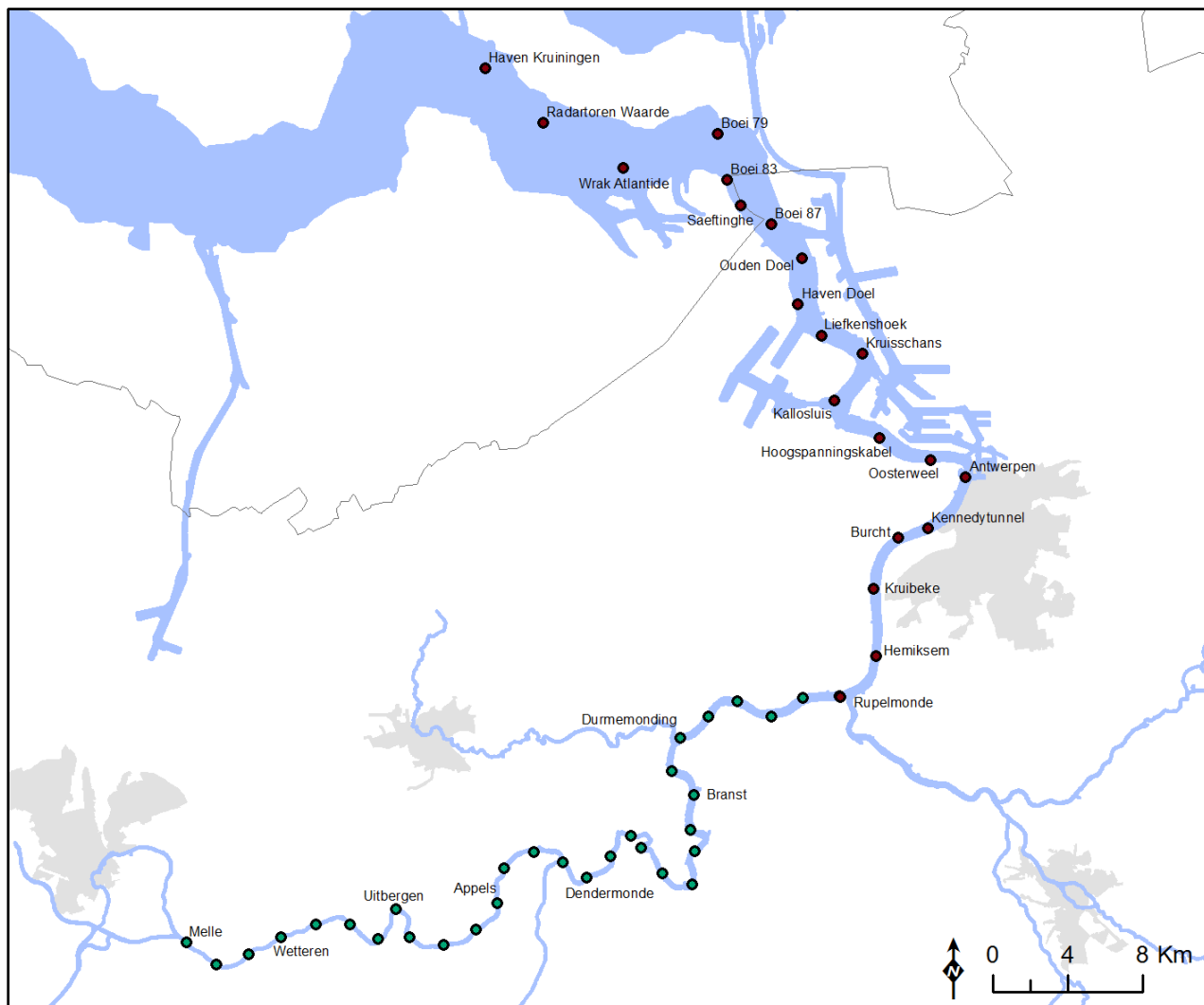
Sinds 2010 heeft men echter ook systematisch, naast de conductiviteit (gemeten met een YSI sonde), water- en sedimentstalen genomen met behulp van een pomp, om zo enerzijds het chloridegehalte te kunnen bepalen, en anderzijds de sedimentconcentratie te kunnen meten. Hierbij worden pompstalen genomen in de bovenste helft van de waterkolom (1 à 3 m onder het wateroppervlak). Tot en met 2016 werden zowel zogenaamde kenteringvaarten uitgevoerd (bij kentering hoogwater en kentering laagwater) alsook halftij-eb vaarten. Omwille van de verhoogde beschikbaarheid van continue conductiviteitsmetingen werd besloten om de kenteringsvaarten, die toch vooral de saliniteitsgradiënt in beeld brachten, niet langer uit te voeren. Door het vooralsnog ontbreken van voldoende continue turbiditeits-SSC metingen worden de halve-tij eb metingen wel nog steeds uitgevoerd. Deze metingen (Tabel 16) richten zich louter op de sedimentconcentraties en werden sinds 2009 maandelijks uitgevoerd op 17 vaste locaties in de Beneden-Zeeschelde. Sinds 2012 werden deze metingen ook uitgebreid met 30 meetpunten in de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2012, 2014) en 3 maandelijks uitgevoerd. Sinds 2017 werden daarenboven nog 3 meer afwaarts gelegen punten toegevoegd aan de meetpunten in de Beneden-Zeeschelde, meer bepaald ter hoogte van de Haven van Kruiningen, de Radartoren van Waarde en het wrak van de Atlantide. Deze punten bevinden zich in de Westerschelde. De factual data rapportering voor 2015 wordt beschreven in Levy *et al.* (2018).

De halftij-eb metingen geven een beeld van de sedimentconcentraties in het estuarium. Bij deze metingen, tijdens de eb-fase varieert de stroomsnelheid minder sterk. Hierdoor zal ook de sedimentconcentratie minder sterk fluctueren, zodat deze periode zich voor suspensiemateriaal beter leent tot metingen langsheen het estuarium.

Tabel 16 – Overzicht data meetcampagnes halftij eb.

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Winter	Beneden-Zeeschelde	22/03/2017
	Boven-Zeeschelde	20-21/03/2017
Lente	Beneden-Zeeschelde	16/06/2017
	Boven-Zeeschelde	14-15/06/2017
Zomer	Beneden-Zeeschelde	27/09/2017
	Boven-Zeeschelde	25-26/09/2017
Herfst	Beneden-Zeeschelde	29/11/2016
	Boven-Zeeschelde	27-28/11/2017

Figuur 94 – Ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten

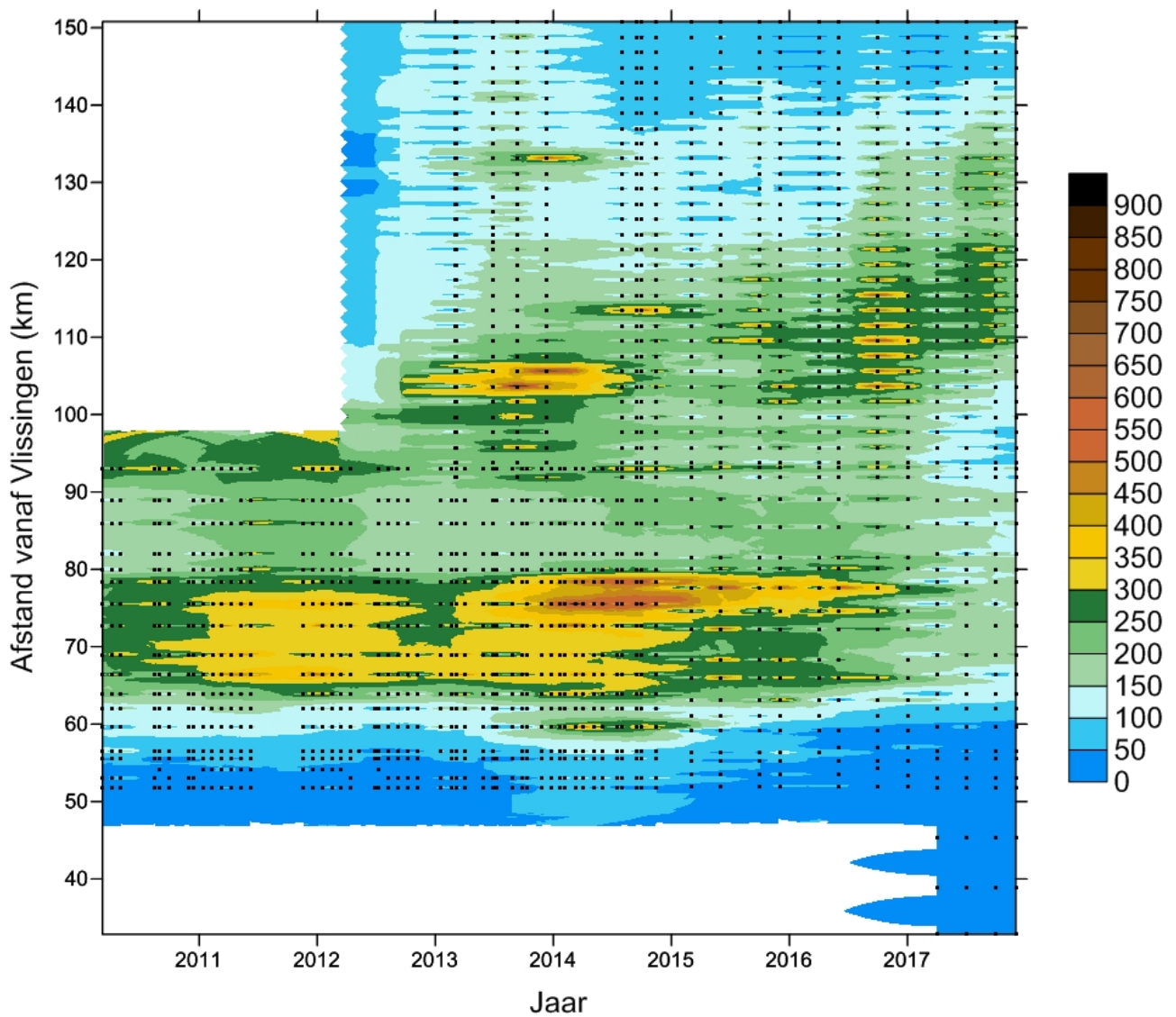


4.4.2 Halftij-eb-vaarten

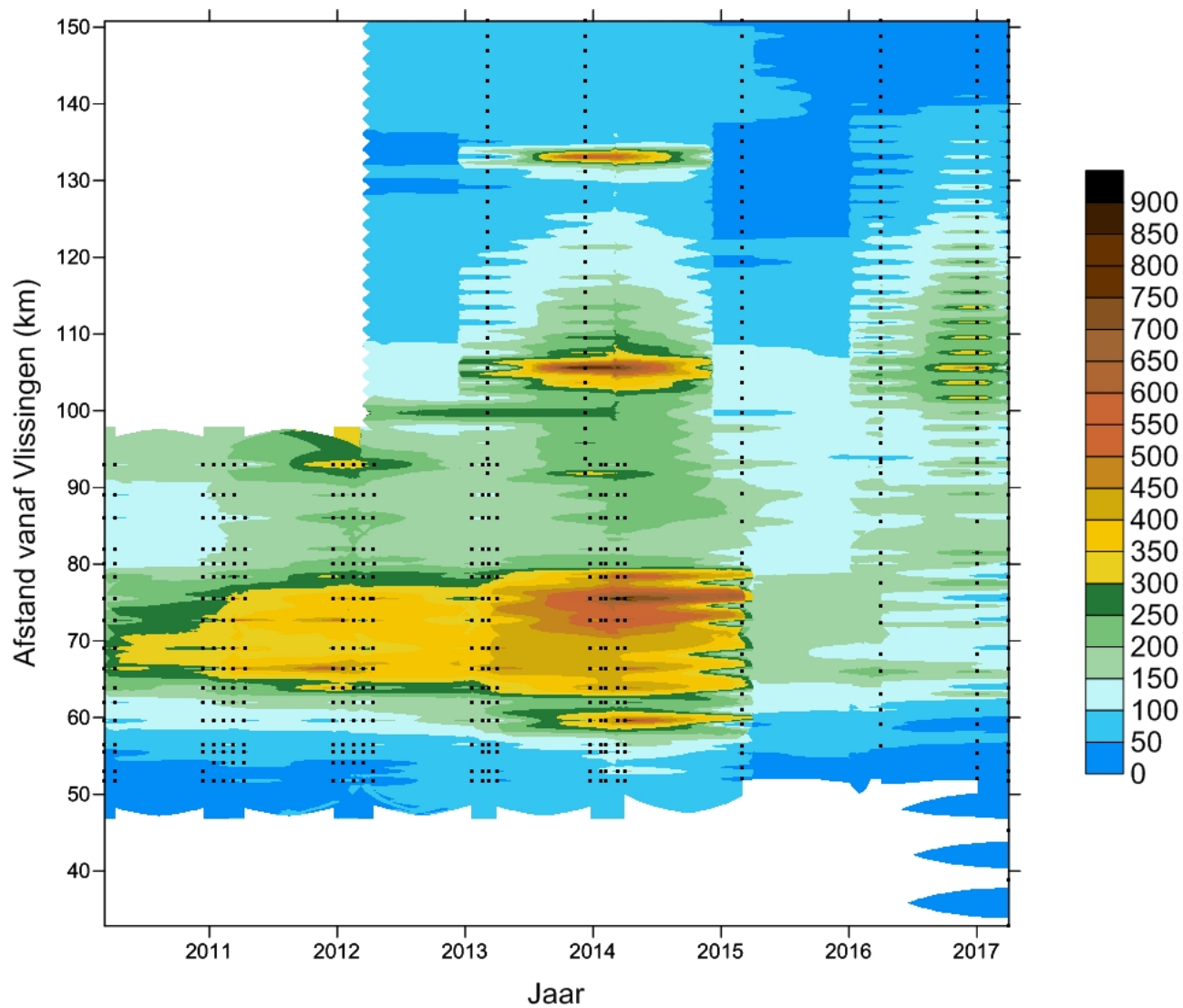
Figuur 95 geeft het verloop van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde weer voor de periode 2010 – 2017 bij halftij-eb. Er worden in de Beneden-Zeeschelde hogere sedimentconcentraties gevonden tussen km 60 en km 80, ter hoogte van de belangrijkste stortlocaties (Oosterweel, Punt van Melsele) voor slibrijke baggerspecie. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, valt het op dat hier de hoogste waarden optreden in 2014. De verhoging in sedimentconcentratie die in 2014 werd opgemeten rond km 60, lijkt in 2015 volledig verdwenen. In 2016 dalen de concentraties terug tussen km 65 en 80, maar opwaarts (tussen km 80 en 90) worden hogere sedimentconcentraties gemeten dan de voorgaande jaren. In 2017 zijn de concentraties uitzonderlijk laag in vergelijking met de eerdere jaren.

In de Boven-Zeeschelde komen in de tweede helft van het jaar hogere concentraties voor dan in de eerste helft van het jaar. Vooral tussen km 100 en 120 komen hogere concentraties voor, meer afwaarts zijn de concentraties lager. Eind 2013 komen concentraties tot 750 à 800 mg/l voor tussen km 100 en 110. In 2014 zijn de concentraties merkbaar lager, terwijl in 2015 er een maximum ligt tussen km 100 en 120. In 2016 is er een grote zone met hoge concentraties zichtbaar die zich uitstrekt van km 100 tot km 130, terwijl in 2017 de hogere concentraties tussen km 110 en 140 voorkomen (dus meer opwaarts dan eerder het geval was) en de concentraties over het algemeen lager zijn dan in de voorgaande jaren.

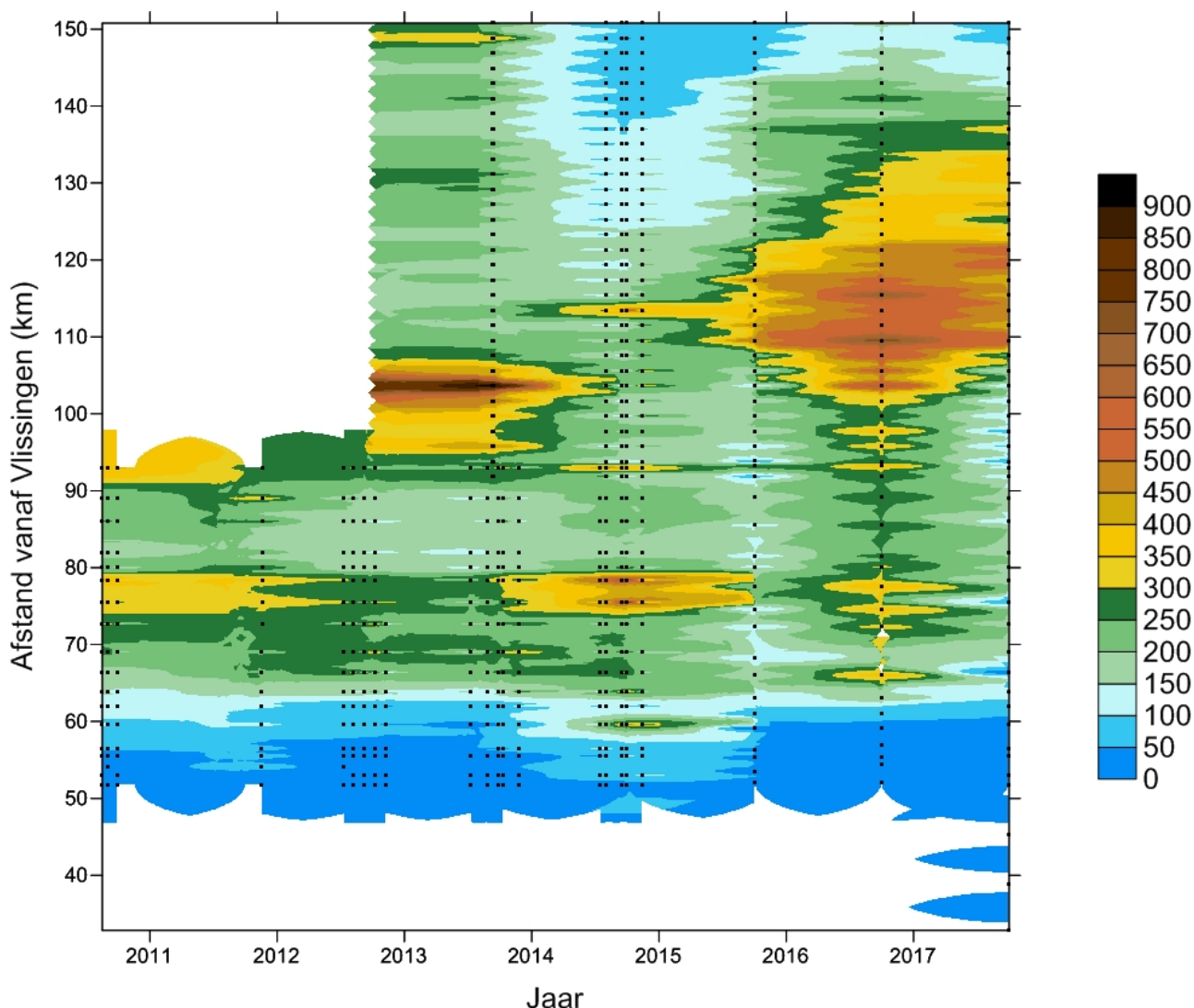
Figuur 95 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij half-tij-eb langsheen de Zeeschelde
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 1 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)



Figuur 96 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij half-tij-eb langsheen de Zeeschelde - Winter
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 1 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)



Figuur 97 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde - Zomer
(interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 1 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)



Figuur 96 geeft de sedimentconcentratie aan de oppervlakte weer wanneer enkel de metingen in de winter (tussen december en maart) worden gebruikt voor de interpolatie. Figuur 97 stelt de sedimentconcentratie voor bij gebruik van enkel de zomermetingen (juli tot oktober). Hieruit blijkt duidelijk een andere verdeling van de sedimentconcentraties doorheen het jaar. In de winter zijn de hogere concentraties vooral afwaarts te vinden, in de zomer komen de hogere concentraties over het algemeen meer opwaarts voor. Enkel in 2014 is in de zomer de concentratie rond km 70 en 80 hoger dan meer afwaarts. Voor de winterconditie is 2017 een uitzondering, waar de concentraties opwaarts groter zijn dan afwaarts.

Figuur 98 en Figuur 99 geven het verloop van de respectievelijk aan de oppervlakte en bodem bemonsterde sedimentconcentratie langsheen de volledige Zeeschelde, tijdens vier HTE campagnes die zowel de Boven-Zeeschelde als de Beneden-Zeeschelde bemonsterden. Tabel 17 geeft enkele kengetallen van deze campagnes.

Uit deze figuren en tabel blijkt dat de laagste gemiddelde sedimentconcentraties voor bodem- en oppervlaktestaalnames geregistreerd zijn tijdens de meetcampagne van maart en dit voor de Boven- en Beneden-Zeeschelde. De hoogste gemiddelde sedimentconcentraties over de hele Zeeschelde en de Boven-Zeeschelde werden gemeten in september. In de Beneden-Zeeschelde waren de sedimentconcentraties in november hoger dan in september.

Verder blijkt dat in maart lage concentraties gemeten worden rond km 150 (minder dan 50 mg/l). De concentraties nemen vervolgens toe vanaf km 120, om een maximum te bereiken rond km 90. Vanaf km 80 tot km 50 kennen de concentraties terug een dalend verloop.

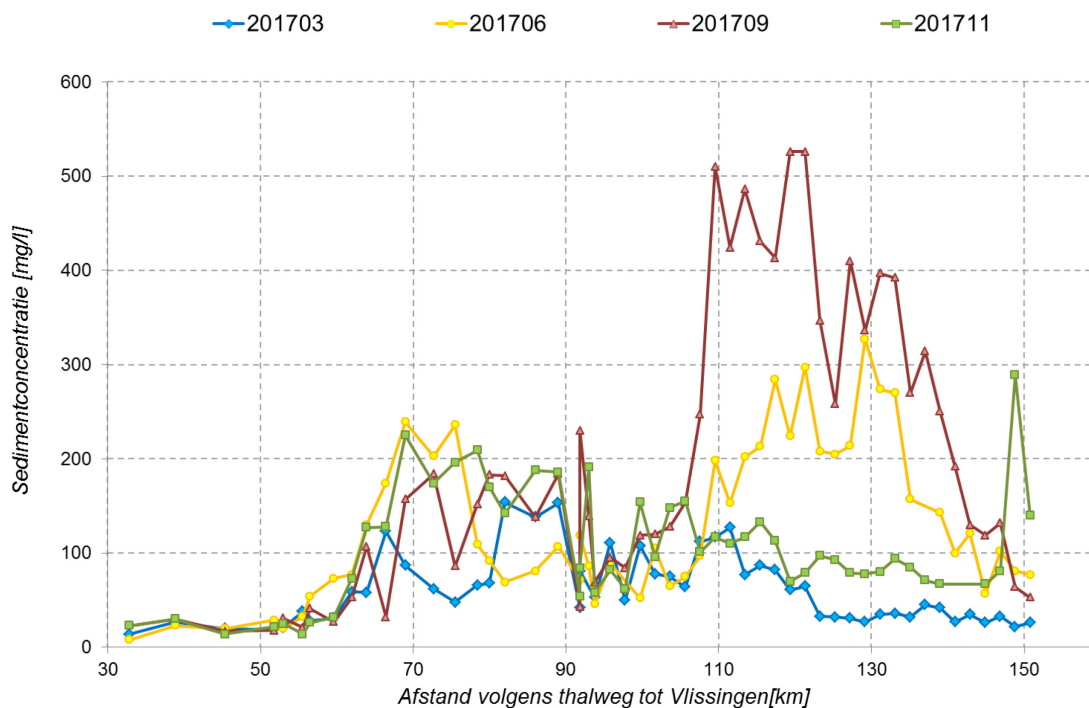
Bij de meetcampagne van november is er een gelijkaardige trend zichtbaar: een langzame toename van de sedimentconcentratie van km 120 naar een maximum tussen km 90 en 70. Aan de bodem is er rond km 75 een piek zichtbaar tot 700 mg/l.

Tabel 17 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie gegevens (mg/l) van
 halftij-eb gegevens in 2017 langsheen de volledige Zeeschelde

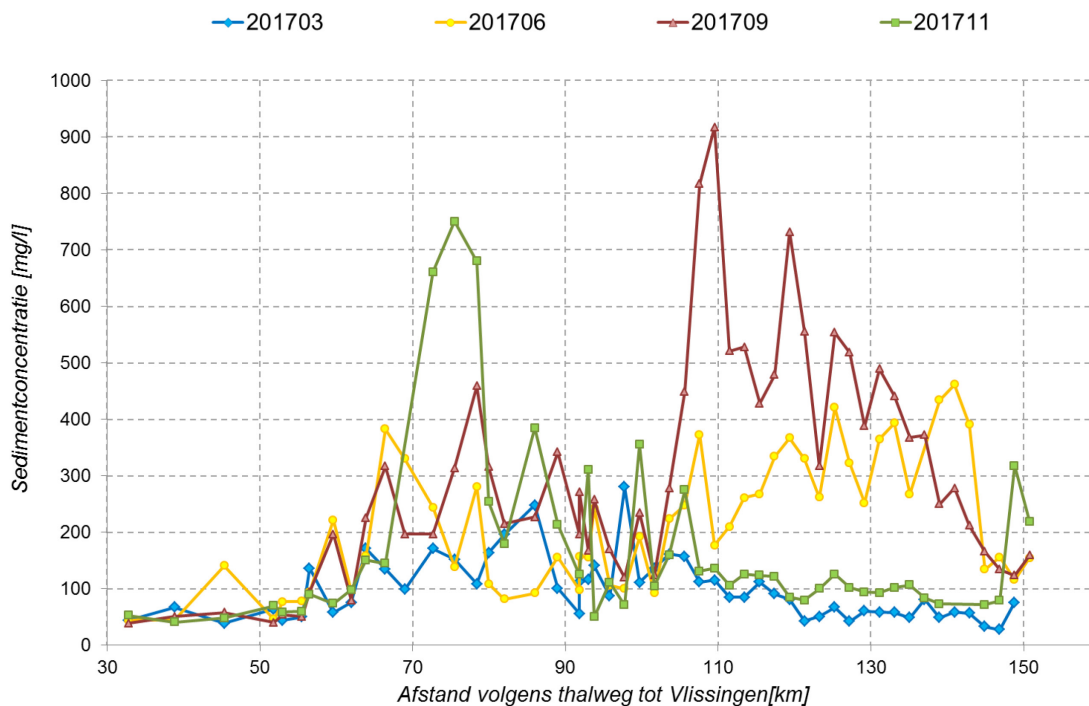
		maart		juni		september		november	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	14	28	8	44	17	39	14	41
	max	154	280	327	462	526	917	289	750
	gemid	61	96	130	213	194	298	105	167
	stdev	37	55	83	117	153	199	61	160
Beneden- Zeeschelde (km 60-90)	min	48	58	69	82	32	80	73	98
	max	154	248	239	383	184	459	225	750
	gemid	92	144	138	188	133	263	165	352
	stdev	41	55	64	105	55	100	44	251
Boven- Zeeschelde	min	22	28	46	93	43	120	54	50
	max	127	280	327	462	526	917	289	355
	gemid	59	89	152	252	255	364	105	135
	stdev	31	49	82	111	155	205	47	79

De meetcampagnes van juni en september tonen verhoogde concentraties tussen km 110 en 150 en tussen km 65 en 95. Deze laatste piek is veel lager (ca. 200 mg/l aan de oppervlakte en 300 à 400 mg/l aan de bodem) dan de piek in de Boven-Zeeschelde, waar aan de oppervlakte in juni tot 300 mg/l gemeten werd en in september tot 550 mg/l. Aan de bodem lopen de concentraties in juni op tot 400 mg/l en in september tot 900 mg/l.

Figuur 98 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij half-tij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



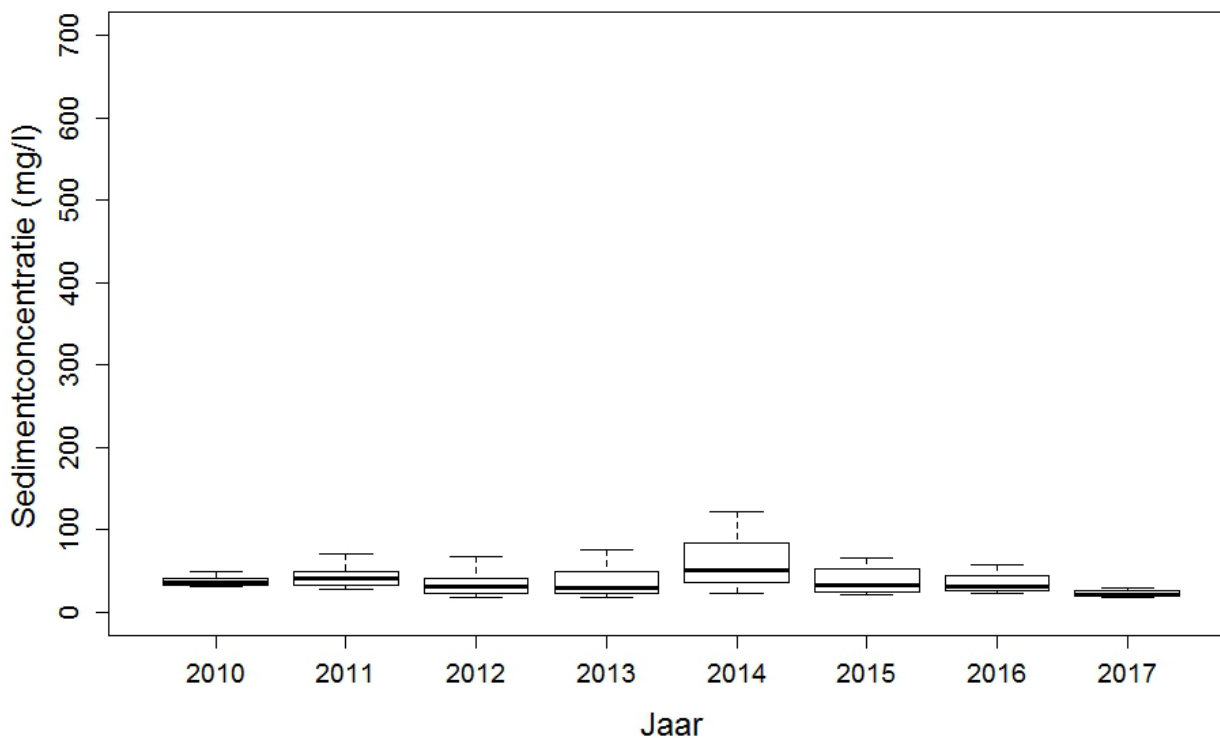
Figuur 99 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij half-tij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



4.4.3 Trends in sedimentconcentratie over langere termijn

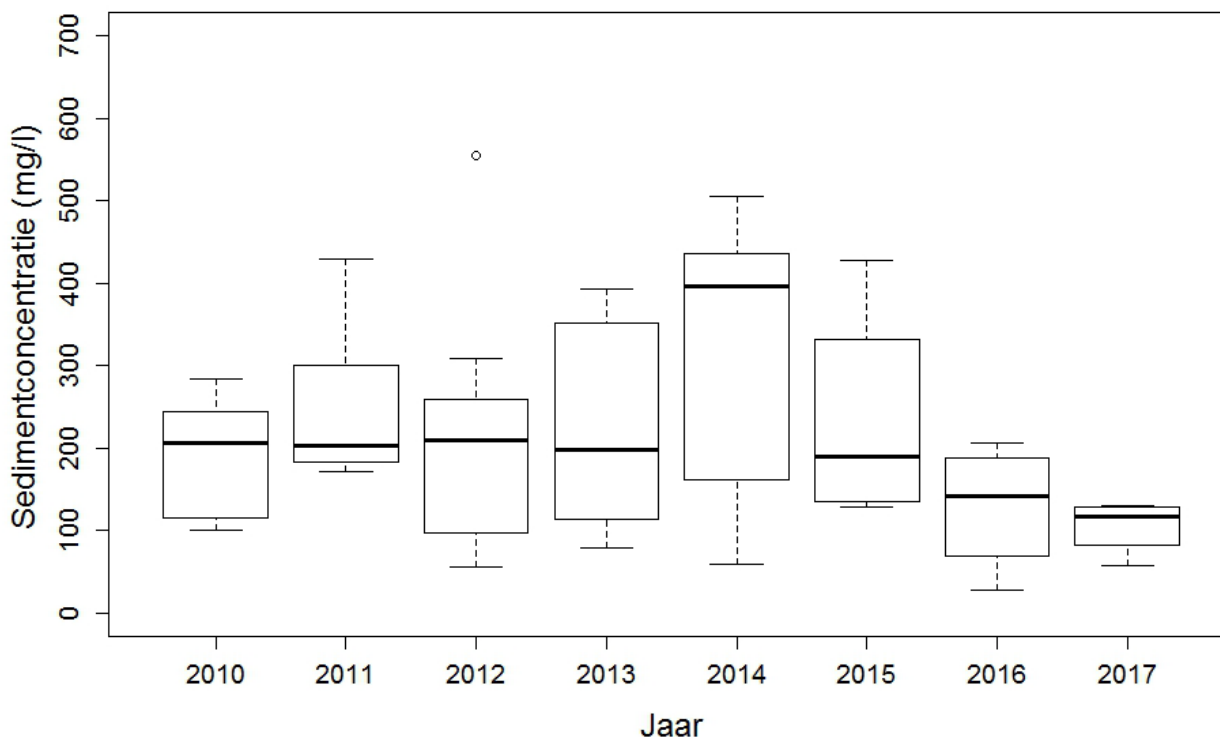
Tot nu toe werden de langsvaarten besproken in het kader van ruimtelijke en temporele variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Zeeschelde. In Figuur 100 tot en met Figuur 104 wordt voor vijf verschillende locaties langsheen de Beneden-Zeeschelde (tussenafstand ca. 10 km) het verloop van de sedimentconcentraties nabij het oppervlak voor de periode 2010-2017 weergegeven.

Figuur 100 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2017 – Boei 79



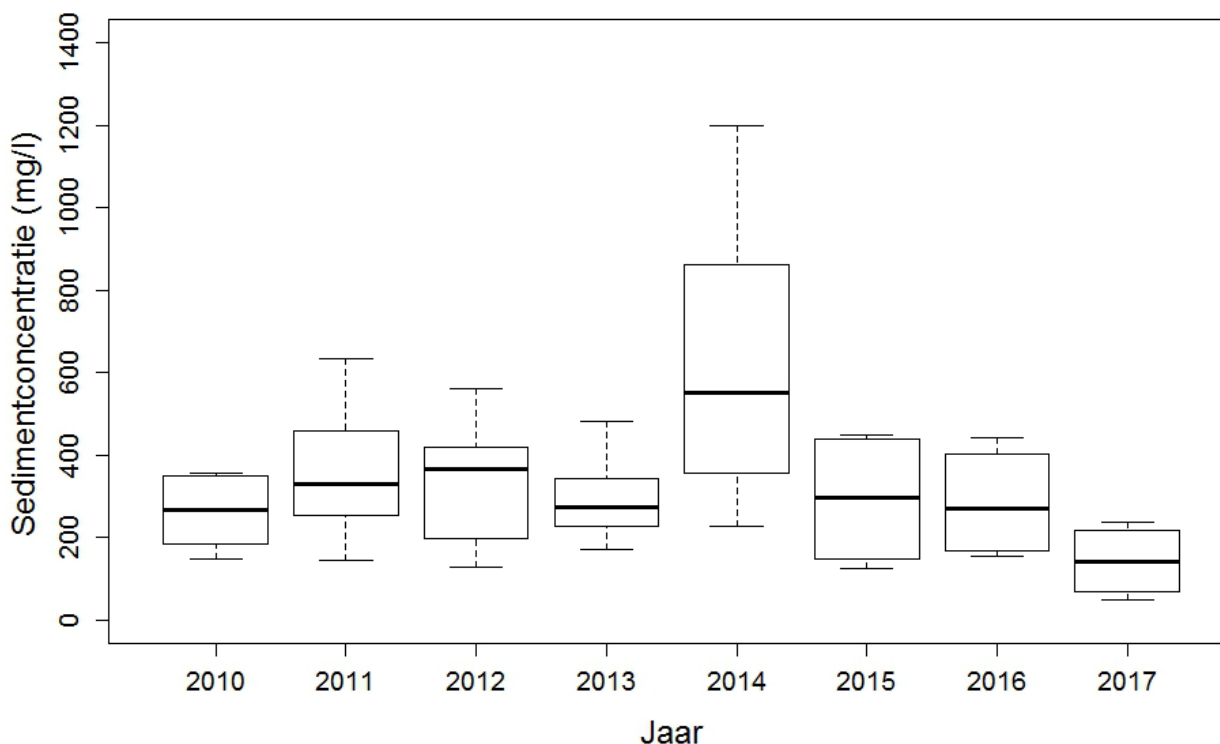
Te Boei 79 (Figuur 100) is de gemiddelde sedimentconcentratie tijdens de halftij-eb campagnes steeds lager dan 100 mg/l. In 2014 is de concentratie het hoogst en in de daaropvolgende jaren neemt deze telkens af om een minimum te bereiken in 2017.

Figuur 101 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2017 – Liefkenshoek



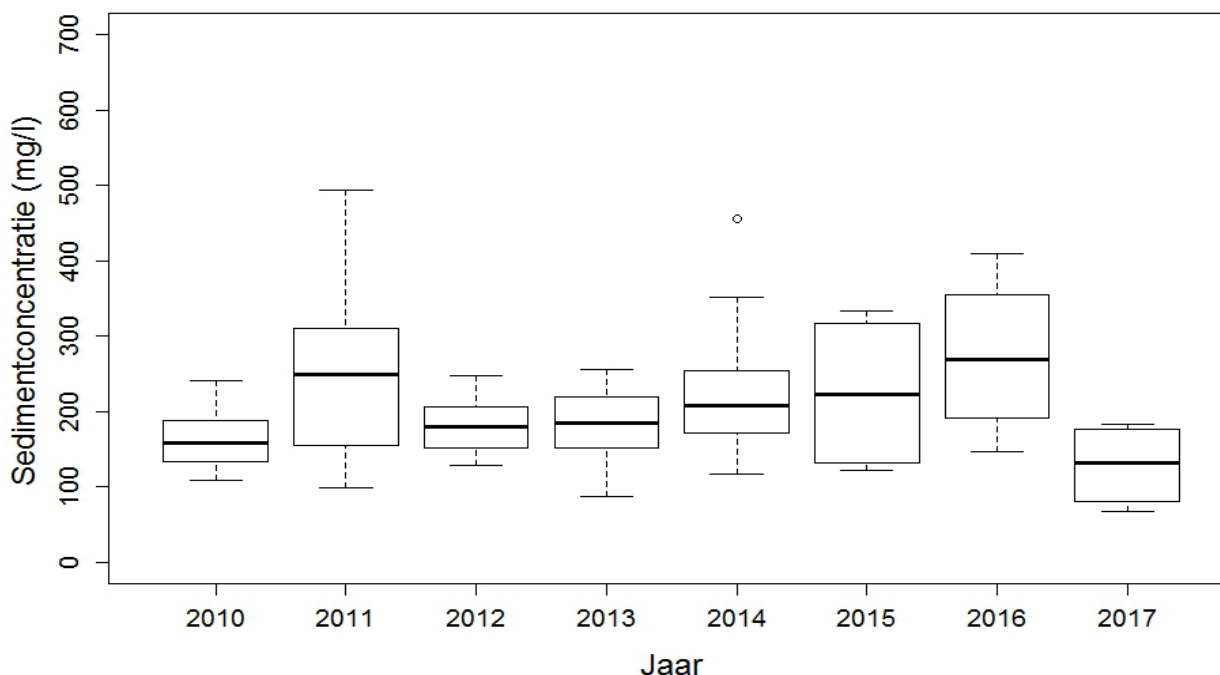
Te Liefkenshoek (Figuur 101) liggen de gemiddelde sedimentconcentraties bij halftij-eb gemiddeld rond 200 mg/l. In 2014 echter zijn de concentraties net als bij boei 79 hoger, en leidde dit zelfs tot een verdubbeling van de mediaan (van 200 mg/L in 2010-2013 tot 400 mg/L in 2014). Tijdens de campagnes in 2015 stabiliseerde dit terug en hier werden tijdens de halftij-ebvaarten gelijkaardige sedimentconcentraties opgemeten als de voorgaande jaren. In 2016 en 2017 ligt de mediaan van de concentraties telkens lager dan de voorgaande jaren (rond 150 mg/l).

Figuur 102 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Oosterweel



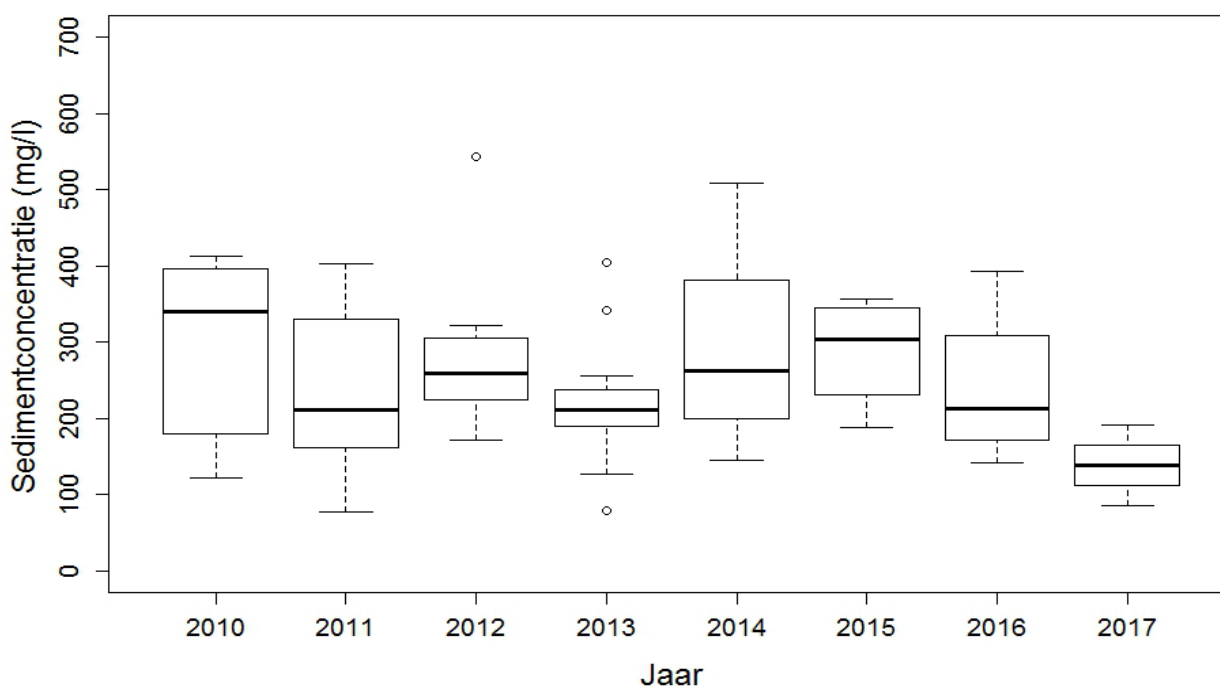
Het verloop van de sedimentconcentratie tijdens de halftij-eb vaarten ter hoogte van Oosterweel (Figuur 102) vertoont een gelijkaardig verloop als bij de meetpunten boei 79 en Liefkenshoek. De gegevens van de halftij-ebvaarten zijn gelijkaardig aan voor al de jaren, en liggen rond 300 mg/l, met uitzondering van 2014, waar de sedimentconcentraties gemiddeld hoger waren (550 mg/l) en 2017, waar duidelijk lagere waarden bepaald werden (ca. 200 mg/l).

Figuur 103 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Kennedytunnel



Voor de locatie aan de Kennedytunnel (Figuur 103) is er sinds 2012 jaren een stijging van bijna 100mg/l over 5 jaar zichtbaar van de sedimentconcentraties. In 2017 is de sedimentconcentratie echter terug met bijna 200 mg/l gedaald.

Figuur 104 – Boxplots sedimentconcentratie bemonsterd 1 m onder het wateroppervlak voor de periode 2010-2016 – Rupelmonde



Voor Rupelmonde (Figuur 104) tenslotte is het beeld iets minder duidelijk. De gemiddelde sedimentconcentraties variëren tussen 200 en 350 mg/l, en de mediaan vertoont een schommelend verloop. Ook hier dalen de concentraties echter de laatste 2 jaren.

4.5 Meetcampagnes – 13u-metingen

4.5.1 Meetlocaties en meetinstrumenten

Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijcyclus continu dwarsraaien gevaren. Tijdens de meting wordt continu 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. Dit toestel meet continu stroomsnelheden. Deze metingen gebeuren per cel van 50 cm hoogte (voor de dwarsraaien te Liefkenshoek) of per cel van 25 cm (voor de dwarsraaien te Terhagen, Kruibeke en Schellebelle), en telkens - cel per cel - over een 25-tal meter volgens de dwarsbreedte.

Daarnaast kan de sterkte van het teruggekaatste signaal (“acoustic backscatter”) gebruikt worden om de sedimentconcentratie in te schatten, dit na kalibratie aan de hand van gelijktijdig genomen pompstalen. Het verschil tussen het uitgezonden en teruggekaatste geluidssignaal wordt veroorzaakt door enerzijds de absorptie in het water, en anderzijds de verspreiding en de absorptie van de geluidsgolf door alle sedimentkorrels in suspensie dat het signaal in zijn heen en weer gaan ondervindt. Meer gedetailleerde informatie over 13u-metingen staat in Levy *et al.* (2015).

In dit hoofdstuk staan enkel de resultaten van de 13u-metingen van 2017 gepresenteerd (Tabel 18). Tabel 19 is een samenvatting van de voornaamste resultaten van de 13u-metingen van 2017. Ter indicatie en ter interpretatie van de meetresultaten toont Figuur 105 de momenten waarop de 13u-metingen zijn uitgevoerd samen met de volumes van de wekelijkse baggerstortingen en de berekende bovenafvoer van de Zeeschelde ter hoogte van Schelle.

In de volgende paragrafen staan per locatie de resultaten beschreven in vergelijking met de 13u-metingen van de voorbije jaren. In 2017 is er op minder locaties gemeten dan de voorbije jaren. Schellebelle is opnieuw in de 13u-meetcampagne opgenomen.

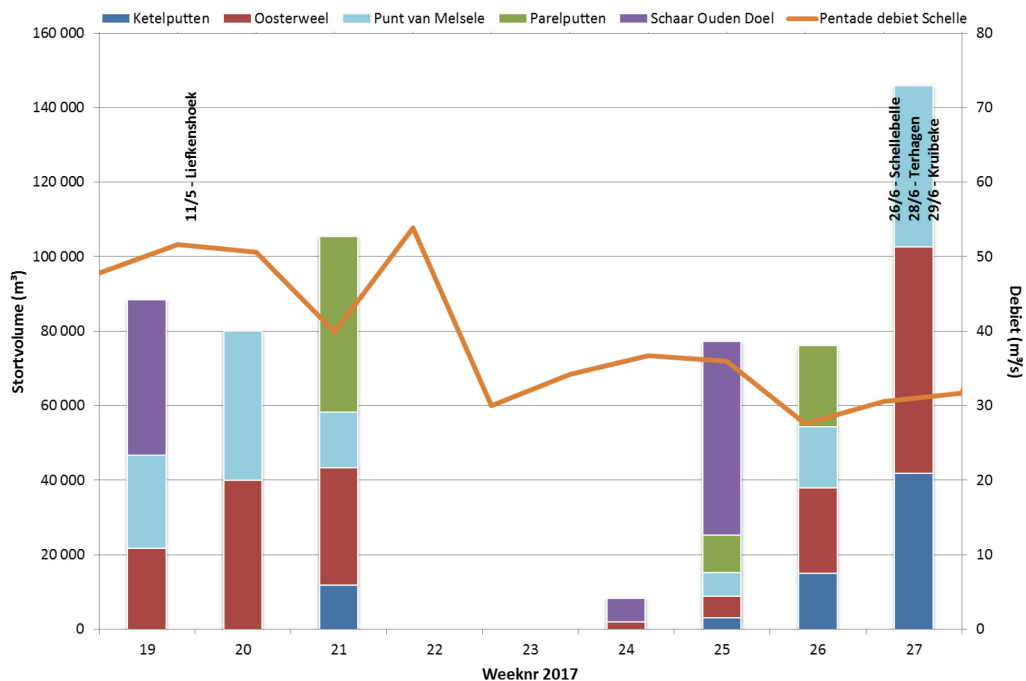
Tabel 18 – Overzicht meetcampagnes **13u-metingen** met datum van uitvoering, start- en einduur in MET

Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur
Liefkenshoek	11 mei 2017	06:24	19:02
Kruibeke	29 juni 2017	05:26	18:01
Schellebelle	26 juni 2017	06:16	19:04
Terhagen	28 juni 2017	06:49	19:13

Tabel 19 – Waterpeil (bij 1^{ste} hoogwater, laagwater en 2^{de} hoogwater), Stroomsnelheid, Debiet, Watervolume, Sedimentconcentratie (SSC), Sedimentflux (SSF) en Sedimentvracht (SSL) bij eb en vloed (maximaal, gemiddeld of totaal per getij) tijdens de 13u-metingen in 2017

Parameter			Liefkenshoek	Kruibeke	Schellebelle	Terhagen
Waterpeil (m TAW)	HW1		5,42	5,75	5,20	5,91
	LW		-0,09	0,13	2,00	0,20
	HW2		5,62	5,60	5,60	5,87
Stroomsnelheid (m/s)	Eb	Max	1,01	1,00	1,00	1,01
		Gemid.	0,70	0,69	0,50	0,72
	Vloed	Max	1,18	1,25	1,02	1,13
		Gemid.	0,71	0,88	0,59	0,57
Debiet (m ³ /s)	Eb	Max	9 048	4 600	214	676
		Gemid.	5 818	2 892	125	423
	Vloed	Max	12 454	6 392	322	976
		Gemid.	6 528	3 310	206	487
Volume (Mm ³ /getijcyclus)	Eb	Totaal	143	70	3	10
	Vloed	Totaal	144	75	3	10
SSC (mg/l)	Eb	Gemid.	98	208	231	150
	Vloed	Gemid.	93	207	205	171
SSF (kg/s)	Eb	Gemid.	561	630	30	67
	Vloed	Gemid.	626	747	54	93
SSL (ton/getijcyclus)	Eb	Totaal	13 514	14 795	631	1 580
	Vloed	Totaal	13 384	16 293	1 051	1 803

Figuur 105 – Indicatie van de 13u-metingen t.o.v. de wekelijkse gebaggerde stortvolumes (staafdiagrammen) en het pentadegemiddelde bovenafvoer van Schelle (oranje lijn) in mei en juni 2017.



4.5.2 Liefkenshoek

Op 11 mei 2017 is een 13u-meting uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde ter hoogte van Liefkenshoek. Figuur 106 toont de ligging van de gevaren dwarsraai, net opwaarts van de steiger aan Fort Liefkenshoek (aan linkeroever) en Lillo (aan rechteroever).

Figuur 106 – Meetraai voor de 13u-meting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde)

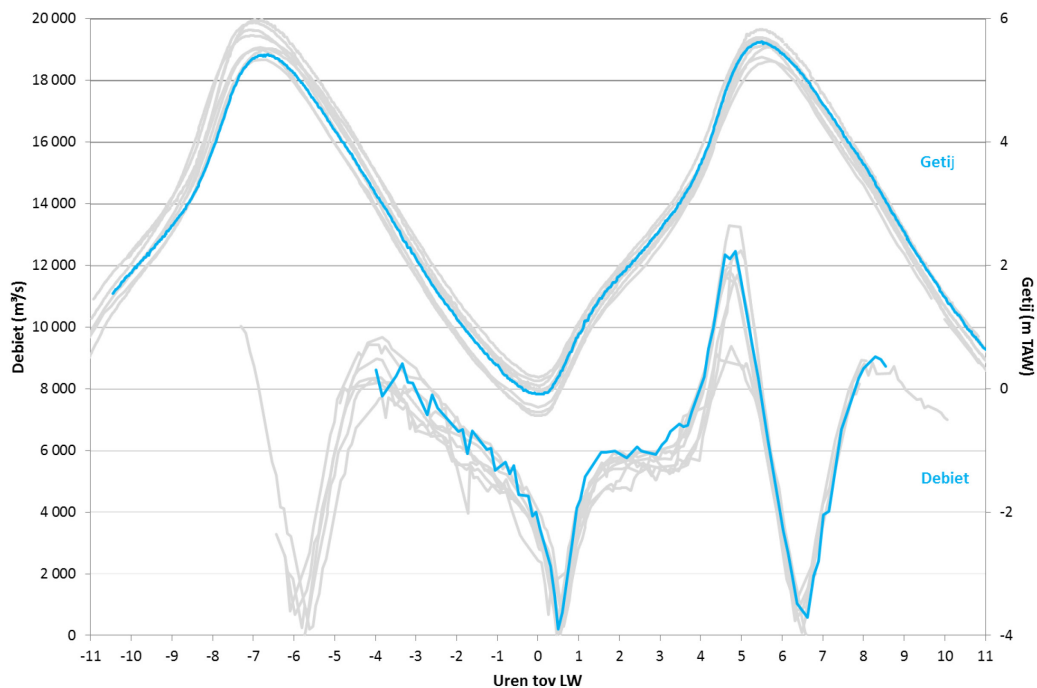


Vanaf 2009 worden er in Liefkenshoek 13u-metingen uitgevoerd. Al deze jaren is een gelijkaardig patroon gemeten van debiet (Figuur 107). De debieten in 2012 en 2016 waren kleiner dan deze voor de overige jaren, veroorzaakt door een kleiner getijverschil bij deze meting. De debieten tijdens de 13u-meting van 2017 zijn aan de hoge kant.

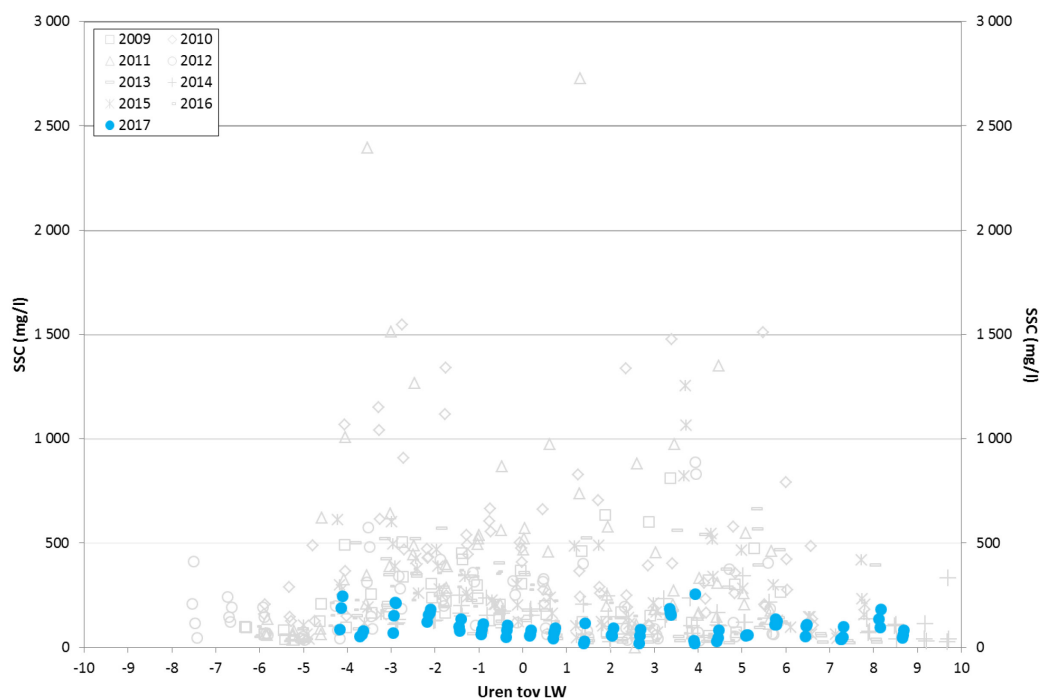
De suspensiegehalten (SSC) bepaald in 2010 en 2011 zijn hoger dan de overige jaren (Figuur 108). In 2017 zijn de laagste waarden opgemeten.

Door vermenigvuldiging van de gemeten debieten met de overeenkomstige SSC-waarden worden tenslotte de sedimentfluxen (SSF) berekend (Figuur 109). De hoge suspensiegehalten vertalen zich in hoge sedimentfluxen. Deze waren het grootst tijdens de 13u-metingen in 2010 en 2011. De meting van 2017 resulteerde in een relatief kleine flux in vergelijking met voorgaande jaren, voornamelijk tijdens eb. De sedimentflux tijdens vloed ligt in dezelfde lijn als de voorgaande jaren.

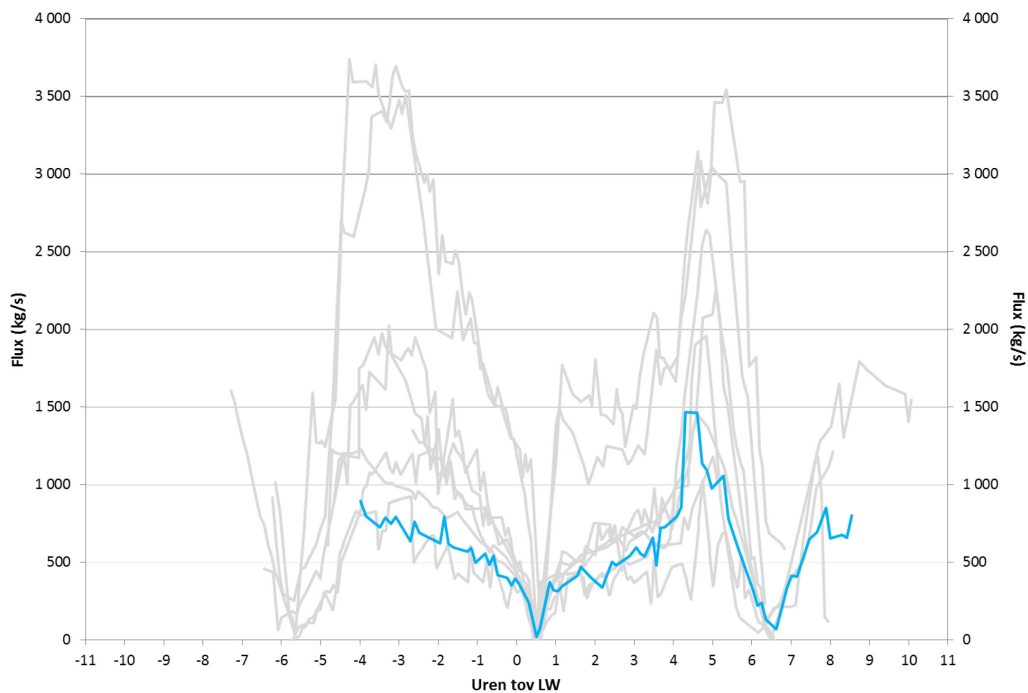
Figuur 107 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



Figuur 108 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



Figuur 109 – SSF tijdens de 13u-metingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



4.5.3 Kruike

Op 29 juni 2017 is een 13u-meting uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde in Kruike. Figuur 110 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

Figuur 110 – Meetraai voor de 13u-meting te Kruike (Beneden-Zeeschelde)

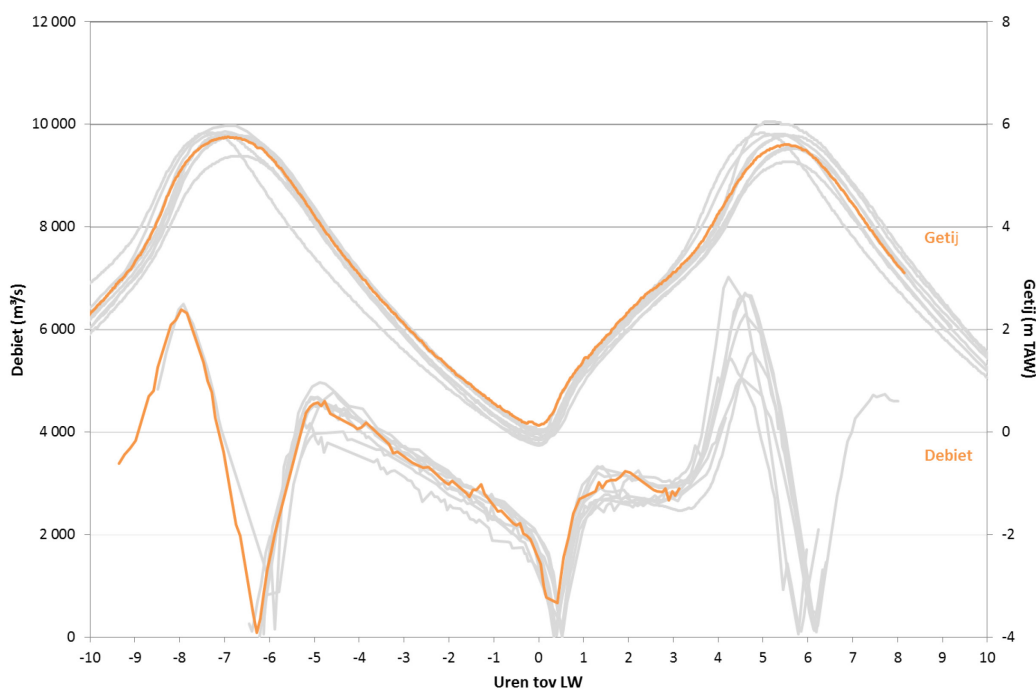


Vanaf 2009 worden er in Kruibeke 13u-metingen uitgevoerd. De debieten in 2017 zijn vergelijkbaar met voorgaande jaren (Figuur 111). Bij laagwater is het debiet tijdens de 13u-meting van 2017 hoger dan de metingen de jaren ervoor. Dit komt omdat tijdens de 13u-meting net het moment van kentering gemist is. Het debiet is nadien op dat moment lineair geïnterpoleerd. In werkelijkheid is het debiet verder tot 0 afgenomen, bij kentering, om vervolgens weer toe te nemen.

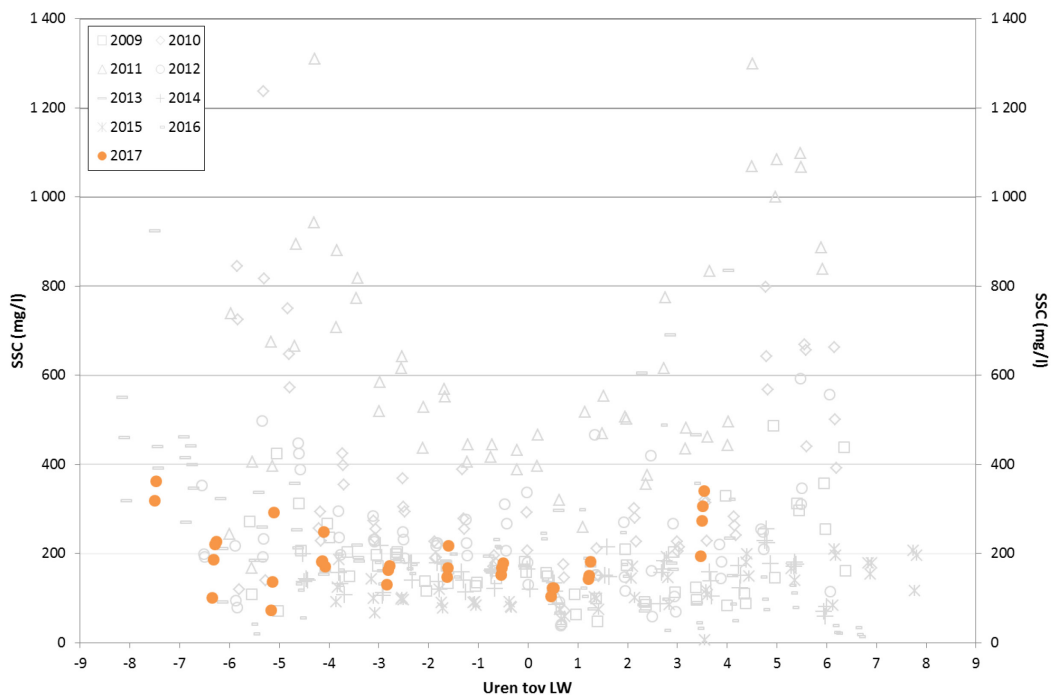
De suspensiegehalten die tijdens de 13u-metingen in 2017 bepaald zijn, zijn vergelijkbaar met de overige jaren (Figuur 112). Enkel 2011 vertoont afwijkende concentraties, waarbij de laagste sedimentconcentraties nog steeds een factor twee hoger liggen dan de laagste concentraties gemeten in de overige jaren.

De sedimentflux was het grootst tijdens de meting in 2011 en het kleinst in 2014, 2015 en 2016. 2017 bevindt zich tussen beide uitersten (Figuur 113).

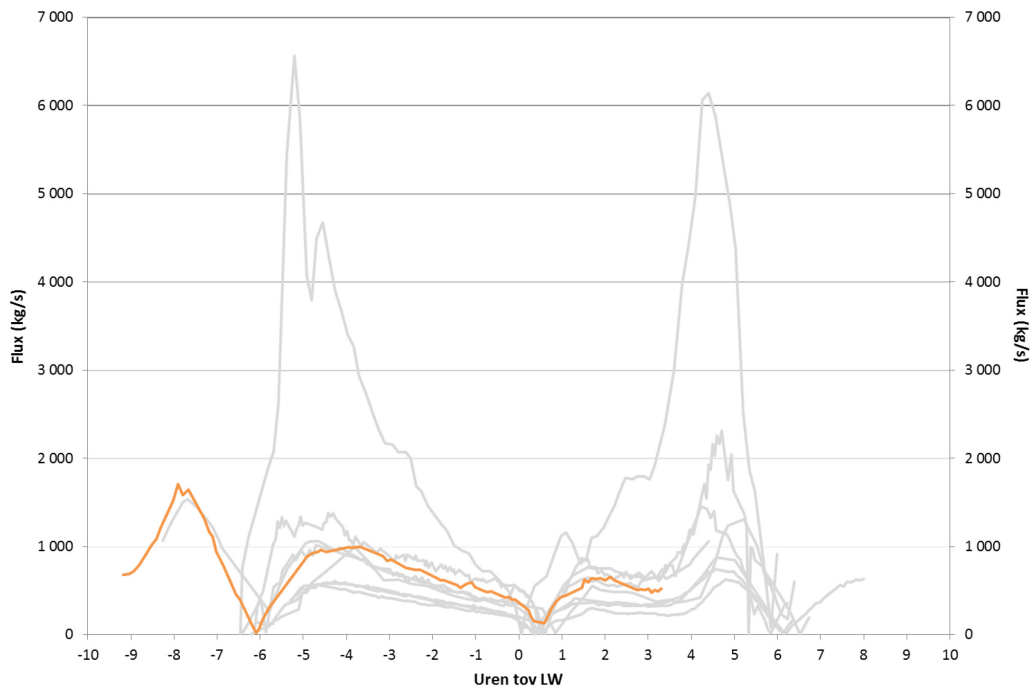
Figuur 111 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



Figuur 112 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



Figuur 113 – SSF tijdens de 13u-metingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2017



4.5.4 Schellebelle

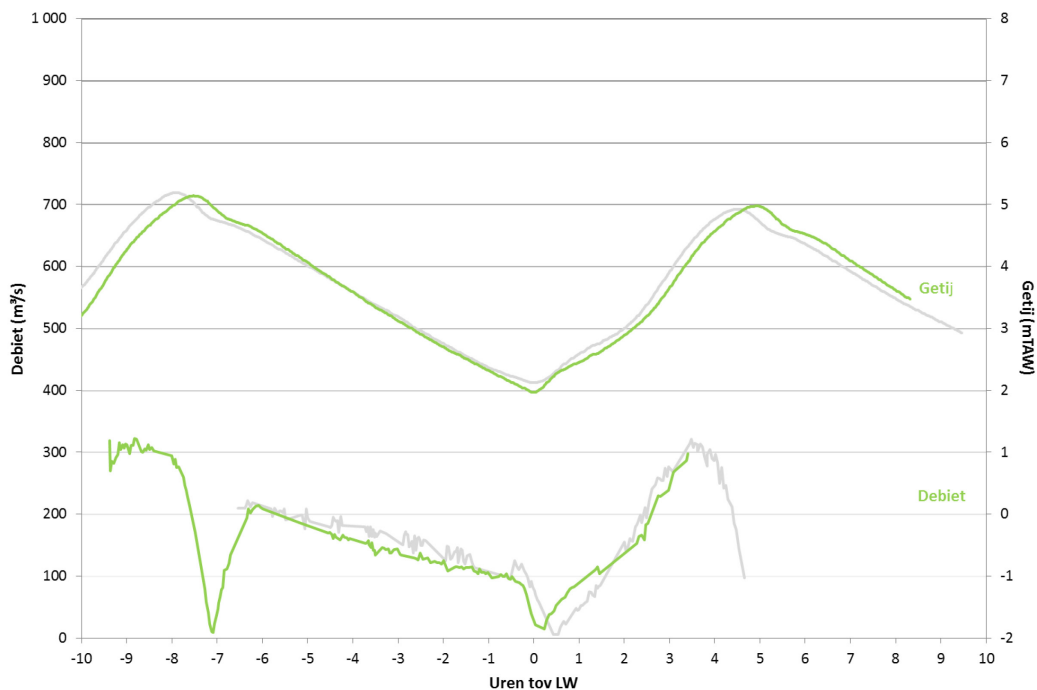
Op 26 juni 2017 is een 13u-meting uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Schellebelle. Figuur 118 toont de ligging van de gevaren dwarsraai. Op deze locatie is er enkel nog in 2014 een 13u-meting uitgevoerd, dat maakt het moeilijk uitgebreid te vergelijken met voorgaande jaren.

Figuur 114 – Meetraai voor de 13u-meting te Schellebelle (Boven-Zeeschelde).

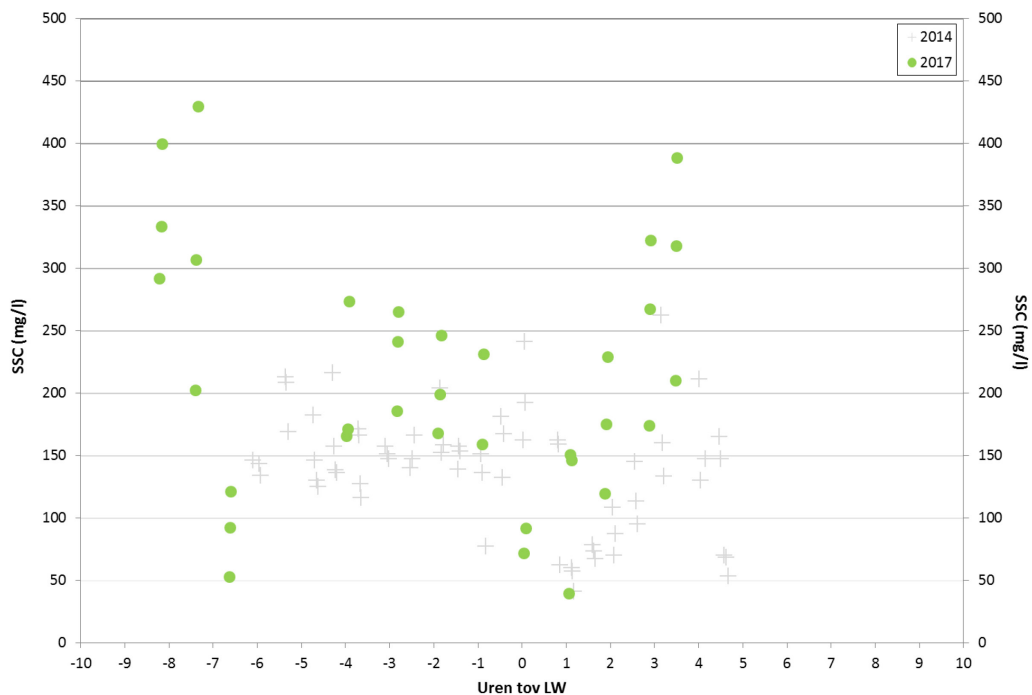


Het debiet tijdens de 13u-meting van 2017 is vergelijkbaar met dat gemeten in 2014 (Figuur 115). Het suspensiegehalte (Figuur 116) is daarentegen hoger in 2017. Er is ook meer variatie doorheen het getij in vergelijking met de meting uit 2014. Dat vertaalt zich natuurlijk naar de sedimentflux (Figuur 117) die ruim hoger is tijdens de meting van 2017.

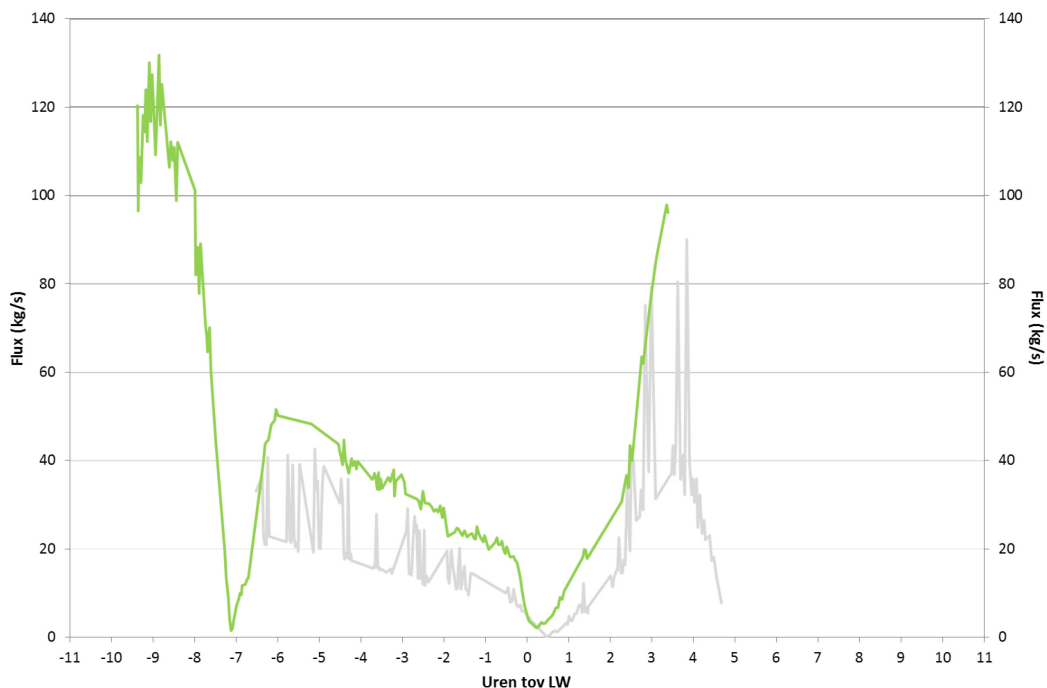
Figuur 115 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017.



Figuur 116 – SSC uit pompstalen genomen tijdens de 13u metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017.



Figuur 117 – SSF tijdens de 13u-metingen te Schellebelle (Boven-Zeeschelde) in 2014 en 2017.



4.5.5 Terhagen

Op 28 juni 2017 is een 13u-meting uitgevoerd op de Rupel te Terhagen. Figuur 118 toont de ligging van de gevaren dwarsraai. Deze locatie is sinds 2011 in gebruik voor 13u-metingen. Voordien gebeurde dit op een meer afwaartse locatie ter hoogte van Boom.

Figuur 118 – Meetraai voor de 13u-meting te Terhagen (Rupel)

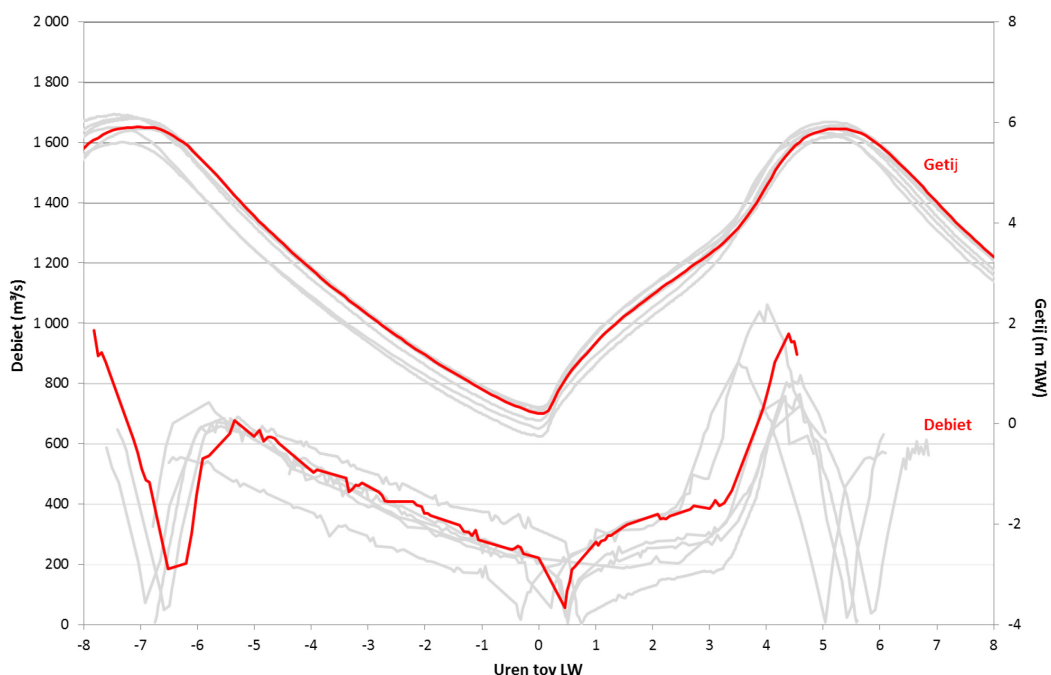


Vanaf 2011 worden er in Terhagen 13u-metingen uitgevoerd. Over al deze jaren werd er een gelijkaardig debiet gemeten bij eb (Figuur 119). Enkel in 2016 was het debiet bij eb lager dan de overige jaren. Bij vloed is het debiet tijdens de 13u-meting van 2015 lager dan de overige jaren. Ook hier is, net als in Kruikebeke, het moment van kentering net gemist waardoor de interpolatie het debiet niet tot 0 terug zakt, wat in realiteit wel gebeurt.

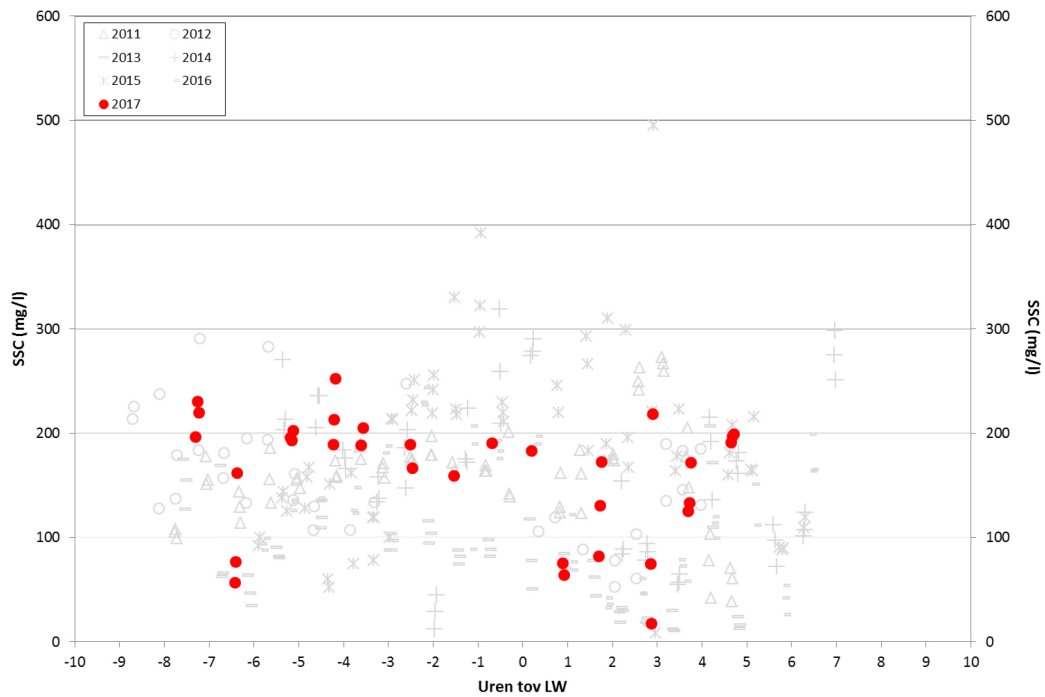
De sedimentgehalten tijdens de 13u-meting van 2017 zijn vergelijkbaar met die van de overige jaren (Figuur 120).

De sedimentfluxen tijdens de 13u-metingen in 2012, 2013, 2015, 2016 en 2017 waren kleiner dan in 2011 en 2014 (Figuur 121). Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek. Tijdens eb werd er in 2014 een duidelijk grotere flux berekend dan tijdens de overige campagnes. Tijdens vloed was de flux in 2017 gemiddeld ten opzichte van de overige metingen.

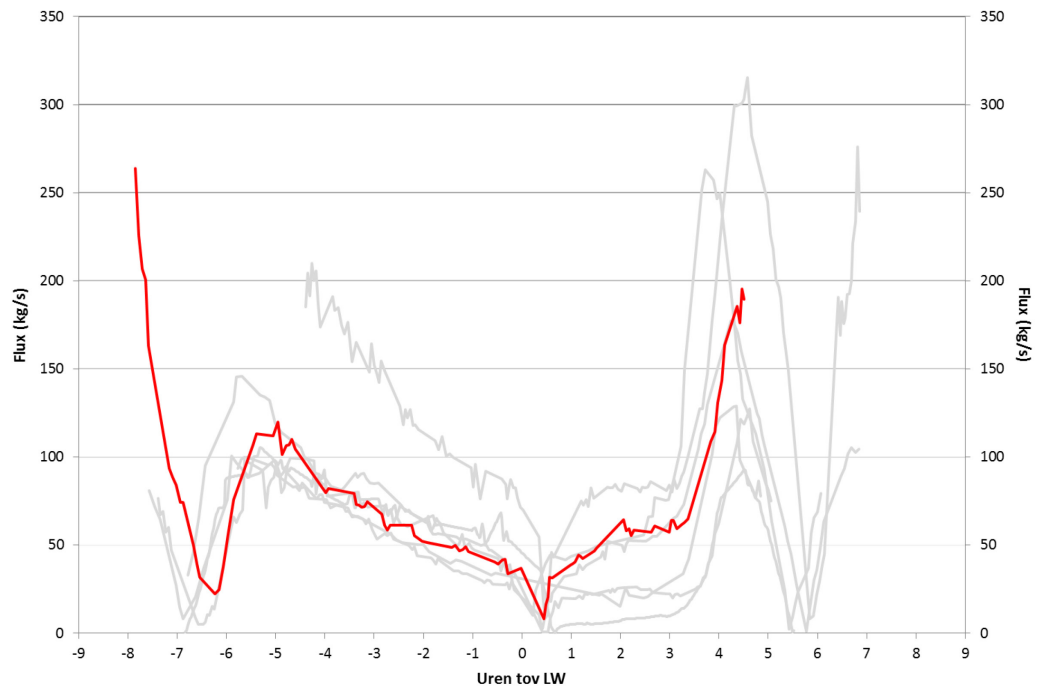
Figuur 119 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017



Figuur 120 – Gemeten SSC tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017



Figuur 121 – SSF tijdens de 13u-metingen te Terhagen (Rupel) in 2011 t.e.m. 2017



4.6 Hoogfrequente golfmetingen

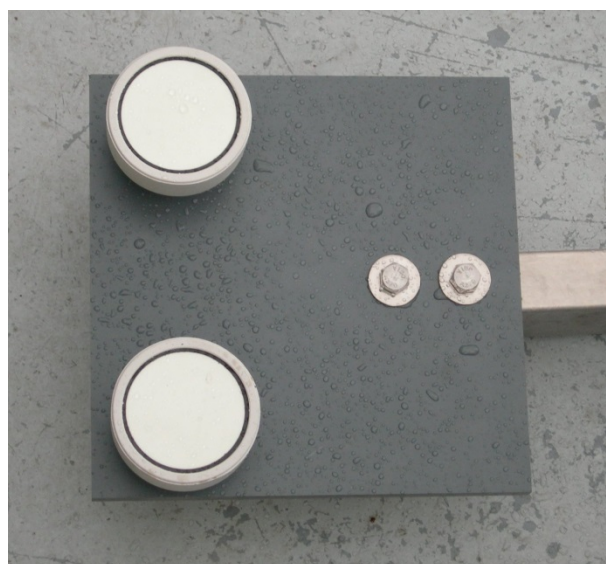
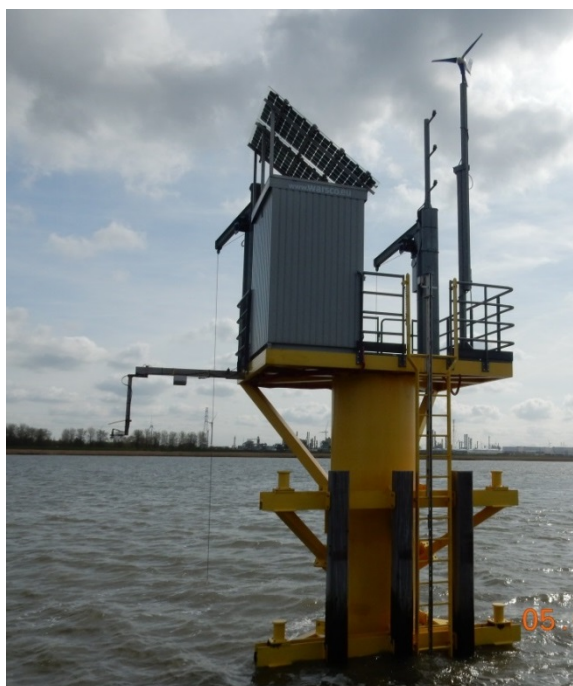
In het kader van MONEOS heeft het Waterbouwkundig Laboratorium op 30 mei 2010 een golvenmeter geïnstalleerd, eerst ter hoogte van "Galgeschoor-Lillo", nadien werd het toestel verplaatst naar de nieuwe locatie "Lillo Meetpaal".

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.

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 122). Dit toestel maakt gebruik van RADAR-technologie om hoogfrequent (5 Hz) de afstand tot het wateroppervlak te meten. De uitgestuurde ultrasone meetbundel is verticaal gezien dermate smal dat zeer fijn de golfbeweging van de waterlijn kan gemeten worden. Hierbij wordt door het toestel zelf, door meting van een referentie-afstand een correctie van de geluidsnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.

Figuur 122 – 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:

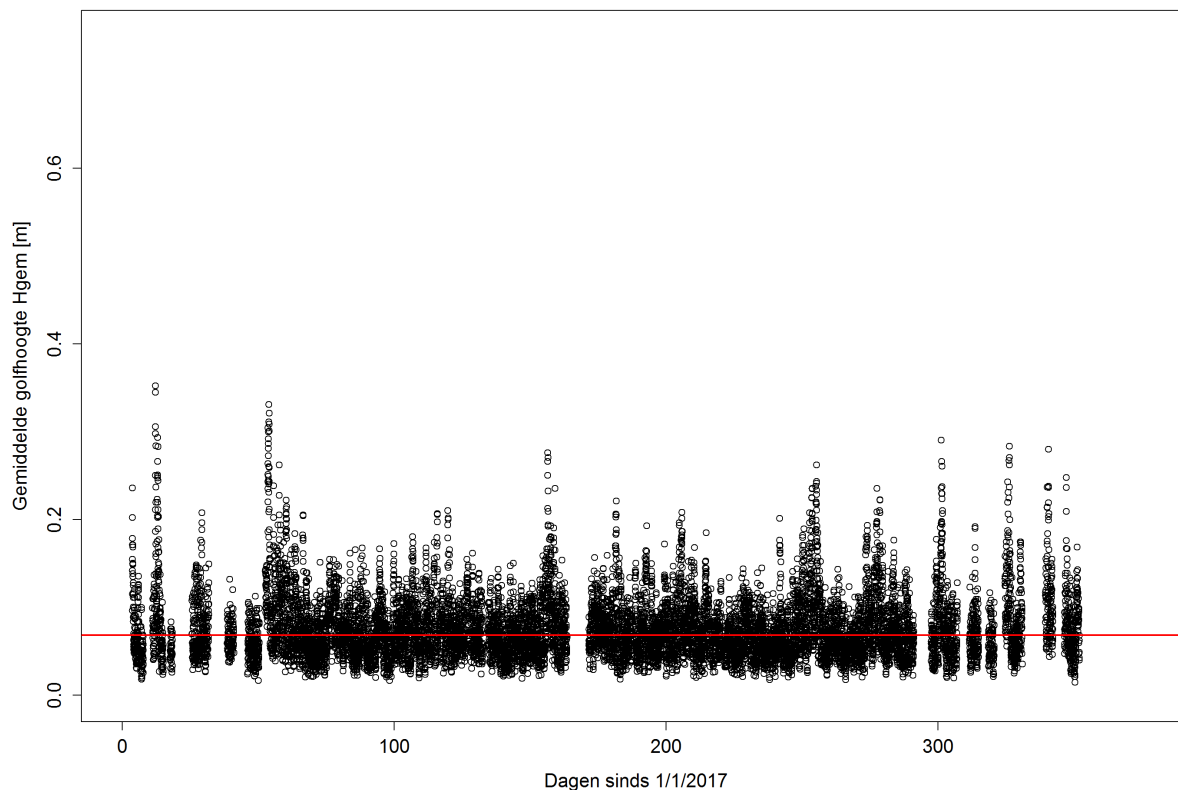
- Gemiddelde golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{gem, 30min}$) en bijbehorende periode
- Maximale golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{max, 30min}$) en bijbehorende periode
- Significante golfhoogte gedurende 30 minuten ($H_{1/3, 30min}$) en bijbehorende periode

Figuur 123 tot en met Figuur 134 geven het verloop weer van de gemiddelde, maximale en significante golfhoogte en bijbehorende periode. Daarnaast is ervoor geopteerd een boxplot-voorstelling mee op te nemen, waarbij de karakteristieke waarden van dezelfde parameters voorgesteld worden per 14 daagse periode. Daarnaast wordt per parameter ook de mediane waarde (rode lijn) getoond waarvan de waarden ook in Tabel 20 staan. Hieruit blijkt dat de karakteristieke golfparameters voor 2017 sterk gelijkend zijn op deze van 2016.

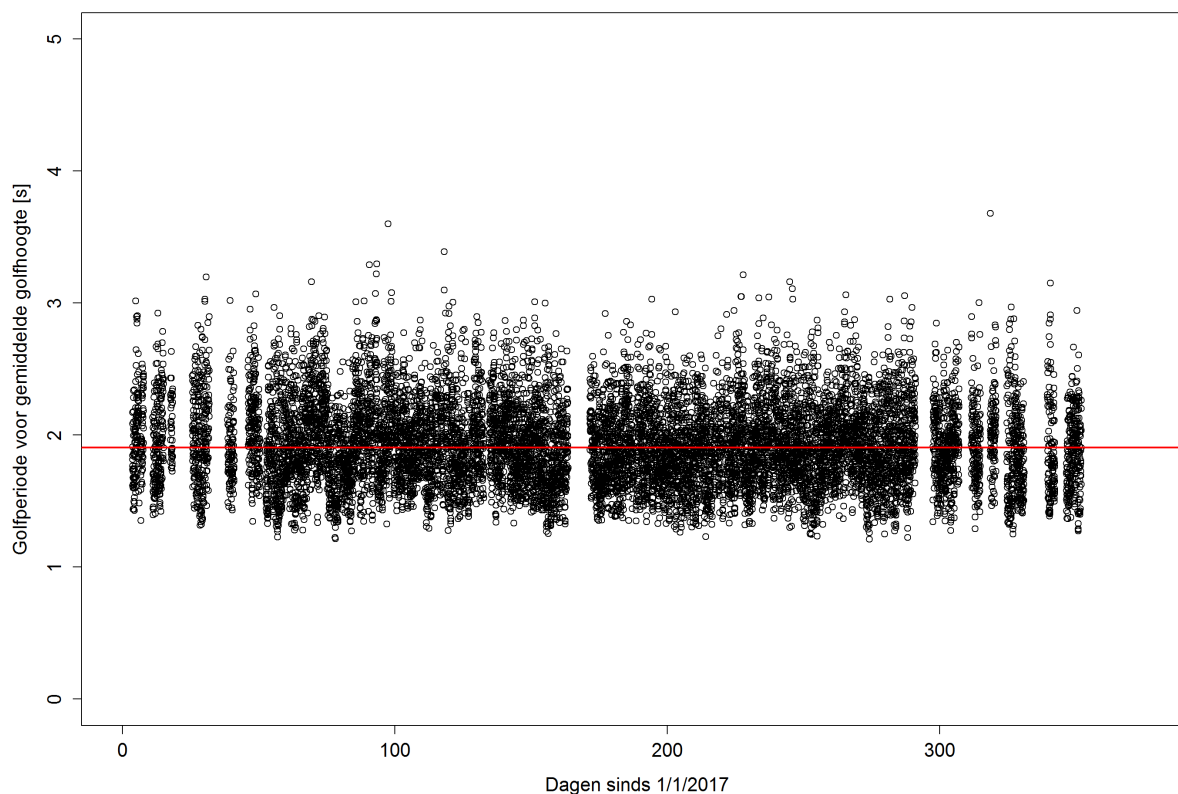
Tabel 20 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2017 en vergelijking met 2016

	2017	2016
Gemiddelde golfhoogte ($H_{gem, 30min}$)	6,9 cm	6,7 cm
Periode van gemiddelde golfhoogte ($T_{gem, 30min}$)	1,90 s	1,90 s
Maximale golfhoogte ($H_{max, 30min}$)	37,1 cm	36,6 cm
Periode van maximale golfhoogte ($T_{max, 30min}$)	2,48 s	2,49 s
Significante golfhoogte ($H_{1/3, 30min}$)	11,1 cm	11,0 cm
Periode van significante golfhoogte ($T_{1/3, 30min}$)	2,30 s	2,29 s

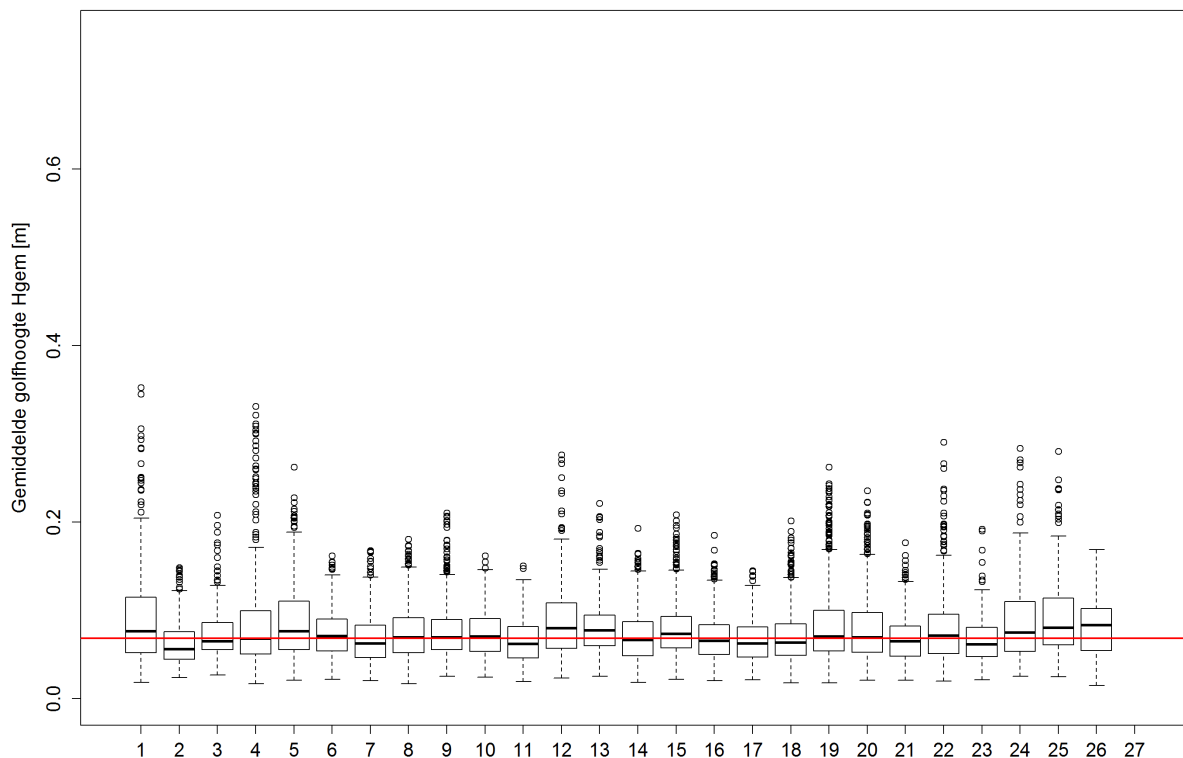
Figuur 123 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



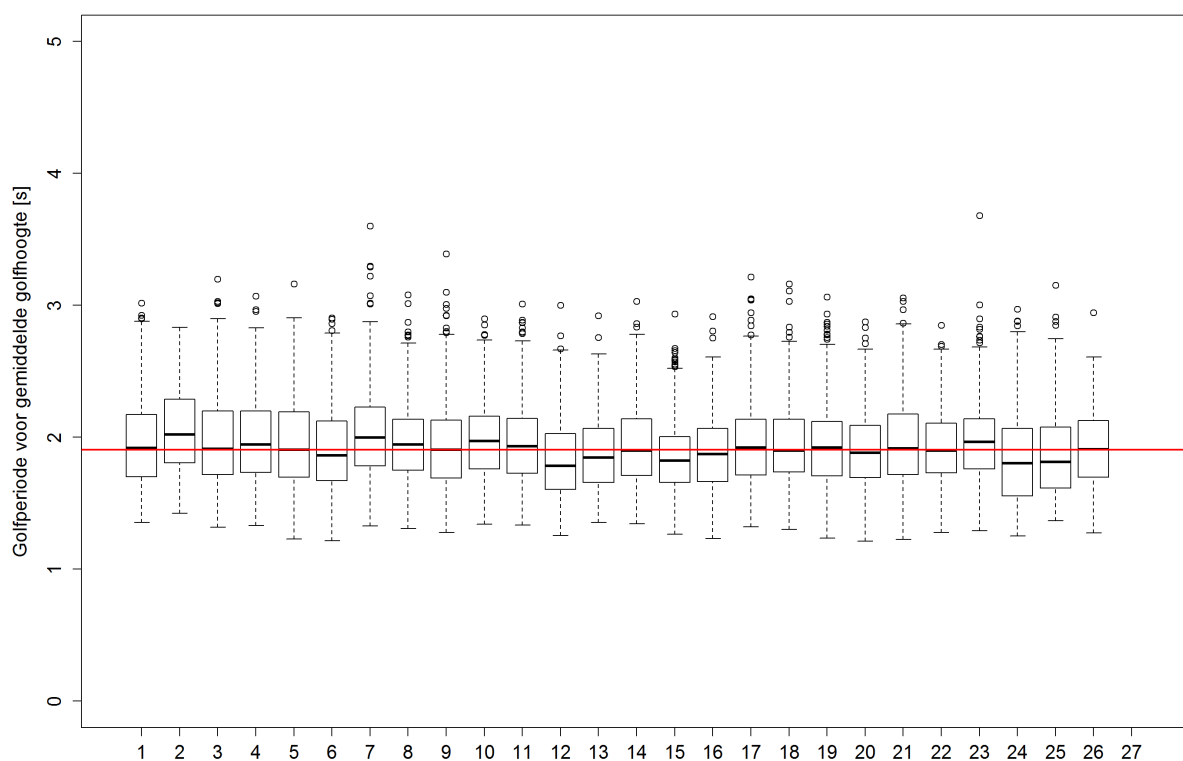
Figuur 124 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



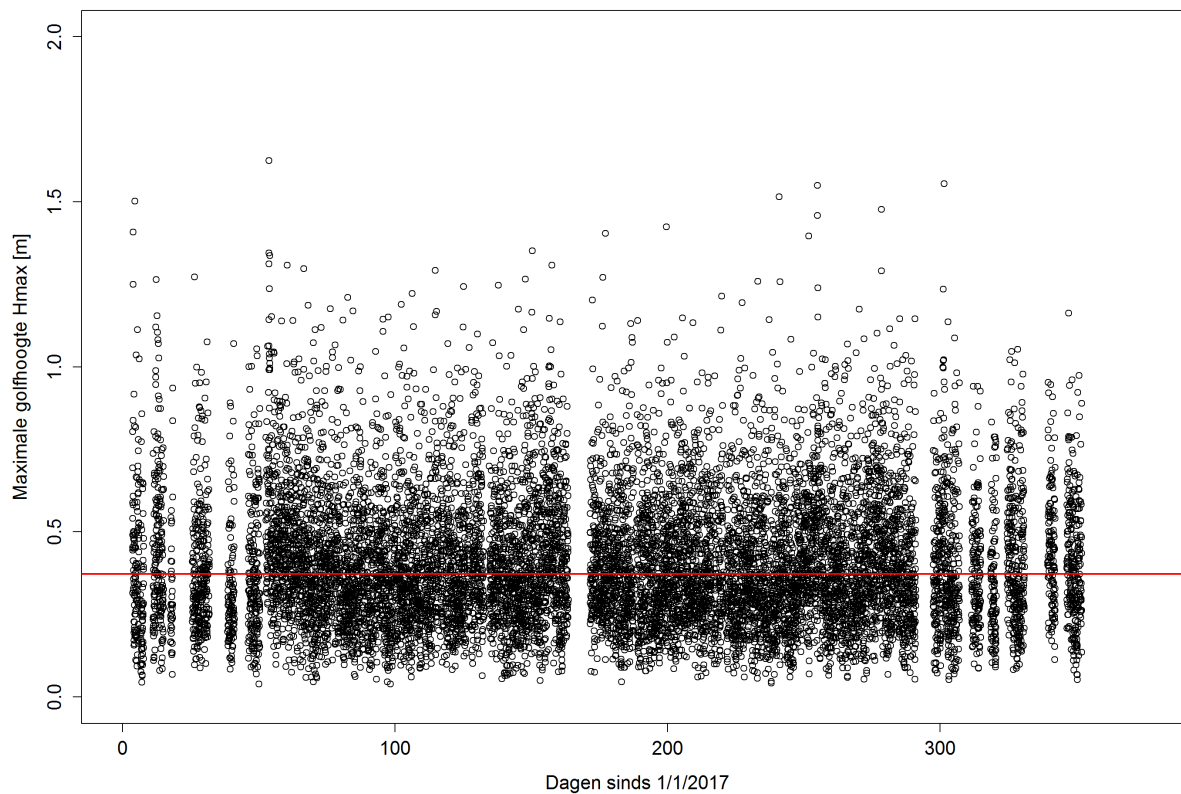
Figuur 125 – Gemiddelde golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



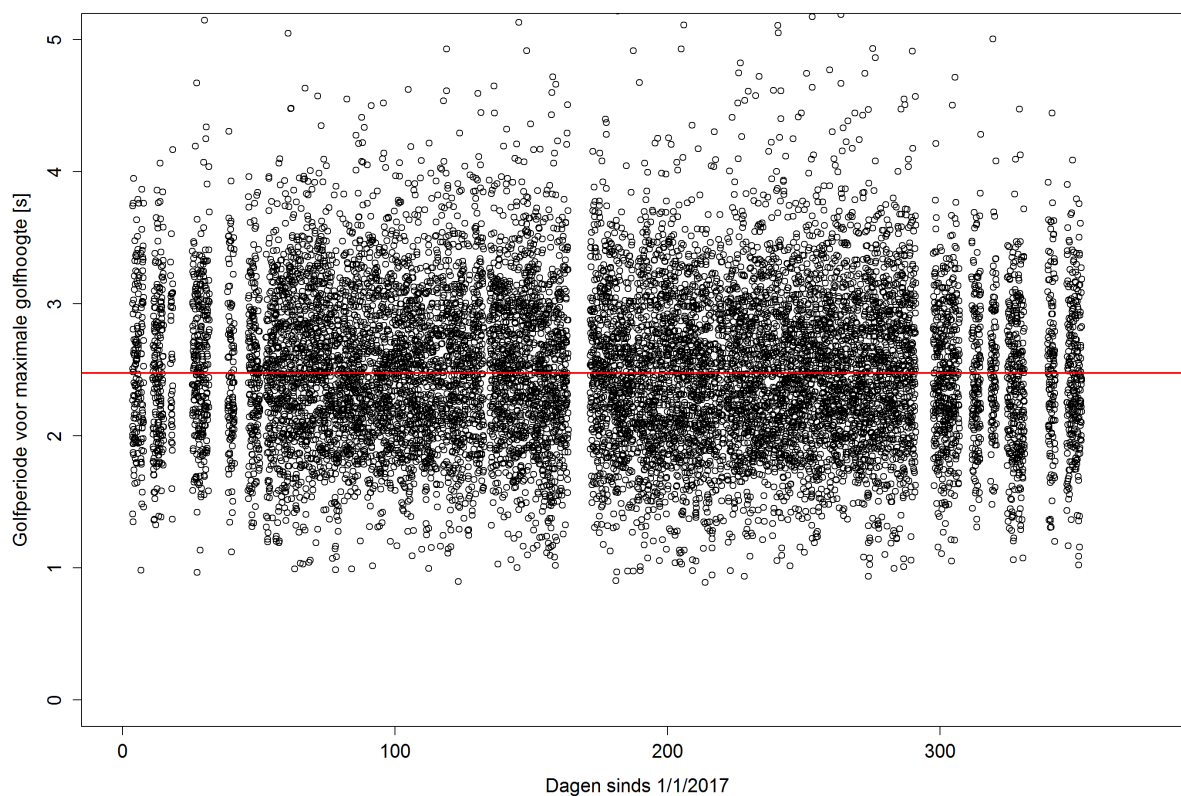
Figuur 126 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



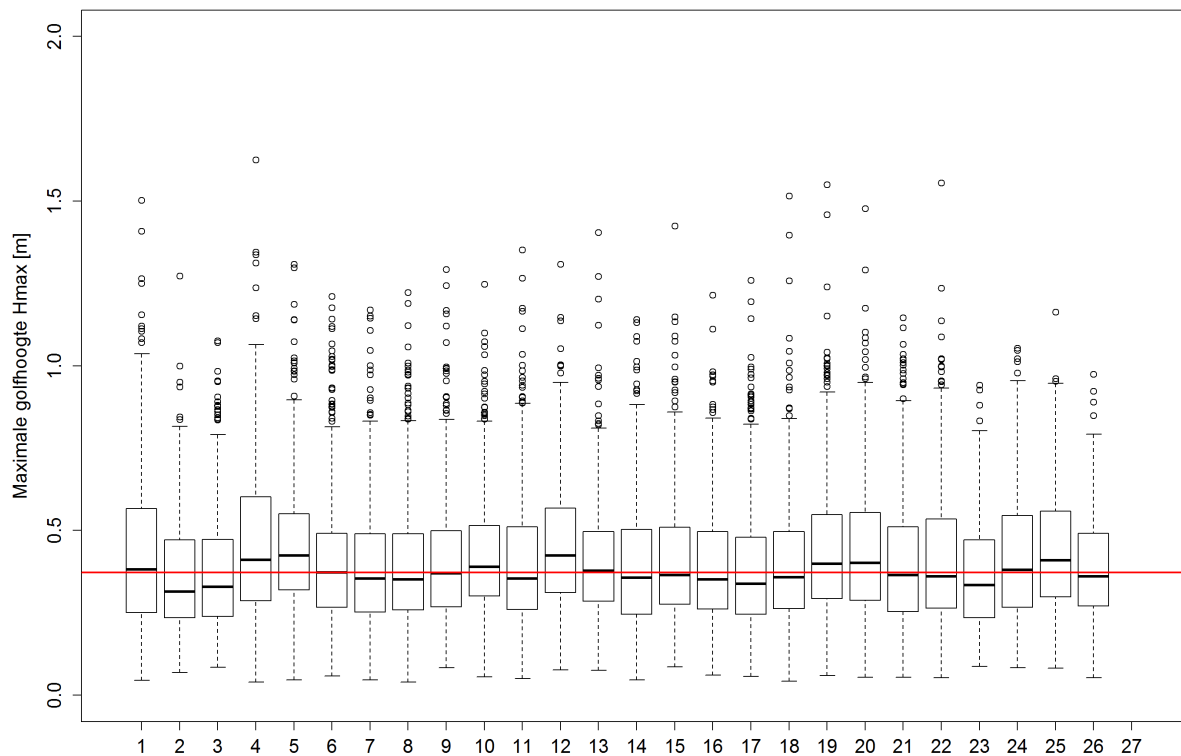
Figuur 127 – Maximale golfhoopte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



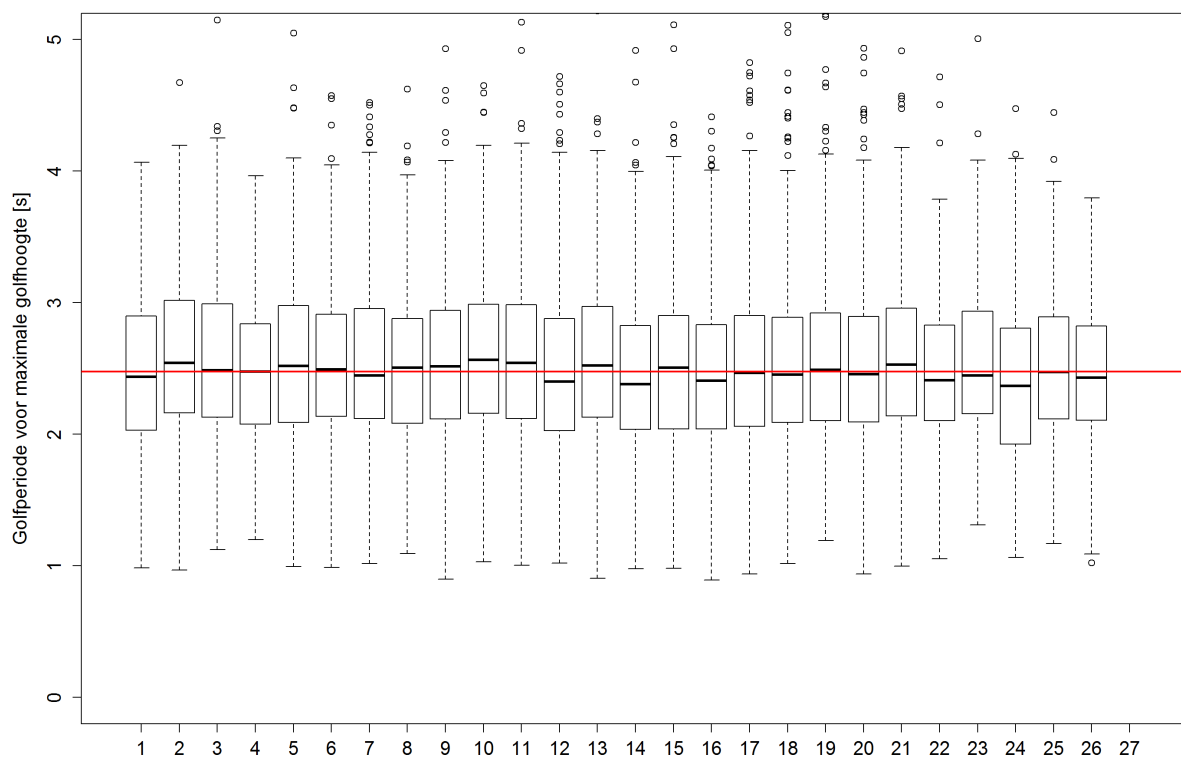
Figuur 128 – Periode behorende bij de maximale golfhoopte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



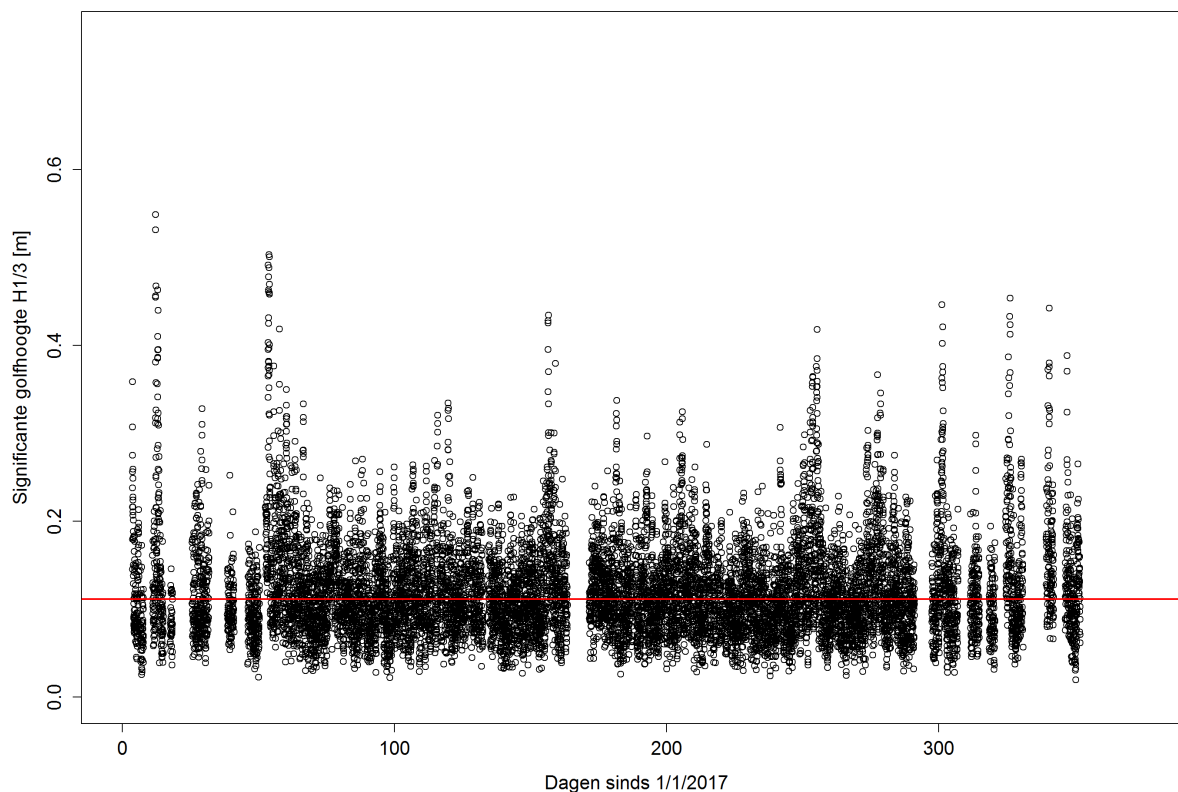
Figuur 129 – Maximale golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



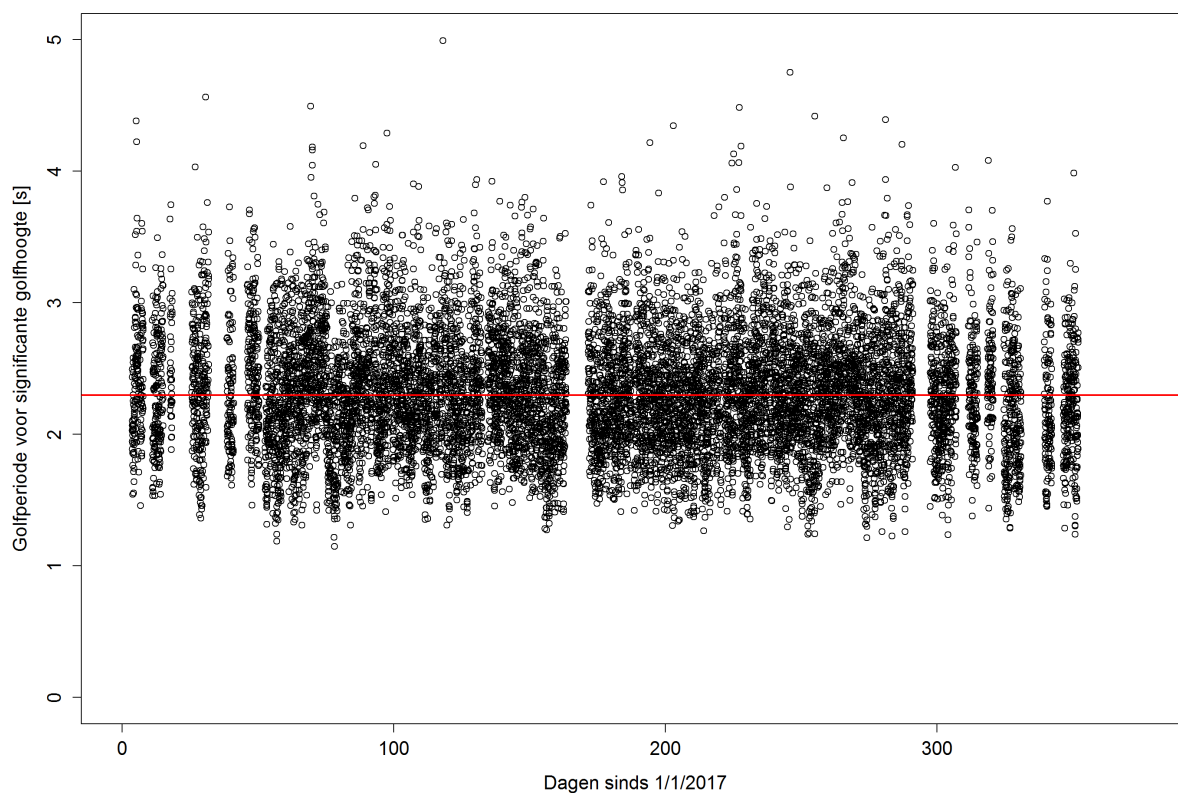
Figuur 130 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



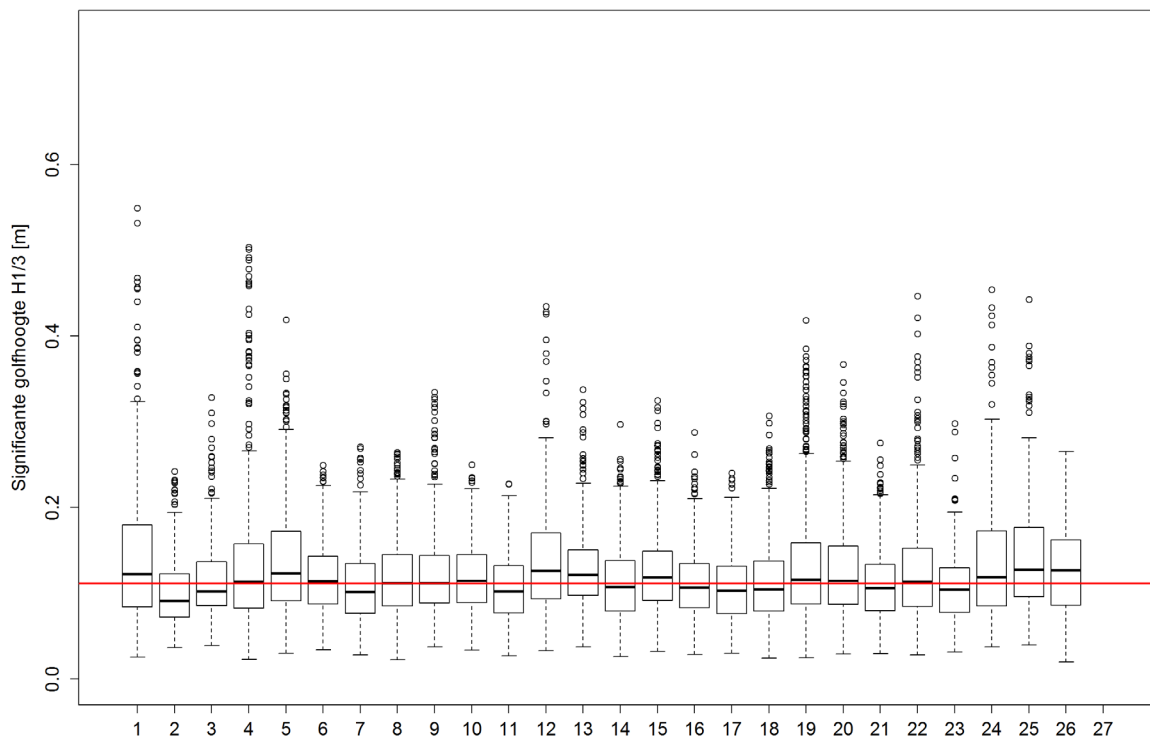
Figuur 131 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



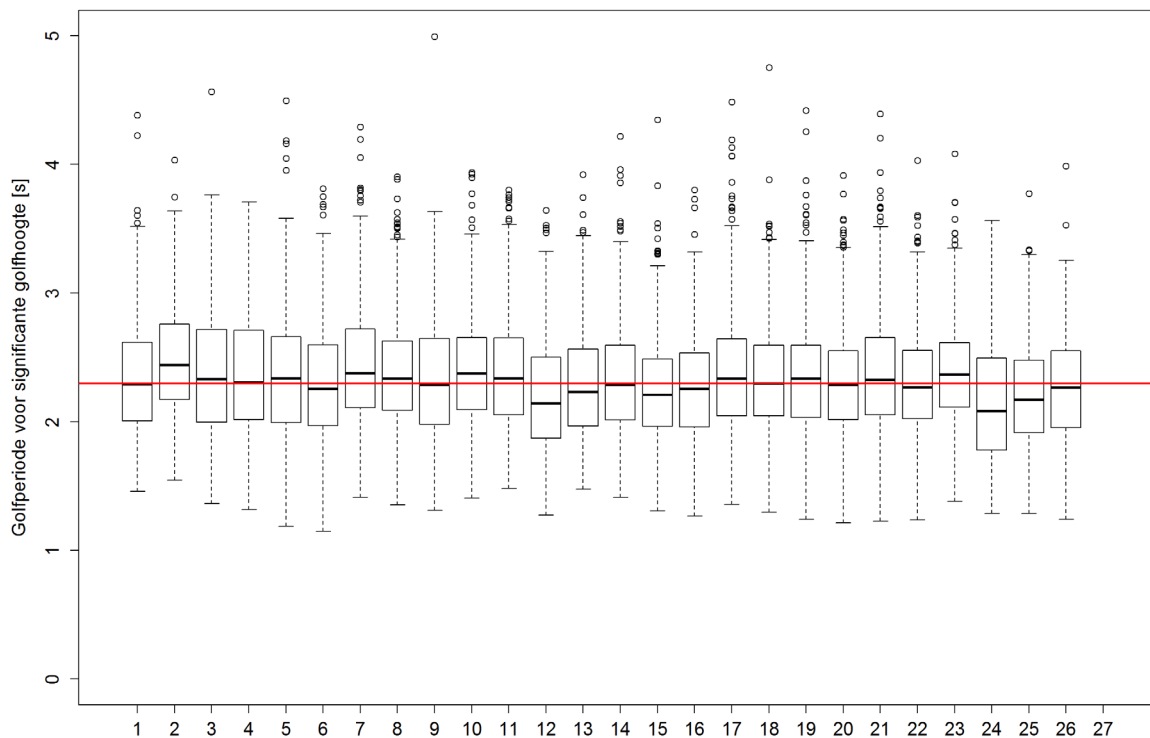
Figuur 132 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 133 – Significante golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



Figuur 134 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (boxplot per 14 dagen; rode lijn = mediaan)



5 Referenties

Denis, L.; Byttebier, L. (2015). De Sedimentaanoever vanuit de bovenrivieren naar het Scheldebekken bepalen: Sedimenttransport over dwarsdoorsnede berekenen a.d.h.v. een puntmeting. Masterthesis – Universiteit Antwerpen.

Boeckx, L.; Coen, L.; Hertoghs, R.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2017). Stormperiode Zeescheldebekken 11-14 januari 2017: Factual data. Versie 2.0. WL Rapporten, 00_119_12. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Ferket, B.; Van Hoestenbergh, T.; Claeys, S.; Vanlierde, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2015). Methodologie voor de bepaling van SSC aan meetposten met Aanderaa of YSI multiparametersondes, Versie 6.0. WL Rapporten, 12_076_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

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

Levy, Y.; Meire, D.; Mostaert, F. (2018). MONEOS, metingen halftij-eb in de Beneden-Zeeschelde: factual data rapport 2015. Versie 4.0. WL Rapporten, 13_084_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. IX, 27 + 17 p. bijlagen pp.

Maris, T.; Meire, P. (2016). OMES rapport 2015. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Universiteit Antwerpen: Antwerpen. 172 pp.

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.

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., Claeys, S., Peeters, D.; Mostaert, F. (in prep.). Overzichtsrapport kalibratiemetingen 2017: Lillo, Oosterweel, Kruike, Schellebelle en Melle. Versie 4.0. WL Rapporten, 16_000_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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.; Vereecken, H.; Mostaert, F. (in prep.). Optimalisatie monitoring Zeeschelde: Deelrapport 1 – Modernisering getijmeters en kwaliteitscontrole. Versie 1.0. WL Rapporten, 14_138_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.

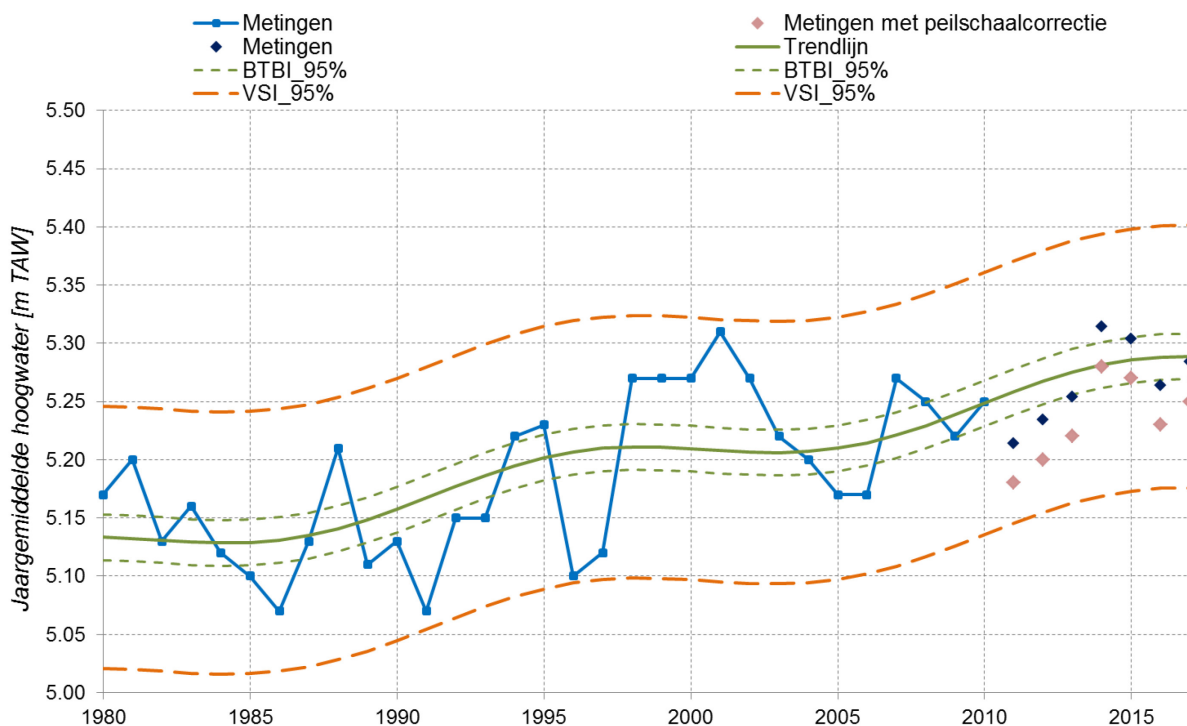
Vos, G.; Van de Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2018). MONEOS – Validatie fysische parameters: Deelrapport 2 – Optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium. Versie 2.0. WL Rapporten, 12_076_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen (in prep.).

Bijlage A: Evoluties HW en LW

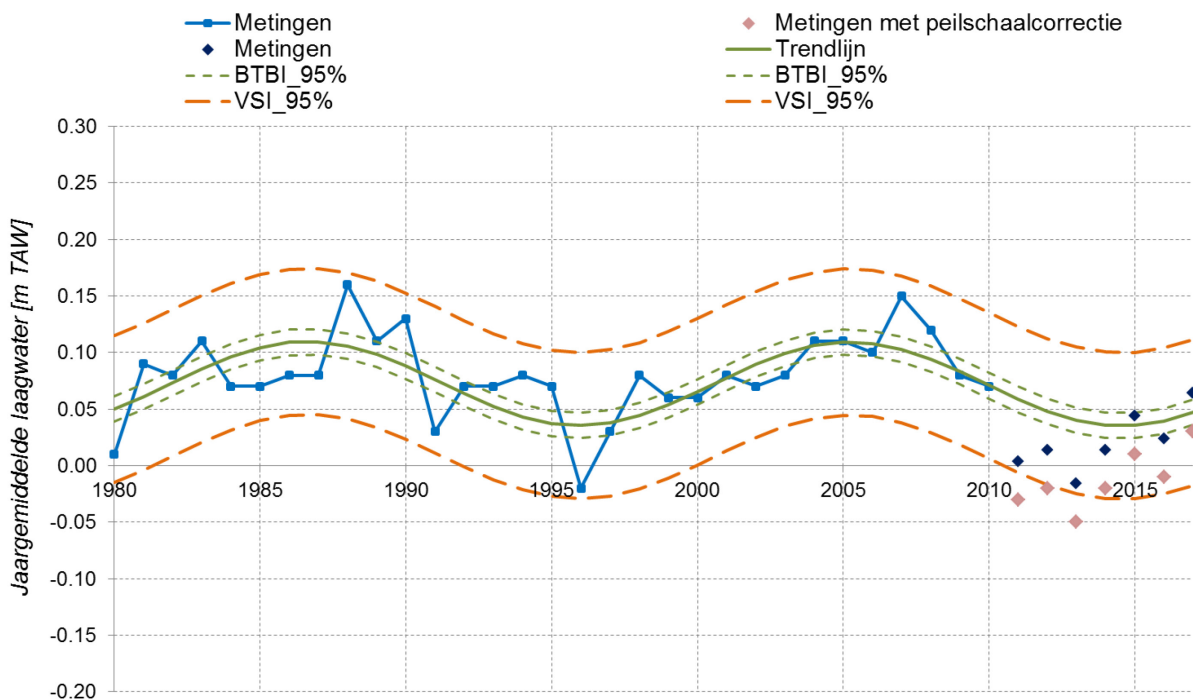
De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het lichtblauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Tenslotte worden de recente meetwaarden als donkerblauwe punten weergegeven op de grafiek. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten. Het bleek dat de peillat voor Liefkenshoek 3 cm hoger aangaf dan de werkelijke hoogte, aldus zijn al de tijgegevens met drie cm naar beneden gecorrigeerd en teruggerekend t.e.m. 2011. Een gelijkaardige correctie gebeurde ook voor de andere tijposten (Vandenbruwaene *et al.*, in prep.). Hierdoor is voor Liefkenshoek een knik waarneembaar in de eerste 2 grafieken. Om de knik te verklaren zijn zowel de zwarte ruiten (“metingen”) als de roze ruiten (“metingen met peilschaalcorrectie”) weergegeven op de grafieken. Figuur 135 tot en met Figuur 142 presenteren de resultaten voor Liefkenshoek, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater.

In het Moneos-rapport van vorig jaar (Plancke *et al.*, 2017) staat de methode om tot de trendlijn en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen en voorspellingsinterval te komen.

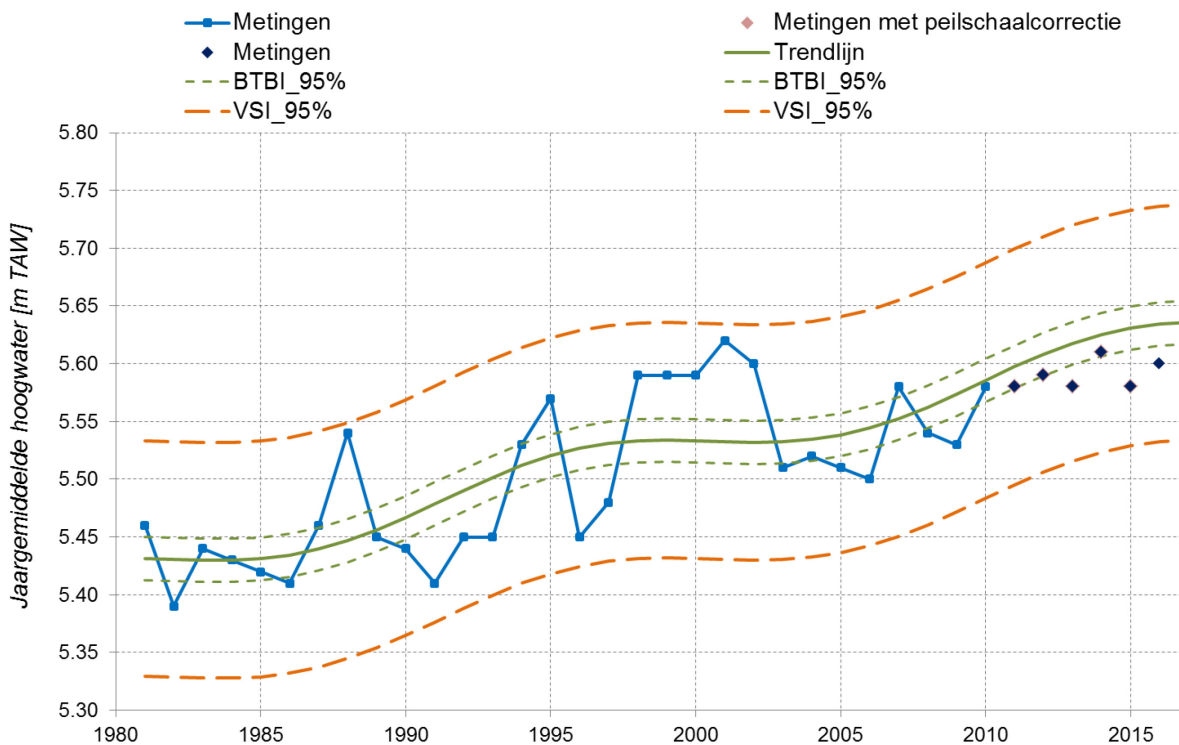
Figuur 135 – Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek



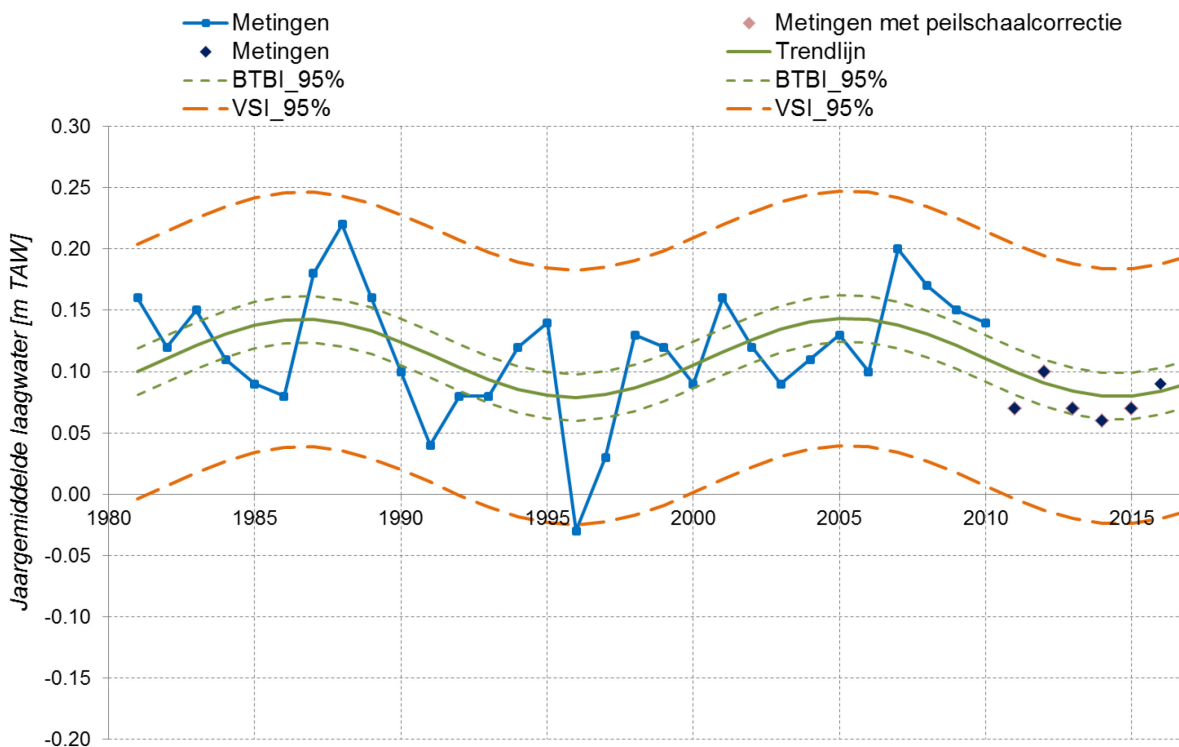
Figuur 136 – Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek



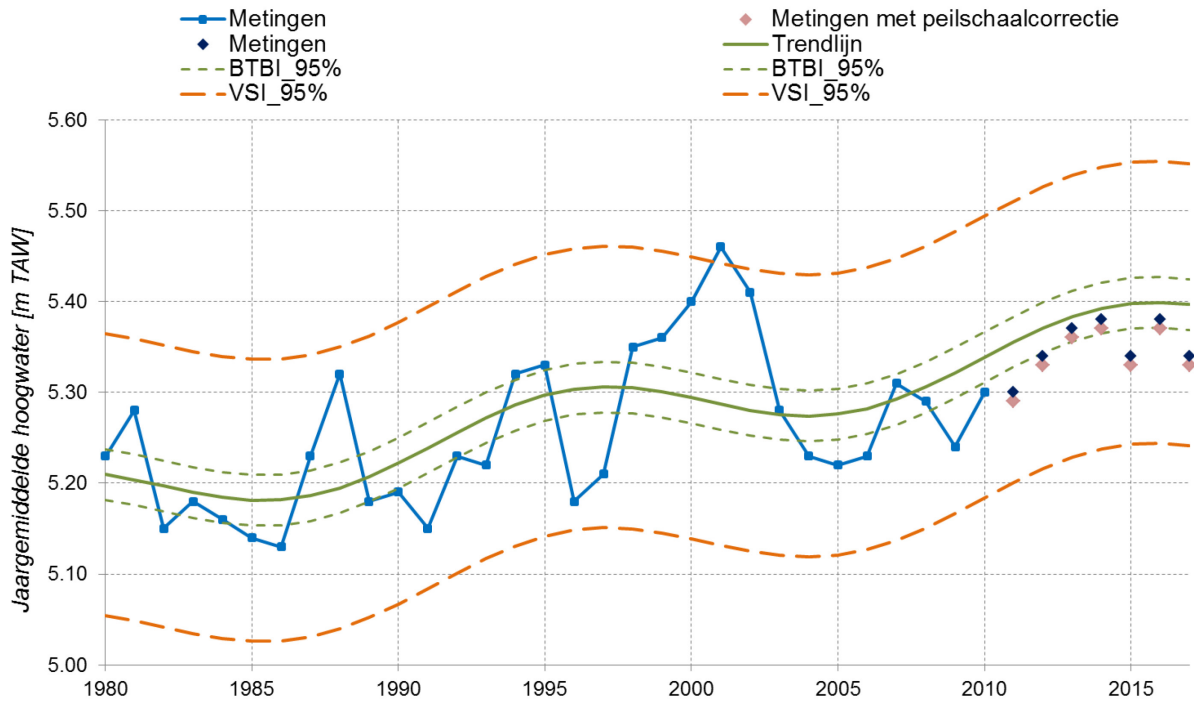
Figuur 137 – Ontwikkeling van het hoogwater te Temse



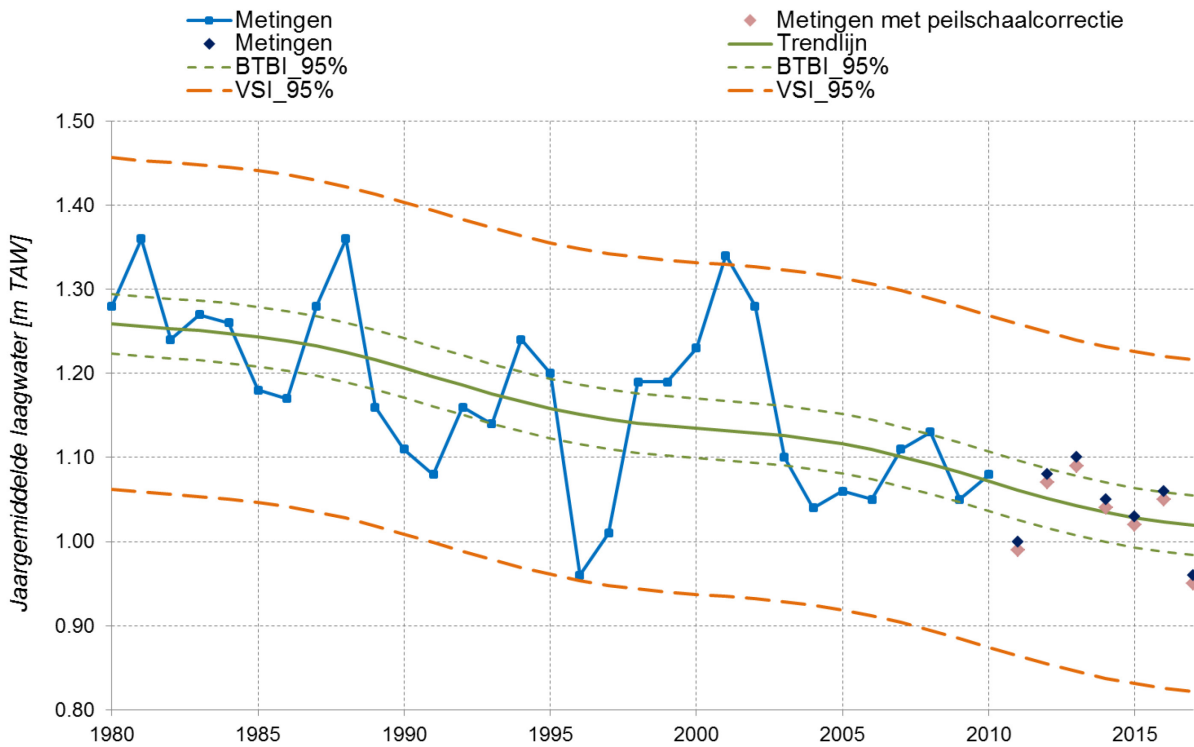
Figuur 138 – Ontwikkeling van het laagwater te Temse



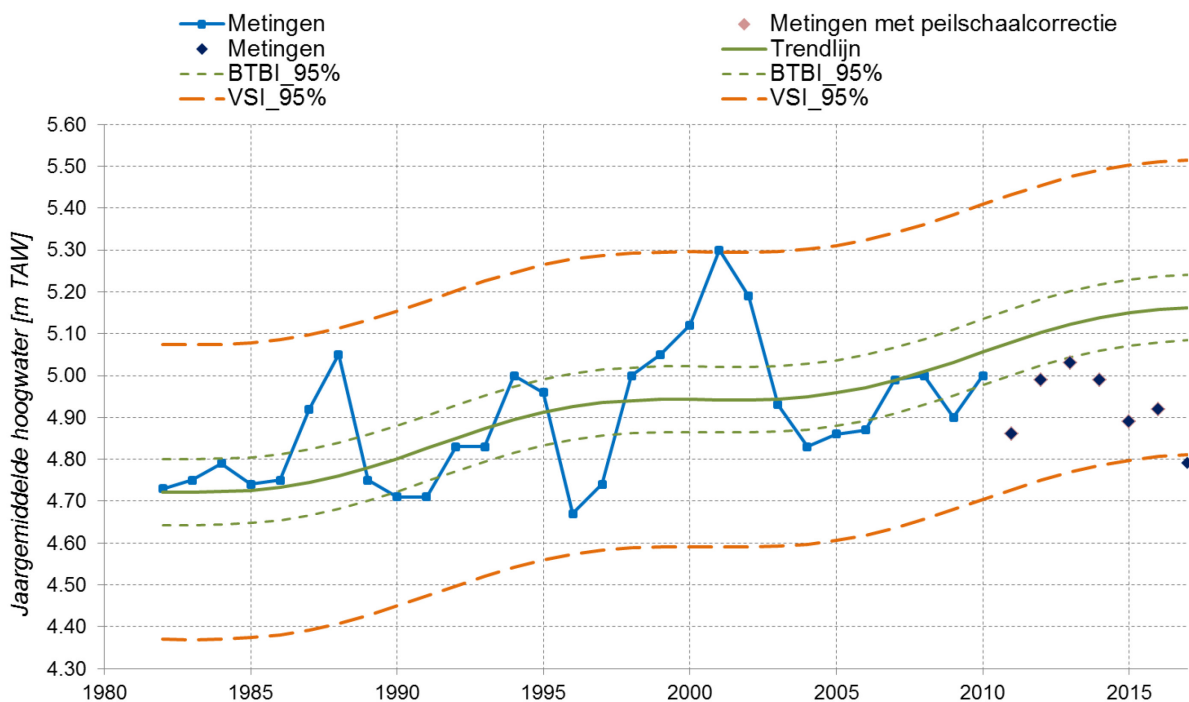
Figuur 139 – Ontwikkeling van het hoogwater te Dendermonde



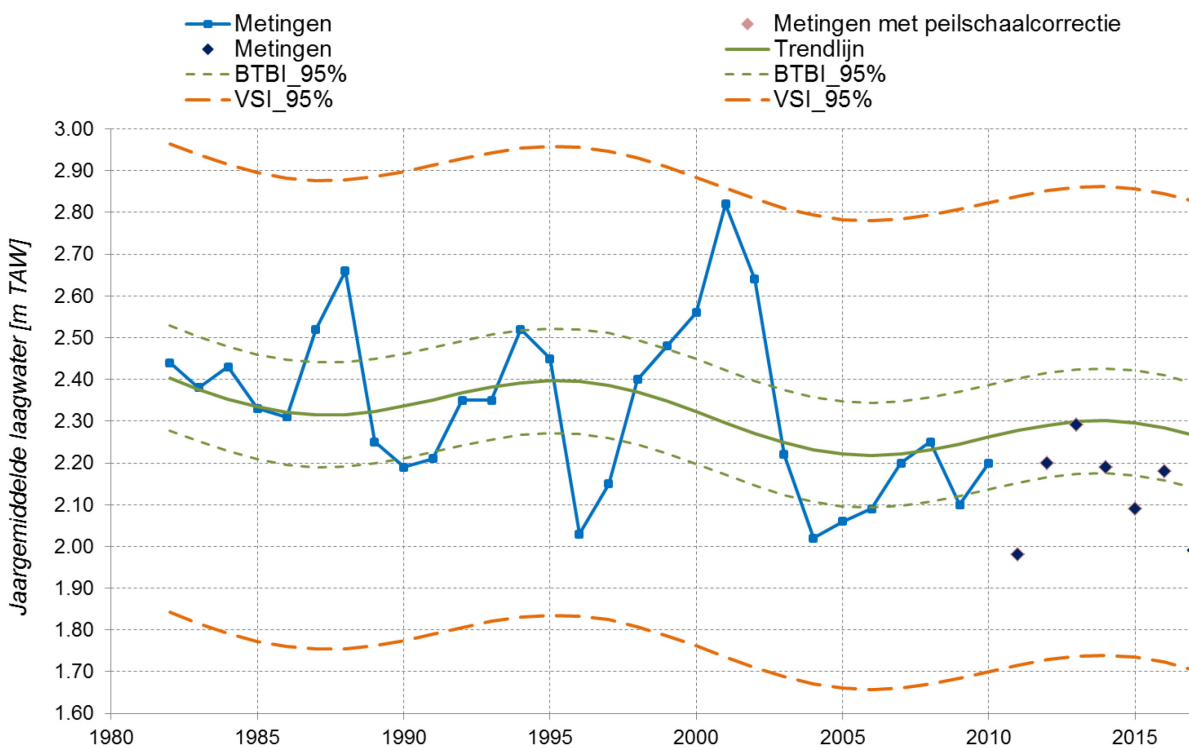
Figuur 140 – Ontwikkeling van het laagwater te Dendermonde



Figuur 141 – Ontwikkeling van het hoogwater te Wetteren



Figuur 142 – Ontwikkeling van het laagwater te Wetteren



Bijlage B: Kalibratie Turbiditeit – SSC

Om aan de hand van turbiditeit de sedimentconcentratie te kunnen bepalen moet er een relatie tussen beide gevonden worden. Er worden daarom pompstalen genomen waarvan de sedimentconcentratie gerelateerd wordt aan de turbiditeitsmeting op datzelfde moment. Ter hoogte van Lillo-meetpaal, Oosterweel, Kruikeke en Schellebelle zijn specifieke kalibratiecampagnes uitgevoerd. Voor de meetlocatie Melle is de kalibratie uitgevoerd aan de hand van 7-uurlijkse pompstalen die continu opgepompt worden met behulp van de ISCO automatische bemonsteringstoestellen.

A. Specifieke kalibratiecampagnes

Gedurende meerdere jaren zijn ter hoogte van Oosterweel, Boei 84 en Driegoten kalibratiecampagnes uitgevoerd waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt zijn waarvan nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald. Tegelijkertijd werd de turbiditeit geregistreerd. Sinds 2016 worden dergelijke campagnes ook in Kruikeke en Lillo uitgevoerd waarbij de gevonden relaties te Lillo goed aansluiten met de data van Boei 84, waar de kalibraties ondertussen zijn gestopt. Meer informatie omtrent de kalibratiecampagnes is terug te vinden in Thant *et al.* (in prep.). Vanaf 2017 worden er op alle MONEOS-locaties 4 (seizoenale) campagnes per jaar uitgevoerd. Uit deze meetgegevens worden er vervolgens relaties tussen SSC en turbiditeit opgesteld. Voor meer informatie omtrent het opstellen van de relaties wordt verwezen naar Ferket *et al.* (2015). Door deze relaties toe te passen kan men voor alle meetlocaties inschattingen van het suspensiegehalte verkrijgen. Merk op dat de Seaguard 500 toestellen beperkt zijn in hun meetbereik (500 FTU). Hoge sedimentconcentraties worden dus onderschat. Hierdoor moet men rekening houden dat de gemiddelde concentratiewaardes, berekend uit deze waarden, onderschattingen kunnen zijn.

A.1 Overzicht

Tabel 21 geeft de correlatie (R^2), Root Mean Squared Error (RMSE) en Mean Squared Prediction Error (MSPE) van de turbiditeit-SSC relaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels (N) en de minima en maxima van de dataset getoond. De relatie is dan ook enkel geldig binnen deze grenzen. Hoewel de RMSE op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit de MSPE (en R^2) dat de regressies van een goede kwaliteit zijn. De correlatie bij Kruikeke is vrij laag, deels doordat de kalibratiepunten louter het onderste van het opgemeten bereik omvatten.

Tabel 21 – Overzicht van de parameters voor de turbiditeit-SSC relatie meetlocaties

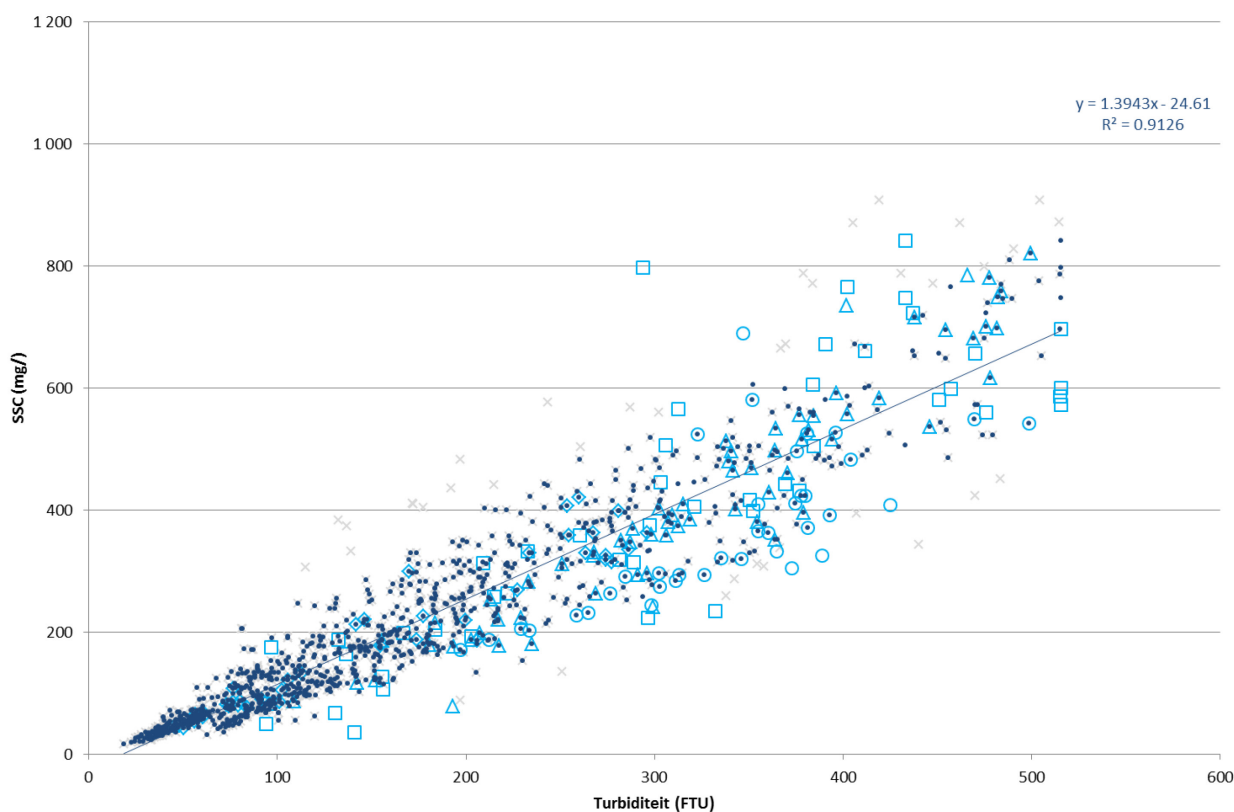
Meetlocatie - Type	R^2	RMSE	MSPE	N	Min. Turb	Max. Turb	Min. SSC	Max. SSC
Lillo - SG500	0.91	50	23	1053	19	515	16	842
Lillo - SG2500	0.96	52	22	600	22	818	32	1013
Oosterweel - SG2500	0.95	45	11	956	53	806	52	1153
Kruikeke - YSI	0.57	87	59	185	31	204	63	301
Schellebelle - YSI	0.96	27	22	192	27	187	35	267

A.2 Meetpaal Lillo (en data Boei-84)

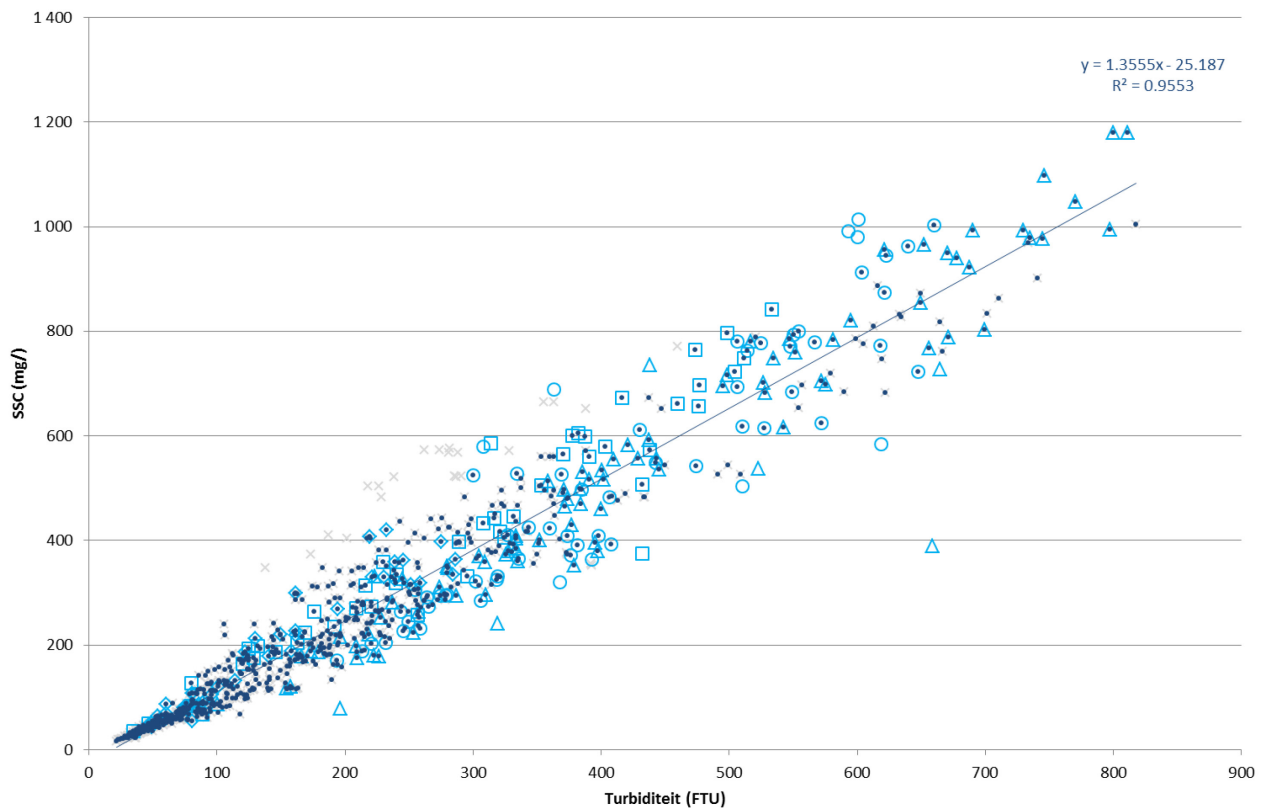
Zoals eerder vermeld, is het bovenste meettoestel aan de meetpaal te Lillo van het type Seaguard500 (SG500). Dit toestel kan geen turbiditeit hoger dan 500 FTU registreren wegens verzadiging van de sensor. Dit probleem komt niet voor bij de Seaguard2500 dat tot 2500 FTU kan meten.

Figuur 143 en Figuur 144 tonen de verbanden tussen turbiditeit en SSC met respectievelijk Seaguard 500 en Seaguard 2500. De grijze kruisjes zijn de historische (voor 2017) de gekleurde symbolen zijn de metingen vanaf 2017 (symbool per kalibratiecampagne). De donkerblauwe stippen duiden de metingen aan die gebruikt zijn om de relatie tussen turbiditeit en SSC op te stellen. De overige metingen zijn de uitschieters die meer dan 3 keer de standaardafwijking van de verwachte waarde afwijken.

Figuur 143 – Meetpaal Lillo – SG500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van de historische meetlocatie Boei 84 en het bovenste toestel aan de meetpaal te Lillo.



Figuur 144 – Meetpaal Lillo – SG2500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen ter hoogte van de historische meetlocatie Boei 84 en het onderste toestel aan de meetpaal te Lillo.

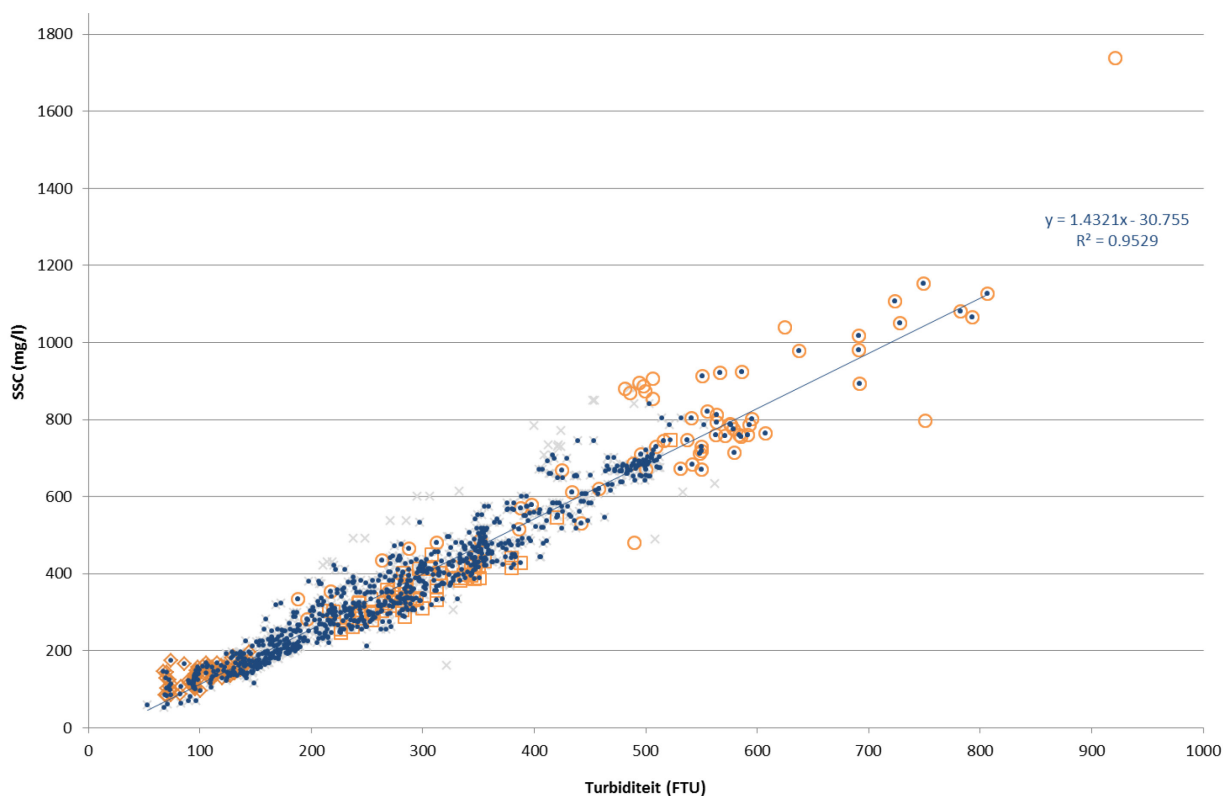


A.3 Oosterweel

In 2017 is er enkel een relatie gemaakt op basis van de turbiditeitsmetingen met de Seaguard 2500.

Figuur 145 toont het verbanden tussen turbiditeit en SSC. De grijze kruisjes zijn de historische (voor 2017) de gekleurde symbolen zijn de metingen vanaf 2017 (symbool per kalibratiecampagne). De donkerblauwe stippen duiden de metingen aan die gebruikt zijn om de relatie tussen turbiditeit en SSC op te stellen. De overige metingen zijn de uitschieters die meer dan 3 keer de standaardafwijking van de verwachte waarde afwijken.

Figuur 145 – Oosterweel – SG2500: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor Aanderaa Seaguard toestellen nabij Oosterweel. De meetcampagnes die beïnvloed werden door baggeractiviteiten zijn niet opgenomen.

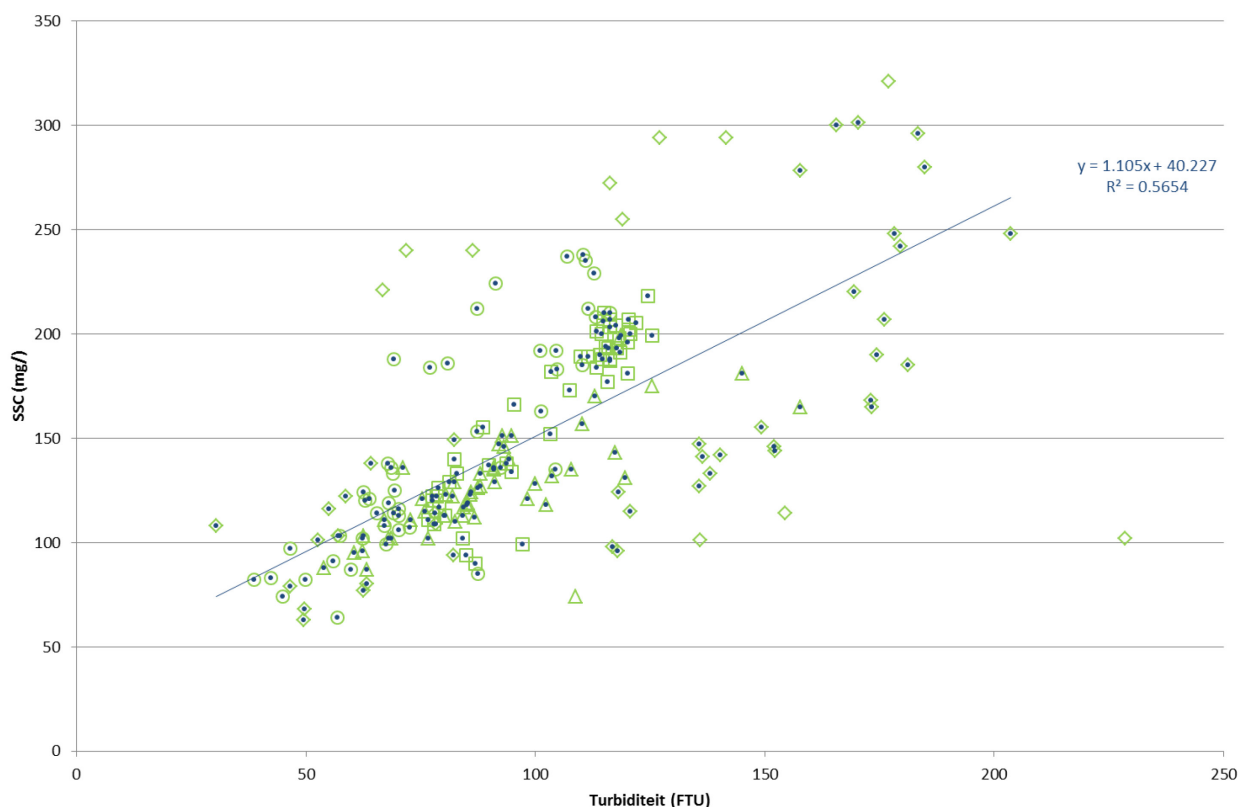


A.4 Kruibeke

Het multiparameter toestel (YSI) te Kruibeke is nog maar sinds 25/09/2016 in gebruik genomen. Hierdoor zijn de eerste kalibratiecampagnes pas uitgevoerd in 2017 (Figuur 146). De gekleurde symbolen zijn de metingen vanaf 2017 (symbool per kalibratiecampagne). De donkerblauwe stippen duiden de metingen aan die gebruikt zijn om de relatie tussen turbiditeit en SSC op te stellen. De overige metingen zijn de uitschieters die meer dan 3 keer de standaardafwijking van de verwachte waarde afwijken.

De kalibratiepunten omvatten nog niet het volledige opgemeten bereik. De turbiditeit-SSC relatie dient in de toekomst, wanneer er meer meetgegevens beschikbaar zullen zijn, dus nog verfijnd te worden.

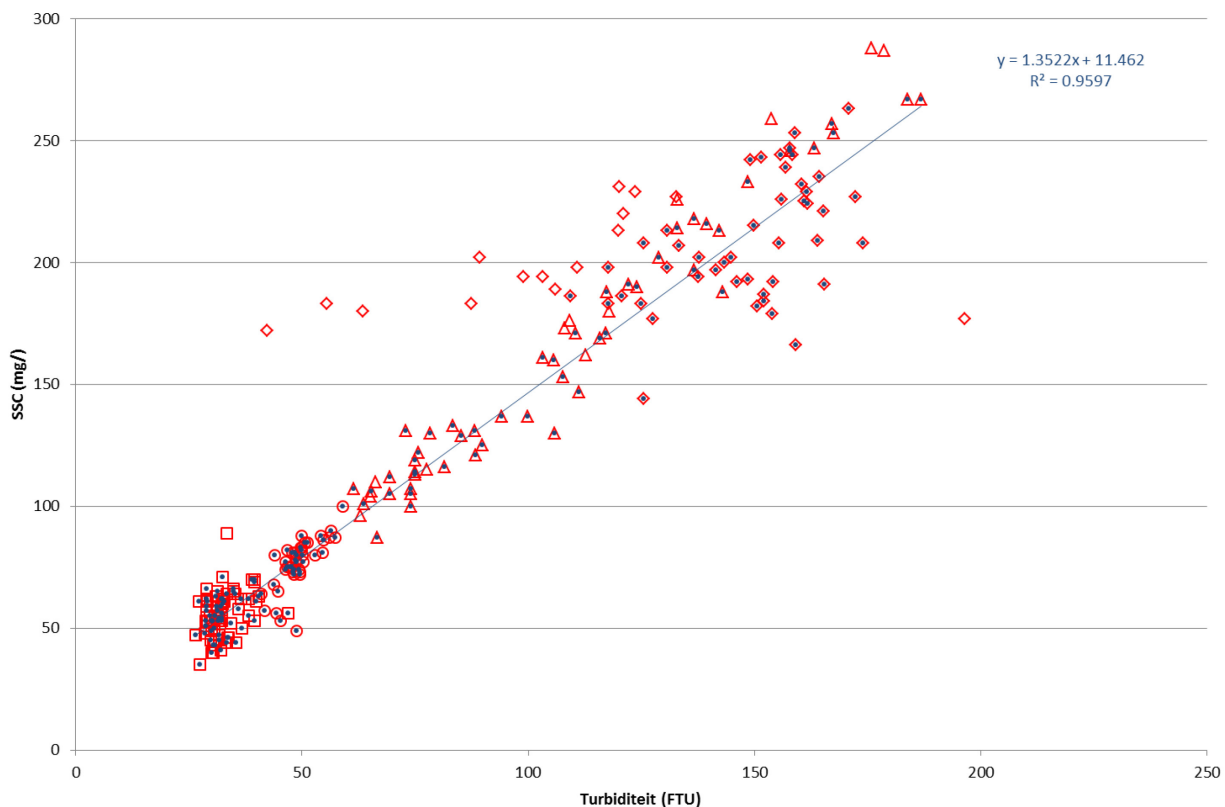
Figuur 146 – Kruibeke – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Kruibeke.



A.4 Schellebelle

Het multiparameter toestel (YSI) te Schellebelle is nog maar sinds 15/12/2016 in gebruik genomen. Hierdoor zijn de eerste kalibratiecampagnes pas uitgevoerd in 2017 (Figuur 146). De gekleurde symbolen zijn de metingen vanaf 2017 (symbool per kalibratiecampagne). De donkerblauwe stippen duiden de metingen aan die gebruikt zijn om de relatie tussen turbiditeit en SSC op te stellen. De overige metingen zijn de uitschieters die meer dan 3 keer de standaardafwijking van de verwachte waarde afwijken.

Figuur 147 – Schellebelle – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Schellebelle.



B. Kalibratie op basis van continue 7-uurlijkse pompstalen

De kalibratiecampagnes (gebruikt hierboven) nabij Melle leverden geen bruikbare analyse op (Thant *et al.*, in prep.). Daarom werd de methode van MONEOS 2016 aangehouden. Hierbij wordt een relatie opgesteld tussen de turbiditeit en de gesuspendeerde sedimentconcentratie in de pompstalen die om de 7 uur genomen worden. Deze relatie wordt opgesteld voor een dataset van meerdere jaren (3). Hiertoe wordt een lineaire regressie uitgevoerd tussen turbiditeit in functie van SSC. Wanneer wenselijk (statistische analyse) kunnen de gegevens eerst logaritmisch getransformeerd worden (tiendelig logaritme).

Daarna wordt nagegaan of het noodzakelijk is om verschillende relaties op te stellen voor bepaalde deelperiodes, zomer (mei t.e.m. september) en winter (oktober t.e.m. april). Hiertoe wordt het verschil berekend tussen de gemeten SSC-waarden en de SSC-waarden voorspeld door het model. Wanneer dit verschil duidelijk verschillend is voor bepaalde periodes (vb. steeds negatief in de zomer en positief in de winter), worden voor deze periodes aparte relaties opgesteld. Via een Chow-test wordt dan nagegaan of deze relaties significant verschillend zijn en of het dus zinvol is om de aparte relaties toe te passen.

Tevens worden de 95%-voorspellingsintervallen bepaald voor het voorspellingsmodel. Een 95% voorspellingsinterval betekent dat als men een extra observatie zou hebben, de bijhorende voorspelde waarde met 95% kans binnen het voorspellingsinterval zal liggen.

In het volgende hoofdstuk worden zowel de relatie als de modelstatistieken gegeven voor de pompstalen te Melle. Merk op dat er hier nog geen EWI-correcties op uitgevoerd zijn (zie §4.3).

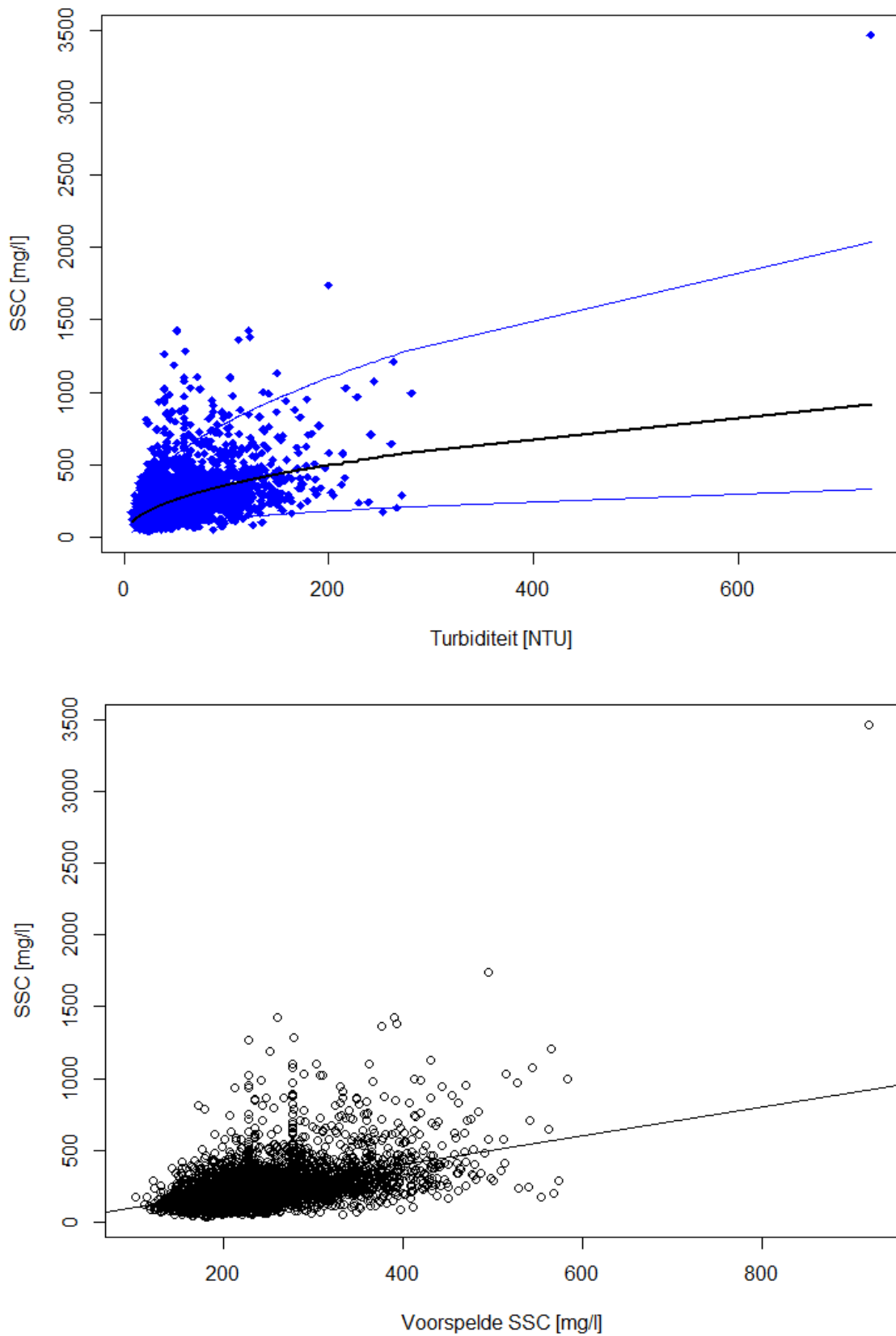
B.1 Melle

De 7-uurlijkse stalname door middel van een automatisch pompstation is stopgezet in januari 2017; Voor Melle is de relatie van MONEOS 2016 (Plancke *et al.*, 2017) overgenomen. Tabel 22 geeft een overzicht van karakteristieke parameters voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Melle. De resulterende relatie is gepresenteerd in Figuur 148.

Tabel 22 – Overzicht parameters voor de turbiditeit-SSC relatie te Melle

Melle					
Turbiditeit (NTU)	Minimum 7,3	Mediaan 42,1	Gemiddelde 51,46	STDEV 34,88	Maximum 729,7
SSC (mg/L)	Minimum 35	Mediaan 215	Gemiddelde 249,33	STDEV 163,93	Maximum 3462
Model-statistieken	N 3688	R² 0,25	RMSE 144	MSPE 57,6	P² 0,25
Relatie	SSC = 10 ^{1,54988} *Turb ^{0,477} *1,12				
LPI	SSC = 10 ^{1,157} *Turb ^{0,4769}				
UPI	SSC = 10 ^{1,643} *Turb ^{0,4771}				

Figuur 148 – Melle – YSI: Kalibratielerelatie tussen de SSC opgemeten in de pompstalen en de turbiditeit van het YSI toestel te Melle.



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