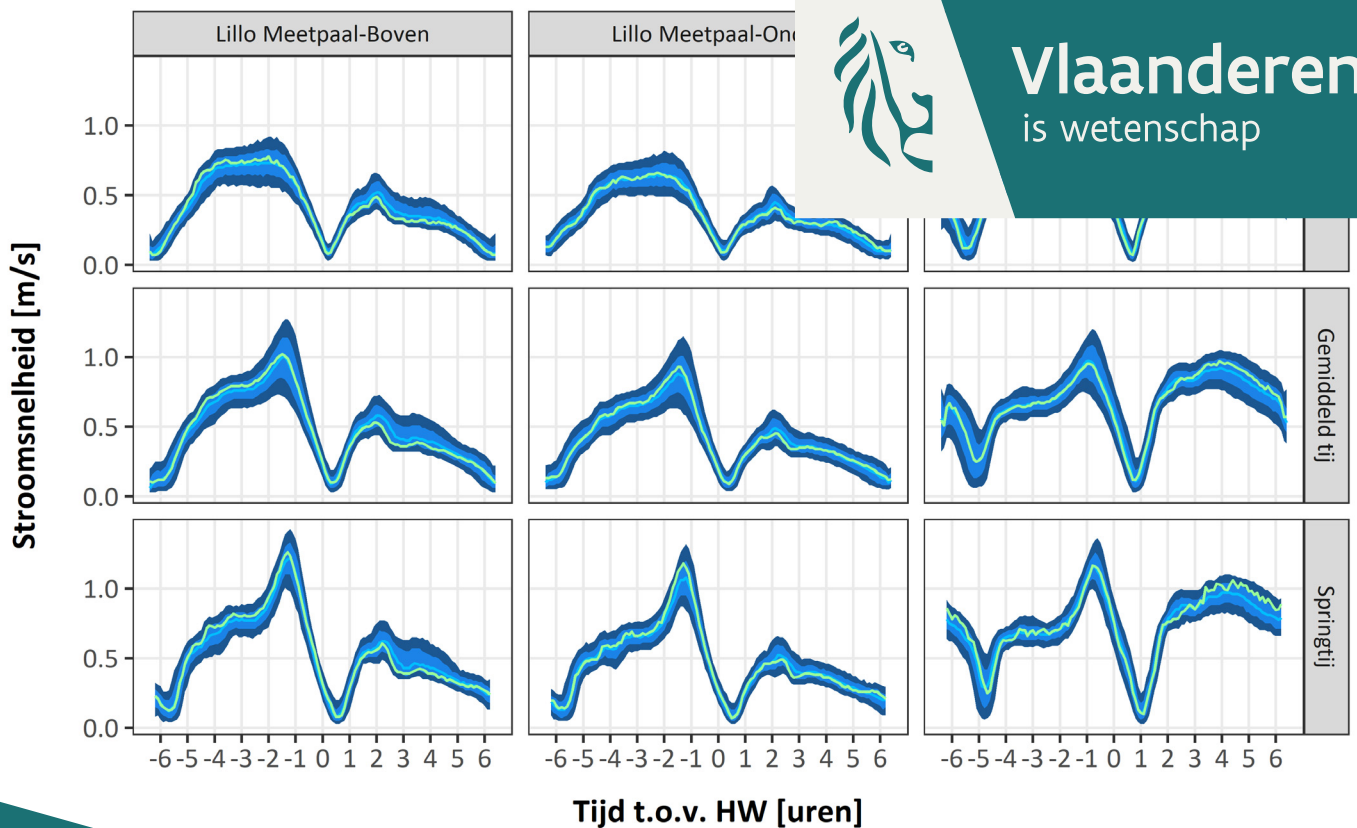


■ P10-P90 (2001-2019) ■ P25-P75 (2001-2019) — P50 (2001-2019) — P50 (2020)



PA047_10
WL rapporten

Monitoring Effecten Ontwikkingschets (MONEOS) Jaarboek monitoring 2020

Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters
in Zeeschelde en bijrivieren

Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2020

Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters
in Zeeschelde en bijrivieren

Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs,
R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2021
D/2021/3241/147

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs, R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2021). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2020: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 4.0. WL Rapporten, PA047_10. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.






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

Documentidentificatie



Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2021RPA047_10
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Getij Hydraulica en sediment > Rivierafvoer Hydraulica en sediment > Cohesief sediment		
Tekst (p.):	80	Bijlagen (p.):	17
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee <input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar		

Auteur(s):	Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs, R.
------------	---

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Claeys, S.; Meire, D.;	<small>Getekend door:Stijn Claeys (Signature) Getekend op:2021-08-16 12:29:35 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small> 
	Plancke, Y.; Vereecken, H.	<small>Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2021-08-23 10:17:52 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small>  <small>Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2021-08-24 14:38:56 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small>  <small>Getekend door:Hans Vereecken (Signatu) Getekend op:2021-08-23 11:29:47 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small> 
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	<small>Getekend door:Wouter Vandenbruwaene Getekend op:2021-08-03 11:42:26 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small> 

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC:	Deschamps, M.	<small>Getekend door:Maarten Deschamps (Sig Getekend op:2021-08-02 16:34:58 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small> 
Afdelingshoofd:	Mostaert, F. Voor het afdelingshoofd, afwezig Patrik Peeters, Ingenieur, belast met de leiding van de afdeling Waterbouwkundig Laboratorium	<small>Getekend door:Stefan Geerts (Signature) Getekend op:2021-08-03 09:23:07 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed</small> 



Abstract

Voorliggend MONEOS jaarboek presenteert de resultaten van de systeemmonitoring in het Schelde estuarium uitgevoerd door het WL-HIC in het jaar 2020. De uitgevoerde monitoring betreft de continue metingen van waterstand, debiet, stroming, saliniteit en sedimentconcentratie, alsook vaarten (halftij-eb en 13-uursmetingen), golfmetingen en periodieke metingen. Het jaar 2020 wordt in de maanden februari en maart gekenmerkt door sterk verhoogde bovenafvoer richting Schelde estuarium. Te Schelle is de totale berekende bovenafvoer in de maand maart abnormaal hoog. De periode februari-maart wordt daarnaast gekenmerkt door het voorkomen van een aantal stormvloed. Tijdens storm Ciara overschrijden drie opeenvolgende hoogwaters de stormtijdrempel (6,6 mTAW), met in de namiddag van 10 februari een maximale hoogwaterstand van 6,91 mTAW te Antwerpen. Met deze waterstand is een retourperiode van 1,3 jaar geassocieerd. Vanaf april tot en met september 2020 breekt een droge periode aan met sterk verlaagde bovenafvoer richting Schelde estuarium. Waar het relatieve aandeel bovenafvoer Rupel versus Boven-Zeeschelde in de wintermaanden ongeveer gelijk is, daalt dit voor de Boven-Zeeschelde gedurende de droge periode tot slechts 15% in de maand september. De lage bovenafvoer in de periode april-september resulteert in een progressieve toename van het zoutgehalte in het estuarium, en hogere sedimentconcentraties in het opwaarts deel van de Boven-Zeeschelde. Voor het station Prosperpolder worden in de zomer van 2020 zoutgehalten geregistreerd tot 21 PSU, wat tot de hoogste waarnemingen behoort sinds het begin van de metingen in 2003. Wat betreft de sedimentconcentraties worden ter hoogte van het station Weert waarden van meer dan 1 g/l geregistreerd nabij het oppervlak. Eind september is er dan voor de eerste keer sinds het begin van de droge periode weer een aanzienlijke hoeveelheid bovenafvoer. Dit resulteert in een onmiddellijke afname van het zoutgehalte over het volledige estuarium. Daarnaast is er voor de meest opwaartse stations in de Boven-Zeeschelde (Melle en Schellebelle) ook een duidelijke daling in sedimentconcentratie. Voor het meer afwaartse station Weert blijft de sedimentconcentratie echter hoog tot op het einde van het jaar.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VII
Lijst van de figuren	VIII
Colofon	XII
Lijst van afkortingen	XIII
1 Inleiding	1
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen	2
2.1 Getijwaarnemingen	2
2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen	9
2.2.1 Jaaroverzicht.....	9
2.2.2 Het jaar 2020 in historisch perspectief.....	12
2.3 Stormvloeden	16
3 Jaaroverzicht bovendebieten	18
3.1 Overzicht meetlocaties.....	18
3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied	19
3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle.....	21
3.3.1 Het jaar 2020	21
3.3.2 Bovendebiet 2020 in historisch perspectief	23
3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde.....	25
3.4.1 Resultaten voor 2020	26
3.4.2 Resultaten in historisch perspectief	27
4 Jaaroverzicht fysische parameters	28
4.1 Continue metingen "fysische parameters"	28
4.1.1 Meetlocaties en toestellen.....	28
4.1.2 Kwaliteit van de data	31
4.1.3 Data-analyse	32
4.1.4 Verloop van stroomsnelheid	32
4.1.5 Verloop watertemperatuur	38
4.1.6 Verloop saliniteit	42
4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)	47
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak	54

4.2.1	Zeeschelde	55
4.2.2	Durme	56
4.2.3	Rupel en bovenstromen	57
4.3	Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied	58
4.4	Meetcampagnes – halftij-eb vaarten	63
4.4.1	Methodiek	63
4.4.2	Het jaar 2020 en historisch verloop	65
4.4.3	Relatie met bovenafvoer	68
4.5	Meetcampagnes - 13u-metingen	70
4.6	Hoogfrequente golfmetingen	74
4.6.1	Meetlocaties en meetinstrumenten "golfmetingen"	74
4.6.2	Resultaten.....	75
5	Referenties	79
Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2020		B1
Bijlage B: Evoluties HW en LW.....		B5
Bijlage C: Harmonische componenten		B10
Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC.....		B13
A.	Algemeen.....	B13
B.	Overzicht kalibratiecampagnes	B13
C.	Kalibratiecurves voor het jaar 2020	B14

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2020, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.....	4
Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2020... 7	
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2020 in historisch perspectief;.....	12
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1971-2020), verdeeld per decimeter (mTAW).	17
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle.	19
Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten bovenafvoer 2020 (in m ³ /s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.	21
Tabel 7 – Maandmedianen bovenafvoer [m ³ /s] 2020 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.....	22
Tabel 8 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2020.	30
Tabel 9 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.	34
Tabel 10 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde, minimum en maximum) voor de temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.	41
Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde, minimum en maximum) voor de saliniteit (in PSU) tijdens KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.	44
Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor SSC tijdens KHW/KLW en vloed/eb voor de verschillende meetstations.	52
Tabel 13 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2020.....	62
Tabel 14 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2020.....	64
Tabel 15 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2020.	66
Tabel 16 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET	70
Tabel 17 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2020 (medianen)	75
Tabel 18 – Meetlocaties MONEOS 2020	B2
Tabel 19 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2020).....	B5
Tabel 20 – Overzicht kalibratiecampagnes t.b.v. SSC-Turbiditeit tot en met 2020.....	B13
Tabel 21 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties naargelang meetlocaties.....	B14

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2020	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2020 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 2020 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.....	5
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2020 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 2020 voor de Beneden-Nete.	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2020 voor de Beneden-Nete.....	8
Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2020 voor de Beneden-Nete.....	9
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2020	10
Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2020.....	11
Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).....	11
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.	13
Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doortij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.	13
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doortij.....	14
Figuur 14 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2020.....	15
Figuur 15 –Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2020.	15
Figuur 16 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilsele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.	18
Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2020 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.....	20
Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2020 voor de stations aan de randen van het tijgebied.....	20
Figuur 19 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.	21

Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.....	22
Figuur 21 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.	23
Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2020 en normaalwaarden voor Schelle.....	24
Figuur 23 – Jaargemiddelde bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2020, gerangschikt naar grootte.	24
Figuur 24 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2020.....	26
Figuur 25 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2020).....	27
Figuur 26 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters.	29
Figuur 27 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min). Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).....	31
Figuur 28 – Verloop van de stroomsnelheid in 2020 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.	33
Figuur 29 – Jaarstatistiek (percentielen) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	34
Figuur 30 – Karakteristiek verloop voor 2020 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doortij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel.	35
Figuur 31 – Historische vergelijking van 2020 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doortij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005) en Oosterweel (data vanaf 2001).....	36
Figuur 32 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.	36
Figuur 33 – Seizoenaal verloop temperatuur (2020) bij KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations in 2020.....	39
Figuur 34 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (KLW min KHW) voor de verschillende meetstations.	40
Figuur 35 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.	41
Figuur 36 – Seizoenaal verloop saliniteit (2020) bij KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.....	43
Figuur 37 – Jaarstatistieken voor saliniteit KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.	44
Figuur 38 – Historische evolutie zomerstatistieken KHW te Prosperpolder en Oosterweel-Boven, tezamen met het gemiddelde debiet te Schelle.	45
Figuur 39 – Historische evolutie van de saliniteit te Prosperpolder en Oosterweel-Boven in relatie tot het debiet te Schelle voor alle seizoenen.....	46
Figuur 40 – SSC verloop in 2020 tijdens KHW en KLW (minimum) voor de verschillende meetstations.	48
Figuur 41 – SSC verloop in 2020 tijdens vloed en eb (gemiddeld) voor de verschillende meetstations.	49
Figuur 42 – SSC verloop in 2020 tijdens vloed en eb (maximum) voor de verschillende meetstations.	50

Figuur 43 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minimum) voor de verschillende meetstations.....	51
Figuur 44 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeld) voor de verschillende meetstations.....	51
Figuur 45 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maximum) voor de verschillende meetstations.....	52
Figuur 46 – Meetlocaties schepstalen anno 2020.....	54
Figuur 47 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.....	55
Figuur 48 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.....	56
Figuur 49 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen tijgebied in het Rupelbekken.	57
Figuur 50 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend.	58
Figuur 51 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie).....	59
Figuur 52 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender.....	60
Figuur 53 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne..	60
Figuur 54 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer .	61
Figuur 55 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete.....	61
Figuur 56 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete	62
Figuur 57 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2020.	63
Figuur 58 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.....	64
Figuur 59 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	65
Figuur 60 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	66
Figuur 61 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	67
Figuur 62 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde.....	67
Figuur 63 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle.....	68
Figuur 64 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle.....	69
Figuur 65 – Meetlocaties 13u-metingen 2020.	70
Figuur 66 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2020	71
Figuur 67 – SSF tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2020	71

Figuur 68 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2014 en 2020.....	72
Figuur 69 – SSF tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2014 en 2020.....	72
Figuur 70 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2020.....	73
Figuur 71 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2020.....	73
Figuur 72 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts).....	74
Figuur 73 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	76
Figuur 74 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	76
Figuur 75 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	77
Figuur 76 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	77
Figuur 77 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	78
Figuur 78 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	78
Figuur 79 – Meetlocaties MONEOS 2020.....	B1
Figuur 80 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2020.....	B6
Figuur 81 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2020.....	B6
Figuur 82 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2020.....	B7
Figuur 83 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2020.....	B7
Figuur 84 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2020.....	B8
Figuur 85 – Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2020.....	B8
Figuur 86 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2020.....	B9
Figuur 87 – Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2020.....	B9
Figuur 88 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0.....	B10
Figuur 89 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten).....	B11
Figuur 90 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten).....	B11
Figuur 91 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 92 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 93 – De SSC-Turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek, Oosterweel, Kruikeke en Weert.....	B15
Figuur 94 – De SSC – Turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode.....	B16
Figuur 95 – De aangepaste SSC – Turbiditeitsrelatie voor Melle.....	B17

Colofon

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

Lijst van afkortingen

- CTD: Conductiviteit – Temperatuur – Druk; tevens afkorting voor het meettoestel dat deze drie parameters registreert
- HTE: Half-tij eb
- FTU: Formazine turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door Aanderaa Seaguard multiparametertoestellen
- GHW: gemiddeld hoogwater
- GLW: gemiddeld laagwater
- GTV: gemiddeld tijverschil, zijnde het hoogteverschil tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater
- HHW: hoogste hoogwater
- HIC: Hydrologisch Informatie Centrum
- HLW: hoogste laagwater
- KHW: kentering hoog water
- KLW: kentering laag water
- LCI: Lower confidence interval; onderste 95% voorspellingsinterval
- LHW: laagste hoogwater
- LLW: laagste laagwater
- NTU: Nephelometric turbidity unit; eenheid van turbiditeit gebruikt door YSI multiparametertoestellen
- SSC: suspended sediment concentration, suspensiegehalte aan sediment
- STDEV: standaard deviatie
- TAW: Tweede Algemene Waterpassing, referentieniveau voor waterpassing gebruikt in België
- UCI: Upper confidence interval; bovenste 95% voorspellingsinterval
- VMM: Vlaamse Milieumaatschappij
- WL: Waterbouwkundig Laboratorium

1 Inleiding

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

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

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2020 door het Waterbouwkundig Laboratorium uitgevoerde monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Volgende parameters komen hierbij aan bod:

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

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

Voorliggend rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van figuren en tabellen die het verloop van de hydrologische en fysische parameters bemeaten en gevalideerd door het WL duidelijk weergeeft. Dit rapport bevat de weergave en rapportering van de resultaten voor 2020. Voor een overzicht van de MONEOS meetlocaties anno 2020 wordt verwezen naar Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2020. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar Taverniers *et al.* (2013).

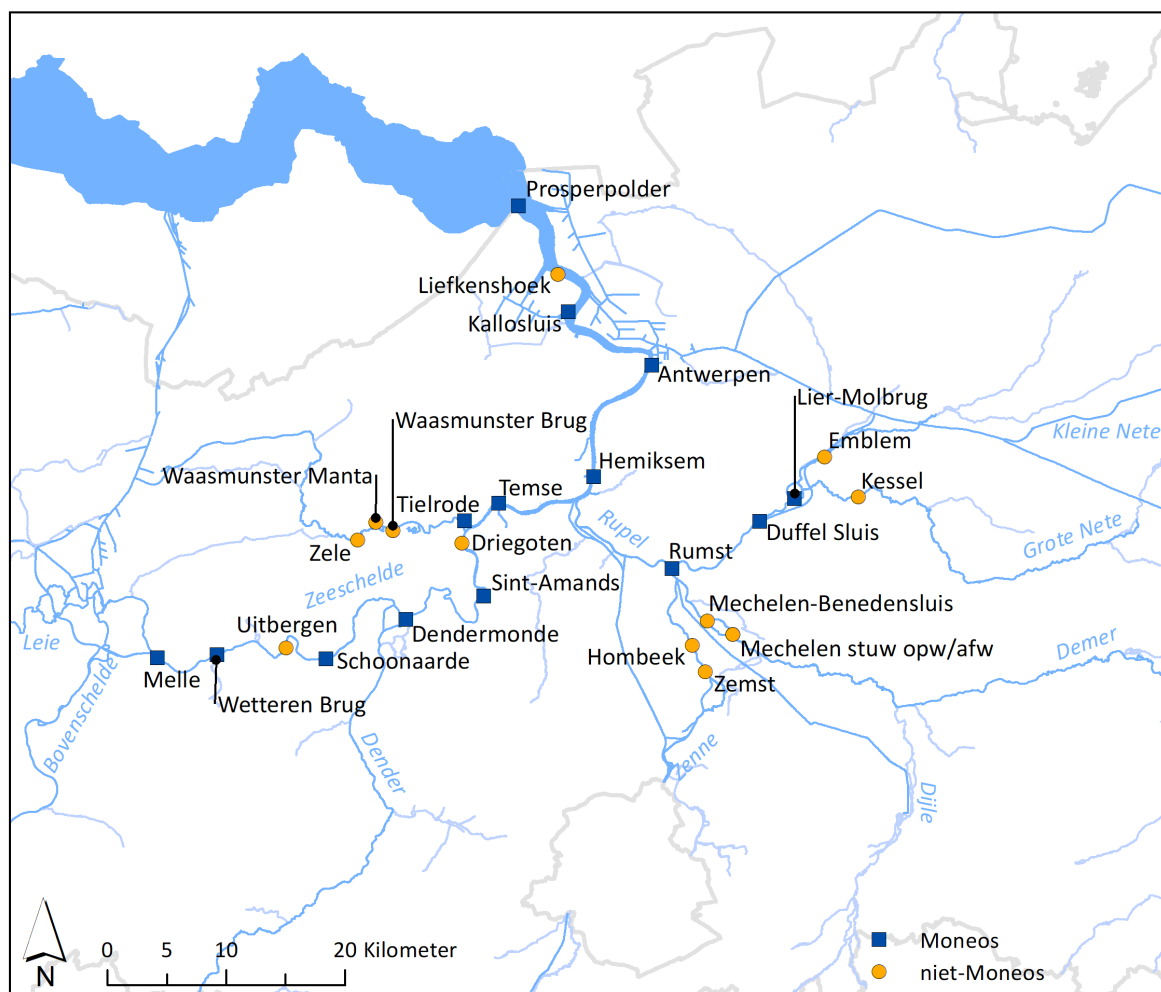
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen

Langsheen het Schelde-estuarium worden op verschillende locaties de waterstanden continu gemeten door Waterbouwkundig Laboratorium (Zeeschelde en bijrivieren) en Rijkswaterstaat (Westerschelde). Deze metingen laten toe de belangrijkste getijparameters te bepalen. In dit hoofdstuk worden eerst de getijparameters 2020 voor de belangrijkste meetlocaties in het Vlaamse deel van het estuarium gepresenteerd, en daarna wordt de langere termijn ontwikkeling voor de referentiepost “Antwerpen-Loodsgebouw” gepresenteerd.

2.1 Getijwaarnemingen

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

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2020



Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2020 weer voor de meetlocaties in de Zeeschelde. Volgende getijparameters worden gerapporteerd:

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

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

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

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

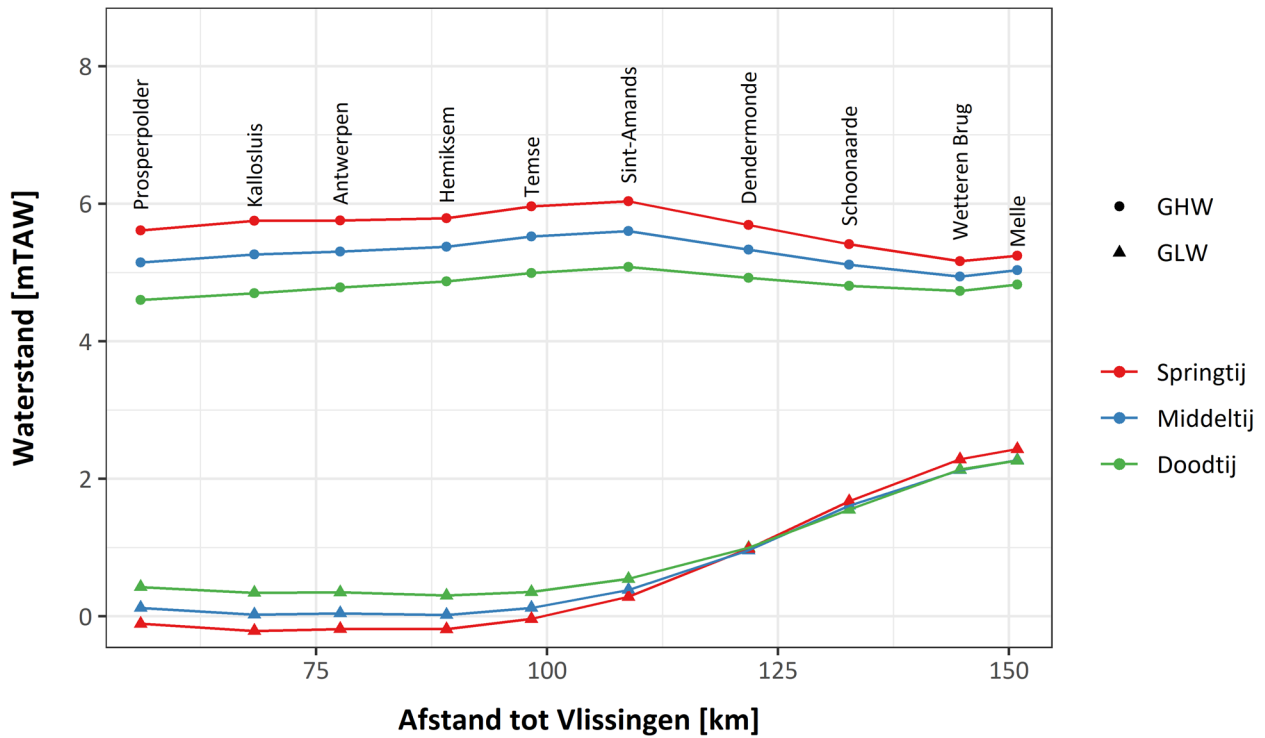
Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 geven enkele waarden uit Tabel 1 weer. Figuur 2 geeft het GHW en GLW weer in functie van de afstand tot de monding. Het GHW neemt toe van Prosperpolder tot Sint-Amands en neemt daarna af. Het GLW blijft van Prosperpolder tot Temse min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in Temse (zie Figuur 3), waar het 5,40 m bedraagt. Vanaf Sint-Amands neemt het GHW af en het GLW toe, wat een kleiner tijverschil als gevolg heeft. Vanaf Dendermonde is het GLW bij springtij hoger dan bij middel- en doottij, bij doottij is het GLW quasi gelijk aan het GLW bij middeltij, maar lager dan bij springtij. Het GHW blijft wel hoger bij springtij en lager bij doottij. Het tijverschil bij springtij blijft zo hoger dan bij middel- en doottij, maar het verschil wordt wel kleiner.

Uit Figuur 4 blijkt dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW). Hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de getijkromme. De springtij-doottijcyclus 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. 50 minuten, terwijl dit in Dendermonde nog ca. 30 minuten is.

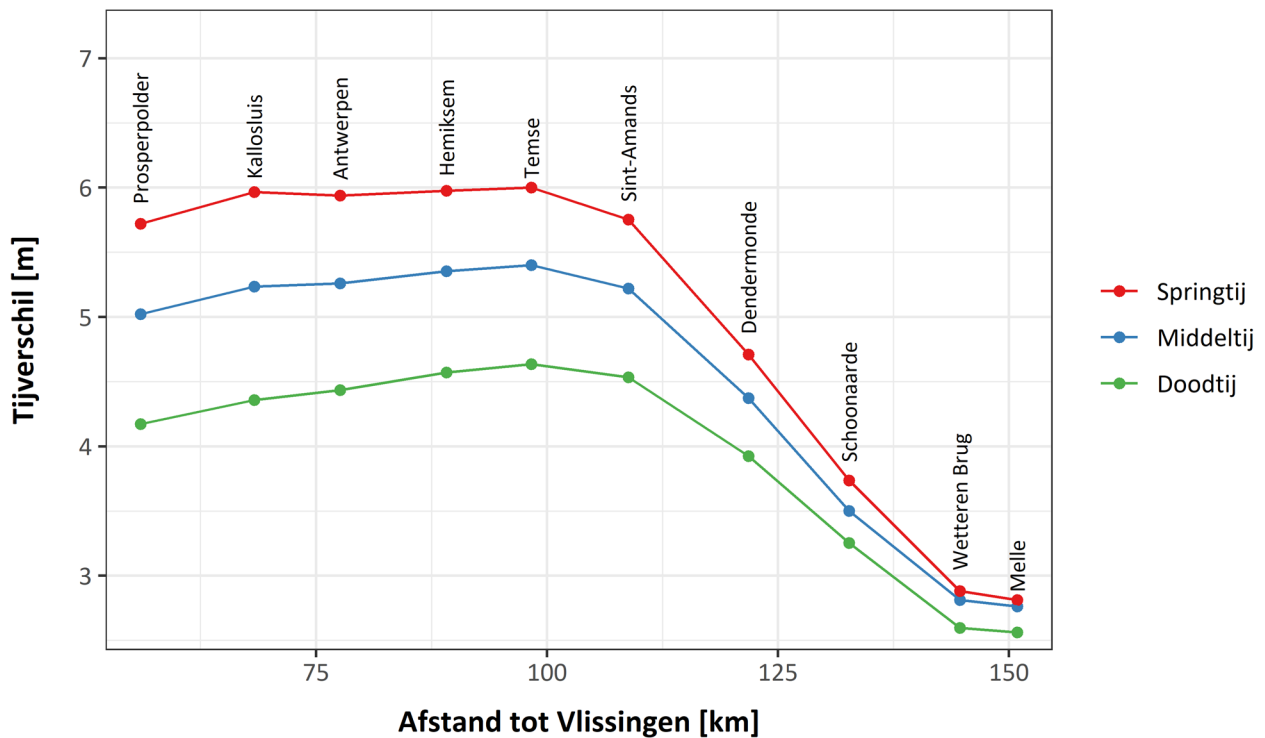
Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2020, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur:minuten.

2020			Prosperpolder	Kallostuis	Antwerpen- Loodsgebouw	Hemiksem	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren Brug	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			56,0	68,3	77,6	89,1	98,3	108,8	121,8	132,7	144,7	150,9
middeltij		GHW	5,15	5,26	5,30	5,38	5,53	5,61	5,33	5,11	4,94	5,04
		GLW	0,12	0,03	0,05	0,02	0,12	0,38	0,96	1,61	2,13	2,27
		GTV	5,02	5,24	5,26	5,36	5,40	5,22	4,37	3,50	2,81	2,76
		GHT	2,64	2,64	2,67	2,70	2,82	2,99	3,15	3,36	3,53	3,65
		duur van stijging	5:45	5:33	5:29	5:35	5:22	5:03	4:55	4:48	4:43	4:38
		duur van daling	6:40	6:52	6:56	6:50	7:03	7:22	7:30	7:37	7:43	7:48
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:20	-00:14	0:00	0:33	0:48	1:04	1:39	2:14	3:00	3:22
		LW	-00:35	-00:18	0:00	0:28	0:55	1:30	2:14	2:56	3:47	4:14
springtij		GHW	5,61	5,75	5,76	5,79	5,96	6,04	5,69	5,41	5,17	5,25
		GLW	-0,11	-0,21	-0,18	-0,18	-0,04	0,29	0,98	1,67	2,28	2,43
		GTV	5,72	5,97	5,94	5,98	6,00	5,75	4,71	3,74	2,88	2,81
		GHT	2,75	2,77	2,79	2,80	2,96	3,16	3,34	3,54	3,72	3,84
		duur van stijging	5:30	5:13	5:06	5:21	5:05	4:46	4:44	4:39	4:38	4:37
		duur van daling	6:50	7:09	7:15	6:59	7:15	7:34	7:37	7:46	7:42	7:44
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:14	-00:12	0:00	0:43	0:55	1:11	1:51	2:25	3:13	3:36
		LW	-00:39	-00:18	0:00	0:28	0:56	1:30	2:12	2:52	3:41	4:05
doodtij		GHW	4,60	4,70	4,79	4,87	4,99	5,08	4,92	4,81	4,73	4,83
		GLW	0,43	0,34	0,35	0,30	0,35	0,55	1,00	1,55	2,14	2,26
		GTV	4,17	4,36	4,43	4,57	4,64	4,53	3,93	3,25	2,60	2,56
		GHT	2,51	2,52	2,57	2,59	2,67	2,81	2,96	3,18	3,43	3,55
		duur van stijging	6:07	6:00	5:57	5:56	5:46	5:29	5:16	5:04	4:54	4:49
		duur van daling	6:37	6:41	6:43	6:46	6:58	7:15	7:29	7:44	7:47	7:47
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:24	-00:14	0:00	0:25	0:40	0:56	1:29	2:02	2:45	3:06
		LW	-00:31	-00:17	0:00	0:28	0:55	1:28	2:14	2:58	3:48	4:14
uiterste waarden		HHW	6,80	6,89	6,91	6,94	7,06	7,12	6,84	6,52	6,66	6,70
		LHW	4,06	4,14	4,23	4,31	4,41	4,48	4,31	4,17	4,03	4,09
	99e percentiel	HW	6,30	6,48	6,50	6,48	6,63	6,74	6,47	6,45	6,33	6,35
		HLW	2,08	1,97	1,98	1,93	1,96	2,05	2,64	3,87	5,19	5,89
	1e percentiel	LLW	-0,83	-0,96	-0,93	-0,92	-0,73	-0,33	0,47	1,09	1,48	1,53
		LW	-0,65	-0,76	-0,72	-0,70	-0,50	-0,13	0,52	1,14	1,52	1,58

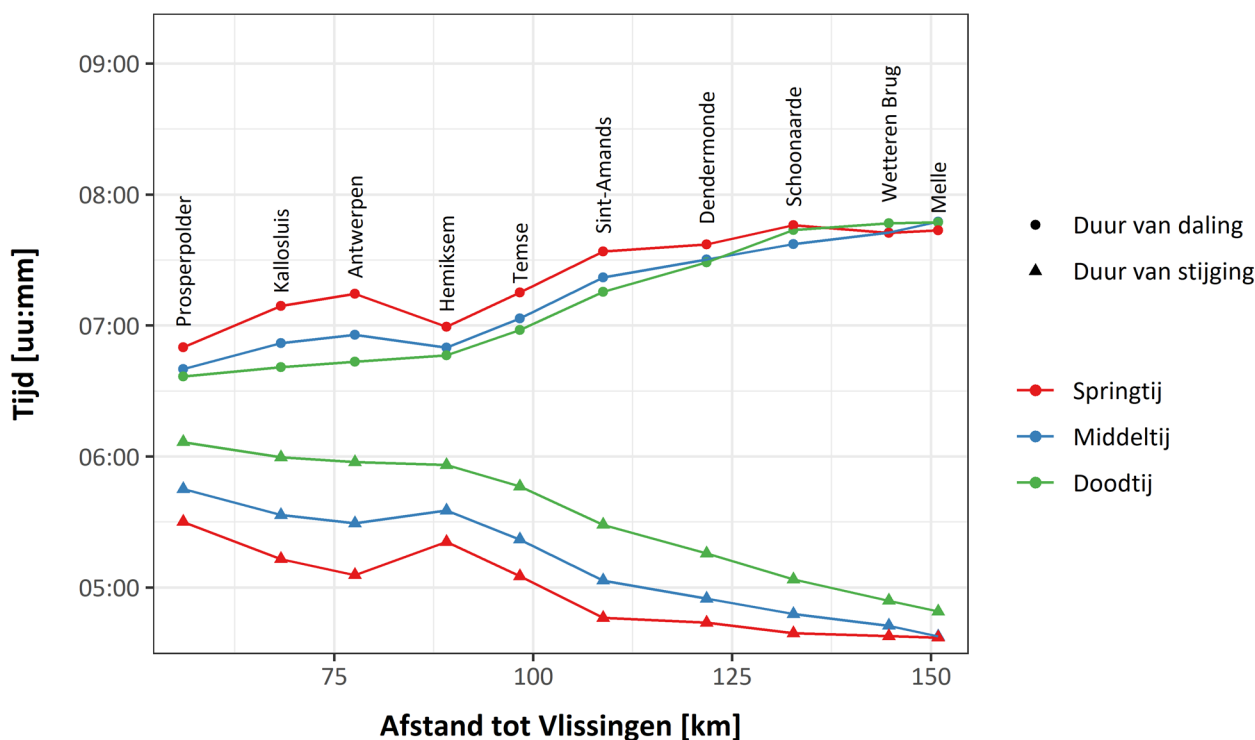
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2020 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2020 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2020 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



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

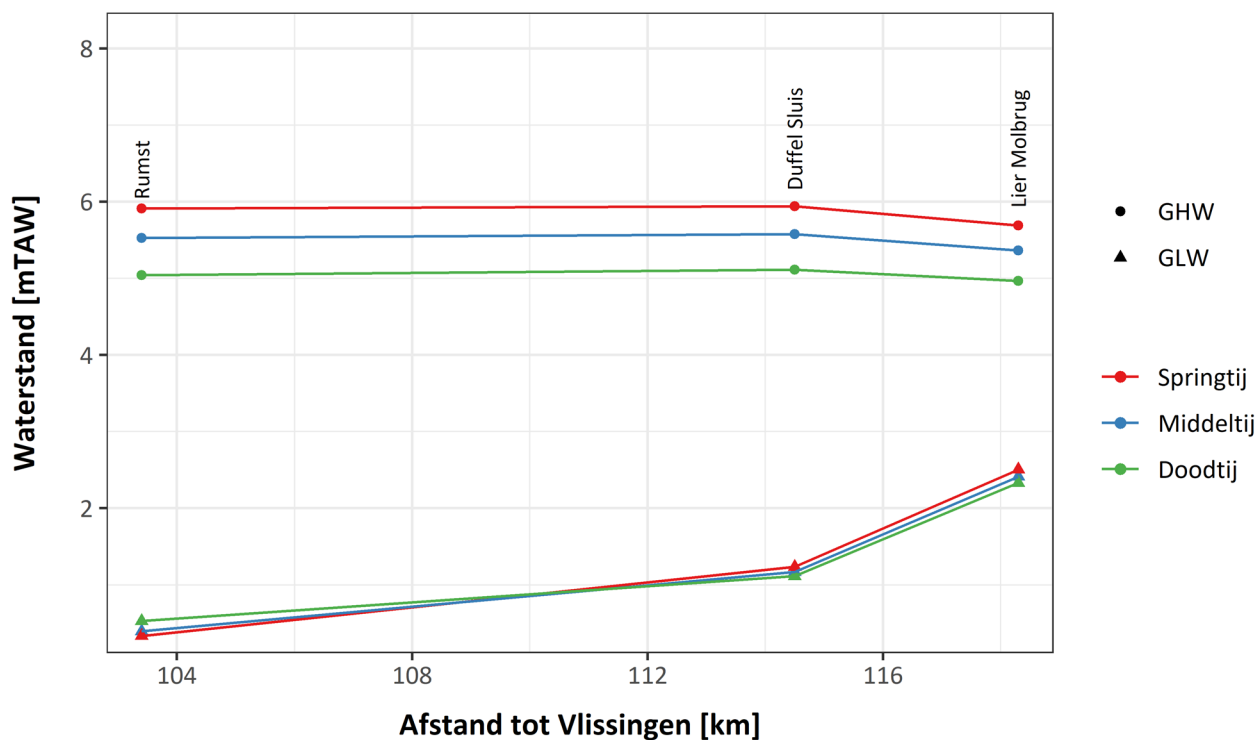
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2. Hoe verder stroomopwaarts hoe lager het GHW en hoe hoger het GLW. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld tijverschil. Het tijverschil is het grootst voor de meest afwaartse post (Rumst).

Figuur 7 geeft de stijgings- en dalingsduur van Rumst tot en met Lier-Molbrug (Beneden-Nete) weer. Net zoals in de Boven-Zeeschelde neemt de getij-asymmetrie toe naarmate er meer opwaarts wordt gegaan. Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middel-, spring- en doottij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts van de zijrivieren van de Schelde begeeft. In Duffel-Sluis en Lier-Molbrug is bijvoorbeeld de dalingsduur quasi gelijk voor middel-, spring- en doottij. Dit kleiner wordend verschil vindt men ook bij het tijverschil terug.

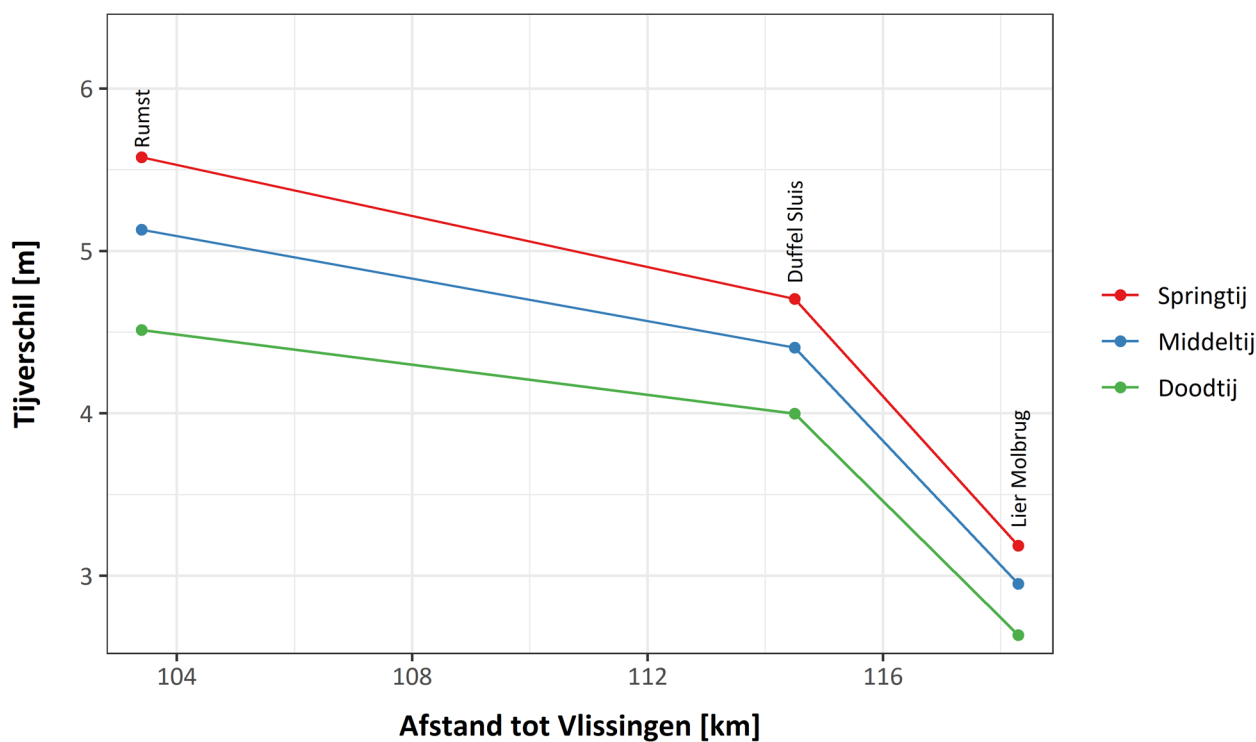
Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme:
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2020.

2020			Tielrode	Rumst	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	103,4	114,5	118,3
middeltij		GHW	5,60	5,53	5,58	5,36
		GLW	0,16	0,40	1,17	2,41
		GTV	5,44	5,13	4,40	2,95
		GHT	2,88	2,96	3,37	3,89
		duur van stijging	5:13	5:10	4:39	4:01
		duur van daling	7:12	7:15	7:47	8:24
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:53	1:06	1:29	1:48
		LW	1:09	1:25	2:20	3:17
springtij		GHW	6,05	5,91	5,94	5,69
		GLW	0,01	0,33	1,24	2,50
		GTV	6,04	5,58	4,71	3,19
		GHT	3,03	3,12	3,59	4,10
		duur van stijging	4:56	4:57	4:29	3:55
		duur van daling	7:25	7:23	7:53	8:27
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	1:00	1:17	1:40	2:01
		LW	1:11	1:26	2:17	3:14
doodtij		GHW	5,05	5,04	5,11	4,97
		GLW	0,38	0,53	1,11	2,33
		GTV	4,67	4,51	4,00	2,64
		GHT	2,71	2,78	3,11	3,65
		duur van stijging	5:40	5:32	4:57	4:18
		duur van daling	7:04	7:13	7:48	8:30
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:47	0:54	1:16	1:34
		LW	1:07	1:24	2:20	3:16
uiterste waarden		HHW	7,10	6,93	6,95	6,75
		LHW	4,44	4,44	4,53	4,40
	99e percentiel	HW	6,73	6,62	6,65	6,56
		HLW	1,93	2,09	2,50	4,01
	1e percentiel	LLW	-0,55	-0,23	0,68	1,80
		LW	-0,44	-0,09	0,76	1,91

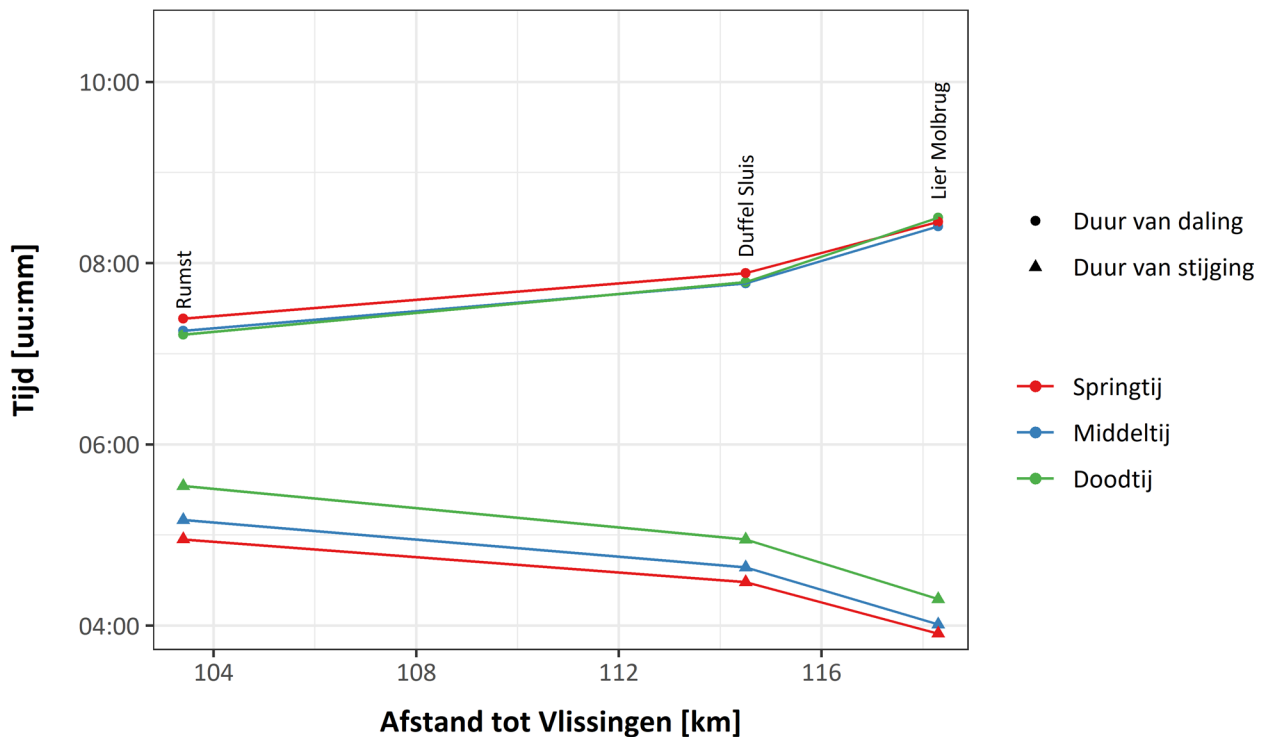
Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2020 voor de Beneden-Nete.



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2020 voor de Beneden-Nete.



Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2020 voor de Beneden-Nete.



2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

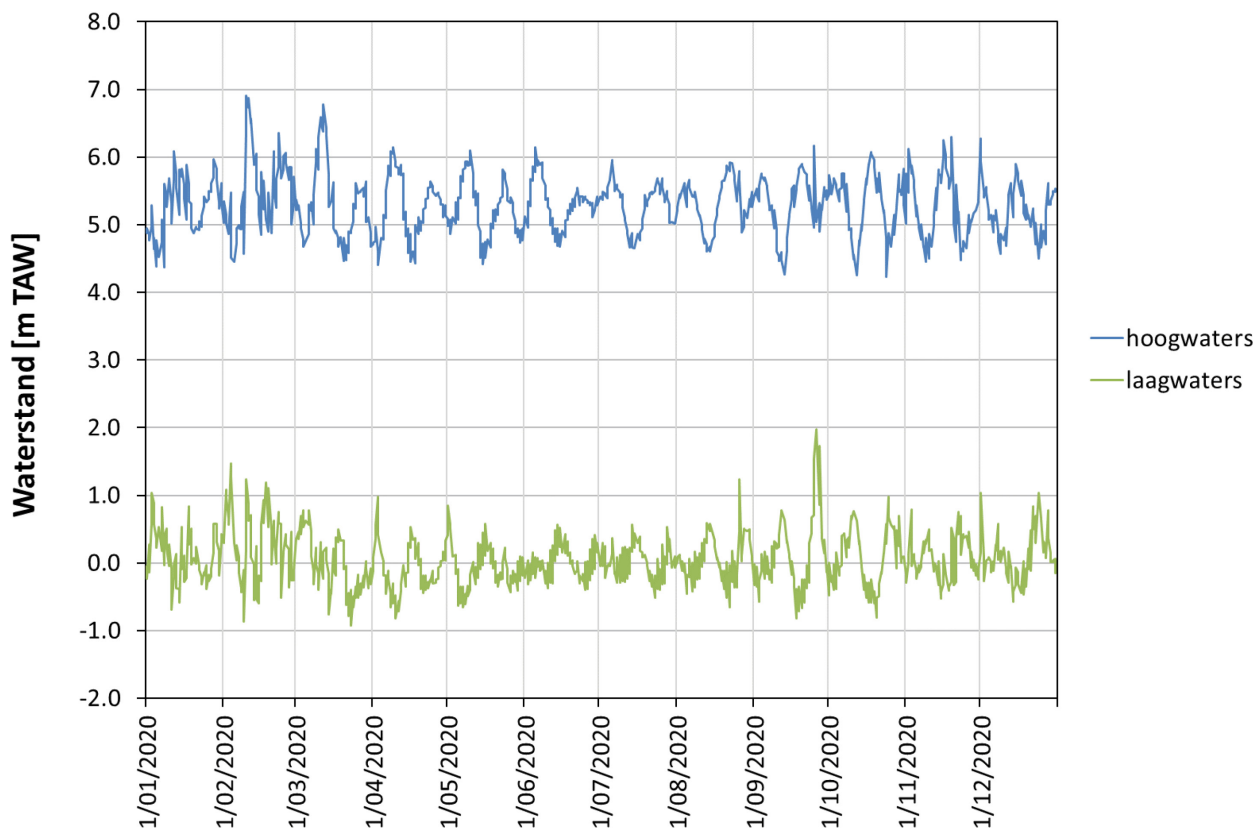
2.2.1 Jaaroverzicht

Al meer dan honderddertig jaar (1888 - 2020) wordt in Antwerpen ter hoogte van het Loodsgebouw de waterstand geregistreerd. Door deze lange registratieperiode en gezien het representatieve karakter van deze meetpost worden deze data als maatstaf van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

Figuur 8 toont het jaarverloop 2020 voor hoogwaters en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. Zowel in februari als in maart is het stormtijpeil (6,6 mTAW) overschreden (§2.3). De hoogste waterstand werd op 10 februari gemeten: 6,91 mTAW.

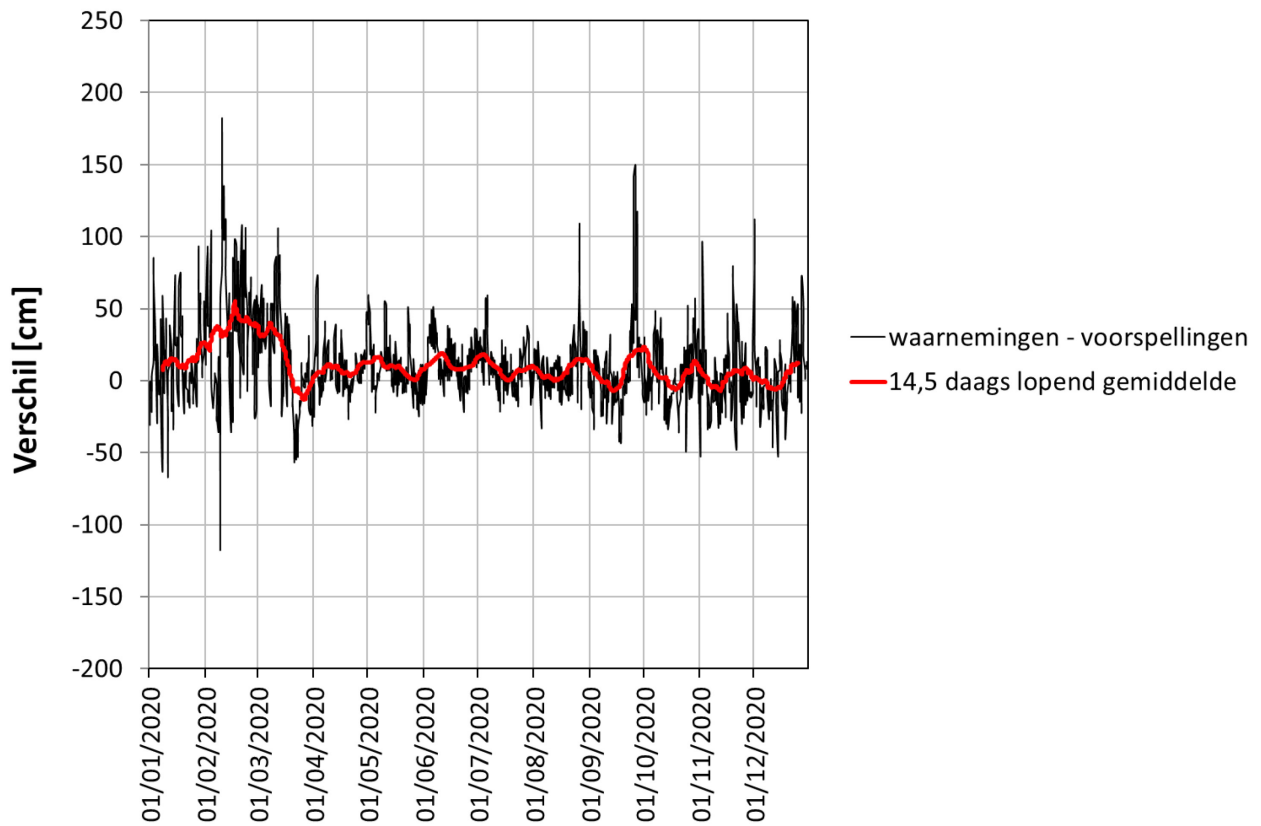
De tweewekelijkse springtij-doodtijcyclus is duidelijk waarneembaar in de metingen (Figuur 8). Echter, de waarnemingen kunnen in beperkte of grotere mate afwijken van het astronomische verloop (Figuur 9). Dit komt doordat ze beïnvloed worden door de meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel is de variatie in bovenafvoer belangrijk.

Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2020

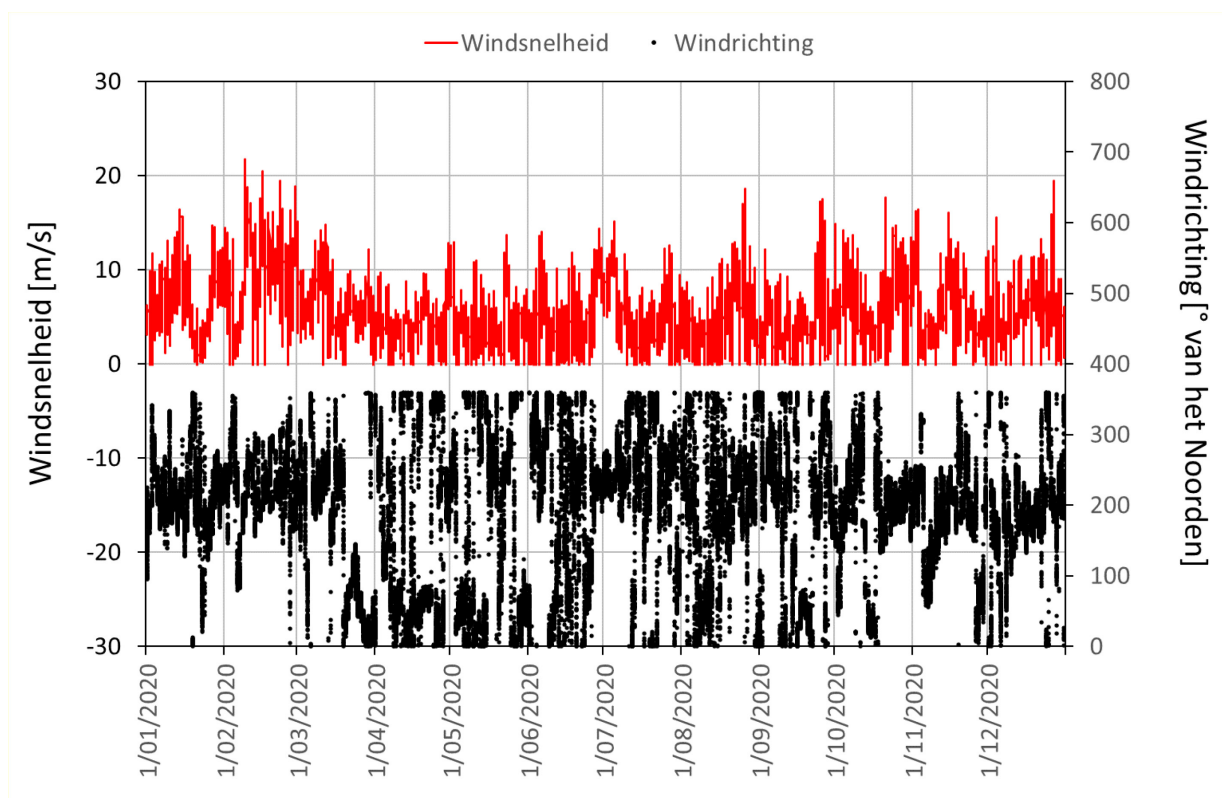


Gedurende het jaar 2020 was gemiddeld gezien de waargenomen waterstand (beperkt) hoger dan de astronomisch voorspelde waterstand (10 cm). De gemiddelde absolute waarde van het verschil tussen waargenomen en voorspelde waterstand bedraagt voor 2020 20 cm. Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 14 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 40 cm, met een maximum verschil van 149 cm). Dit komt doordat tijdens de zomer er slechts weinig opwaaiingen en afwaaiingen plaatsvinden. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen effectief waargenomen getij en astronomisch voorspeld getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 25 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 78 cm, met een maximum verschil van 182 cm tijdens het laagwater van 10 februari (storm Ciara, §2.3)). Vooral tijdens de maanden februari en de eerste helft van maart was het verschil groter. Uit Figuur 10 blijkt dat de wind toen relatief hard (gemiddeld 9 m/s) waaide uit zuidwestelijke sector (tussen 180° en 270°) wat opwaaiing tot 50 cm veroorzaakte.

Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2020.



Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. Noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert (Bron: Rijkswaterstaat).



2.2.2 Het jaar 2020 in historisch perspectief

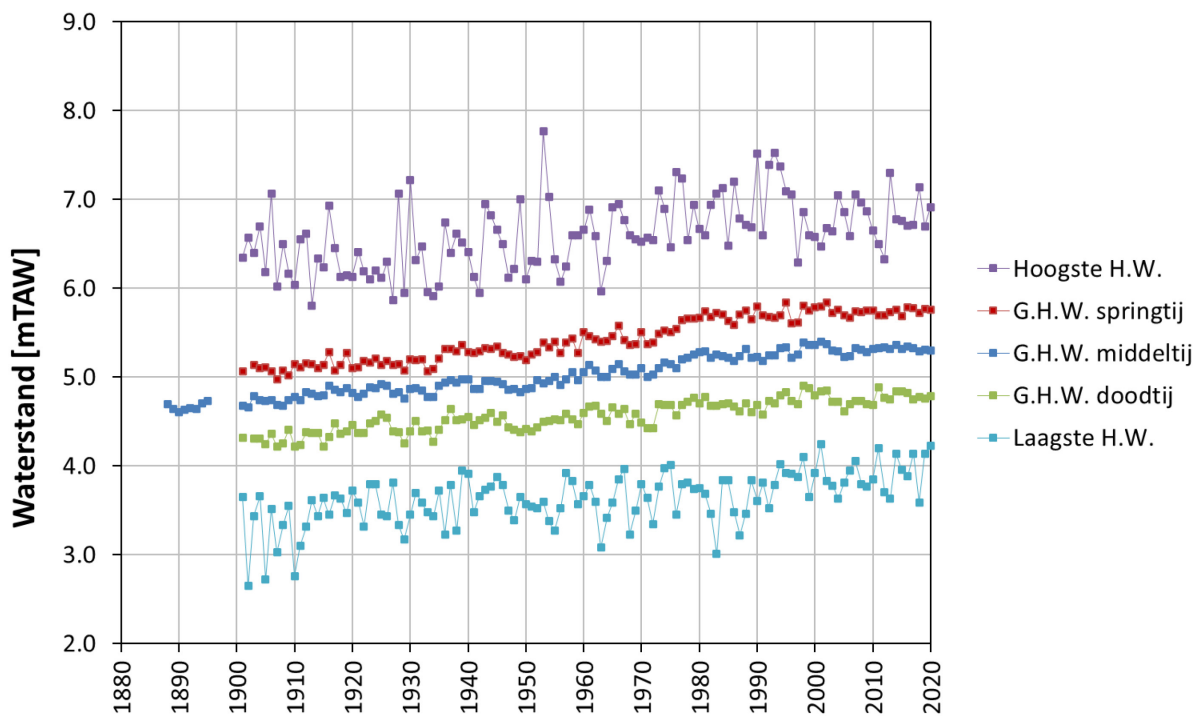
Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal ke(r)ngetalen van het voorbije jaar weer te geven met enkele referentiegetallen ter vergelijking. Tabel 3 toont een overzicht van de getijparameters voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2020, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia.

Het jaar 2020 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 3) een vrij normaal jaar voor de hoogwaters. De laagwaters zijn in 2020 hoger ten opzichte van het gemiddelde laagwater van het laatste decennium. 7 cm bij middel- en springtij, 4 cm bij doottij. Dat blijkt ook uit Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13 die het historisch tijbeeld schetsen.

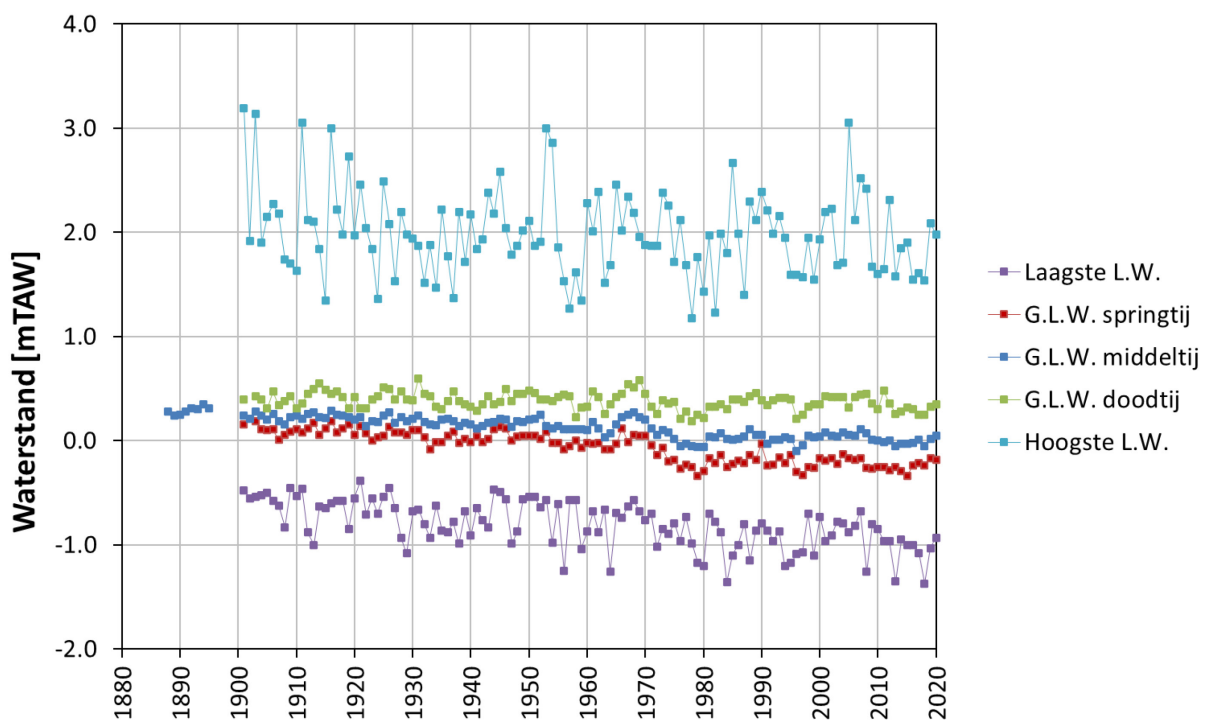
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2020 in historisch perspectief;
 (waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

		1971 - 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020	2020
Middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,31	5,30
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,02	0,05
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,33	5,26
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	5:29
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:56	6:56
Springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,73	5,76
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,25	-0,18
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	5,98	5,94
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	5:06	5:06
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	7:12	7:15
Doottij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,79	4,79
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,31	0,35
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,43
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	6:00	5:57
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	6:41	6:43
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,3	6,91
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,59	4,23
	99 ^{ste} percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,22	6,50
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	1,98
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,38	-0,93
	1 ^{ste} percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,75	-0,72

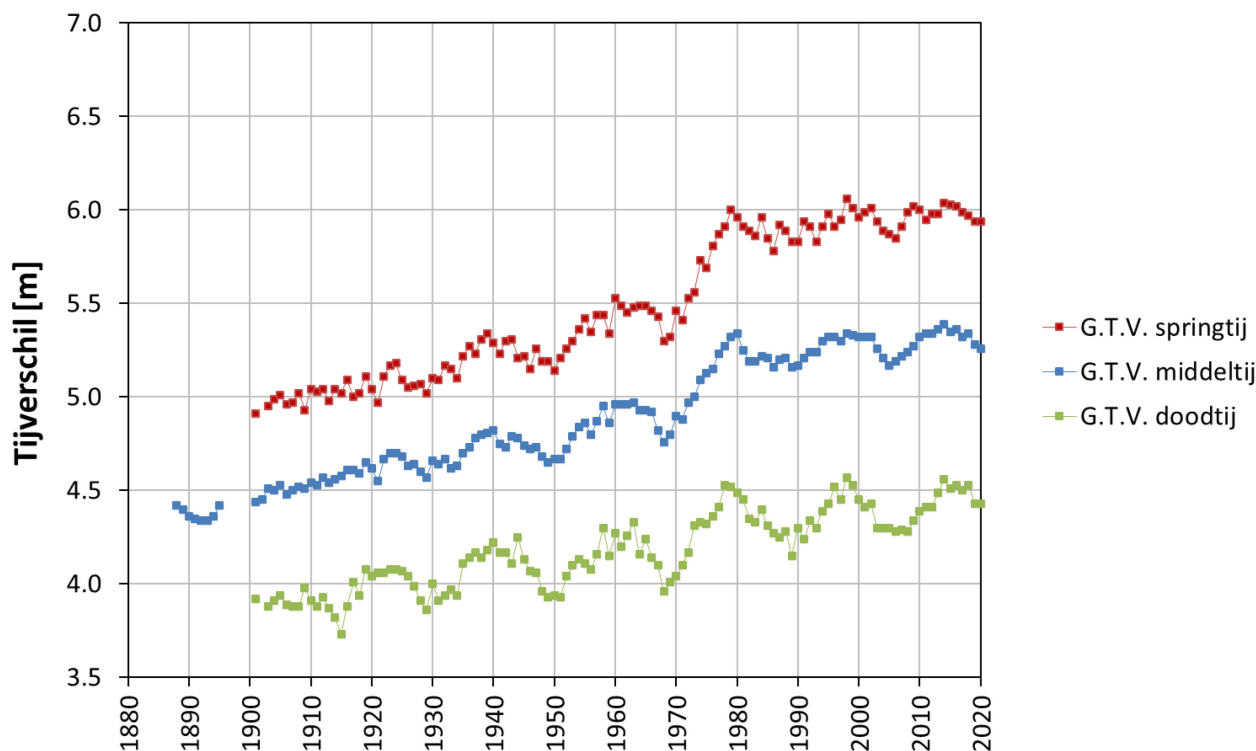
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.



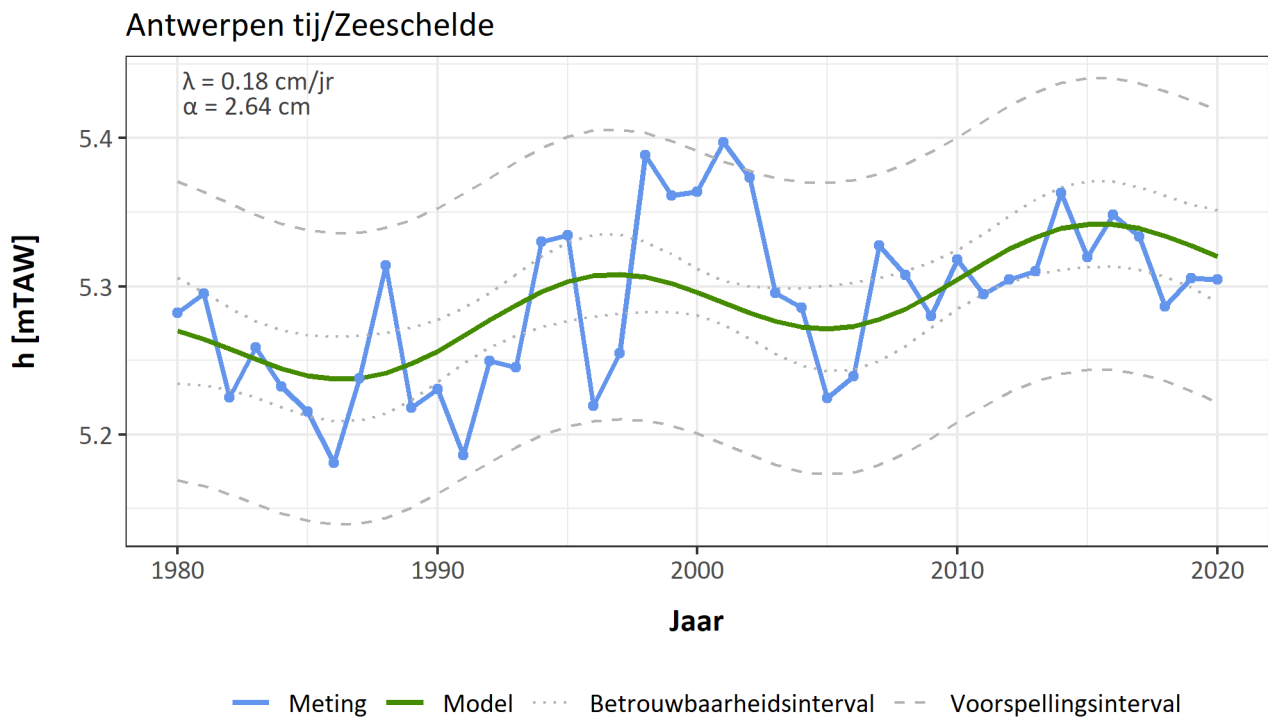
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2020) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doottij.



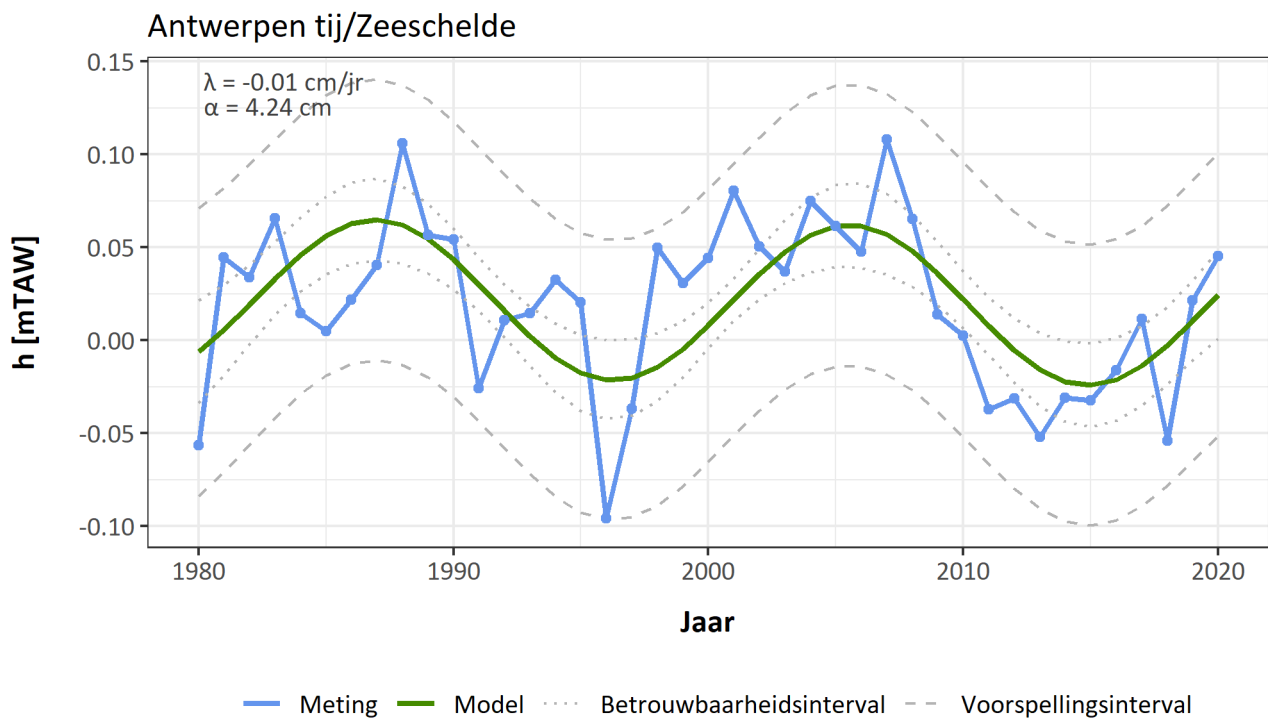
In het kader van Moneos-T (Schrijver en Plancke, 2008) en recenter ook de T2009 (Depreiter *et al.*, 2014), T2015 (Barneveld *et al.*, 2018) en Agenda voor de Toekomst (Vandenbruwaene *et al.*, 2020) rapportages werd specifiek gekeken naar trends in de langjarige evolutie van hoog- en laagwaters. Figuur 14 en Figuur 15 geven deze respectievelijke trends weer voor Antwerpen (berekend over de periode 1980-2020). Het GHW en GLW van 2020 liggen respectievelijk onder en boven de trendlijn, maar nog wel binnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen. Over de periode 1980-2020 bedraagt de stijging in jaargemiddeld hoogwater ten gevolge zeespiegelstijging 0,18 cm/jaar. De trend voor laagwater is -0,01 cm.

Er is gekozen om de trend te bepalen vanaf 1980 omwille van de trendbreuken in de jaren '70. Bovendien vallen deze trends niet in elk station op hetzelfde moment. Voor meer informatie omtrent trendbepalingen en resultaten van overige meetlocaties wordt verwezen naar Bijlage B: Evoluties HW en LW. Voor de evolutie van de harmonische componenten wordt verwezen naar Bijlage C: Harmonische componenten.

Figuur 14 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2020.



Figuur 15 –Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2020.



2.3 Stormvloeden

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

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

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

Dit deed zich voor tussen 10 en 13 maart 2020. Er heerste een stevige westenwind (5-6 Bft) wat resulteerde in een stormtij van 6,78 mTAW op 12 maart (HIC, 2020b). Een maand eerder, in de nasleep van storm Ciara, bereikten drie opeenvolgende hoogwaters het stormtij met een maximum van 6,91 mTAW op 10 februari in de namiddag (HIC, 2020a). Deze waterstand heeft een terugkeerperiode van 1,3 jaar (Brackx *et al.*, 2020)

Een overzicht van hoogwaterstanden boven 6,5 mTAW vanaf 1971 is terug te vinden in Tabel 4.

Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1971-2020), verdeeld per decimeter (mTAW).

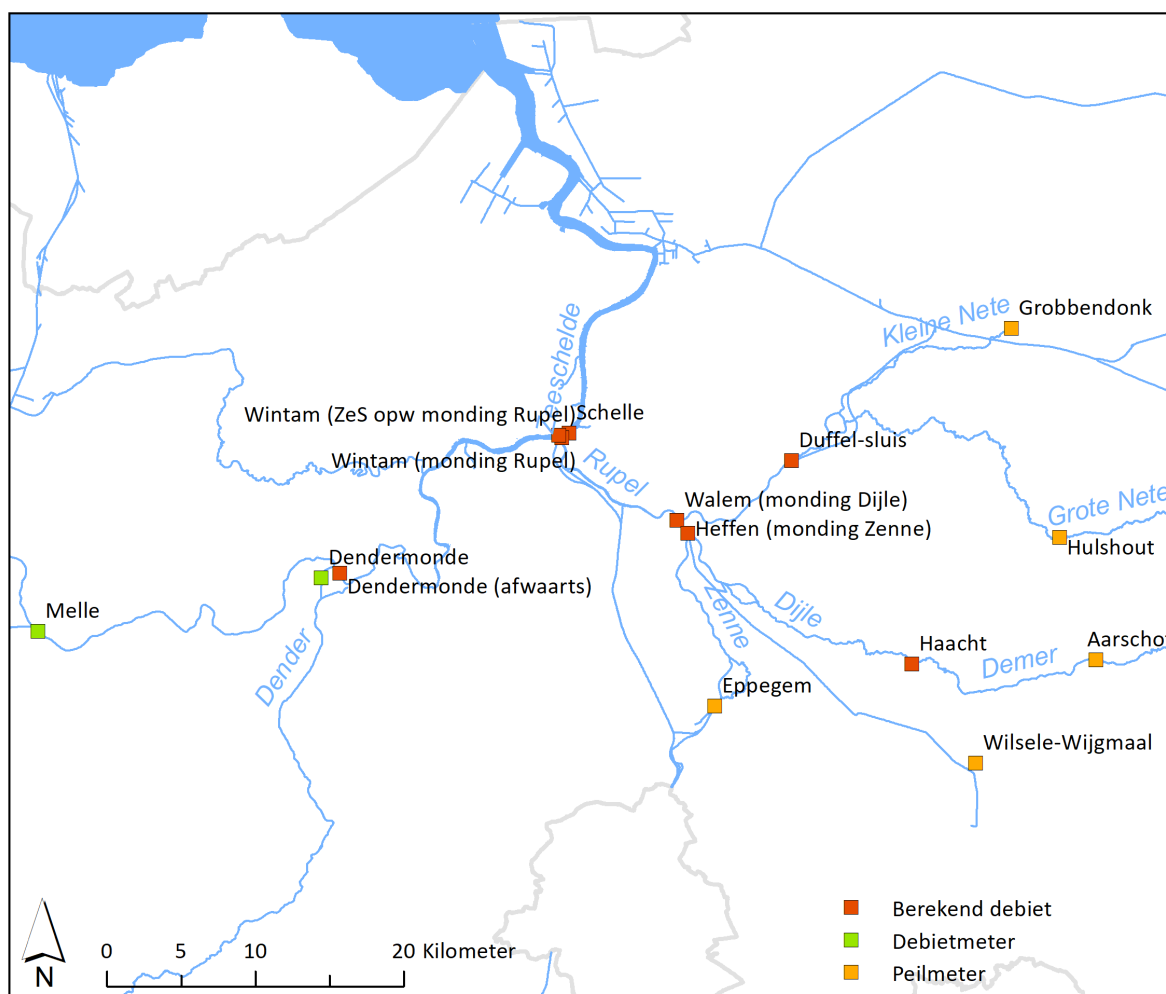
ZEESCHELDE in ANTWERPEN																																																		
optreden van hoogwaterstanden hoger dan +6,50 mTAW																																																		
1971-2020																																																		
klasse HW's																														klasse HW's																				
7,71 - 7,80																														7,71 - 7,80																				
7,61 - 7,70																														7,61 - 7,70																				
7,51 - 7,60																														7,51 - 7,60																				
7,41 - 7,50																														7,41 - 7,50																				
7,31 - 7,40																														7,31 - 7,40																				
7,21 - 7,30																														7,21 - 7,30																				
7,11 - 7,20																														7,11 - 7,20																				
7,01 - 7,10																														7,01 - 7,10																				
6,91 - 7,00																														6,91 - 7,00																				
6,81 - 6,90																														6,81 - 6,90																				
6,71 - 6,80																														6,71 - 6,80																				
6,61 - 6,70																														6,61 - 6,70																				
6,51 - 6,60																														6,51 - 6,60																				
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	1	1	4	1	0	4	4	2	2	2	2	3	5	4	0	3	2	1	1	11	1	2	10	3	8	4	0	4	2	3	0	5	2	2	5	1	6	2	2	3	0	0	2	1	1	2	3	1	1	7

3 Jaaroverzicht bovendebieten

3.1 Overzicht meetlocaties

Sinds 1949 wordt de bovenafvoer gemeten aan de randen van het getijgebied. De bovenafvoer wordt op verschillende locaties gemeten, waarbij iedere locatie representatief is voor een opwaarts gelegen hydrografisch bekken (voor overzicht meetlocaties zie groene/oranje symbolen in Figuur 16 en Tabel 5). Om een idee te krijgen van de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde wordt de gemeten afvoer aan de randen van het tijgebied doorgerekend naar afwaarts. Hierbij wordt een schaalvergroting en een tijdsvertraging toegepast op de gemeten debieten. De afwaarts gelegen berekende debieten worden in Figuur 16 weergegeven aan de hand van de rode symbolen. Dit resulteert in Wintam in een berekende bovenafvoer (daggemiddeld) voor het Rupelbekken en voor het Boven-Zeescheldebekken. De som van beiden geeft ter hoogte van Schelle de totale bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Voor meer informatie omtrent deze rekenmethodiek wordt verwezen naar Vanlierde *et al.* (2014) en Michielsen *et al.* (2019).

Figuur 16 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilsela in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.



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

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

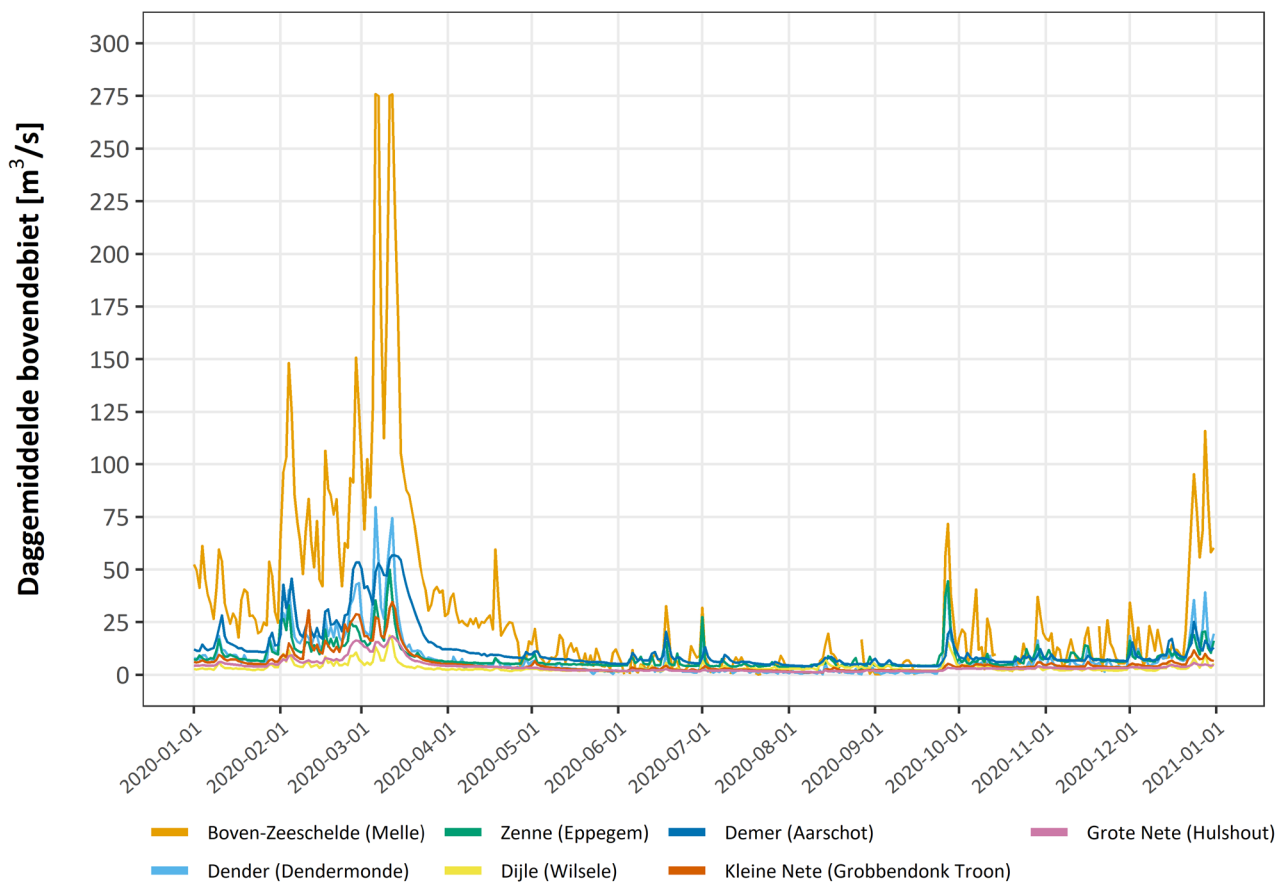
3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied

Over het algemeen is de gemeten bovenafvoer voor de verschillende meetlocaties duidelijk hoger in de wintermaanden (Figuur 17). In onze regio heeft dit voornamelijk te maken met de hogere hoeveelheid neerslag die valt in de wintermaanden in combinatie met een hogere bodemverzadingsgraad. De grote variabiliteit in bovendebiet tussen de verschillende meetstations wordt onder meer veroorzaakt door de grootte van het hydrografische bekken, de positie van meetlocatie binnen het bekken, variabiliteit in gevallen neerslaghoeveelheden, mate van indringing in de ondergrond van gevallen neerslag, evapotranspiratie, en tenslotte een verschil in waterbeheersing tussen de bekkens onderling.

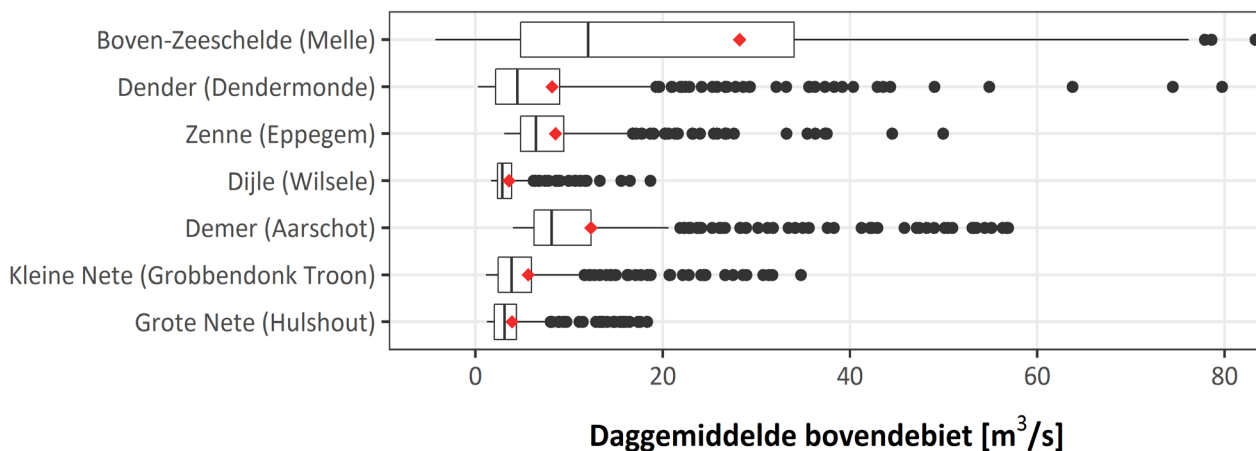
De Bovenschelde en Leie zorgt bij wassen voor het grootste aandeel in het bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Dit leidt tot duidelijk hogere debieten te Melle in vergelijking met de overige meetlocaties (Figuur 17, Figuur 18, Tabel 6). Tijdens zeer droge periodes keren de rollen om en is de bovenafvoer in Melle lager dan die aan de overige randen van het tijgebied. Het grootste volume van de al beperkte afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt tijdens zeer droge periodes afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen.

Het jaar 2020 wordt gekenmerkt door sterk verhoogde bovenafvoeren in de maanden februari en maart (Figuur 17). Deze verhoogde bovenafvoer is onder meer een gevolg van een aantal stormen (Ciara, Dennis) met een grote hoeveelheid neerslag op een reeds verzadigde bodem. De periode april tot en met eind september daarentegen wordt gekenmerkt door droge omstandigheden en duidelijk verlaagde bovenafvoeren (zie ook Boeckx *et al.*, 2021). Voor meer informatie met betrekking tot de bovendebieten langsheen de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen voor 2020 wordt verwezen naar Vandenbruwaene *et al.* (2021). Een overzicht van de neerslaggegevens is terug te vinden in Journée *et al.* (2021).

Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2020 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.



Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2020 voor de stations aan de randen van het tijgebied.
 Rood symbool geeft de gemiddelde waarde aan.
 Debieten boven $80 m^3/s$ worden niet weergegeven (enkel van toepassing voor Melle).



Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten bovenafvoer 2020 (in m³/s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.

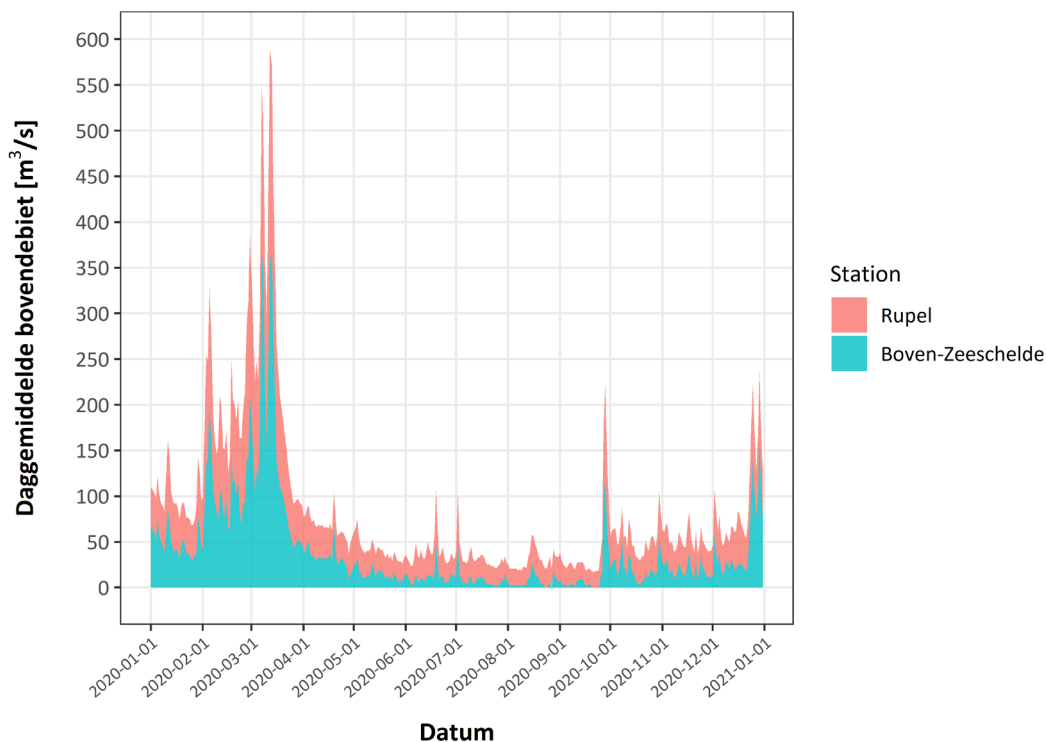
Station	Gem	StDev	P10	P25	P50	P75	P90
Boven-Zeeschelde (Melle)	28.2	42.3	0.2	4.9	12.3	34.3	74.5
Dender (Dendermonde)	8.2	10.7	1.1	2.2	4.5	9.1	18.6
Zenne (Epegem)	8.6	6.2	4.3	4.9	6.6	9.7	15.8
Dijle (Wilsele)	3.6	2.2	2.1	2.4	2.9	3.9	5.8
Demer (Aarschot)	12.3	11.1	5	6.2	8.1	12.5	25.6
Kleine Nete (Grobbendonk Troon)	5.6	5.6	1.9	2.4	3.9	6	11
Grote Nete (Hulshout)	3.9	3.1	1.7	2	3.1	4.4	6.8

3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle

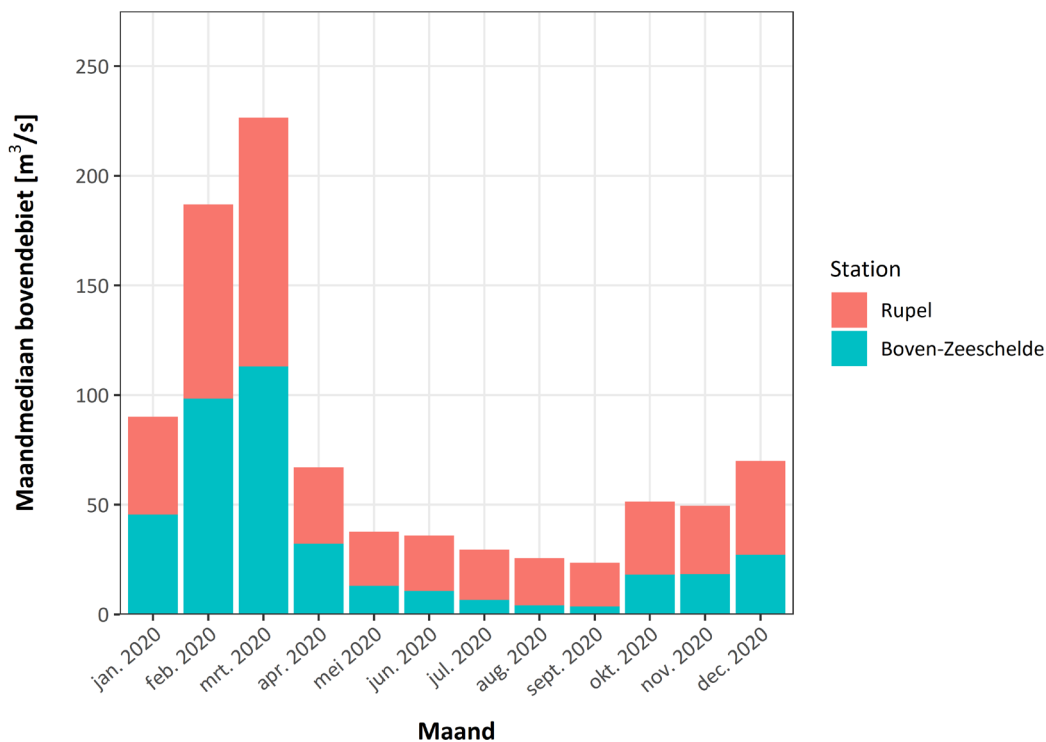
3.3.1 Het jaar 2020

De sterk verhoogde bovenafvoeren gemeten aan de randen van het tijgebied in de maanden februari en maart resulteren logischerwijs in hogere debieten ter hoogte van Schelle (Figuur 19, Figuur 20 en Tabel 7). In de wintermaanden 2020 is het aandeel debiet vanuit het Rupelbekken en het debiet vanuit het Boven-Zeescheldebekken ongeveer gelijk (Figuur 20 en Figuur 21). Met het aanbreken van de droge periode van april tot en met september zakt het debiet in Schelle, waarbij het aandeel debiet vanuit het Rupelbekken relatief gezien steeds belangrijker wordt (Figuur 21). In de maanden oktober tot en met december stijgt het debiet te Schelle opnieuw (Figuur 20), en wordt het aandeel debiet vanuit de Boven-Zeeschelde weer belangrijker (tot 35-40%, zie Figuur 21)

Figuur 19 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.



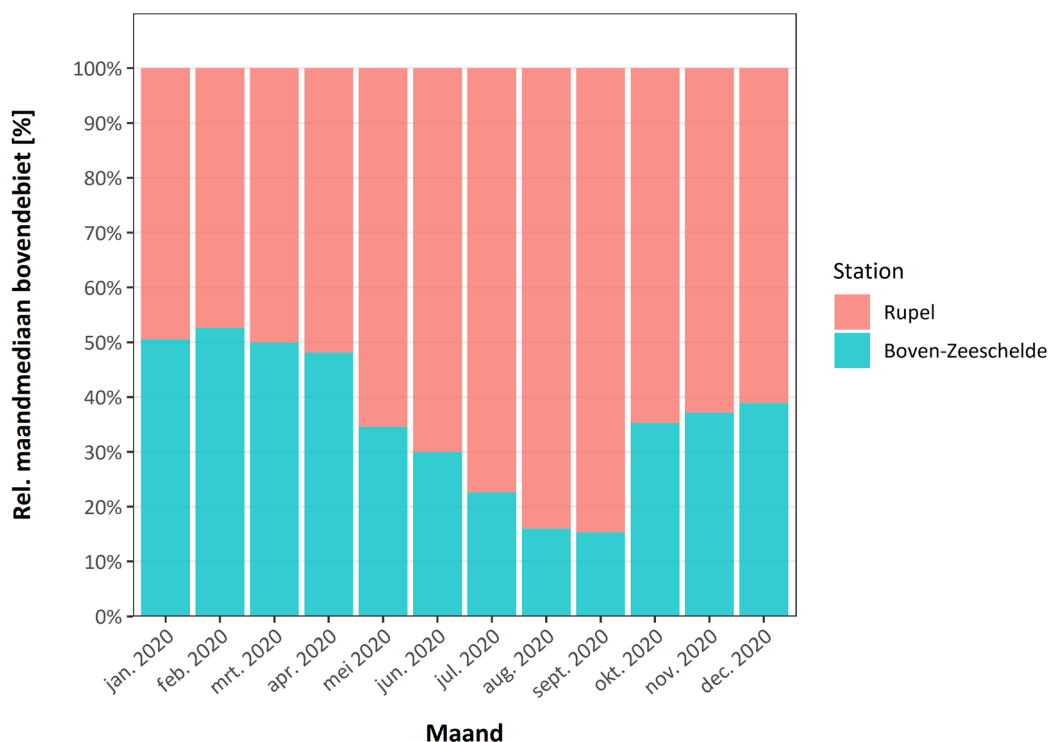
Figuur 20 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.



Tabel 7 – Maandmedianen bovenafvoer [m³/s] 2020 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.

	Schelle	Rupel	Boven-Zeeschelde
januari	90	45	45
februari	187	89	98
maart	227	114	113
april	67	35	32
mei	38	25	13
juni	36	25	11
juli	30	23	7
augustus	26	22	4
september	24	20	4
oktober	51	33	18
november	49	31	18
december	70	43	27

Figuur 21 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2020, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.



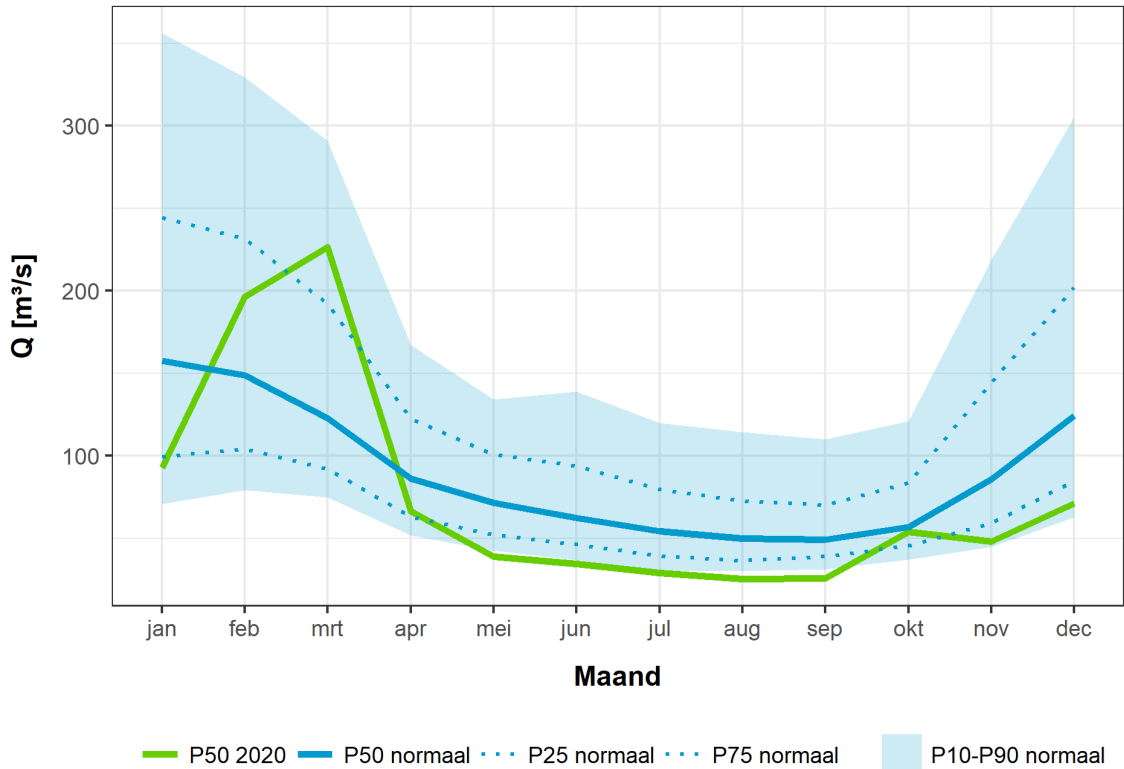
3.3.2 Bovendebiet 2020 in historisch perspectief

Voor maart 2020 is het maanddebiet te Schelle gelegen tussen de P75 en P90 waarden van de normaalperiode¹ wat een abnormaal hoog debiet is (Figuur 22). Met het aanbreken van de droge periode daalt het debiet vanaf april, en voor de maanden mei tot en met september liggen de maandwaarden 2020 onder de P10 normaalwaarde, wat geassocieerd is met uitzonderlijk lage debieten. Ook in november en december zijn de maandwaarden abnormaal laag.

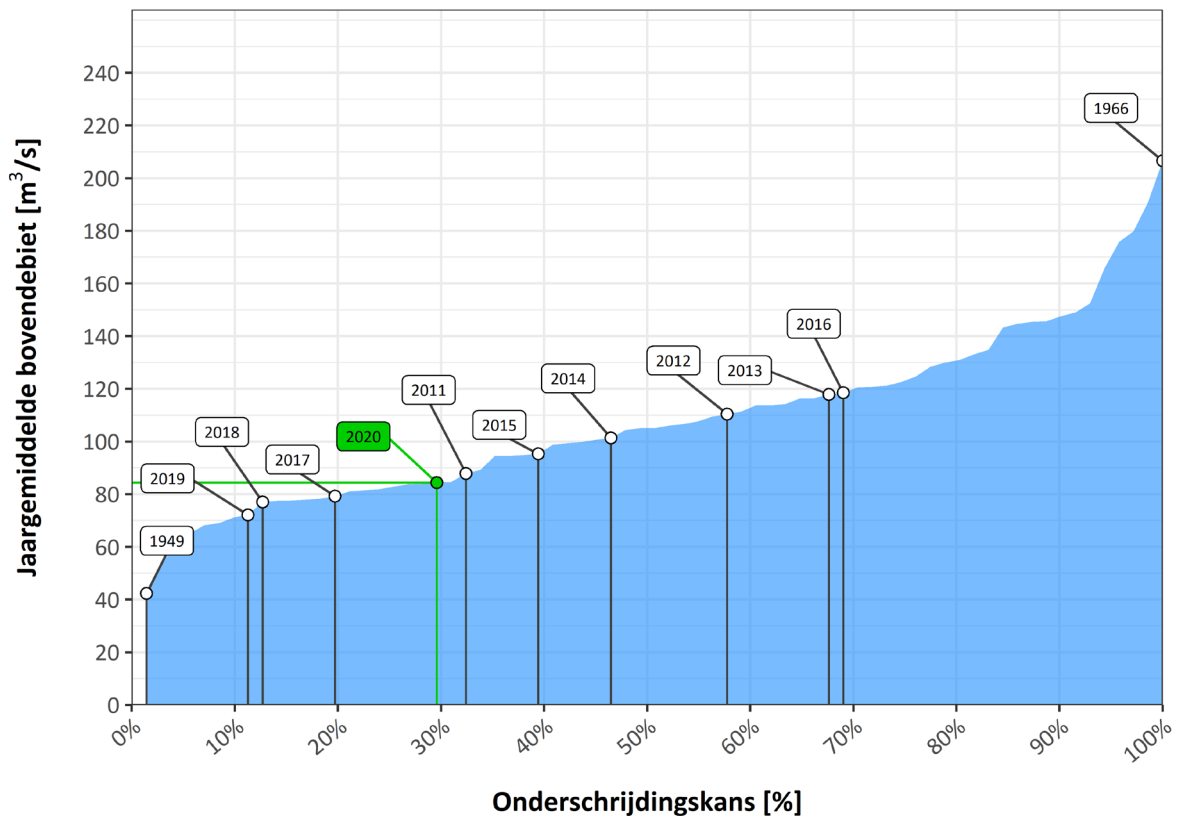
De jaarwaarde 2020 voor Schelle bedraagt 85 m³/s. Beschouwd over de periode 1949-2020 is er in ongeveer 30% van de gevallen een jaardebiet dat lager is dan deze waarde is (Figuur 23). Ondanks de uitzonderlijk lage debieten in de periode mei tot en met september is de jaarwaarde nog relatief hoog in vergelijking met de voorgaande droge jaren 2017, 2018 en 2019 en dit ten gevolge de hoge debieten in de maanden februari en maart.

¹ De normaalperiode wordt gedefinieerd als een periode die representatief is voor de heersende klimaatcondities. Strikt genomen is deze periode 30 jaar. Voor het jaar 2020 gebruikt het HIC de periode 1990-2019 als normaalperiode. Meer informatie omtrent de normaalperiode en normaalwaarden is terug te vinden in het hydrologisch jaarboek (Vandenbruwaene et al., 2021).

Figuur 22 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2020 en normaalwaarden voor Schelle.



Figuur 23 – Jaargemiddelde bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2020, gerangschikt naar grootte.



3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde

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

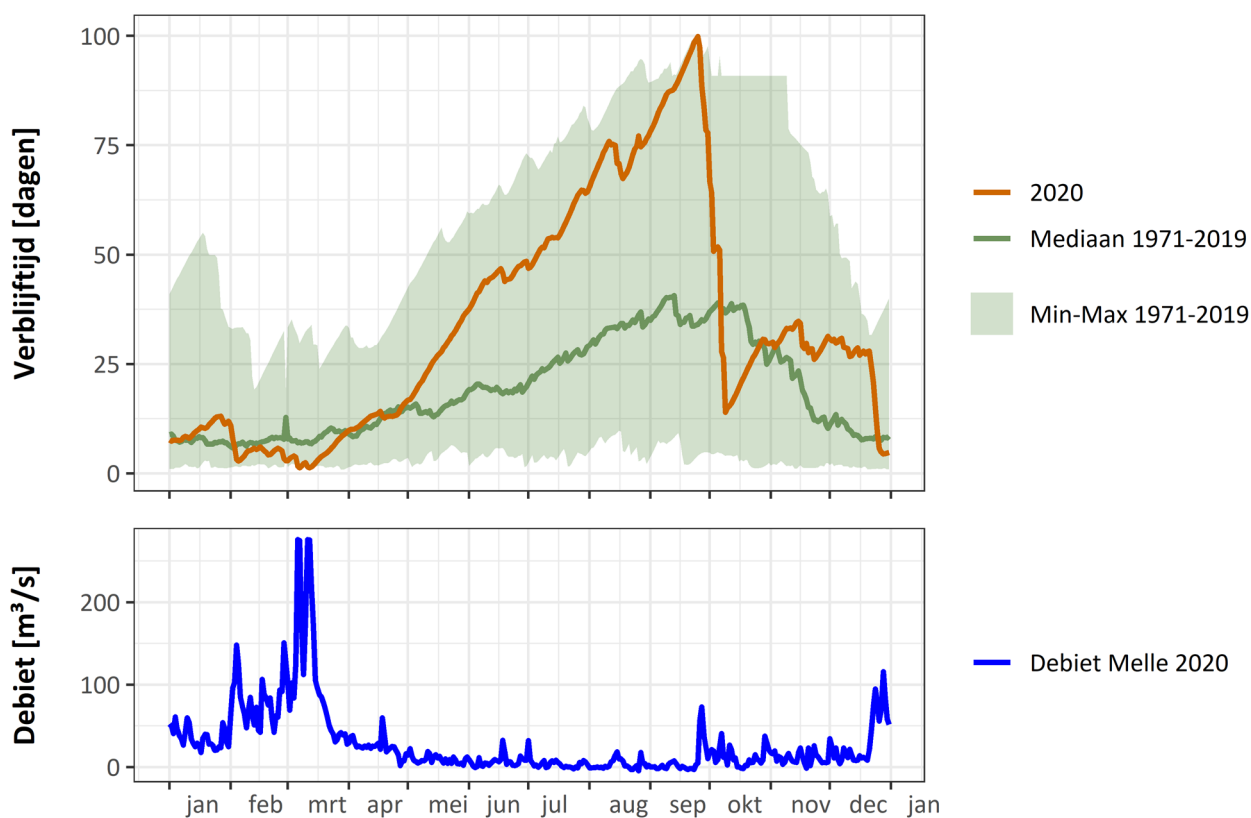
In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de temporele veranderingen in de perioden met hoge of lage bovenafvoeren (duur van de periode, grootte van de bovenafvoeren) gebruik makende van de verblijftijd. Dit kan belangrijk zijn voor de indringing van zout, de residuele sedimenttransporten (uitspoeling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

3.4.1 Resultaten voor 2020

Het verloop van de verblijftijd in 2020 wordt weergegeven in Figuur 24, samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. Ter vergelijking worden ook de minimum-, mediaan- en maximumwaarden per dag weergegeven over de periode 1971-2020.

In de nasleep van 2019, ging 2020 van start met een normale verblijftijd. Een natte periode vanaf februari, met piekdebieten in de eerste helft van maart, zorgde ervoor dat de verblijftijd daalde tot een minimum van 1,3 dagen. Vervolgens ging de verblijftijd gedurende de lente en zomer in stijgende lijn, tot een historisch maximum van 99,9 dagen op 25 september 2020. Eind september zorgde een verhoogd debiet voor een snelle terugval van de verblijftijd naar 14 dagen. In oktober steeg de verblijftijd terug tot boven de mediaan, om in december dan weer te dalen door een debietpiek op het einde van het jaar.

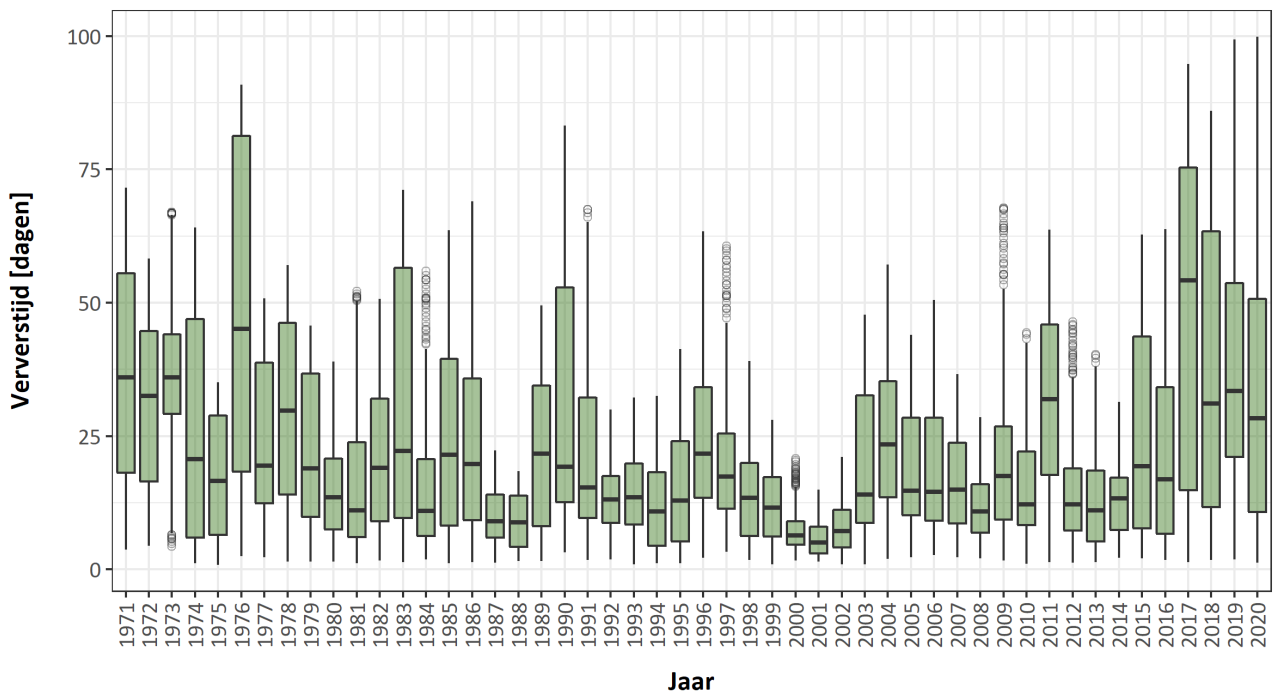
Figuur 24 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2020



3.4.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 25 toont voor elk jaar de boxplot van de dagelijkse verblijftijden sinds 1971. De situatie in 2020 is vergelijkbaar met de twee voorgaande jaren 2018 en 2019: de mediaan en interkwantielafstanden liggen in dezelfde grootteorde. Het jaar 2020 werd net als 2018 en 2019 gekenmerkt door een lange droge zomer, die door het ontbreken van periodes met verhoogde bovenafvoer zorgt voor een toename van de verblijftijd. De recordverblijftijd van 99,4 dagen, die in 2019 bereikt werd, werd 2020 alweer nipt overstege tot een maximum van 99,9 dagen.

Figuur 25 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2020).



4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters (stroomsnelheid, temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) en ecologische parameters (Chlorofyl A-gehalte, PPF², zuurstofconcentratie, zuurstofverzadigingsgraad en zuurtegraad) op zowel continue basis op vaste meetlocaties, als tijdens singuliere meetcampagnes. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters in het jaar 2020. Voor de ecologische parameters wordt verwezen naar de OMES-rapporten (Maris & Meire, 2021).

4.1 Continue metingen "fysische parameters"

4.1.1 Meetlocaties en toestellen

Op 9 meetplaatsen in de Zeeschelde (Prosperpolder, Lillo Meetpaal, Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Hemiksem, Kruike, Weert, Schellebelle en Melle) en op één plaats op de Rupel (Klein-Willebroek) staan er vaste multiparameter-toestellen (zie Figuur 26). Hier worden op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd. Te Tielrode nabij de Durmemonding is een mobiel toestel opgesteld, dit toestel zal op langere termijn onderdeel uitmaken van een vaste installatie.

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

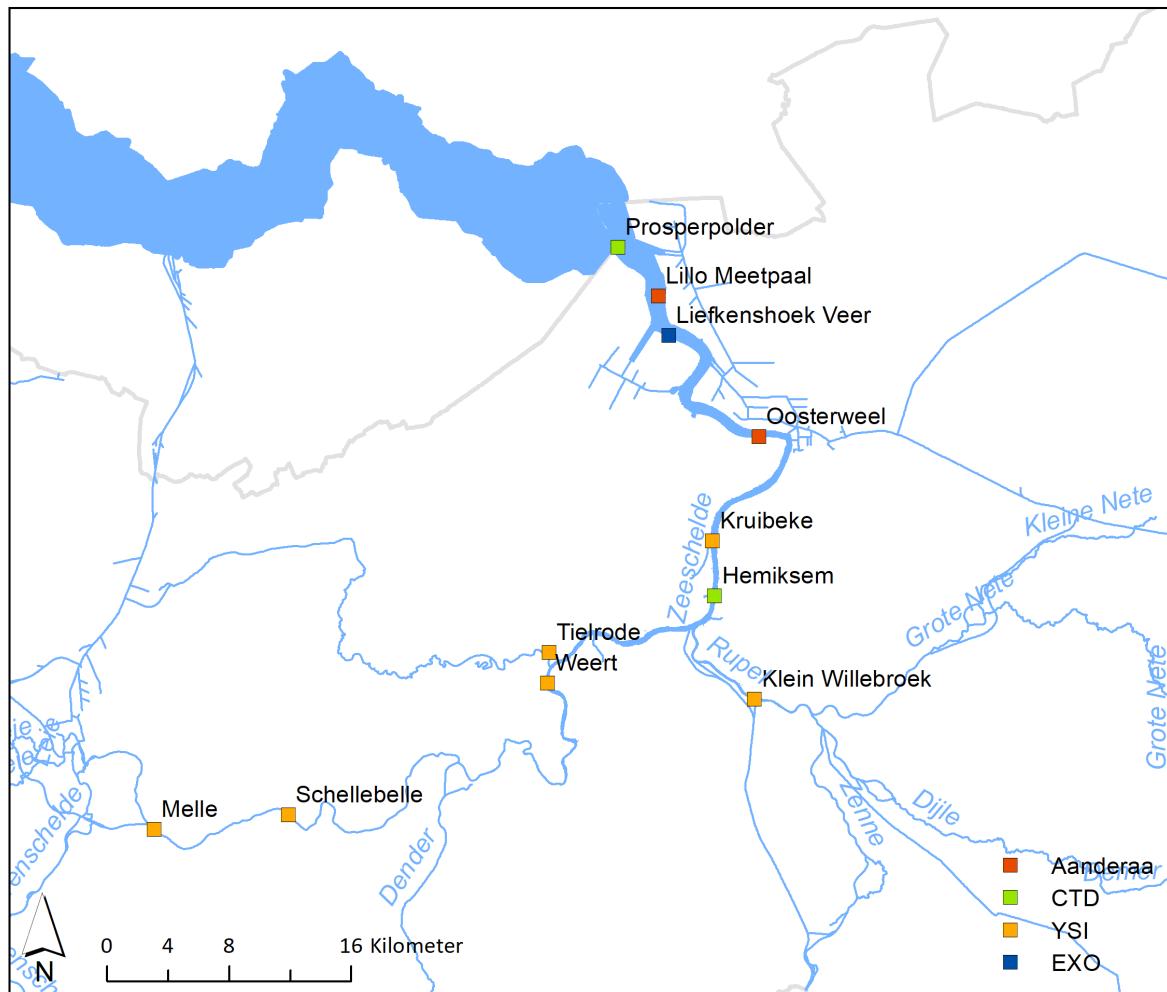
In het estuarium wordt er met verschillende sensortypes gemeten. De Aanderaa Seaguards meten om de 30 seconden. Deze metingen worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en via telemetrie doorgestuurd. De CTD-toestellen (RBR concerto; Valeport Midas) meten, afhankelijk van de locatie, om de 1 of 2 seconden. Elke 10 minuten worden deze waarden uitgemiddeld en via telemetrie doorgestuurd. De YSI-toestellen meten elke minuut instantaan, en worden uitgemiddeld over een tijdsinterval van 5 minuten en vervolgens doorgestuurd.

Tabel 8 presenteert voor iedere meetlocatie welk toesteltype er hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en aan welke frequentie. Indien mogelijk³ wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid.

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

³ Bij een drijvende opstelling bevindt de sensor zich op een vaste (relatieve) positie onder het wateroppervlak. Er is dus geen vaste, absolute positie doorheen de tijd.

Figuur 26 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. Tielrode is voorlopig een mobiel YSI toestel en wordt op termijn een vaste meetlocatie.



Tabel 8 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2020.

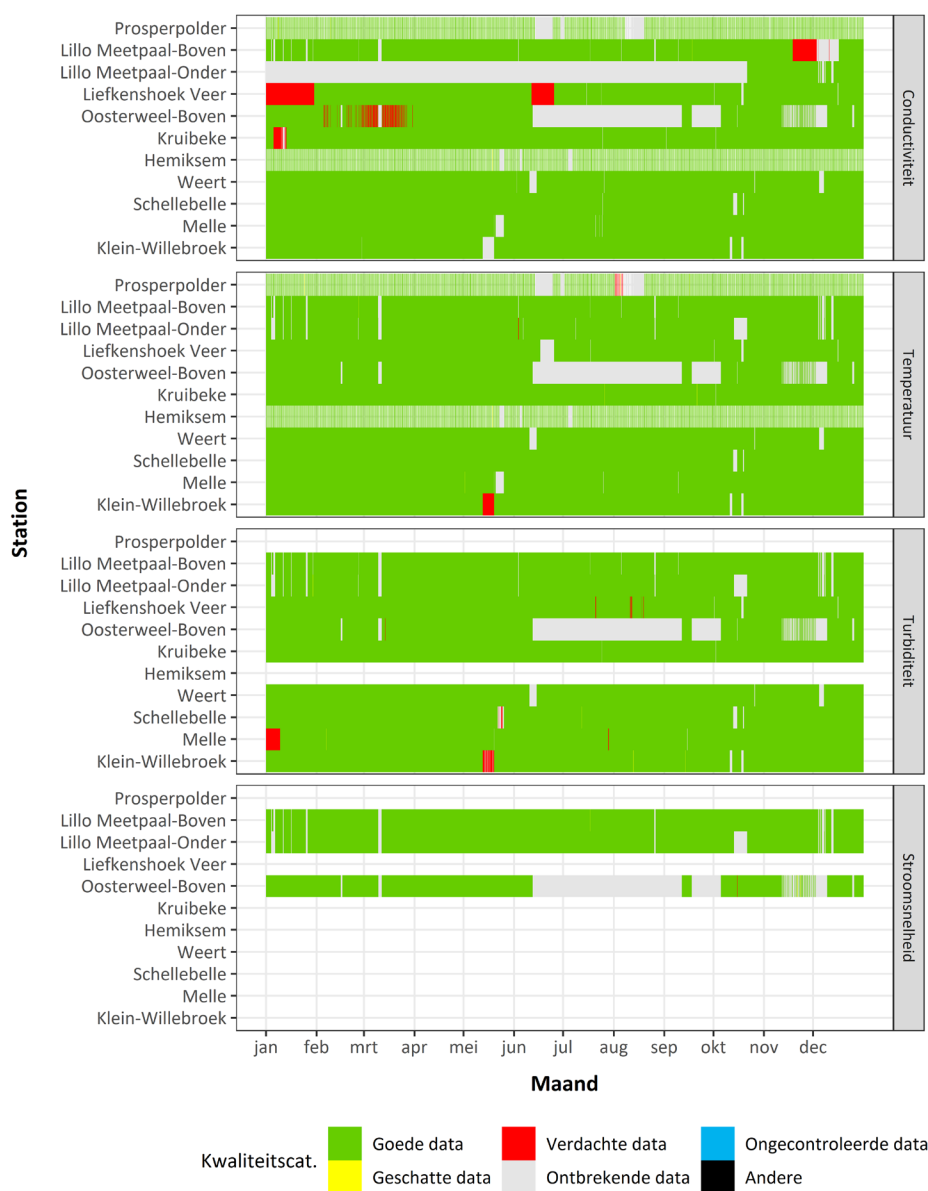
Meetlocatie	Toesteltype	Tijdsinterval	Gemeten parameters									Verticale positie	Absolute positie (mTAW)	Stroomgebied	
			Cond	WT	Turb	v	vDIR	pH	O2	PPFD	Chfyla				
Prosperpolder	Valeport-CTD	10 min	x	x									Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Lillo Meetpaal (boven/onder)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x					x ¹	Vast : B: 3,75 m boven de bodem O: 1 m boven de bodem	B: - 5 mTAW O: - 8,5 mTAW	Beneden-Zeeschelde
Liefkenshoek - Veer	EXO	5 min	x	x	x				x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Oosterweel (boven)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x						Vast : B: 4,5 m boven de bodem	- 2,3 mTAW	Beneden-Zeeschelde
Kruibeke	YSI	5 min	x	x	x				x	x			Vlottend : 1,1 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Beneden-Zeeschelde
Hemiksem	Valeport-CTD	10 min	x	x									Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Weert	YSI	5 min	x	x	x				x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Schellebelle	YSI	5 min	x	x	x				x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Melle	YSI	5 min	x	x	x				x	x			Vast : 1,1 m boven de bodem	+ 1,5 m TAW	Boven-Zeeschelde
Klein-Willebroek (Vanaf juli 2018)	YSI	5 min	x	x	x				x	x	x	x	Vlottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
Tielrode	YSI	5 min	x	x	x				x	x			Vlottend : 0,5 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Durme
¹: Enkel voor Lillo Meetpaal - onder sinds eind 2019															

4.1.2 Kwaliteit van de data

Om een zo goed mogelijke datakwaliteit te bekomen worden de gegevens in de databank gevalideerd. Dit validatieproces omvat onder meer het verwijderen van outliers en het opvullen van gaten in de tijdsreeksen. Voor de hydrologische parameters (bv. waterstand) ligt de datakwaliteit zeer hoog en is het aantal ontbrekende gegevens laag. Voor de fysische parameters komen technische problemen iets vaker voor, wat mogelijk een invloed heeft op de berekening van de jaarstatistieken.

De langste storing in 2020 deed zich voor aan de conductiviteitssensor Lillo Meetpaal-Onder. Deze herstelling werd als minder prioritair gezien aangezien Lillo Meetpaal-Boven ook conductiviteit meet en het Schelde estuarium een goed gemengd systeem is. Daarnaast kende Oosterweel-Boven in de zomer een langdurige uitval door de onderbreking van de walvoeding. Om dit herstellen moest een nieuwe kabel gelegd worden wat een arbeids- en tijdsintensief proces is. Een overzicht van de datakwaliteit van de continue fysische parameters voor het jaar 2020 wordt gegeven in Figuur 27.

Figuur 27 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min). Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).



4.1.3 Data-analyse

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

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

Bovenstaande tijdstippen zijn aangewend om, afhankelijk van parameter, de minima en/of maxima rond kentering bij laagwater (KLW) en hoogwater (KHW) of het extreem (minimum/maximum) te bepalen binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering en de gemiddelden en/of minima/maxima tijdens eb en vloed. Dit zoekvenster vangt de variabiliteit tijdens het moment van kentering op. Merk op dat het gemiddelde de kwaliteitscode krijgt van de meting met de minste kwaliteit⁴ binnen het zoekvenster. Een verdachte meting resulteert dus in een gemiddelde met een verdachte kwaliteitscode. Bij de extremen wordt de kwaliteit van het gevonden extreem overgenomen. Indien er één punt ontbreekt bij eb of vloed wordt er bovendien geen gemiddelde berekend en worden de extremen als verdacht aanzien. Dit laatste criterium is niet van toepassing bij de extremen tijdens KLW/KHW. In de resultatensectie worden de berekende jaarstatistieken met minder dan 90 % geldige⁵ data transparant weergegeven.

Voor het bepalen van springtij, doodtij en gemiddeld tij (Figuur 30 en Figuur 31) werden springtij en doodtij toegewezen op basis van astronomisch voorspelde tijdstippen. Rond het geprikte spring- en doodtij, werden voorafgaand en aansluitend een HW en LW meegenomen als spring- en doodtij, zodoende 8 tot 9 procent van de getijden te bestempelen als doodtij en een gelijk aantal als springtij. De overige getijden werden meegenomen als gemiddeld tij.

4.1.4 Verloop van stroomsnelheid

Ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel wordt de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. De metingen zijn puntstroomsnelheidsmetingen waarbij de meetpositie zo gekozen is opdat ze zo representatief mogelijk zijn voor de dwarssectie, rekening houdende met randvoorwaarden op het terrein (meettoestel moet buiten de vaargeul liggen en toestel moet kunnen bevestigd worden aan een vaste constructie).

Het verloop van de stroomsnelheid toont voor Lillo Meetpaal hogere stroomsnelheden tijdens vloed dan tijdens eb, en dit zowel voor de gemiddelde waarden als voor de maximumwaarden (Figuur 28). Dit is ook terug te zien in de jaarwaarden (Figuur 29), waarbij voor Lillo Meetpaal-Boven de gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed 0,64 m/s bedraagt en tijdens eb 0,33 m/s (Tabel 9). Voor Lillo Meetpaal-Onder worden dezelfde patronen waargenomen maar ligt de stroomsnelheid over het algemeen iets lager in vergelijking met de bovenste sensor. Ter hoogte van Oosterweel zijn de stroomsnelheden tijdens vloed en eb veel meer vergelijkbaar met elkaar, en

⁴ In aflopende kwaliteit worden volgende codes toegekend: goed – geschat – verdacht - ontbrekend

⁵ Data met een kwaliteitscode goed of geschat worden beschouwd als geldige data.

over het algemeen iets hoger dan de stroomsnelheid ter hoogte van Lillo Meetpaal (Figuur 28). De gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed bedraagt 0,63 m/s, tijdens eb ligt deze iets hoger en bedraagt deze 0,71 m/s.

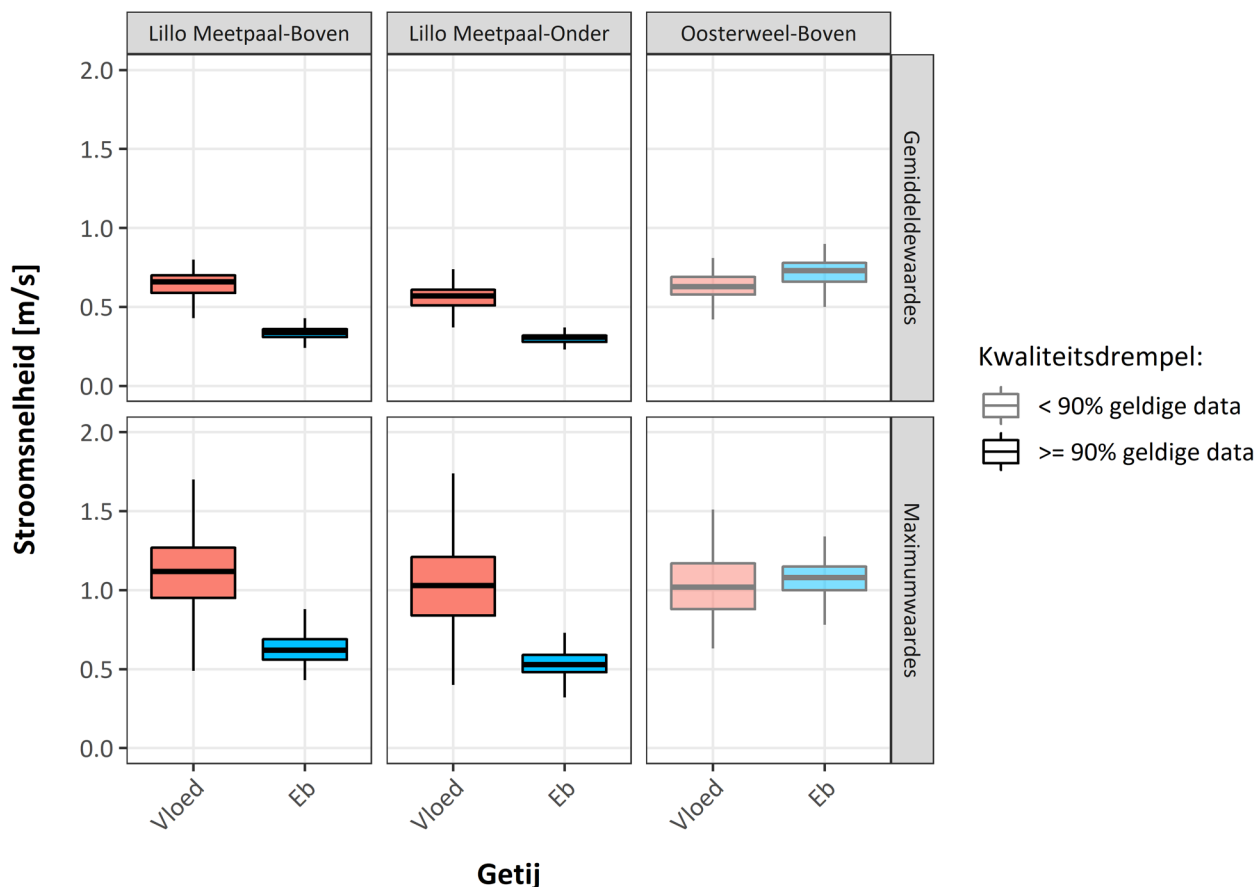
De analyse van de stroomsnelheid over de verschillende getijcycli (LW-HW cyclus en doortij-springtij cyclus) toont de sterke afname in stroomsnelheid tijdens kentering (ongeveer 30-60 minuten na HW), en de algemene toename in stroomsnelheid gaande van doortij- naar springtijcondities (Figuur 30). Daarnaast ontwikkelt er zich gedurende gemiddelde tijcondities en springtijcondities een duidelijke piek in stroomsnelheid tijdens de vloedfase, ongeveer 1,5 uur voor het optreden van kentering hoogwater. Ter hoogte van Lillo Meetpaal kunnen deze pieksnelheden tijdens springtij-vloed makkelijk gaan tot 1,5 m/s, voor Oosterweel is dat iets lager (zie Figuur 30 en ook Figuur 29). Wanneer we het stroomsnelheidsprofiel van 2020 over de verschillende getijcycli vergelijken met de beschikbare historische data (Figuur 31), dan merken we op dat de mediaan van 2020 telkens binnen de grenzen van het 25^e en 75^e percentiel van de historische data valt. Twee tot vier uur na HW was de stroomsnelheid eerder lager ter hoogte van Lillo Meetpaal-Boven voor de doortij-springtij cyclus van 2020. Drie tot zes uur na HW zijn er in 2020 eerder hoge stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven bij gemiddeld tij en springtij.

Beschouwen we het langjarig verloop in gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed, dan zijn de jaarstatistieken voor 2020 weinig verschillend ten opzichte van de 3 voorgaande jaren (Figuur 32). Meest opvallende tendensen over de volledige meetperiode zijn de afname in stroomsnelheid-eb ter hoogte van Lillo Meetpaal-Boven, en de hogere stroomsnelheid-eb gedurende de afgelopen vier jaar ter hoogte van Oosterweel-Boven.

Figuur 28 – Verloop van de stroomsnelheid in 2020 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



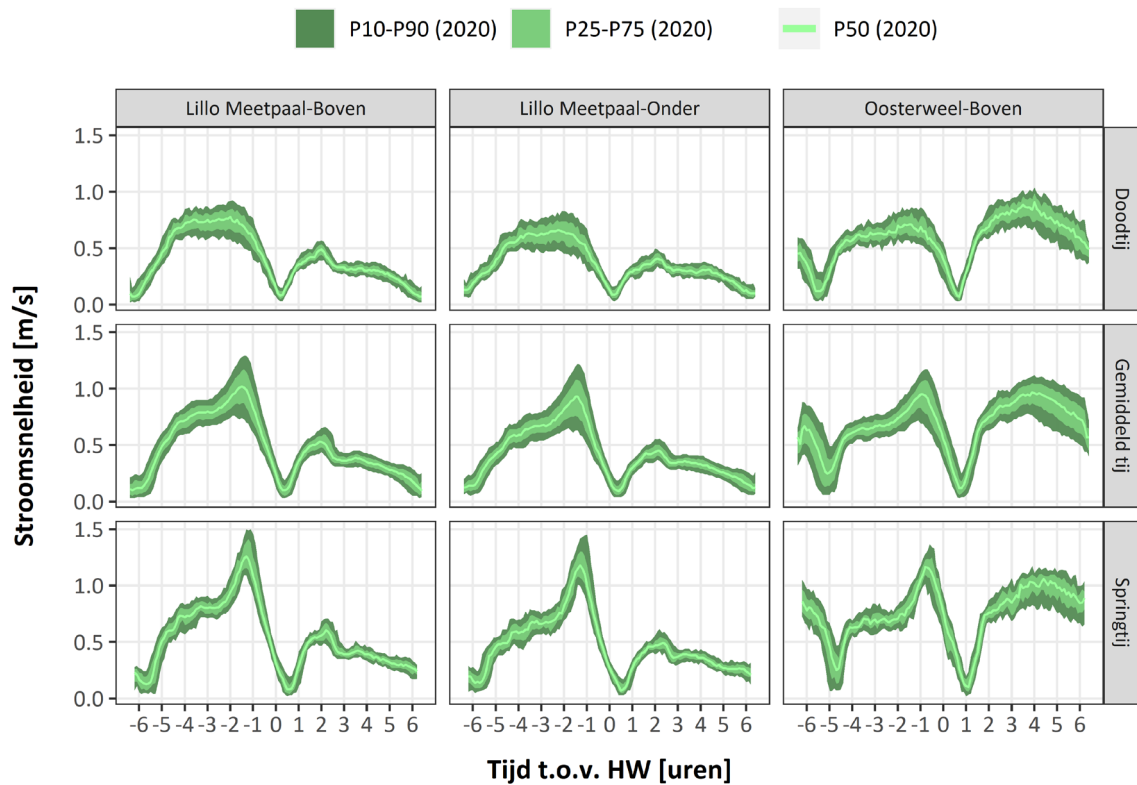
Figuur 29 – Jaarstatistiek (percentielen) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



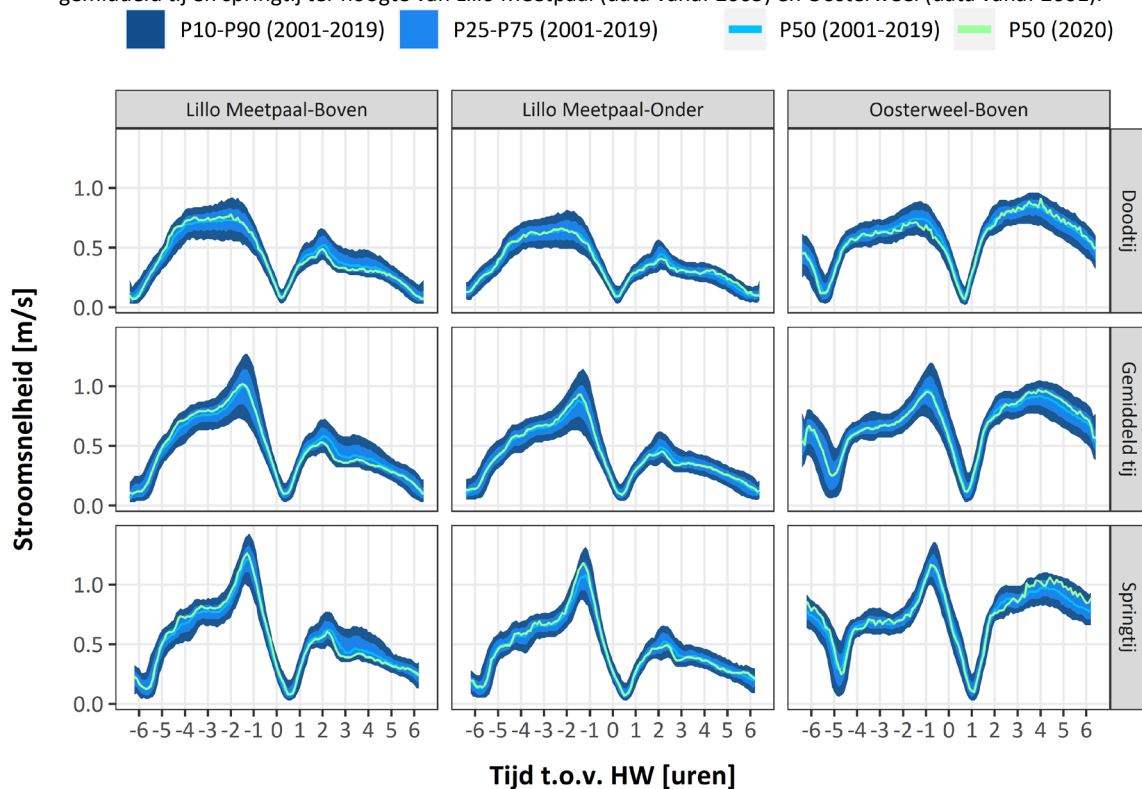
Tabel 9 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

Station	Getij	Parameter	Gem.	StDev	Geldige data [%]
Lillo Meetpaal-Boven	Vloed	Gem.	0,64	0,08	96
Lillo Meetpaal-Boven	Eb	Gem.	0,33	0,03	96
Lillo Meetpaal-Boven	Vloed	Max.	1,12	0,23	96
Lillo Meetpaal-Boven	Eb	Max.	0,63	0,19	96
Lillo Meetpaal-Onder	Vloed	Gem.	0,55	0,08	94
Lillo Meetpaal-Onder	Eb	Gem.	0,3	0,03	94
Lillo Meetpaal-Onder	Vloed	Max.	1,04	0,25	94
Lillo Meetpaal-Onder	Eb	Max.	0,54	0,2	94
Oosterweel-Boven	Vloed	Gem.	0,63	0,07	61
Oosterweel-Boven	Eb	Gem.	0,71	0,09	61
Oosterweel-Boven	Vloed	Max.	1,03	0,21	61
Oosterweel-Boven	Eb	Max.	1,07	0,16	61

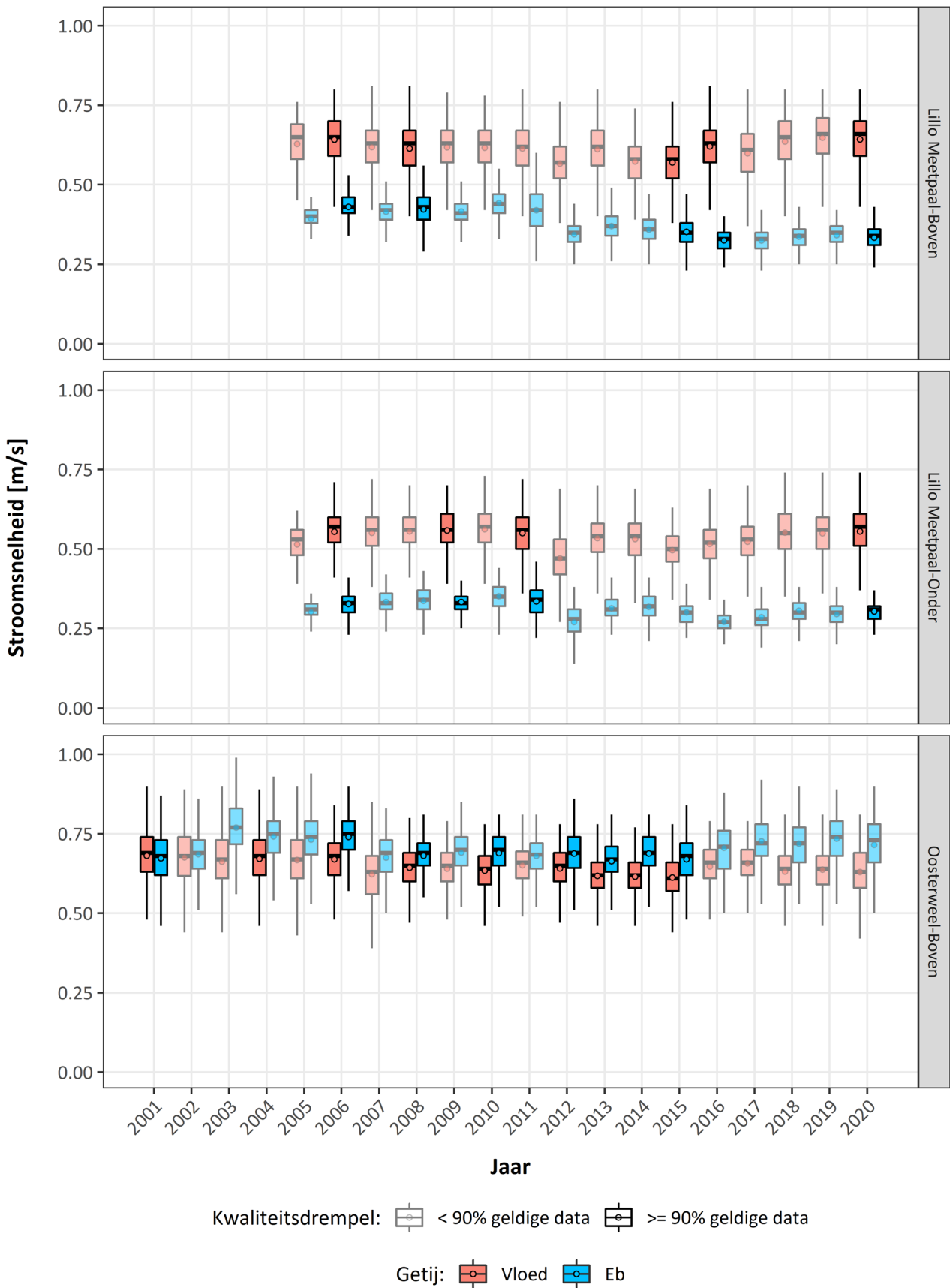
Figuur 30 – Karakteristiek verloop voor 2020 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel.



Figuur 31 – Historische vergelijking van 2020 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005) en Oosterweel (data vanaf 2001).



Figuur 32 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



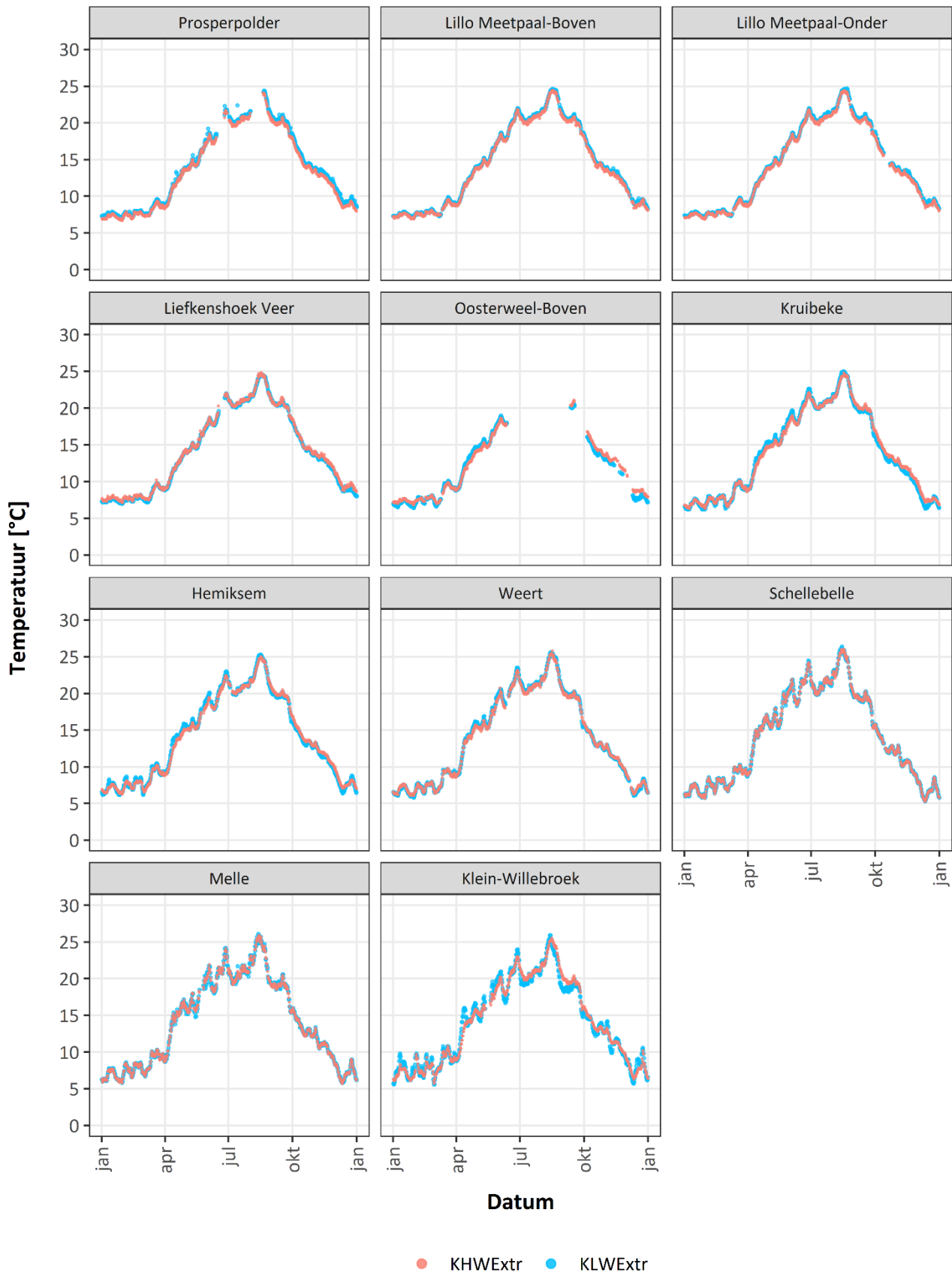
4.1.5 Verloop watertemperatuur

Het temperatuursverloop tijdens KHW en KLW over een volledig jaar toont voor alle meetstations een seizoenale trend die duidelijk gecorreleerd is met de luchttemperatuur. De laagste watertemperatuur wordt waargenomen begin februari (koudste periode van het jaar) en bevindt zich in de range van 5-7° C, terwijl de hoogste watertemperatuur wordt bereikt tijdens de zomermaanden met waarden in de range van 24-26° C (Figuur 33 en Tabel 10). De jaarstatistieken tonen weinig variatie tussen de stations onderling (Figuur 35). Enkel de meer extreme statistieken tonen voor de afwaartse stations hogere minima en lagere maxima wat een gevolg is van de bufferende werking van het zeewater (zie P10 en P90 in Figuur 35 en minimum en maximum in Tabel 10).

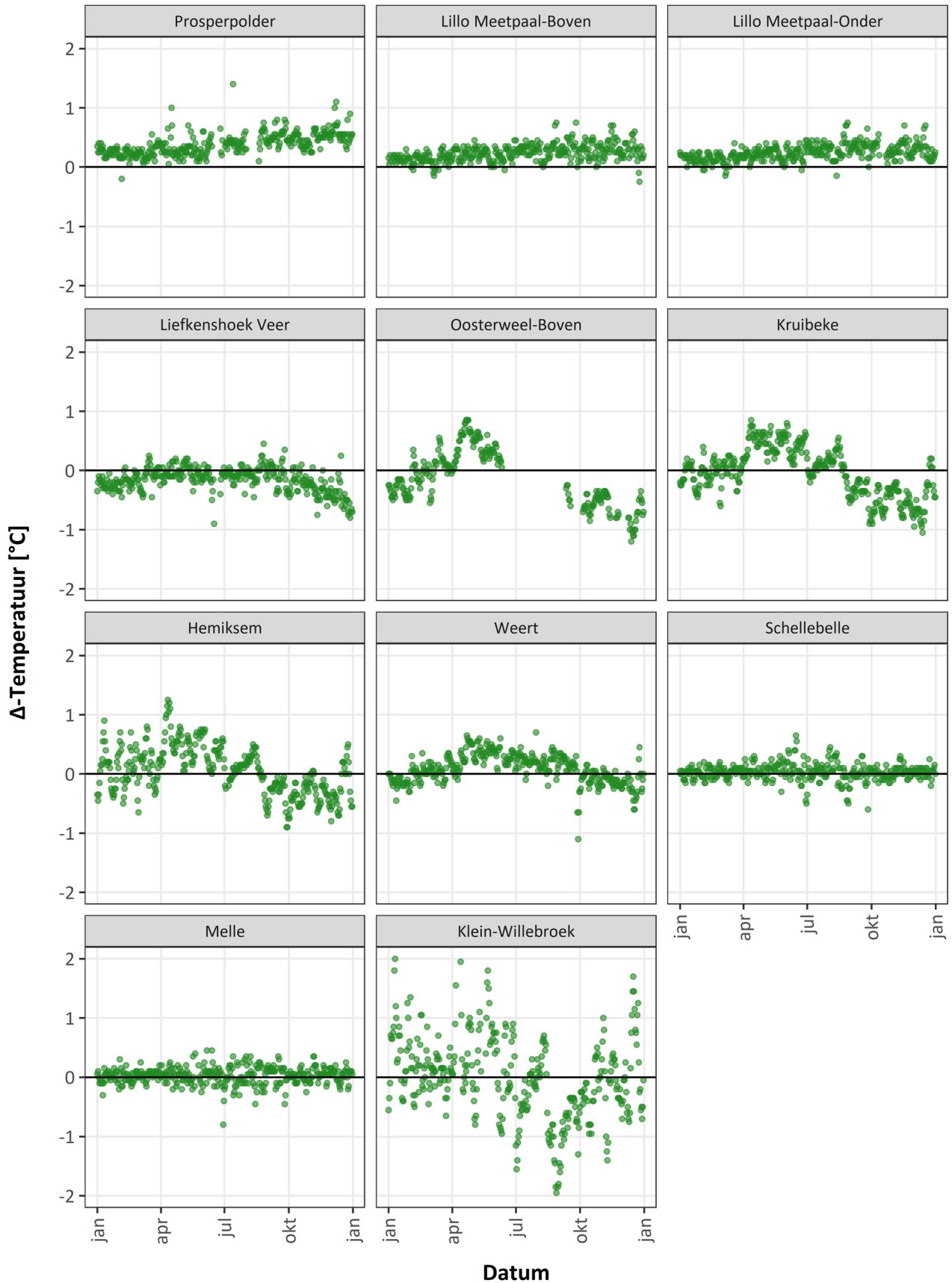
De bufferende werking van het zeewater is niet enkel merkbaar in de extreme statistieken van de stations, maar ook in het temperatuursverschil tussen KHW en KLW doorheen het jaar. Voor de afwaartse stations Prosperpolder en Lillo Meetpaal is de temperatuur tijdens KLW altijd hoger dan tijdens KHW (Figuur 34). Het kleinere watervolume tijdens KLW zal relatief gezien steeds 'warmer' zijn dan het grotere volume dat het estuarium binnenkomt met 'koudere' zeewater. Dit verschil tussen KLW en KHW is het grootst tijdens de zomer. Voor de stations die zowel beïnvloed worden door zout water vanuit de Noordzee als zoet water van opwaarts (Oosterweel, Kruibeke, Hemiksem, Weert, en in mindere mate Liefkenshoek-Veer en Klein-Willebroek) is de temperatuur in het najaar en in de winter tijdens KLW lager dan tijdens KHW. Dit komt omdat het opwaartse aangevoerde zoet water zich sneller heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur tijdens het najaar en dus sneller kouder wordt (want kleiner volume dan de zee). Tijdens KLW (na de ebfase) is het aandeel van opwaarts aangevoerd zoet water het grootst en zijn de temperaturen bijgevolg lager dan tijdens KHW. In het voorjaar doet zich het omgekeerde voor en is het opwaartse aangevoerde zoet water sneller opgewarmd dan het zeewater. Bijgevolg is de temperatuur bij KLW hoger dan bij KHW. Dit verschil wordt kleiner naar de zomer toe aangezien de zee zich dan ook heeft aangepast aan de omgevingstemperatuur. De opwaartse stations Schellebelle en Melle worden niet beïnvloed door zout water (zie ook §4.1.6 en Figuur 36) waardoor er bijgevolg geen temperatuursverschil is tussen KHW en KLW.

Tenslotte geven we nog mee dat het temperatuursverloop en de jaarstatistieken voor Lillo Meetpaal-Boven en -Onder nagenoeg identiek zijn (Figuur 33, Figuur 35 en Tabel 10). Dit duidt er op dat we te maken hebben met een goed gemengd systeem.

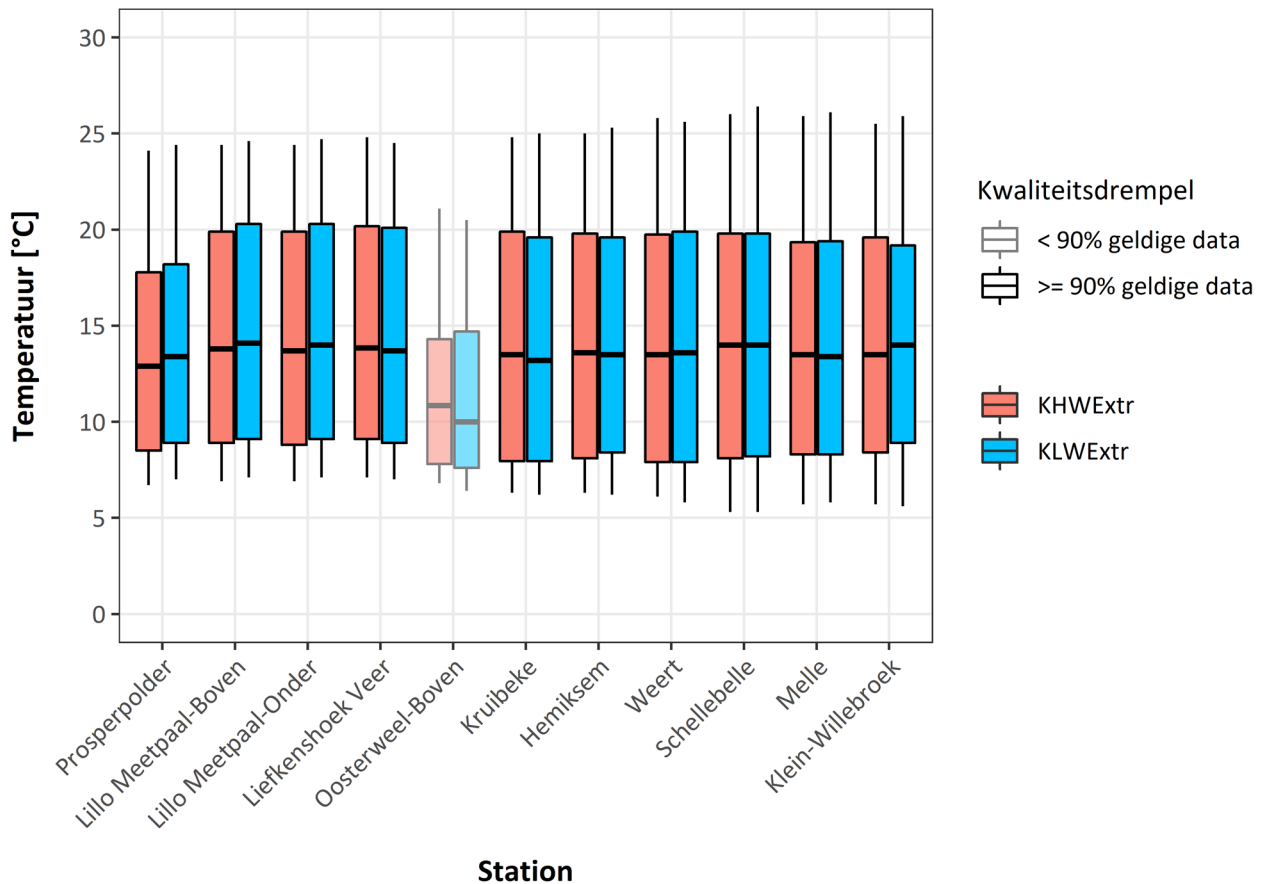
Figuur 33 – Seizoenaal verloop temperatuur (2020) bij KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations in 2020.



Figuur 34 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (KLW min KHW) voor de verschillende meetstations.



Figuur 35 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.



Tabel 10 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde, minimum en maximum) voor de temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.

Station	Parameter	Min.	Gem.	Max.	StDev	Geldige data [%]
Prosperpolder	KHW Extr.	6,7	13,2	24,1	5	92
Prosperpolder	KLW Extr.	7	13,6	24,4	5	92
Lillo Meetpaal-Boven	KHW Extr.	6,9	14,3	24,4	5,3	96
Lillo Meetpaal-Boven	KLW Extr.	7,1	14,5	24,6	5,4	96
Lillo Meetpaal-Onder	KHW Extr.	6,9	14,2	24,4	5,4	94
Lillo Meetpaal-Onder	KLW Extr.	7,1	14,5	24,7	5,4	94
Liefkenshoek Veer	KHW Extr.	7,1	14,3	24,8	5,4	97
Liefkenshoek Veer	KLW Extr.	7	14,2	24,5	5,4	97
Oosterweel-Boven	KHW Extr.	6,8	11,5	21,1	3,8	64
Oosterweel-Boven	KLW Extr.	6,4	11,4	20,5	4	62
Kruikebe	KHW Extr.	6,3	14	24,8	5,6	100
Kruikebe	KLW Extr.	6,2	13,9	25	5,7	100
Hemiksem	KHW Extr.	6,3	14	25	5,6	98
Hemiksem	KLW Extr.	6,2	14	25,3	5,7	98
Weert	KHW Extr.	6,1	14	25,8	5,8	98
Weert	KLW Extr.	5,8	14,1	25,6	6	98

Station	Parameter	Min.	Gem.	Max.	StDev	Geldige data [%]
Schellebelle	KHW Extr.	5,3	14,1	26	6,1	99
Schellebelle	KLW Extr.	5,3	14,1	26,4	6,1	99
Melle	KHW Extr.	5,7	14	25,9	5,8	98
Melle	KLW Extr.	5,8	14	26,1	5,8	98
Klein-Willebroek	KHW Extr.	5,7	14,1	25,5	5,7	98
Klein-Willebroek	KLW Extr.	5,6	14,1	25,9	5,6	97

4.1.6 Verloop saliniteit

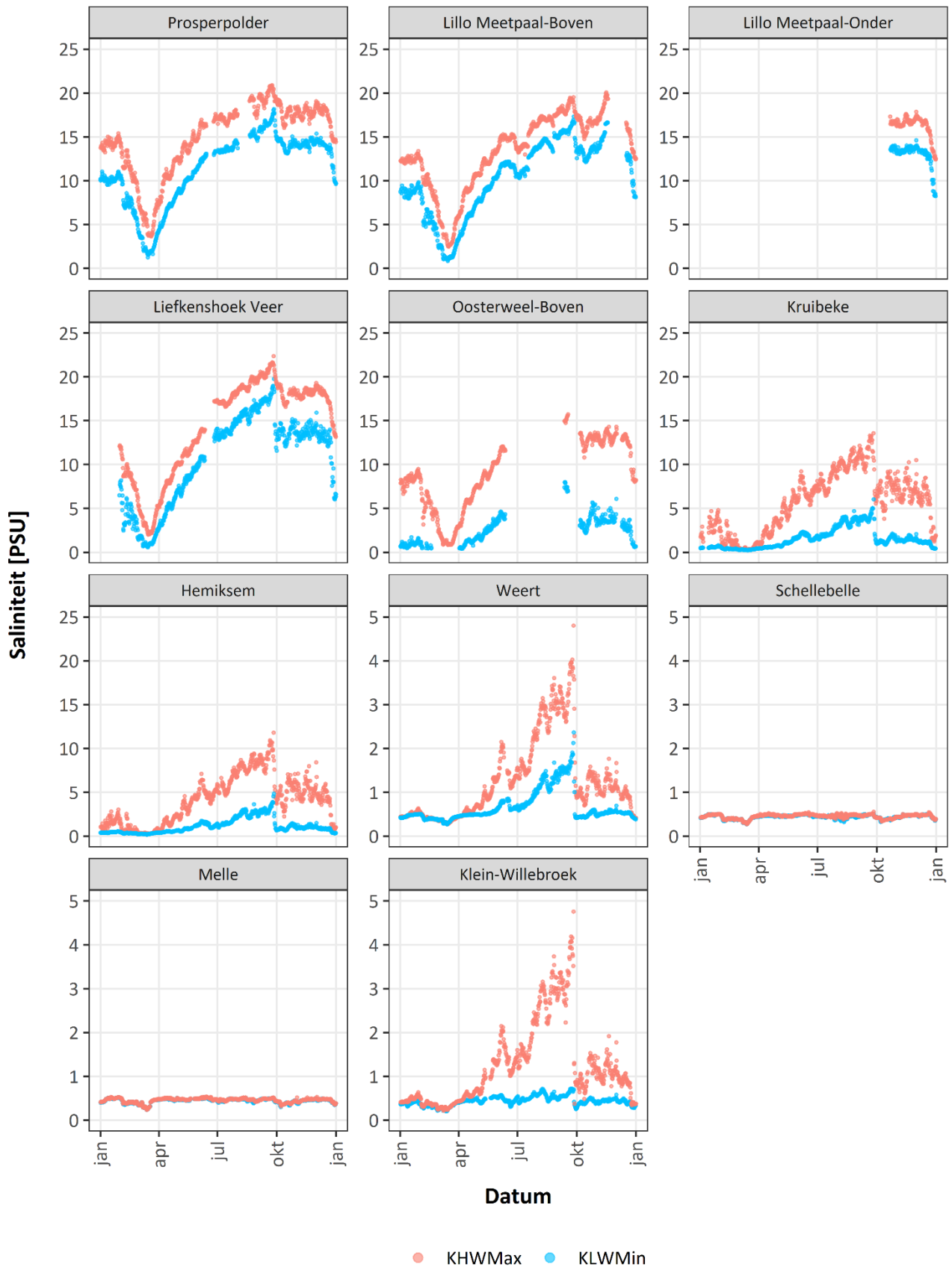
Op basis van de conductiviteits- en temperatuursmetingen wordt de saliniteit berekend gebruik makende van de UNESCO formule. Deze formule is opgesteld voor standaard oceaanwater en is nauwkeurig binnen het bereik 2-42 PSU⁶. Voorzichtigheid is dus geboden bij de interpretatie van PSU waarden < 2.

Algemeen is er een duidelijke saliniteitsgradiënt doorheen het Schelde estuarium. Afwaartse stations (grootse invloed zeewater) hebben hogere saliniteiten dan de opwaartse stations (Figuur 37). Daarnaast is het saliniteitsverloop doorheen het jaar duidelijk geassocieerd met de aanvoer van zoet water vanuit de bovenlopen. Tijdens de wintermaanden (hogere bovenafvoer) is de saliniteit in het estuarium lager dan tijdens de zomermaanden (Figuur 36). Binnen een individuele getijcyclus is de aanvoer van zout water maximaal op het einde van de vloed, waardoor de saliniteitswaarden tijdens KHW hoger liggen dan tijdens KLW.

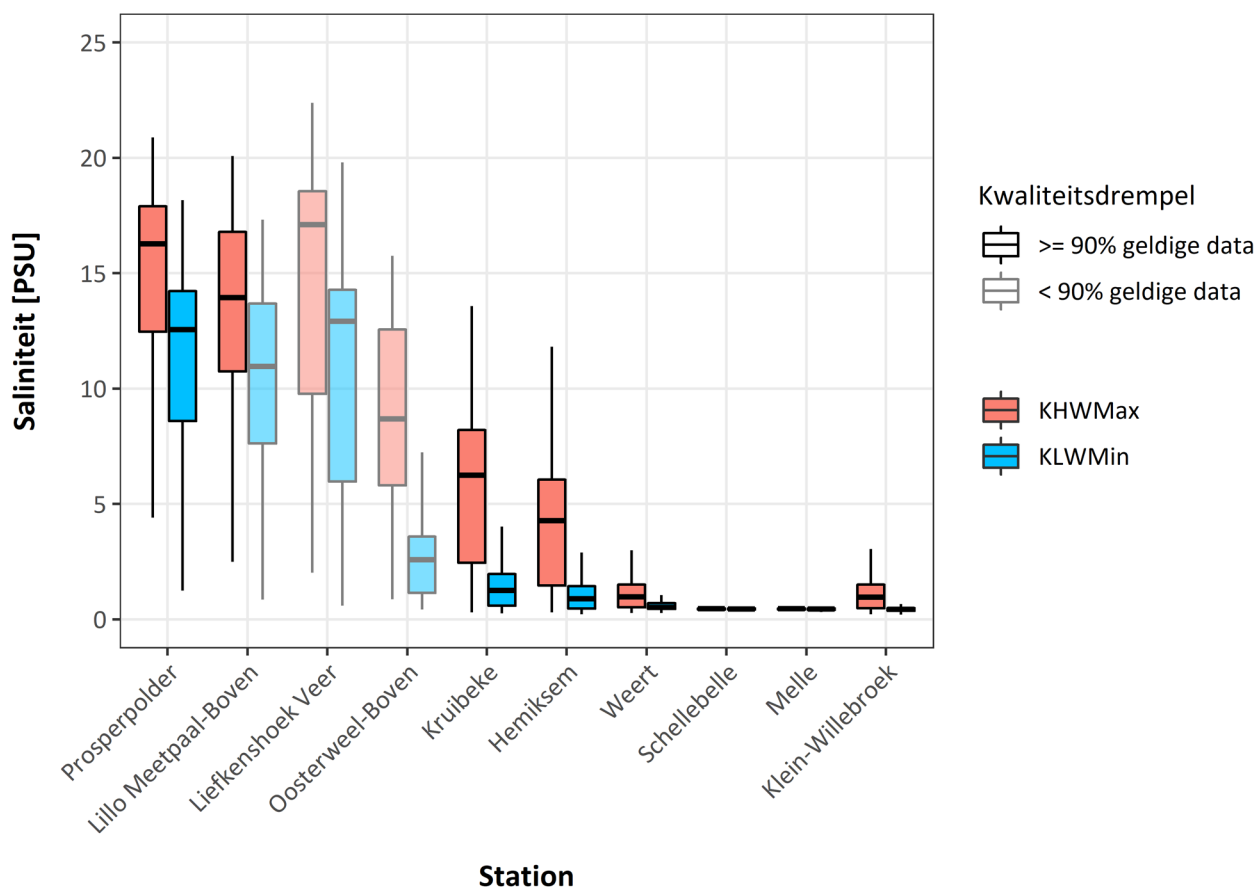
Voor het jaar 2020 tonen de afwaartse posten een duidelijk minimum in de maand maart (Figuur 36). De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maand dan ook hoog (zie §3, Figuur 17, Figuur 20 en Figuur 22). Nadien volgde een droge periode tot en met september, wat resulteerde in een gestage stijging van de saliniteit. Zo liep in Prosperpolder de saliniteit in de maand september op tot bijna 21 PSU (Figuur 36 en Tabel 11). Eind september zien we dan een scherpe daling in saliniteit over het volledige estuarium (Figuur 36). Dit is te linken is aan de eerste keer aanzienlijke bovenafvoer sinds het begin van de droge periode (Figuur 17 en Figuur 19). De zomerstatistieken van de afwaartse stations Prosperpolder en Oosterweel tonen voor de droge jaren 2017, 2018, 2019 en 2020 duidelijk hogere saliniteitsgehalten (Figuur 38). De relatie tussen de lage bovenafvoer voor deze zomers, en de hiermee geassocieerde hoge saliniteit wordt verder geïllustreerd in Figuur 39.

⁶ Practical Salinity Unit. Zeewater is euhalien en reikt van 30-35 PSU. Brak water heeft een saliniteit van 0,5 tot 29 PSU wat volgens het *Venice System* verder kan onderverdeeld worden in: polyhalien (30-18 PSU), mesohalien (18-5 PSU) en oligohalien (5-0,5 PSU).

Figuur 36 – Seizoenaal verloop saliniteit (2020) bij KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.



Figuur 37 – Jaarstatistieken voor saliniteit KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.

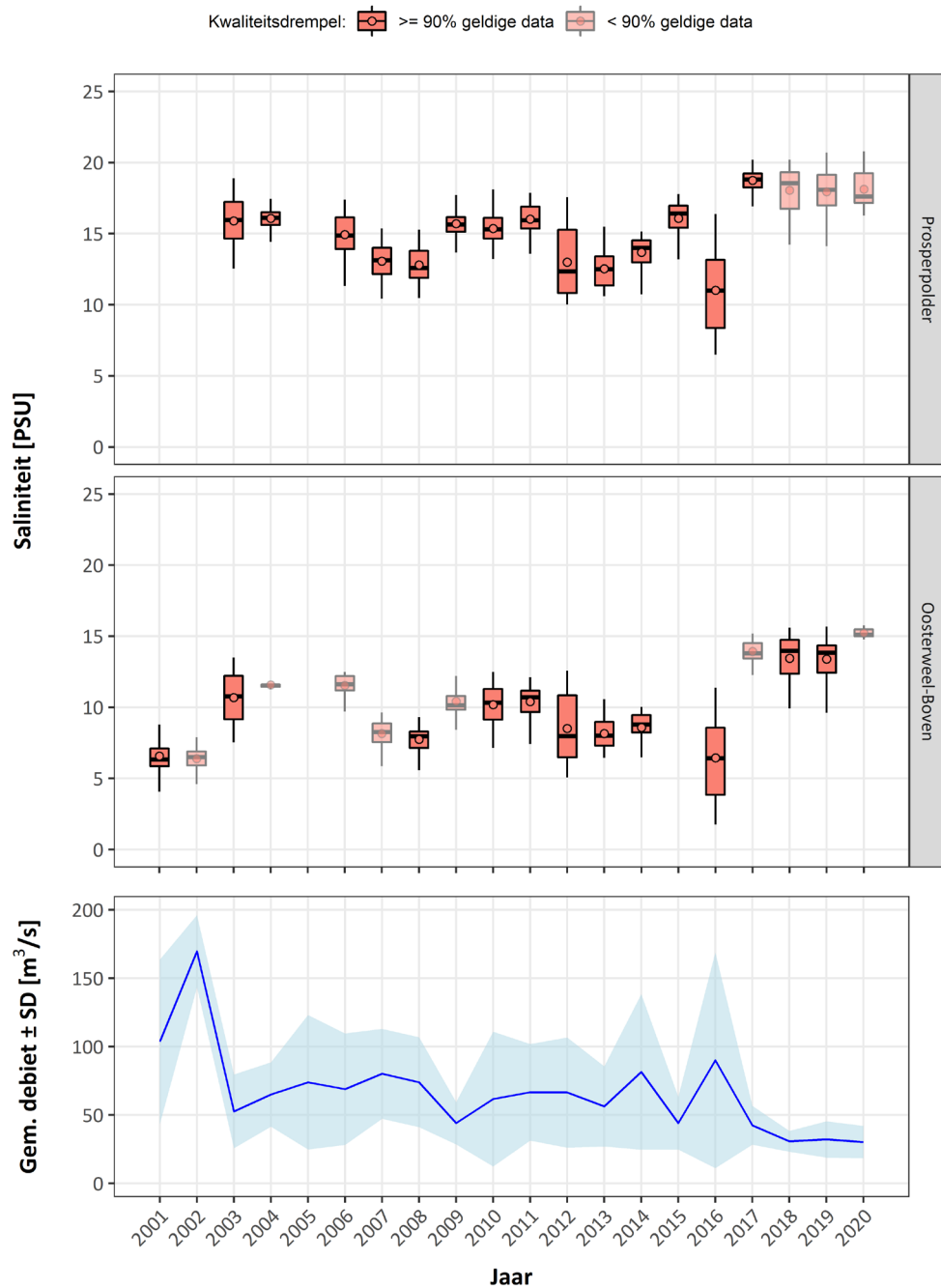


Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddelde, minimum en maximum) voor de saliniteit (in PSU) tijdens KHW en KLW (extrema) voor de verschillende meetstations.

Station	Parameter	Min.	Gem.	Max.	StDev	Geschikte data [%]
Prosperpolder	KHW Max.	3,66	14,78	20,89	4,13	92
Prosperpolder	KLW Min.	1,25	11,12	18,17	4,07	91
Lillo Meetpaal-Boven	KHW Max.	2,49	13,28	20,08	4,2	91
Lillo Meetpaal-Boven	KLW Min.	0,86	10,2	17,32	4,22	90
Lillo Meetpaal-Onder	KHW Max.	12,43	16,24	17,87	1,21	18
Lillo Meetpaal-Onder	KLW Min.	8,26	12,99	14,61	1,36	18
Liefkenshoek Veer	KHW Max.	2,03	14,23	22,38	5,5	88
Liefkenshoek Veer	KLW Min.	0,59	10,52	19,8	5,16	87
Oosterweel-Boven	KHW Max.	0,87	8,64	15,76	3,99	67
Oosterweel-Boven	KLW Min.	0,43	2,58	8,03	1,62	52
Kruibeke	KHW Max.	0,31	5,76	13,58	3,43	98
Kruibeke	KLW Min.	0,26	1,53	6,04	1,15	97
Hemiksem	KHW Max.	0,3	4,15	11,82	2,77	98
Hemiksem	KLW Min.	0,22	1,15	4,85	0,86	98
Weert	KHW Max.	0,28	1,26	4,81	0,92	98
Weert	KLW Min.	0,28	0,67	2,37	0,36	98

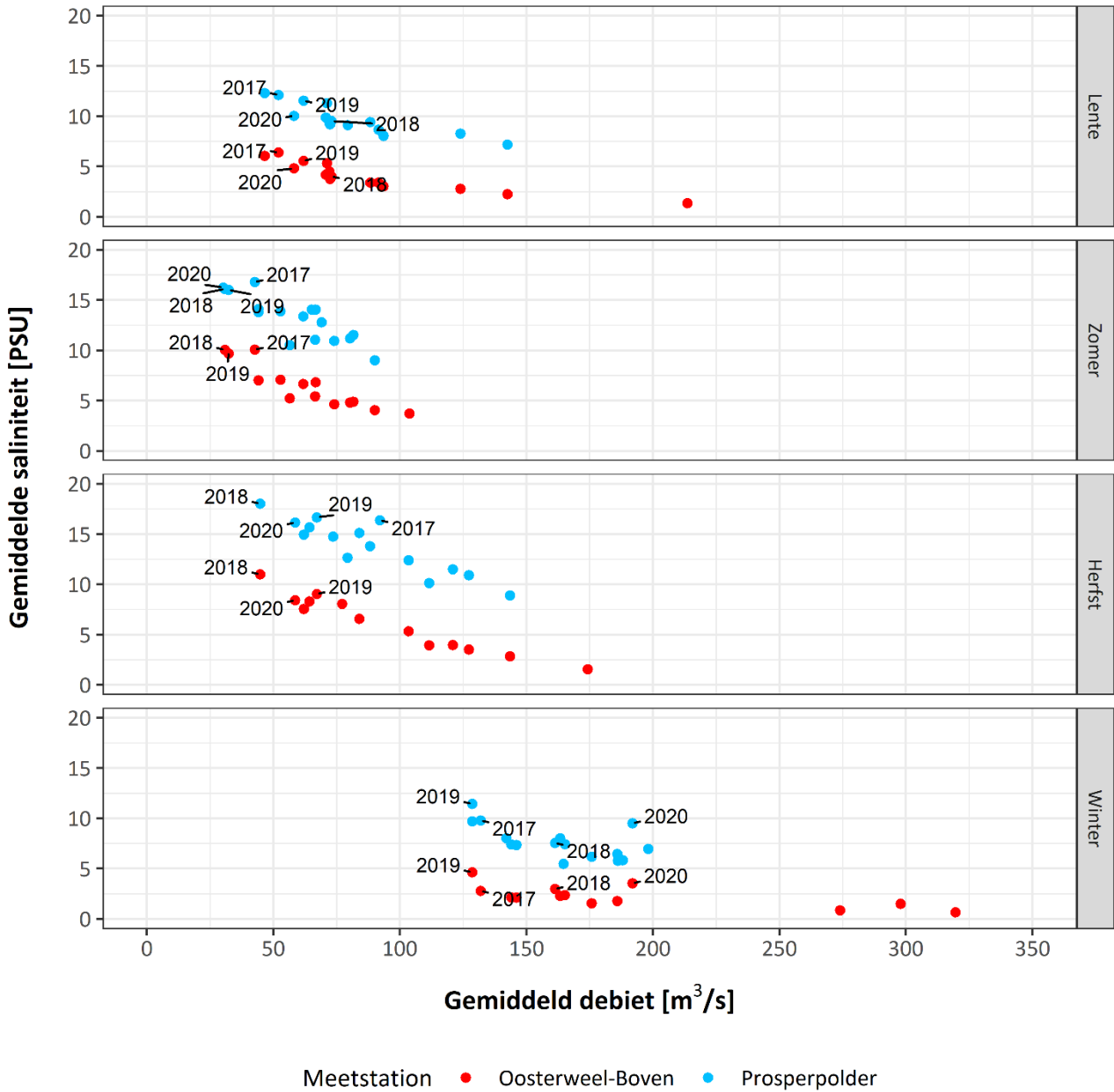
Station	Parameter	Min.	Gem.	Max.	StDev	Geschiedte data [%]
Schellebelle	KHW Max.	0,28	0,46	0,56	0,05	99
Schellebelle	KLW Min.	0,28	0,45	0,52	0,05	99
Melle	KHW Max.	0,24	0,46	0,54	0,05	99
Melle	KLW Min.	0,24	0,45	0,52	0,05	98
Klein-Willebroek	KHW Max.	0,22	1,23	4,76	0,94	97
Klein-Willebroek	KLW Min.	0,21	0,44	0,72	0,1	97

Figuur 38 – Historische evolutie zomerstatistieken KHW te Prosperpolder en Oosterweel-Boven, tezamen met het gemiddelde debiet te Schelle.



Figuur 39 – Historische evolutie van de saliniteit te Prosperpolder en Oosterweel-Boven in relatie tot het debiet te Schelle voor alle seizoenen.

Jaren 2017 t.e.m. 2020 zijn aangegeven op de plot. De koppeling tussen debiet en saliniteit werd enkel gemaakt wanneer voor beide periodes minstens 50% van de binnengetrokken data van voldoende kwaliteit zijn en niet missend.



4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)

Op basis van de continue turbiditeitsmetingen kan een turbiditeitssignaal omgezet worden naar zwevende stof gehalten (= **Suspended Sediment Concentration = SSC**, uitgedrukt in mg/l). Om de turbiditeit om te zetten naar SSC voert het HIC ter hoogte van de verschillende meetstations kalibratiecampagnes uit, en dit meerdere keren per jaar. Een overzicht van de kalibratiecampagnes en de opgestelde kalibratiecurves voor het jaar 2020 is terug te vinden in Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC. Voor een overzicht van de type meettoestellen die turbiditeit registreren en hun positie in de waterkolom wordt verwezen naar §4.1.1 (Tabel 8). Voor SSC worden zowel de statistieken gepresenteerd tijdens KHW/KLW als tijdens de vloed- en eb fase (gemiddelde en maximale waarden). Voor meer informatie omtrent de berekening van deze statistieken wordt verwezen naar §4.1.3. Het station Tielrode wordt nog niet mee opgenomen in de resultatensectie aangezien er nog geen vaste opstelling voorzien is. De kalibratiecurve is wel beschikbaar in Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

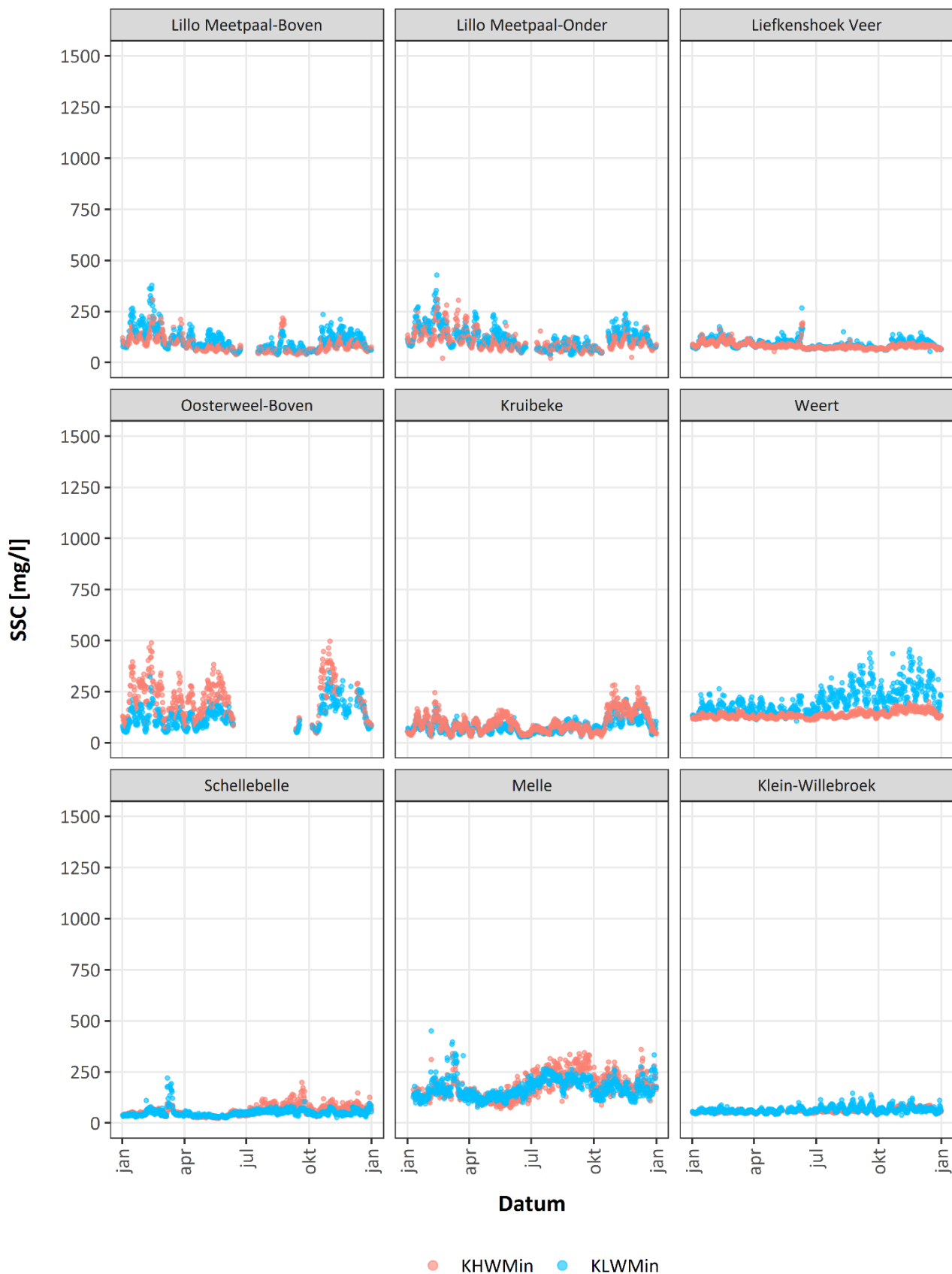
Bekijken we de 2020 data dan zijn de SSC gehalten tijdens de kenteringsmomenten duidelijk lager dan tijdens de vloed- en eb fase (vergelijk Figuur 40 met Figuur 41 en Figuur 42). Tijdens kentering gaat de stroomsnelheid immers naar nul, waardoor het sediment uitzakt richting bodem en de SSC waarden lager worden. Tijdens vloed en eb neemt de stroomsnelheid weer toe, wordt het sediment meer homogeen verdeeld over de waterkolom en zijn de SSC waarden hoger.

Voor de afwaartse stations Lillo-Meetpaal, Liefkenshoek-Veer en in mindere mate Kruikeke zijn de SSC waarden in 2020 hoger tijdens de wintermaanden (Figuur 40 tot Figuur 42). Het voorkomen van hogere opzetten in de winterperiode (Figuur 9) is bepalend in deze zone van het estuarium en leidt tot hogere SSC waarden. Voor Oosterweel-Boven (ook afwaartse locatie) is dit moeilijker vast te leggen wegens het ontbreken van metingen tijdens de zomerperiode 2020. Bovendien is dit station gelegen nabij een slibstortlocatie wat de interpretatie bemoeilijkt.

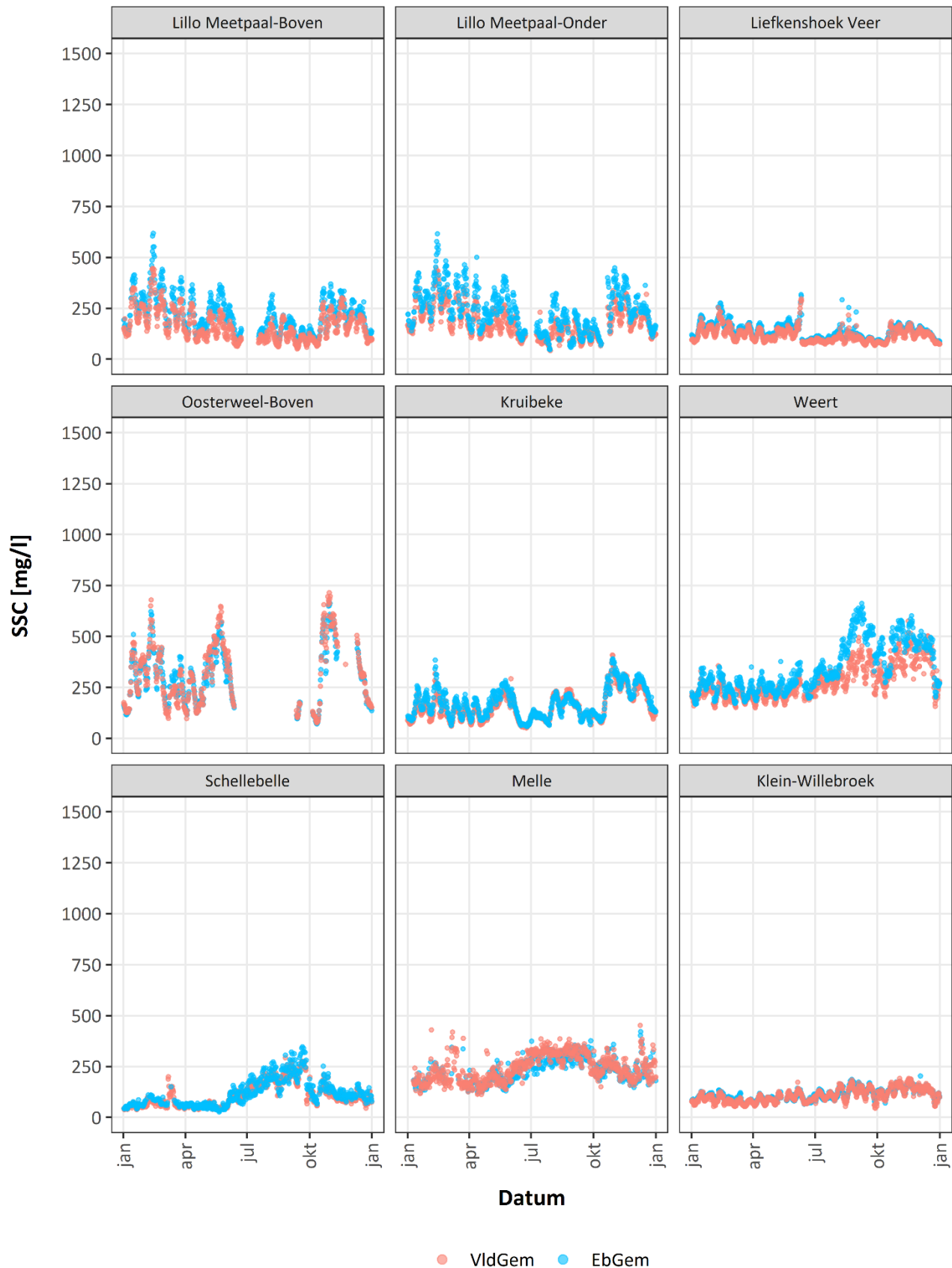
Voor de opwaartse stations Weert, Schellebelle en Melle zijn de SSC-waarden tijdens de zomer en het najaar hoger (Figuur 40 tot Figuur 42). Hier speelt de positie van het estuarien turbiditeitsmaximum (ETM) een rol. Tijdens de winter is dit gelegen afwaarts Weert. Wanneer de bovenafvoer afneemt in de loop van het voorjaar-zomer migreert het ETM opwaarts wat resulteert in hogere SSC waarden voor deze stations. Vanaf het moment dat er weer aanzienlijke bovenafvoer is (voor het jaar 2020 is dit eind september) resulteert dit bijna onmiddellijk tot een afname in SSC voor alle drie de stations. In het meest afwaartse stations Weert is er echter al vrij snel terug een stijging in SSC. Dit wijst er op dat het ETM wordt uitgespoeld, maar niet ver genoeg, waardoor het vrij snel terugkeert ter hoogte van Weert (meer info over de positie van ETM in functie van de bovenafvoer, zie ook §4.4.3).

In 2020 worden de hoogste SSC waarden waargenomen terug hoogte van Oosterweel-Boven en Weert (Figuur 43 tot en met Figuur 45). Deze hoge concentraties zijn respectievelijk toe te schrijven aan de nabijheid van de slibstortlocatie en het ETM. In Weert kunnen de concentraties nabij het oppervlak oplopen tot meer dan 1 g/l. Bij een vergelijking van de absolute waarden tussen de stations onderling is het belangrijk om mee te geven dat de positie van het meettoestel in de waterkolom niet overal dezelfde is (zie Tabel 8). Voor éénzelfde locatie liggen over het algemeen de concentraties nabij oppervlak lager dan nabij bodem.

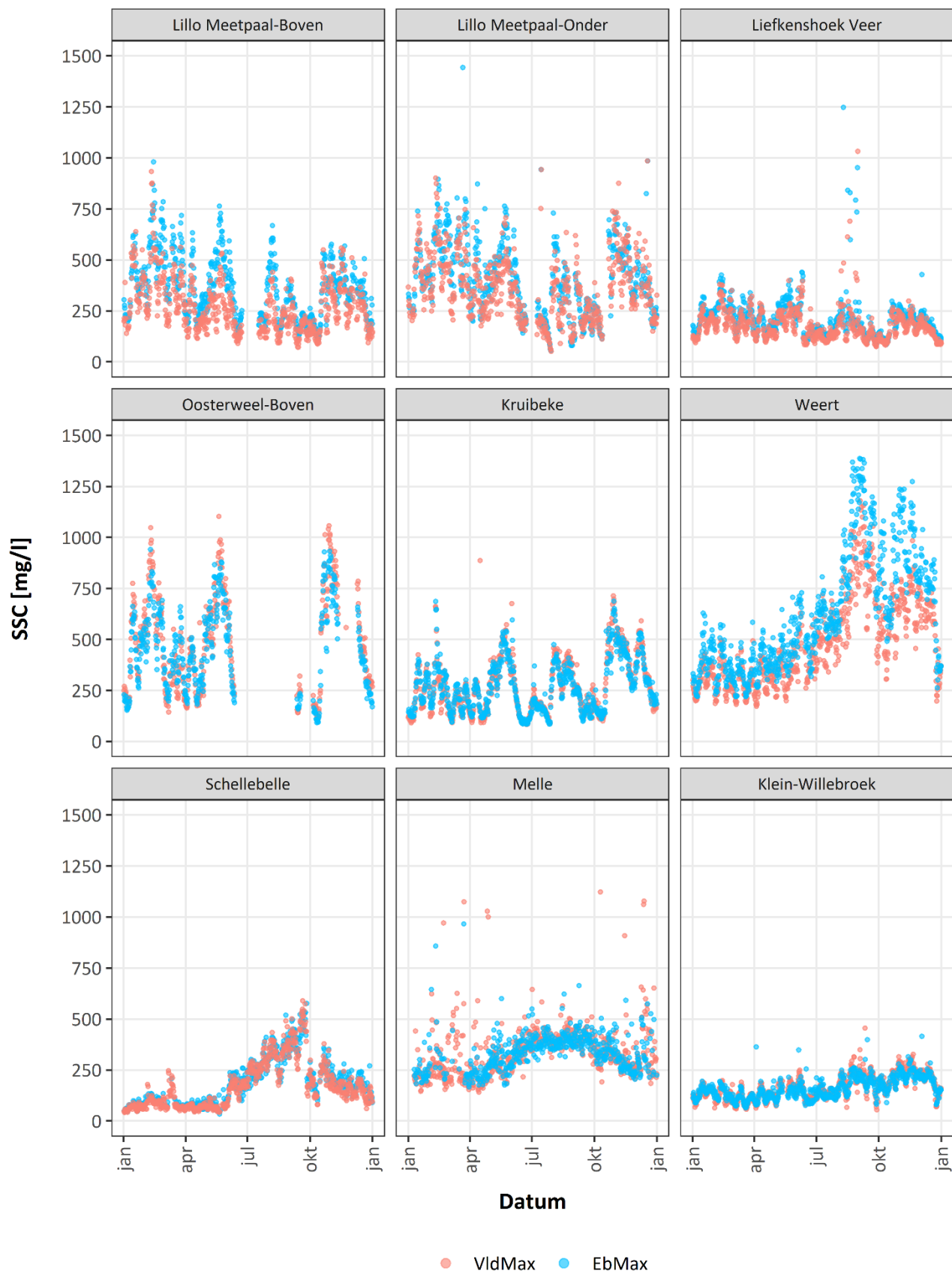
Figuur 40 – SSC verloop in 2020 tijdens KHW en KLW (minimum) voor de verschillende meetstations.



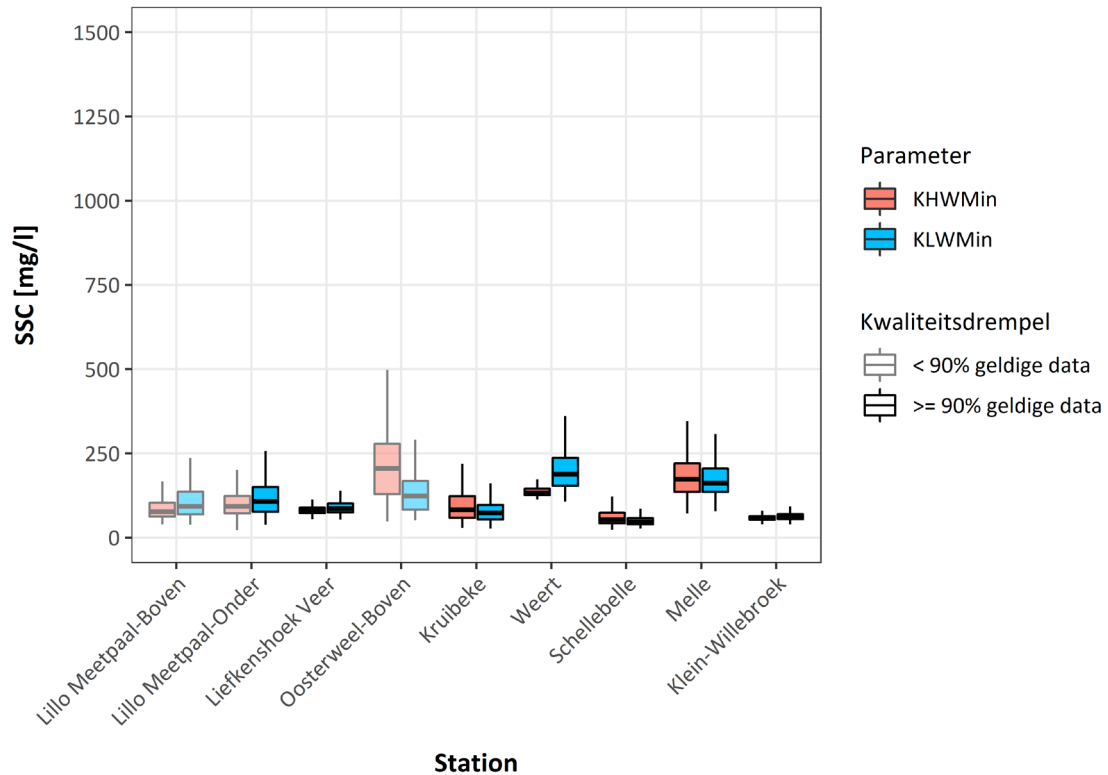
Figuur 41 – SSC verloop in 2020 tijdens flood en eb (gemiddeld) voor de verschillende meetstations.



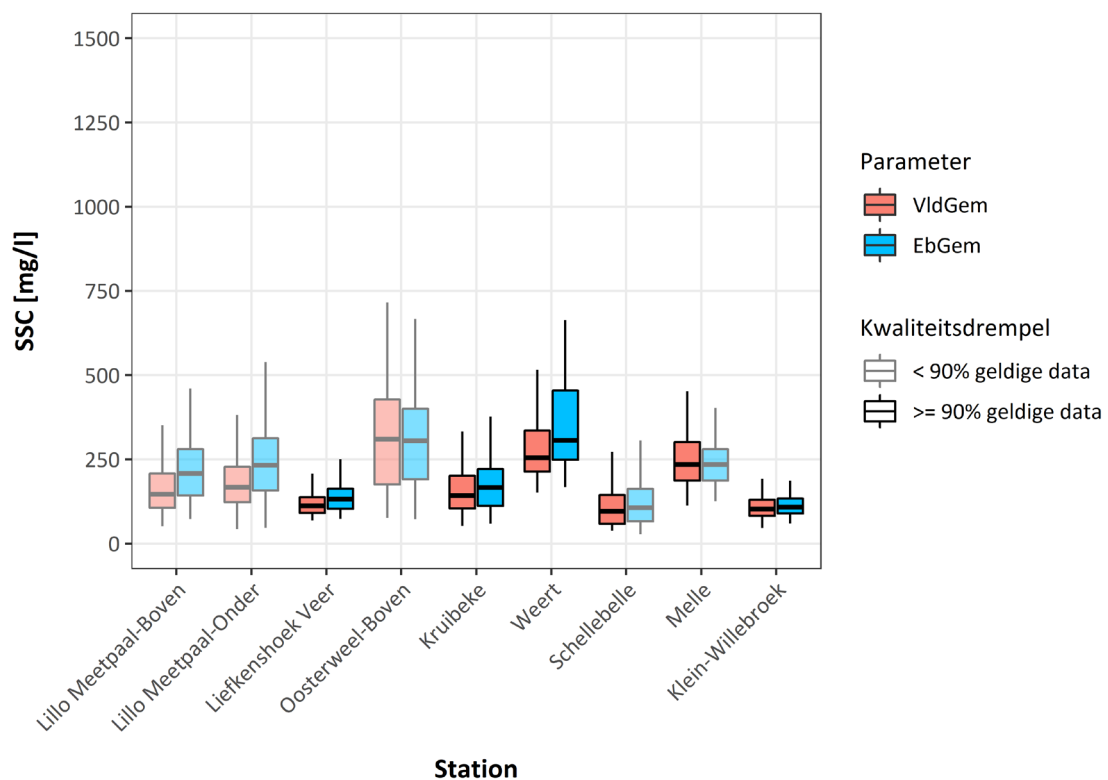
Figuur 42 – SSC verloop in 2020 tijdens vloed en eb (maximum) voor de verschillende meetstations.



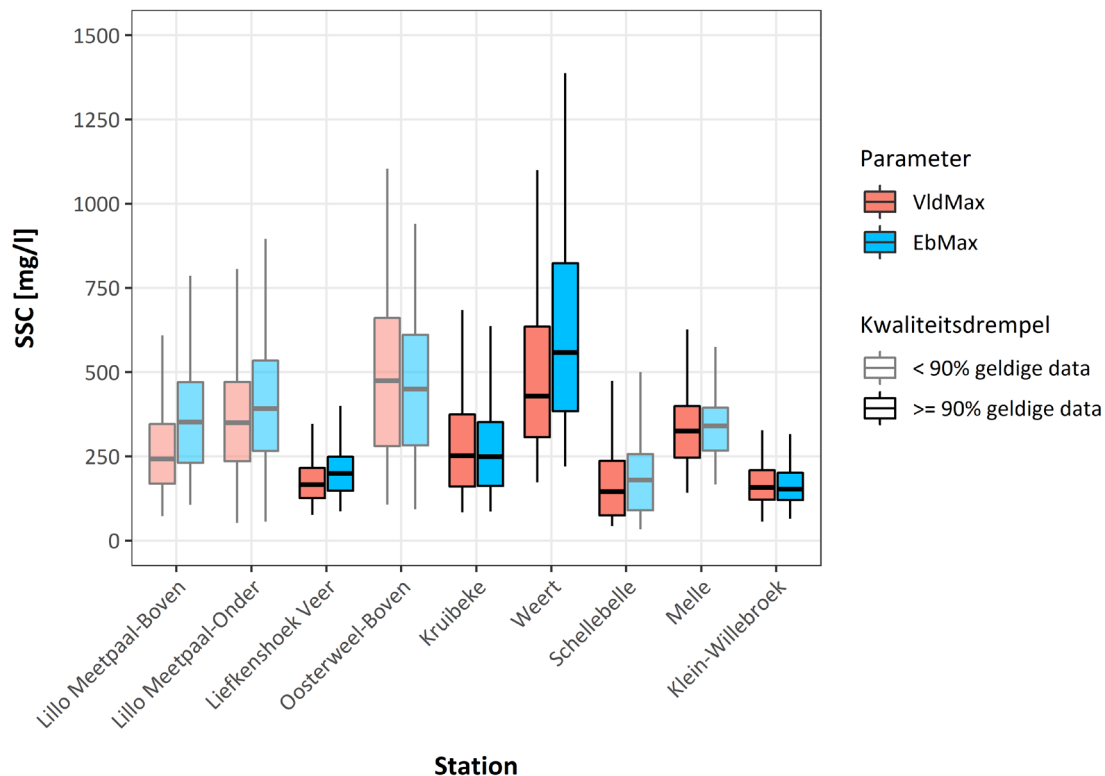
Figuur 43 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minimum) voor de verschillende meetstations.



Figuur 44 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeld) voor de verschillende meetstations.



Figuur 45 – Jaarstatistiek (percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maximum) voor de verschillende meetstations.



Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (gemiddeldes) voor SSC tijdens KHW/KLW en vloed/eb voor de verschillende meetstations.

Station	Parameter	Gem.	StDev	Geschikte data [%]
Lillo Meetpaal-Boven	KHWMin	87	36,2	89,9
Lillo Meetpaal-Boven	KLWMin	107,9	53,1	89,8
Lillo Meetpaal-Boven	VldGem	164,8	74	89,1
Lillo Meetpaal-Boven	EbGem	218,2	91,9	89,5
Lillo Meetpaal-Boven	VldMax	271,4	129,7	89,1
Lillo Meetpaal-Boven	EbMax	364,9	153,2	89,7
Lillo Meetpaal-Onder	KHWMin	103,7	45	89,4
Lillo Meetpaal-Onder	KLWMin	119,3	55,5	90,1
Lillo Meetpaal-Onder	VldGem	182,1	75,4	89
Lillo Meetpaal-Onder	EbGem	241,6	103,1	89,4
Lillo Meetpaal-Onder	VldMax	365,7	160,6	89,1
Lillo Meetpaal-Onder	EbMax	407,2	178,8	89,5
Liefkenshoek Veer	KHWMin	83,3	15,5	99,3
Liefkenshoek Veer	KLWMin	90,3	20,5	98,7
Liefkenshoek Veer	VldGem	118,3	34,2	97,3
Liefkenshoek Veer	EbGem	136,2	39,6	96,7
Liefkenshoek Veer	VldMax	179	76,5	98,2
Liefkenshoek Veer	EbMax	210,2	95,6	98
Oosterweel-Boven	KHWMin	211,6	96,2	61,2

Station	Parameter	Gem.	StDev	Geschikte data [%]
Oosterweel-Boven	KLWMin	132,6	59,3	65,6
Oosterweel-Boven	VldGem	319	154,9	60,3
Oosterweel-Boven	EbGem	309,3	136,3	60,5
Oosterweel-Boven	VldMax	493	237,5	60,8
Oosterweel-Boven	EbMax	461,5	207,6	60,5
Kruikeke	KHWMin	96	48,5	100
Kruikeke	KLWMin	80,3	34,6	99,9
Kruikeke	VldGem	157,8	68,6	99,6
Kruikeke	EbGem	173,9	72,3	99,4
Kruikeke	VldMax	274,1	139,1	99,6
Kruikeke	EbMax	269,3	127,2	99,4
Weert	KHWMin	137,2	15,9	97,9
Weert	KLWMin	203,5	65,4	97,6
Weert	VldGem	279,1	84,5	97,6
Weert	EbGem	345,9	121,7	97,5
Weert	VldMax	481,9	212,6	97,6
Weert	EbMax	626,2	291,3	97,5
Schellebelle	KHWMin	60	24,5	98
Schellebelle	KLWMin	51,4	20,2	98,2
Schellebelle	VldGem	109,2	57,9	97,9
Schellebelle	EbGem	122,2	68,1	82,7
Schellebelle	VldMax	173,2	115,3	97,9
Schellebelle	EbMax	193,8	116,6	82,7
Melle	KHWMin	181,3	60,1	97,6
Melle	KLWMin	171,4	48,8	97,5
Melle	VldGem	241,8	65,1	96,6
Melle	EbGem	236,3	60	74,4
Melle	VldMax	334	122,4	96,6
Melle	EbMax	337,8	91,4	74,4
Klein-Willebroek	KHWMin	60	9,3	97,5
Klein-Willebroek	KLWMin	65,2	14,5	97,2
Klein-Willebroek	VldGem	107,4	32	97
Klein-Willebroek	EbGem	112,2	29	96,3
Klein-Willebroek	VldMax	166,3	59,7	97
Klein-Willebroek	EbMax	161,6	52,2	96,5

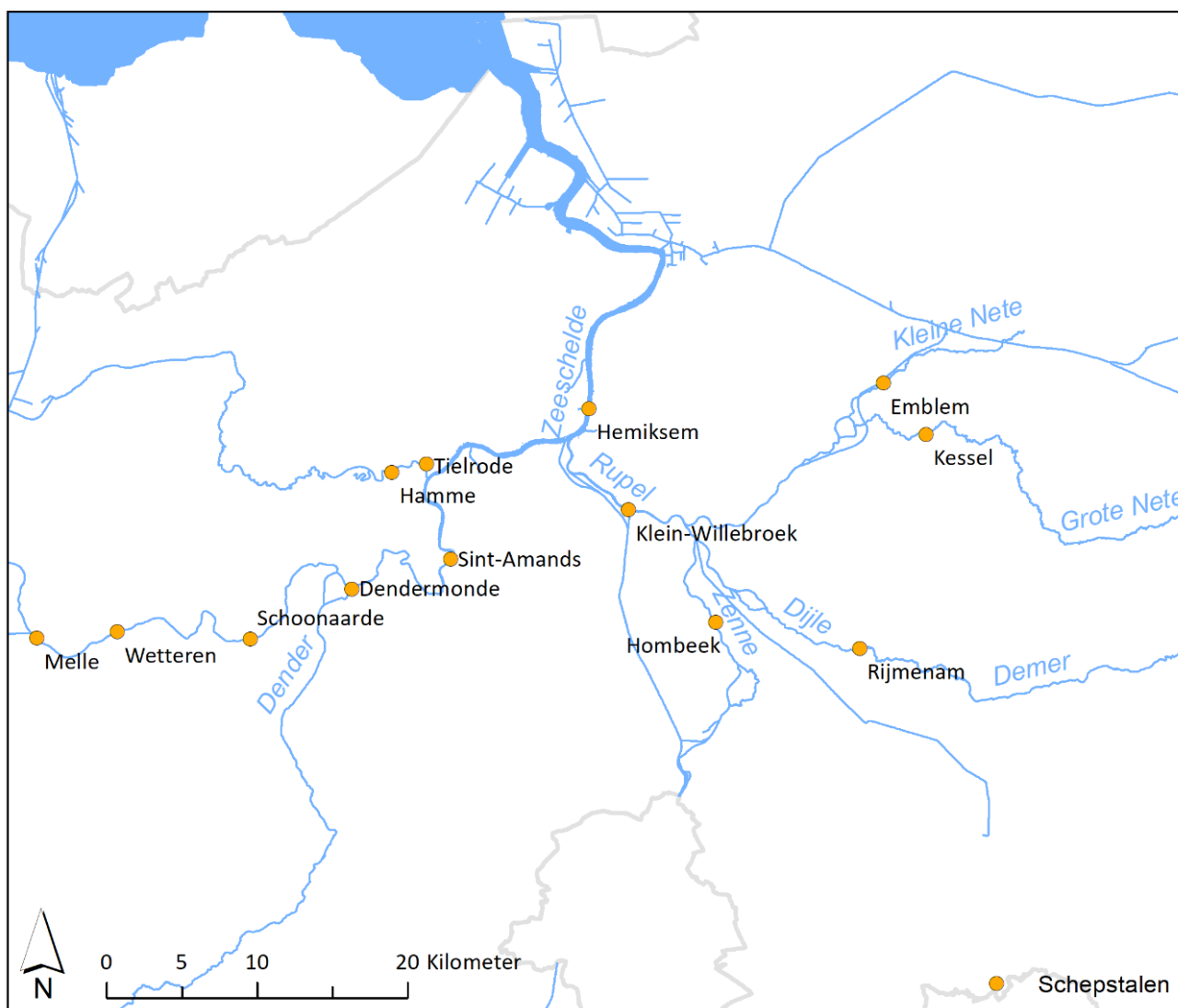
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak

Sinds de jaren '90 worden er periodieke metingen van het suspensiegehalte uitgevoerd. Het betreft bemonstering aan het wateroppervlak ("schipstalen") ter hoogte van de tijposten verspreid doorheen het estuarium. De bemonsteringsfrequentie van deze dataset bedraagt ongeveer 2 tot 4 weken. De data is digitaal beschikbaar vanaf 2006 en laat toe om de huidige metingen in een historisch perspectief te plaatsen.

Anno 2020 worden er op 13 locaties schepstalen genomen (Figuur 46). Voor de locaties in het tiggebied is de staalnamefrequentie 2-wekelijks, voor de locaties aan de randen van het tiggebied (Rijmenam, Kessel, Emblem en Hombeek) is dit maandelijks. De locaties Hemiksem, Wetteren, Schoonaarde (tiggebied) werden in 2020 opnieuw opgestart, de metingen in Walem werden in 2020 stopgezet.

Figuur 46 – Meetlocaties schepstalen anno 2020.

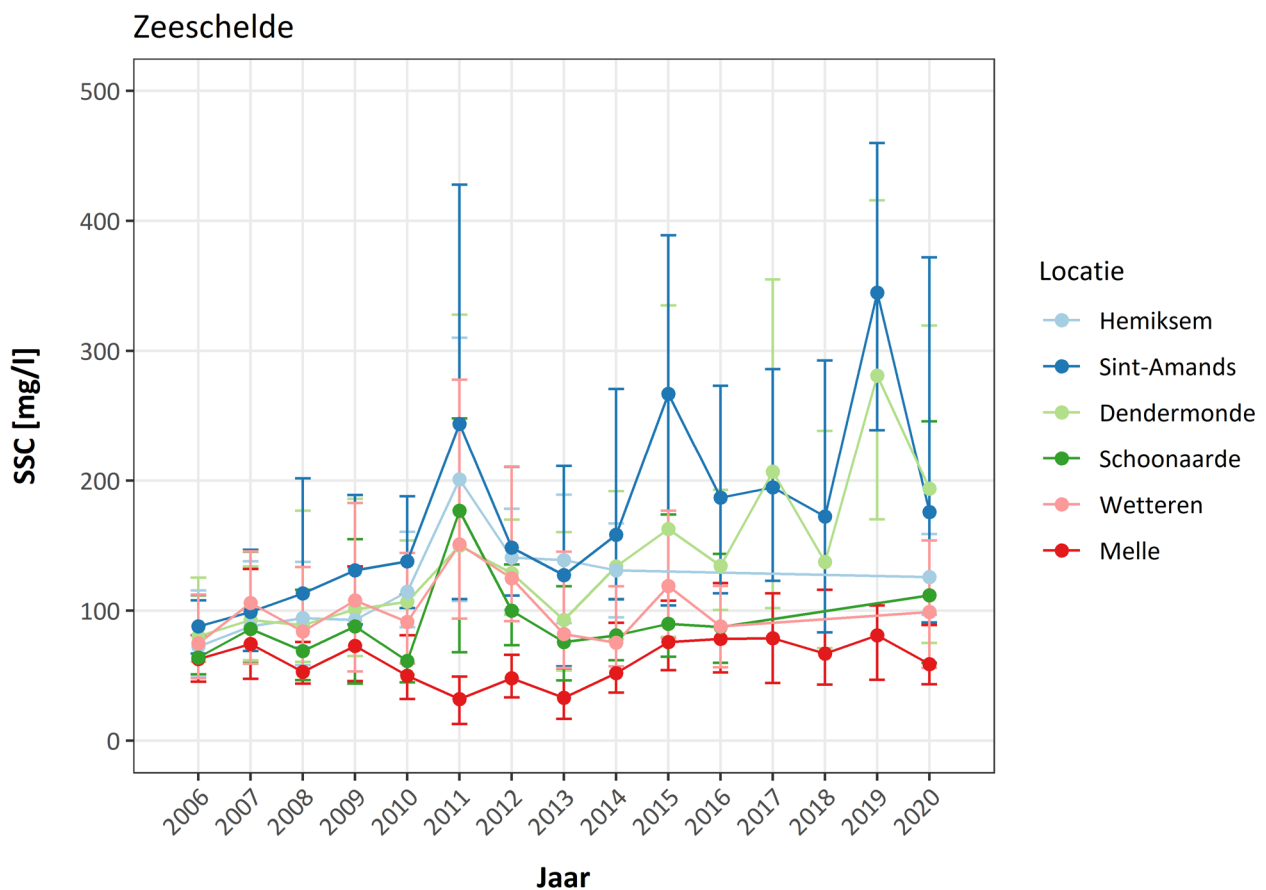
In Walem worden geen metingen meer uitgevoerd, Wetteren en Schoonaarde werden in 2020 terug opgestart.



4.2.1 Zeeschelde

Figuur 47 toont het suspensiegehalte aan het wateroppervlak in de Boven-Zeeschelde, gemeten nabij Melle, Wetteren, Schoonaarde, Dendermonde, Sint-Amands en Hemiksem. Zoals voor eerdere jaren het geval was werd in de Boven-Zeeschelde tijdens 2020 de laagste jaarmediaan in sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomafwaarts tot in Dendermonde en Sint-Amands, om vervolgens terug af te nemen richting Hemiksem. In 2019 werd er een piek waargenomen in sedimentconcentratie voor de locaties Dendermonde en Sint-Amands, in 2020 liggen de concentraties opnieuw in lijn met voorgaande jaren (2016-2018). De sedimentconcentraties voor Wetteren, Schoonaarde en Hemiksem volgen dezelfde trend als voor de tijdelijke stopzetting van de metingen. Melle werd tijdens 2020 gekenmerkt door een iets lager suspensiegehalte als voorgaande jaren (2015-2018), echter wel nog volledig in lijn met deze metingen.

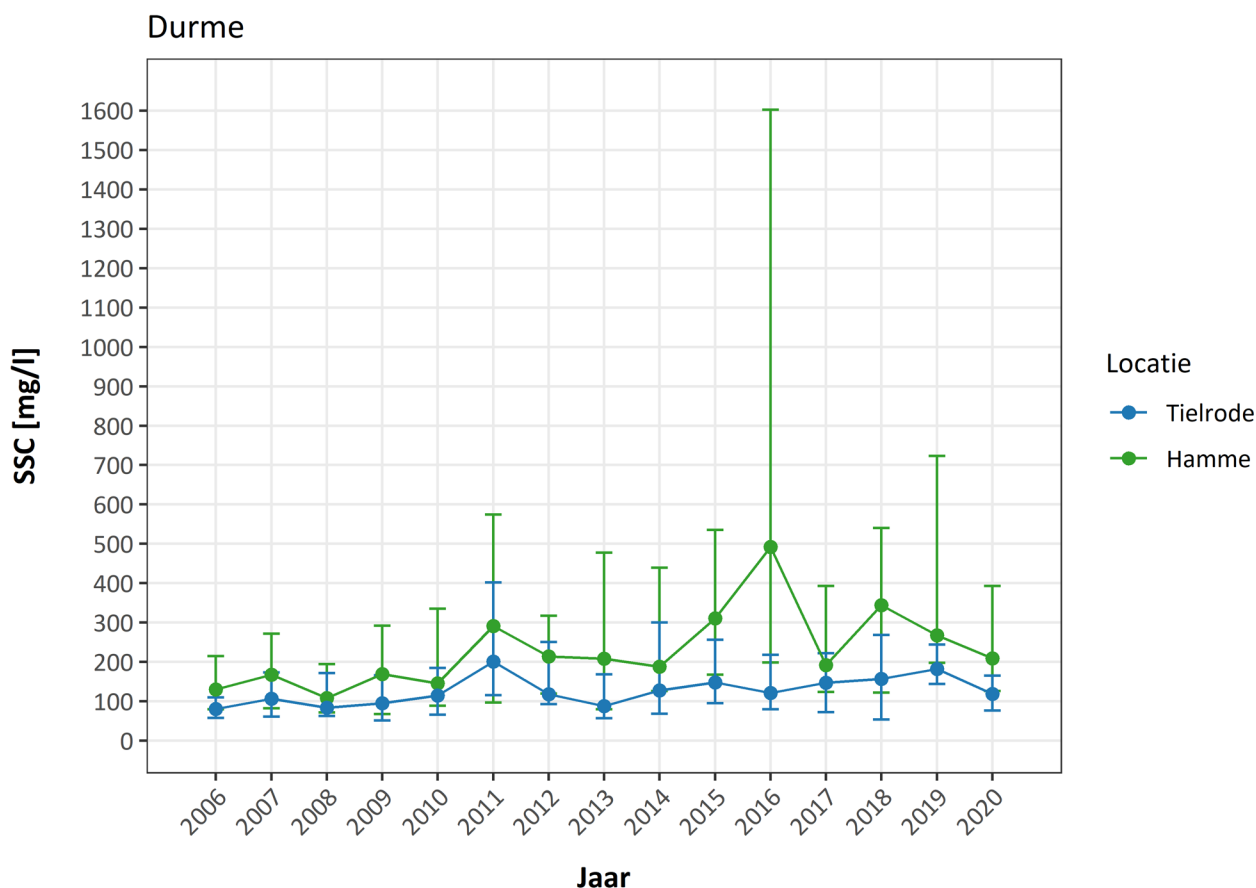
Figuur 47 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.



4.2.2 Durme

Figuur 48 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. Bij Hamme worden er hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook groter, met grote uitschieters. Hamme vertoont sinds 2015 een sterkere jaar-op-jaar variatie dan voorheen: Tussen 2014 en 2016 stegen de meetwaarden te Hamme, om in 2017 weer af te nemen. De waarden in 2019 en 2020 liggen opnieuw in lijn met voorgaande observaties. In Tielrode neemt de sedimentconcentratie sinds 2013 licht toe. Net zoals in 2016 is er ook in 2020 een lichte, weliswaar iets sterker dan in 2016, afname zichtbaar. Algemeen nam de jaarmediaan in sedimentconcentratie aan het wateroppervlak het voorbije decennium licht toe op de locatie Hamme. Voor Tielrode staat deze in 2020 weer gelijk aan het niveau van 2010.

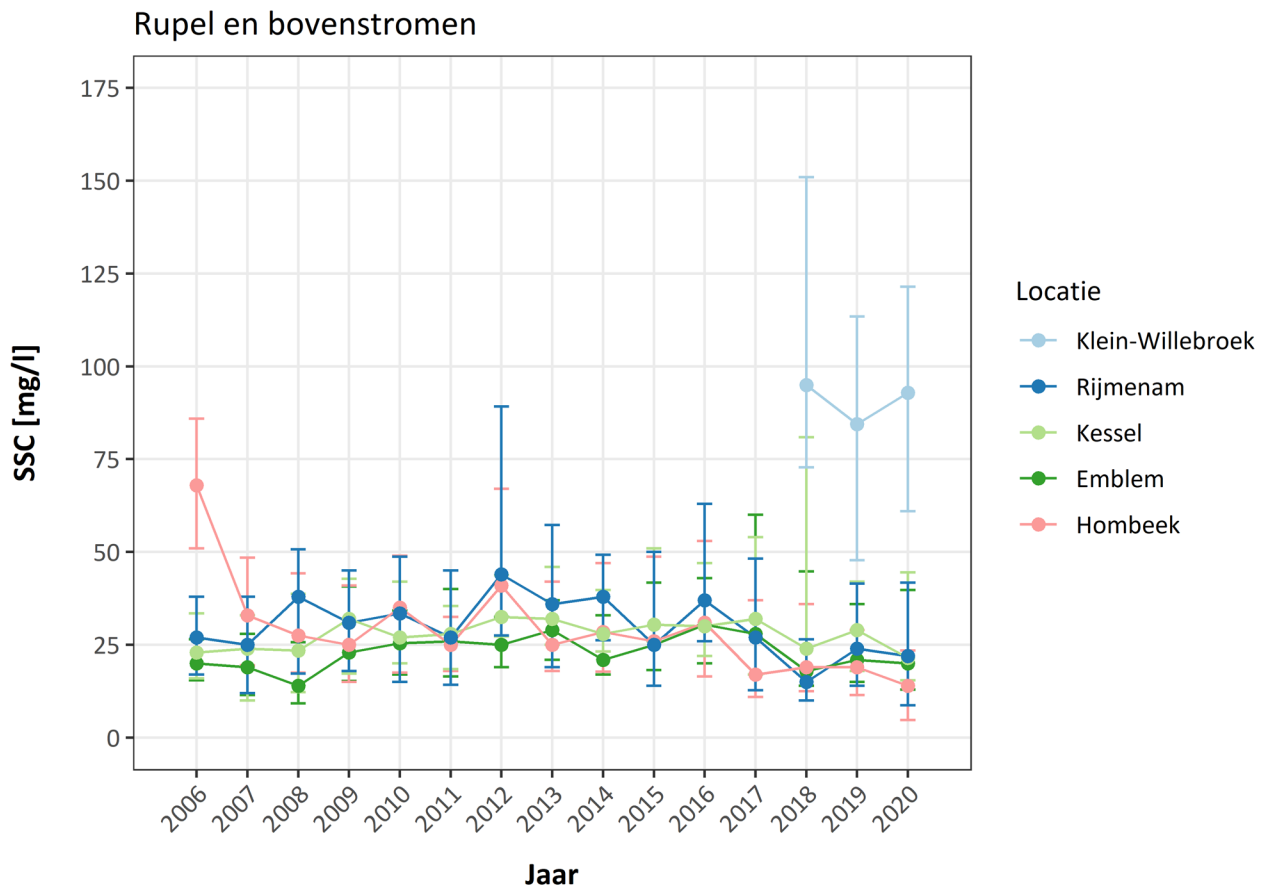
Figuur 48 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.



4.2.3 Rupel en bovenstromen

Figuur 49 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Rupel en zijn bovenstromen, gemeten nabij Emblem (Kleine Nete), Kessel (Grote Nete), Rijmenam (Dijle), Hombeek (Zenne) en Klein-Willebroek (Rupel). In de Rupel, nabij Klein-Willebroek worden de hoogste sedimentgehalten opgemeten. Voor deze meetlocatie zijn metingen slechts beschikbaar vanaf 2018. Deze vertonen voor de periode 2018-2020 geen grote variatie in suspensiegehalte. De meer opwaartse gelegen locaties vertonen een verschillend beeld: in de Grote Nete te Kessel en de Kleine Nete te Emblem bleef het suspensiegehalte nagenoeg constant. In de Zenne te Hombeek en de Dijle te Rijmenam vertoont het suspensiegehalte de laatste jaren een dalende trend, met een minimum in Hombeek sinds het begin van de metingen. De verhoogde suspensiegehalten in de Rupel lijken dus eerder afkomstig vanuit de Zeeschelde. Een lokale bron valt echter niet uit te sluiten.

Figuur 49 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen tijgebied in het Rupelbekken.



4.3 Sedimentinput aan de rand van het getijdegebied

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

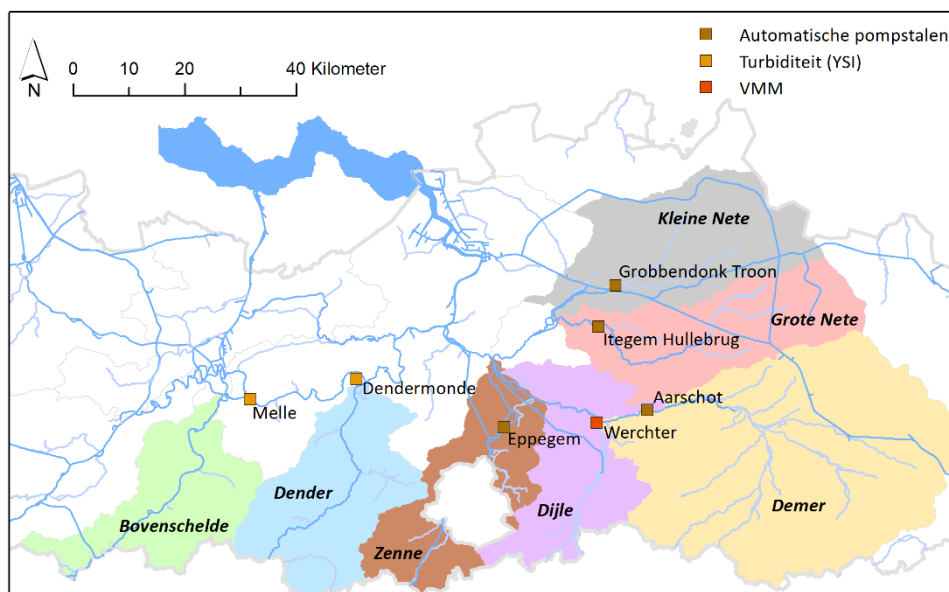
- Bij de meetstations aan de rand van het getijdegebied met louter stroomafwaarts georiënteerde flux wordt de sedimentvracht rechtstreeks berekend uit de waargenomen sedimentconcentratie in de pompstalen. De meetresolutie van 7 tot 14u is voldoende hoog voor deze posten en zo wordt er geen bijkomende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

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

De sedimentvracht wordt berekend voor onderstaande stations (zie Figuur 50):

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

Figuur 50 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend.

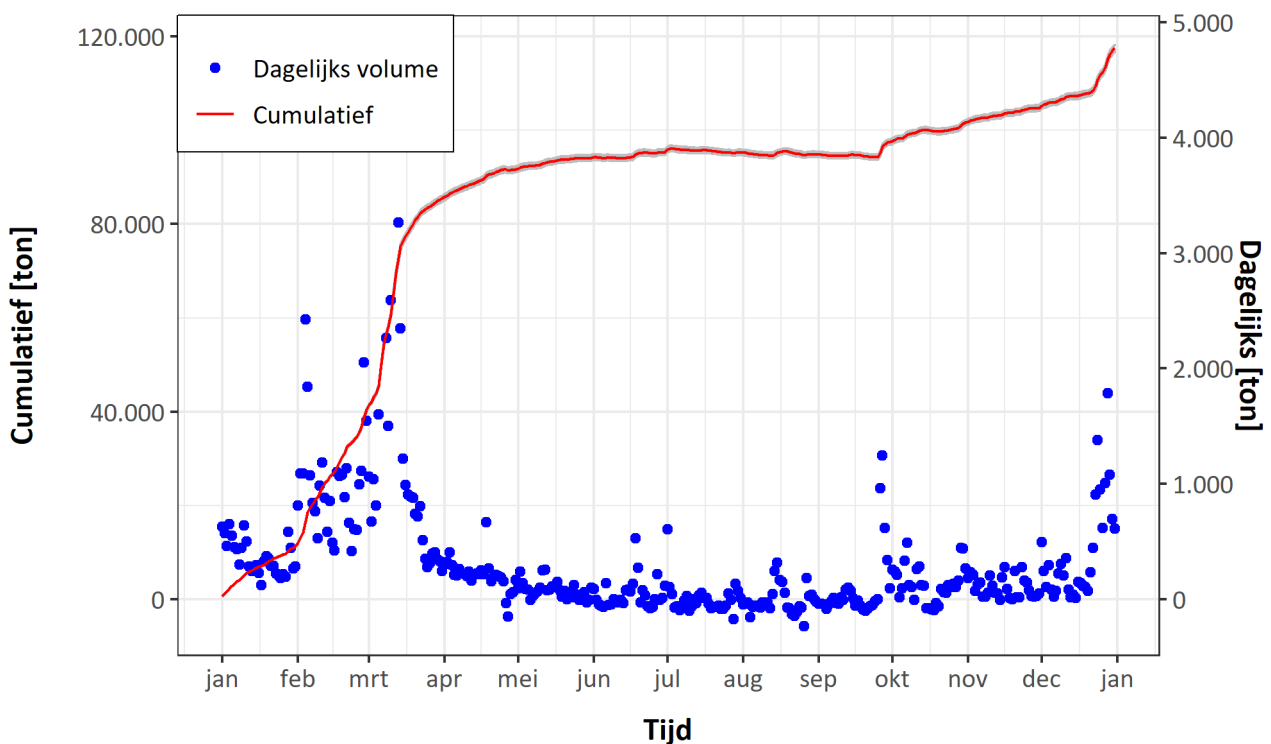


De metingen die worden uitgevoerd ter hoogte van bovenstaande locaties zijn puntmetingen die vervolgens worden gecorrigeerd naar dwarssectie gemiddelde concentraties. Hiervoor werden de bevindingen toegepast van Brackx *et al.* (2019), die een analyse uitvoerde op de EWI-campagnes⁷ uitgevoerd door het WL. De correctie van de metingen in Dendermonde, Itegem-Hullebrug en Melle staat echter nog niet op punt. Er is nood aan bijkomende EWI-campagnes om een betere relatie op te stellen.

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

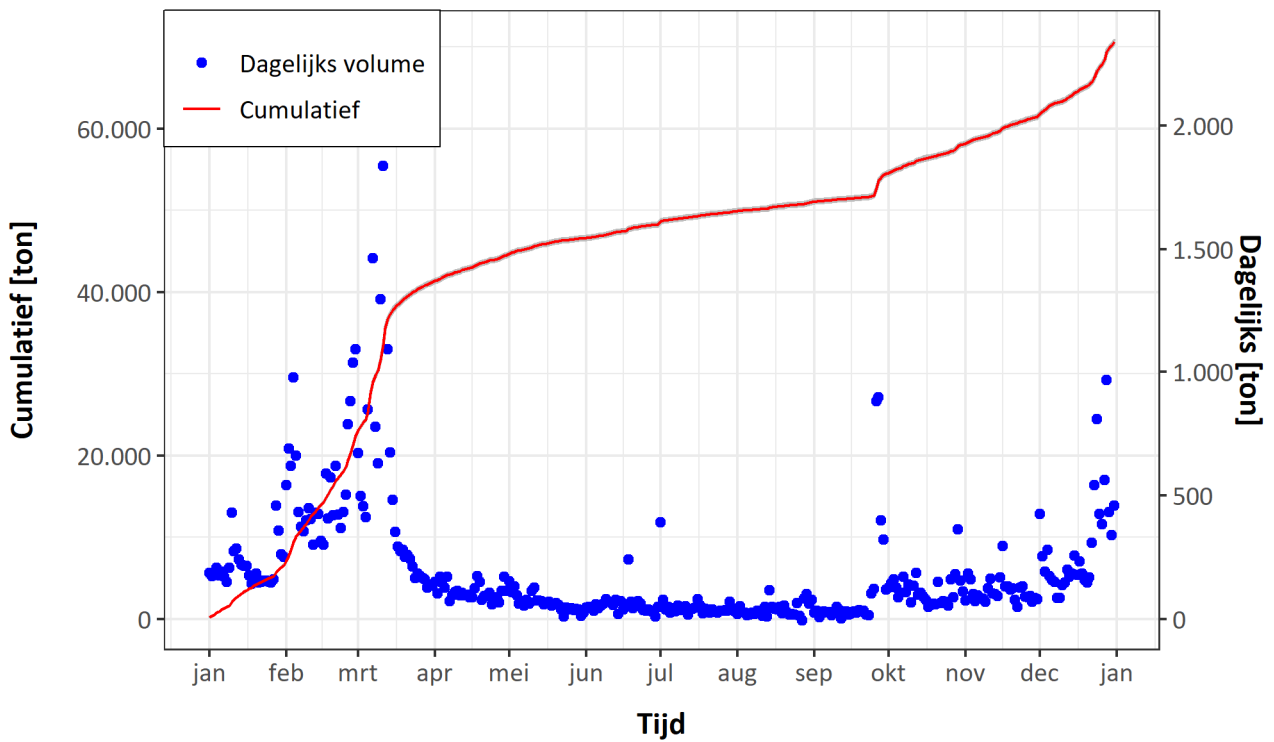
Over het algemeen zijn jaarlijkse vrachten grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents doorheen het jaar met verhoogde bovenafvoer. Voor het jaar 2020 werden de maanden februari en maart gekenmerkt door hoge bovenafvoeren (zie §3.2). Dit resulteerde in alle bekkens tot sterk verhoogde sedimentvrachten die het grootste aandeel van de jaarlijkse sedimentvracht vormden (Figuur 51 tot Figuur 56). De grootste vrachten werden aangevoerd vanuit het Zennebekken en het Bovenschelde-Leiebekken (Tabel 13 en Figuur 57). De totale sedimentvracht richting Schelde estuarium voor het jaar 2020 bedraagt 481 552 ton. Momenteel wordt een herrekening uitgevoerd van de historische sedimentaanvoerwaarden richting Schelde estuarium (Vandenbruwaene *et al.*, in prep).

Figuur 51 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie) (EWI-correctie toegepast).

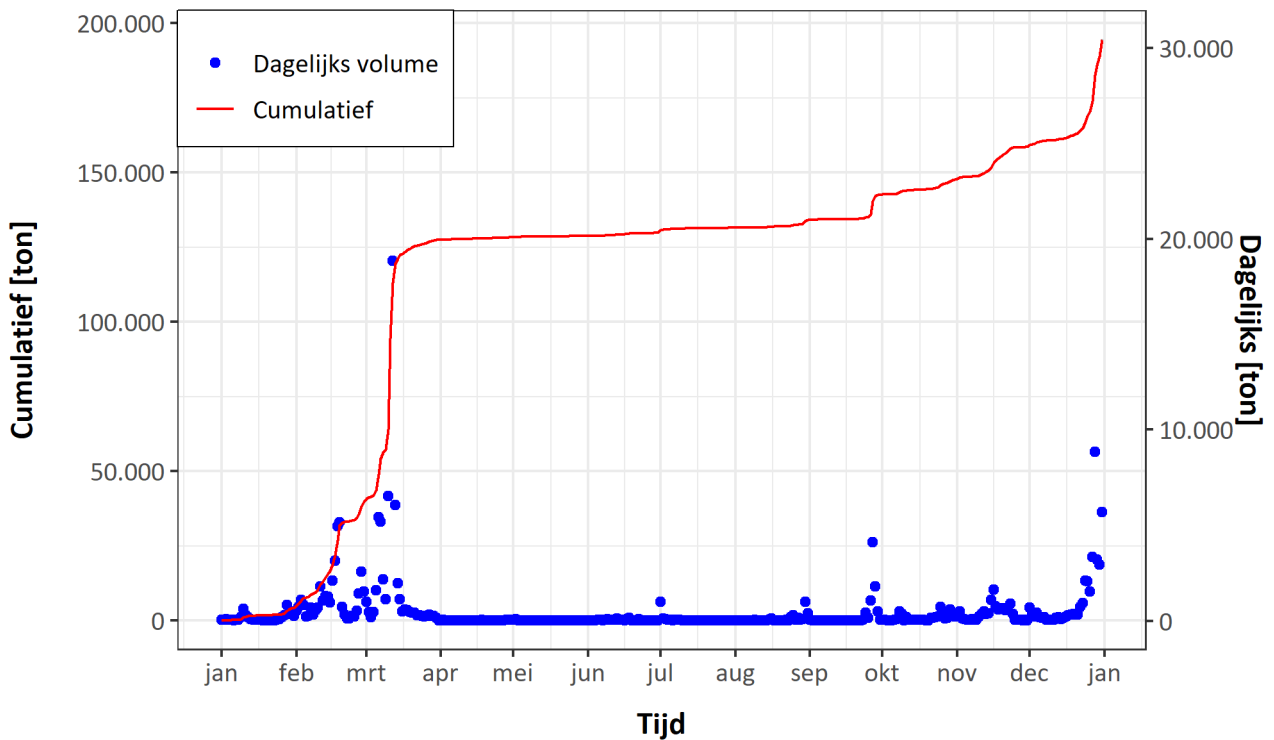


⁷ 'Equal Width Increment'-, of kortweg EWI-metingen worden gebruikt om dwarssectiegemiddelde sedimentconcentraties te bepalen ter hoogte van waterlopen. Meer informatie over deze methodiek terug te vinden in Brackx *et al.* (2019)

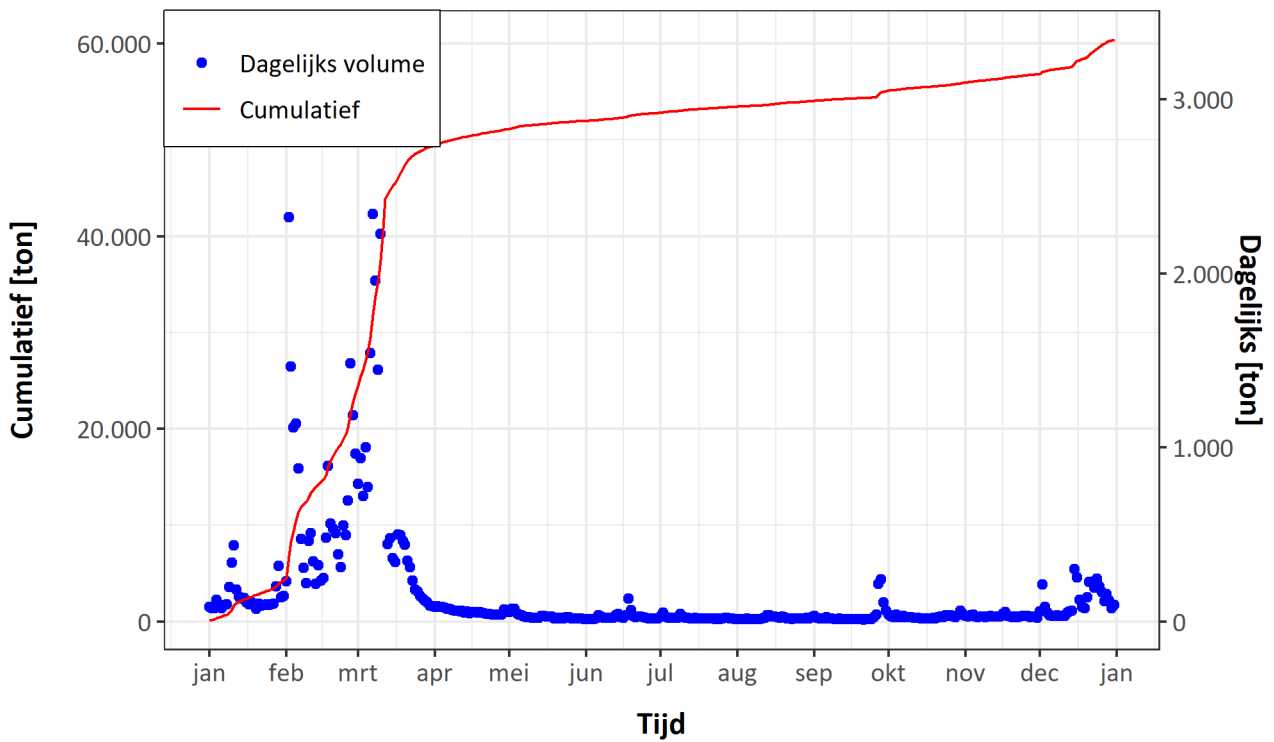
Figuur 52 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).



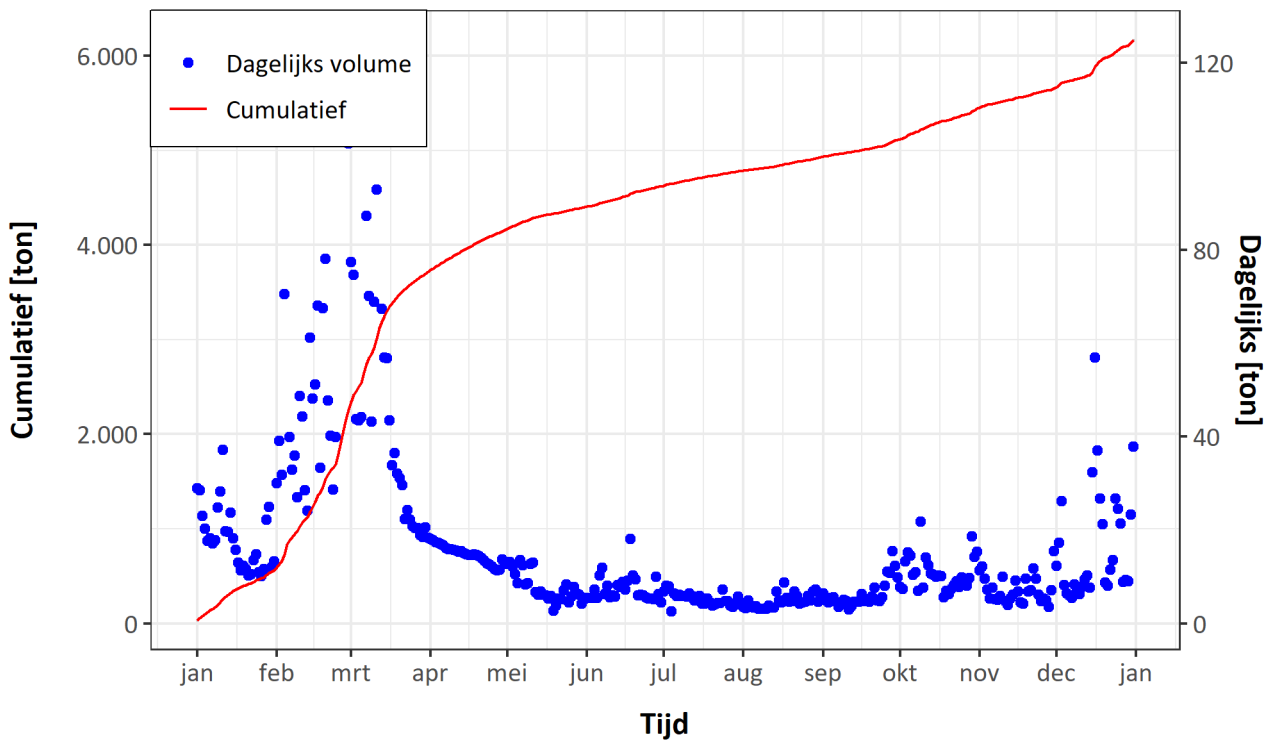
Figuur 53 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Epegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).



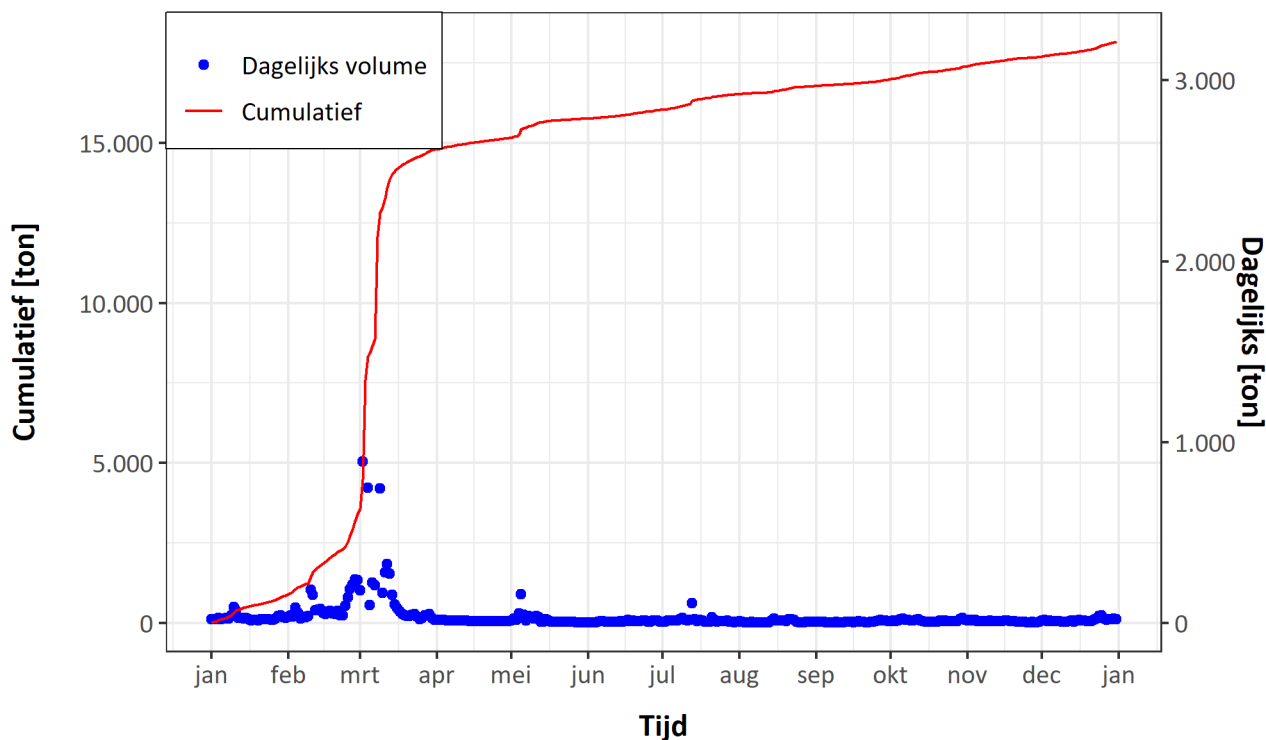
Figuur 54 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).



Figuur 55 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).



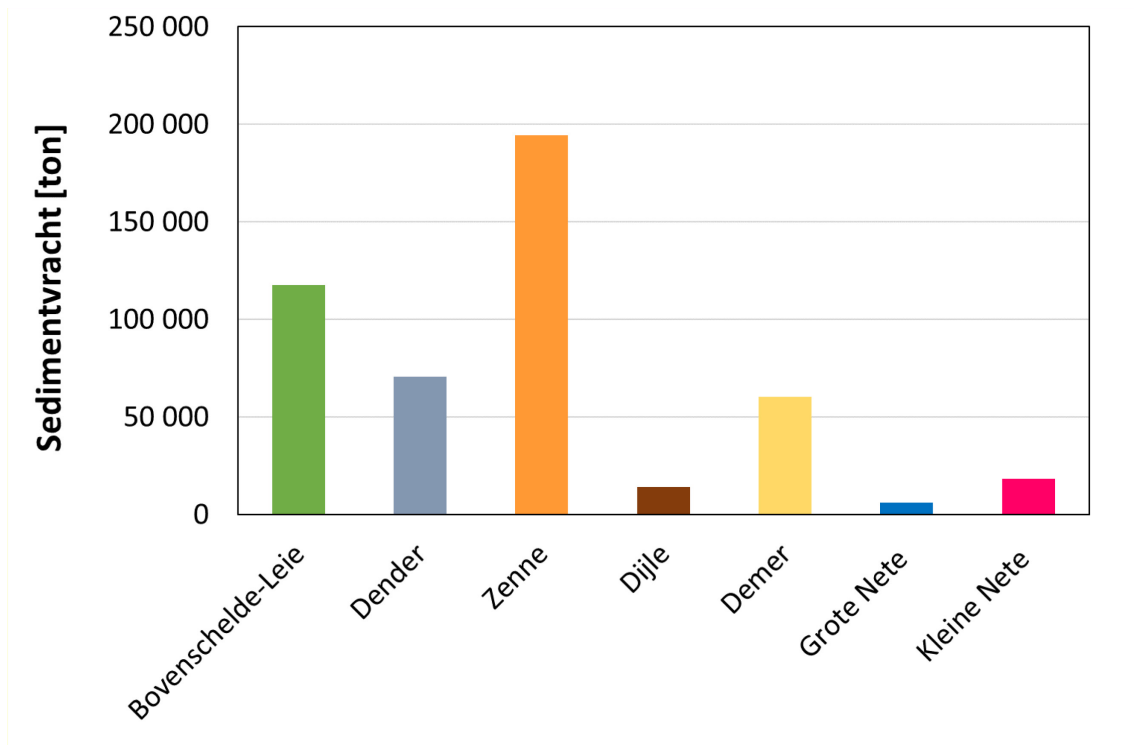
Figuur 56 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).



Tabel 13 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2020.

Meetlocatie	Rivier	EWI-correctie	EWI-gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Bovenschelde	$EWI = 0,39 \cdot SSC + 44,57$	117 631
Dendermonde	Dender	$EWI = 0,27 \cdot SSC + 248,57$	70 660
Epegem	Zenne	$EWI = 0,67 \cdot SSC + 10,35$	194 512
Aarschot	Demer	$EWI = 0,14 \cdot SSC + 29,10$	60 437
Itegem-Hullebrug	Grote Nete	$EWI = 1,33 \cdot SSC + 11,20$	6 175
Grobbendonk-Tr.	Kleine Nete	$EWI = 0,30 \cdot SSC + 13,24$	18 173
Werchter	Dijle	Rapport VMM (in concept)	13 964

Figuur 57 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2020.

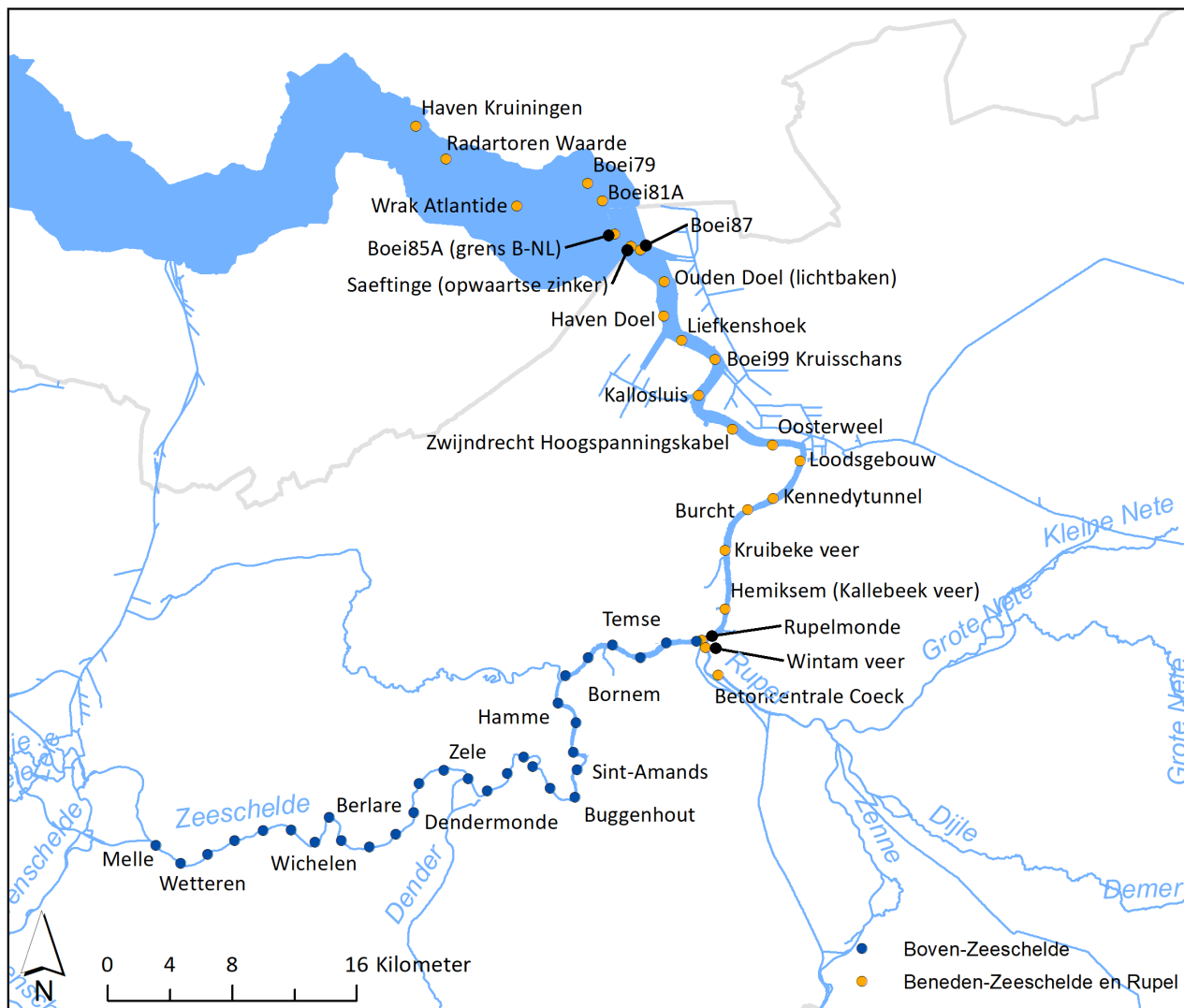


4.4 Meetcampagnes – halftij-eb vaarten

4.4.1 Methodiek

De halftij-ebvaarten zijn periodieke langsvaarten langs het Schelde estuarium met als doel het suspensiegehalte in beeld te brengen. De metingen worden specifiek uitgevoerd tijdens de eb fase aangezien de stroomsnelheid en bijgevolg ook de sedimentconcentraties dan minder fluctueren. Gedurende een halftij-ebvaart worden er zowel nabij het wateroppervlak als nabij de bodem waterstalen genomen op vaste locaties (met een tussenafstand van ca. 2km, zie Figuur 58). De halftij-eb vaarten worden sinds 2009 maandelijks uitgevoerd op 17 vaste locaties in de Beneden-Zeeschelde. In 2013 vond een uitbreiding plaats met 30 meetpunten in de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2014). Gezien de consequenties qua praktische haalbaarheid, werd de frequentie verlaagd naar een seizoenale uitvoering. Tot slot meet men sinds 2017 ook in 3 meer afwaarts gelegen punten op de Westerschelde. In 2020 werden er 3 campagnes uitgevoerd, de campagne in het voorjaar kon niet doorgaan wegens de coronamaatregelen (Tabel 14).

Figuur 58 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.



Tabel 14 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2020

Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Lente ⁸	Beneden-Zeeschelde	-
	Boven-Zeeschelde	-
Zomer	Beneden-Zeeschelde	12/09/2020
	Boven-Zeeschelde	10 - 11/06/2020
Herfst	Beneden-Zeeschelde	06/09/2020
	Boven-Zeeschelde	08 - 09/09/2020
Winter	Beneden-Zeeschelde	9/12/2020
	Boven-Zeeschelde	07 - 08/12/2020

⁸ Campagne in de lente kon niet doorgaan wegens de coronamaatregelen.

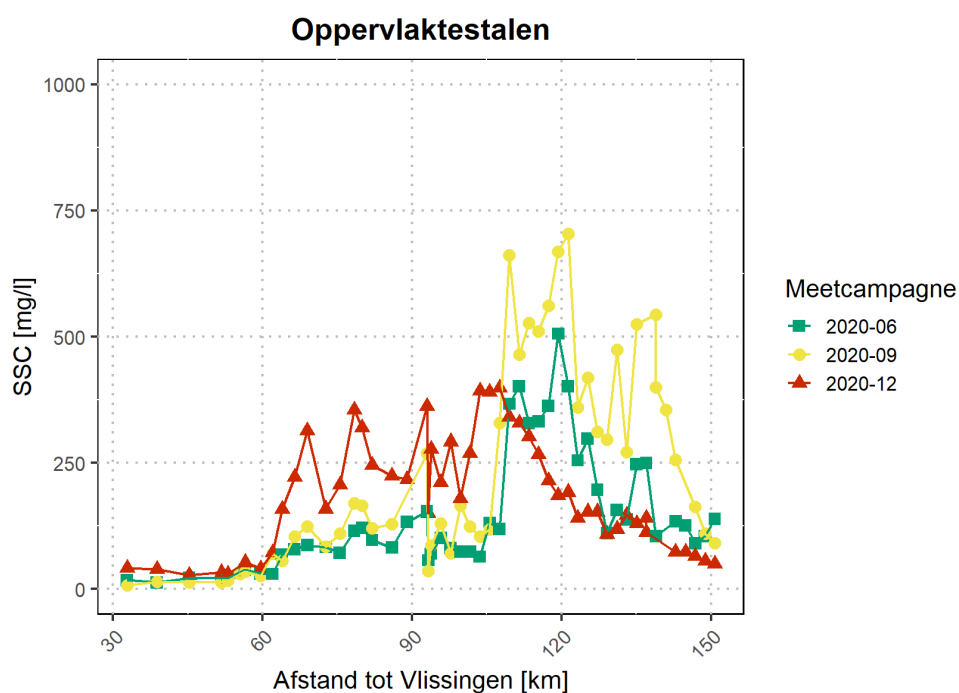
4.4.2 Het jaar 2020 en historisch verloop

De campagnes uitgevoerd in de zomer en herfst van het jaar 2020 tonen hogere SSC waarden in het opwaartse deel van het estuarium (Figuur 59 en Figuur 60). In september worden er piekconcentraties bereikt van 704 mg/l nabij oppervlak, en 1056 mg/l nabij bodem (Tabel 15). Voor de wintercampagne zijn de SSC waarden meer afwaarts gelegen duidelijk hoger (km 65-120). Zo bedraagt de mediaan sedimentconcentratie nabij oppervlak in de Beneden-Zeeschelde 220 mg/l, wat respectievelijk 2 en 1.4 keer zo hoog is als de campagnes in juni en september (Tabel 15). Het verschil in SSC langsverloop tussen de seizoenen wordt verder uitgediept in §4.4.3.

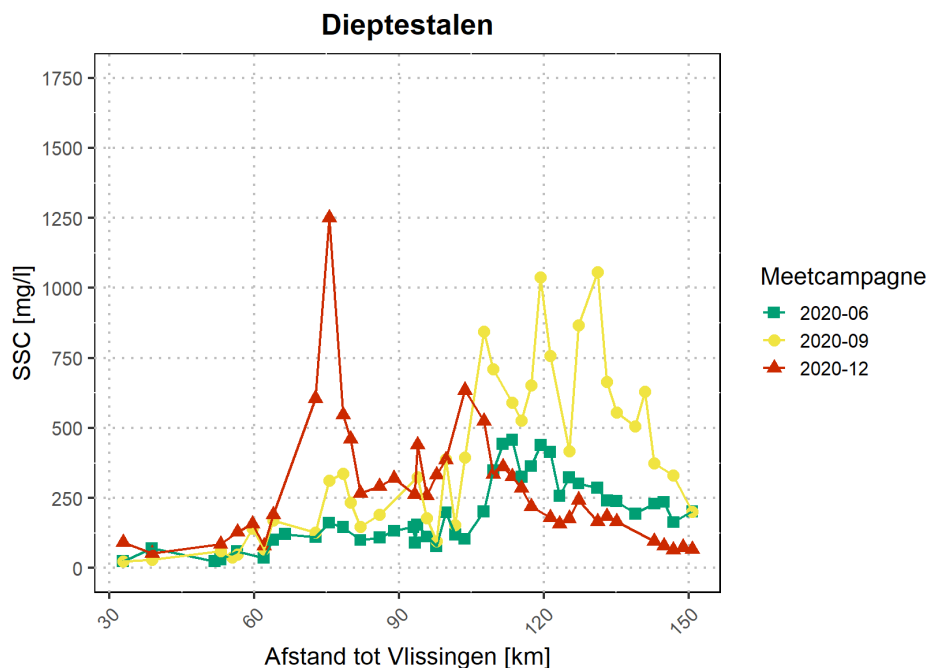
Het SSC langsverloop toont vanaf de afwaartse rand in de Westerschelde richting opwaarts een belangrijke toename in SSC tussen km 60 en 80 (Figuur 59 en Figuur 60). Deze zone in de Beneden-Zeeschelde stemt overeen met de belangrijkste stortlocaties van slibrijke baggerspecie (Oosterweel, Punt van Melsele, Ketelputten). Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, valt het op dat deze hogere waarden nabij oppervlak optreden van 2010 tot eind 2016 (Figuur 61). Deze tijdelijke verhoging komt niet meer voor vanaf 2017. De dieptestalen vertonen een hoger suspensiegehalte dan de oppervlaktestalen. De zone met verhoogde concentratie komt overeen met deze van de oppervlaktestalen. Het verhoogde suspensiegehalte zet zich nabij de rivierbodembodem ook voort na 2017 – alhoewel deze zich vanaf dan minder ver stroomafwaarts uitstrekt (Figuur 62).

In de Boven-Zeeschelde komen er voornamelijk hogere concentraties voor tussen km 100 en 140 gedurende de zomer- en najaarscampagne van 2020 (Figuur 61). Ook voor andere jaartallen nemen we deze verhoogde concentraties waar. In de zomer en het najaar van 2018 komen er concentraties van 750 tot 900 à 950 mg/l voor tussen km 105 en 125 (van Branst tot voorbij Dendermonde). In 2016 is er een grote zone met hoge concentraties zichtbaar die zich uitstrekt van km 100 tot km 120, terwijl in 2017 en vnl. 2018 de hogere concentraties tussen km 110 en 130 voorkomen (dus meer opwaarts dan eerder het geval was). In 2020 lag het suspensiegehalte lager dan de piekconcentraties in 2016 en 2018. Ze vertoont een gelijkaardig patroon als in 2018, maar met iets lagere concentraties. Iets hogere concentraties dan de voorbije jaren worden opgemerkt in de zone van 125 tot 140km. Figuur 62 toont aan dat de piekconcentratie van het najaar in 2018, zich bijna opnieuw manifesteerde in 2020. De concentraties lagen alvast terug veel hoger dan die van 2019.

Figuur 59 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



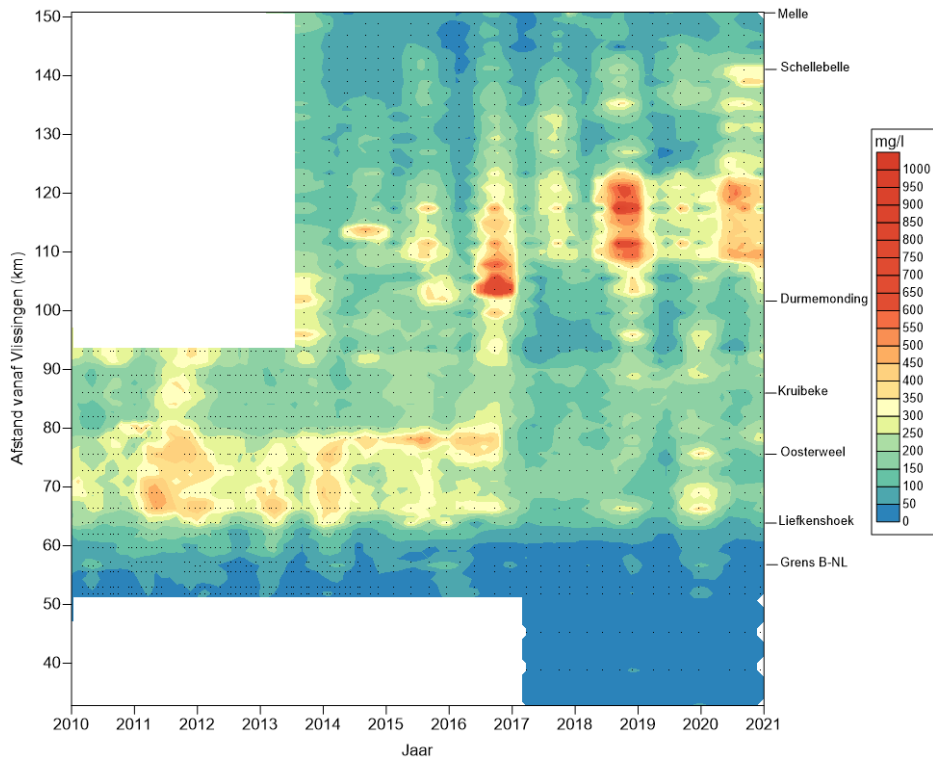
Figuur 60 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij half-tij-eb langs de volledige Zeeschelde



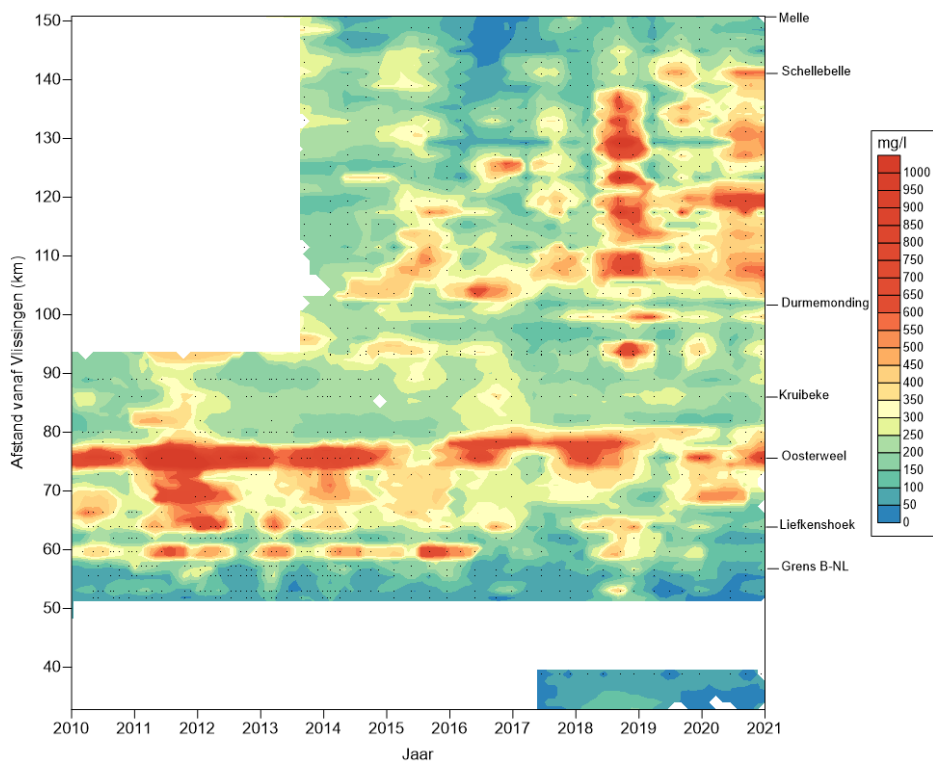
Tabel 15 – Samenvattingstabel sedimentconcentratie (mg/l) tijdens half-tij-ebcampagnes in 2020.

		juni		september		december	
		opp	bodem	opp	bodem	opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	30	36	27	49	41	65
	max	506	457	704	1056	399	1250
	mediaan	117	194	165	375	189	258
	stdev	117	116	199	283	105	227
Beneden- Zeeschelde	min	30	36	27	49	41	80
	max	154	162	269	336	362	1250
	mediaan	83	111	110	158	220	292
	stdev	37	38	65	95	106	332
Boven- Zeeschelde	min	57	79	36	95	50	65
	max	506	457	704	1056	399	635
	mediaan	136	238	320	527	167	231
	stdev	126	113	202	270	105	148

Figuur 61 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)



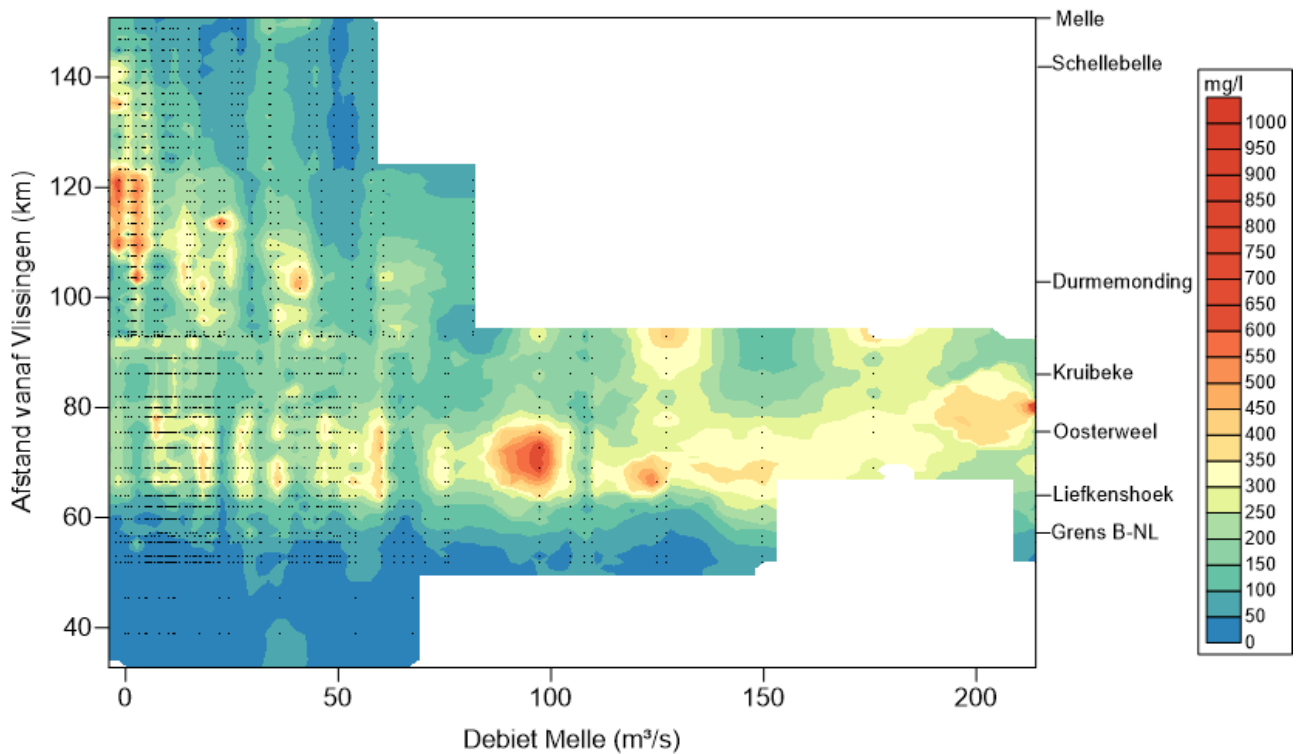
Figuur 62 – Sedimentconcentratie nabij rivierbodembodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 0,75 jaar, zoekradius Y-as: 5 km)



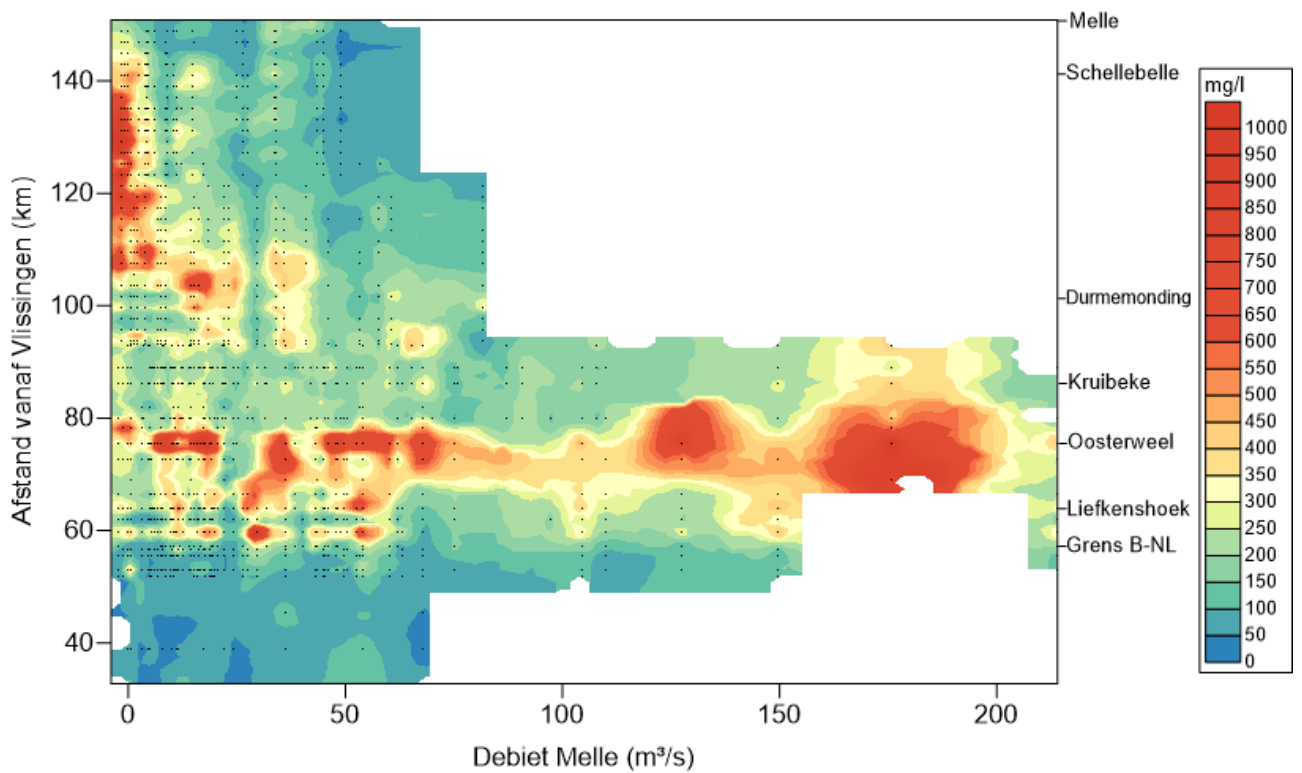
4.4.3 Relatie met bovenafvoer

Figuur 63 geeft de sedimentconcentratie aan de oppervlakte weer ten opzichte van het debiet te Melle op basis van alle metingen sinds de start van de halftij-eb vaarten (2009). Bij lage bovendebiten valt de piek in sedimentconcentraties tussen 100 en 125 km stroomopwaarts van Vlissingen op. Bij een hogere bovenafvoer zijn de hoogste concentraties meer afwaarts te vinden (tussen 90 en 115 km). In Figuur 64 staat het suspensiegehalte nabij de rivierbodem weergegeven in functie van het debiet. Er komt eenzelfde patroon naar voor als nabij het oppervlak: bij een lage bovenafvoer treedt het sedimentconcentratie maximum op in de Boven-Zeeschelde (100 tot 140 km) en bij een hogere bovenafvoer ligt het maximum meer afwaarts. Het sedimentmaximum strekt zich wel iets verder uit (100 tot 140 km van Vlissingen) nabij de bodem dan aan het wateroppervlak (100 tot 125 km). De zone met verhoogde concentratie ter hoogte van Oosterweel/Punt van Melsele (60km-80km) blijft behouden, onafhankelijk van het debiet.

Figuur 63 – Sedimentconcentratie nabij oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m³/s, zoekradius Y-as: 8 km).



Figuur 64 Sedimentconcentratie nabij rivierbodembij halftij-eb langsheen de Zeeschelde uitgezet t.o.v. het debiet te Melle (interpolatietechniek: IDW, zoekradius X-as: 30 m³/s, zoekradius Y-as: 8 km).

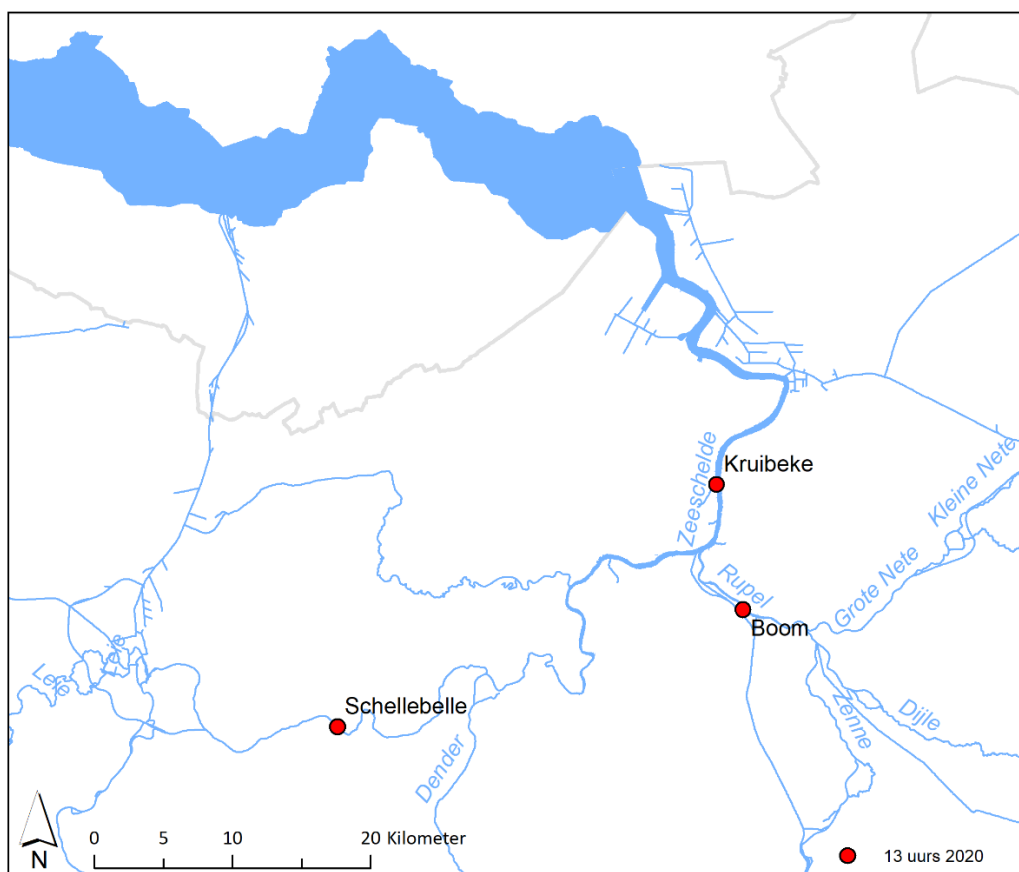


4.5 Meetcampagnes - 13u-metingen

IMDC heeft in 2020 op 3 locaties 13-uursmetingen uitgevoerd en verwerkt (Figuur 65 en Tabel 16). Deze metingen werden uitgevoerd binnen het kader van MONEOS onder de OMES monitoring. Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijdencyclus continu dwarsraaien gevaren. Hierbij wordt de stroomsnelheid gemeten en worden er ter hoogte van het schip stalen genomen om het sedimentgehalte te bepalen. De stroomsnelheid wordt gemeten met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) die onder het schip wordt gemonteerd. Met een YSI (optische backscatter sensor) wordt de turbiditeit gemeten. De turbiditeit kan omgerekend worden naar gesuspendeerde sedimentconcentratie (SSC) aan de hand van een kalibratiecurve opgesteld met de gemeten SSC van de watermonsters.

Een overzicht van de debieten, waterstanden en sedimentfluxen gemeten tijdens de 13-uursmetingen in 2020 wordt gegeven in Figuur 66 tot en met Figuur 71. Voor een meer gedetailleerde bespreking van de 13-uursmetingen wordt verwezen naar het OMES rapport 2020. (Maris en Meire, 2021)

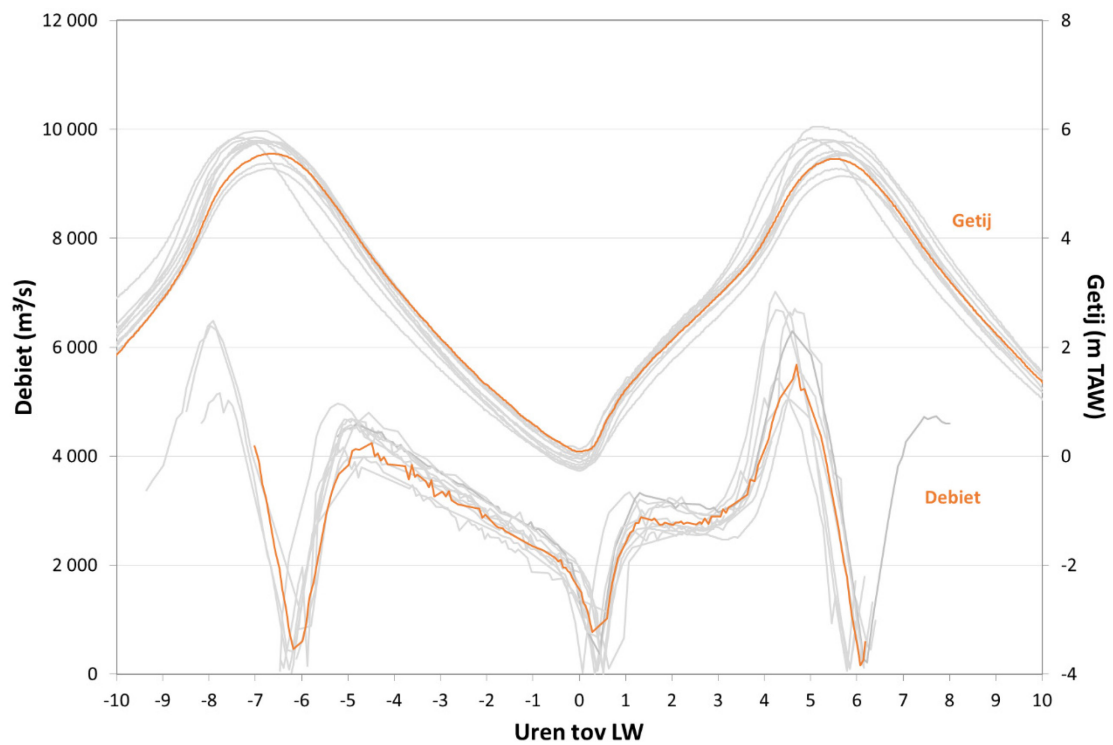
Figuur 65 – Meetlocaties 13u-metingen 2020.



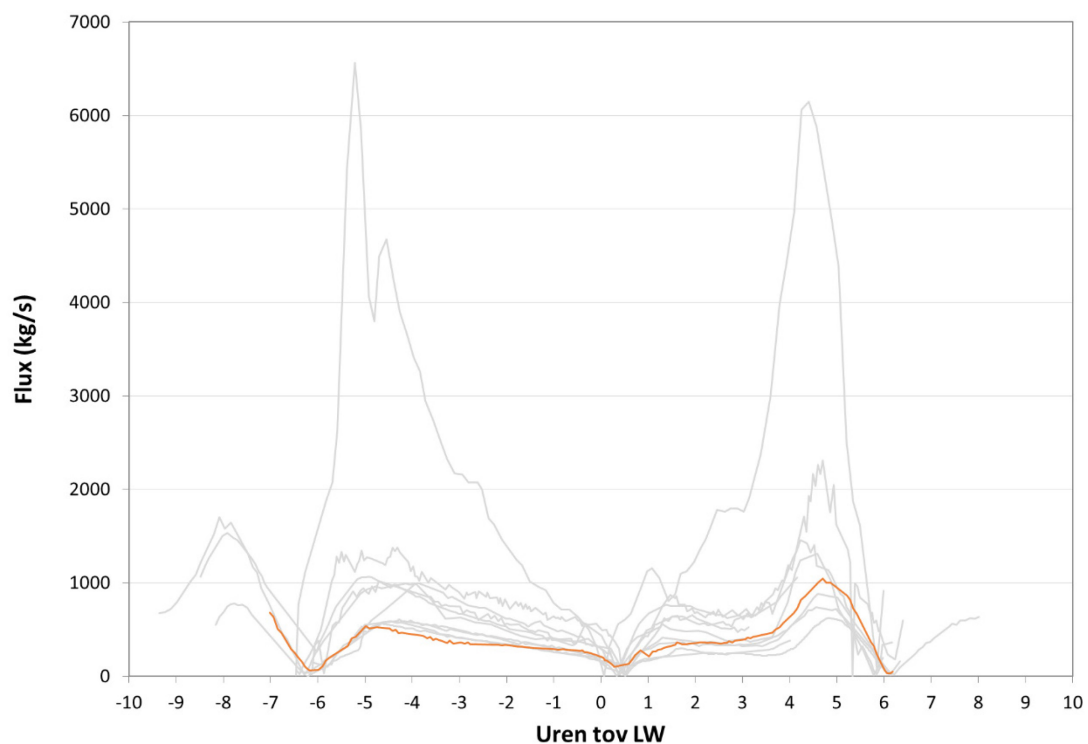
Tabel 16 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET

Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur
Schellebelle	6/7/2020	7:40	20:16
Boom	8/7/2020	7:37	20:17
Kruibeke	9/7/2020	6:35	19:47

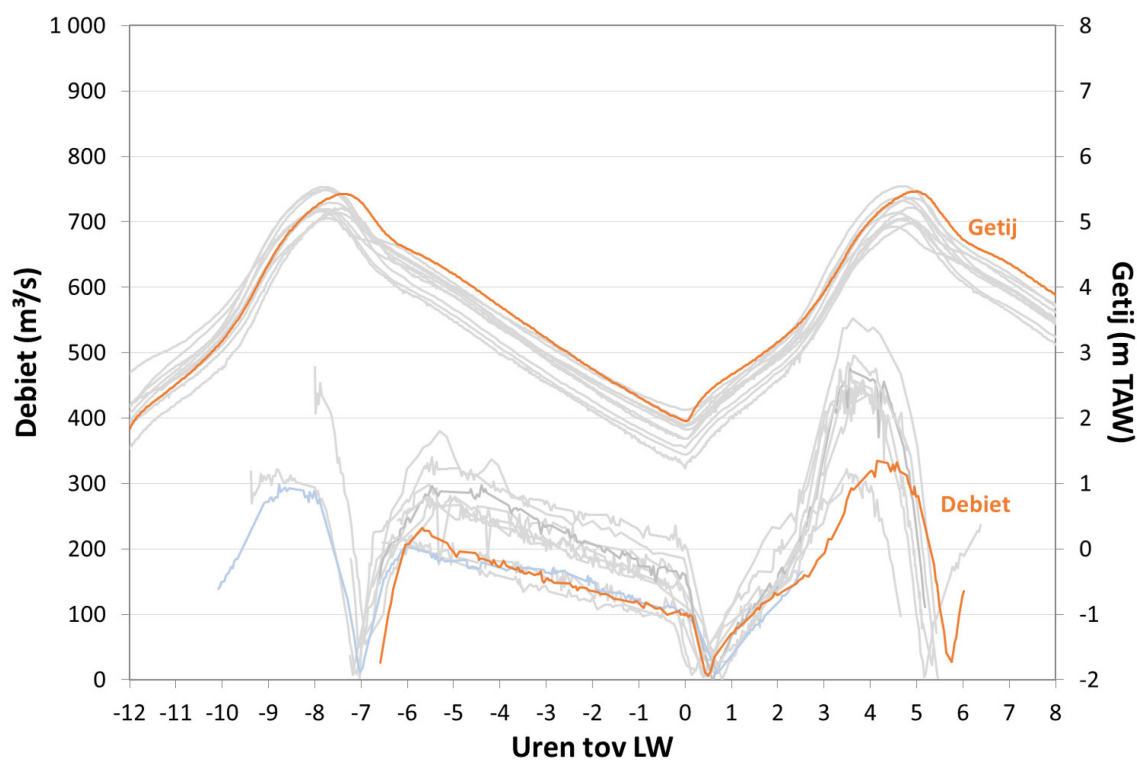
Figuur 66 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2020
(historisch grijs, 2020 oranje).



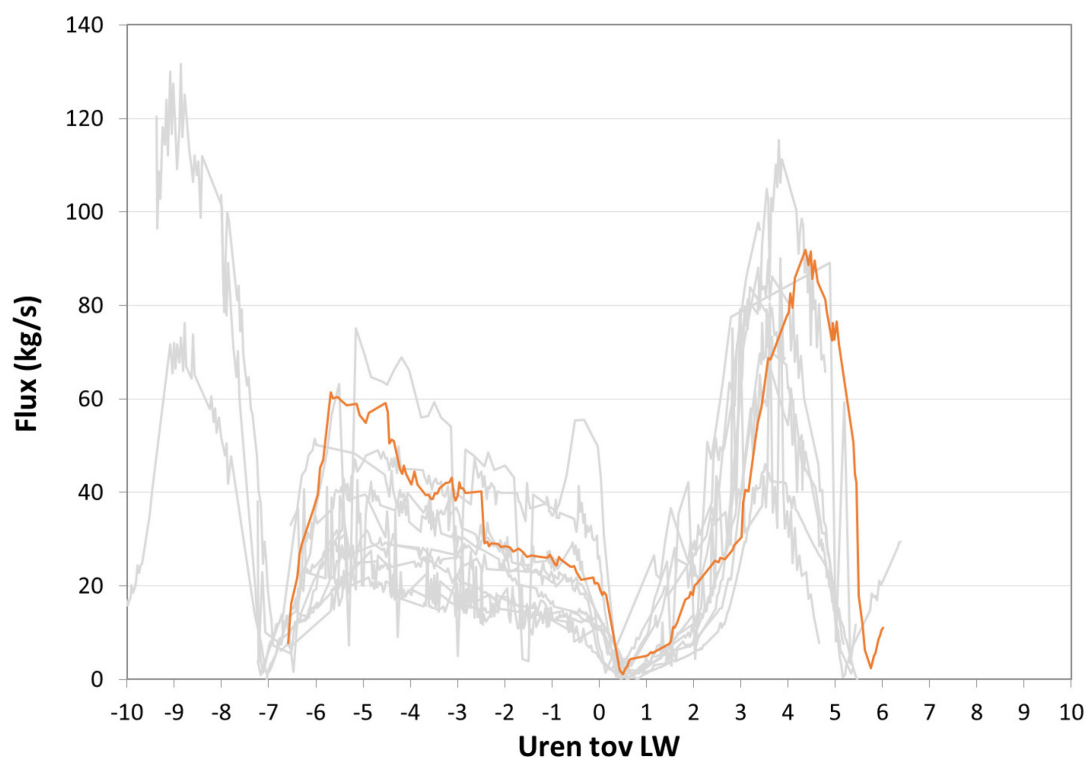
Figuur 67 – SSF tijdens de 13u-metingen in Kruibeke over de periode 2009 en 2020
(historisch grijs, 2020 oranje).



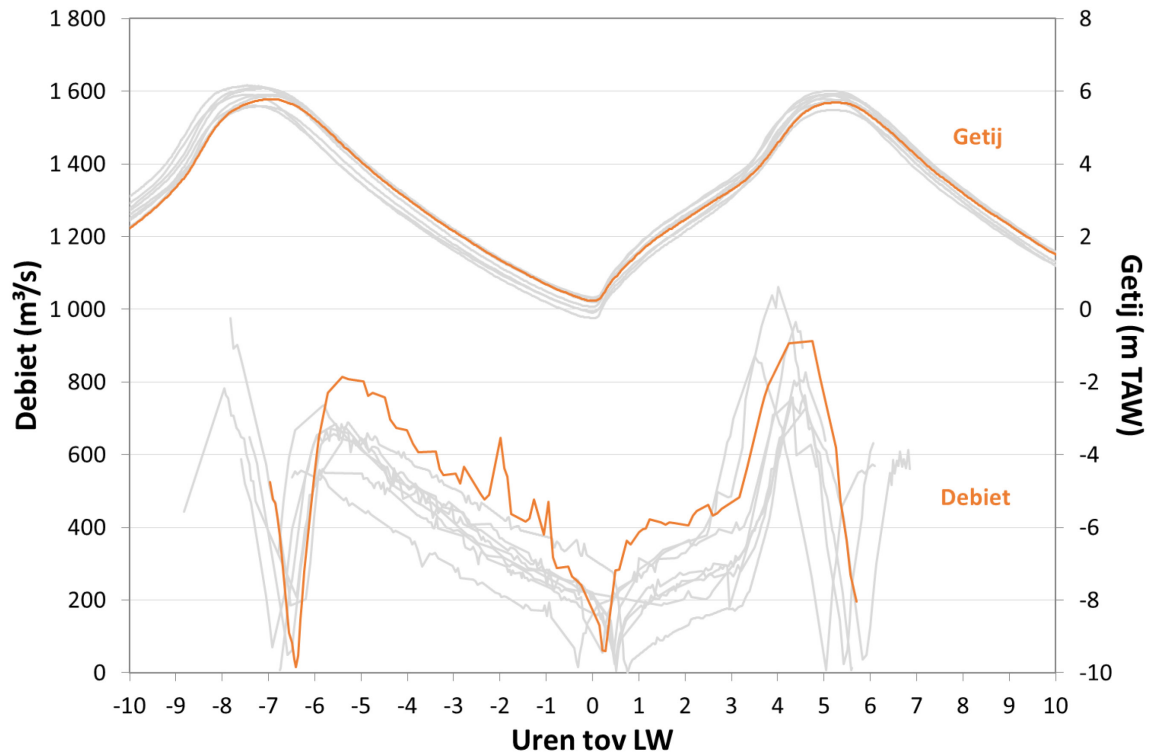
Figuur 68 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2014 en 2020 (historisch grijs, 2020 oranje).



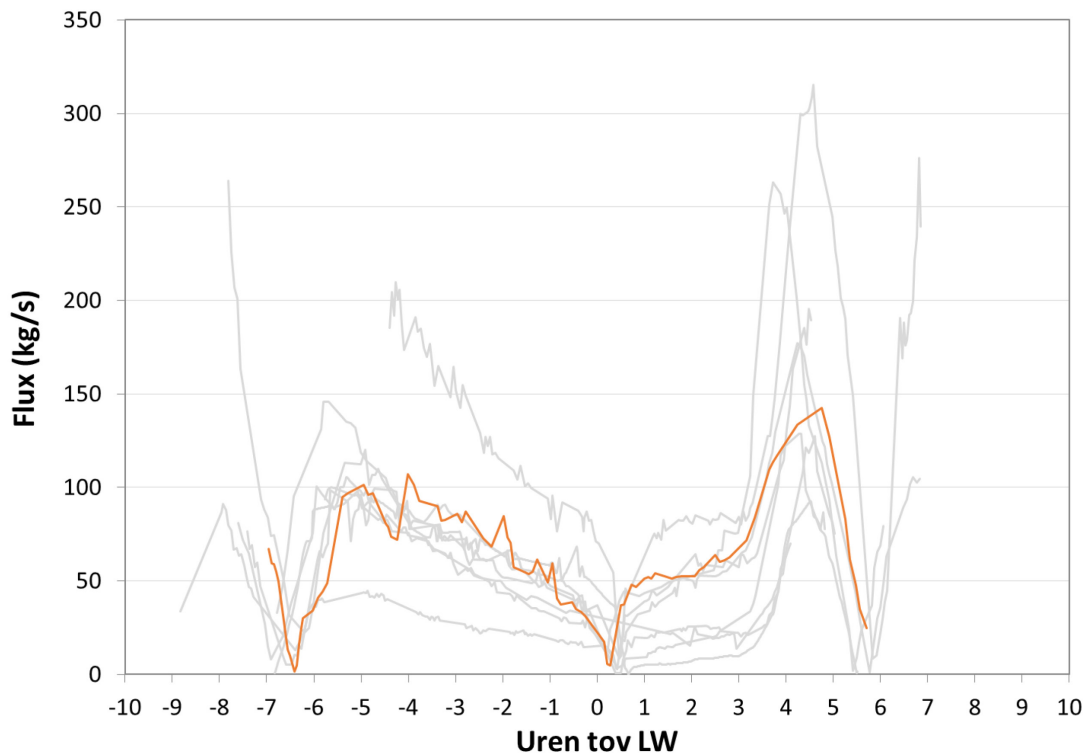
Figuur 69 – SSF tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2014 en 2020 (historisch grijs, 2020 oranje).



Figuur 70 – Debiet en getij tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2020
(historisch grijs, 2020 oranje).



Figuur 71 – SSF tijdens de 13u-metingen in Boom/Terhagen over de periode 2011 en 2020
(historisch grijs, 2020 oranje).



4.6 Hoogfrequente golfmetingen

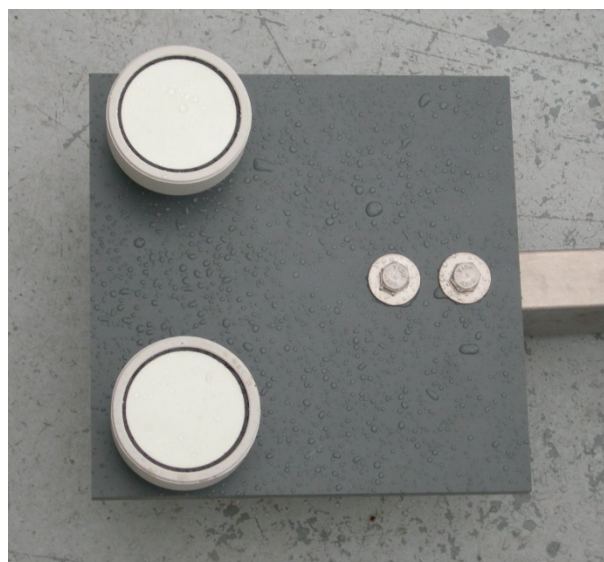
In het kader van MONEOS heeft het Waterbouwkundig Laboratorium op 30 mei 2010 een golvenmeter geïnstalleerd, eerst ter hoogte van "Galgeschoor-Lillo", nadien werd het toestel verplaatst naar de nieuwe locatie "Lillo Meetpaal".

In het MONEOS-jaarboek 2011 werden de golfparameters een eerste maal gerapporteerd. In de jaarboeken van 2012 t.e.m. 2015 werden ze niet gerapporteerd. De oorzaak van het ontbreken van deze parameters in de jaarboeken was hoofdzakelijk te wijten aan technische problemen inzake de energievoorziening. In 2016 en 2017 waren deze problemen nog niet volledig van de baan, maar waren er al voldoende gegevens beschikbaar om te rapporteren. Vanaf midden mei 2018 was er terug een technisch probleem waardoor data voor 2018 na 18 mei ontbraken. Voor 2019 ontbraken gegevens voor de maanden januari en september en twee kortere perioden in juni en augustus. In 2020 waren er langdurige problemen met de gegevens in de periode van eind mei tot en met september en rond de maand november.

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 72). Dit toestel zendt akoestische signalen uit om hoogfrequent (5 Hz) de afstand tot het wateroppervlak te meten. Hierbij wordt door het toestel zelf, door meting van een referentieafstand een correctie van de geluidsnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd.

Figuur 72 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)



4.6.2 Resultaten

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

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

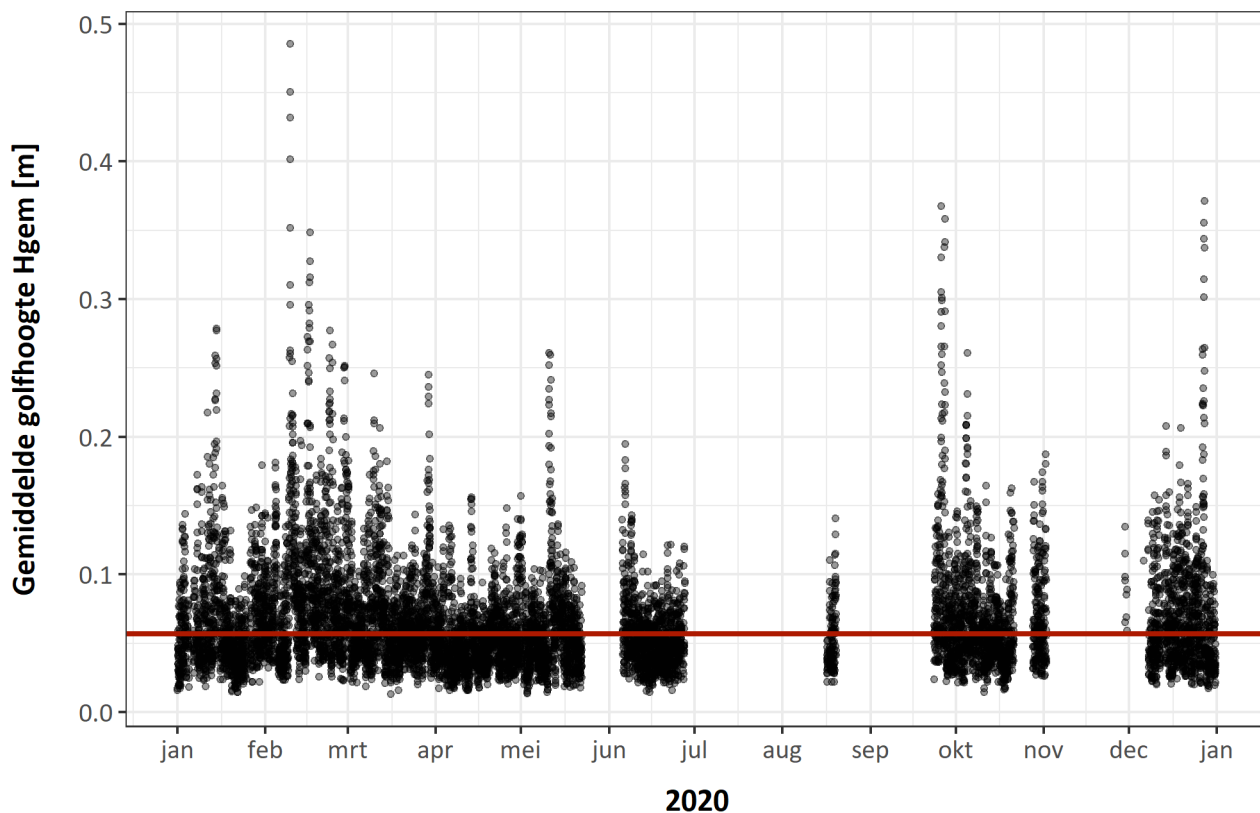
Tabel 17 geeft een overzicht van de karakteristieke golfparameters voor de jaren 2016 tot 2020. Merk op dat de reeksen van zowel 2020 als de voorbije jaren niet volledig waren, waardoor de gerapporteerde waarden kunnen afwijken van de reële waarden.

Figuur 73 tot en met Figuur 78 geven het verloop weer van de gemiddelde, maximale en significante golfhoogte en bijbehorende periode. Daarnaast wordt per parameter ook de mediane waarde (rode lijn) getoond waarvan de waarden ook in Tabel 17 staan. De golfparameters zijn gedurende het hele jaar vrij gelijkmatig gespreid rond de mediaanwaarden. Voor meer informatie over golfmetingen ter hoogte van het nabijgelegen Galgenschoor wordt verwezen naar Kolokythas *et al.* (2019) en Verelst *et al.* (2012).

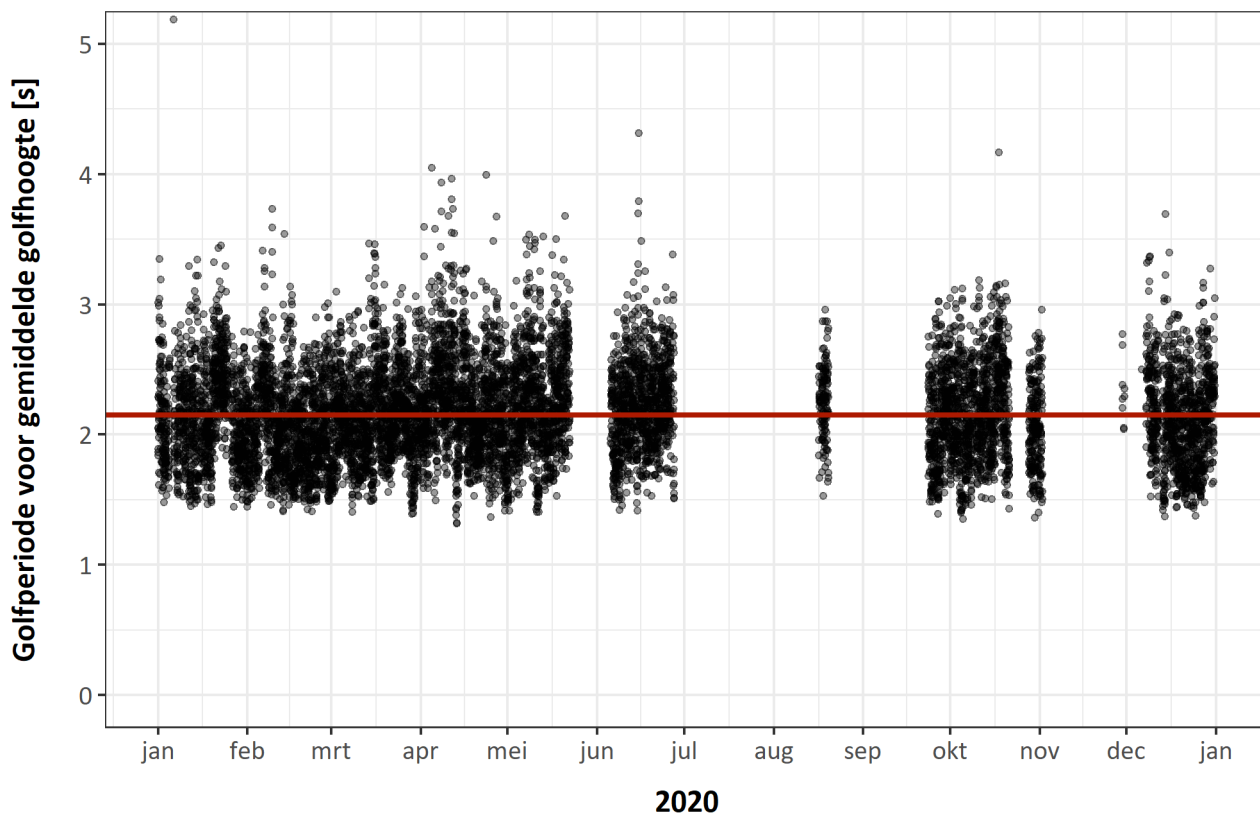
Tabel 17 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2020 (medianen)

Parameter	2016	2017	2018	2019	2020
Gemiddelde golfhoogte ($H_{\text{gem}, 30\text{min}}$)	6,7 cm	6,9 cm	6,7 cm	5,4 cm	5,7 cm
Periode van gemiddelde golfhoogte ($T_{\text{gem}, 30\text{min}}$)	1,90 s	1,90 s	1,95 s	2,21 s	2,15 s
Maximale golfhoogte ($H_{\text{max}, 30\text{min}}$)	36,6 cm	37,1 cm	36,0 cm	31,5 cm	31,8 cm
Periode van maximale golfhoogte ($T_{\text{max}, 30\text{min}}$)	2,49 s	2,48 s	2,51 s	2,56 s	2,53 s
Significante golfhoogte ($H_{1/3, 30\text{min}}$)	11,0 cm	11,1 cm	10,8 cm	9,4 cm	9,4 cm
Periode van significante golfhoogte ($T_{1/3, 30\text{min}}$)	2,29 s	2,30 s	2,35 s	2,57 s	2,50 s

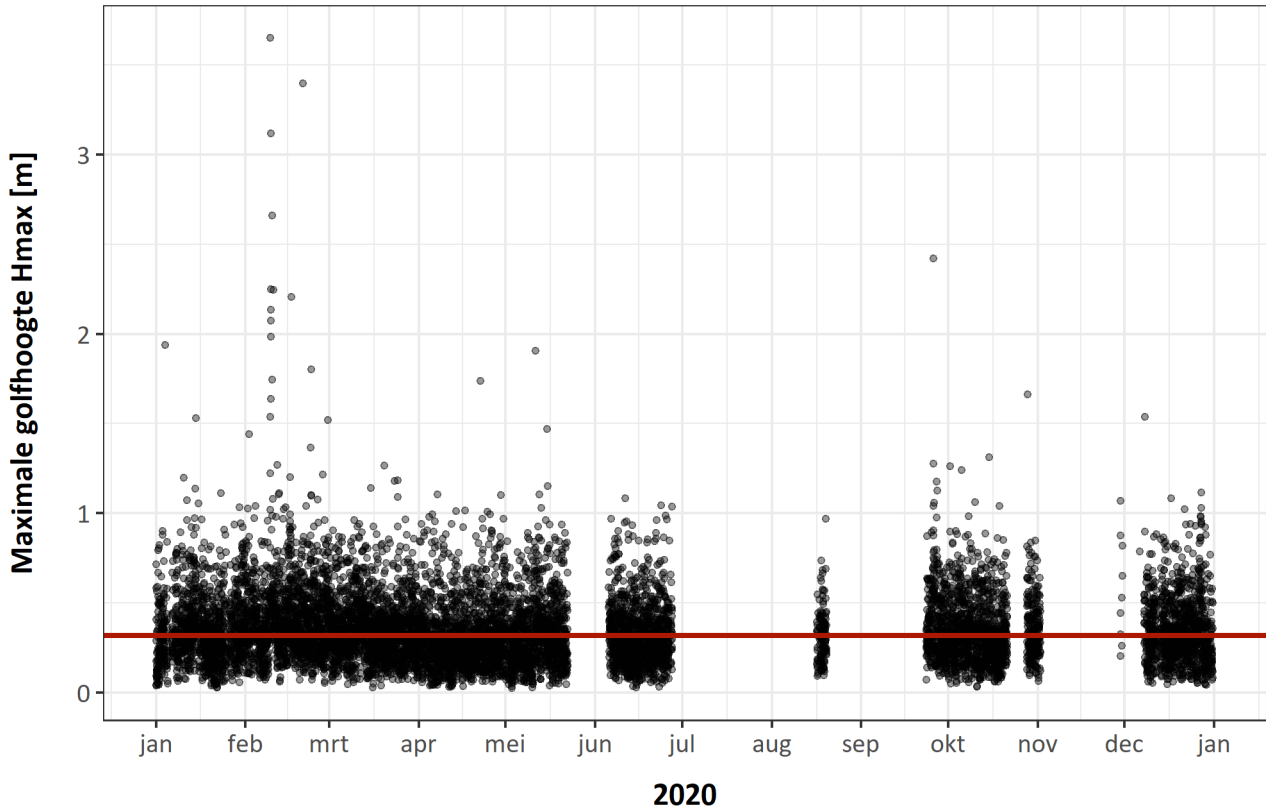
Figuur 73 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



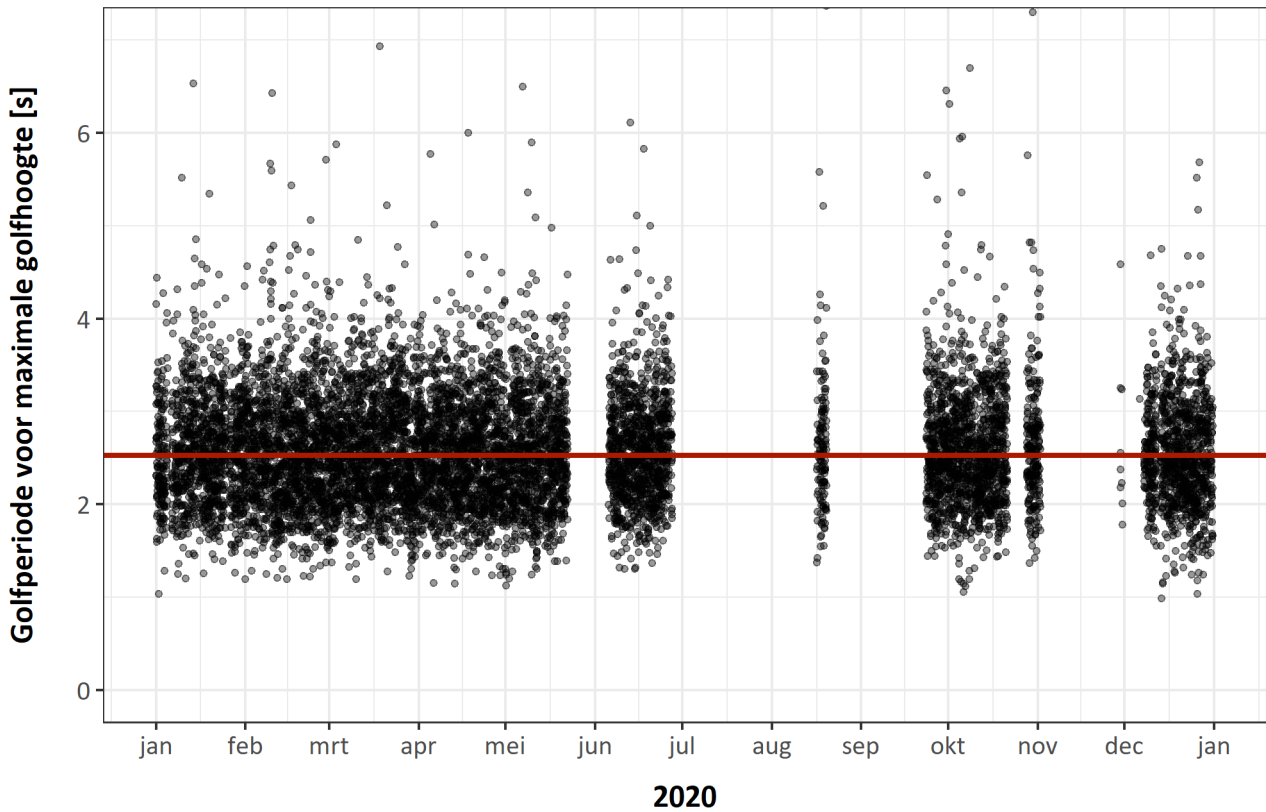
Figuur 74 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



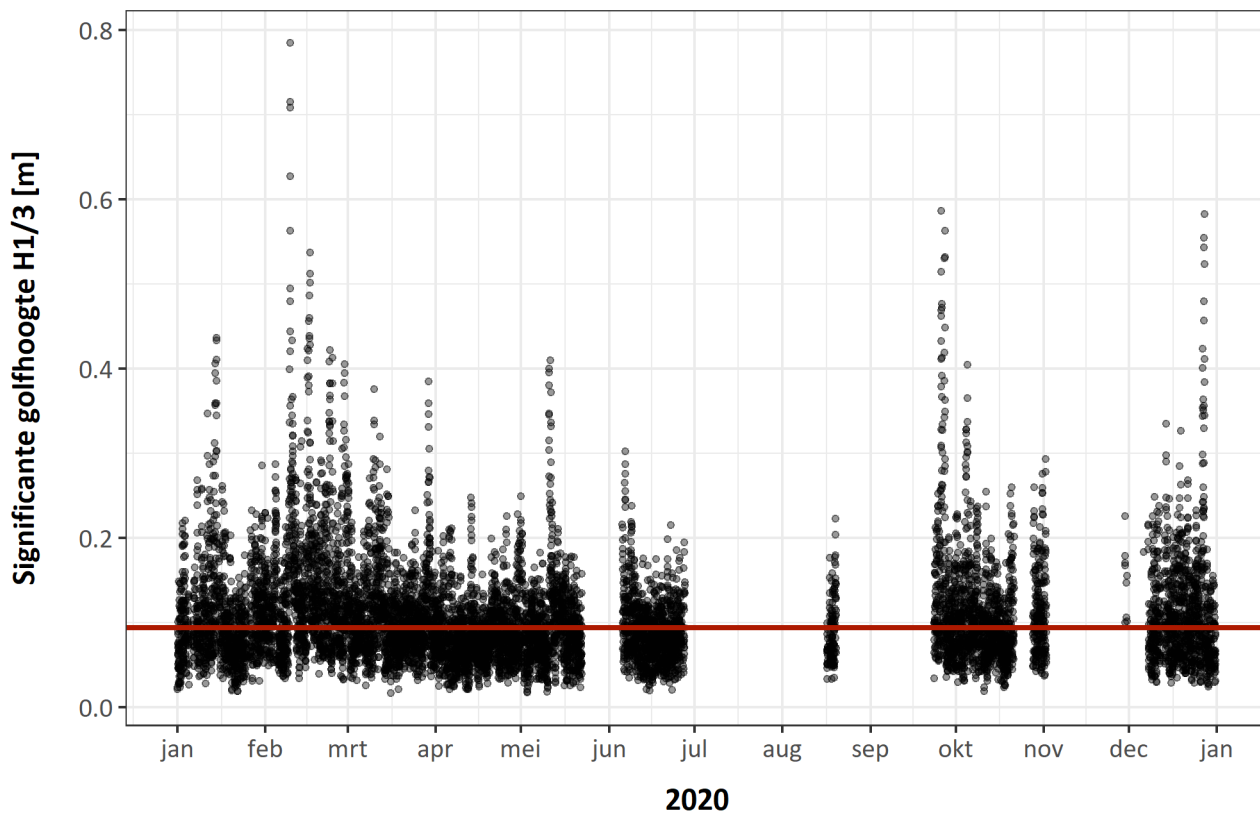
Figuur 75 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



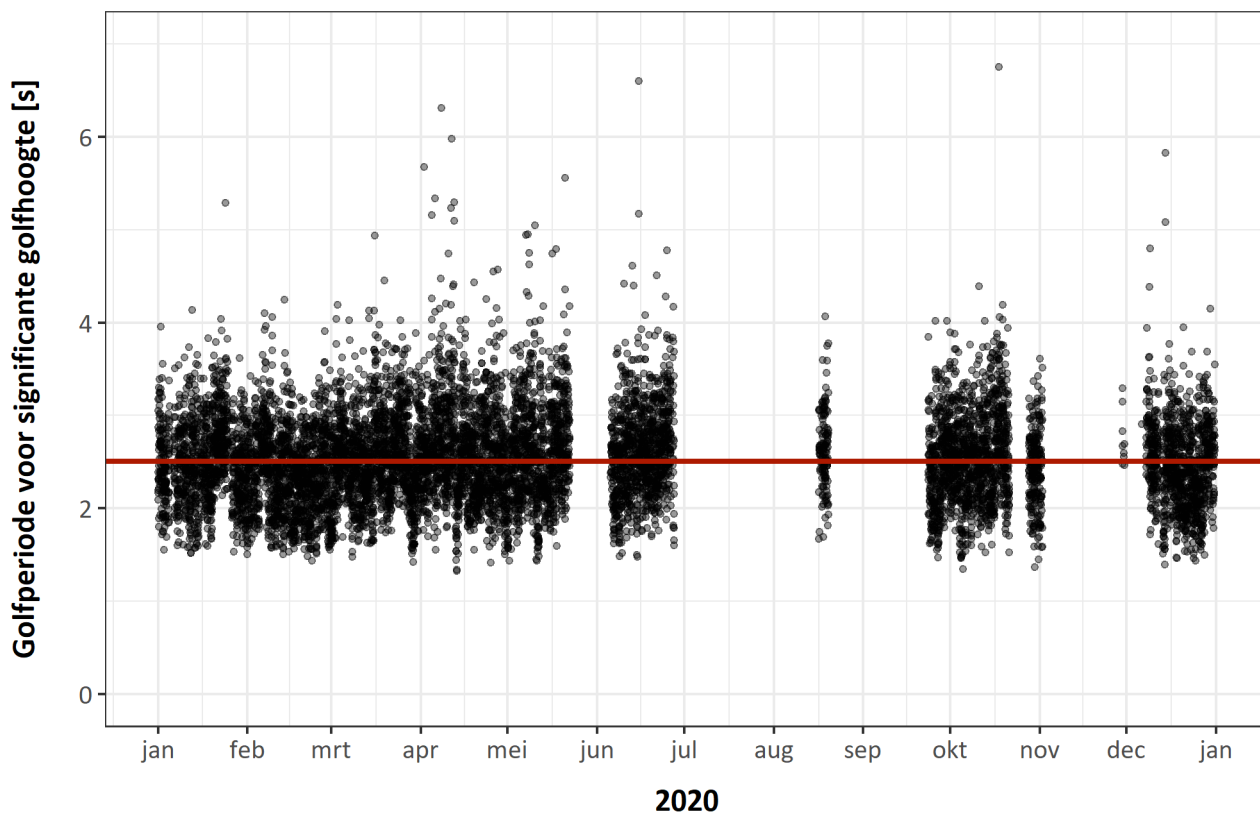
Figuur 76 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 77 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 78 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



5 Referenties

Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; Boudewijn, T.J., de Jong, J.W.; van Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Van de Moortel, I.; Velez, C. (2018). Evaluatierapport. T2015-rapportage Schelde-estuarium. HKV Lijn in Water: Lelystad. xx, 197 + bijlagen pp.

Boeckx, L.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2021). Laagwaterseizoen 2020: gepubliceerde berichten waterwegen. Versie 2.0. WL Rapporten, PA006_10. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. V, 150 pp.

Brackx, M.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019). Validatie fysische parameters: Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017. Versie 1.0. WL Rapporten, 12_076_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Brackx, M.; Nossent, J.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2020). Retourperiode hoogwaterstand te Antwerpen tijdens stormtijcondities. Versie 5.0. WL Rapporten, PA024_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Depreiter, D.; Cleveringa, J.; van der Laan, T.; Maris, T.; Ysebaert, T.; Wijnhoven, S. (2014). T2009-rapport Schelde-estuarium. IMDC/Arcadis/Universiteit Antwerpen/Imares/NIOZ: [s.l.]. 522 + 2 bijlagen pp.

Fremau, M. (2019). Kalibratie van een optisch indirect meettoestel voor het meten van sedimenttransport in een fysisch model. Masterthesis, Universiteit Antwerpen.

HIC (2020a) Scheldeflits 2020 - 01: Hoogwaters 10-12 februari 2002.

HIC (2020b) Scheldeflits 2020 - 02: Hoogwaters 10-13 maart 2002.

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

Journée, M.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2021). Validation of the HIC rain gauges data: year 2020. Version 1.0. FHR reports, PA027_22. Flanders Hydraulics Research: Antwerp.

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

Maris T. & Meire P. (2021). OMES rapport 2020. Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. UAntwerpen ism VUB, IMDC, UGent, NIOZ, Ecolab en VLIZ, in opdracht van Vlaamse Overheid, De Vlaamse Waterweg.

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

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

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

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

Taverniers, E.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL - Basisboek: overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. RPRT. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Schrijver, M.; Plancke, Y. (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rapport MONEOS-T-2008- 033 /WL2008R791-3_1ref1_0. Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg, Waterbouwkundig Laboratorium, Borgerhout.

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

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

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

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

Vandenbruwaene, W.; Michielsen, S.; Hertoghs, R.; Boeckx, L.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2021). Hydrologie bevaarbare waterlopen in Vlaanderen: Jaar 2020. Versie 4.0. WL Rapporten, PA026_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Vandenbruwaene, W.; Van De Moortel, I.; van den Berg, M.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (in prep.). Fluviaatiele sedimentaanvoer richting Schelde estuarium: Inschatting sedimentaanvoer o.b.v. APS staalname en turbiditeitsmetingen. Versie 0.1. WL Rapporten, RPA025_16. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Valierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: deelrapport 2. Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium/Antea Group: Antwerpen. V, 71 + 8 p. bijl. pp.

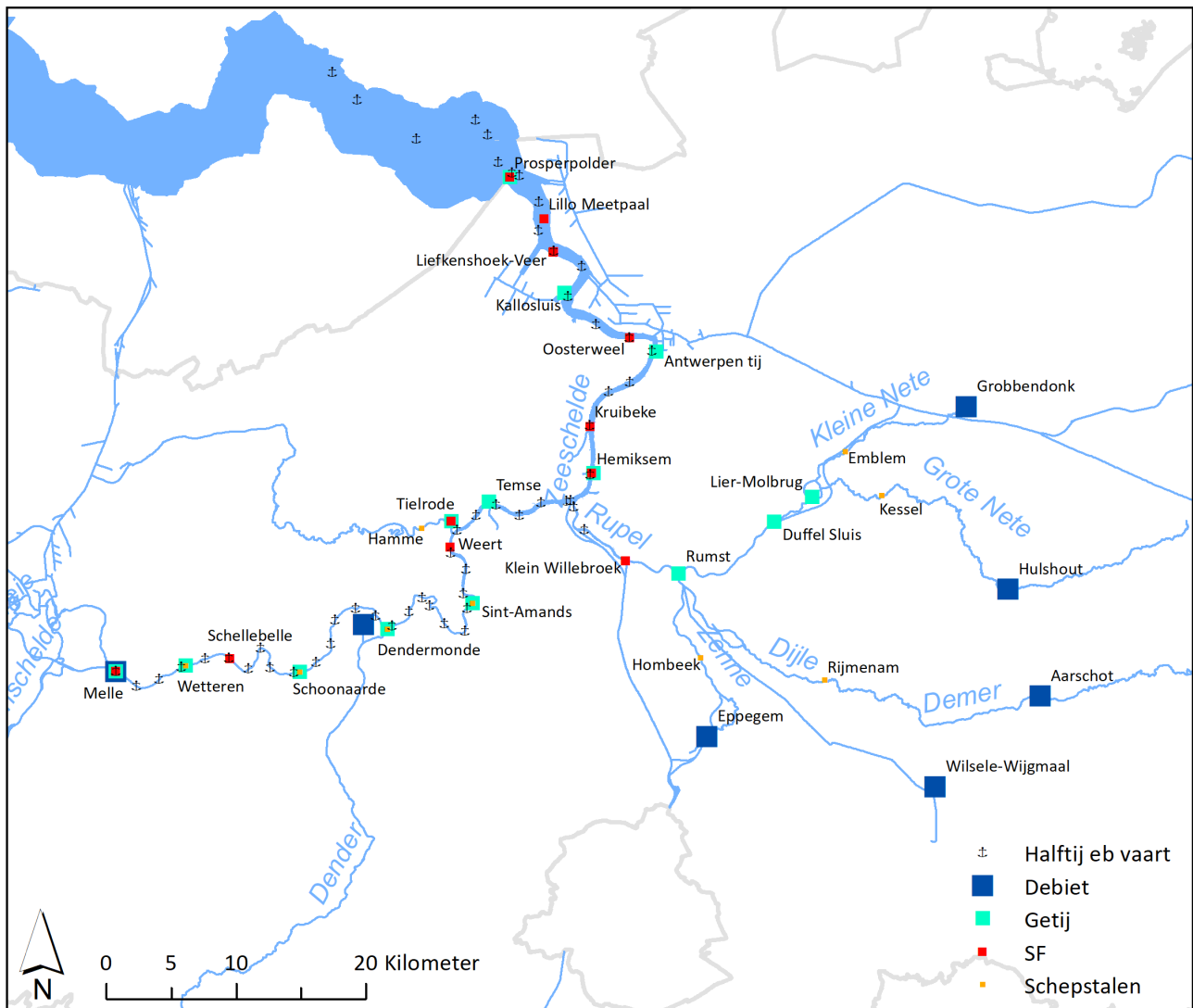
Verelst, K.; De Mulder, T.; Vereecken, H.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2012). Onderzoek naar de invloedsfactoren van golfbelasting en de morfologische effecten op slikken en schorren in de Beneden Zeeschelde, meer specifiek op het Galgeschoor: Deelrapport 8: Analyserapport golfbelasting op het Galgeschoor.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

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

Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2020

Figuur 79 geeft een overzicht van de meetlocaties die in het kader van MONEOS gerapporteerd worden.

Figuur 79 – Meetlocaties MONEOS 2020.



In Tabel 18 worden voor elke meetlocatie, per soort meting, de opgemeten parameters, toesteltype, type monitoring (continu/periodiek) en startdatum weergegeven.

Tabel 18 – Meetlocaties MONEOS 2020

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Aarschot	Debiet	H	Radar Ott	Continu	1/01/1975
Dendermonde Appels	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Epegem	Debiet	H	Vega radar Ott	Continu	19/12/1970
Grobbendonk	Debiet	H	Radar Ott	Continu	20/12/1980
Hulshout	Debiet	H	Radar Ott	Continu	29/12/1975
Melle	Debiet	Q	ADM	Continu	1/01/1971
Wilsele-Wijgmaal	Debiet	H	Peil	Continu	26/12/1974
Antwerpen tij	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Dendermonde	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Duffel Sluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Hemiksem	Getij	W	Radar Ott	Continu	13/05/1966
Kallosluis	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Lier-Molbrug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Melle	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Prosperpolder	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Schoonaarde	Getij	W	Radar Ott	Continu	31/08/1998
Sint-Amands	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Temse	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Tielrode	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1966
Wetteren Brug	Getij	W	Radar Ott	Continu	30/04/1996
Rumst	Getij	W	Radar Ott	Continu	24/10/2019
Hemiksem	SF	Cond, WT	CTD	Continu	28/07/2009
Klein-Willebroek	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	17/07/2018
Kruibeke	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	25/09/2015
Liefkenshoek	SF	Cond, WT	CTD	Continu	31/07/2009
Lillo Meetpaal	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	30/09/2015
Melle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	12/01/2010
Oosterweel	SF	Cond, v, vDIR, Turb_NTU, WT	Aanderaa	Continu	4/01/2001
Prosperpolder	SF	Cond, WT	CTD	Continu	23/04/2003
Schellebelle	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	15/12/2016
Tielrode	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI (mobiel)	Continu	19/12/2017
Weert	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	19/12/2017
Liefkenshoek-Veer	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	26/03/2019
Dendermonde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Emblem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Hamme	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Hemiksem	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	6/01/2020

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Hombeek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/12/2005
Kessel	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Klein Willebroek	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	30/07/2018
Melle	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Rijmenam	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	28/01/2002
Schoonaarde	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Sint-Amands	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Tielrode	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	3/01/2006
Wetteren	Schepstalen	SSC_Sch	Verzwaarde fles	Periodiek	27/12/2005
Kruikeke veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Liefkenshoek	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Loodsgebouw	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Oosterweel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Ouden Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Radartoren Waarde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Rupelmonde	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Saeftinge	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Wintam veer	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/05/2015
Wrak Atlantide	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Zwijndrecht	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Appels opw veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
B132 opw Notelaer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Baasrode veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Boelwerf	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Branst	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Buggenhout	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
De Cramp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
Dendermonde	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendersluis	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Durmemonding	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Kwatrecht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Kwatrecht afw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Lippenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	6/02/2014
Mariekerke veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Melle	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Moerzeke	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Schellebelle Kerk	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schellebelle opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde afw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Schoonaarde opw brug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Sint-Amands	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Steendorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Temsebrug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Uitbergen bocht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Uitbergen brug opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Vlassenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Wetteren	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wichelen	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wintam	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Zelee kasteeltje	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Zelee opw jachtclub	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

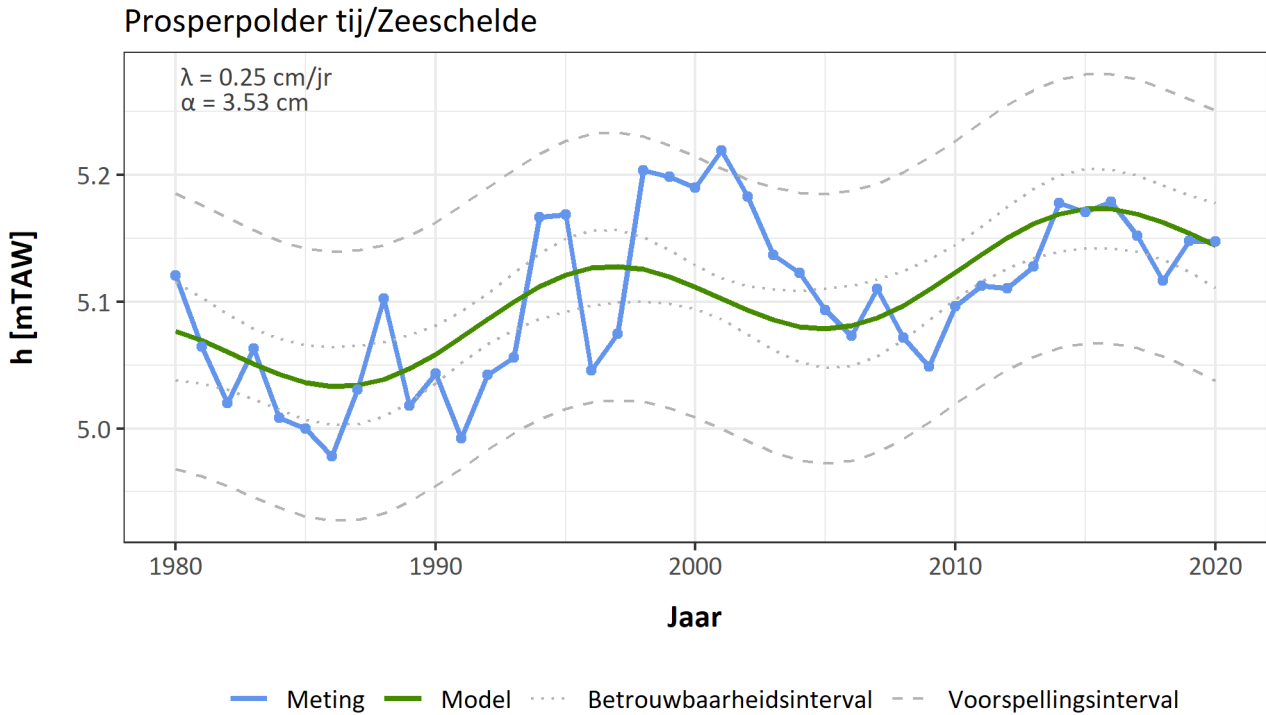
Bijlage B: Evoluties HW en LW

In onderstaande figuren worden de jaargemiddelde waarden gebruikt (blauw) om de langjarige trend (over de periode 1980-2020) te bepalen. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde grijze lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De grijze volle lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). De regressielijn, betrouwbaarheids- en voorspellingsintervallen zijn bepaald op basis van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters van 1980 tot en met 2020. In 2013 zijn de peillatten opnieuw ingemeten en werd er vanaf 2011 een correctie doorgevoerd. Meer informatie hieromtrent is terug te vinden in Vandenbruwaene *et al.* (2019a). Uit datzelfde rapport blijkt dat het opnemen van de peilschaalcorrectie weinig invloed heeft op de trendanalyse in Antwerpen. Figuur 80 tot en met Figuur 87 presenteren de resultaten voor Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater. In Tabel 19 wordt de jaarlijkse lineaire evolutie voor hoog- en laagwater weergegeven, berekend over periode 1980-2020. Voor meer informatie over de trendlijnbepaling wordt verwezen naar het Moneos-rapport 2016 (Plancke *et al.*, 2017).

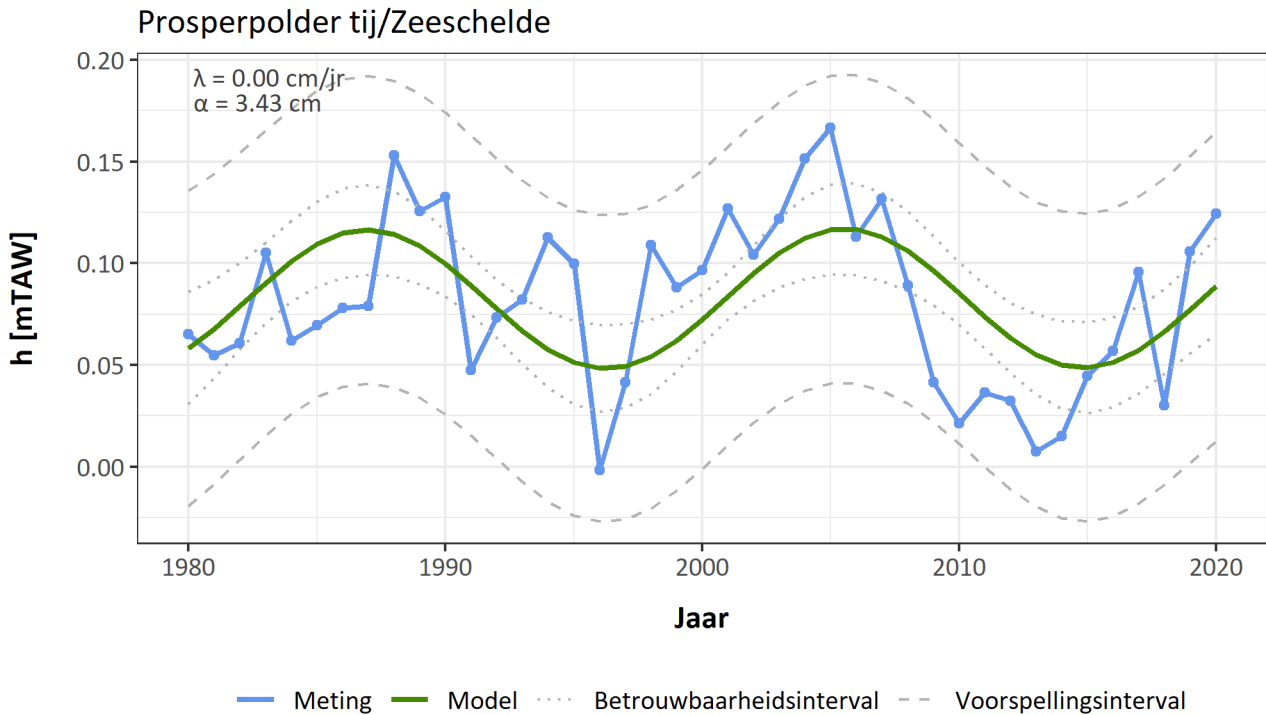
Tabel 19 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2020).

Locatie	Jaarlijkse evolutie (cm/jaar)	
	HW	LW
Prosperpolder	0,25	0,00
Antwerpen	0,18	-0,01
Temse	0,36	-0,05
Dendermonde	0,35	-0,75
Wetteren	0,34	-1,12

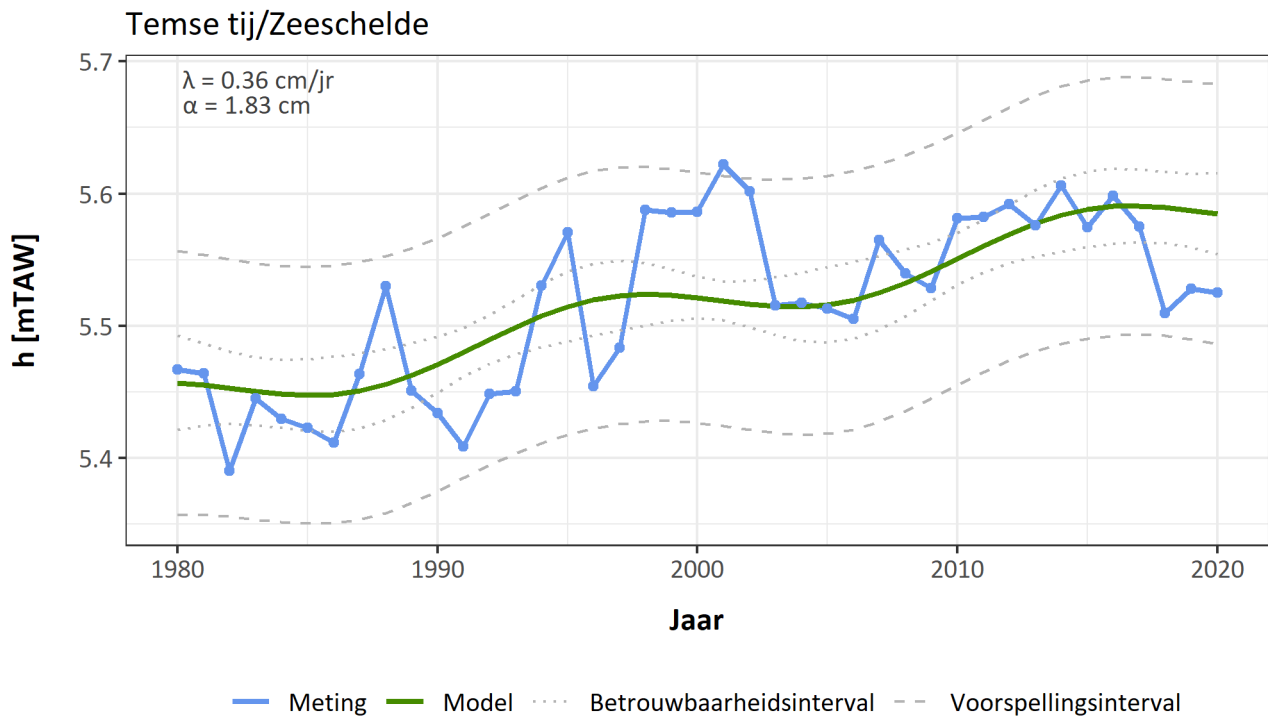
Figuur 80 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2020.



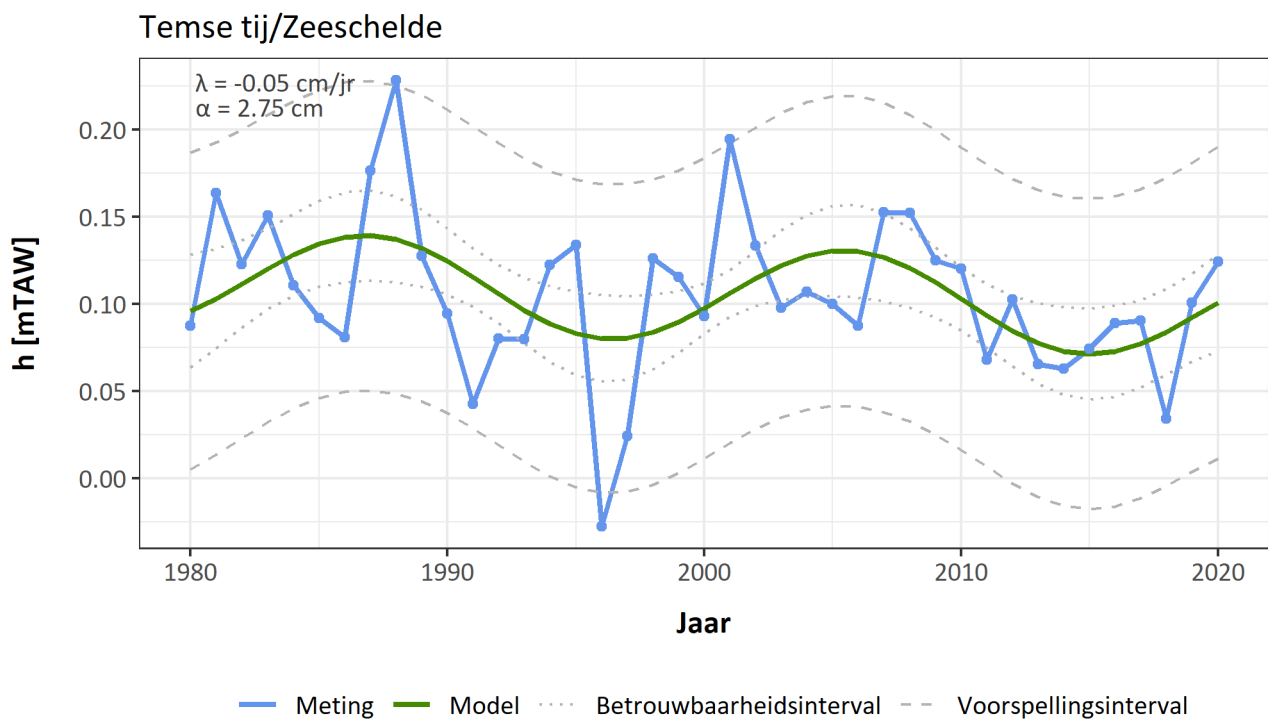
Figuur 81 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2020.



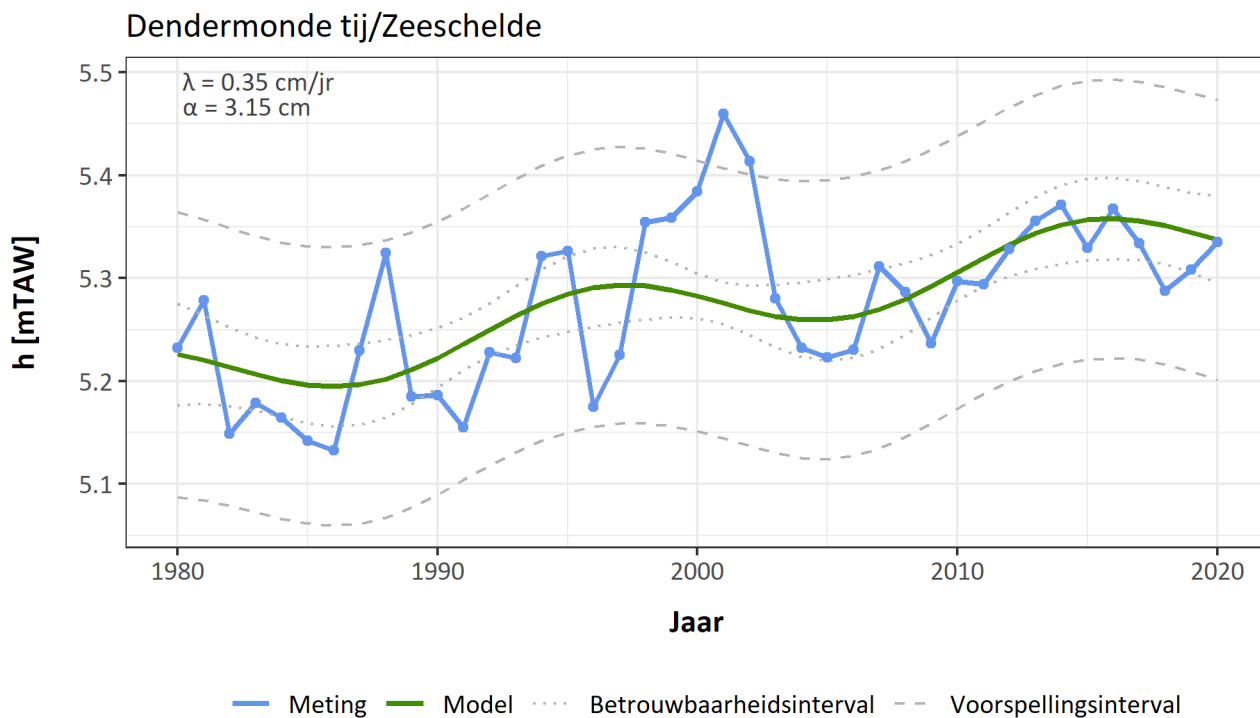
Figuur 82 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2020.



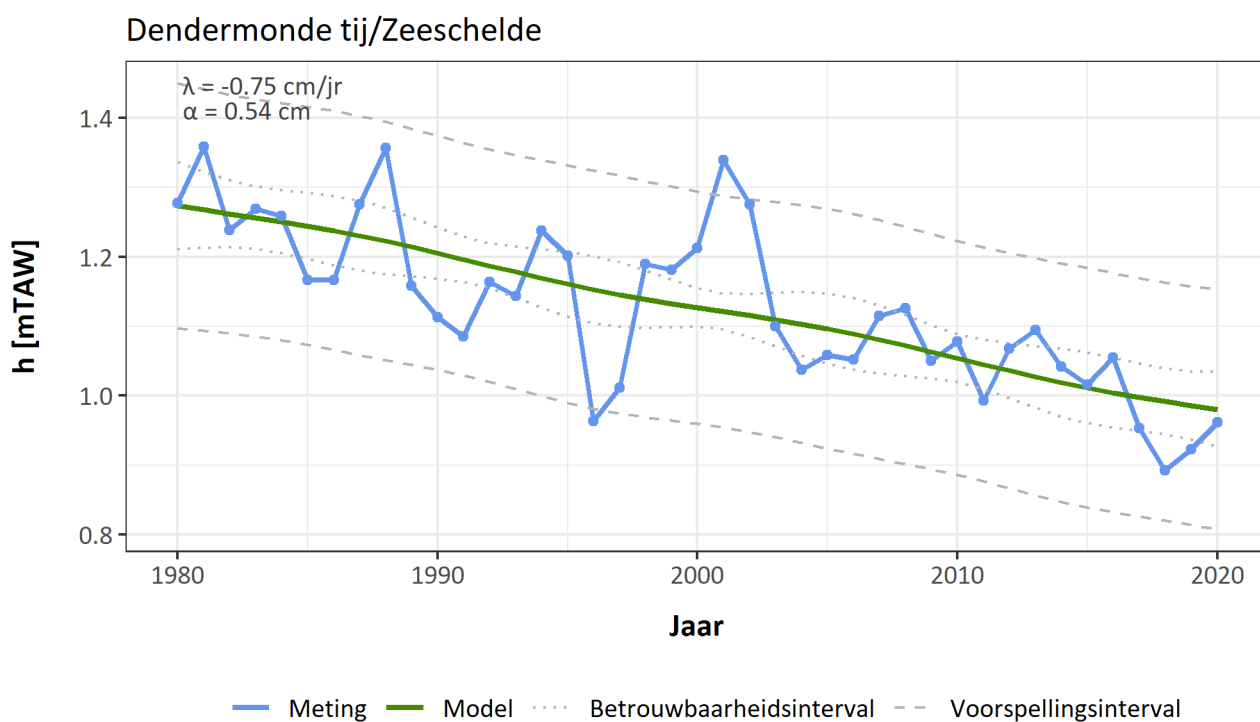
Figuur 83 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2020.



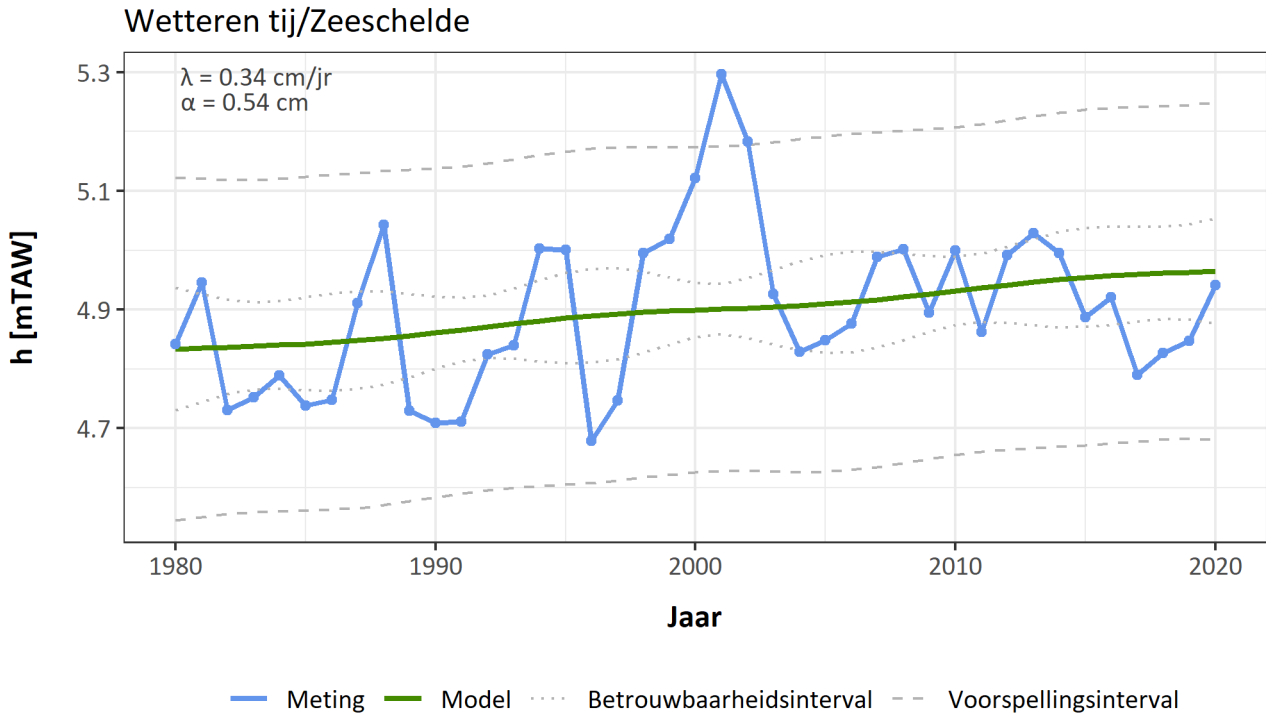
Figuur 84 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2020.



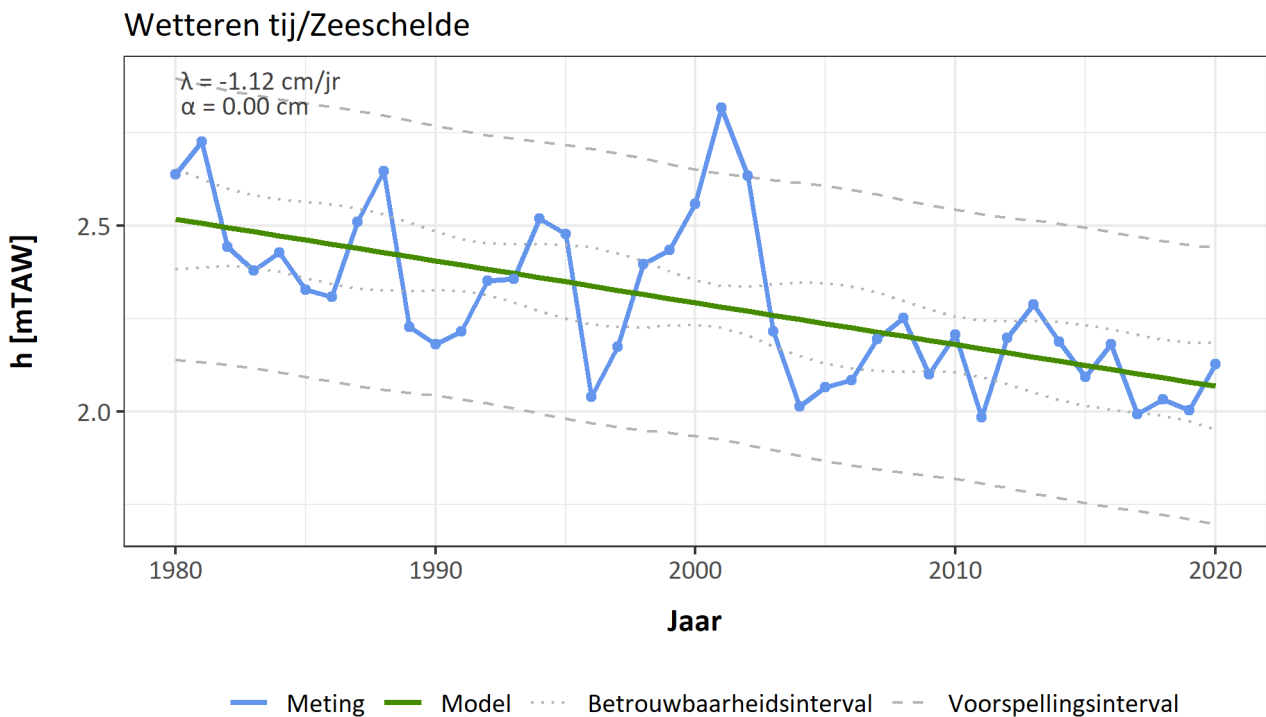
Figuur 85 –Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2020.



Figuur 86 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2020.



Figuur 87 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2020.



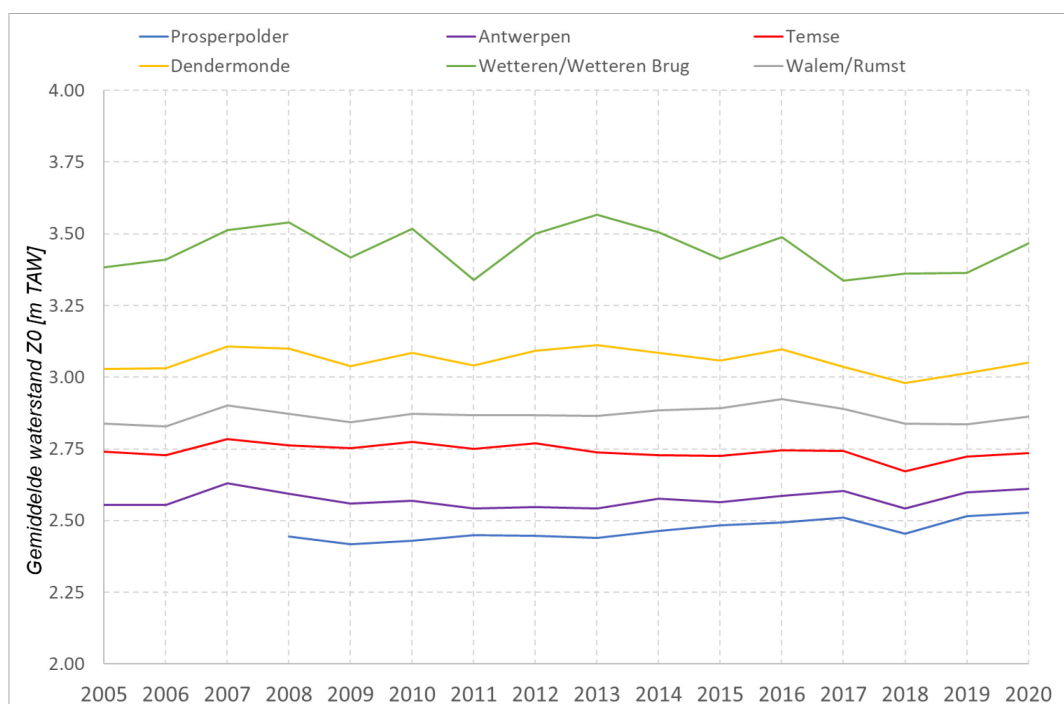
Bijlage C: Harmonische componenten

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

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

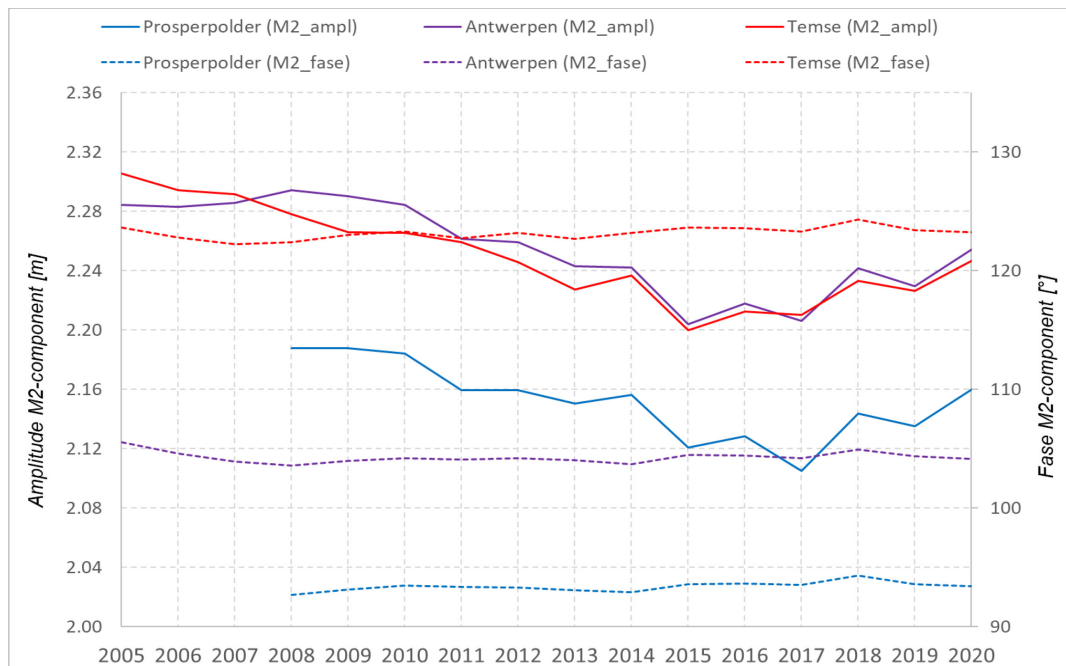
Figuur 88 geeft de evolutie van de gemiddelde waterstand Z0 weer voor de zes locaties, voor de periode 2005 (i.e. start beschikbaarheid continue digitale gegevens) tot 2020. In 2020 was de gemiddelde waterstand voor alle posten iets hoger dan de voorbije twee jaren 2018 en 2019. Voor de bespreking van de lange termijnevoluties wordt verwezen naar Plancke *et al.* (2019).

Figuur 88 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0

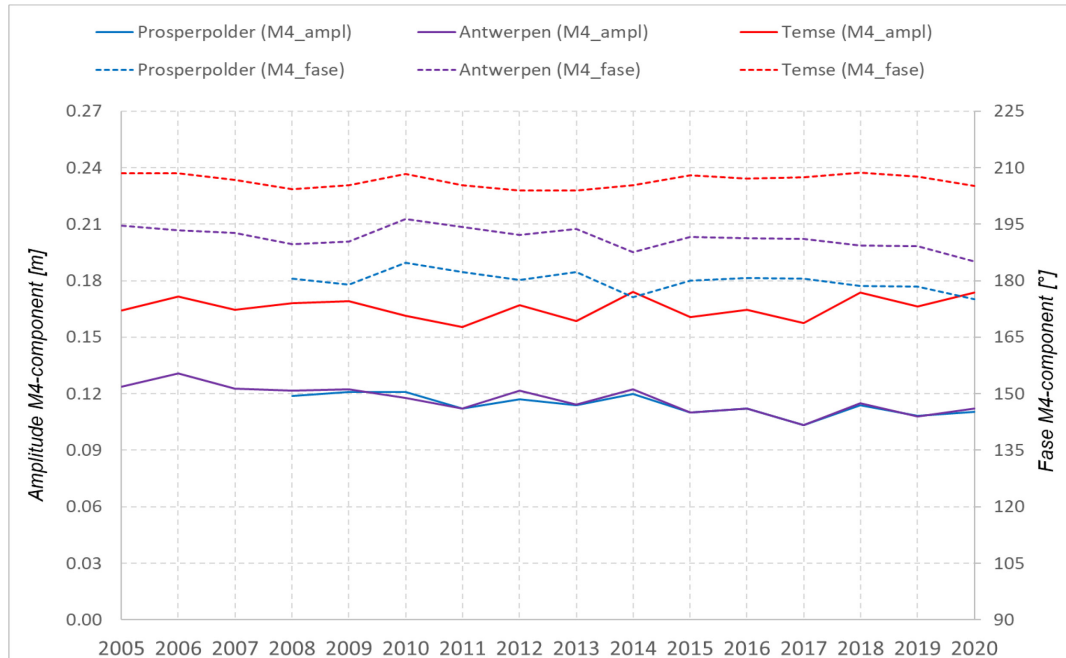


In Figuur 89 en Figuur 90 worden de fase (verschuiving t.o.v. Vlissingen) en amplitude van de M2- en M4-component weergegeven voor de drie meest afwaartse posten (Prosperpolder, Antwerpen-Loodsgebouw en Temse). De amplitude van de M4-component is aanzienlijk lager dan die van de M2-component, beide componenten volgen wel éénzelfde trend. De amplitude ligt in 2020 iets hoger dan in 2019, voor zowel M2 als M4, voor alle posten. De fase was voor alle posten, voor beide componenten, iets lager in 2020 dan in 2019.

Figuur 89 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)

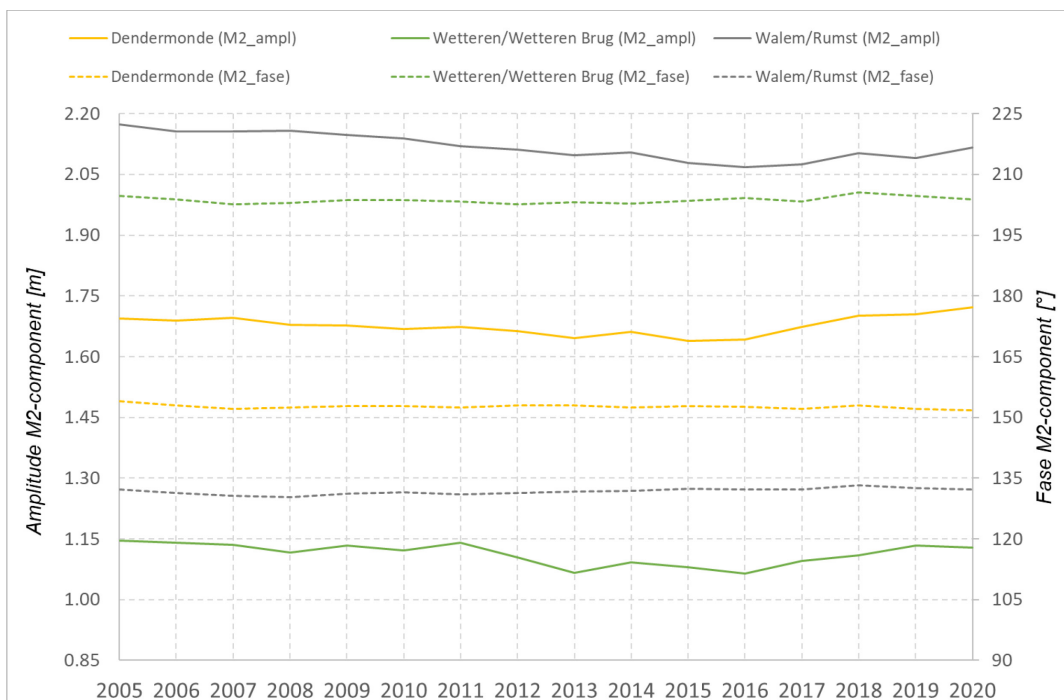


Figuur 90 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)

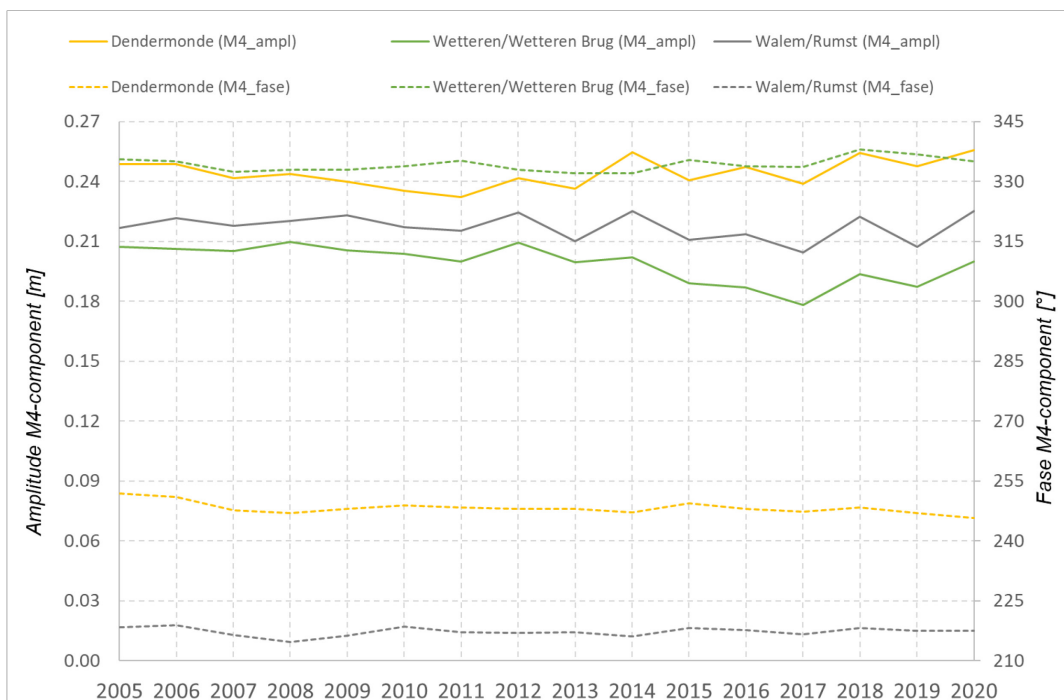


Figuur 91 en Figuur 92 geven de fase en amplitude weer van respectievelijk de M2- en M4-componenten voor de opwaartse posten (Wetteren/Wetteren Brug, Dendermonde en Walem/Rumst). Voor Wetteren/Wetteren Brug en Dendermonde was de M2-component in 2020 iets hoger dan in 2019. Voor Walem/Rumst is de M2-component ongeveer gelijk gebleven. De M4 component is voor de drie posten gestegen ten opzichte van 2019. De fase blijft voor alle posten relatief constant voor zowel de M2- als de M4-component.

Figuur 91 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)



Figuur 92 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)



Bijlage D: Kalibratie Turbiditeit – SSC

A. Algemeen

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

Een overzicht van de bekomen relaties en modelstatistieken wordt hieronder gegeven.

B. Overzicht kalibratiecampagnes

Gedurende meerdere jaren zijn ter hoogte van Oosterweel, Liefkenshoek-Veer, Kruibeke, Weert, Schellebelle, Melle, Tielrode en Klein-Willebroek kalibratiecampagnes uitgevoerd waarbij een groot aantal waterstalen opgepompt zijn waarvan nadien de sedimentconcentratie (SSC) werd bepaald. Tegelijkertijd werd de turbiditeit geregistreerd. Vanaf 2019 worden de Aanderaa toestellen (Lillo Meetpaal en Oosterweel) enkel nog gekalibreerd nabij Oosterweel. Thant *et al.* (2020) wees namelijk uit dat de kalibratiecurves van deze 2 posten niet significant verschillen van elkaar. Vanuit dien hoofde zijn deze twee posten hier dan ook samengevat onder de noemer Oosterweel.

Er wordt voor iedere meetlocatie een relatie opgesteld tussen SSC en turbiditeit op basis van de uitgevoerde meetcampagnes. Door deze relaties toe te passen op het continue turbiditeitssignaal, verkrijgt men voor alle meetlocaties continue berekende suspensiegehalten (zie §4.1.7). De gebruikte campagnes zijn weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20 – Overzicht kalibratiecampagnes t.b.v. SSC-Turbiditeit tot en met 2020. Blauwe campagnes maken gebruik van een mobiel toestel, en blauw gearceerde campagnes maken gebruik van meerdere kalibratie metingen door deze te middelen.

Oosterweel	Kruibeke	Schellebelle	Liefkenshoek Veer
7/10/2013	10/03/2017	3/03/2017	6/06/2019
3/02/2014	29/06/2017	26/06/2017	4/10/2019
7/11/2014	12/09/2017	10/10/2017	21/12/2020
21/01/2015	18/10/2017	6/12/2017	Klein-Willebroek
16/11/2015	1/12/2017	18/06/2018	12/10/2018
5/02/2016	5/04/2018	29/10/2018	13/12/2018
13/09/2016	21/06/2018	7/02/2019	10/04/2019
1/03/2017	28/09/2018	8/04/2019	19/09/2019
8/06/2017	12/02/2019	13/09/2019	13/03/2020
6/09/2017	11/04/2019	11/05/2020	10/06/2020
18/01/2018	2/10/2019	21/08/2020	7/09/2020
19/03/2018	13/05/2020	Melle	20/11/2020
26/06/2018	7/12/2020	31/03/2017	Tielrode
11/09/2018	Weert	25/08/2017	3/04/2018
12/12/2018	3/05/2018	11/10/2017	15/06/2018
21/03/2019	3/07/2018	8/12/2017	11/12/2018
3/07/2019	27/09/2018	19/06/2018	23/04/2019
30/09/2019	8/02/2019	29/10/2018	16/09/2019
12/12/2019	7/05/2019	11/05/2020	11/02/2020
10/03/2020	28/02/2020	21/08/2020	18/09/2020
28/05/2020	21/09/2020		18/11/2020
15/12/2020	5/11/2020		

C. Kalibratiecurves voor het jaar 2020

De gemeten SSC-Turbiditeits data koppels vormen niet noodzakelijk een ideale case voor het gebruik van een lineaire regressie. Echter, gegeven het gebrek aan verantwoordbare alternatieven is er hier toch gekozen voor een dergelijke analyse. Om eventuele problemen met outliers te voorkomen is er gebruik gemaakt van *Cook's distance* om deze uit de data te censureren. Verder zijn de 95% confidence intervals bepaald door middel van een residuelen bootstrap, een methode die robuster is tegen eventuele problematische aannames. Merk op dat we om bovenstaande redenen geen p-waarden rapporteren, deze zijn niet betrouwbaar in deze situatie.

Tabel 21 geeft de correlatie (R^2) en Root Mean Squared Error (RMSE) van de turbiditeit-SSC relaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels (N) met en zonder outliers, de intercept en helling met 90% bootstrap intervallen, alsook de minima en maxima van de dataset getoond. De relatie is dan ook enkel geldig binnen deze grenzen, extrapolatie wordt afgeraden. Hoewel de RMSE op een niet te verwaarlozen gemiddelde afwijking duidt voor de verschillende relaties, blijkt uit R^2 en de bootstrap intervallen dat de regressies van een redelijke kwaliteit zijn, met uitzondering van Melle.

De bekomen relaties, samen met de meetpunten van de campagnes zijn weergegeven in Figuur 93 en Figuur 94. Merk op dat de legenda een vaste structuur volgt, waar het seizoen een vaste kleur heeft en de verschillende jaren een vast symbool. Voor nagenoeg alle posten volgen de kalibratie campagnes dit patroon (i.e. één campagne per kleur-symbool combinatie).

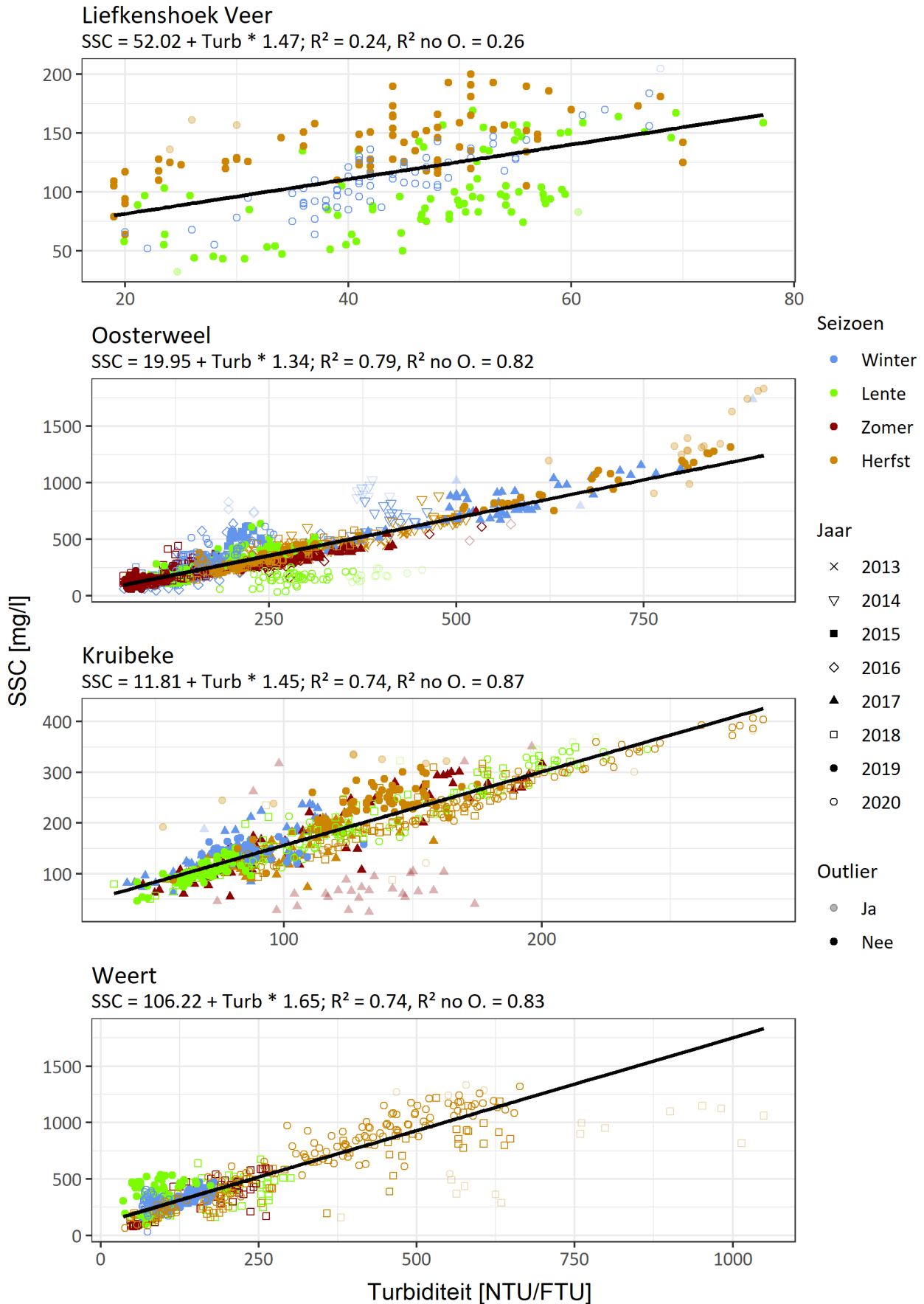
Gezien de beperkte kwaliteit van de Turb-SSC relatie voor Melle werd een aangepaste relatie opgesteld op basis van alle beschikbare pompstalen⁹ die genomen werden over de periode 2012-2020 (Figuur 95).

Tabel 21 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties naargelang meetlocaties.
 Het aantal punten is zonder (en met) outliers, en de 90% confidence intervallen van de Intercept en Helling zijn via een residuelen bootstrap bepaald.

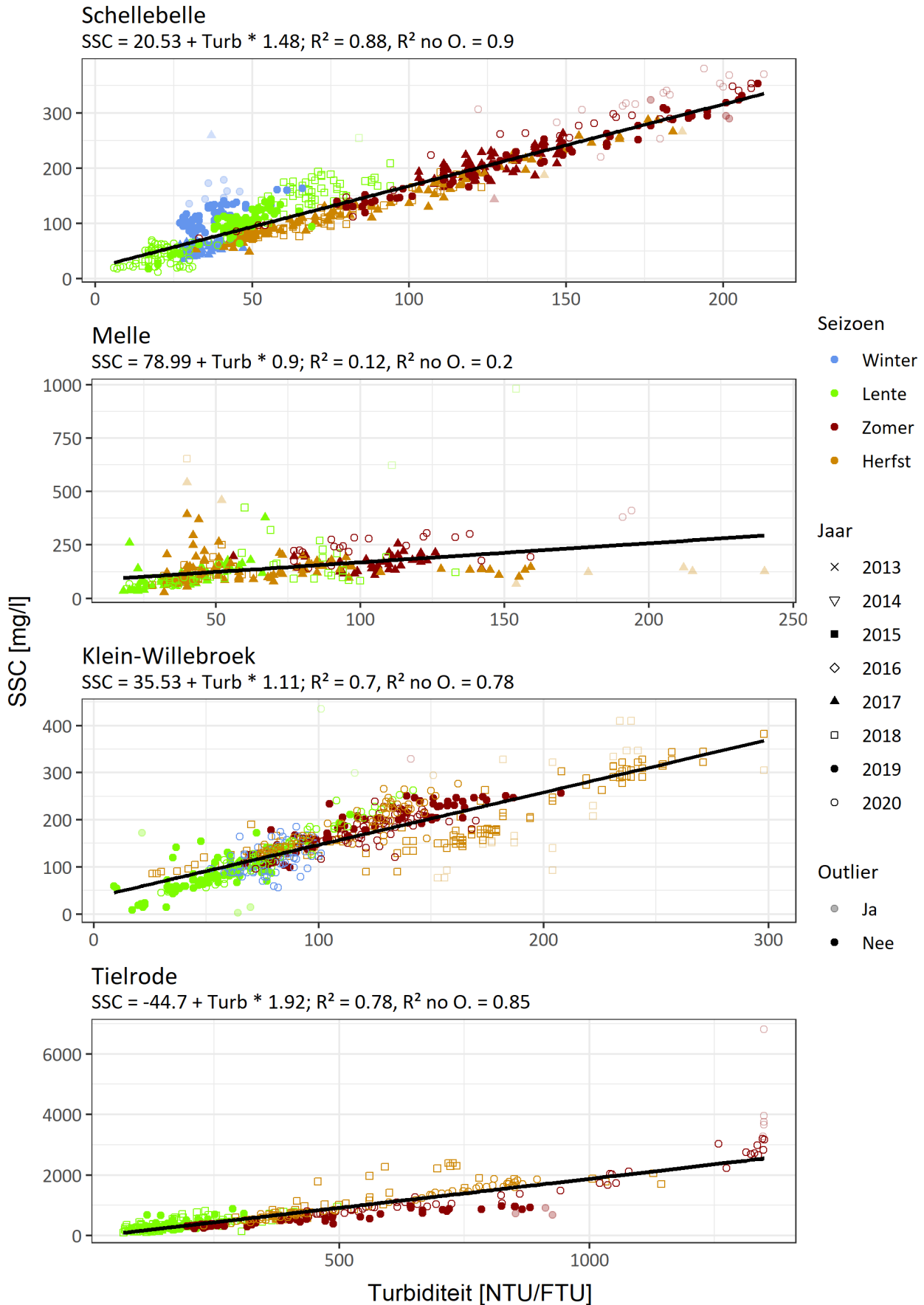
Locatie	N	R ²	RMSE	Intercept	Helling	min. Turb	max. Turb	min. SSC	max. SSC
Klein-Willebroek	580 (607)	0,78	29,46	35.53(30.94-40.38)	1.11(1.07-1.15)	9,05	298	3	435
Kruikeke	691 (738)	0,87	26,40	11.81(7.23-15.94)	1.45(1.41-1.48)	34	286	25	407
Liefkenshoek Veer	230 (236)	0,26	29,96	52.02(39.57-64.36)	1.47(1.2-1.75)	19	77,22	32	205
Melle	280 (292)	0,2	58,61	78.99(66.45-91.81)	0.9(0.73-1.08)	18	240	28	981
Oosterweel	1244 (1294)	0,82	87,22	19.95(12.04-27.73)	1.34(1.31-1.37)	55,48	909,93	34	1833
Schellebelle	611 (642)	0,9	22,82	20.53(17.7-23.29)	1.48(1.45-1.51)	6	213	12	381
Tielrode	418 (426)	0,85	229,25	-44.7(-74.1--13.87)	1.92(1.86-1.99)	69,1	1349,56	100	6813
Weert	509 (528)	0,83	116,85	106.22(92.3-120.44)	1.65(1.59-1.7)	36	1049	30	1331

⁹ Voor Melle zijn er naast de pompstalen genomen tijdens de kalibratiecampagnes ook pompstalen beschikbaar met een meetfrequentie van 14 uur. Deze dataset is beschikbaar tot en met 2016.

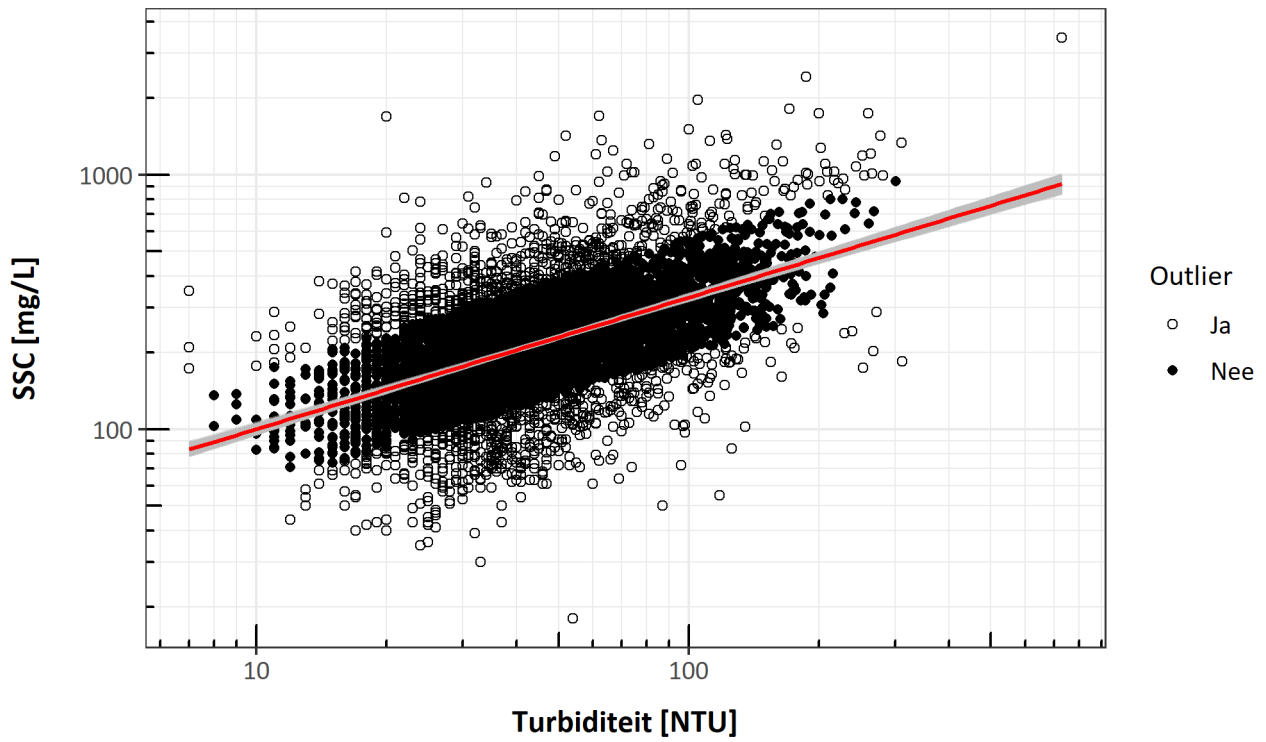
Figuur 93 – De SSC-Turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek, Oosterweel, Kruikebeke en Weert.



Figuur 94 – De SSC – Turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode.



Figuur 95 – De aangepaste SSC – Turbiditeitsrelatie voor 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