



**Vlaanderen**  
is wetenschap

PA047\_12  
WL rapporten

## **Monitoring Effecten Ontwikkelingschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2022**

Data rapportage monitoring waterbeweging en  
fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren

**DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN**

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

# Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2022

Data rapportage monitoring waterbeweging en  
fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren

Plancke, Y.; Bertels, J.; Michiels, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Meire, D.; Vereecken, H.

### 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 2023  
D/2023/3241/197

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Plancke, Y.; Bertels, J.; Michiels, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Meire, D.; Vereecken, H. (2023).** Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2022: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 4.0. WL Rapporten, PA047\_12. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

### Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2023RPA047_12
Keywords (3-5):	Getij, debiet, sediment, monitoring, Schelde-estuarium		
Kennisdomeinen:	Hydrodynamica > Getij => In situ metingen Hydrodynamica > Golven => In situ metingen Hydrodynamica > Stroomsnelheden en -patronen => In situ metingen Sediment -> Cohesief sediment => In situ metingen Sediment -> Niet-cohesief sediment => In situ metingen Morfologie -> Erosie/sedimentatie => In situ metingen		
Tekst (p.):	105	Bijlagen (p.):	35
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.; Bertels, J.; Michiels, S.; Thant, S.; van den Berg, M.
------------	---

### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Meire, D.	Getekend door:Dieter Meire (Signature) Getekend op:2023-10-03 09:47:12 +02:00 Reden:Ik keur dit document goed  
	Vereecken, H.	Getekend door:Hans Vereecken (Signatur) Getekend op:2023-09-26 09:41:08 +02:00 Reden:Ik keur dit document goed  
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door:Yves Plancke (Signature) Getekend op:2023-09-26 11:33:15 +02:00 Reden:Ik keur dit document goed  

### Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op:2023-09-26 12:32:41 +02:00 Reden:Ik keur dit document goed  
-----------------	---------------	--



## Abstract

Voorliggend MONEOS jaarboek presenteert de resultaten van de systeemmonitoring in het Schelde estuarium uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium in het jaar 2022. 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 zwevende stof. Tevens is een inschatting gemaakt van de fluviaatiele aanvoer van sediment, alsook van de PFAS-vrachten doorheen de Zeeschelde. Tenslotte worden ook de morfologische verandering van de Zeeschelde beschreven.

Het jaar 2022 was, wat het getij betreft, een vrij normaal jaar. Voor het referentiestation Antwerpen kenden de hoogwaters tijdens middel- en springtij normale waarden. Tijdens doortij is het gemiddelde hoogwater lager dan gemiddeld tijdens het voorbije decennium. Het gemiddelde laagwater is dan weer hoger. Dat maakt dat ook het gemiddelde tijverschil lager is dan gemiddeld tijdens het voorbije decennium. In 2022 deed er zich drie keer op korte tijd (januari-februari) een stormtij voor.

Het jaargemiddelde bovendebiet 2022 voor Schelle bedraagt 81 m<sup>3</sup>/s. Dit is de 4<sup>e</sup> laagste waarde in de voorbije 10 jaar, en ligt in lijn met de drogere jaren voorafgaand aan het nattere jaar 2021.

De historische vergelijking van 2022 van de stroomsnelheid over een getijcyclus voor doortij, gemiddeld tij en springtij toont de lagere stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven in de uren voorafgaand HW. In de uren na HW, vooral vanaf HW+4u, zijn de stroomsnelheden voor 2022 significant hoger in vergelijking met de historische trend. Voor de springtij cyclus vallen de waarden van 2022 zelfs buiten de P10 – P90 (2001 – 2021) grenzen. Beschouwen we het langjarig verloop in gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed, dan zijn de jaarstatistieken voor 2022 weinig verschillend ten opzichte van de 3 voorgaande jaren.

Voor het jaar 2022 tonen de afwaartse posten een lage saliniteit begin januari, in de maand februari en eind december. De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maanden dan ook hoog. De volgende periode was droger waardoor de saliniteit licht steeg. In de zomermaanden was de saliniteit aanzienlijk hoger, maar waarden vergelijkbaar met andere droge jaren (2017-2019).

Voor de afwaartse stations zijn de SSC waarden in 2022 hoger tijdens de wintermaanden. Onder meer het afwaarts migreren van het estuarien turbiditeitsmaximum (ETM) bij hogere afvoer (typisch voor de winterperiode) is hiervoor verantwoordelijk. Voor de opwaartse stations is een verhoging waarneembaar tijdens de maanden mei-november. Ook hier speelt de positie van het 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. Vanaf het moment dat de bovenafvoer terug toeneemt (najaar) resulteert dit bijna onmiddellijk in een afname in SSC. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, ziet men dat de waarden stroomafwaarts van Kruibeke in 2022 hoger liggen dan deze van 2021 en meer in lijn met deze van 2010 – 2016. Deze stroomopwaarts van Kruibeke zijn echter gelijkend aan deze van 2021 en dus nog altijd relatief laag. Dit geldt voor zowel de concentraties aan de oppervlakte als aan de bodem.

# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren .....	VIII
Colofon .....	XIV
Lijst van afkortingen .....	XV
1 Inleiding .....	1
2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen .....	2
2.1 Getijwaarnemingen .....	2
2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen .....	10
2.2.1 Jaaroverzicht.....	10
2.2.2 Het jaar 2022 in historisch perspectief.....	12
2.3 Stormvloeden .....	17
3 Jaaroverzicht bovendebieten .....	19
3.1 Overzicht meetlocaties.....	19
3.2 Gemeten bovenafvoer aan de randen van het tijgebied .....	20
3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle.....	23
3.3.1 Het jaar 2022 .....	23
3.3.2 Bovendebiet 2022 in historisch perspectief .....	25
3.4 Overzicht van de verblijftijd voor de Boven-Zeeschelde.....	28
3.4.1 Resultaten voor 2022 .....	28
3.4.2 Resultaten in historisch perspectief .....	28
4 Jaaroverzicht fysische parameters .....	30
4.1 Continue metingen "fysische parameters" .....	30
4.1.1 Meetlocaties en toestellen.....	30
4.1.2 Kwaliteit van de data .....	34
4.1.3 Data-analyse .....	37
4.1.4 Verloop van stroomsnelheid .....	38
4.1.5 Verloop watertemperatuur .....	44
4.1.6 Verloop saliniteit .....	50
4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC) .....	55
4.2 Periodieke metingen (laagfrequent) aan wateroppervlak .....	64

4.2.1	Zeeschelde .....	65
4.2.2	Durme .....	66
4.2.3	Rupel en bovenstromen .....	67
4.3	Meetcampagnes – halftij-eb vaarten .....	68
4.3.1	Methodiek .....	68
4.3.2	Het jaar 2022 en historisch verloop .....	69
4.4	Meetcampagnes - 13u-metingen .....	73
4.5	Hoogfrequente golfmetingen.....	80
4.5.1	Meetlocaties en meetinstrumenten “golfmetingen” .....	80
4.5.2	Resultaten.....	81
5	Sedimentaandoer aan de rand van het getijgebied .....	85
6	Topo-bathymetrie.....	92
6.1	Methodes .....	92
6.2	Resultaten.....	94
6.2.1	Topo-bathymetrie.....	94
6.2.2	Verschilkaarten.....	94
6.2.3	Diepteligging langsprofiel.....	95
6.2.4	Hypsometrie .....	97
7	PFAS-vrachten.....	101
8	Referenties .....	103
	Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2022 .....	B1
	Bijlage B: Evoluties HW en LW.....	B5
	Bijlage C: Harmonische componenten .....	B10
	Bijlage D: Verblijftijd.....	B13
	Bijlage E: Overzicht jaarstatistieken fysische paremeters.....	B15
	Bijlage F: Kalibratie Turbiditeit – SSC.....	B17
	A. Algemeen.....	B17
	B. Overzicht kalibratiecampagnes .....	B17
	C. Kalibratiecurves voor het jaar 2022 .....	B17
	Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten .....	B23

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2022, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts.....	4
Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2022... 7	
Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2022 in historisch perspectief;.....	13
Tabel 4 – Beneden-Zeeschelde te Antwerpen. Frequentietabel van hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijden (1971-2022), verdeeld per decimeter (mTAW). .....	18
Tabel 5 – Overzicht van de meetstations die gebruikt worden voor de bepaling van de bovenafvoer te Schelle. ....	20
Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten daggemiddelde bovenafvoer 2022 (in m <sup>3</sup> /s) voor de stations aan de randen van het getijgebied.....	20
Tabel 7 – Procentuele bijdrage van afvoer vanuit Groot Pand bij events met meer dan 100 m <sup>3</sup> /s naar Gent (Boeckx <i>et al.</i> , 2023). .....	22
Tabel 8 – Maandmedianen bovenafvoer [m <sup>3</sup> /s] 2022 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde. ....	24
Tabel 9 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2022. ....	33
Tabel 10 – Berekende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfasen. KLW = Kentering bij laagwater, KHW = Kentering hoogwater. ....	37
Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (2022) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. Data in grijs weergegeven bevindt zich beneden de kwaliteitsdrempel. ....	41
Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (2022) voor SSC (in mg/l) tijdens KHW/KLW (minimum) en vloed/eb (gemiddeld/maximum) voor de verschillende meetstations. ....	61
Tabel 13 – Overzicht meetcampagnes halftij-eb in 2022 (*Geen meting voor Saeftinghe, **Geen meting voor Sint-Amands Opwaarts Dorp). ....	69
Tabel 14 – Sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2022. ....	71
Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET .....	73
Tabel 16 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2022 (medianen) .....	81
Tabel 17 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2022.....	87
Tabel 18 – Overzicht periodes uitgevoerde peilingen per deelgebied.....	92
Tabel 19 – Overzicht beschikbare meetgegevens PFAS-concentraties # metingen (waarvan # onder detectielimiet) .....	102
Tabel 20 – Meetlocaties MONEOS 2022 .....	B2
Tabel 21 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2022).....	B5

Tabel 22 - Overzicht jaarstatistiek (2022, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations. ....	B15
Tabel 23 - Overzicht jaarstatistiek (2022, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations. ....	B15
Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie.....	B18
Tabel 25 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2022.....	B19



## Lijst van de figuren

Figuur 1 – Tijmeetposten in het beheer van het Waterbouwkundig Laboratorium in 2022.....	2
Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doottij in 2022 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen .....	5
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2022 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 doottij in 2022 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 doottij in 2022 voor de Beneden-Nete. ....	8
Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doottij in 2022 voor de Beneden-Nete.....	8
Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doottij in 2022 voor de Beneden-Nete.....	9
Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2022. ....	10
Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2022.....	11
Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert in 2022 (Bron: Rijkswaterstaat).....	11
Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2022) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden. ....	14
Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2022) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. ....	14
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2022) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doottij. ....	15
Figuur 14 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2022.....	16
Figuur 15 –Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2022. ....	16
Figuur 16 – Ligging van de HIC meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied (Wilslele in beheer van VMM), en aanduiding van de locaties waar de bovenafvoer wordt berekend.....	19
Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2022 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.....	21
Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2022 voor de stations aan de randen van het tijgebied. ....	21
Figuur 19 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2022 en normaalwaarden voor Melle.....	22
Figuur 20 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde. ....	23

Figuur 21 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.....	24
Figuur 22 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde. ....	25
Figuur 23 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2022 en normaalwaarden voor Schelle.....	26
Figuur 24 – Jaargemiddeld bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2022, gerangschikt naar grootte.	26
Figuur 25 – Maandwaarden (mediaan) 2022 en normaalwaarden voor voor het berekende debiet van de Zeeschelde net opwaarts de monding van de Rupel nabij Wintam.....	27
Figuur 26 – Maandwaarden (mediaan) 2022 en normaalwaarden voor het berekende debiet van de Rupel bij de monding nabij Wintam. ....	27
Figuur 27 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2022.....	29
Figuur 28 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2022).....	29
Figuur 29 – Locatie van Moneos-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters. ....	32
Figuur 30 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min) voor 2022. Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).....	35
Figuur 31 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters in 2022, voorgesteld in Figuur 30. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%. ....	36
Figuur 32 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2022 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	39
Figuur 33 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2022 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.....	39
Figuur 34 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	40
Figuur 35 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	40
Figuur 36 – Karakteristiek verloop voor 2022 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel. Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen. ....	41
Figuur 37 – Historische vergelijking van 2022 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005) en Oosterweel (data vanaf 2001). Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen. ....	42
Figuur 38 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations. ....	43
Figuur 39 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2022.....	45
Figuur 40 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations. ....	46
Figuur 41 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.....	47

Figuur 42 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KHW voor de verschillende meetstations. ....	48
Figuur 43 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KLW voor de verschillende meetstations .....	49
Figuur 44 – Seizoenaal verloop van de saliniteit KHW max en KLW min voor 2022 bij de verschillende meetstations.....	51
Figuur 45 – Jaarstatistieken (2022) voor saliniteit KHW max en KLW min voor de verschillende meetstations. ....	52
Figuur 46 – Relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de verblijftijd (links) en de bovenafvoer (rechts) Gekleurde markers tonen waarden voor het laatste jaar (2022), grijze markers is de periode hiervoor. ....	52
Figuur 47 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor saliniteit bij KHW max voor de verschillende meetstations .....	53
Figuur 48 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor saliniteit bij KLW min voor de verschillende meetstations .....	54
Figuur 49 – SSC (minima) verloop in 2022 tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.....	57
Figuur 50 – SSC (gemiddelde) verloop in 2022 tijdens eb en vloed voor de verschillende meetstations. ....	58
Figuur 51 – SSC (maxima) verloop in 2022 tijdens eb/vloed voor de verschillende meetstations. ....	59
Figuur 52 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minima) voor de verschillende meetstations.....	60
Figuur 53 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations. ....	60
Figuur 54 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.....	61
Figuur 55 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KHW min voor de verschillende meetstations. ....	62
Figuur 56 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KLW min voor de verschillende meetstations. ....	63
Figuur 57 – Meetlocaties schepstalen anno 2022.....	64
Figuur 58 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.....	65
Figuur 59 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Durme.....	66
Figuur 60 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen gebied in het Rupelbekken. ....	67
Figuur 61 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.....	68
Figuur 62 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	70
Figuur 63 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde.....	70
Figuur 64 – Sedimentconcentratie nabij het oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde .....	71
Figuur 65 – Sedimentconcentratie nabij de bodem (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde .....	72
Figuur 66 – Meetlocaties 13u-metingen 2022. ....	75

Figuur 67 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek over de periode 2009 en 2022 ....	76
Figuur 68 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Boom over de periode 2009 en 2022.....	77
Figuur 69 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2009 en 2022.....	78
Figuur 70 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen Weert/Driegoten over de periode 2009 en en 2022 .....	79
Figuur 71 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts) .....	80
Figuur 72 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan) .....	82
Figuur 73 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan) .....	82
Figuur 74 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan).....	83
Figuur 75 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan) .....	83
Figuur 76 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan) .....	84
Figuur 77 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan) .....	84
Figuur 78 – Overzicht van de meetlocaties en bijhorende stroomgebieden waarvoor de sedimentvrachten worden berekend. ....	86
Figuur 79 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2022. ....	88
Figuur 80 – Historisch overzicht van de sedimentvrachten per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd). Voor de locatie Werchter is pas data beschikbaar vanaf 2017.....	88
Figuur 81 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie).....	89
Figuur 82 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender .....	89
Figuur 83 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Epegem komende van de Zenne..	90
Figuur 84 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer .	90
Figuur 85 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete.....	91
Figuur 86 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete .....	91
Figuur 87 – Opdeling Zeeschelde en bijrivieren volgens de OMES-segmenten.....	93
Figuur 88 – Ligging langsprofiel Zeeschelde.....	93
Figuur 89 – Topo-bathymetrie 2022 voor volledige Zeeschelde, Rupel & Durme, met aanduiding van OMES segmenten (lichtgrijs).....	94
Figuur 90 – Verschilkaart 2019-2022 voor volledige Zeeschelde.....	95
Figuur 91 – Diepteligging langsprofiel Zeeschelde .....	96

Figuur 92 – Relatieve verandering in watervolume onder 0 m TAW over periode 2019 – 2022 voor verschillende OMES-segmenten langsheen de Zeeschelde .....	97
Figuur 93 – Hypsometrie voor het OMES-segment Durme (groen = 2019   blauw = 2022).....	98
Figuur 94 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (9 t.e.m. 13) in de Beneden-Zeeschelde en Rupel (groen = 2019   blauw = 2022) .....	99
Figuur 95 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten in de Boven-Zeeschelde (groen = 2019   blauw = 2022) .....	100
Figuur 96 – PFAS-vrachten in de Zeeschelde voor het jaar 2022 .....	102
Figuur 97 – Meetlocaties MONEOS 2022.....	B1
Figuur 98 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2022.....	B6
Figuur 99 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2022. ....	B6
Figuur 100 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2022. ....	B7
Figuur 101 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2022.....	B7
Figuur 102 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2022. ....	B8
Figuur 103 –Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2022.....	B8
Figuur 104 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2022. ....	B9
Figuur 105 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2022.....	B9
Figuur 106 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0 .....	B10
Figuur 107 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten).....	B11
Figuur 108 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten).....	B11
Figuur 109 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 110 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten).....	B12
Figuur 111 – Evolutie van het watervolume onder laagwater voor de Boven-Zeeschelde .....	B13
Figuur 112 – Vergelijking tussen oude en nieuwe berekening verblijftijd .....	B14
Figuur 113 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Kruikeke en Weert.....	B21
Figuur 114 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode. ....	B22
Figuur 116 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 9 en 10.....	B23
Figuur 117 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 11 en 12.....	B24
Figuur 118 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 13.....	B24
Figuur 119 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 14.....	B25
Figuur 120 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 15.....	B25
Figuur 121 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 16.....	B26
Figuur 122 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 17.....	B26
Figuur 123 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 18.....	B27
Figuur 124 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 19.....	B27
Figuur 125 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 19GM.....	B28

Figuur 126 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment Rupel .....	B28
Figuur 127 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment Durme.....	B29
Figuur 128 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 9 en 10.....	B30
Figuur 129 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 11 en 12.....	B30
Figuur 130 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 13.....	B31
Figuur 131 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 14.....	B31
Figuur 132 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 15.....	B32
Figuur 133 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 16.....	B32
Figuur 134 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 17.....	B33
Figuur 135 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 18.....	B33
Figuur 136 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 19.....	B34
Figuur 137 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 19GM.....	B34
Figuur 138 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment Rupel .....	B35
Figuur 139 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment Durme.....	B35

## 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. We bedanken 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.

Tot slot nog een woord van dank aan iemand waarvan we in 2021 afscheid moesten nemen: Ir. Eric Taverniers lag aan de basis van het eerste MONEOS-jaarboek dat voor het jaar 2008 werd opgemaakt. Hij was een inspirator voor velen die onderzoek uitvoerden in en rond het Schelde-estuarium. We delen de passie van de waterbeweging en de fysische parameters met hem, en benadrukken het belang van deze monitoring met het oog het in beeld brengen van de toestand van het estuarium, alsook het signaleren van de toekomstige uitdagingen waarmee we (beheerders, onderzoekers, gebruikers, bewoners van de aan de Schelde grenzende gemeenten, ...) geconfronteerd kunnen worden.

## 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
- KMI: Koninklijk Meteorologisch Instituut
- 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) (Rijkswaterstaat Directoraat-generaal & Vlaamse Gemeenschap, 2001), 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 onderzoeksmonitoring. 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 2022 door het Waterbouwkundig Laboratorium uitgevoerde monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Volgende parameters komen hierbij aan bod:

- waterstanden (het getij in het Zeescheldebekken en haar bijrivieren)
- 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 in en aan de opwaartse rand van het estuarium)
- de fluviatiele sedimentaanvoer (de aanvoer van zwevende stof vanuit de rivieren richting estuarium)

In tegenstelling tot eerdere MONEOS-jaarboeken, bevat voorliggend jaarboek nog een aantal extra aspecten. Zo worden de veranderingen in topo-bathymetrie in de Zeeschelde en de Rupel beschreven in voorliggend jaarboek. Daarnaast is, naar aanleiding van de problematiek rond PFAS, ook een hoofdstuk gewijd aan de vrachten in de Zeeschelde van 5 belangrijke PFAS-componenten.

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 2022. Voor een overzicht van de MONEOS meetlocaties anno 2022 wordt verwezen naar Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2022. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar Taverniers *et al.* (2013).

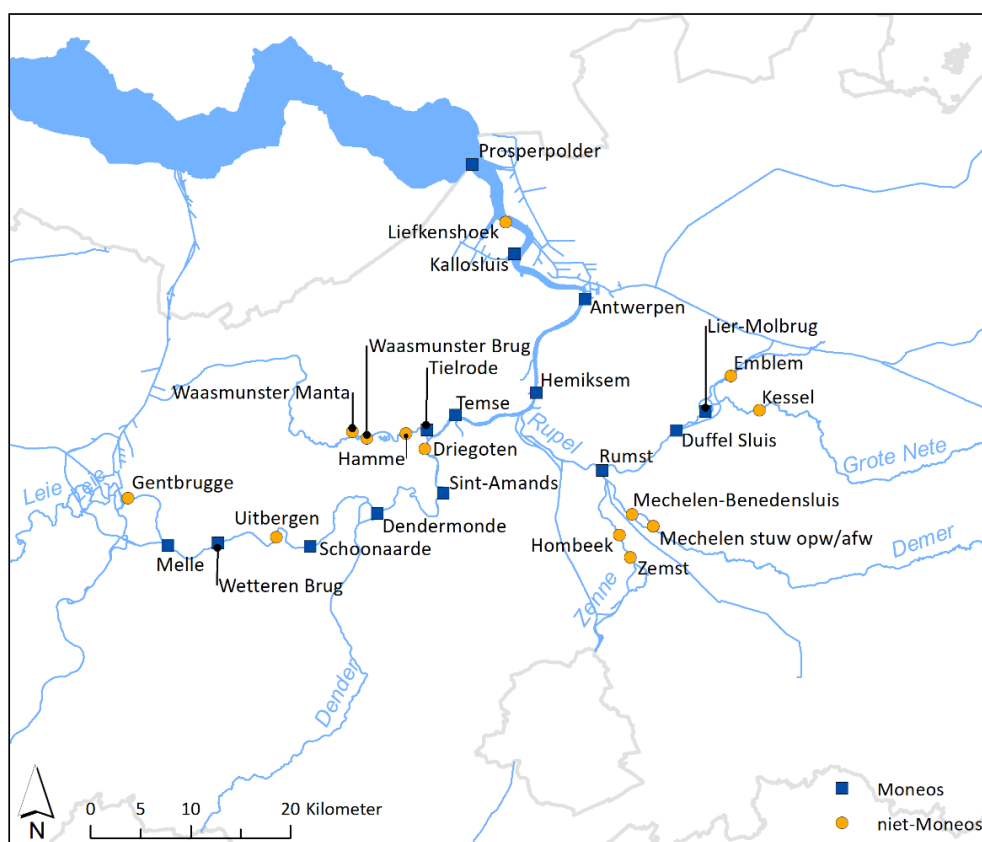
## 2 Jaaroverzicht getijwaarnemingen

Langsheen het Schelde-estuarium worden op verschillende locaties de waterstanden continu gemeten door het Waterbouwkundig Laboratorium (Zeeschelde en bijrivieren) en Rijkswaterstaat (Westerschelde). Deze metingen laten toe de belangrijkste getijparameters te bepalen. In dit hoofdstuk worden eerst de getijparameters van 2022 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.

In februari 2023 is er op een aantal locaties een bijstelling uitgevoerd o.b.v. de resultaten van een nieuwe en nauwkeurigere hoogtemeting van het referentiepunt voor de ijkingsmetingen. Voor uitgebreidere info omtrent deze ingrepen wordt er verwezen naar Vereecken *et al.* (2023). Deze bijstelling werd ook toegepast op de resultaten van 2022.

### 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 2022.

Tabel 1 geeft de getijparameters voor het jaar 2022 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 t.o.v. Antwerpen voor hoogwater
- tijdsverschil t.o.v. 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 Zeescheldbekken groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laag- en hoogwaterstanden (hoewel minder bij hoogwater), met een tijdelijke beperking van het tijverschil als gevolg. Te Melle en Wetteren-Brug zijn de hoogste laagwaters hoger dan de laagste hoogwaters (Tabel 1).

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 (5,17 mTAW) tot Sint-Amands (5,49 mTAW) en neemt daarna af tot in Wetteren (4,85 mTAW), om in Melle terug licht te stijgen (5,01 mTAW). Het GLW blijft van Prosperpolder (0,17 mTAW) tot Temse (0,12 mTAW) min of meer hetzelfde waardoor het tijverschil het grootst is in Temse (Figuur 3), waar het 5,34 m bedraagt bij middeltij. Vanaf Sint-Amands neemt vervolgens het tijverschil af stroomopwaarts. Daarnaast is het GLW bij springtij vanaf Schoonaarde en verder stroomopwaarts hoger dan bij middel- en doottij. Stroomafwaarts van Dendermonde is het GLW het laagst bij springtij. Het GHW daarentegen blijft hoger bij springtij en lager bij doottij over de volledige Zeeschelde. Samen resulteert dit in een tijverschil bij springtij dat hoger blijft dan het tijverschil bij middel- en doottij, maar het verschil wordt wel kleiner stroomopwaarts (Figuur 3).

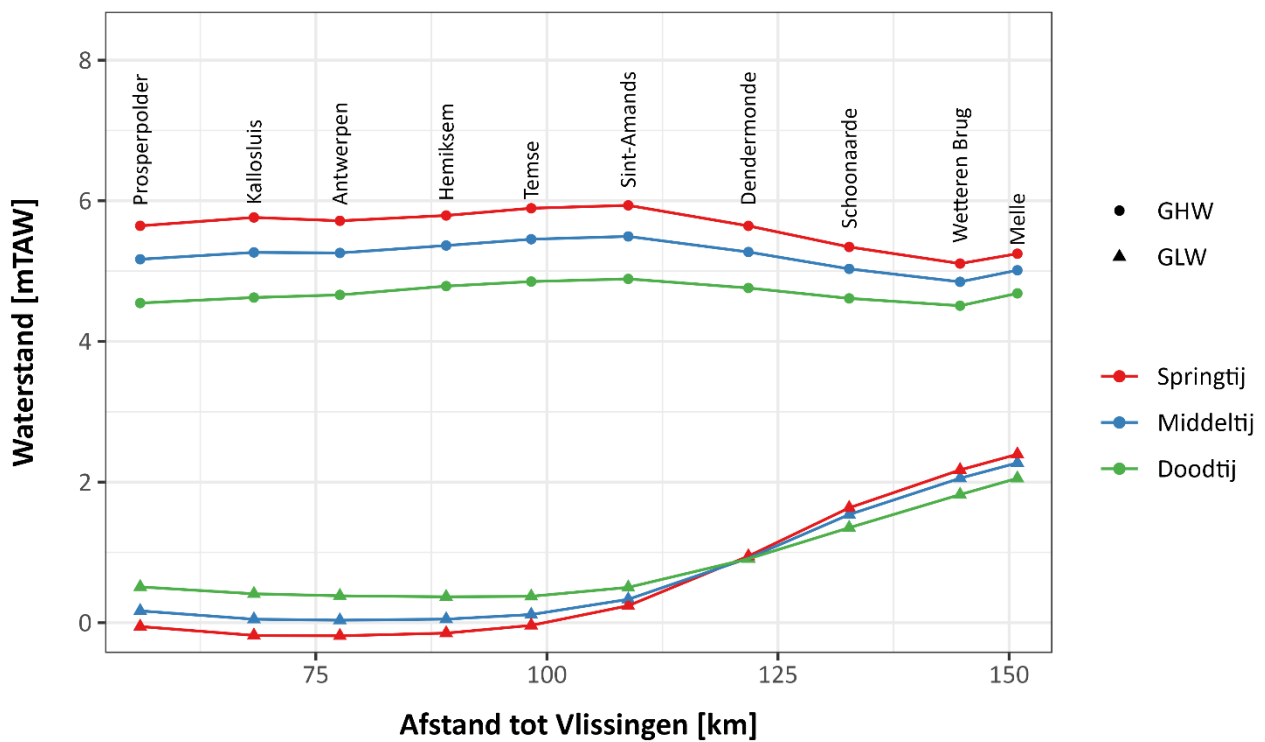
Uit Figuur 4 blijkt dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van LW naar HW) en hoe langer de duur van daling (van HW naar LW) of hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de getijkromme. De springtij-doodtijcyclus heeft een belangrijke invloed op de stijgings- en dalingsduur, waarbij de duur van de stijging bij springtij korter is dan bij doottij. In Antwerpen-Loodsgebouw loopt dit verschil op tot ca. 50 minuten, terwijl dit in Dendermonde nog ca. 30 minuten bedraagt.

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

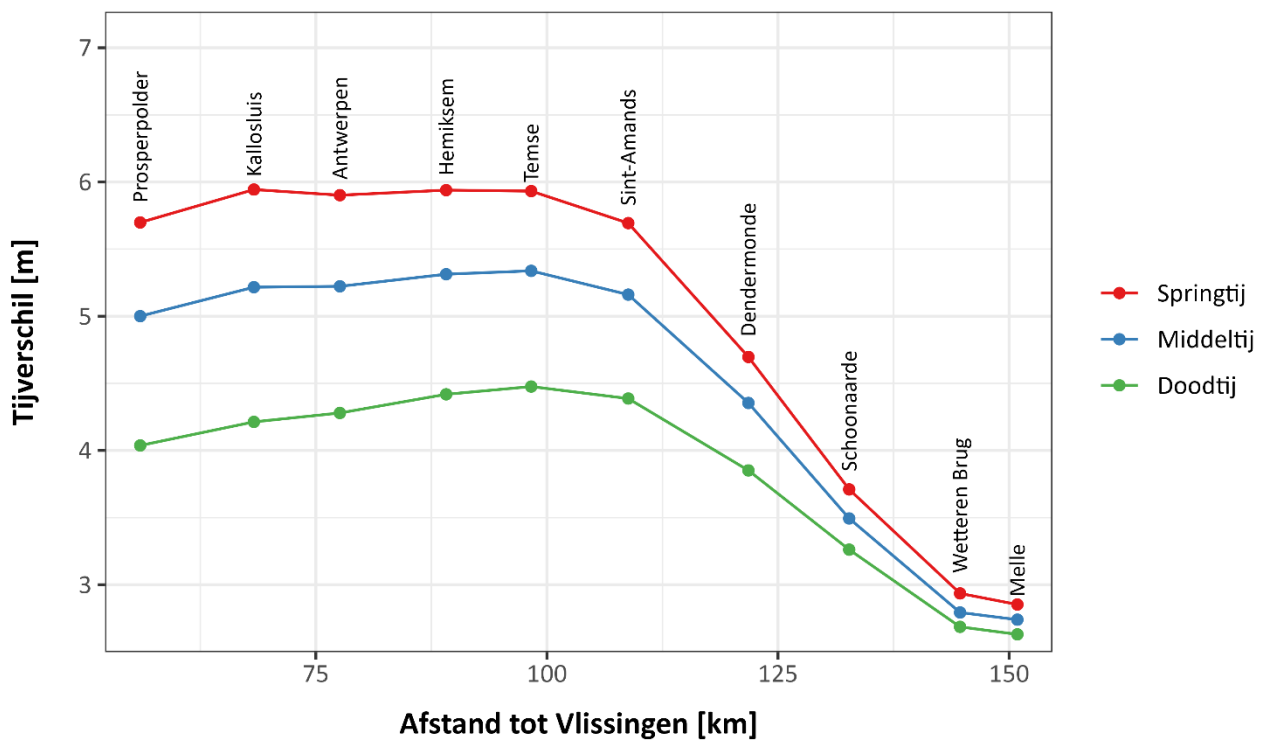
Figuur 5 geeft hetzelfde patroon weer als het stroomopwaartse gedeelte van Figuur 2 voor het GLW, namelijk: hoe verder stroomopwaarts, hoe hoger het GLW. De impact op het GHW is hier beperkt tot een lichte afname van het waterpeil ter hoogte van Lier Molbrug. Figuur 6 toont het bijbehorend gemiddeld tijverschil. Het tijverschil is het grootst voor de meest afwaartse post (Rumst) en neemt af stroomopwaarts. Het is ook duidelijk dat de verschillen tussen middel-, spring- en doottij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts de zijrivieren van de Schelde begeeft. 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.

Tabel 1 – Zeeschelde: overzicht per locatie van de getijkarakteristieken voor het jaar 2022, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts. Waterstanden worden weergegeven in mTAW, getijverschil in m, en tijdsgerelateerde waarden in uur:minuten.

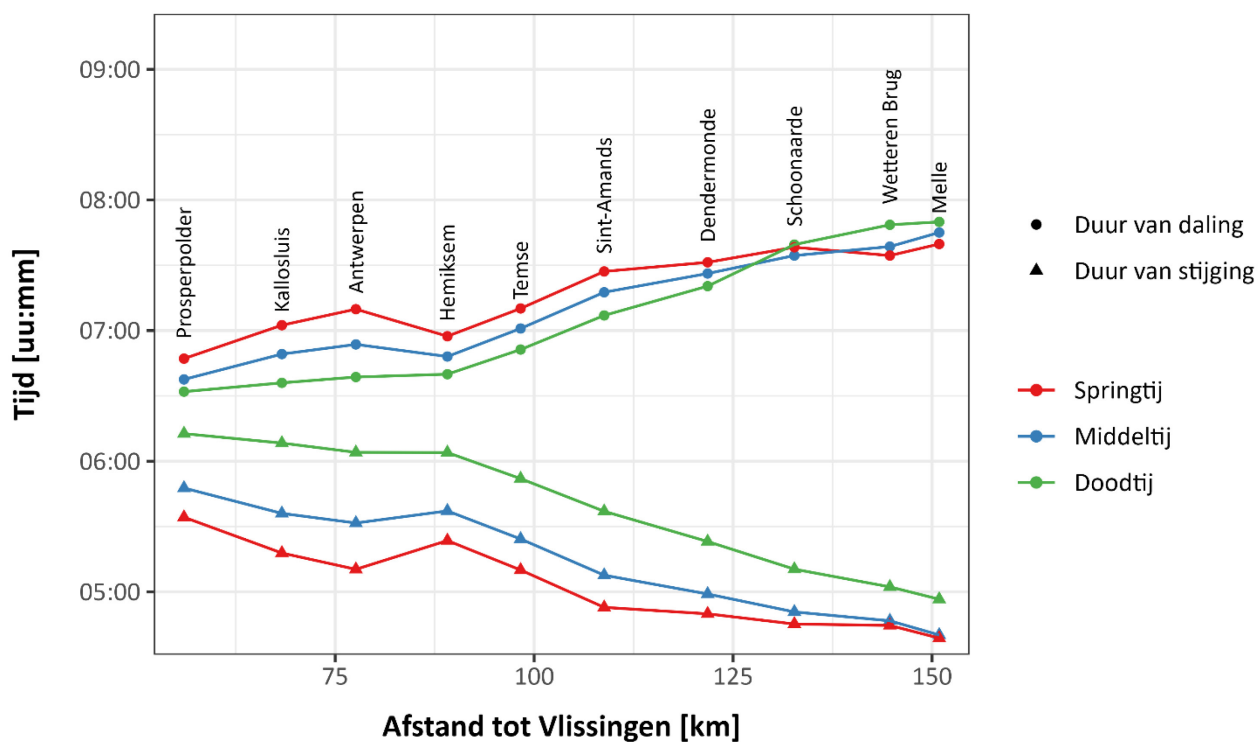
2022			Prosperpolder	Kallostuis	Antwerpen- Loodsgebouw	Hemiksem	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren Brug	Melle
afstand tot Vlissingen (km)			56,0	68,3	77,6	89,1	98,3	108,8	121,8	132,7	144,7	150,9
middeltij		GHW	5,17	5,27	5,26	5,36	5,45	5,49	5,27	5,03	4,85	5,01
		GLW	0,17	0,05	0,04	0,05	0,12	0,33	0,92	1,54	2,05	2,27
		GTV	5,00	5,22	5,22	5,31	5,34	5,16	4,35	3,49	2,79	2,74
		GHT	2,67	2,66	2,65	2,71	2,78	2,91	3,09	3,29	3,45	3,64
		duur van stijging	5:48	5:36	5:32	5:37	5:24	5:08	4:59	4:51	4:47	4:40
		duur van daling	6:38	6:49	6:54	6:48	7:01	7:18	7:26	7:34	7:39	7:45
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:20	-00:14	0:00	0:33	0:48	1:05	1:40	2:14	3:02	3:24
		LW	-00:36	-00:18	0:00	0:27	0:55	1:29	2:13	2:55	3:47	4:15
springtij		GHW	5,64	5,76	5,72	5,79	5,89	5,94	5,64	5,34	5,11	5,25
		GLW	-0,05	-0,18	-0,19	-0,15	-0,04	0,24	0,95	1,63	2,17	2,40
		GTV	5,70	5,94	5,90	5,94	5,93	5,69	4,70	3,71	2,94	2,85
		GHT	2,79	2,79	2,76	2,82	2,93	3,09	3,30	3,49	3,64	3,82
		duur van stijging	5:34	5:18	5:10	5:24	5:10	4:53	4:50	4:45	4:45	4:39
		duur van daling	6:47	7:02	7:10	6:57	7:10	7:27	7:31	7:38	7:34	7:40
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:15	-00:12	0:00	0:40	0:55	1:13	1:51	2:26	3:15	3:37
		LW	-00:37	-00:19	0:00	0:28	0:56	1:30	2:11	2:51	3:41	4:09
doodtij		GHW	4,55	4,62	4,66	4,79	4,85	4,89	4,76	4,61	4,51	4,68
		GLW	0,51	0,41	0,38	0,37	0,38	0,50	0,91	1,35	1,82	2,05
		GTV	4,04	4,21	4,28	4,42	4,48	4,39	3,85	3,26	2,69	2,63
		GHT	2,53	2,52	2,52	2,58	2,61	2,70	2,83	2,98	3,16	3,37
		duur van stijging	6:13	6:08	6:04	6:04	5:52	5:37	5:23	5:10	5:02	4:57
		duur van daling	6:32	6:36	6:39	6:40	6:51	7:07	7:20	7:39	7:49	7:50
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	-00:24	-00:14	0:00	0:24	0:40	0:59	1:31	2:05	2:51	3:12
		LW	-00:31	-00:16	0:00	0:26	0:53	1:27	2:12	3:01	3:54	4:19
uiterste waarden		HHW	6,84	6,96	6,93	7,01	7,03	7,04	6,77	6,43	6,31	6,42
		LHW	3,32	3,37	3,42	3,54	3,59	3,63	3,62	3,55	3,53	3,68
	99e percentiel	HW	6,27	6,37	6,34	6,45	6,53	6,56	6,31	6,26	6,20	6,27
		HLW	1,54	1,47	1,47	1,50	1,55	1,75	2,61	3,34	4,53	5,31
	1e percentiel	LLW	-0,86	-0,98	-0,98	-0,91	-0,73	-0,37	0,36	0,85	1,14	1,29
		LW	-0,62	-0,73	-0,74	-0,67	-0,53	-0,18	0,47	1,10	1,46	1,60



Figuur 2 – Zeeschelde: gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doodtij in 2022 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen



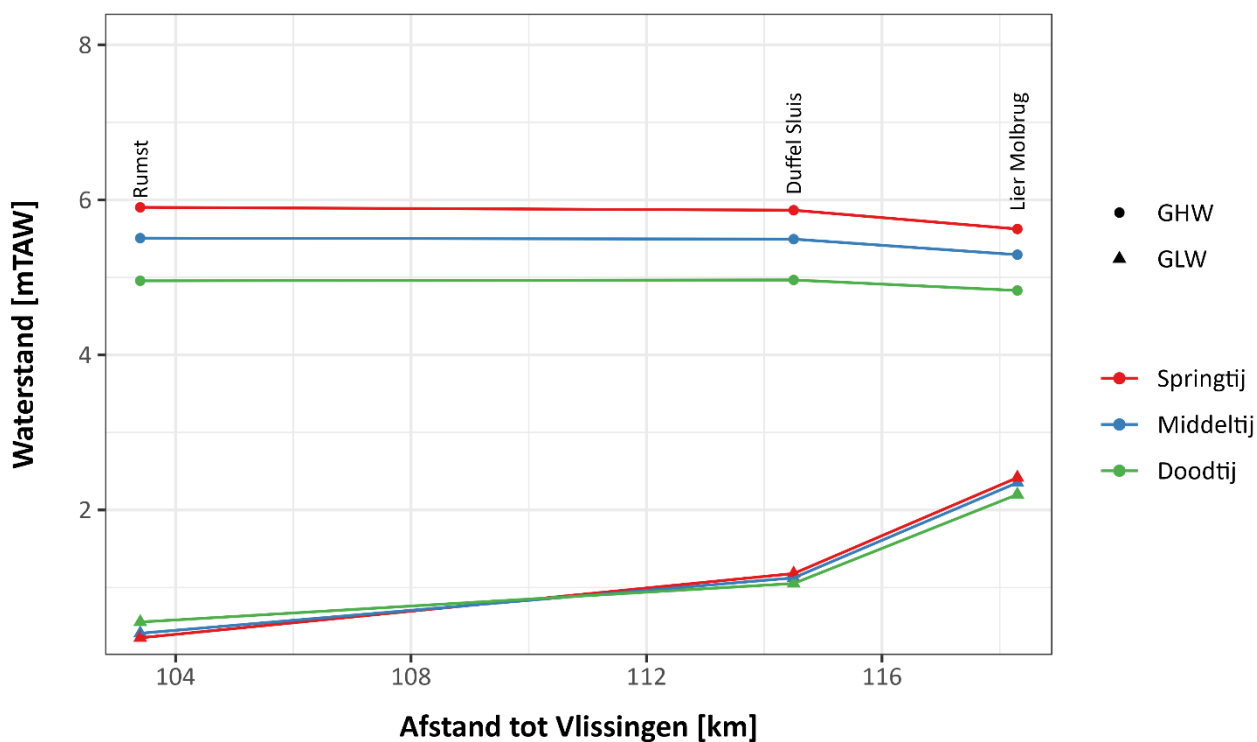
Figuur 3 – Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2022 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.



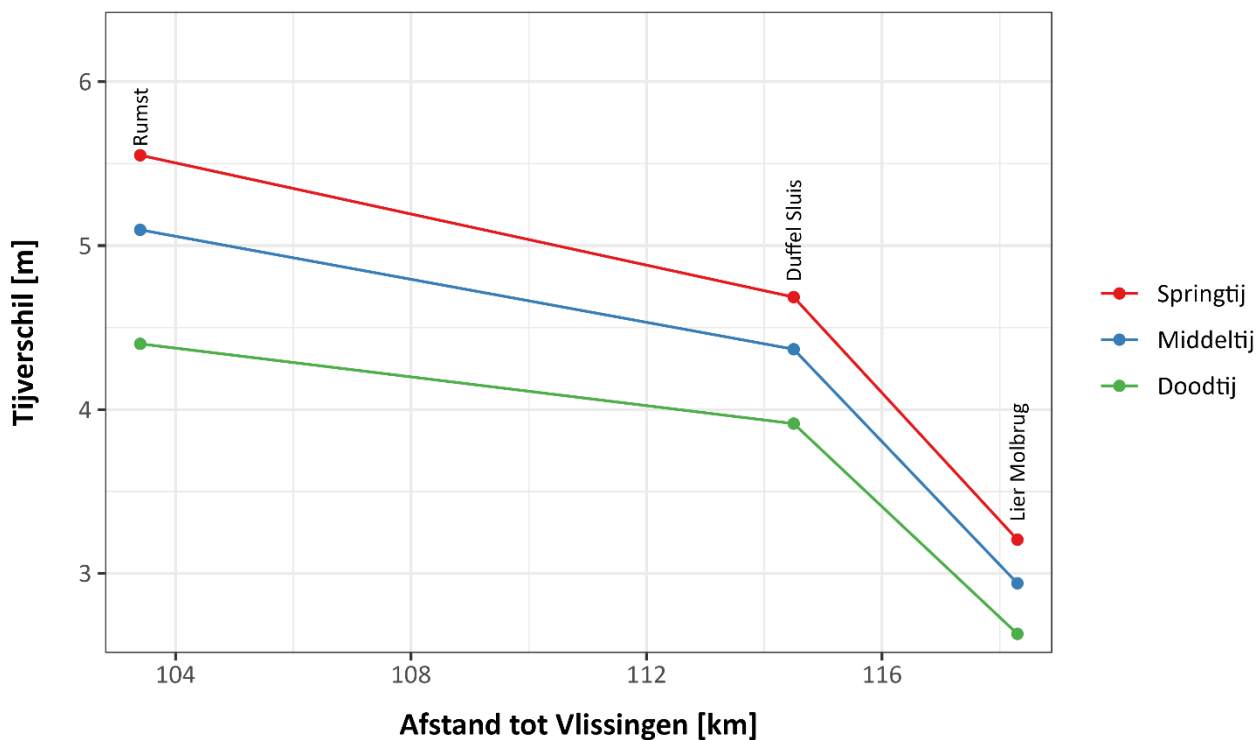
Figuur 4 – Zeeschelde: gemiddelde duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2022 t.o.v. de afstand in km tot de monding te Vlissingen.

Tabel 2 – Beneden-Nete en Durme:  
Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2022.

2022			Tielrode	Rumst	Duffel Sluis	Lier-Molbrug
afstand tot Vlissingen (km)			103,1	103,4	114,5	118,3
middeltij		GHW	5,54	5,51	5,49	5,29
		GLW	0,17	0,41	1,12	2,35
		GTV	5,37	5,10	4,37	2,94
		GHT	2,86	2,96	3,31	3,82
		duur van stijging	5:16	5:11	4:40	4:02
		duur van daling	7:09	7:14	7:46	8:23
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:54	1:04	1:27	1:47
		LW	1:09	1:25	2:19	3:16
springtij		GHW	5,99	5,90	5,87	5,62
		GLW	0,03	0,35	1,18	2,42
		GTV	5,97	5,55	4,69	3,21
		GHT	3,01	3,13	3,52	4,02
		duur van stijging	5:02	4:59	4:32	3:59
		duur van daling	7:19	7:21	7:51	8:25
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	1:01	1:14	1:38	2:00
		LW	1:11	1:25	2:17	3:12
doodtij		GHW	4,92	4,96	4,97	4,83
		GLW	0,41	0,56	1,05	2,20
		GTV	4,51	4,40	3,91	2,63
		GHT	2,67	2,76	3,01	3,52
		duur van stijging	5:46	5:38	5:00	4:15
		duur van daling	6:56	7:07	7:44	8:34
	tijdsverschil t.o.v. Antwerpen	HW	0:47	0:53	1:16	1:34
		LW	1:05	1:21	2:21	3:25
uiterste waarden		HHW	7,09	7,00	6,92	6,76
		LHW	3,64	3,66	3,69	3,66
	99e percentiel	HW	6,63	6,60	6,56	6,41
		HLW	1,59	1,88	2,56	3,78
	1e percentiel	LLW	-0,52	-0,28	0,52	1,68
		LW	-0,38	-0,09	0,72	1,83

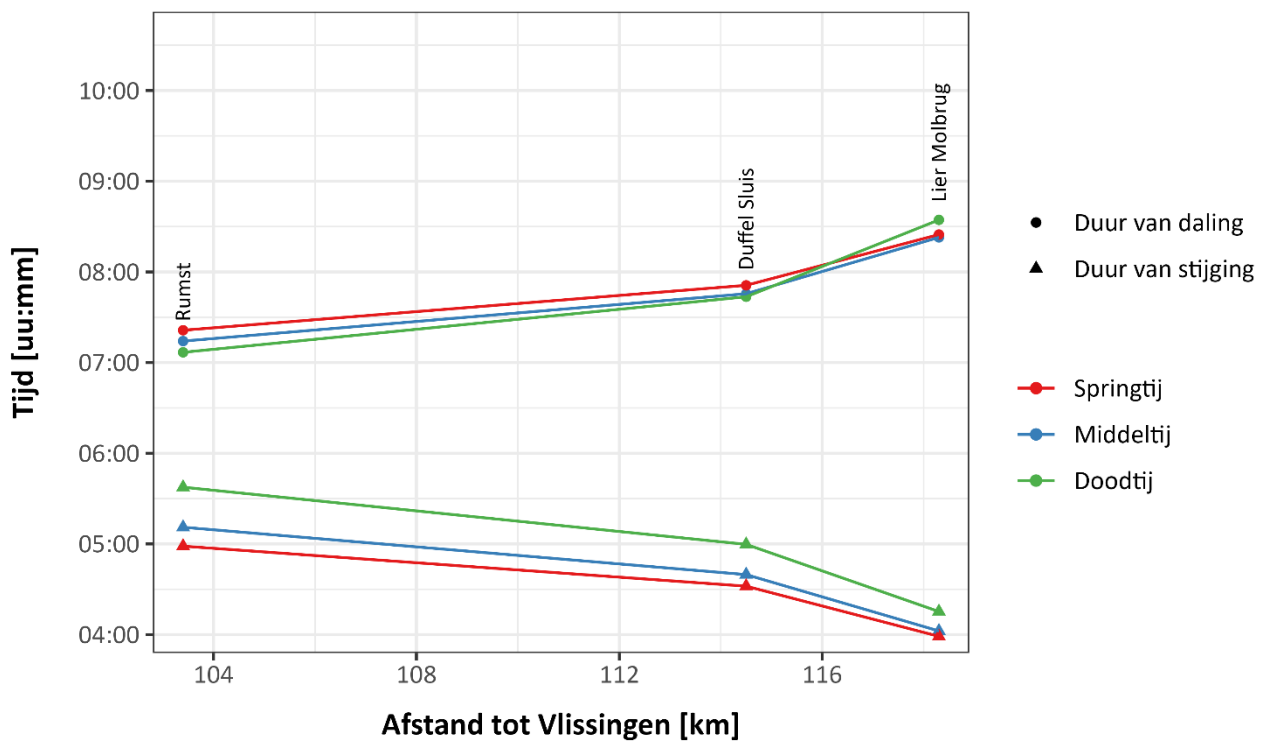


Figuur 5 – Gemiddeld hoogwater (GHW) en gemiddeld laagwater (GLW) bij middeltij, springtij en doortij in 2022 voor de Beneden-Nete.



Figuur 6 – Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doortij in 2022 voor de Beneden-Nete.





Figuur 7 – Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doortij in 2022 voor de Beneden-Nete.

## 2.2 Getijwaarnemingen in Antwerpen

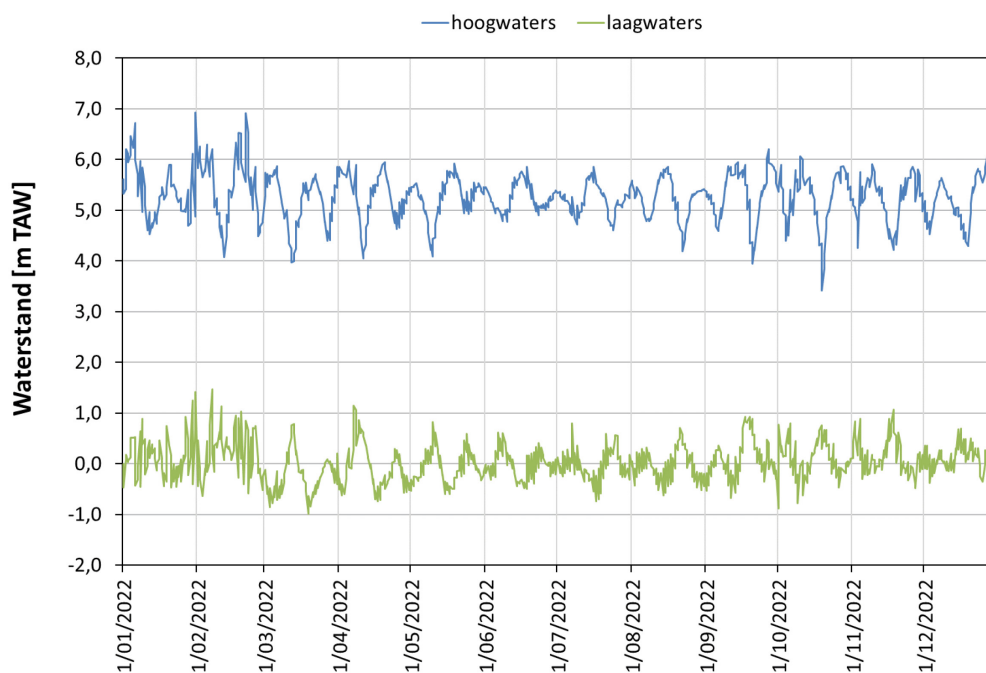
### 2.2.1 Jaaroverzicht

Al meer dan honderddertig jaar (1888 - 2022) 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.

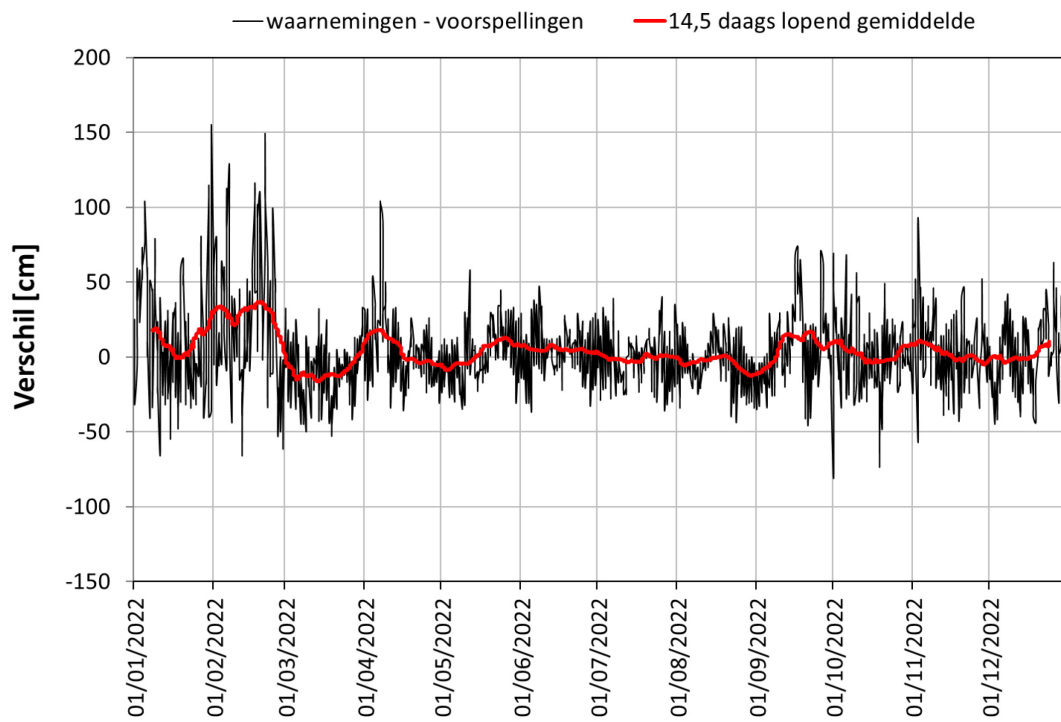
Figuur 8 toont het jaarverloop 2022 voor hoogwaters en voor laagwaters voor de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw. Op 5 en 31 januari (resp. +6,72 en +6,93 mTAW) en op 21 februari (+6,91 mTAW) werd het stormtijpeil (+6,6 mTAW) overschreden (§2.3).

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 door de invloed van meteorologische omstandigheden. In het afwaartse deel van het estuarium zijn vooral opwaaiing en afwaaiing belangrijk. In het opwaartse deel is de variatie in bovenafvoer belangrijk.

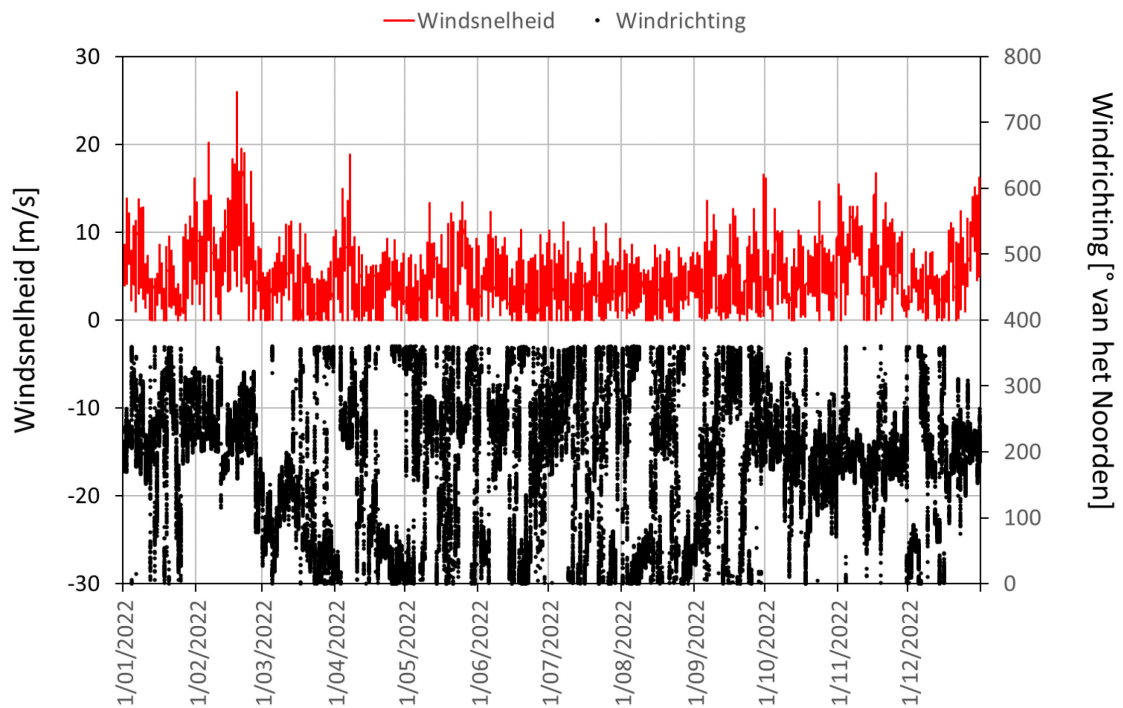
Gedurende het jaar 2022 was gemiddeld gezien de waargenomen waterstand 9 cm hoger dan de astronomisch voorspelde waterstand (Afdeling Kust & Waterbouwkundig Laboratorium, 2022). De gemiddelde absolute waarde van het verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde waterstand in 2022 bedraagt 20 cm. Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen het opgetreden en astronomisch voorspeld getij gemiddeld zo'n 16 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 34 cm en met een maximum verschil van 104 cm. 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 24 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen +/- 64 cm, met een maximum verschil van 154 cm. De grotere variabiliteit in de wintermaanden kan toegeschreven worden aan het frequenter voorkomen van (aanzienlijke) opwaaiingen en afwaaiingen in deze periode (Figuur 10).



Figuur 8 – Beneden-Zeeschelde in Antwerpen: jaarverloop van het tij (HW en LW) gedurende het jaar 2022.



Figuur 9 – Verschil tussen waargenomen en astronomisch voorspelde HWs en LWs in Antwerpen voor het jaar 2022.



Figuur 10 – Windrichting (° t.o.v. noorden) en windsnelheid (m/s) opgemeten te Hansweert in 2022 (Bron: Rijkswaterstaat).

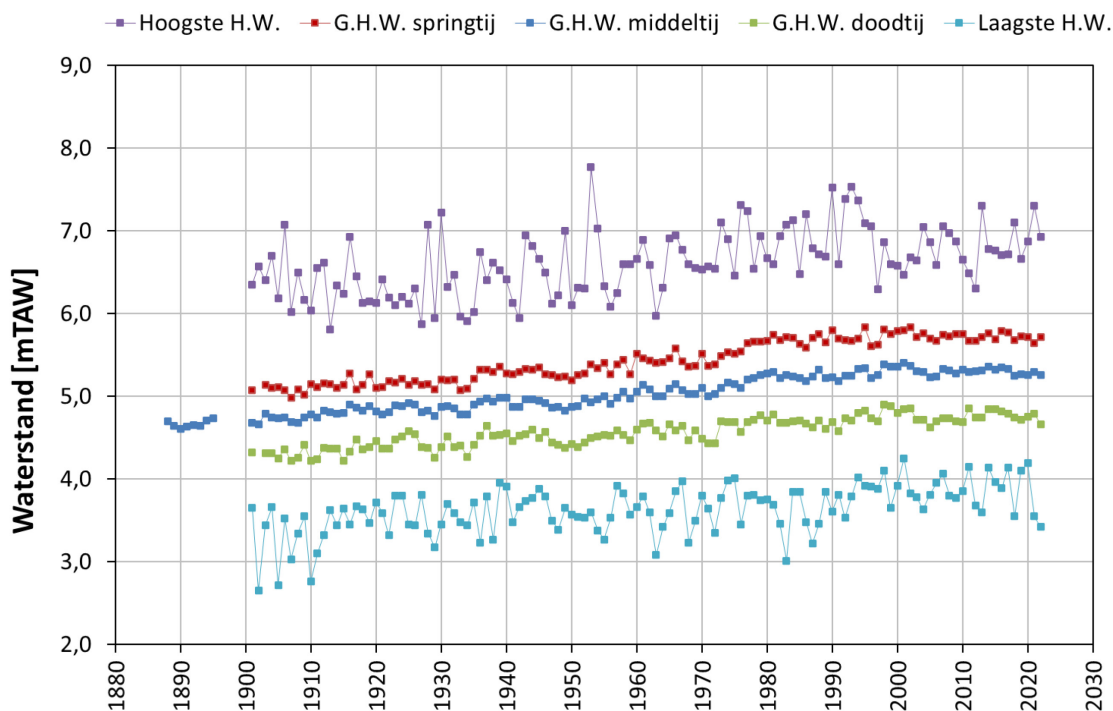
### 2.2.2 Het jaar 2022 in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het interessant om een aantal ke(r)netallen 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 2022, inclusief een vergelijking met de voorgaande decennia.

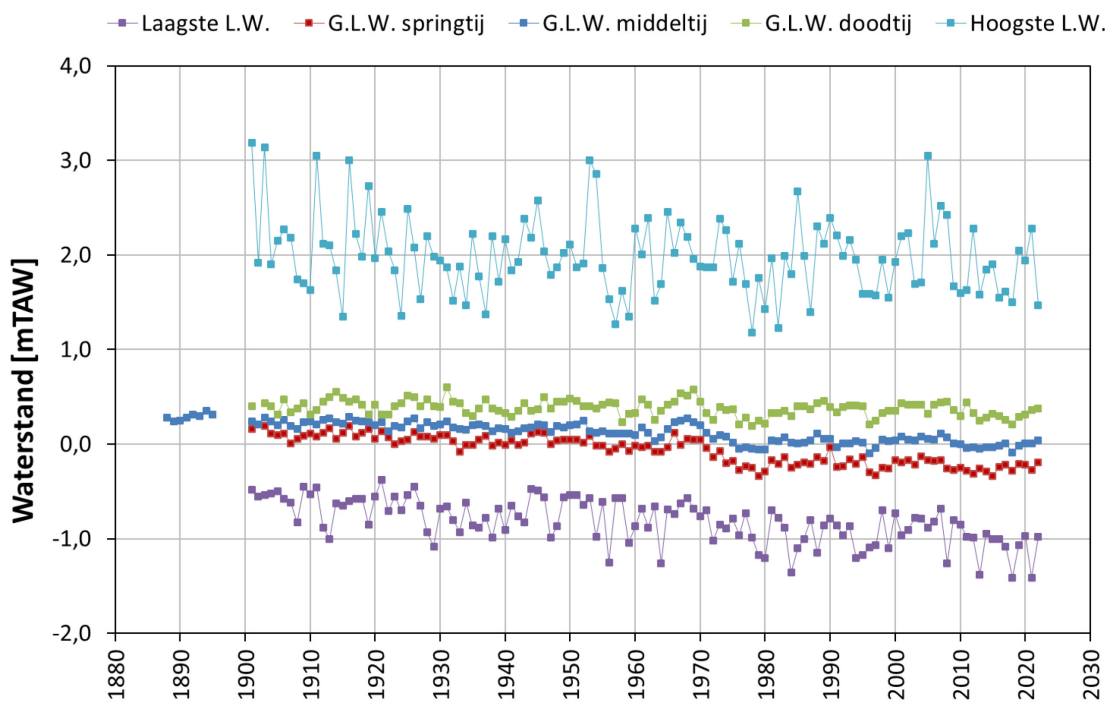
Het jaar 2022 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 3) een vrij normaal jaar voor de hoogwaters tijdens middel- en springtij. Tijdens doortij is het gemiddelde hoogwater 12 cm lager dan gemiddeld tijdens het voorbije decennium. Het gemiddelde laagwater is dan weer 8 cm hoger. Dat maakt dat ook het gemiddelde tijverschil ruim lager is (20 cm) dan gemiddeld tijdens het voorbije decennium. Dat blijkt ook uit Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13 die het historisch tijbeeld schetsen.

Tabel 3 – Getijparameters te Antwerpen-Loodsgebouw: het jaar 2022 in historisch perspectief;  
(waterstanden in mTAW, tijverschillen in meter).

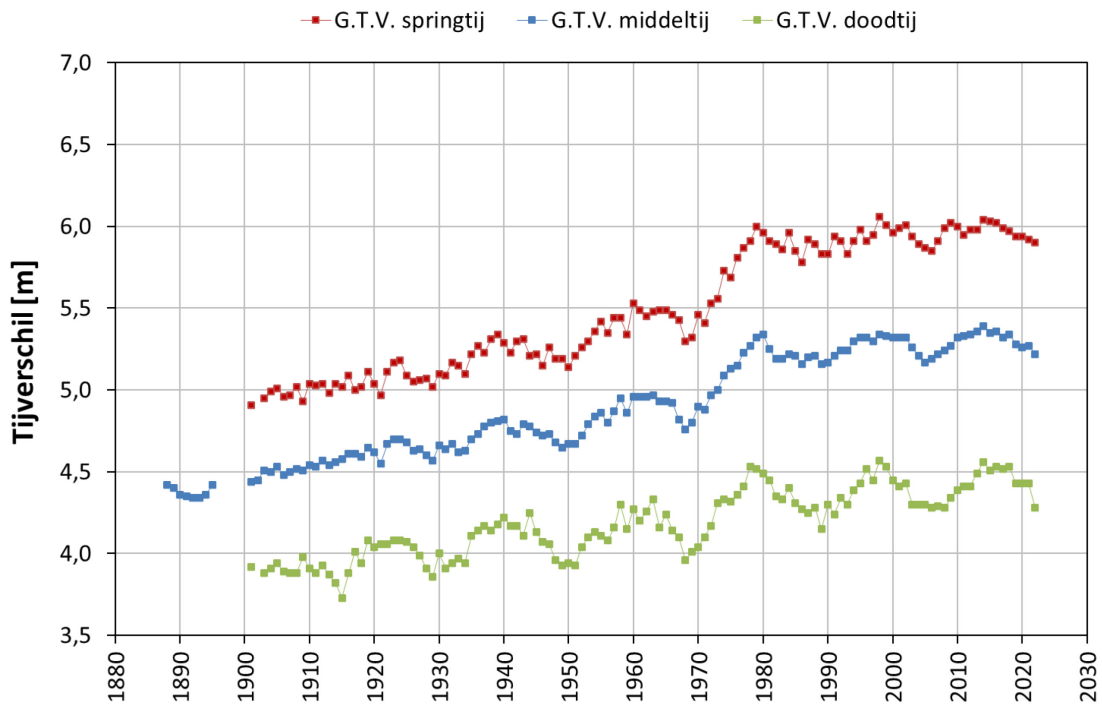
		1971 - 1980	1981 – 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2020	2022
Middeltij	GHW	5,15	5,24	5,29	5,30	5,30	5,26
	GLW	0,01	0,05	0,00	0,05	-0,03	0,04
	GTV	5,14	5,19	5,29	5,25	5,33	5,22
	Duur van de stijging	05:18	05:22	05:25	05:31	05:30	5:32
	Duur van de daling	07:07	07:03	07:01	06:54	06:56	6:54
Springtij	GHW	5,55	5,70	5,72	5,75	5,72	5,72
	GLW	-0,20	-0,17	-0,23	-0,19	-0,26	-0,19
	GTV	5,75	5,87	5,95	5,94	5,98	5,90
	Duur van de stijging	04:45	05:00	05:01	05:08	5:06	5:10
	Duur van de daling	07:25	07:20	07:18	07:12	7:13	7:10
Doodtij	GHW	4,64	4,69	4,77	4,73	4,78	4,66
	GLW	0,29	0,38	0,34	0,40	0,30	0,38
	GTV	4,35	4,31	4,43	4,33	4,48	4,28
	Duur van de stijging	05:47	05:54	05:55	06:05	6:00	6:04
	Duur van de daling	06:53	06:48	06:44	06:39	6:41	6:39
uiterste waarden	HHW	7,31	7,52	7,53	7,08	7,3	6,93
	99 <sup>ste</sup> percentiel	6,04	6,16	6,18	6,35	6,20	6,34
	LHW	3,35	3,01	3,53	3,63	3,55	3,42
	HLW	2,38	2,67	2,21	3,05	2,28	1,47
	1 <sup>ste</sup> percentiel	-0,61	-0,63	-0,65	-0,66	-0,76	-0,74
	LLW	-1,20	-1,36	-1,20	-1,24	-1,41	-0,98



Figuur 11 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolucie (1888-2022) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden.



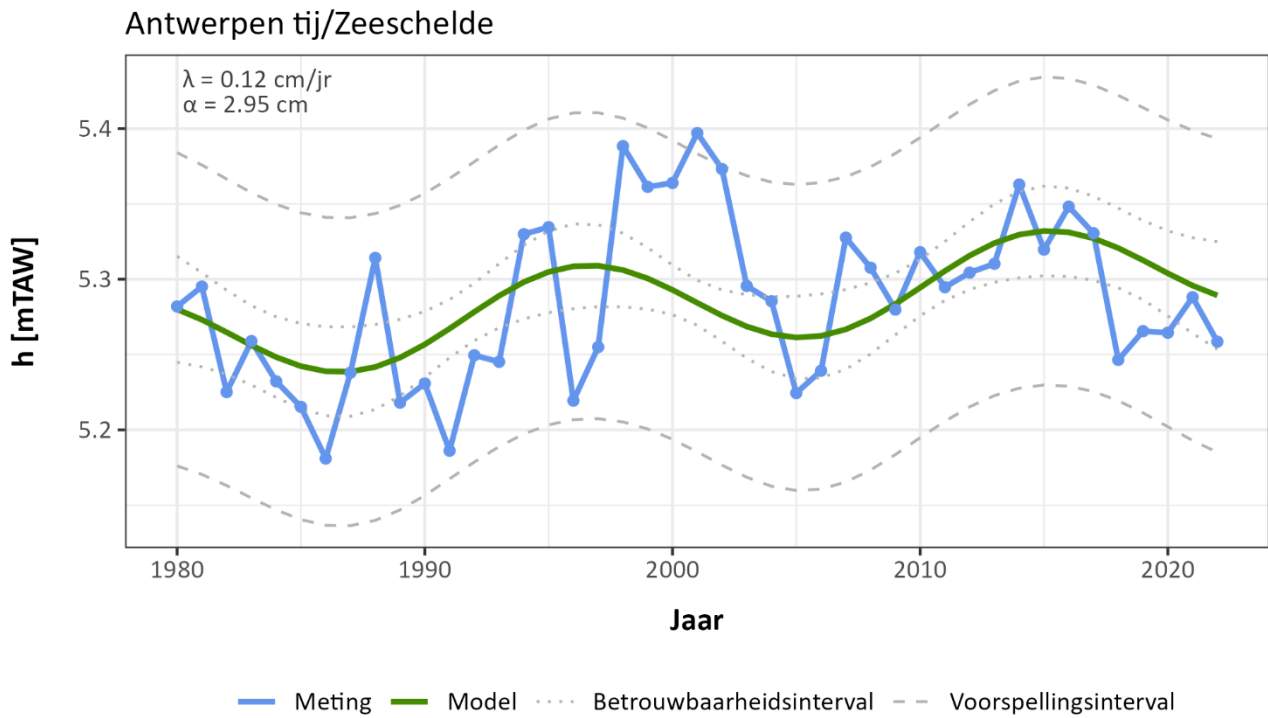
Figuur 12 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolucie (1888-2022) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doottij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.



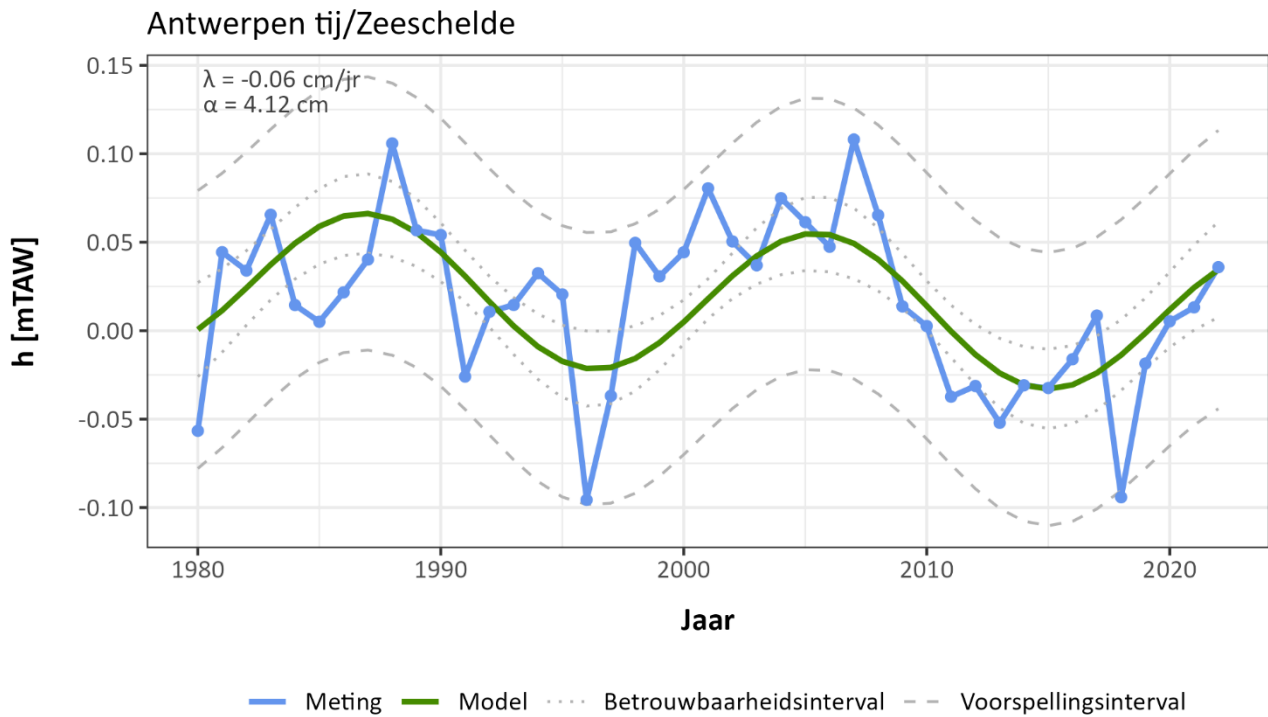
Figuur 13 – Antwerpen-Loodsgebouw: langjarige tij-evolutie (1888-2022) van jaargemiddeld tijverschil middeltij, springtij en doottij.

In het kader van Moneos-T (Schrijver & 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 1980-2021). Het GHW en GLW van 2022 liggen beiden lichtjes onder de trendlijn, maar nog wel binnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen. Over de periode 1980-2021 bedraagt de stijging in jaargemiddeld hoogwater ten gevolge zeespiegelstijging 0,12 cm/jaar. De trend voor laagwater is -0,06 cm/jaar.

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 1980-2022.



Figuur 15 – Trend jaargemiddeld laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw bepaald over de periode 1980-2022.



## 2.3 Stormvloeden

Met de term ‘stormvloeden’ in het Zeescheldebekken bedoelt men een hoogwatergolf die de Schelde binnendringt en zich 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. Actieve 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 in 2022 drie keer op korte tijd voor. Op 5 januari 2022 is er in Antwerpen een waterstand van +6,79 mTAW bereikt. Niet veel later, op 31 januari, is er in Antwerpen onder invloed van een krachtige tot harde noordwesten wind een waterstand van +6,94 mTAW gemeten. Op 21 februari bereikte de Schelde een waterstand van +6,91 mTAW onder invloed van de stormen Eunice en Franklin. Voor bijkomende info over deze stormtijden wordt er verwezen naar de Scheldeflitsen 2022 – 01, 02 en 03 (Hydrologisch Informatiecentrum, 2022b, a; c).

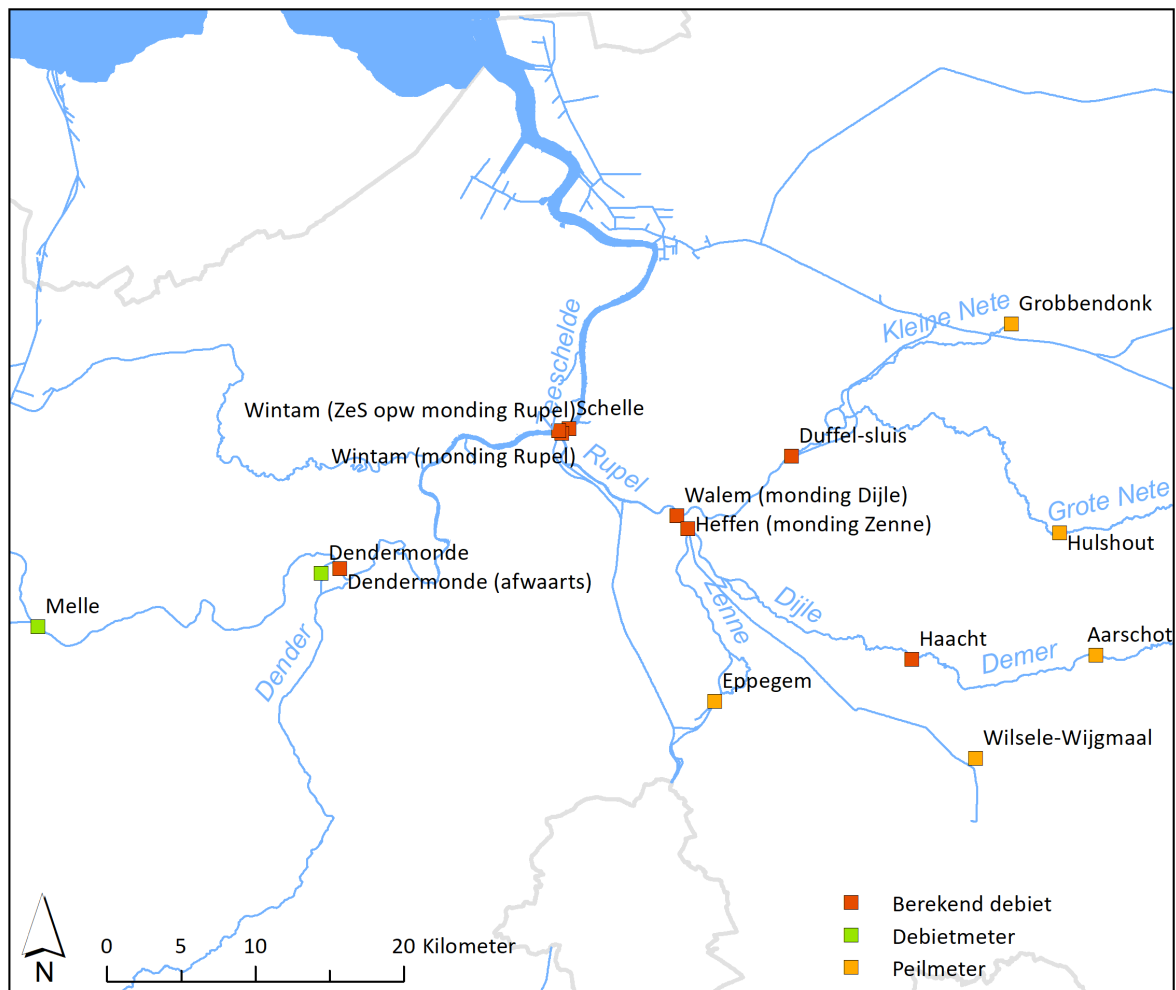
Een overzicht van hoogwaterstanden boven +6,50 mTAW vanaf 1971 is terug te vinden in Tabel 4.



## 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 beide 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 (Wilsle 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	Epepegem	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

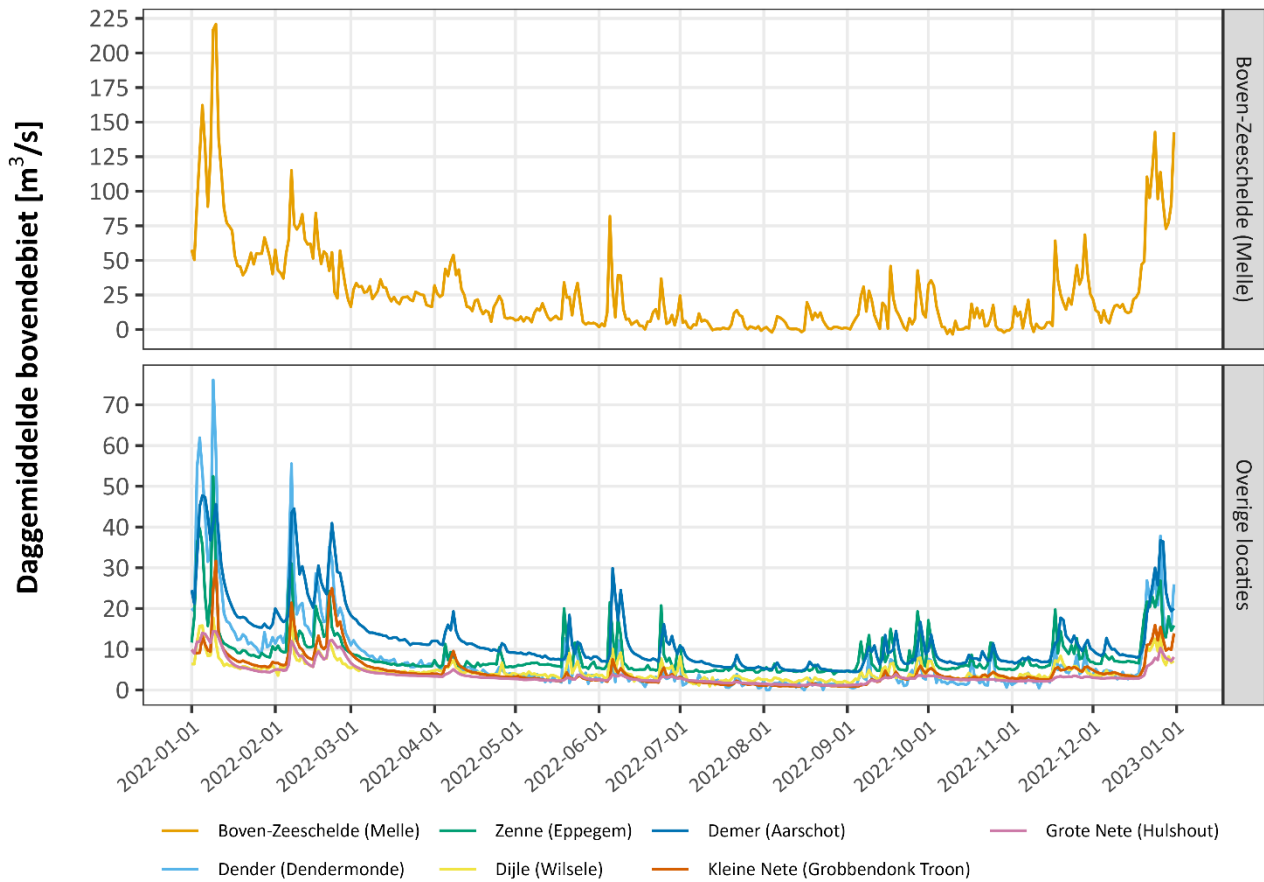
Over het algemeen is de gemeten bovenafvoer voor de verschillende meetlocaties duidelijk hoger in de wintermaanden (Figuur 17). In onze regio heeft dit voornamelijk te maken met de hogere hoeveelheid neerslag die valt in de wintermaanden in combinatie met een hogere bodemverzadingsgraad. De grote variabiliteit 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.

Gewoonlijk zorgen de Bovenschelde en Leie bij wassen voor het grootste aandeel in de bovenafvoer richting Beneden-Zeeschelde. Dit leidt tot duidelijk hogere debieten te Melle in vergelijking met de overige meetlocaties (Figuur 17, Figuur 18, Tabel 6).

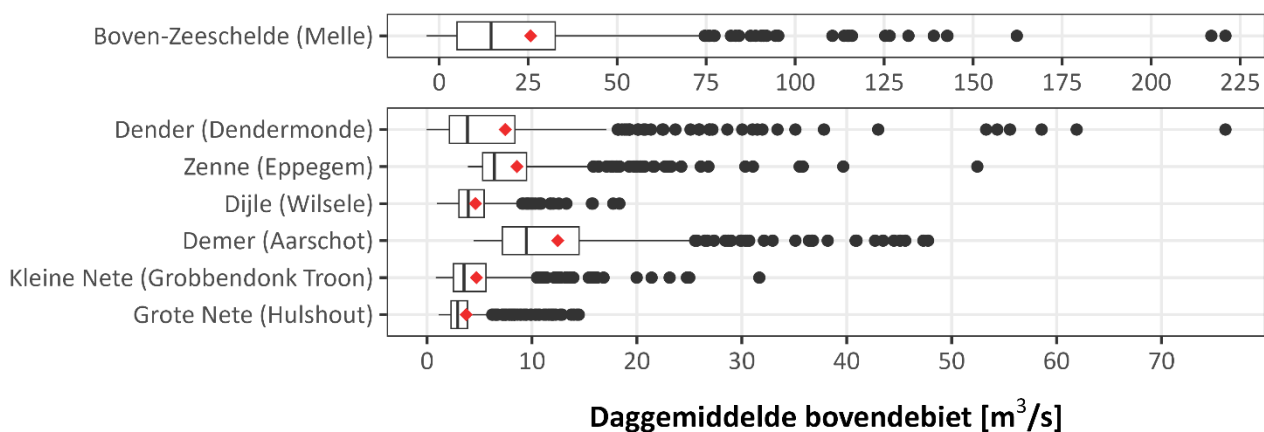
Tijdens droge periodes (mei-augustus, oktober-november) keren de gebruikelijke rollen om en is de basisafvoer in Melle lager dan die aan de overige randen van het tijgebied (zie b.v. P10, Tabel 6). Het grootste volume van de al beperkte afvoer van de Leie en de Bovenschelde wordt tijdens zeer droge periodes afgeleid naar het kanaal Gent-Terneuzen. De maand september was relatief nat (Koninklijk Meteorologisch Instituut, 2023) wat resulteert in relatief hoge afvoeren.

Tabel 6 – Jaarstatistieken gemeten daggemiddelde bovenafvoer 2022 (in m<sup>3</sup>/s) voor de stations aan de randen van het tijgebied.

Station	Gem	StDev	P10	P25	P50 - Mediaan	P75	P90
Boven-Zeeschelde (Melle)	25.7	32.4	0.7	5	14.6	32.6	63.3
Dender (Dendermonde)	7.5	9.8	1.4	2.1	3.9	8.4	17
Zenne (Epepegem)	8.6	5.7	4.8	5.3	6.4	9.5	14.3
Dijle (Wilsele)	4.6	2.5	2.4	3	3.9	5.4	7.6
Demer (Aarschot)	12.5	8.4	5.6	7.2	9.5	14.5	23.8
Kleine Nete (Grobbendonk Troon)	4.7	4	1.3	2.5	3.5	5.6	9.7
Grote Nete (Hulshout)	3.7	2.6	1.5	2.3	2.9	3.9	7.5



Figuur 17 – Verloop van de daggemiddelde bovenafvoer in 2022 voor de meetstations aan de randen van het tijgebied.

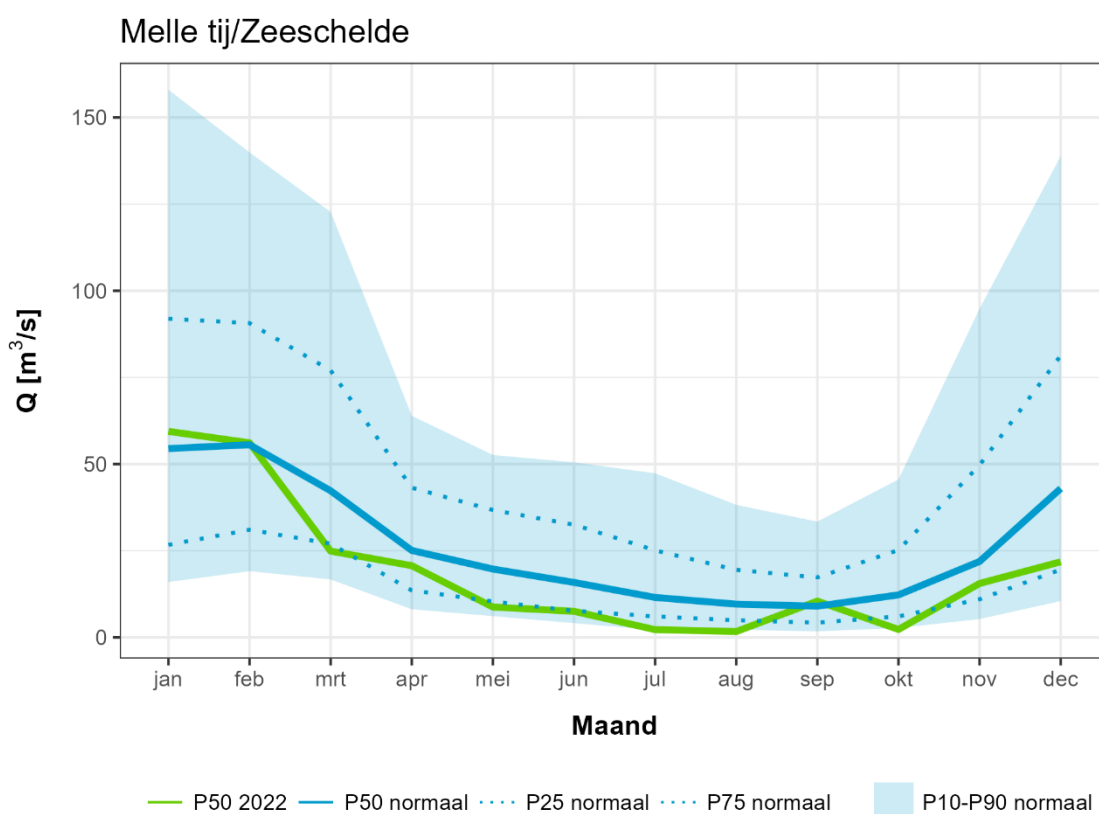


Figuur 18 – Boxplotvoorstelling jaarwaarden 2022 voor de stations aan de randen van het tijgebied. Rode ruit geeft de gemiddelde waarde aan. Individuele daggemiddelde bovendebietsen die buiten het P10-P90 interval vallen, worden als zwarte punten weergegeven.

Door de werken aan de Nieuwe Sluis Terneuzen wenst men het aantal scheepvaartstremmingen op het Kanaal Gent-Terneuzen maximaal te beperken. Bovendien is de Middensluis te Terneuzen sinds september 2022 onbeschikbaar om water te spuien. En gezien de risico's verbonden met (te) hoge afvoer via Beernem (overstromingsproblematieken Brugge) en het Afleidingskanaal van de Leie (dijkdoorbraak eind 2018) wordt er procentueel gezien aanzienlijk meer water richting Zeeschelde gestuurd. Boeckx *et al.* (2023) heeft de impact van deze (tijdelijke) herverdeling vergeleken met de waterverdeling bij wassen groter dan 100 m<sup>3</sup>/s voor deze periode. Hieruit blijkt dat er door dit nieuwe beheer bij wassen 15% meer water via de Zeeschelde wordt afgevoerd (Tabel 7).

Tabel 7 – Procentuele bijdrage van afvoer vanuit Groot Pand bij events met meer dan 100 m<sup>3</sup>/s naar Gent (Boeckx *et al.*, 2023).

	2010 – sept. 2022	11-21 jan. 2023
Zeeschelde (Melle)	56%	71%
Kanaal Gent-Terneuzen (Evergem)	26%	14%
Afleidingskanaal van de Leie (Zomergem)	12%	4%
Kanaal Gent-Oostende (Oostkamp/Beernem)	6%	11%



Figuur 19 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2022 en normaalwaarden<sup>1</sup> voor Melle.

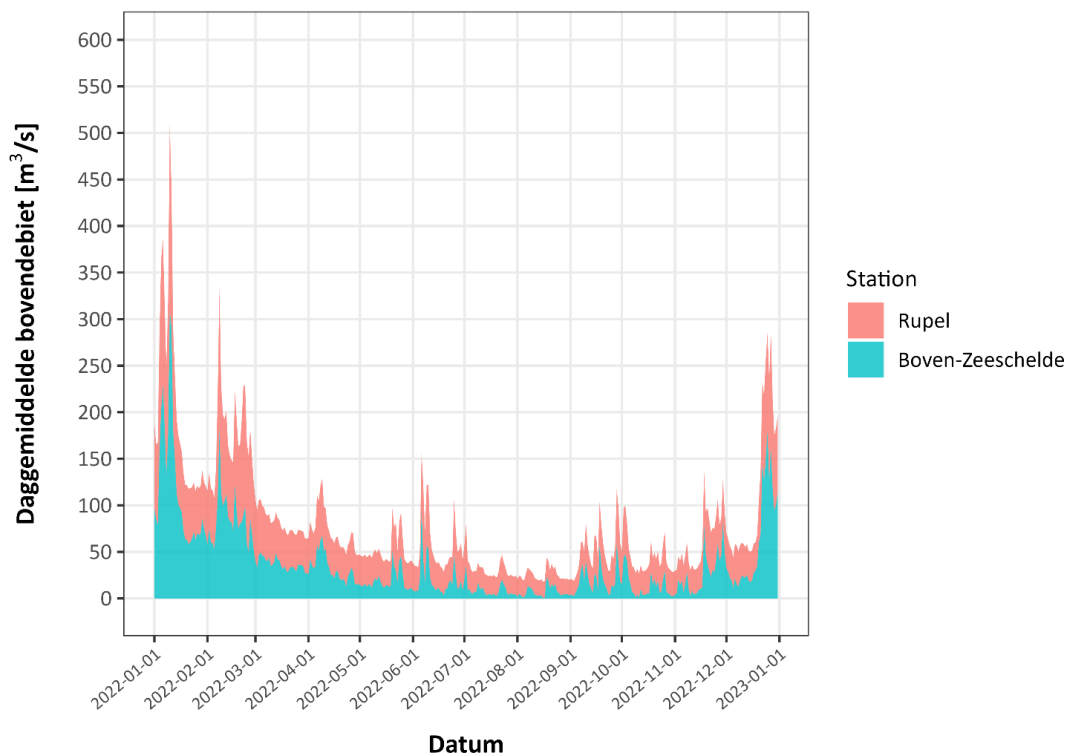
<sup>1</sup> Een klimatologische normaalperiode omvat een periode van 30 jaar. De standaard normaalperiodes omvatten een periode van 30 jaar waarbij het eindjaar eindigt op een 10-tal. De laatste standaard normaalperiode is dus 1991-2020 en deze geldt ook voor 2022. Bron: <https://community.wmo.int/en/wmo-climatological-normals>

### 3.3 Berekende bovenafvoer te Schelle

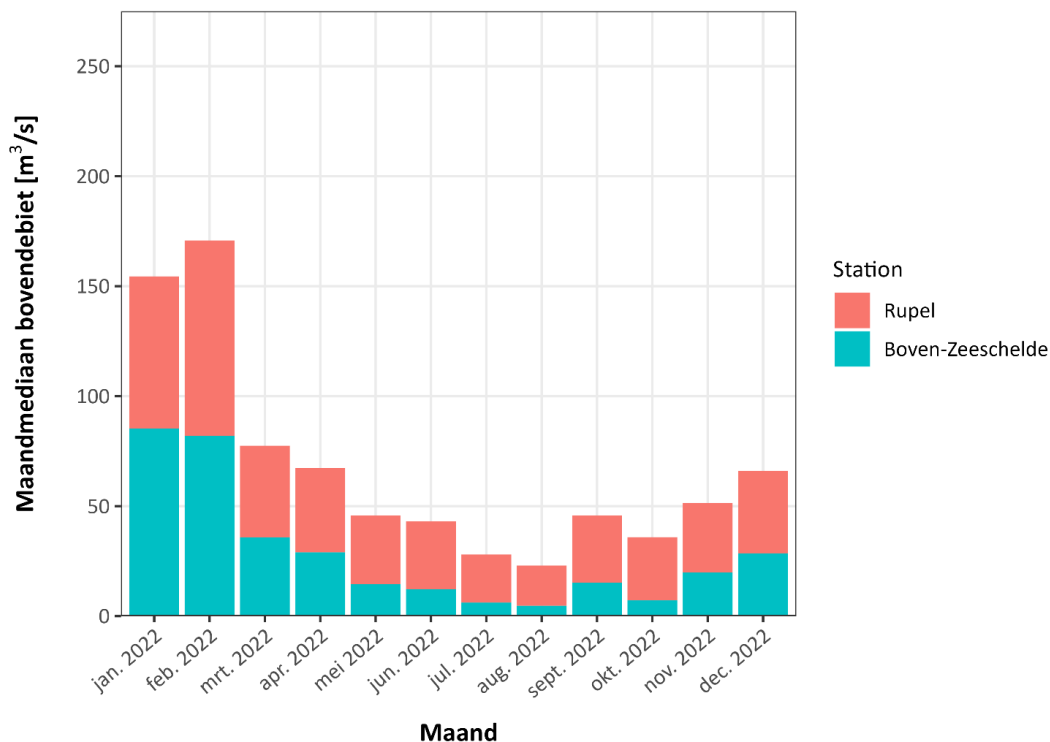
#### 3.3.1 Het jaar 2022

De verhoogde bovenafvoeren gemeten aan de randen van het tijgebied in de maanden januari, februari en december resulteren logischerwijs in hogere debieten ter hoogte van Schelle (Figuur 20, Figuur 21 en Tabel 8). In januari was het aandeel van het debiet vanuit het Rupelbekken 45% en het debiet vanuit het Boven-Zeescheldebekken 55% (Figuur 21 en Figuur 22). Tijdens de overige maanden was het aandeel vanuit het Rupelbekken groter, ook tijdens wintermaanden zoals februari en december wanneer traditioneel het aandeel vanuit de Boven-Zeescheldebekken groter is. Met het aanbreken van de drogere periode, in 2022 al vanaf maart (Koninklijk Meteorologisch Instituut, 2023), zakt het debiet in Schelle waarbij het aandeel debiet vanuit het Rupelbekken relatief gezien steeds belangrijker wordt (Figuur 22).

Ook de natte maand september valt op in het debiet van Schelle (Figuur 20, Figuur 21, Tabel 8). Met een maandmediaan van 46 m<sup>3</sup>/s steekt deze zomermaand er in de zomer wat uit.



Figuur 20 – Daggemiddelde bovenafvoer ter hoogte van Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel vanuit de Rupel en het aandeel vanuit de Boven-Zeeschelde.

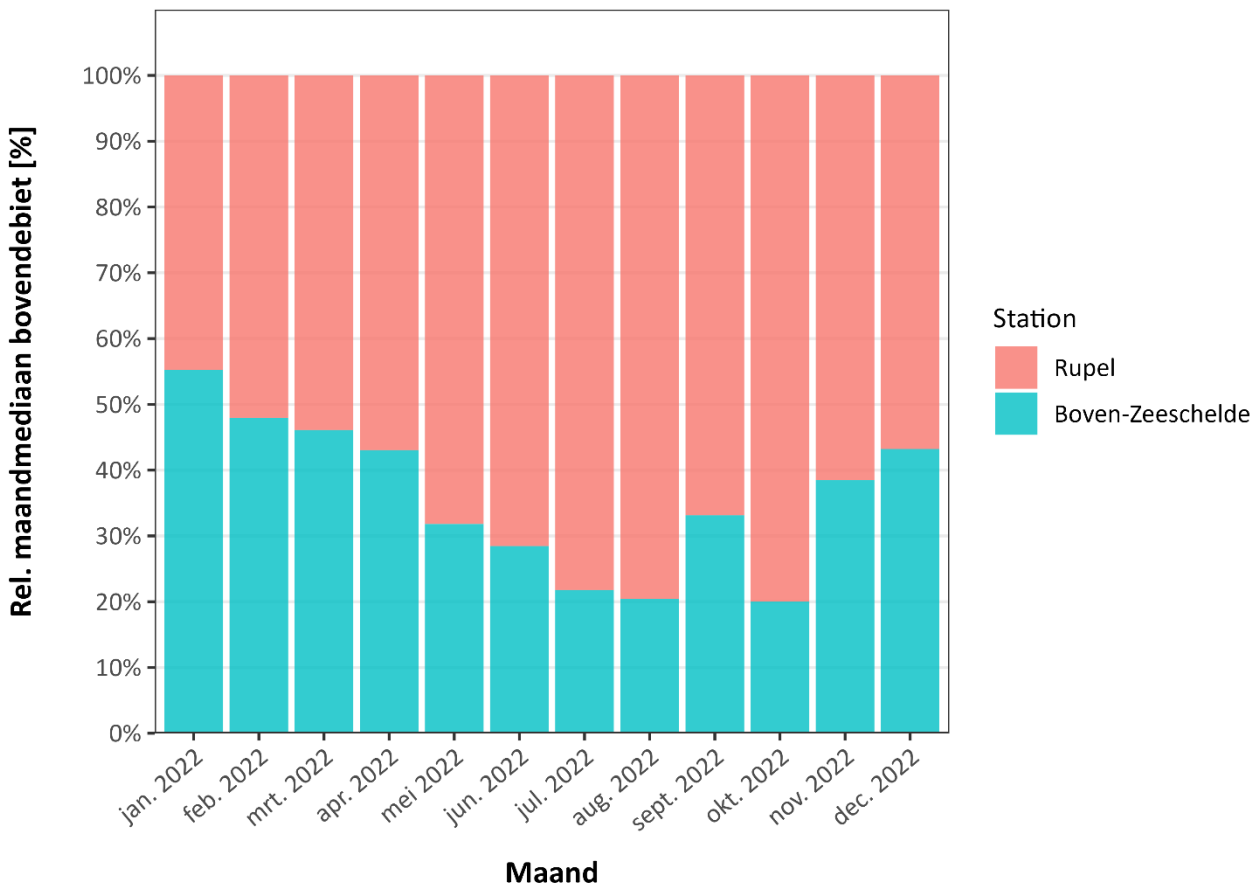


Figuur 21 – Maandwaarden (mediaan) Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

Tabel 8 – Maandmedianen bovenafvoer [m³/s] 2022 voor de Zeeschelde te Schelle, de Rupel en de Boven-Zeeschelde.

	Schelle	Rupel	Boven-Zeeschelde
januari	154	69	85
februari	171	89	82
maart	78	42	36
april	67	38	29
mei	46	31	15
juni	43	31	12
juli	28	22	6
augustus	23	18	5
september	46	31	15
oktober	36	29	7
november	52	32	20
december	67	38	29





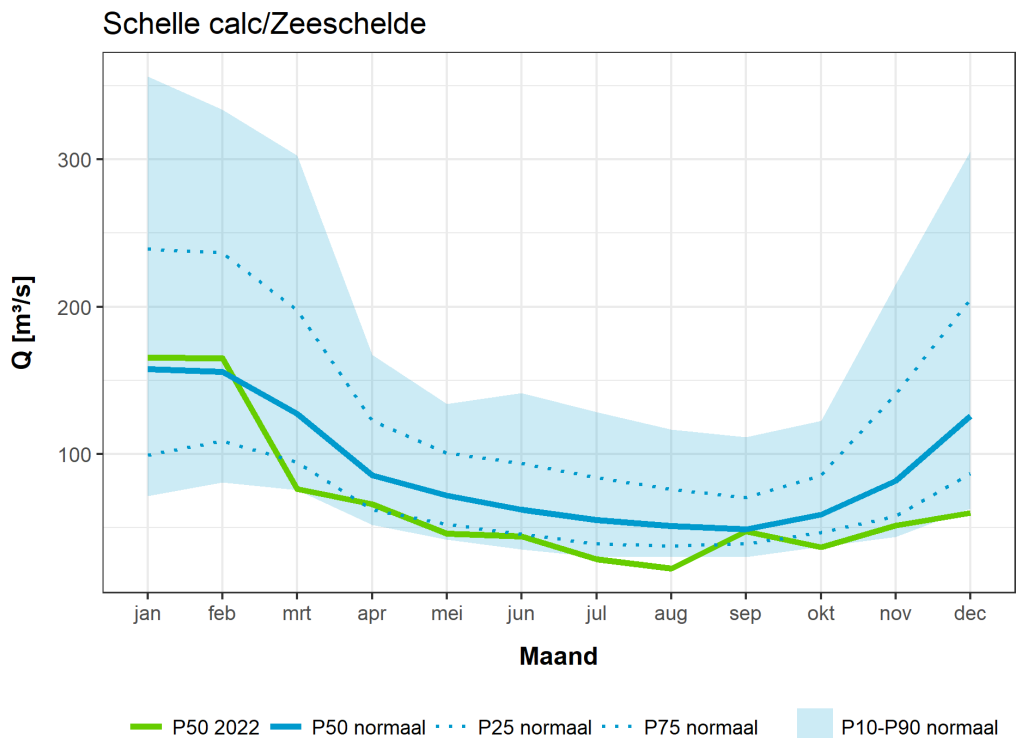
Figuur 22 – Relatieve voorstelling maandwaarden Schelle voor het jaar 2022, opgedeeld in het aandeel Rupel en het aandeel Boven-Zeeschelde.

### 3.3.2 Bovendebiet 2022 in historisch perspectief

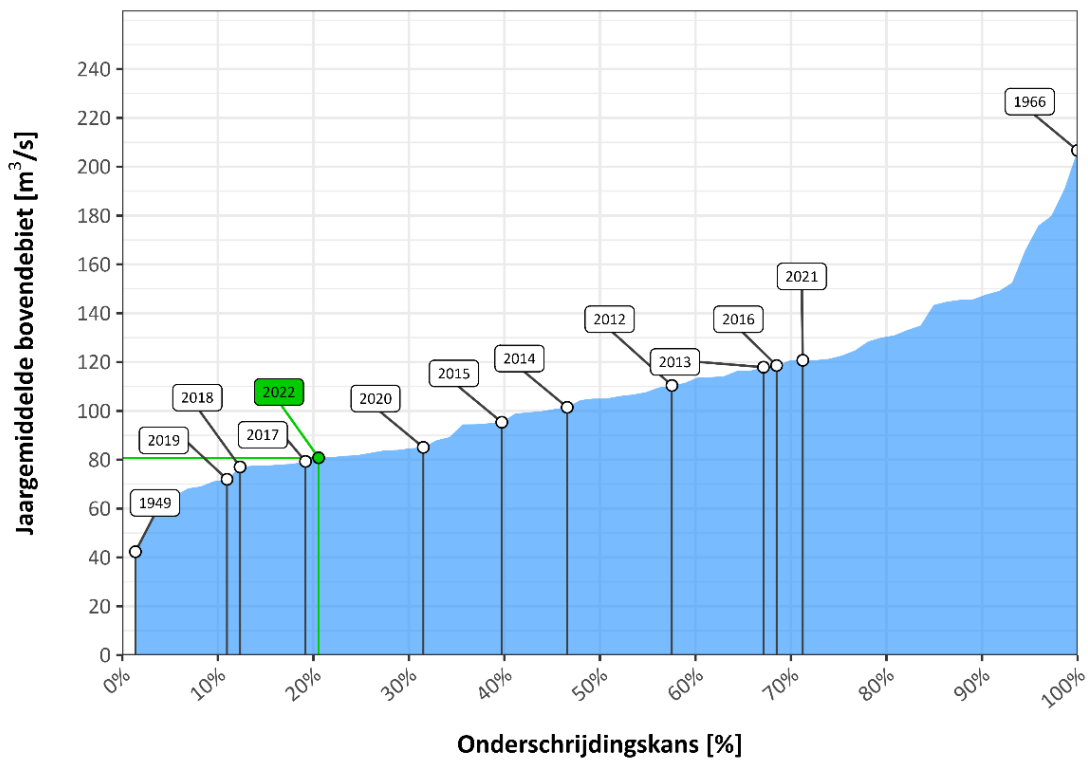
In de maanden januari en februari kent de afvoer in Schelle vrij normale waarden (net boven de P50 van de normaalperiode, zie Figuur 23). Met het aanbreken van de droge periode daalt het debiet in maart tot de P10 waarde. De afvoer blijft laag (steeds tussen P10 en P25). In augustus daalde de bovenafvoer zelfs tot onder de P10 waarde van de normaalperiode. De nattere maand september deed de afvoer toenemen tot een normale waarde voor deze periode van het jaar. Dit was echter tijdelijk, want tijdens de laatste maanden van het jaar daalde de afvoer tot een niveau dat overeenkomt met de P10 waarde.

Het jaargemiddelde bovendebiet 2022 voor Schelle bedraagt  $81 \text{ m}^3/\text{s}$ . Beschouwd over de periode 1949-2021 is er in ongeveer 20% van de jaren een jaardebiet dat lager is dan deze waarde (Figuur 24). Dit is de 4<sup>e</sup> laagste waarde in de voorbije 10 jaar, en ligt in lijn met de drogere jaren voorafgaand aan het nattere jaar 2021.

De berekening van de afvoer in Schelle gebeurt net afwaarts de monding van de Rupel. Het debiet bestaat er dus uit een bijdrage van enerzijds de Leie, Bovenschelde, Dender en Durme via de Zeeschelde (Figuur 25) en anderzijds de Netes, Demer, Dijle en Zenne via de Rupel (Figuur 26). Met name door de verschillende meteorologische condities boven deze afstroomgebieden is de relatieve bijdrage van beide afstroomgebieden verschillend. Zo is de aanvoer via de Rupel in februari hoger dan normaal, voor de aanvoer via de Zeeschelde is die normaal. In mei en juni is de aanvoer via de Zeeschelde bijzonder laag (vergelijkbaar met de P10-waarde) de aanvoer via de Rupel is ook laag, maar eerder vergelijkbaar met de P25 waarde. Het omgekeerde geldt voor de aanvoer in de november en december.

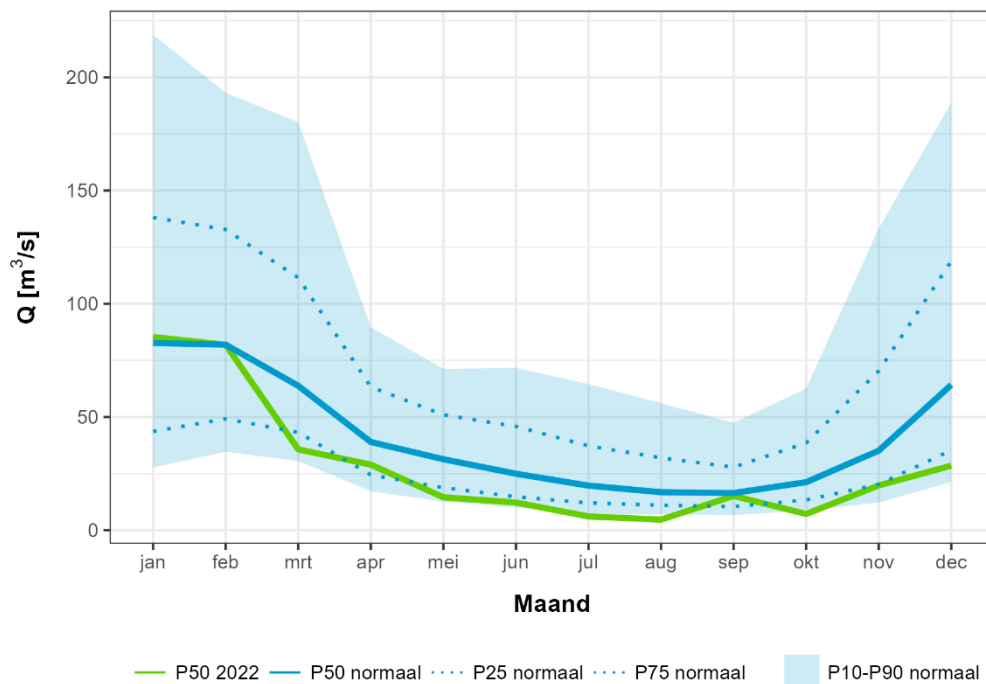


Figuur 23 – Maandwaarden (mediaan) debiet 2022 en normaalwaarden voor Schelle.



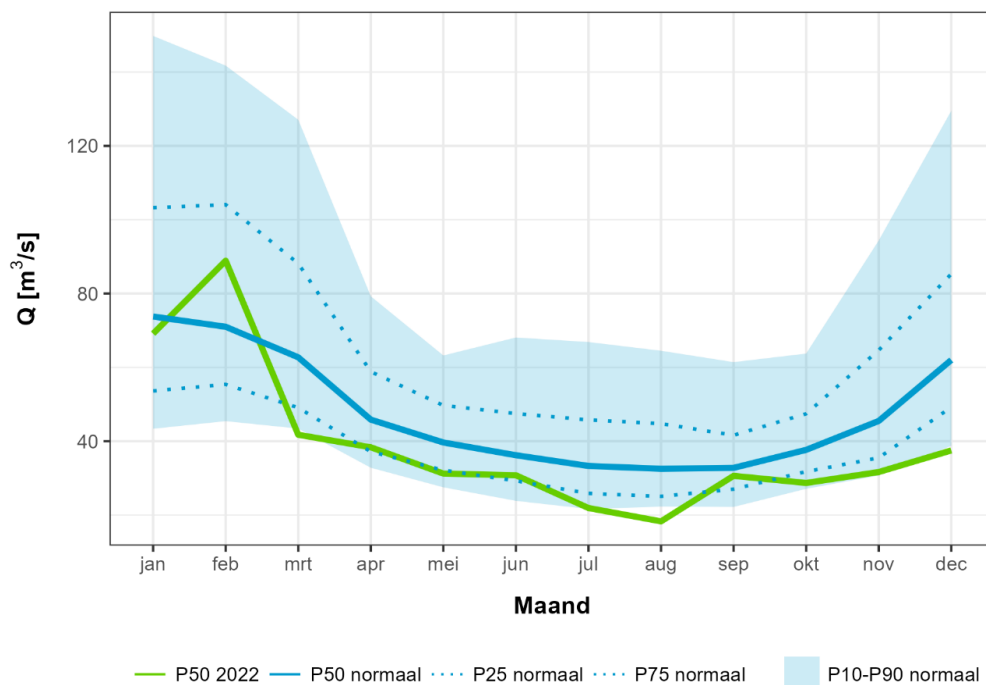
Figuur 24 – Jaargemiddeld bovendebiet te Schelle over de periode 1949-2022, gerangschikt naar grootte.

Wintam opw Rupel calc/Zeeschelde



Figuur 25 – Maandwaarden (mediaan) 2022 en normaalwaarden voor voor het berekende debiet van de Zeeschelde net opwaarts de monding van de Rupel nabij Wintam.

Wintam Monding calc/Rupel



Figuur 26 – Maandwaarden (mediaan) 2022 en normaalwaarden voor het berekende debiet van de Rupel bij de monding nabij Wintam.

## 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). Eveneens dient opgemerkt te worden dat deze verblijftijd een bovengrens is, aangezien geen rekening werd gehouden met b.v. het debiet van de Dender.

In tegenstelling tot de voorgaande jaarboeken waar een vast watervolume (gebaseerd op de topobathymetrie van 2001, Plancke *et al.*, 2014) voor de Boven-Zeeschelde gebruikt werd, is bij de huidige berekening gewerkt met een doorheen de tijd variabel watervolume, afgeleid uit de beschikbare topobathymetrische opnames. Voor meer duiding wordt verwezen naar Bijlage D: Verblijftijd. Belangrijk te vermelden is dat deze methodiek is toegepast voor de volledige periode, waardoor de hier gepresenteerde verblijftijden afwijken van deze in eerdere jaarboeken.

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).

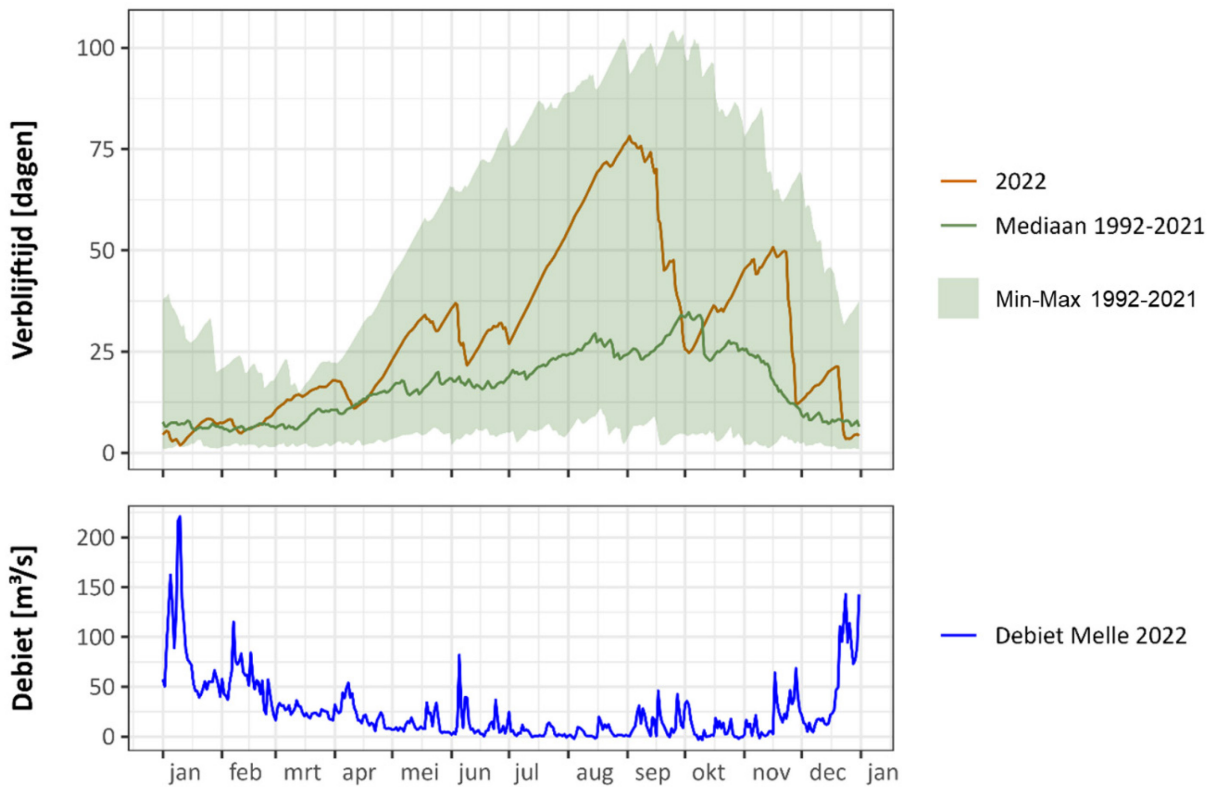
### 3.4.1 Resultaten voor 2022

Het verloop van de verblijftijd in 2022 wordt weergegeven in Figuur 27, samen met de daggemiddelde bovenafvoer van Melle. Ter vergelijking worden ook de minimum-, mediaan- en maximumwaarden per dag weergegeven over de periode 1971-2021.

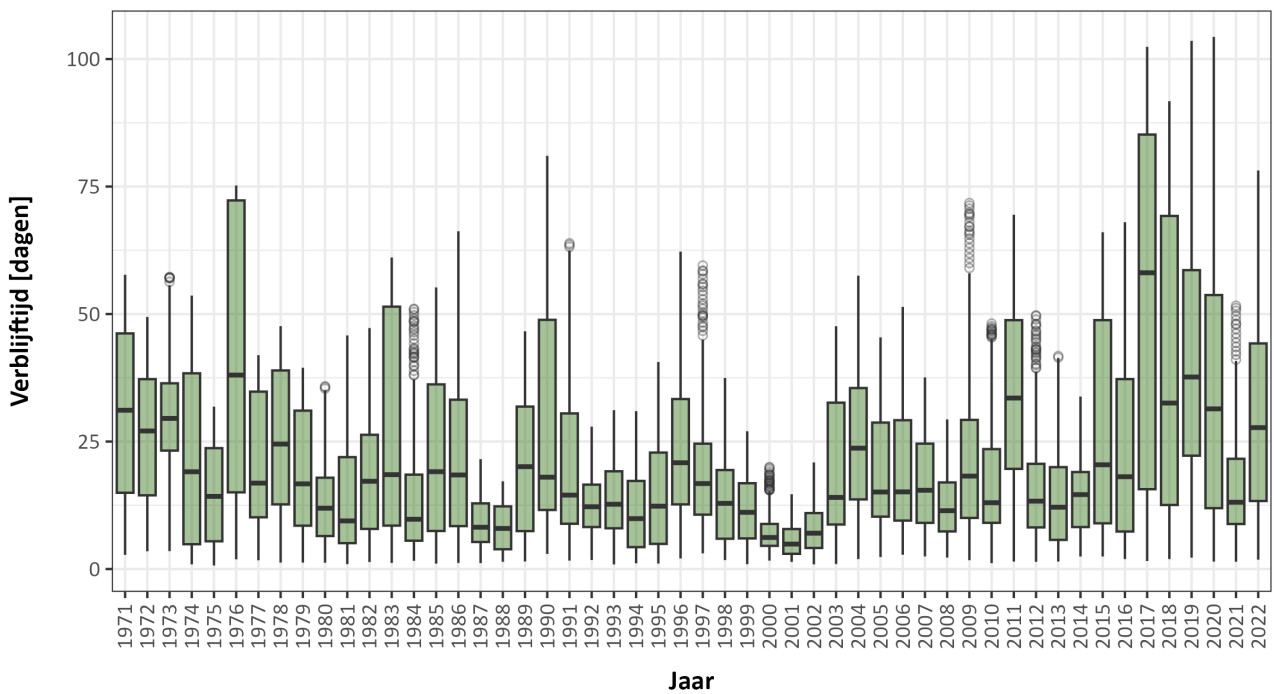
Door hogere bovenafvoeren eind 2021 en begin 2022, ging 2022 van start met een ietwat lagere verblijftijden. Dit normaliseerde medio januari om tot eind maart te fluctueren rond de mediane waarde van de periode 1971-2021. Het droge voorjaar en zomer zorgen voor een geleidelijk toename in de verblijftijd, met een maximum van ca. 75 dagen eind augustus. Een toename in bovenafvoer zorgt voor een daling in verblijftijd in september (tot 25 dagen), maar door een droge maand oktober en evenzeer begin november, neemt de verblijftijd opnieuw toe tot 50 dagen. Hogere bovenafvoeren in de tweede helft van november en december resulteren in de verblijftijd onder de mediaan op het einde van 2022.

### 3.4.2 Resultaten in historisch perspectief

Figuur 28 toont voor elk jaar de boxplot van de dagelijkse verblijftijden sinds 1971. In 2022 lagen de verblijftijden beduidend hoger dan het gemiddelde en komen ze in de buurt van de droge jaren die de periode 2017-2020 kenmerken. Zowel op vlak van mediaan, 75<sup>e</sup>-percentiel als maximum ligt 2022 boven het gemiddelde maar is het minder extreem dan in de periode 2017-2020.



Figuur 27 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde voor het jaar 2022



Figuur 28 – Verblijftijd Boven-Zeeschelde in historisch perspectief (1971 – 2022).

## 4 Jaaroverzicht fysische parameters

Het Waterbouwkundig Laboratorium meet fysische parameters (stroomsnelheid en -richting, temperatuur, conductiviteit en turbiditeit) en ecologische parameters (Chlorofyl A-gehalte, PPF<sup>2</sup>, 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 2022. Voor de ecologische parameters wordt verwezen naar de OMES-rapporten (e.g. Maris *et al.*, (2020)).

### 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, Kruikebeke, Weert, Schellebelle en Melle) en op één plaats op de Rupel (Klein-Willebroek) staan er vaste multiparameter-toestellen (zie Figuur 29). Hier worden op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd. Te Tielrode nabij de Durmemonding is in het kader van het onderzoeksproject rond de Durme, een mobiel toestel opgesteld. Op termijn zal dit toestel onderdeel uitmaken van een vaste installatie, maar momenteel behoort dit station nog niet tot het MONEOS-programma. De resultaten worden dan ook niet in voorliggend rapport opgenomen.

Op de meeste meetposten hangt er telkens één toestel. Een aantal toestellen zijn vlottend gepositioneerd zodat ze gedurende de gehele getijdencyclus, relatief t.o.v. het wateroppervlakte, dezelfde waterlaag opmeten. Ter hoogte van Oosterweel en meetpaal Lillo was de opstelling op een vaste hoogte ten opzichte van de bodem. Te meetpaal Lillo waren (zie intermezzo) er twee meettoestellen: een onderste, dicht bij de bodem en een bovenste toestel, onder het laag-laagwater peil, zodat ook deze zich steeds onderwater bevond.

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 en elke 5 minuten wordt de beschikbare waarde (geen gemiddelde) doorgestuurd via telemetrie. De EXO-toestellen meten elke 2 minuten, houden deze waarde ook vast en elke 5 minuten wordt de beschikbare waarde (geen gemiddelde) doorgestuurd.

Tabel 9 presenteert voor iedere meetlocatie welk toesteltype er hangt, alsook welke parameters geregistreerd worden en aan welke frequentie. Indien mogelijk<sup>3</sup> wordt de absolute positie t.o.v. het referentiepeil (TAW) afgeleid. In de loop van 2022 is er in Schellebelle (22/11/2022) en Weert (10/6/2022) overgeschakeld van een YSI sensor naar een EXO sensor.

---

<sup>2</sup> 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  $\mu\text{mol fotonen/m}^2\text{s}$ .

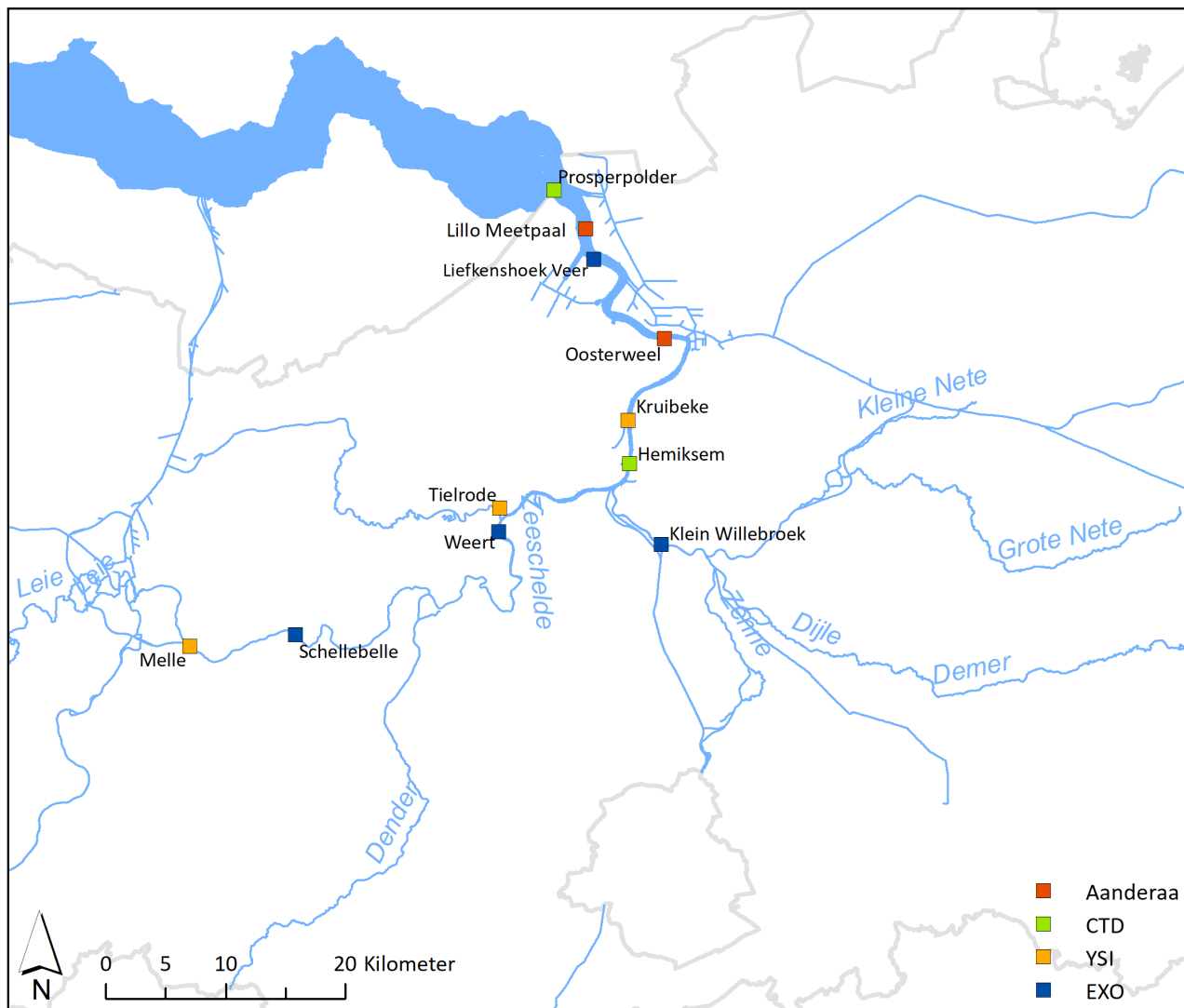
<sup>3</sup> Bij een drijvende opstelling bevindt de sensor zich op een vaste (relatieve) positie onder het wateroppervlak. Er is dus geen vaste, absolute positie doorheen de tijd.

### **INTERMEZZO I – meetpaal Lillo**

De opstelling van meetpaal Lillo bevond zich in een deel van de Beneden-Zeeschelde waar intensieve scheepvaart plaatsvindt. De nabijheid van het Deurganckdok (opwaarts) en de Schelde-containerterminals en de Zandvliet en Berendrechtsluis (afwaarts), zorgen ervoor dat er veel passage is van zeevaart en binnenvaart. In de nacht van 19 en 20 september 2020 was er net voor middernacht een aanvaring van de meetpaal in Lillo door een binnenschip. Hierdoor werd de opstelling vernield, waarbij de meetpaal eerst schuin kwam te staan (zie foto hieronder) om enkele dagen later op de bodem van de Schelde terecht te komen. Sindsdien kunnen er hier geen metingen meer worden uitgevoerd. Uit een analyse (Meire *et al.*, 2023) blijkt dat de locatie complementair is aan deze van Liefkenshoek, waardoor in de nabije toekomst moet gekeken hoe een nieuwe opstelling op een veilige manier kan worden heropgebouwd.



Figuur – Meetpaal Lillo dag na aanvaring door binnenvaartschip



Figuur 29 – 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 9 – Overzicht eigenschappen multiparametertoestellen en gemeten parameters per locatie anno 2022.

Meetlocatie	Toesteltype	Tijdsinterval	Gemeten parameters									Verticale positie	Absolute positie (mTAW)	Stroomgebied
			Cond	WT	Turb	v	vDIR	pH	O <sub>2</sub>	PPFD	Chfyla			
Prosperpolder	Valeport-CTD	10 min	x	x								Vast	-1,5 m TAW	Beneden-Zeeschelde
Lillo Meetpaal boven/onder (tot 19/9/2022)	Aanderaa Seaguard	5 min	x	x	x	x	x		x			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	Flottend : 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
Kruikeke	YSI	5 min	x	x	x				x	x		Flottend : 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 (tot 10/6/2022)	5 min	x	x	x				x	x	x	Flottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
	EXO (vanaf 10/6/2022)	5 min	x	x	x				x	x	x	Flottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
Schellebelle	YSI (tot 22/11/2022)	5 min	x	x	x				x	x	x	Flottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Boven-Zeeschelde
	EXO (vanaf 22/11/2022)	5 min	x	x	x				x	x	x	Flottend : 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	EXO	5 min	x	x	x				x	x	x	Flottend : 0,7 m onder het wateroppervlak	Variërend met getij	Rupel
Tielrode	YSI	5 min	x	x	x				x	x		Flottend : 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. Volgende foutbronnen, al dan niet veroorzaakt door technische problemen, kunnen worden vastgesteld:

- **Onderhoudsmomenten:** tijdens de onderhoudsmomenten kunnen kortstondig geen data beschikbaar zijn, het gaat hier om een periode van max. 1-2u.
- **Vervanging toestel:** bij het vervangen van een toestel zijn kortstondig geen data beschikbaar, de periode is afhankelijk van de duur van de installatie van het nieuwe toestel. In bepaalde gevallen wordt een kleine sprong in de data vastgesteld (overgang van de 2 meettoestellen).
- **Afwijkende registraties:** afwijkende registraties in de data waarvoor niet altijd een eenduidige verklaring kan gegeven worden. Deze afwijkende waarden worden verwijderd uit de finale meetreeks, gecorrigeerd tijdens het validatieproces of krijgen een kwaliteitscode “suspect” waarna ze niet langer worden opgenomen in verdere data-analyse. Afwijkende registraties kunnen voorkomen door bijvoorbeeld vervuiling van de sensor, drift van de sensor, ...

De belangrijkste vaststelling voor 2022 is het ontbreken van data voor Lillo Meetpaal vanaf midden september. Dit is zoals eerder vermeld te wijten aan de aanvaring van de meetpaal door een binnenschip. De meetpaal werd hierdoor onherstelbaar beschadigd en de metingen stopgezet.

Begin 2022 is er geen data beschikbaar voor de meetposten Lillo Meetpaal (Boven + Onder) en Prosperpolder. Bij Meetpaal Lillo gaat het om de parameters conductiviteit, temperatuur, turbiditeit en stroomsnelheid, bij Prosperpolder gaat het enkel om conductiviteit en temperatuur. De overige 2 parameters worden hier niet gemeten. De storing bij Lillo Meetpaal was te wijten aan technische defecten (het aanspringen van de verliesstroomschakelaar en een defecte conductiviteitsmeter). Bij Prosperpolder lag de oorzaak bij het ontbreken van netvoeding, er werd hiervoor overgeschakeld op interne batterijen.

Andere significante storingen zijn deze bij Liefkenshoek-Veer en Klein-Willebroek aan het einde van het jaar. Deze werden respectievelijk veroorzaakt door een software matig probleem en een grote hoeveelheid drijfvuil die de correcte positie en werking van het toestel en haar sensoren verstoortte.

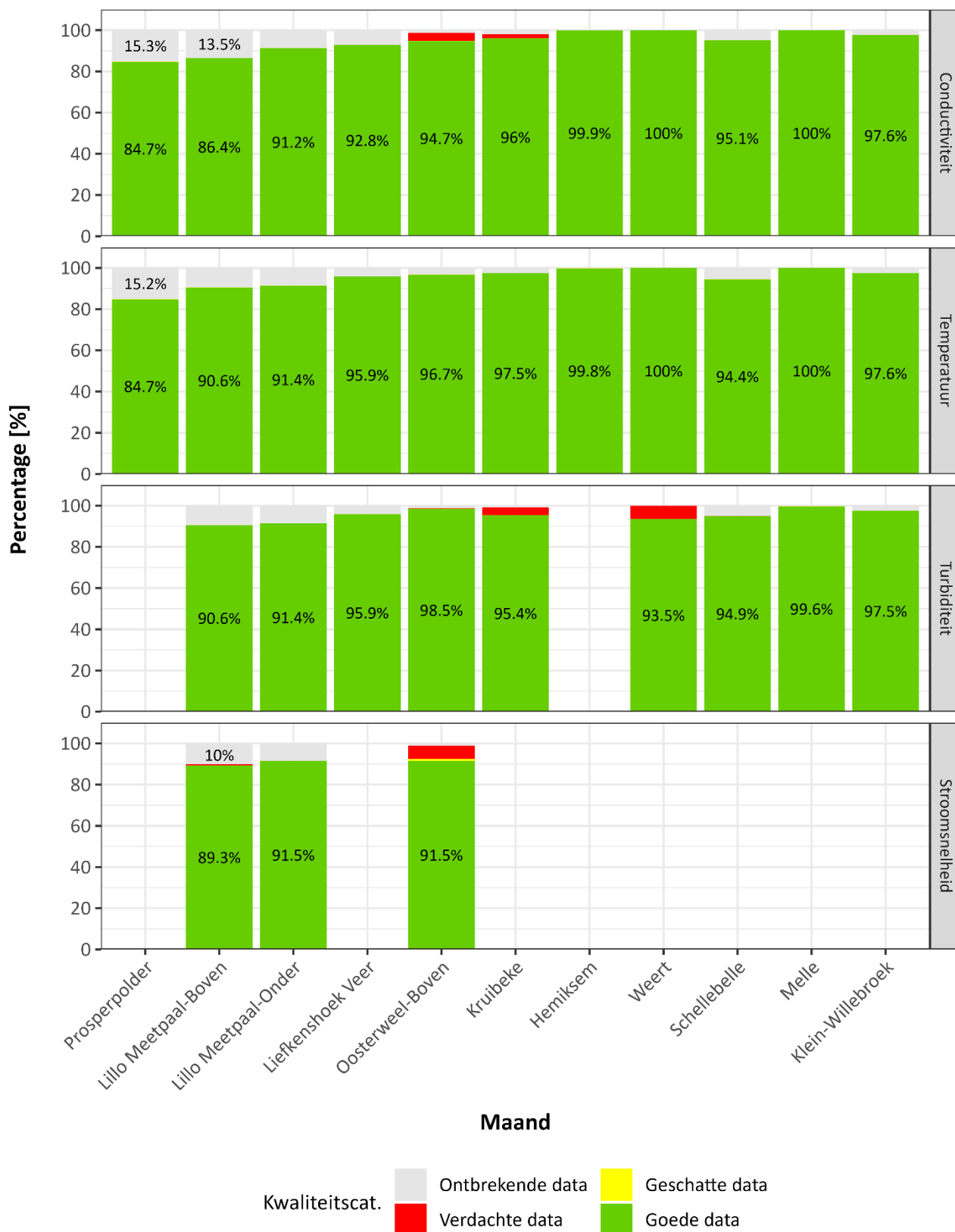
De oorzaak voor de verdachte turbiditeitsdata in januari voor Weert is onduidelijk. De stroomsnelheden te Oosterweel-Boven voor oktober kregen de kwaliteitscode “verdacht” aangezien er zich een aftopping van de data lijkt voor te doen bij 0,99 m/s. Verder “springt” het signaal ook atypisch heen en weer van laag naar hoog t.o.v. andere perioden. Hoewel er wel betrouwbare data beschikbaar is voor de doortij momenten werd de volledige periode op “verdacht” gezet, dit om een bias in de resultaten te vermijden.

De storingen die zich voordoen bij Schellebelle van midden november tot midden december zijn te wijten aan netwerkproblemen.

Een overzicht van de datakwaliteit van de continue fysische parameters voor het jaar 2022 wordt gegeven in Figuur 30 en Figuur 31. Het verloop van de datakwaliteit doorheen het jaar voor de continu gemeten fysische parameters wordt in Figuur 30 getoond. Figuur 31 toont de kwaliteit van de metingen in verhouding tot de periode dat er is gemeten. Dat is niet noodzakelijk een volledig jaar (b.v. Meetpaal Lillo).



Figuur 30 – Overzicht van de datakwaliteit per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters (meetfrequentie 5 min) voor 2022. Voor Prosperpolder en Hemiksem is de frequentie van conductiviteit en temperatuur lager (10 min).



Figuur 31 – Percentage van de datakwaliteitscategorieën per parameter en per station voor de continue metingen fysische parameters in 2022, voorgesteld in Figuur 30. Percentages worden getoond wanneer groter dan 10%.

#### 4.1.3 Data-analyse

Om het typische verloop van de fysische parameters in functie van het getij te kunnen bepalen, is op iedere locatie het moment van kentering geïdentificeerd met daartussen eb en vloed. Dit kenteringsmoment is bepaald in functie van het hoog- en laagwatertijdstip, geregistreerd op dezelfde of een nabijgelegen locatie. Het moment van kentering bevindt zich echter na het moment van hoog- en laagwater. In (Vandenbruwaene *et al.*, 2016) is deze tijdsvertraging voor kentering geanalyseerd en op basis van deze analyse is er sinds MONEOS 2017 besloten om één gemiddelde tijdvertraging te hanteren voor de volledige Zeeschelde, zijnde kentering 30 minuten na laagwater en 45 minuten na hoogwater.

Rond elk kenteringstijdstip is een kenteringsinterval bepaald van twee uren, waarbij het interval één uur voor en één uur na het kenteringstijdstip beslaat. Het kenteringsinterval rond hoogwater wordt aangeduid als “kentering hoogwater” (KHW), het kenteringsinterval rond laagwater wordt aangeduid als “kentering laagwater” (KLW). Tussen KHW en KLW zijn vervolgens de eb- en vloedfases afgeleid. De ebfase gaat van KHW naar KLW, de vloedfase gaat van KLW naar KHW. Voor elke getijfase, zijnde vloed, eb, KHW en KLW zijn er voor de verschillende fysische parameters verschillende statistieken berekend (Figuur 8) met data van goede kwaliteit (i.e. observaties die gevlagd werden als verdacht worden niet meegenomen). De statistieken zijn gepresenteerd in §4.1.4 tot en met §4.1.7 in voorliggend MONEOS rapport.

Tabel 10 – Berekende statistieken voor de gemeten fysische parameters gedurende de verschillende getijfasen.  
 KLW = Kentering bij laagwater, KHW = Kentering hoogwater.

Parameter	Getijfase	Statistiek
Stroomsnelheid	Vloed	Gemiddelde en maximum
Stroomsnelheid	Eb	Gemiddelde en maximum
Temperatuur	KHW	Gemiddelde
Temperatuur	KLW	Gemiddelde
Saliniteit	KHW	Maximum
Saliniteit	KLW	Minimum
Suspensiegehalte	KHW	Minimum
Suspensiegehalte	KLW	Minimum
Suspensiegehalte	Vloed	Gemiddelde en maximum
Suspensiegehalte	Eb	Gemiddelde en maximum

Of een statistiek van een individuele getijfase geselecteerd is voor visualisatie in de scatterplots en verdere opname in de boxplots en de berekening van de jaarstatistieken, hangt af van de kwaliteit van de data binnen elke individuele getijfase. Om als individuele getijfase geselecteerd te worden, dient minimaal 90% van de gegevens in die getijfase van goede kwaliteit te zijn. Vervolgens kan gekeken worden naar het percentage goede getijfasen in het beschouwde kalenderjaar per locatie. Wanneer minder dan 90% van de getijfasen van een locatie van goede kwaliteit waren, is de boxplot voor deze locatie transparant gemaakt om aan te geven dat het kalenderjaar mogelijk onvoldoende vertegenwoordigd is met goede data. In de tabel met de jaarstatistieken kan vervolgens, naast de enkele beschrijvende jaarstatistieken, het exacte percentage aan kwalitatieve getijfasen teruggevonden worden per locatie en getijfase.

Voor de ensemble analyses van de stroomsnelheid is er een onderscheid gemaakt tussen springtij-, doottij- en gemiddelde tijcondities (Figuur 36 en Figuur 37). In een eerste stap zijn de hoogwaters tijdens springtij en doottij toegewezen op basis van de astronomisch voorspelde tijdstippen. Vervolgens zijn er voorafgaand en aansluitend rond de vastgelegde hoogwaters nog twee hoogwaters meegenomen als spring- en doottij, om zodoende 8 tot 9 procent van de getijden te bestempelen als springtij en een gelijk aantal als doottij. De overige getijden zijn meegenomen als gemiddeld tij.

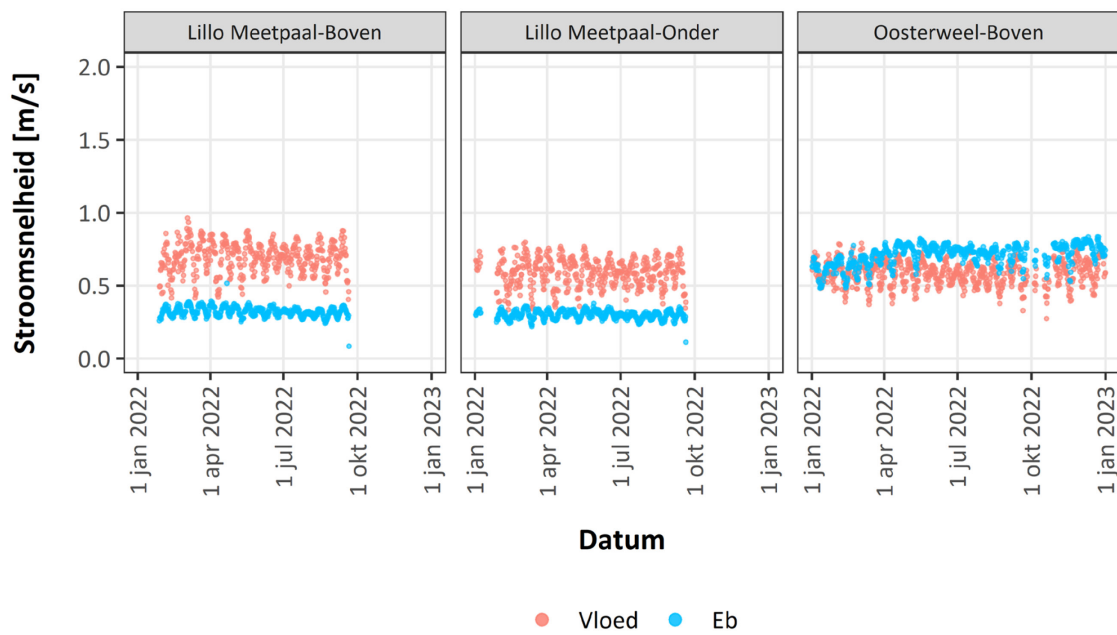
#### 4.1.4 Verloop van stroomsnelheid

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).

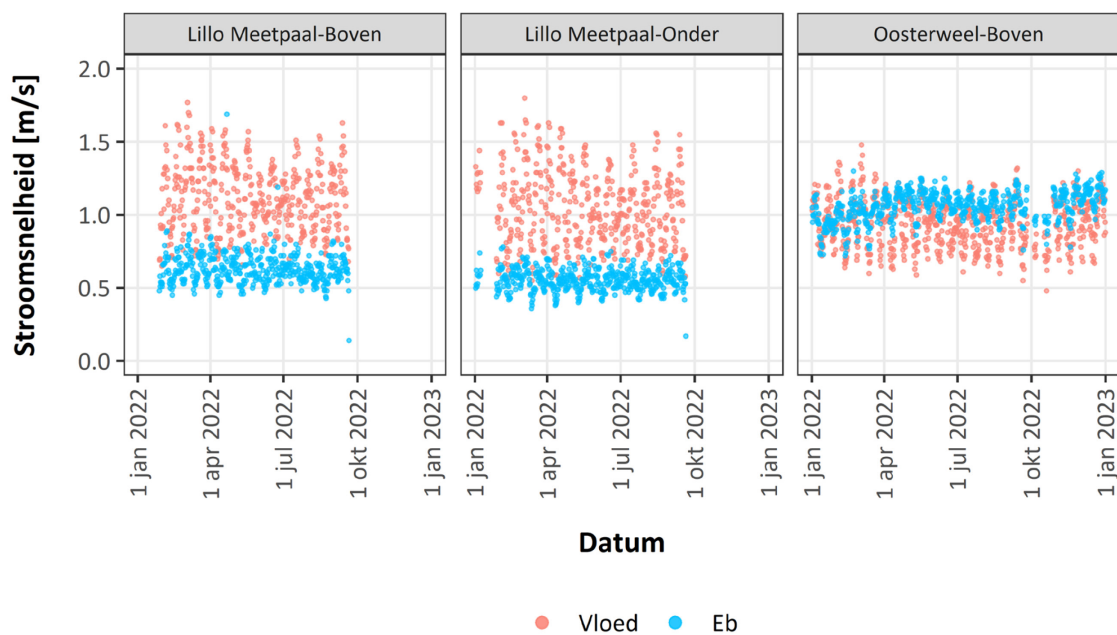
Het verloop van de stroomsnelheid toont voor Lillo Meetpaal-Boven hogere waarden bij vloed dan bij eb, voor zowel de gemiddelde als de maximumwaarden (Figuur 32 en Figuur 33). Dit is ook terug te zien in de jaarwaarden (Figuur 34), waarbij voor Lillo Meetpaal-Boven de gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed 0,69 m/s bedraagt en tijdens eb 0,32 m/s (Tabel 11). Voor Lillo Meetpaal-Onder worden dezelfde patronen waargenomen. De stroomsnelheid ligt over het algemeen iets lager in vergelijking met de bovenste sensor (Figuur 34 en Figuur 35). Ter hoogte van Oosterweel zijn de stroomsnelheden tijdens vloed en eb wel vergelijkbaar met elkaar (Figuur 32), hoewel de gemiddelde waarden voor eb iets hoger liggen dan bij vloed. De gemiddelde jaarwaarde tijdens vloed bedraagt 0,59 m/s, tijdens eb ligt deze iets hoger en bedraagt deze 0,71 m/s. Merk ook op dat de data voor Lillo Meetpaal voor 2022 beneden de kwaliteitsdrempel liggen, door de aanvaring van de meetpaal eind september.

De ensemble analyse van de stroomsnelheid over de verschillende getijcycli (LW-HW cyclus en dootij-springtij cyclus) toont de sterke afname in stroomsnelheid tijdens kentering (ongeveer 30-60 minuten na HW), en de algemene toename in stroomsnelheid gaande van dootij- naar springtijcondities (Figuur 36). 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 (Figuur 35, Figuur 36). Wanneer we het stroomsnelheidsprofiel van 2022 over de verschillende getijcycli vergelijken met de beschikbare historische data (Figuur 37), dan merken we op dat de mediaan van 2022 nagenoeg altijd binnen de grenzen van het 25<sup>e</sup> en 75<sup>e</sup> percentiel van de historische data valt. Twee tot vier uur na HW was de stroomsnelheid eerder iets lager ter hoogte van Lillo Meetpaal-Boven voor de dootij-springtij cyclus van 2022 t.o.v. het gemiddelde van voorgaande jaren. Bij Lillo Meetpaal-Onder zijn deze waarden zeer gelijkaardig. De historische vergelijking van 2022 van de stroomsnelheid over een LW-HW cyclus (ensemble analyse) voor dootij, gemiddeld tij en springtij toont de lagere stroomsnelheden genoteerd voor Oosterweel-Boven in de uren voorafgaand HW. In de uren na HW, vooral vanaf HW+4u, zijn de stroomsnelheden voor 2022 significant hoger in vergelijking met de historische trend. Voor de springtij cyclus vallen de waarden van 2022 zelfs buiten de P10 – P90 (2001 – 2021) grenzen.

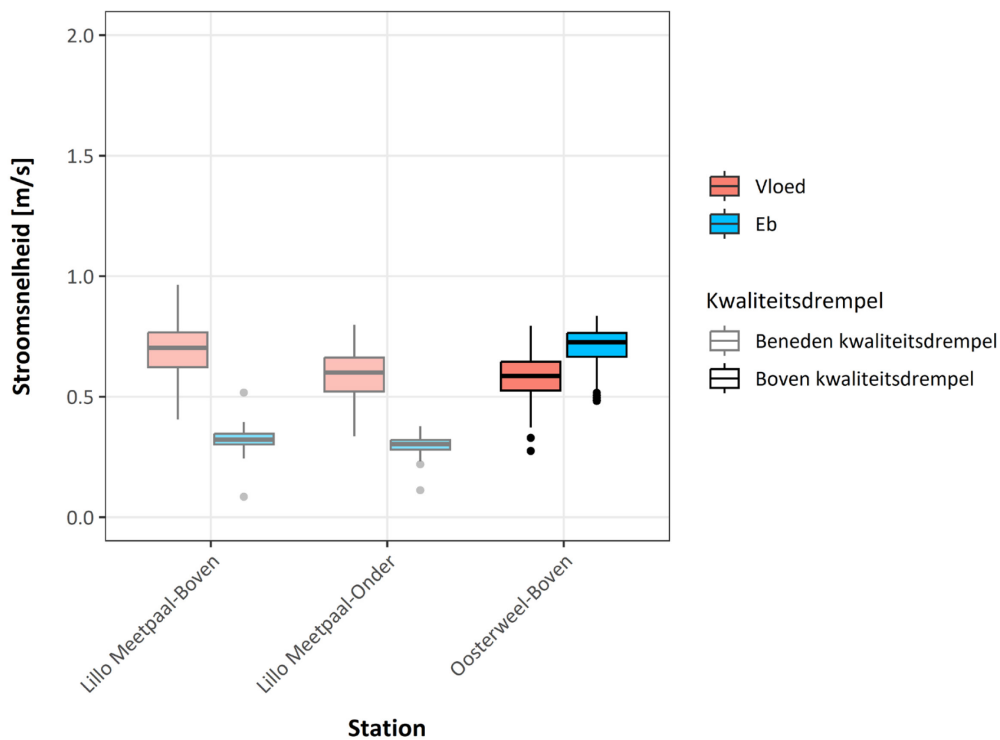
Beschouwen we het langjarig verloop in gemiddelde stroomsnelheid bij eb en vloed, dan zijn de jaarstatistieken voor 2022 weinig verschillend ten opzichte van de 3 voorgaande jaren, hoewel deze voor Oosterweel-Boven eerder aan de lage kant liggen (Figuur 38).



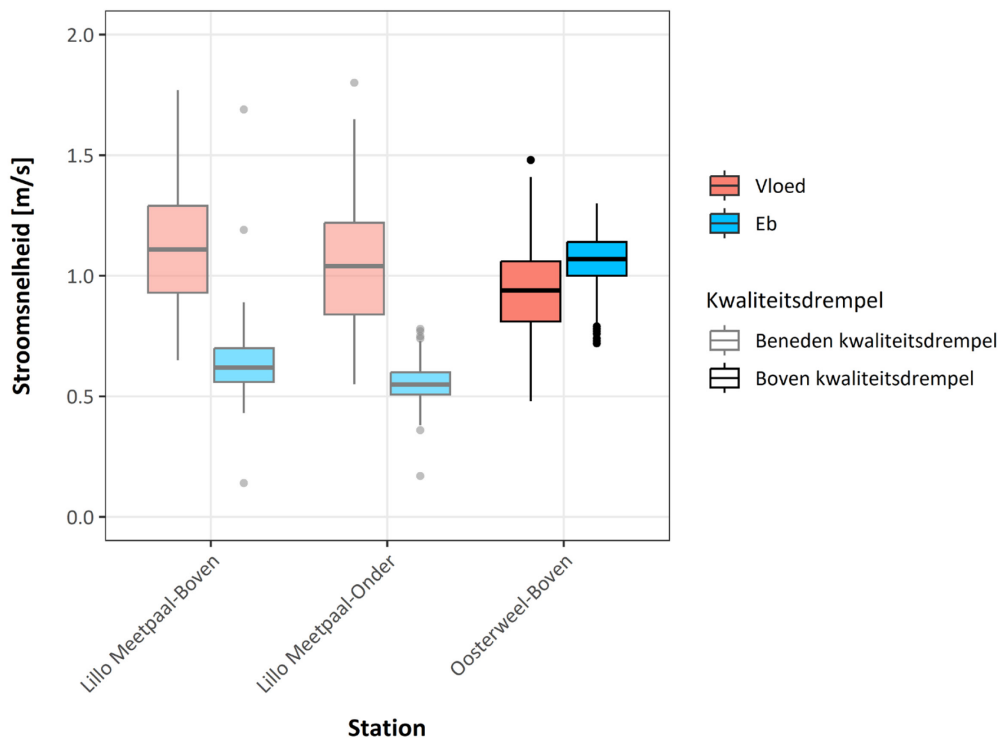
Figuur 32 – Verloop van de gemiddelde stroomsnelheid in 2022 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



Figuur 33 – Verloop van de maximale stroomsnelheid in 2022 tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.



Figuur 34 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

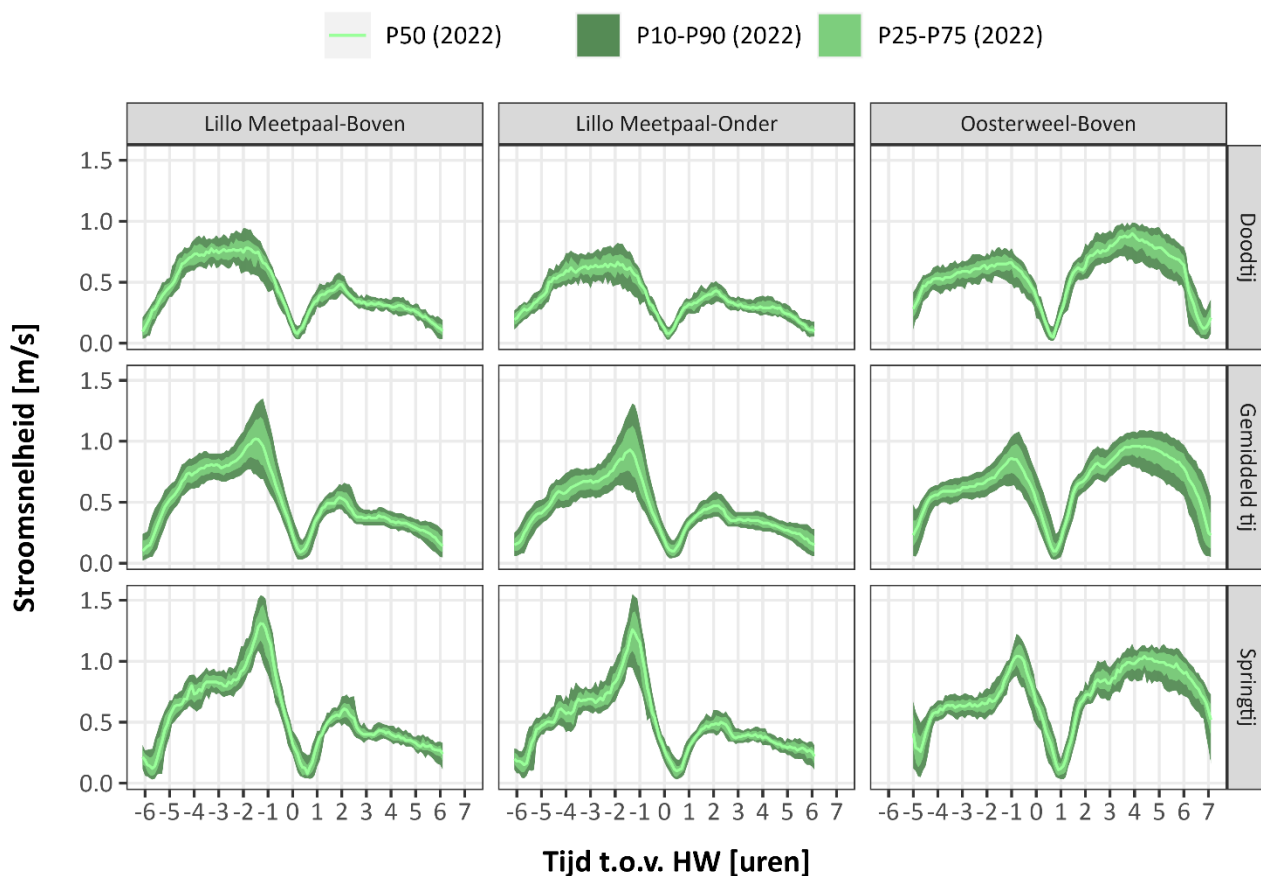


Figuur 35 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor maximale stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

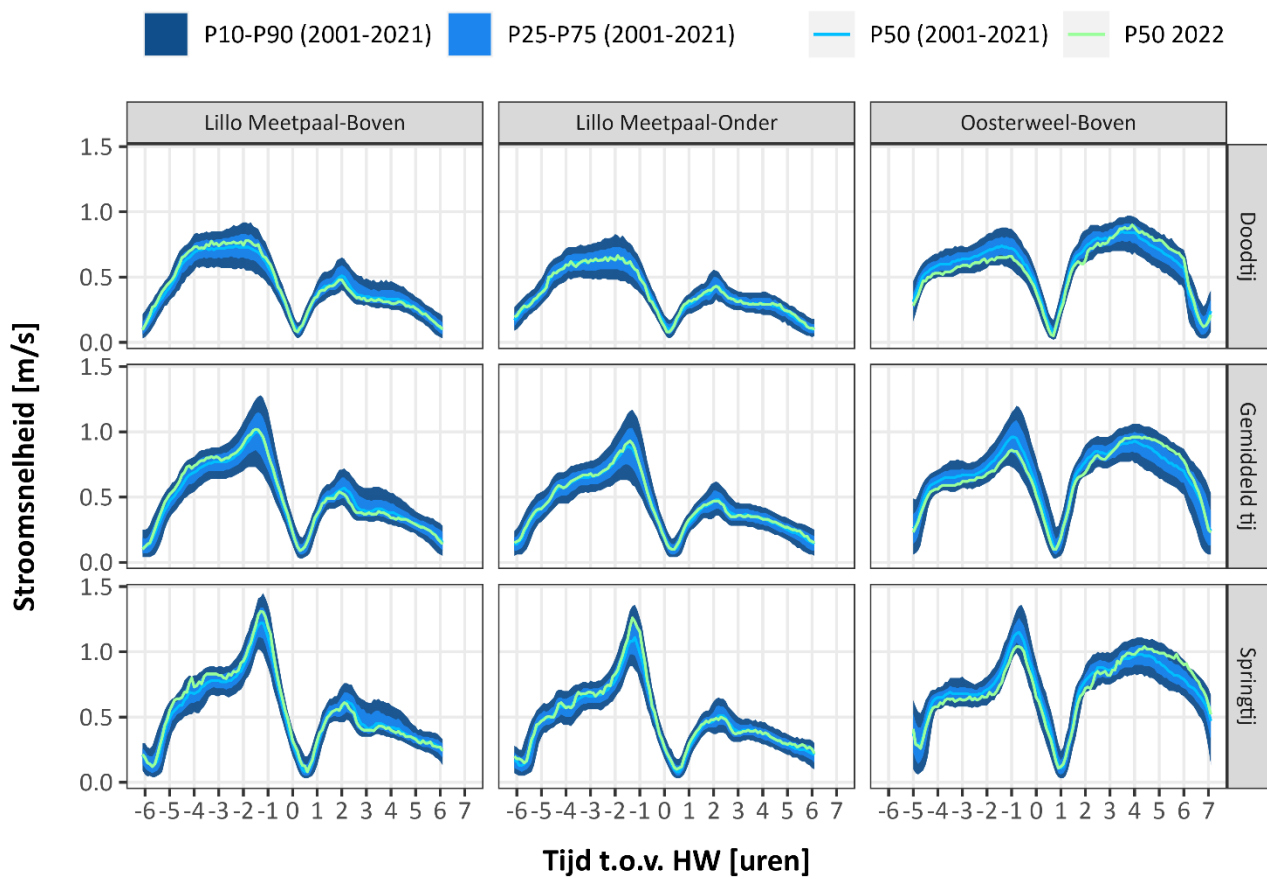


Tabel 11 – Overzicht jaarstatistiek (2022) voor stroomsnelheid (m/s) tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.  
 Data in grijs weergegeven bevindt zich beneden de kwaliteitsdrempel.

Station	Getij fase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	Gemiddelde maxima ± SD	p25 max.	p50 max.	p75 max.
Lillo Meetpaal-Boven	Vloed	63,6	0,69 ± 0,1	0,62	0,7	0,77	1,12 ± 0,23	0,93	1,11	1,29
Lillo Meetpaal-Boven	Eb	63,9	0,32 ± 0,03	0,3	0,32	0,35	0,63 ± 0,11	0,56	0,62	0,7
Lillo Meetpaal-Onder	Vloed	65,3	0,59 ± 0,1	0,52	0,6	0,66	1,05 ± 0,25	0,84	1,04	1,22
Lillo Meetpaal-Onder	Eb	65,7	0,3 ± 0,03	0,28	0,3	0,32	0,55 ± 0,08	0,51	0,55	0,6
Oosterweel-Boven	Vloed	91,9	0,59 ± 0,08	0,53	0,59	0,65	0,94 ± 0,17	0,81	0,94	1,06
Oosterweel-Boven	Eb	90,4	0,71 ± 0,07	0,67	0,73	0,77	1,06 ± 0,1	1	1,07	1,14

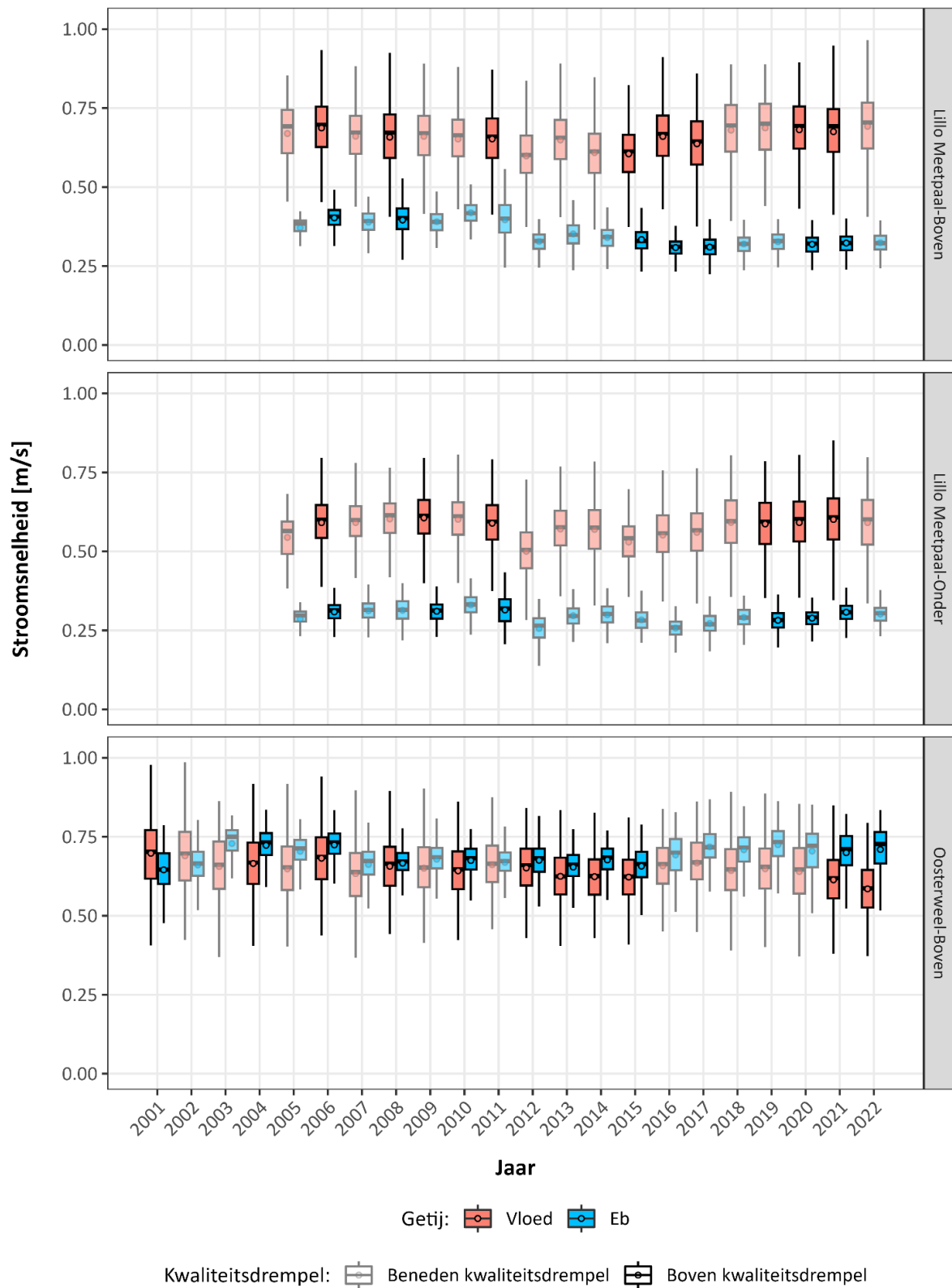


Figuur 36 – Karakteristiek verloop voor 2022 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doodtij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel. Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.



Figuur 37 – Historische vergelijking van 2022 van de stroomsnelheid over een getijcyclus (ensemble analyse) voor doottij, gemiddeld tij en springtij ter hoogte van Lillo Meetpaal (data vanaf 2005<sup>4</sup>) en Oosterweel (data vanaf 2001). Relatieve tijd is t.o.v. HW in Antwerpen.

<sup>4</sup> Metingen vinden vanaf 30/09/2015 plaats op de locatie Meetpaal-Lillo, voorheen werd er ter hoogte van Boei 82 (vanaf 14/09/2011) en Boei 84 (vanaf 21/09/2005) gemeten.



Figuur 38 – Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor stroomsnelheid tijdens vloed en eb voor de verschillende meetstations.

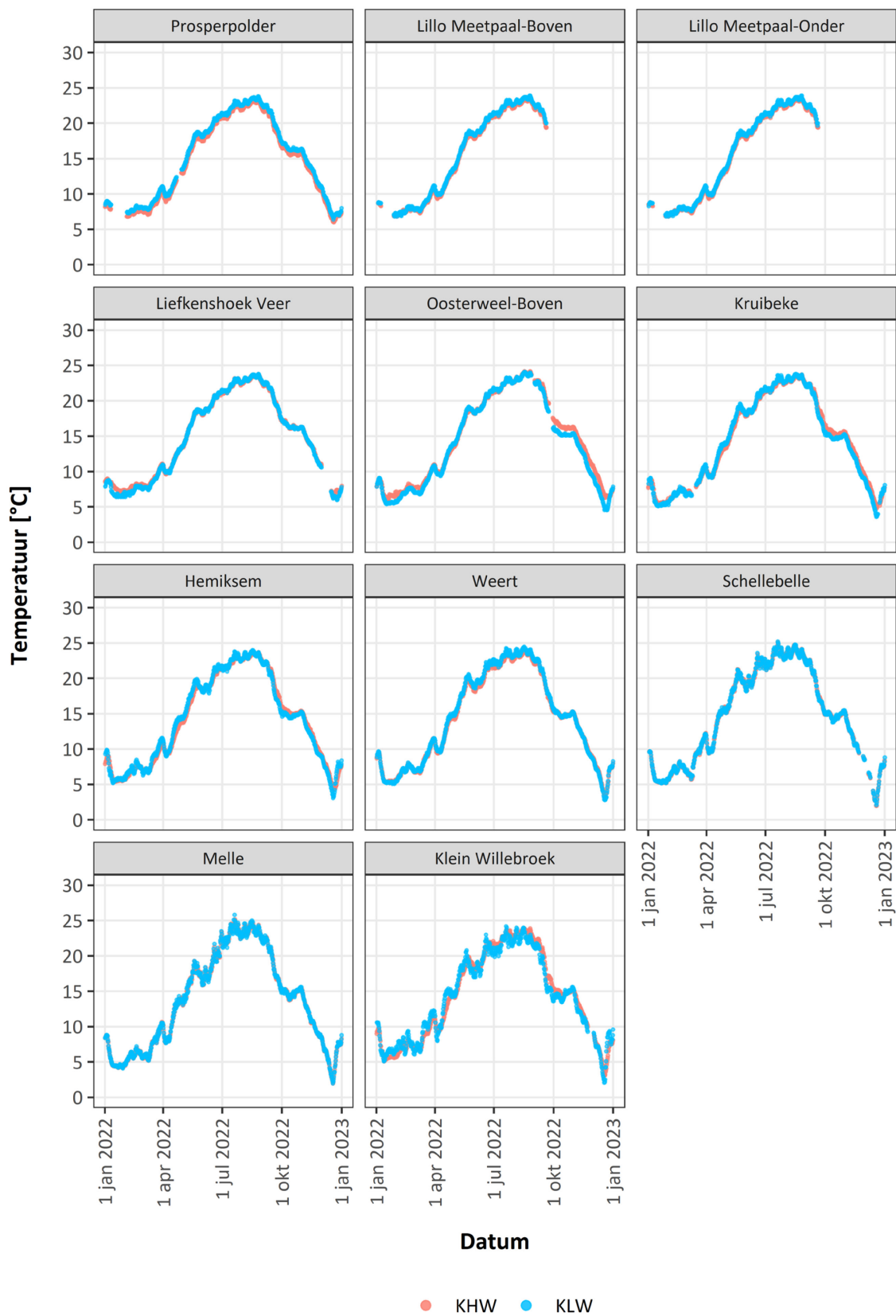
#### 4.1.5 Verloop watertemperatuur

Het temperatuursverloop tijdens KHW en KLW over een volledig jaar toont voor alle meetstations een seizoenale trend die duidelijk gecorreleerd is met de luchttemperatuur (Figuur 39). Eind december is er een koudepiek waarbij de temperatuur daalt tot ongeveer 2°C bij de meetposten Melle, Schellebelle en Klein-Willebroek. Bij de overige meetposten varieert deze rond de 5°C. De hoogste watertemperatuur wordt bereikt tijdens de zomermaanden met waarden in de range van 20-25° C (Figuur 39). De jaarstatistieken tonen weinig variatie tussen de stations onderling, met uitzondering van de meer extreme temperaturen, waarbij de spreiding van de boxplots toeneemt naarmate men stroomopwaarts gaat (Figuur 41). Dit heeft te maken met de grotere impact van de bovenafvoer stroomopwaarts en de bufferende werking van het zeewater stroomafwaarts.

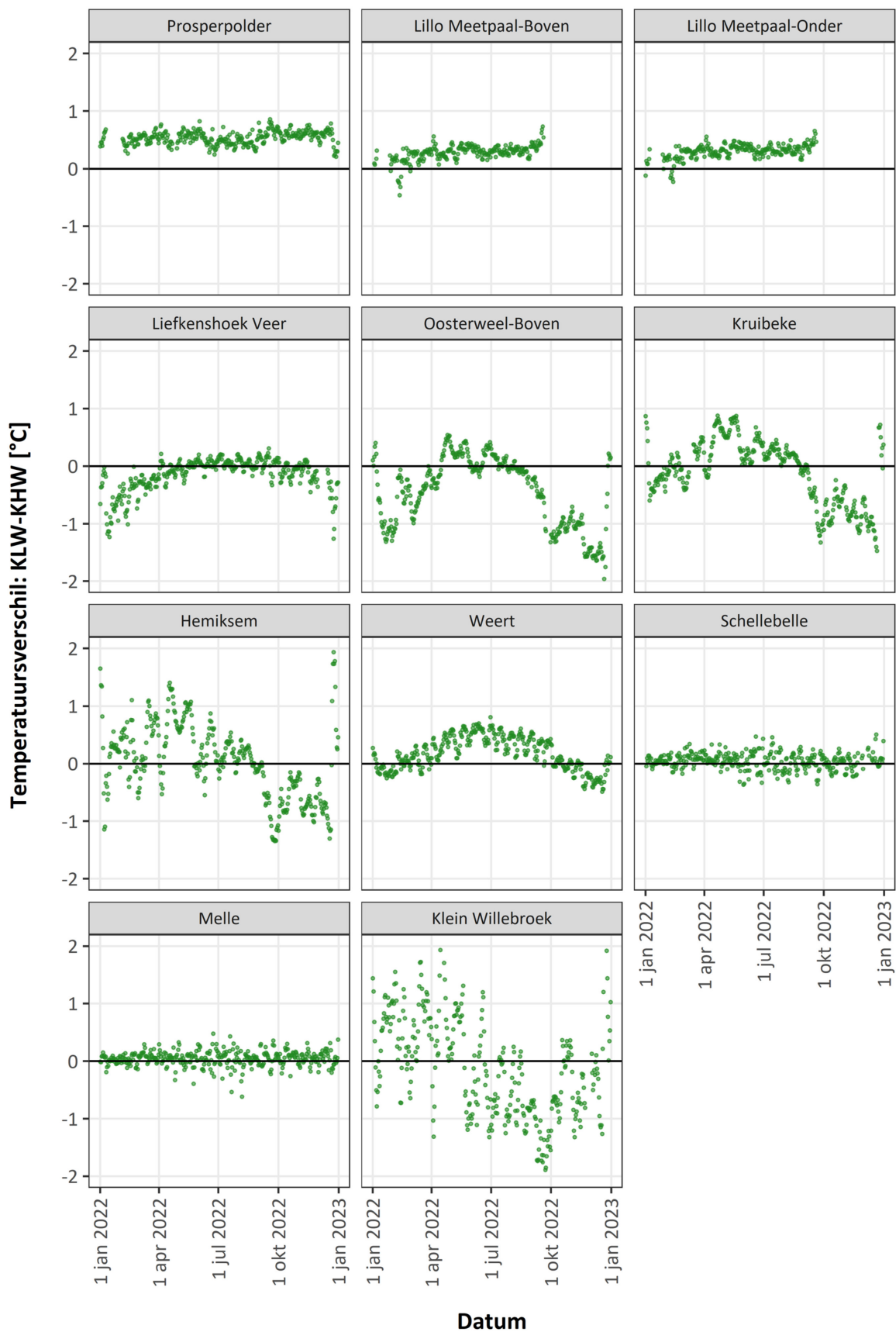
De bufferende werking van het zeewater is daarnaast ook zichtbaar in het temperatuurverschil tussen KLW en KHW doorheen het jaar. Voor de afwaartse stations Prosperpolder en Lillo Meetpaal is de temperatuur tijdens KLW altijd hoger dan tijdens KHW (Figuur 40). Het kleinere watervolume tijdens KLW zal 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 Figuur 44) waardoor er bijgevolg geen temperatuurverschil is tussen KHW en KLW.

Het temperatuursverloop en de jaarstatistieken voor Lillo Meetpaal-Boven en -Onder zijn nagenoeg identiek (Figuur 39 - Figuur 41). Dit duidt er op dat voor temperatuur we te maken hebben met een goed gemengd systeem. Een detailoverzicht van de jaarstatistieken is terug te vinden in Bijlage E: Overzicht jaarstatistieken fysische parameters.

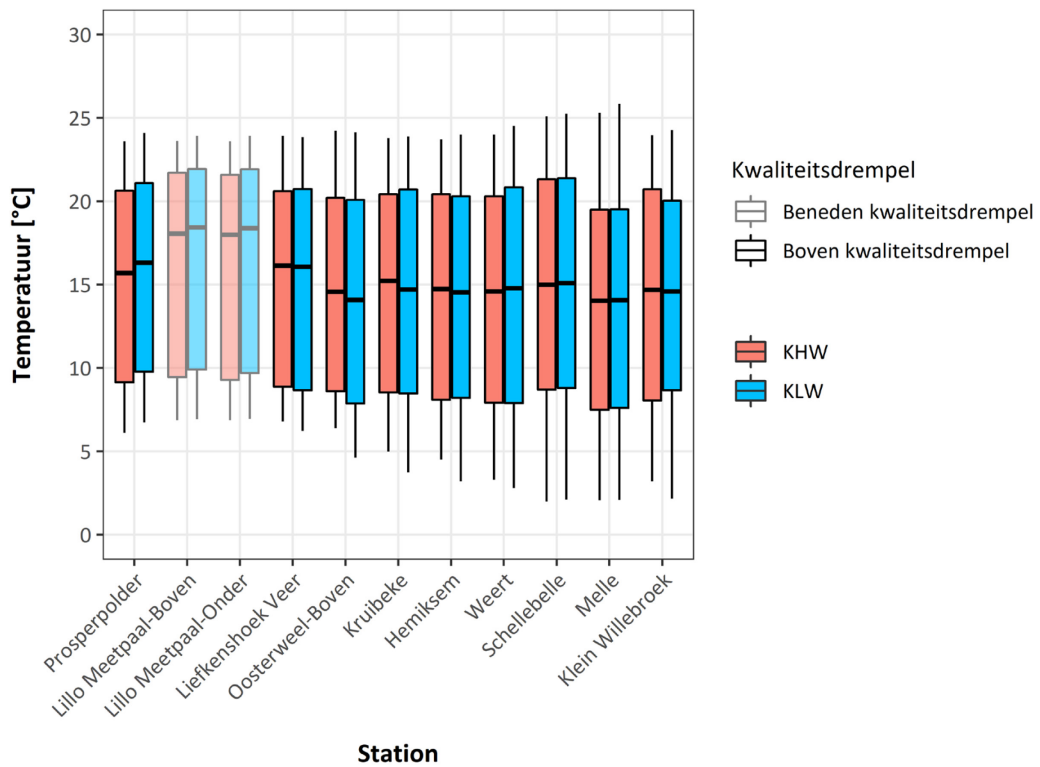
Tenslotte geven Figuur 42 en Figuur 43 de evolutie in jaarstatistieken weer voor de verschillende meetstations (Gemiddelden bij KHW/KLW). De resultaten voor 2022 liggen voor alle meetposten in lijn met voorgaande jaren, hoewel de mediaan bij KHW/KLW bij Lillo Meetpaal (Boven + Onder) wel duidelijk verhoogd is.



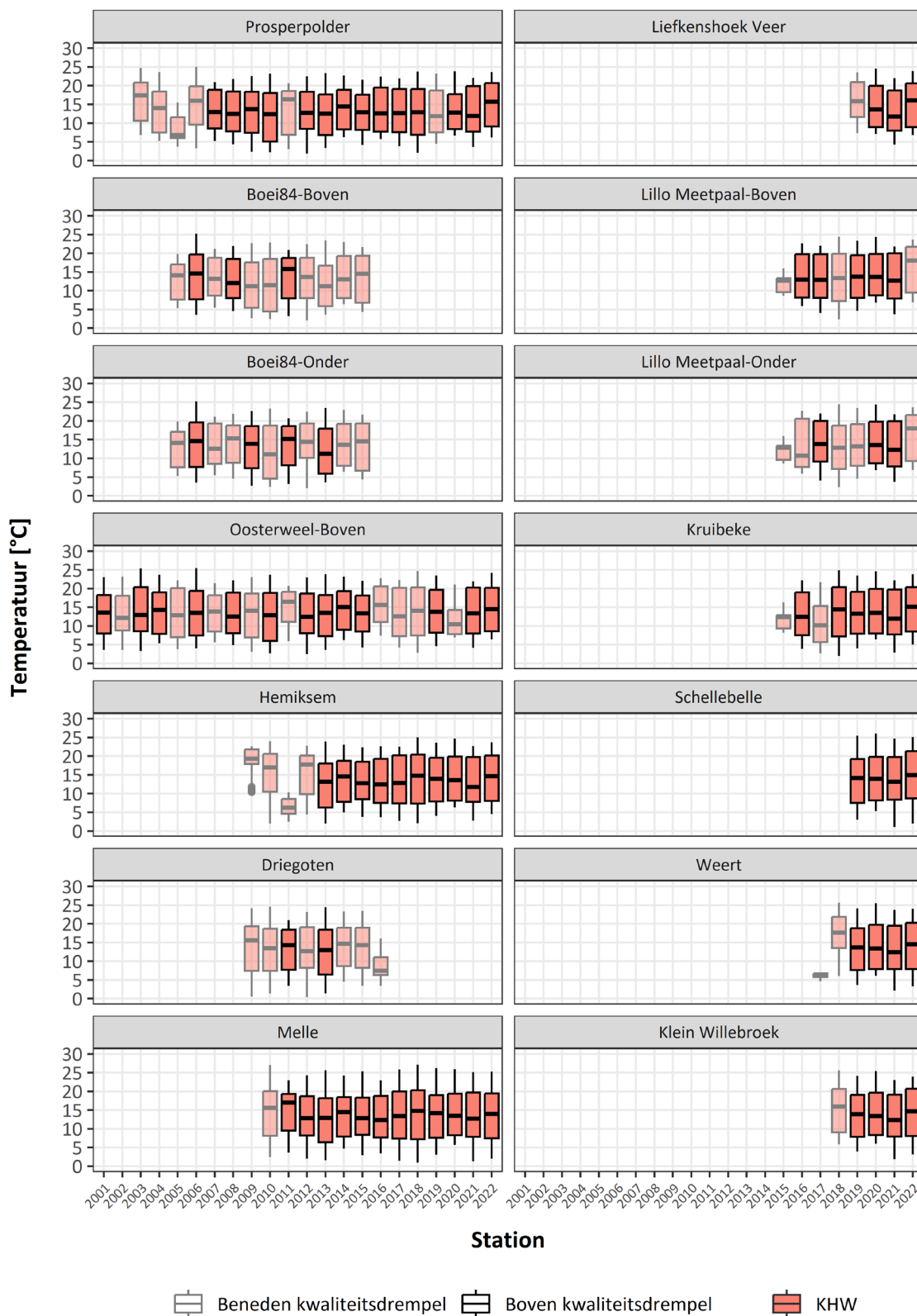
Figuur 39 – Seizoenaal verloop temperatuur bij KHW en KLV (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations in 2022.



Figuur 40 – Seizoenaal verloop temperatuursverschil tussen KLW en KHW (gemiddeldes KLW min gemiddeldes KHW) voor de verschillende meetstations.

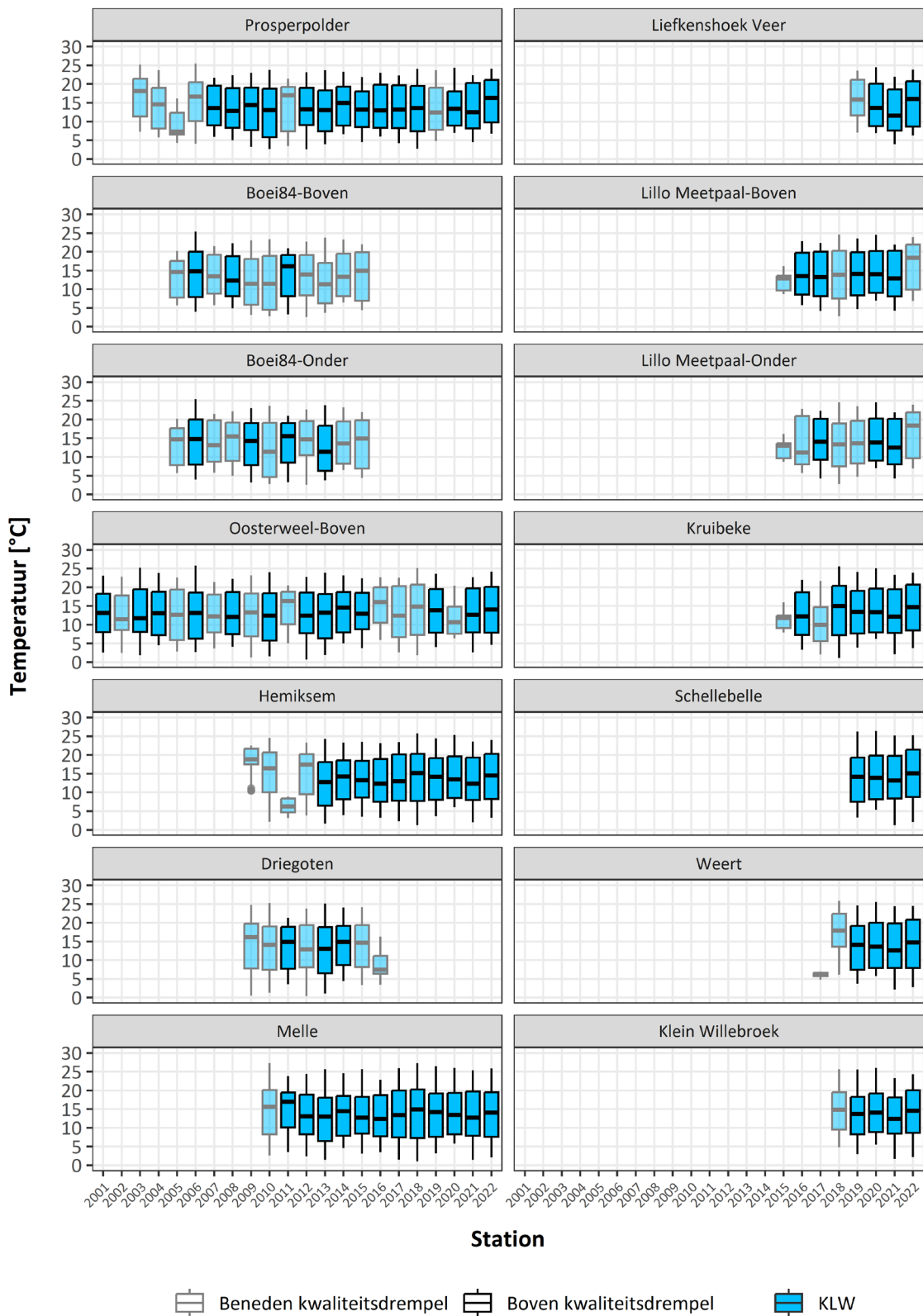


Figuur 41 – Jaarstatistieken voor temperatuur KHW en KLW (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



Figuur 42 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KHW voor de verschillende meetstations.





Figuur 43 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor watertemperatuur tijdens KLW voor de verschillende meetstations

#### 4.1.6 Verloop saliniteit

Op basis van de conductiviteit- en temperatuurmetingen 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 PSU<sup>5</sup>. Voorzichtigheid is dus geboden bij de interpretatie van PSU waarden < 2.

Algemeen is er een duidelijke saliniteitsgradiënt doorheen het Schelde estuarium. Afwaartse stations (grootste invloed zeewater) hebben een hogere saliniteit dan de opwaartse stations (Figuur 45). Daarnaast is het saliniteitverloop 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 44). 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 2022 tonen de afwaartse posten een lage saliniteit begin januari, in de maand februari en eind december (Figuur 44). De aanvoer van zoet water richting Schelde estuarium was in deze maanden dan ook hoog (zie §3, Figuur 17, Figuur 21 en Figuur 23). De volgende periode was droger waardoor de saliniteit steeg, tot zo'n 19 PSU bij KHW in Prosperpolder eind augustus/begin september.

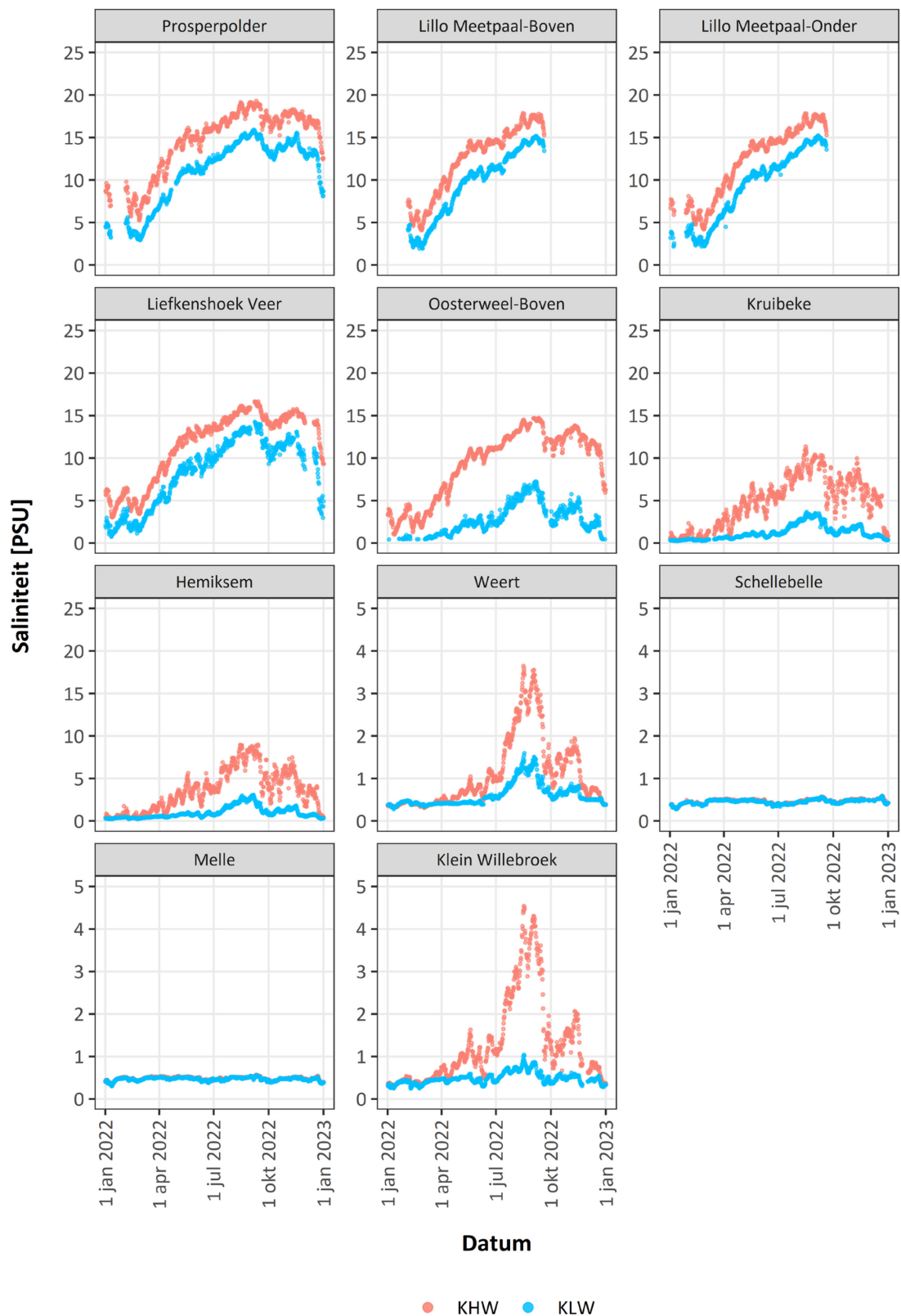
De relatie tussen de bovenafvoer en de saliniteit wordt ook weergegeven in Figuur 46. Er is gekozen om deze relatie weer te geven voor Oosterweel, aangezien hiervoor de langste dataset (continue metingen sinds 2002) beschikbaar is. De relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de verblijftijd (Figuur 46 - links) toont een geknikte lineaire toename in saliniteit bij toenemende verblijftijden. Voor verblijftijden korter dan 20 dagen is de toename in saliniteit sterker dan de toename voor verblijftijden langer dan 40 dagen. De puntenkoppels voor 2022 vallen binnen de variatie die ook voor de eerdere jaren terug te vinden is.

De relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de bovenafvoer (Figuur 46 – rechts) toont een (eerder exponentiële) afname in saliniteit bij toenemende bovenafvoer. Met name bij een bovenafvoer beneden 50 m<sup>3</sup>/s is deze relatie duidelijk aanwezig, voor hogere bovenafvoeren is de spreiding aanzienlijk. De puntenkoppels voor 2022 vallen ook hier binnen de variatie die ook voor de eerdere jaren terug te vinden is. Een overzicht van de jaarstatistieken is terug te vinden in Bijlage E: Overzicht jaarstatistieken fysische parameters.

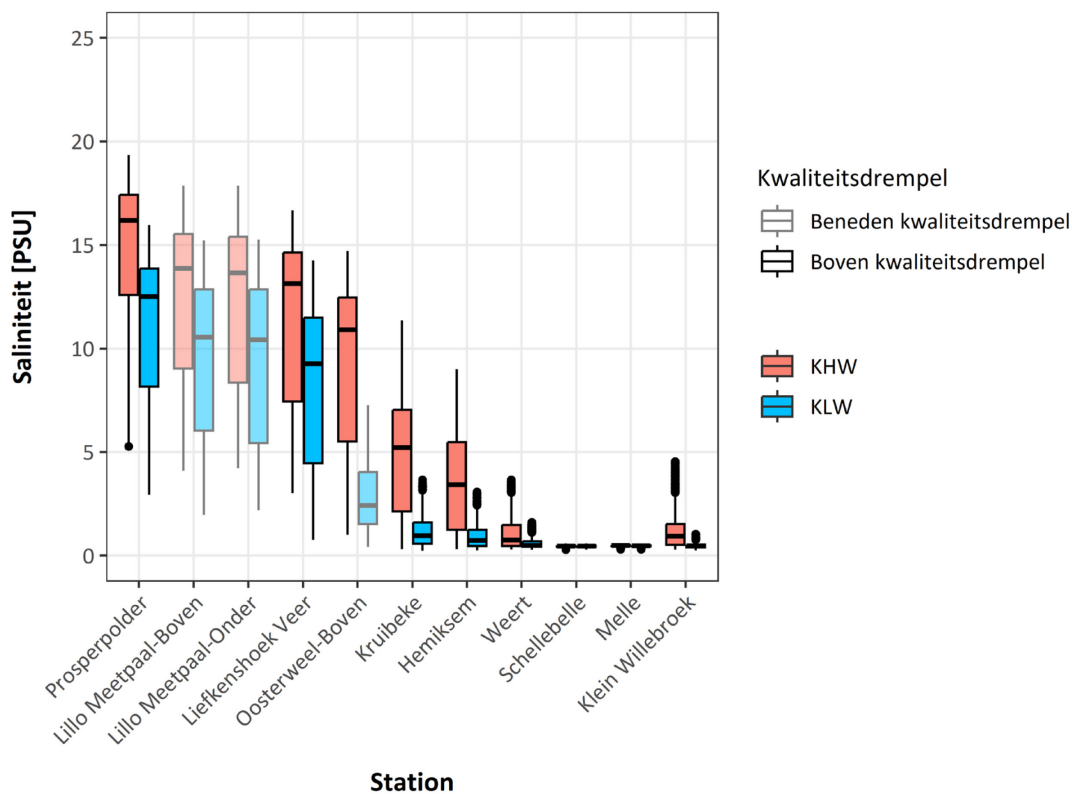
Figuur 47 en Figuur 48 geven tenslotte de langjarige evolutie in KHW max en KLW min voor de verschillende meetposten. Hoewel de resultaten voor 2022 binnen de range van voorgaande jaren vallen is er binnen de meetposten vaak wel een redelijke fluctuatie (vooral bij KHW max).

---

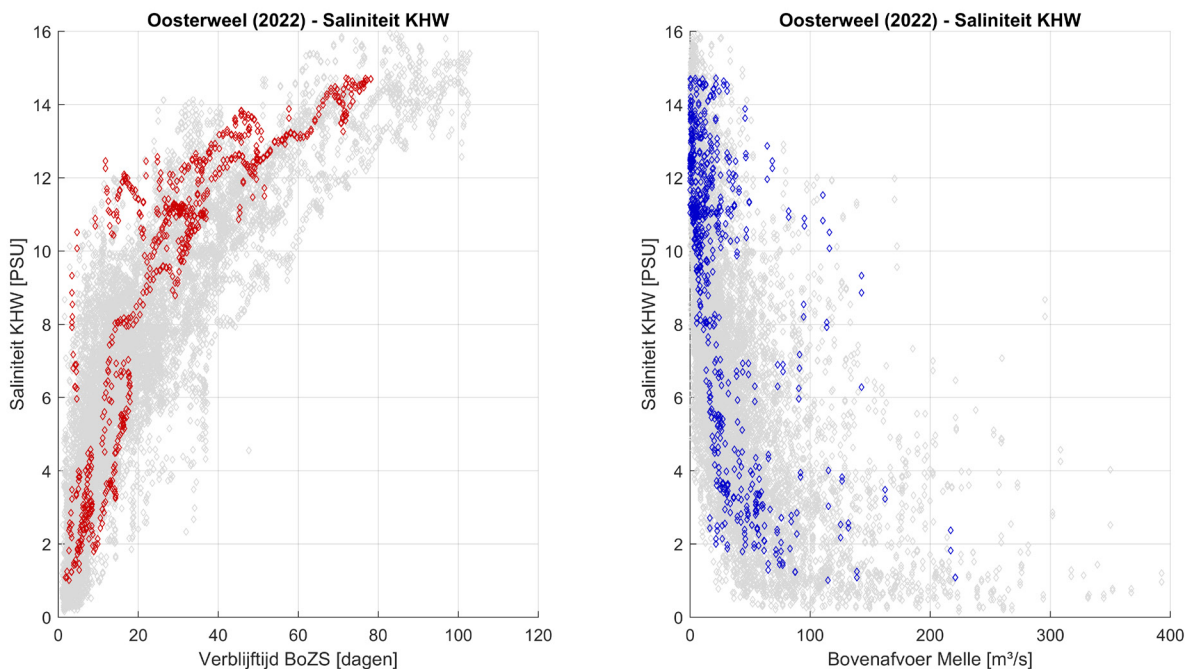
<sup>5</sup> Practical Salinity Unit. Zeewater is euhalien en reikt van 30-35 PSU. Brak water heeft een saliniteit van 0,5 tot 29 PSU wat volgens het *Venice System* verder kan onderverdeeld worden in: polyhalien (30-18 PSU), mesohalien (18-5 PSU) en oligohalien (5-0,5 PSU). Meer info in De Boeck *et al.* (2014).



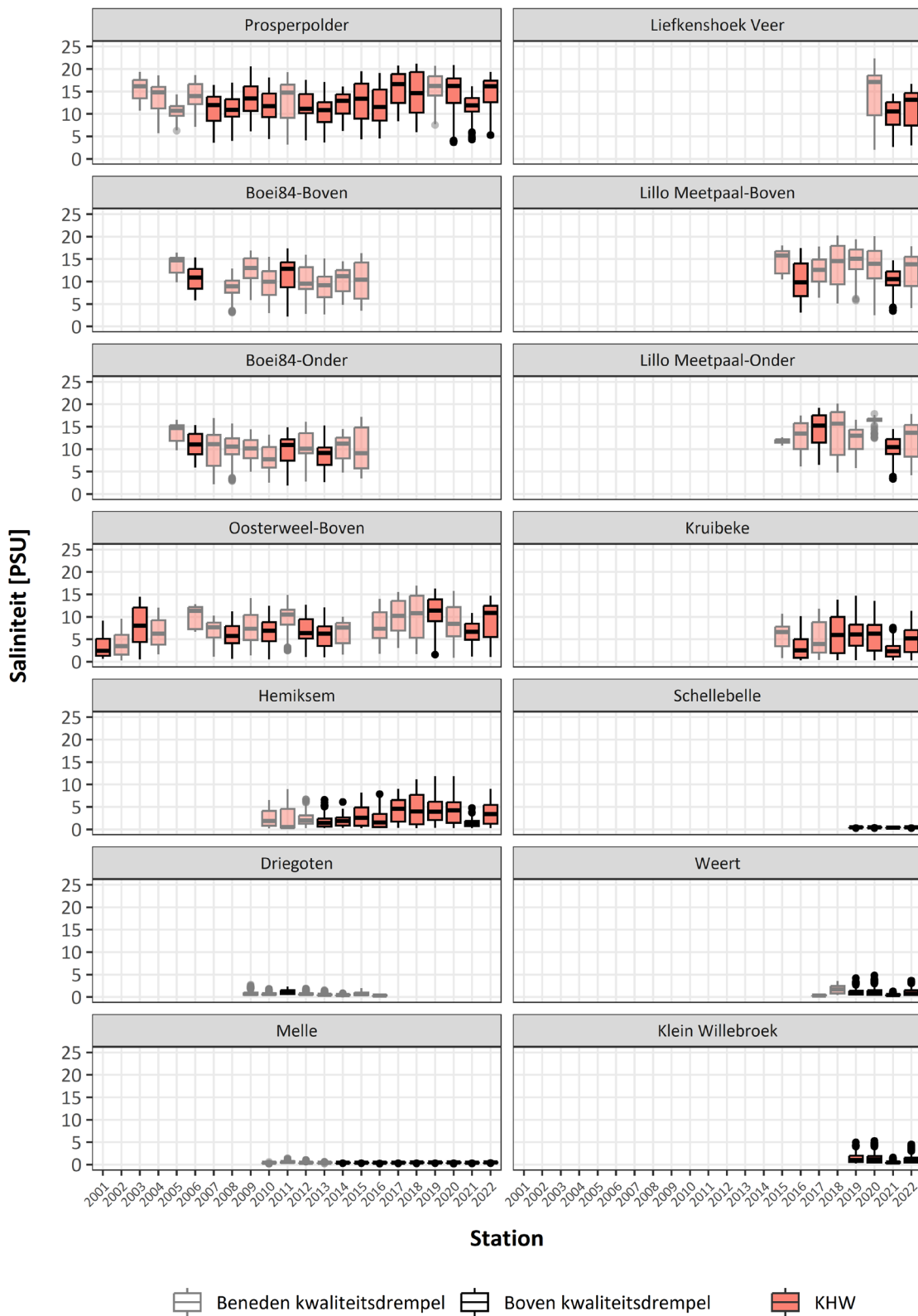
Figuur 44 – Seizoenaal verloop van de saliniteit KHW max en KLW min voor 2022 bij de verschillende meetstations.



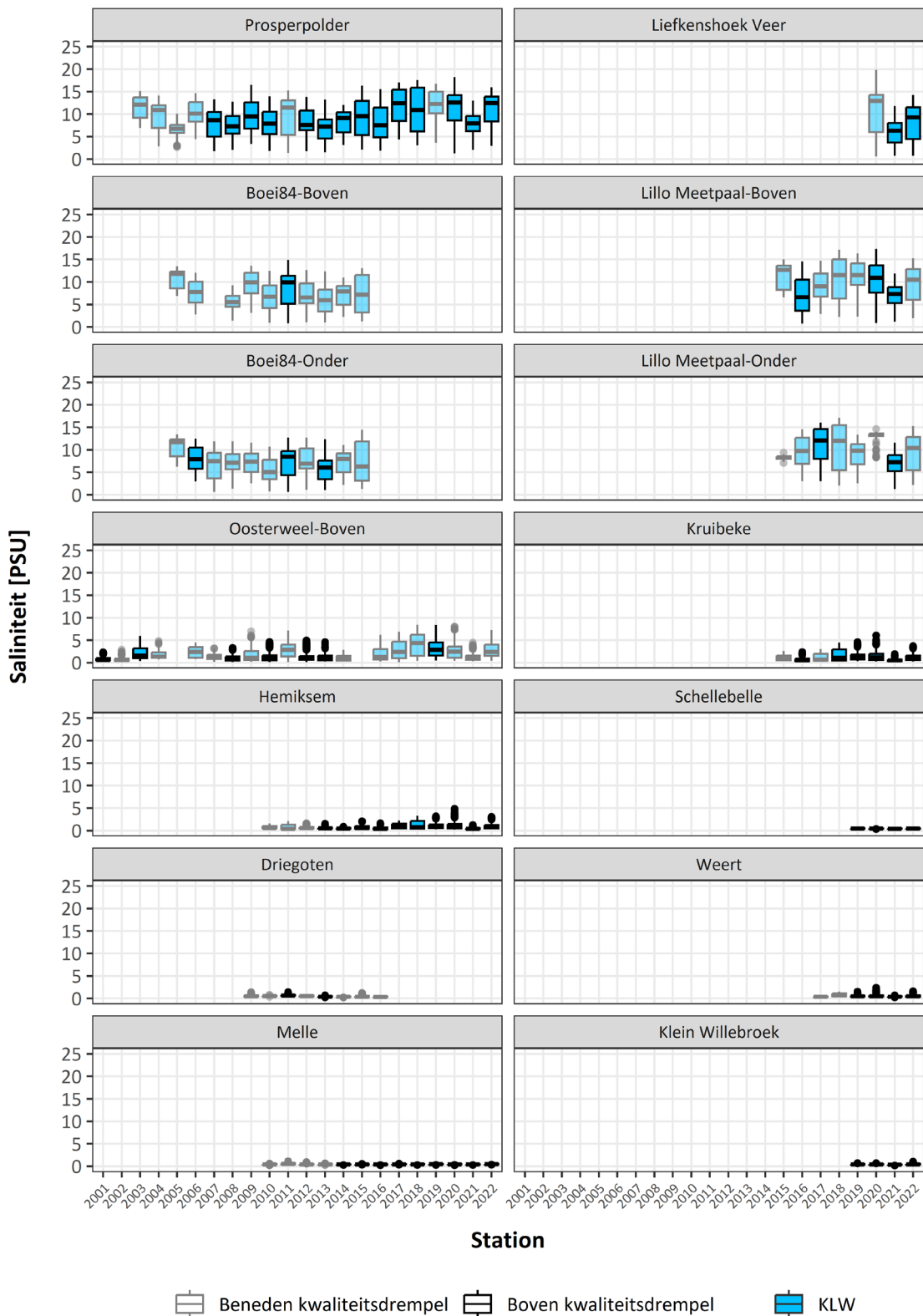
Figuur 45 – Jaarstatistieken (2022) voor saliniteit KHW max en KLW min voor de verschillende meetstations.



Figuur 46 – Relatie tussen de saliniteit bij kentering hoogwater en de verblijftijd (links) en de bovenafvoer (rechts)  
 Gekleurde markers tonen waarden voor het laatste jaar (2022), grijze markers is de periode hiervoor.



Figuur 47 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor saliniteit bij KHW max voor de verschillende meetstations



Figuur 48 - Evolutie jaarstatistieken (gemiddelde als bolletje weergegeven) voor saliniteit bij KLW min voor de verschillende meetstations

#### 4.1.7 Verloop suspensiegehalte (SSC)

Op basis van de continue turbiditeitsmetingen kan een turbiditeitssignaal omgezet worden naar waarden in zwevende stof gehalte (= Suspended Sediment Concentration = SSC, uitgedrukt in mg/l). Om de turbiditeit om te zetten naar SSC voert het WL ter hoogte van de verschillende turbiditeit meetstations kalibratiecampagnes uit, en dit meerdere keren per jaar. Een overzicht van de kalibratiecampagnes en de opgestelde kalibratiecurves voor het jaar 2022 is terug te vinden in Bijlage F: Kalibratie Turbiditeit – SSC.

Verwacht wordt dat het SSC gehalte tijdens de kenteringsmomenten duidelijk lager is dan tijdens de vloed- en eb fase. 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 opgewoeld en zijn de SSC waarden in de waterkolom opnieuw hoger. De lagere waarden bij kentering en hogere waarden bij vloed/eb zijn duidelijk te zien op Figuur 49 t.e.m. Figuur 54.

Voor de afwaartse stations Lillo-Meetpaal, Oosterweel-Boven en in mindere mate Liefkenshoek-Veer en Kruikeke zijn de SSC waarden in 2022 hoger tijdens de wintermaanden (Figuur 49 en Figuur 50). Voor Lillo Meetpaal is dit enkel zichtbaar voor de maanden januari/februari gezien het einde van de metingen in september. Onder meer het afwaarts migreren van het estuarien turbiditeitsmaximum (ETM) bij hogere afvoer (typisch voor de winterperiode) is hiervoor verantwoordelijk. Voor Oosterweel-Boven is de interpretatie moeilijker wegens de nabijgelegen slibstortlocatie.

Voor de opwaartse stations Schellebelle en Melle is een verhoging waarneembaar tijdens de maanden mei-november (Figuur 49 t.e.m. Figuur 51). Hoewel in 2021 vanaf mei een duidelijke verhoging in SSC kon worden vastgesteld, blijft Weert in 2022 stabiel gedurende het hele jaar. Ook hier speelt de positie van het 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 de stations Schellebelle en Melle (en normaliter ook Weert). Vanaf het moment dat de bovenafvoer terug toeneemt (najaar) resulteert dit bijna onmiddellijk in een afname in SSC voor deze stations.

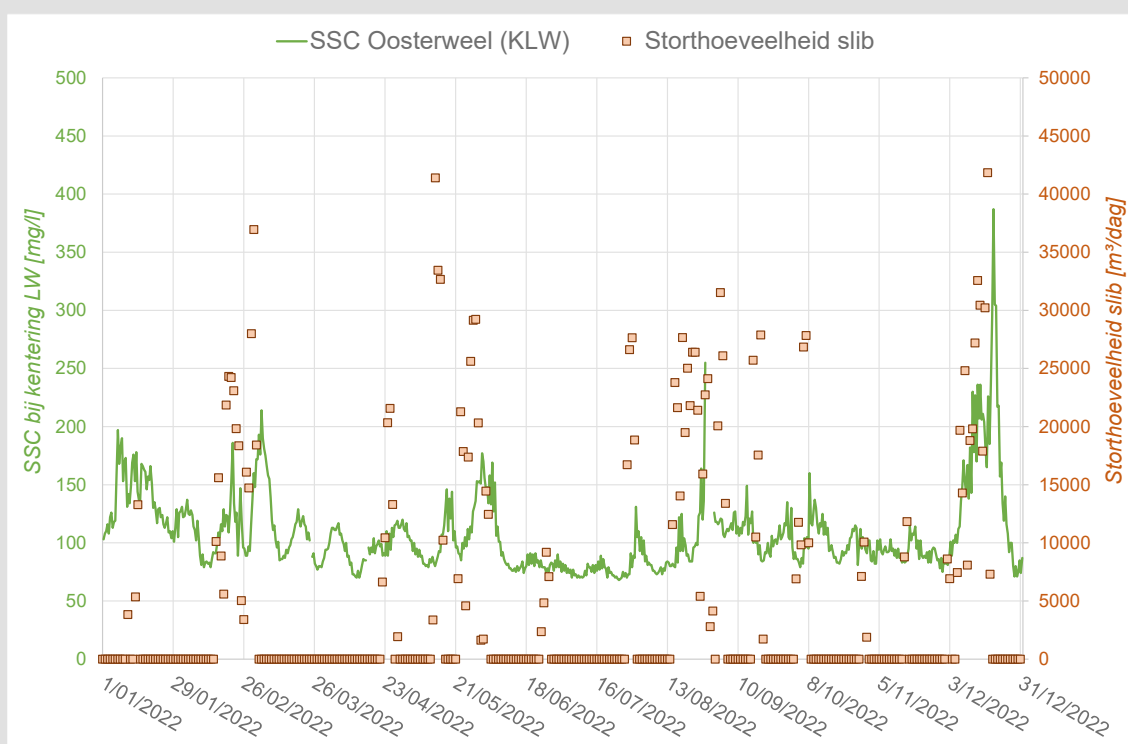
In 2022 worden de hoogste gemiddelde SSC waarden waargenomen ter hoogte van Lillo Meetpaal en Oosterweel-Boven (Figuur 50 en Figuur 53). Ter hoogte van Lillo-Meetpaal wordt er vast boven de bodem gemeten (zie Tabel 9), waar relatieve hoge SSC waarden bekomen worden ten opzichte van de metingen te Liefkenshoek Veer (meter vlottend 0,7 m onder wateroppervlak). 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 9). Voor éénzelfde locatie liggen over het algemeen de concentraties nabij oppervlak lager dan nabij bodem.

Tenslotte geven Figuur 55 en Figuur 56 de evolutie in jaarstatistieken voor SSC respectievelijk voor KHW min en KLW min. De resultaten van 2022 liggen in lijn met voorgaande jaren.

### INTERMEZZO II – stortingen onderhoudsbaggerspecie

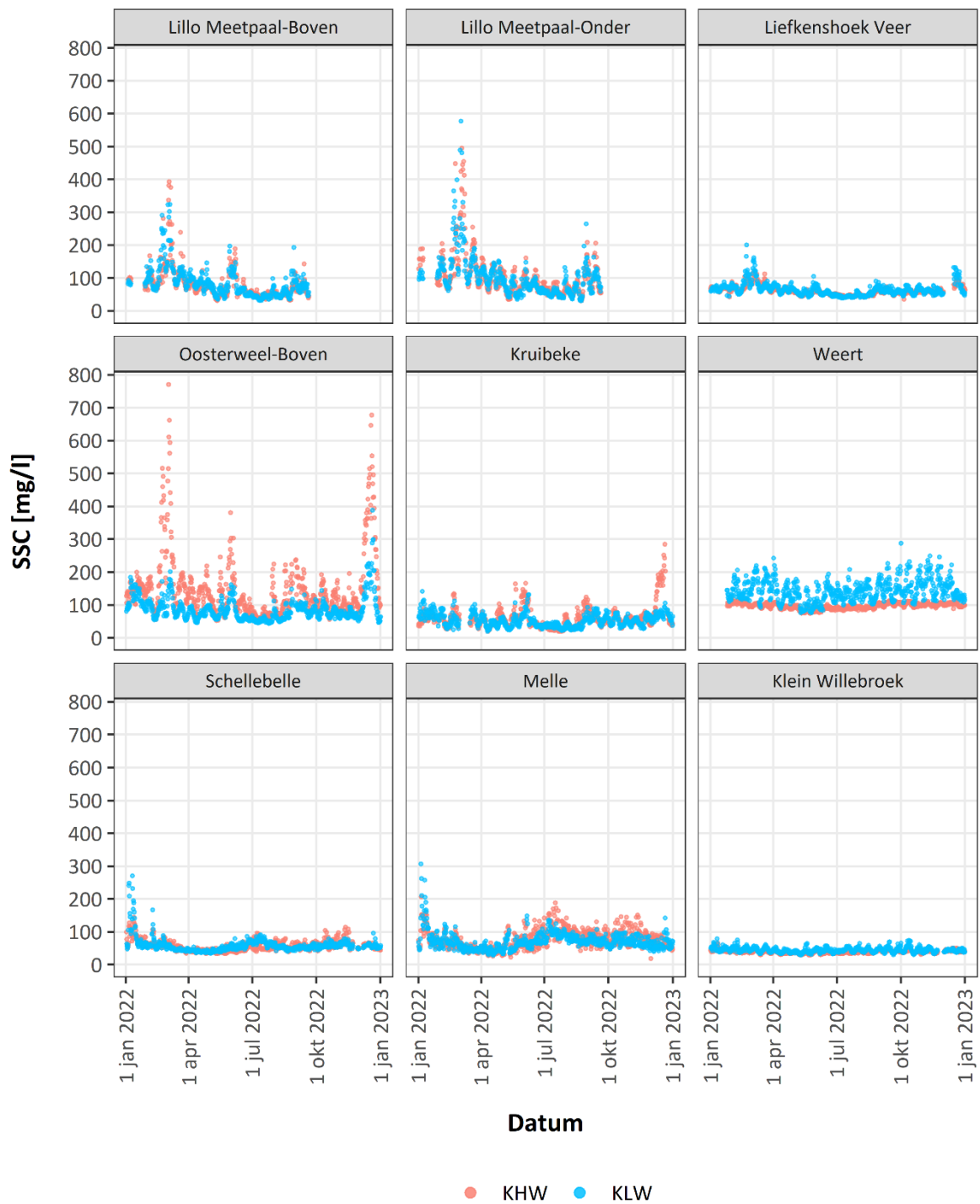
Om de toegankelijkheid tot de haven van Antwerpen te garanderen worden er in opdracht van de Maritieme Toegang onderhoudsbaggerwerkzaamheden uitgevoerd. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen “zand” en “slib”. Waar de zanderige specie zich eerder als bodemtransport zal verplaatsen, zal het slib voornamelijk in suspensie getransporteerd worden. Op deze manier zal vooral het slib een invloed kunnen hebben op de SSC nabij de stortlocaties. In 2022 werden slechts 2 stortlocaties gebruikt: Ketelputten (bij vloed) en Punt van Melsele (bij eb). Tot en met 2021 werd ook de stortlocatie bij Oosterweel gebruikt, maar omwille van de toekomstige werken in het kader van de Oosterweeltunnel wordt deze locatie niet meer gebruikt. In 2022 werd in totaal 1,77 Mm<sup>3</sup> V' aan slibrijke specie gestort, wat aanzienlijk (25 à 30%) minder is ten opzichte van de voorgaande jaren (in 2020 en 2021 was dit resp. 2,49 Mm<sup>3</sup> en 2,42 Mm<sup>3</sup> V').

Onderstaande figuur geeft de variatie in sedimentconcentratie bij kentering laagwater weer voor het station Oosterweel, gelegen in de nabijheid van beide stortlocaties. Hierop is te zien dat de stortingen hoofdzakelijk plaatsvinden in 4 periodes (eind februari, mei, augustus en begin december). Tijdens deze periodes is er ook een lichte tot aanzienlijke toename te zien in de SSC, waarbij vooral tijdens de stortcampagne van december 2022 een toename in SSC zichtbaar is (van 100 mg/l tot bijna 400 mg/l). Enkele dagen na het stoppen van de stortingen zakt de SSC wel terug naar de waarde van voor de stortcampagne.



Figuur – Variatie van SSC te Oosterweel en dagelijkse storthoeveelheid slib

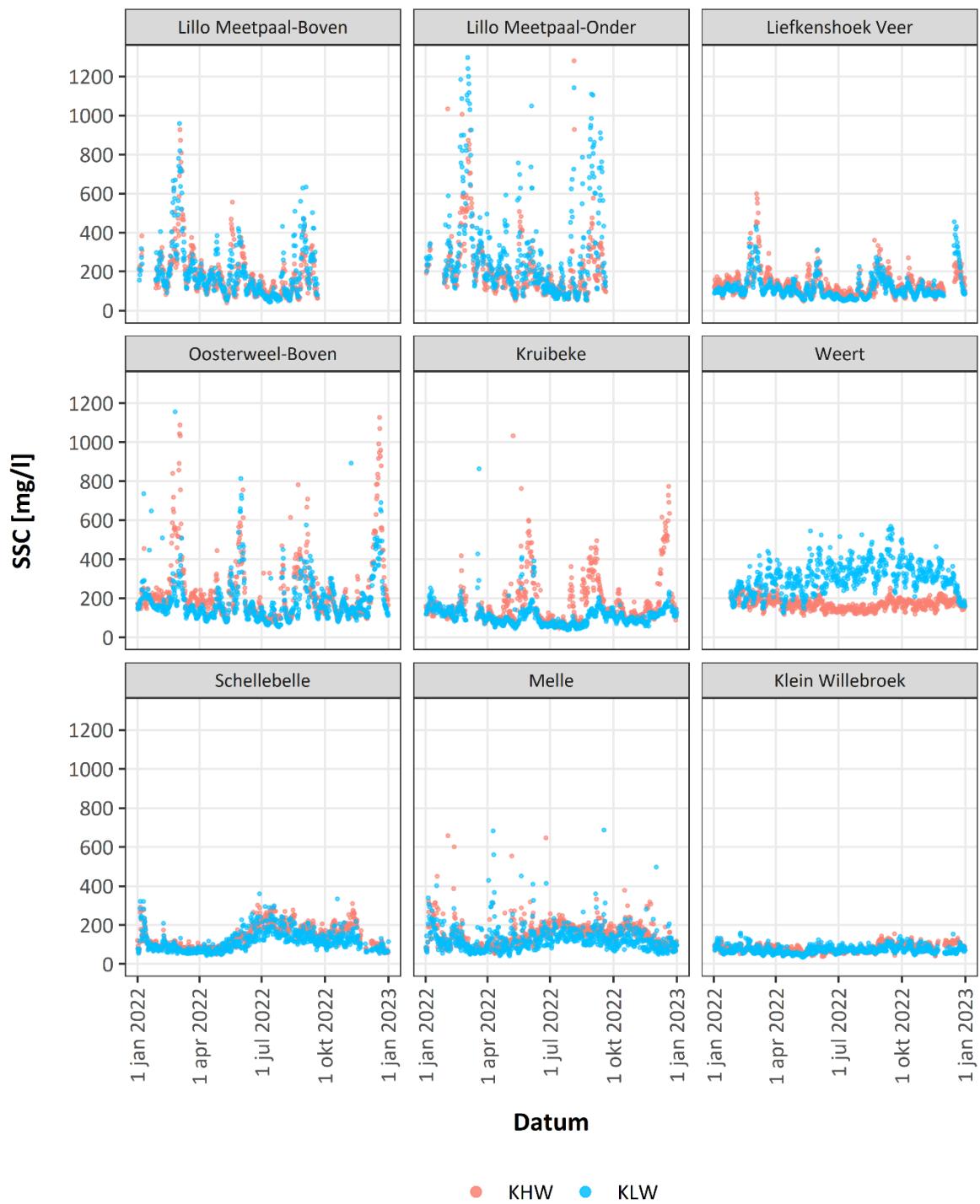




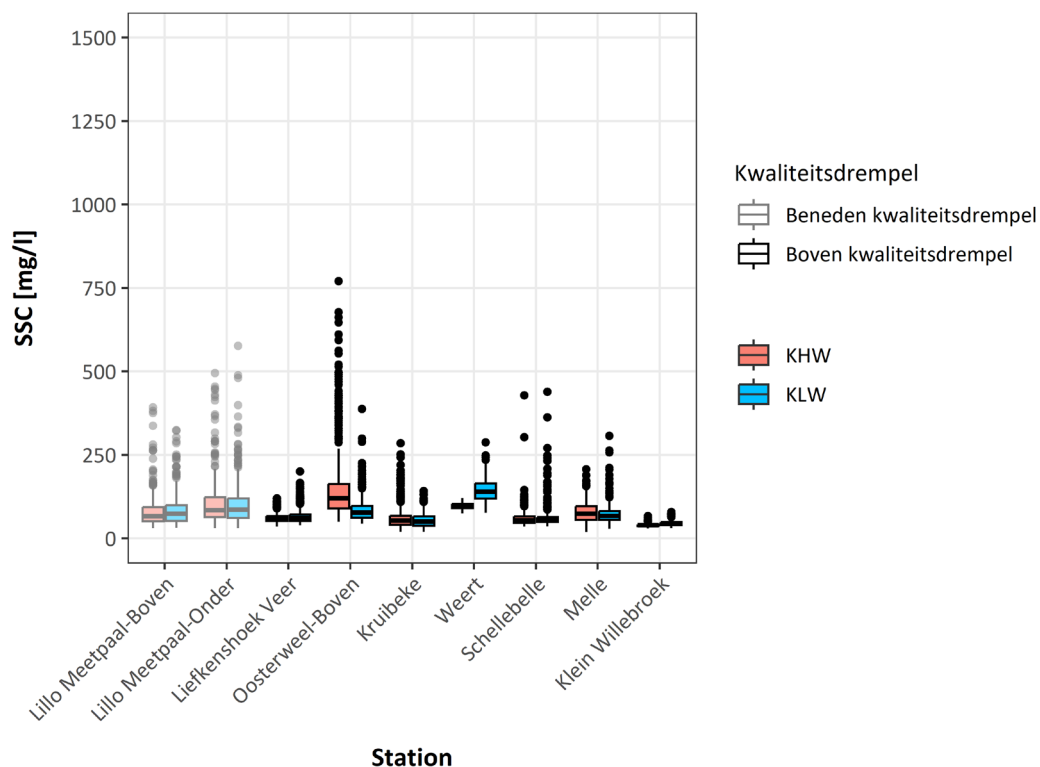
Figuur 49 – SSC (minima) verloop in 2022 tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.



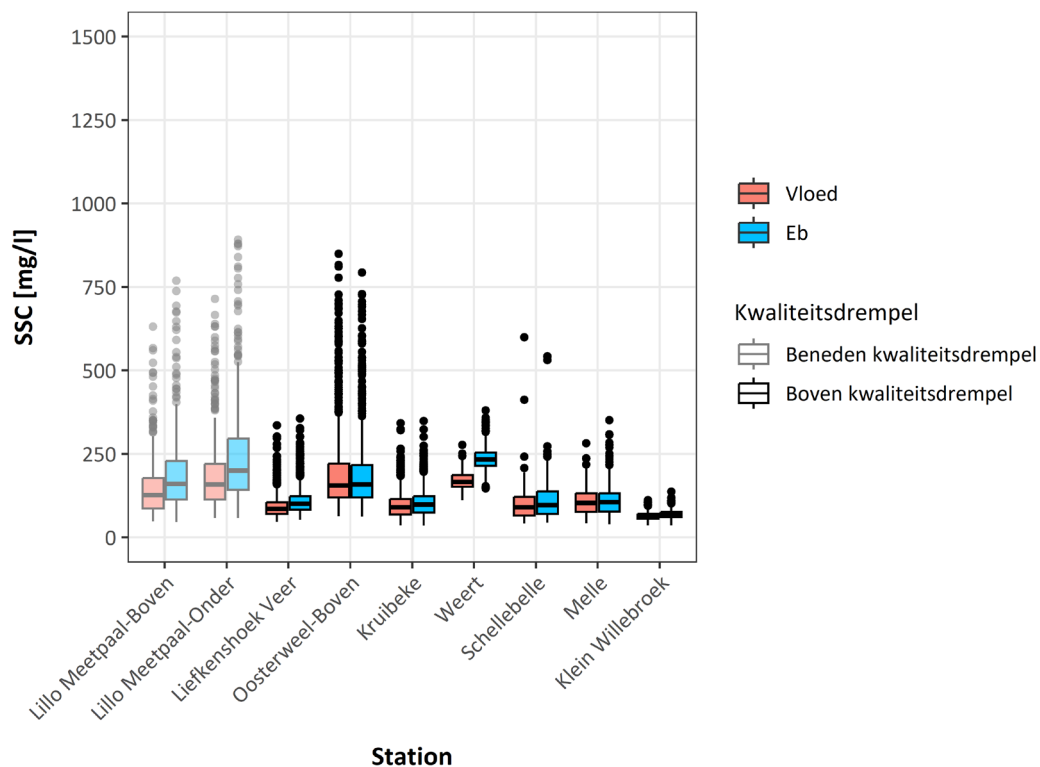
Figuur 50 – SSC (gemiddelde) verloop in 2022 tijdens eb en vloed voor de verschillende meetstations.



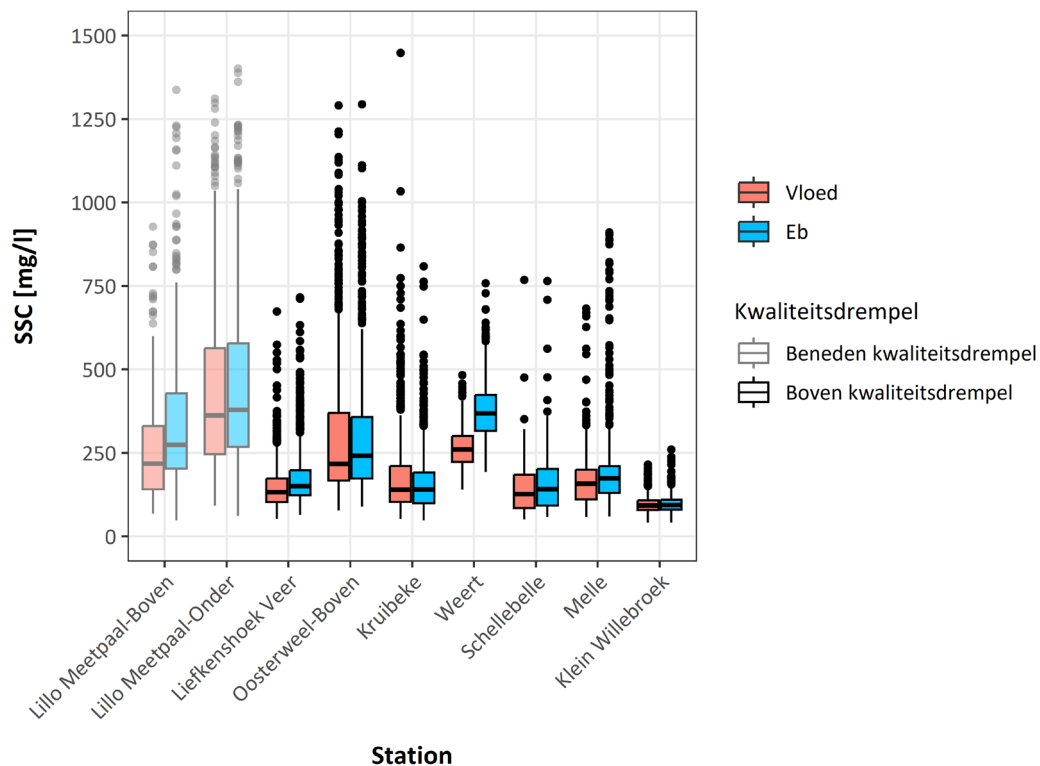
Figuur 51 – SSC (maxima) verloop in 2022 tijdens eb/vloed voor de verschillende meetstations.



Figuur 52 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens KHW en KLW (minima) voor de verschillende meetstations.



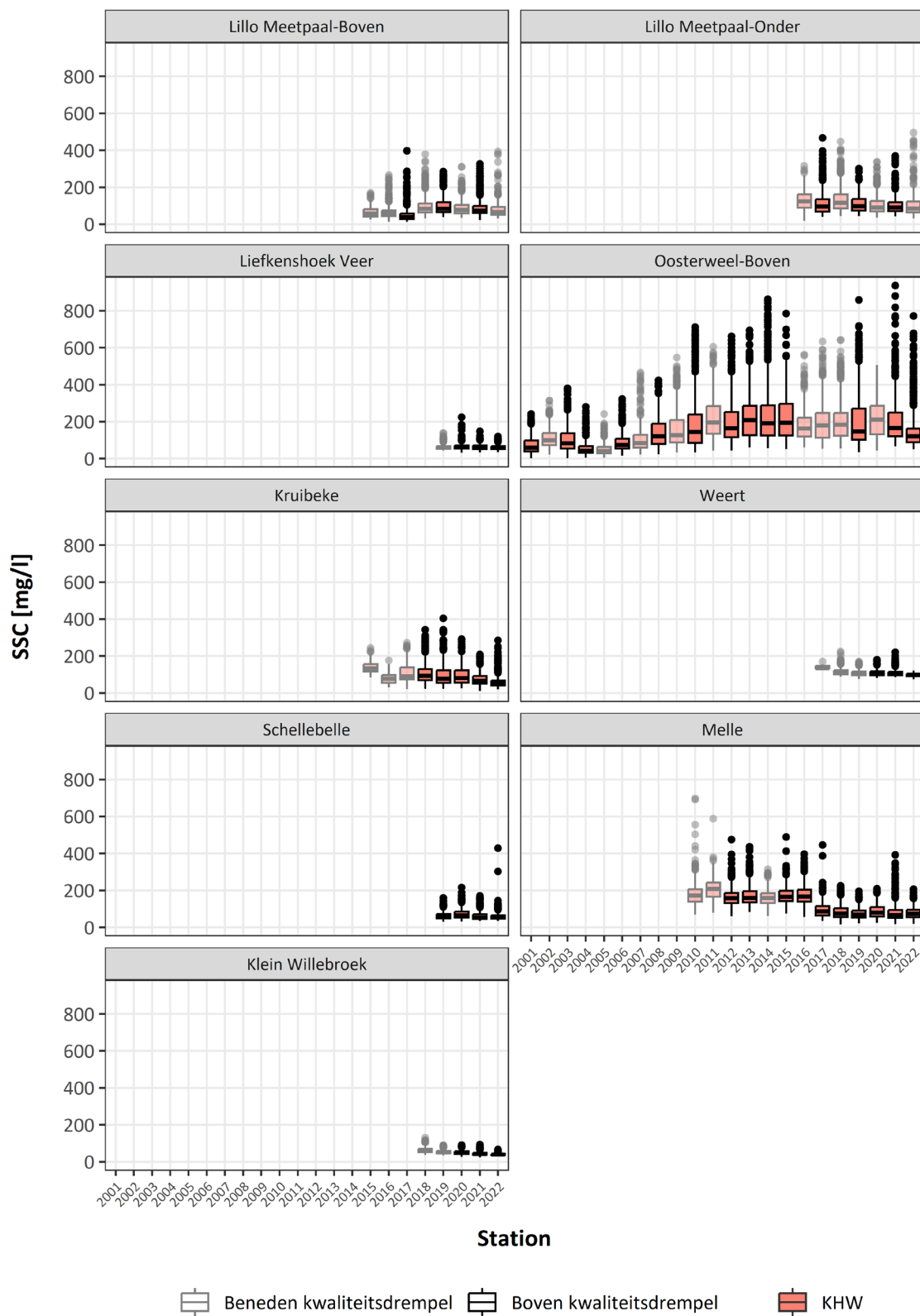
Figuur 53 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (gemiddeldes) voor de verschillende meetstations.



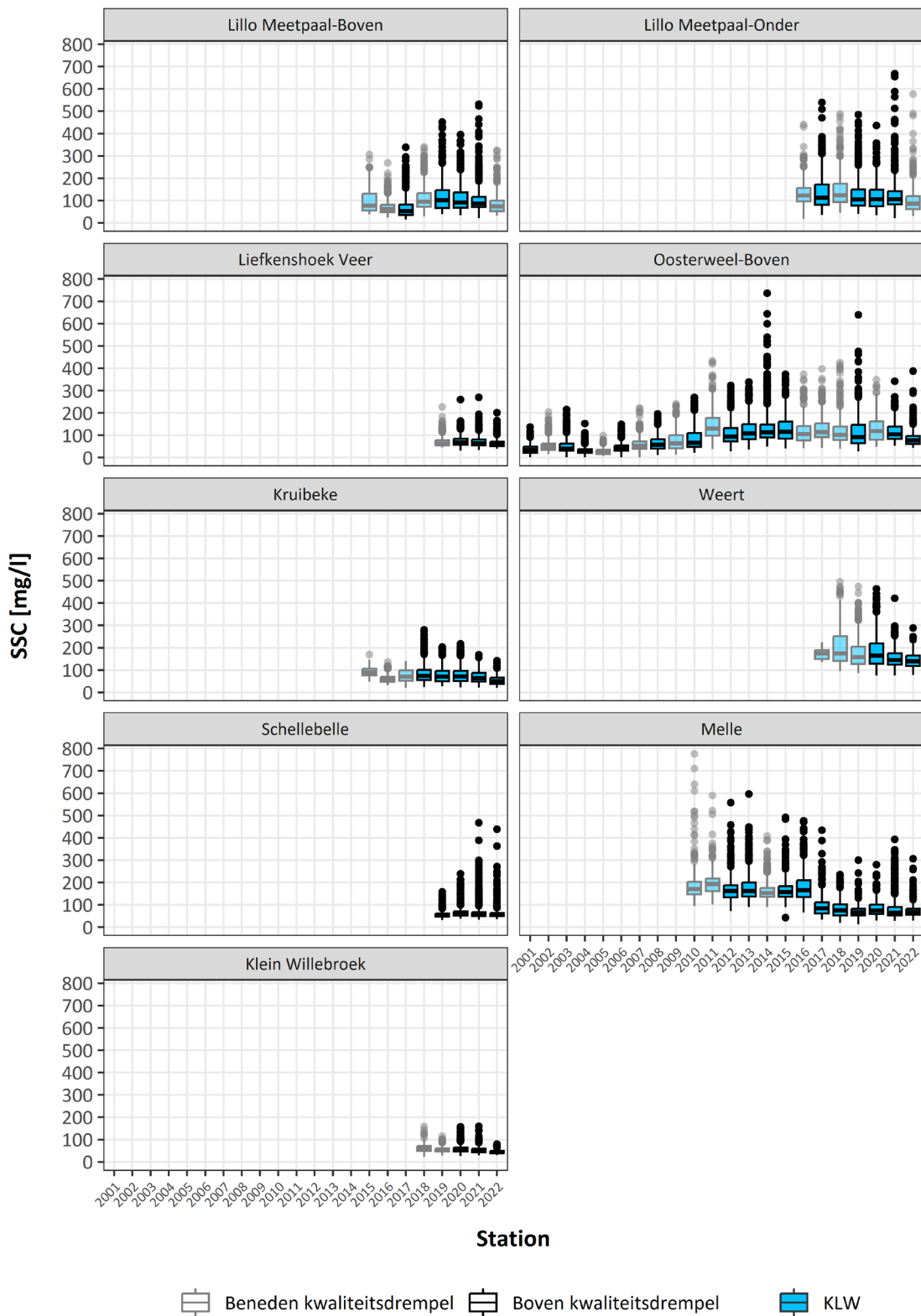
Figuur 54 – Jaarstatistiek (2022, percentielen) voor SSC tijdens vloed en eb (maxima) voor de verschillende meetstations.

Tabel 12 – Overzicht jaarstatistiek (2022) voor SSC (in mg/l) tijdens KHW/KLW (minimum) en vloed/eb (gemiddeld/maximum) voor de verschillende meetstations.

Station	% geschikte data	Kentering (minimum)		Eb		Vloed	
		KHW	KLW	Gemiddeld	Maximum	Gemiddeld	Maximum
Lillo Meetpaal-Boven	64,9	80 ± 47	84 ± 46	187 ± 144	344 ± 219	147 ± 87	255 ± 152
Lillo Meetpaal-Onder	65,7	105 ± 68	101 ± 63	241 ± 152	460 ± 275	186 ± 111	436 ± 262
Liefkenshoek Veer	95,6	62 ± 13	65 ± 19	112 ± 47	180 ± 97	93 ± 35	151 ± 73
Oosterweel-Boven	97,5	149 ± 100	87 ± 37	195 ± 122	311 ± 206	200 ± 135	304 ± 220
Kruibeke	95,2	61 ± 35	53 ± 20	106 ± 46	163 ± 96	100 ± 47	186 ± 139
Weert	93,3	97 ± 8	144 ± 34	235 ± 38	374 ± 89	170 ± 26	266 ± 59
Schellebelle	94,1	59 ± 24	61 ± 30	109 ± 50	154 ± 75	98 ± 43	140 ± 68
Melle	99,4	78 ± 29	72 ± 27	109 ± 42	197 ± 125	107 ± 35	166 ± 75
Klein Willebroek	97,3	40 ± 4	45 ± 7	70 ± 13	97 ± 26	64 ± 12	95 ± 26



Figuur 55 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KHW min voor de verschillende meetstations.

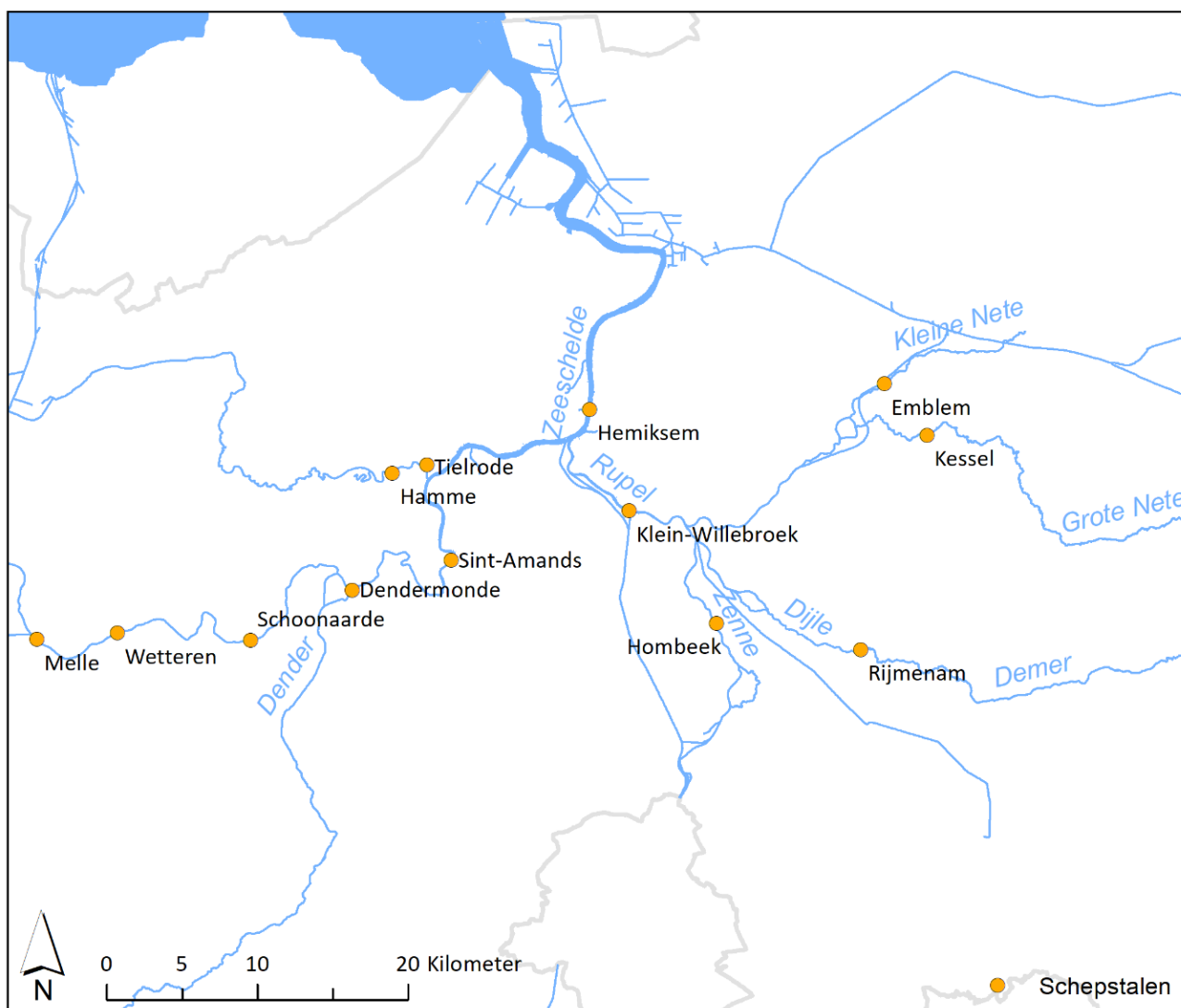


Figuur 56 - Evolutie jaarstatistieken voor SSC bij KLW min voor de verschillende meetstations.

## 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 2022 worden er op 13 locaties schepstalen genomen (Figuur 57). Voor de locaties in het tiggebied is de staalnamefrequentie ongeveer 2-wekelijks, voor de locaties aan de randen van het tiggebied (Rijmenam, Kessel, Emblem en Hombeek) is dit circa maandelijks.

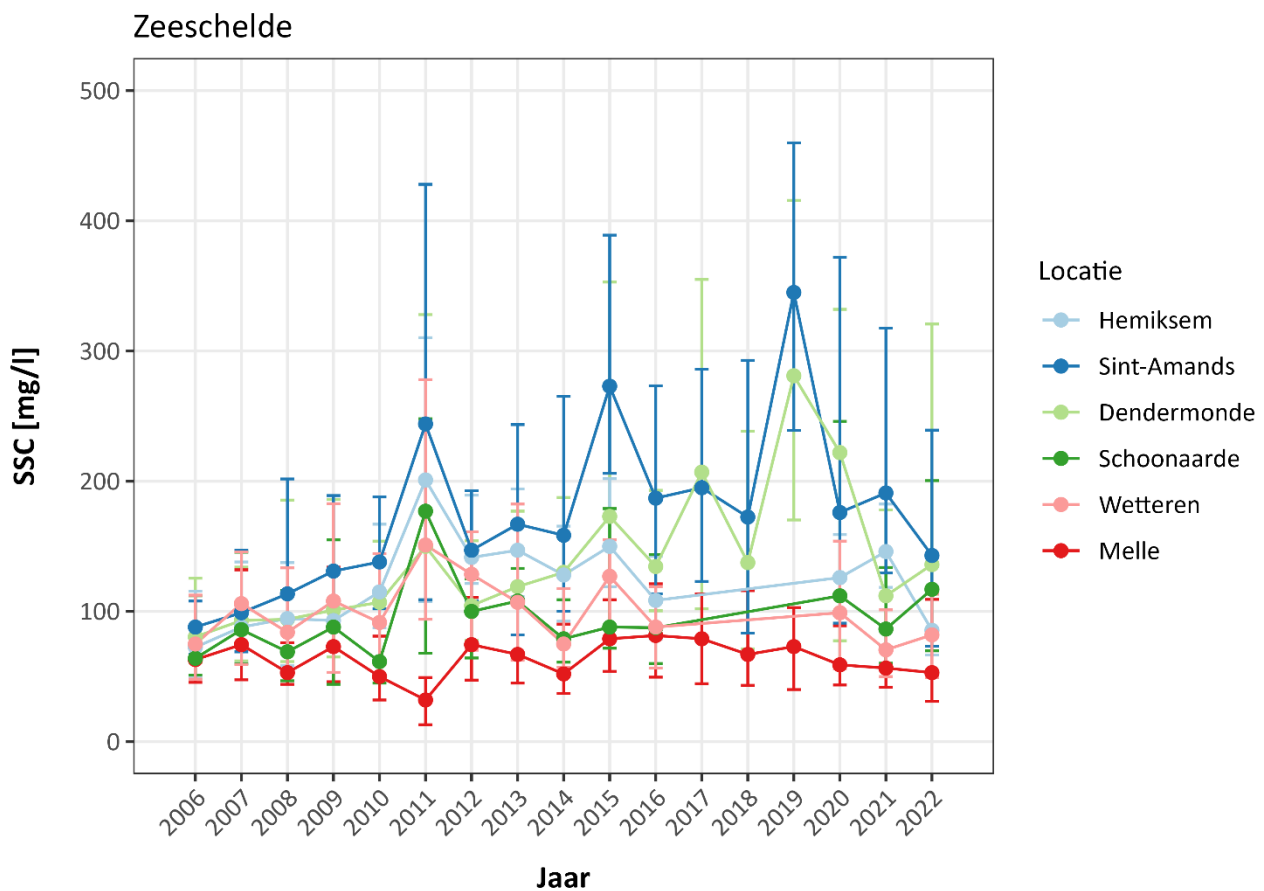


Figuur 57 – Meetlocaties schepstalen anno 2022.



#### 4.2.1 Zeeschelde

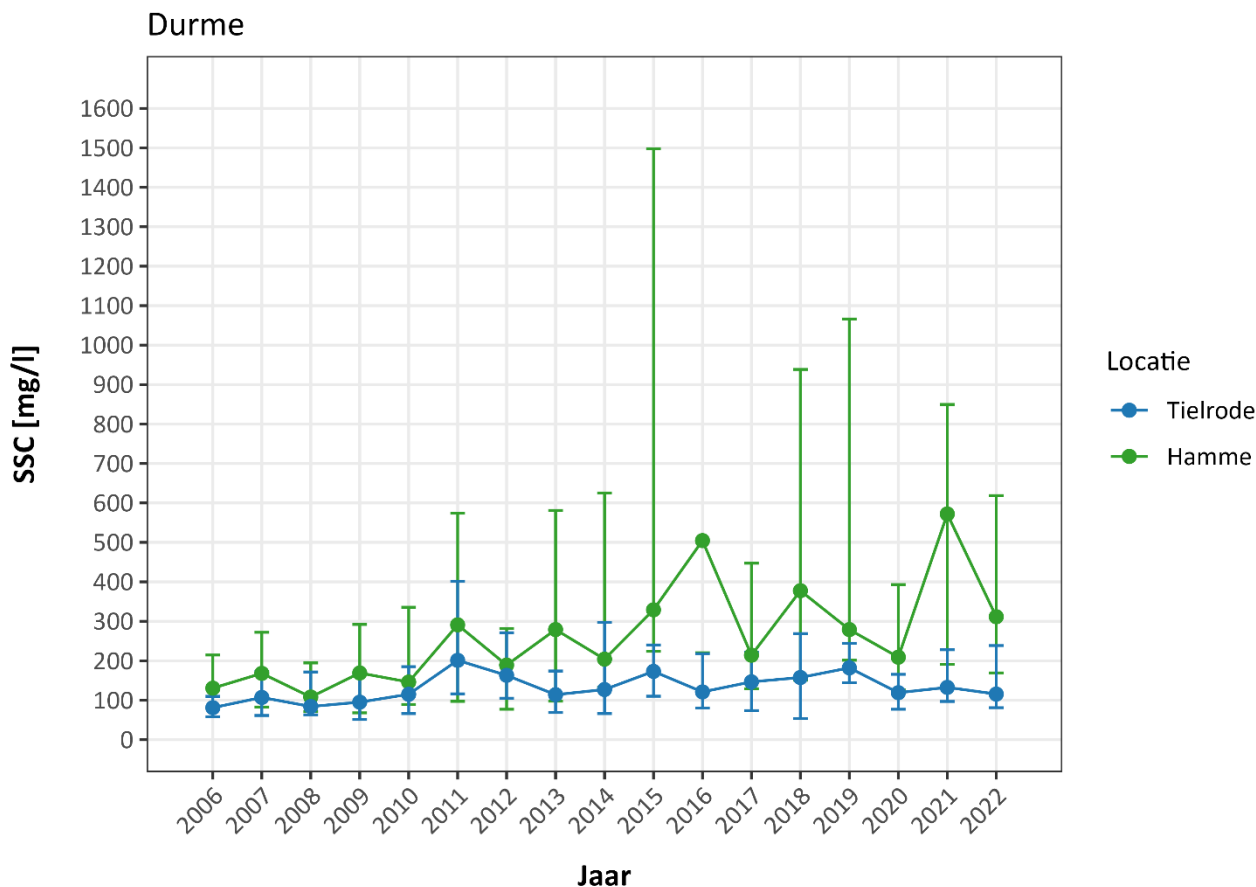
Figuur 58 toont het suspensiegehalte aan het wateroppervlak in de Boven-Zeeschelde, gemeten nabij Melle, Wetteren, Schoonaarde, Dendermonde, Sint-Amands en Hemiksem. Zoals voor eerdere jaren het geval was werd in de Boven-Zeeschelde tijdens 2022 de laagste jaarmediaan in sedimentconcentratie waargenomen aan de stroomopwaartse rand in Melle. De concentratie stijgt stroomafwaarts tot in Dendermonde en Sint-Amands, om vervolgens terug af te nemen richting Hemiksem. Zoals beschreven in de Moneos rapporten van voorgaande jaren kunnen er in de jaren 2015 en 2019 pieken in sedimentconcentratie voor de locaties Dendermonde en Sint-Amands worden vastgesteld. Net zoals reeds voor 2021 het geval was liggen ook nu in 2022 de concentraties opnieuw in lijn met voorgaande jaren (2016-2018 en 2020). Voor de locaties Wetteren, Schoonaarde en Dendermonde kan er een lichte stijging in sedimentconcentraties worden waargenomen t.o.v. 2021. Het suspensiegehalte in Melle blijft zoals de voorbije jaren (2015-2021) langzaam afnemen. In Sint-Amands is er een afname in concentratie zichtbaar tot het niveau van 2012.



Figuur 58 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Zeeschelde.

#### 4.2.2 Durme

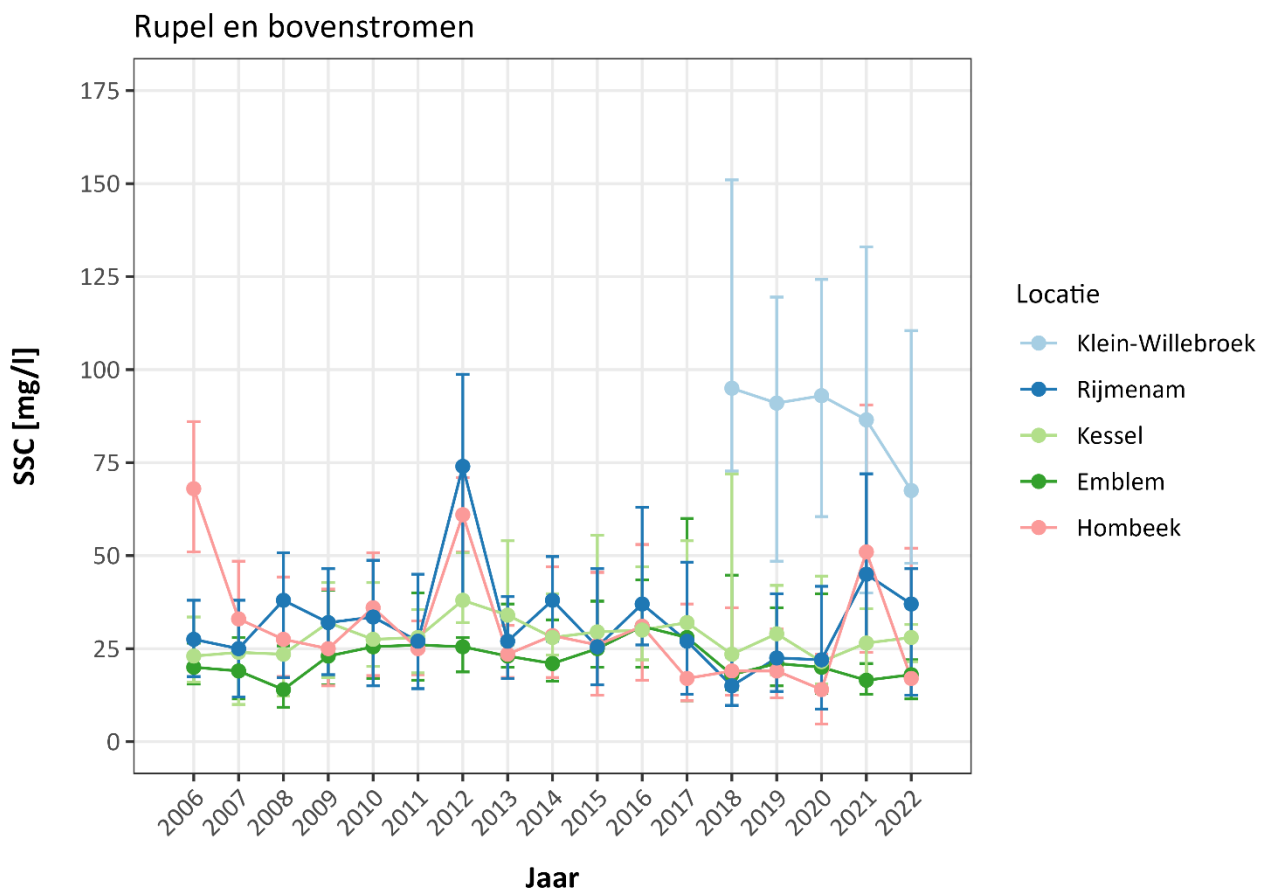
Figuur 59 toont de sedimentconcentratie aan het wateroppervlak op de Durme, gemeten nabij Hamme en Tielrode. Bij Hamme worden er hogere sedimentgehalten opgemeten dan nabij Tielrode. De spreiding is hier weliswaar ook groter, met grote uitschieters. De sterke jaar-op-jaar variatie die te zien is bij Hamme sinds 2015 zet zich ook in 2022 verder. De mediaanwaarde van 2022 ligt bijna 300 mg/l lager dan deze in 2021, waardoor ze meer in lijn ligt met de voorgaande jaren 2018 – 2020. In Tielrode neemt de sedimentconcentratie licht toe van 2013 tot 2019. De afname in sedimentconcentratie die zich voordoet in 2020, blijft nadien eerder constant rond deze waarde.



Figuur 59 – 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 60 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. In 2022 is een duidelijke afname in suspensiegehalte t.o.v. de voorgaande jaren zichtbaar. Bij de meer opwaarts gelegen locaties in de Grote Nete te Kessel en de Kleine Nete te Emblem bleef in 2022 het suspensiegehalte nagenoeg constant in vergelijking met voorgaande jaren. Na de piek in sedimentconcentratie in 2021 die zich voordeed in de Zenne te Hombeek en de Dijle te Rijmenam, vallen de concentraties voor Hombeek terug naar het niveau van de voorbijaande jaren (2017 – 2020). Ook bij Rijmenam wordt een daling in suspensiegehalte vastgesteld, echter niet tot het niveau van de voorgaande jaren. De waargenomen concentratie voor 2022 ligt eerder in lijn met de concentraties beschouwd in de jaren 2014 en 2016.

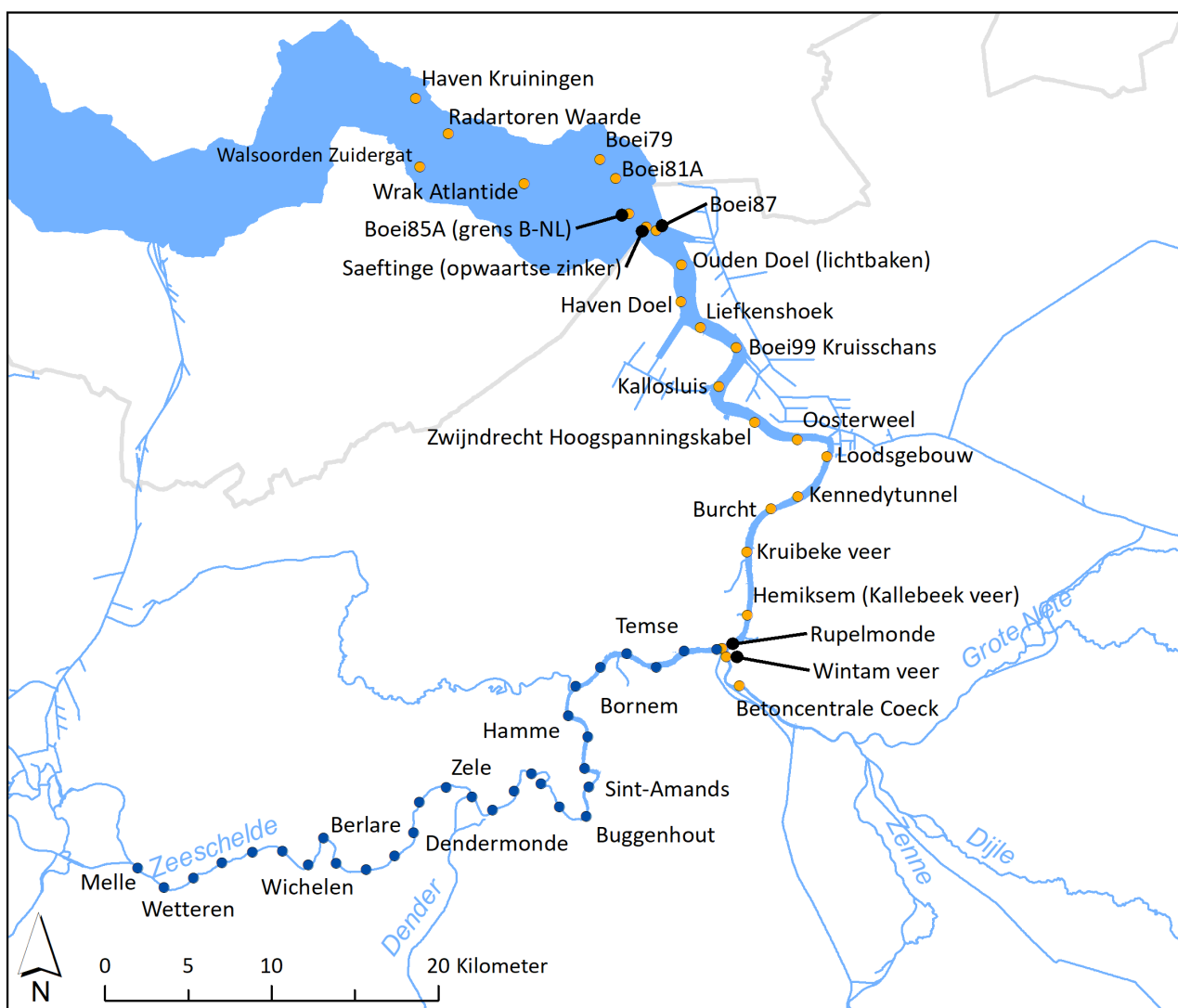


Figuur 60 – Evolutie jaarwaarden sedimentconcentratie nabij wateroppervlak (markers = mediaan, error bars = P25 en P75) voor de meetlocaties in de Rupel en randen tijgebied in het Rupelbekken.

## 4.3 Meetcampagnes – halftij-eb vaarten

### 4.3.1 Methodiek

De halftij-ebvaarten zijn periodieke langsvaarten langsheen 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. 2 km, zie Figuur 61). 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 oprichting van nieuwe continue meetposten met turbiditeit (en afgeleid suspensiegehalte), werd in 2015 de frequentie verlaagd naar een seizoenale uitvoering (Tabel 13). Sinds 2017 meet men ook in 3 meer afwaarts gelegen punten op de Westerschelde. Tot slot is er in 2022 in de Westerschelde een (tijdelijke) meetlocatie toegevoegd: Walsoorden Zuidergat.



Figuur 61 – Meetlocaties voor de halftij-ebvaarten.

Tabel 13 – Overzicht meetcampagnes halfjaar-eb in 2022  
(\*Geen meting voor Saeftinghe, \*\*Geen meting voor Sint-Amands Opwaarts Dorp).

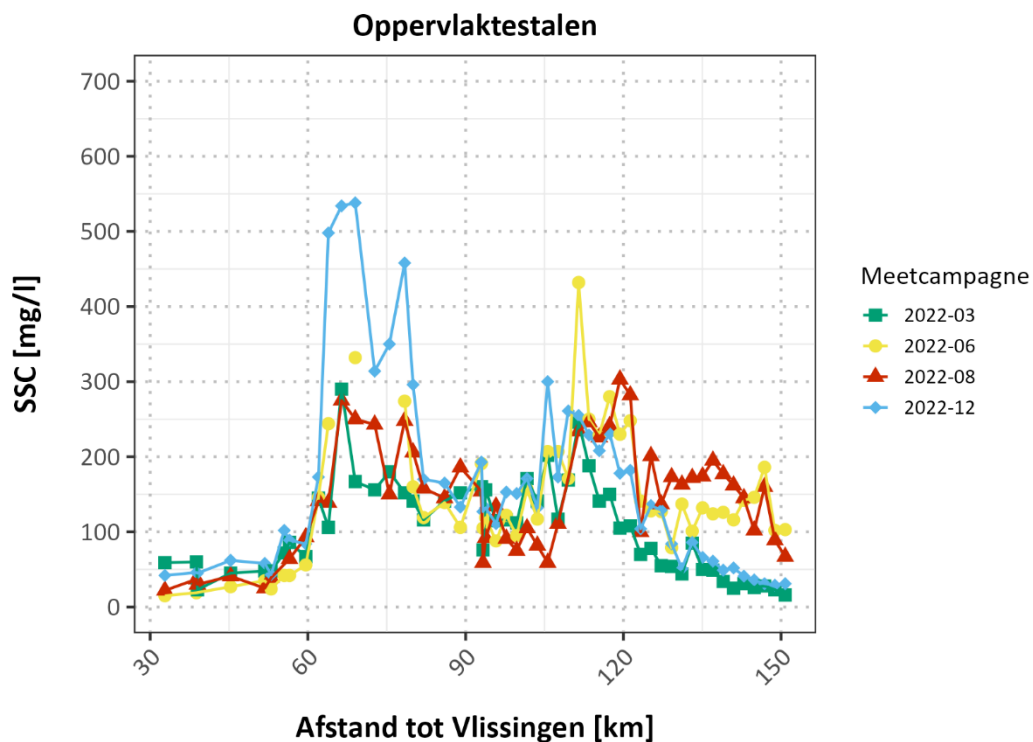
Seizoen	Deelrivier	Datum campagne
Lente	Beneden-Zeeschelde	8-9/3/2022
	Boven-Zeeschelde	7/3/2022
Zomer	Beneden-Zeeschelde	2-3/6/2022
	Boven-Zeeschelde	1/6/2022
Herfst	Beneden-Zeeschelde	30-31/8/2022*
	Boven-Zeeschelde	29/8/2022**
Winter	Beneden-Zeeschelde	13-14/12/2022
	Boven-Zeeschelde	12/12/2022

#### 4.3.2 Het jaar 2022 en historisch verloop

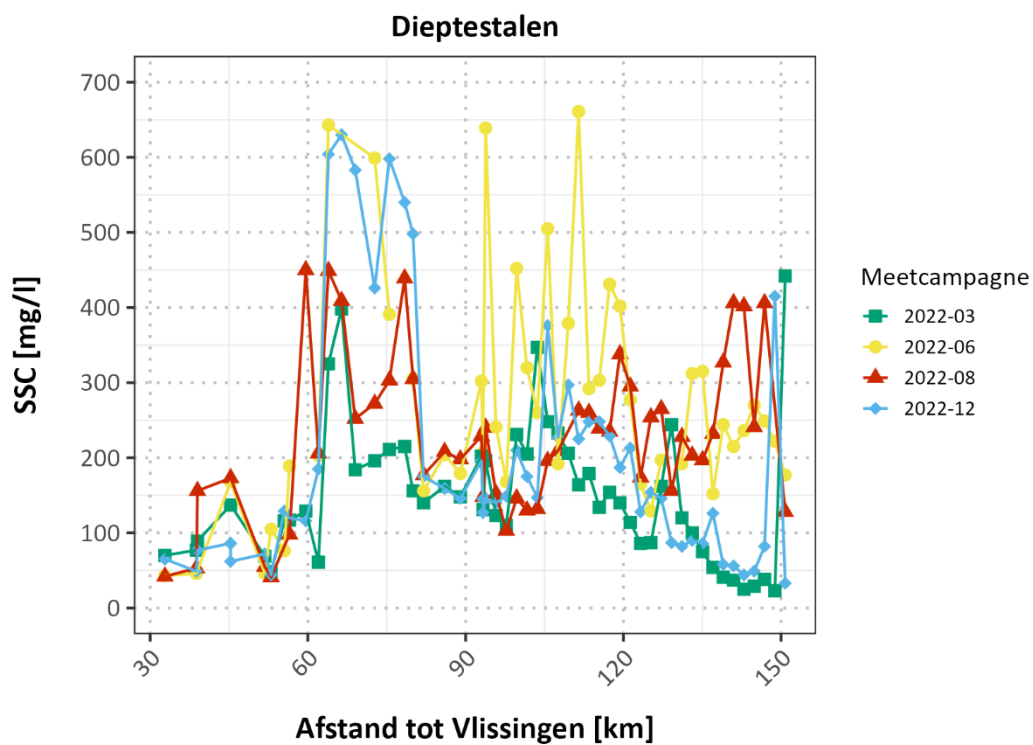
De sedimentconcentraties aan de oppervlakte zijn gelijkaardig voor de 4 meetcampagnes en dus doorheen de seizoenen (Figuur 62, Tabel 14). Een uitzondering hierop is de wintercampagne, deze vertoont een piek in sedimentconcentraties tot bijna 550 mg/l op de Beneden-Zeeschelde (km 60 tot 80). Deze zone in de Beneden-Zeeschelde (km 60 tot 80) stemt overeen met de belangrijkste stortlocaties van slibrijke baggerspecie (Oosterweel, Punt van Melsele, Ketelputten). Ook in de zomercampagne is er een (beperkte) piek ter hoogte van Sint-Amands (rond km 110 t.o.v. Vlissingen). Vanaf deze positie beginnen de lente-/winter campagne en zomer-/herfst campagnes ook van elkaar af te wijken, waarbij de lente-/wintercampagne gekenmerkt worden door lagere sedimentconcentraties van rond de 25 mg/l bij de meest stroomopwaartse locaties t.o.v. waarden rond de 75 mg/l voor de zomer-/herfstcampagne. Algemeen toont het SSC langsverloop voor de oppervlakteconcentraties vanaf de afwaartse rand in de Westerschelde richting opwaarts een toename in SSC vanaf km 60. Tussen kilometers 85 en 110 vallen de sedimentconcentraties terug (tot gemiddeld  $\pm 100$  mg/l) om daarna opnieuw te stijgen (tot algemeen 300 mg/l en 440 mg/l tijdens de zomercampagne). Vanaf km 125 nemen de concentraties gradueel af.

Zoals verwacht en ook duidelijk blijkt uit de gegevens van de dieptestalen liggen de sedimentconcentraties aan de bodem hoger dan aan de oppervlakte (Figuur 63, Tabel 14). Verder kunnen dezelfde patronen worden waargenomen als bij de oppervlakedata, waarbij de vastgestelde piek in concentraties tijdens de wintercampagne nu voor de bodemstalen ook duidelijk zichtbaar is in de andere campagnes. De range aan concentraties in de bodemstalen is iets groter langsheen het hele traject van de rivier en er kan een grote piek (tot 450 mg/l) in sedimentconcentratie vastgesteld worden op de meest stroomopwaartse locaties voor zowel de lente- als wintercampagne. Op het traject iets meer stroomafwaarts gaat het op die moment maar om concentraties rond de 50 mg/l. Opvallend is ook de vanaf km 120 de verschillende trend in concentraties voor enerzijds de lente-/wintercampagne (algemeen dalend) en anderzijds de zomer-/herfstcampagne (algemeen stijgend).

Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, ziet men dat de waarden stroomafwaarts van Kruike in 2022 hoger liggen dan deze van 2021 en meer in lijn met deze van 2010 – 2016. Dit voor zowel de sedimentconcentraties aan de oppervlakte als nabij de bodem. De sedimentconcentraties aan de oppervlakte stroomopwaarts van Kruike zijn gelijkend aan deze van 2021 en dus nog altijd relatief laag. Nabij de bodem liggen ze iets hoger dan in 2021 en meer in lijn met de jaren ervoor. Dit geldt voor zowel de concentraties aan de oppervlakte als aan de bodem. Sedimentconcentraties aan de bodem liggen hoger dan deze aan het oppervlak. Opvallend t.o.v. 2020-2021 zijn- ook de vrij verhoogde sedimentconcentraties bij de bodem richting de Belgische-Nederlandse grens (Figuur 64 - Figuur 65).



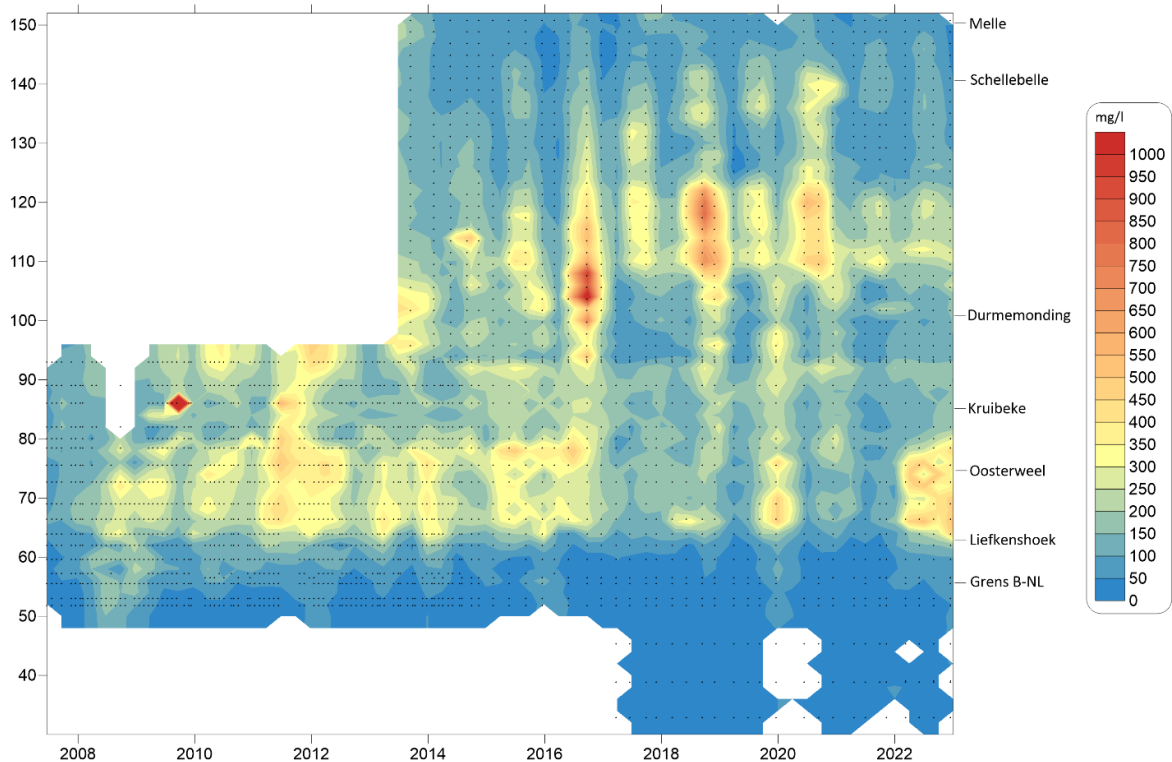
Figuur 62 – Sedimentconcentratie aan de oppervlakte bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde



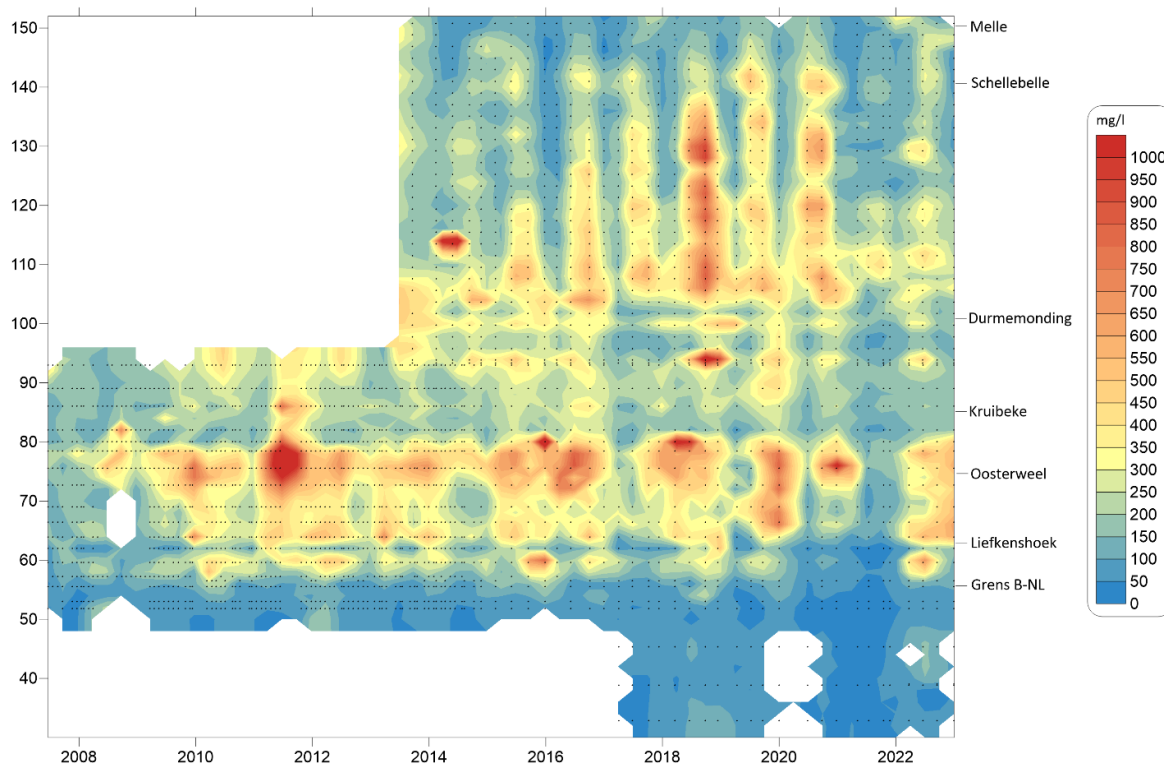
Figuur 63 – Sedimentconcentratie aan de bodem bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde

Tabel 14 – Sedimentconcentratie (mg/l) tijdens halftij-ebcampagnes in 2022.

		maart		juni		augustus		december	
		opp	bodem	opp	bodem	Opp	bodem	opp	bodem
Gehele Zeeschelde	min	16	23	42	129	59	98	29	33
	max	290	442	850	975	303	450	538	630
	<b>mediaan</b>	<b>115</b>	<b>148</b>	<b>141</b>	<b>270</b>	<b>156</b>	<b>235</b>	<b>143</b>	<b>154</b>
	stdev	62	94	184	203	66	97	131	163
Beneden-Zeeschelde	min	67	61	42	156	64	98	84	116
	max	290	398	850	975	275	450	538	630
	<b>mediaan</b>	<b>149</b>	<b>173</b>	<b>176</b>	<b>304</b>	<b>156</b>	<b>262</b>	<b>245</b>	<b>311</b>
	stdev	52	85	293	274	62	113	166	213
Boven-Zeeschelde	min	16	23	79	129	59	103	29	33
	max	246	442	432	856	303	406	300	415
	<b>mediaan</b>	<b>85</b>	<b>131</b>	<b>132</b>	<b>260</b>	<b>153</b>	<b>232</b>	<b>128</b>	<b>146</b>
	stdev	61	96	73	166	67	84	75	90
Wester-schelde	min	23	48	15	43	22	41	42	44
	max	72	137	42	168	41	173	102	129
	<b>mediaan</b>	<b>48</b>	<b>77</b>	<b>26</b>	<b>61</b>	<b>34</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>75</b>
	stdev	15	30	10	49	8	24	20	24



Figuur 64 – Sedimentconcentratie nabij het oppervlak (mg/l) bij halftij-eb langsheen de Zeeschelde (interpolatietechniek: Kriging, zoekradius X-as: 0,25 jaar, zoekradius Y-as: 2 km)



Figuur 65 – Sedimentconcentratie nabij de bodem (mg/l) bij halftij-eb langs de Zeeschelde (interpolatietechniek: Kriging, zoekradius X-as: 0,25 jaar, zoekradius Y-as: 2 km)



## 4.4 Meetcampagnes - 13u-metingen

IMDC heeft in opdracht van de Vlaamse Waterweg NV in 2022 op 4 locaties 13-uursmetingen uitgevoerd en verwerkt (Figuur 66 en Tabel 15). Deze metingen werden uitgevoerd binnen het kader van MONEOS-programma onder de OMES monitoring.

Tijdens een 13u-meting worden er gedurende een volledige getijcyclus 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. Het teruggekaatste signaal van ADCP (“backscatter”) wordt op basis van de stalen omgerekend naar een inschatting van de sedimentconcentratie. Daarnaast wordt eveneens met een YSI (optische backscatter sensor) 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. Ook deze extra informatie kan gebruikt worden voor het omrekenen van de ADCP-backscatter naar sedimentconcentratie. Voor de juiste methodiek wordt verwezen naar het OMES-rapport 2022 dat later beschikbaar komt.

Een overzicht van de debieten, waterstanden, sedimentfluxen (SSF) en SSC<sup>6</sup> gemeten tijdens de 13-uursmetingen in 2022 wordt gegeven in Figuur 67 tot en met Figuur 70. De belangrijkste vaststellingen worden hieronder per meetlocatie weergegeven. Meer gedetailleerde info omtrent deze metingen kan worden teruggevonden in de OMES rapporten (eg. Maris *et al.*, 2020b).

Tabel 15 – Overzicht meetcampagnes 13u-metingen met datum van uitvoering, start- en eindtijdstip in MET

Meetlocatie	Datum campagne	Startuur	Einduur	Getijfactor <sup>7</sup>
Liefkenshoek	6/4/2022	6:09	18:49	1,03
Boom	16/6/2022	6:14	19:03	1,12
Schellebelle	21/6/2022	6:29	19:23	0,92
Weert	13/9/2022	6:12	18:47	1,08

### Liefkenshoek

- De vastgestelde waterstanden tijdens de vloedfasen (vooral aan het begin ervan) lijken voor 2022 aan de hogere kant te liggen in vergelijking met voorgaande jaren.
- De debieten voor 2022 wijken af van het standaardpatroon van de voorbije jaren rond LW+3u. De voorbije jaren was een duidelijke “knik” zichtbaar, waar deze in 2022 sterk afgezwakt is (Figuur 67).
- Het patroon in sedimentflux voor 2022 is gelijkaardig aan de voorgaande jaren en ligt, binnen de range van de voorbije jaren gezien, aan de lagere kant.
- De SSC ligt in lijn met de meeste SSC tijdens de historische campagnes. De concentratie blijft vrij gelijk doorheen de 13u-meting.

<sup>6</sup> De SSC die in de figuren getoond wordt, zijn berekend door de SSF te delen door het debiet. Dit geeft een indicatie van de sectie-gemiddelde SSC doorheen de getijcyclus.

<sup>7</sup> Getijfactor t.o.v. meetlocatie Antwerpen Loodsgebouw.

## Boom

- In de eb fase (LW-5u tot LW-1u) is een reeks aan kleine, korte schommelingen te zien. Het jaar 2022 wordt verder gekenmerkt door de meest prominente vloedpiek tot nu opgemeten. Deze ligt echter nog duidelijk binnen de aanvaardbare range.
- Sedimentfluxwaarden volgen het algemeen patroon en liggen in het eerder lage bereik van de range aan data.
- De SSC vertoont een duidelijk patroon met een relatief lage concentratie de eerste uren na laagwater. Bij hoogwater is de sedimentconcentratie ook laag, echter voor een kortere periode. In vergelijking met eerdere 13u-metingen is de concentratie vrij hoog.

## Schellebelle<sup>8</sup>

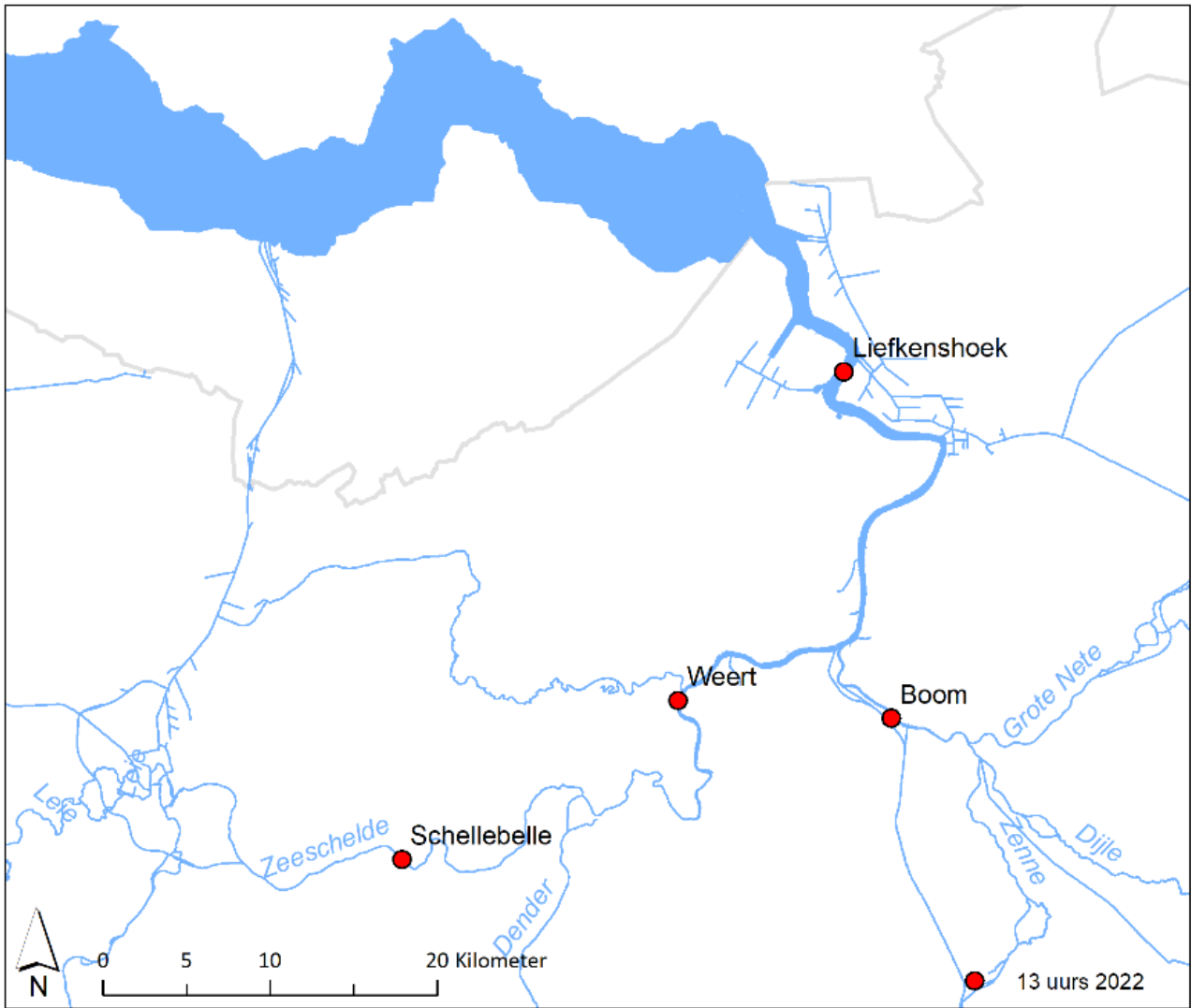
- In Schellebelle zijn de opgemeten debieten van 2022 de laagste van de hele beschouwde periode. Het patroon is gelijkaardig aan voorgaande jaren.
- Ondanks deze lage debieten is er toch een vrij gemiddelde sedimentflux gekeken over alle jaren.
- Dit vertaalt zich in een relatief hoge SSC.

## Weert

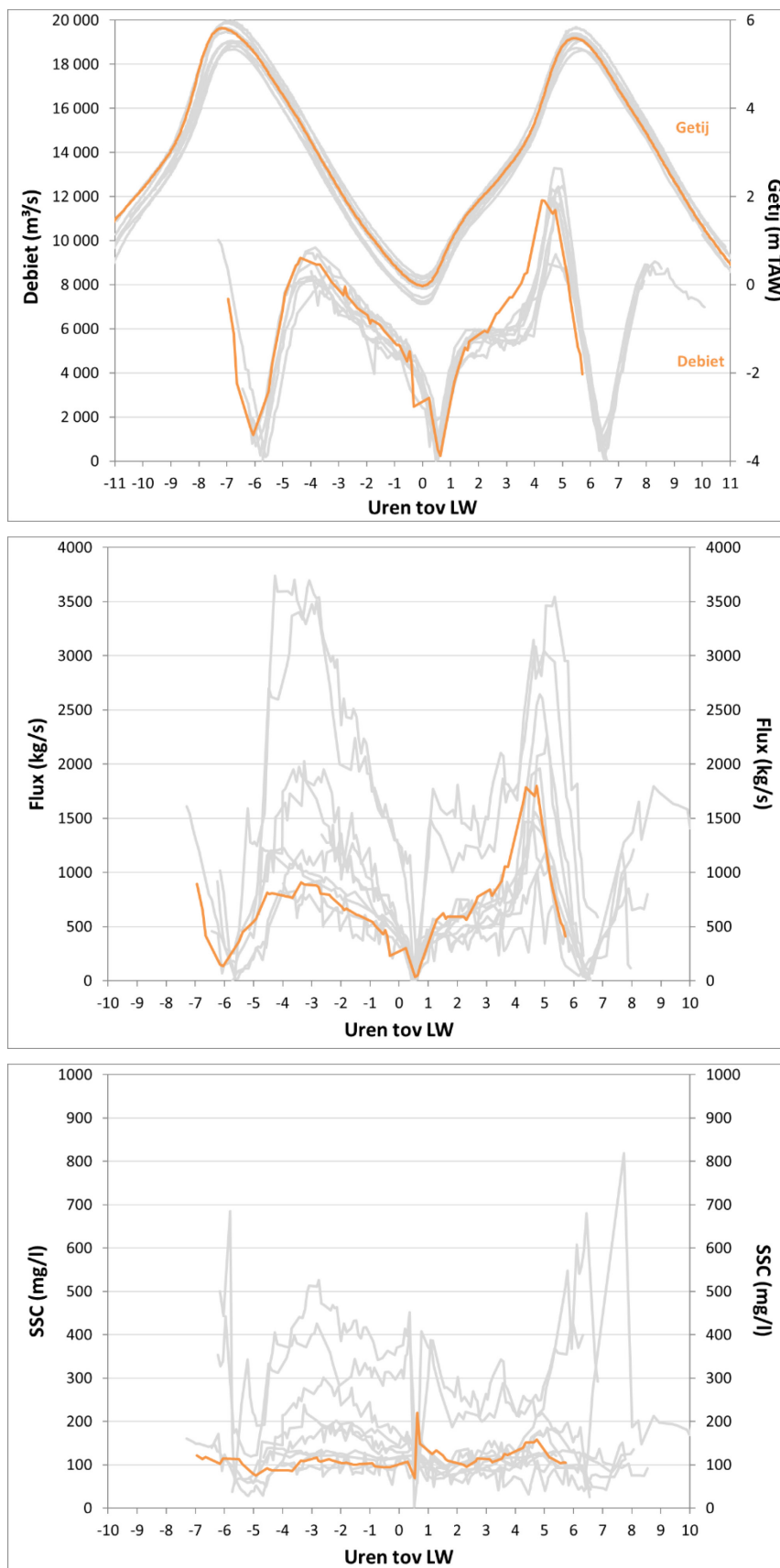
- Er is een defasering te zien van ongeveer 0,5u in de waterstanden en debieten, dit is vooral duidelijk te zien bij kenteringsmomenten. De waterstanden zijn de hoogste (of bij de hoogste) in de voorgestelde periode 2014 – 2022. De debieten volgen hetzelfde algemeen patroon zoals vastgesteld tijdens de voorbije jaren en liggen in het hogere gedeelte van de range in debieten.
- Ook de sedimentflux kent een defasering van 0,5u. Binnen de range vallen de waarden in het gemiddelde tot hogere bereik.
- Na hoogwater is de SSC minimaal vervolgens neemt deze toe tijdens eb. Bij laagwater is er een korte afname in concentratie. Vervolgens neemt de SSC geleidelijk af tijdens vloed. Dit verloop wordt ook bij de historische 13u-metingen opgemerkt.

---

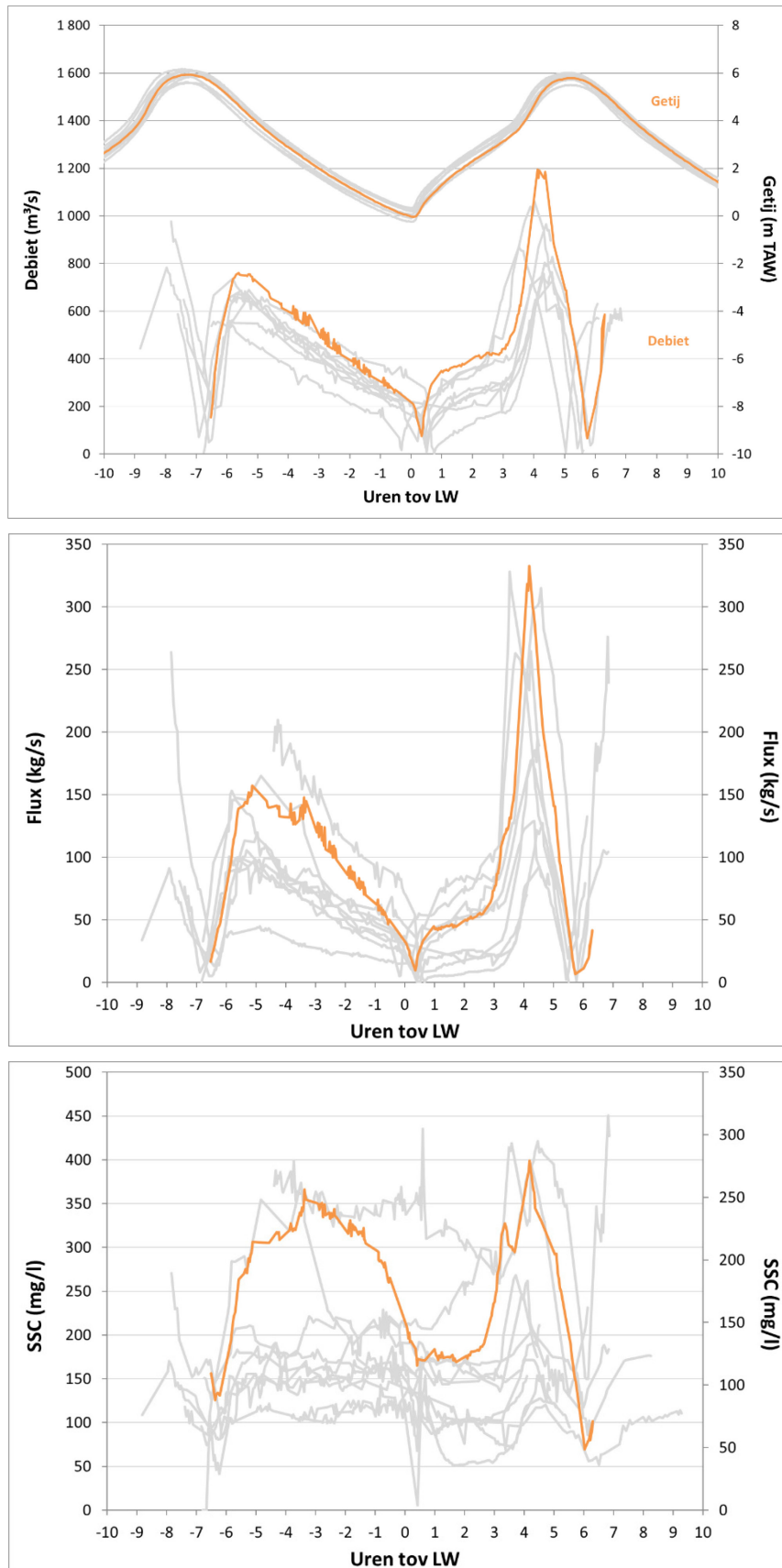
<sup>8</sup> De 13u-meting te Schellebelle startte 1 uur voor LW en liep bijgevolg tot 12u na laagwater. Om de resultaten uniform en visueel duidelijk te kunnen presenteren worden de resultaten vanaf 5,5u na laagwater voor laagwater getoond. Dit verklaart de scherpe verandering (m.n. bij SSC en debiet) 1u voor laagwater.



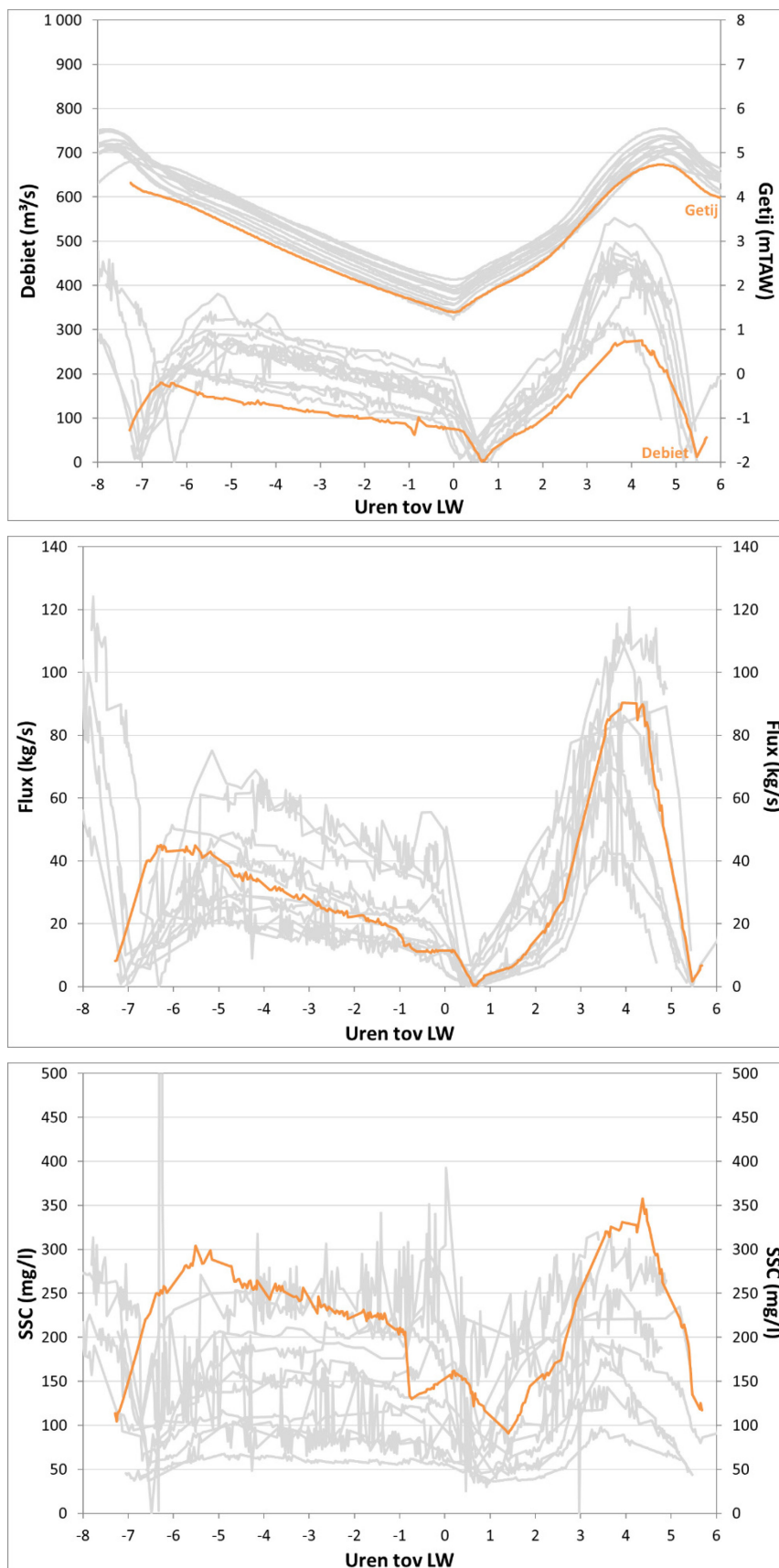
Figuur 66 – Meetlocaties 13u-metingen 2022.



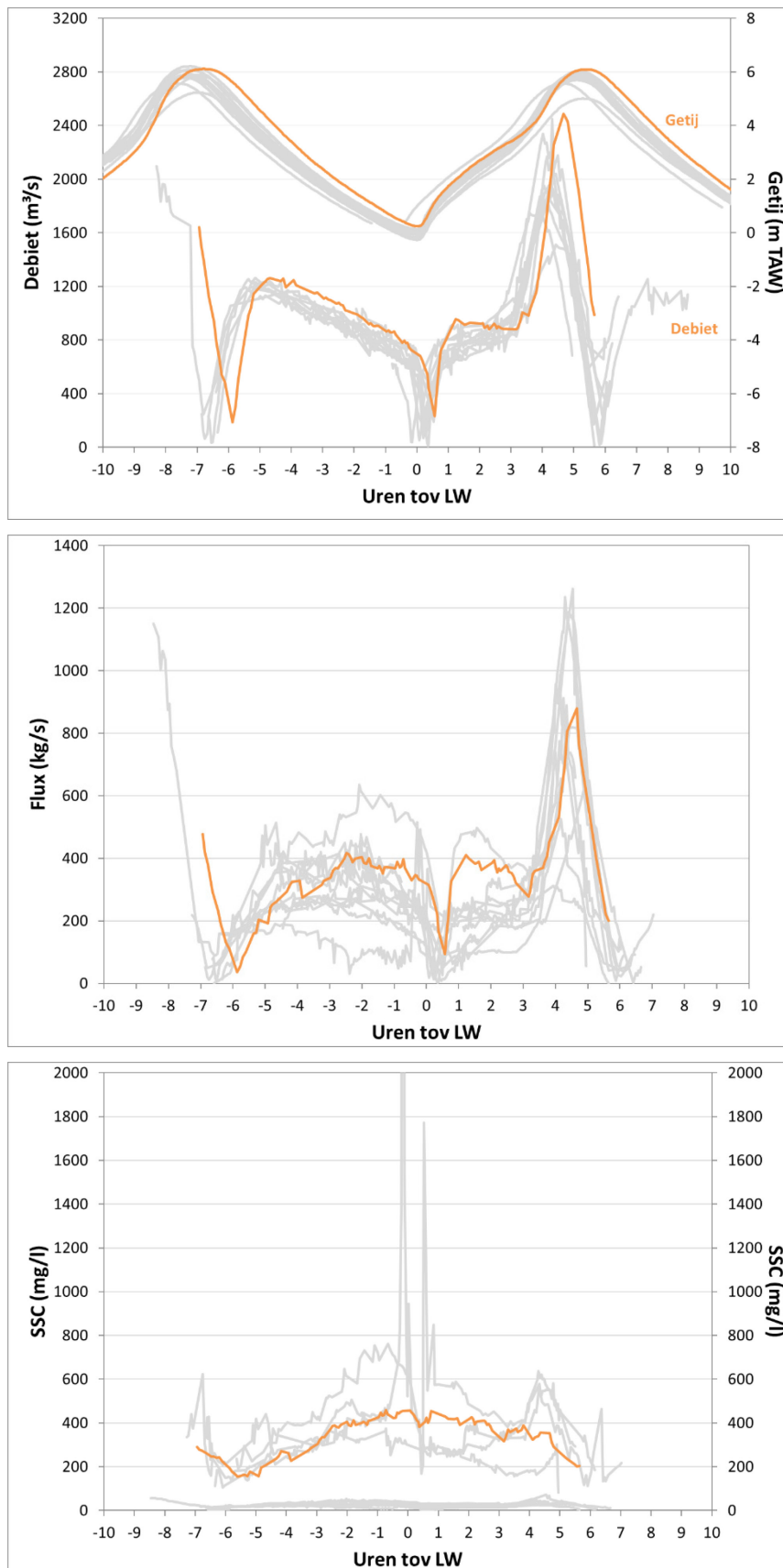
Figuur 67 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Liefkenshoek over de periode 2009 en 2022 (historisch grijs, 2022 oranje).



Figuur 68 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Boom over de periode 2009 en 2022 (historisch grijs, 2022 oranje)



Figuur 69 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen in Schellebelle/Schoonaarde over de periode 2009 en 2022 (historisch grijs, 2022 oranje).



Figuur 70 – Debiet, SSF en SSC tijdens de 13u-metingen Weert/Driegoten over de periode 2009 en en 2022 (historisch grijs, 2022 oranje).

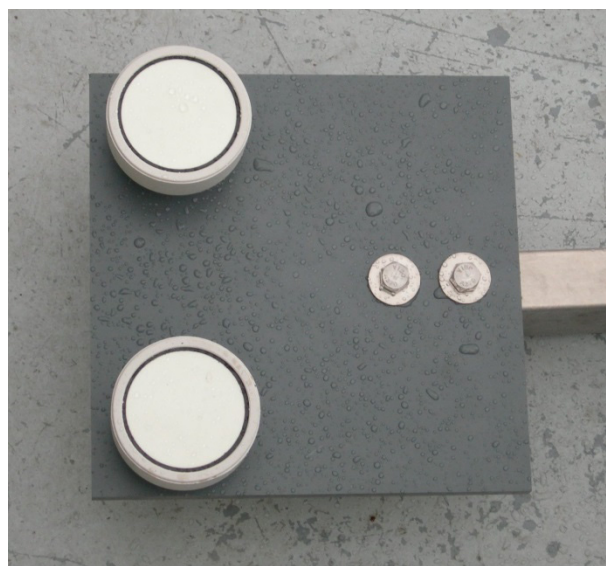
## 4.5 Hoogfrequente golfmetingen

In het kader van het onderzoek naar de invloed van zeevaart op de morfologie van slikken en schorren (Verelst *et al.*, 2012) heeft het Waterbouwkundig Laboratorium op 30 mei 2010 een golvenmeter geïnstalleerd, eerst ter hoogte van “Galgeschoor-Lillo”. Deze meetopstelling werd eveneens opgenomen binnen het MONEOS-programma. Wanneer de nieuwe meetpaal in Lillo werd geïnstalleerd, werd ook de golfmeettoestel verplaatst naar de nieuwe locatie “Lillo Meetpaal” (Figuur 71).

In 2022 ontbreken er gegevens januari, mei en augustus. Na een aanvaring door een binnenschip op 19 september is de meetpaal vernield en worden er geen golvenmetingen meer uitgevoerd (zie intermezzo I).

### 4.5.1 Meetlocaties en meetinstrumenten “golfmetingen”

De hoogfrequente golfmetingen worden uitgevoerd met behulp van een Log\_aLevel meettoestel (Figuur 71). 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 referentie-afstand een correctie van de geluidssnelheid aan de heersende luchttemperatuur en luchtdruk uitgevoerd. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar Kolokythas *et al.*, (2019).



---

Figuur 71 – Locatie Lillo-Meetpaal met links-uitstekend arm van golvenmeter (links) en detail Log-aLevel toestel (rechts)

---



#### 4.5.2 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:

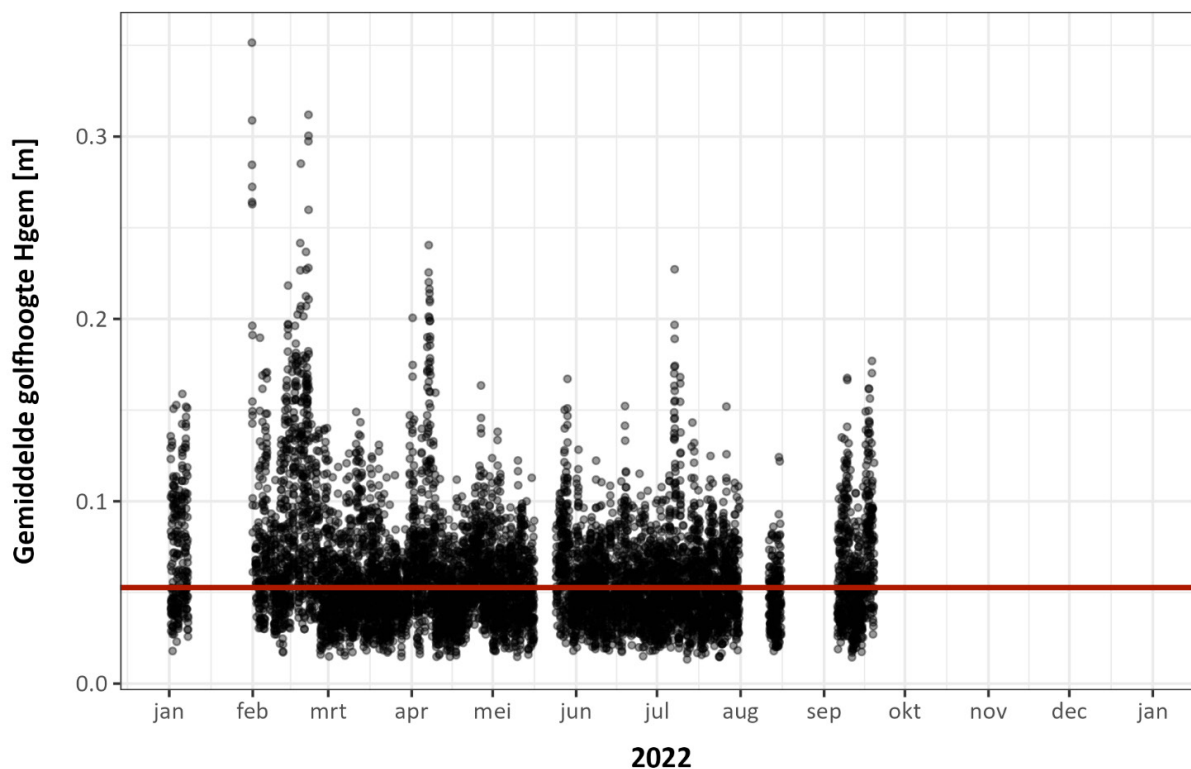
- Gemiddelde golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{\text{gem}, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode
- Maximale golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{\text{max}, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode
- Significante golfhoogte gedurende 30 minuten ( $H_{1/3, 30\text{min}}$ ) en bijbehorende periode

Tabel 16 geeft een overzicht van de karakteristieke golfparameters voor de jaren 2016 tot 2022. Merk op dat de reeksen van zowel 2022 als de voorbije jaren niet volledig waren, waardoor de gerapporteerde waarden kunnen afwijken van de reële waarden.

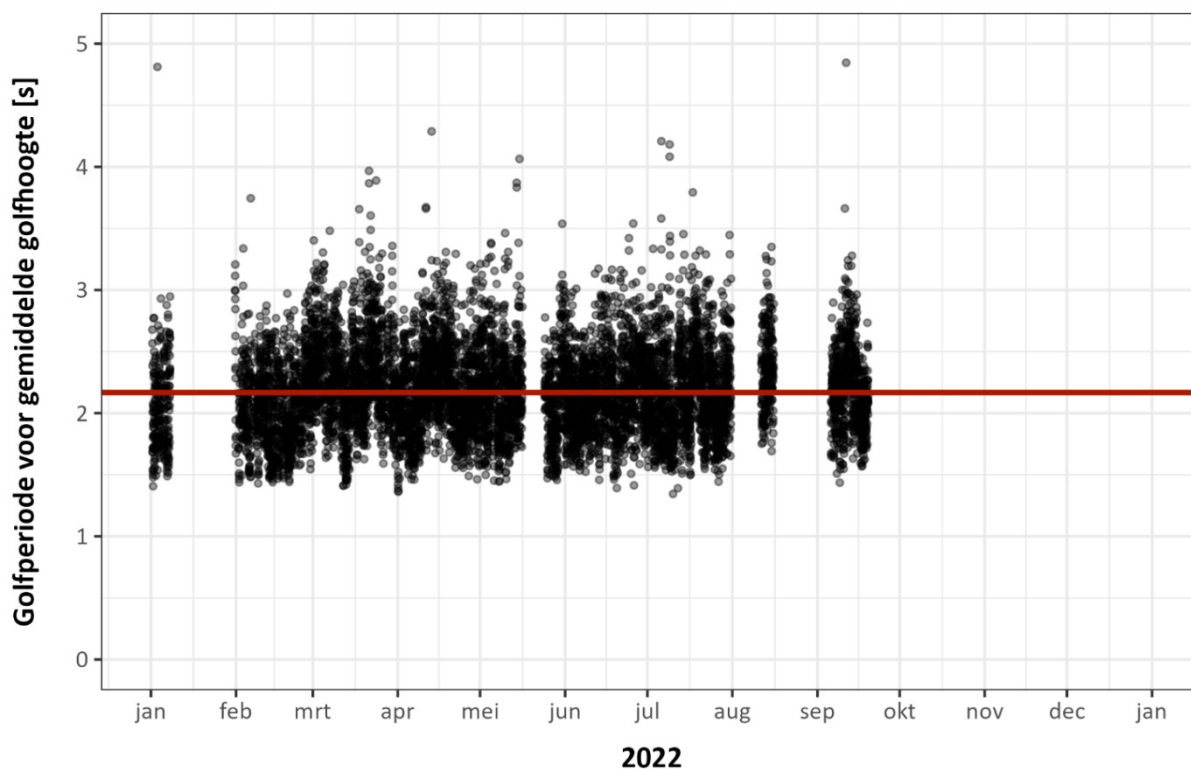
Figuur 72 tot en met Figuur 77 geven het verloop weer van de gemiddelde, maximale en significante golfhoogte en bijbehorende periode. Daarnaast wordt per parameter ook de mediane waarde (rode lijn) getoond waarvan de waarden ook in Tabel 16 staan. De golfparameters zijn gedurende het hele jaar vrij gelijkmatig gespreid rond de mediaanwaarden.

Tabel 16 – Overzicht karakteristieke golfparameters voor 2016-2022 (medianen)

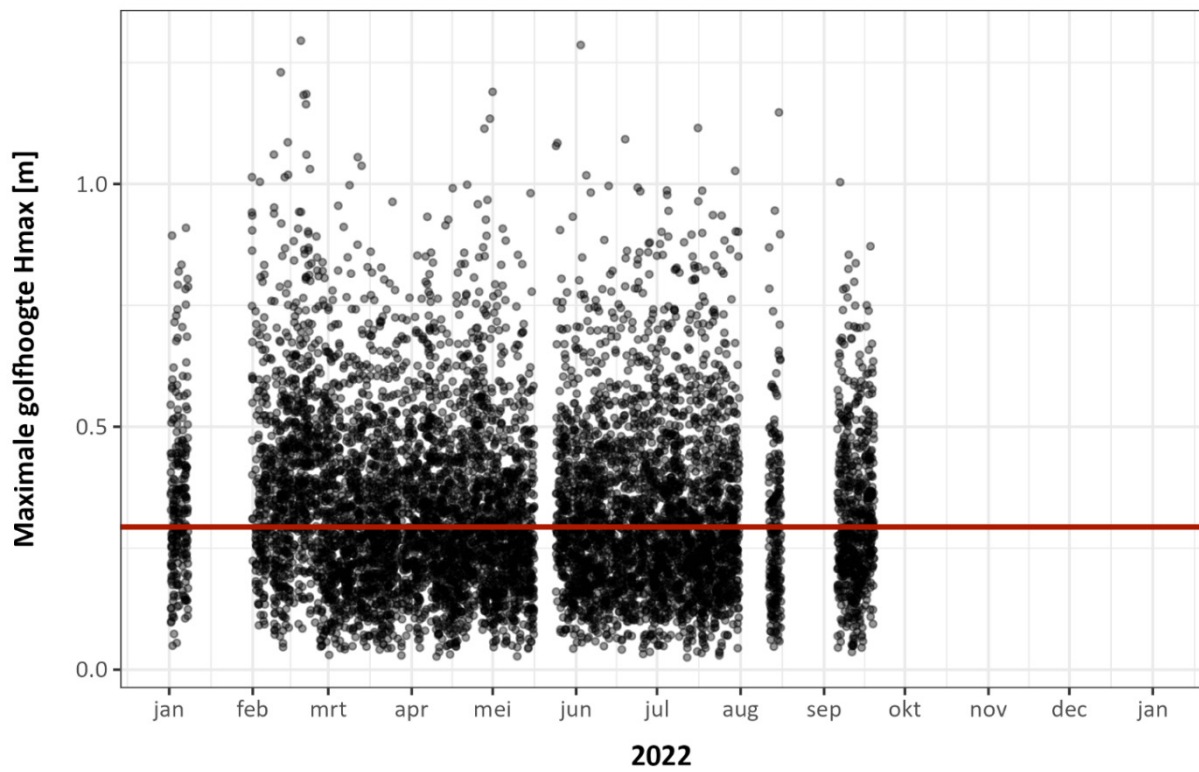
Parameter	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gemiddelde golfhoogte ( $H_{\text{gem}, 30\text{min}}$ )	6,7 cm	6,9 cm	6,7 cm	5,4 cm	5,7 cm	5,4 cm	5,3 cm
Periode van gemiddelde golfhoogte ( $T_{\text{gem}, 30\text{min}}$ )	1,90 s	1,90 s	1,95 s	2,21 s	2,15 s	2,16 s	2,17 s
Maximale golfhoogte ( $H_{\text{max}, 30\text{min}}$ )	36,6 cm	37,1 cm	36,0 cm	31,5 cm	31,8 cm	30,7 cm	29,4 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	2,52 s	2,52 s
Significante golfhoogte ( $H_{1/3, 30\text{min}}$ )	11,0 cm	11,1 cm	10,8 cm	9,4 cm	9,4 cm	9,0 cm	9,8 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	2,53 s	2,53 s



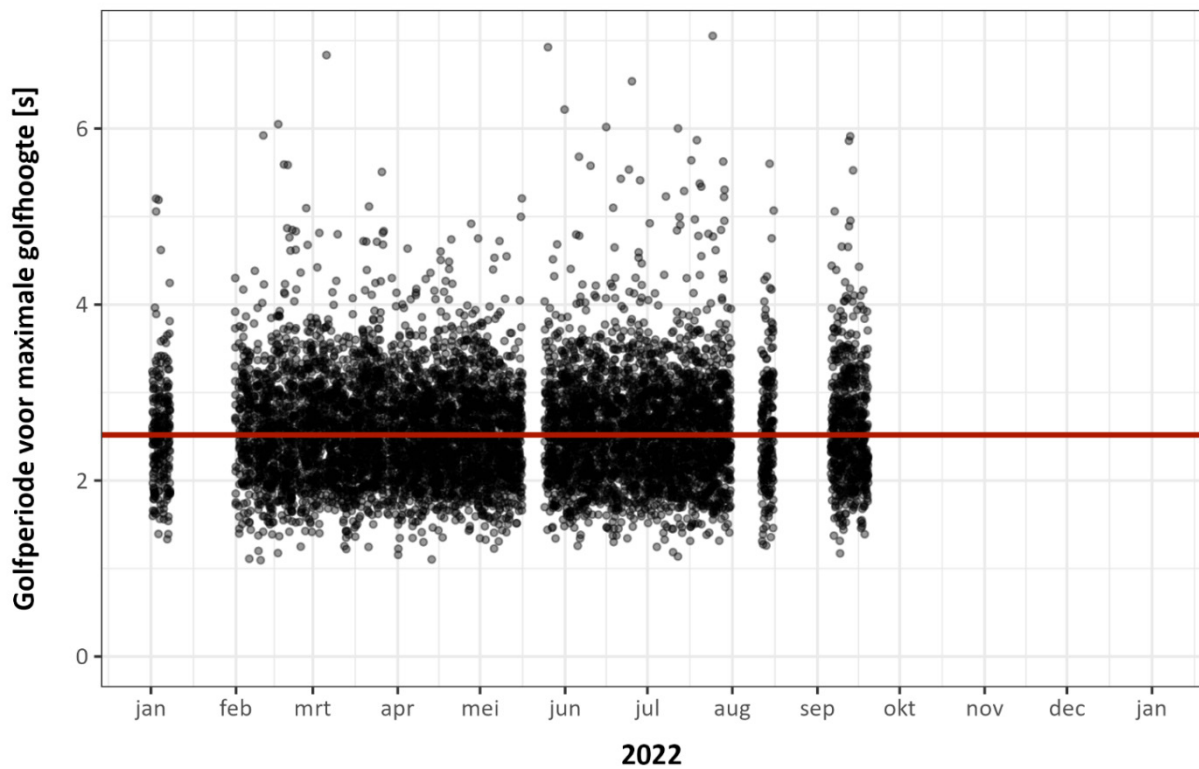
Figuur 72 – Gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



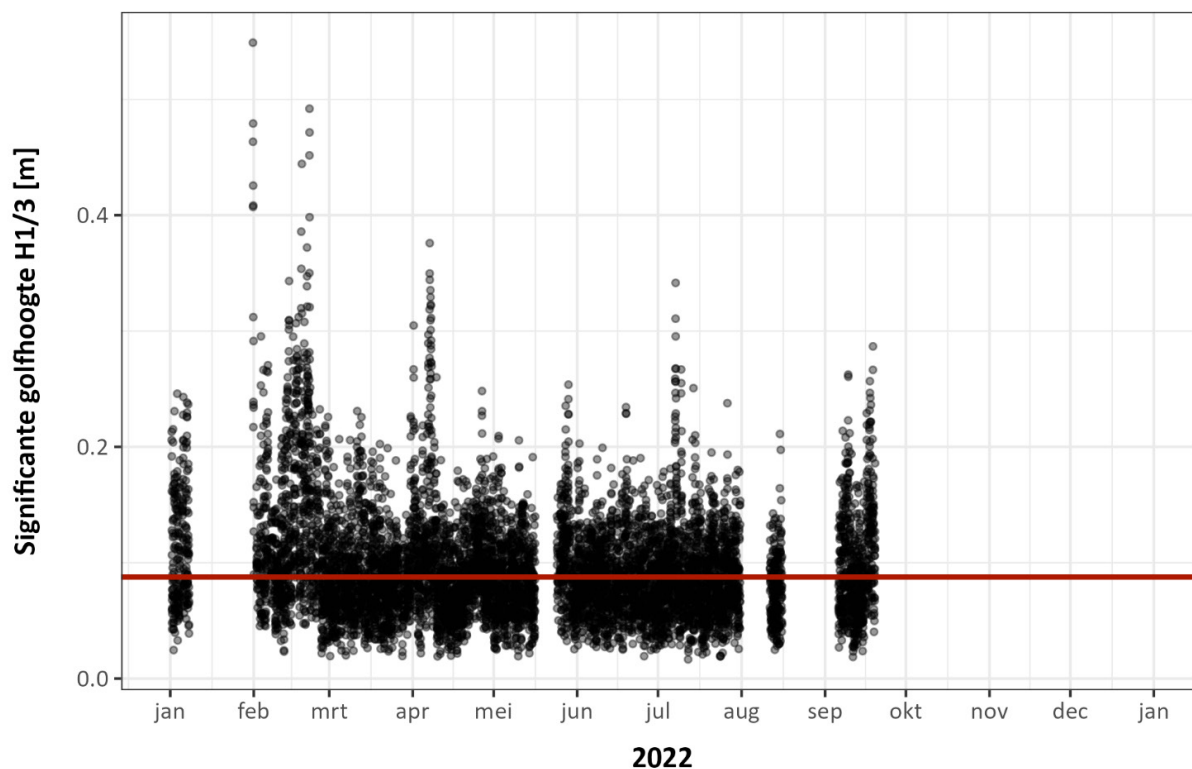
Figuur 73 – Periode behorende bij de gemiddelde golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



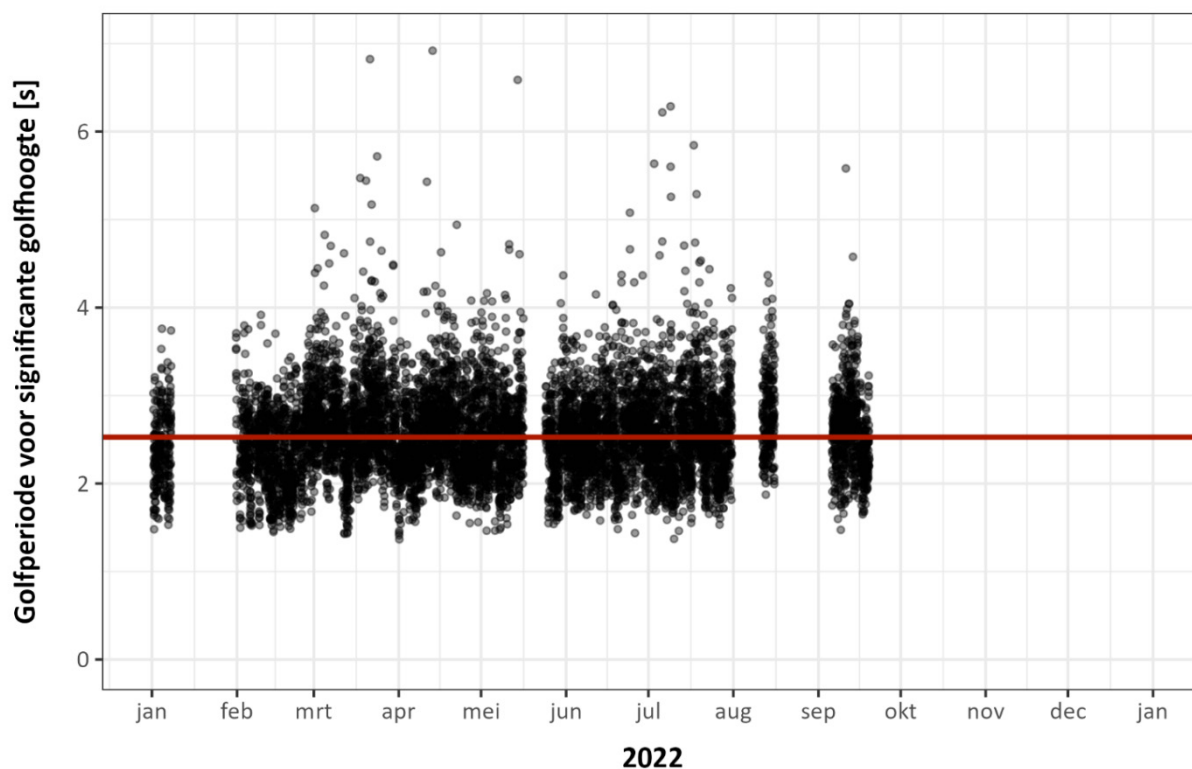
Figuur 74 – Maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 75 – Periode behorende bij de maximale golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 76 – Significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)



Figuur 77 – Periode behorende bij de significante golfhoogte (afgeleide waarden per 30'; rode lijn = mediaan)

## 5 Sedimentaansvoer aan de rand van het getijgebied

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 getijgebied 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 getijgebied 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.

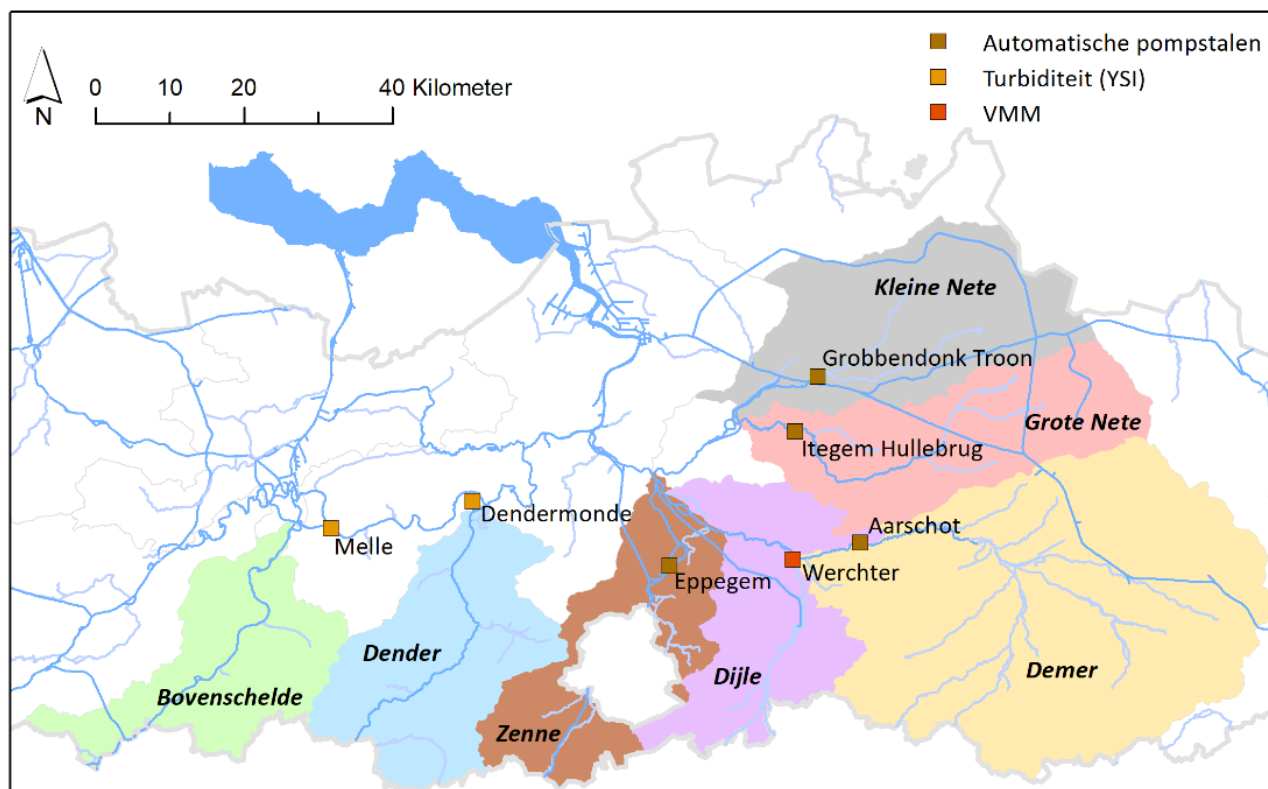
Bij beide methodes wordt het suspensiegehalte gedurende periodes zonder betrouwbare meetgegevens ingeschat m.b.v. de bovenafvoer.

De sedimentvracht (SSL) wordt berekend voor onderstaande stations (zie Figuur 78):

- 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)
- Dijle te Werchter (aangeleverd door VMM<sup>9</sup>)

---

<sup>9</sup> 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 Wilssele.



Figuur 78 – 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-campagnes<sup>10</sup> 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 Wilsle. 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 de rapporten van het sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen (b.v. Vlaamse Milieumaatschappij (2021)).

Over het algemeen zijn jaarlijkse vrachten grotendeels toe te wijzen aan een aantal piekevents doorheen het jaar met verhoogde bovenafvoer. Net zoals voor 2021 het geval was, wordt ook 2022 in het algemeen gekenmerkt door hoge bovenafvoeren in het begin van het jaar (januari en februari) en het eind van het jaar (december). Ook begin april, de periode eind mei tot eind juni en de maand september kennen (licht) verhoogde bovenafvoeren (zie §3.2). Het effect van de verhoogde bovenafvoer begin april op de sedimentvracht is in beperkte mate zichtbaar bij de meetlocaties Melle en Grobbendonk. Waar deze in september vooral zichtbaar is op de Boven-Zeeschelde en de Zenne.

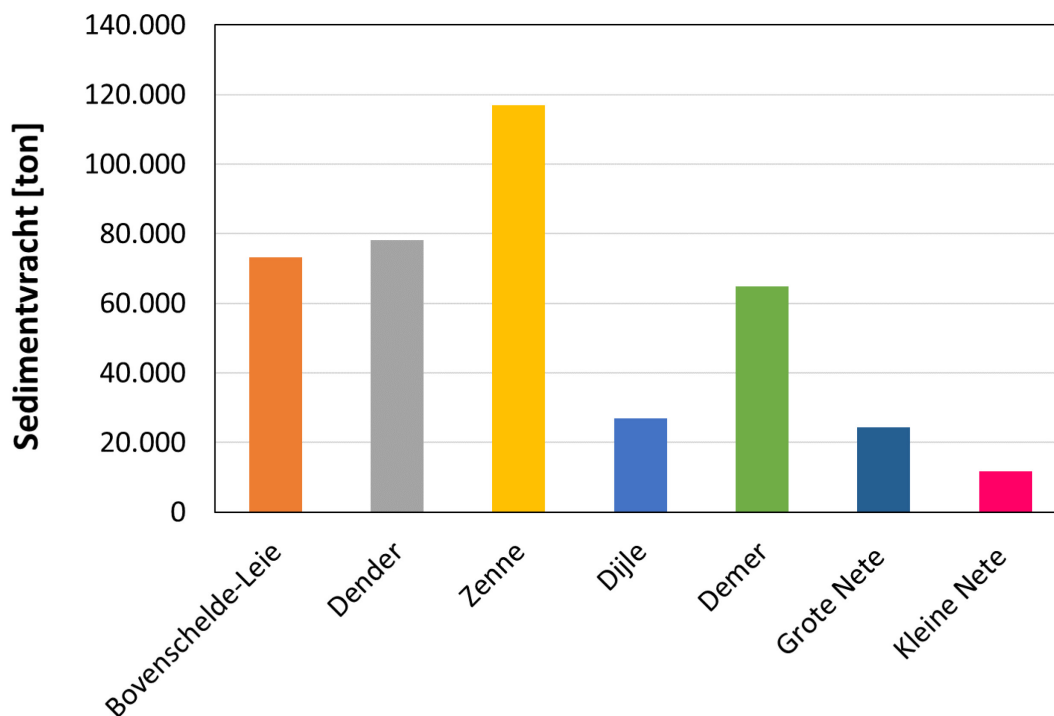
<sup>10</sup> 'Equal Width Increment'-, of kortweg EWI-metingen worden gebruikt om dwarssectiegemiddelde sedimentconcentraties te bepalen ter hoogte van waterlopen. Meer informatie over deze methodiek terug te vinden in Brackx *et al.* (2019)

De grootste jaarlijkse vrachten worden aangevoerd vanuit het Zennebekken en het Denderbekken (Tabel 17 en Figuur 79). Sinds 2020 is de frequentie aan EWI metingen sterk opgevoerd om eventuele veranderingen in de EWI relatie en door te rekenen sedimentaanvoer mee in rekening te brengen, deze aanvullende metingen werden tot op heden niet verwerkt. De totale sedimentvracht richting Schelde estuarium voor het jaar 2022 bedraagt 396 469 ton. De waarden voor de sedimentvrachten van 2022 liggen in alle bekkens een pak lager dan deze vastgesteld in 2021 en in lijn met de andere voorgaande jaren (Figuur 80). Gemiddeld doorheen de jaren schommelt de totale jaarvracht rond de 420 000 ton, terwijl in 2021 dit zo'n 40% hoger ligt. In 2021 werden hoge gemeten bovenafvoeren vastgesteld, deze zouden mee een verklaring kunnen vormen voor de sterk verhoogde sedimentvrachten van dat jaar.

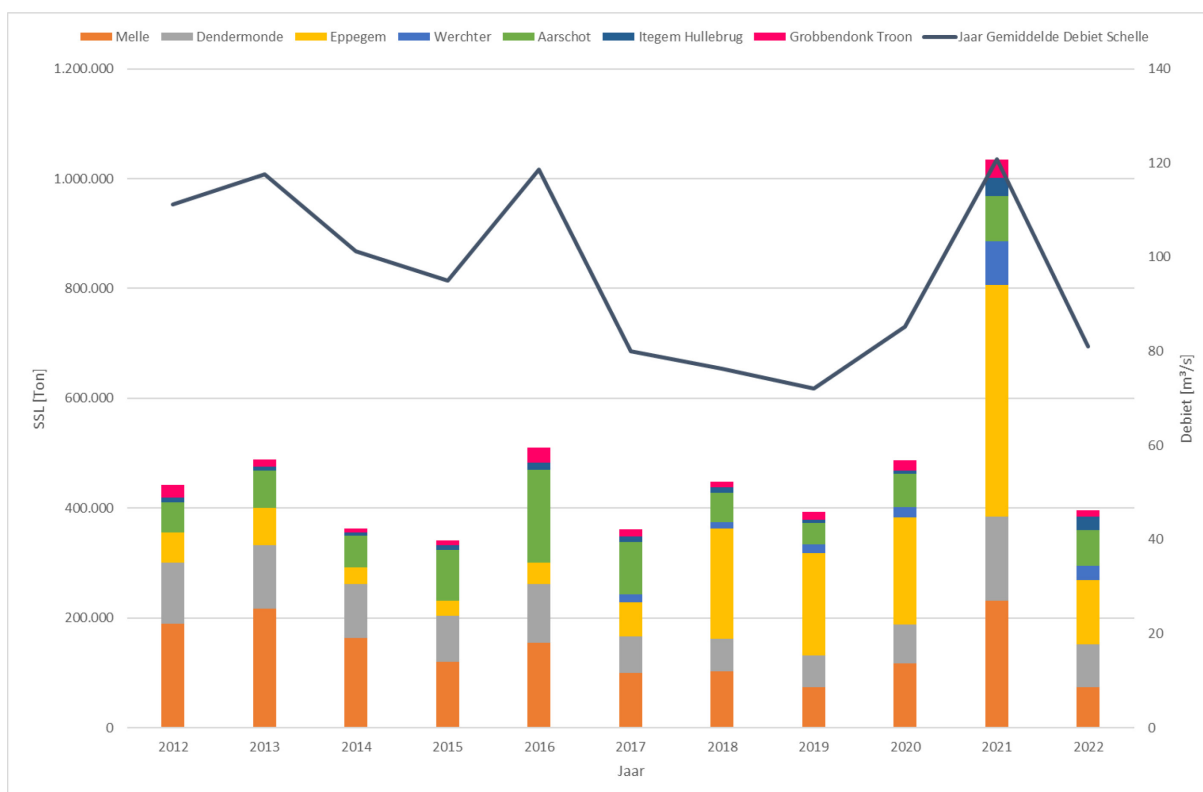
Figuur 81 t.e.m. Figuur 86 tonen de berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht (EWI-correctie toegepast) per stroomgebied. Voor de locaties aan de rand zonder getij-invloed, zijn de sedimentvrachten gebaseerd op APS data en debieten. Voor de posten waar een invloed het getij zichtbaar is in de debieten (in casu Melle en Dendermonde), worden de sedimentvrachten berekend op basis van de hoogfrequente debieten en turbiditeiten (die omgerekend worden naar SSC). Voor meer informatie over deze methodiek wordt verwezen naar Vos *et al.* (2019).

Tabel 17 – Waarden geschatte jaarlijkse sedimentvracht (ton) per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2022.

Locatie	Rivier	EWI-correctie	EWI-gecorrigeerde jaarlijkse sedimentvracht [ton]
Melle	Bovenschelde	$EWI=44,57 + 0,39*SSL$	73 143
Dendermonde	Dender	$EWI=248,57 + 0,27*SSL$	78 088
Epegem	Zenne	$EWI=10,35 + 0,67*SSL$	117 023
Aarschot	Demer	$EWI=29,1 + 0,14*SSL$	64 832
Grobbendonk-Troon	Kleine Nete	$EWI=13,24 + 0,3*SSL$	11 834
Itegem-Hullebrug	Grote Nete	$EWI=11,2 + 1,33*SSL$	24 483
Werchter (VMM)	Dijle		27 066

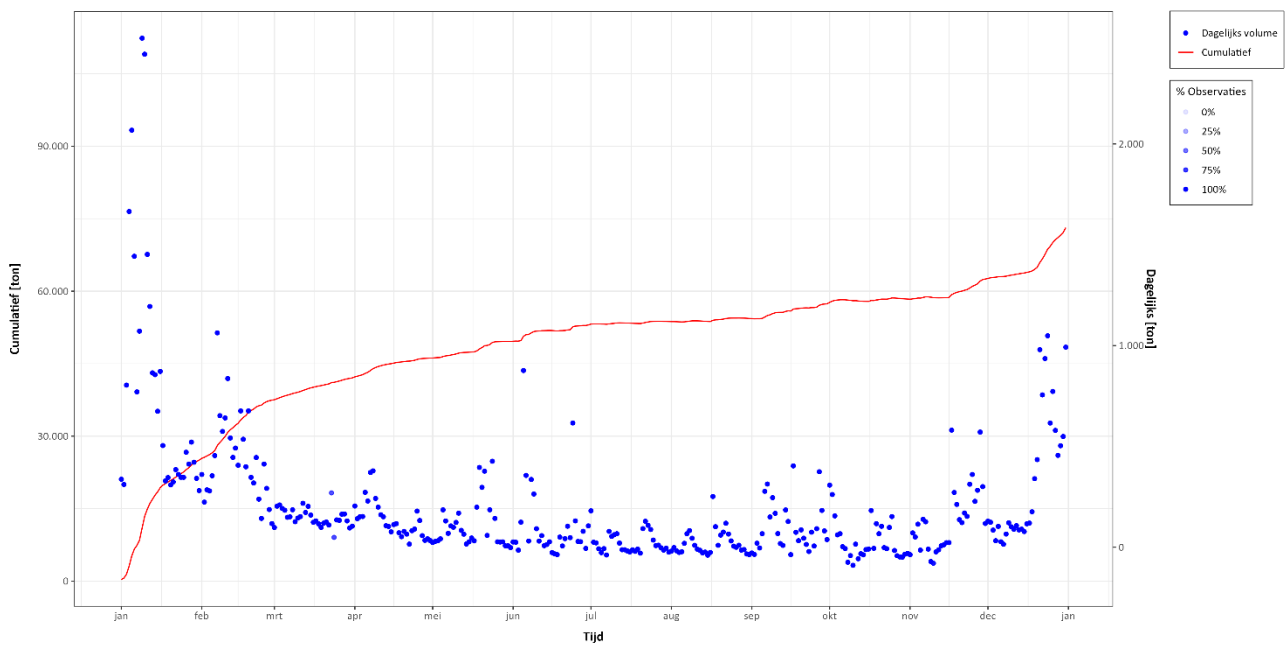


Figuur 79 – Geschatte sedimentvracht per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd) voor het jaar 2022.

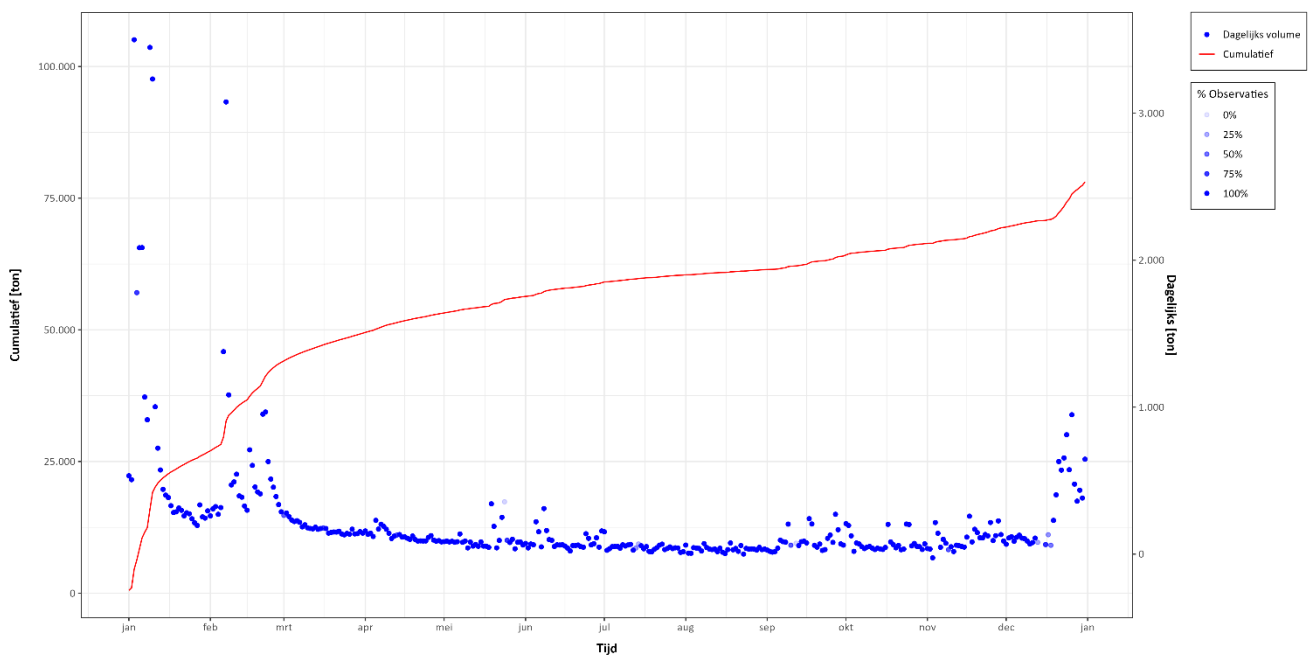


Figuur 80 – Historisch overzicht van de sedimentvrachten per stroomgebied (EWI-gecorrigeerd).  
 Voor de locatie Werchter is pas data beschikbaar vanaf 2017.

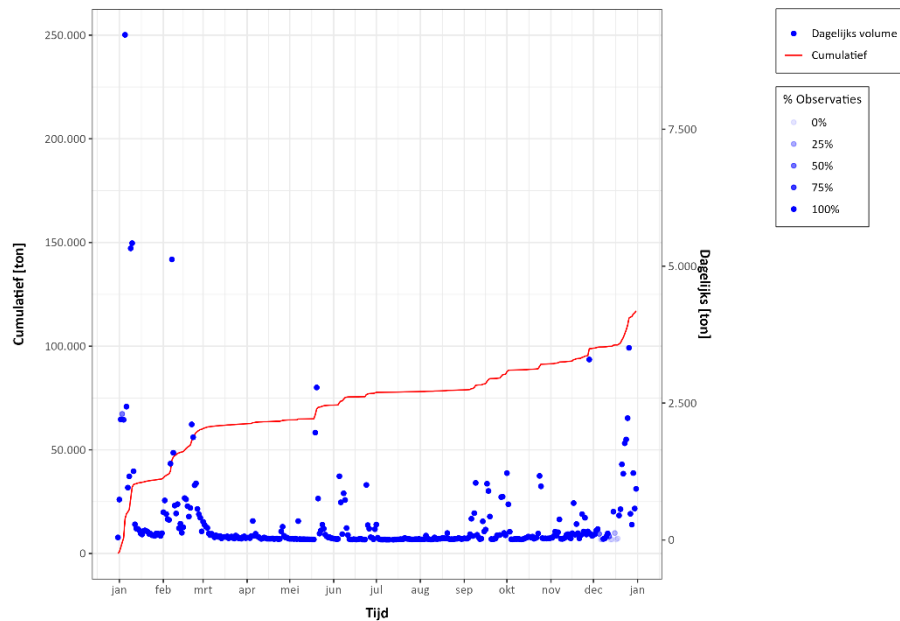




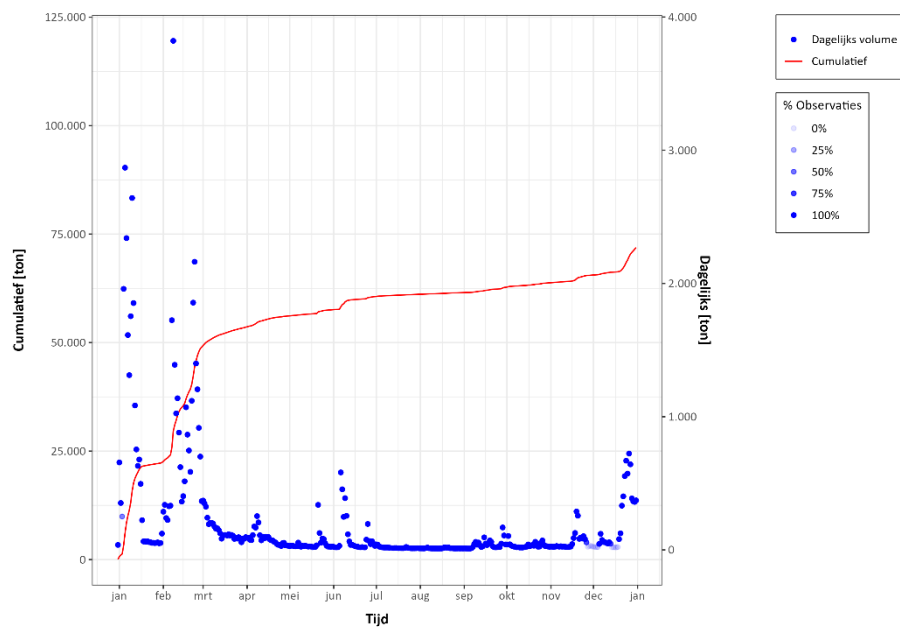
Figuur 81 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Melle komende van de Bovenschelde (en Leie) (EWI-correctie toegepast).



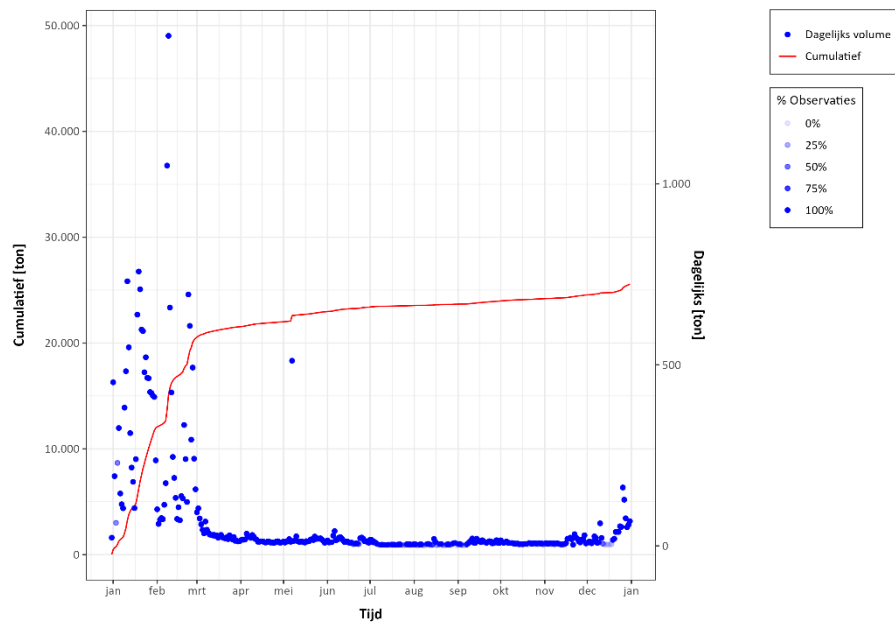
Figuur 82 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Dendermonde komende van de Dender (EWI-correctie toegepast).



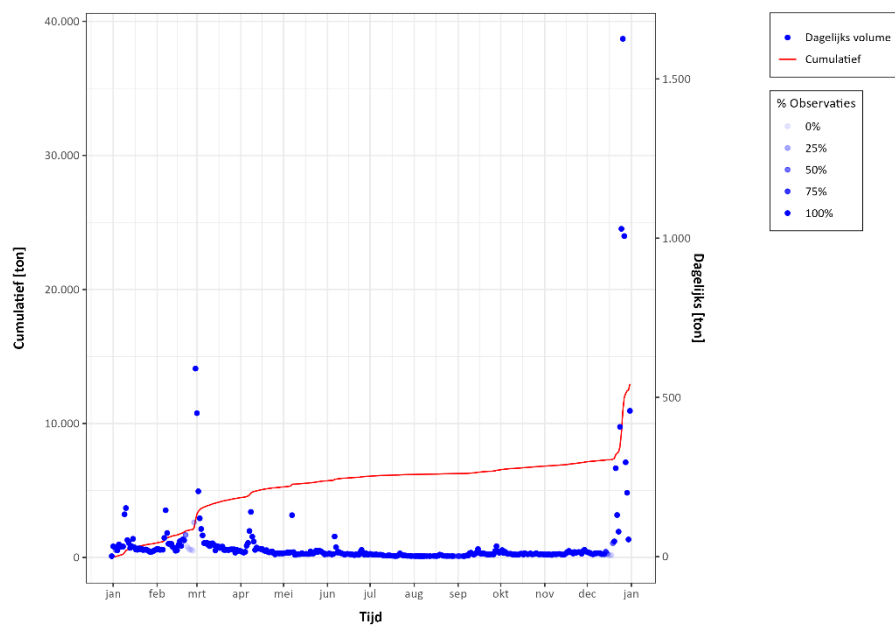
Figuur 83 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Eppegem komende van de Zenne (EWI-correctie toegepast).



Figuur 84 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Aarschot komende van de Demer (EWI-correctie toegepast).



Figuur 85 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Itegem (Hullebrug) komende van de Grote Nete (EWI-correctie toegepast).



Figuur 86 – Berekende dagelijkse en gecumuleerde sedimentvracht in Grobbendonk (Troon) komende van de Kleine Nete (EWI-correctie toegepast).

## 6 Topo-bathymetrie

In het kader van het MONEOS-programma wordt ook de topo-bathymetrie in het Schelde-estuarium opgemeten. Aangezien deze opnames niet systematisch worden gerapporteerd<sup>11</sup> of aan een eerstelijnsanalyse worden onderworpen, is dit op vraag van Maritieme Toegang opgenomen in het MONEOS-jaarboek.

Voor de Beneden-Zeeschelde wordt zowel de topografie (boven laagwaterlijn) als de bathymetrie (onder de laagwaterlijn) jaarlijks opgemeten. Voor de Boven-Zeeschelde wordt de topografie elke 3 jaar gemeten, terwijl de bathymetrie ook jaarlijks wordt opgemeten. Voor de Rupel is dit 3-jaarlijks, terwijl de topo-bathymetrie van de overige bijrivieren 1 keer per 6 jaar wordt opgemeten.

### 6.1 Methodes

De bathymetrische gegevens zijn afkomstig uit de sectiekaarten voor de Zeeschelde die opgemeten worden via multibeam echo soundings door Vlaamse Hydrografie. Deze werden gecombineerd met topometrische data die met behulp van LIDAR verzameld worden, om ook de ondiepere (en moeilijk peilbaar vanop het water) delen mee op te kunnen nemen. Deze metingen worden door afdeling Maritieme Toegang omgezet naar gebiedsdekkende grids met een resolutie van 1x1 m. Tabel 18 geeft een overzicht van de opnames per deelgebied die gebruikt werden om het gebiedsdekkende bodemgrid voor het jaar 2022 op te maken.

---

Tabel 18 – Overzicht periodes uitgevoerde peilingen per deelgebied

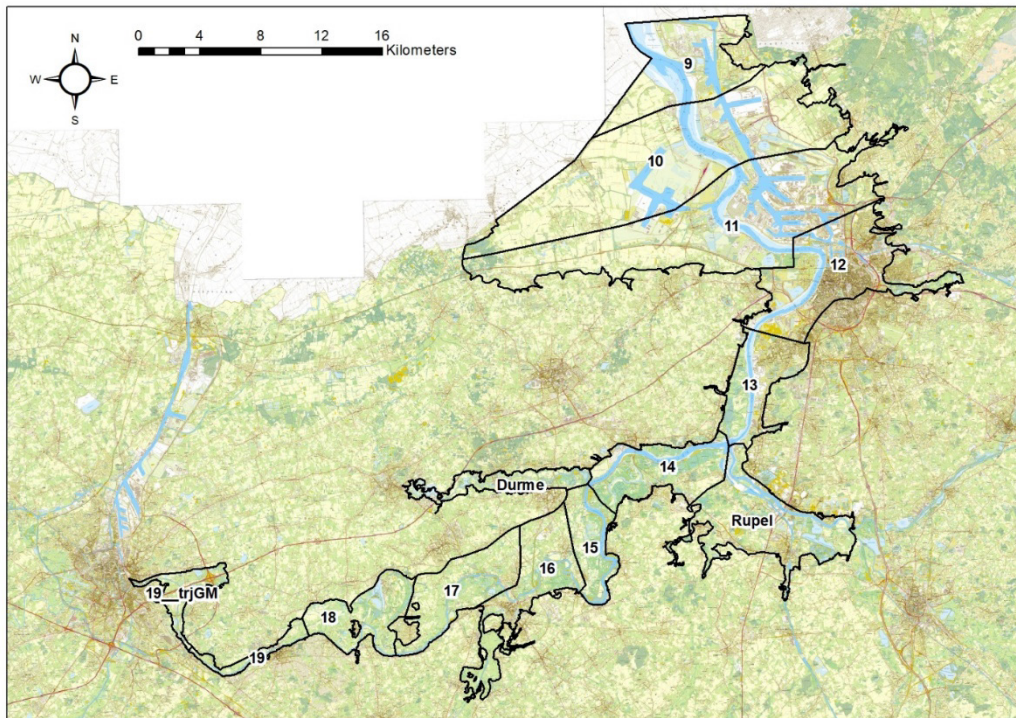
---

Deelgebied	Bathymetrie (MBES)	Topografie (LIDAR)
Beneden-Zeeschelde	10-01-2022 tem 23-06-2022	19-03-2022 tem 22-03-2022
Boven-Zeeschelde	10-01-2022 tem 13-04-2022	19-03-2022 tem 22-03-2022
Rupel	06-07-2022 tem 07-07-2022	19-03-2022 tem 22-03-2022
Durme	01-10-2022 tem 02-10-2022	19-03-2022 tem 22-03-2022

Naast de topo-bathymetrie an sich worden de veranderingen in morfologie zichtbaar gemaakt. Ruimtelijk gebeurt dit aan de hand van verschilkaarten tussen de recente periode (2022) en de vorige periode (2019) waarvoor een gebiedsdekkend grid beschikbaar is (Vos *et al.*, 2023). Daarnaast worden de verschillen ook nog inzichtelijk gemaakt aan de hand van de hypsometrie. Hierbij wordt het watervolume beneden verschillende referentiepeilen berekend binnen een bepaalde polygoon. In navolging van de sedimentbalans is gekozen de OMES-segmenten (Figuur 87) te hanteren als ruimtelijke indeling. Aangezien de hypsometrie de volledige range van dieptes beschrijft, wordt er daarnaast ook voor gekozen om het watervolume beneden het referentievlak van 0 m TAW voor te stellen. Voor de Beneden-Zeeschelde en het afwaartse deel van de Boven-Zeeschelde neigt dit naar het laagwaterpeil (zie ook §2). Opgemerkt kan worden dat deze keuze afwijkt van een gelijkaardige analyse in het kader van eerder onderzoek (Plancke *et al.*, 2021b) waar wel expliciet is rekening gehouden met de ruimtelijke variatie van het laagwaterpeil. Hier is echter voor een eenvoudiger? Methodiek gekozen.

---

<sup>11</sup> Uitzondering is de Beneden-Zeeschelde waarvoor jaarlijks de sectiekaarten op papier worden uitgegeven.



Figuur 87 – Opdeling Zeeschelde en bijrivieren volgens de OMES-segmenten

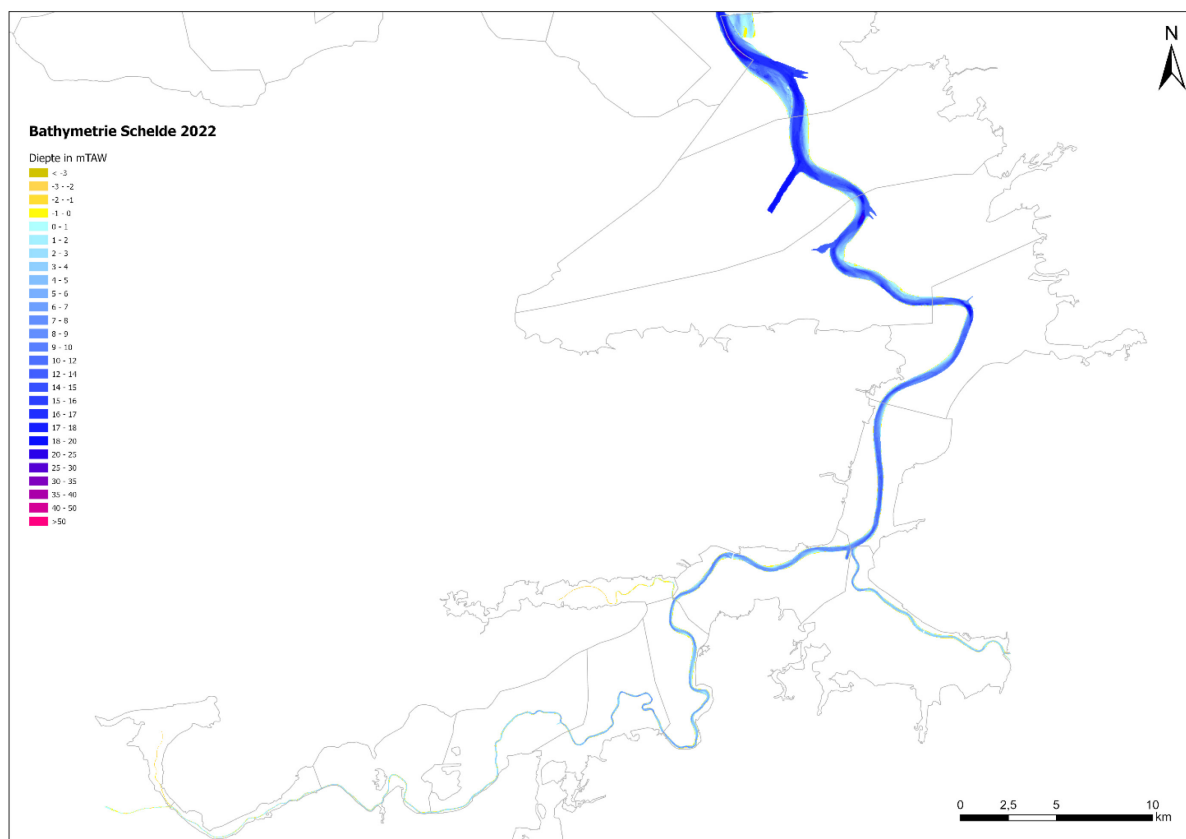


Figuur 88 – Ligging langprofiel Zeeschelde

## 6.2 Resultaten

### 6.2.1 Topo-bathymetrie

Figuur 89 geeft de topo-bathymetrie weer van de Zeeschelde, Durme en Rupel voor het jaar 2022. In Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten wordt in Figuur 115 t.e.m. Figuur 126 de topo-bathymetrie per OMES-segment weergegeven zodat de variatie in diepteligging duidelijk wordt.



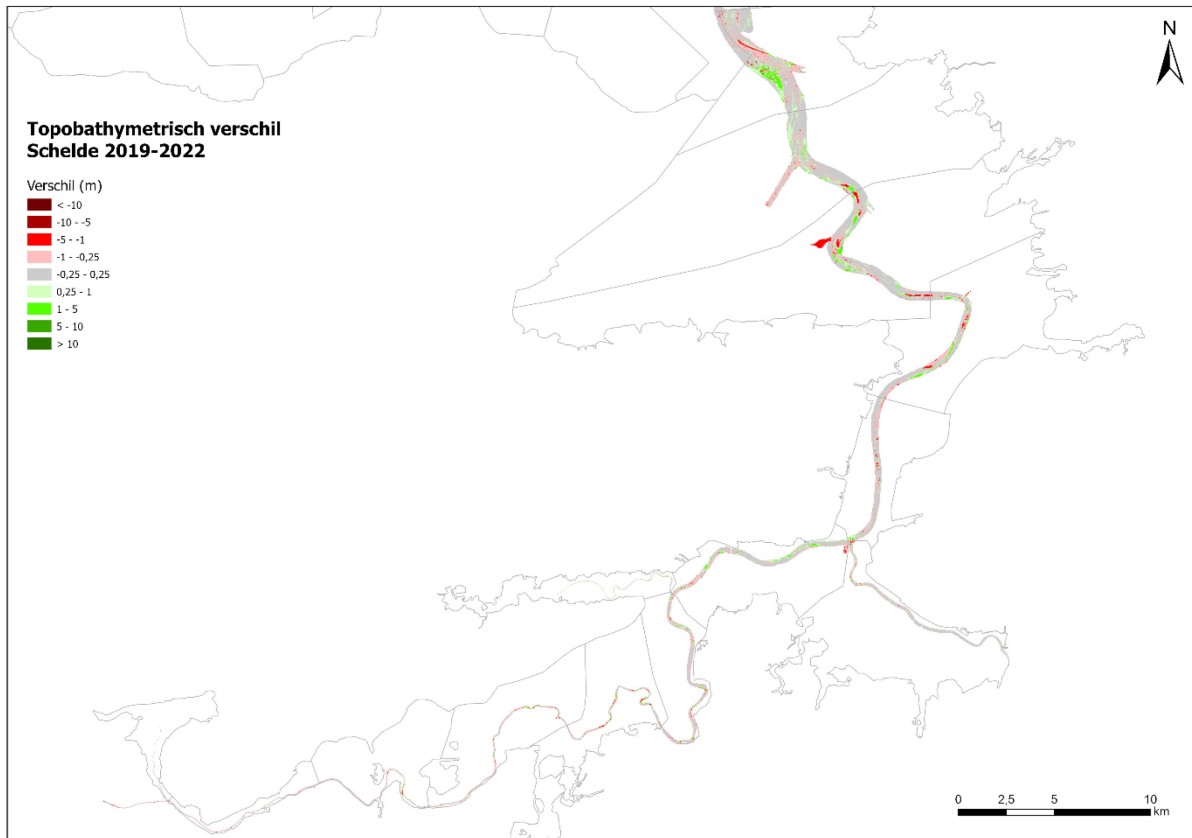
Figuur 89 – Topo-bathymetrie 2022 voor volledige Zeeschelde, Rupel & Durme, met aanduiding van OMES segmenten (lichtgrijs)

### 6.2.2 Verschilkaarten

Figuur 90 geeft de verschilkaart weer voor de Zeeschelde, Durme en Rupel voor de jaren 2019 en 2022. In Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten wordt in Figuur 127 t.e.m. Figuur 138 de verschilkaarten tussen de topo-bathymetrie uit 2019 en 2002 per OMES-segment weergegeven zodat de variatie in diepteligging duidelijk wordt.

In de meest afwaartse segmenten (9 – 12) kunnen aanzienlijke verandering vastgesteld worden. Voor een aantal zones (e.g. drempel van Zandvliet, Schaar Ouden Doel in OMES-segment 9 of toegangseul Kallo-sluis) kunnen deze toegeschreven worden aan bagger- en stortwerkzaamheden die hebben plaatsgevonden net voor of net na het moment dat de peiling uitgevoerd werd. Op de rand van OMES-segment 10 en 11 kan ook een patroon van erosie en sedimentatie waargenomen worden. Dit kan toegeschreven worden aan de morfologische respons na de bouw van de wachtsteiger ter hoogte van de Ketelplaat (Plancke *et al.*, 2021a) en de aanleg van de krib ter hoogte van Fort Sint-Filips.

Meer opwaarts zijn vaak patronen terug te vinden van erosie met aangrenzende sedimentatie (e.g. geul in OMES-segment 13 en 14), wat wijst op een migratie van bodemvormen. Doorheen de Boven-Zeeschelde zijn er zones met erosie dan wel sedimentatie ter te vinden. Deze ontwikkeling kunnen zowel toe te schrijven zijn aan natuurlijke evoluties als menselijke ingrepen (e.g. sedimentonttrekking). In voorliggend rapport wordt niet in detail ingegaan op deze oorzaken, enkel een voorstelling van de verschillen wordt weergegeven.

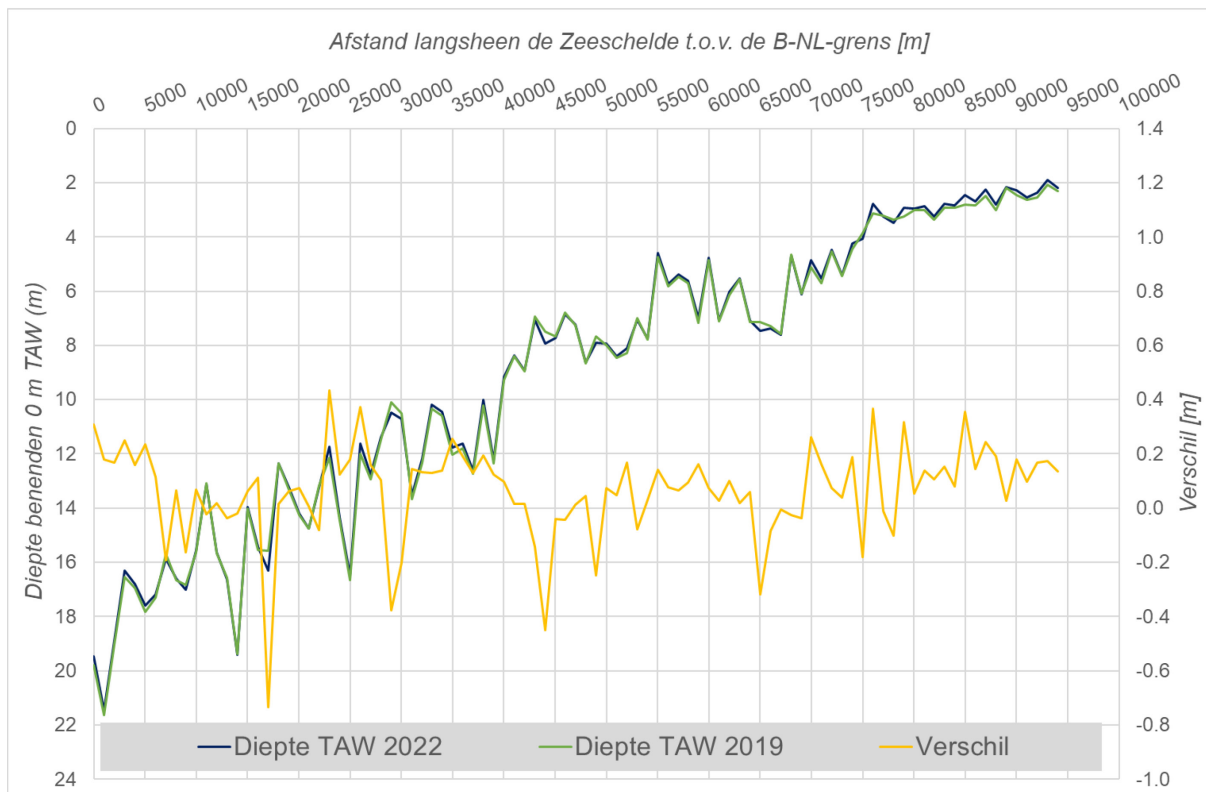


Figuur 90 – Verschilkaart 2019-2022 voor volledige Zeeschelde

### 6.2.3 Diepteligging langsprofiel

In aanvulling aan de topo-bathymetrie en verschilkaart, is ervoor gekozen een voorstelling op te nemen van de diepteligging van een langsprofiel doorheen de Zeeschelde. Voor de ligging van het profiel wordt verwezen naar Figuur 88. De resultaten, zowel de resp. diepteligging in 2019 en 2022 als het verschil, zijn terug te vinden in Figuur 91. Hierbij is gekozen om de gemiddelde diepteligging per zone van 1000 m te presenteren. De initiële resolutie van 1 m geeft een grotere spreiding, waarbij verschillen in diepte lokaal kunnen oplopen tot  $\pm 4$  m. Op deze schaal zijn ook de individuele bodemvormen deels gevisualiseerd,

Hierbij valt het op dat in het algemeen er een lichte verondieping (0 tot 40 cm) lijkt op te treden langsheen het langsprofiel, met uitzondering van een aantal stukken waar er een verdieping kan waargenomen worden. Belangrijk is hierbij op te merken dat deze voorstelling eerder illustratief is, aangezien slechts één punt in de dwarssectie beschouwd wordt en dat dit punt niet noodzakelijkerwijs representatief is voor de volledige dwarssectie. Dit wordt geïllustreerd door het deel opwaarts Dendermonde ( $> 70000$  m): in het langsprofiel treedt een verondieping op van ca. 20 cm, terwijl uit de hypsometrie een toename van het watervolume beneden 0 m TAW blijkt.



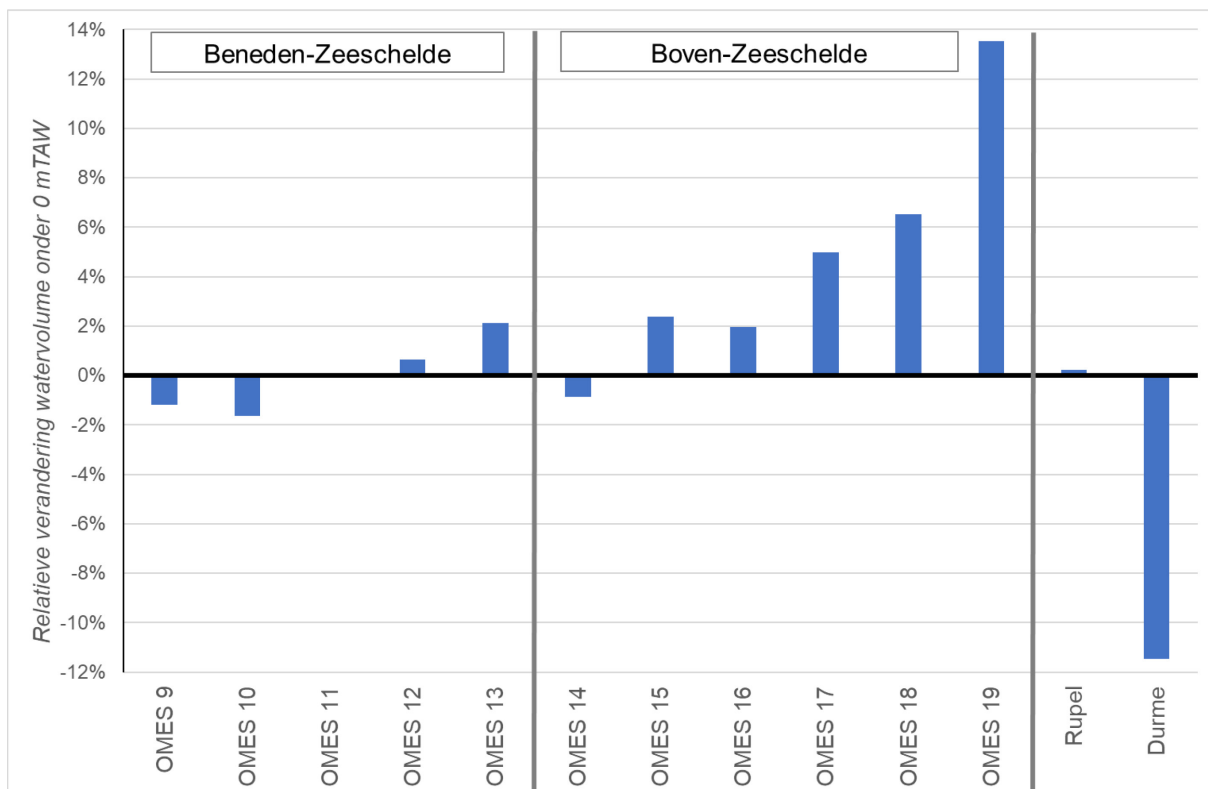
Figuur 91 – Diepteligging langsprofiel Zeeschelde



#### 6.2.4 Hypsometrie

De hypsometrie is berekend voor de verschillende OMES-segmenten in de Beneden-Zeeschelde (Figuur 94) en de Boven-Zeeschelde (Figuur 95). De figuren tonen het watervolume onder de verschillende referentieniveaus (stap van 10 cm), waarbij eveneens de hypsometrie voor 2019 wordt getoond. Voor alle segmenten kan er visueel bijna geen verschil vastgesteld worden tussen 2019 en 2022. Daarom wordt ook het watervolume beneden 0 m TAW voorgesteld (Figuur 92). Hieruit blijkt dat voor de Beneden-Zeeschelde de verschillen beperkt blijven tot 2%. De afwaartse segmenten (9 en 10) geven een beperkte afname van het watervolume onder 0 m TAW, terwijl de opwaartse segmenten (12 en 13) een beperkte toename tonen. Voor de Boven-Zeeschelde kan langsheen quasi het volledig traject een toename vastgesteld worden van het watervolume. Met name in de meest opwaartse segmenten (17-19) bedraagt de toename meer dan 5%, met een stijging van bijna 14% in het meest opwaartse segment. Een verklaring hiervoor vergt verder onderzoek, waarvoor ook de ingreepgegevens<sup>12</sup> over de volledige periode nodig zijn.

Voor de Durme (Figuur 93) treedt een aanzienlijke reductie (-12%) op van het watervolume onder 0m TAW. Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de morfologische respons van de Durme op de recente baggercampagne in de periode voor 2019.



Figuur 92 – Relatieve verandering in watervolume onder 0 m TAW over periode 2019 – 2022 voor verschillende OMES-segmenten langsheen de Zeeschelde

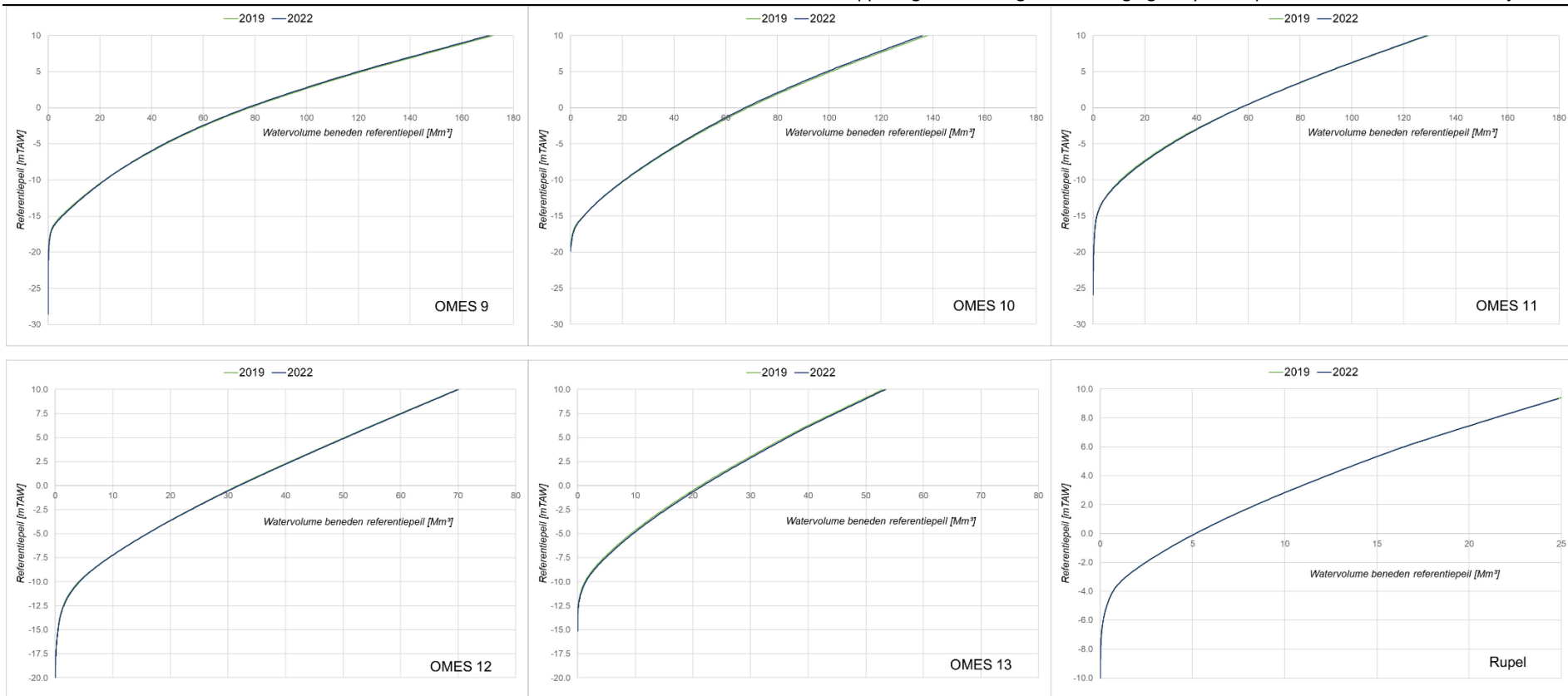
<sup>12</sup> Door de Vlaamse Waterweg werden de ingreepgegevens van 2020 en 2021 aangeleverd, deze van 2022 zijn nog niet beschikbaar.



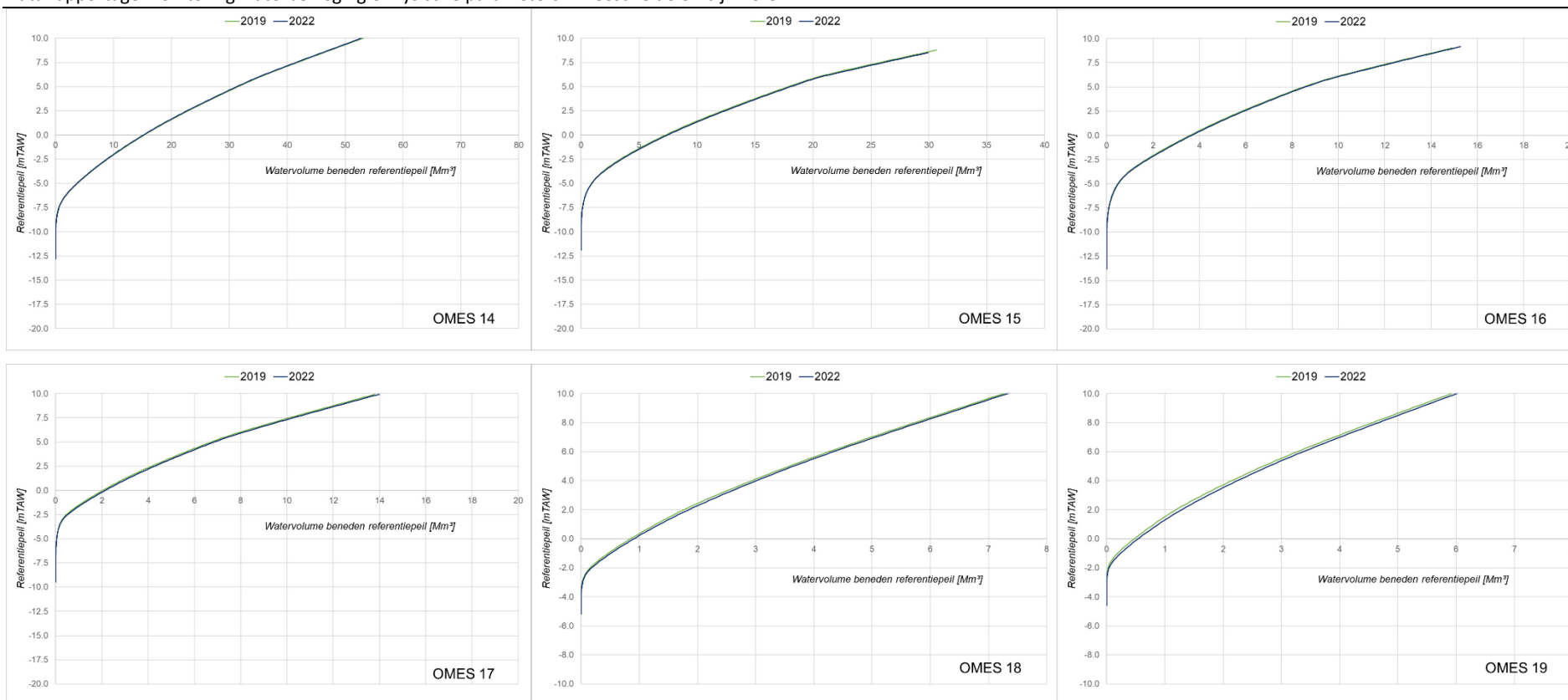
---

Figuur 93 – Hypsometrie voor het OMES-segment Durme (groen = 2019 | blauw = 2022)

---



Figuur 94 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten (9 t.e.m. 13) in de Beneden-Zeeschelde en Rupel (groen = 2019 | blauw = 2022)



Figuur 95 – Hypsometrie voor de OMES-segmenten in de Boven-Zeeschelde (groen = 2019 | blauw = 2022)

## 7 PFAS-vrachten

Op vraag van de PFAS-opdrachthouder prof. Dr. Karl Vrancken werden eind 2022, in navolging van Nederlandse berekeningen, de PFAS-vrachten in de Beneden-Zeeschelde berekend voor de periode september 2021 – september 2022. Door Nederland worden PFAS-vrachten ter hoogte van Belgisch-Nederlandse grens berekend op basis van waterstalen die genomen worden ter hoogte van het station Schaar van Ouden Doel (Jonker, 2021, 2022). In Plancke *et al.* (2022) wordt een eerste berekening uitgevoerd van de PFAS-vrachten in de Zeeschelde. Hierbij is in eerste instantie gekozen om dit enkel uit te voeren voor een selectie van PFAS-stoffen. Deze selectie is gebeurd rekening houdend met enerzijds het belang van de betreffende stof in de totale concentratie, en anderzijds zijn er zowel korte (C<sub>4</sub>) als lange (C<sub>8</sub>) ketens geselecteerd:

- Perfluorbutaanzuur (PFBA) [C<sub>4</sub>F<sub>7</sub>O<sub>2</sub>]
- Perfluorbutaansulfonzuur (PFBS) [C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>SO<sub>3</sub>]
- Perfluorhexaanzuur (PFHxA) [C<sub>6</sub>F<sub>11</sub>O<sub>2</sub>]
- Perfluoroctaanzuur (PFOA) [C<sub>8</sub>F<sub>15</sub>O<sub>2</sub>]
- Perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) [C<sub>8</sub>F<sub>17</sub>SO<sub>3</sub>]

De concentraties van de verschillende PFAS-stoffen worden bepaald door de VMM en de staalname gebeurt getij-onafhankelijk vanop een schip dat een langsprofiel vaart vertrekkende vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Schelle. Voor het berekenen van de vrachten is gekozen om volgende 4 punten in de Beneden-Zeeschelde te beschouwen (van af- naar opwaarts): Zandvliet, Lillo, Antwerpen-Steen, Hemiksem. Daarnaast is in de voorliggende berekening ook een punt in de Boven-Zeeschelde (Dendermonde) meegenomen in de berekening.

Voor het berekenen van de PFAS-vrachten maakt RWS gebruik van de VrachtenApp. De berekening wordt beschreven in (Deltares, 2016) en stelt dat voor oppervlaktewater de “directe” methode wordt toegepast:

*Voor die dagen waarop een concentratiemeting beschikbaar is (aantal = n), wordt een dagvracht bepaald als concentratie ([PFAS<sub>i</sub>]) maal bijbehorend dagdebiet (Q<sub>dag</sub>). De resulterende dagvrachten worden vervolgens gesommeerd en omgerekend naar een jaarvracht door vermenigvuldiging met het aantal dagen in het jaar, gedeeld door het aantal concentratiemetingen (n).*

Dit komt neer op volgende formule:

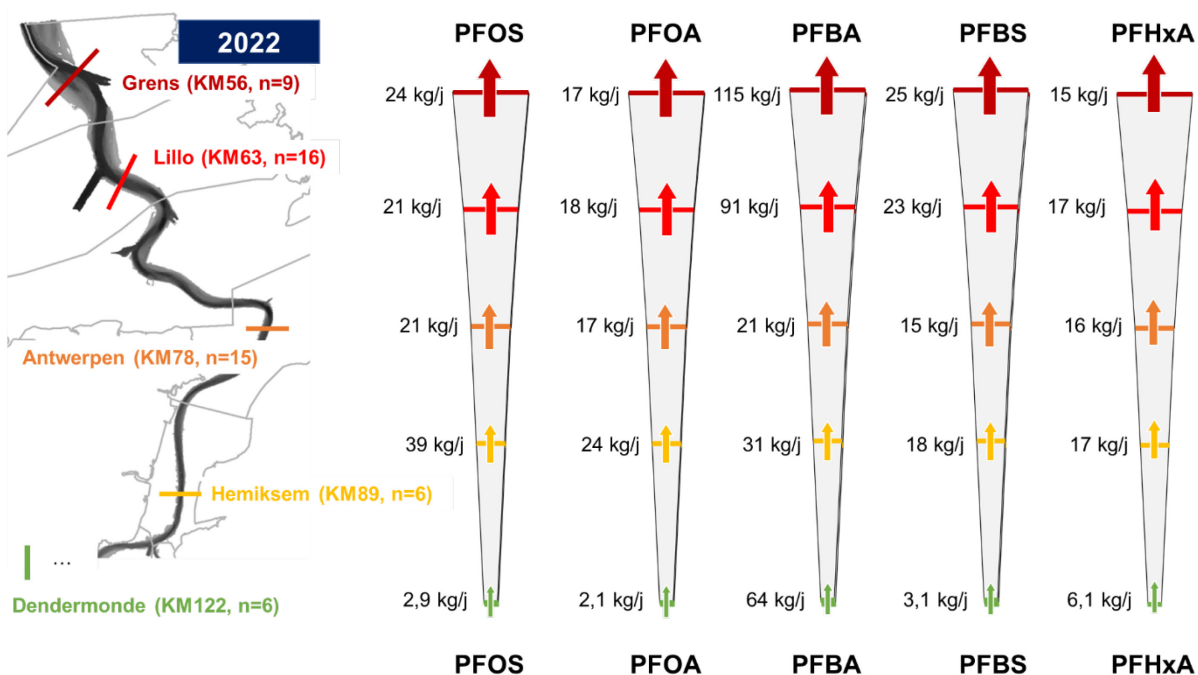
$$PFAS_{jaarvracht} = \sum_n (Q_{dag} \times [PFAS_i^{meting}]) \times \frac{365 d}{n}$$

In Plancke *et al.* (2022) werd gebruik gemaakt van de alstoen beschikbare gegevens, i.e. tot en met september 2022. De laatste maanden uit 2022 waren toen nog niet beschikbaar. In de huidige berekening worden deze metingen wel meegenomen, waarbij een aantal beschikbare meetgegevens is weergegeven in Tabel 19. Deze tabel bevat eveneens per parameter het aantal meetwaarden dat zich beneden de detectielimiet bevindt. Voor deze metingen wordt de concentratie gelijkgesteld aan de helft van de detectielimiet, identiek als in de eerdere berekening.

Figuur 96 bevat de jaarvrachten voor 2022 voor de verschillende PFAS-componenten. Voor de lange ketens (PFOS, PFOA) is er een toename tussen de Boven-Zeeschelde en de Beneden-Zeeschelde, maar blijft de vracht eerder constant doorheen de Beneden-Zeeschelde (ca. 20 kg/jaar). Eenzelfde patroon is zichtbaar bij PFHxA en PFBS met vrachten van ca. 15 en 20 kg/jaar langsheen de Beneden-Zeeschelde. De korte keten PFBA vertoont een afwijkend gedrag: de jaarvracht neemt af van Dendermonde naar Antwerpen (21 kg/jaar), om vervolgens in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde toe te nemen naar 115 kg/jaar ter hoogte van grens. Gelet op het beperkt (6) aantal metingen, waarvan 3 onder de detectielimiet, in de opwaartse stations dienen deze resultaten met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Tabel 19 – Overzicht beschikbare meetgegevens PFAS-concentraties  
 # metingen (waarvan # onder detectielimiet)

Parameter	Debiet	PFBA	PFBS	PFHxA	PFOS	PFOA
Zandvliet	B-NL-grens	9 (2)	9 (1)	9 (7)	9 (8)	9 (6)
Lillo	B-NL-grens	14 (8)	16 (1)	15 (3)	15 (9)	16 (5)
Antwerpen-Steenplein	½ Beneden-Zeeschelde + ½ B-NL-grens	15 (8)	15 (3)	15 (2)	15 (7)	15 (3)
Hemiksem	Beneden-Zeeschelde + Rupel	6 (1)	6 (-)	6 (-)	6 (-)	6 (-)
Dendermonde	Boven-Zeeschelde (opw) + Dender	6 (3)	6 (5)	6 (-)	6 (3)	6 (1)



Figuur 96 – PFAS-vrachten in de Zeeschelde voor het jaar 2022

## 8 Referenties

**Afdeling kust; Waterbouwkundig Laboratorium** (2022) Getijtafels 2023 voor Nieuwpoort, Oostende, Blankenberge, Zeebrugge, Vlissingen, Prosperpolder, Antwerpen en Wintam.

**Barneveld, H.J.; Nicolai, R.P.; Boudewijn, T.J.; de Jong, J.W.; Didderen, K.; van de Haterd, R.J.W.; Van de Moortel, I.; Velez, C.** (2018). Evaluatierapport T2015-rapportage Schelde-estuarium: Ielystad. 428 pp.

**Boeckx, L.; Deschamps, M.; Coen, L.** (2023). Wasrapport IJzer-Afwatering Gent: januari 2023. Versie 2.0. *WL Rapporten*, PA008\_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=362824>

**Brackx, M.; Van De Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2019). Validatie fysische parameters: Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017. Versie 3.0. *WL Rapporten*, PA025\_15. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=313923>

**Deltares.** (2016). Aanvoer rivieren buitenland. 10 pp.

**Depreiter, D.; Cleveringa, J.; van der Laan, T.; Maris, T.; Ysebaert, T.; Wijnhoven, S.** (2014). T2009-rapport Schelde-estuarium. 522 + 2 bijlagen pp. pp.

**Fremau, M.** (2019). Kalibratie van een optisch indirect meettoestel voor het meten van sedimenttransport in een fysisch model. Universiteit Antwerpen. 56 pp.

**Hydrologisch Informatiecentrum.** (2022a). Hoogwater 31 januari 2022. *Scheldeflits*, 02. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349992>

**Hydrologisch Informatiecentrum.** (2022b). Hoogwater 5 januari 2022. *Scheldeflits*, 01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349987>

**Hydrologisch Informatiecentrum.** (2022c). Hoogwaters 17 - 21 februari 2022. *Scheldeflits*, 03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349993>

**Jonker, M.** (2021). Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Rijkswateren Concentraties in water en biota tussen 2008 en 2020. 136 pp.

**Jonker, M.** (2022). PFAS concentraties in de Zeeuwse wateren. 36 pp.

**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.. *FHR reports*, 15\_054\_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=317597>

**Koninklijk Meteorologisch Instituut.** (2023). Klimatologisch jaaroverzicht, Jaar 2022. 13 pp.

**Maris, T.; Baeten, S.; Van den Neucker, T.; van den Broeck, T.; Meire, P.** (2020a). OMES rapport 2019 Intergetijdengebieden: Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. *Report Ecosystem Management Research Group ECOBE*, 020-R266. Universiteit Antwerpen: Antwerpen. Available at: <https://www.vliz.be/nl/open-marien-archief?module=ref&refid=338248>

**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.; Gelsomini, P.; Horemans, D.; Meire, P.** (2020b). Onderzoek naar de gevolgen van het Sigmaplan, baggeractiviteiten en havenuitbreiding in de Zeeschelde op het milieu. Geïntegreerd eindverslag van het onderzoek verricht in 2019. 165 pp.

**Meire, D.; Plancke, Y.; Vereecken, H.** (2023). Vergelijking data fysische parameters: meetpaal Lillo vs Liefkenshoek veer. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 22\_076\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=363939>

**Plancke, Y.; De Maerschallck, B.; Mostaert, F.** (2021a). Wachtsteiger Ketelplaat: deelrapport 1. Morfologische ontwikkelingen. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 21\_002\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=345344>

**Plancke, Y.; Schramkowski, G.; 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. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=312099>

**Plancke, Y.; Van De Moortel, I.; Hertogs, 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. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=291098>

**Plancke, Y.; Vanhooren, J.; De Maerschallck, B.; Gabriels, W.** (2022). PFAS: inschatting PFAS-vrachten in de Zeeschelde. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 22\_079\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=359689>

**Plancke, Y.; Vanlede, J.; Meire, D.; Mostaert, F.** (2021b). Slibhuishouding in het Schelde-estuarium: data-analyse. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 20\_061\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=336667>

**Plancke, Y.; Vereecken, H.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Slibbalans-Zeeschelde: deelrapport 5. Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2013. *WL Rapporten*, 00\_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

**Rijkswaterstaat Directoraat-generaal; Vlaamse Gemeenschap.** (2001). Langetermijnvisie Schelde-estuarium

**Schrijver, M.; Plancke, Y.** (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken: Middelburg. 44 pp.

**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. *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. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=323486>

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

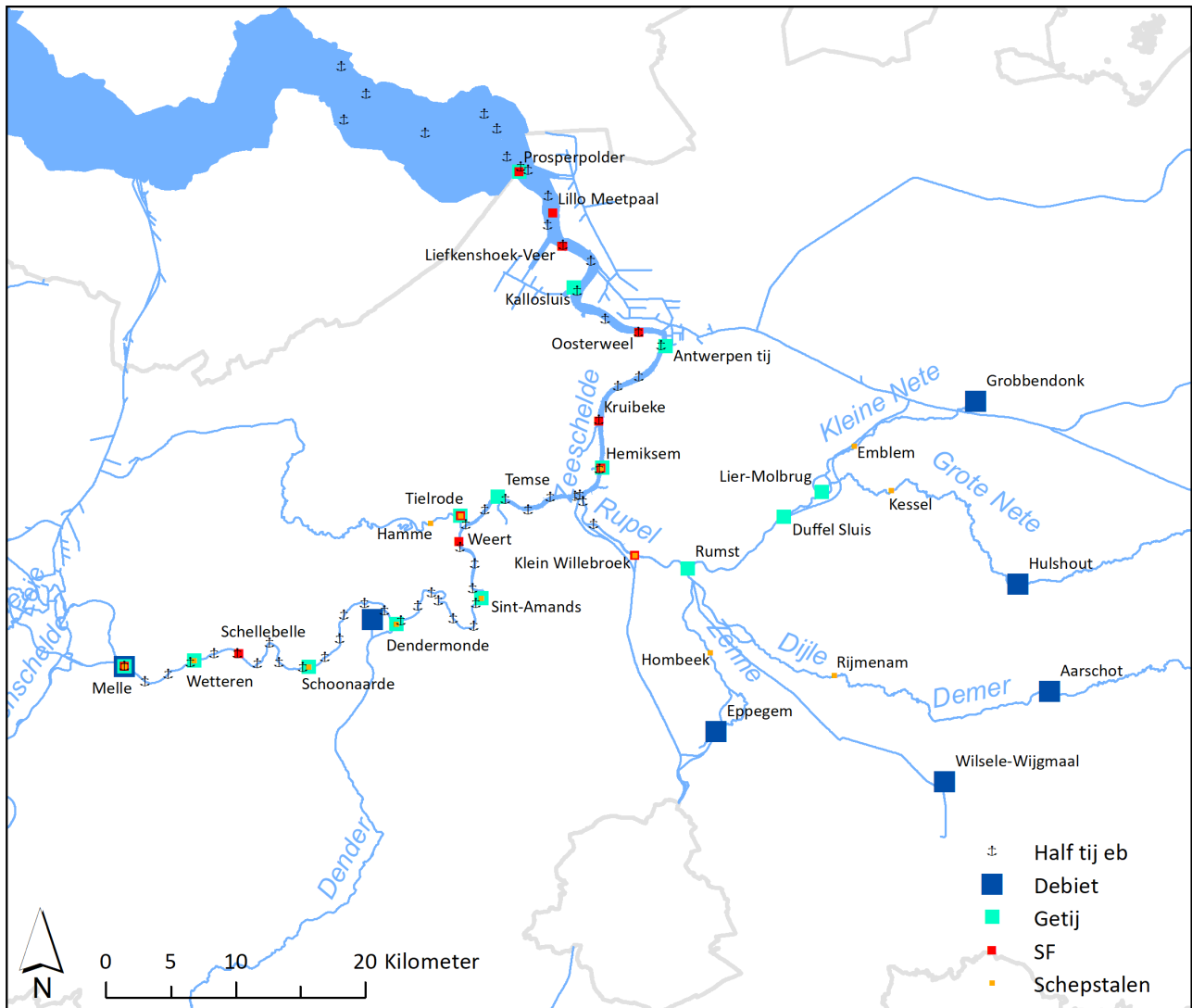
**Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M.; Mostaert, F.** (2019). Optimalisatie monitoring Zeeschelde: modernisering getijmeetnet en kwaliteitscontrole. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14\_138\_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=311175>



- Vandenbruwaene, W.; Michiels, S.; Thant, S.; Bertels, J.; Boeckx, L.; Vereecken, H.; Deschamps, M.** (2023). Hydrologie bevaarbare waterlopen Vlaanderen: jaar 2021. Versie 4.0. *WL Rapporten*, PA026\_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=361027>
- Vandenbruwaene, W.; Stark, J.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2020). Agenda voor de Toekomst – Historische evolutie getij en morfologie Schelde estuarium: deelrapport 5. Synthese. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14\_147\_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=322528>
- 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: Antwerpen. 74 + 4 p. bijlagen pp.
- 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. *WL Rapporten*, 12\_077. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vereecken, H.; Michiels, S.; Deschamps, M.** (2023). Evaluatie van de peilmeters in het tijgebied van het Schelde-estuarium (2011-2023): opmetingen referentieniveaus en validatie in de WISKI databank. Versie 4.0. *WL Rapporten*, PA024\_5. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <https://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=365760>
- 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. *WL Rapporten*, 837\_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vlaamse Milieumaatschappij.** (2021). Rapport sedimentmeetnet onbevaarbare waterlopen 2020. 46 pp.
- Vos, G.; Meire, D.; Plancke, Y.; Bellafki, K.** (2023). Sedimentstrategie Schelde-estuarium: Deelrapport 6 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2016-2019
- 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. Available at: <http://www.vliz.be/nl/open-marien-archief?module=ref&refid=305582>

## Bijlage A: Meetlocaties MONEOS 2022

Figuur 97 geeft een overzicht van de meetlocaties die in het kader van MONEOS gerapporteerd worden.



Figuur 97 – Meetlocaties MONEOS 2022.

In Tabel 20 worden voor elke meetlocatie, per soort meting, de opgemeten parameters, toesteltype, type monitoring (continu/periodiek) en startdatum weergegeven.

Tabel 20 – Meetlocaties MONEOS 2022

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	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
Wilese-Wijgmaal	Debiet	H	Vega radar	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	Druksonde 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	EXO	Continu	17/07/2018
Kruikeke	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI	Continu	25/09/2015
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/EXO (vanaf 22/11/2022)	Continu	15/12/2016
Tielrode	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI (mobiel)	Continu	19/12/2017
Weert	SF	Cond, Turb_NTU, WT	YSI/EXO (vanaf 10/6/2022)	Continu	19/12/2017
Liefkenshoek-Veer	SF	Cond, Turb_NTU, WT	EXO	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
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

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
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
Betoncentrale Coeck	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/05/2015
Boei79	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Boei81A	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Boei85A	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	8/03/2010
Boei99	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Burcht	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Haven Doel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/07/2007
Haven Kruiningen	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	22/03/2017
Hemiksem	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Kallosluis	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Kennedytunnel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
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
Walsoorden Zuidergat	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	9/03/2022
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 hoogspanningskabel	HTE (bez)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	20/06/2007
Appels opw veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
B132 opw Notelaer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Baasrode veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Boelwerf	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Branst	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Buggenhout	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
De Cramp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendermonde	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Dendersluis	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Durmemonding	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Kwatrecht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Kwatrecht afw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Lippenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	6/02/2014
Mariekerke veer	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Melle	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Moerzeke	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Schellebelle Kerk	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

Meetlocatie	Soort meting	Parameter	Toesteltype	Type monitoring	Start meting
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 opw dorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Steendorp	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Temsebrug	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Uitbergen bocht	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Uitbergen brug opw	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Vlassenbroek	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Wetteren	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wichelen	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Wintam	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	12/09/2013
Zeke kasteeltje	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013
Zeke opw jachtclub	HTE (boz)	d, SSC_PompHTE	pompstalen HTE	Periodiek	11/09/2013

## Bijlage B: Evoluties HW en LW

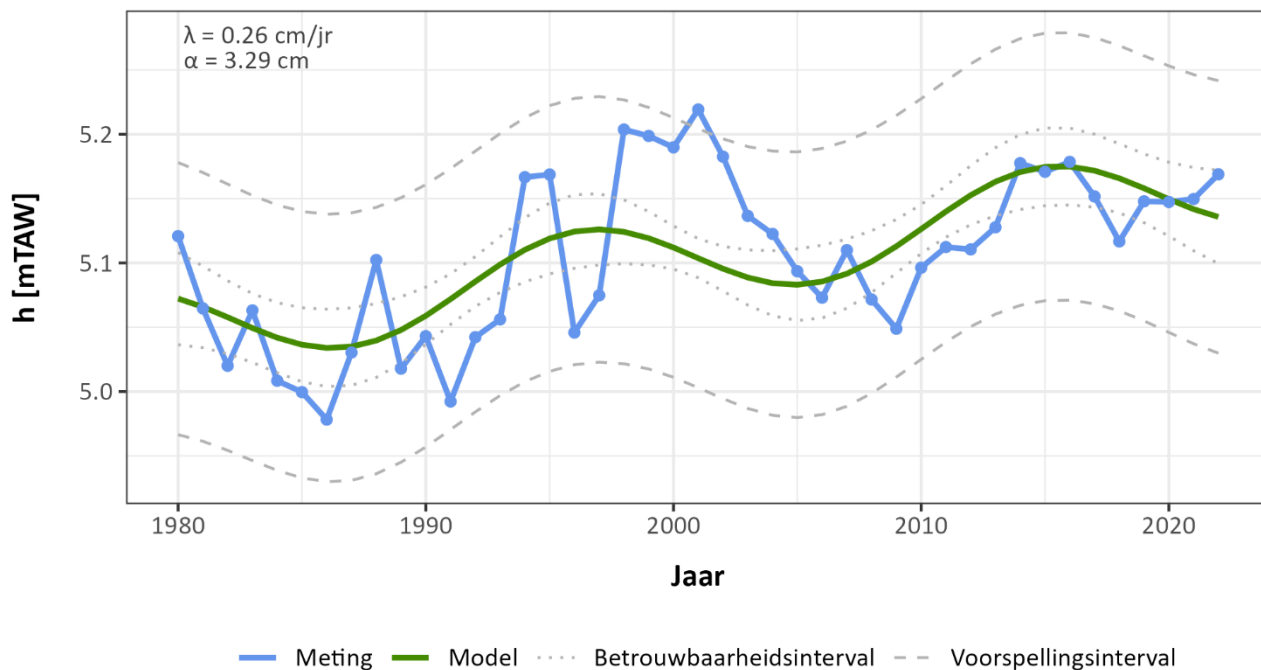
In onderstaande figuren worden de jaargemiddelde waarden gebruikt (blauw) om de langjarige trend (over de periode 1980-2022) te bepalen. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde grijze lijn het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid 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 2021. 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.* (2019). Uit datzelfde rapport blijkt dat het opnemen van de peilschaalcorrectie weinig invloed heeft op de trendanalyse in Antwerpen. In februari 2023 is er op een aantal locaties een bijstelling uitgevoerd o.b.v. de resultaten van een nieuwe en nauwkeurigere hoogtemeting van het referentiepunt voor de ijkingsmetingen. Voor uitgebreidere info omtrent deze ingrepen wordt er verwezen naar Vereecken *et al.* (2023).

Figuur 98 tot en met Figuur 105 presenteren de resultaten voor Prosperpolder, Temse, Dendermonde en Wetteren voor hoog- en laagwater. In Tabel 21 wordt de jaarlijkse lineaire evolutie voor hoog- en laagwater weergegeven, berekend over periode 1980-2021. Voor meer informatie over de trendlijnbepaling wordt verwezen naar het MONEOS-rapport 2016 (Plancke *et al.*, 2017).

Tabel 21 – Jaarlijkse lineaire evolutie van de hoog- en laagwaters (1980-2022).

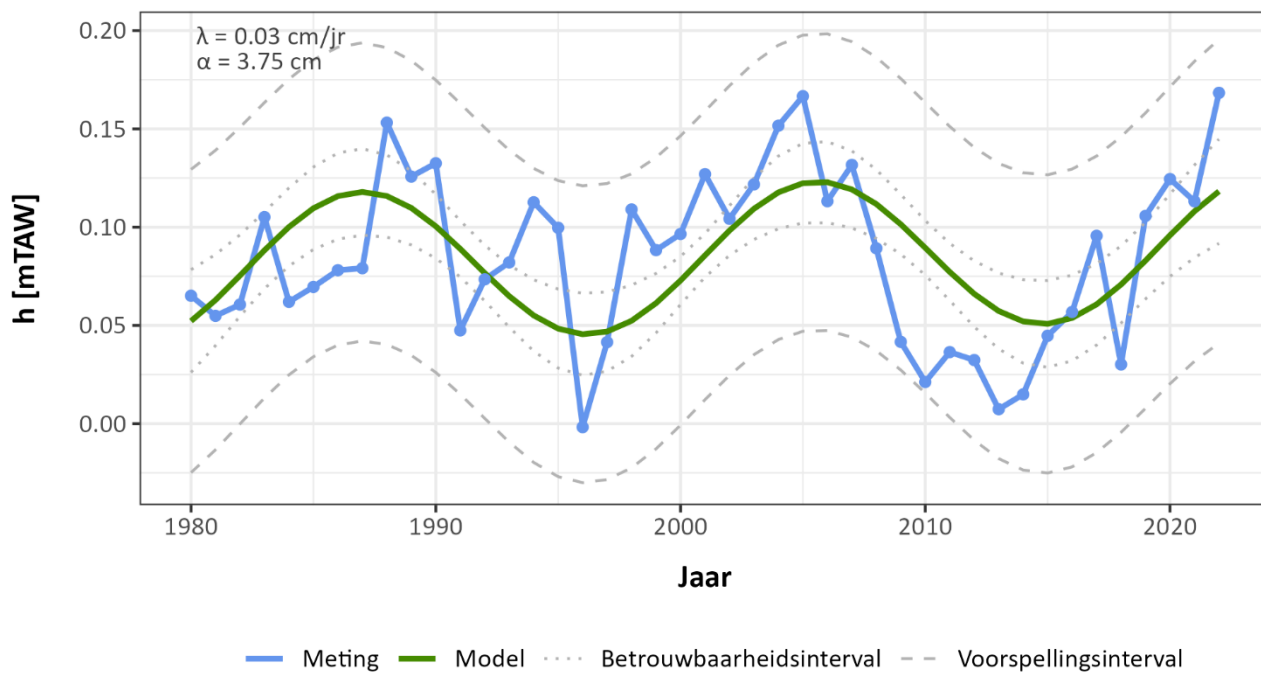
Locatie	Jaarlijkse evolutie (cm/jaar)	
	HW	LW
Prosperpolder	0,26	0,03
Antwerpen	0,12	-0,06
Temse	0,22	-0,11
Dendermonde	0,27	-0,11
Wetteren	0,18	-1,20

### Prosperpolder tij/Zeeschelde



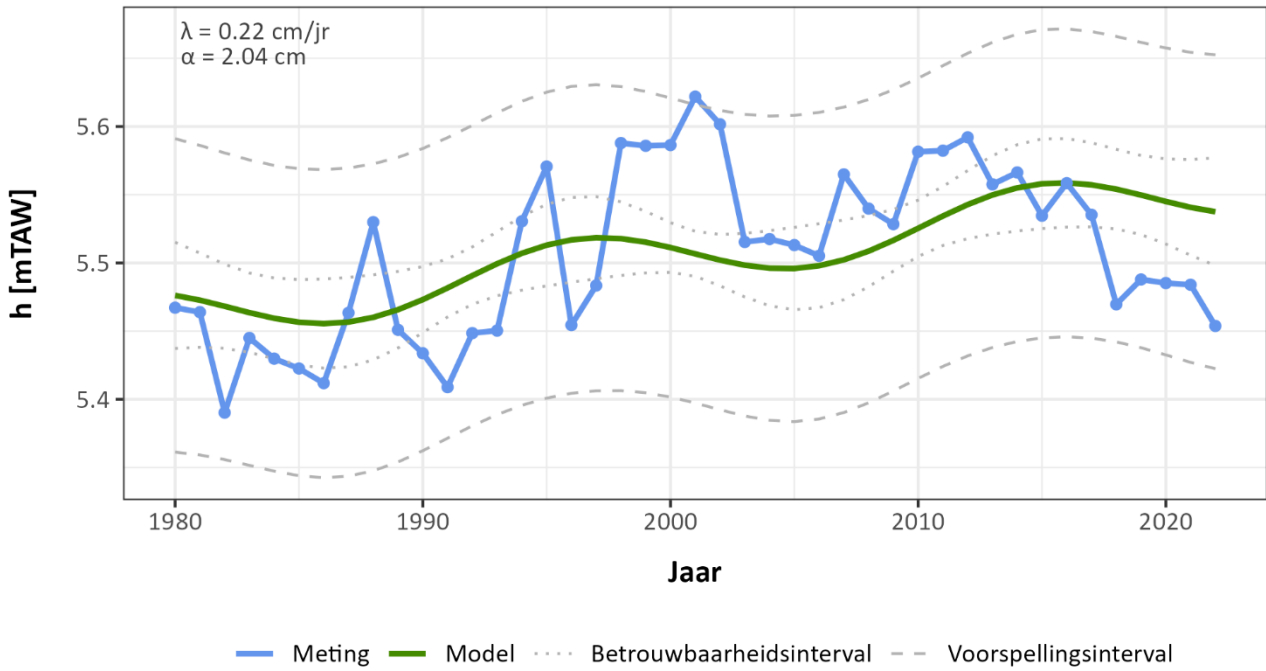
Figuur 98 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2022.

### Prosperpolder tij/Zeeschelde



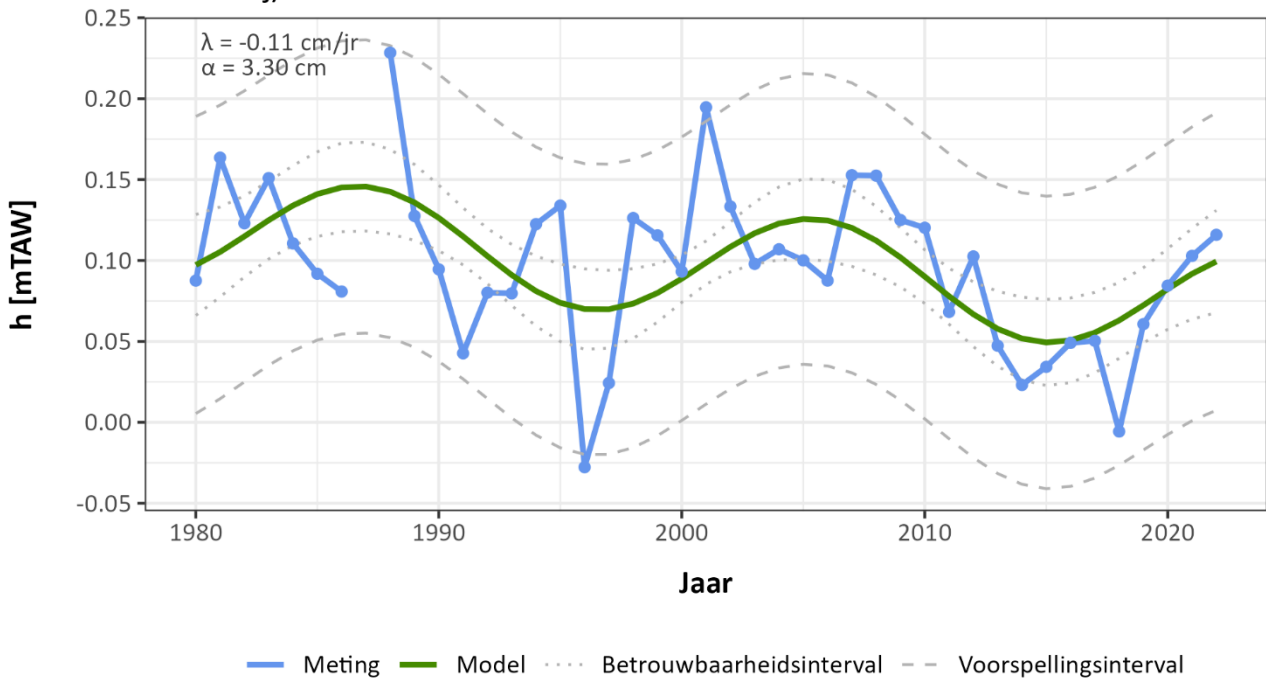
Figuur 99 – Trend jaargemiddeld laagwater te Prosperpolder bepaald over de periode 1980-2022.

### Temse tij/Zeeschelde



Figuur 100 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Temse bepaald over de periode 1980-2022.

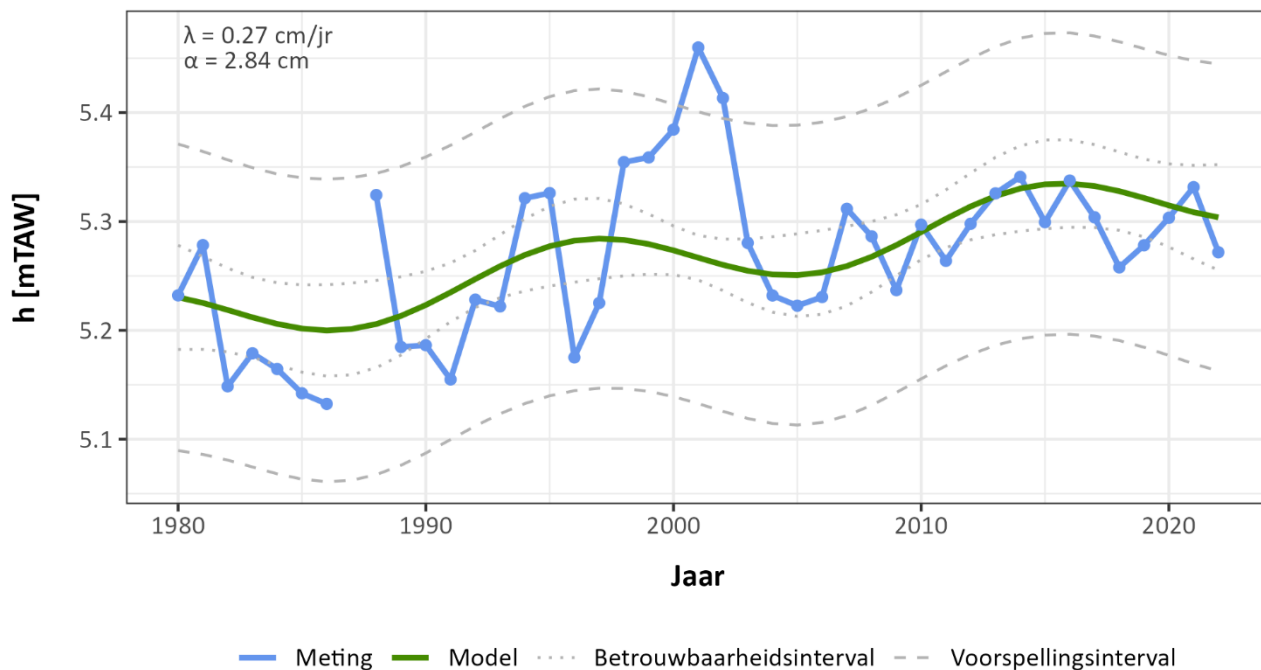
### Temse tij/Zeeschelde



Figuur 101 – Trend jaargemiddeld laagwater te Temse bepaald over de periode 1980-2022.

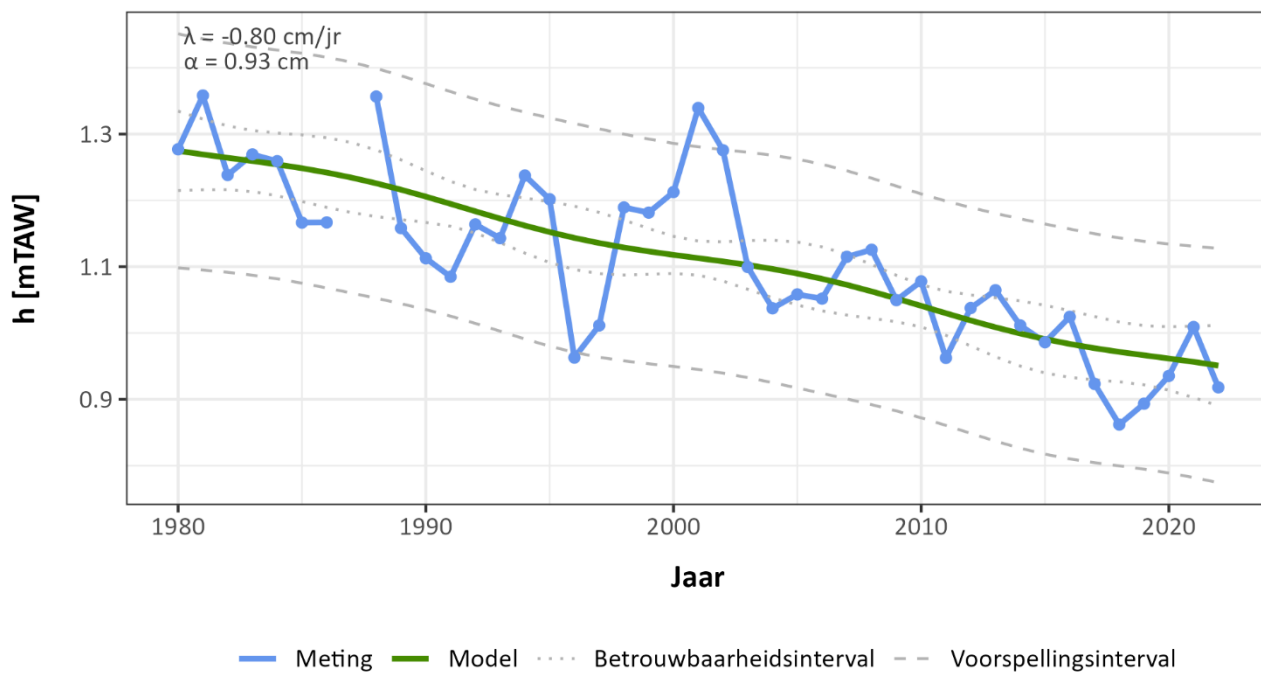


### Dendermonde tij/Zeeschelde



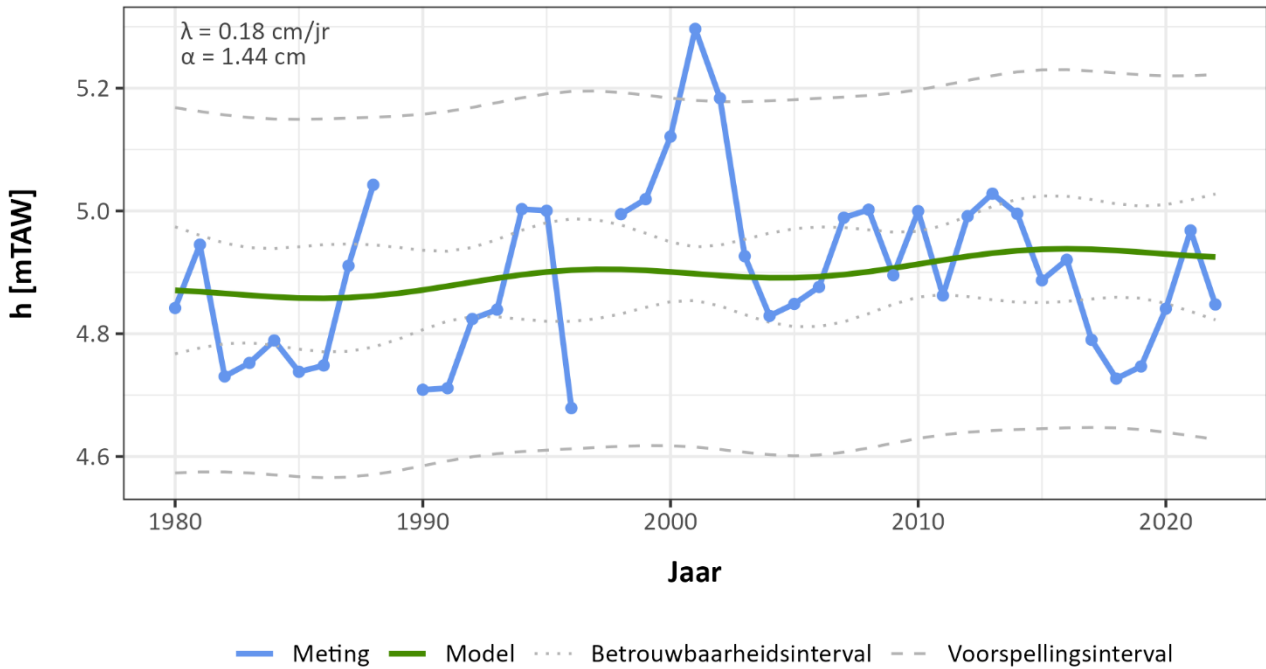
Figuur 102 – Trend jaargemiddeld hoogwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2022.

### Dendermonde tij/Zeeschelde



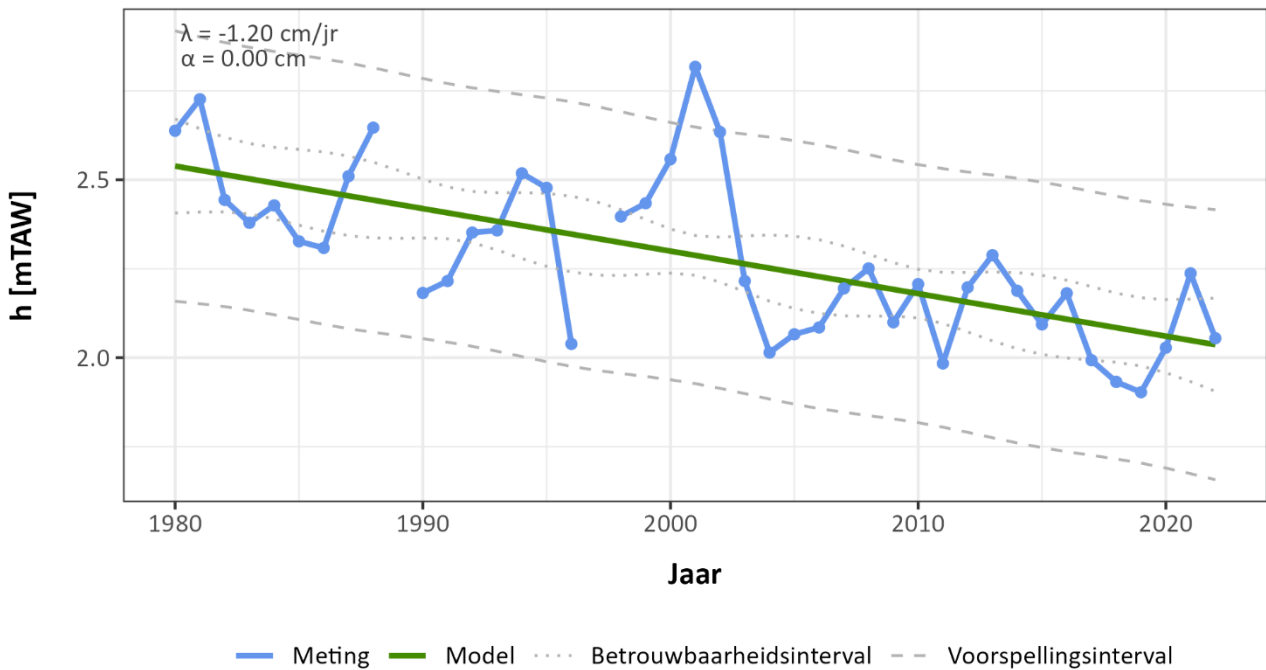
Figuur 103 – Trend jaargemiddeld laagwater te Dendermonde bepaald over de periode 1980-2022.

### Wetteren tij/Zeeschelde



Figuur 104 –Trend jaargemiddeld hoogwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2022.

### Wetteren tij/Zeeschelde



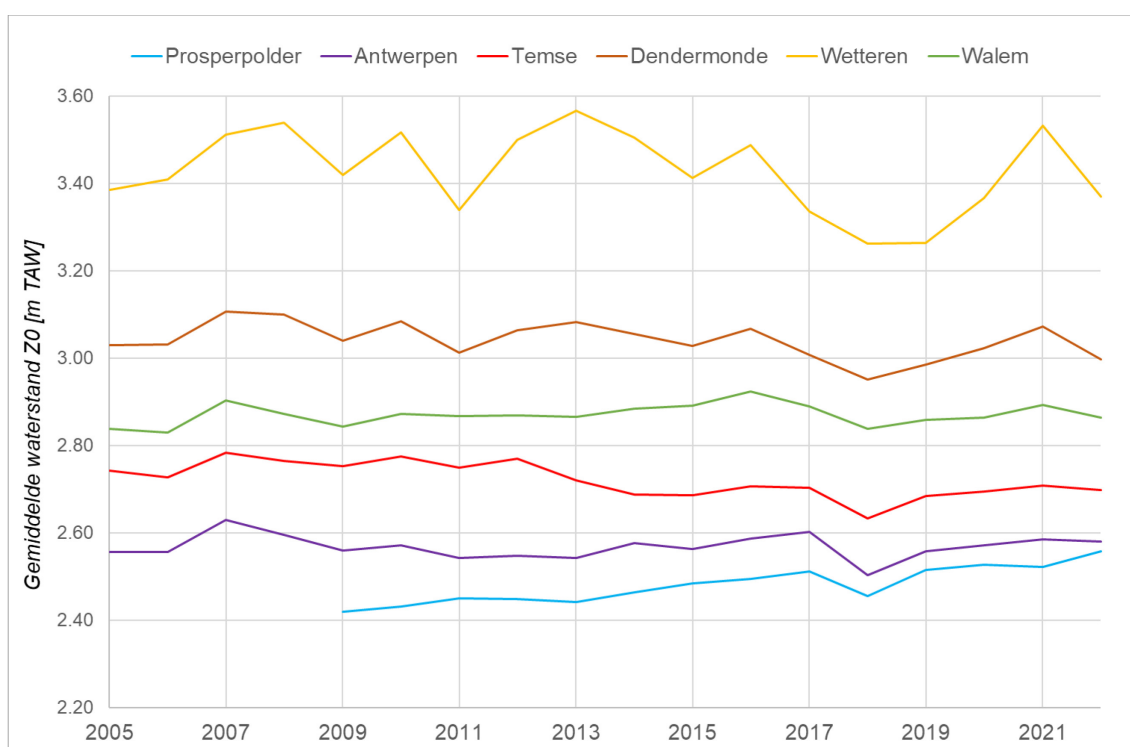
Figuur 105 –Trend jaargemiddeld laagwater te Wetteren bepaald over de periode 1980-2022.

## Bijlage C: Harmonische componenten

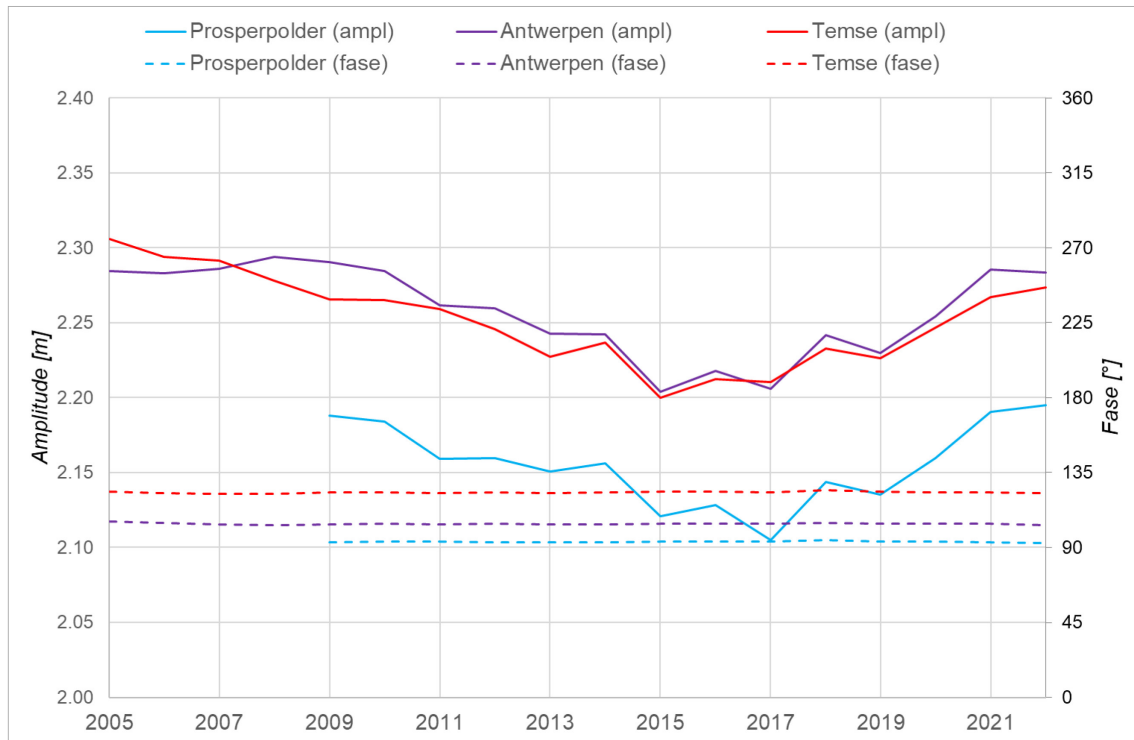
In het kader van de Evaluatiemethodiek voor het beoordelen van de ontwikkelingen van het fysisch systeem van het Schelde-estuarium, worden harmonische getijcomponenten als verklarende parameter beschouwd (Maris *et al.* 2014). Voor de Westerschelde worden deze door Rijkswaterstaat systematisch berekend, voor de Zeeschelde werden deze toen niet berekend. 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 het MONEOS-jaarboek gerapporteerd. Er is geopteerd om louter de belangrijkste componenten (M2 en M4) en de gemiddelde waterstand (Z0) te rapporteren (Plancke *et al.*, 2019). M2 is het dubbeldaags maansgetij (periode 12 uur 25 minuten) en M4 de viermaaldaagse component van het maansgetij (periode 6 uur 12,5 minuten).

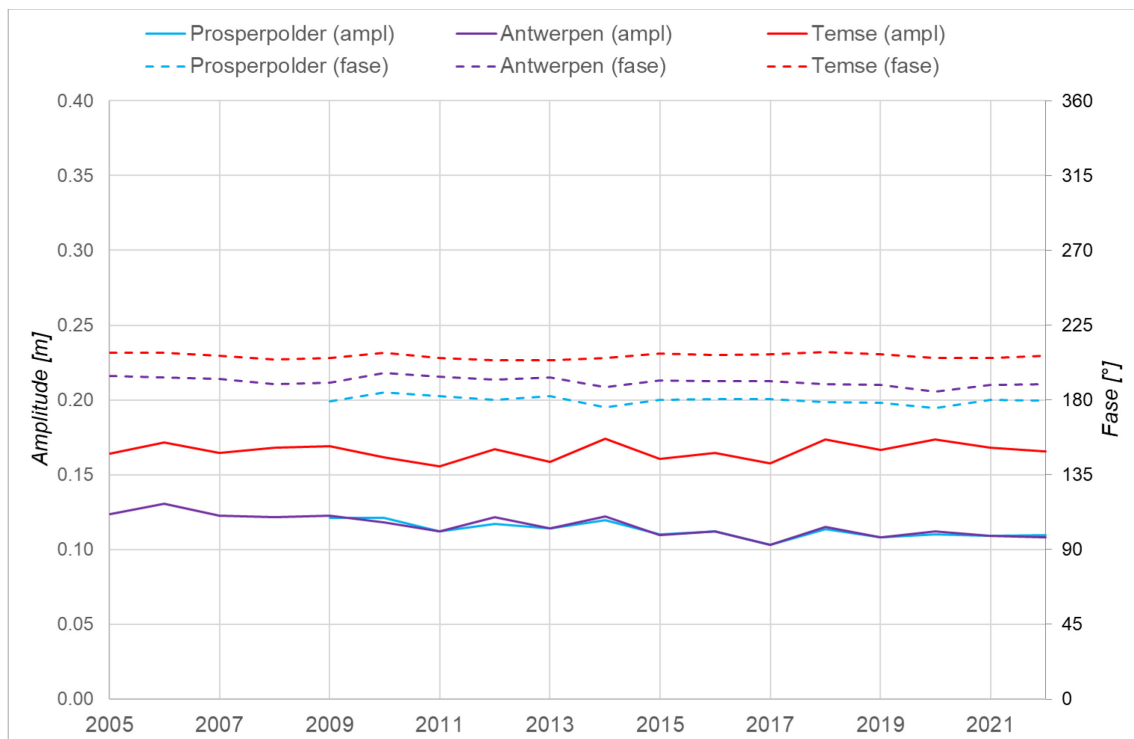
In onderstaande figuren wordt de evolutie van de gemiddelde waterstand Z0, de fase (verschuiving t.o.v. Vlissingen) en de amplitude van de M2- en M4-componenten weergegeven over de periode 2005 (i.e. start beschikbaarheid continue digitale gegevens) tot en met 2022 (Figuur 106 tot Figuur 110).



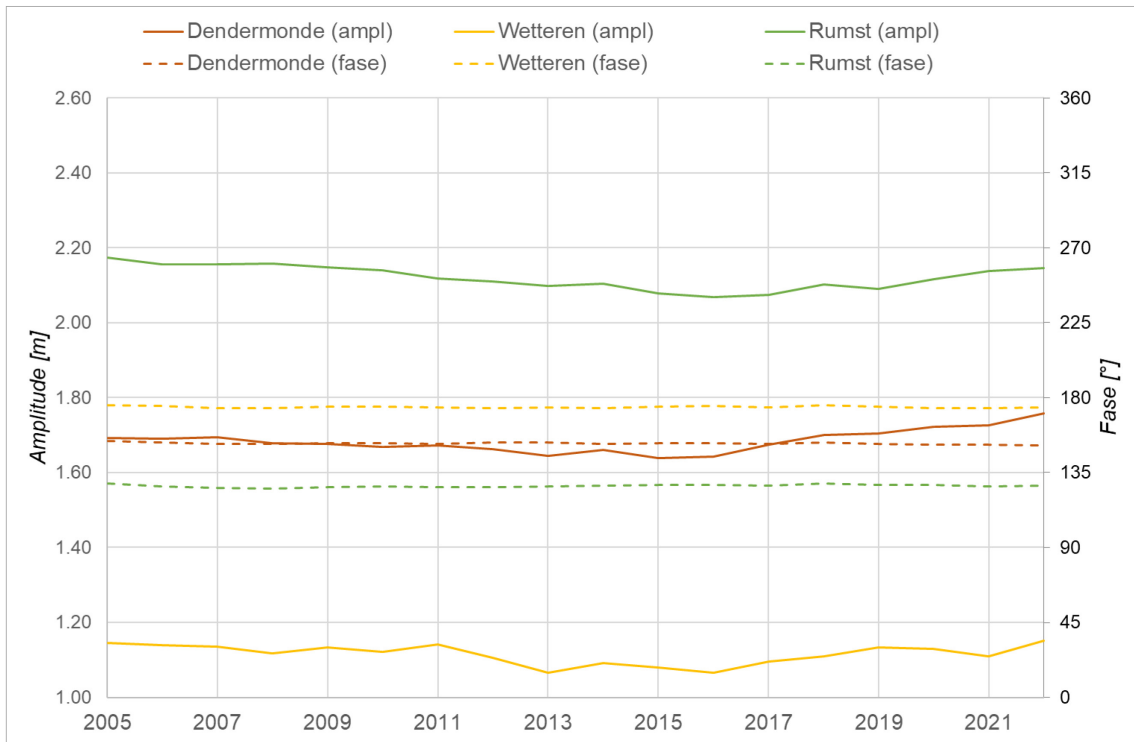
Figuur 106 – Evolutie in de tijd van de gemiddelde waterstand Z0



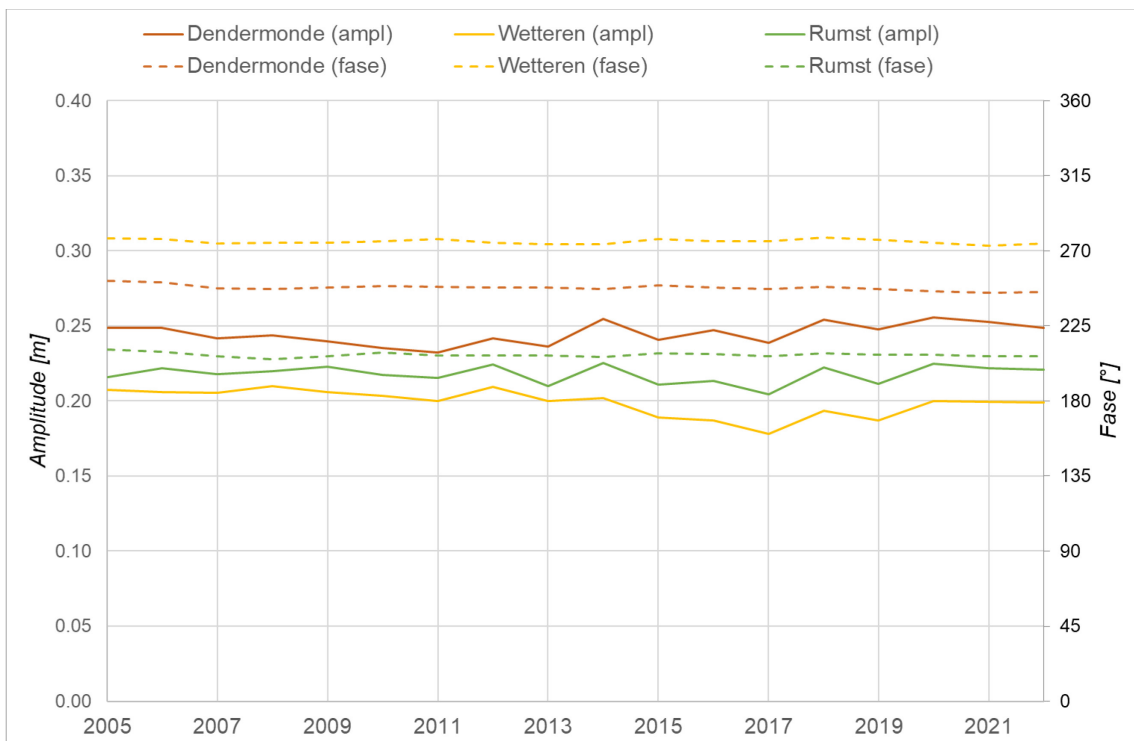
Figuur 107 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (afwaartse posten)



Figuur 108 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (afwaartse posten)



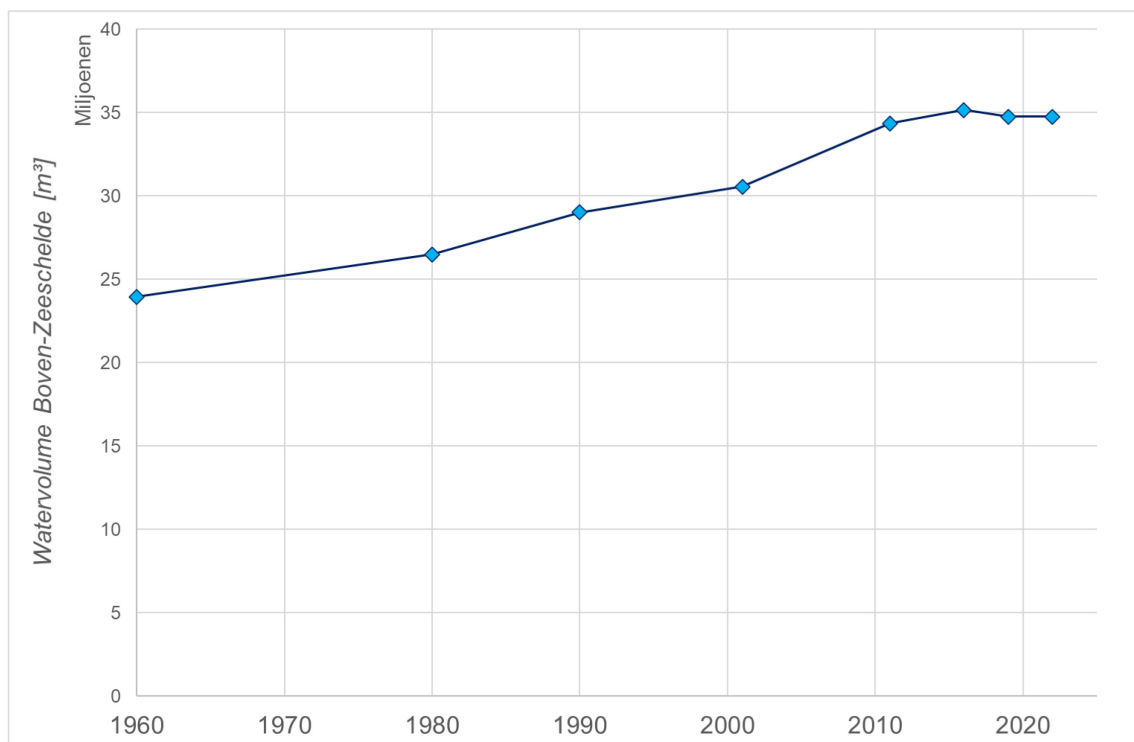
Figuur 109 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M2-component (opwaartse posten)



Figuur 110 – Evolutie in de tijd van de amplitude en fase van de M4-component (opwaartse posten)

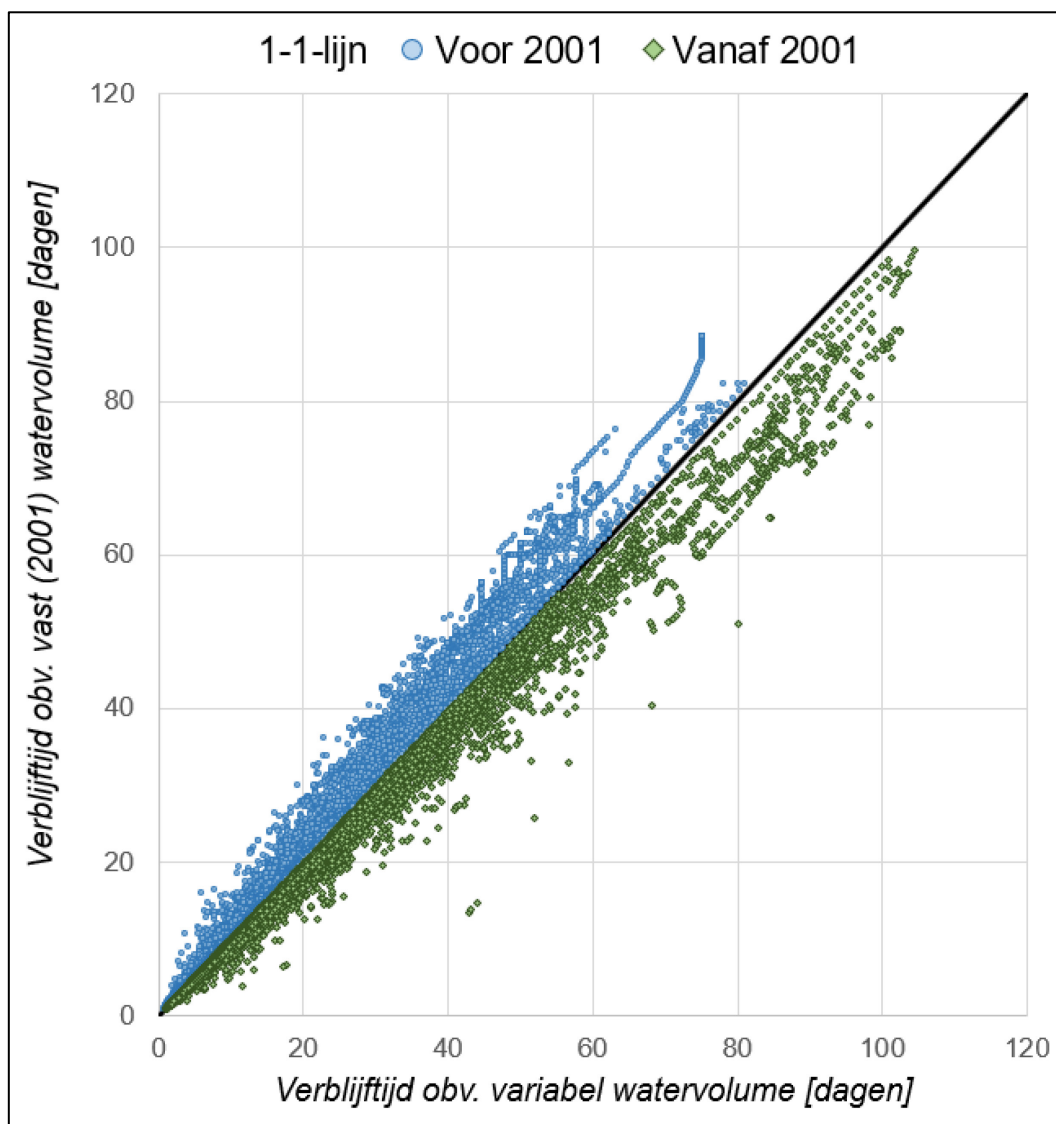
## Bijlage D: Verblijftijd

Sinds het MONEOS-jaarboek 2016 (Plancke *et al.*, 2017) wordt de verblijftijd van het water in de Boven-Zeeschelde als parameter gerapporteerd. De berekening is uitgebreid beschreven in het jaarboek 2016, doch deze berekening maakt gebruik van een vast watervolume voor de Boven-Zeeschelde voor de berekening van de verblijftijd. Aangezien de verblijftijd voor elke dag sinds 1 januari 1970 wordt berekend, is het hanteren van een vast watervolume een ruwe benadering. Om deze ruwe benadering te optimaliseren, werd voor dit jaarboek een andere benadering toegepast. In plaats van een vast watervolume voor de Boven-Zeeschelde, is rekening gehouden met een temporele variatie. Op basis van de beschikbare topobathymetrieën (1960, 1980, 1990, 2001, 2011, 2016, 2019) werd voor elk moment het watervolume onder laagwater voor de Boven-Zeeschelde afzonderlijk bepaald (Figuur 111). De gebruikte laagwaters zijn deze van het betreffende jaar, waarbij tevens rekening werd gehouden met de ruimtelijke variatie doorheen de Boven-Zeeschelde (Plancke *et al.*, 2021b). Hieruit blijkt dat doorheen de jaren het watervolume geleidelijk is toegenomen. Vervolgens werd voor elk jaar het watervolume afgeleid door middel van een lineaire interpolatie tussen de beschikbare jaren. Voor de jaren na het laatste beschikbare jaar (2019), werd het watervolume constant gehouden. Voor elke dag in een bepaald jaar, werd dit jaarlijkse watervolume gehanteerd voor het berekenen van de verblijftijd van het water in de Boven-Zeeschelde.



Figuur 111 – Evolutie van het watervolume onder laagwater voor de Boven-Zeeschelde

Figuur 112 toont de vergelijking van de verblijftijd berekend op basis van een variabel watervolume (x-as) en een vast watervolume (y-as) onder laagwater voor de Boven-Zeeschelde. Doordat het watervolume in de jaren voor 2001 kleiner was, resulteert de nieuwe berekeningswijze (met variabel watervolume) in een kleinere verblijftijd. Analoog, doordat het watervolume na 2001 toeneemt, neemt ook de verblijftijd volgens de verbeterde methode toe. De afwijking op de verblijftijd door het toepassen van de verbeterde methodiek bedraagt  $-1,9 \pm 2,7$  dagen in de periode voor 2001 en  $+2,2 \pm 3,0$  dagen in de periode na 2001. Opgemerkt wordt dat dit verschil aanzienlijk kleiner is dan de seizoenale variatie in de verblijftijd onder invloed van de variatie in de bovenafvoer.



Figuur 112 – Vergelijking tussen oude en nieuwe berekening verblijftijd

## Bijlage E: Overzicht jaarstatistieken fysische parameters

Tabel 22 - Overzicht jaarstatistiek (2022, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde temperatuur (°C) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	min gem.	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.	max gem.
Prosperpolder	KHW	91,4	14,9 ± 5,6	6,1	9,2	15,7	20,6	23,6
Prosperpolder	KLW	91,2	15,5 ± 5,6	6,7	9,8	16,3	21,1	24,1
Lillo Meetpaal-Boven	KHW	64,9	15,9 ± 6	6,9	9,5	18,1	21,7	23,6
Lillo Meetpaal-Boven	KLW	64,9	16,1 ± 6,1	6,9	9,9	18,4	21,9	23,9
Lillo Meetpaal-Onder	KHW	65,7	15,8 ± 6,1	6,9	9,3	18	21,6	23,6
Lillo Meetpaal-Onder	KLW	65,3	16,1 ± 6,1	6,9	9,7	18,4	21,9	23,9
Liefkenshoek Veer	KHW	95,9	15,1 ± 5,7	6,8	8,9	16,1	20,6	23,9
Liefkenshoek Veer	KLW	95,8	14,9 ± 5,9	6,2	8,7	16,1	20,7	23,9
Oosterweel-Boven	KHW	96,9	14,6 ± 5,9	6,4	8,6	14,6	20,2	24,2
Oosterweel-Boven	KLW	96	14,1 ± 6,2	4,6	7,9	14,1	20,1	24,1
Kruikeke	KHW	97	14,4 ± 6,1	5	8,5	15,2	20,4	23,8
Kruikeke	KLW	97,2	14,3 ± 6,2	3,7	8,5	14,7	20,7	23,9
Hemiksem	KHW	99,9	14,2 ± 6,2	4,5	8,1	14,8	20,4	23,7
Hemiksem	KLW	99,7	14,3 ± 6,2	3,2	8,2	14,6	20,3	24
Weert	KHW	99,9	14,3 ± 6,3	3,3	7,9	14,6	20,3	24
Weert	KLW	99,4	14,5 ± 6,5	2,8	7,9	14,8	20,8	24,5
Schellebelle	KHW	94,2	14,9 ± 6,5	2	8,7	15	21,3	25,1
Schellebelle	KLW	94,2	14,9 ± 6,5	2,1	8,8	15,1	21,4	25,2
Melle	KHW	99,9	13,7 ± 6,7	2,1	7,5	14	19,5	25,3
Melle	KLW	100	13,7 ± 6,7	2,1	7,6	14,1	19,5	25,9
Klein Willebroek	KHW	97,5	14,4 ± 6,3	3,2	8,1	14,7	20,7	24
Klein Willebroek	KLW	97,3	14,3 ± 5,9	2,2	8,7	14,6	20	24,3

Tabel 23 - Overzicht jaarstatistiek (2022, gemiddelde en percentielen) van de gemiddelde saliniteit (PSU) tijdens KHW en KLW voor de verschillende meetstations.

Station	Getijfase	% geschikte data	Gemiddelde gemiddeldes ± SD	p25 gem.	p50 gem.	p75 gem.
Prosperpolder	KHW	91,4	14,1 ± 3,7	12	15,6	16,8
Prosperpolder	KLW	91,2	11,4 ± 3,8	8,6	12,9	14,2
Lillo Meetpaal-Boven	KHW	62	12,2 ± 4	8,8	13,6	15,3
Lillo Meetpaal-Boven	KLW	61,9	9,6 ± 4	6,3	10,7	13
Lillo Meetpaal-Onder	KHW	65,6	12 ± 4,1	8,2	13,5	15,3
Lillo Meetpaal-Onder	KLW	65,3	9,5 ± 4,1	5,7	10,7	13



Liefkenshoek Veer	KHW	92,6	11 ± 4	7,2	12,8	14,1
Liefkenshoek Veer	KLW	92,6	8,5 ± 4	5	9,8	11,8
Oosterweel-Boven	KHW	96,6	9,1 ± 4	5,3	10,7	12,2
Oosterweel-Boven	KLW	81,7	3,1 ± 1,8	1,7	2,7	4,4
Kruikeke	KHW	95,8	4,4 ± 2,7	1,8	4,6	6,4
Kruikeke	KLW	95,6	1,3 ± 0,9	0,6	1,1	1,8
Hemiksem	KHW	99,9	3,1 ± 2,2	1,1	2,9	4,7
Hemiksem	KLW	99,4	1 ± 0,7	0,5	0,8	1,3
Weert	KHW	99,9	1,1 ± 0,8	0,5	0,7	1,4
Weert	KLW	99,4	0,6 ± 0,3	0,4	0,5	0,7
Schellebelle	KHW	94,2	0,5 ± 0,1	0,4	0,5	0,5
Schellebelle	KLW	94,2	0,5 ± 0,1	0,4	0,5	0,5
Melle	KHW	99,9	0,5 ± 0	0,4	0,5	0,5
Melle	KLW	100	0,5 ± 0	0,4	0,5	0,5
Klein Willebroek	KHW	97,5	1,2 ± 1	0,5	0,9	1,4
Klein Willebroek	KLW	97,3	0,5 ± 0,1	0,4	0,5	0,6

## Bijlage F: 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 Liefkenshoek-Veer, Oosterweel, Kruibeke, Weert, Schellebelle, Melle, Tielrode 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 Fremau (2019).

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

### B. Overzicht kalibratiecampagnes

Gedurende meerdere jaren zijn ter hoogte van Liefkenshoek-Veer, Oosterweel, 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.

Er wordt voor iedere meetlocatie een relatie opgesteld tussen SSC en turbiditeit op basis van de uitgevoerde kalibratiecampagnes. Door deze relaties toe te passen op het continue turbiditeitssignaal, verkrijgt men voor alle meetlocaties continue berekende suspensiegehalten (zie §4.1.7). Een overzicht van de uitgevoerde campagnes met bijhorende beschikbare turbiditeitsmetingen wordt weergegeven in Tabel 25.

### C. Kalibratiecurves voor het jaar 2022

Het merendeel van de uitgevoerde kalibratiecampagnes wordt weerhouden voor het opstellen van de kalibratiecurve per locatie. In sommige gevallen zijn er echter geen turbiditeitsgegevens beschikbaar tijdens een campagne (zie Tabel 25). Deze campagnes worden uiteraard niet meegenomen. In andere gevallen zijn er zowel turbiditeitsdata beschikbaar afkomstig van het vast toestel, als van het mobiele toestel. In deze gevallen wordt het toestel weerhouden dat de beste correlatie geeft met de SSC pompstaalgegevens. In het geval van de Seaguard toestellen (relevant voor de locatie Oosterweel) worden er meerdere mobiele toestellen uitgezet tijdens een kalibratiecampagne. Ook hier wordt het mobiel toestel weerhouden dat de beste correlatie geeft met de SSC pompstaalgegevens.

Bij het opstellen van de kalibratiecurve per locatie vormen de weerhouden SSC-turbiditeitskoppels niet noodzakelijk een ideale case voor het gebruik van een kleinste-kwadraten 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 residuen bootstrap, een methode die robuuster is tegen eventuele problematische aannames. Merk op dat we om bovenstaande redenen geen p-waarden rapporteren, deze zijn niet betrouwbaar in deze situatie.

Tabel 24 geeft de correlatie ( $R^2$ ) en Root Mean Squared Error (RMSE) van de turbiditeit-SSC relaties. Daarnaast wordt ook het aantal datakoppels (N) 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 intervals dat de regressies van een goede kwaliteit zijn, met uitzondering van Melle. In tegenstelling tot eerdere MONEOS-jaarboeken, is voor Melle nu ook de relatie op basis van de kalibratiecampagnes weerhouden. In de vorige jaarboeken werd voor Melle telkens nog gebruik gemaakt van de APS-data die vanaf 2012 elke 7 tot 14u genomen werden, maar deze worden nu niet meer gebruikt.

De bekomen relaties, samen met de meetpunten van de campagnes zijn weergegeven in Figuur 113 en Figuur 114. 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).

Tabel 24 – Overzicht kenmerken van de SSC-Turbiditeit relaties per meetlocatie.  
 Het aantal punten is zonder (en met) outliers, en de 90% confidence intervallen van de Intercept en Helling zijn via een residuelen bootstrap bepaald.

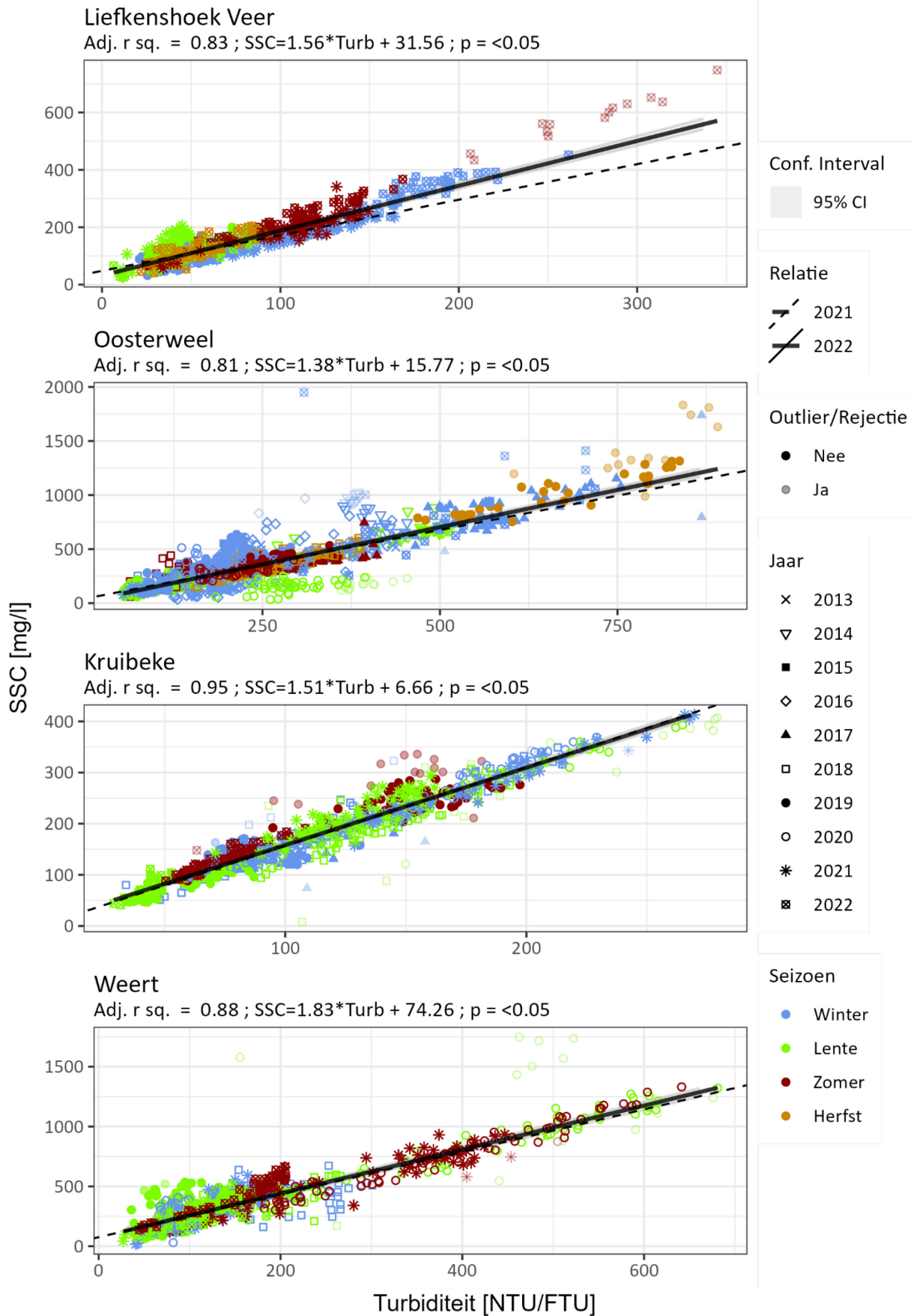
Locatie	N	$R^2$	RMSE	Intercept	Helling	min. Turb	max. Turb	min. SSC	max. SSC
Klein-Willebroek	682 (704)	0,9	18,84	22,19 (18,64-26,2)	1,36(1,32-1,4)	9,05	261,94	3	435
Kruikeke	838 (879)	0,95	17,84	6,66 (4,14-9,72)	1,51(1,49-1,54)	28,91	279,13	8	413
Liefkenshoek Veer	628 (642)	0,83	30,65	31,56 (25,16-36,9)	1,56(1,5-1,63)	6,59	344,88	26	748
Melle <sup>13</sup>	344 (376)	0,58	0,34	2,14 (1,62-2,49)	0,67(0,58-0,8)	13	301	26	981
Oosterweel	1348 (1398)	0,81	96,94	15,77 (6,59-25,55)	1,38(1,32-1,42)	53,8	891,2	34	1950
Schellebelle	856 (915)	0,81	35,68	30,52 (26,78-35,07)	1,54(1,46-1,6)	6	223,21	2	615
Tielrode	653 (668)	0,9	141,84	-53,27 (-89,8--24,66)	1,89(1,8-2,02)	7,57	1348,88	100	6813
Weert	825 (845)	0,88	83,7	74,26 (64,78-86,9)	1,83(1,77-1,88)	27	681,02	17	1747

<sup>13</sup> Voor Melle wordt geen lineaire relatie toegepast maar wel een exponentiële. De vermelde helling (a) en intercept (b) volgen dus uit de relatie  $\ln(SSC) = a \cdot \ln(Turb) + b$

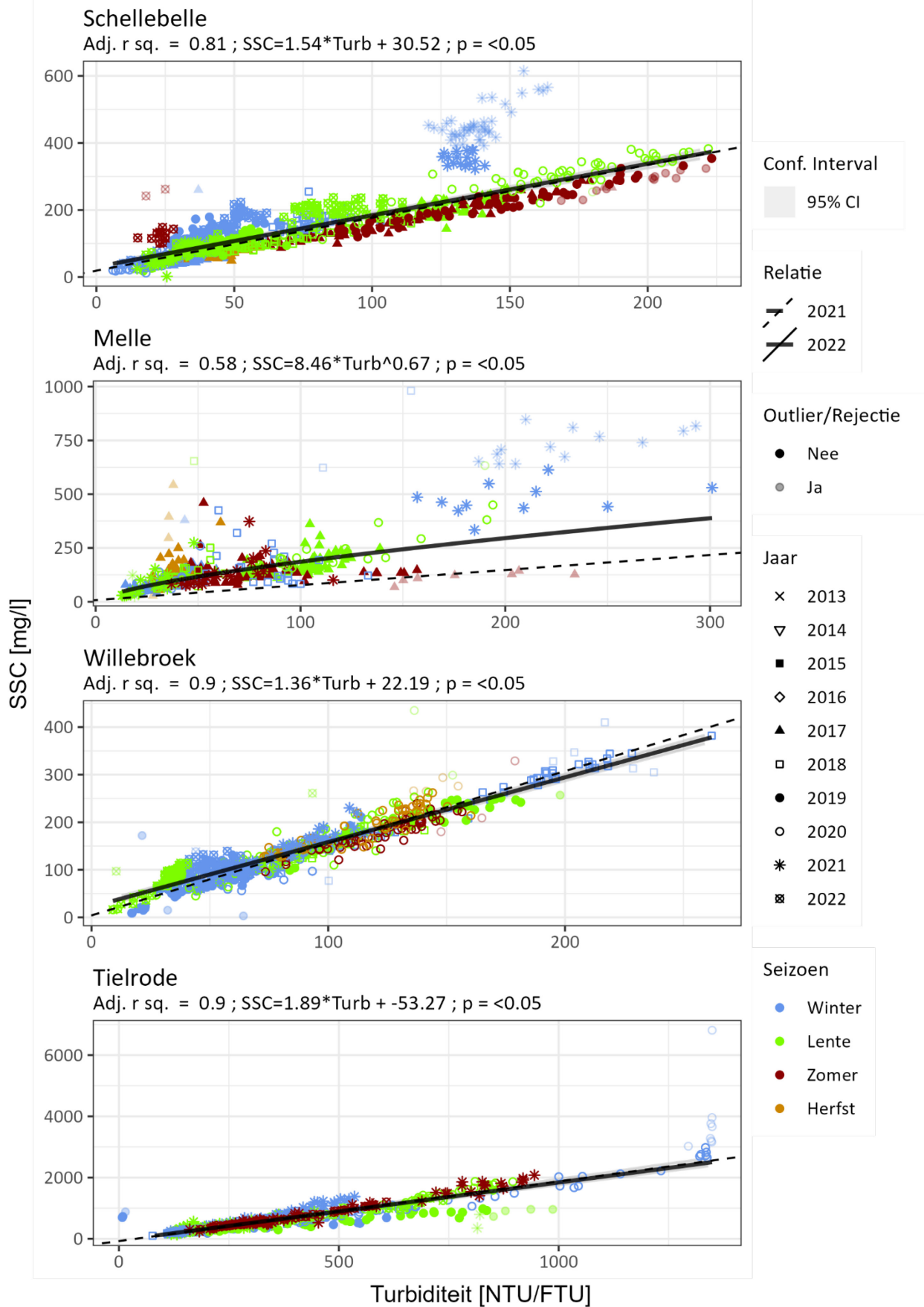
Tabel 25 – Overzicht kalibratiecampagnes turbiditeit-SSC en bijhorende beschikbare turbiditeitsgegevens, en dit vanaf het begin van de metingen tot en met 2022.

Meetlocatie	Datum	Vaste YSI	Mobiele YSI	Vaste Seaguard	Mobiele Seaguard
Klein-Willebroek	12/10/2018	x	x		
Klein-Willebroek	13/12/2018	x	x		
Klein-Willebroek	19/09/2019		x		
Klein-Willebroek	13/03/2020		x		
Klein-Willebroek	10/06/2020	x	x		
Klein-Willebroek	7/09/2020	x	x		
Klein-Willebroek	20/11/2020	x	x		
Klein-Willebroek	14/06/2021	x			
Klein-Willebroek	23/03/2022	X	x		
Klein-Willebroek	16/08/2022	x	X		
Kruikeke	10/03/2017	x	x		
Kruikeke	18/10/2017	x			
Kruikeke	1/12/2017	x	x		
Kruikeke	5/04/2018	x			
Kruikeke	28/09/2018	x			
Kruikeke	12/02/2019	x			
Kruikeke	2/10/2019	x	x		
Kruikeke	13/05/2020	x	x		
Kruikeke	7/12/2020	x	x		
Kruikeke	31/05/2021	x	x		
Kruikeke	9/12/2021	x	x		
Kruikeke	4/04/2022	X	x		
Kruikeke	16/06/2022	X	X		
Kruikeke	2/08/2022	x	X		
Liefkenshoek Veer	6/06/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	4/10/2019	x	x		
Liefkenshoek Veer	21/12/2020	x	x		
Liefkenshoek Veer	2/04/2021		x		
Liefkenshoek Veer	30/06/2021	x			
Liefkenshoek Veer	24/09/2021	x	x		
Liefkenshoek Veer	24/02/2022	X	x		
Liefkenshoek Veer	6/04/2022	X	X		
Liefkenshoek Veer	3/06/2022	X	X		
Liefkenshoek Veer	14/10/2022	x	X		
Melle	31/03/2017	x	x		
Melle	25/08/2017	x			
Melle	11/10/2017	x			
Melle	8/12/2017	x	x		
Melle	19/06/2018	x			
Melle	29/10/2018	x			
Melle	11/05/2020	x			
Melle	21/08/2020	x			
Melle	15/01/2021	x			
Melle	31/03/2021	x			
Melle	24/08/2021	x			
Oosterweel	7/10/2013				x
Oosterweel	3/02/2014				x
Oosterweel	7/11/2014				x
Oosterweel	21/01/2015				x
Oosterweel	16/11/2015				x
Oosterweel	5/02/2016				x
Oosterweel	13/09/2016				x
Oosterweel	1/03/2017				x
Oosterweel	8/06/2017				x
Oosterweel	6/09/2017				x
Oosterweel	19/03/2018				x
Oosterweel	26/06/2018				x

Meetlocatie	Datum	Vaste YSI	Mobiele YSI	Vaste Seaguard	Mobiele Seaguard
Oosterweel	11/09/2018				x
Oosterweel	12/12/2018				x
Oosterweel	21/03/2019				x
Oosterweel	3/07/2019				x
Oosterweel	30/09/2019				x
Oosterweel	12/12/2019				x
Oosterweel	10/03/2020				x
Oosterweel	28/05/2020			x	
Oosterweel	15/12/2020			x	
Oosterweel	16/03/2021			x	x
Oosterweel	6/12/2022			x	x
Schellebelle	3/03/2017	x			
Schellebelle	10/10/2017	x			
Schellebelle	6/12/2017	x	x		
Schellebelle	18/06/2018	x	x		
Schellebelle	29/10/2018	x	x		
Schellebelle	7/02/2019	x	x		
Schellebelle	13/09/2019	x	x		
Schellebelle	11/05/2020	x			
Schellebelle	21/08/2020	x			
Schellebelle	15/01/2021	x	x		
Schellebelle	31/03/2021	x	X		
Schellebelle	18/05/2022	X	x		
Schellebelle	21/06/2022	X	X		
Schellebelle	28/11/2022	x	X		
Tielrode	15/06/2018		x		
Tielrode	23/04/2019		x		
Tielrode	16/09/2019		x		
Tielrode	18/09/2020		x		
Tielrode	18/11/2020		x		
Tielrode	2/03/2021		x		
Tielrode	29/04/2021		x		
Tielrode	9/09/2021		x		
Tielrode	22/03/2022	X	x		
Tielrode	17/06/2022	X	X		
Tielrode	29/09/2022	x	X		
Weert	3/07/2018	x			
Weert	8/02/2019	x	x		
Weert	28/02/2020	x			
Weert	21/09/2020	x	x		
Weert	5/11/2020	x	x		
Weert	17/02/2021	x			
Weert	11/06/2021	x			
Weert	23/09/2021	x	x		
Weert	21/01/2022	X	x		
Weert	7/03/2022	X	X		
Weert	29/09/2022	x	X		

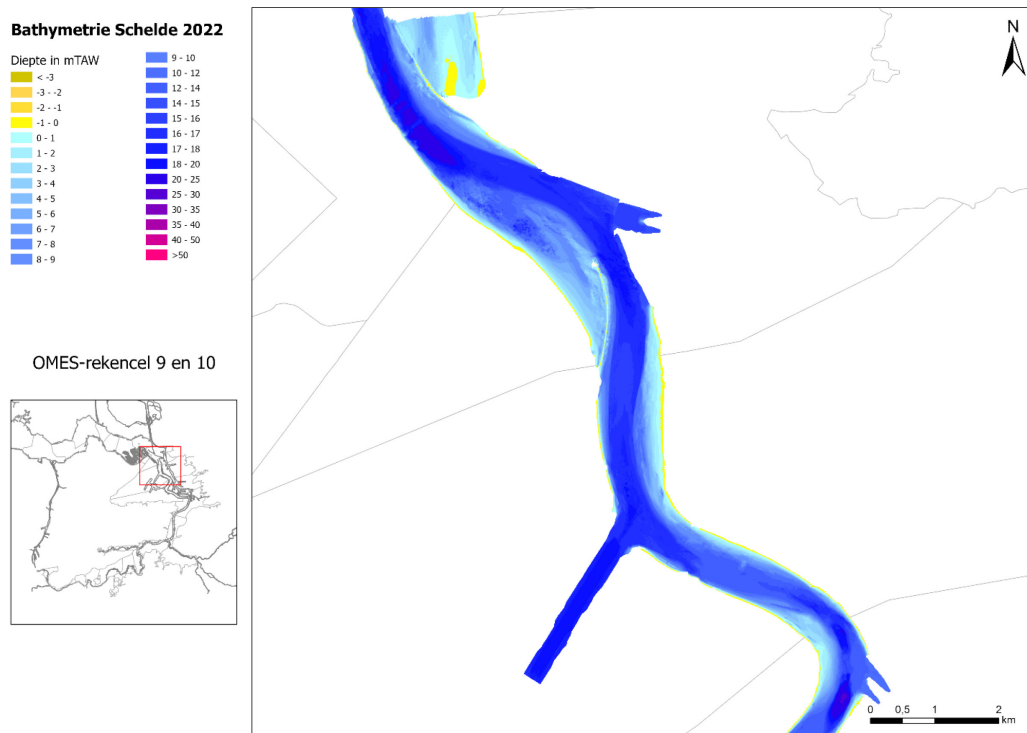


Figuur 113 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Liefkenshoek Veer, Oosterweel, Kruikeke en Weert.



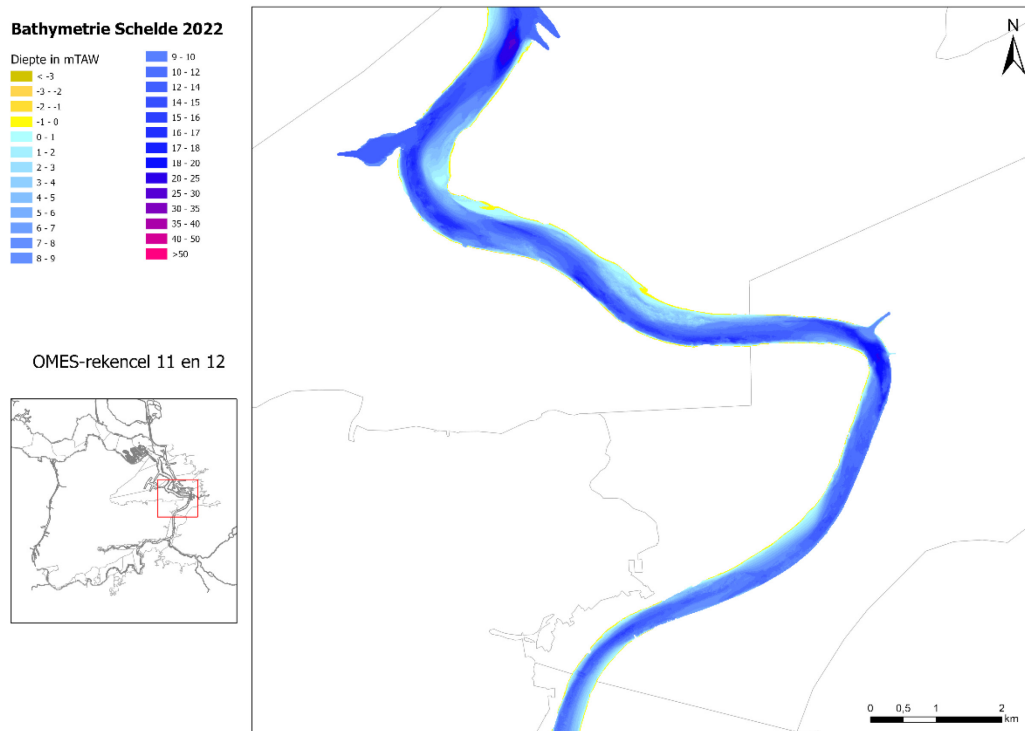
Figuur 114 – De SSC-turbiditeitsrelaties voor Schellebelle, Melle, Klein-Willebroek en Tielrode.

## Bijlage F: Topo-bathymetrie en verschilkaarten

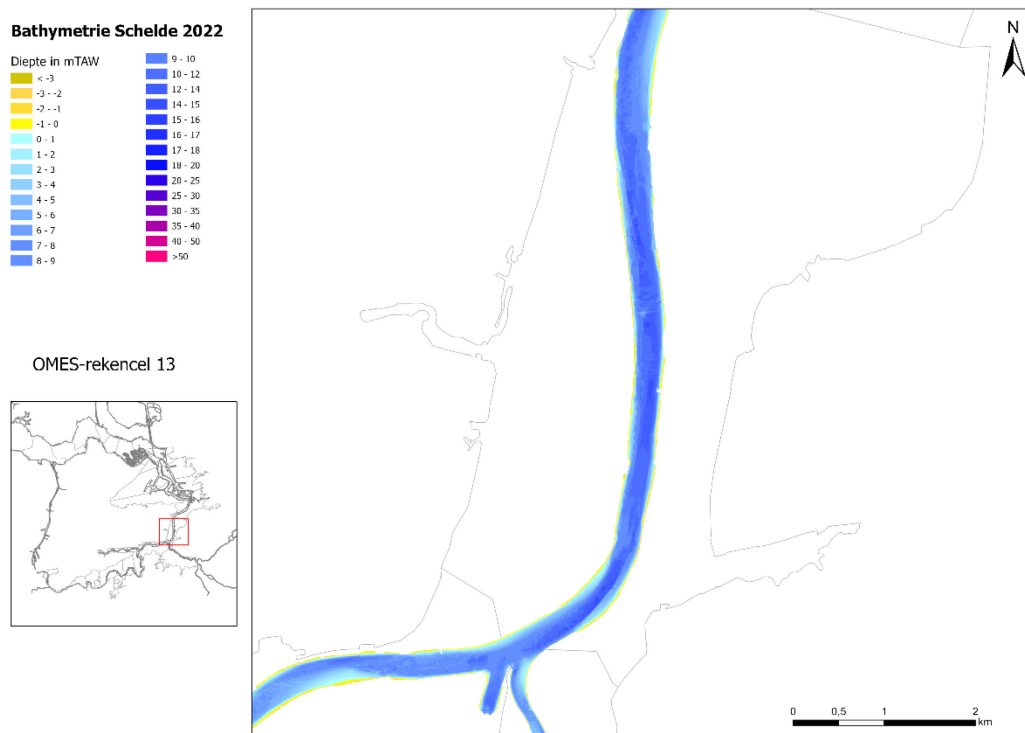


Figuur 115 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 9 en 10

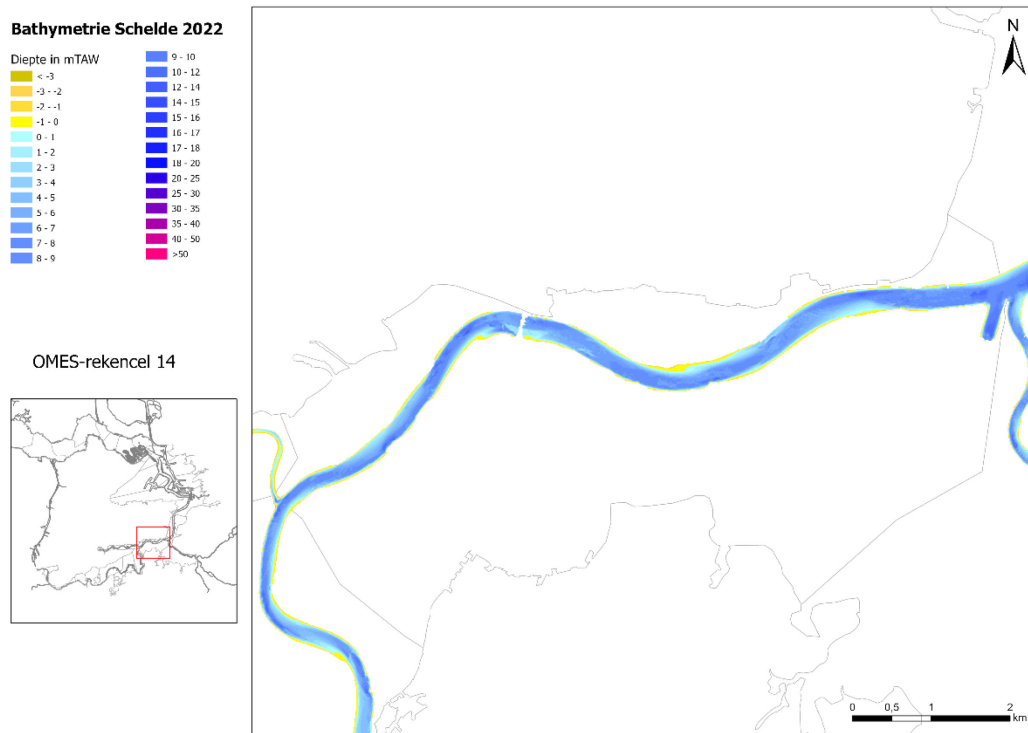




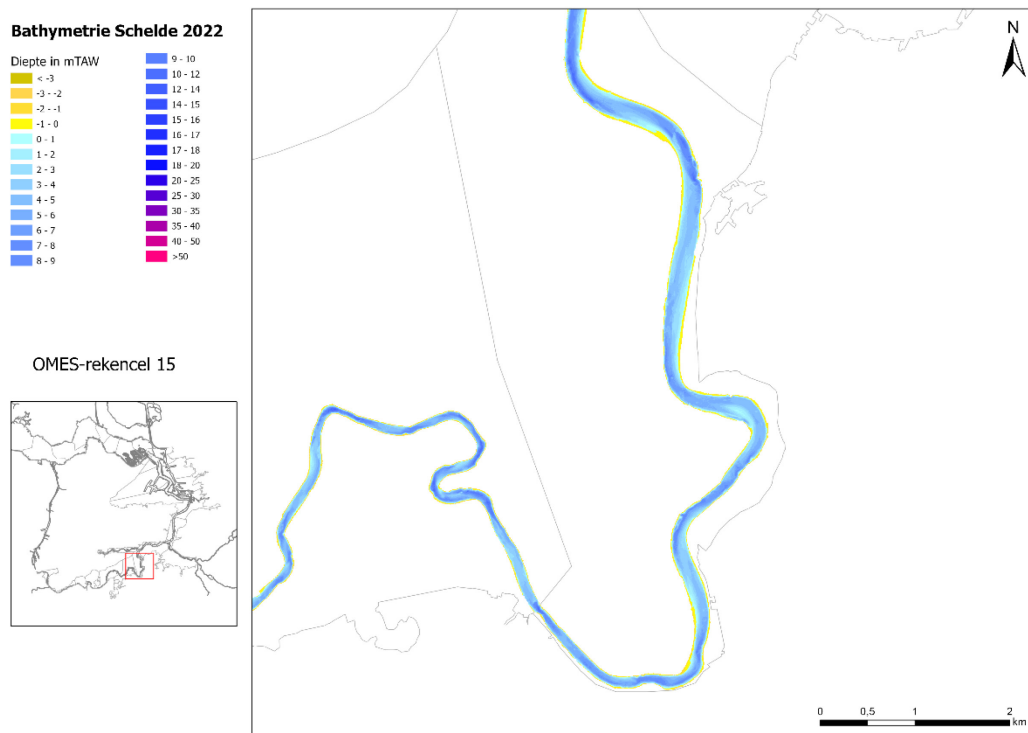
Figuur 116 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 11 en 12



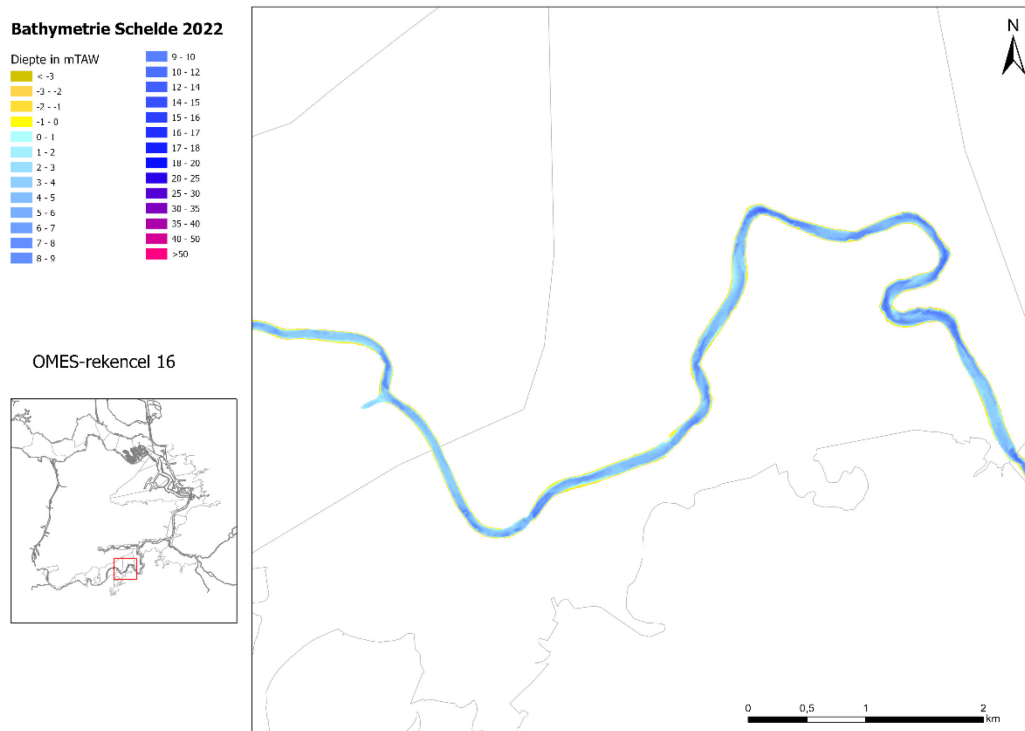
Figuur 117 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 13



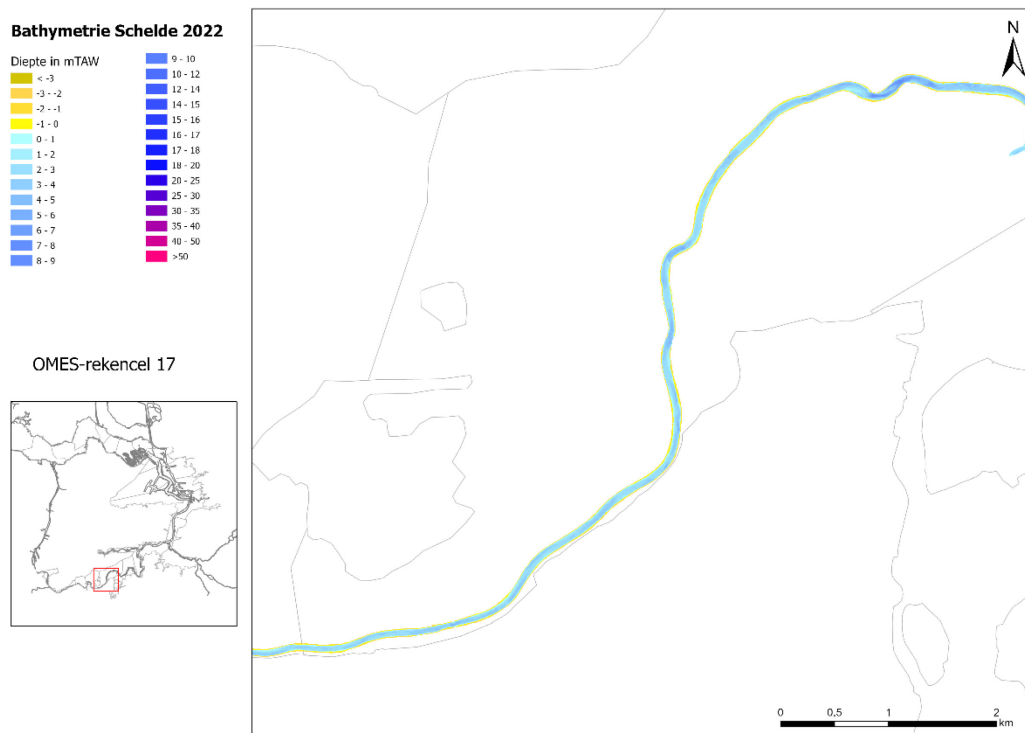
Figuur 118 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 14



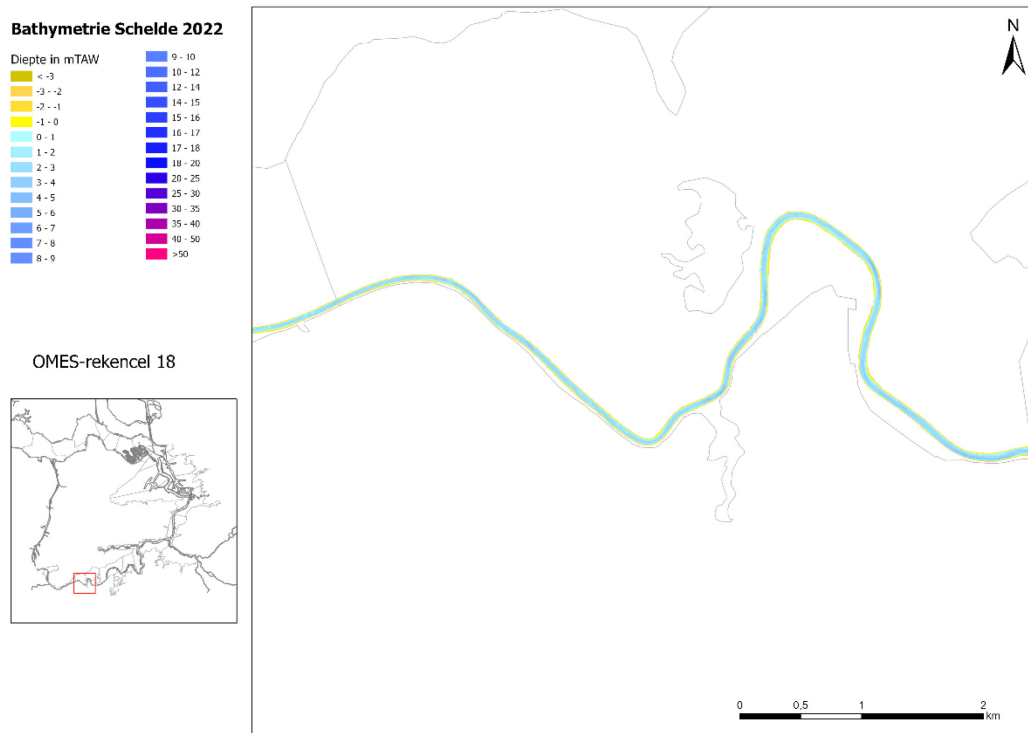
Figuur 119 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 15



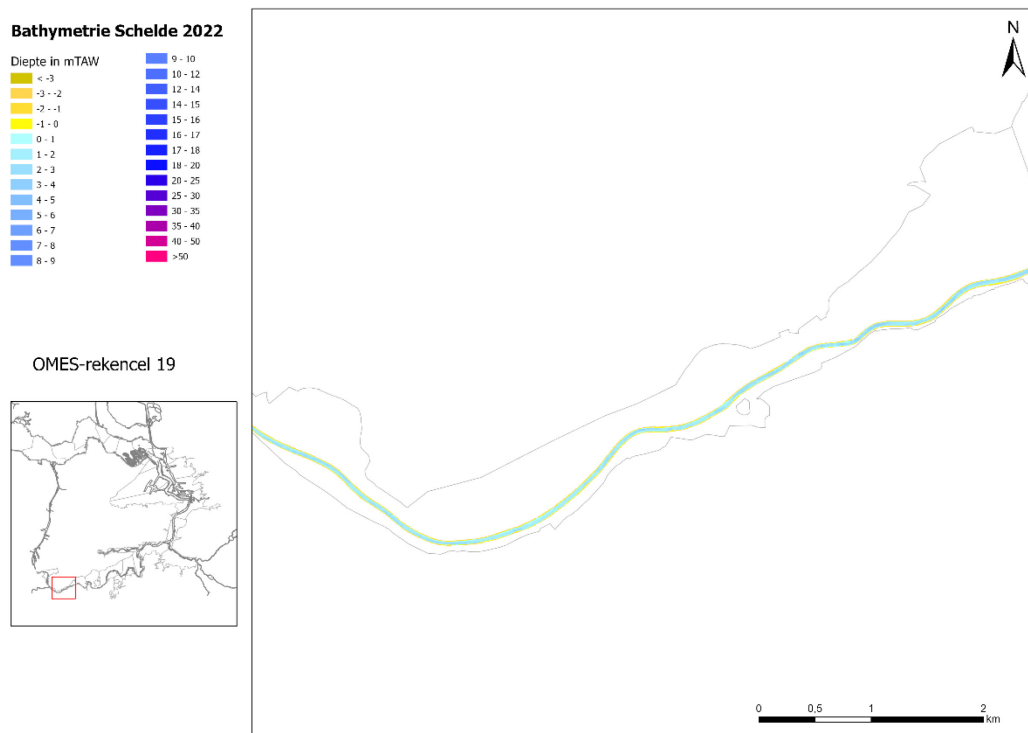
Figuur 120 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 16



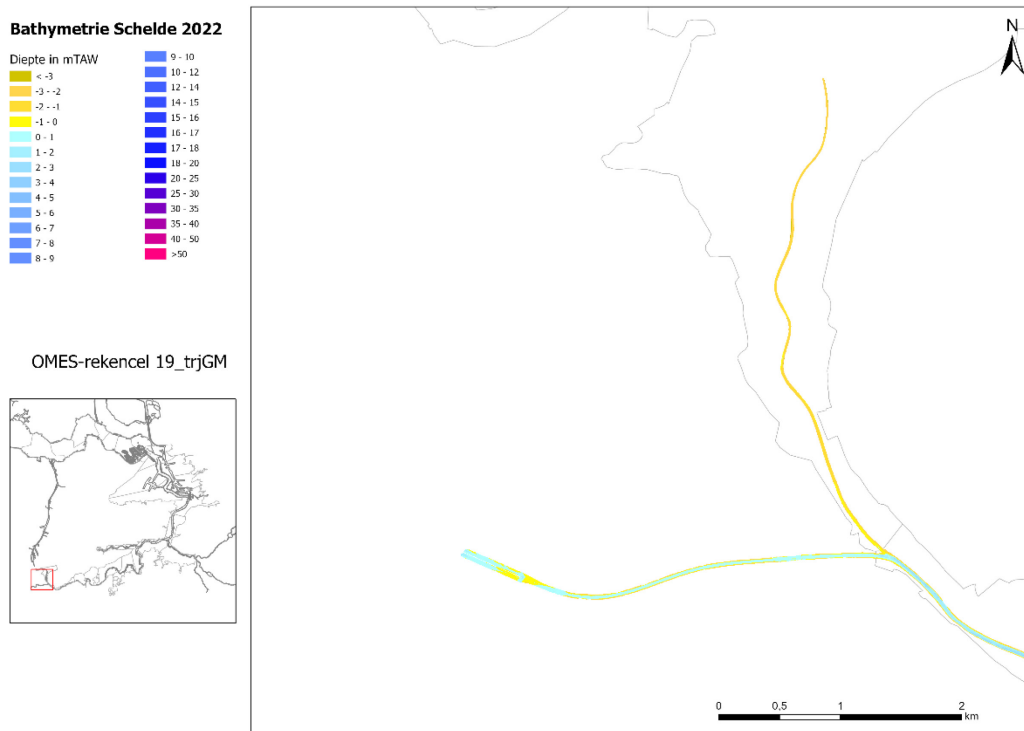
Figuur 121 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 17



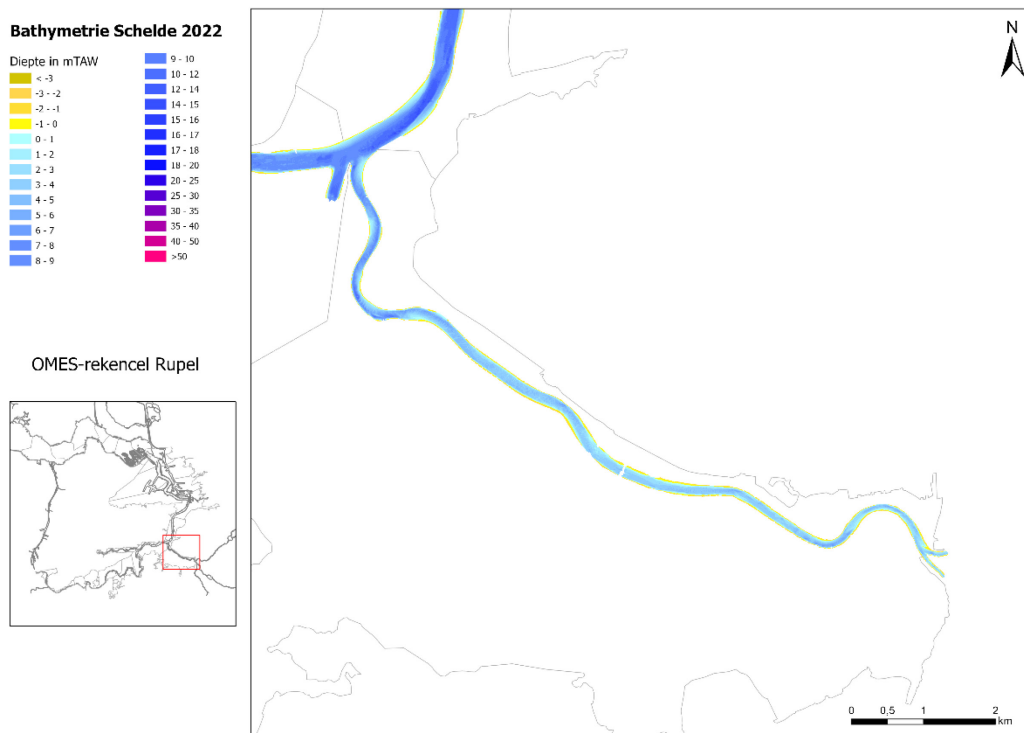
Figuur 122 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 18



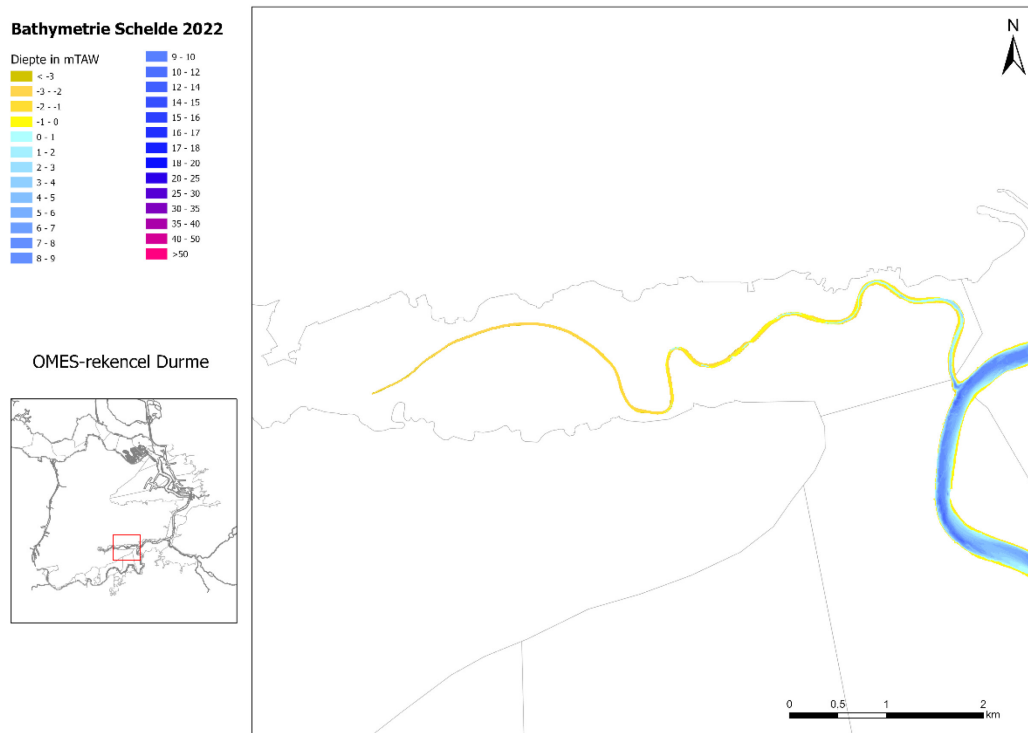
Figuur 123 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 19



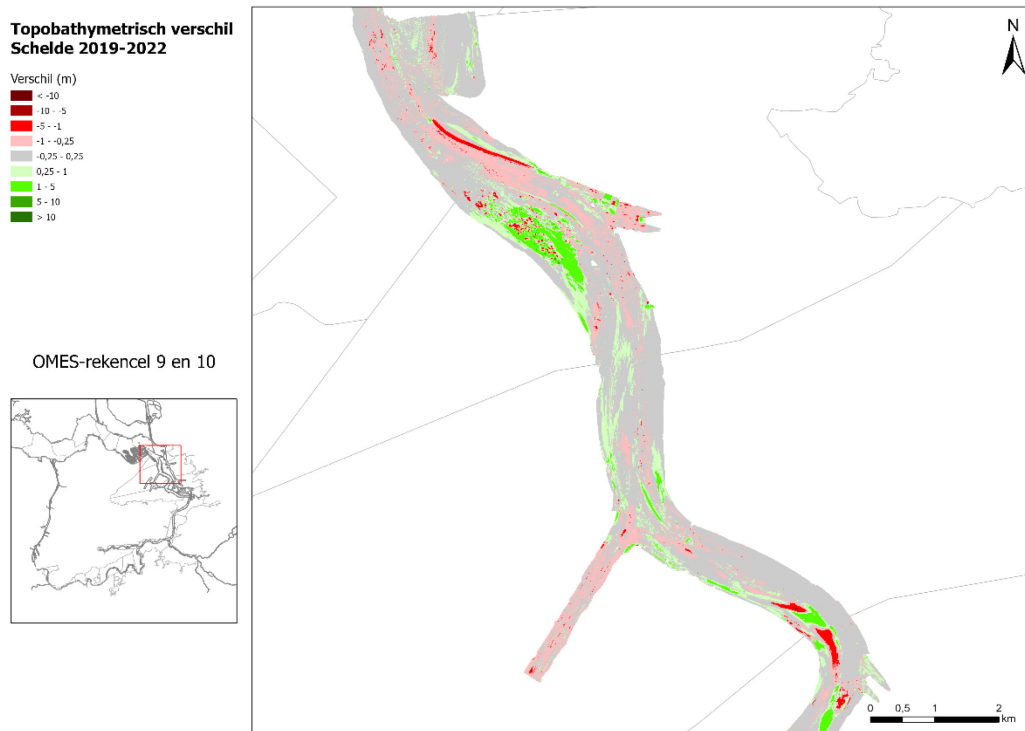
Figuur 124 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment 19GM



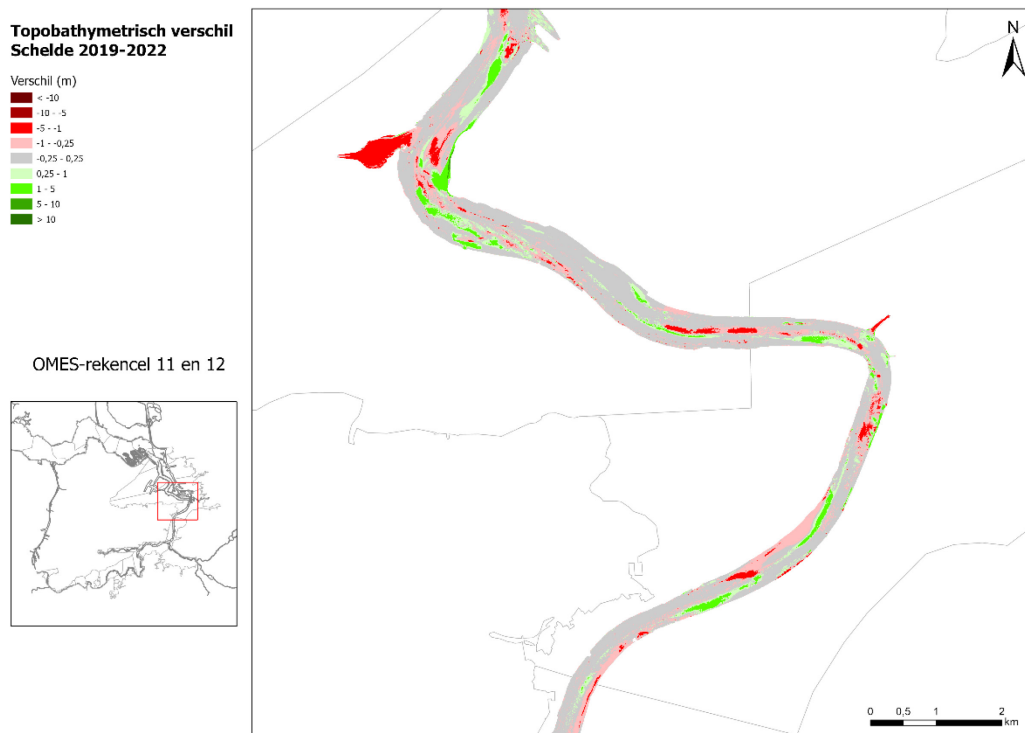
Figuur 125 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment Rupel



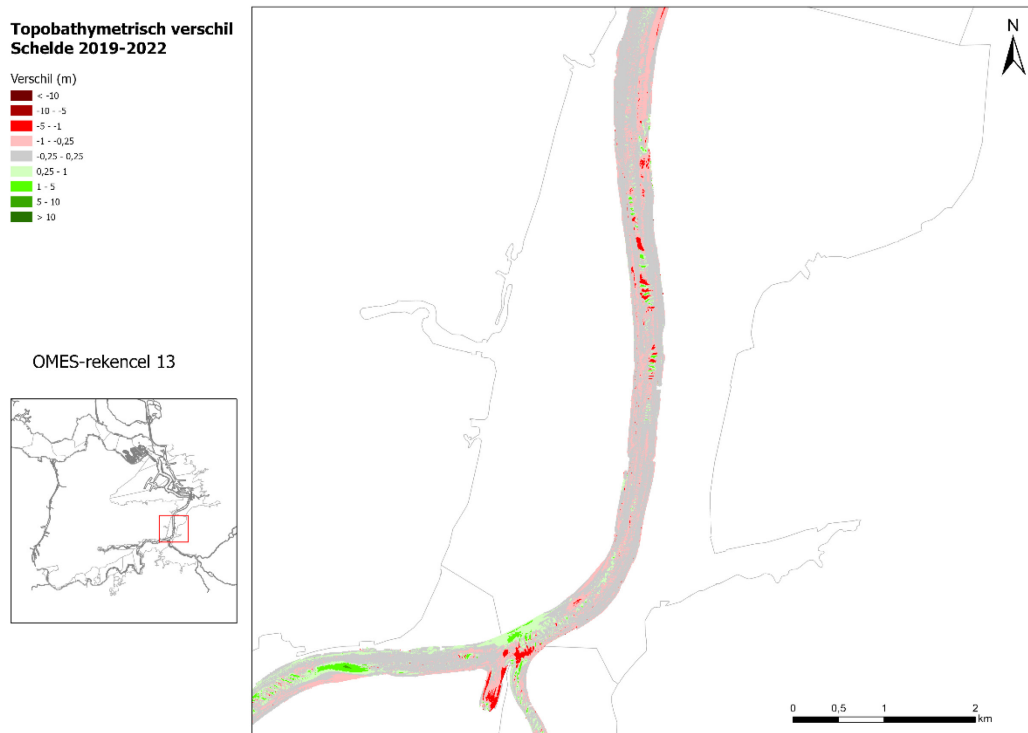
Figuur 126 – Topo-bathymetrie 2022 Zeeschelde: OMES-segment Durme



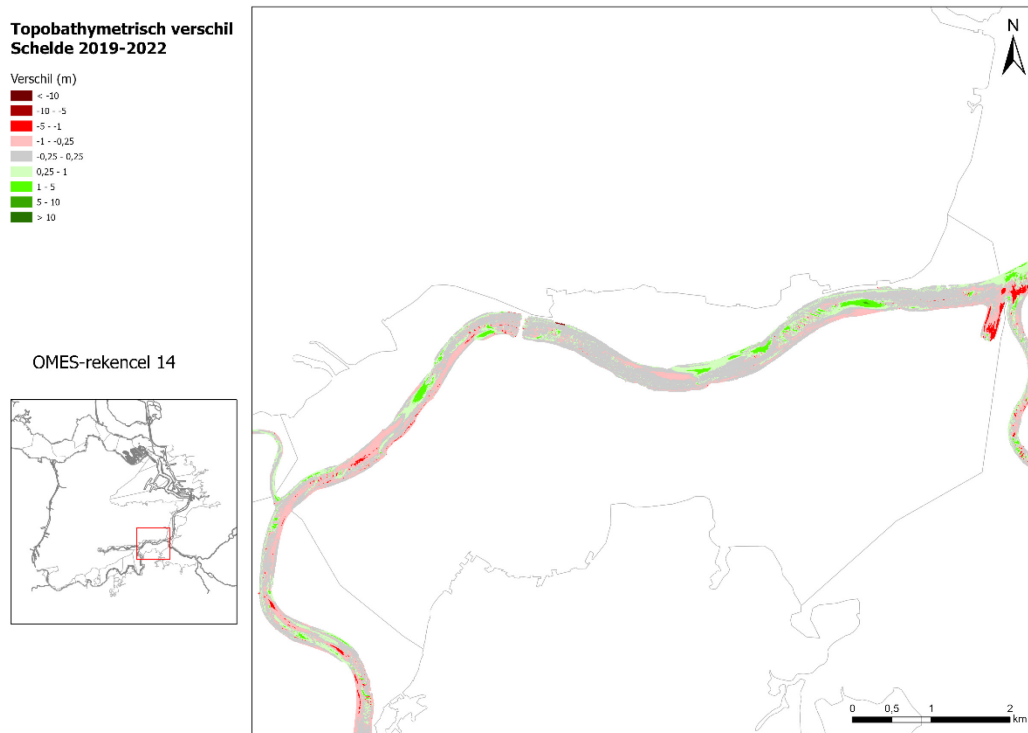
Figuur 127 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 9 en 10



Figuur 128 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 11 en 12

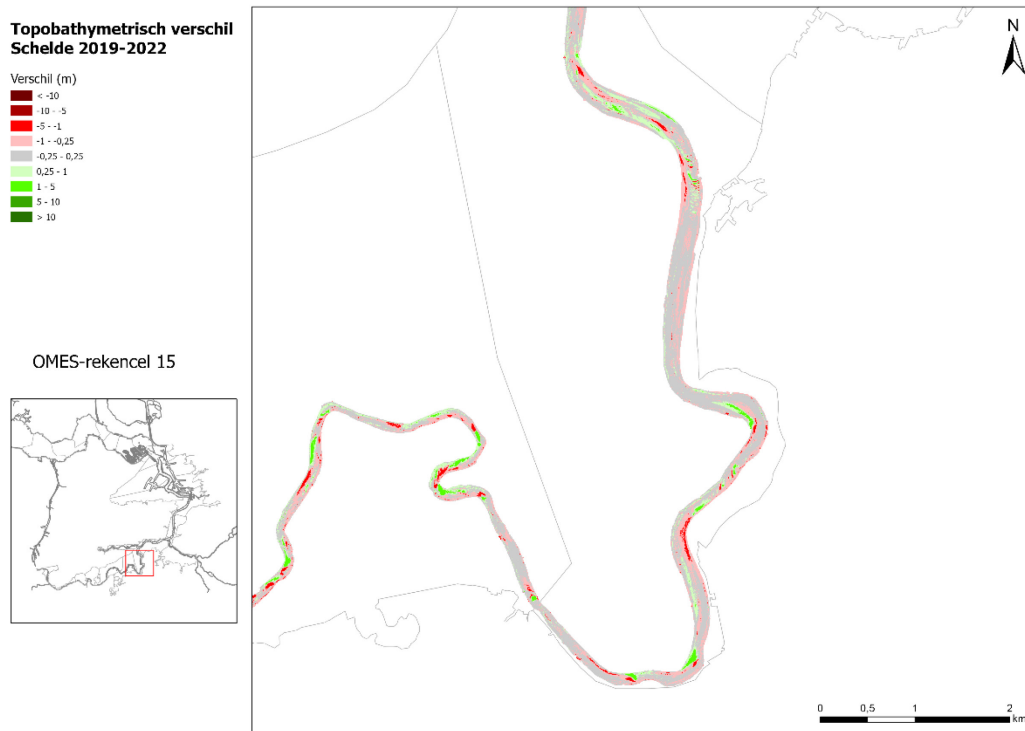


Figuur 129 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 13

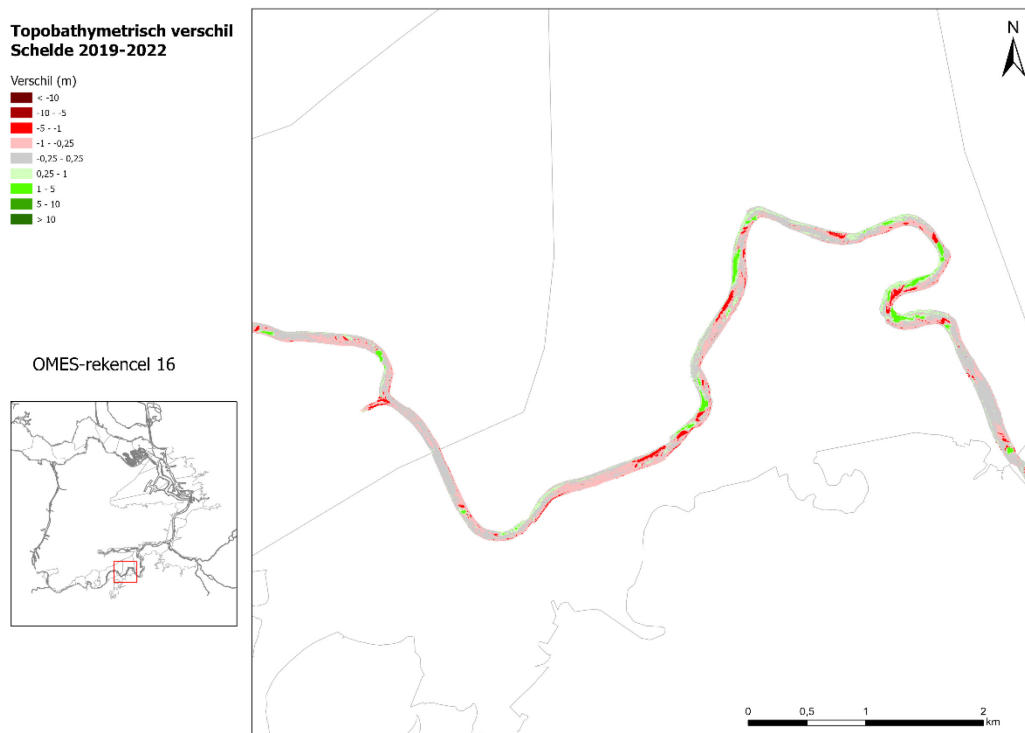


Figuur 130 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 14

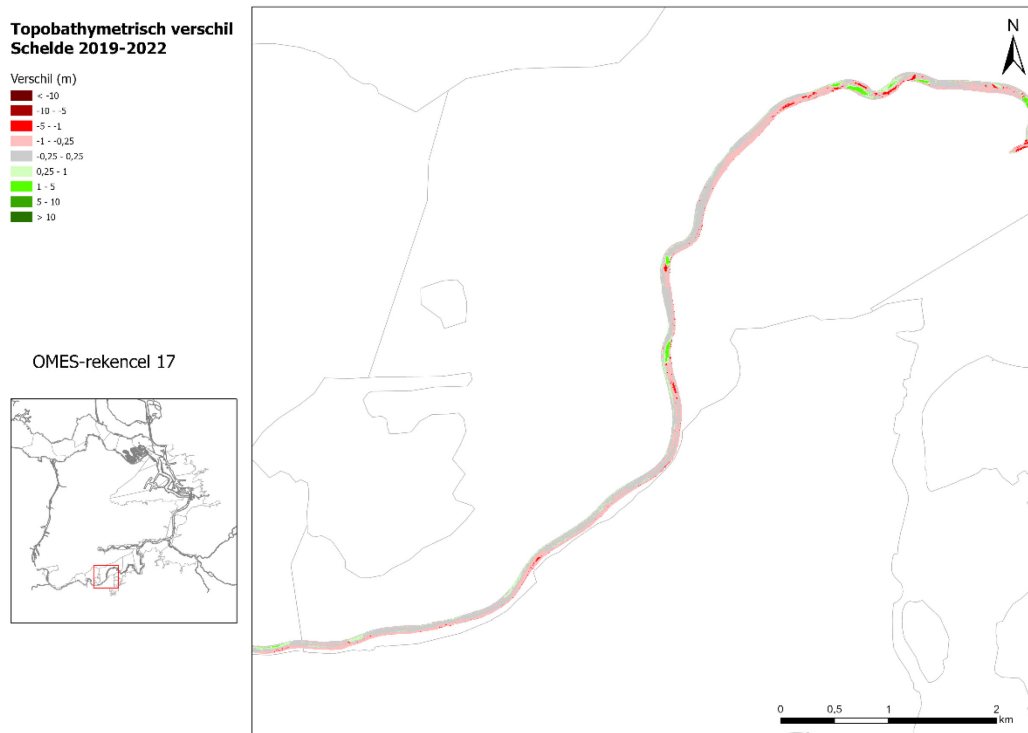




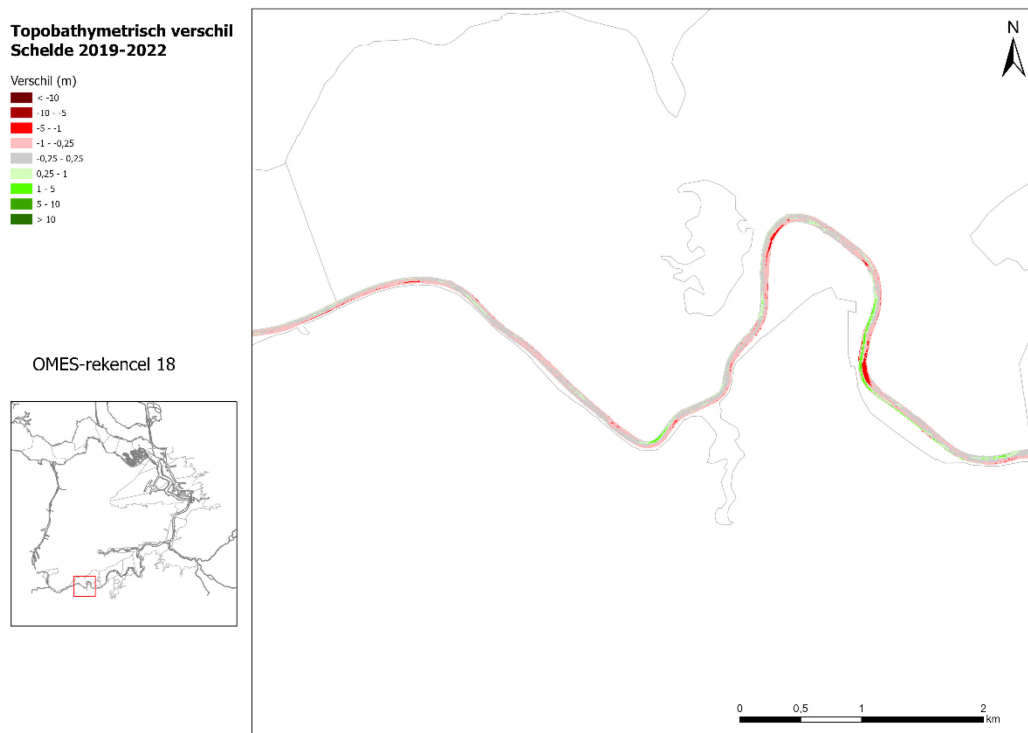
Figuur 131 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 15



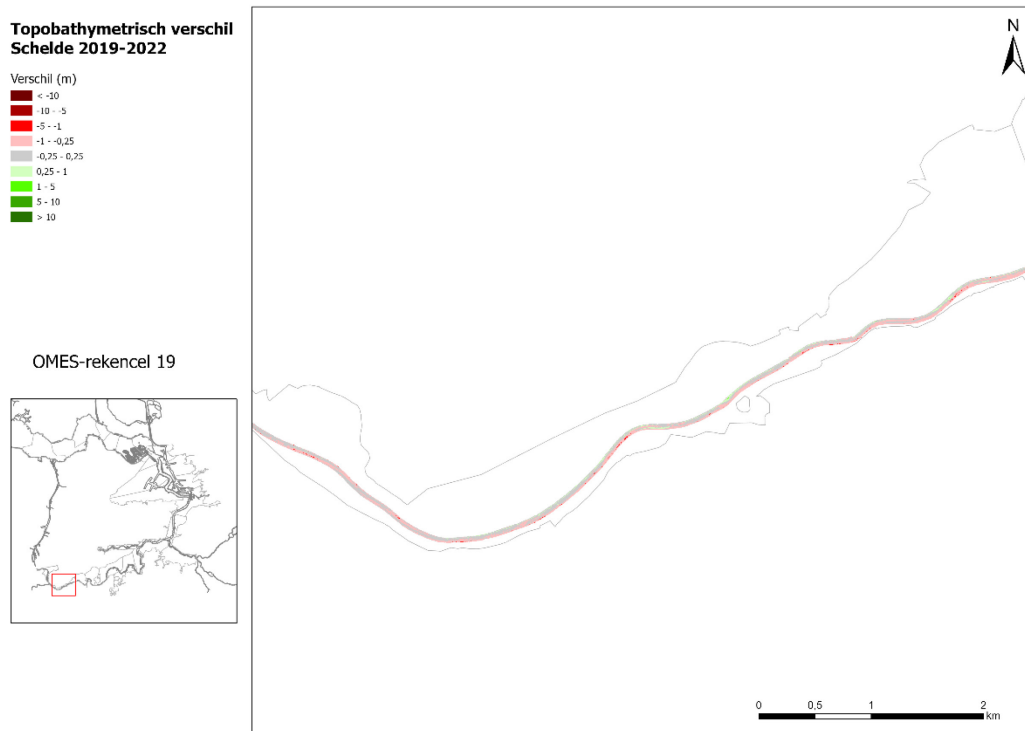
Figuur 132 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 16



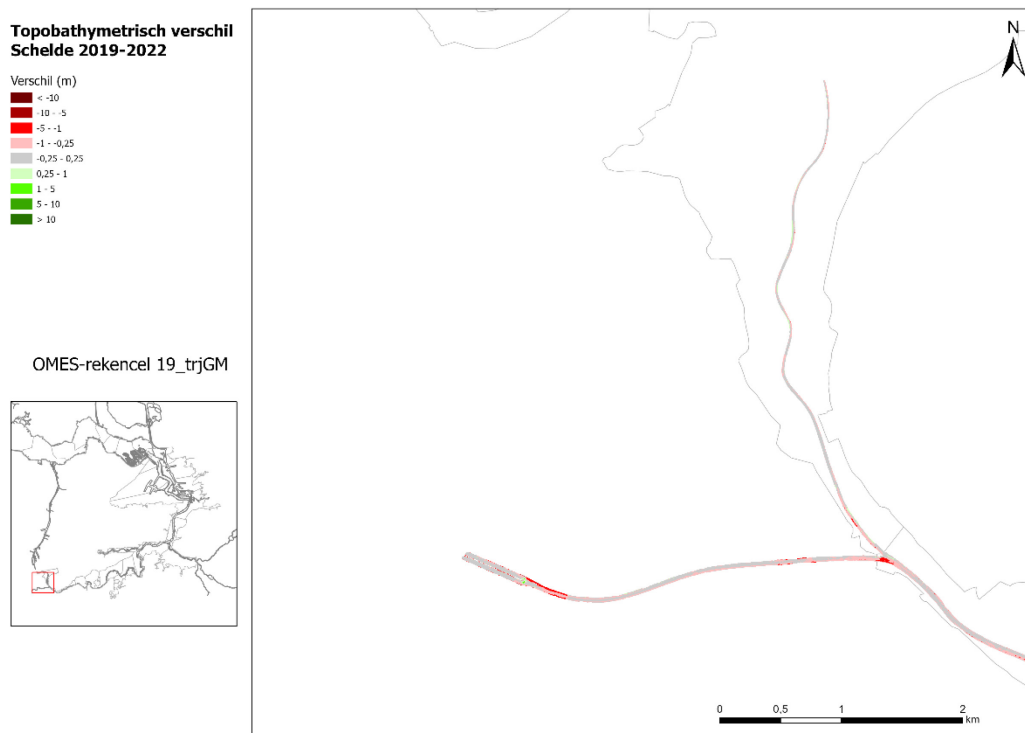
Figuur 133 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 17



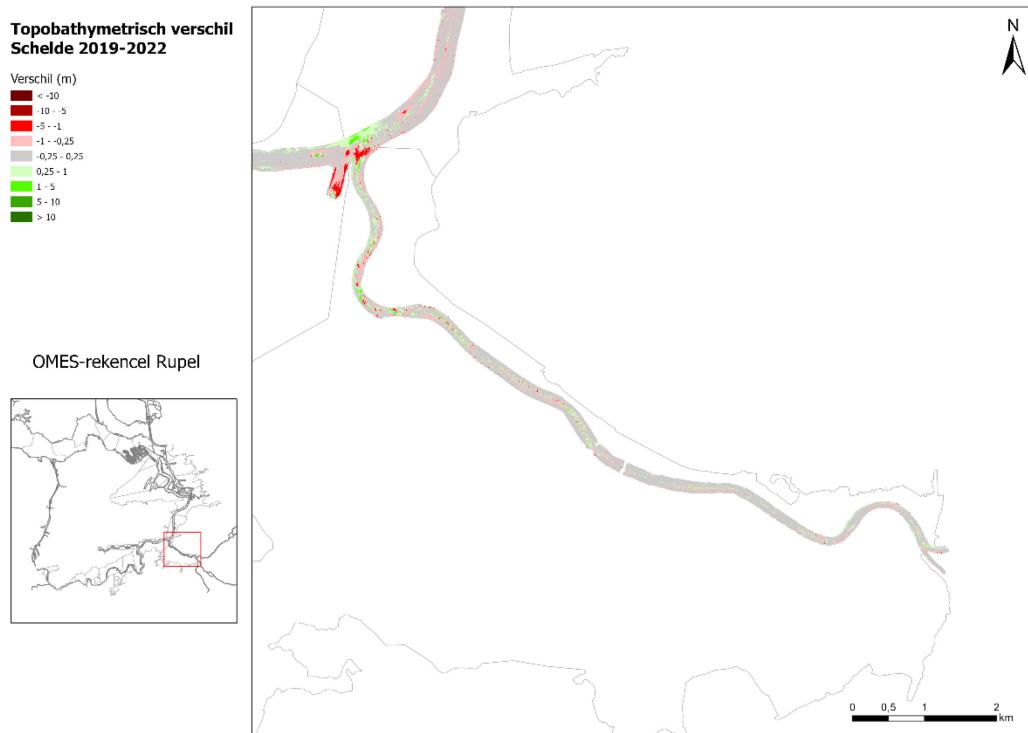
Figuur 134 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 18



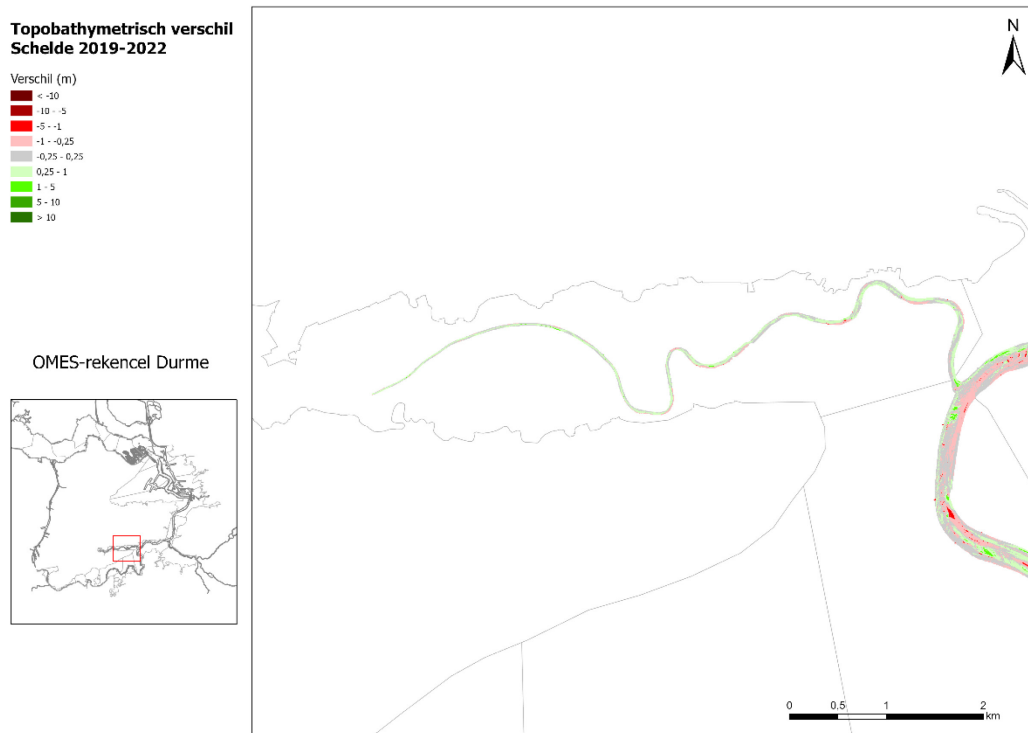
Figuur 135 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 19



Figuur 136 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment 19GM



Figuur 137 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment Rupel



Figuur 138 – Verschilkaart 2019-2022 Zeeschelde: OMES-segment Durme

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](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

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