



Vlaanderen
is wetenschap



22_076_1
WL rapporten

Vergelijking data fysische parameters

Meetpaal Lillo vs Liefkenshoek veer

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Vergelijking data fysische parameters

Meetpaal Lillo vs Liefkenshoek veer

Meire, D.; Plancke, Y.; 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/2023/3241/074

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

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

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

Documentidentificatie

Oprachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2023R22_076_1
Trefwoorden (3-5):	Meetpaal Lillo, Liefkenshoek, fysische parameters, monitoring, saliniteit, turbiditeit,		
Kennisdomeinen:	Hydraulica & Sediment > Hydrodynamica > Passieve tracers > In situ metingen Hydraulica & Sediment > Sediment > Cohesief sediment > In situ metingen		
Tekst (p.):	38	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Meire, D.
------------	-----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2023-04-25 10:01:06 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>
Projectleider:	Meire, D.	Getekend door: Dieter Meire (Signature) Getekend op: 2023-04-11 11:15:56 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Dieter Meire</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op: 2023-03-31 10:44:08 +02:0 Reden: Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



Abstract

Ten gevolge van de aanvaring door een binnenvaartschip, werd de meetopstelling meetpaal Lillo vernietigd. Hierop volgde de vraag of en waar een nieuwe meetpaal geplaatst dient te worden, ook aangezien in de nabijheid reeds een meetstation voor fysische parameters (Liefkenshoek veer) aanwezig is. Hier stelt zich de vraag wat de relatie is tussen beiden. Voor de parameters saliniteit (afgeleid uit de gemeten conductiviteit), SSC (afgeleid uit de gemeten turbiditeit) en zuurstof wordt in dit advies een vergelijking gemaakt tussen Meetpaal Lillo (zowel sensor onder als boven) en Liefkenshoek veer.

Voor de verschillende parameters vertonen de langere termijn patronen op beide locaties vergelijkbare trends, wat ook logisch en te verwachten is, door hun nabijheid. Toch is door de specifieke locatie en meetdiepte, de absolute waarde van de sedimentconcentraties sterk verschillend, en ook in het verloop doorheen het getij worden belangrijke verschillen waargenomen, voor de verschillende parameters. Door zijn specifieke ligging, dicht bij belangrijke waterbouwkundige infrastructuur is de meetlocatie van Meetpaal Lillo van groot belang in het opvolgen van veranderingen in de water- en sedimentbeweging in dit deel van het Schelde-estuarium. Het leidt dan ook tot de aanbeveling dat de meerwaarde van metingen ter hoogte van de meetpaal groot is en inzichten van de analyse van de meetgegevens belangrijk is in de opvolging en evaluatie van het systeem.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Introductie	1
2 Achtergrondinformatie.....	2
2.1 Locatie meetstations	2
2.2 Meetinstrumenten	3
2.2.1 Aanderaa	3
2.2.2 YSI-exo	3
2.3 Variabelen.....	4
2.4 Methodologie	5
3 Data	6
3.1 Datakwaliteit	6
3.2 Saliniteit.....	8
3.2.1 Verloop doorheen de meetperiode.....	8
3.2.2 Verloop over een getijcyclus	12
3.3 Turbiditeit	15
3.3.1 Verloop doorheen de meetperiode.....	15
3.3.2 Verloop over een getijcyclus	21
3.4 SSC	24
3.4.1 Verloop doorheen de meetperiode.....	24
3.4.2 Verloop over een getijcyclus	28
3.5 Zuurstof	32
3.5.1 Verloop doorheen de meetperiode.....	32
3.5.2 Verloop over een getijcyclus	32
4 Conclusie en aanbevelingen	36
5 Referenties	38

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Overzicht van gebruikte karakteristieken, aantal datapunten (n) en gebruikte selectiewaarden voor de analyse.....	5
Tabel 2: Overzicht van de karakteristieken van de saliniteit [PSU] voor de verschillende jaren (min – gem – max) en over de volledige meetperiode voor vloed en <i>eb</i>	10
Tabel 3: Overzicht van de relatie voor saliniteit (KHW en KLW) tussen Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven)	11
Tabel 4: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop	12
Tabel 5: Overzicht van de karakteristieken van de turbiditeit [NTU/FTU] voor de verschillende jaren en over de volledige meetperiode voor vloed en <i>eb</i>	16
Tabel 6: Lineaire relatie (fit, R^2 en aantal datapunten (n)) tussen de metingen te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo	20
Tabel 7: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop van turbiditeit	21
Tabel 8: Overzicht van de karakteristieken van de SCC [mg/l] voor de verschillende jaren en over de volledige meetperiode voor vloed en <i>eb</i>	26
Tabel 9: Lineaire relatie (fit, R^2 en aantal datapunten (n)) tussen de metingen te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo	26
Tabel 10: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop van SSC	29

Lijst van de figuren

Figuur 1: Locatie van MONEOS-meetposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters (Vandenbruwaene et al., 2022)	1
Figuur 1: Ligging van de meetlocaties Liefkenshoek – veer en Meetpaal Lillo.	2
Figuur 2: Dwarsprofiel voor Meetpaal – Lillo (boven) en Liefkenshoek (onder), met aanduiding van de meetlocaties (blauw).....	4
Figuur 3: : Overzicht van kwaliteitsvlaggen voor saliniteit voor de verschillende meetstations	6
Figuur 4: Overzicht van kwaliteitsvlaggen voor SSC voor de verschillende meetstations	7
Figuur 5: Verloop van de saliniteit op het tijdstip van kentering hoog- en laagwater (respectievelijk blauw en rood) te Liefkenshoek - veer.....	8
Figuur 6: Verloop van de saliniteit op het tijdstip van kentering hoog- en laagwater te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder)	9
Figuur 7: Relatie tussen KHW (links) en KLW (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo boven	10
Figuur 8: Relatie tussen KHW (links) en KLW (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo onder	11
Figuur 9: Verloop van de saliniteit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een lage saliniteit (P25 = 5,25 psu)	12
Figuur 10: Verloop van de saliniteit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een hoge saliniteit (P75 = 14,55 psu).....	13
Figuur 11: Gemiddeld verloop van de saliniteit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een lage saliniteit (P25, links) en een hoge saliniteit (P75, rechts).....	14
Figuur 12: Verloop van de turbiditeit, weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te Liefkenshoek - veer... ..	16
Figuur 13: Verloop van de turbiditeit, weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder)	17
Figuur 14: Verloop van de daggemiddelde turbiditeitswaarden te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven).....	18
Figuur 15: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts) te Liefkenshoek-veer en Meetpaal Lillo-boven.....	19
Figuur 16: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts) te Liefkenshoek-veer en Meetpaal Lillo-onder	19
Figuur 17: Verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een lage saliniteit (P25 = 30,1 NTU).....	21
Figuur 18: Verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een hoge saliniteit (P75 = 63,5 NTU).....	22
Figuur 19: Gemiddeld verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een lage turbiditeit (P25, links) en een hoge turbiditeit (P75, rechts)	23

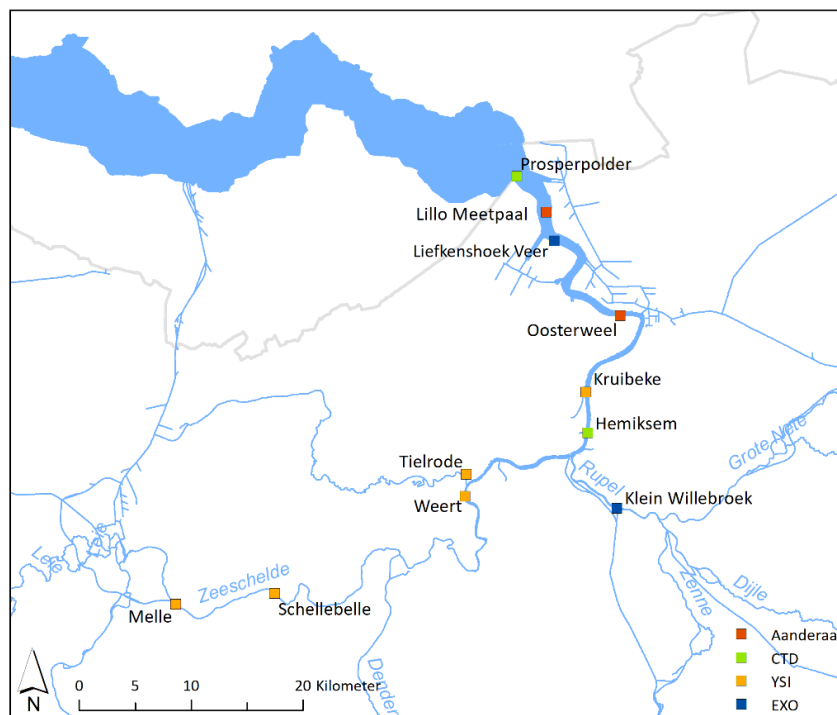
Figuur 20: Verloop van de SSC [mg/l], weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te Liefkenshoek - veer ..	24
Figuur 21: Verloop van de SSC weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder).....	25
Figuur 22: Verloop van de daggemiddelde SSC waarden te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven)	27
Figuur 23: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde eb waarden (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-boven.....	27
Figuur 24: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde eb waarden (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-onder	28
Figuur 25: Verloop van het SSC gehalte te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage SSC waarde (P25).....	29
Figuur 26: Verloop van het SSC gehalte te te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een hoge SSC waarde (P75)	30
Figuur 27: Gemiddeld verloop van de saliniteit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25, links) en een hoge saliniteit (P75, rechts).....	31
Figuur 28: Verloop van de hoeveelheid opgeloste zuurstof [mg/l] over de volledige meetperiode, gemiddeld over de vloed- en eb fase, te Liefkenshoek - veer.....	33
Figuur 29: Verloop van de hoeveelheid opgeloste zuurstof [mg/l] over de volledige meetperiode, gemiddeld over de vloed- en eb fase, te Lillo (onder)	33
Figuur 30: Opgeloste zuurstof, weergegeven als gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts), te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-onder	34
Figuur 31: Verloop van de zuurstofverzadiging [%] over de volledige meetperiode, te Liefkenshoek – veer en Lillo meetpaal (onder)	34
Figuur 32: Gemiddeld verloop van de opgeloste zuurstof (volle lijn) en zuurstofsaturatie (stippellijn) te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo – onder, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25, boven) en een hoge saliniteit (P75, onder)	35

1 Introductie

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010), beantwoordend aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie 2030 (LTV-2030), wordt onder de naam MONEOS (MONitoring Effecten Ontwikkeling-Schets) een uitgebreide systeemmonitoring uitgevoerd in het Schelde-estuarium. In dit kader voert het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) in het Zeescheldebekken continue metingen uit van waterstand, debiet, stroming, conductiviteit/chloridegehalte, turbiditeit/suspensie-gehalte, en andere fysische parameters (Figuur 1). Eén van de meetlocaties is Meetpaal Lillo, waar sinds eind 2015 op continue basis de fysische parameters worden gemeten. Deze meetpaal werd toen ingericht ter vervanging van monitoring van gelijkaardige fysische parameters op 2 dieptes ter hoogte van boei 84, een locatie die vanaf eind 2005 actief was met toestellen op batterijen en interne logging.

In de nacht van 19 en 20 september 2022 werd de meetpaal aangevaren door een binnenvaartschip. Hierdoor kwam de meetpaal scheef te staan, was de meetopstelling vernietigd en stopten de meettoestellen met het registreren van gegevens. Enkele dagen later knikte de meetpaal volledig en kwam hij op de bodem van de Zeeschelde te liggen. Door het stoppen van deze waardevolle meetreeks, stelde zich de vraag of en, zo ja waar, de meetpaal heringericht moest worden. Aangezien in de nabijheid ook een meetopstelling bestaat ter hoogte van de Liefkenshoek veer, stelt zich de vraag hoe de meetgegevens van deze locaties zich verhouden ten opzichte van elkaar.

In voorliggend rapport wordt dan ook een vergelijking gemaakt tussen beide locaties voor de periode waarvoor meetgegevens beschikbaar op beide locaties. Op basis van deze bevindingen, gebeurt er een aanbeveling over de toekomst van meetpaal Lillo.

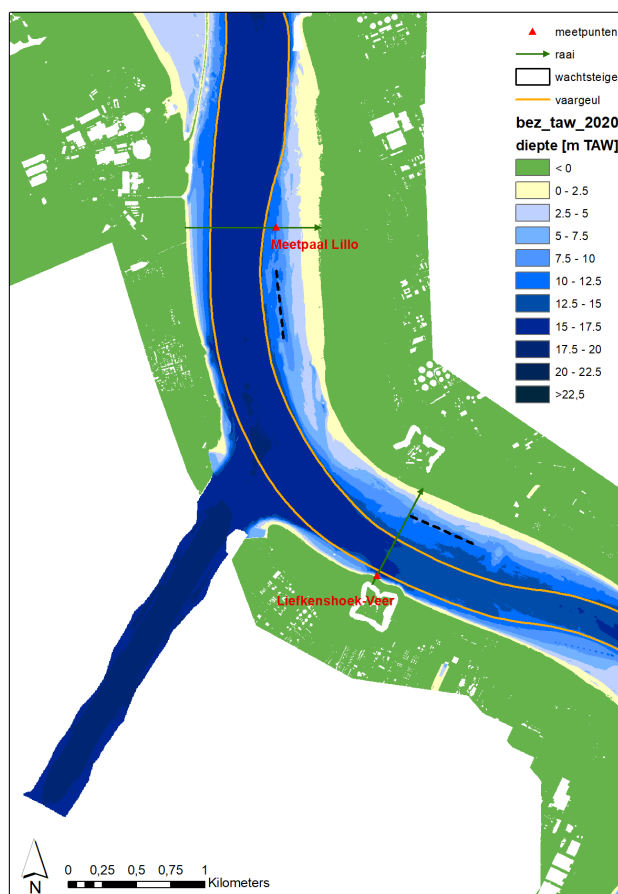


Figuur 1: Locatie van MONEOS-metposten in de Zeeschelde met continue monitoring van fysische parameters (Vandenbruwaene et al., 2022)

2 Achtergrondinformatie

2.1 Locatie meetstations

De meetlocatie Liefkenshoek – veer is gelegen aan de linkeroever, aan het veerponton (Figuur 1). Sinds april 2019 worden op deze locatie via een drijvende opstelling verschillende fysische parameters gemeten ca. 1,5 m onder het wateroppervlak. Meetpaal Lillo was gelegen aan de rechterkant van de vaargeul, maar veel centraler in de geul (Figuur 1). De meetpaal is gelegen afwaarts de wachtsteigers voor binnenvaart. Sinds september 2015 worden op deze locatie op 2 hoogten via een vaste opstelling ten opzichte van de bodem verschillende fysische parameters gemeten, resp. ca. 1,0 m en 3,75 m boven de bodem. Beide meetlocaties bevinden zich ca. 3 km van elkaar.



Figuur 2: Ligging van de meetlocaties Liefkenshoek – veer en Meetpaal Lillo.

2.2 Meetinstrumenten

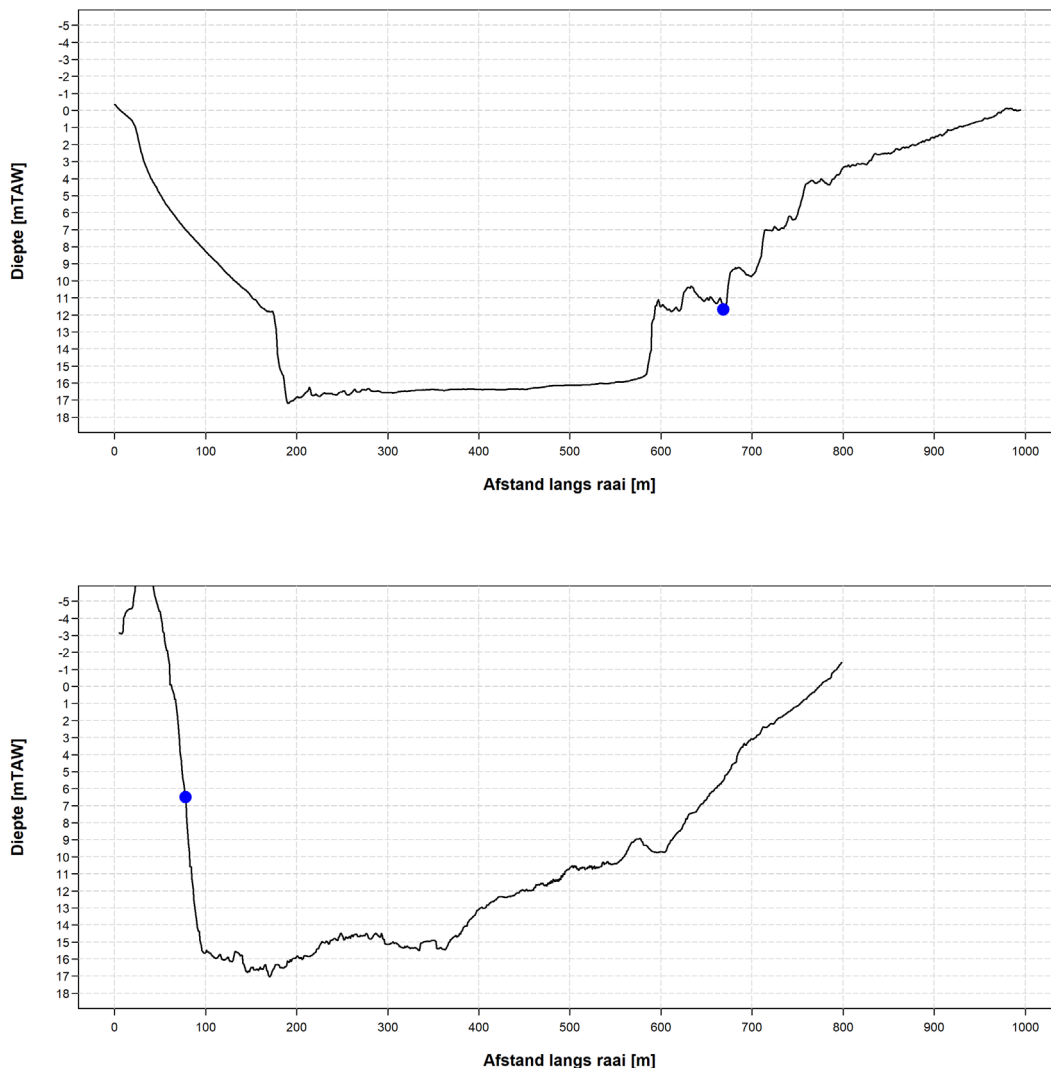
Op beide beschouwde meetlocaties wordt een verschillend meetinstrument gebruikt. Te Meetpaal Lillo wordt, op beide hoogtes, een Aanderaa multiparametersonde gebruikt. Te Liefkenshoek wordt een YSI Exo gebruikt. De meetfrequentie op beide locaties is 1 meting elke 5 minuten van de verschillende parameters.

2.2.1 Aanderaa

De Aanderaa Seaguard is een multiparametersonde die elke 30 seconde een meting uitvoert. Elke 5 minuten wordt een gemiddelde waarde, dus van 10 metingen, doorgestuurd naar de servers, voor alle opgemeten parameters. De beide toestellen bevinden zich op vaste hoogte t.o.v. de bodem. De meetpaal bevindt zich in een zone met een diepte van ca. -10 m TAW, waardoor de bovenste sensor zich op -6,25 m TAW bevindt en de onderste op -9.0 m TAW.

2.2.2 YSI-exo

Een Exo (YSI) is een multiparametersonde die 1 meting per minuut uitvoert. De waarde die wordt doorgestuurd naar de server is een instantane waarde, met name de laatste waarde die werd opgemeten. De YSI is bevestigd aan een ponton en bevindt zich daardoor op een vaste diepte, namelijk ca. 0,7 m onder het wateroppervlak (Vandenbruwaene et al. (2021)). De diepte op de locatie van de meting is ca. -6 m TAW.



Figuur 3: Dwarsprofiel voor Meetpaal – Lillo (boven) en Liefkenshoek (onder), met aanduiding van de meetlocaties (blauw)

2.3 Variabelen

Op beide meetlocaties worden de volgende fysische parameters opgemeten: conductiviteit, turbiditeit en temperatuur. Vanuit de conductiviteit en de temperatuur wordt de saliniteit afgeleid, terwijl de turbiditeit wordt gebruikt om de sedimentconcentratie af te leiden. Op de onderste sensor van meetpaal Lillo en te Liefkenshoek wordt eveneens opgeloste zuurstof en zuurstofverzadiging opgemeten. Additioneel wordt bij Liefkenshoek ook pH, chlorofyl-a gehalte en een maat voor het doorzicht in de vorm van de lichtextinctiecoëfficiënt K_d gemonitord. Deze laatste parameters worden niet meegenomen in de vergelijkende analyse, aangezien geen meting te Lillo beschikbaar is.

2.4 Methodologie

In hoofdstuk 3 worden de verschillende variabelen, gemeten op beide meetlocaties, geanalyseerd. In eerste fase wordt het verloop van de parameter doorheen de volledige beschouwde periode weergegeven.

Afhankelijk van de variabele wordt gebruik gemaakt van de kenteringswaarden voor hoog- en laagwater of de gemiddelde vloed- en ebwaarden. De relatie tussen de variabelen op de verschillende meetstations wordt gevisualiseerd aan de hand van scatterplots. In deze vergelijking wordt enkel gebruik gemaakt van de waarden die een kwaliteitsvlag hebben die overeenstemt met “goede” of “geschatte” waarden. Waarden die als ‘suspect’ gevlagd zijn, worden hier dus niet meegenomen in de analyse.

Om meer inzicht te krijgen in de data, wordt ook het verloop van de variabele doorheen een getijcyclus weergegeven. Om een karakteristiek verloop te verkrijgen, wordt een ensemble-analyse uitgevoerd, op basis van een selectie van getijden. Deze selectie gebeurt op basis van de P25 en P75 waarden van de tij-gemiddelde waarden van de beschouwde parameter, hier steeds bepaald op basis van de metingen te Liefkenshoek. Het karakteristieke getijverloop wordt dan bekomen door, op elk tijdstip van de getijcyclus uitgedrukt relatief t.o.v. hoogwater, de gemiddelde waarde van deze selectie van getijden te bereken. Een overzicht van de gebruikte data en waarden is weergegeven in Tabel 1. De selectie gebeurt steeds op het meetstation Liefkenshoek en dezelfde getijcyclus te Lillo worden overgenomen.

Tabel 1: Overzicht van gebruikte karakteristieken, aantal datapunten (n) en gebruikte selectiewaarden voor de analyse.

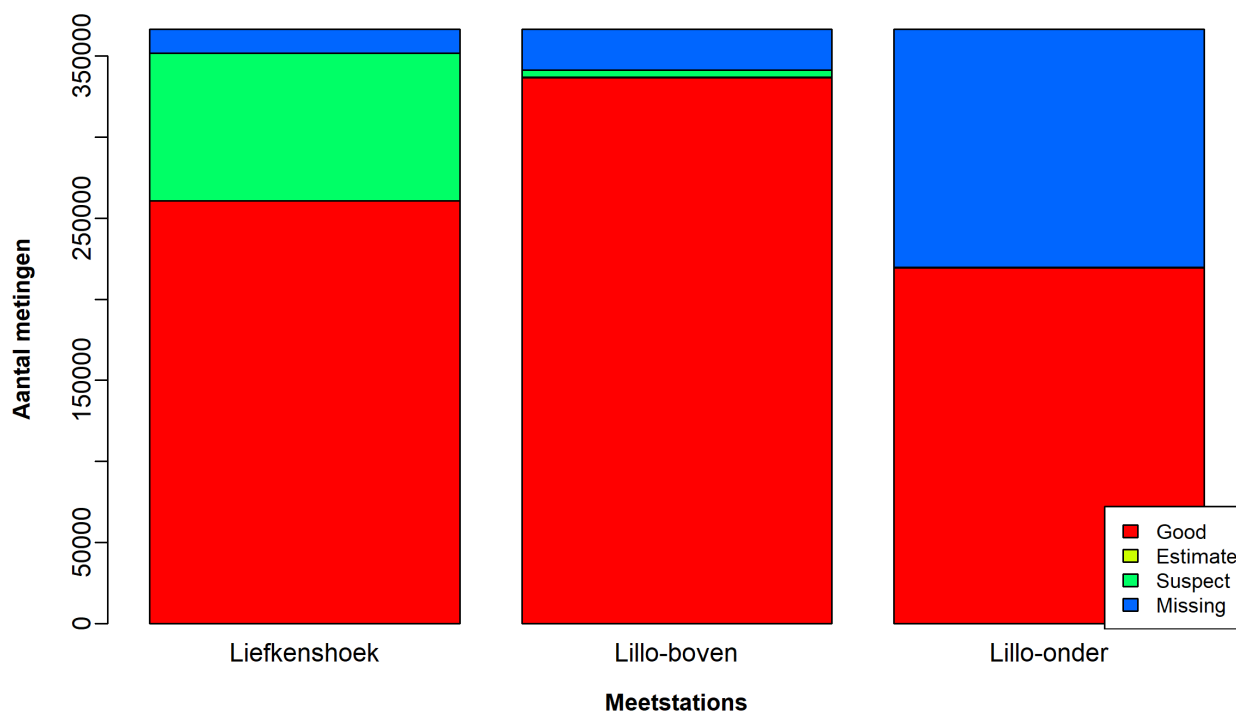
Parameter	Station	Analyse		
		Meetperiode	Scatter (aantal datapunten)	Verloop getij (P25 – P75 waarden)
saliniteit	LHK	KHW / KLW		5,75 - 14,55
	Lillo-boven	KHW / KLW	2413	
	Lillo-onder	KHW / KLW	2508	
turbiditeit	LHK	Gem vloed/eb		30,1 – 63,5
	Lillo-boven	Gem vloed/eb	2484	
	Lillo-onder	Gem vloed/eb	2436	
SSC	LHK	Gem vloed/eb		85 – 126,5
	Lillo-boven	Gem vloed/eb	2138	
	Lillo-onder	Gem vloed/eb	2181	
zuurstof	LHK	Gem vloed/eb		6,92 - 9,69
	Lillo-boven			
	Lillo-onder	Gem vloed/eb	1977	

3 Data

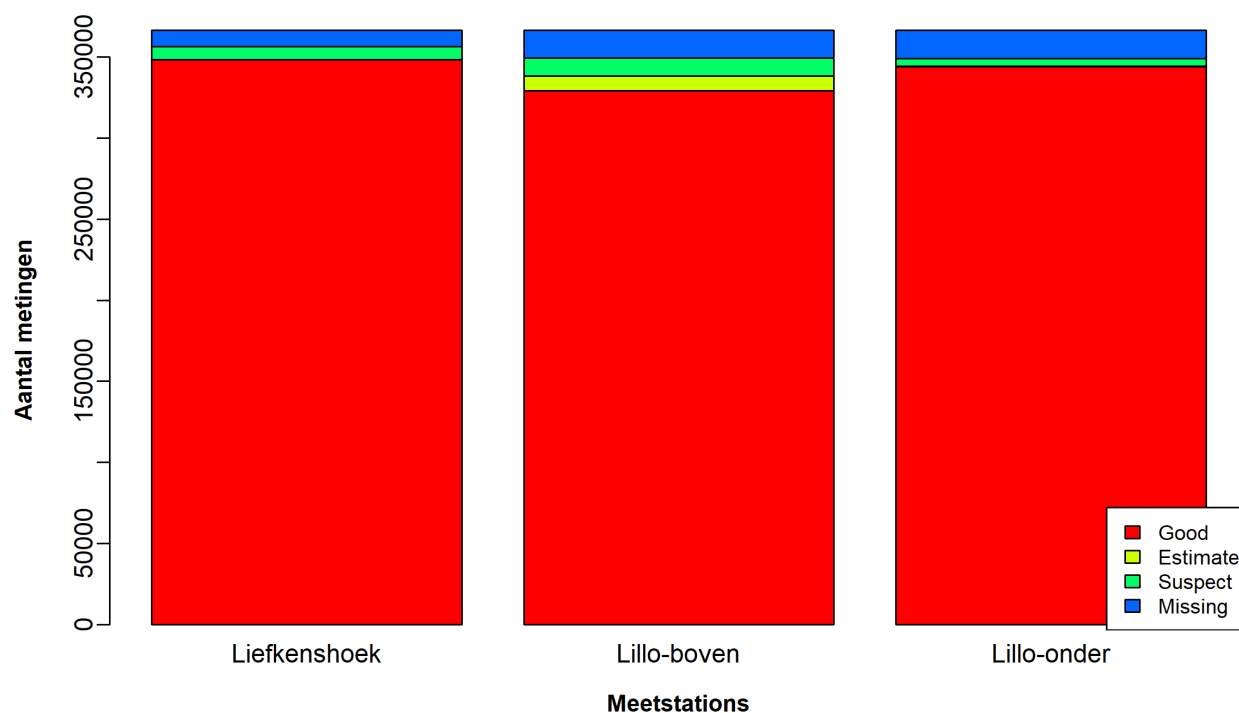
3.1 Datakwaliteit

De volledige meetperiode die hier beschouwd wordt, is enerzijds begrensd door de start van de metingen te Liefkenshoek – Veer (26/3/2019) en anderzijds door de aanvaring van de Meetpaal Lillo (19/9/2022). Dit betekent dat in totaal ongeveer 2,5 jaar data beschikbaar is op beide locaties, wat overeenkomt met potentieel 366 745 datapunten (gezien de meetfrequentie van 1 meting per 5 minuten).

Voor de parameter saliniteit is een overzicht weergegeven van de kwaliteitsvlaggen voor de beschouwde periode voor de verschillende meetstations (Figuur 3). In Liefkenshoek - Veer is ongeveer 25% gevlagd als “suspect” en ca. 4% ontbrekend. Voor Lillo-boven is de kwaliteit van de metingen het best, met ca. 6 % van de datapunten ontbrekend of ‘suspect”. Voor Lillo-onder is ongeveer 40% van de datapunten ontbrekend. Dit komt door een defect aan de conductiviteitssensor van de zomer 2019 tot het najaar 2020, een sensor die niet meteen vervangen werd.



Figuur 4: : Overzicht van kwaliteitsvlaggen voor saliniteit voor de verschillende meetstations



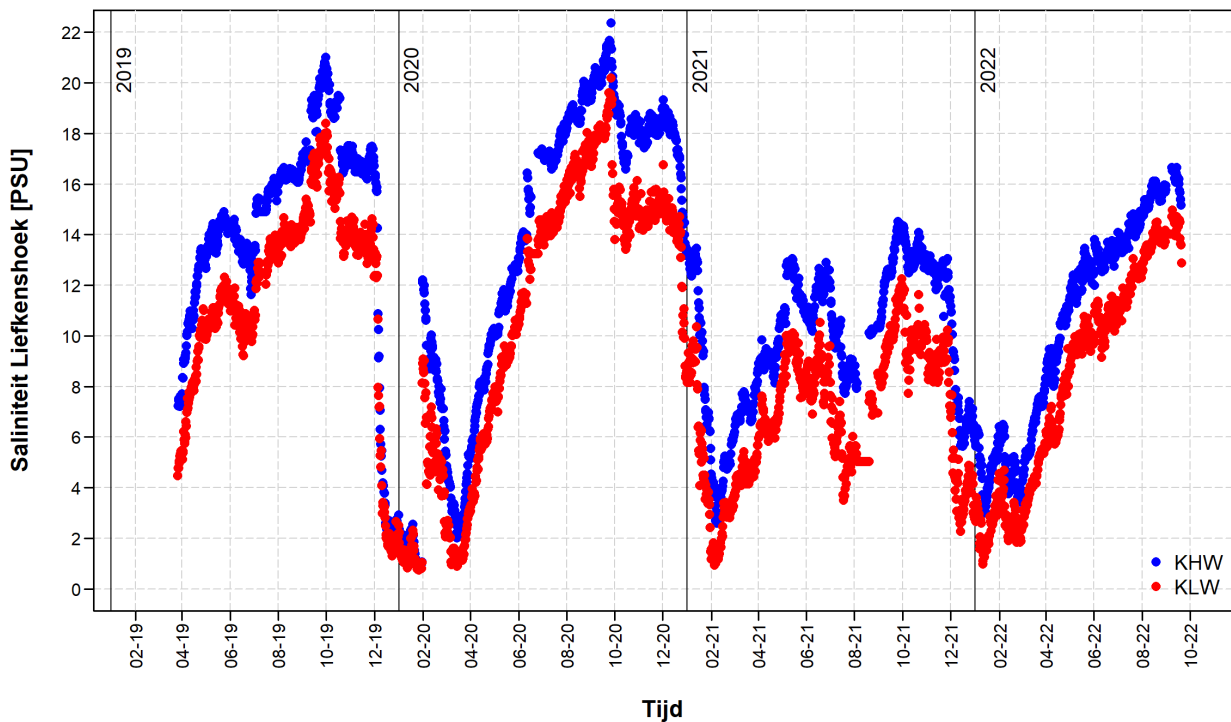
Figuur 5: Overzicht van kwaliteitsvlaggen voor SSC voor de verschillende meetstations

Voor de parameter turbiditeit/SSC is bij het meetstation Liefkenshoek iets minder dan 5% van de datapunten "suspect" of ontbrekend. Voor het meetstations Lillo-onder bedraagt de combinatie van beide kwaliteitsvlaggen 6%. Het grootste aantal datapunten, gevlagd als "suspect" en ontbrekend, wordt waargenomen in Lillo-boven. Hier wordt eveneens ca. 2% van de datapunten als "estimate" gevlagd.

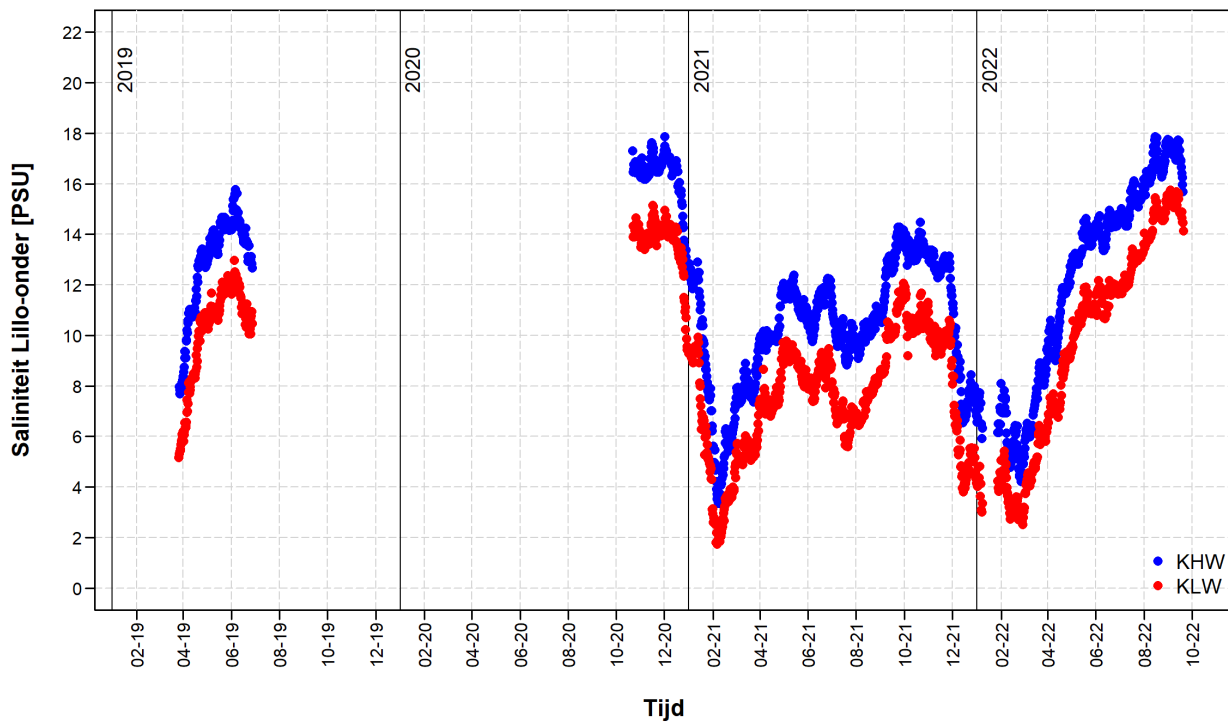
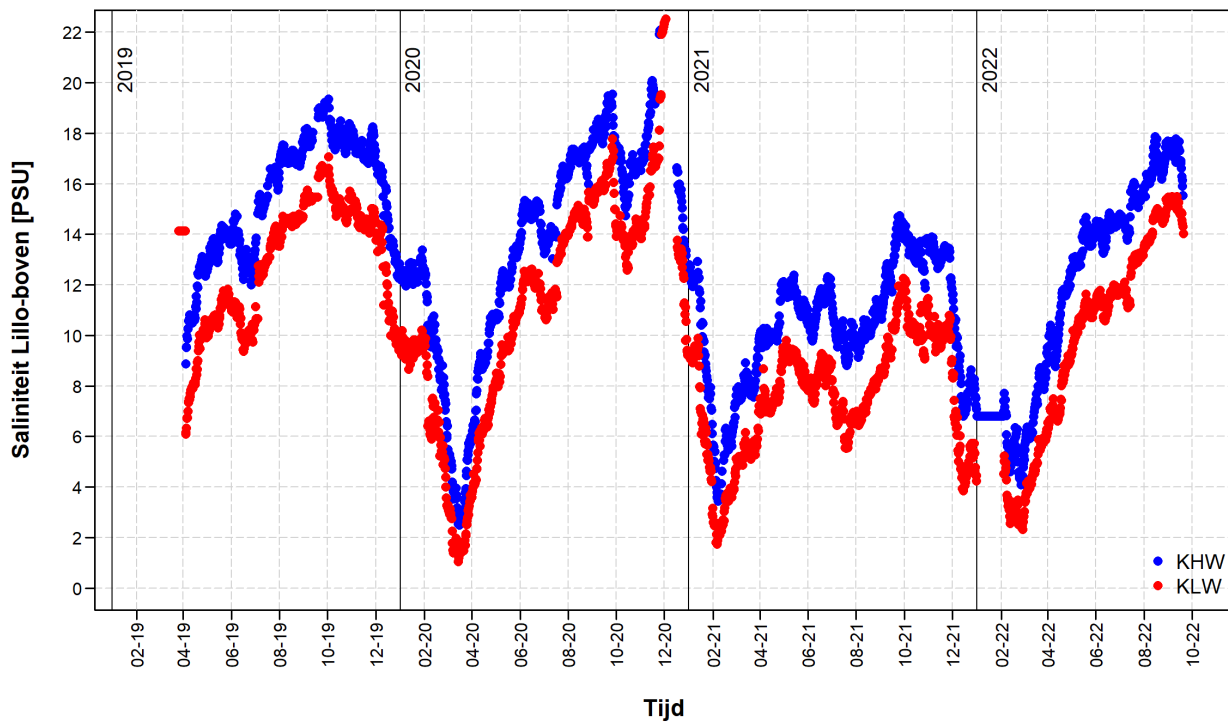
3.2 Saliniteit

3.2.1 Verloop doorheen de meetperiode

In een eerste fase wordt gekeken naar het tijdsverloop van de saliniteit over de volledige beschouwde periode. Door de hoge meetresolutie worden hier enkel de kenteringswaarden, zowel bij hoog- als laagwater, weergegeven. Te Liefkenshoek (Figuur 5) wordt voor 2019, 2020 en 2022 een typisch saliniteitsverloop terug gevonden, waarbij maximale waarden in het najaar worden aangetroffen, met tijdens de lente en zomer een geleidelijke opbouw van de saliniteit. Deze piek in het najaar wordt gevolgd door een scherpe daling in de winter tot minimale waarden in het winter of vroege voorjaar. In 2021 wordt, door de hoge neerslaghoeveelheden in de zomer, een afwijkend patroon gemeten en blijven de maximale saliniteitswaarden ook duidelijk lager. De saliniteitswaarden variëren tussen minimale waarden van ca. 1 PSU tot een maximale waarde van ca. 22 PSU. Te Lillo (zie Figuur 6, zowel boven als onder) wordt een gelijkaardig patroon waargenomen, waarbij de variatie op de resultaten iets kleiner is, met maximale PSU waarden van ca. 20 PSU en minimale waarden tussen 1 en 2 PSU. De iets hogere waarden in de winter kunnen gelinkt worden aan de iets afwaartse ligging van Lillo t.o.v. Liefkenshoek, de lagere waarden in de zomer zijn eerder opvallend, juist door deze afwaartse ligging.



Figuur 6: Verloop van de saliniteit op het tijdstip van kentering hoog- en laagwater (respectievelijk blauw en rood) te Liefkenshoek - veer

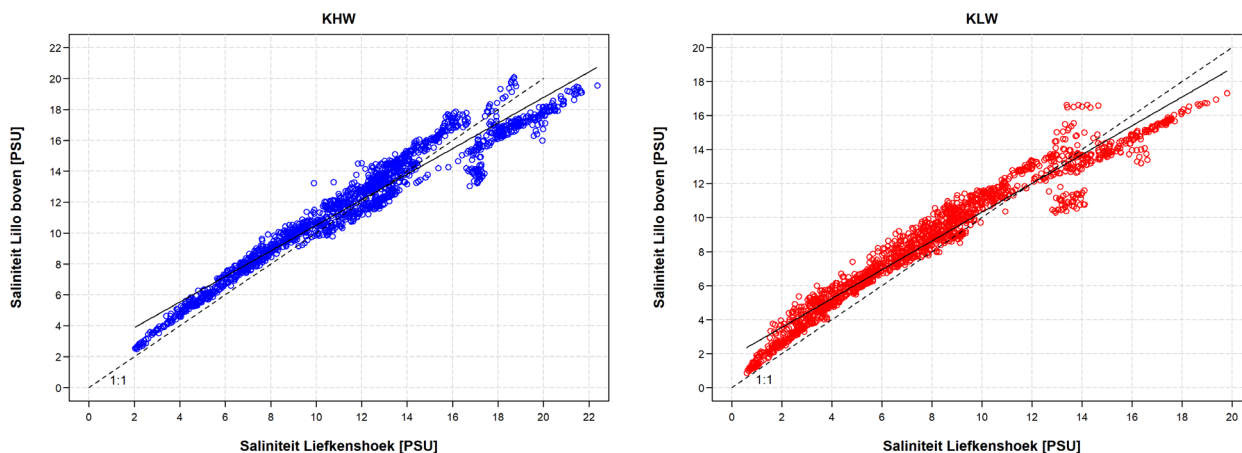


Figuur 7: Verloop van de saliniteit op het tijdstip van kentering hoog- en laagwater te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder)

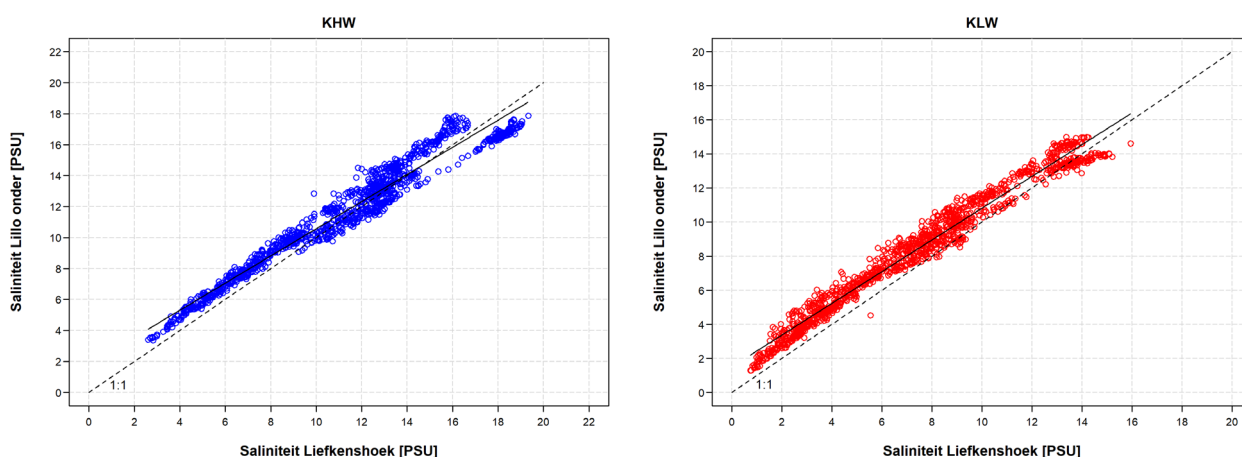
Tabel 2: Overzicht van de karakteristieken van de saliniteit [PSU] voor de verschillende jaren (min – gem – max) en over de volledige meetperiode voor vloed en eb

Locatie	2019	2020	2021	2022	Totaal
LHK	/	2.02 – 13.9 – 22.38 0.59 – 10.3 – 19.81	2.61 – 10.08 – 14.52 0.74 – 6.03 – 11.78	3.44 – 11.26 – 16.67 1.14 – 8.23 – 14.25	11.72 8.09
Lillo-boven	/	2.49 – 13.27 – 20.08 0.86 – 10.22 – 17.35	3.45 – 10.51 – 14.74 1.19 – 7.07 – 11.83	4.10 – 12.24 – 17.87 1.96 – 9.33 – 14.96	11.92 8.76
Lillo-onder	/	3.36 – 11.16 – 17.87 8.26 – 12.96 – 14.61	4.22 – 11.69 – 17.86 1.29 – 7.00 – 11.57	4.10 – 12.24 – 17.76 2.19 – 9.12 – 14.98	11.59 8.42

Om de metingen op de verschillende meetlocaties te vergelijken, werd een scatterplot opgesteld, voor zowel de waarden van kentering hoogwater (KHW) als kentering laagwater (KLW) (Figuur 7). Hierbij wordt enkel rekening gehouden met de waarden die gevlagd worden als “good”, “estimate” en “unchecked”. Met een lineaire trendlijn voor zowel KHW als KLW, tussen Liefkenshoek en beide sensoren te Lillo, wordt een goede R² gevonden (zie Tabel 3). Toch kan opgemerkt worden dat deze fit niet voor het volledige meetbereik dezelfde overeenstemming geeft. Voor de lagere saliniteitswaarden is een duidelijke overschatting waar te nemen, voor de hogere waarden kan men eerder een onderschatting terug vinden. Bij de hogere saliniteitswaarden splitst de puntenwolk zich duidelijk in een dubbele lijn, dit is vermoedelijk te wijten aan hysteresis effecten. Ook hier valt duidelijk op dat voor de hogere waarden (en de onderste tak van het “vorkpatroon”), vanaf ca. 10 PSU, de waarden te Liefkenshoek hoger worden dan deze te Lillo.



Figuur 8: Relatie tussen KHW (links) en KLW (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo boven



Figuur 9: Relatie tussen KHW (links) en KLW (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo onder

Tabel 3: Overzicht van de relatie voor saliniteit (KHW en KLW) tussen Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven)

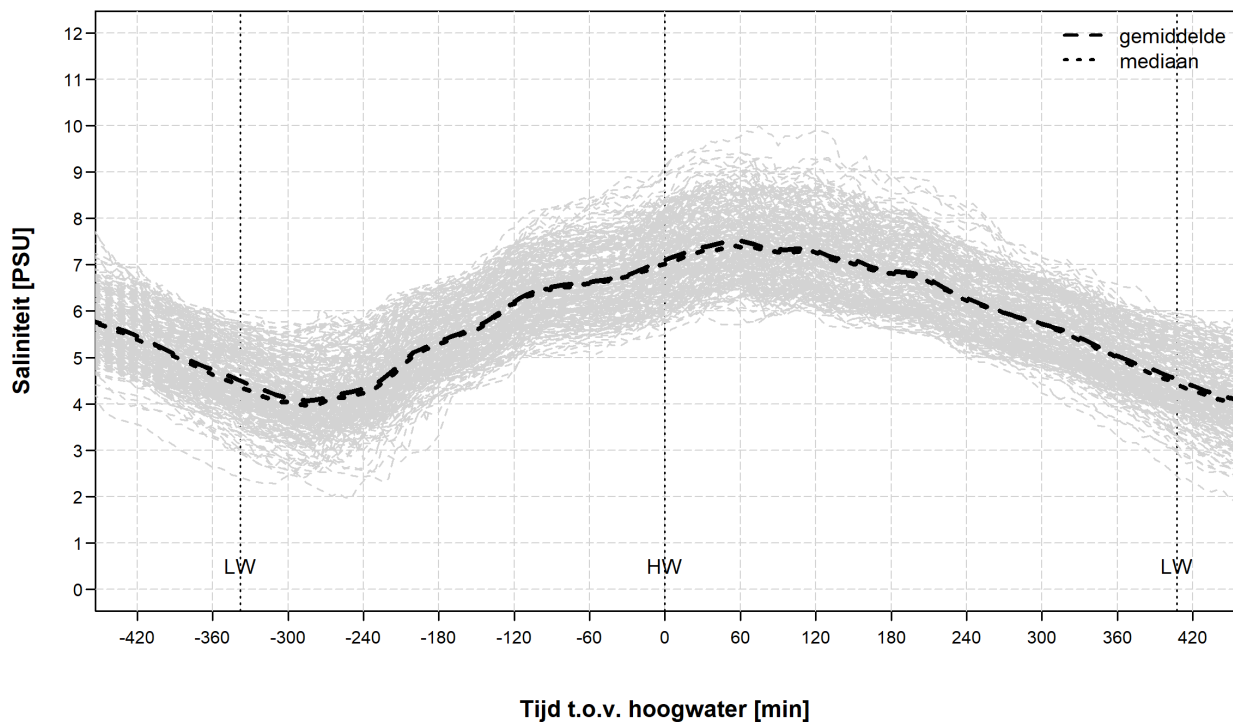
		Lillo boven		Lillo onder	
		data	Fit	Data	Fit
LHK	KHW	1616 (2413)	$2,23 + 0,83 \cdot x$ ($R^2 = 0,94$)	1220 (2413)	$1,80 + 0,88 \cdot x$ ($R^2 = 0,96$)
	KLW	1471 (2508)	$1,85 + 0,85 \cdot x$ ($R^2 = 0,95$)	1220 (2508)	$1,51 + 0,93 \cdot x$ ($R^2 = 0,97$)

3.2.2 Verloop over een getijcyclus

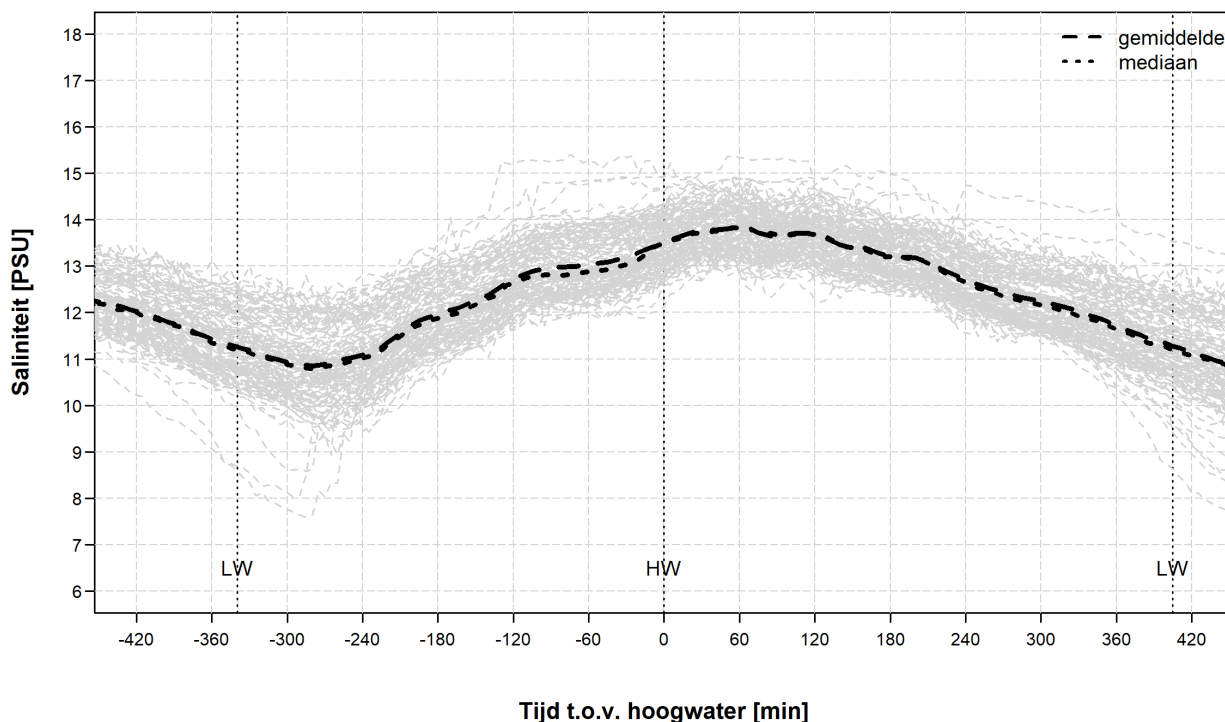
Naast de focus op de langsgradiënt van de saliniteit, is het ook interessant na te gaan hoe het verloop van de saliniteit doorheen het getij varieert. Om hier een inzicht in te krijgen, maar anderzijds ook de opsplitsing volgens hydrodynamische parameters te beperken, werd een selectie gemaakt op basis van de gemiddelde saliniteitswaarde over de getijcyclus. Hierbij werden de P25 en P75 waarden van de metingen te Liefkenshoek weerhouden, zoals weergegeven in Tabel 4. Voor meetpaal Lillo worden dezelfde tijen geselecteerd. Een getij wordt enkel weerhouden als op alle locaties minstens 75% van de gemeten 5'-waarden "good" of "estimate" is. Het aantal tijen dat voor deze analyse wordt weerhouden is eveneens weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop

	Saliniteit [PSU]	Aantal tijen (Totaal aantal tijen)
25%	5,75 ± 1	230 (1800)
75%	14,55 ± 1	144 (1800)



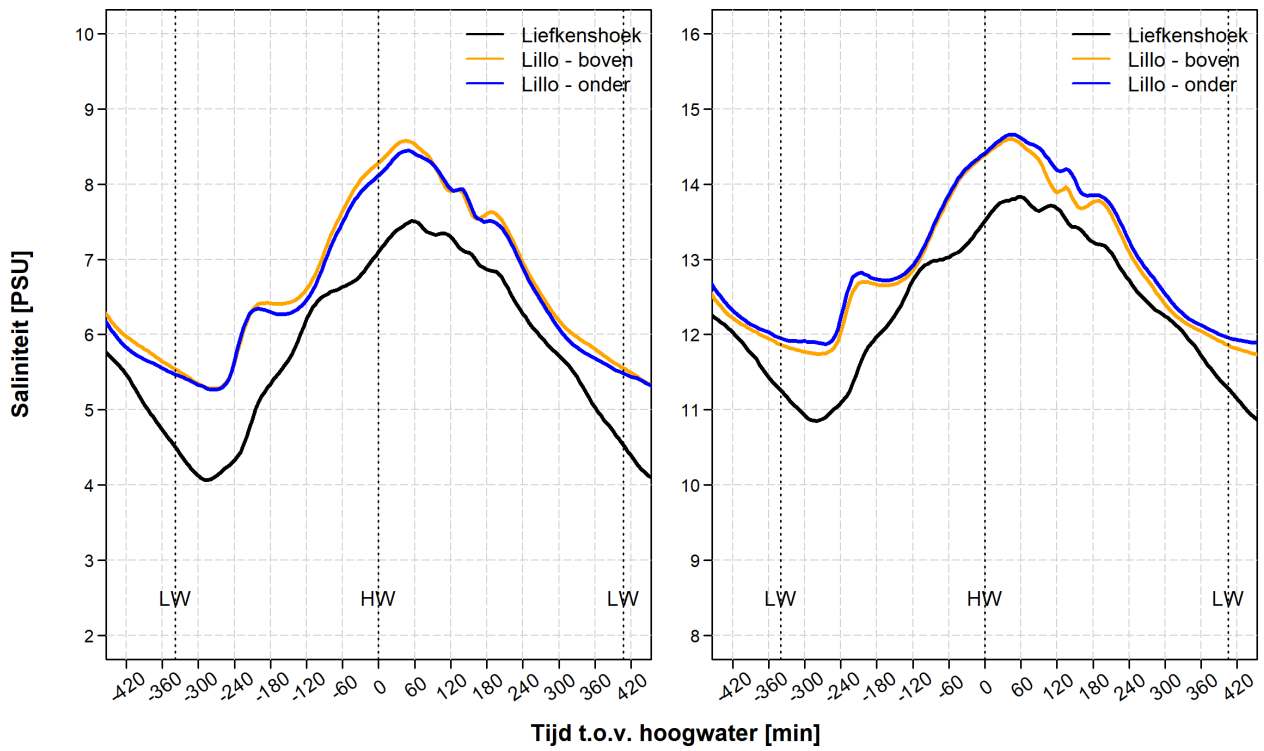
Figuur 10: Verloop van de saliniteit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25 = 5,25 psu)



Figuur 11: Verloop van de saliniteit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijden met gemiddeld een hoge saliniteit ($P75 = 14,55$ psu)

In Figuur 9 en Figuur 10 is de selectie van getijden en het gemiddelde en mediane verloop over een getijcyclus van de saliniteit te Liefkenshoek weergegeven, voor respectievelijk lagere en hogere gemiddelde waarden van de saliniteit. De minimale waarden rond kentering laagwater en de maximale waarden rond kentering hoogwater kunnen duidelijk worden onderscheiden. Eveneens kan duidelijk worden waargenomen dat de gemiddelde en mediane waarden nauwelijks verschillen. In Figuur 11 is het karakteristiek verloop van de saliniteit weergegeven voor de 3 meetsondes, voor zowel de getijden met lagere ($P25$) saliniteit (links) als de getijden met hogere ($P75$) saliniteit (rechts). De range van de y-as in beide figuren werd constant gehouden, het bereik niet.

Voor lagere saliniteitswaarden zien we een duidelijk verschil tussen de waarden en het verloop in Liefkenshoek en de metingen te Lillo. Te Lillo is er na kentering laagwater een zeer sterke stijging, gevolgd door een plateau, waarna het zoutgehalte doorstijgt naar een piek rond kentering hoogwater. Te Liefkenshoek is zowel de stijging en daling doorheen het getij constanter. Voor de tijden met een hoger saliniteitsgehalte wordt eenzelfde patroon waargenomen, al is de getijvariatie hier kleiner. Voor de huidige selectie is het verloop te Meetpaal Lillo onder en boven quasi identiek. Voor hogere saliniteitswaarden lijkt de saliniteit te Meetpaal Lillo-boven lager te liggen dan deze van de onderste sensor.



Figuur 12: Gemiddeld verloop van de saliniteit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25, links) en een hoge saliniteit (P75, rechts)

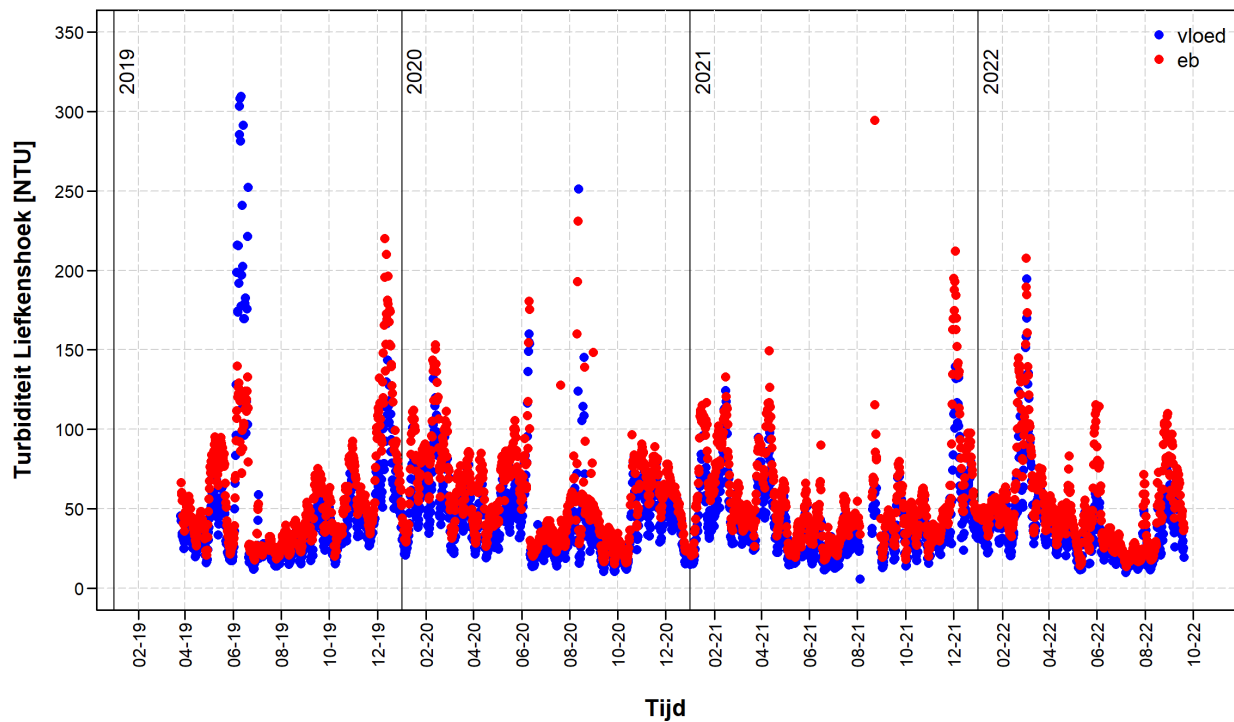
3.3 Turbiditeit

3.3.1 Verloop doorheen de meetperiode

In tegenstelling tot de saliniteit, wordt het patroon van het turbiditeitssignaal (en afgeleide SSC), over de volledige meetperiode, niet optimaal weergegeven door de kenteringswaarden (zie ook sectie 3.3.2). Gedurende de periode van kentering zakt het sediment uit, en zullen de laagste concentraties gemeten worden, zowel bij KHW als KLW. Er wordt hier dan ook geopteerd om het verloop van de turbiditeit weer te geven aan de hand van de gemiddelde waarde over de volledige eb- en vloedfase.

In Figuur 12 is het verloop te Liefkenshoek weergegeven. In het algemeen worden de hoogste turbiditeitswaarden gevonden in de wintermaanden (december tot april), de laagste waarden in de zomerperiode. De gemiddelde waarden tijdens eb zijn hoger dan deze tijdens vloed, gemiddeld zo'n 13 NTU. De algemene turbiditeit te Liefkenshoek ligt redelijk laag (rond 50 NTU), met maximale pieken tot ca. 200 – 250 NTU. De turbiditeitswaarden te Meetpaal Lillo zijn duidelijk hoger dan deze opgemeten te Liefkenshoek (zie Figuur 13 en Tabel 5). Ook hier zijn de gemiddelde waarden over de ebfase groter dan deze van de vloedfase (ca. 30 à 40 FTU). Het verschil in turbiditeitswaarden tussen beide locaties kan (gedeeltelijk) toegeschreven worden aan de positie van de meettoestellen in de waterkolom, waarbij de turbiditeit toeneemt van het wateroppervlak naar de bodem (eg. Rouse-profiel (Rouse, 1939)). Aangezien de toestellen op meetpaal Lillo dichterbij de bodem hangen, kunnen hier ook hogere turbiditeitswaarden verwacht worden.

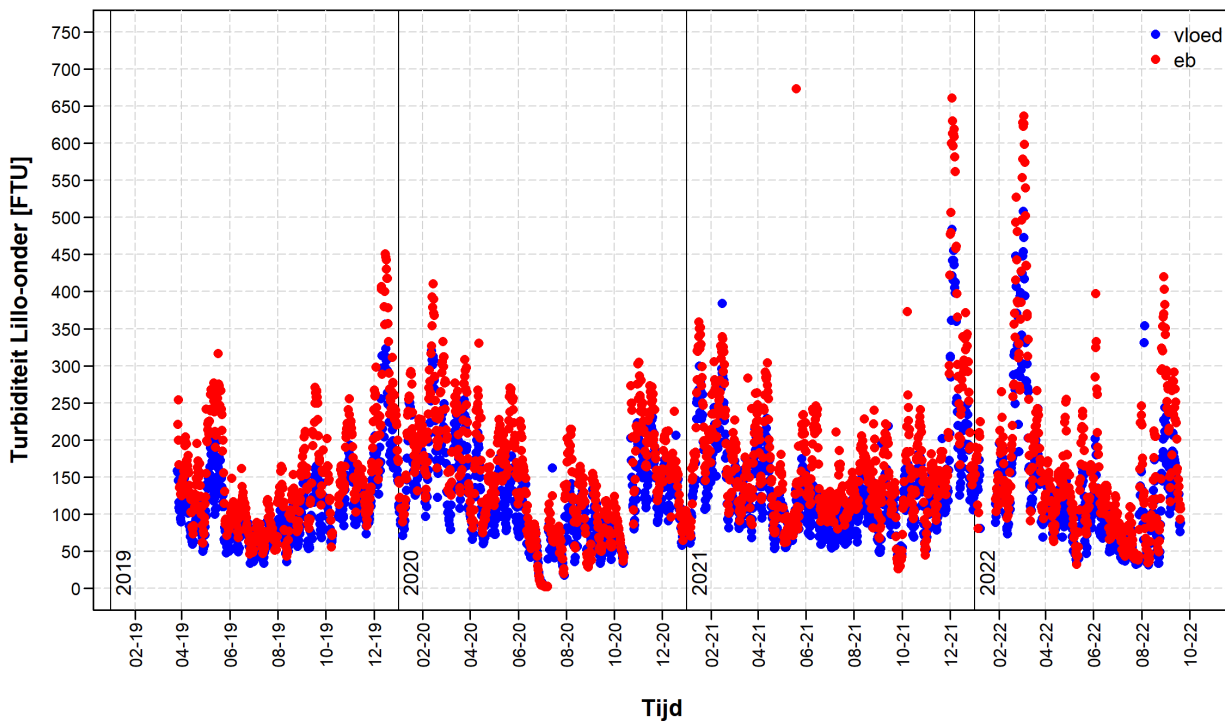
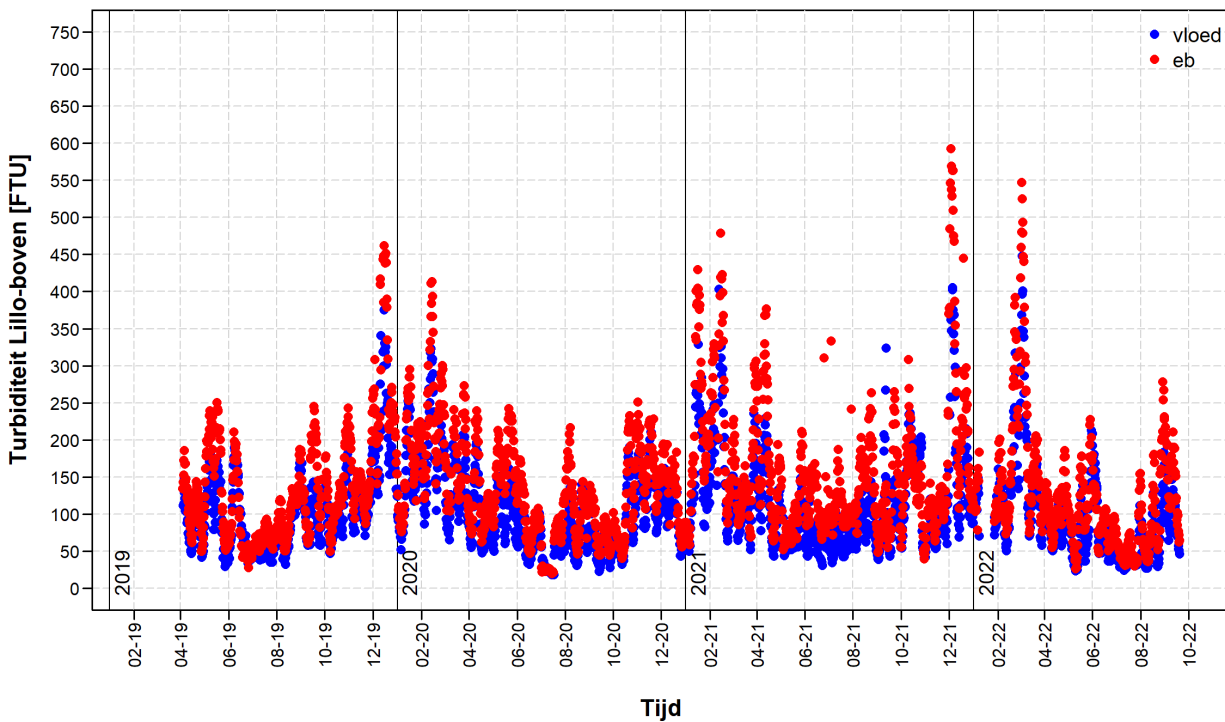
In Figuur 14 is het verloop van de turbiditeit weergegeven voor de volledige meetperioden voor alle meetsensoren. Om de leesbaarheid van de figuur te bevorderen werd hier gebruik gemaakt van daggemiddelde waarden, en met name deze waarden waarvoor minstens 75% van de data een kwaliteitsvlag "good" en "estimate" hebben. Men kan duidelijk onderscheiden dat de waarden te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo een gelijkaardig verloop kennen. De metingen bij Meetpaal Lillo - boven zijn grotendeels lager dan deze te Meetpaal Lillo - onder. Uitzondering hierop zijn meerdere pieken in het jaar 2021 waar de waarden van meetpaal Lillo -boven pieken boven deze van Lillo-onder.



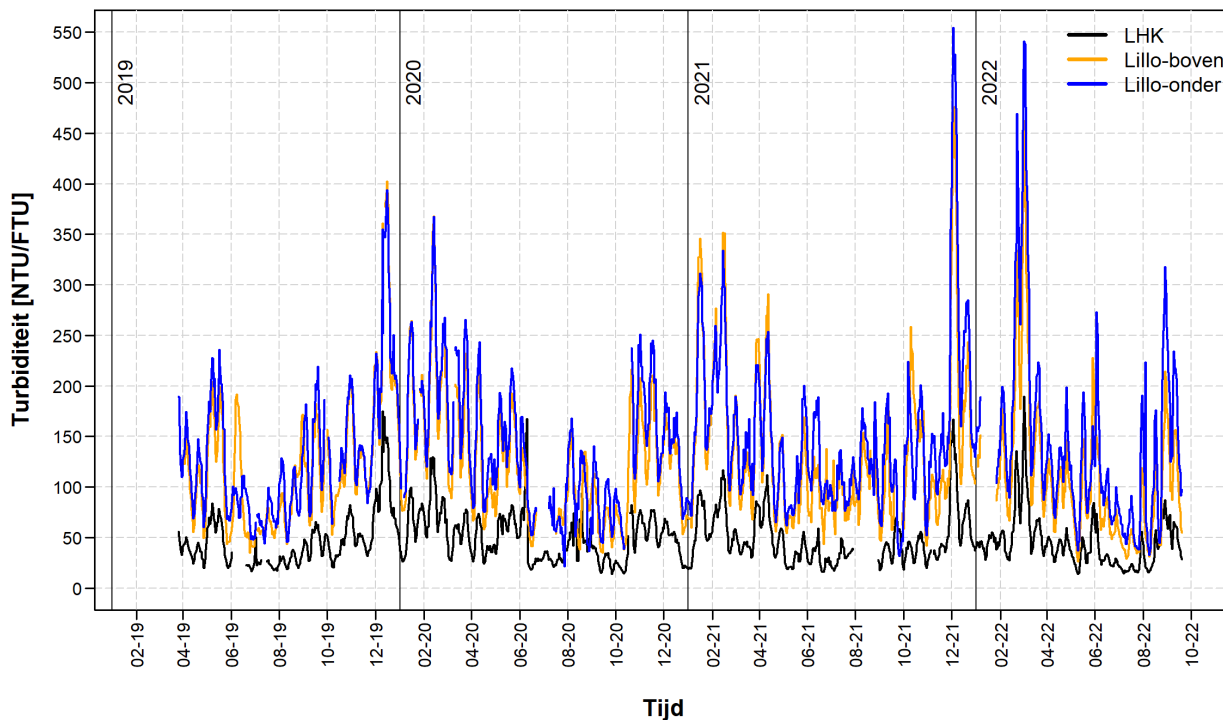
Figuur 13: Verloop van de turbiditeit, weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te Liefkenshoek - veer

Tabel 5: Overzicht van de karakteristieken van de turbiditeit [NTU/FTU] voor de verschillende jaren en over de volledige meetperiode voor vloed en eb

Locatie	2019	2020	2021	2022	Totaal
LHK	39	44	40	48	41
	54	59	55	51	55
Lillo-boven	71	71	71	72	71
	78	79	78	78	78
Lillo-onder	71	71	71	72	71
	71	78	78	78	78

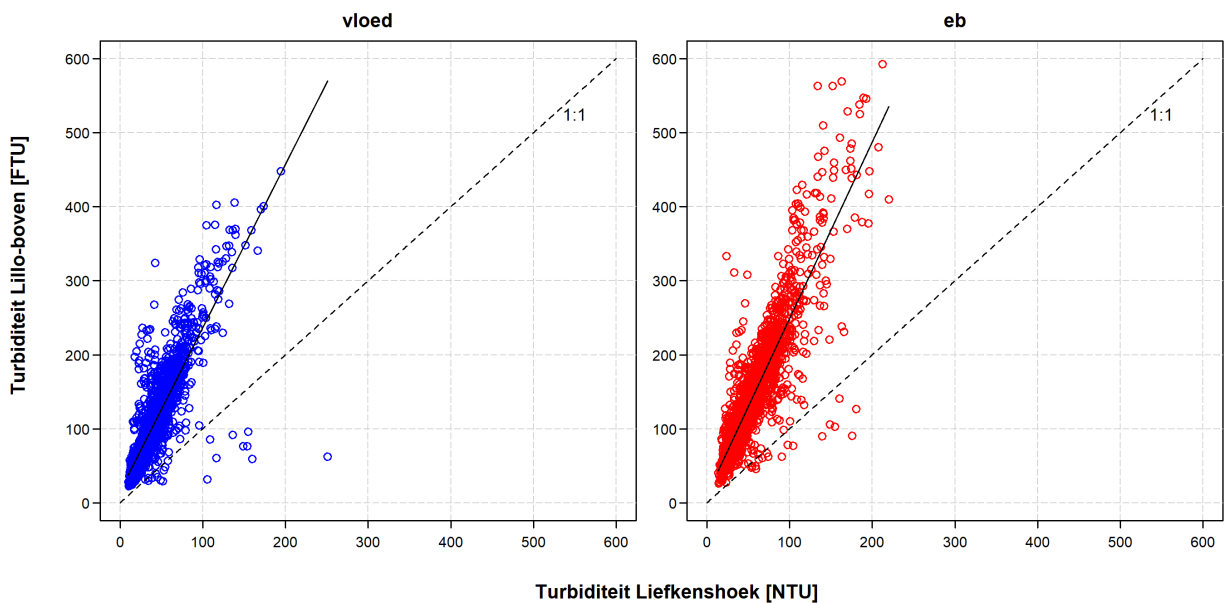


Figuur 14: Verloop van de turbiditeit, weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder)

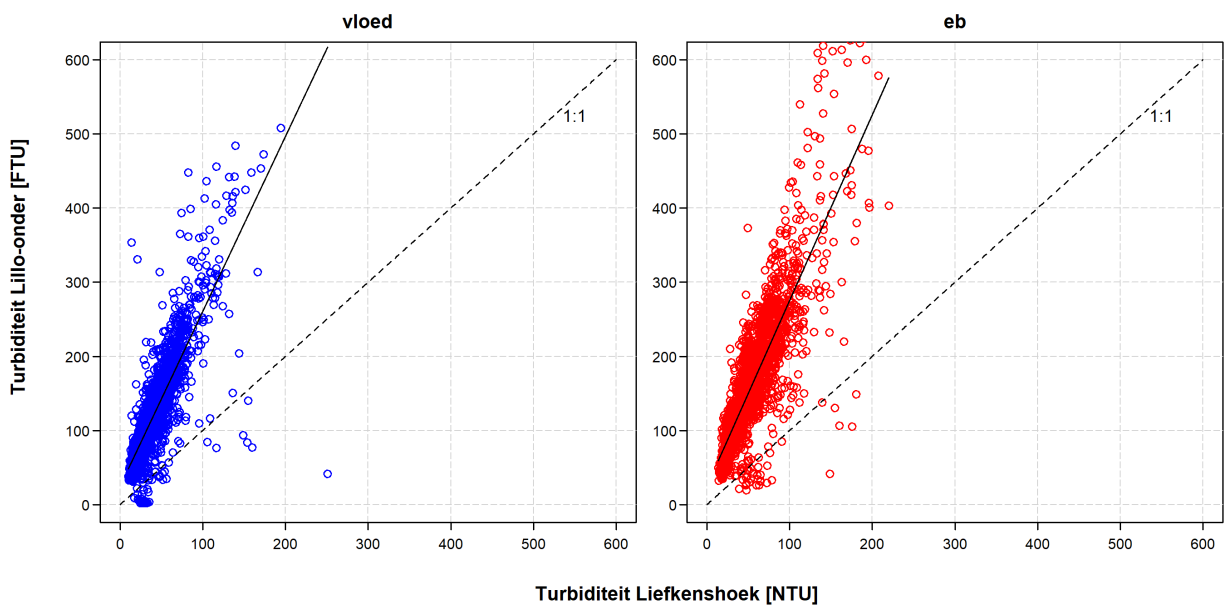


Figuur 15: Verloop van de daggemiddelde turbiditeitswaarden te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven)

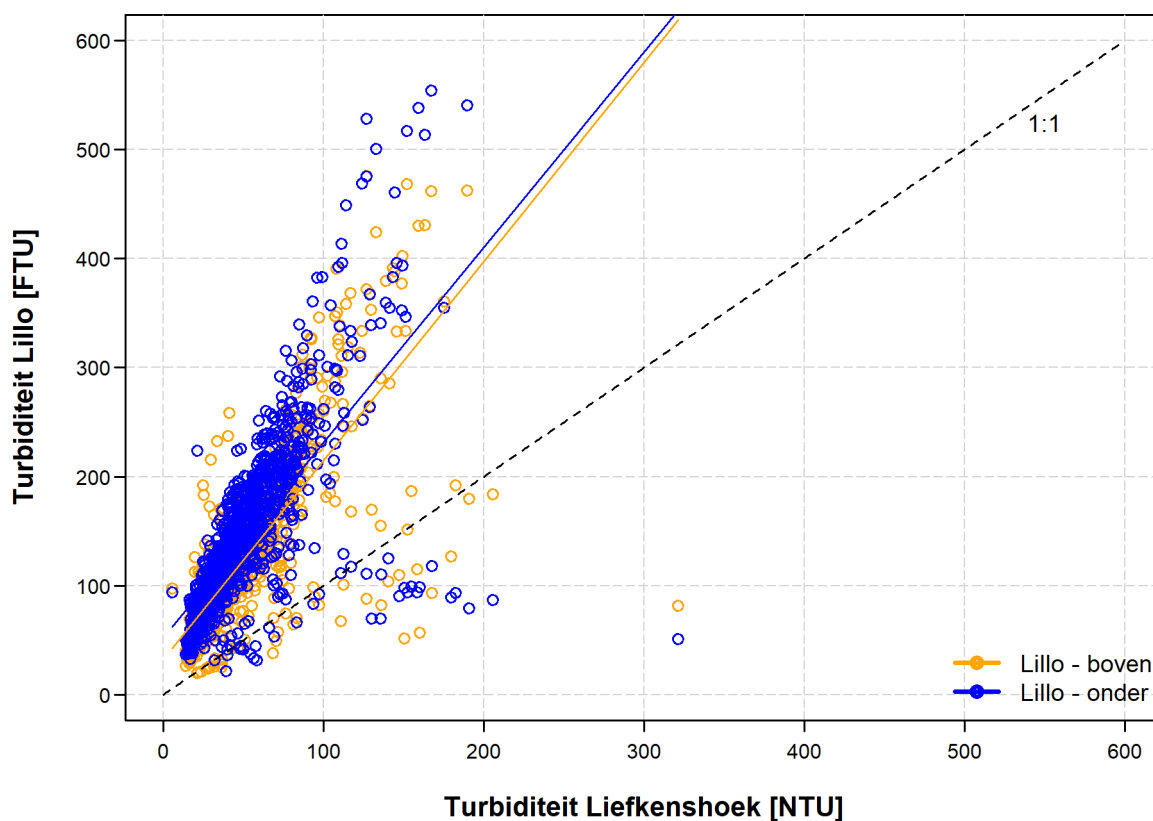
Een kwantitatieve analyse van de overeenkomst tussen beide locaties kan gemaakt worden aan de hand van een scatterplot. Deze werd hier uitgevoerd op resp. de gemiddelde vloed- en gemiddelde ebwaarden, en weergegeven in Figuur 15 voor MP Lillo-boven en in Figuur 16 voor MP Lillo-onder. Voor beide locaties wordt een goede lineaire regressie teruggevonden, met een R^2 van ca. 0,7 (zie ook Tabel 6). De helling van de lineaire fit varieert tussen 2,2 en 2,5. Deze is hoger voor de onderste sensor van Meetpaal Lillo, en hoger voor de eb- dan voor de vloedwaarden.



Figuur 16: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts) te Liefkenshoek-veer en Meetpaal Lillo-boven



Figuur 17: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts) te Liefkenshoek-veer en Meetpaal Lillo-onder



Tabel 6: Lineaire relatie (fit, R² en aantal datapunten (n)) tussen de metingen te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo

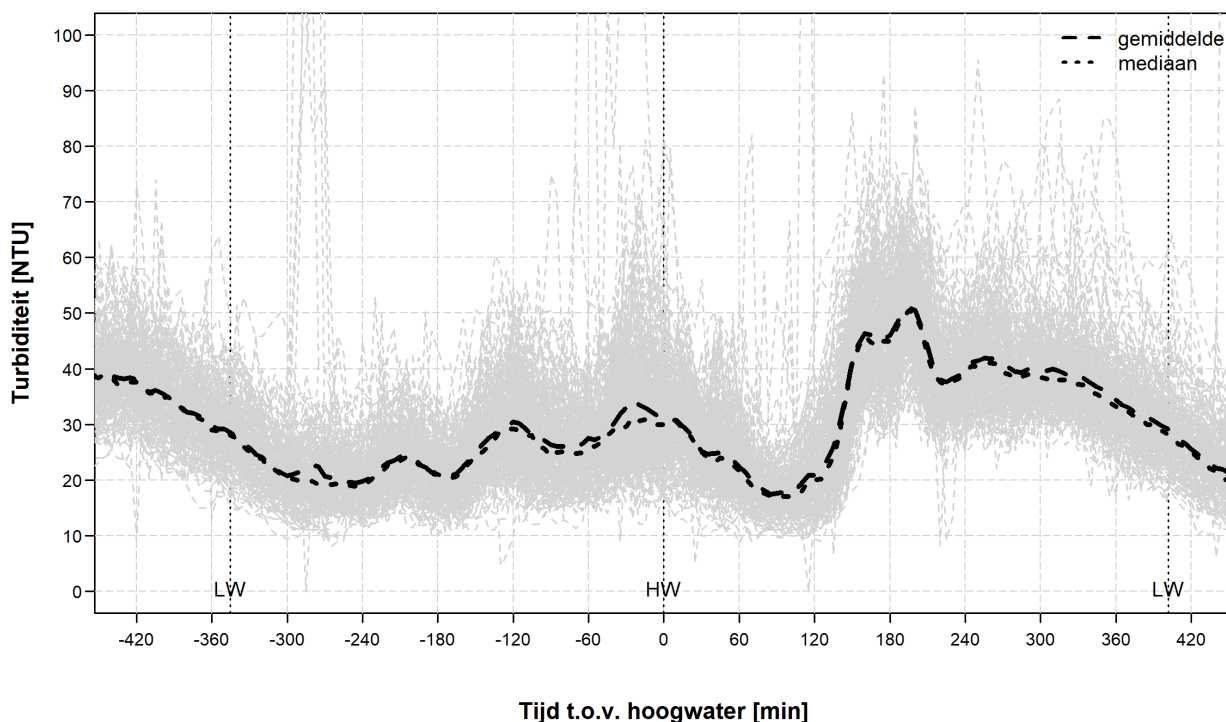
		Lillo boven	Lillo onder
LHK	Daily	$y = 32 + 1.83 * x$ (R ² = 0.59)	$y = 52 + 1.79 * x$ (R ² = 0.50)
	Vloed	$y = 16,12 + 2,21 * x$ (R ² = 0,70) (n = 2484)	$y = 24,81 + 2,36 * x$ (R ² = 0,69) (n = 2484)
	Eb	$y = 10,80 + 2,38 * x$ (R ² = 0.78) (n = 2436)	$y = 24,89 + 2,51 * x$ (R ² = 0,71) (n = 2436)

3.3.2 Verloop over een getijcyclus

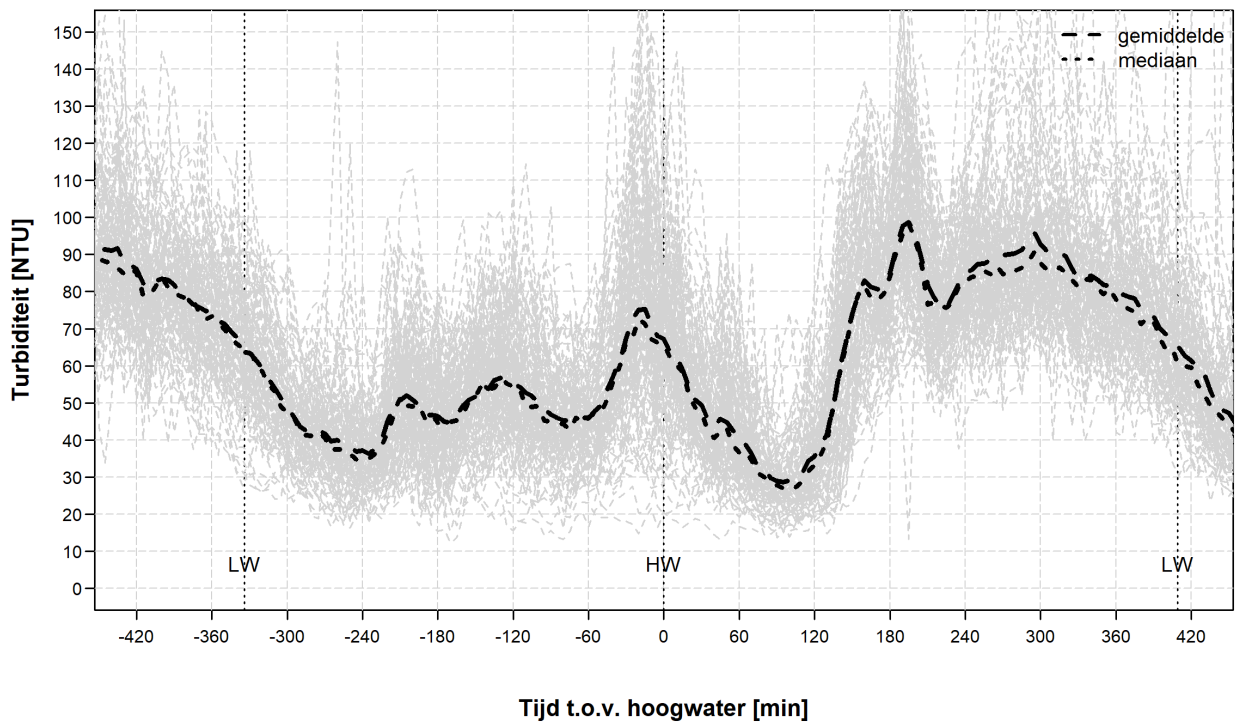
Naast de variatie op de lange termijn, is het ook interessant na te gaan hoe het verloop van de turbiditeit doorheen het getij varieert. Om hier een inzicht in te krijgen, maar ook anderzijds de opsplitsing volgens hydrodynamische parameters te beperken, werd een selectie gemaakt op basis van de gemiddelde saliniteitswaarde doorheen de getijcyclus. Hierbij werden de P25 en het P75 waarden weerhouden, zoals weergegeven in Tabel 7, waar eveneens het aantal tijen dat voor deze analyse werd weerhouden is weergegeven.

Tabel 7: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop van turbiditeit

	Turbiditeit [NTU]	Aantal tijen (Totaal aantal tijen)
25%	$30,1 \pm 2,5$	197 (2348)
75%	$63,5 \pm 3,5$	134 (2348)

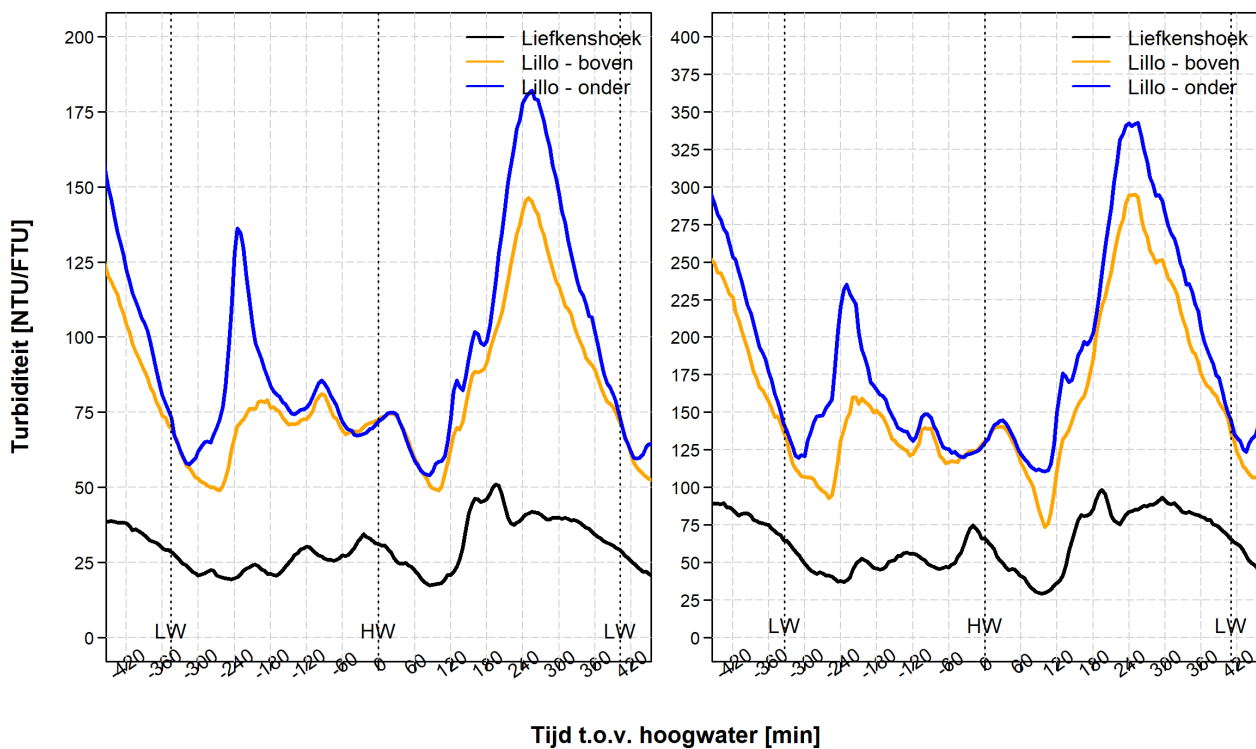


Figuur 18: Verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25 = 30,1 NTU)



Figuur 19: Verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een hoge saliniteit (P75 = 63,5 NTU)

In Figuur 11 is het karakteristiek verloop van de turbiditeit weergegeven voor de 3 meetsondes, voor zowel de momenten met lagere (P25) turbiditeit (links) als de momenten met hogere (P75) turbiditeit (rechts). Zowel voor de lagere als de hogere waarden zien we een duidelijk verschil in het verloop over een getijcyclus tussen de metingen te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo. Het verloop op de verschillende locaties is wel zeer gelijkaardig voor lagere of hogere waarden. Te Liefkenshoek wordt ca. 1 à 2 uur na het laagwater een minimale waarde bereikt, waarna tijdens de vloedfase de turbiditeit langzaam stijgt tot rond het moment van hoogwater. Tussen hoogwater en kentering hoogwater zakt de turbiditeit opnieuw, waarna een sterke stijging optreedt. Wanneer een maximum bereikt wordt, treedt een soort van plateaufase op tijdens de eb fase. Te meetpaal Lillo wordt in de onderste sensor een duidelijk piek waargenomen na kentering. Ook op de bovenste sensor is er een duidelijk stijging van de turbiditeit na de kentering, al is de piek niet zo uitgesproken. Vervolgens zakt de turbiditeit langzaam, tot een minimale waarde bij kentering hoogwater (in tegenstelling tot de stijging te Liefkenshoek). Tijdens de eb fase wordt een zeer duidelijk piek waargenomen, met een maximale waarden ongeveer 4 uur na hoogwater, zowel in de bovenste als onderste sensor.



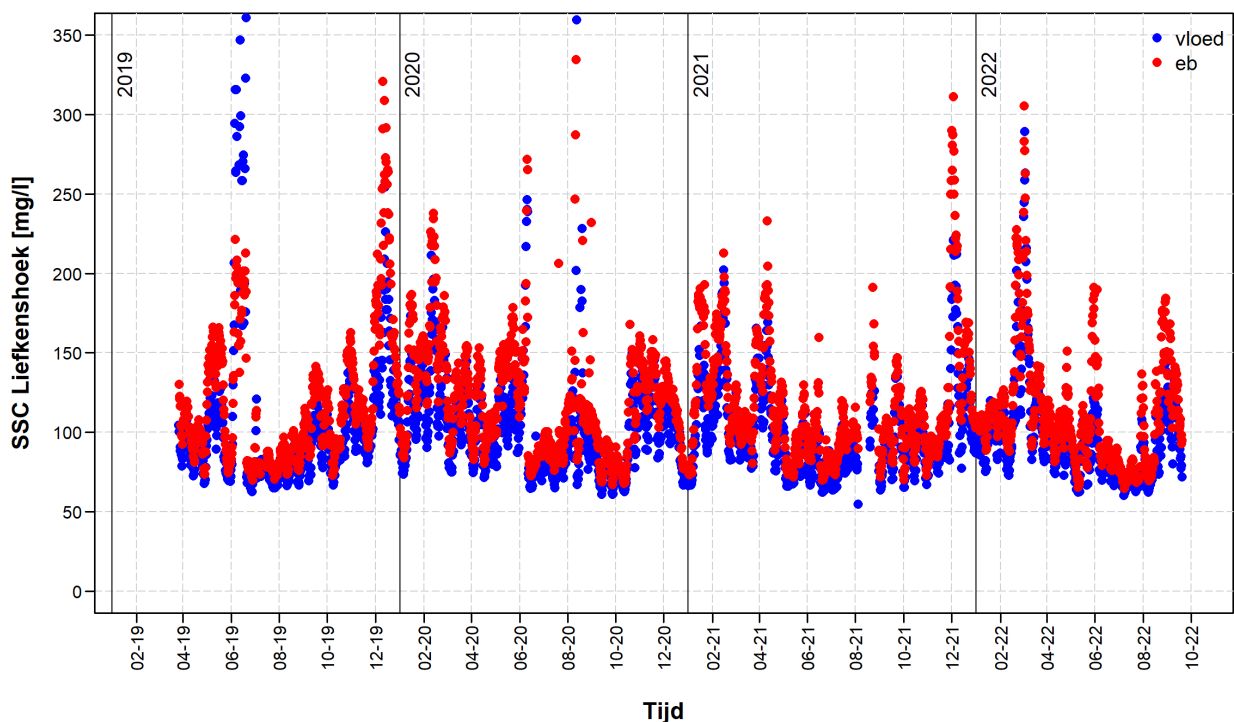
Figuur 20: Gemiddeld verloop van de turbiditeit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage turbiditeit (P25, links) en een hoge turbiditeit (P75, rechts)

3.4 SSC

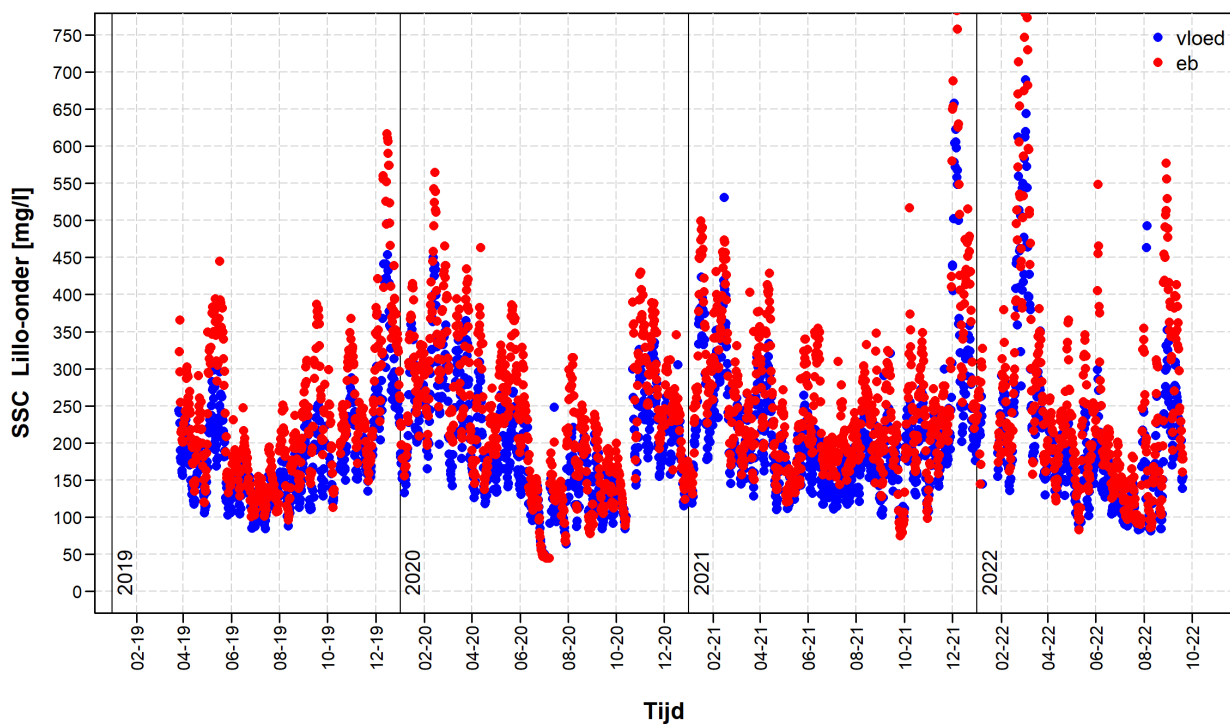
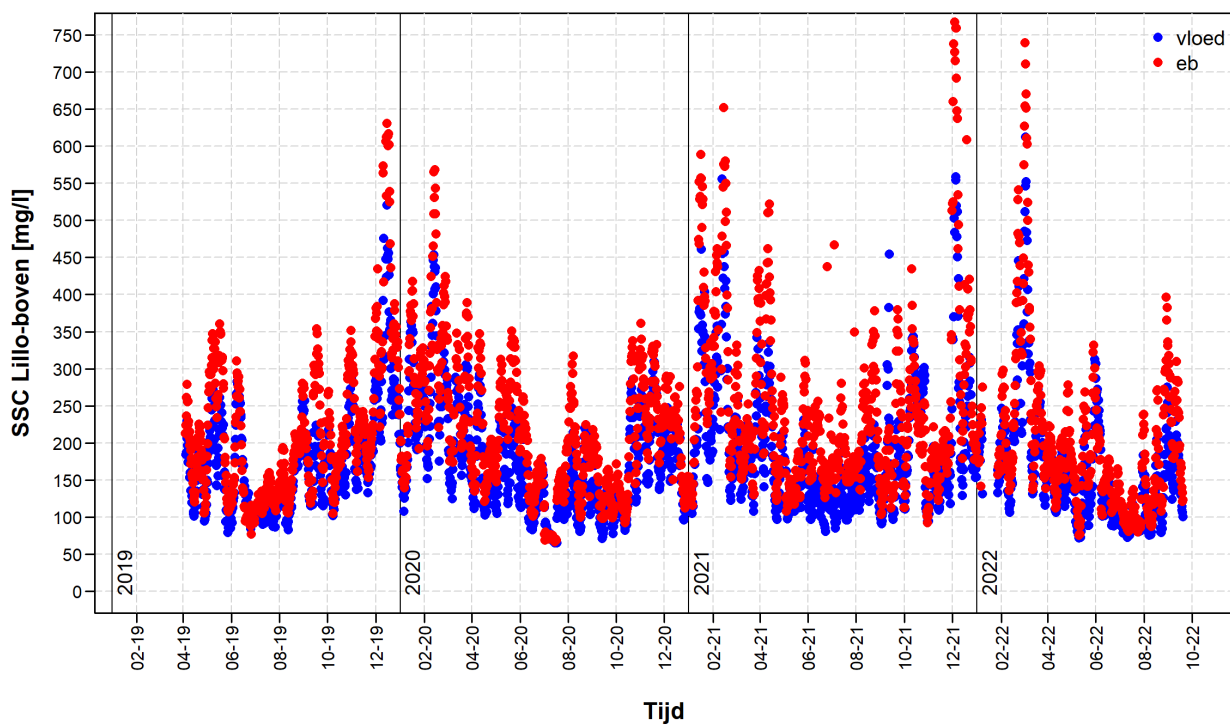
3.4.1 Verloop doorheen de meetperiode

In eerste instantie gaat de interesse niet uit naar de turbiditeit, maar naar het gehalte zwevende stof in de waterkolom. Aan de hand van kalibratiecurves wordt een omzetting gemaakt van turbiditeit (NTU/FTU) naar zwevende stof concentratie (mg/l). Aangezien SSC dus een berekende waarde is, werd in voorgaande ook de turbiditeit apart weergegeven.

Het gehalte zwevende stof over de volledige meetperiode te Liefkenshoek is weergegeven in Figuur 20. Het verloop van het zwevende stof gehalte is uiteraard sterk gelijkend aan deze van de turbiditeit (Figuur 12), aangezien beide gelinkt zijn via een lineaire vergelijking. De gemiddelde SSC te Liefkenshoek schommelt rond 100 mg/l tijdens de vloedfase. De waarden bij vloed liggen gemiddeld zo'n 15 mg/l lager dan deze bij eb. De concentraties te Meetpaal Lillo liggen hoger, respectievelijk in de range 180 – 220 mg/l en 195 – 250 mg/l, voor de bovenste en onderste sensor. In Figuur 22 is het verloop van de SSC weergegeven voor de verschillende sensoren samen, uitgemiddeld per dagwaarde. Hierbij kan visueel worden waargenomen dat de patronen op beide locaties een gelijkaardig verloop kennen, waarbij de piekwaarden te Meetpaal Lillo meer uitgesproken zijn. Dit kan ook worden opgemerkt in Figuur 23 en Figuur 24, waar in een scatterplot de relatie tussen Liefkenshoek en Meetpaal Lillo is weergegeven, respectievelijk boven en onder. Er wordt een goede lineaire fit gevonden tussen beide locaties, met een R^2 van ca. 0,7, en een helling gelegen tussen 2,2 en 2,6, door de sterk hogere concentraties te Meetpaal Lillo. Voor de hogere waarden lijkt de lineaire fit de waarden te Meetpaal Lillo eerder te onderschatten (op basis van de metingen te Liefkenshoek).



Figuur 21: Verloop van de SSC [mg/l], weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te Liefkenshoek - veer



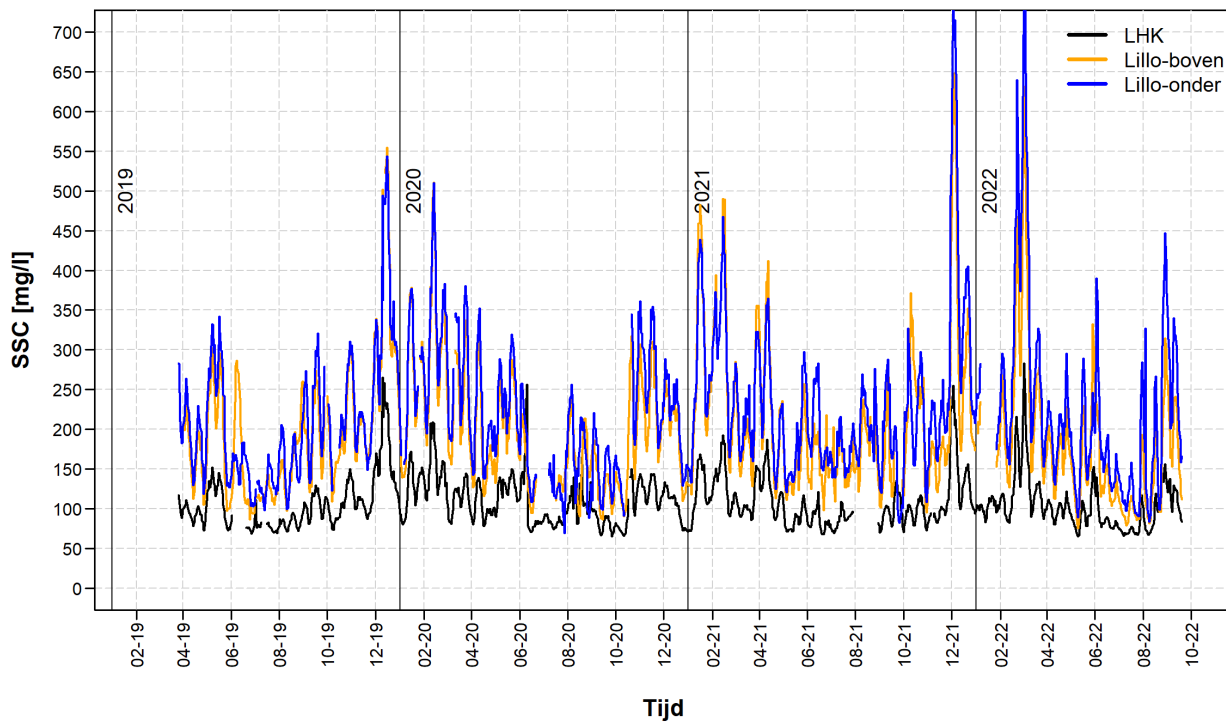
Figuur 22: Verloop van de SSC weergegeven als vloed- en eb gemiddelde, te meetpaal Lillo, voor de meting boven (top) en onder (onder)

Tabel 8: Overzicht van de karakteristieken van de SCC [mg/l] voor de verschillende jaren en over de volledige meetperiode voor vloed en eb

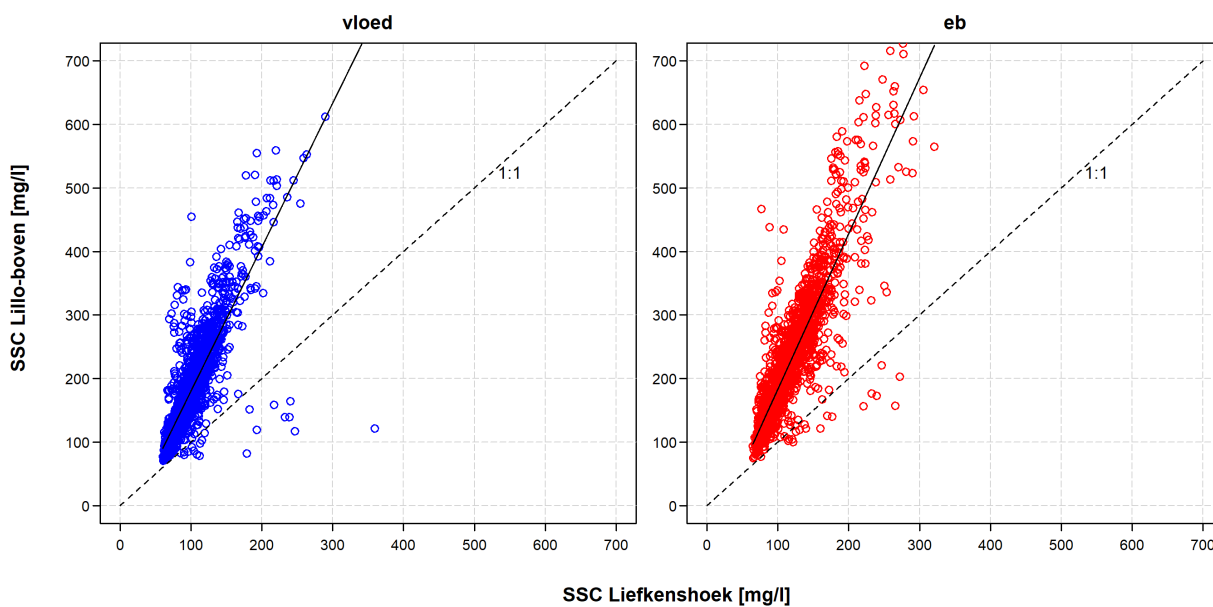
Locatie	2019	2020	2021	2022	Totaal
LHK	96	102	98	96	99
	115	121	116	111	116
Lillo-boven	174	179	189	162	177
	219	223	242	200	222
Lillo-onder	185	191	195	218	196
	185	242	263	250	250

Tabel 9: Lineaire relatie (fit, R² en aantal datapunten (n)) tussen de metingen te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo

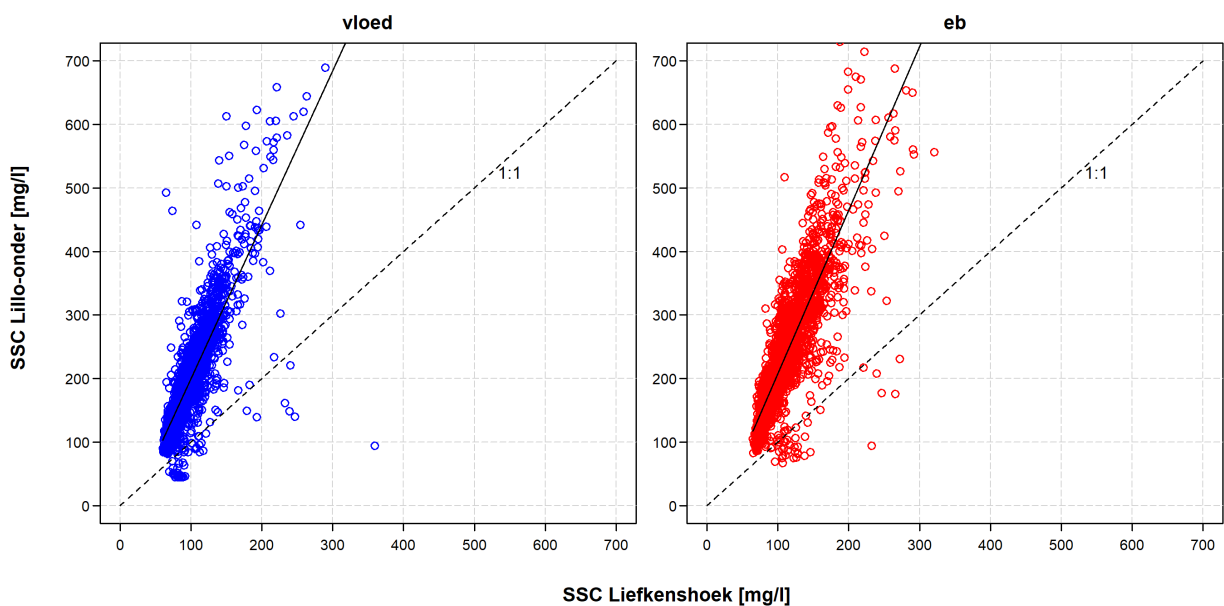
		Lillo-boven	Lillo-onder
LHK	Dagwaarden	$y = -67,5 + 2,59 \cdot x$ (R ² = 0,8)	$y = -58 + 2,62 \cdot x$ (R ² = 0,76)
	Vloed	$y = -46,1 + 2,26 \cdot x$ (R ² = 0,69) (n = 2138)	$y = -42,6 + 2,42 \cdot x$ (R ² = 0,69) (n = 2241)
	Eb	$y = -61,7 + 2,45 \cdot x$ (R ² = 0,77) (n = 2144)	$y = -49,7 + 2,57 \cdot x$ (R ² = 0,71) (n = 2181)



Figuur 23: Verloop van de daggemiddelde SSC waarden te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo (onder & boven)



Figuur 24: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde eb waarden (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-boven



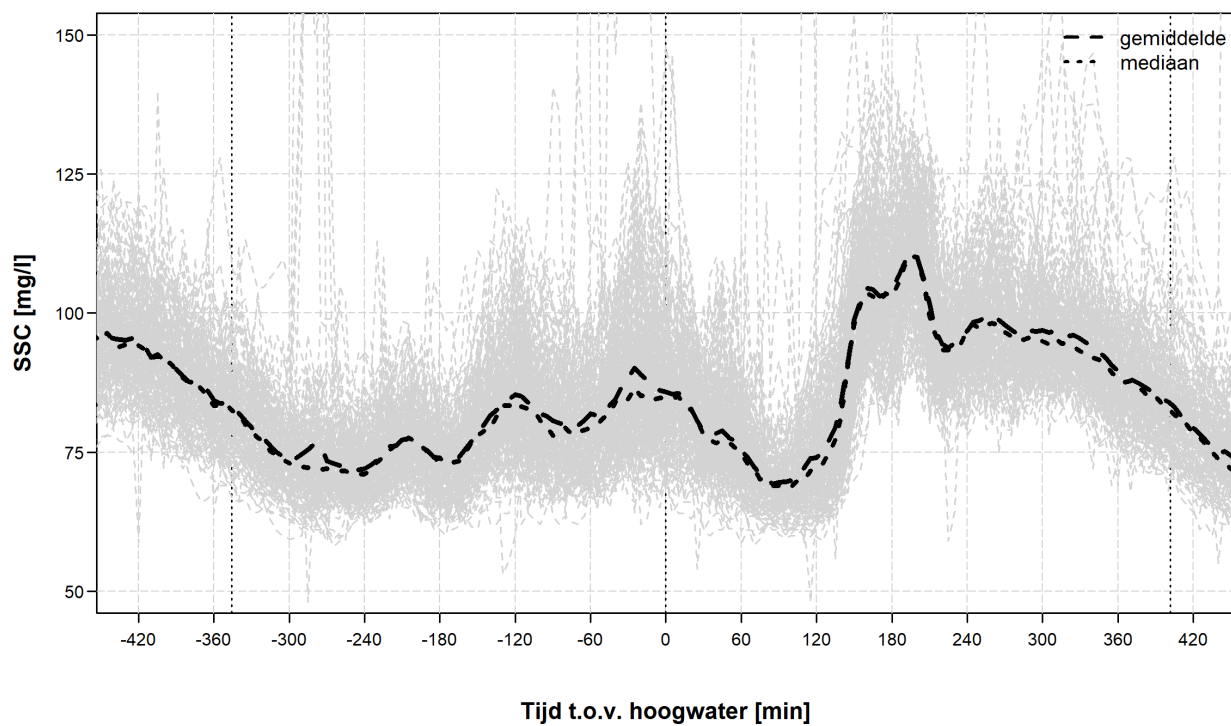
Figuur 25: Relatie tussen gemiddelde vloed (links) en gemiddelde eb waarden (rechts) te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-onder

3.4.2 Verloop over een getijcyclus

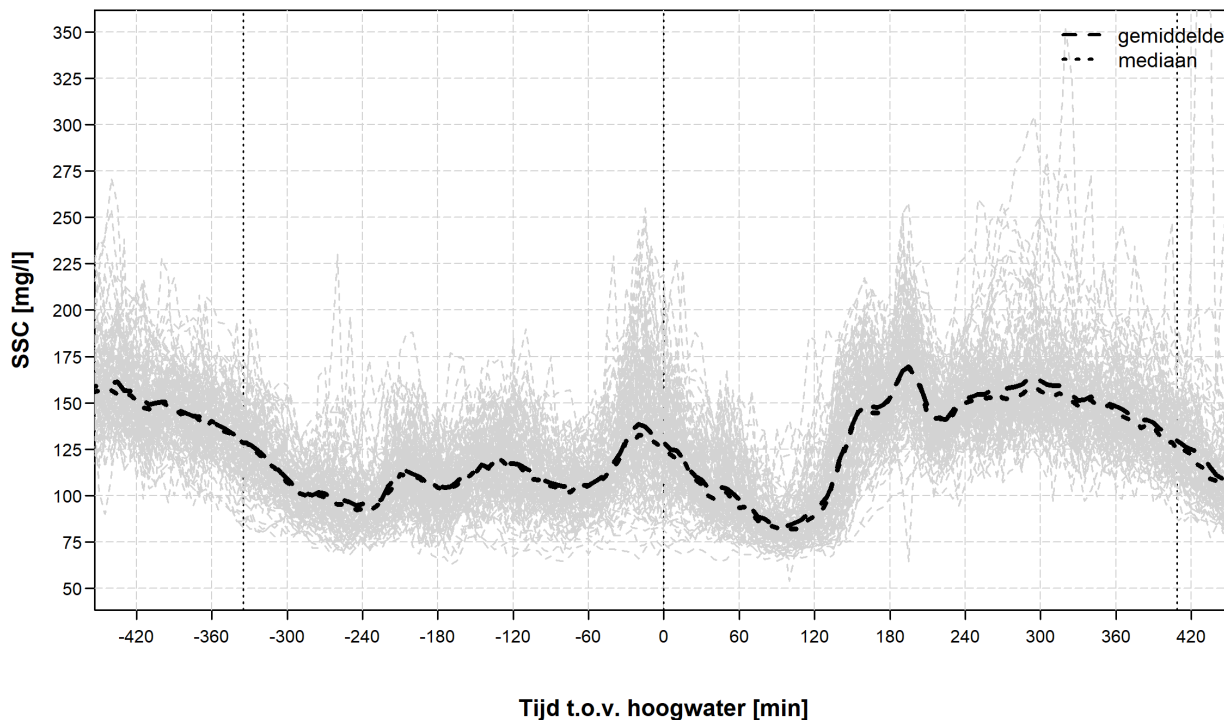
Naast de variatie op de lange termijn, is het ook interessant na te gaan hoe het verloop van het zwevende stof gehalte doorheen het getij varieert. Om hier een inzicht in te krijgen, maar ook anderzijds de opsplitsing volgens hydrodynamische parameters te beperken, werd een selectie gemaakt op basis van de gemiddelde waarde doorheen de getijcyclus. Hierbij werden de P25 en het P75 waarden weerhouden, zoals weergegeven in Tabel 10, waar eveneens het aantal tijen dat voor deze analyse werd weerhouden is weergegeven. In Figuur 25 is het verloop van het zwevend stofgehalte weergegeven voor de lagere concentraties, met zowel de mediane als gemiddelde waarde over alle tijen, en onderliggend de tijen waarmee de berekening werd uitgevoerd. Hier kan de stijgende trend in de vloedfase tussen kentering laagwater en het tijdstip van hoogwater worden waargenomen. In de periode tussen 2 en 3 uur na hoogwater wordt een maximale waarden gevonden, waarna een soort van constant verloop behouden blijft tijdens de ebfase. Het verloop voor tijen in het geval van hoge en lage SSC-waarden (Figuur 25 vs. Figuur 26) is zeer gelijkend.

Tabel 10: Overzicht van gebruikte parameterwaarden voor het bepalen van het getijverloop van SSC

	SSC [mg/l]	Aantal tijen (Totaal aantal tijen)
25%	$85 \pm 2,5$	171 (2348)
75%	$126,5 \pm 3,5$	110 (2348)

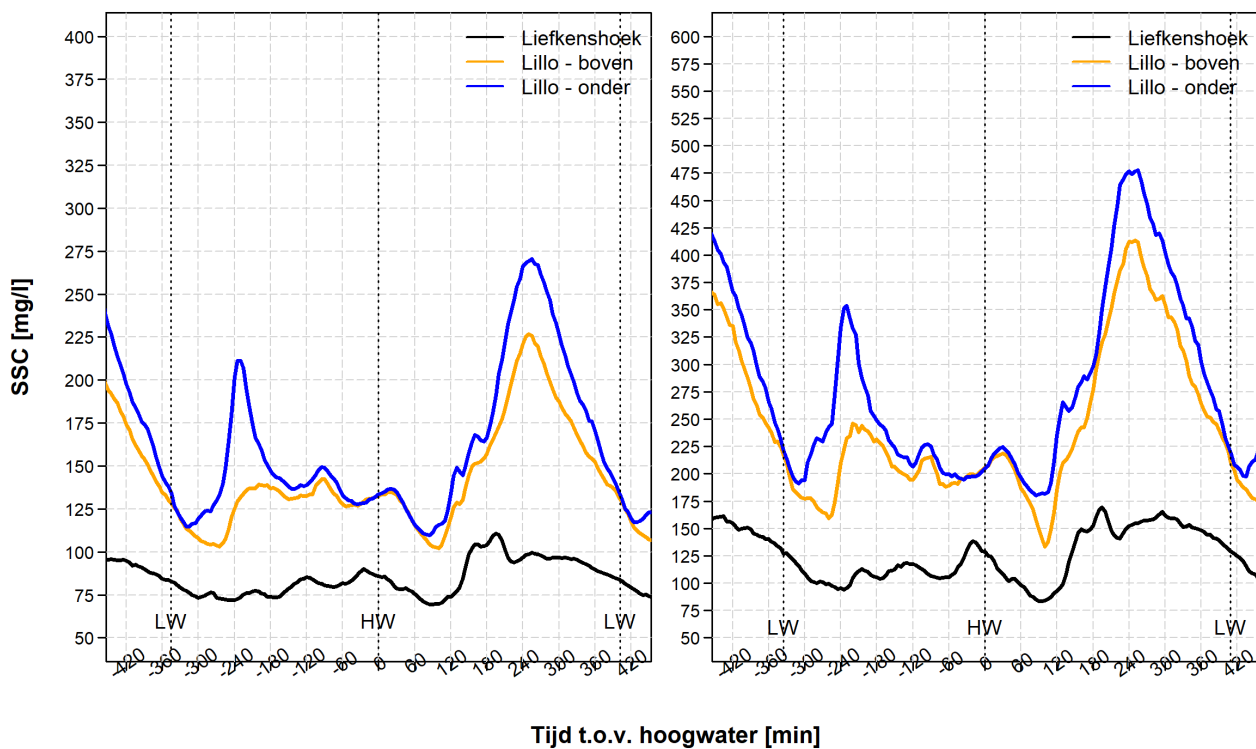


Figuur 26: Verloop van het SSC gehalte te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage SSC waarde (P25)



Figuur 27: Verloop van het SSC gehalte te Liefkenshoek doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een hoge SSC waarde (P75)

In Figuur 27 is het karakteristiek verloop van het zwevend stofgehalte weergegeven voor de 3 meetsondes, voor zowel de momenten met lagere (P25) SSC (links) als de momenten met hogere (P75) SSC (rechts). Tijdens de vloedfase is de grote piek in de onderste meetsensor zeer opvallend, ongeveer 2 u na laagwater. Op het einde van de vloedfase zijn de concentraties op beide hoogtes nagenoeg identiek. Het dalende verloop op het einde van de vloedfase is tegengesteld aan het licht stijgend verloop te Liefkenshoek. Tijdens de eb fase wordt te Meetpaal Lillo een duidelijk patroon met stijging waargenomen in het begin van de eb fase. Te Liefkenshoek wordt een maximum waargenomen 2 à 3 uur na hoogwater, de waarden te Meetpaal Lillo volgen een gelijkaardige stijging tot dan maar stijgen vervolgens nog sterk door tot ca. 4 uur na hoogwater. Het patroon bij hoge en lage waarden is gelijkaardig, al valt de iets sterkere uitzakking van sediment in de bovenste sensor bij hogere concentraties wel op.



Figuur 28: Gemiddeld verloop van de saliniteit te Liefkenshoek, Meetpaal Lillo – onder en boven, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25, links) en een hoge saliniteit (P75, rechts)

3.5 Zuurstof

Naast de saliniteit en turbiditeit, wordt ook het gehalte opgeloste zuurstof [mg/l] en zuurstofverzadiging [%] opgemeten op beide locaties. Te Meetpaal Lillo wordt deze enkel opgemeten op de onderste sensor. Voor deze parameter konden geen kwaliteitsvlaggen gebruikt worden aangeleverd door het HIC. De data wordt door de Universiteit Antwerpen gevalideerd en de nalevering van de gevalideerde waarden dient nog te gebeuren. Bijgevolg werd voor dit rapport een snelle, automatische validatie uitgevoerd op basis van volgende criteria:

1. Verwijdering van alle 0 – waarden
2. Verwijdering van alle meetwaarden > 12,5 mg/l

Op basis van deze eenvoudige filtering worden logische evoluties van de meetwaarden gevonden voor het overgrote deel van de meetperiode (Figuur 28 en Figuur 29). Te Liefkenshoek worden in de periode juni – september 2019 een aantal duidelijke outliers visueel waargenomen. Deze periode werd niet meegenomen in de scatterplot (Figuur 30).

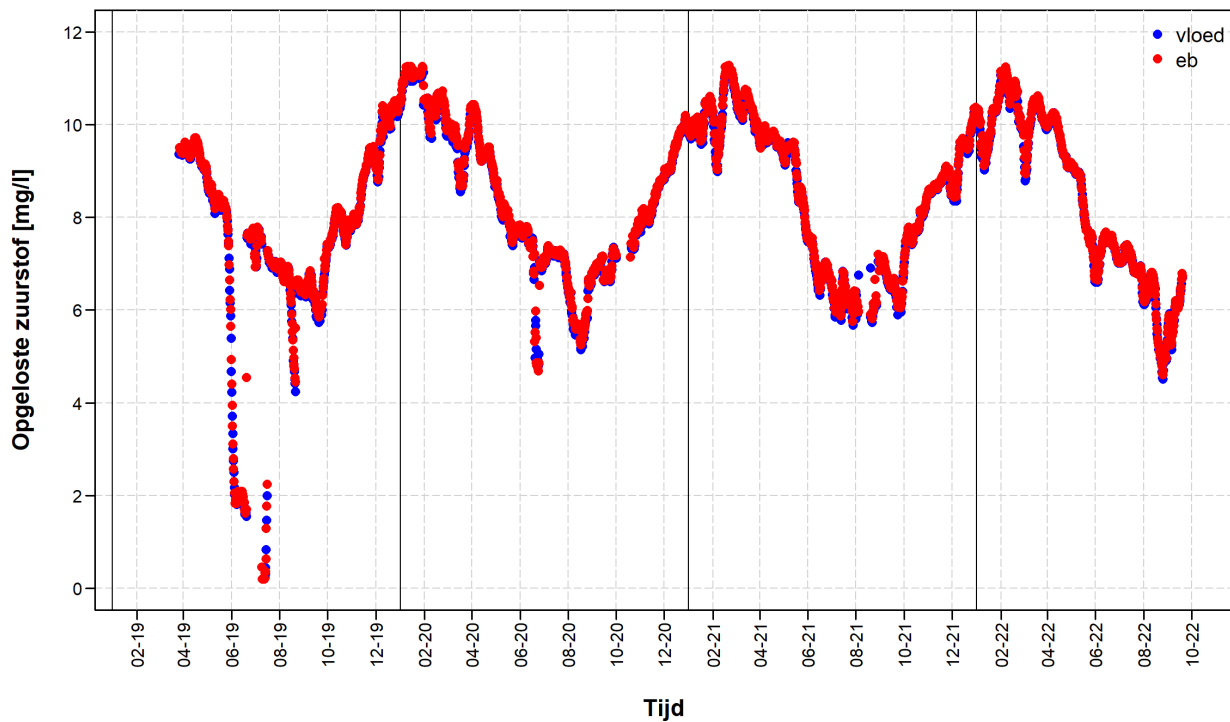
3.5.1 Verloop doorheen de meetperiode

In Figuur 28 is het verloop weergegeven van de hoeveelheid opgeloste zuurstof [mg/l] in het water te Liefkenshoek, aan de hand van de gemiddelde waarden tijdens de vloed- en de ebfase. Over de verschillende jaren wordt een consistent patroon teruggevonden, met maximale waarden in de winter (periode januari – maart) gelegen rond 11 mg/l. Op het einde van de zomer, begin van de herfst (periode augustus – september), worden minimale waarden bereikt. Deze variëren iets meer van jaar tot jaar, met minima van 4,5 mg/l (2022) tot ca. 6 mg/l (2019 en 2021). In Figuur 29 is het tijdsverloop weergegeven voor de meting bij meetpaal Lillo. Hier wordt een sterk gelijkaardig patroon terug gevonden, al is de range tussen de maximale en de minimale waarden kleiner. Deze varieert tussen ca 5,5 – 6 mg/l tot 10 mg/l. Het is duidelijk in Figuur 30 dat een duidelijke, goede relatie tussen de opgeloste zuurstofconcentratie van beide locaties kan worden terug gevonden ($R^2 = 0,95$). Deze relatie is gebaseerd op 1977 observaties. De helling van de lineaire fit is ca. 0,85, met dus iets hogere waarden te Lillo in periodes van lage concentraties en iets lagere in periodes met hoge concentraties.

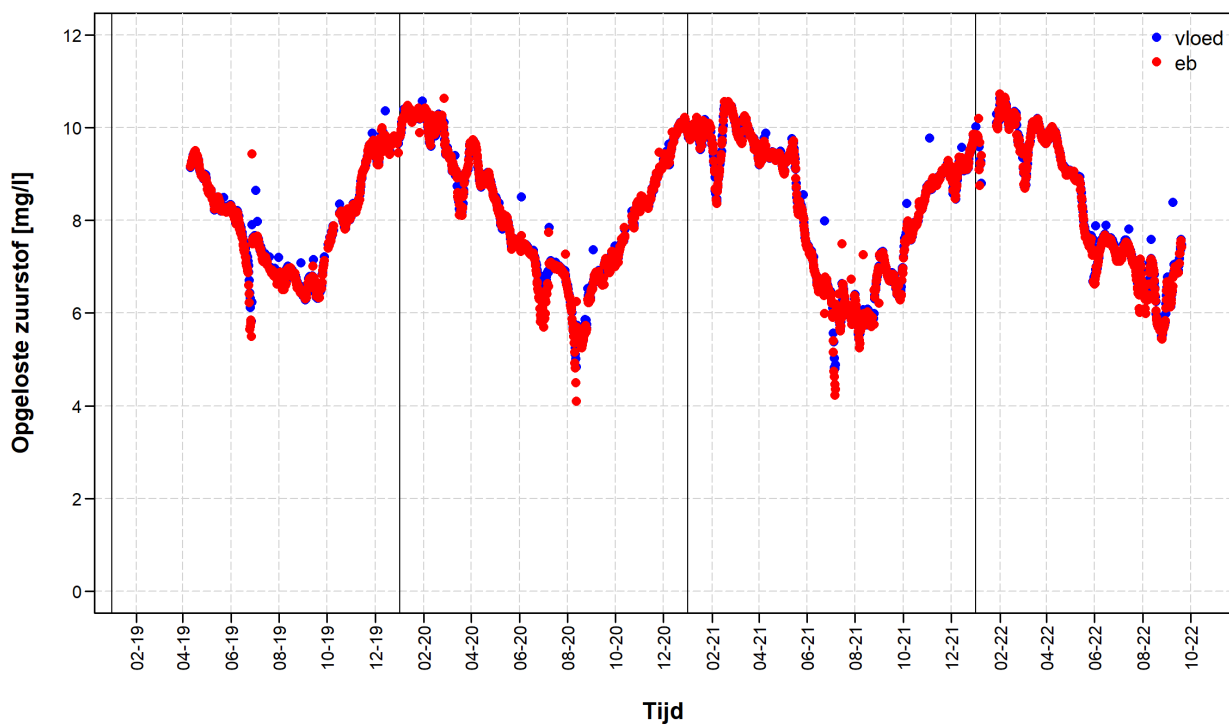
Wanneer naar de parameter zuurstof gekeken wordt, is niet alleen de hoeveelheid opgeloste zuurstof van belang, maar ook de zuurstofverzadiging. De hoeveelheid zuurstof die in het water kan opgelost zijn hangt af van de luchtdruk, maar vooral ook van de temperatuur van het water. Het verloop van de zuurstofverzadiging is weergegeven in Figuur 31. De zuurstofverzadiging is gemiddeld hoger in Liefkenshoek dan in Lillo, wat logisch is door de gemiddeld hogere concentratie opgeloste zuurstof en gelijkaardige temperaturen.

3.5.2 Verloop over een getijcyclus

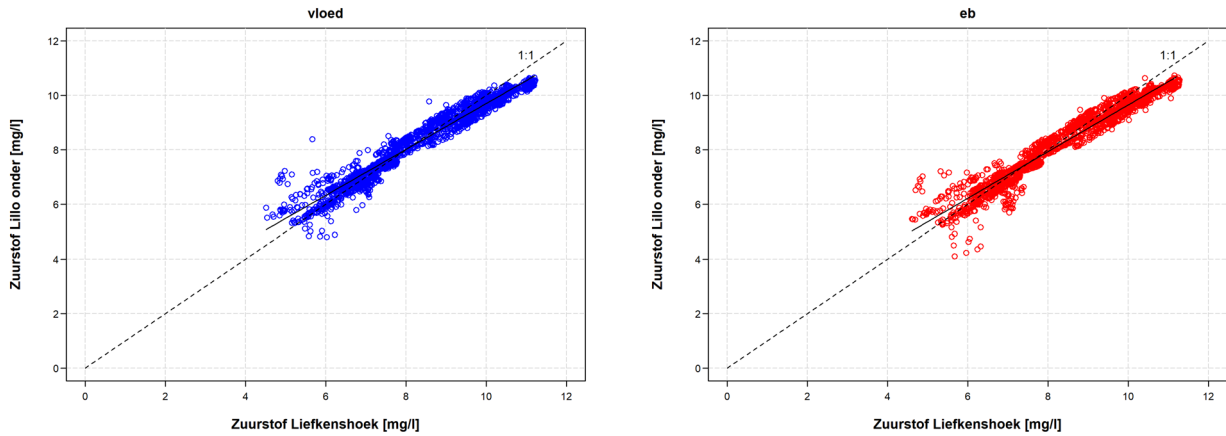
Voor de volledigheid is ook voor zuurstof en zuurstofverzadiging het verloop doorheen het getij weergegeven, in Figuur 32. Tijen met een laag zuurstofgehalte worden gedefinieerd met een gemiddelde waarde van $6,92 \pm 0,20$ mg/l, tijen met een hoog zuurstofgehalte hebben een gemiddelde waarde van $9,69 \pm 0,20$ mg/l. Voor zuurstofverzadiging werden dezelfde getijden weergegeven als deze bepaald op basis van de concentratie. Voor getijden met een gemiddeld laag zuurstofgehalte is het verloop doorheen het getij zeer beperkt, met iets stijgende waarden tijdens vloed, een maximum na HW en iets dalende waarden tijdens eb. Voor de zuurstofverzadiging is er een duidelijk maximum rond KHW en minimum rond KLW. Het verschil tussen beide locaties is constant doorheen het getij en bedraagt ongeveer 5 %. Voor getijen met hoge zuurstofgehalten wordt eenzelfde verloop waargenomen. Voor de opgeloste zuurstof is (zeker te Lillo) een iets duidelijker patroon waarneembaar.



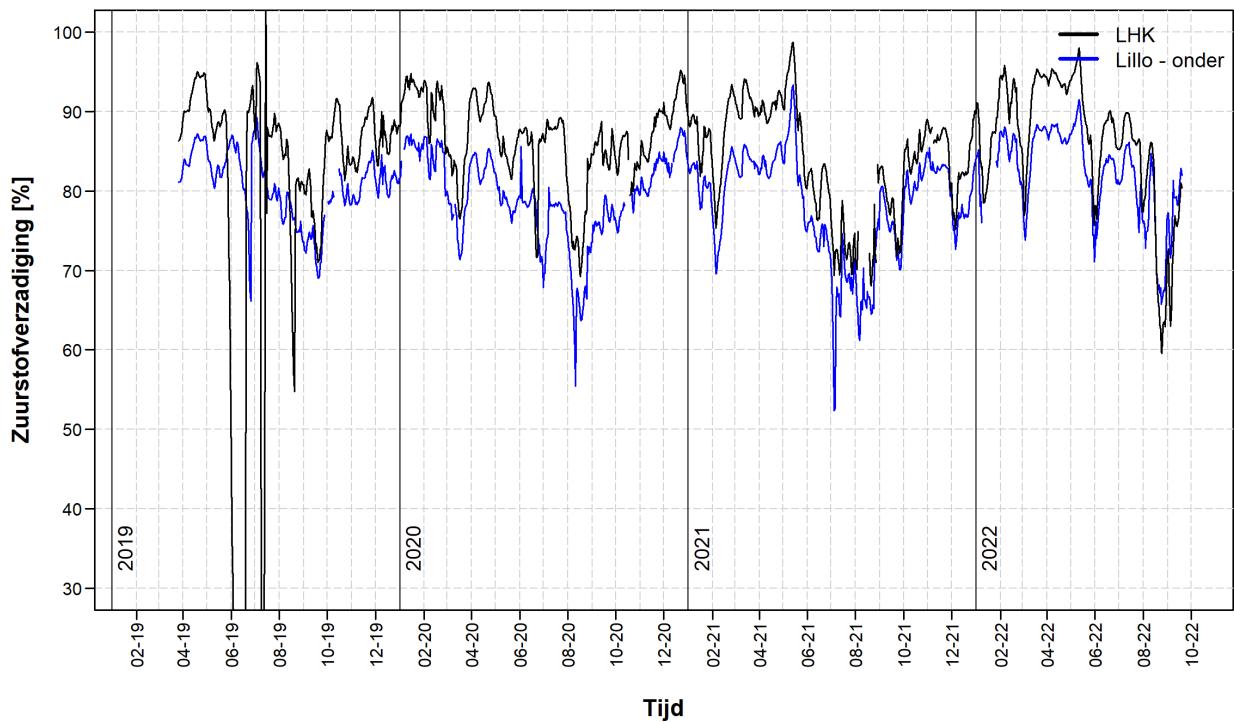
Figuur 29: Verloop van de hoeveelheid opgeloste zuurstof [mg/l] over de volledige meetperiode, gemiddeld over de vloed- en eb fase, te Liefkenshoek - veer



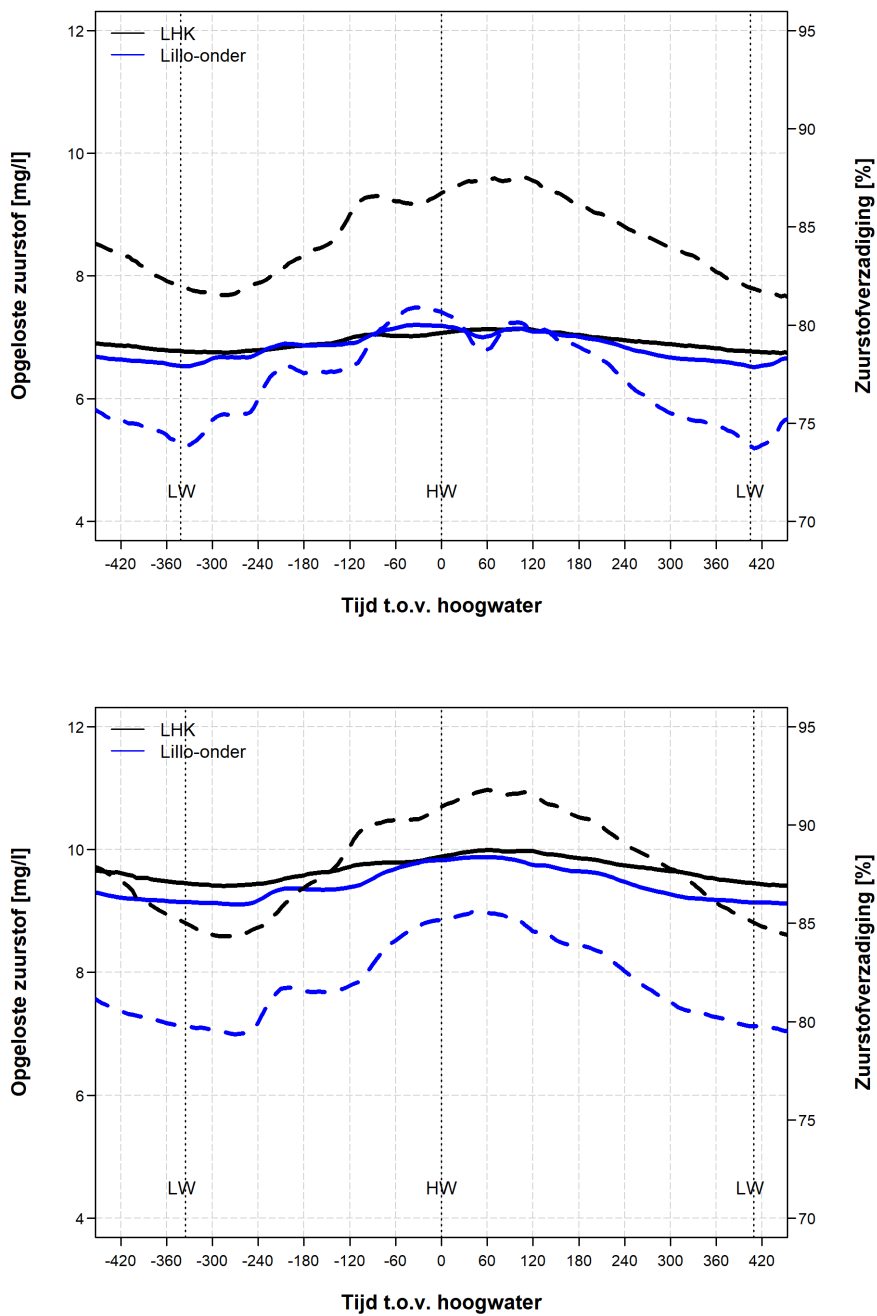
Figuur 30: Verloop van de hoeveelheid opgeloste zuurstof [mg/l] over de volledige meetperiode, gemiddeld over de vloed- en eb fase, te Lillo (onder)



Figuur 31: Opgeloste zuurstof, weergegeven als gemiddelde vloed (links) en gemiddelde ebwaarden (rechts), te Liefkenshoek-veer een Meetpaal Lillo-onder



Figuur 32: Verloop van de zuurstofverzadiging [%] over de volledige meetperiode, te Liefkenshoek – veer en Lillo meetpaal (onder)



Figuur 33: Gemiddeld verloop van de opgeloste zuurstof (volle lijn) en zuurstofsaturatie (stippellijn) te Liefkenshoek en Meetpaal Lillo – onder, doorheen het getij (relatief t.o.v. hoogwater) voor tijen met gemiddeld een lage saliniteit (P25, boven) en een hoge saliniteit (P75, onder)

4 Conclusie en aanbevelingen

In dit rapport wordt een vergelijkende analyse gemaakt tussen de metingen te Liefkenshoek-veer en Meetpaal Lillo. Naar aanleiding van de aanvaring van de meetpaal rees immers de vraag of deze vervangen dient te worden of de metingen te Liefkenshoek voldoende zijn om de variatie in de fysische parameters in dit deel van de Beneden-Zeeschelde op te volgen. In deze analyse wordt gefocust op de fysische parameters saliniteit, turbiditeit en SSC, en het zuurstofsignaal.

De meetopzet op beide locaties is sterk verschillend. Te Liefkenshoek is een YSI exo geïnstalleerd op de drijvende opstelling van het veerponton, aan de linkeroever van de Schelde. Dit ponton beweegt met het wateroppervlak waardoor de sensor meet op een vaste diepte (van ca. 0,7 m) ten opzichte van het oppervlak. De YSI stuurt elke 5 minuten een instantane meetwaarde door naar de database.

De meetpaal te Lillo bevond zich aan de rechteroever van de Schelde, juist naast de vaargeul. De diepte ter hoogte is -10 m TAW. In tegenstelling tot Liefkenshoek bevinden de meetsensoren (2 Aanderaa toestellen) zich op een vaste hoogte t.o.v. de bodem. De Aanderaa toestellen sturen elke 5 minuten een meetwaarde die het gemiddelde is van 10 metingen die elke 30" plaatsvinden, door naar de database.

Voor de saliniteit kan gesteld worden dat het seizoenale verloop op beide locaties zeer sterk overeenkomt, met een opbouw van de saliniteit in de lente en zomer, en een sterke terugval in de herfst. Ook geeft een lineaire trendlijn tussen de kenteringswaarden op beide locaties een goede relatie (R^2 rond 0,95). Toch wijkt de relatie af voor de laagste en hoogste saliniteitswaarden. Bij deze laatste wordt een ontdubbelde puntenwolk waargenomen, vermoedelijk door hysteresis effecten. Wanneer het verloop doorheen het getij gevisualiseerd wordt, kan worden opgemerkt dat voor lage saliniteitswaarden een gelijkaardig patroon wordt teruggevonden. Voor de hoogste saliniteitswaarden lijkt er een variatie over de diepte op te treden, dit werd hier niet verder opgenomen maar focus hierop verdient wel verder onderzoek.

Voor zuurstof kan eveneens een gelijkaardig verloop op beide locaties worden vastgesteld. Voor perioden met de laagste zuurstofgehalten (begin van het najaar) zijn de waarden te Lillo net iets hoger dan deze te Liefkenshoek, voor perioden met de hoogste zuurstofgehalten (winter) is het omgekeerd. De zuurstofverzadiging te Lillo ligt ca. 5 à 10 % lager dan deze te Liefkenshoek.

Ook voor de turbiditeit en SSC kan een goede overeenkomst worden gevonden voor de langjarige variatie. De gemiddelde concentraties tussen beide locaties kennen wel belangrijke verschillen, waarbij de meetwaardes te Liefkenshoek veer aanzienlijk lager liggen dan deze te meetpaal Lillo. Dit kan gedeeltelijk toegeschreven worden aan de verticale positie van de meettoestellen in de waterkolom. Naast de seizoenale variatie werd ook de variatie binnen één getijcyclus in kaart gebracht. Hier wordt een duidelijk onderscheid waargenomen tussen Liefkenshoek en Meetpaal Lillo. De variatie over de vloed- en eb fase te Liefkenshoek is eerder beperkt. Te Meetpaal Lillo wordt in de onderste sensor een duidelijk piek waargenomen aan het begin van de vloedfase, waarna de concentratie op beide hoogtes sterk gelijkaardig is. Voor de eb fase wordt te Lillo een sterke piek waargenomen, met hogere waarden in de onderste sensor dan in de bovenste. Te Liefkenshoek stijgt de SSC waarde ook in het begin van de eb fase, waarna een relatief constant verloop wordt waargenomen.

Voor de verschillende parameters vertonen de langere termijn patronen op beide locaties vergelijkbare trends, wat ook logisch en te verwachten is. Toch is door de specifieke locatie en meetdiepte, de absolute waarde van de concentraties sterk verschillend, en ook in het verloop doorheen het getij worden belangrijke verschillen waargenomen. Door zijn specifieke ligging, dicht bij grote en belangrijke waterbouwkundige infrastructuur (Deurganckdok, Noordzee- en Europaterminal) of geplande infrastructuren (Tweede Getijdendok, Europaterminal, Noordzeeterminal) is deze meetlocatie van groot belang in het opvolgen van veranderingen in de water- en sedimentbeweging in dit deel van het Schelde-estuarium. Het leidt dan ook tot de aanbeveling dat de meerwaarde van metingen ter hoogte van de meetpaal groot is en inzichten van de analyse van de meetgegevens belangrijk is in de opvolging en evaluatie van het systeem.

Voor de locatiekeuze van de nieuwe meetpaal is het van groot belang dat het risico op verstoring (en in het slechtste geval zelfs aanvaring) door de scheepvaart geminimaliseerd wordt. Voor de design van zo'n meetpaal dient het ook als aanbeveling om op meerdere dieptes te meten. Indien de tweede meting niet gegarandeerd kan zijn in het kader van monitoring, zijn de extra inzichten door profileren of tijdelijke extra metingen zeer waardevol om sediment eigenschappen en sedimenttransport mechanismen lokaal beter te begrijpen.

5 Referenties

Rouse, H. (1939). An Analysis of Sediment Transportation in the Light of Fluid Turbulence. 40 pp.

Vandenbruwaene, W.; Bertels, J.; Michielsen, S.; Thant, S.; van den Berg, M.; Brackx, M.; Hertoghs, R.; Claeys, S.; Plancke, Y.; Meire, D.; Vereecken, H.; Deschamps, M. (2022). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2021: Data rapportage monitoring waterbeweging en fysische parameters in Zeeschelde en bijrivieren. Versie 3.0. WL Rapporten, PA047_11. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be