



Vlaanderen
is wetenschap

PA025_15
WL rapporten

Validatie fysische parameters

Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Validatie fysische parameters

Verwerking EWI-campagnes periode 2012-2017

Brackx, M.; Van de Moortel, I.; Vandenbruwaene, W.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Deschamps, M.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

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

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

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

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019

D/2019/3241/104

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

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.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2019RPA025_15
Keywords (3-5):	EWI; sedimentconcentratie; dwarssectiegemiddeld; sedimenttoevoer; Schelde estuarium		
Tekst (p.):	69	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s)	Brackx, M.; Van de Moortel, I.
-----------	--------------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vereecken, H.; Plancke, Y.	Getekend door: Hans Vereecken (Signature) Getekend op: 2019-06-04 10:31:45 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Hans Vereecken</i> Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2019-06-28 09:35:54 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	Getekend door: Wouter Vandenbruwaene (S) Getekend op: 2019-06-28 09:45:13 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Wouter Vandenbruwaene</i>

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC	Deschamps, M.	Getekend door: Maarten Deschamps (Signa) Getekend op: 2019-07-22 08:27:03 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Maarten Deschamps</i>
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-07-22 08:28:50 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Frank Mostaert</i>



Abstract

‘Equal Width Increment’-, of kortweg EWI-metingen worden gebruikt om dwarssectiegemiddelde sedimentconcentraties te berekenen ter hoogte van waterlopen. Het Waterbouwkundig Laboratorium voert op negen locaties in het Scheldebekken EWI-campagnes uit om de gemeten sedimentconcentraties (op basis van pompstalen, schepstalen of turbiditeit) om te zetten naar dwarssectiegemiddelde concentraties. Tijdens een EWI-campagne worden er waterstalen genomen geïntegreerd over de in secties verdeelde dwarsdoorsnede van een waterloop, waardoor ze representatief zijn voor de hoeveelheid sediment die in deze secties wordt getransporteerd. Voor elke meetlocatie werd een relatie opgesteld tussen de sedimentconcentratie van de pompstalen/schepstalen en de sedimentconcentratie van de EWI-meting. De nieuw opgestelde relaties worden vanaf heden gebruikt binnen de jaarlijkse MONEOS rapportages om de sedimentaanvoer richting Schelde estuarium meer accuraat te begroten. Daarnaast geeft het rapport een aantal aanbevelingen met betrekking tot de meetstrategie, om op die manier de bestaande relaties verder te optimaliseren.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
1 Inleiding	1
2 Materiaal en methode.....	2
2.1 Locaties	2
2.2 EWI-campagne.....	3
2.2.1 EWI-methode.....	3
2.2.2 Pompstalen	4
2.2.3 Schepstalen.....	5
2.2.4 Logboeken	5
2.2.5 EWI-data	5
2.2.6 Invloed scheepvaart	6
2.3 Debiet	7
2.4 Turbiditeit	8
2.5 Opstellen regressievergelijkingen	9
2.5.1 Lineaire regressievergelijking	9
2.5.2 Verwijderen van outliers	9
2.5.3 Kwaliteitscriteria	9
3 Resultaten.....	11
3.1 Overzicht van alle locaties	11
3.2 Demer – Aarschot.....	12
3.2.1 Overzicht EWI-campagnes.....	12
3.2.2 Debiet	12
3.2.3 Relatie EWI-Pompstalen	13
3.2.4 Relatie EWI-Schepstalen.....	14
3.2.5 Relatie EWI-Turbiditeit	16
3.2.6 Alle parameters	16
3.3 Dender – Appels (Dendermonde).....	17
3.3.1 Overzicht EWI-campagnes.....	17
3.3.2 Debiet	18
3.3.1 Relatie EWI-Pompstalen	18
3.3.2 Relatie EWI-Schepstalen.....	19

3.3.1	Relatie EWI-Turbiditeit	20
3.3.2	Alle parameters	21
3.4	Zenne – Eppegem	23
3.4.1	Overzicht EWI-campagnes.....	23
3.4.2	Debiet	23
3.4.1	Relatie EWI-Pompstalen	24
3.4.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	25
3.4.3	Relatie EWI-Turbiditeit	26
3.4.4	Alle parameters	27
3.5	Kleine Nete – Grobbendonk	29
3.5.1	Overzicht EWI-campagnes.....	29
3.5.2	Debiet	29
3.5.3	Relatie EWI-Pompstalen	30
3.5.4	Relatie EWI-Schepstalen.....	31
3.5.5	Relatie EWI-Turbiditeit	32
3.5.6	Alle parameters	33
3.6	Bovenschelde – Gavere	35
3.6.1	Overzicht EWI-campagnes.....	35
3.6.2	Debiet	35
3.6.1	Relatie EWI-Pompstalen	36
3.6.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	37
3.6.3	Relatie EWI-Turbiditeit	38
3.6.4	Alle parameters	39
3.7	Grote Nete – Itegem-Hullebrug.....	40
3.7.1	Overzicht EWI-campagnes.....	40
3.7.2	Debiet	41
3.7.1	Relatie EWI-Pompstalen	41
3.7.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	42
3.7.3	Relatie EWI-Turbiditeit	43
3.7.4	Alle parameters	43
3.8	Boven-Zeeschelde – Melle.....	45
3.8.1	Overzicht EWI-campagnes.....	45
3.8.2	Debiet	45
3.8.1	Relatie EWI-Pompstalen	46
3.8.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	47
3.8.3	Relatie EWI-Turbiditeit	48

3.8.4	Alle parameters	49
3.9	Ringvaart Gent – Wondelgem	51
3.9.1	Overzicht EWI-campagnes.....	51
3.9.2	Debiet	51
3.9.1	Relatie EWI-Pompstalen	52
3.9.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	53
3.9.3	Relatie EWI-Turbiditeit	54
3.9.1	Alle parameters	55
3.10	Leie – Zulte	57
3.10.1	Overzicht EWI-campagnes.....	57
3.10.2	Debiet	57
3.10.1	Relatie EWI-Pompstalen	58
3.10.2	Relatie EWI-Schepstalen.....	59
3.10.3	Relatie EWI-Turbiditeit	60
3.10.4	Alle parameters	61
3.11	Invloed scheepvaart	63
4	Discussie	65
4.1	Overzicht van de opgestelde relaties	65
4.1.1	Pompstalen.....	65
4.1.2	Schepstalen.....	66
4.2	Invloed van scheepvaart.....	67
5	Conclusie en aanbevelingen	68
6	Referenties	69

1 Inleiding

Vanuit de bovenrivieren wordt jaarlijks een grote hoeveelheid sediment aangevoerd naar het Schelde-Estuarium. Het Waterbouwkundig Laboratorium staat in voor het bepalen van de sedimentbalans en monitort daarom de sedimentconcentratie in suspensie (SSC) op verschillende locaties.

De sedimentconcentratie in de Zeeschelde en de bovenstromen wordt continu opgevolgd door middel van puntmetingen:

- **Pompstalen** via automatisch pompstation → continu om de 7 of 14 u
- **Schepstalen** → periodiek (wekelijks of om de paar weken)
- Optische **turbiditeitsensor** (YSI) → continu om de 5 of 10 minuten

Op basis van de puntmetingen wordt getracht om de sedimentvracht af te leiden die (jaarlijks) vanuit de bovenstromen in het estuarium terecht komt. Uit een vergelijkende studie bleek dat er extreme verschillen, tot factor 10, voorkomen tussen verschillende meetmethodes (Vos et al., 2019). Dit kan verklaard worden omdat de sedimentconcentratie die op basis van de puntmetingen bepaald wordt niet representatief is voor de sedimentconcentratie over de gehele dwarsdoorsnede. Dit kan zeker het geval zijn indien de puntmeting dicht bij de bodem of oever plaatsvindt, waar de sedimentconcentratie hoger is, of aan het wateroppervlak in zone met weinig stroming, waar de sedimentconcentratie lager is.

Om de sedimentconcentraties van de puntmetingen te corrigeren naar een waarde die wel representatief is voor de gehele dwarsdoorsnede, worden EWI-campagnes ("Equal Width Increment") uitgevoerd. EWI is een methode voor het bemonsteren van een samengesteld waterstaal, dat bestaat uit verschillende deelstalen die op een dwarssectie genomen worden vanaf een brug. Het nemen van EWI-stalen is manueel werk en gebeurt daarom slechts periodiek (+/- 3 maal per jaar), op een aantal cruciale locaties.

Als er voldoende EWI-metingen beschikbaar zijn, kan een relatie opgesteld worden tussen de sedimentconcentraties van de puntmetingen en die van de EWI-campagnes. Vervolgens worden de puntmetingen aan de hand van dit verband gecorrigeerd.

Het opstellen van dergelijke relaties werd al eens uitgevoerd in een masterproef (Byttebier en Denis, 2015). Uit de resultaten bleek dat, dankzij de EWI-correctie, de jaarlijkse sedimentvrachten van de verschillende meetmethodes (vaak) beter onderling vergelijkbaar waren. Echter bleek ook dat er meer EWI-metingen nodig waren om betrouwbare relaties te kunnen opstellen.

Intussen is er een grotere dataset ter beschikking en kan een meer diepgaande studie worden uitgevoerd. In de masterproef werden de analyses uitgevoerd d.m.v. macro's in Excel. Voor de huidige studie werd de verwerking geautomatiseerd door middel van een R-script.

2 Materiaal en methode

2.1 Locaties

De EWI-campagnes worden uitgevoerd op locaties die cruciaal zijn voor het bepalen van de aanvoer van sediment vanuit de bovenstromen naar het Schelde-estuarium. Ze zijn gesitueerd in de verschillende stroomgebieden die afwateren naar de Zeeschelde (Tabel 1 en Figuur 1). De locaties bevinden zich steeds nabij een vaste sedimentmeetpost en aan een brug, vanaf waar de staalname uitgevoerd wordt.

Tabel 1 – EWI-campagnes

Locaties zonder scheepvaart	Rivier	Aantal EWI-campagnes
Aarschot	Demer	25
Eppegem	Zenne	22
Grobbendonk	Kleine Nete	23
Itegem-Hullebrug	Grote Nete	5

Locaties met scheepvaart	Rivier	Aantal EWI-campagnes
Appels (Dendermonde)	Dender	5
Gavere	Bovenschelde	11
Melle	Zeeschelde	14
Wondelgem ¹	Ringvaart	4
Zulte	Leie	14

Figuur 1 – EWI-meetlocaties en stroomgebieden (Vos et.al, 2019)

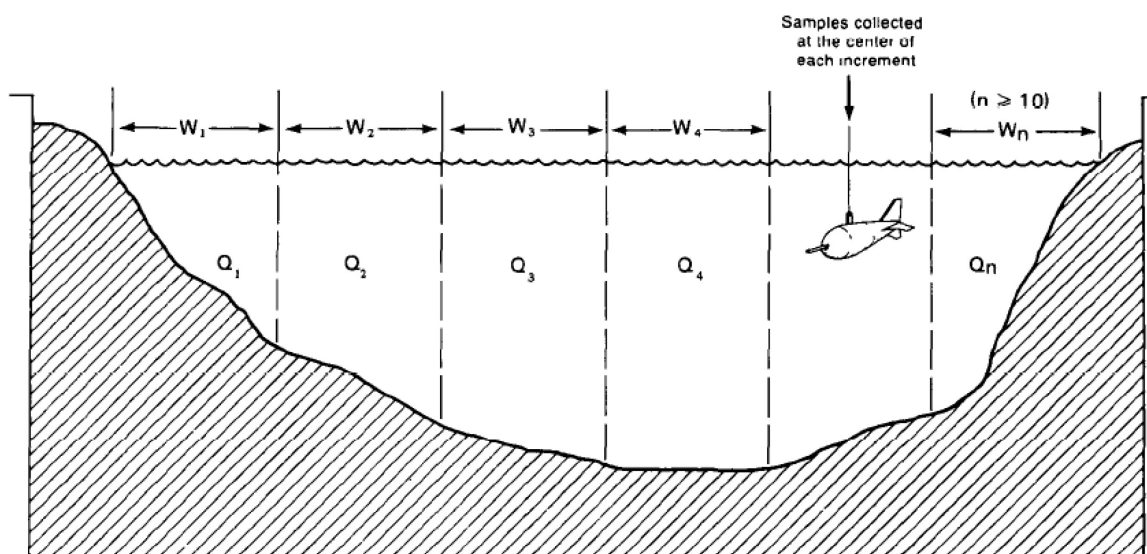
¹ Meetpost Wondelgem is sinds medio 2015 gedemonteerd wegens werkzaamheden aan kaaien

2.2 EWI-campagne

2.2.1 EWI-methode

Met de EWI-methode wordt een breedte- en diepte-geïntegreerd water/sediment-staal verkregen dat representatief is voor de dwarsdoorsnede van een rivier. Het is met andere woorden een directe methode om de sedimentconcentratie over de dwarsdoorsnede te bepalen. Hierbij wordt de dwarsdoorsnede van de rivier in secties ingedeeld. Deze secties hebben telkens dezelfde breedte, maar een verschillend debiet. In Figuur 2 is een schematische voorstelling van een EWI-meting te zien.

Figuur 2 – Schematische voorstelling EWI-meting (Edward en Glysson, 1999)

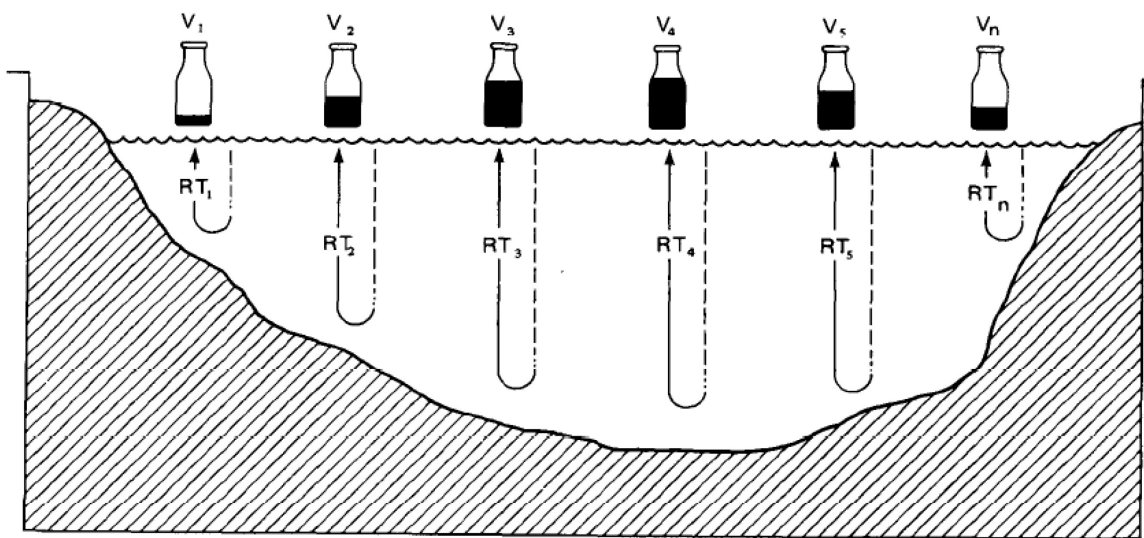


¹ met W = breedte en Q = debiet

In het midden van al deze secties neemt men, met behulp van een sampler, een staal. Van dit staal, waarvan men uitgaat dat deze representatief is voor de hele sectie, wordt de sedimentconcentratie bepaald. Een gemiddelde sedimentconcentratie, die representatief is voor de gehele dwarsdoorsnede, wordt berekend door een gemiddelde te nemen van alle gemeten sedimentconcentraties van alle stalen. Om de nauwkeurigheid van deze gemiddelde sedimentconcentratie te verhogen, is het noodzakelijk om meerdere secties te nemen. De theorie zegt dat men de rivier best indeelt in 10 à 20 secties als de rivier breder is dan anderhalve meter (USGS, 2006). De ervaring, uit de reeds uitgevoerde metingen door het WL, leert ons dat men de rivier best in 10 à 11 secties verdeelt.

De snelheid waarmee de sampler op en neer wordt gelaten bij een EWI-meting is afhankelijk van de stroomsnelheid. Wel wordt in elke sectie een constante snelheid gehanteerd. Hierdoor verkrijgt men stalen met telkens een ander volume. Dit is weergegeven in Figuur 3.

Figuur 3 – Staalname EWI-meting (Edward en Glysson, 1999)



¹ met RT = doorhaalsnelheid en V= volume van de staal

De gebruikte toestellen, voorbereidingen, uitvoering van de EWI en afhandeling in het sedimentologisch laboratorium staan in detail beschreven in instructiefiche I-WL-PP33-5 (WL, 2013) en in de masterthesis (Byttebier en Denis, 2015).

Over de doorsnede worden dus **10 à 11 secties** bemonsterd, wat resulteert in evenveel stalen.

Voor de locaties **zonder scheepvaart** werd de stalen samengevoegd en werd één staal gemaakt dat representatief is voor de doorsnede.

Voor de locaties **met scheepvaart** werden alle stalen afzonderlijk in het sedimentlabo geanalyseerd, tenzij er gedurende de volledige campagne geen schepen voorbijkwamen, dan werden de stalen ook samengevoegd vóór analyse. Als er wel schepen waren, werden de deelstalen geanalyseerd en werd achteraf (in het R-script) één representatieve SSC_{EWI} waarde berekend. Dit werd gedaan door een gewogen gemiddelde van de SSC van de afzonderlijke stalen te berekenen, rekening houdend met de staalvolumes:

$$SSC_{EWI} = \frac{\sum_{i=1}^n SSC_i * V_i}{V_t}$$

Met SSC_i en V_i de sedimentconcentratie en het volume van elk van de n deelstalen, en V_t het totaalvolume aan deelstalen. De afzonderlijke deelstalen kunnen later gebruikt worden om de invloed van scheepvaart te bestuderen.

2.2.2 Pompstalen

De pompstalen worden genomen met een automatische pompsampler, die zich op de oever bevindt en via leidingen stalen neemt. De sampler is voorzien van een carrousel waarin monsterflessen bewaard worden.

De pompsamplers zijn op de EWI-locaties aanwezig voor het continu opvolgen van de sedimentconcentratie. Er worden dan stalen genomen om de 7 of 14 uur. Tijdens de EWI-campagne wordt dit programma tijdelijk onderbroken voor het nemen van pompstalen op specifieke tijdstippen:

- Voor de locaties **zonder scheepvaart** worden **3 pompstalen** genomen per campagne, één aan het begin, einde en halfweg de EWI-staalname.
- Voor de locaties **met scheepvaart** worden meer pompstalen genomen. Het toestel wordt ingesteld om tijdens de EWI-staalname **om de 5 of 10 minuten een pompstaal** te nemen.

Voor elke EWI-campagne werd het gemiddelde en de minima en maxima berekend van de SSC van de beschikbare pompstalen. Voor enkele stalen werd een extreem hoge SSC vastgesteld, deze werden niet meegenomen in de analyses. Dit was het geval voor een staal in Melle (07/02/2017, 2618 mg/l) en Epepegem (04/10/2012, 1313 mg/l). Ook stalen waarvoor de SSC niet beschikbaar was werden weggelaten uit de analyses. Daarnaast zijn er ook een aantal campagnes waar de pompstalen geheel ontbraken: Epepegem (12/09/2013), Grobbendonk (01/02/2012), Itegem-Hullebrug (17/01/2017) en Gavere (25/11/2014).

2.2.3 Schepstalen

Schepstalen worden genomen door een verzwaarde fles te water te laten aan de oppervlakte van de waterweg. Van deze stalen werd dan de sedimentconcentratie bepaald. Omdat in de historische gegevens de sedimentconcentratie werd bepaald met behulp van schepstalen, wordt het gebruik van schepstalen verdergezet.

Tijdens elke EWI-campagne (met of zonder scheepvaart), worden er **3 schepstalen** genomen: één aan het begin, einde en halfweg de EWI-staalname. Dit gebeurt met een verzwaarde fles. Tijdens enkele EWI-campagnes werden ook 3 schepstalen met een emmer genomen. De emmerstalen worden in dit rapport niet besproken.

2.2.4 Logboeken

De logboeken van de EWI-campagnes kunnen teruggevonden worden op de W-schijf, onder de respectievelijke meetposten (codes uit WISK17). Bijvoorbeeld: <W:\HIC\Meetnet\zes\zes57a-Melle-3208\Logboeken\EWI>

2.2.5 EWI-data

De analyseresultaten van het sedimentlabo werden aangeleverd uit LIMS, in Excel bestanden per jaar en per locatie. Er is een map met de locaties met scheepvaart en een map met de locaties zonder scheepvaart:

<\\WLFILES\PROJECTEN\PA025-validsedfys\3 Uitvoering\6. EWI>

→ "met" staat voor locaties met scheepvaart, "zonder" zonder scheepvaart. Hier wordt er op een verschillende methode opgemeten, zie rapport EWI's INSTRUCTIE (WL, 2013). Voor de locaties met scheepvaart werden ook de staalvolumes opgevraagd bij het sedimentlabo, deze staan in een Excel bestand per locatie.

In de Excel bestanden stelt elke rij een staal/analyse van het sedimentlabo voor. Pompstalen, schepstalen en EWI-staal staan in dezelfde excel en worden van elkaar gescheiden met verschillende hoofdingen.

Deze excelbestanden werden manueel aangepast, om een formaat te verkrijgen dat ingelezen wordt in R. De bewerkte bestanden zijn terug te vinden in de map \Aangepast_voor_import_R. Er werden .csv bestanden aangemaakt met volgende kolommen:

- Zonder scheepvaart
 - **Type:** EWI / pomp / schep
 - **Tijd:** datetime vb. 17/03/2015 11:50:00
 - **Parameter:** parameternaam vb. SSC / OC / d(0.5) / ...
 - **Waarde:** meetwaarde

Voor de locaties met scheepvaart zijn er meestal meerdere EWI stalen per campagne (per verticale sectie een afzonderlijk staal). Daarom werden de staalvolumes opgevraagd bij het sedimentlabo. Deze werden manueel aan de excelbestanden toegevoegd. Daarnaast werd ook een kolom aangemaakt die aangeeft of er mogelijk invloed van scheepvaart is. Als in de logboeken een boot genoteerd werd tot ≤ 10 min voor de meting, werd de waarde op 1 gezet, anders 0. De resulterende tekstbestanden hebben volgende kolommen:

- Met scheepvaart
 - **Type:** EWI / pomp / schep / EWIs (EWIs voor de verticale EWI secties)
 - **Tijd:** datetime vb. 17/03/2015 11:50:00
 - **Parameter:** parameternaam vb. SSC / OC / d(0.5) / ...
 - **Waarde:** meetwaarde
 - **Volume:** staalvolume
 - **Boot:** 0/1

De tijdsduur van de EWI-staalname kan teruggevonden worden in de logboeken. Omdat de begin- en eindtijd gelijk is aan de tijd van het eerste en laatste schepstaal, worden deze tijdstippen in het script gebruikt als begin- en eindtijd.

2.2.6 Invloed scheepvaart

Verwacht wordt dat de passage van schepen, op de locaties met scheepvaart, kan zorgen voor een verhoogde turbulentie, met als gevolg een tijdelijke/plaatselijke piek in de sedimentconcentratie. Als richtlijn voor de terreinmedewerkers werd een wachttijd van 10 minuten gehanteerd, na de passage van een schip. Dit werd echter niet consequent toegepast.

Er werd wel steeds genoteerd in de logboeken op welk tijdstip er een schip voorbijkwam. Tabel 2 geeft een voorbeeld van het logboek voor de EWI-campagne in Gavere op 26/01/2016. Verder werden voor de campagnes met scheepvaart de verticale EWI-deelstalen apart geanalyseerd. Op basis van die informatie en door te vergelijken met de SSC van de pompstalen, werd de invloed van scheepvaart op de EWI-stalen beoordeeld (zie §4.2).

Tabel 2 – Logboek EWI-campagne Gavere 26/01/2016

EWI terreinregistratieformulier met actieve scheepvaart					
Datum monsternamen:		26/01/2016			
Locatie:		bos02a Gavere			
Monsternemer:		Ivo, Jean-p., Dirk			
EWI	Tijdstip (MET)	Nr verticale	Passage boot?	opmerking	
	11:30		☐ tijd:		
	11:40		12:05		
	11:50		X	12:00	
	12:10		☐ tijd:		
	12:20		X	12:32u, 12:40u, 12:50u	
	13:00		☐ tijd:		
	13:10		☐ tijd:		
	13:20		X	13:31u	
	13:40		☐ tijd:		
	13:50		☐ tijd:		
	14:00		☐ tijd:		
			☐ tijd:		
			☐ tijd:		
			☐ tijd:		
	Type instrument	USDN 96		composiet EWI staal	☐
	Nozzle opening	5/16		staalcode	
Afstand tussen verticale	5m				
Scheepstaal n Verzwaarde fles	Tijdstip (ME)	Peilhoogte (mTAW)	Nr verticale	LIMS etiket	
	scheepstaal _ Start	11:30	5,72m		f1 208
	scheepstaal _ Midden	12:20			f1 88
	scheepstaal _ Stop	14:00	5,95m		f1 2
pompstaal ISCO	Tijdstip (ME)	Peilhoogte (mTAW)	Nr verticale	LIMS etiket	
	scheepstaal _ Start				
	scheepstaal _ Midden				
	scheepstaal _ Stop				
ISCO	nr carousel	ISCO Requestnr			
	ISCO (uit)	15			
	ISCO (EWI)	18			
	ISCO (in)	4			

2.3 Debiet

Voor de locaties van de EWI-campagnes werden de daggemiddelde en instantane debieten van de dichtstbijzijnde meetstations geëxporteerd uit WISKI7 (Tabel 3), voor de periode 2012-2017.

Om een beeld te krijgen van de bovenafvoercondities, werden daggemiddelde debieten gebruikt. Op een aantal locaties wordt het debiet door het getij beïnvloed. Om het debiet op deze locaties te beoordelen werd naar de 5- of 15-minuut debietreeksen gekeken.

De debieten werden aan de EWI-campagnes gekoppeld en de volledige reeksen van dagdebieten van 2012-2017 werden gebruikt voor het berekenen van decielen. Om die manier wordt voor iedere EWI-campagne en voor iedere locatie de bijhorende debietsconditie in beeld gebracht (zie bijvoorbeeld §3.2.2 voor de locatie Aarschot).

Tabel 3 – Debietposten

EWI-locaties zonder scheepvaart	Debietpost
Aarschot	Aarschot afwaarts
Eppegem	Eppegem
Grobbendonk	Grobbendonk Troon
Itegem-Hullebrug	Hulshout

EWI-locaties met scheepvaart	Debietpost
Appels	Dendermonde/Dender/den02a
Gavere	Gavere/Bovenschede/bos02a
Melle	Melle tij/zes57a
Wondelgem	Evergem/Ringvaart/rvg03a
Zulte	Machelen

2.4 Turbiditeit

De turbiditeit werd geëxporteerd uit WISKI7 (via time series export wizard) voor de gehele periode 2012-2017. De namen van de meetstations zijn weergegeven in Tabel 4.

Voor elke EWI-campagne werden de 5-minuut waarden van turbiditeit (NTU) genomen die tijdens de duur van de campagne gemeten werden. Uit deze reeks werd het gemiddelde berekend, en werd de spreiding afgeleid op basis van de minimum en maximum waarden.

Tabel 4 – Meetposten turbiditeit (YSI)

Station name	Station number	Site name
Melle SF/Zeeschede	zes57a-SF-CM	Melle
Dendermonde SF/Dender	den02a-SF-CM	Dendermonde
Gavere SF/Bovenschede	bos02a-SF-CM	Gavere
Zulte SF/Leie	lei05a-SF-CM	Zulte
Eppegem SF/Zenne	zen03a-SF-CM	Eppegem
Grobbendonk Troon SF/Kleine Nete	knt03a-SF-CM	Grobbendonk
Wondelgem SF/Ringvaart	rvg02a-SF-CM	Wondelgem
Itegem Hullebrug SF/Grote Nete	gnt03a-SF-CM	Itegem
Aarschot Afwaarts SF/Demer	dem02a-SF-CM	Aarschot

2.5 Opstellen regressievergelijkingen

2.5.1 Lineaire regressievergelijking

Er werd gekozen om, net als in het verleden, te werken met eenvoudige lineaire regressievergelijkingen (Byttebier en Denis, 2015). Deze modellen zijn gemakkelijk in de praktijk toepasbaar en bleken goede resultaten op te leveren (Vos et al., 2019). Daarenboven zijn de EWI-datasets meestal te klein voor het toepassen van meer geavanceerde analyses.

Er werd een verband opgesteld tussen de SSC van de EWI en de drie soorten puntmetingen (pompstalen, schepstalen en turbiditeit). De gemiddelden van de puntmetingen worden gebruikt om het verband mee te bepalen: gemiddeld pompstaal, gemiddeld schepstaal, gemiddelde turbiditeit. Het verband tussen EWI-SSC en de puntmetingen wordt opgesteld via lineaire regressie, door het minimaliseren van kleinste kwadraten:

$$SSC_{gecorrigeerd} = b + a * x$$

Met x , de voorspellende variabele (SSC pompstalen, SSC schepstalen of turbiditeit) en b en a , de regressiecoëfficiënten.

2.5.2 Verwijderen van outliers

Outliers in de data kunnen de kwaliteit van de opgestelde relaties verminderen, daarom werden deze niet meegenomen bij het opstellen van de regressievergelijkingen.

Door gebruik te maken van de 3-sigma correctie worden de outliers op een objectieve en automatische manier gedetecteerd. Toch moeten de outliers ook kritisch bekeken worden, mogelijk gaat het om correcte metingen die kunnen wijzen op een trendbreuk of een afwijkend event ten opzichte van de globale trend, bijvoorbeeld bij zeer hoog debiet

Een eerste filtering bestaat uit het verwijderen van data uit WISKI met een kwaliteitsvlag hoger dan 59 (=verdachte metingen). Voor debiet komt dit zelden voor, maar turbiditeit wordt op deze manier wel sterk gefilterd.

Vóór de 3-sigma correctie werd eerst een model opgesteld voor alle datakoppels. Vervolgens werden er op basis van dit initiële model, voorspelde waarden berekend. Alle afwijkingen groter dan drie keer de standaardafwijking (sigma) van de waarnemingen t.o.v. de voorspelde waarde werd gedefinieerd als outlier (bv. Ferket et al., 2015).

2.5.3 Kwaliteitscriteria

De kwaliteit van de modellen werd beoordeeld aan de hand van analyse van de residu's, R^2 , RMSE en p-waarde.

De residu's zijn het verschil tussen de waarnemingen t.o.v. de voorspellingen door het model. Deze waarden worden in de figuren van de resultatensectie (§3) weergegeven in functie van de voorspelde waarden (fitted values). Indien de residu's een trend vertonen, wijst dit erop dat het model de trend in de data niet goed kan verklaren (er is dan mogelijk een niet lineair verband). Daarnaast zijn, bij een goed model, de residu's normaal verdeeld en is de variantie van de residu's gelijk over het gehele bereik (homoscedasticiteit). Als blijkt dat variantie van de residu's toeneemt bij hogere voorspelde waarden, kan regressie op logschaal een oplossing bieden. Vanwege het beperkte aantal metingen per locatie, is er veel onzekerheid, en werd de logtransformatie in deze studie niet toegepast.

De determinatiecoëfficiënt R^2 geeft aan hoeveel procent van de variantie door het model verklaard wordt. Let op dat een hoge R^2 het gevolg kan zijn van enkele punten met zeer hoge waarden (influential cases), dit wijst dan niet noodzakelijk op een goede fit van het model aan de overige datapunten. Bovendien is de R^2 vaak zeer hoog indien er slechts enkele datapunten zijn.

De *root mean square error* (RMSE) is een maat voor de afwijking van de voorspelde waarde en de gemeten waarde, uitgedrukt in de eenheid van de meting. Het is de gemiddelde absolute waarde van de residu's. RMSE is een goede maat om verschillende modellen met elkaar te vergelijken.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N SSC_{voorspeld,i} - SSC_{EWI,i}}{N}}$$

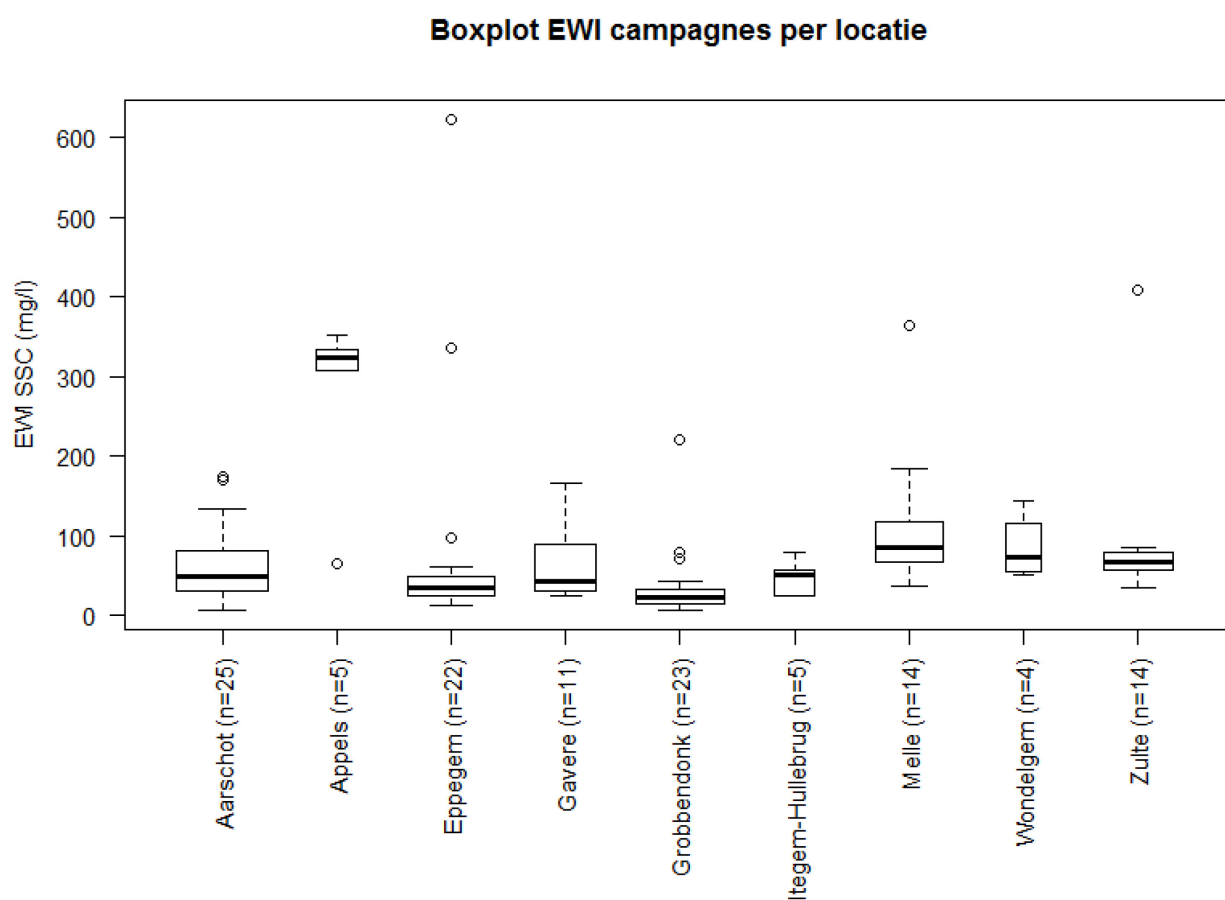
De p-waarde geeft de statistische kans dat ongecorreleerde data door toeval een trend vertonen, zoals door het model beschreven. Hoe kleiner de p-waarde hoe signifikanter het model. Typisch wordt de p-waarde beoordeeld op het 95% significantieniveau. Dit betekent dat de kans dat het verband door toeval ontstaan is lager dan 5% is (p-waarde lager dan 0.05). Vooral wanneer er weinig metingen zijn, kan het voorkomen dat een model niet statistisch significant is.

3 Resultaten

3.1 Overzicht van alle locaties

Figuur 4 geeft een overzicht van het aantal uitgevoerde campagnes en de gesuspendeerde sedimentconcentratie van de EWI-metingen voor alle locaties. Elke meetlocatie wordt vervolgens in een aparte sectie besproken.

Figuur 4 – Overzicht van EWI SSC voor alle EWI-campagnes en alle locaties



3.2 Demer – Aarschot

3.2.1 Overzicht EWI-campagnes

Aarschot is de locatie waar de meeste EWI-campagnes werden uitgevoerd, 25 in totaal (Tabel 5). Dit is een locatie zonder scheepvaart.

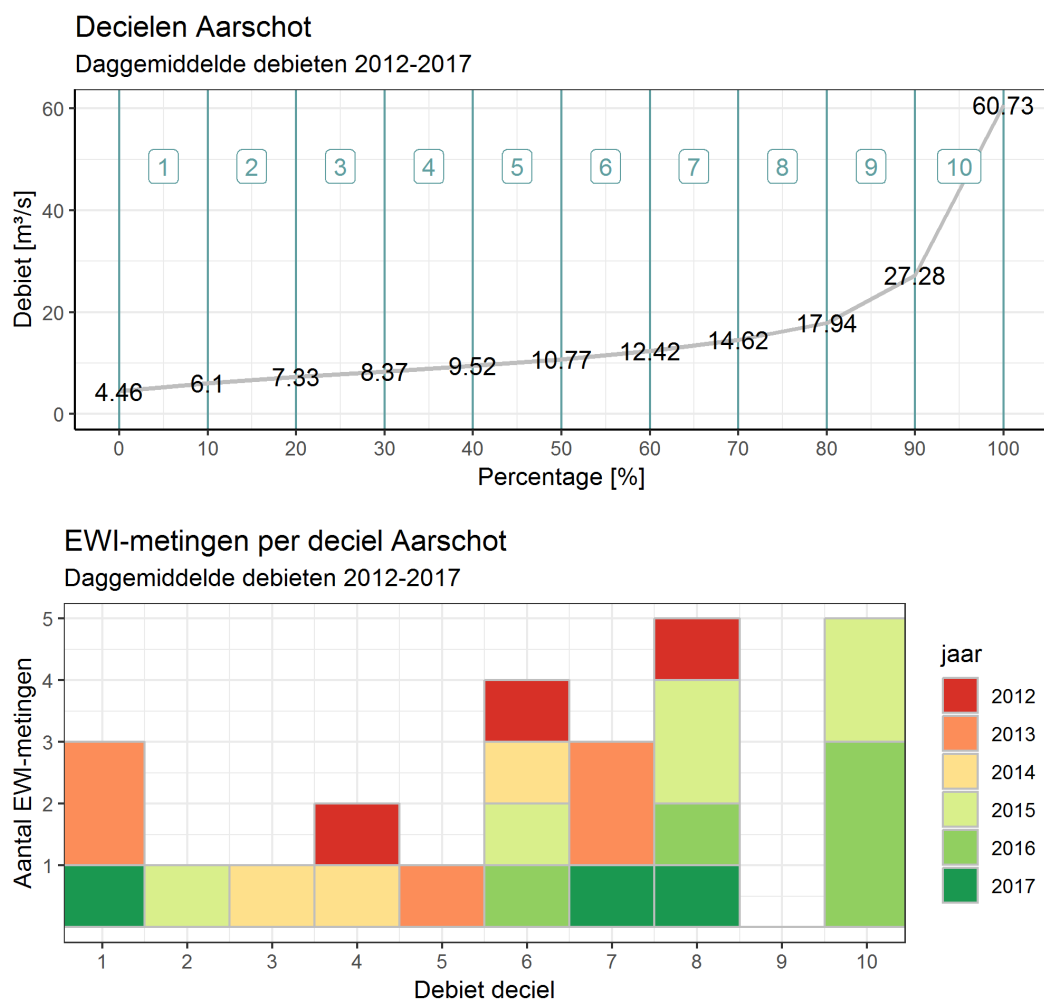
Tabel 5 – Overzicht EWI-campagnes Aarschot

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Dagdebiet [m³/s]
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		
20120417	Aarschot	41	111	36	31	11
20120607	Aarschot	53	106	47	52	18
20120927	Aarschot	29	62	24	22	8
20130221	Aarschot	74	125	78	43	14
20130425	Aarschot	31	71	28	23	10
20130704	Aarschot	44	69	99	33	13
20130716	Aarschot	170	9	3	7	5
20130822	Aarschot	12	12	8	9	5
20140225	Aarschot	36	62	40	35	12
20140410	Aarschot	29	85	30	-	8
20141113	Aarschot	37	188	34	45	9
20150212	Aarschot	70	314	56	-	16
20150324	Aarschot	48	189	35	35	12
20150331	Aarschot	174	1138	168	92	34
20150910	Aarschot	10	13	9	13	6
20150917	Aarschot	70	163	73	48	16
20151202	Aarschot	134	303	117	73	49
20160121	Aarschot	47	409	267	51	17
20160208	Aarschot	92	424	85	64	34
20160512	Aarschot	18	74	12	-	12
20160602	Aarschot	123	428	102	-	53
20160609	Aarschot	88	558	50	32	60
20170216	Aarschot	81	276	33	-	13
20170504	Aarschot	75	63	282	-	16
20170613	Aarschot	7	11	12	-	6

3.2.2 Debiet

Het merendeel van de campagnes werd uitgevoerd in periodes met een hoger dan gemiddeld debiet (decielen 6-10). Vijf campagnes werden uitgevoerd bij piekdebieten, in het hoogste deciel.

Figuur 5 – Debiet Aarschot



3.2.3 Relatie EWI-Pompstalen

In Figuur 6 wordt de SSC van de EWI-stalen uitgezet tegenover de gemiddelde SSC van de pompstalen. De datapunten vertonen een matig verband. De SSC van de pompstalen is veel hoger dan de SSC van de EWI-stalen. Dit zou erop kunnen wijzen dat de inlaat van de pompsampler dicht bij de bodem is gepositioneerd, waar de sedimentconcentratie hoger is.

Door de 3-sigma correctie werd één outlier verwijderd. Tijdens die EWI-campagne (20130716), was het debiet laag, dan is een hoge sedimentconcentratie onwaarschijnlijk. Het gaat dus om een verdacht EWI-staal. De lineaire regressiecurve zonder de outlier, loopt iets steiler dan de curve met outlier. De R^2 is aanzienlijk hoger na het verwijderen van de outlier.

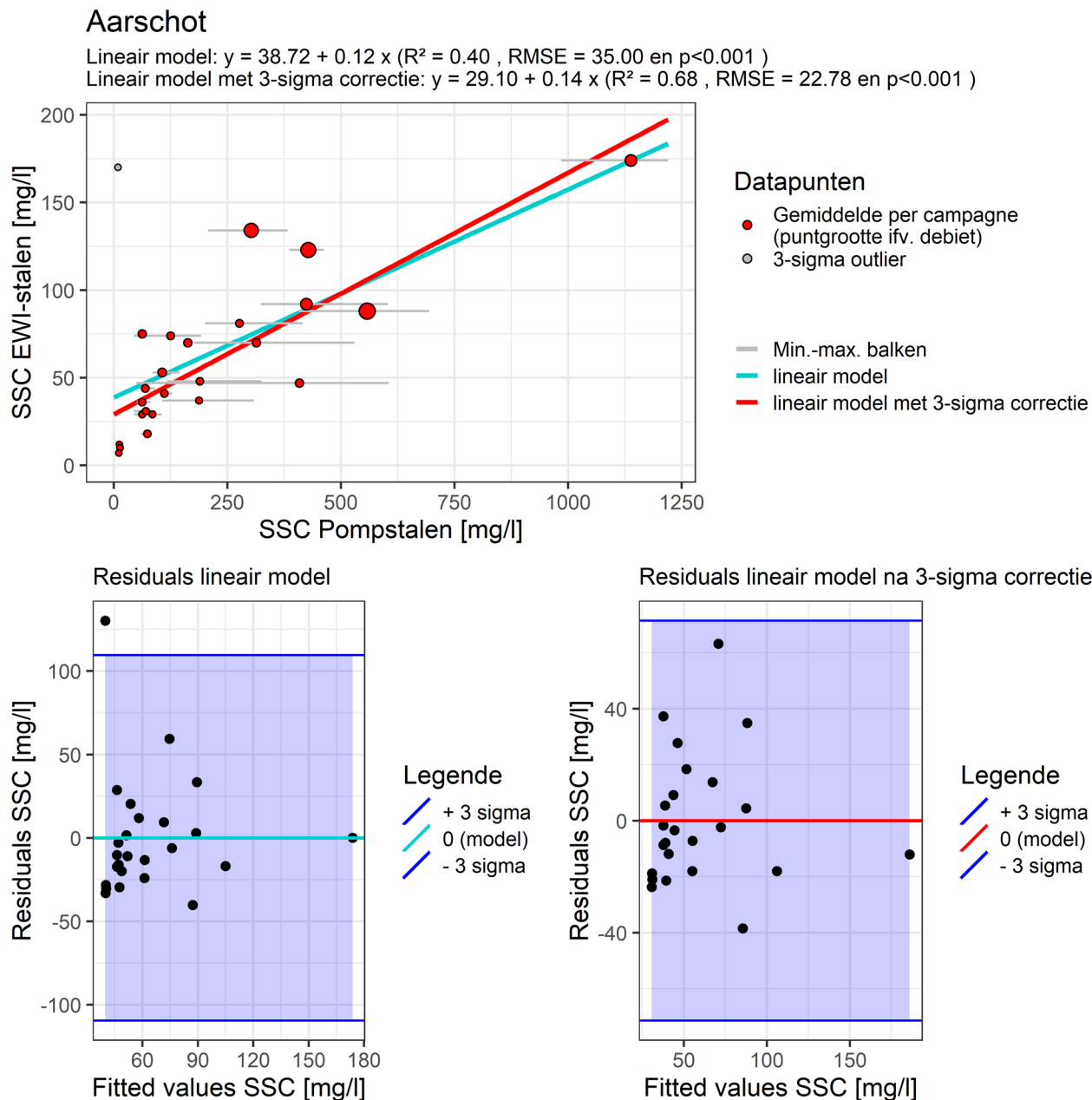
Het lineaire model met 3-sigma correctie wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 29.10 + 0.14 * \text{SSC}_{\text{pomp}}$$

De residu's zijn vrij goed verdeeld en vertonen geen duidelijke trend meer. Enkele bij de allerlaagste waarden, valt het op dat de SSC overschat wordt. Dit heeft met het hoge intercept (29.1 mg/l) te maken.

Een machtsverband dat door de oorsprong gaat (vb. door gebruik van dubbele logschaal), zou voor deze data beter werken. Echter werd er besloten om, gezien de beperkte hoeveelheid data, de methodologie eenvoudig te houden en steeds met eenvoudige lineaire modellen te werken, zoals in Figuur 6.

Figuur 6 – Regressie pompstalen Aarschot



3.2.4 Relatie EWI-Schepstalen

De regressievergelijkingen voor de schepstalen in Aarschot worden weergegeven in Figuur 7. In tegenstelling tot de pompstalen, wordt voor de schepstalen het afwijkende staal linksboven niet aangeduid als outlier door de 3-sigma test. Dit komt omdat er eveneens twee campagnes zijn waarbij de gemiddelde SSC van de schepstalen aanzienlijk hoger is dan de SSC van het EWI-staal (20160121 en 20170504). Het valt op dat de spreiding tussen de drie schepstalen onderling voor deze campagnes zeer hoog is in vergelijking met de andere campagnes. Voor de campagne 20160121 gaat het specifiek om één verhoogd schepstaal: 661 mg/l.

Voor 20170504 zijn de drie schepstalen verhoogd (220-391 mg/l). Men zou kunnen vermoeden dat de methodiek van het nemen van schepstalen anders was, maar in de logboeken wordt daar niets over vermeld. Ook in de opmerkingen van het sedimentlabo werd geen melding gemaakt van problemen.

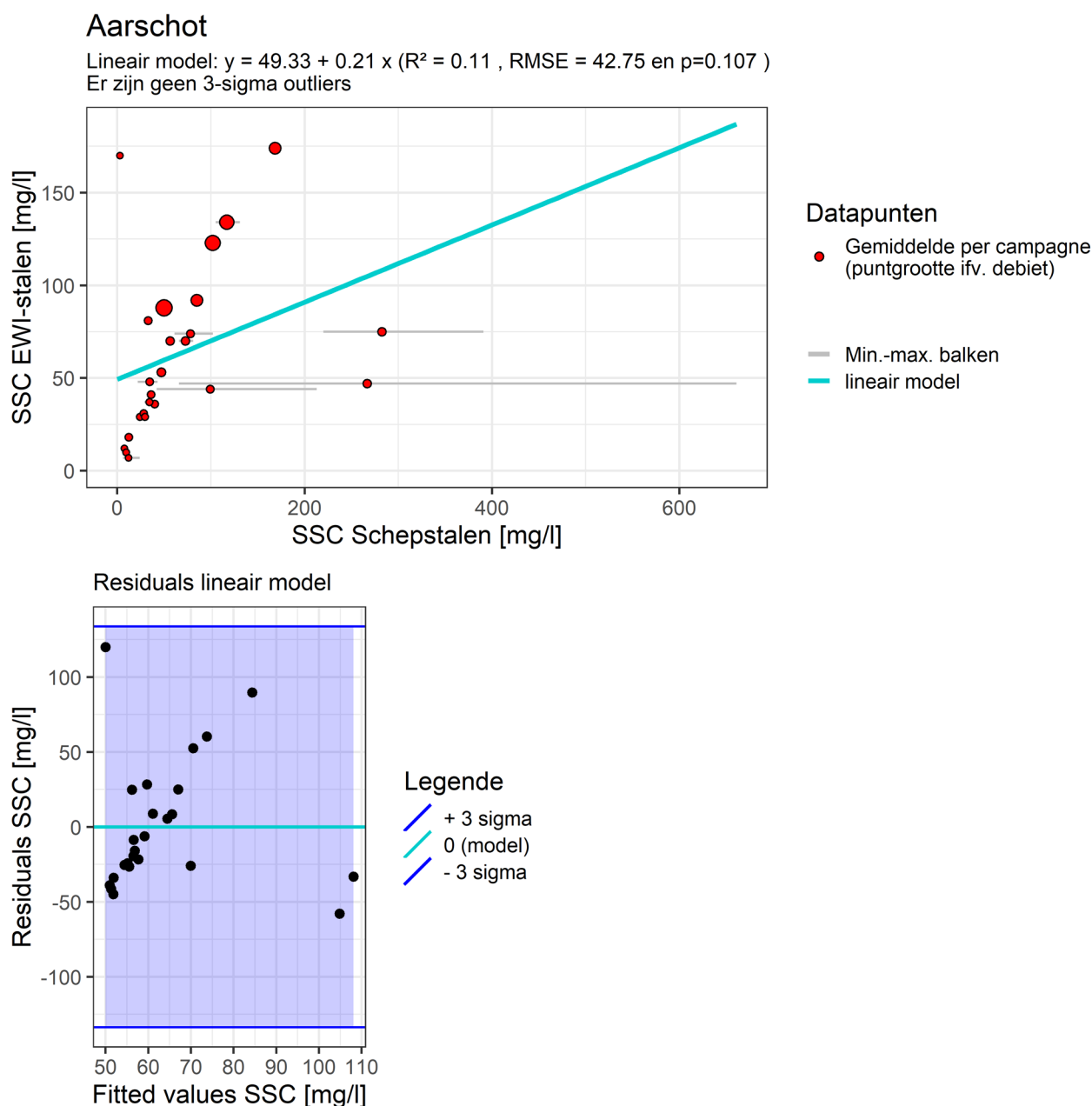
Deze afwijkende punten hebben veel invloed op de lineaire regressiecurve, waardoor deze de rest van de datapunten niet goed volgt. Dit leidt tot een duidelijke trend in de residu's en een verhoogde standaardafwijking (sigma). De afwijkende punten werden niet verwijderd op basis van de 3-sigma test.

De vergelijking van de lineaire regressiecurve is:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 49.33 + 0.21 * \text{SSC}_{\text{schep}}$$

De R^2 van het lineaire model is zeer laag ($R^2=0.11$), en de p-waarde ($p=0.107$) is niet significant. Het is niet aan te raden om dit model toe te passen.

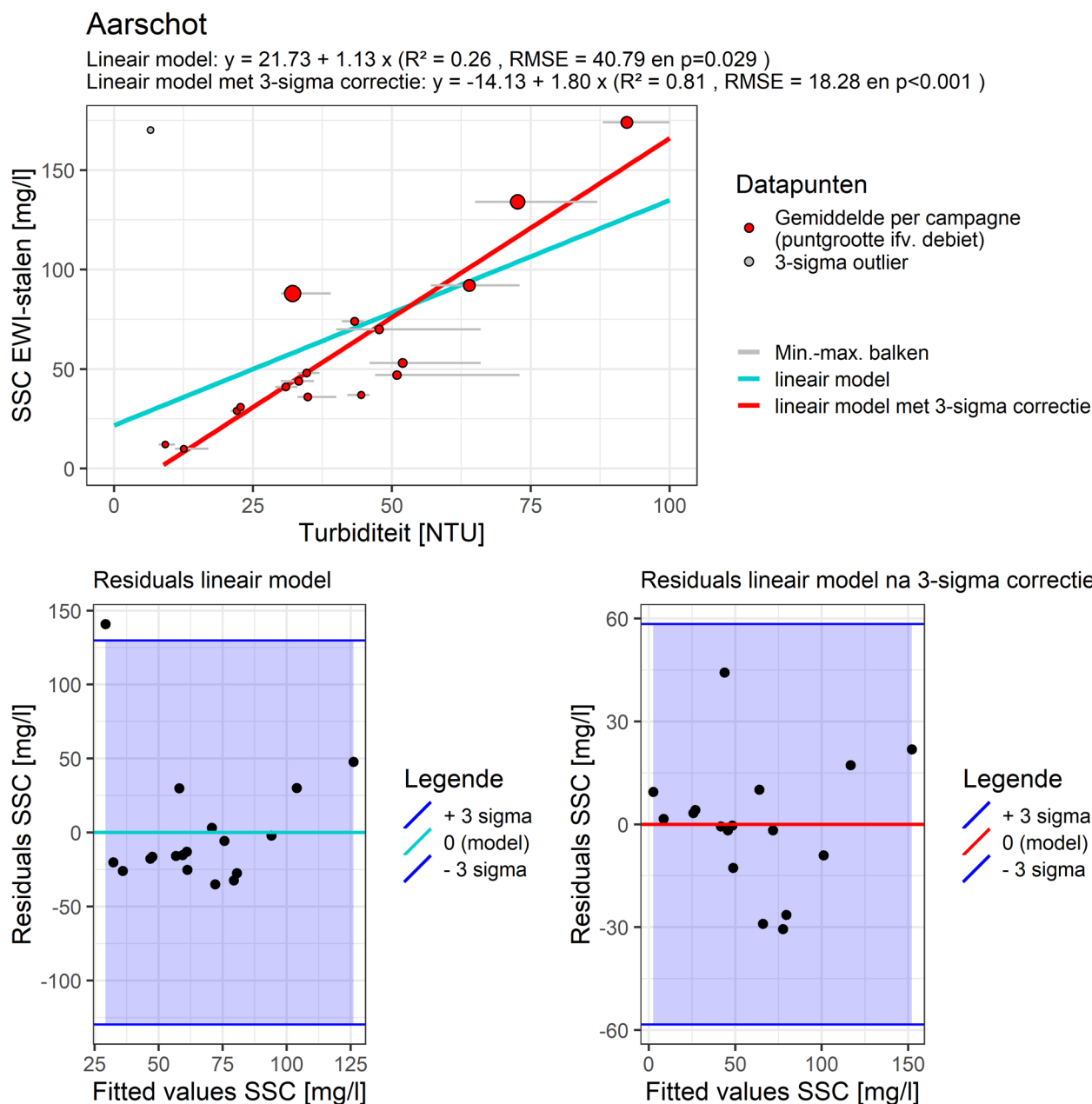
Figuur 7 – Regressie schepstalen Aarschot



3.2.5 Relatie EWI-Turbiditeit

In Figuur 8 wordt het verband tussen de SSC van de EWI-stalen en de turbiditeit opgesteld. Net als bij de pompstalen wordt het punt linksboven als outlier gedetecteerd aan de hand van de 3-sigma test. Uit de analyse van de residu's blijkt dat de residu's voor het model zonder outlier correctie, een stijgende trend vertonen. Na de outlier correctie zijn de residu's beter gespreid.

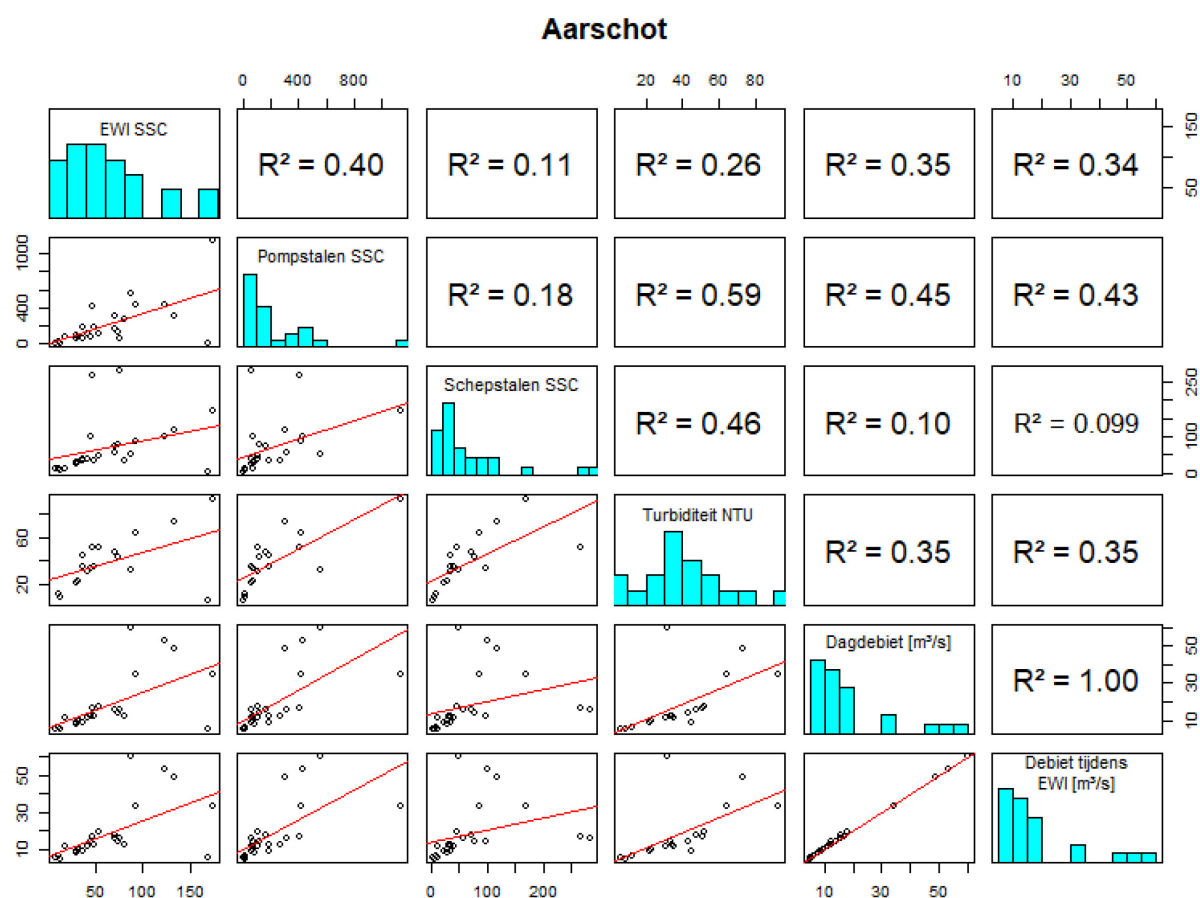
Figuur 8 – Regressie turbiditeit Aarschot



3.2.6 Alle parameters

In Figuur 9 worden de parameters onderling vergeleken. Het verband tussen de parameters voor sediment onderling en het debiet is steeds positief. De R^2 is meestal verlaagd door de aanwezigheid van outliers. Daarnaast valt het op dat het dagdebiet zeer goed overeenkomt met het gemiddelde van de instantane debieten tijdens de EWI-campagne. Dit was te verwachten, aangezien er geen invloed van getij is in Aarschot.

Figuur 9 – Overzicht regressie Aarschot



3.3 Dender – Appels (Dendermonde)

3.3.1 Overzicht EWI-campagnes

In Appels werden slechts vijf EWI-campagnes uitgevoerd (Tabel 6). Dit is een locatie met scheepvaart. Het debiet van de Dender ter hoogte van Appels wordt beïnvloed door sluiswerking en door getij vanop de Schelde, daarom wordt in volgende tabel zowel dagdebiet als instantaan debiet (gemiddelde tijdens de EWI-campagne) gegeven. Tijdens twee van de vijf campagnes werd scheepvaart gemeld, in dat geval werden de EWI-deelstalen apart geanalyseerd in het sedimentlabo.

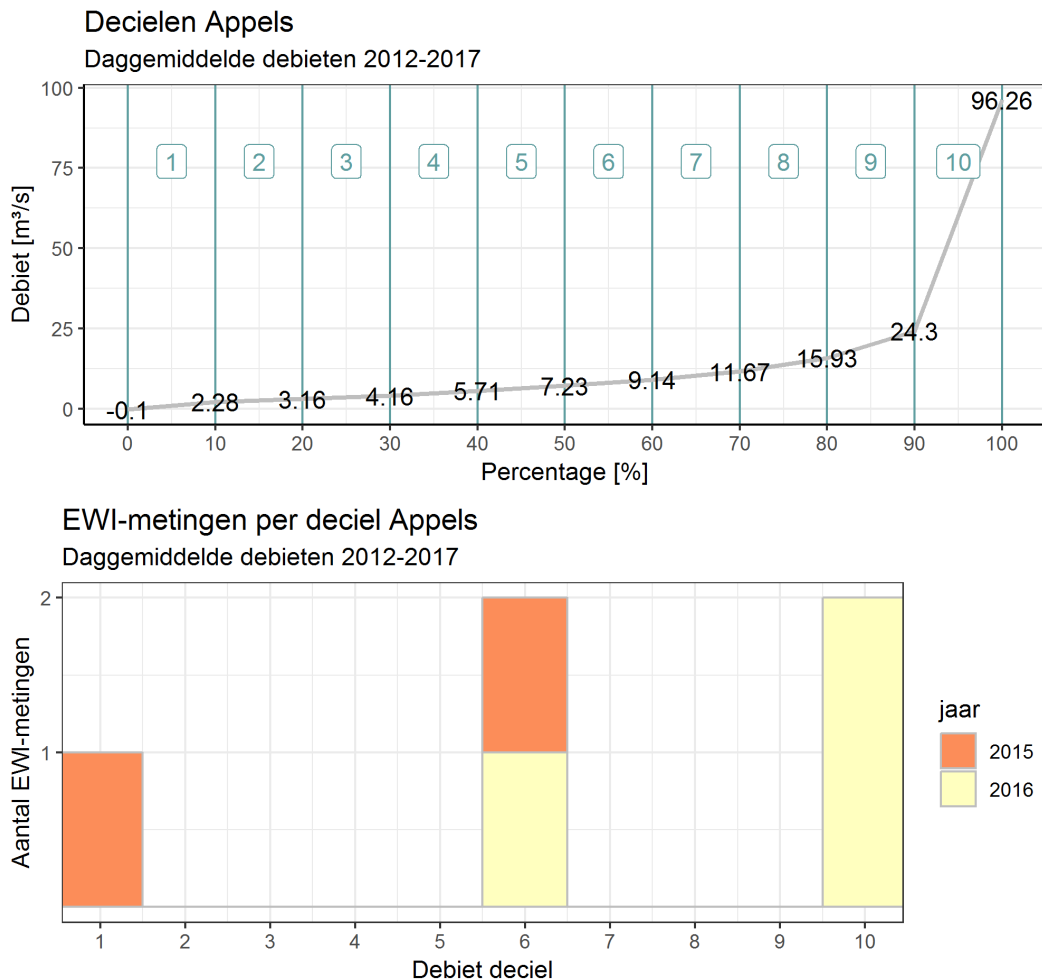
Tabel 6 – Overzicht EWI-campagnes Appels

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Debiet [m³/s]		Scheepvaart tijdens EWI
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		Dagdebiet	Tijdens EWI	
20150317	Appels	307	41	17	19	8	8	X
20151001	Appels	352	15	10	-	2	7	X
20160204	Appels	334	96	73	62	30	12	-
20160324	Appels	65	15	10	29	7	8	-
20160607	Appels	324	346	195	140	41	64	-

3.3.2 Debiet

Hoewel er slechts vijf campagnes zijn uitgevoerd, is er wel een groot bereik van debieten. Zowel het eerste als het tiende deciel zijn vertegenwoordigd.

Figuur 10 – Debiet Appels



3.3.1 Relatie EWI-Pompstalen

Uit Figuur 11 blijkt dat er geen goed verband gevonden wordt tussen de gemiddelde SSC van de pompstalen en de EWI-stalen. Zonder verklaarbare reden, zijn er 3 campagnes waarbij de EWI-SSC meer dan 300 mg/l bedraagt, terwijl de gemiddelde SSC van de pompstalen minder dan 100 mg/l is.

De opgestelde vergelijking is van de vorm:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 248.57 + 0.27 * \text{SSC}_{\text{pomp}}$$

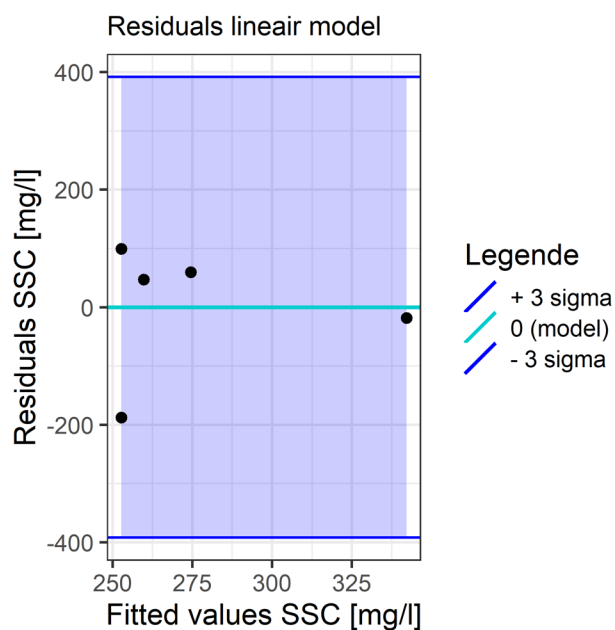
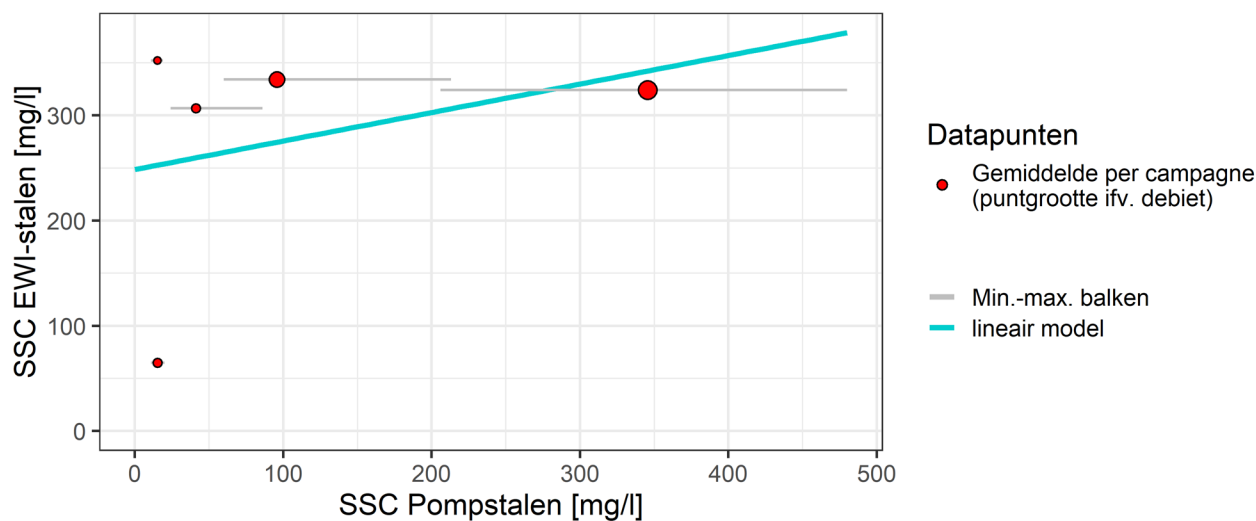
De R^2 bedraagt slechts 0.10 en de RMSE is zeer hoog (RMSE = 101.18), de opgestelde vergelijking is dan ook niet significant ($p=0.603$).

Figuur 11 – Pompstalen Appels

Appels

Lineair model: $y = 248.57 + 0.27 x$ ($R^2 = 0.10$, $RMSE = 101.18$ en $p=0.603$)

Er zijn geen 3-sigma outliers

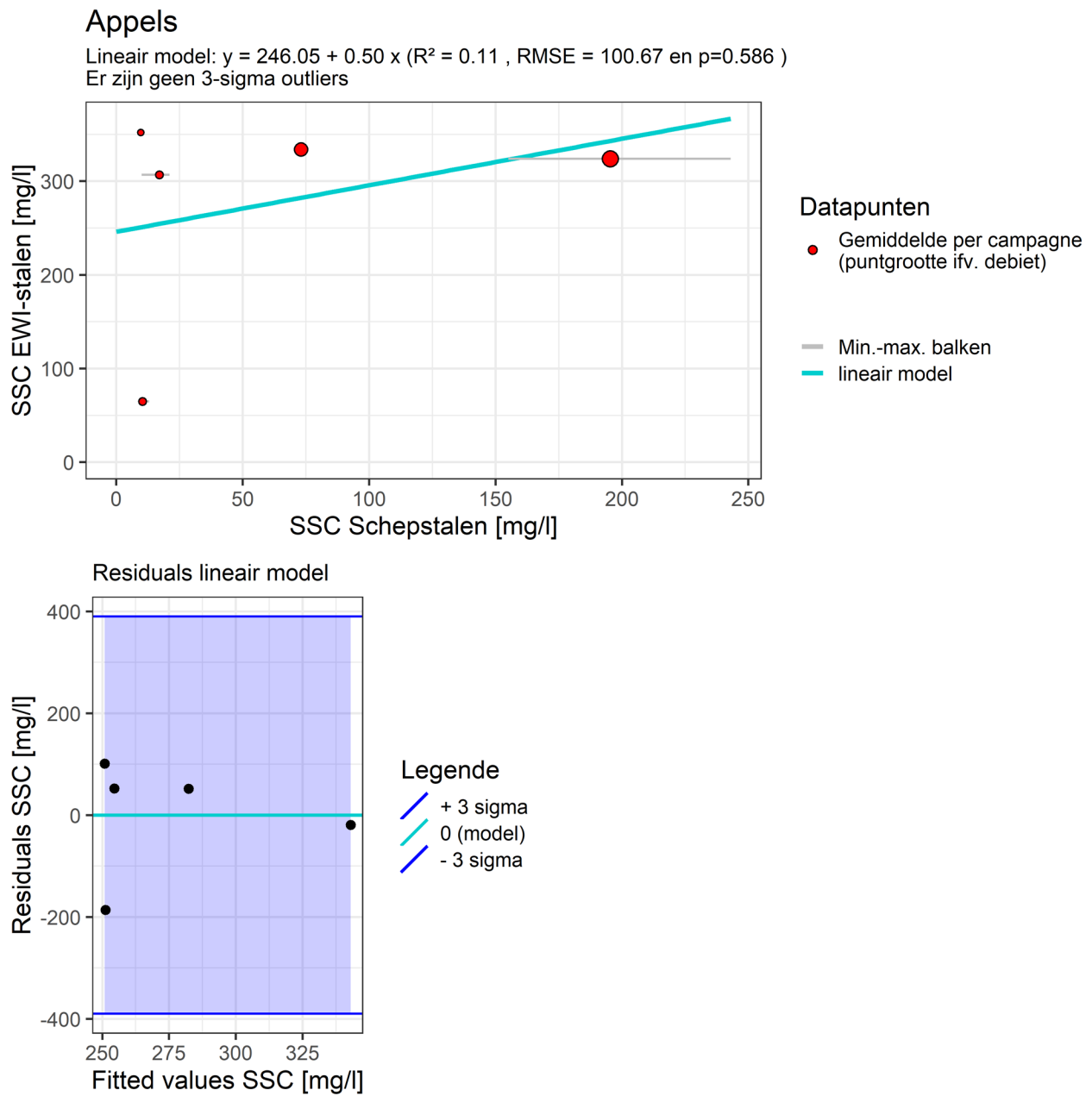


3.3.2 Relatie EWI-Schepstalen

Net als voor de pompstalen, wordt geen goede vergelijking gevonden voor de schepstalen in Appels. De datapunten vertonen geen duidelijke lineaire trend. De opgestelde regressievergelijking is opnieuw niet significant ($p=0.586$):

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 246.05 + 0.50 * \text{SSC}_{\text{schep}}$$

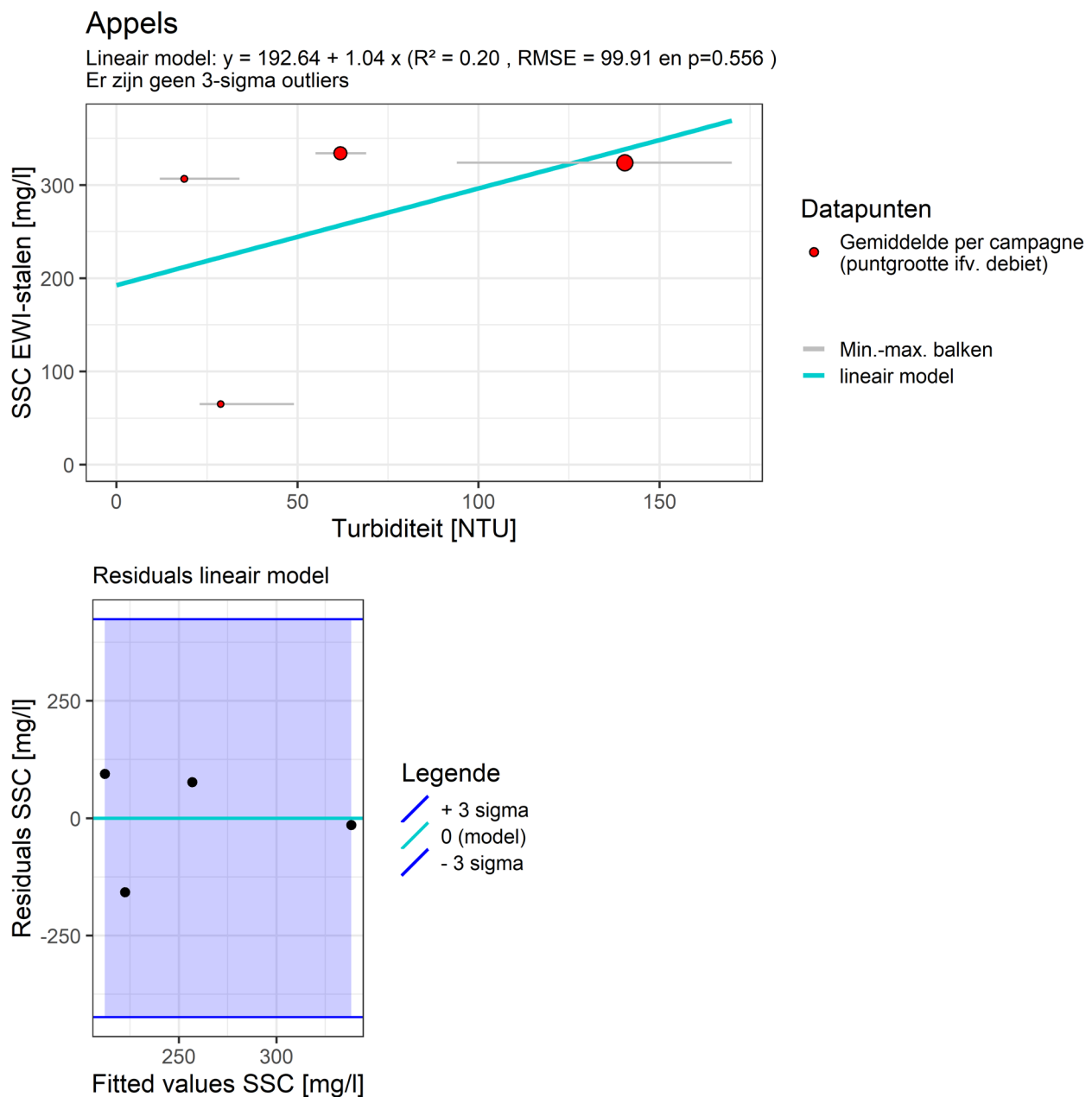
Figuur 12 – Schepstalen Appels



3.3.1 Relatie EWI-Turbiditeit

Net als voor de pompstalen en schepstalen, vertonen de datapunten geen duidelijke trend en is de opgestelde regressiecurve niet significant.

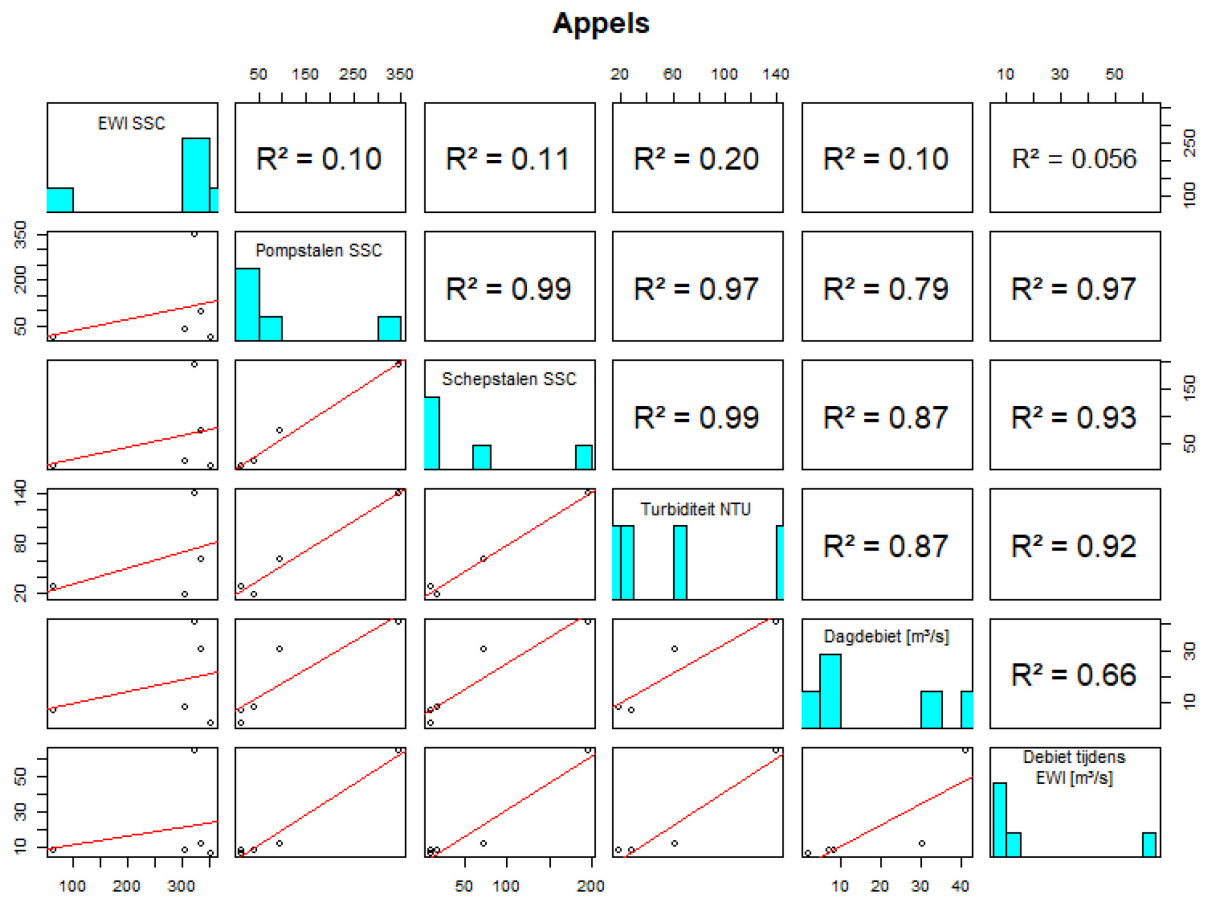
Figuur 13 – Turbiditeit Appels



3.3.2 Alle parameters

Uit de spreidingsgrafiekmatrix voor Appels (Figuur 14), blijkt dat er onderling wel een sterke correlatie is tussen pompstalen SSC, schepstalen SSC, turbiditeit en debiet. Daaruit kan afgeleid worden dat de SSC van de EWI-stalen voor Appels waarschijnlijk verdacht is. Mogelijk is er een effect van scheepvaart op de EWI-stalen, maar het is niet duidelijk wat de gevolgen daarvan zijn. Er is momenteel onvoldoende data beschikbaar om dit verder te onderzoeken.

Figuur 14 – Overzicht Appels



3.4 Zenne – Eppegem

3.4.1 Overzicht EWI-campagnes

In Eppegem werden 22 EWI-campagnes uitgevoerd. Dit is een locatie zonder scheepvaart en zonder invloed van getij.

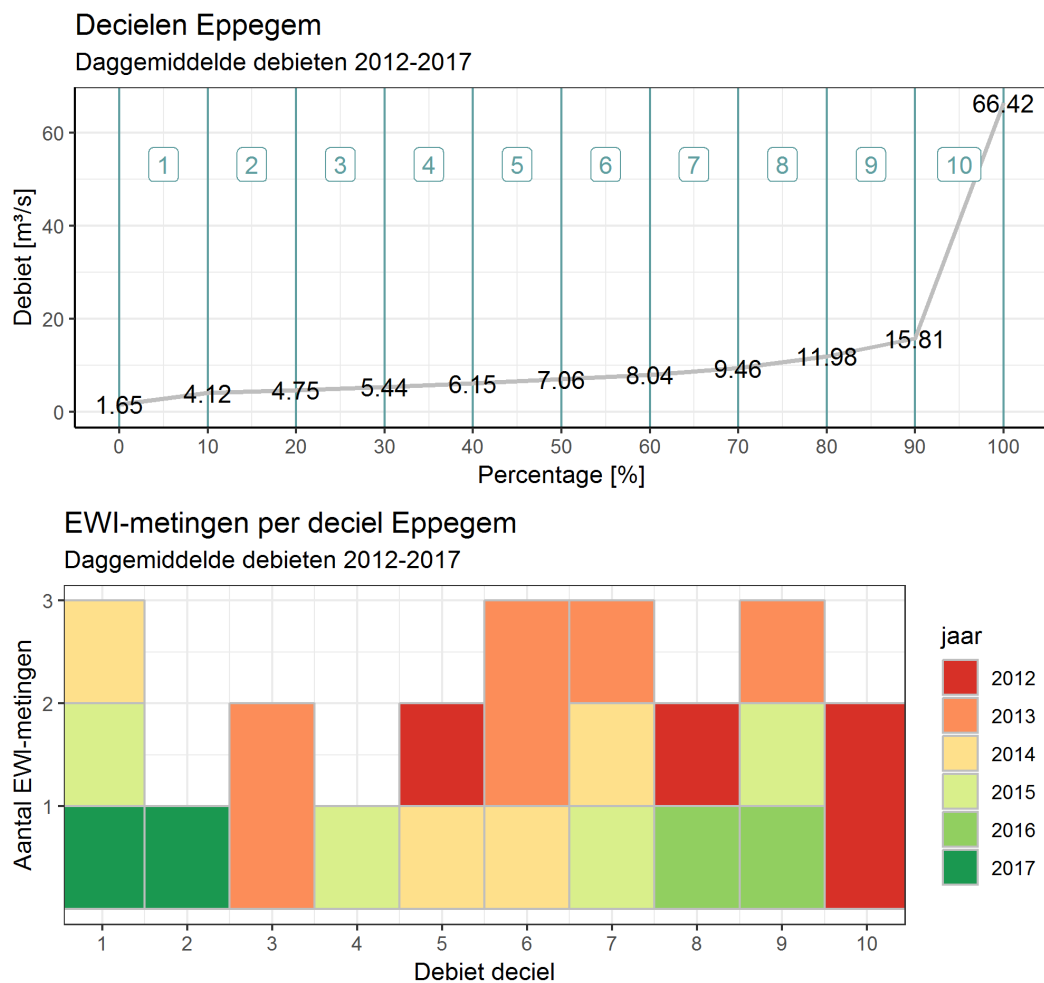
Tabel 7 – Overzicht EWI-campagnes Eppegem

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Dagdebiet [m³/s]
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		
20120106	Eppegem	623	674	579	-	34
20120127	Eppegem	49	80	45	63	11
20120322	Eppegem	40	38	33	52	6
20121004	Eppegem	335	703	211	148	48
20130307	Eppegem	38	64	28	16	7
20130328	Eppegem	41	35	24	18	8
20130528	Eppegem	27	25	26	-	14
20130618	Eppegem	21	25	15	-	5
20130801	Eppegem	24	137	12	-	5
20130912	Eppegem	61	-	43	-	8
20140313	Eppegem	32	29	30	16	7
20140508	Eppegem	25	17	17	76	7
20140925	Eppegem	31	29	25	33	9
20141127	Eppegem	98	94	56	24	4
20150226	Eppegem	61	67	45	35	14
20150820	Eppegem	48	8	5	6	4
20150924	Eppegem	19	22	7	6	6
20151124	Eppegem	29	29	34	35	9
20160112	Eppegem	31	34	36	19	13
20160428	Eppegem	45	39	44	-	11
20170523	Eppegem	13	3	159	-	4
20170704	Eppegem	24	6	4	-	4

3.4.2 Debiet

De EWI-campagnes zijn vrij gelijkmatig verdeeld over de decielen.

Figuur 15 – Debiet Eppegem



3.4.1 Relatie EWI-Pompstalen

In 2012 waren er twee EWI-campagnes (20120106 en 20121004) in het hoogste debietdeciel. Zowel de EWI-SSC als de pompstalen SSC zijn bij deze campagnes aanzienlijk hoger dan voor de rest van de campagnes. Het lineaire model zonder outliercorrectie valt tussen deze twee datapunten in. De 3-sigma test identificeert echter een van de punten als outlier, waardoor het lineaire model met 3-sigma correctie volledig naar het andere punt wordt toegetrokken. Dit is niet wenselijk, dus wordt het lineaire model zonder 3-sigma correctie weerhouden:

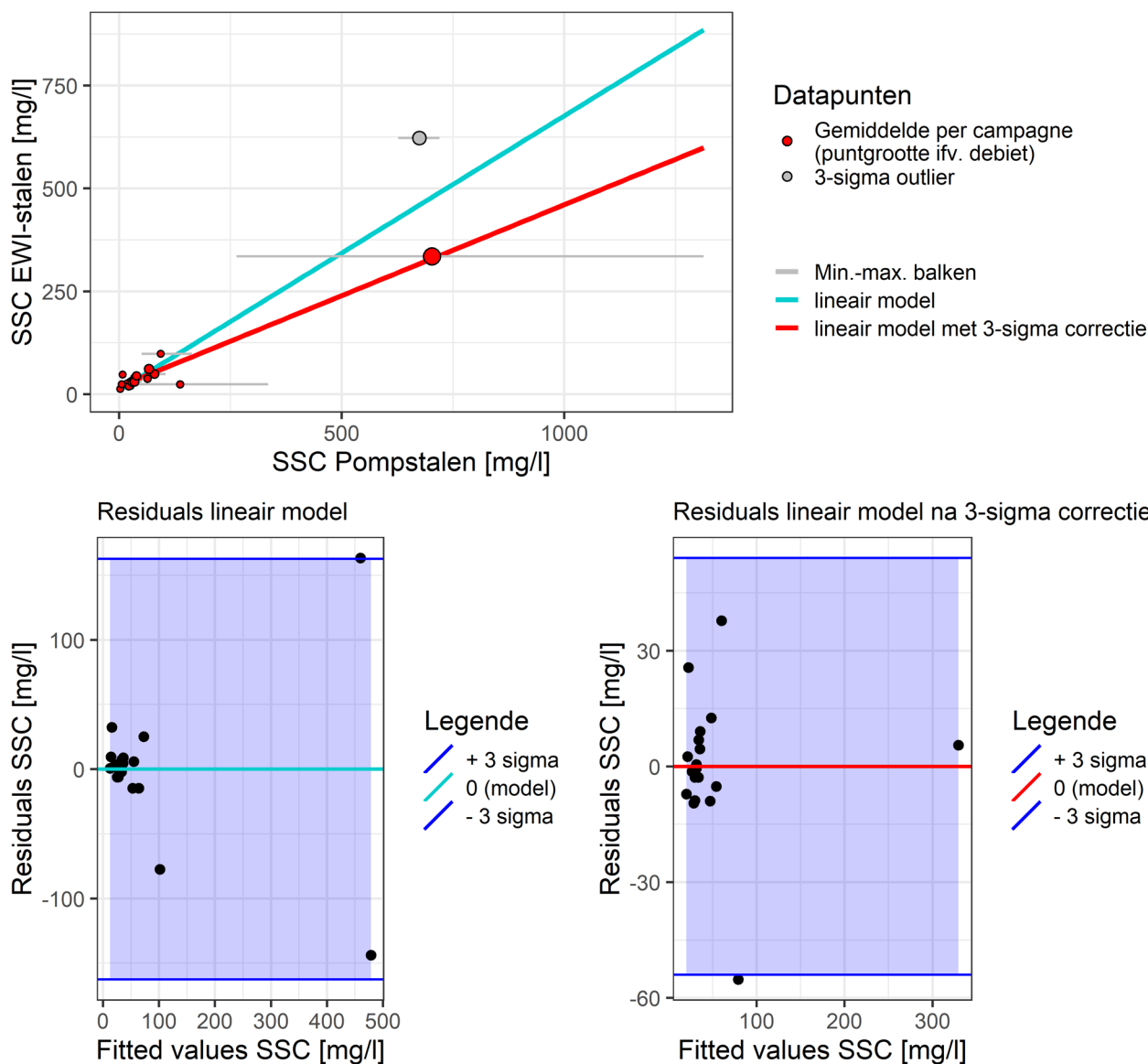
$$\text{gecorrigeerde SSC} = 10.35 + 0.67 * SSC_{\text{pomp}}$$

Figuur 16 – Pompstalen Eppegem

Eppegem

Lineair model: $y = 10.35 + 0.67 x$ ($R^2 = 0.86$, $RMSE = 51.56$ en $p < 0.001$)

Lineair model met 3-sigma correctie: $y = 18.81 + 0.44 x$ ($R^2 = 0.94$, $RMSE = 17.08$ en $p < 0.001$)



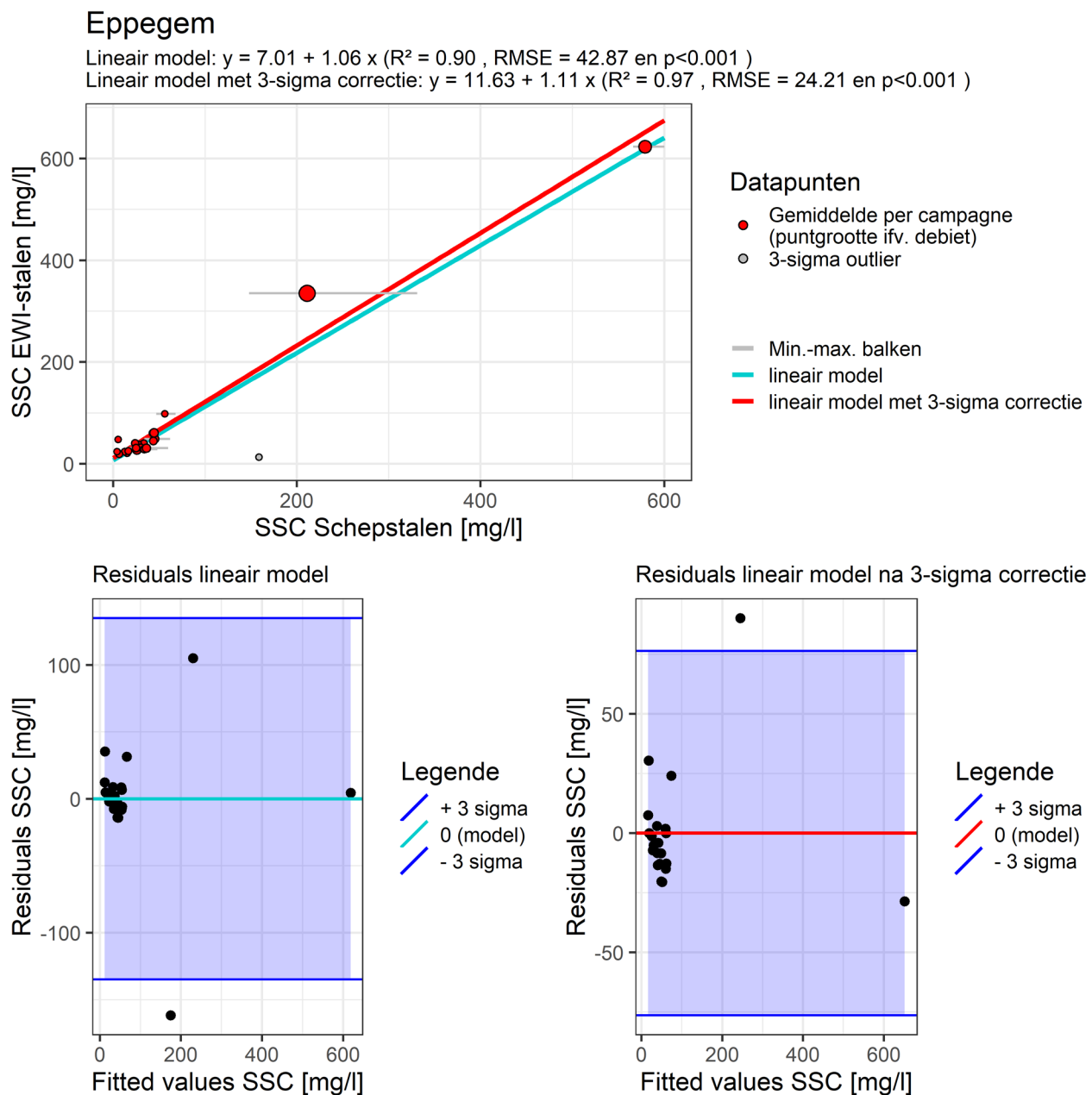
3.4.2 Relatie EWI-Schepstalen

Net als voor de pompstalen is er in Eppegem voor de schepstalen een sterk lineair verband. Een ander punt dan hetgeen bij de pompstalen als outlier geïdentificeerd werd, wordt bij de 3-sigma correctie op de schepstalen verwijderd. Het gaat hier waarschijnlijk om een verdacht EWI-staal.

Het lineaire model met 3-sigma correctie wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 11.63 + 1.11 * \text{SSC}$$

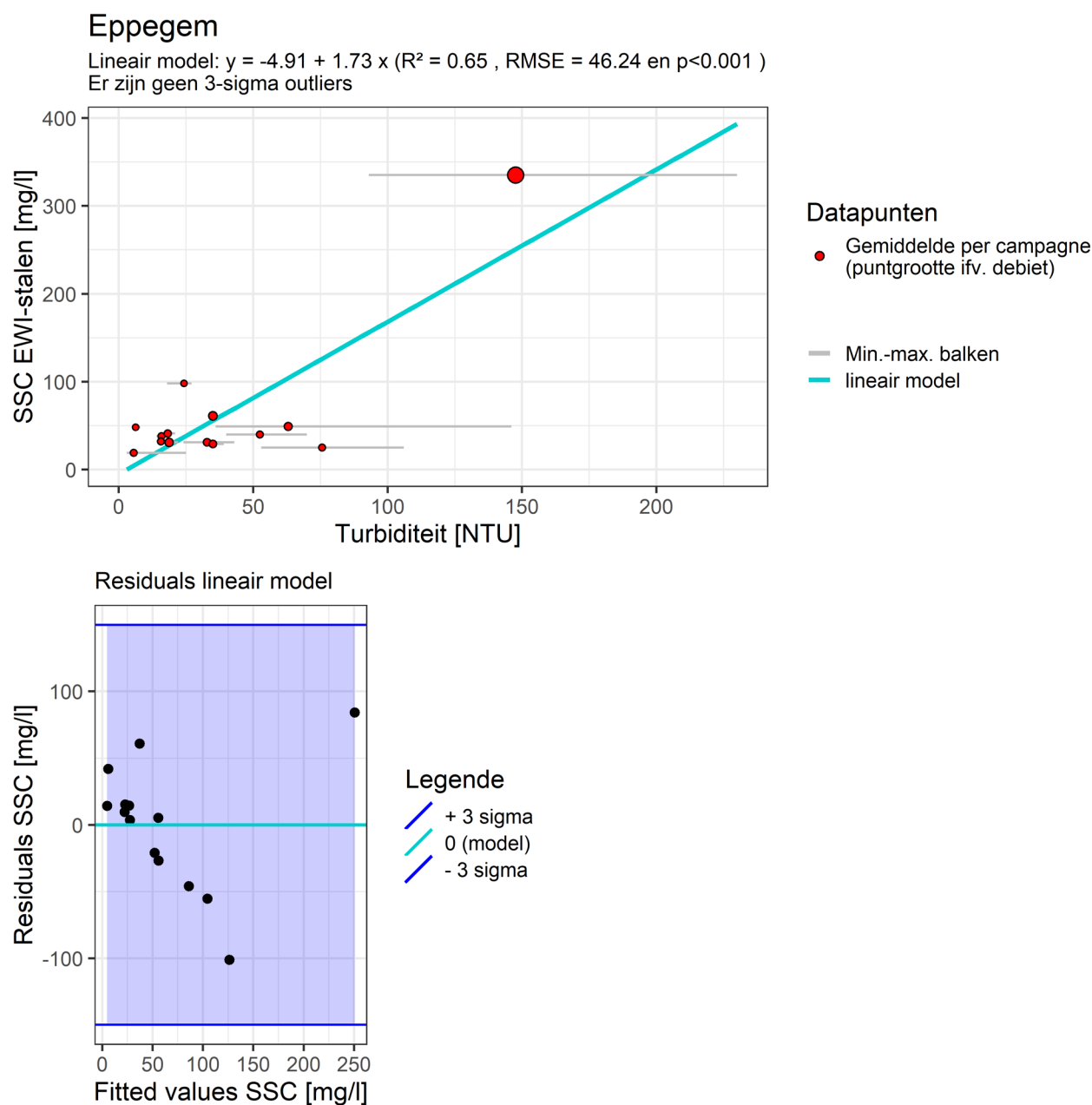
Figuur 17 – Schepstalen Eppegem



3.4.3 Relatie EWI-Turbiditeit

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds de groep met lagere SSC-EWI en turbiditeit, gekenmerkt door lage en matige debieten en anderzijds het ene punt met hoge SSC- en turbiditeitswaarden en hoog debiet. De ligging van de regressiecurve wordt voornamelijk bepaald door dat laatste punt. De residuals van de overige datapunten vertonen een duidelijke trend, wat erop wijst dat het lineaire model de data niet goed kan beschrijven.

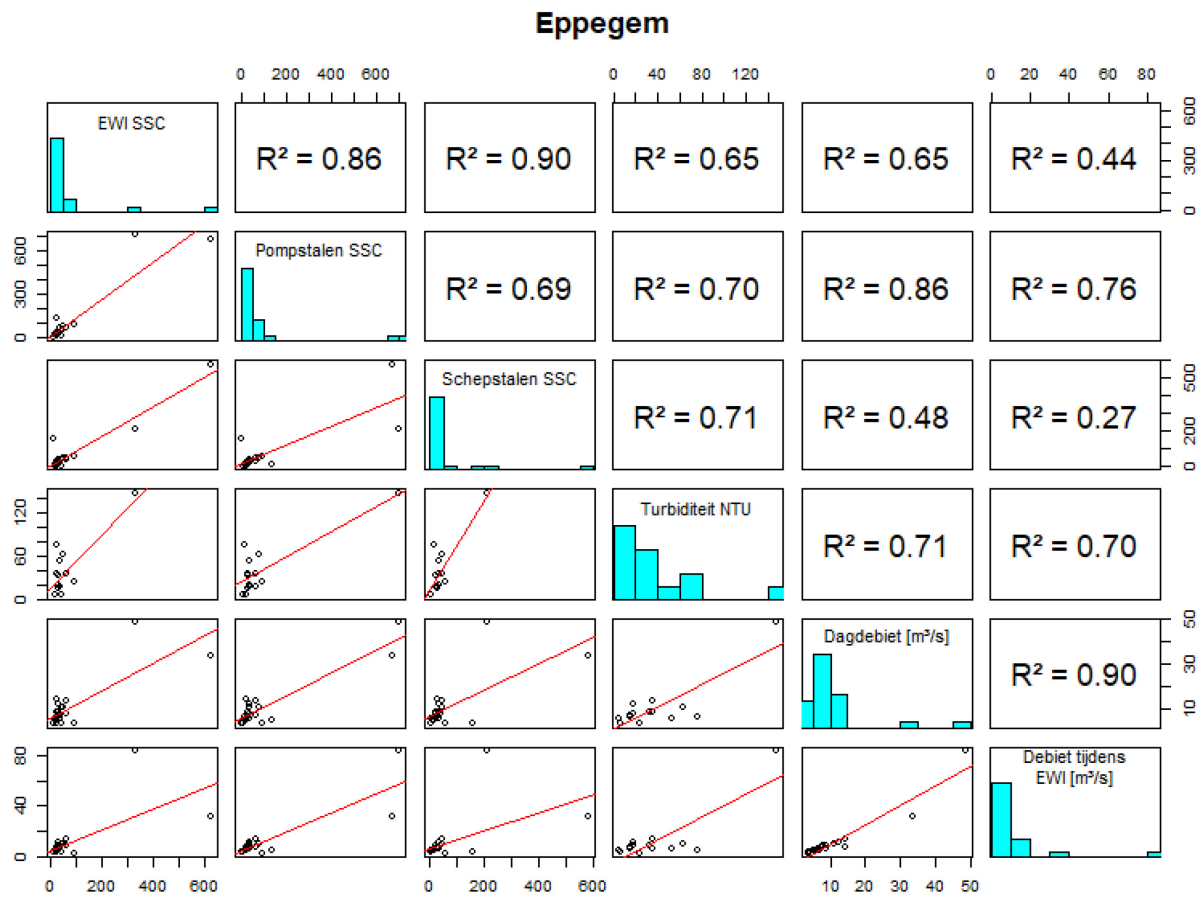
Figuur 18 – Turbiditeit Epegem



3.4.4 Alle parameters

Uit Figuur 19 komt opnieuw de sterke spreiding naar voor van enerzijds de EWI-campagnes met relatief lage debieten en anderzijds de twee campagnes met hoge debieten en een hoge concentratie aan zwevende stof.

Figuur 19 – Overzicht Eppegem



3.5 Kleine Nete – Grobbendonk

3.5.1 Overzicht EWI-campagnes

In Grobbendonk werden 23 EWI-campagnes uitgevoerd. Dit is een locatie zonder scheepvaart.

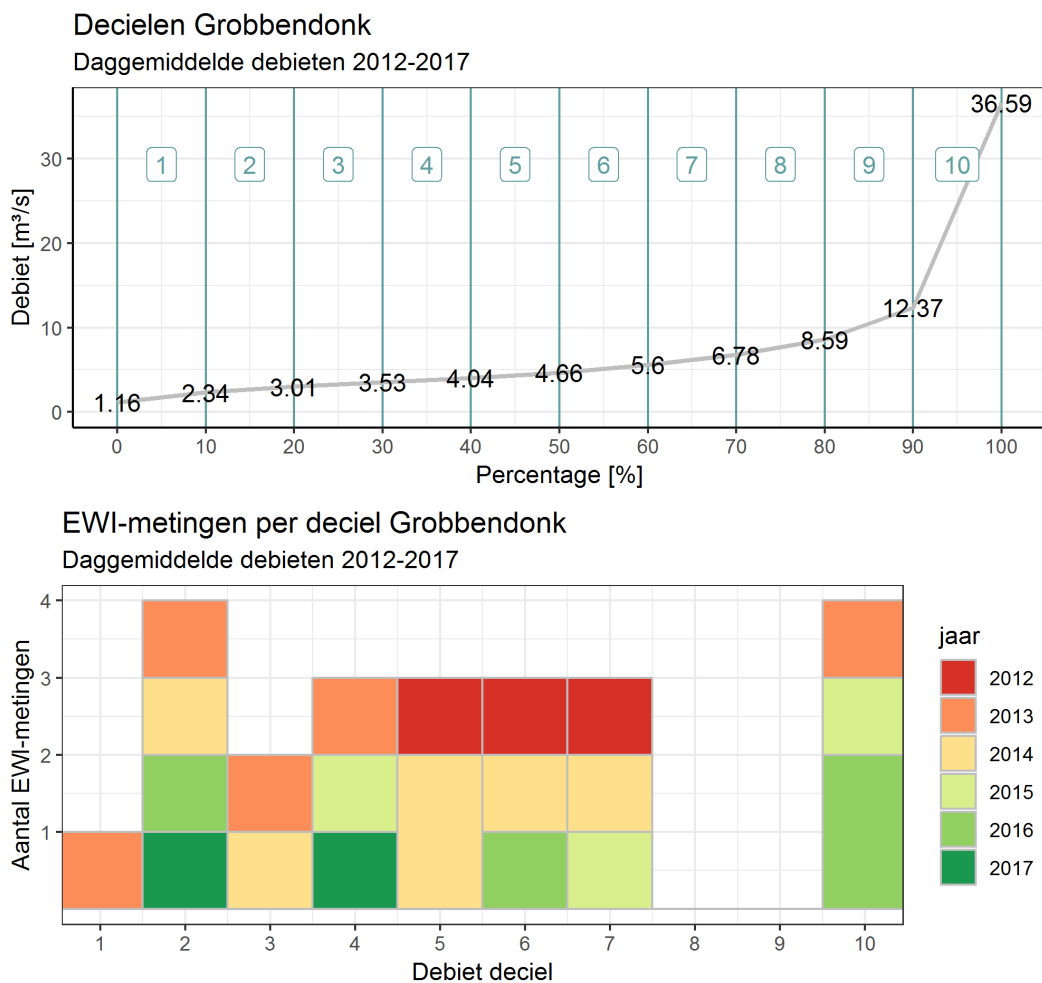
Tabel 8 – Overzicht EWI-campagnes Grobbendonk

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Debiet [m³/s] Dagdebiet
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		
20120201	Grobbendonk	24	-	30	49	7
20120802	Grobbendonk	12	29	12	26	5
20121011	Grobbendonk	18	30	15	15	4
20130131	Grobbendonk	71	163	64	118	19
20130423	Grobbendonk	11	13	14	17	4
20130613	Grobbendonk	23	19	12	14	3
20130725	Grobbendonk	221	13	9	-	2
20131008	Grobbendonk	31	16	11	12	2
20140327	Grobbendonk	14	21	12	-	4
20140605	Grobbendonk	18	22	16	15	4
20140731	Grobbendonk	6	27	7	7	2
20140918	Grobbendonk	10	11	7	12	3
20141202	Grobbendonk	22	29	17	-	6
20141211	Grobbendonk	25	34	22	-	7
20150108	Grobbendonk	42	72	34	-	15
20150219	Grobbendonk	32	40	34	44	6
20151029	Grobbendonk	34	12	9	14	4
20160308	Grobbendonk	22	128	34	26	14
20160526	Grobbendonk	36	28	11	27	5
20160531	Grobbendonk	80	99	191	62	28
20161031	Grobbendonk	14	13	6	17	3
20170425	Grobbendonk	16	83	9	-	4
20170601	Grobbendonk	11	12	3	-	2

3.5.2 Debiet

De meeste campagnes vonden plaats bij lagere debieten, maar er zijn ook vier metingen in het hoogste deciel. De campagnes met hoge debieten en hoge concentraties aan zwevende stof, zijn belangrijk voor het opstellen van de regressievergelijkingen.

Figuur 20 – Debiet Grobbendonk



3.5.3 Relatie EWI-Pompstalen

De datapunten vertonen vrij veel spreiding, binnen een beperkt bereik. Het valt op dat in Grobbendonk alle EWI-SSC waarden aan de lage kant zijn, ondanks dat er vier campagnes uitgevoerd werden in het hoogste debietdeciel.

Toch is er een trend zichtbaar. Er werd één outlier gedetecteerd met de 3-sigma test. Tijdens de EWI-campagne van de outlier (20130725) was het debiet laag, dan is een hoge SSC onwaarschijnlijk. Het gaat vermoedelijk om een verdacht EWI-staal.

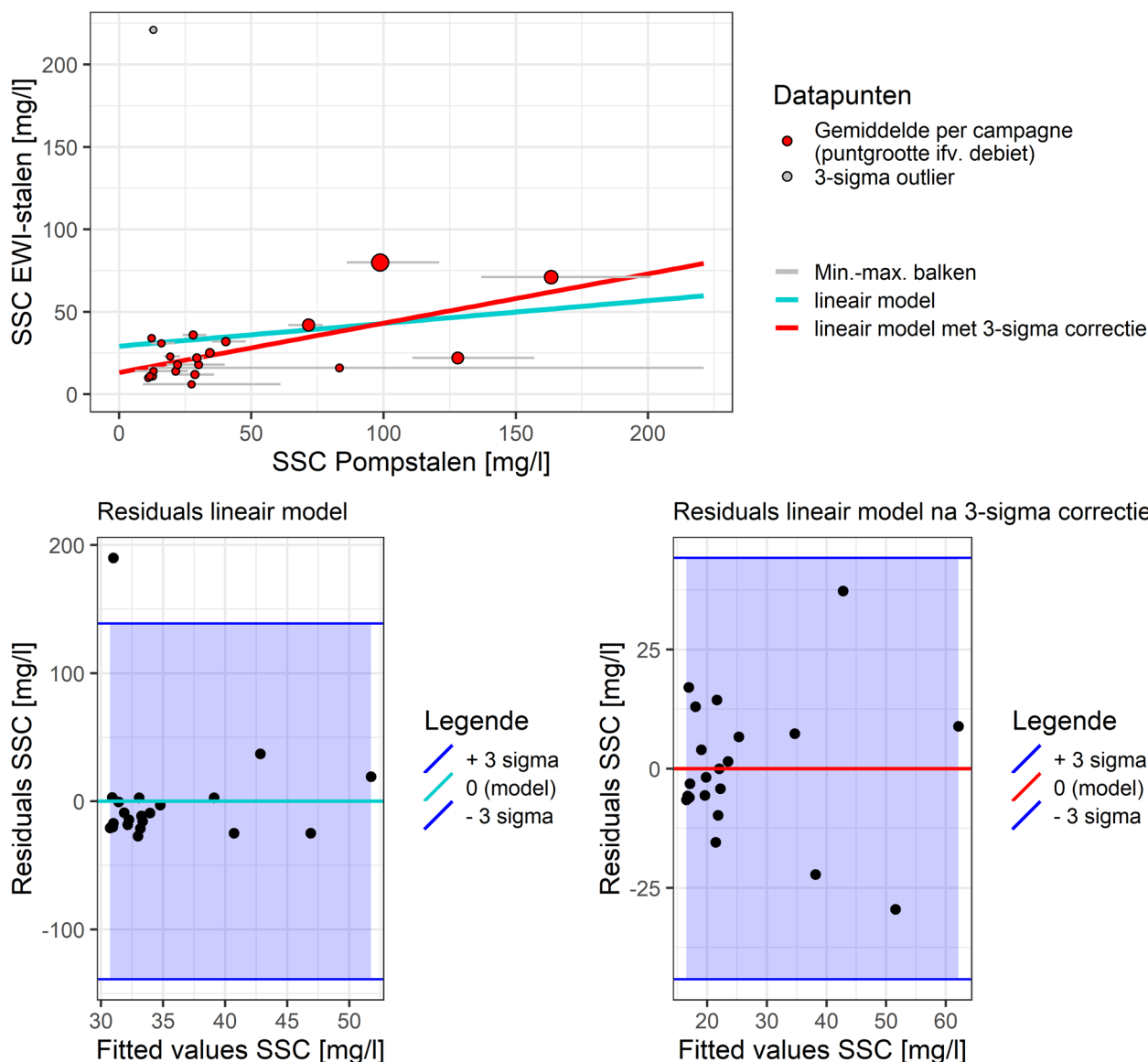
Het lineaire model met 3-sigma correctie wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 13.24 + 0.30 * SSC_{pomp}$$

De SSC van de pompstalen is veel hoger dan de SSC van de EWI-stalen. Dit is te verklaren doordat de inlaat van de pompsampler in Grobbendonk zeer dicht bij de bodem is gepositioneerd, waar de sedimentconcentratie hoger is. Een andere opstelling is daar niet mogelijk.

Figuur 21 – Pompstalen Grobbendonk

Grobbendonk

Lineair model: $y = 29.22 + 0.14 x$ ($R^2 = 0.02$, $RMSE = 44.14$ en $p=0.577$)Lineair model met 3-sigma correctie: $y = 13.24 + 0.30 x$ ($R^2 = 0.43$, $RMSE = 14.01$ en $p=0.001$)

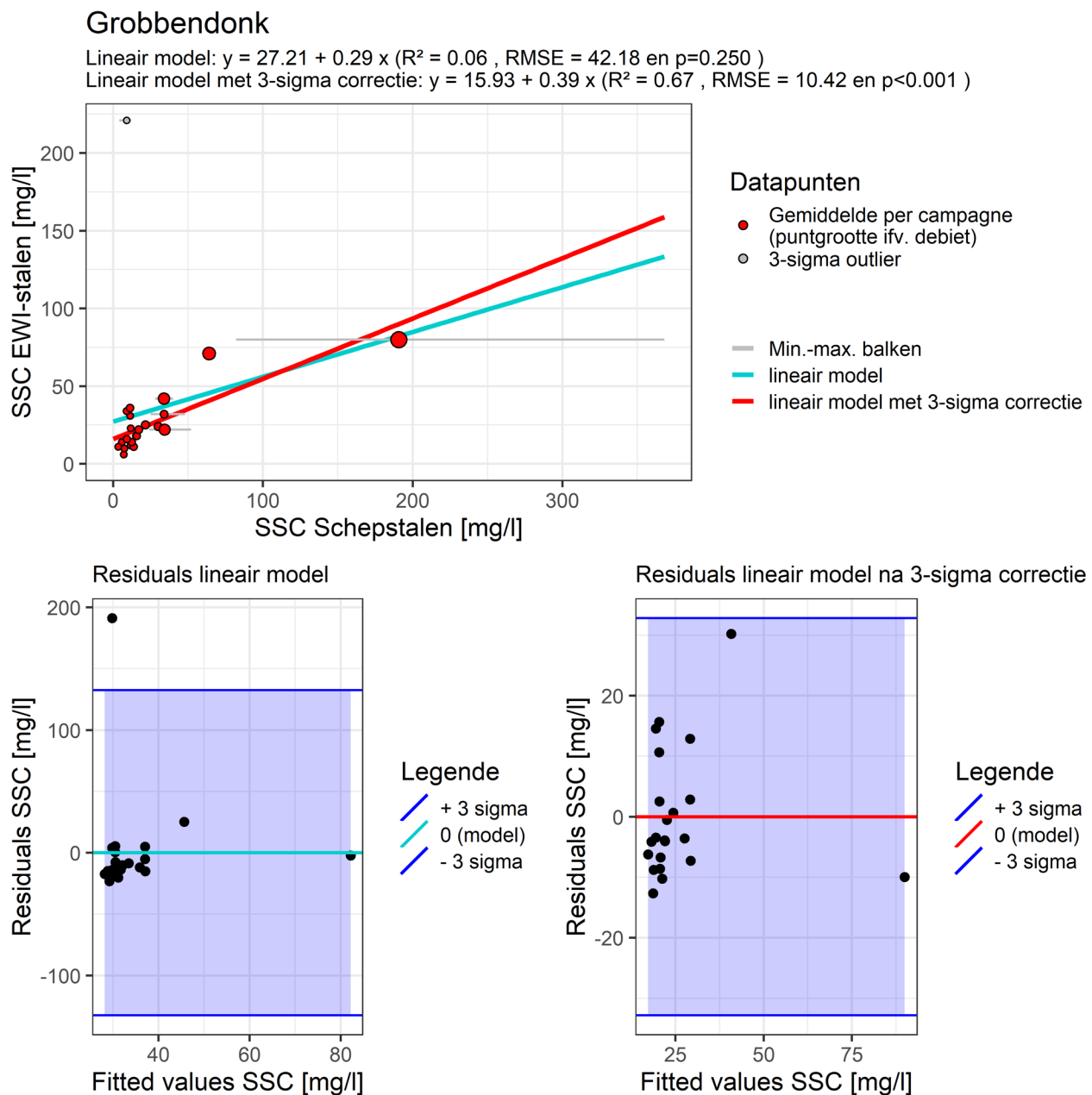
3.5.4 Relatie EWI-Schepstalen

Voor de schepstalen wordt met behulp van de 3-sigmacorrectie dezelfde outlier vastgesteld als voor de pompstalen. Zowel voor als na het verwijderen van de outlier, vertonen de residu's een stijgende trend. Dit wijst erop dat de regressiecurve naar beneden wordt getrokken door het meest rechtse datapunt. Voor dit punt is er een groot verschil in SSC tussen de drie beschikbare schepstalen. Omdat er slechts drie schepstalen beschikbaar zijn, is er beslist om hier geen filtering op uit te voeren en steeds het gemiddelde van alle beschikbare stalen te nemen.

Het lineaire model met 3-sigma correctie wordt weerhouden:

$$gecorrigeerde\ SSC = 15.93 + 0.39 * SSC_{schep}$$

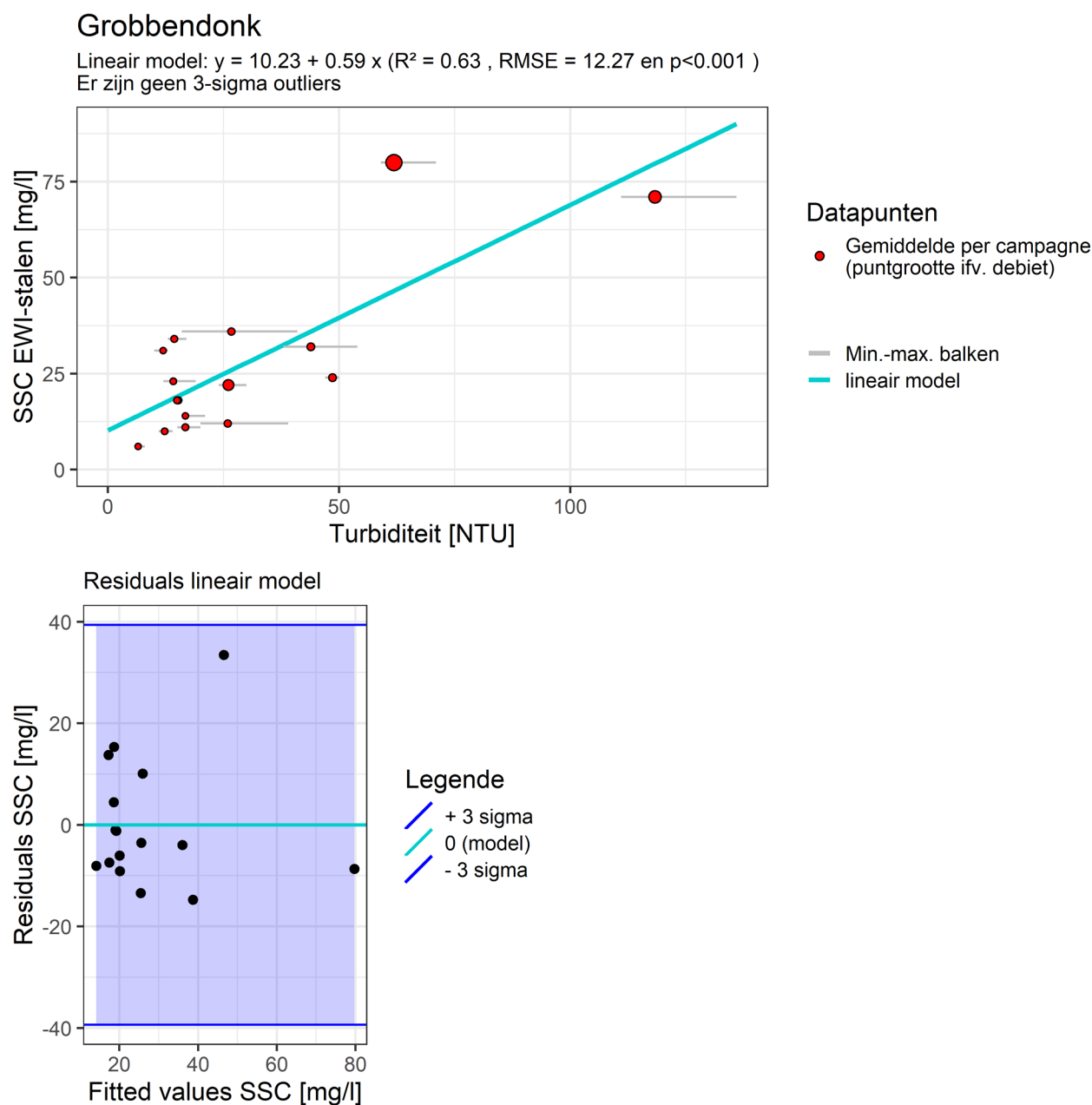
Figuur 22 – Schepstalen Grobbendonk



3.5.5 Relatie EWI-Turbiditeit

Voor Grobbendonk is er een redelijk goed verband tussen de EWI-SSC en de turbiditeit. Er werden geen outliers gevonden met de 3-sigma test.

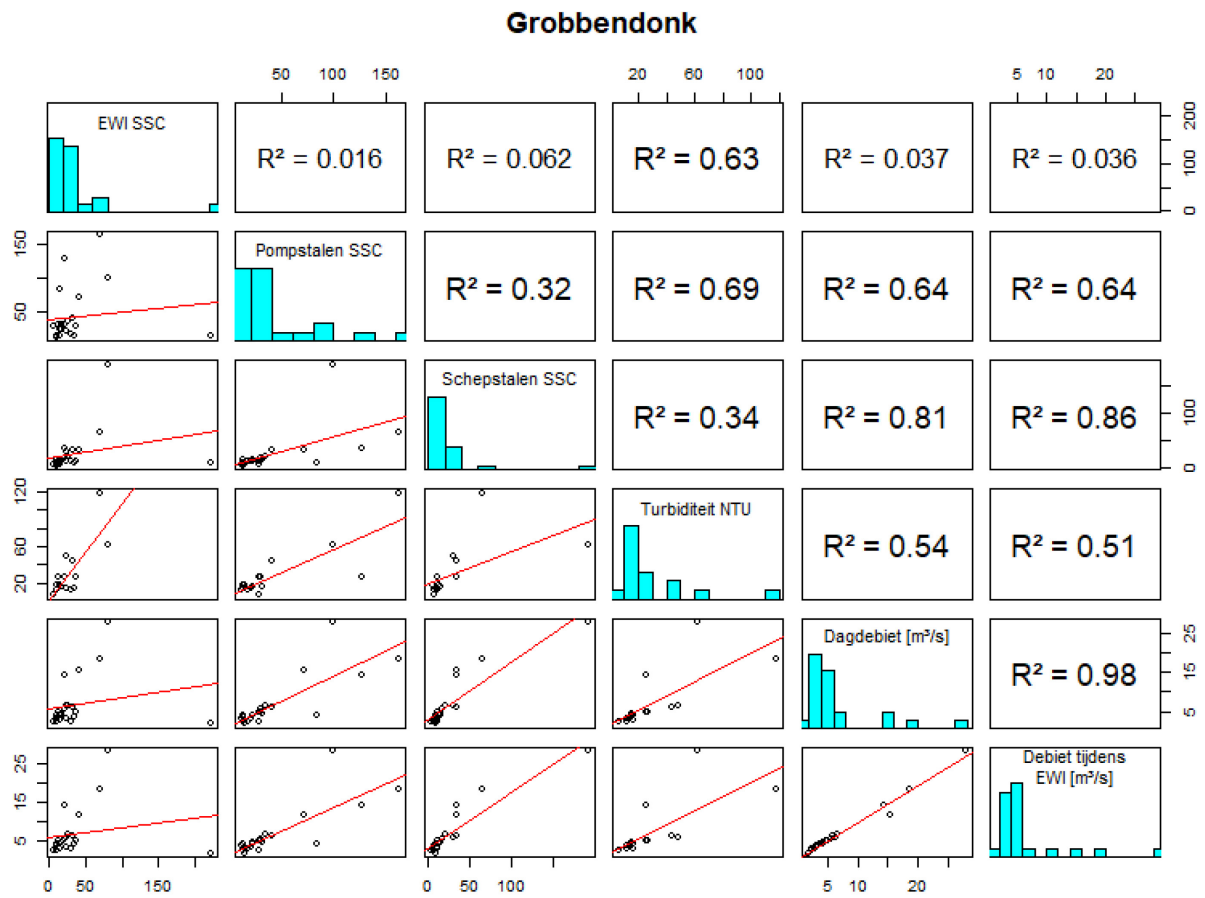
Figuur 23 – Turbiditeit Grobbendonk



3.5.6 Alle parameters

Uit Figuur 24 blijkt dat er steeds een positief verband is tussen de parameters onderling. In de eerste kolom is duidelijk de outlier waar te nemen die ook in de voorgaande regressiecurves voor pomp- en schepstalen vastgesteld werd. Zoals te verwachten is de R^2 tussen de daggemiddelde debieten en de instantane debieten tijdens de EWI-campagne zeer hoog.

Figuur 24 – Overzicht Grobbendonk



3.6 Bovenschelde – Gavere

3.6.1 Overzicht EWI-campagnes

In Gavere zijn 11 EWI-campagnes beschikbaar. Er werden ook nog twee campagnes uitgevoerd op 04/11/2014 en 05/05/2015, maar deze konden niet verwerkt worden wegens respectievelijk een probleem met de analyses in het sedimentlabo en onregelmatigheden in het dataformaat van de aanlevering/logboeken.

Gavere is een locatie met scheepvaart. Tijdens elk van de 11 campagnes werd scheepvaart vastgesteld en zijn er dus analyseresultaten van de EWI-deelstalen beschikbaar.

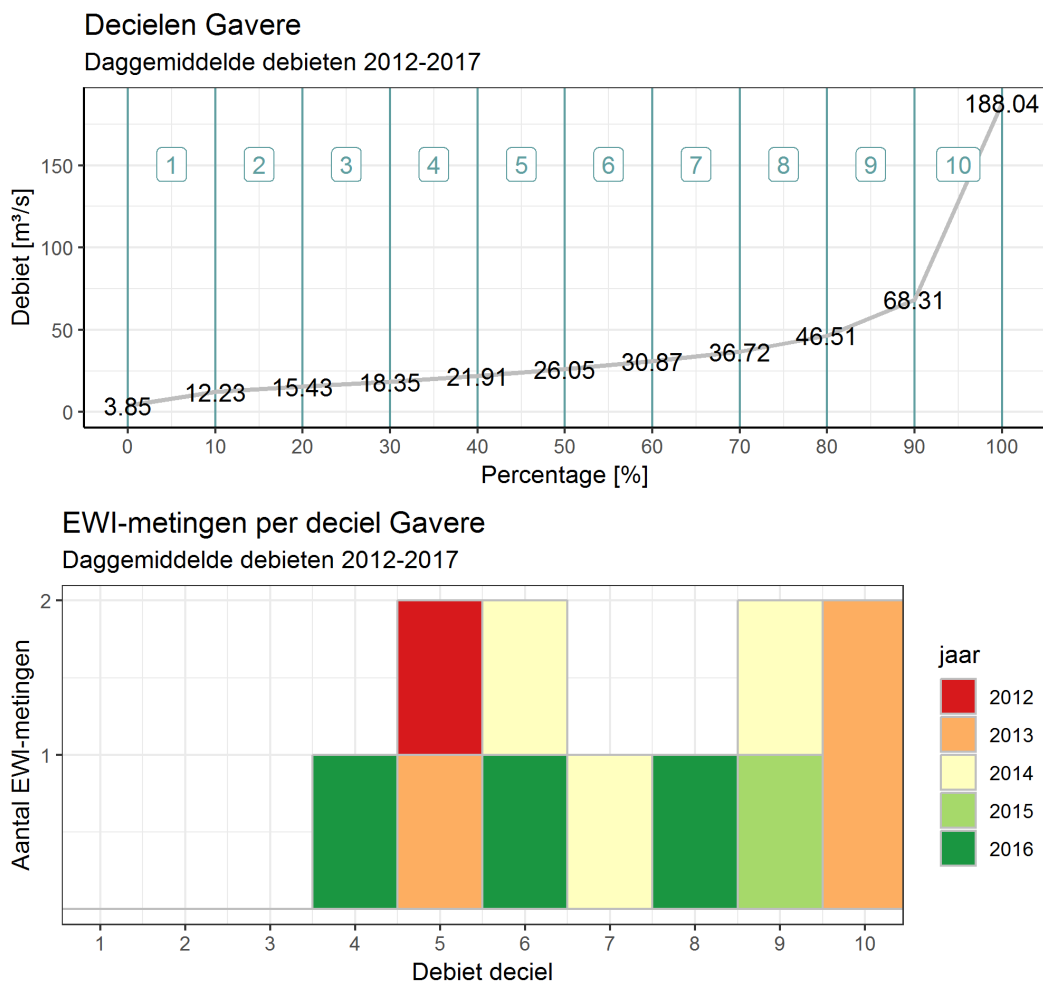
Tabel 9 – Overzicht EWI-campagnes Gavere

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit t [NTU]	Debiet [m ³ /s]		Scheepvaart t tijdens EWI
		EWI	Pomp- stalen	Schep- stalen		Dagdebiet t	Tijdens EWI	
20120719	Gavere	25	24	24	12	26	35	X
20130207	Gavere	152	158	136	74	117	119	X
20130606	Gavere	30	36	16	14	24	5	X
20131105	Gavere	166	165	145	102	77	52	X
20140220	Gavere	63	61	40	31	56	55	X
20140522	Gavere	28	42	17	-	26	19	X
20141125	Gavere	43	-	24	24	31	8	X
20151126	Gavere	115	80	45	45	52	51	X
20160126	Gavere	31	36	27	24	39	36	X
20160407	Gavere	33	59	19	14	30	7	X
20160519	Gavere	46	57	31	20	21	25	X

3.6.2 Debiet

De campagnes zijn voornamelijk uitgevoerd in periodes met hoger dan gemiddelde debieten.

Figuur 25 – Debiet Gavere



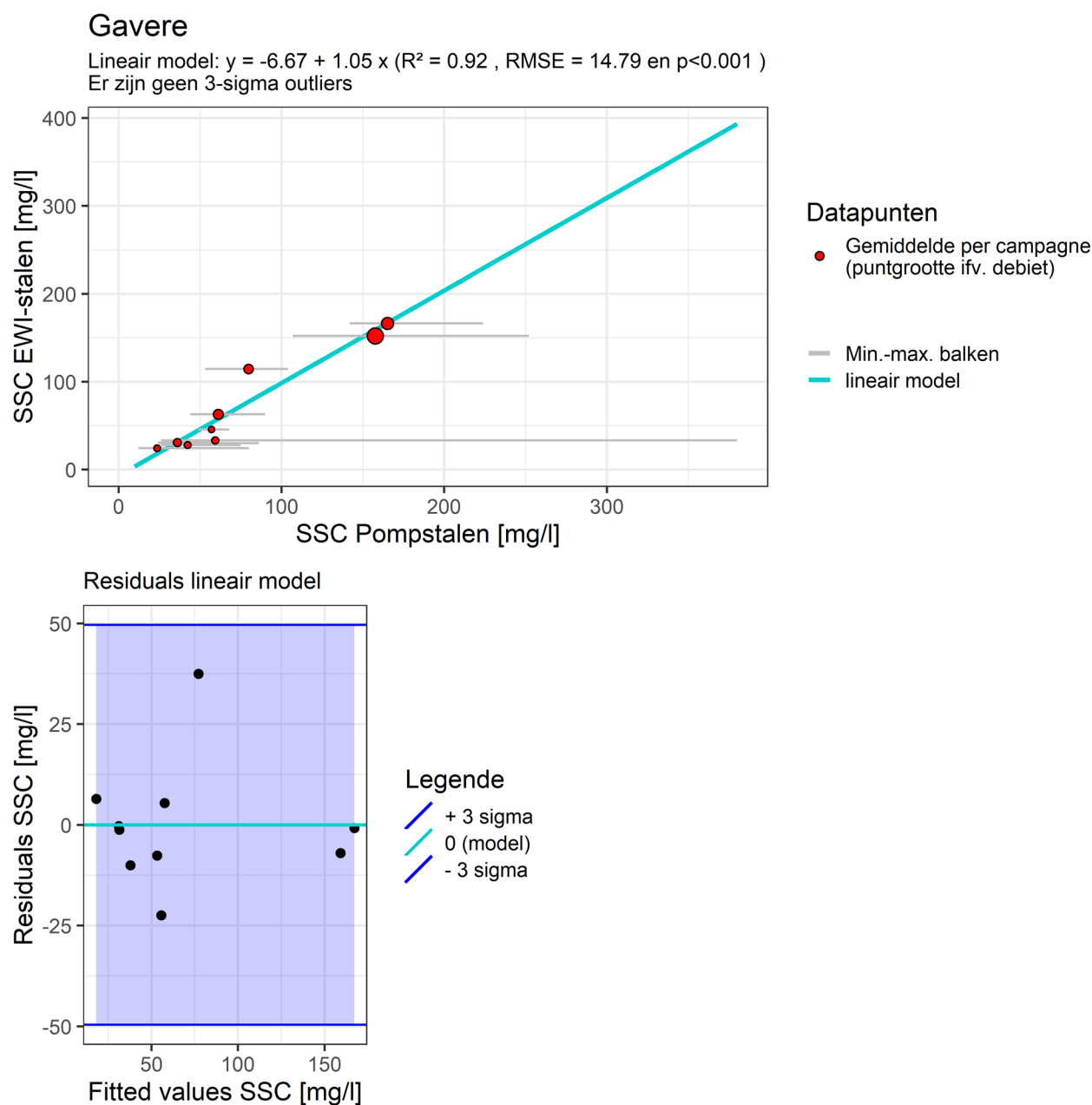
3.6.1 Relatie EWI-Pompstalen

De R^2 tussen de pompstalen en de EWI-stalen is zeer goed en de RMSE is zeer laag. Bovendien merken we op dat de lineaire trendlijn ongeveer samen met de 1:1 lijn, wat erop wijst dat de SSC van de pompstalen, ook zonder EWI-correctie, al representatief is voor de SSC over de hele dwarsdoorsnede.

Hoewel een correctie niet echt noodzakelijk is, wordt het lineaire model weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = -6.67 + 1.05 * SSC_{pomp}$$

Figuur 26 – Pompstalen Gavere



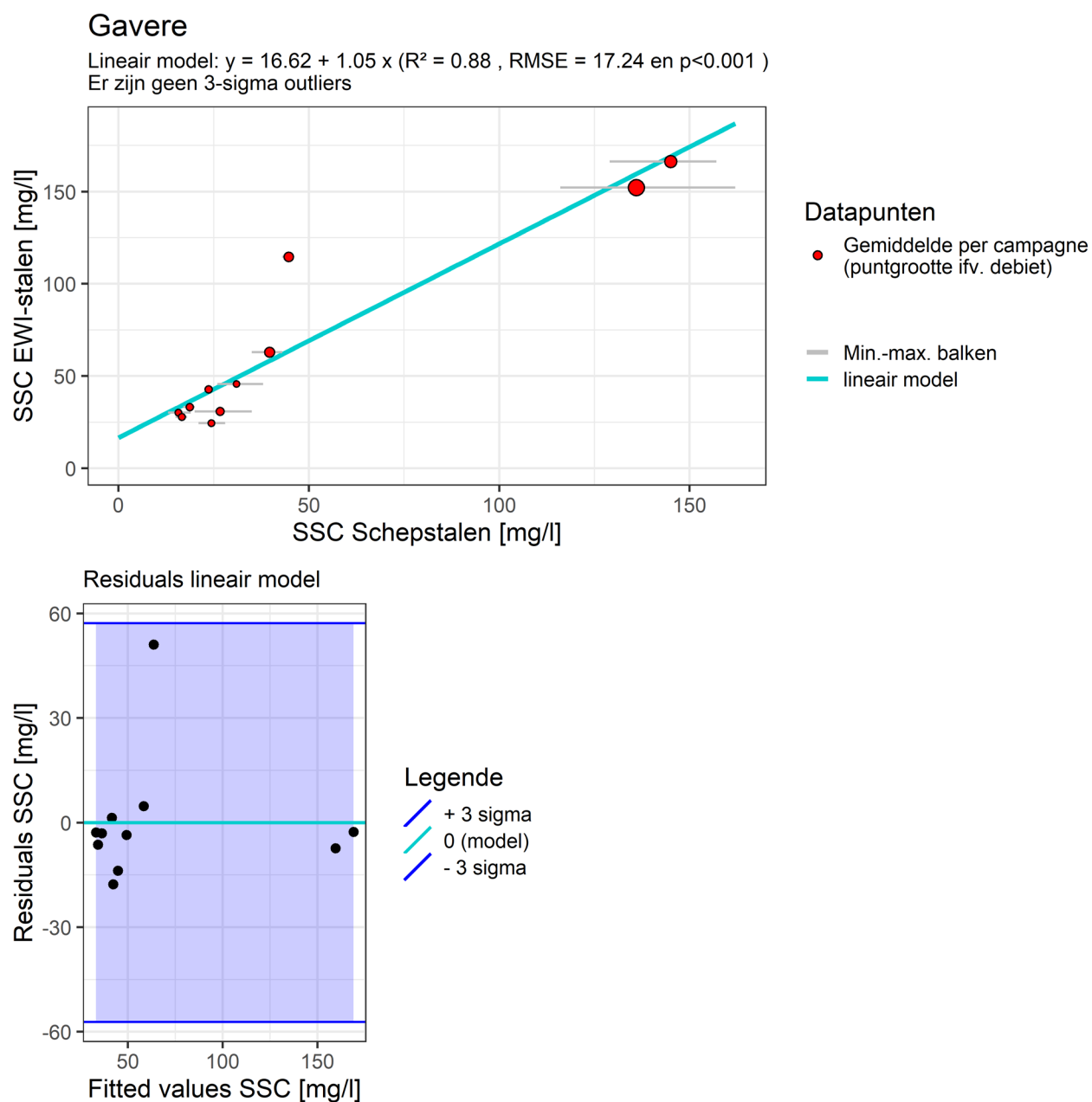
3.6.2 Relatie EWI-Schepstalen

Er wordt voor Gavere eveneens een goed verband gevonden tussen de schepstalen en de EWI-stalen. Er zijn geen outliers die buiten het 3-sigma criterium vallen.

Het lineaire model wordt weerhouden:

$$gecorrigeerde\ SSC = 16.62 + 1.05 * SSC$$

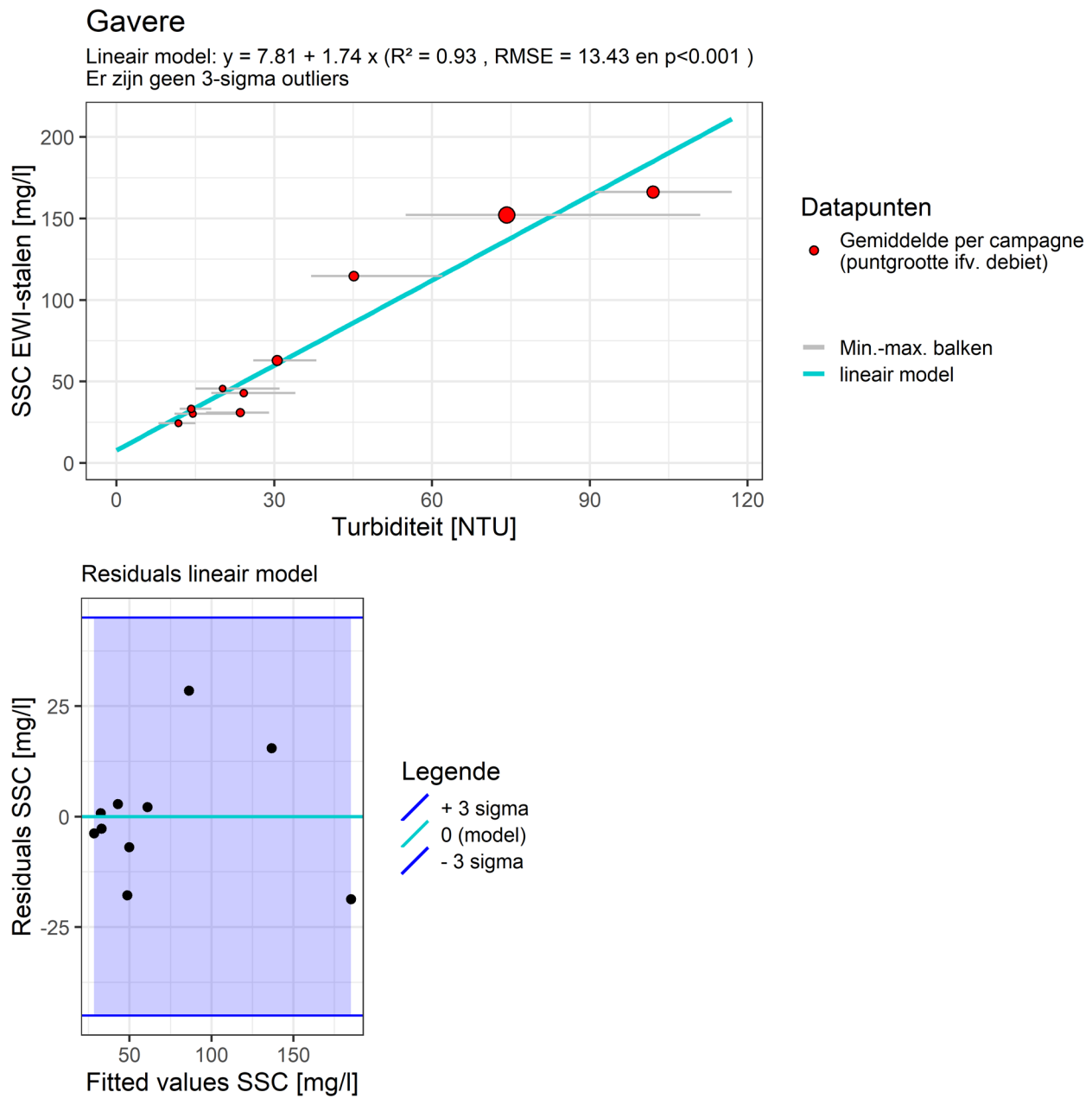
Figuur 27 – Schepstalen Gavere



3.6.3 Relatie EWI-Turbiditeit

Net als voor de pomp- en schepstalen wordt er in Gavere een goed verband gevonden tussen de turbiditeit en de EWI-SSC.

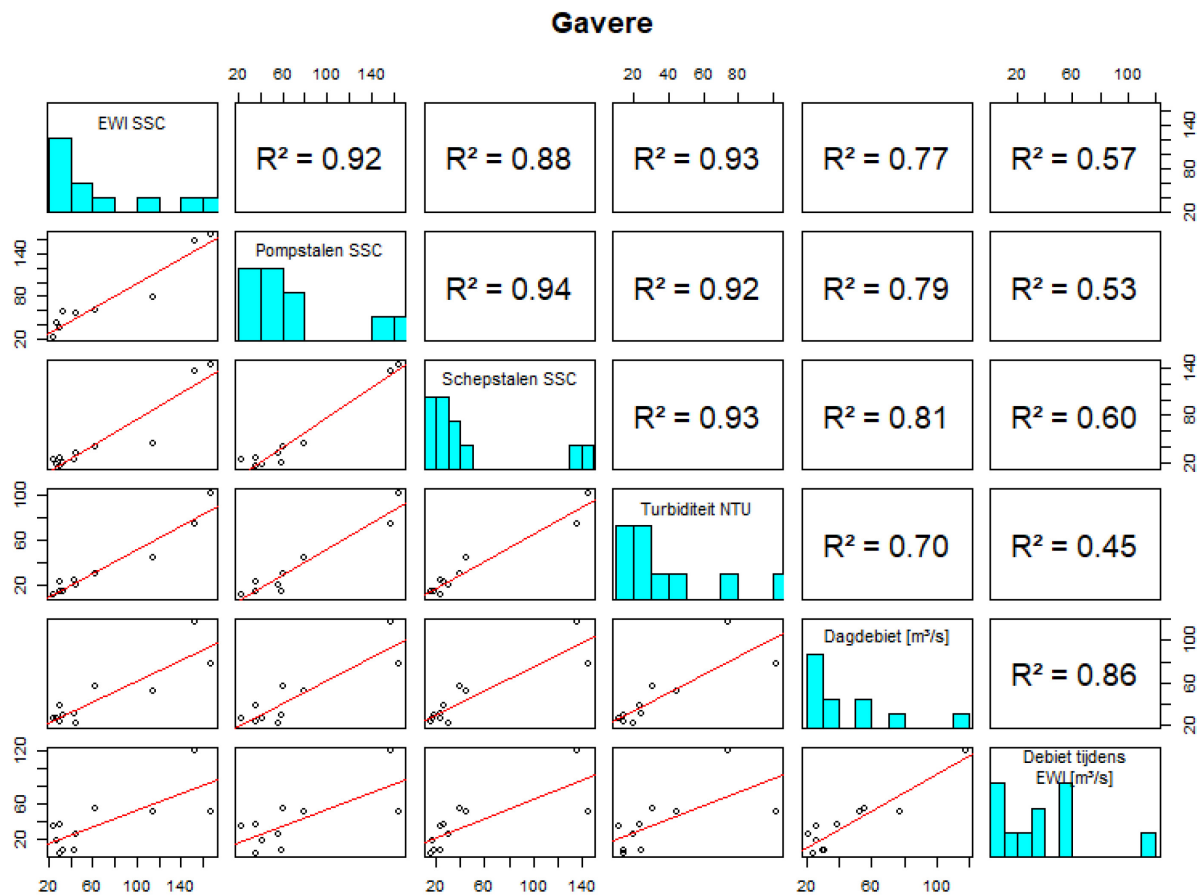
Figuur 28 – Turbiditeit Gavere



3.6.4 Alle parameters

Uit het overzicht in Figuur 29 blijkt dat er in Gavere een sterk verband is tussen alle parameters voor sedimentconcentratie, turbiditeit en debiet.

Figuur 29 – Overzicht Gavere



3.7 Grote Nete – Itegem-Hullebrug

3.7.1 Overzicht EWI-campagnes

In Itegem-Hullebrug werden slechts vijf EWI-campagnes uitgevoerd. Dit is een locatie zonder scheepvaart.

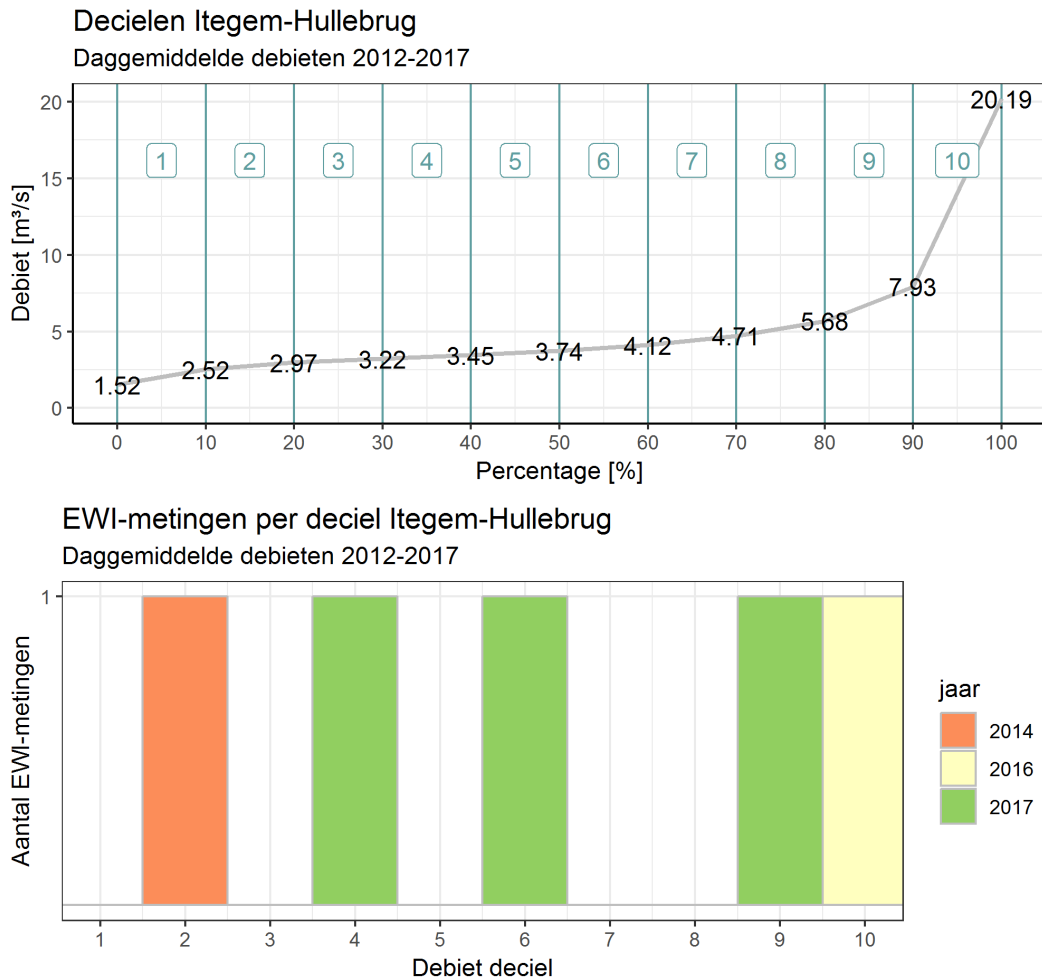
Tabel 10 – Overzicht EWI-campagnes Itegem-Hullebrug

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Dagdebiet [m³/s]
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		
20140918	Itegem-Hullebrug	24	13	20	-	3
20160531	Itegem-Hullebrug	80	52	41	50	13
20170117	Itegem-Hullebrug	58	-	27	-	7
20170425	Itegem-Hullebrug	25	18	13	-	4
20170601	Itegem-Hullebrug	51	19	21	-	3

3.7.2 Debiet

De uitgevoerde campagnes vertonen een goede spreiding over de debietsklassen heen.

Figuur 30 – Debiet Itegem-Hullebrug



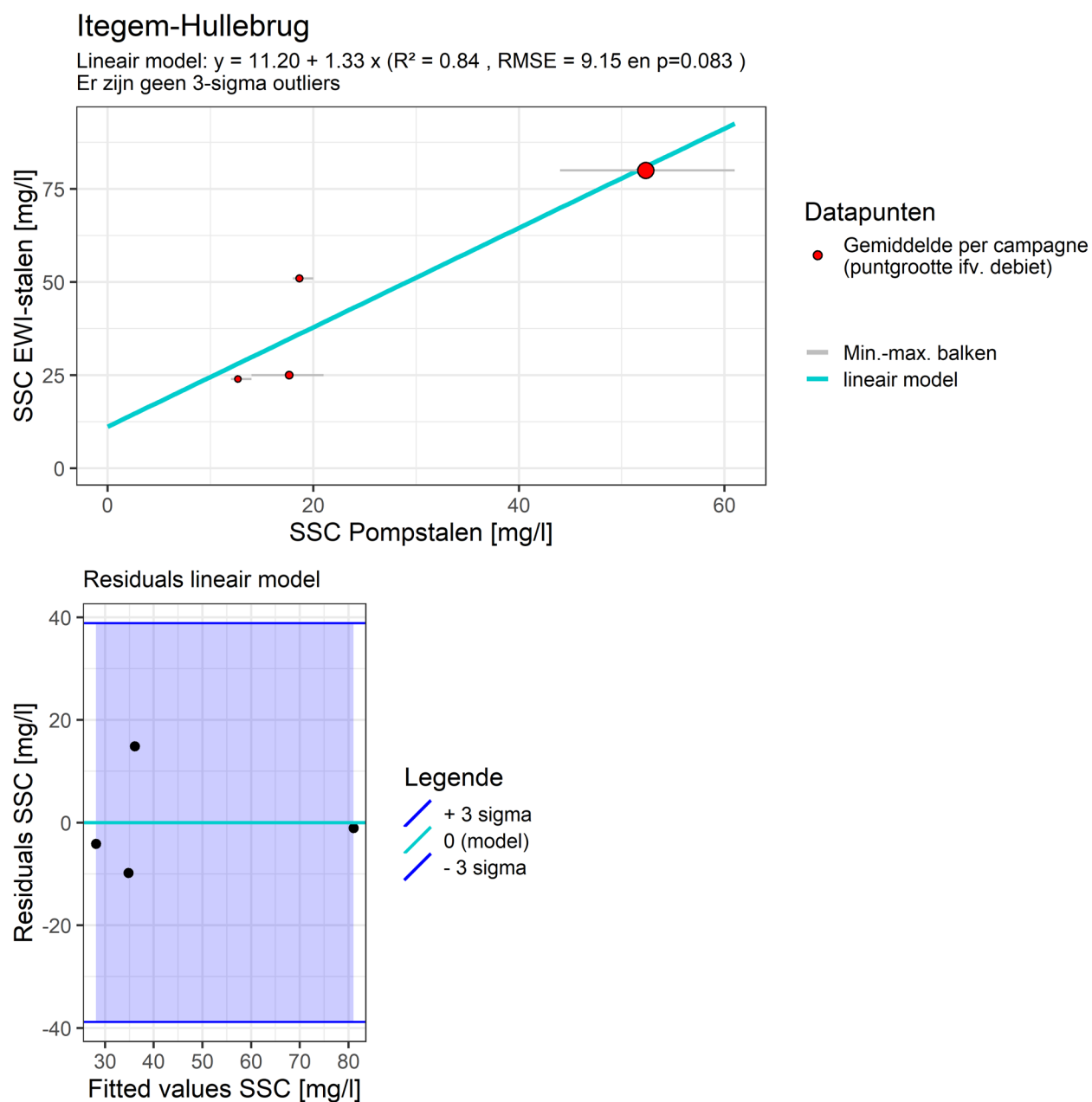
3.7.1 Relatie EWI-Pompstalen

Voor Itegem-Hullebrug wordt er een goede R^2 en lage RMSE gevonden tussen de pompstalen en de EWI-stalen. Gezien het lage aantal datapunten is de regressiecurve echter alleen significant wanneer men 0.1 als significantieniveau toepast ($p=0.083$).

Het lineaire model wordt weerhouden:

$$gecorrigeerde\ SSC = 11.20 + 1.33 * SSC_{pomp}$$

Figuur 31 – Pompstalen Itegem-Hullebrug



3.7.2 Relatie EWI-Schepstalen

De schepstalen vertonen ongeveer hetzelfde fenomeen als de pompstalen voor Itegem-Hullebrug. De R^2 en de RMSE zijn goed, maar de p-waarde is eerder laag ($p=0.026$) en enkel significant op het 90 % niveau.

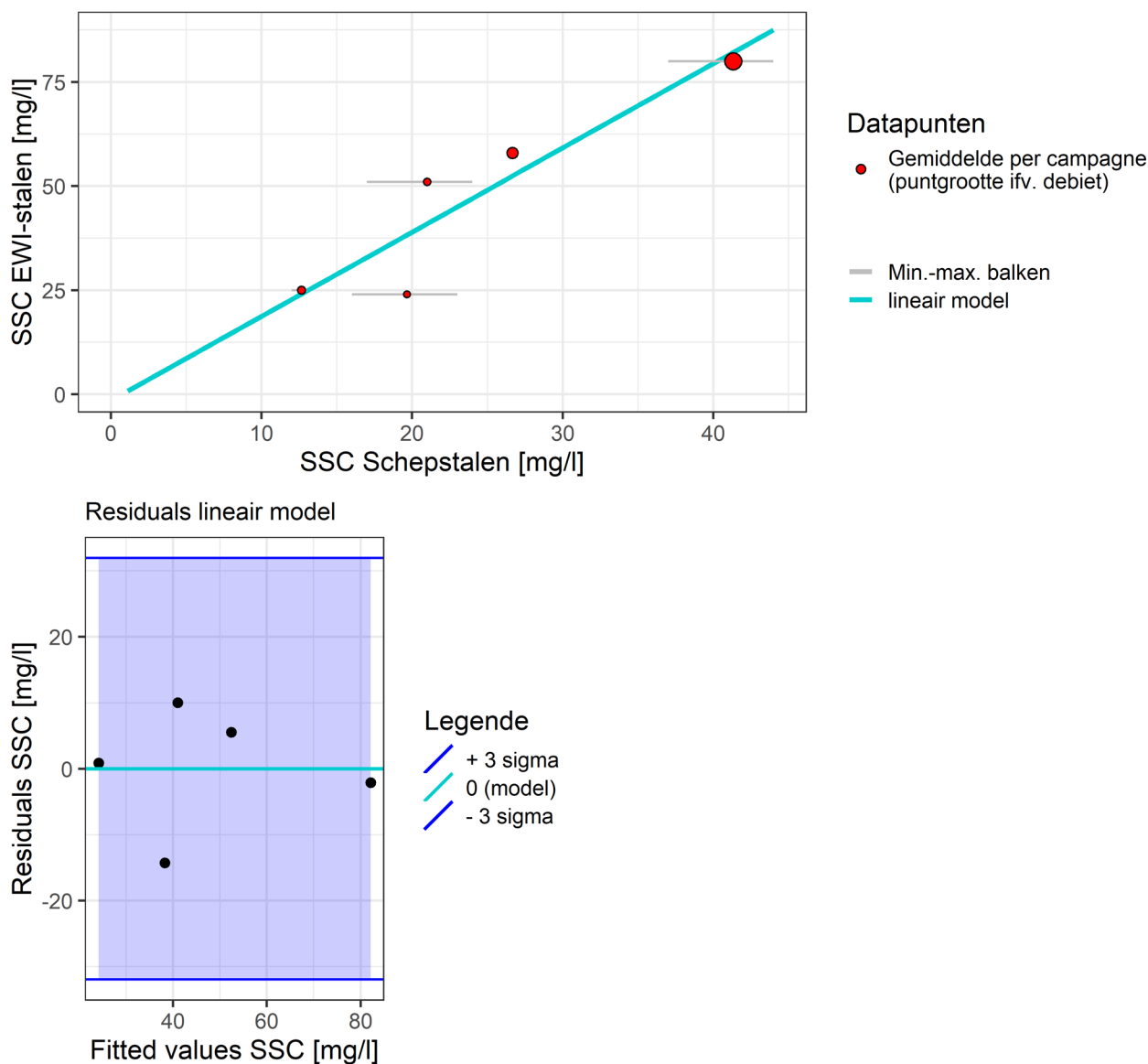
Het lineaire model wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = -1.49 + 2.02 * \text{SSC}$$

Figuur 32 – Schepstalen Itegem-Hullebrug

Itegem-HullebrugLineair model: $y = -1.49 + 2.02 x$ ($R^2 = 0.85$, $RMSE = 8.25$ en $p=0.026$)

Er zijn geen 3-sigma outliers

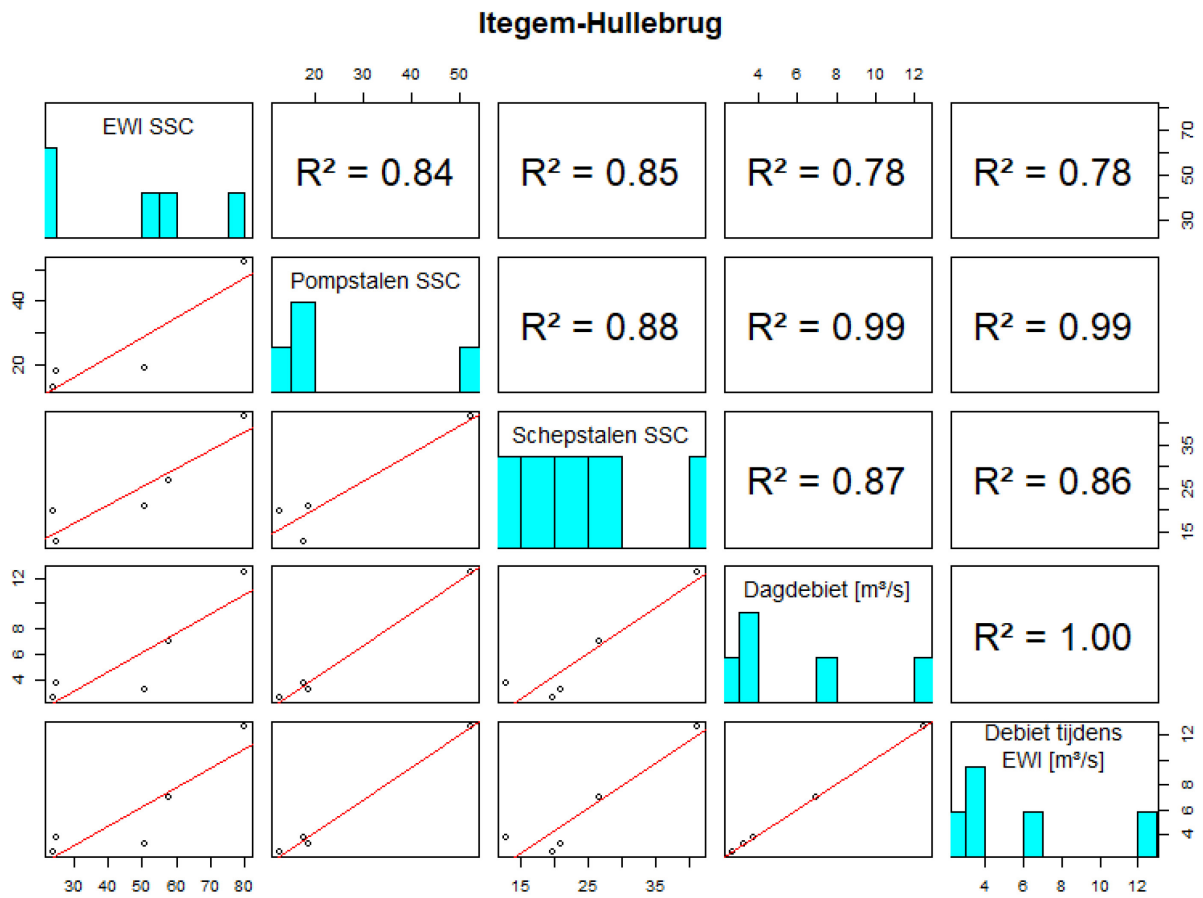
**3.7.3 Relatie EWI-Turbiditeit**

Wegens het ontbreken van meetwaarden, kan de regressiecurve voor turbiditeit voor Itegem-Hullebrug niet opgesteld worden.

3.7.4 Alle parameters

Er is een positief verband tussen EWI-SSC, pompstalen SSC, schepstalen SSC, dagdebiet en instantaan debiet. Turbiditeit is niet beschikbaar.

Figuur 33 – Overzicht Itegem-Hullebrug



3.8 Boven-Zeeschelde – Melle

3.8.1 Overzicht EWI-campagnes

In Melle zijn 14 EWI-campagnes uitgevoerd. Dit is een locatie met scheepvaart. Meestal werd er scheepvaart geregistreerd, de EWI-deelstalen werden dan apart geanalyseerd. In Melle is de getijfase van belang, daarom wordt, naast het dagdebiet, het gemiddelde debiet tijdens de EWI-campagne gegeven.

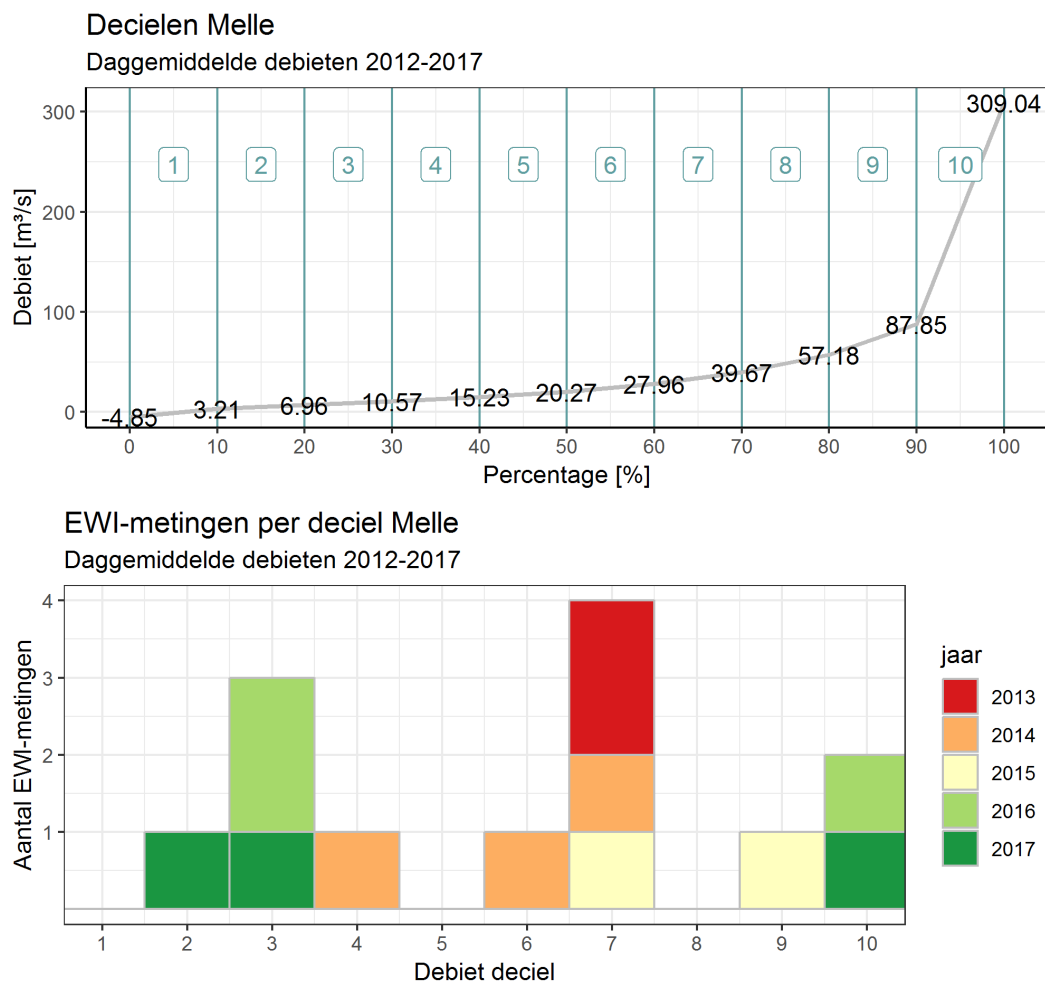
Tabel 11 – Overzicht EWI-campagnes Melle

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Debiet [m³/s]		Scheepvaart tijdens EWI
		EWI	Pomp- stalen	Schep- stalen		Dagdebiet	Tijdens EWI	
20130905	Melle	153	222	133	90	-	-	X
20131017	Melle	94	165	115	92	37	75	X
20131128	Melle	72	82	60	37	39	-70	X
20140320	Melle	67	75	52	31	38	128	X
20140612	Melle	48	67	36	34	25	93	X
20140821	Melle	102	91	49	33	14	40	X
20150305	Melle	55	74	41	31	58	103	X
20150428	Melle	76	72	54	41	32	20	-
20160303	Melle	36	71	15	32	133	33	X
20160503	Melle	118	72	89	32	8	44	X
20160825	Melle	364	382	230	160	7	-141	X
20170207	Melle	79	449	83	59	119	80	X
20170404	Melle	185	287	89	41	9	-69	X
20170713	Melle	93	247	85	64	4	19	X

3.8.2 Debiet

Er werd bij verschillende debieten gemeten. Voor één EWI-campagne in Melle (05/09/2013) is er geen debiet beschikbaar.

Figuur 34 – Debiet Melle

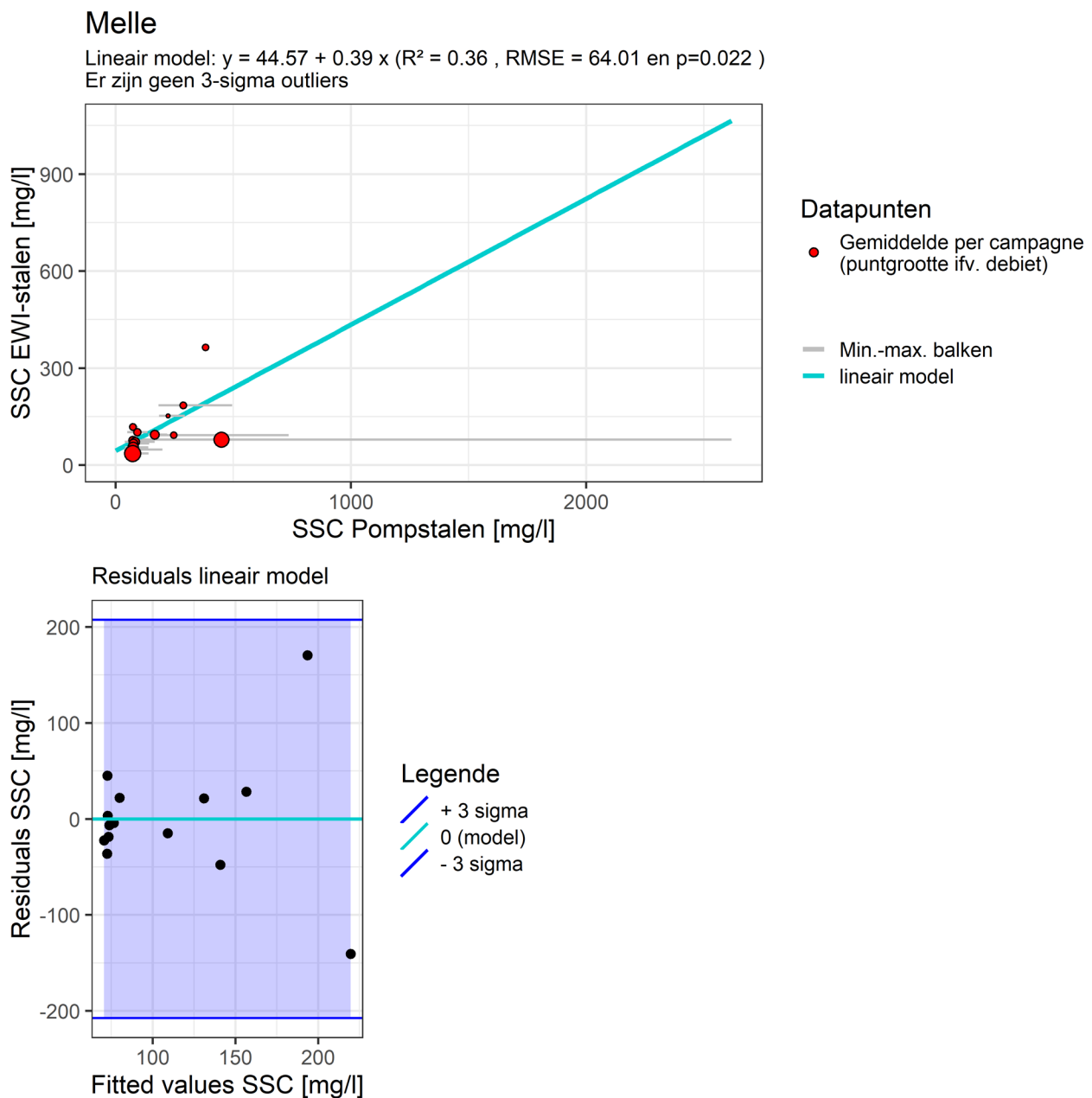


3.8.1 Relatie EWI-Pompstalen

Door een pompstaal met uitzonderlijk hoge SSC, hebben de assen in Figuur 35 een zeer groot bereik. Het valt op dat, voor Melle, de campagnes met de hoogste debieten niet de campagnes zijn met de hoogste SSC. Onder andere als gevolg van het ene pompstaal met extreme SSC, is de R^2 van het regressiemodel eerder laag. De opgestelde regressiecurve is weinig significant ($p=0.022$):

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 44.57 + 0.39 * SSC_{\text{pomp}}$$

Figuur 35 – Pompstalen Melle



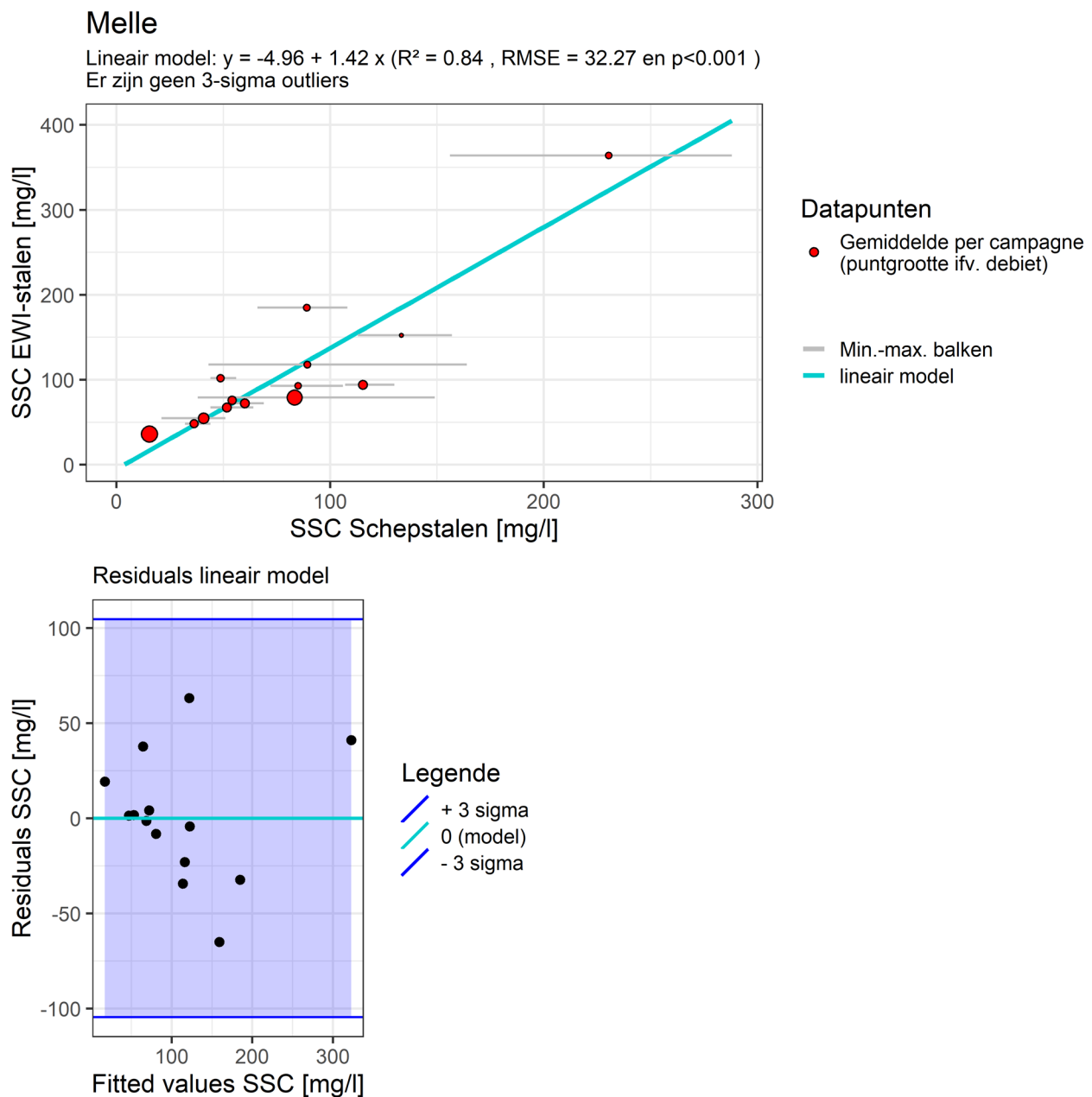
3.8.2 Relatie EWI-Schepstalen

Er is een goed verband tussen de SSC van de schepstalen en de SSC van de EWI-stalen. De R^2 en de RMSE zijn beter dan voor het model voor de pompstalen. De residu's lijken een dalende trend te vertonen. Er zijn meer metingen bij hoge SSC nodig om te kunnen bepalen of het huidige model de helling van de regressiecurve overschat, dan wel of het gaat om een niet-lineaire trend.

Het lineaire model wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = -4.96 + 1.42 * SSC_{\text{schep}}$$

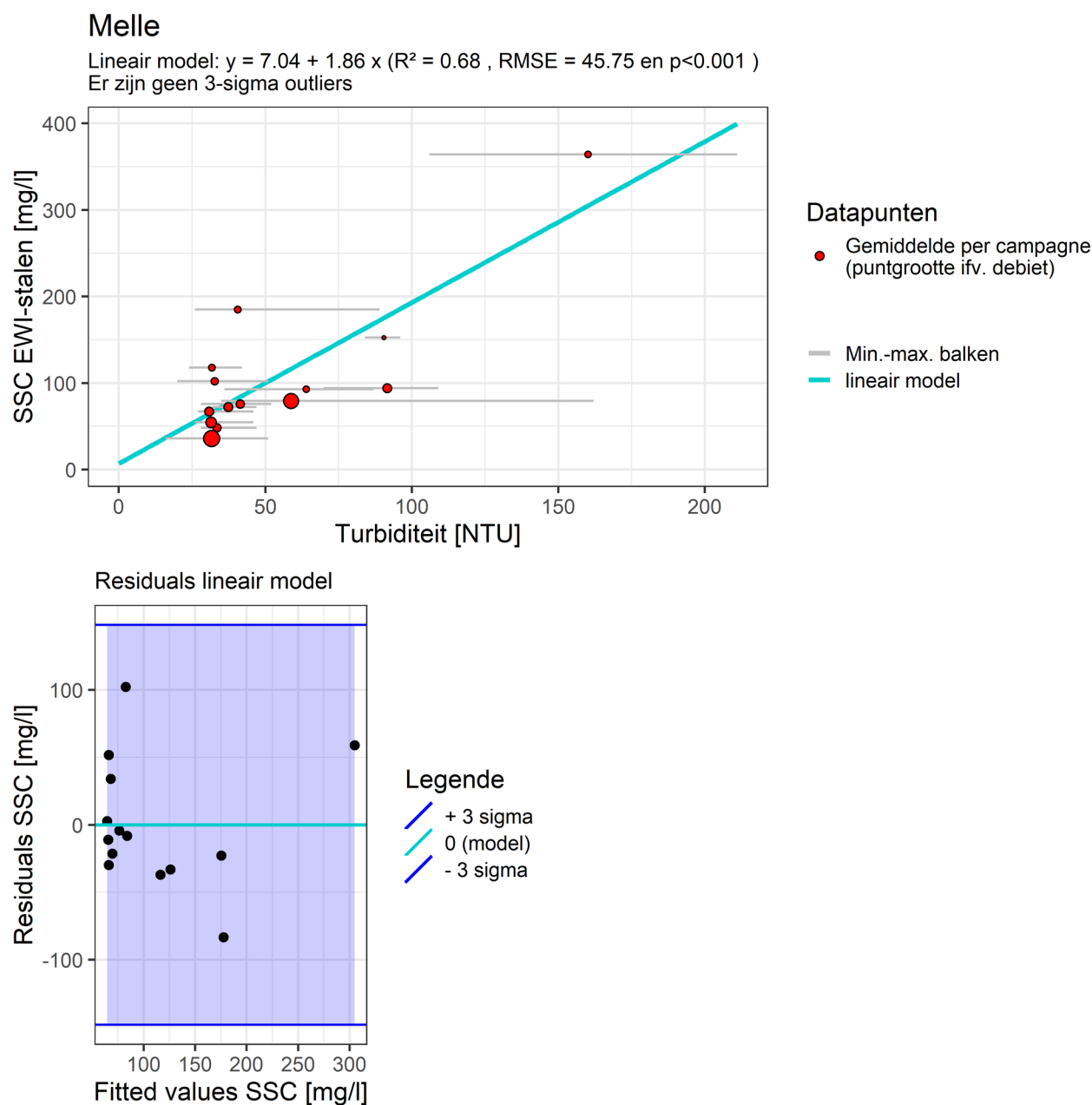
Figuur 36 – Schepstalen Melle



3.8.3 Relatie EWI-Turbiditeit

De datapunten in Figuur 37 vertonen een sterke spreiding. De helling van de regressiecurve wordt voornamelijk bepaald door één punt met hoge SSC en hoge turbiditeit.

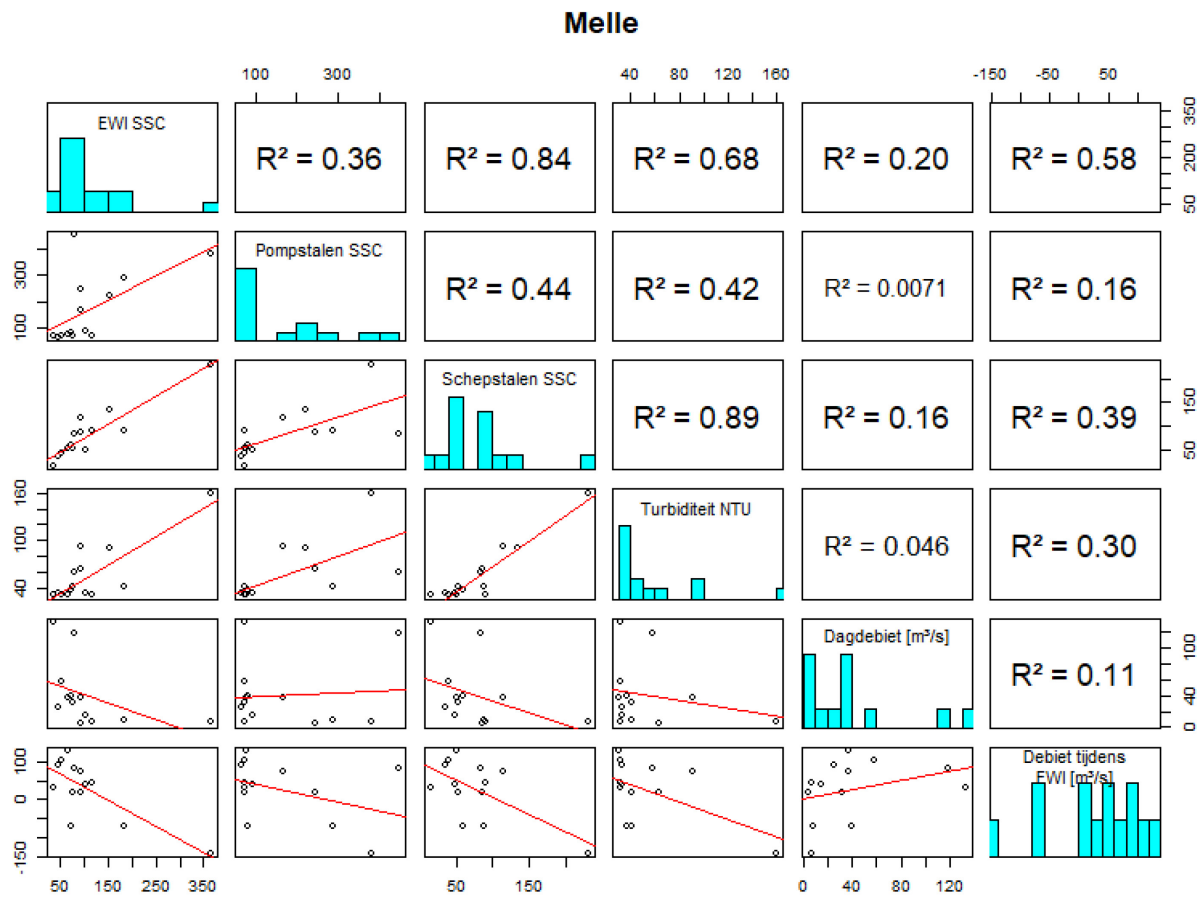
Figuur 37 – Turbiditeit Melle



3.8.4 Alle parameters

Het valt op dat er in Melle een negatief verband is tussen de drie SSC-waarden (EWI-, pomp- en schepstalen) en het debiet. Bij lagere debieten (of opwaarts gerichte) debieten komen er dus hogere SSC-waarden voor. Dit kan verklaard worden door het opwaarts migreren van het estuarien turbiditeitsmaximum bij lage bovenafvoer (Vandenbruwaene et al., 2016).

Figuur 38 – Overzicht Melle



3.9 Ringvaart Gent – Wondelgem

3.9.1 Overzicht EWI-campagnes

In Wondelgem werden slechts vier EWI-campagnes uitgevoerd. Tijdens elke campagne werd scheepvaart vastgesteld.

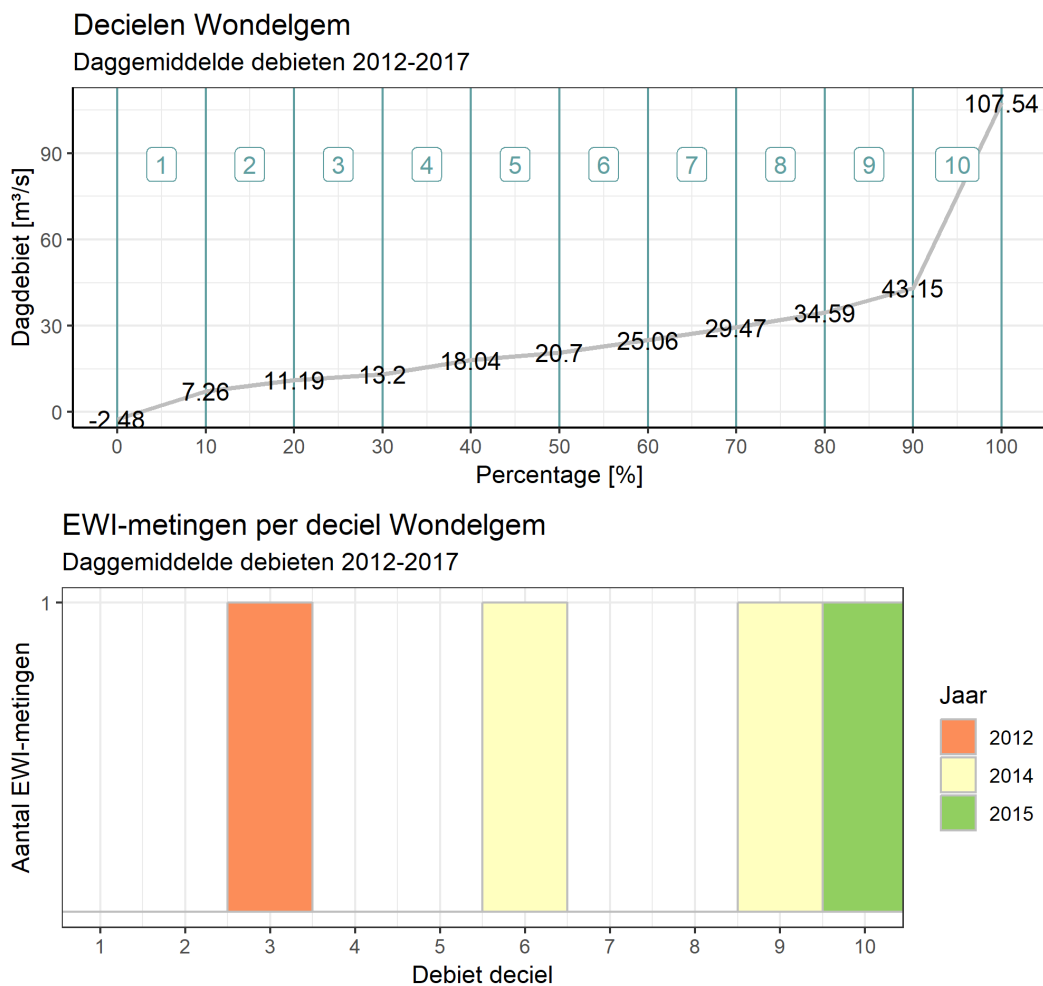
Tabel 12 – Overzicht EWI-campagnes Wondelgem

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Debiet [m³/s]		Scheepvaart tijdens EWI
		EWI	Pomp-stalen	Schep-stalen		Dagdebiet	Tijdens EWI	
20120329	Wondelgem	52	43	34	19	11	6	X
20141204	Wondelgem	87	53	47	32	23	23	X
20141216	Wondelgem	58	40	54	27	36	35	X
20150109	Wondelgem	145	123	98	73	67	81	X

3.9.2 Debiet

Voor de locatie Wondelgem kan het debiet in Evergem als debietomstandigheid gebruikt worden. Via de stuw van Evergem wordt debiet naar Wondelgem en verder naar Kanaal Gent-Terneuzen doorgelaten.

Figuur 39 – Debiet Wondelgem (op basis van debiet Evergem)



3.9.1 Relatie EWI-Pompstalen

Ondanks de beperkte range van meetwaarden, is de R^2 van de opgestelde curve zeer hoog. Voor de beschikbare punten is de gemiddelde SSC van de pompstalen steeds iets lager dan de SSC van de EWI-stalen. Doordat er slechts vier campagnes zijn, kunnen de residu's niet beoordeeld worden en zijn er geen outliers. De opgestelde curve is weinig significant ($p=0.028$):

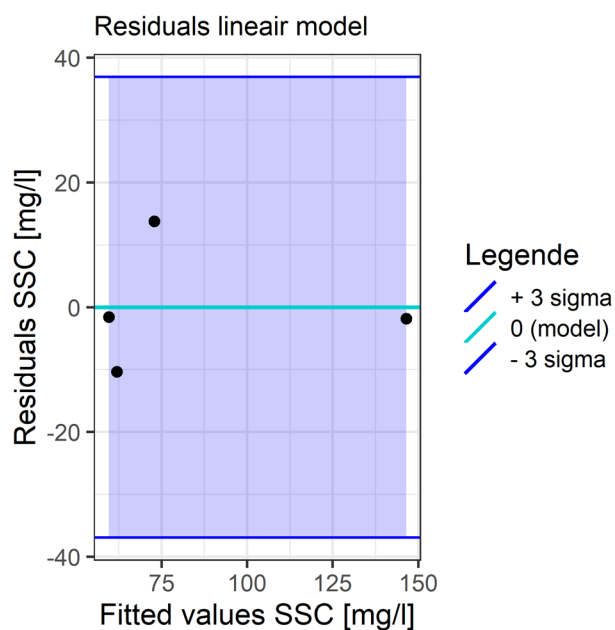
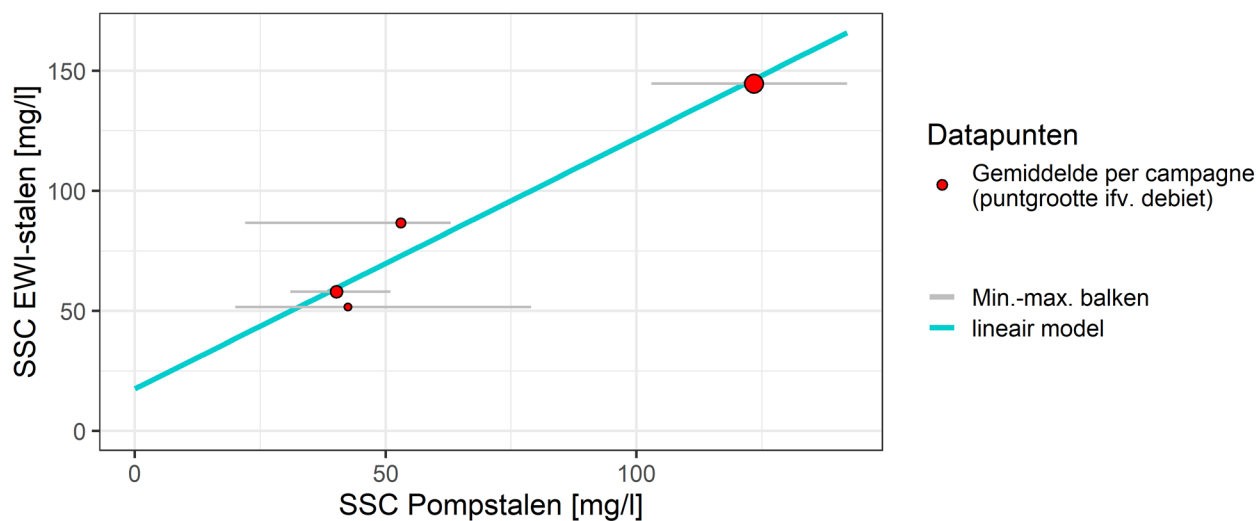
$$\text{gecorrigeerde SSC} = 17.58 + 1.04 * \text{SSC}_{\text{pomp}}$$

Figuur 40 – Pompstalen Wondelgem

Wondelgem

Lineair model: $y = 17.58 + 1.04 x$ ($R^2 = 0.94$, $RMSE = 8.70$ en $p=0.028$)

Er zijn geen 3-sigma outliers



3.9.2 Relatie EWI-Schepstalen

In Wondelgem is het verband voor de schepstalen vergelijkbaar met het verband voor de pompstalen. Het lineaire model is, wegens te weinig data, enkel significant op het 90 % niveau ($p=0.073$):

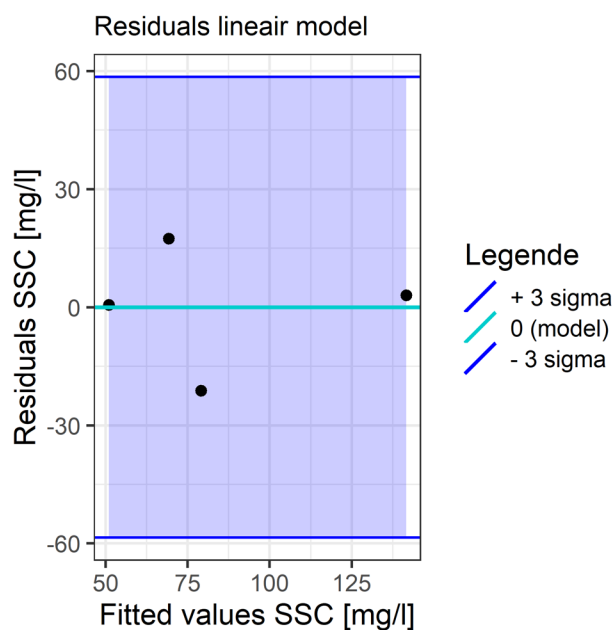
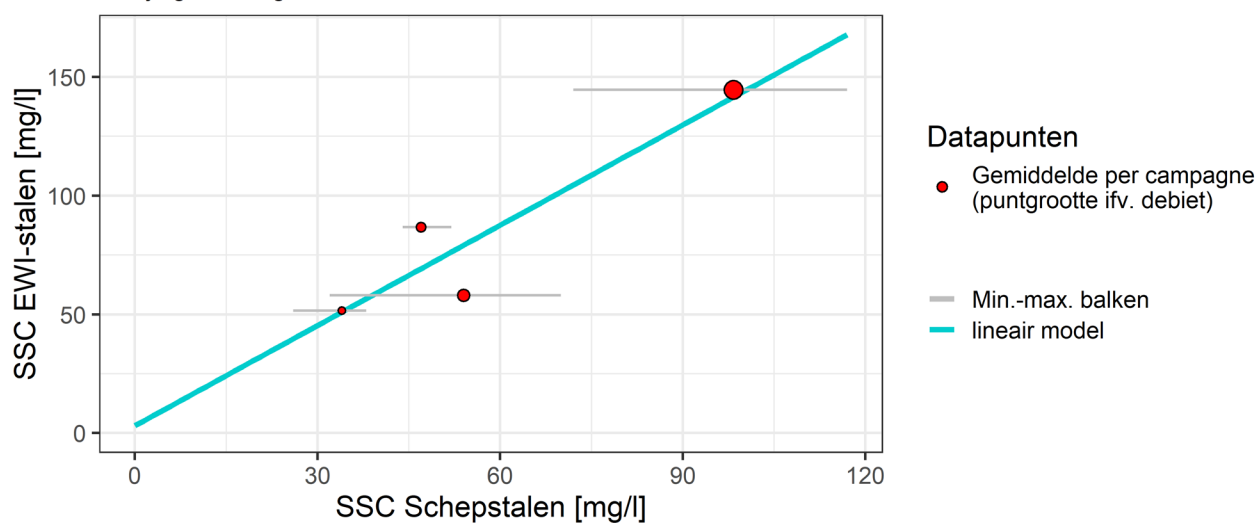
$$\text{gecorrigeerde SSC} = 3.07 + 1.41 * \text{SSC}_{\text{schep}}$$

Figuur 41 – Schepstalen Wondelgem

Wondelgem

Lineair model: $y = 3.07 + 1.41 x$ ($R^2 = 0.86$, $RMSE = 13.79$ en $p=0.073$)

Er zijn geen 3-sigma outliers



3.9.3 Relatie EWI-Turbiditeit

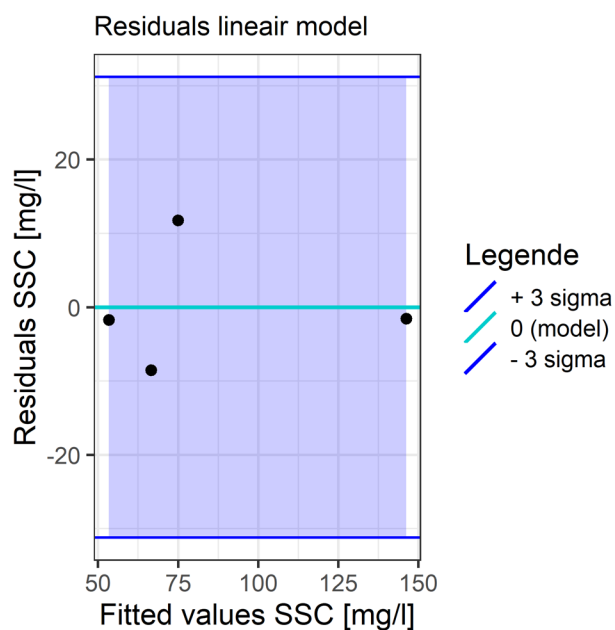
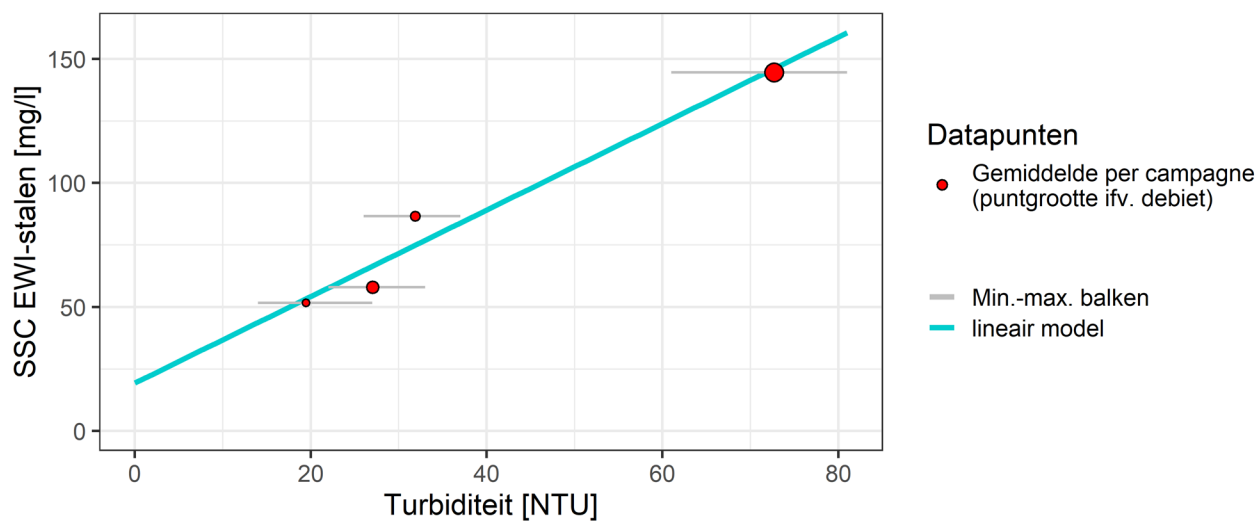
Ook voor turbiditeit, kan voor Wondelgem een lineaire regressiecurve met zeer hoge R^2 opgesteld worden.

Figuur 42 – Turbiditeit Wondelgem

Wondelgem

Lineair model: $y = 19.35 + 1.74 x$ ($R^2 = 0.96$, $RMSE = 7.35$ en $p=0.020$)

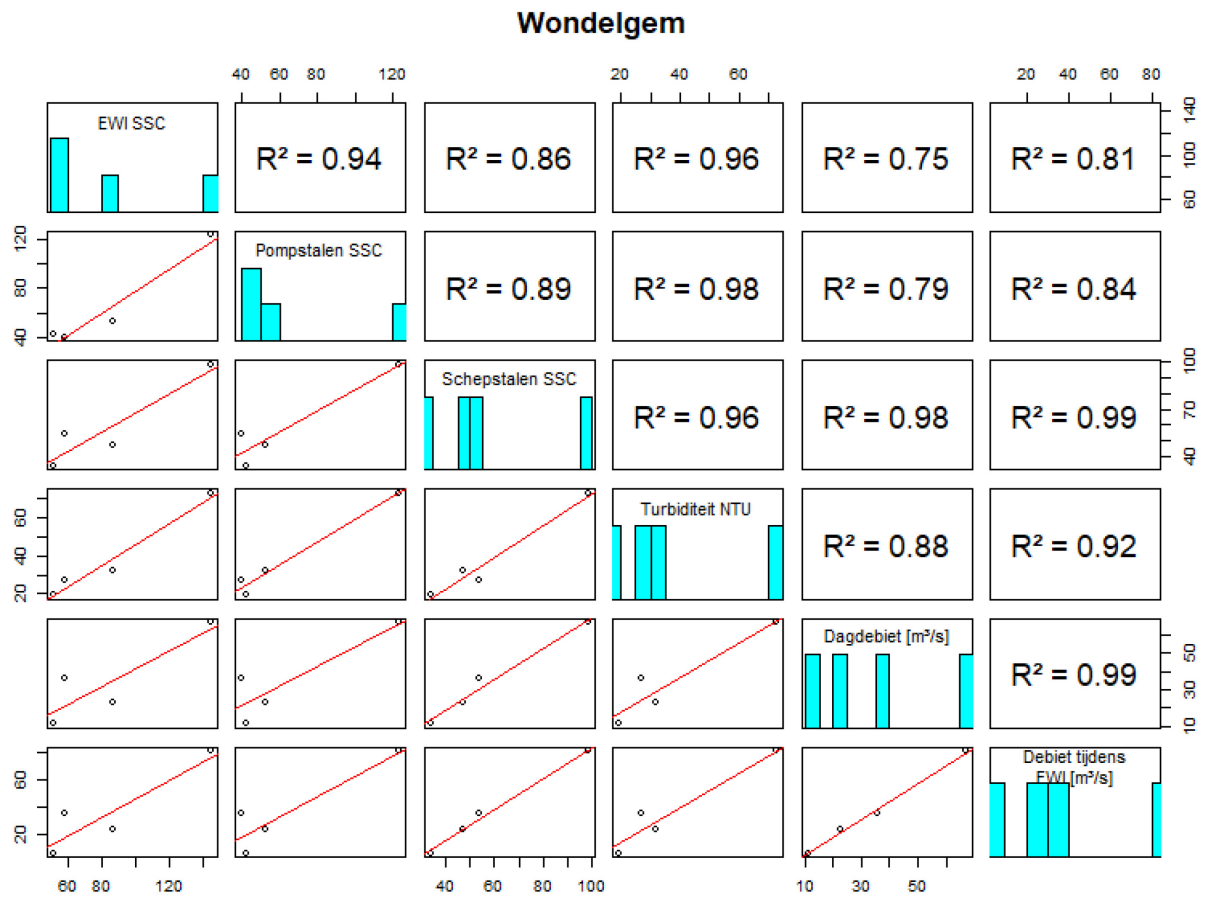
Er zijn geen 3-sigma outliers



3.9.1 Alle parameters

In overeenstemming met de verwachtingen, vertonen alle koppels van parameters een positief verband.

Figuur 43 – Overzicht Wondelgem



3.10 Leie – Zulte

3.10.1 Overzicht EWI-campagnes

In Zulte werden 14 EWI-campagnes uitgevoerd. Dit is een locatie met scheepvaart.

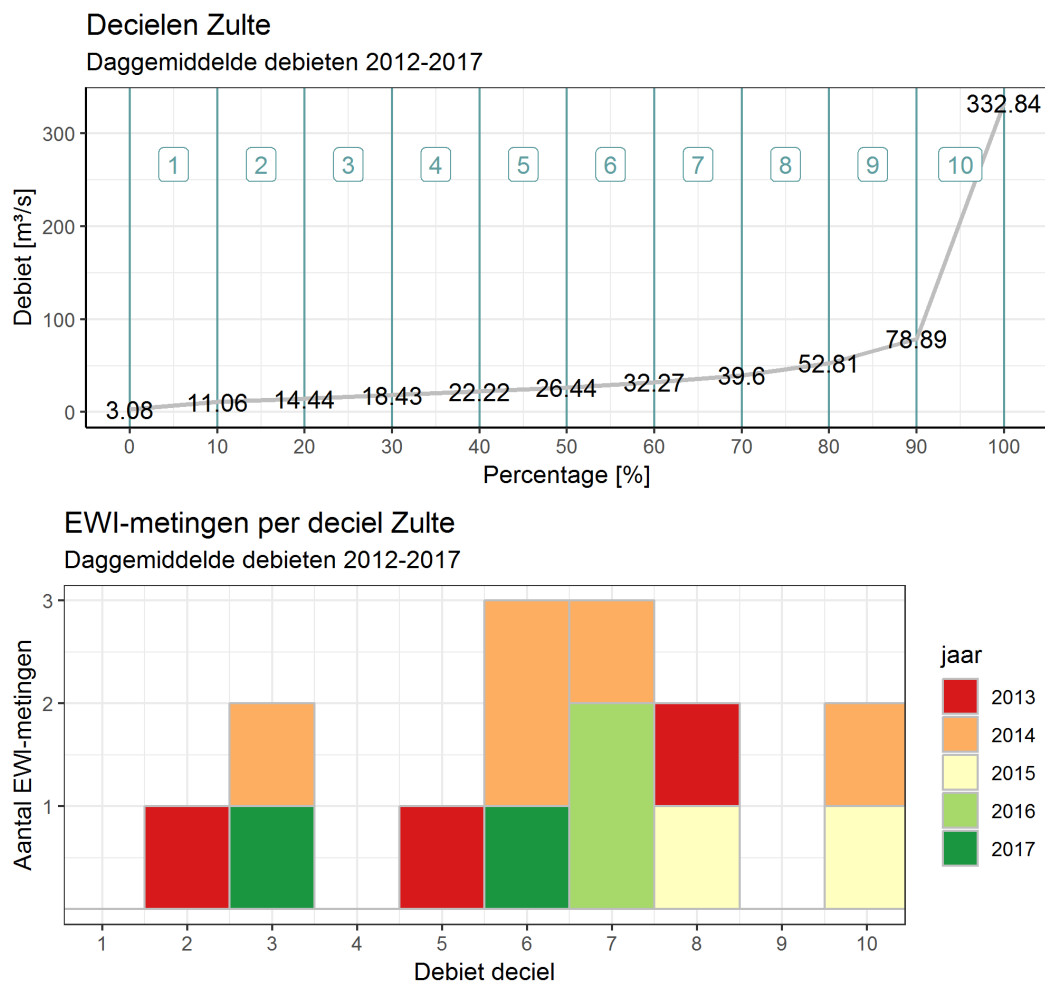
Tabel 13 – Overzicht EWI-campagnes Zulte

Datum	Locatie	SSC [mg/l]			Turbiditeit [NTU]	Debiet [m³/s]		Scheepvaart tijdens EWI
		EWI	Pompstalen	Schepstalen		Dagdebiet	Tijdens EWI	
20130409	Zulte	44	113	48	23	40	62	X
20130516	Zulte	83	213	61	20	26	51	X
20130926	Zulte	35	55	35	12	13	2	X
20140403	Zulte	67	100	36	26	34	55	X
20140617	Zulte	69	82	76	-	18	23	X
20140827	Zulte	84	160	65	58	89	91	X
20141118	Zulte	62	102	70	30	28	11	X
20141209	Zulte	79	102	53	33	31	46	X
20150115	Zulte	408	437	334	227	165	163	X
20151203	Zulte	70	74	72	52	45	46	X
20160317	Zulte	57	146	54	-	35	20	X
20160524	Zulte	57	207	28	-	35	35	X
20170221	Zulte	54	239	33	-	31	40	X
20170420	Zulte	80	231	45	-	16	46	X

3.10.2 Debiet

Figuur 44 geeft een overzicht van de debieten in Zulte. Deze geven een goede spreiding weer over de verschillende debietsklassen.

Figuur 44 – Debiet Zulte



3.10.1 Relatie EWI-Pompstalen

In Zulte wordt de lineaire regressiecurve voornamelijk bepaald door één punt met hoge waarden, tijdens deze campagne was het debiet het hoogst. De residu's van de lagere waarden, vertonen een dalende trend. Dit wijst erop dat het lineaire model de data niet goed kan verklaren. Gezien het belang van de hogere SSC waarden in de berekening van de sedimentbalans wordt het lineaire model toch weerhouden:

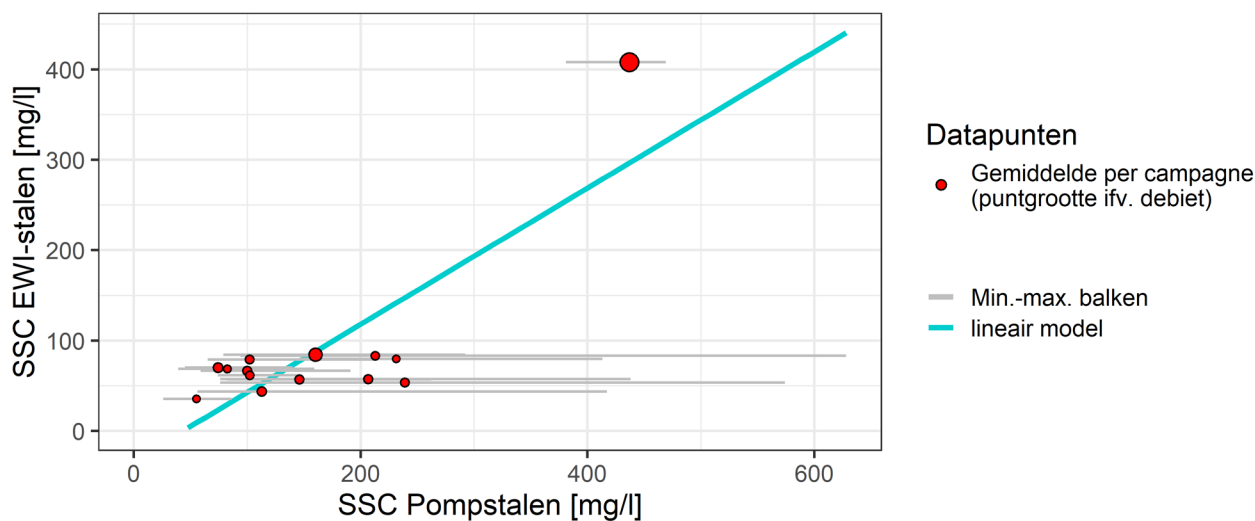
$$\text{gecorrigeerde SSC} = -32.45 + 0.75 * SSC_{\text{pomp}}$$

Figuur 45 – Pompstalen Zulte

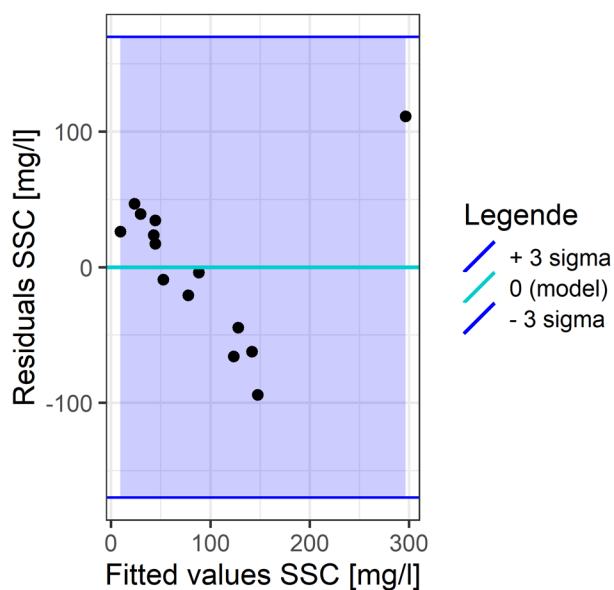
Zulte

Lineair model: $y = -32.45 + 0.75 x$ ($R^2 = 0.66$, $RMSE = 52.39$ en $p < 0.001$)

Er zijn geen 3-sigma outliers



Residuals lineair model



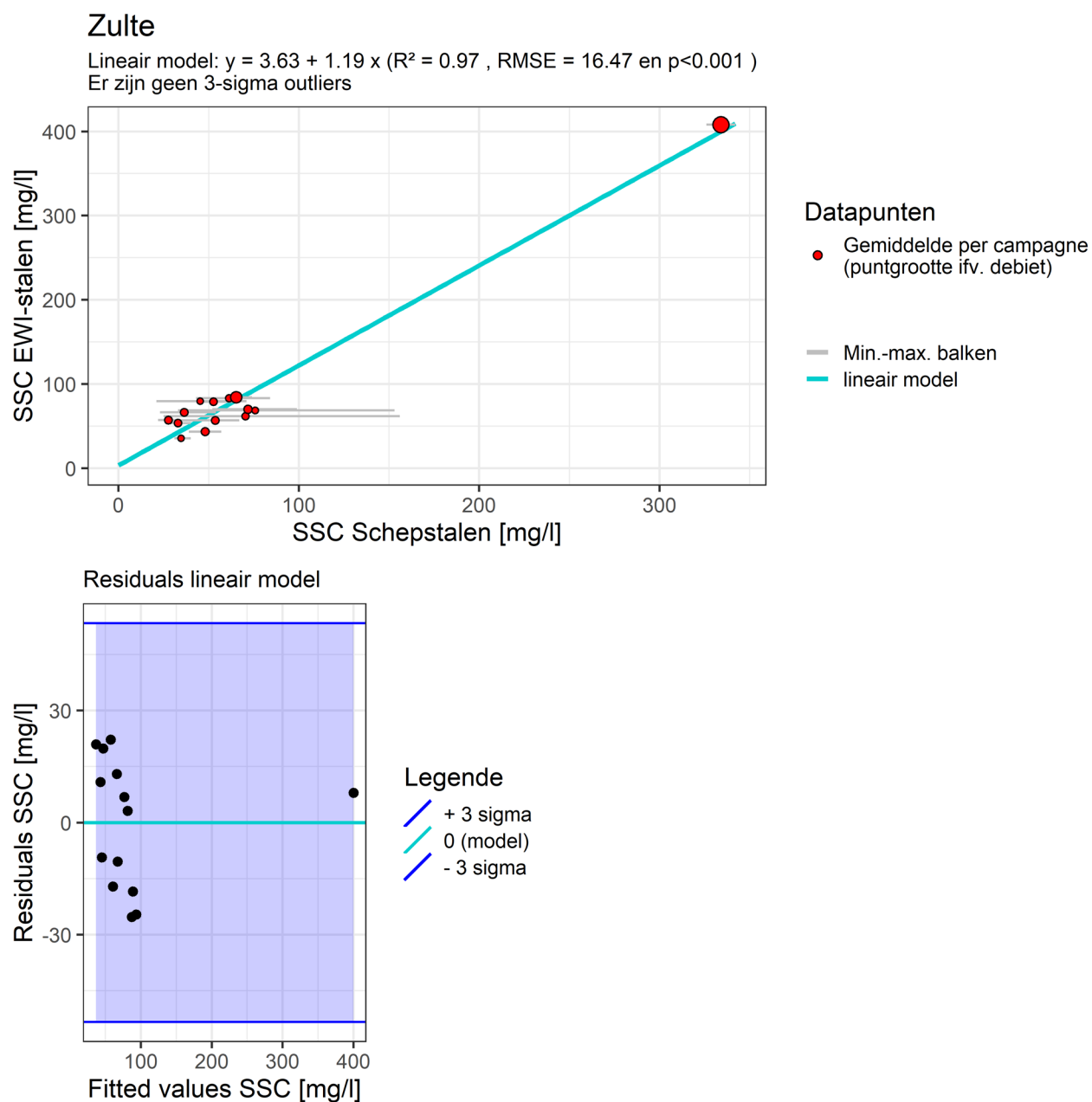
3.10.2 Relatie EWI-Schepstalen

Net als bij de pompstalen worden de regressiecurves voornamelijk bepaald door een punt met extreme waarden. De residu's van de lagere waarden vertonen hier, in tegenstelling tot bij de pompstalen, geen duidelijke trend.

Het lineaire model wordt weerhouden:

$$\text{gecorrigeerde SSC} = 3.63 + 1.19 * SSC_{\text{schep}}$$

Figuur 46 – Schepstalen Zulte



3.10.3 Relatie EWI-Turbiditeit

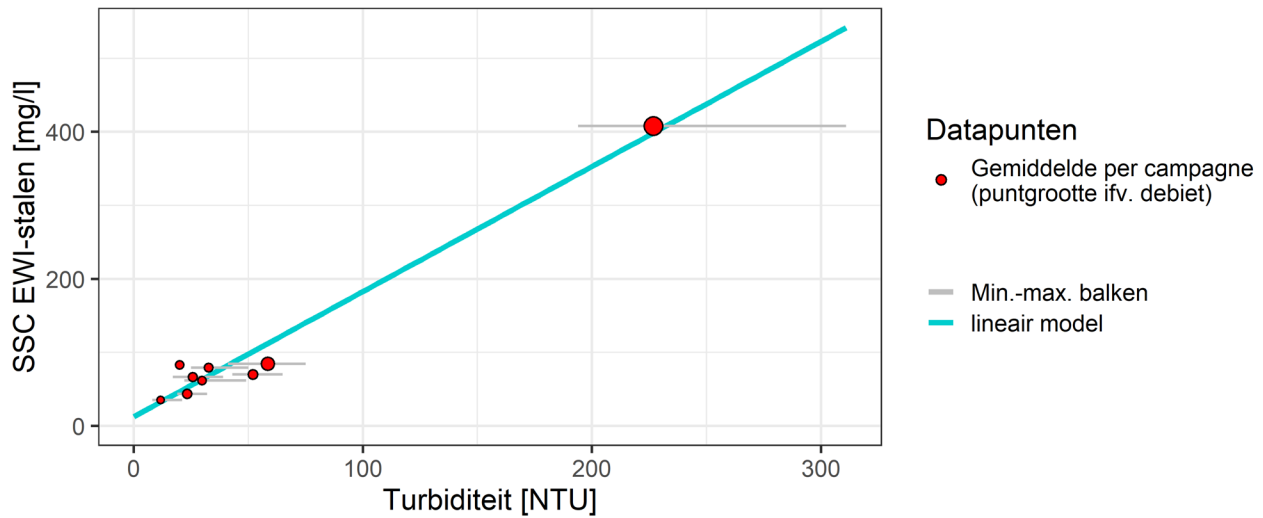
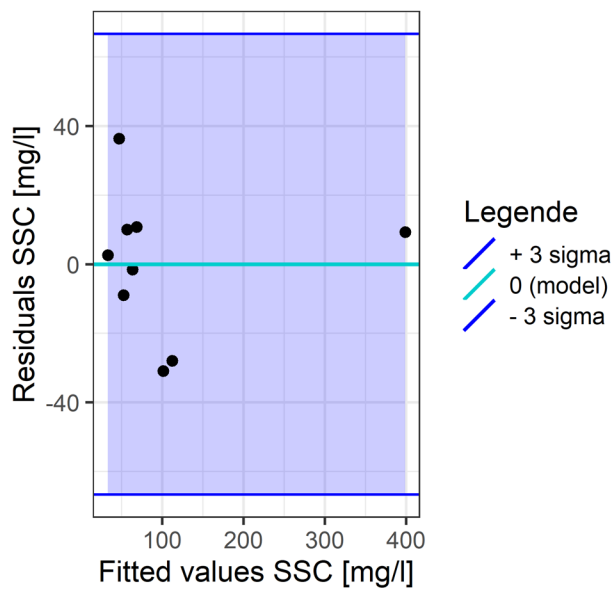
Net als bij de pompstalen en schepstalen wordt de lineaire regressiecurves voornamelijk bepaald door een punt met extreme waarden.

Figuur 47 – Turbiditeit Zulte

Zulte

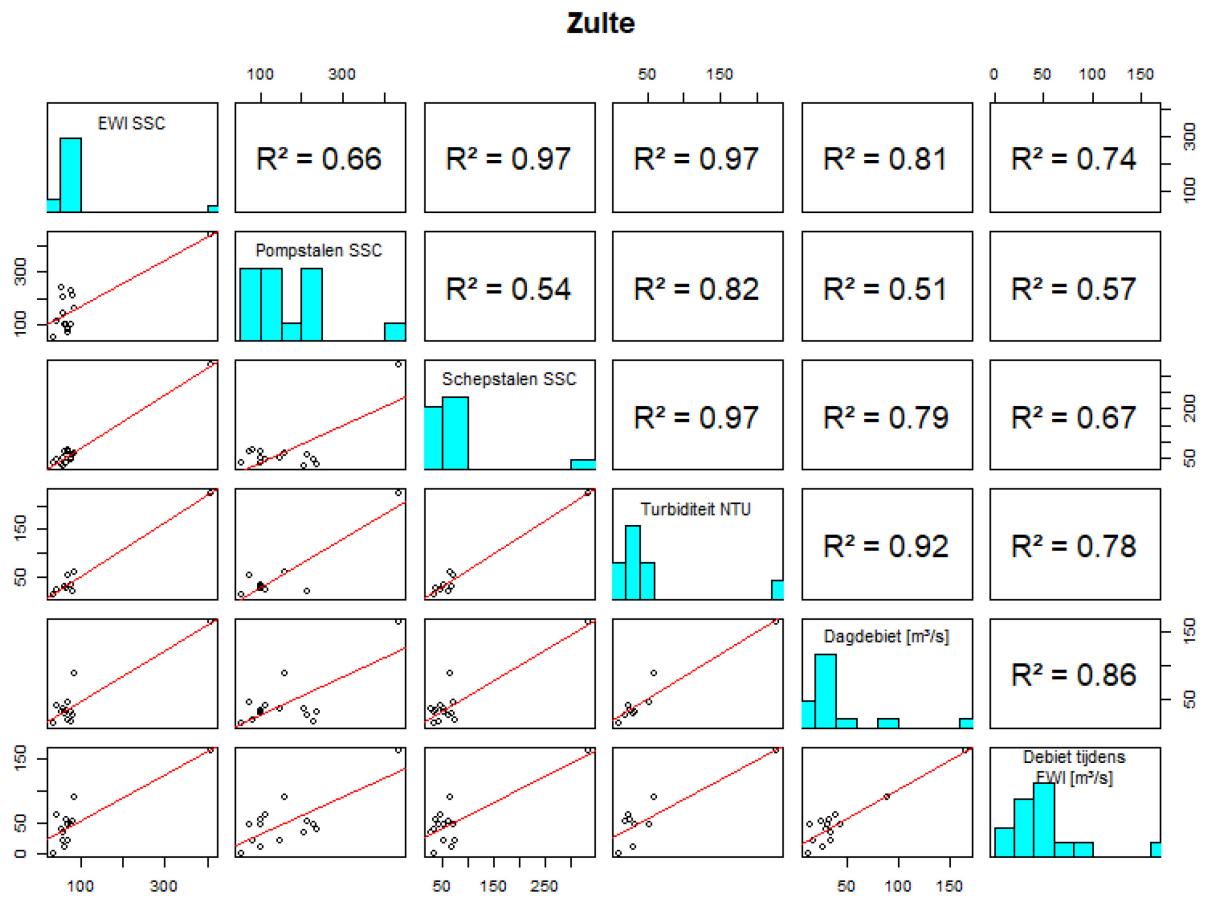
Lineair model: $y = 12.88 + 1.70 x$ ($R^2 = 0.97$, RMSE = 19.60 en $p < 0.001$)

Er zijn geen 3-sigma outliers

**Residuals lineair model****3.10.4 Alle parameters**

Zoals verwacht vertonen alle koppels van parameters een positief verband. EWI-SSC, Schepstalen SSC, turbiditeit en dagdebiet vertonen onderling de sterkste correlaties.

Figuur 48 – Overzicht Zulte

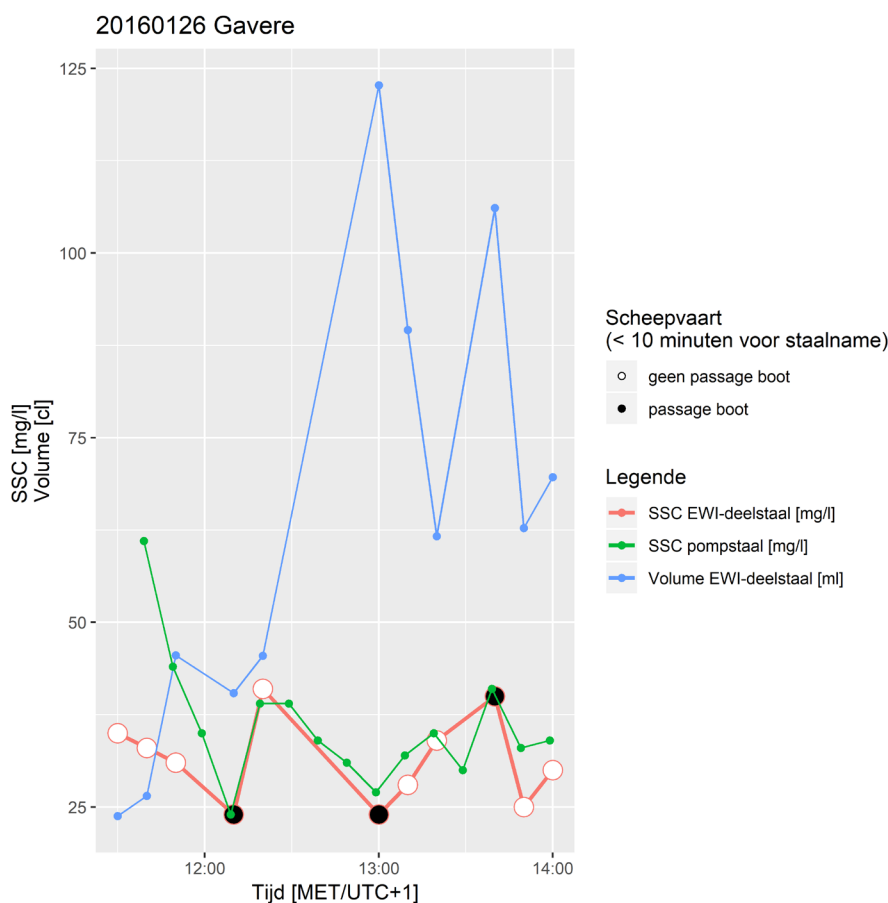


3.11 Invloed scheepvaart

Voor elke EWI-campagne met scheepvaart, werd een figuur aangemaakt met daarin de SSC van de verticale EWI-deelstalen en de SSC van de automatische pompstalen. De staalvolumes worden ook weergegeven in de figuur omdat dit een beeld geeft van de stroomsnelheid in de betreffende verticale secties. Stalen die mogelijk door scheepvaart beïnvloed zijn (passage boot minder dan 10 minuten voor de meting), werden zwart ingekleurd. Voor meer informatie over de sampling strategie en de verwerking van stalen op locaties met scheepvaart wordt verwezen naar §2.2.1

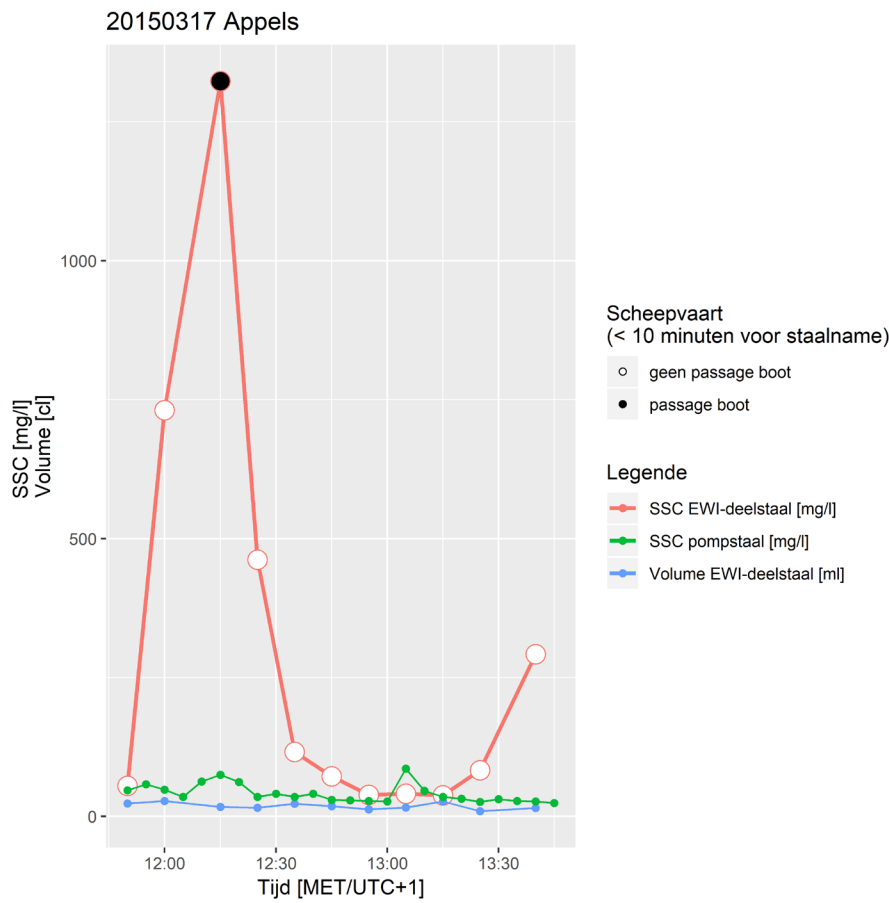
Figuur 49 geeft het voorbeeld voor Gavere 26/01/2016. Voor deze campagne in Gavere is het verloop van de SSC van de verticale EWI-deelstalen gelijkaardig aan het verloop van de pompstalen. Er is geen duidelijk effect van scheepvaart aangezien twee van de drie stalen die mogelijk beïnvloed zijn door scheepvaart, de laagste SSC-waarden vertonen.

Figuur 49 – Scheepvaart tijdens EWI-campagne in Gavere 26/01/2016



Er zijn ook voorbeelden van campagnes waaruit men wel invloed van scheepvaart kan vermoeden, bijvoorbeeld Appels 27/03/2015 (Figuur 50).

Figuur 50 – Scheepvaart tijdens EWI-campagne in Appels 27/03/2015



4 Discussie

4.1 Overzicht van de opgestelde relaties

Tabel 14 en Tabel 15 geven een overzicht van de opgestelde regressiecurves voor respectievelijk de pompstalen en de schepstalen. In de tabellen worden ook de relaties geven die in 2015 opgesteld werden door Byttebier & Denis.

Voor Aarschot, Eppegem en Grobbendonk, werden in de studie van Byttebier & Denis telkens een deel van de SSC waarden verwisseld tussen de pomp en schepstalen, waardoor deze regressiecurves niet correct zijn. Deze relaties werden in het grijs gezet in Tabel 14 en Tabel 15.

4.1.1 Pompstalen

Voor de pompstalen is er een goede overeenkomst tussen de relaties uit 2015 en de nieuwe opgestelde relaties in Aarschot, Gavere, Melle, Wondelgem en Zulte (Tabel 14). De R^2 is meestal wat gedaald, dit is echter niet negatief, maar een gevolg van het beschikbaar zijn van meer metingen.

Voor Eppegem en Grobbendonk werden eveneens betrouwbare relaties opgesteld. Voor Grobbendonk was het bereik van SSC-waarden beperkt, waardoor de R^2 vrij laag is, maar de RMSE voor Grobbendonk is wel goed in vergelijking met de andere locaties.

De relatie voor Itegem is weinig significant omdat er slechts 5 metingen beschikbaar zijn. De relatie wijkt duidelijk af van de relatie die in 2015 opgesteld werd voor de nabijgelegen locatie Herenthout op basis van slechts twee campagnes.

Voor Appels kon geen betrouwbare relatie opgesteld worden, er zijn daarvoor meer metingen nodig.

Tabel 14 – Overzicht regressiecurves pompstalen

		aantal EWI's	Regressiecurve pompstalen (y=ax+b)				
			ax	b	R ²	RMSE	P-waarde ⁽¹⁾
Demer							
Aarschot	Byttebier & Denis (2015)	14	0.13	30.33	0.88	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	25	0.14	29.10	0.68	22.78	<0.001 ***
Dender							
Appels	Byttebier & Denis (2015)	1	niet beschikbaar				
	Nieuw 2012-2017 (2019)	5	0.27	248.57	0.10	101.18	0.603
Zenne							
Eppegem	Byttebier & Denis (2015)	16	1.11	-0.02	0.93	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	22	0.67	10.35	0.94	17.08	<0.001 ***
Kleine Nete							
Grobbendonk	Byttebier & Denis (2015)	16	0.73	3.55	0.66	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	23	0.30	13.24	0.43	14.01	0.001 **
Bovenschede							
Gavere	Byttebier & Denis (2015)	6	1.02	-5.21	0.99	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	11	1.05	-6.67	0.92	14.79	<0.001 ***
Grote Nete							
Herenthout	Byttebier & Denis (2015)	2	0.25	20.83	1.00	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	5	1.33	11.20	0.84	9.15	0.083 °
Boven-Zeeschede							

Melle	Byttebier & Denis (2015)	6	0.39	37.50	0.44	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	14	0.39	44.57	0.36	64.01	0.022 *
Ringvaart Gent							
Wondelgem	Byttebier & Denis (2015)	3	1.05	16.76	0.95	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	4	1.04	17.58	0.94	8.70	0.028 *
Leie							
Zulte	Byttebier & Denis (2015)	9	0.95	-43.74	0.82	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	14	0.75	-32.45	0.66	52.39	<0.001 ***

(1) Significantieniveau: $p < 0.10$ (°), $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***)

4.1.2 Schepstalen

Voor de schepstalen konden er goede relaties opgesteld worden voor Eppegem, Grobbendonk, Gavere, Melle en Zulte. Voor Melle is er een duidelijk verschil tussen de relatie uit 2015 en de nieuwe relatie. Dit komt voornamelijk doordat er meer metingen beschikbaar zijn, waaronder één die de nieuwe regressiecurve sterk beïnvloedt.

De opgestelde relaties voor Itegem en Wondelgem zijn minder significant omdat hier te weinig campagnes zijn uitgevoerd. Voor Aarschot en Appels konden geen goede relaties opgesteld worden. In Aarschot wordt dit veroorzaakt door twee potentiële outliers in de schepstalen. In Appels zijn er meer metingen nodig om de reeds uitgevoerde metingen te kunnen kaderen en te beoordelen of deze betrouwbaar zijn.

Tabel 15 – Overzicht regressiecurves schepstalen

		aantal EWI's	Regressiecurve schepstalen (y=ax+b)				
			ax	b	R²	RMSE	p-waarde ⁽¹⁾
Demer							
Aarschot	Byttebier & Denis (2015)	14	0.33	39.17	0.09	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	25	0.21	49.33	0.11	42.75	0.107
Dender							
Appels	Byttebier & Denis (2015)	1	niet beschikbaar				
	Nieuw 2012-2017 (2019)	5	0.50	246.05	0.11	100.67	0.586
Zenne							
Eppegem	Byttebier & Denis (2015)	16	0.67	18.93	0.87	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	22	1.11	11.63	0.97	24.21	<0.001 ***
Kleine Nete							
Grobbendonk	Byttebier & Denis (2015)	16	0.37	13.44	0.77	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	23	0.39	15.93	0.67	10.42	<0.001 ***
Bovenschedde							
Gavere	Byttebier & Denis (2015)	6	1.06	10.45	0.99	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	11	1.05	16.62	0.88	17.24	<0.001 ***
Grote Nete							
Herenthout	Byttebier & Denis (2015)	2	0.50	14.17	1.00	-	-
Itegem	Nieuw 2012-2017 (2019)	5	2.02	-1.49	0.85	8.25	0.026 *
Boven-Zeeschedde							
Melle	Byttebier & Denis (2015)	6	0.44	47.30	0.35	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	14	1.42	-4.96	0.84	32.27	<0.001 ***
Ringvaart Gent							
Wondelgem	Byttebier & Denis (2015)	3	1.36	13.25	0.96	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	4	1.41	3.07	0.86	13.79	0.07 °
Leie							
Zulte	Byttebier & Denis (2015)	9	1.25	-7.46	0.97	-	-
	Nieuw 2012-2017 (2019)	14	1.19	3.63	0.97	16.47	<0.001 ***

(1) Significantieniveau: $p < 0.10$ (°), $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***)

4.2 Invloed van scheepvaart

Uit de analyse van de deelstalen, tijdens campagnes met scheepvaart, kwam in de meeste gevallen geen duidelijk verband naar voor tussen passage van schepen en pieken in sedimentconcentratie. Dit geldt voor zowel verticale EWI-deelstalen als pompstalen. De invloed van scheepvaart op de EWI-stalen lijkt beperkt.

Toch zijn er een aantal situaties, zoals Appels 27/03/2015 (Figuur 50), waarbij er vermoedelijk wel invloed van scheepvaart was. Veel zal afhangen van de aard van het schip, de vaar- en stroomrichting, het gebruik van schroeven, wachttijd tot meting, afstand van de sectie waar het schip voorbijvaart en de bemeten sectie,... Een aantal aanbeveling worden gedaan in §5 om meer inzicht te krijgen naar de invloed van scheepvaart op SSC.

5 Conclusie en aanbevelingen

In deze studie werden de regressiemodellen tussen de EWI-sedimentconcentraties en de sedimentconcentraties op basis van pompstalen en schepstalen geactualiseerd voor de negen EWI-meetlocaties (Figuur 1, Tabel 14 en Tabel 15). Er werd gekozen om steeds met eenvoudige lineaire modellen te werken en de 3-sigmacorrectie toe te passen voor het verwijderen van outliers. De lineaire modellen leverden in de meeste gevallen een aannemelijk resultaat op. Bovendien werden lineaire modellen ook in het verleden gebruikt (Byttebier en Denis, 2015), en zijn ze gemakkelijk toepasbaar in de praktijk (Vos et al., 2019). De nieuw opgestelde relaties in voorliggend rapport worden vanaf heden gebruikt voor de jaarlijkse berekening van sedimentaanvoer richting Schelde estuarium in het kader van de MONEOS rapportages (Vandenbruwaene et al., 2019). Voor meer informatie met betrekking tot de methodiek om sedimentaanvoer richting Schelde estuarium te berekenen wordt verwezen naar Vos et al. (2019).

In Appels, Itegem, en Wondelgem moeten meer EWI-campagnes uitgevoerd worden om tot betrouwbare relaties tussen EWI-sedimentconcentraties en sedimentconcentraties op basis van pompstalen/schepstalen te komen. Ook in Melle en Zulte zijn nog meer metingen nodig bij hoge sedimentconcentraties. Gezien het belang van sedimentpieken in de berekening van de slibbalans, zijn voornamelijk de EWI-campagnes met hoge sedimentconcentraties waardevol. Bij EWI-campagnes wordt daarom in de toekomst best gefocust op de piekdebieten.

Om de spreiding in SSC beter in beeld te brengen verdient het de aanbeveling om hoogfrequent (om de 10 minuten) pomp- en schepstalen te nemen tijdens een EWI-campagne. Momenteel wordt er enkel ter hoogte van de locaties met scheepvaart hoogfrequent gesampled, en dit uitsluitend voor de pompstalen.

De invloed van scheepvaart kon op basis van de beschikbare informatie niet voldoende onderzocht worden. Om hier meer inzicht in te krijgen is het nuttig om extra metingen uit te voeren met een StreamPro/QLiner of YSI. Het kan ook nuttig zijn om de bemonstering van eenzelfde EWI-sectie een aantal keer te herhalen, voor en na de passage van schepen. Tot zolang geen duidelijk beeld bekomen wordt van de invloed van scheepvaart op SSC, wordt aanbevolen om de meting na de passage van een schip pas te hervatten wanneer de piekconcentraties in zwevende stof voldoende gedaald zijn.

6 Referenties

Byttebier Lukas; Denis Toon (2015). De sedimentaanvoer vanuit de bovenrivieren naar het Scheldebekken bepalen: Sedimenttransport over dwarsdoorsnede berekenen a.d.h.v. een puntmeting. Eindverhandelingen UA-TI : bouwkunde. Universiteit Antwerpen.

Byttebier Lukas; Denis Toon (2014). Methodologie voor het verwerken van EWI, ISCO en schepstaal gegevens om relaties vinden en te analyseren., Versie 1.0. WL Rapporten, Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Edwards, T.K., and Glysson, G.D. (1999). Field methods for measurement of fluvial sediment: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 3, chap. C2, 80 p.

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

Michiels, S.; Vanlierde, E.; Vereecken, H.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2013). EWI-methode bemonstering: Uitvoering, verwerking en aanbevelingen naar aanleiding van de campagne te Wondelgem van 29/3/2012. Versie 1_0. WL Rapporten, 12_076. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

USGS (2006). Collection of Water Samples (ver. 2.0): U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 9, chap. A4, accessed _list the date_, from <http://pubs.water.usgs.gov/twri9A>.

Vandenbruwaene, W.; Vanlede, J.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 4 – Historische evolutie SPM. Versie 6.0. WL Rapporten, 00_029_4. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea: Antwerpen.

Vandenbruwaene, W.; Hertoghs, R.; Michiels, S.; Van de Moortel, I.; Brackx, M.; Plancke, Y.; Vereecken, H.; Meire, D.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2019). Monitoring Effecten Ontwikkelingsschets (MONEOS) – Jaarboek monitoring 2018: Factual data rapportage van monitoring waterbeweging en fysische parameters in de Zeeschelde in 2018. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_070_8. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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 2.0. WL Rapporten, 12_076_13. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Waterbouwkundig Laboratorium (2013). EWI's INSTRUCTIE I-WL-PP33-5 Versie 02 pagina 1/9. KWALITEITSSYSTEEM TOD. GELDIG VANAF: 8/03/2013.

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