



Vlaanderen
is wetenschap

12_076_13
WL rapporten

Validatie fysische parameters

Optimalisatie methodologie voor het bepalen van
sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Validatie fysische parameters

Optimalisatie methodologie voor het bepalen van sedimentaanvoer naar het Schelde-estuarium

Vos, G.; Van de Moortel, I.; Meire, D.; Claeys, S.; Plancke, Y.; 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/2019/3241/031

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

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

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

Documentidentificatie

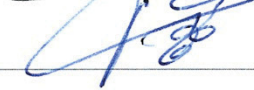
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2019R12_076_13
Keywords (3-5):	Sediment, aanvoer, monitoring, analyse, Schelde-estuarium		
Tekst (p.):	53	Bijlagen (p.):	21
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s):	Vos, G.; Van de Moortel, I.; Plancke, Y.
------------	--

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vereecken, H.	
	Claeys, S.	
Projectleider:	Plancke, Y.	

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC:	Deschamps, M.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



Abstract

In het kader van de systeemmonitoring in het Schelde-estuarium (MONEOS) wordt ter hoogte van de randen van het getijgebied de aanvoer van sediment bepaald. Deze aanvoer bepaalt mee de hoeveelheid sediment dat in het systeem beschikbaar is (~SSC) en is belangrijk voor de verschillende estuariene functies, zoals onderhoudsbaggerwerken ten behoeve van de toegankelijkheid van de havens, het doorzicht in het kader van ecologie, de ruwheid van de bodem in relatie tot getijvoortplanting en de veiligheid tegen overstromingen.

De inkomende sedimentvracht wordt zo nauwkeurig mogelijk bepaald. Hierdoor bekomt men een sedimentbalans m.b.t. fluviatiele sedimentinput vanuit de bovenstromen. Doel van deze studie is het optimaliseren van de methode voor het bepalen van deze sedimentbalans.

Er worden 3 verschillende berekeningsmethoden (op basis van debiet, op basis van pompstalen en op basis van turbiditeit) voorgesteld voor het bekomen van de sedimentbalans. Deze worden enerzijds onderling vergeleken, alsook vergeleken met de 'oude' berekeningsmethode op basis van schepstalen. Hiervoor worden in verschillende stations aan de randen van het getijgebied de berekende waarden vergeleken. Bedoeling is een 'optimale' berekeningsmethode te bepalen.

Er blijkt een verschil in aanpak nodig voor stations die onderhevig zijn aan getij en stations die zich buiten het getijgebied bevinden. Binnen het getijgebied heeft de methode op basis van turbiditeit de voorkeur, buiten het getijgebied de methode op basis van de pompstalen.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Doelstelling	1
2 Geografische afbakening	2
3 Overzicht toegepaste berekeningsmethodes	4
3.1 Methode schepstalen (SSL_Sch).....	4
3.2 Methode debiet (SSL_Q)	5
3.3 Methode pompstalen (SSL_APS)	5
3.4 Methode turbiditeit (SSL_Var).....	5
3.5 Corrigeren sedimentflux op basis van EWI-campagnes	6
4 Beschikbare data	8
5 Resultaten.....	11
5.1 Zonder EWI-correctie	11
5.1.1 Bovenschelde – Gavere	11
5.1.2 Boven-Zeeschelde – Melle.....	14
5.1.3 Benedennete – Duffel-Sluis	17
5.1.4 Demer – Aarschot.....	21
5.1.5 Dender – Dendermonde	24
5.1.6 Grote Nete – Itegem-Hullebrug.....	27
5.1.7 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon	31
5.1.8 Leie – Zulte.....	34
5.1.9 Zenne – Eppegem	37
5.2 Met EWI-correctie	41
5.2.1 Bovenschelde – Gavere	41
5.2.2 Boven-Zeeschelde – Melle.....	42
5.2.3 Demer – Aarschot.....	43
5.2.4 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon	44
5.2.5 Leie – Zulte.....	45
5.2.6 Zenne – Eppegem	46

6	Resultaten fluviatiele sedimentvracht voor de jaren 2015 en 2016	48
7	Conclusies en aanbevelingen	51
7.1	Conclusies	51
7.2	Aanbevelingen	52
8	Referenties	53
Bijlage A: Opgestelde Relaties		B1
8.1	SSC-Turb.....	B1
8.1.1	Bovenschelde – Gavere	B1
8.1.2	Benedenschelde – Melle	B2
8.1.3	Benedennete – Duffel-Sluis	B3
8.1.4	Demer – Aarschot	B5
8.1.5	Dender – Dendermonde	B7
8.1.6	Grote Nete – Itegem-Hullebrug.....	B8
8.1.7	Kleine Nete – Grobbendonk-Troon	B9
8.1.8	Leie – Zulte.....	B10
8.1.9	Zenne – Eppegem	B11
8.2	SSC-Q	B12
8.2.1	Bovenschelde – Gavere	B12
8.2.2	Benedenschelde – Melle	B13
8.2.3	Benedennete – Duffel-Sluis	B14
8.2.4	Demer – Aarschot	B15
8.2.5	Dender – Dendermonde	B17
8.2.6	Grote Nete – Itegem-Hullebrug.....	B18
8.2.7	Kleine Nete – Grobbendonk-Troon	B19
8.2.8	Leie – Zulte.....	B20
8.2.9	Zenne – Eppegem	B21

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht per rivierbekken van de meetstations voor SSC/Turbiditeit en Debiet.....	3
Tabel 2– Overzicht van de vastgestelde relaties op basis van EWI-campagnes	7
Tabel 3 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2015)	8
Tabel 4 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2016)	9
Tabel 5 – Overzicht van de volledigheid van de schepstalen gedurende 2015 en 2016 > 90% 80 – 90% 65 – 80% 50 – 65% < 50%	9
Tabel 6 – Overzicht van de volledigheid van de APS metingen gedurende 2015 en 2016 > 90% 80 – 90% 65 – 80% 50 – 65% < 50%	10
Tabel 7 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet ..	21
Tabel 8 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet ..	27
Tabel 9 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet ..	31
Tabel 10 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	42
Tabel 11 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	43
Tabel 12 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	44
Tabel 13 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	45
Tabel 14 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	46
Tabel 15 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet	47
Tabel 16 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2015 volgens de verschillende berekeningsmethoden, zonder EWI-correctie	49
Tabel 17 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2016 volgens de verschillende berekeningsmethoden, zonder EWI-correctie	49
Tabel 18 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2015 volgens de verschillende berekeningsmethoden, met EWI-correctie	50
Tabel 19 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2016 volgens de verschillende berekeningsmethoden, met EWI-correctie	50
Tabel 20 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Gavere	B1
Tabel 21 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Melle	B2
Tabel 22 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Duffel-Sluis	B3
Tabel 23 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Aarschot	B5
Tabel 24 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Dendermonde	B7
Tabel 25 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Itegem	B8
Tabel 26 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Grobbendonk	B9
Tabel 27 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Zulte	B10

Tabel 28 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Eppegem.....	B11
Tabel 29 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Gavere	B12
Tabel 30 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Melle.....	B13
Tabel 31 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Duffel-Sluis.....	B14
Tabel 32 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Aarschot.....	B15
Tabel 33 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Dendermonde	B17
Tabel 34 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Itegem.....	B18
Tabel 35 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Grobbendonk.....	B19
Tabel 36 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Zulte.....	B20
Tabel 37 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Eppegem.....	B21

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de sedimentbalansberekening met aanduiding van de stoomgebieden.....	2
Figuur 2 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Gavere	12
Figuur 3 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Gavere - detail	12
Figuur 4 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Gavere	13
Figuur 5 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Gavere	13
Figuur 6 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Gavere.....	14
Figuur 7 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Melle.....	15
Figuur 8 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Melle - detail.....	15
Figuur 9 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Melle	16
Figuur 10 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Melle	16
Figuur 11 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Melle	17
Figuur 12 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Duffel-Sluis.....	18
Figuur 13 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Duffel-Sluis - detail	19
Figuur 14 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Duffel-Sluis.....	19
Figuur 15 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Duffel-Sluis.....	20
Figuur 16 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Duffel-Sluis	20
Figuur 17 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Aarschot.....	22
Figuur 18 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Aarschot, detail.....	22
Figuur 19 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Aarschot.....	23

Figuur 20 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Aarschot.....	23
Figuur 21 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Aarschot	24
Figuur 22 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Dendermonde.....	25
Figuur 23 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Dendermonde - detail	25
Figuur 24 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Dendermonde.....	26
Figuur 25 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Dendermonde.....	26
Figuur 26 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Dendermonde	27
Figuur 27 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Itegem.....	28
Figuur 28 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Itegem - detail	29
Figuur 29 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Itegem	29
Figuur 30 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Itegem	30
Figuur 31 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Itegem	30
Figuur 32 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Grobbendonk.....	32
Figuur 33 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Grobbendonk – detail.....	32
Figuur 34 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Grobbendonk.....	33
Figuur 35 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Grobbendonk.....	33
Figuur 36 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Grobbendonk.....	34
Figuur 37 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Zulte	35
Figuur 38 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Zulte - detail.....	35
Figuur 39 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Zulte	36
Figuur 40 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Zulte	36

Figuur 41 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Zulte	37
Figuur 42 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Eppegem	38
Figuur 43 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Eppegem - detail	38
Figuur 44 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Eppegem	39
Figuur 45 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Eppegem	39
Figuur 46 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Eppegem	40
Figuur 47 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Gavere na EWI-correctie	41
Figuur 48 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Melle na EWI-correctie	42
Figuur 49 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Aarschot na EWI-correctie	44
Figuur 50 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Grobbendonk-Troon na EWI-correctie	45
Figuur 51 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Zulte na EWI-correctie	46
Figuur 52 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Eppegem na EWI-correctie	47
Figuur 53 – Gavere – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Gavere.	B2
Figuur 54 – Melle – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Melle.	B3
Figuur 55 – Duffel-Sluis – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Duffel: winter (Boven) en zomer (Onder)	B4
Figuur 56 – Aarschot – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Aarschot: winter (Boven) en zomer (Onder)	B6
Figuur 57 – Dendermonde – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Dendermonde	B7
Figuur 58 – Itegem-Hullebrug – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Itegem.	B8
Figuur 59 – Grobbendonk-Troon – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Grobbendonk	B9
Figuur 60 – Zulte – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Zulte	B10
Figuur 61 – Eppegem – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Eppegem	B11
Figuur 62 – Gavere – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Gavere.	B12
Figuur 63 – Melle – APS: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het APS toestel te Melle.	B13
Figuur 64 – Duffel-Sluis – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Duffel: winter (Boven) en zomer (Onder)	B14

Figuur 65 – Aarschot – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Aarschot: winter (Boven) en zomer (Onder)	B16
Figuur 66 – Dendermonde – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Dendermonde.....	B17
Figuur 67 – Itegem-Hullebrug – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Itegem.	B18
Figuur 68 – Grobbendonk-Troon – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Grobbendonk.....	B19
Figuur 69 – Zulte – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Zulte.....	B20
Figuur 70 – Eppegem – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Eppegem. ...	B21

1 Inleiding

1.1 Situering

In het kader van de systeemmonitoring in het Schelde-estuarium (MONEOS) wordt ter hoogte van de randen van het getijgebied de aanvoer van sediment naar het estuarium bepaald. Deze aanvoer bepaalt mee de hoeveelheid sediment dat in het systeem beschikbaar is (~SSC) en is belangrijk voor de verschillende estuariene functies, zoals onderhoudsbaggerwerken ten behoeve van de toegankelijkheid van de havens, de troebelheid in het kader van ecologie, de ruwheid van de bodem in relatie tot getijvoortplanting en de veiligheid tegen overstromingen.

1.2 Doelstelling

De inkomende sedimentvracht wordt zo nauwkeurig mogelijk bepaald. Hierdoor bekomt men de stroomopwaartse randvoorwaarde (fluviatiele sedimentinput vanuit de bovenstromen) voor het opstellen van de sedimentbalans. Doel van deze studie is het optimaliseren van de methode voor het bepalen van deze fluviatiele sedimentaanvoer.

In Van Hoestenbergh et al. (2014) werd een eerste methodologie toegepast voor het berekenen van de sedimentaanvoer. Met deze methode werd de fluviatiele sedimentinput berekend aan de hand van (wekelijkse) schepstalen. Deze methode werd toegepast tot en met het MONEOS jaarboek 2015 (Vanlierde et al., 2016).

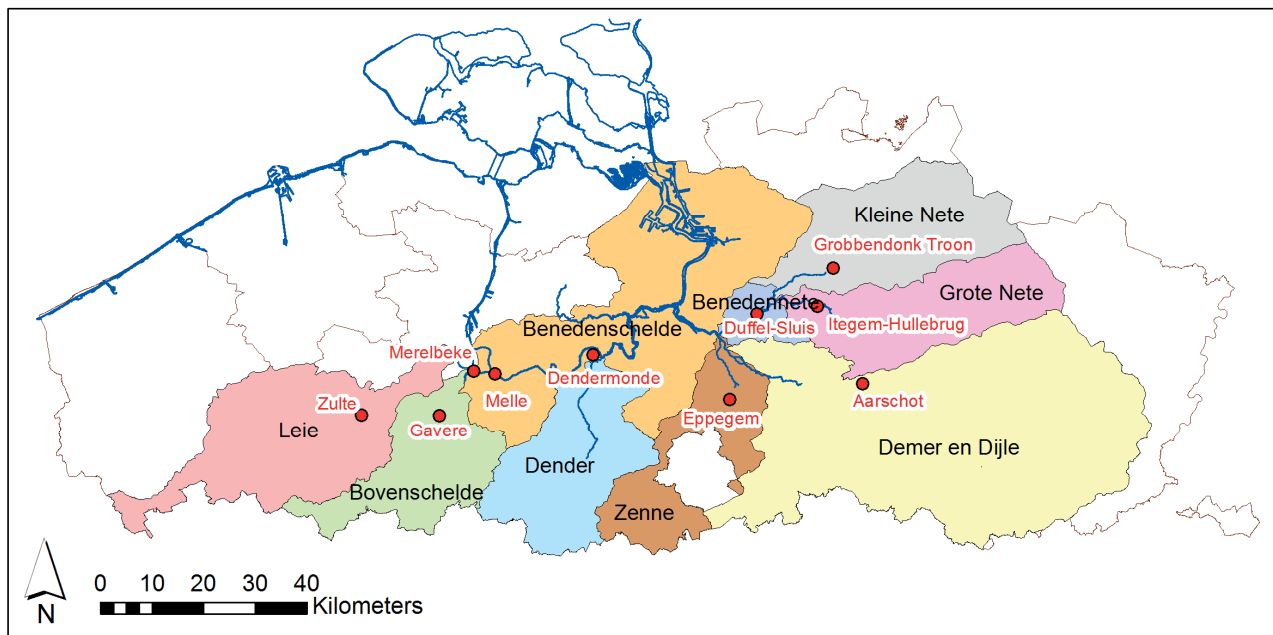
De schepstalen zijn reeds sinds de jaren 1970 beschikbaar waarbij de methode van staalname in de loop der jaren enkele keren is aangepast. Doorheen de jaren is het meetnet van het Waterbouwkundig Laboratorium sterk uitgebreid en vernieuwd. Zo worden er sinds begin jaren 2000 op verschillende plaatsen in het estuarium sedimentmonsters genomen met een automatisch pompstation en/of wordt de turbiditeit continu geregistreerd door middel van een multi-parametersonde. Turbiditeit kan mits een kalibratie omgerekend worden naar een benadering van de sedimentconcentratie. Deze studie onderzoekt de mogelijkheid om deze nieuwe meetmethoden voor de bepaling van de sedimentaanvoer te implementeren. Onderlinge resultaten worden vergeleken voor 2015 en 2016 en per locatie wordt een optimale berekeningswijze voorgesteld.

Hier dient opgemerkt te worden dat er louter rekening gehouden wordt met de aanvoer van sediment in suspensie, bodemtransport wordt niet mee in rekening gebracht.

2 Geografische afbakening

In Figuur 1 wordt een overzicht gegeven van de meetlocaties waar staalnames uitgevoerd worden en/of debieten worden opgemeten. Merk op dat de meetpost waar er debiet wordt opgemeten, soms op een andere locatie ligt van deze waar er SSC en/of turbiditeit wordt geregistreerd. Tabel 1 geeft per rivierbekken een overzicht van waar precies SSC/turbiditeit en debiet wordt opgemeten.

Figuur 1 – Overzicht van de meetlocaties gebruikt voor de sedimentbalansberekening met aanduiding van de stroomgebieden



Tabel 1 – Overzicht per rivierbekken van de meetstations voor SSC/Turbiditeit en Debiet

Rivierbekken	Station SSC / Turbiditeit			Station Debiet		
	Naam	Code	Coördinaten (Lambert 72) (X,Y)	Naam	Code	Coördinaten (Lambert 72) (X,Y)
Bovenschedde	Gavere	bos02a	(99755,180166)	Gavere	bos02a	(99773,180166)
Benedenschedde	Melle	zes57a	(110455,188384)	Melle ¹	zes57a	(110455,188384)
	Merelbeke ²	tij02a	(106341,188874)			
Benedennete	Duffel-Sluis	bnt03a	(161304,199907)	Duffel-Sluis ³	bnt03a	(161304,199907)
Grote Nete	Itegem-Hullebrug	gnt03a	(173054,201397)	Hulshout	gnt05a	(179375,194717)
Kleine Nete	Grobbendonk-Troon	knt03a	(176120,208816)	Grobbendonk-Troon	knt03a	(176120,208816)
Demer en Dijle	Aarschot	dem02a	(181843,186470)	Aarschot	dem02a	(181847,186477)
Dender	Dendermonde	den02a	(129561,192003)	Dendermonde	den02a	(129561,192003)
Durme	/	/	/	/	/	/
Leie	Zulte	lei05a	(84567,180254)	Machelen	lei04a	(89233,185455)
Zenne	Eppegem	zen03a	(156105,183365)	Eppegem	zen03a	(156105,183365)

¹ Wanneer de daggemiddelde “Base” reeks een hiaat bevat, wordt de hele dag waarin het hiaat zich bevindt opgevuld met afgeleide daggemiddelde debieten: eerst o.b.v. Gavere & Deinze, indien deze ontbreken o.b.v. Merelbeke en Zwijnaarde.

² In De Boeck et al. (2014) is er beslist om de schepstalen te Merelbeke te gebruiken om de slibbalans te berekenen i.p.v. deze van Melle.

³ Indien er in de daggemiddelde waarden een datapunt ontbreekt, wordt deze afgeleid uit de debieten geregistreerd te Hulshout en Grobbendonk.

3 Overzicht toegepaste berekeningsmethodes

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de berekeningsmethoden voor het bepalen van de fluviatiele sedimentaanvoer die in dit rapport zullen worden vergeleken. Het betreft volgende methodes:

1. Methode schepstalen "SSL_Sch"
2. Methode debiet "SSL_Q"
3. Methode pompstalen "SSL_APS"
4. Methode turbiditeit "SSL_Var"

In Van Hoestenbergh et al. (2014) werd reeds een eerste methodologie bepaald voor het berekenen van de sedimentaanvoer. Met deze methode werd de fluviatiele sedimentinput berekend aan de hand van (wekelijks) schepstalen. Naast deze methode worden in voorliggend rapport ook een aantal andere benaderingen bekeken.

3.1 Methode schepstalen (SSL_Sch)

Deze methode werd opgesteld in De Boeck et al. (2014) en werd toegepast vanaf MONEOS 2013 tot en met MONEOS 2015. De berekeningswijze maakt gebruik van de laag frequente bemonsteringscampagnes (schepstalen). Deze werd als volgt beschreven in De Boeck et al. (2014):

De interpolatiemethode combineert sedimentfluxen rechtstreeks berekend uit de meetdata met sedimentfluxen bepaald volgens de correlatie tussen daggemiddelde debiet (Q) en daggemiddelde sedimentconcentratie (SSC). Voor dagen waarop SSC metingen werden uitgevoerd, wordt de slibafvoer (flux) berekend door vermenigvuldiging van het daggemiddelde gemeten bovendebiet met het (daggemiddelde) gemeten slibgehalte. Voor alle overige dagen wordt er een slibgehalte afgeleid door middel van regressie analyse tussen de daggemiddelde debieten en de sedimentconcentratie opgemeten met behulp van de schepstalen. De gecombineerde reeks van dagelijkse slibafvoeren wordt dan nadien uitgemiddeld per maand. Tenslotte wordt de sedimentvracht (SSL) berekend door de maandgemiddelde flux te integreren (i.e. vermenigvuldiging met duur van de maand).

Debieten (Q) worden uitgedrukt in $[m^3/s]$ en slibgehaltes (SSC) in $[mg/L]$. Dit geeft als eenheid van slibafvoer (SSF) $[g/s]$. De sedimentvracht (SSL) wordt uitgedrukt in $[kg]$ (en dient dus in de berekening gedeeld te worden door 1000).

Op bepaalde meetlocaties (bv. Melle) worden sporadisch negatieve debieten gemeten. Deze negatieve debietwaarden geven aan dat het netto watertransport (en bijgevolg ook het netto sedimenttransport) negatief is (stroomopwaarts verloopt) ten gevolge van het feit dat een getijdencyclus niet exact 12 uren bedraagt. Bij de berekening van maandgemiddelde debieten (methoden Taverniers 1 en 2) worden deze negatieve debietwaarden automatisch in rekening gebracht; de resulterende gemiddelde waarde ligt lager. Bij de interpolatiemethode wordt echter de correlatie tussen Q en SSC gebruikt om ontbrekende daggemiddelde SSC waarden op te vullen. Bij een negatief dagelijks debiet wordt dan mogelijks een overeenkomstig negatieve SSC waarde afgeleid. Nadien wordt absolute waarde van deze SSC waarde vermenigvuldigd met het (negatieve) debiet, met de gewenste verlaging van de totale SSL tot gevolg.

Tijdens implementatie van deze studie werd er een wijziging doorgevoerd in bovenstaande methode. Nazicht van de WISKI6 scripts leerde ons dat afgezien van de negatieve sedimentconcentraties (SSC), ook de negatieve sedimentfluxen gefilterd werden. In het getijdengebied (meetposten Melle, Dendermonde, Duffel-sluys) kan dit tot een aanzienlijke overschatting van de sedimentinput leiden. Aan de randen van het getijdegebied komen negatieve debieten (en dus stroomopwaartse vracht) minder vaak voor. Toch is het correcter om deze er niet uit te filteren.

3.2 Methode debiet (SSL_Q)

Hier wordt er een continue tijdreeks van sedimentgehalte bekomen door middel van regressieanalyse tussen de debieten en de sedimentgehalten opgemeten in de automatische (7-uurlijkse) pompstalen (APS). Merk op dat dit verschillend is van bovenstaande methode (§3.1) opgesteld in De Boeck et al. (2014), waar de debieten gelinkt werden aan schepstalen.

De sedimentgehalten van de pompstalen worden gelinkt aan ofwel het dag- ofwel het tijgemiddeld debiet (resp. gemiddelde waarde gedurende een dag / tijcyclus). De gevonden relatie wordt hierna toegepast op een continue (15-minuten) reeks van de dag- of tijgemiddelde debieten. Met andere woorden de gemiddelde waarde wordt uitgespreid over alle tijdstappen gedurende de tijcyclus/dag alvorens deze om te vormen tot een reeks met sedimentconcentratie (SSC). Door deze SSC-reeks te vermenigvuldigen met de debietreeks, bekomt men de sedimentflux (SSF).

Deze meetreeks kan bijvoorbeeld gebruikt worden om andere methoden (bv. §3.3 of §3.4) aan te vullen indien er geen analyse voorhanden is van de pompstalen of het multiparametertoestel tijdelijk geen data geeft.

3.3 Methode pompstalen (SSL_APS)

Deze methode maakt gebruik van de automatische 7-uurlijkse pompstalen die met de ISCO-toestellen worden verzameld. De bemonsterfrequentie ligt dus aanzienlijk hoger dan bij de schepstalen. De stalen worden niet op dezelfde locatie genomen dan de schepstalen: de ISCO-toestellen staan op een makkelijk toegankelijke locatie (oever), terwijl de schepstalen centraal en nabij het oppervlak van de rivier genomen worden. Eveneens is de bemonsteringsdiepte van de ISCO ongeveer 1 m en van de schepstalen ongeveer 10 cm. Rekening houdend met de verdeling van sediment in de waterkolom (volgens Rouse) kunnen de concentraties met een factor 3 verschillen.

De 7-uurlijkse reeks wordt omgevormd tot een continue reeks met een vaste temporele resolutie van 15 minuten door middel van lineaire interpolatie. Indien er meer dan 2 opeenvolgende meetwaarden ontbreken, werd de lineaire interpolatie onderbroken en wordt er geen SSC-waarde toegekend. Door deze SSC-reeks te vermenigvuldigen met de debietreeks, bekomt men de sedimentflux (SSF).

3.4 Methode turbiditeit (SSL_Var)

Op verschillende locaties in de Schelde en aan de randen van het Schelde estuarium worden er met behulp van multiparameter-toestellen op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd (zie ook Plancke et al., 2017) waarvan ook turbiditeit. Registratie gebeurt aan een hoge temporele resolutie van 15 minuten. Turbiditeit wordt hier gebruikt als proxy voor concentratie aan sediment in suspensie (SSC). Een relatie wordt opgesteld door middel van regressieanalyse. Deze relatie is locatie-specifiek en is bovendien ook afhankelijk van andere (mogelijks dynamische) factoren, zoals o.a. de korrelgrootte, -vorm, grootte-orde concentratie (meervoudige verstrooiing), dichtheid (organisch materiaal vs. minerale fractie) en de kleur (organisch materiaal vs. minerale fractie) van het sediment. Voor meer info zie Plancke et al. (2017).

Deze meetmethode levert de, weliswaar afgeleide, tijdsreeksen met de hoogste temporele resolutie (15'). De fluxen worden berekend door de SSC te vermenigvuldigen met de gemeten debieten.

3.5 Corrigeren sedimentflux op basis van EWI-campagnes

Voor elk van de bovenstaande technieken worden puntmetingen (schepstaal en pompstaal met SSC analyse en turbiditeitsmeting) gebruikt om de sedimentvracht te begroten. Echter deze metingen zijn niet gegarandeerd representatief voor de volledige dwarsdoorsnede van de rivier, zeker indien de meting dicht bij de oever of het wateroppervlak plaatsvindt. Om een correcter sedimenttransport te kunnen berekenen werd in Denis et al. (2015) een relatie gezocht tussen de sedimentconcentraties van de puntmetingen en de concentraties gemeten tijdens campagnes waarbij metingen uitgevoerd werden over de volledige dwarsdoorsnede, een zogenaamde EWI-campagne (EWI = equidistant width increment).

Binnen dit eerdere onderzoek werden een aantal relaties opgesteld tussen de sedimentconcentraties van de EWI-stalen en de sedimentconcentraties van de pompstalen enerzijds en tussen de sedimentconcentraties van de EWI-stalen en de sedimentconcentraties van de schepstalen anderzijds. Er is niet voor elke locatie een relatie beschikbaar wegens te weinig metingen of het ontbreken van EWI-campagnes op het moment van uitvoering van het onderzoek. Tabel 2 geeft een overzicht van de vastgestelde relaties op basis van EWI-campagnes.

In Gavere werden relaties bepaald op basis van 6 metingen, en zijn de R^2 waarden zeer hoog, wat duidt op een goede fit door de gemeten waarden. In Melle gebeurden 5 metingen en werd een relatie bepaald, maar de R^2 waarden zijn zeer laag. Een potentiële verklaring is het feit dat deze meetlocatie in het getijgebied ligt en er hier zowel eb- als vloedstromingen optreden, die variëren over de breedte van het profiel. In Duffel was op het moment van bovenstaand onderzoek nog geen meting uitgevoerd, en hier zijn dan ook geen relaties beschikbaar. De relaties in Aarschot zijn gebaseerd op 15 metingen, waarbij de relatie EWI-APS (ISCO) met een R^2 van 0,88 goed is. De regressie EWI-schepstalen is echter met een R^2 van 0,09 niet goed.

In Appels vond maar 1 meetcampagne plaats waardoor een regressie hier niet mogelijk is en in Itegem-Hullebrug (Herenthout) werden slechts 2 metingen uitgevoerd.

De regressies in Grobbendonk-Troon zijn gebaseerd op 15 metingen. De R^2 waardes hier liggen vrij laag.

Voor Zulte en Eppegem lagen er respectievelijk 9 en 16 metingen aan de basis van de gevonden relaties. De R^2 waarden zijn in beide locaties hoog genoeg om de gevonden relaties te gebruiken voor de EWI-correcties.

Tabel 2– Overzicht van de vastgestelde relaties op basis van EWI-campagnes

Locatie	#	EWI-APS (ISCO) Relatie	R ²	EWI- Schepstalen Relatie	R ²
Gavere	6	$1,0172x-4,9955$	0,99	$1,0622x+10,606$	0,99
Melle	5	$0,3854x+37,546$	0,44	$0,4391x+47,304$	0,35
Duffel-Sluis	0	-	-	-	-
Aarschot	15	$0,1249x+30,334$	0,88	$0,3275x+39,172$	0,09
Dendermonde-Appels	1	-	-	-	-
Itegem-Hullebrug (Herenthout)	2	$0,25x+20,833$	-	$0,5x+14,167$	-
Grobbendonk-Troon	15	$0,7329x+3,5482$	0,66	$0,3704x+13,441$	0,77
Zulte	9	$0,9501x-43,04$	0,82	$1,2527x-7,4559$	0,97
Eppegem	16	$1,1072x-0,0178$	0,93	$0,6732x+18,927$	0,87

4 Beschikbare data

Door technische problemen gebeurt het wel eens dat een toestel gedurende een periode enkele of alle parameters niet correct meet. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de periodes in 2015 waarin problemen optraden met de meetapparatuur en er dus geen data zijn.

Te Melle, Gavere, Aarschot, Grobbendonk-Troon Eppegem en Zulte werd gedurende 2015 het hele jaar door “continu” gemeten. In Itegem-Hullebrug zijn in het begin van het jaar geen metingen beschikbaar, in Duffel-Sluis is er gedurende 9 dagen in juni geen data beschikbaar, en in Dendermonde ontbreken er gedurende 5 dagen in februari metingen. Daarnaast moet hierbij de opmerking gemaakt worden dat voor de parameter turbiditeit, bij verschillende meetstations, verdachte waarden voorkomen. Zo is er in Gavere gedurende de maand augustus een periode van een 3 tal weken waar de gemeten waarden verdacht waren en verwijderd werden. Ook in Aarschot is er van 12 januari tot en met 23 maart een periode met onrealistische waarden, die de vlag ‘suspect’ kregen, evenals in Itegem-Hullebrug, waar de metingen van 1 tot 31 augustus de vlag ‘suspect’ kregen. Van 13 juni tot 1 augustus werden de gemeten waarden verwijderd. In Grobbendonk-Troon waren eveneens verschillende periodes waar de gemeten turbiditeit onrealistisch was en dus in een aantal gevallen de vlag ‘suspect’ kreeg, in andere gevallen werd de data gewist. Hetzelfde was het geval in Zulte en Eppegem.

Tabel 3 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2015)

Meetlocatie	Start periode metingen	Stop periode metingen	Reden
Gavere	n.v.t.	n.v.t.	
Melle	n.v.t.	n.v.t.	
Duffel-Sluis	01/06/2015	10/06/2015	Onbekend
Aarschot	n.v.t.	n.v.t.	
Dendermonde	13/02/2015	18/02/2015	Onbekend
Itegem-Hullebrug	01/01/2015	24/04/2015	Onbekend
Grobbendonk-Troon	01/01/2015	12/01/2015	Onbekend
Zulte	n.v.t.	n.v.t.	
Eppegem	n.v.t.	n.v.t.	

Tabel 4 geeft een overzicht van de periodes in 2016 waarin problemen optraden met de meetapparatuur en er dus geen data zijn. Enkel in Melle en Duffel-Sluis zijn korte periodes zonder metingen. Bij de parameter turbiditeit echter werden net als in 2015 in vele stations onrealistische waarden gemeten, waardoor deze tijdens het validatieproces ofwel gewist werden ofwel de vlag ‘suspect’ kregen. In Melle werd de periode van 1 tot 20 januari zo gewist, in Duffel-Sluis waren twee korte periodes (van 29 januari tot 2 februari en van 25 tot 30 maart) niet betrouwbaar. Ook in Aarschot was er slechts een beperkte hoeveelheid van de metingen die onrealistische waarden opleverden, met name van 3 tot 21 mei. In Itegem-Hullebrug werden de waarden van 8 tot 16 februari verwijderd, evenals de waarden van 17 juni tot 6 juli. Zowel in Grobbendonk-Troon, Zulte als Dendermonde waren veel periodes met onrealistische data die verwijderd werden of de vlag ‘suspect’ kregen, in Dendermonde is dit zelfs het geval voor ongeveer 50% van de gemeten data.

Tabel 4 – Overzicht van periodes waarin de respectievelijke toestellen geen metingen konden registreren (2016)

Meetlocatie	Start periode zonder metingen	Stop periode zonder metingen	Reden
Gavere	n.v.t.	n.v.t.	
Melle	07/12/2016	13/12/2016	Onbekend
Duffel-Sluis	25/04/2016	27/04/2016	Onbekend
Aarschot	n.v.t.	n.v.t.	
Dendermonde	n.v.t.	n.v.t.	
Itegem-Hullebrug	n.v.t.	n.v.t.	
Grobbendonk-Troon	n.v.t.	n.v.t.	
Zulte	n.v.t.	n.v.t.	
Eppegem	n.v.t.	n.v.t.	

Tabel 5 geeft het aantal schepstalen dat in 2015 en 2016 genomen werd weer. In theorie wordt wekelijks een staalname gedaan, dus zouden er jaarlijks 52 metingen moeten plaatsvinden. Door het werkelijke aantal metingen te vergelijken met het theoretische aantal kan de volledigheid van de metingen berekend worden als een percentage. Hieruit blijkt dat met uitzondering van Dendermonde-Appels en Zulte (in 2015) telkens meer dan 90% van de geplande metingen werd uitgevoerd.

Vanaf 23 november 2015 werden er geen schepstalen meer genomen te Itegem, maar enkel nog in Itegem-Hullebrug. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de sedimentbalans: tot en met 30 september 2015 worden de schepstalen te Itegem meegenomen in de sedimentbalans (oude methode). Vanaf 1 oktober 2015 wordt Itegem-Hullebrug gebruikt. In deze analyse werd enkel gewerkt met de gegevens van Itegem-Hullebrug.

Met betrekking tot de debietmetingen die gebruikt werden voor de berekening van de sedimentvracht op basis van de “oude methode” (SSL_Sch) is in Itegem-Hullebrug gebruik gemaakt van de debieten in Itegem-Hullebrug zelf. Voor de “nieuwe methode” op basis van pompstalen werd gebruik gemaakt van de gemeten debieten in Hulshout. Dit omdat de debieten te Itegem-Hullebrug niet gedurende de hele tijdsperiode beschikbaar zijn (onvolledige reeksen).

Tabel 5 – Overzicht van de volledigheid van de schepstalen gedurende 2015 en 2016

> 90% | 80 – 90% | 65 – 80% | 50 – 65% | < 50%

Meetlocatie	aantal metingen 2015	aantal metingen 2016	% gemeten 2015	% gemeten 2016
Gavere	49	49	94%	94%
Melle	50	50	96%	96%
Duffel-Sluis	50	50	96%	96%
Aarschot	48	49	92%	94%
Dendermonde-Appels	38	46	73%	88%
Itegem-Hullebrug	50	50	96%	96%
Grobbendonk-Troon	47	48	90%	92%
Zulte	43	49	83%	94%
Eppegem	50	50	96%	96%

Tabel 6 bekijkt de volledigheid van de staalnames van pompstalen. Aangezien het doel is van elke 7 uur een staalname te doen, zouden er jaarlijks 1250 metingen moeten beschikbaar zijn. Ook hier is bijna overal een volledigheid van 90% of meer behaald. Enkel in Itegem-Hullebrug is er maar 80% van de bedoelde metingen uitgevoerd in 2015. In 2016 werd ook in Itegem de 90% bijna gehaald.

Tabel 6 – Overzicht van de volledigheid van de APS metingen gedurende 2015 en 2016

> 90% | 80 – 90% | 65 – 80% | 50 – 65% | < 50%

Meetlocatie	aantal metingen 2015	aantal metingen 2016	% gemeten 2015	% gemeten 2016
Gavere	1180	1179	94%	94%
Melle	1222	1190	98%	95%
Duffel-Sluis	1205	1201	96%	96%
Aarschot	1129	1155	90%	92%
Dendermonde-Appels	1165	1168	93%	93%
Itegem-Hullebrug	989	1110	79%	89%
Grobbendonk-Troon	1165	1104	93%	88%
Zulte	1201	1165	96%	93%
Eppegem	1194	1142	96%	91%

5 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt voor elk van de rivierbekkens een overzicht gegeven van zowel de berekende dagelijkse sedimentvracht als de cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende methoden. Dit wordt enerzijds gedaan voor de gevalideerde data zonder EWI-correctie (§ 5.1) en anderzijds met EWI-correctie (§5.2). Idealiter zullen de sedimentvrachten met EWI-correctie gebruikt worden, doch door het (voorlopig) ontbreken van EWI-campagnes voor de volledige range van randvoorwaarden (debieten, seizoensale effecten), bevatten deze resultaten momenteel nog een aantal onzekerheden.

5.1 Zonder EWI-correctie

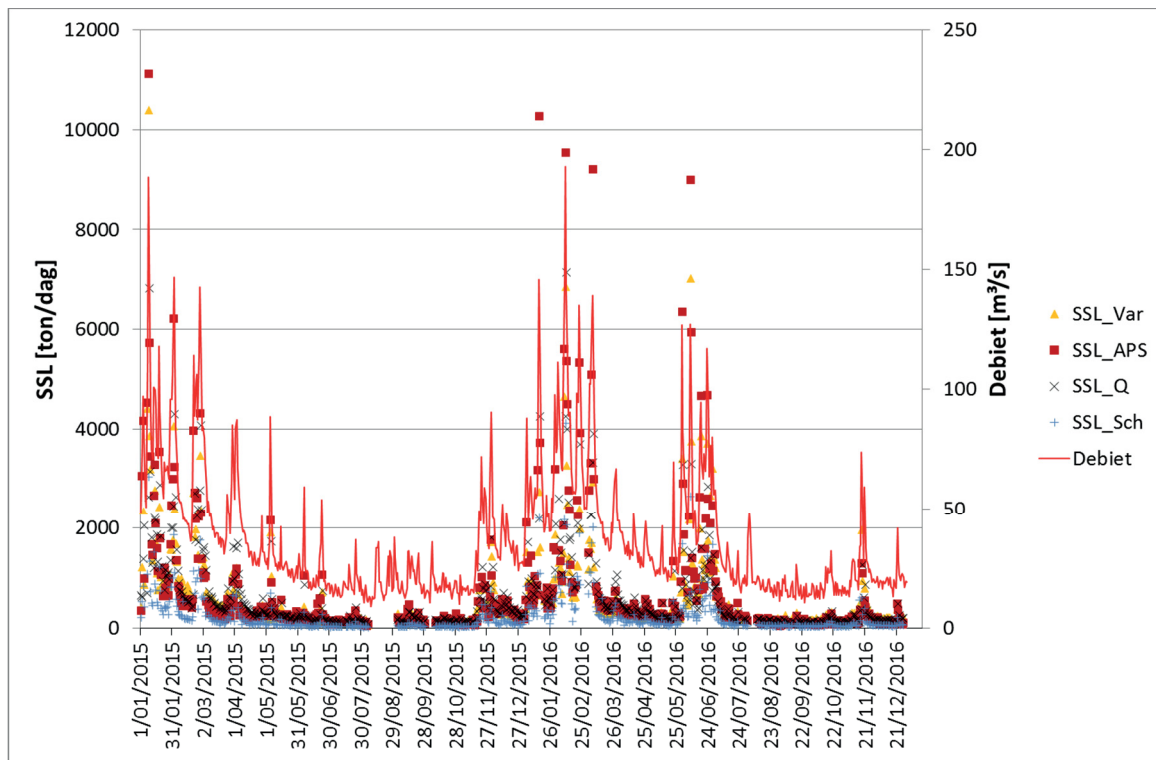
5.1.1 Bovenschelde – Gavere

Figuur 2 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Gavere. Figuur 3 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten (dus beneden het 90^{ste} percentiel). Figuur 4 en Figuur 5 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Uit Figuur 2 blijkt dat bij piekdebieten de sedimentvracht bepaald uit de pompstalen de grootste waarden weergeven. Voor de lagere debieten geven SSL_Var, SSL_APS en SSL_Q gelijkaardige waarden weer, terwijl de schepstalen duidelijk lagere sedimentvrachten voorspellen.

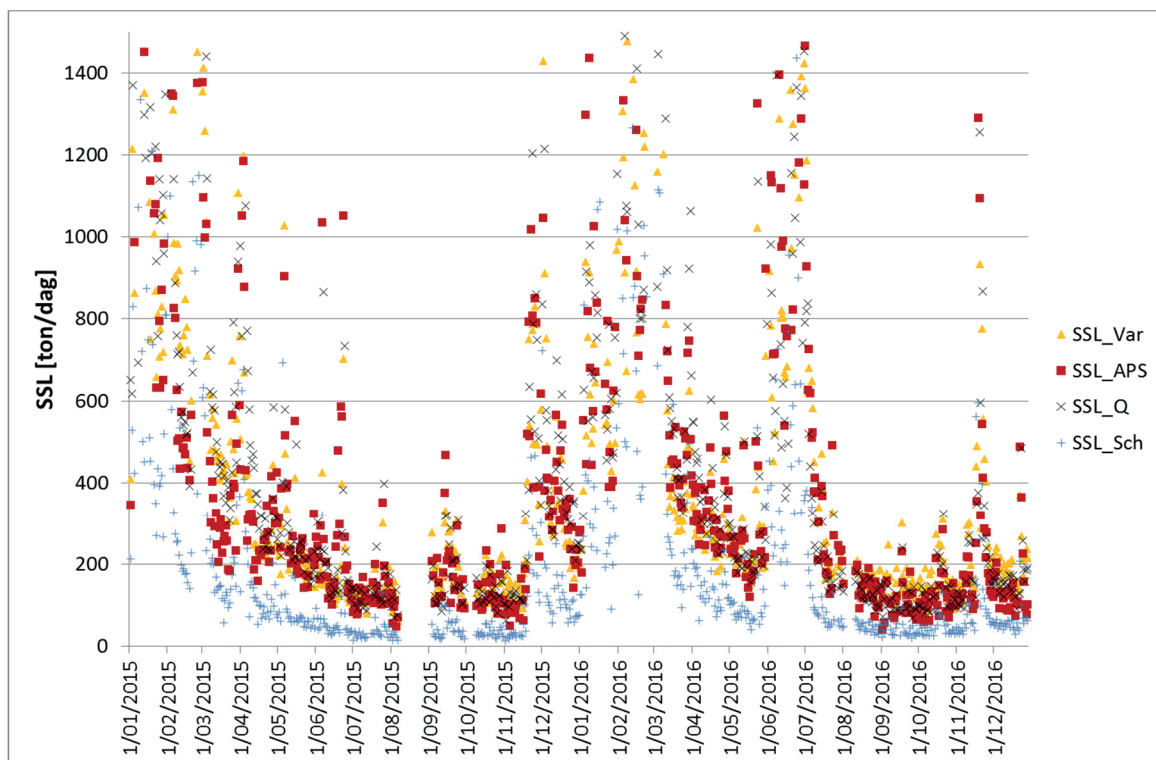
Uit Figuur 4 en Figuur 5 blijkt dat de methode op basis van de pompstalen de grootste transporten geven, gevolgd door de methode op basis van debiet en de methode volgens turbiditeit, die beide een zelfde grootte-orde aan sedimentvracht opleveren. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst.

Figuur 6 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekening op basis van de pompstalen ongeveer het 3-voud van de sedimentvracht aangeeft ten opzichte van de berekening volgens de schepstalen. De berekeningsmethoden op basis van turbiditeit geeft ongeveer het dubbel aan ten opzichte van de methode van de schepstalen. De methode volgens debiet tenslotte levert een sedimentvracht op die ongeveer 1,5 keer zo groot is als de sedimentvracht berekend volgens de methode van de schepstalen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat voor de hogere sedimentvrachten een reeks punten rond de 1-1-lijn liggen, terwijl een ander deel een factor 3 hoger liggen dan de dagfluxen op basis van de schepstalen.

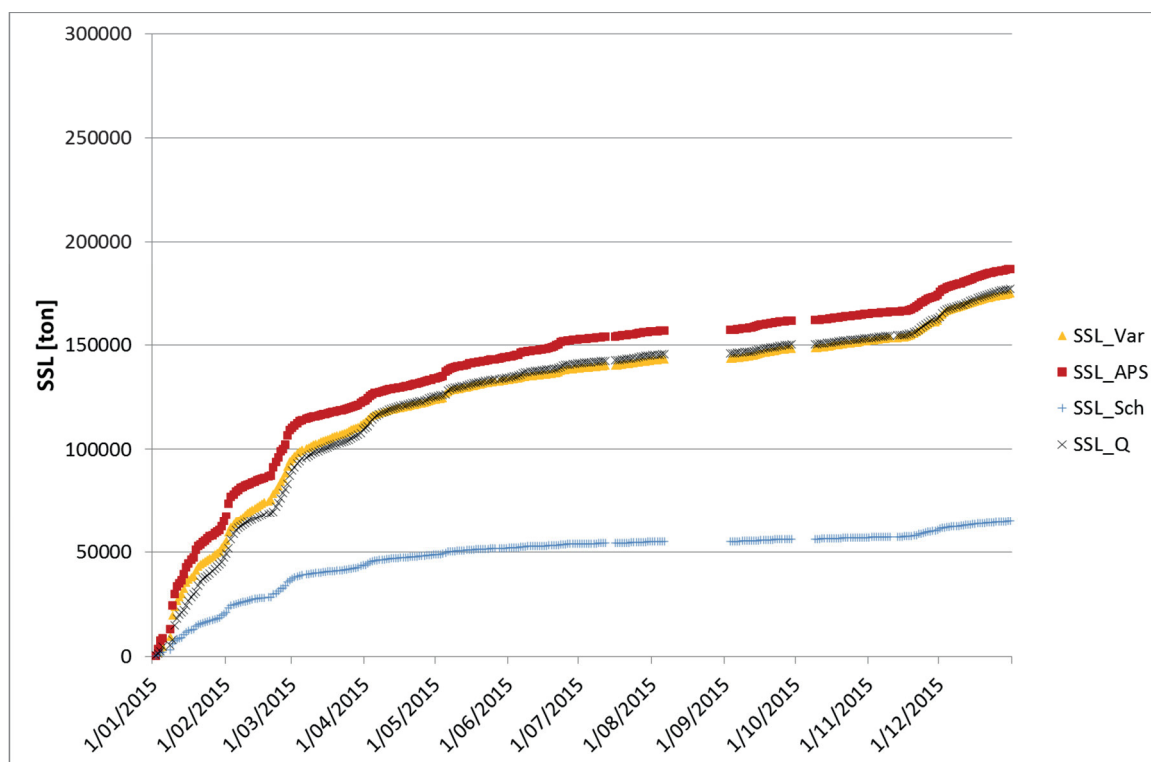
Figuur 2 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Gavere



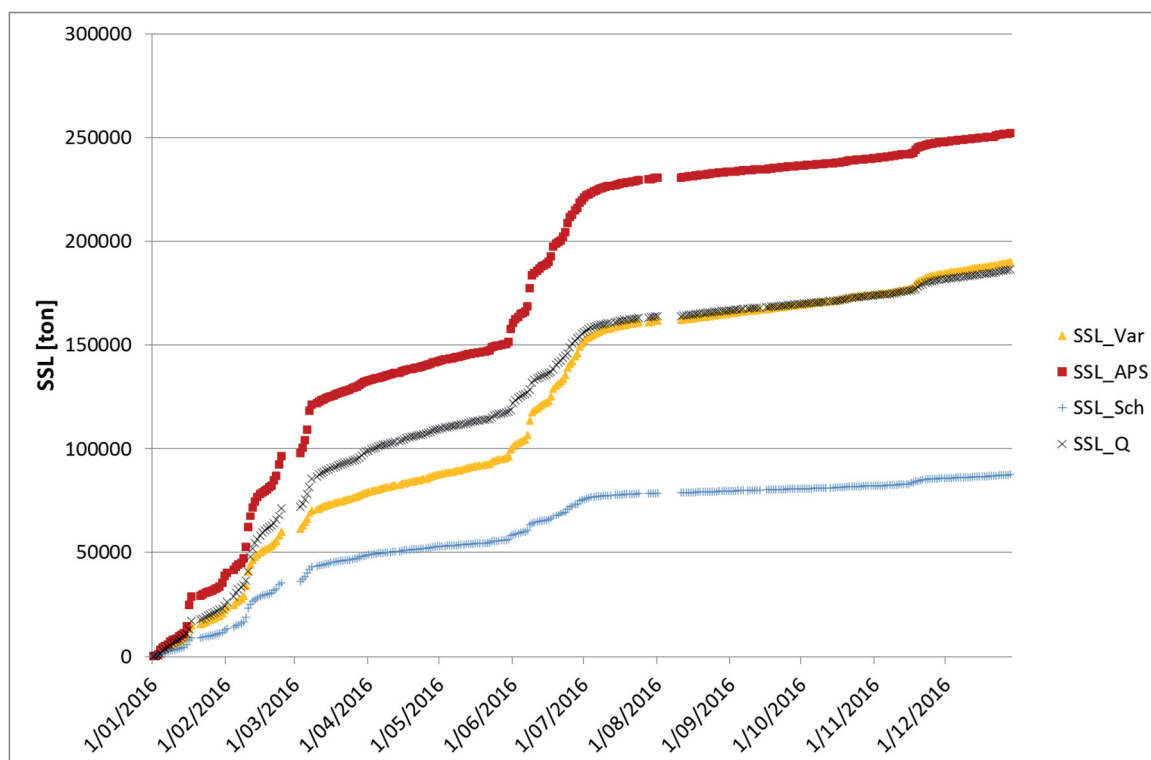
Figuur 3 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Gavere - detail



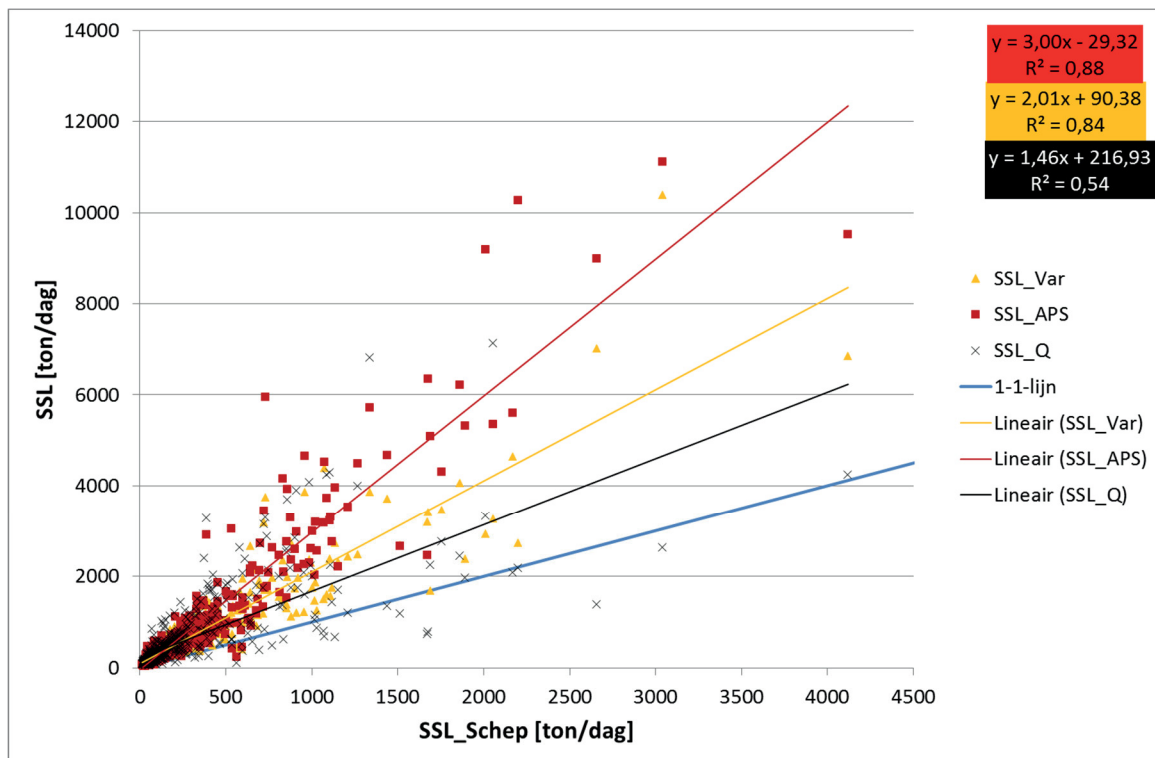
Figuur 4 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Gavere



Figuur 5 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Gavere



Figuur 6 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Gavere



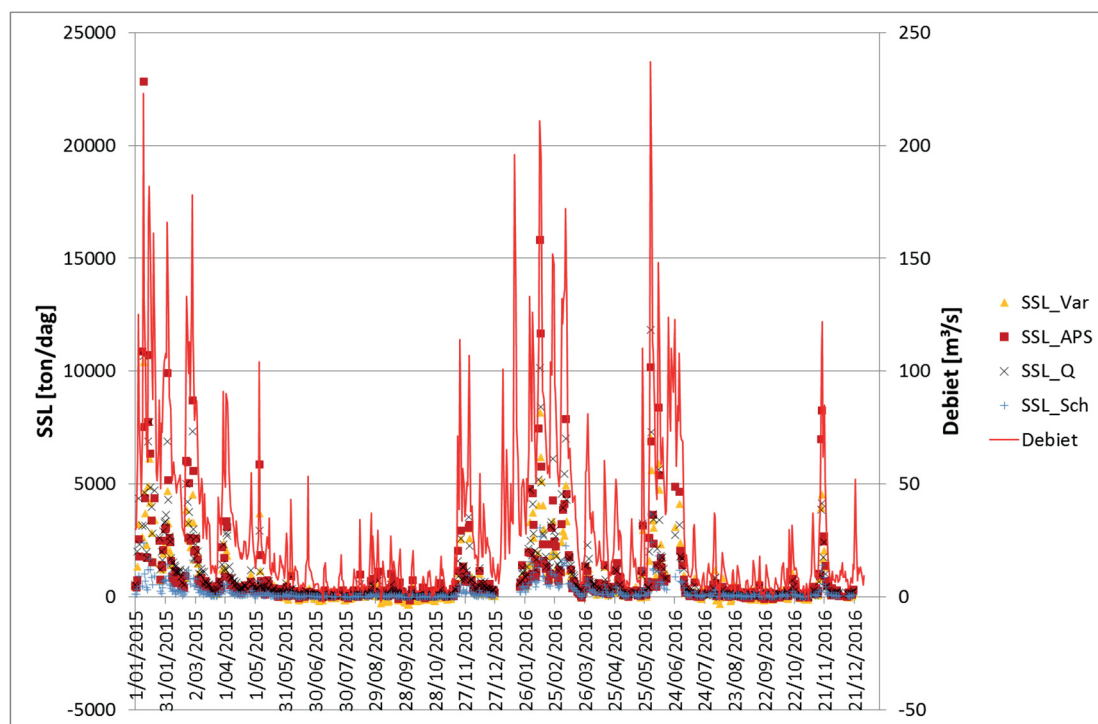
5.1.2 Boven-Zeeschelde – Melle

Figuur 7 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Melle. Figuur 8 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten (dus beneden 90^{ste} percentiel). Zowel in 2015 als in 2016 geeft de berekeningsmethode op basis van turbiditeit gedurende de zomer/najaar (i.e. lage bovenafvoer) negatieve transporten aan. In Melle is de Schelde nog onderhevig aan getij, waardoor er zowel eb- als vloedfluxen optreden. Vooral bij lagere bovenafvoer zal het netto transport over een getijdencyclus eerder opwaarts zijn. De hoge resolutie van de turbiditeitsgegevens maakt dat dit heen-en-weer transport meegenomen wordt in deze berekeningsmethode, terwijl dit bij de andere berekeningsmethoden uitgemiddeld wordt.

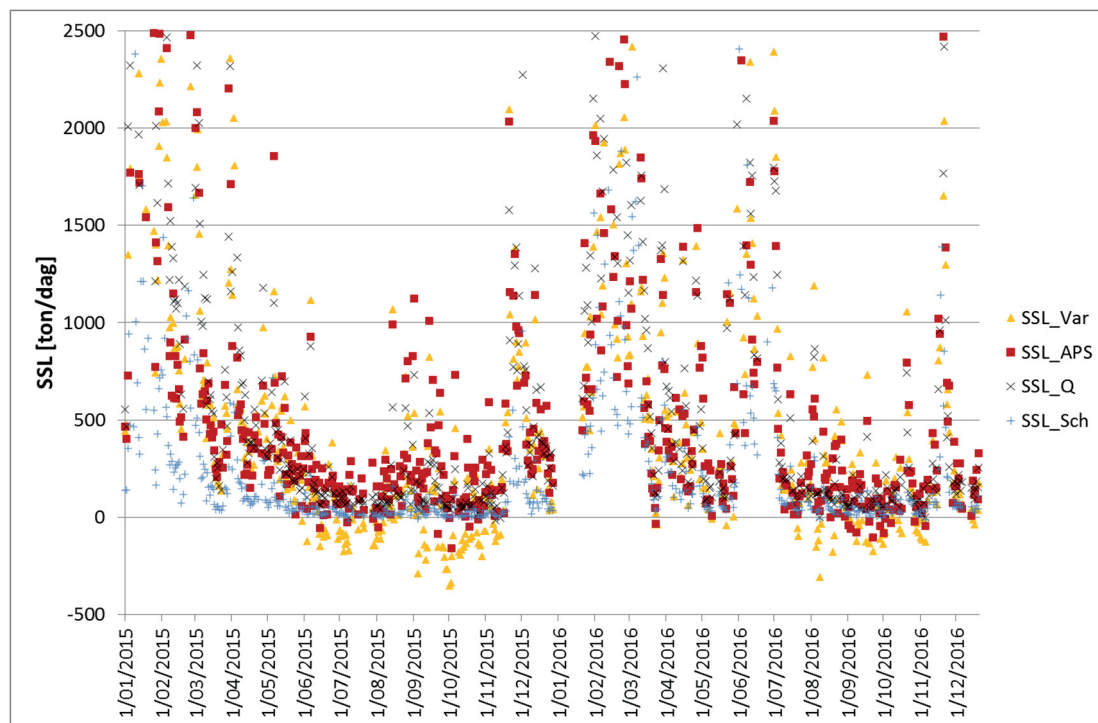
Figuur 9 en Figuur 10 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van de pompstalen in 2015 de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van debiet en de methode op basis van turbiditeit. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst. In 2016 levert de methode SSL_Q de grootste sedimentvracht op, de methode SSL_APS geeft iets lagere waarden, gevolgd door de methode SSL_Var. Ook hier leveren de schepstalen de laagste waarden op. Het valt hier op dat in 2016 een andere spreiding van piekdebieten voorkomt dan in 2015, m.n. er zijn in 2016 enkele pieken in juni/juli (juni 2016 was de natste juni sinds het begin van de metingen, in Ukkel viel er met 174,6 mm een uitzonderlijk grote hoeveelheid neerslag (norm.: 71,8 mm) - bron: KMI).

Figuur 11 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 ‘nieuwe’ methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekening op basis van de pompstalen ongeveer het 4-voud van de sedimentvracht oplevert ten opzichte van de berekening volgens de schepstalen. De berekeningsmethoden op basis van debiet geeft ongeveer 3,5 maal zoveel sedimenttransport aan als de methode van de schepstalen. De methode volgens turbiditeit tenslotte levert een sedimentvracht op die ongeveer 2,7 keer zo groot is als de sedimentvracht berekend volgens de methode van de schepstalen.

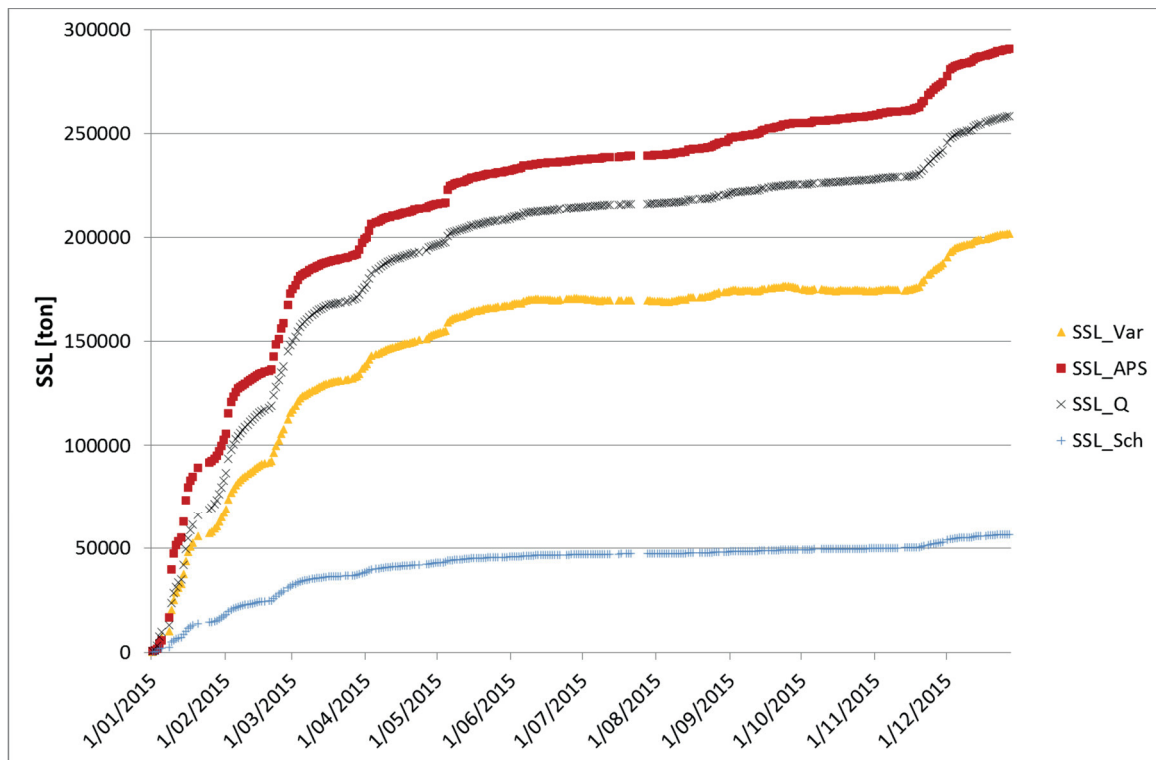
Figuur 7 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Melle



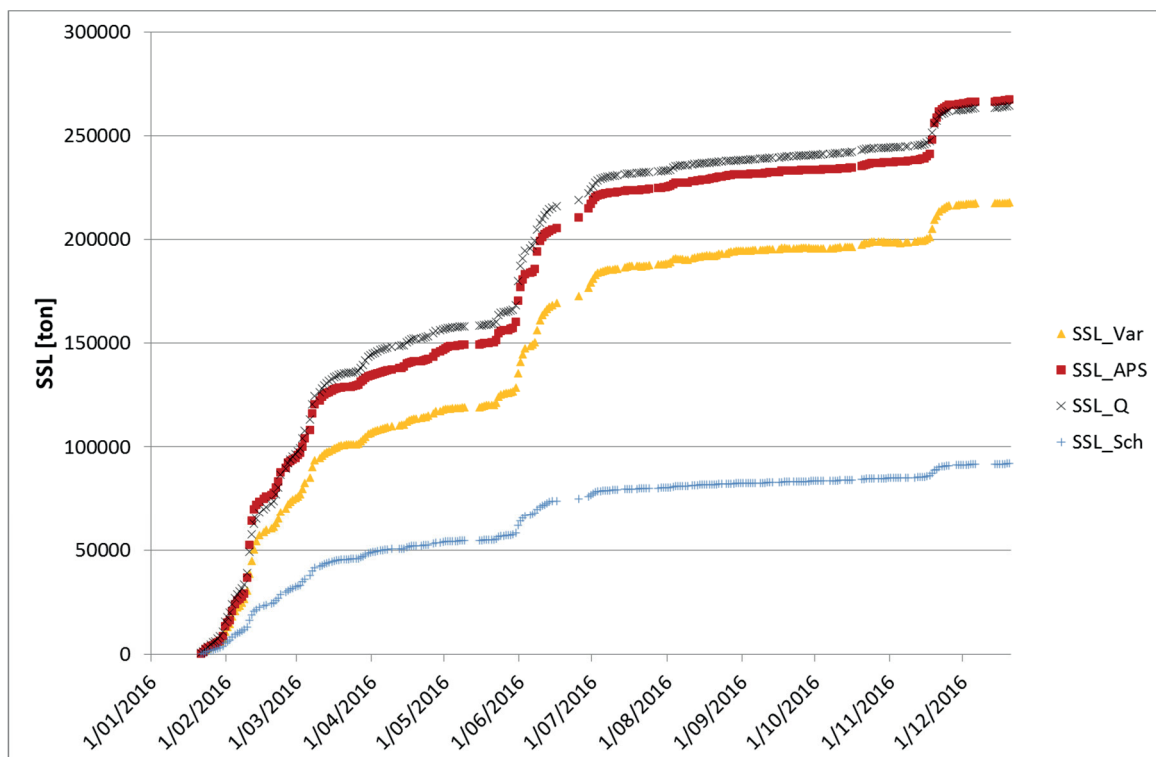
Figuur 8 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Melle - detail



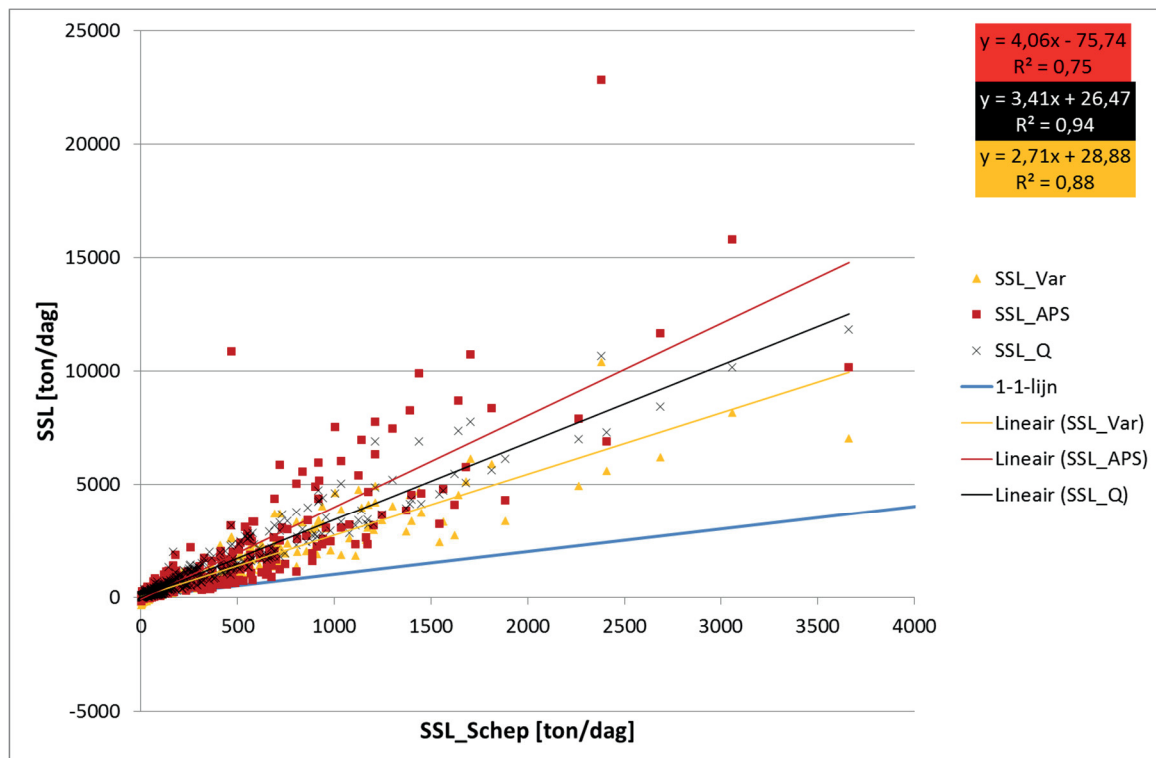
Figuur 9 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Melle



Figuur 10 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Melle



Figuur 11 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Melle



5.1.3 Benedennete – Duffel-Sluis

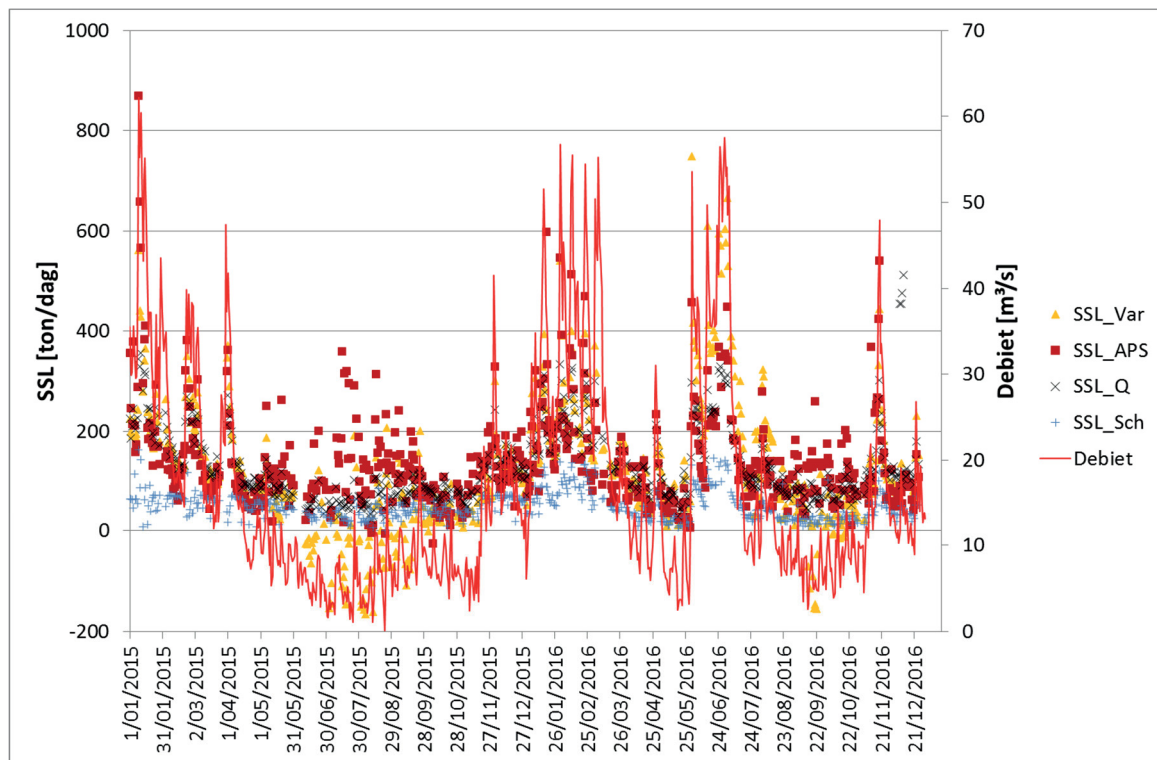
Figuur 12 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Duffel-Sluis. Figuur 13 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

Figuur 14 en Figuur 15 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden in het begin 2015 ongeveer gelijke sedimentvrachten opleveren. Vanaf halfweg 2015 echter schat de methode op basis van de pompstalen de grootste transporten in, gevolgd door de methode op basis van debiet en de methode op basis van turbiditeit. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst. Ook in 2016 leveren de 3 'nieuwe' methoden ongeveer gelijke waarden op tot half mei. Daarna splitst de curve met waarden op basis van turbiditeit zich af en geeft hogere transporten aan. Ook hier leveren de schepstalen de laagste waarden op. Zowel in 2015 als in 2016 geeft de berekeningsmethode op basis van turbiditeit gedurende de zomer/najaar negatieve transporten aan. Net als bij Melle is deze locatie onderhevig aan de tijwerking met eb- en vloedfluxen. De methode op basis van turbiditeit neemt deze eb- en vloedfluxen expliciet mee, terwijl dit niet het geval is voor de andere methoden.

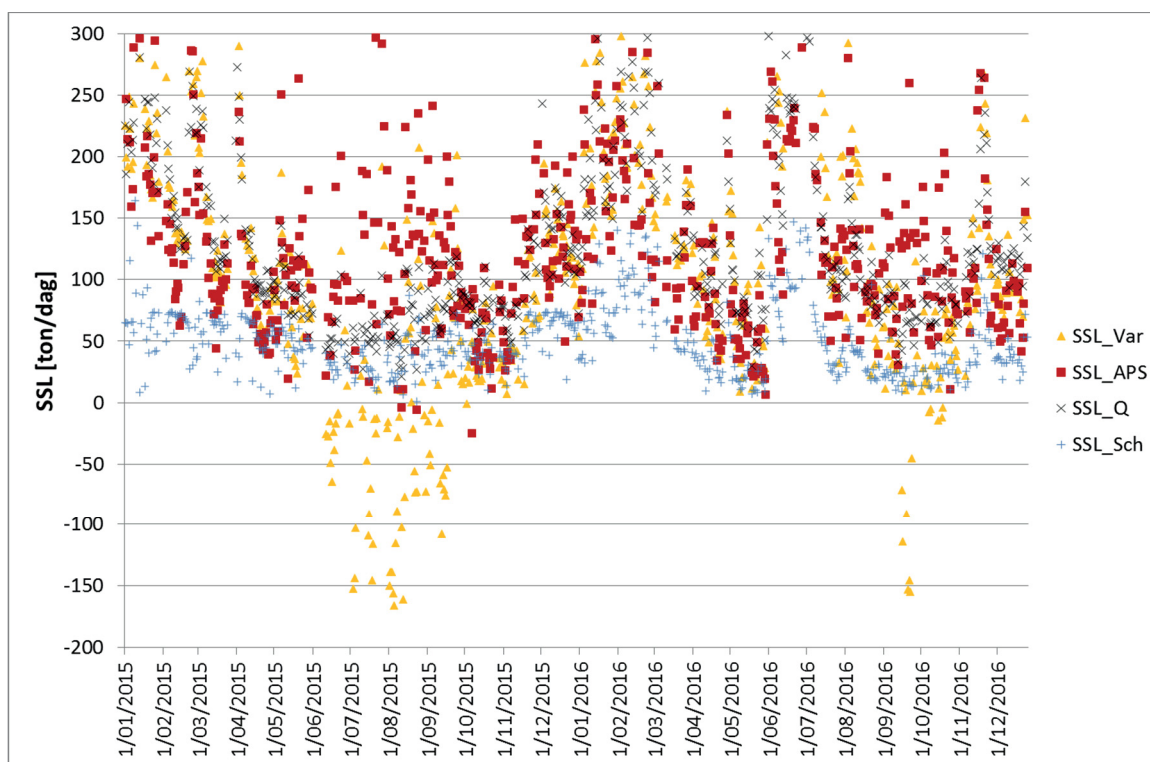
Figuur 16 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekening op basis van de pompstalen en op basis van debiet ongeveer het dubbele voorspellen als de methode met de schepstalen. De berekeningsmethoden op basis van turbiditeit geeft bij lagere concentraties lagere waarden aan dan de overige 2 methoden, en bij hogere concentraties hogere waarden. De methode op basis van turbiditeit is ook de enige die negatieve waardes kan opleveren, het tijgemiddelde debiet en SSC zijn immers altijd positief, zodat de andere methoden enkel positieve resultaten kunnen geven.

Tabel 7 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat SSL_Q (54 ton/dag) en SSL_APS (87 ton/dag) voor lage debieten aanzienlijk hogere vrachten geeft dan SSL_schep (18 ton/dag) en SSL_Var (-45 ton/dag).

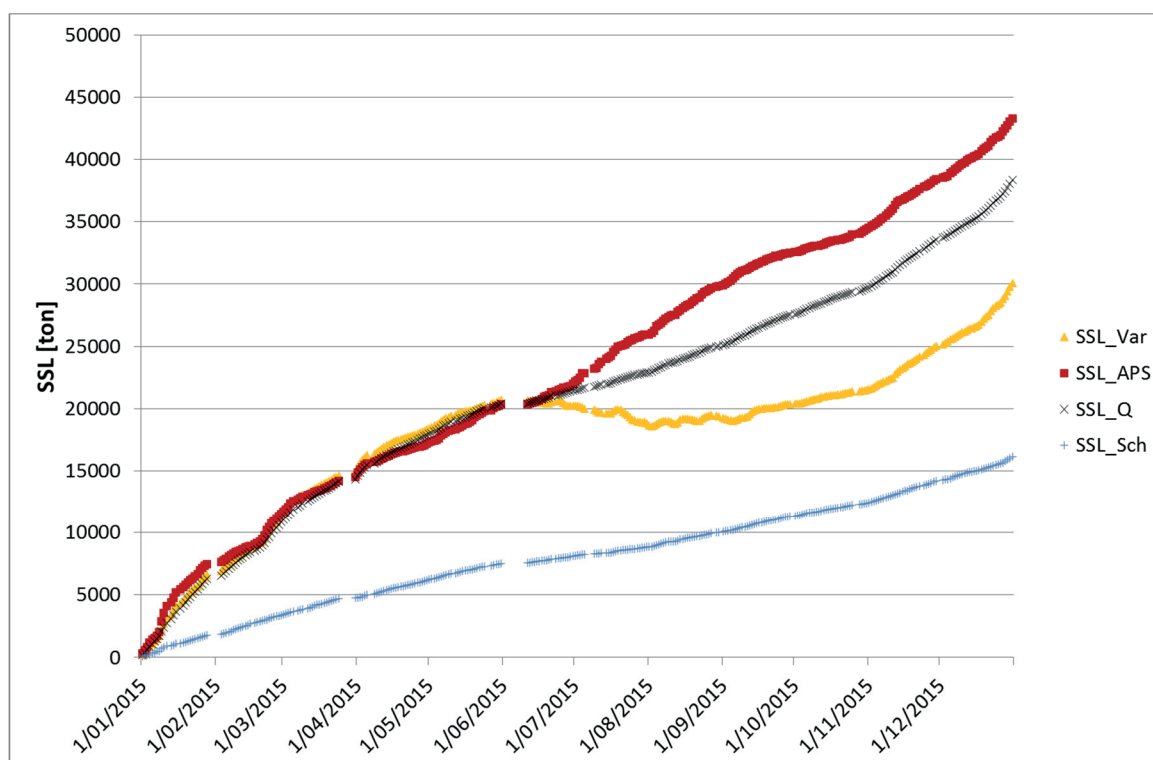
Figuur 12 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Duffel-Sluis



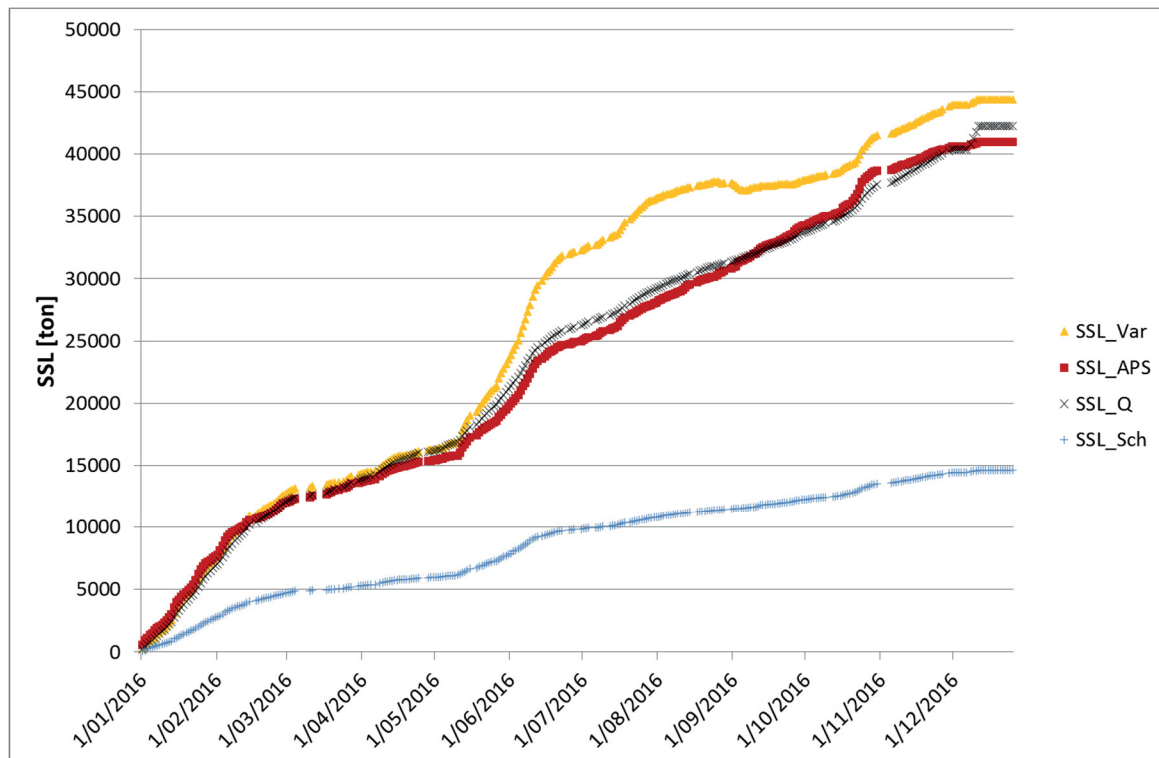
Figuur 13 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Duffel-Sluis - detail



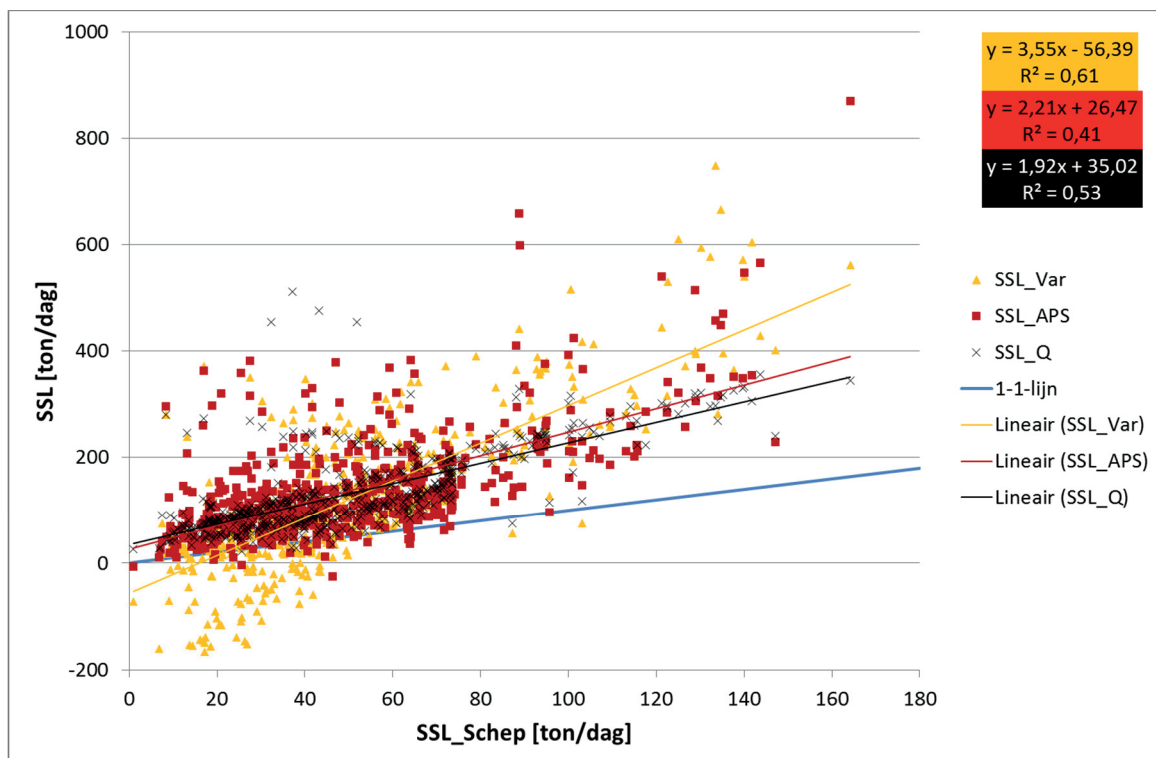
Figuur 14 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Duffel-Sluis



Figuur 15 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Duffel-Sluis



Figuur 16 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Duffel-Sluis



Tabel 7 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 5,1	-45,5	86,6	54,0	18,5
P45 – P55	11,3 – 14,1	99,8	110,9	107,2	48,5
P90 - P100	> 36,9	379,2	322,8	279,3	98,5

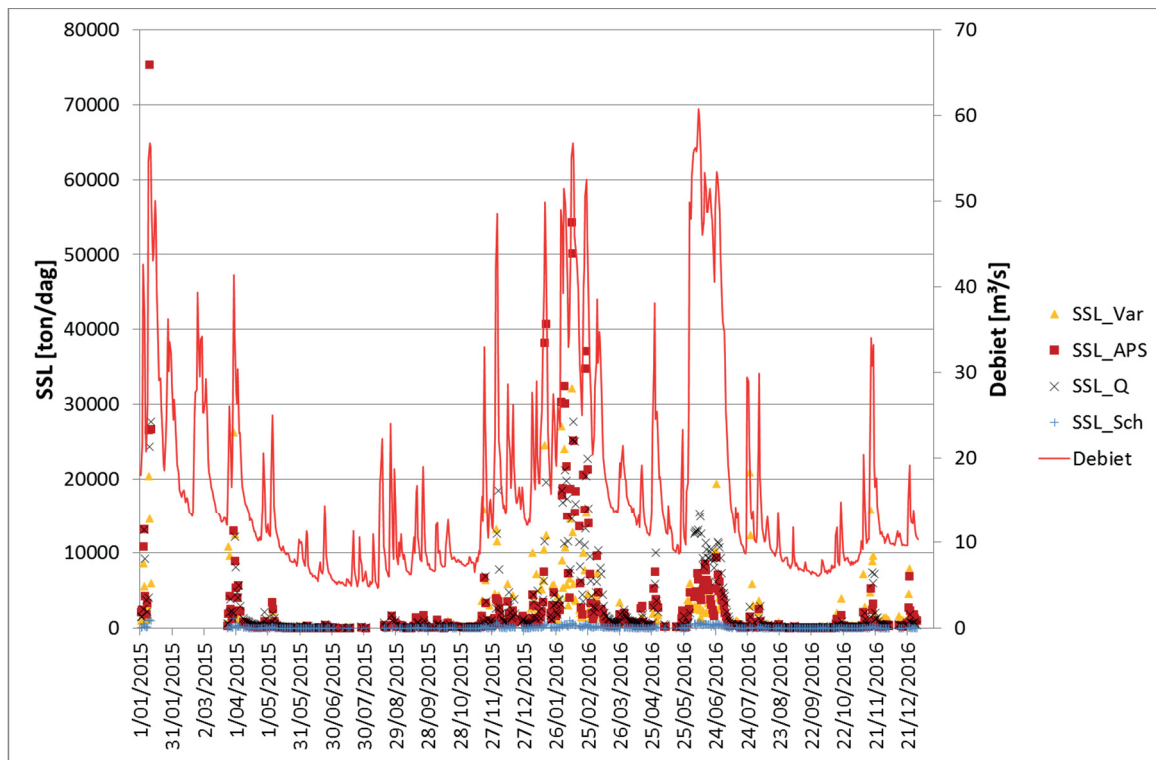
5.1.4 Demer – Aarschot

Figuur 17 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Aarschot. Figuur 18 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

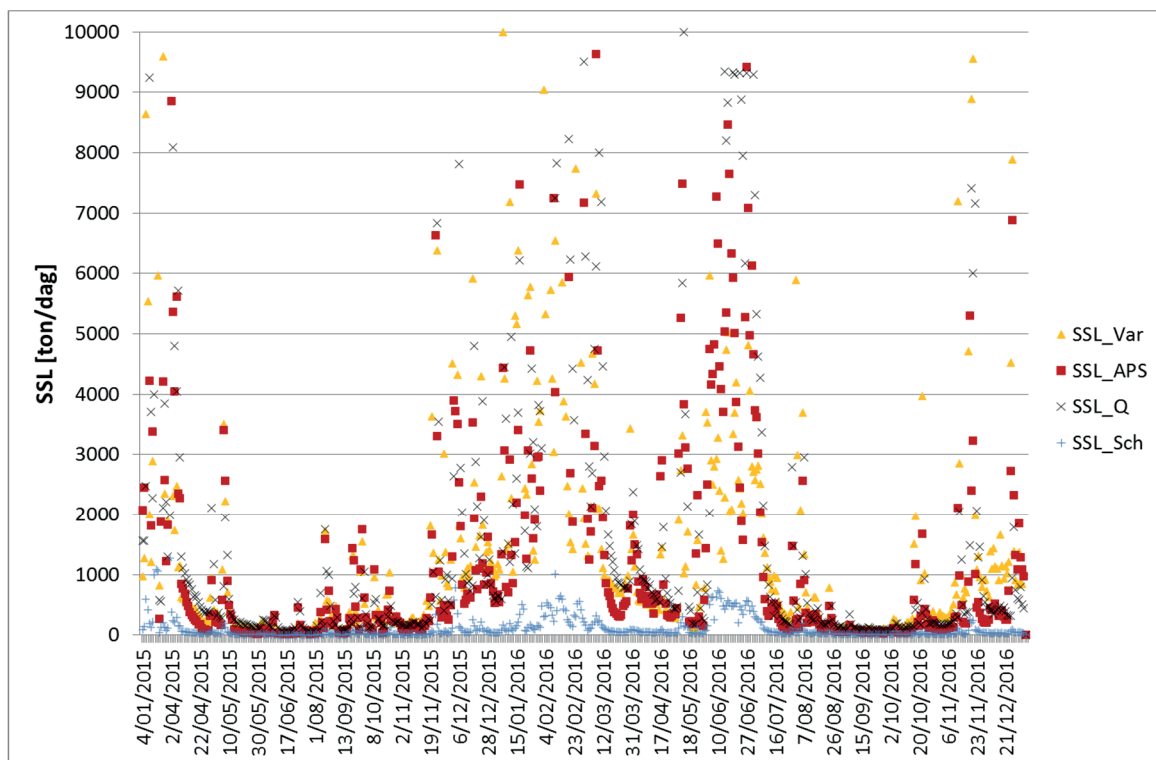
Figuur 19 en Figuur 20 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van de pompstalen de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van debiet en de methode volgens turbiditeit. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst. Het verschil tussen de methode met de pompstalen en de methode op basis van debiet en turbiditeit situeert zich voor al bij de piekdebieten (april 2015 en februari 2016 – zie Figuur 17). In Figuur 18, waar de piekdebieten niet zichtbaar zijn liggen de drie ‘nieuwe methoden’ zeer dicht bij elkaar.

Figuur 21 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 ‘nieuwe’ methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekening volgens de nieuwe methoden 15 tot 27 maal grotere transporten opleveren dan de berekening op basis van de schepstalen. In de APS-curve is een splitsing zichtbaar, die echter niet verklaard kan worden op basis van seizoenale verschillen.

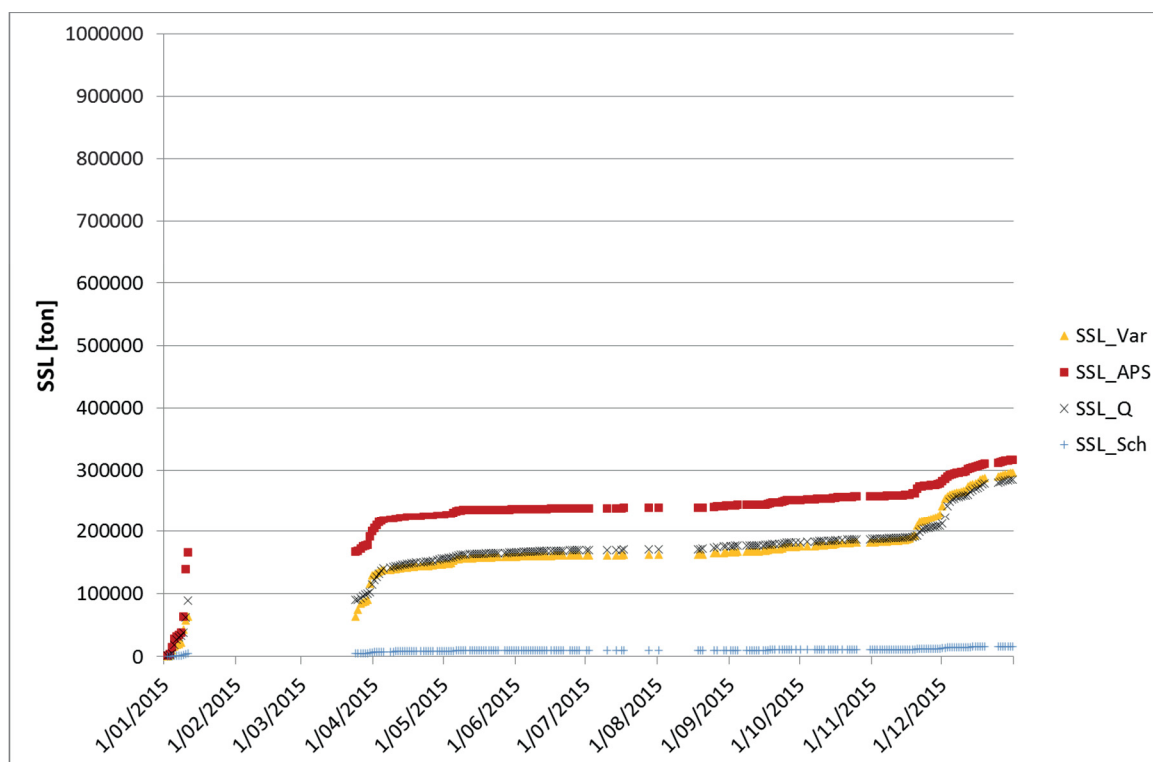
Figuur 17 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Aarschot



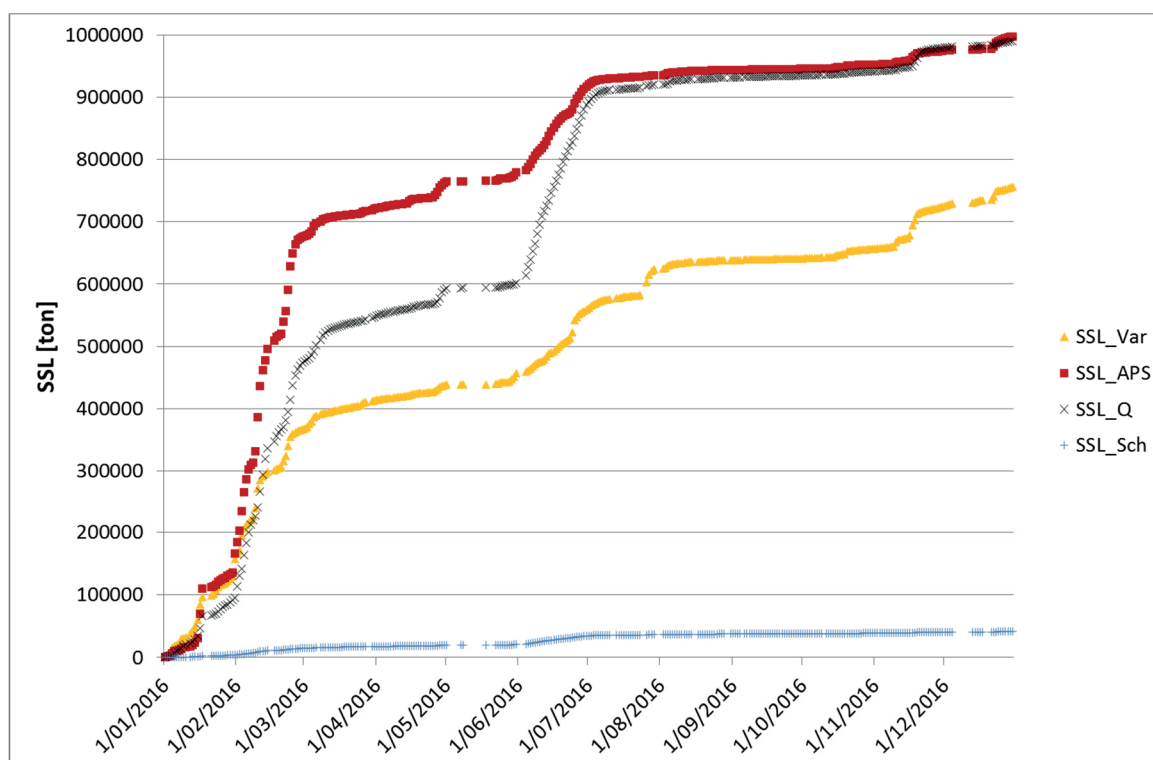
Figuur 18 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Aarschot, detail



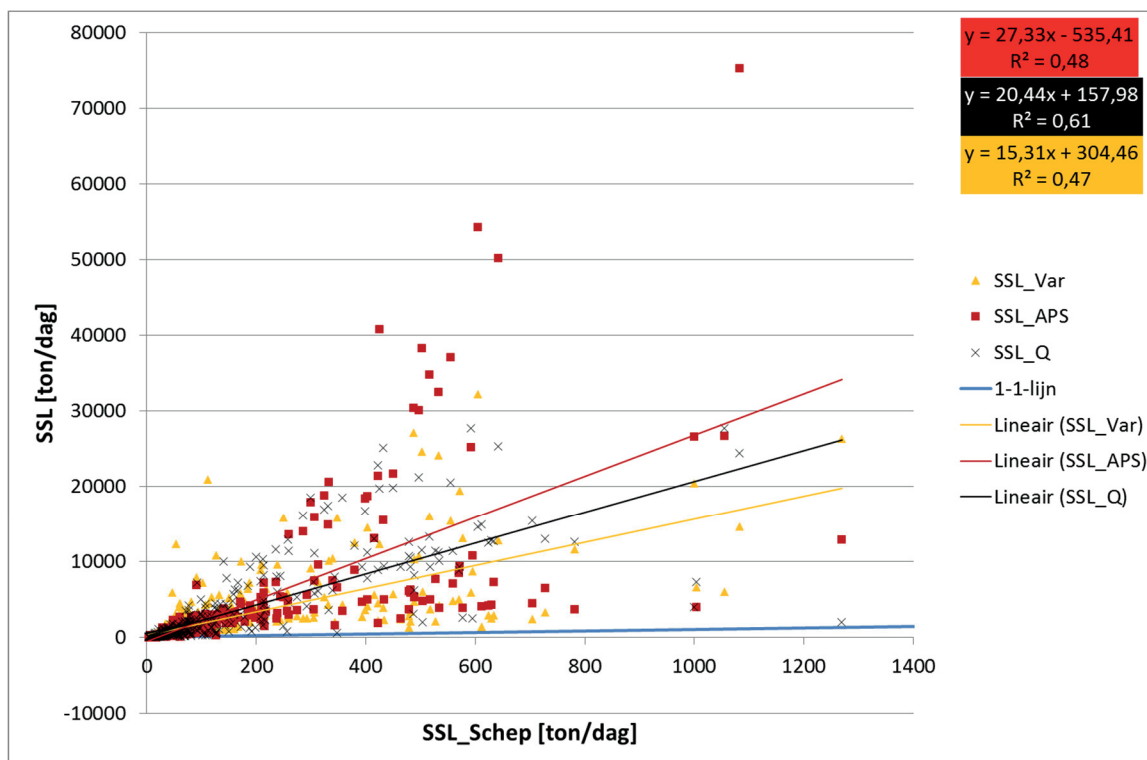
Figuur 19 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Aarschot



Figuur 20 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Aarschot



Figuur 21 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Aarschot



5.1.5 Dender – Dendermonde

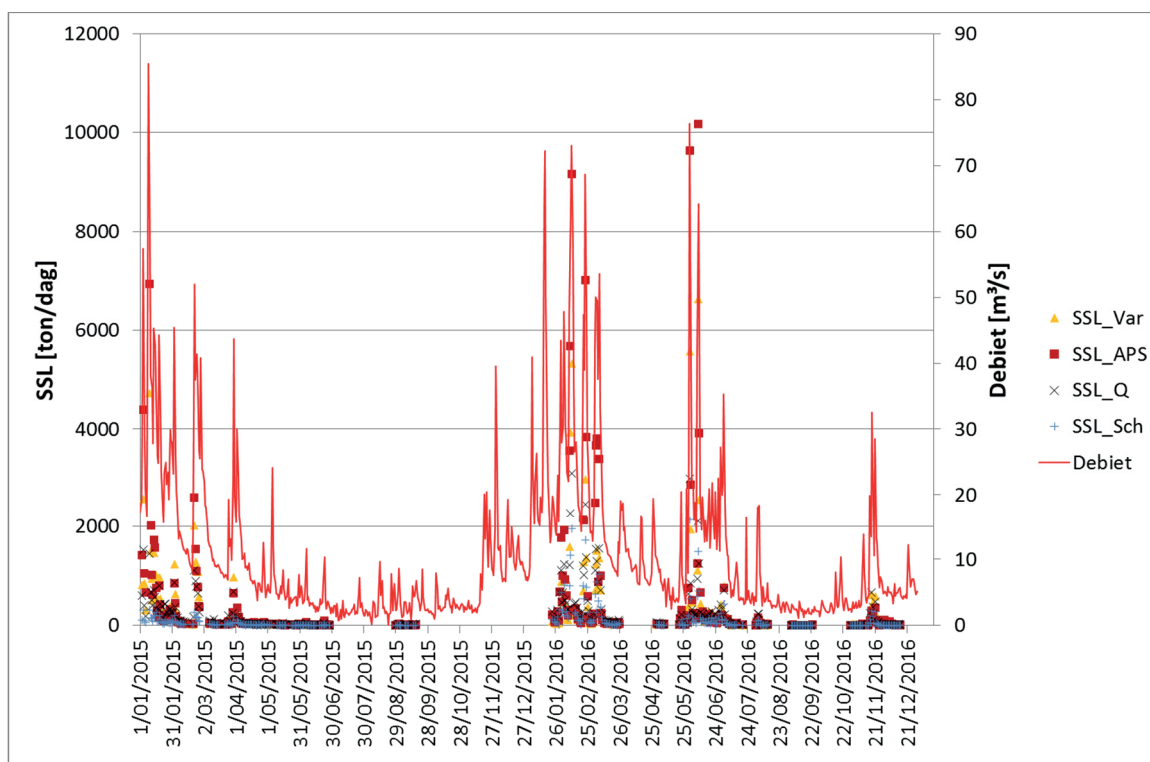
Figuur 22 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Dendermonde. Figuur 23 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

Figuur 24 en Figuur 25 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van de pompstalen de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van turbiditeit en de methode volgens het debiet. In 2015 blijkt het totale transport heel wat lager dan in 2016, maar er komen dan ook verschillende periodes voor zonder metingen. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst.

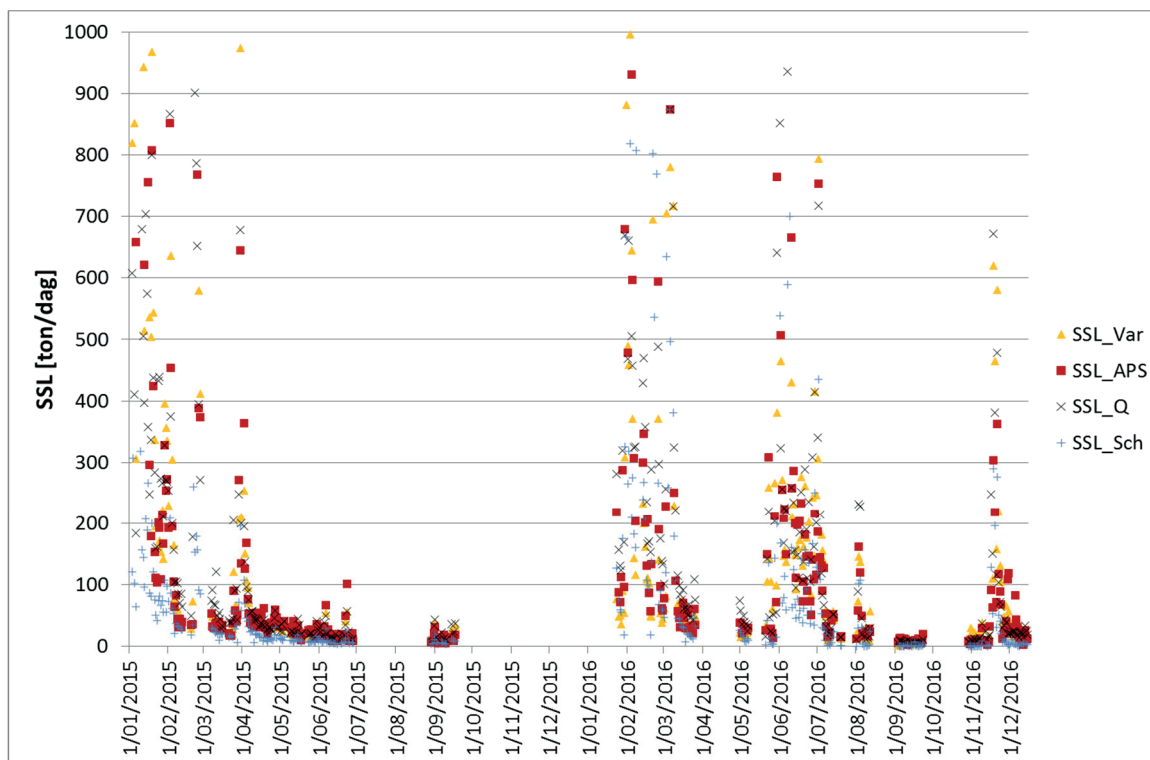
Figuur 26 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 ‘nieuwe’ methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekening op basis van de pompstalen ongeveer 4,5 keer de sedimentvracht aangeeft ten opzichte van de berekening volgens de schepstalen. De berekeningsmethoden op basis van turbiditeit geeft ongeveer 2,5 maal zoveel sedimenttransport aan als de methode van de schepstalen. De methode volgens debiet tenslotte levert een sedimentvracht op die ongeveer 1,5 keer zo groot is als de sedimentvracht berekend volgens de methode van de schepstalen.

Tabel 8 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen.

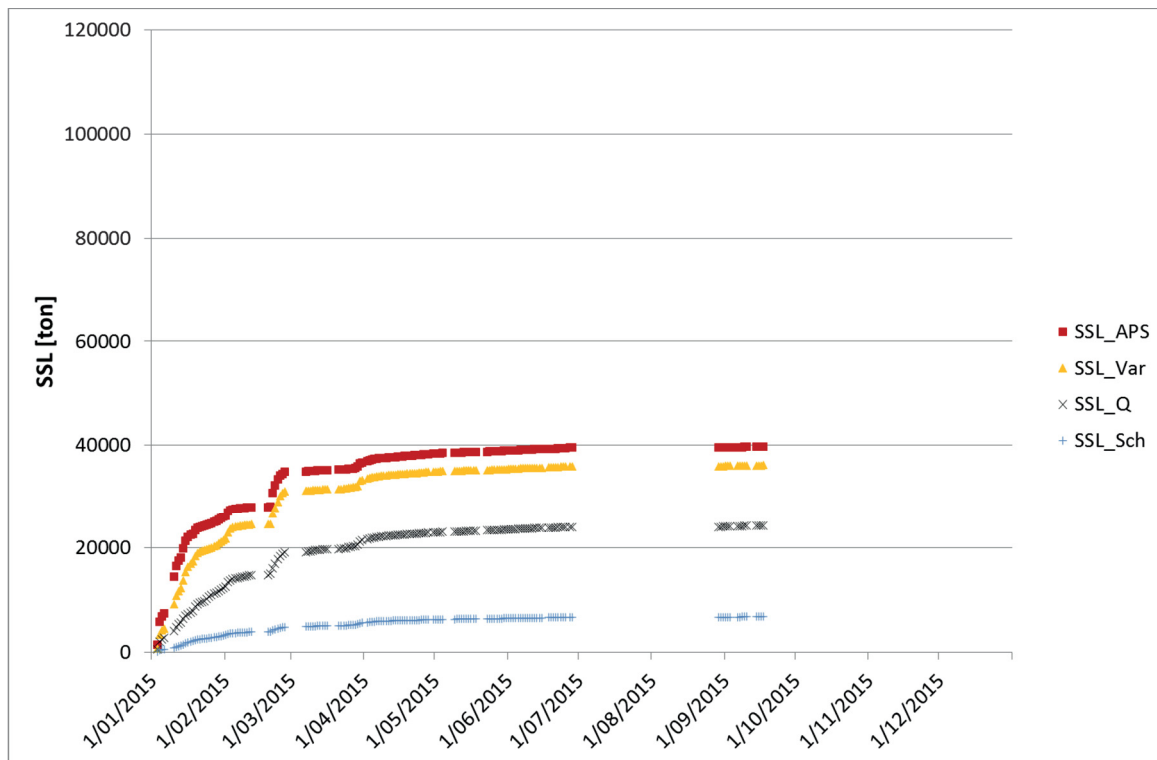
Figuur 22 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Dendermonde



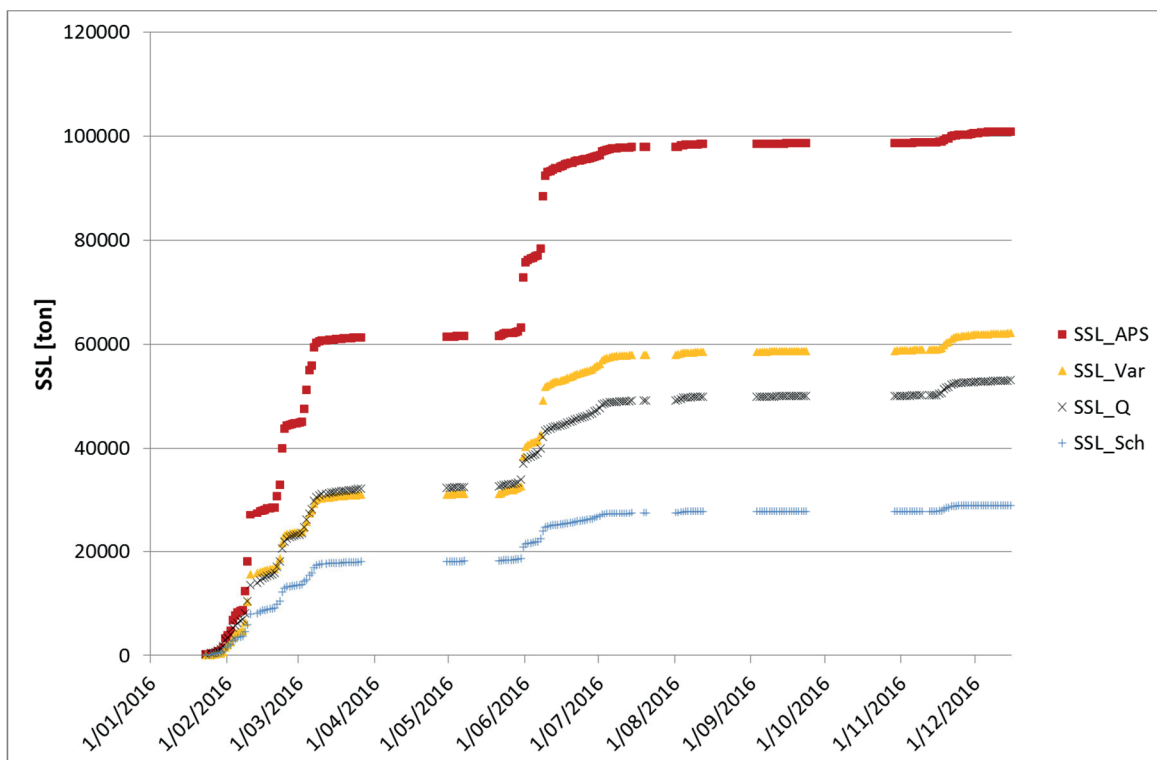
Figuur 23 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Dendermonde - detail



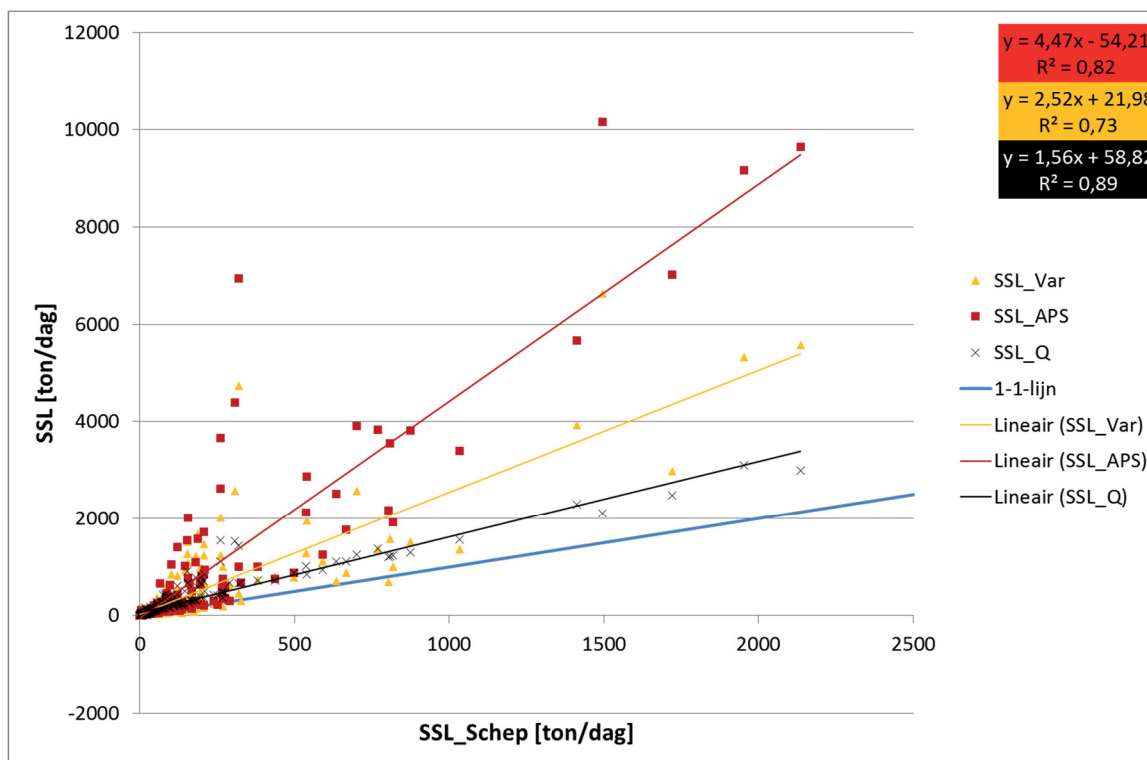
Figuur 24 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Dendermonde



Figuur 25 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Dendermonde



Figuur 26 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Dendermonde



Tabel 8 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 14,6	114,0	89,3	117,0	37,7
P45 - P55	25,4 – 30,8	264,4	284,0	297,1	104,5
P90 - P100	> 76,3	2355,6	3409,4	2102,8	1149,2

5.1.6 Grote Nete – Itegem-Hullebrug

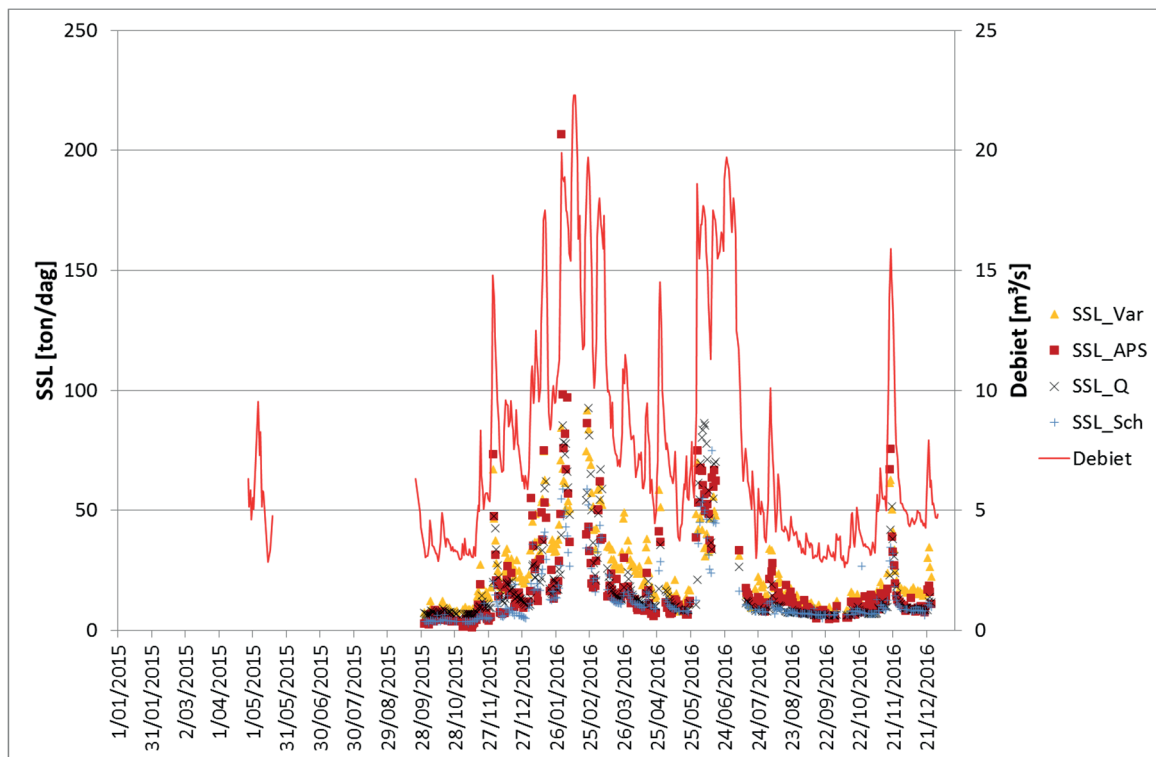
Figuur 27 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Itegem. Figuur 28 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

Figuur 29 en Figuur 30 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Aangezien voor 2015 amper metingen beschikbaar zijn wordt vooral gekeken naar 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van turbiditeit de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van pompstalen en de methode volgens het debiet. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst.

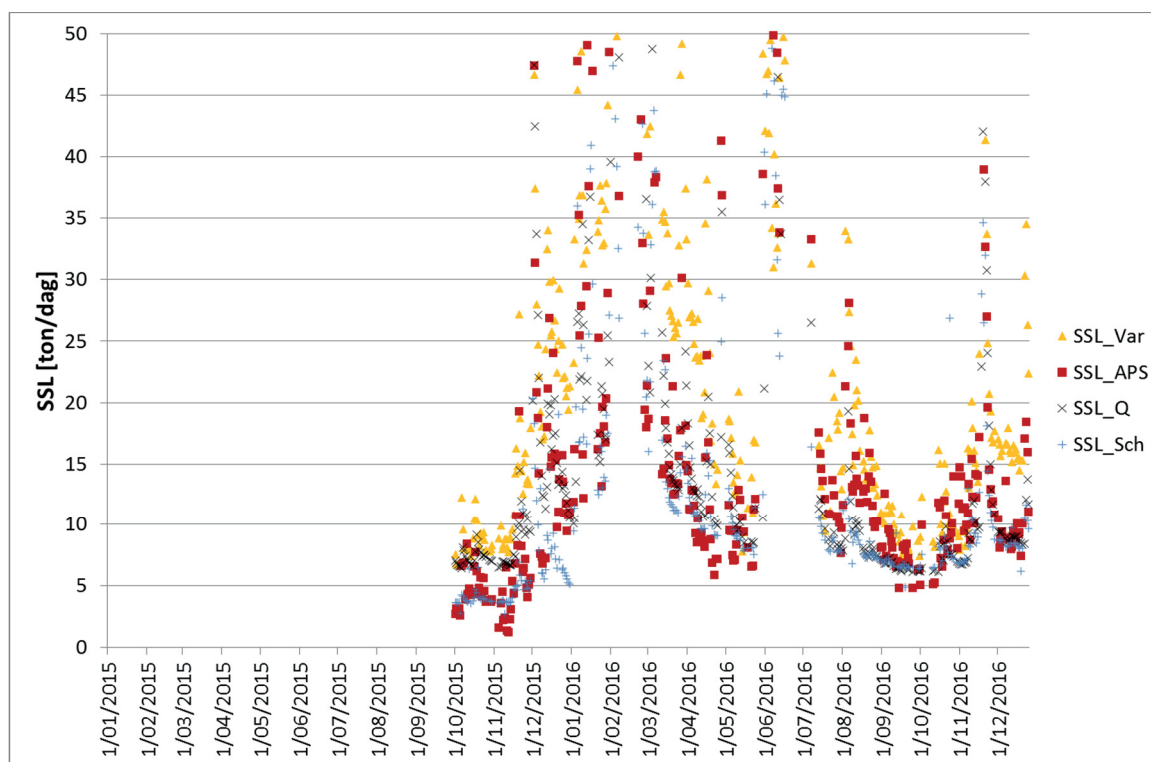
Figuur 31 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de 3 nieuwe berekeningsmethoden een sedimentvracht aangeven die ongeveer 1,2 a 1,4 keer zo groot is als de sedimentvracht berekend volgens de methode van de schepstalen.

Tabel 9 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen.

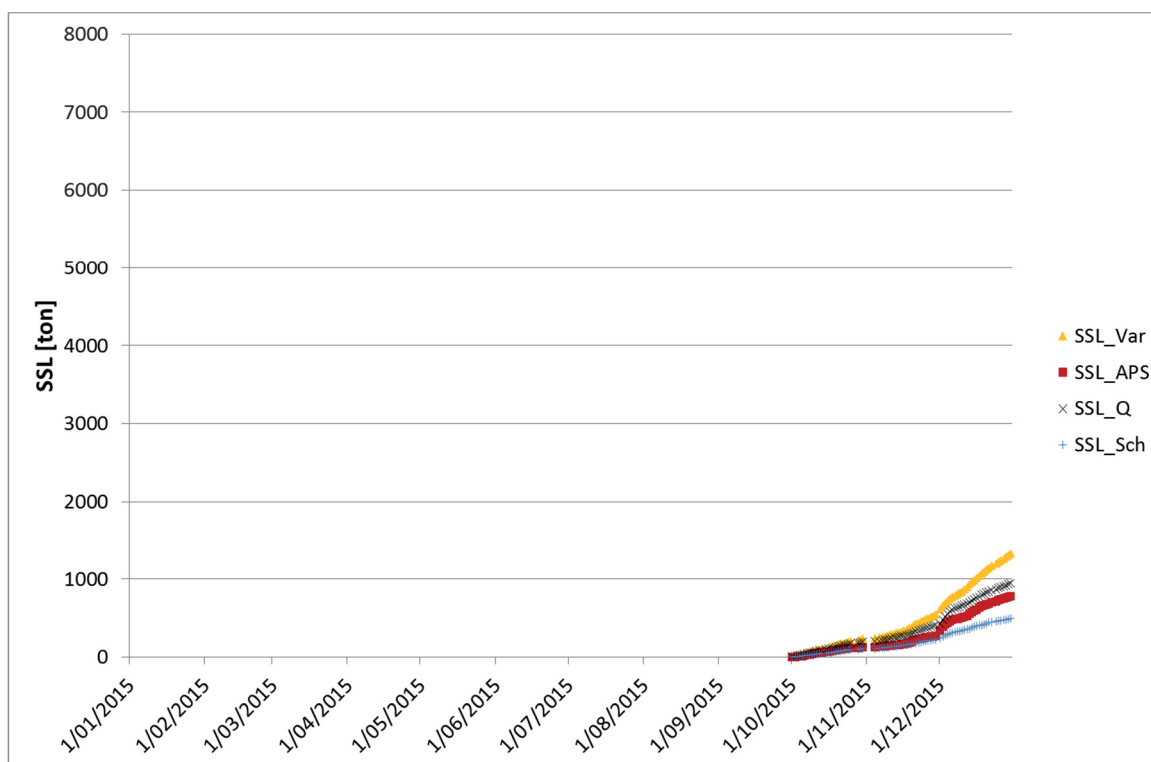
Figuur 27 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Itegem



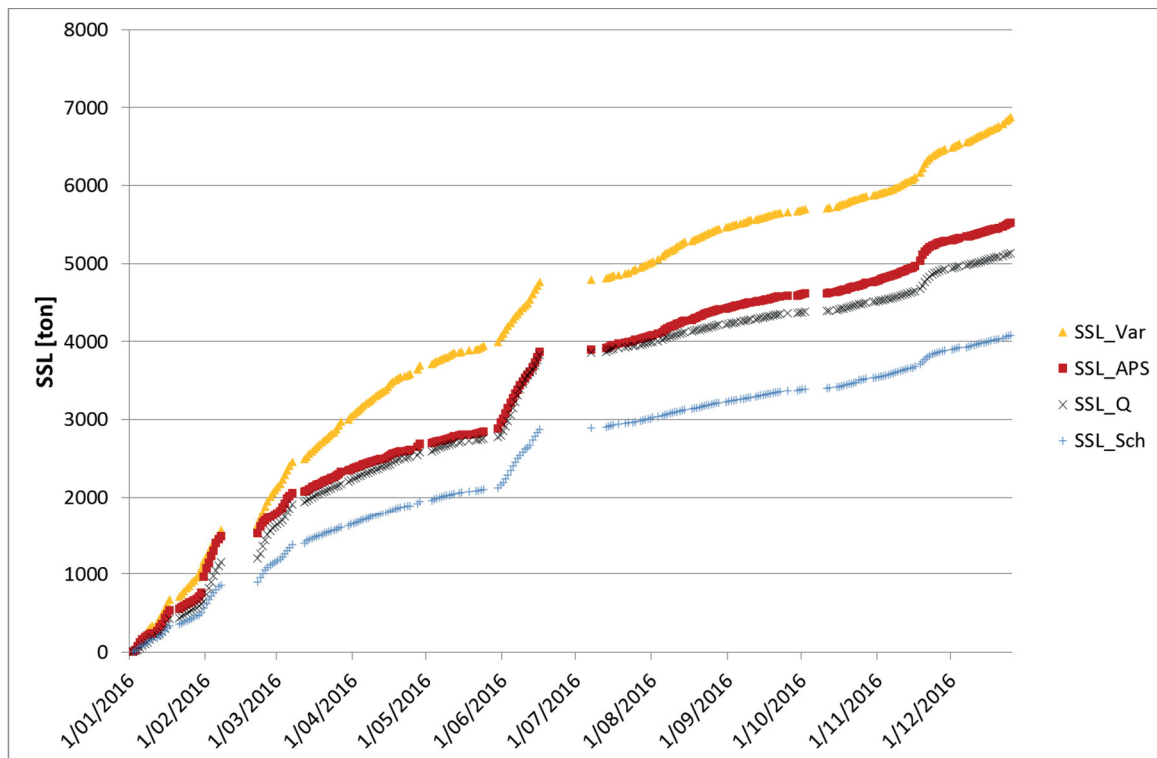
Figuur 28 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Itegem - detail



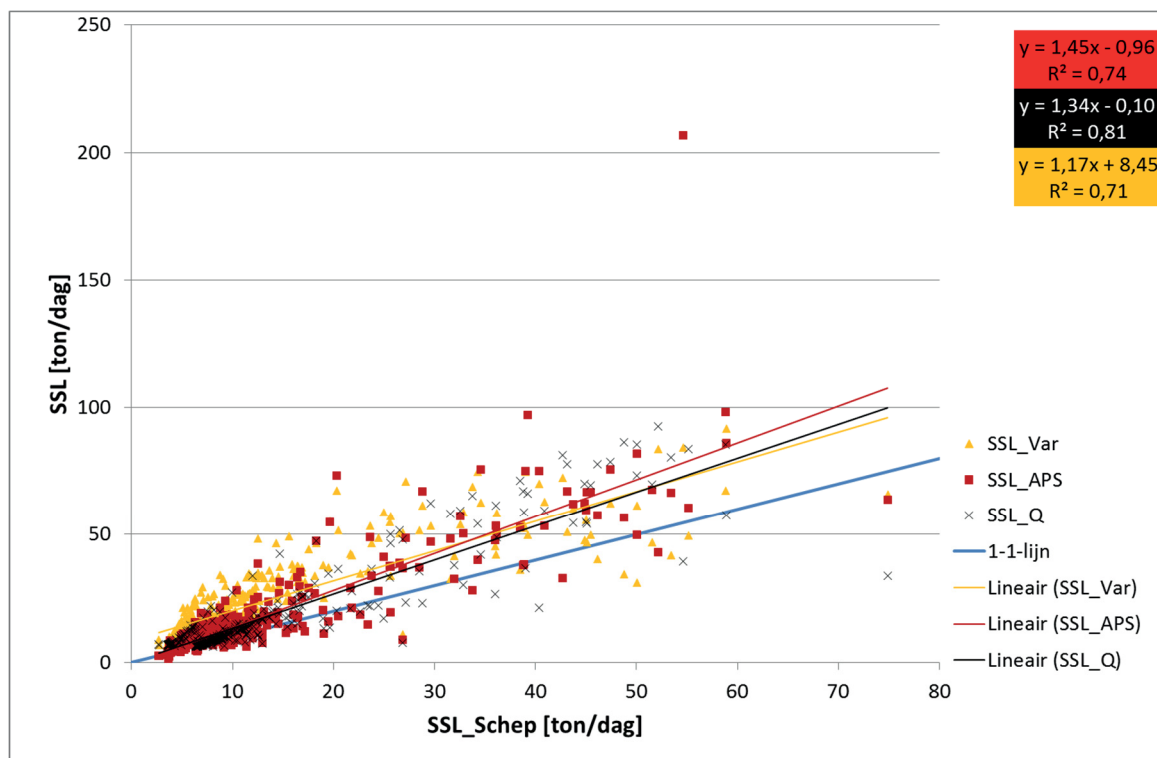
Figuur 29 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Itegem



Figuur 30 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Itegem



Figuur 31 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Itegem



Tabel 9 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m ³ /s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 3,2	8,3	5,9	6,7	5,5
P45 – P55	5,6 – 6,6	18,0	10,2	11,2	8,5
P90 - P100	> 16,5	59,4	65,8	65,7	44,6

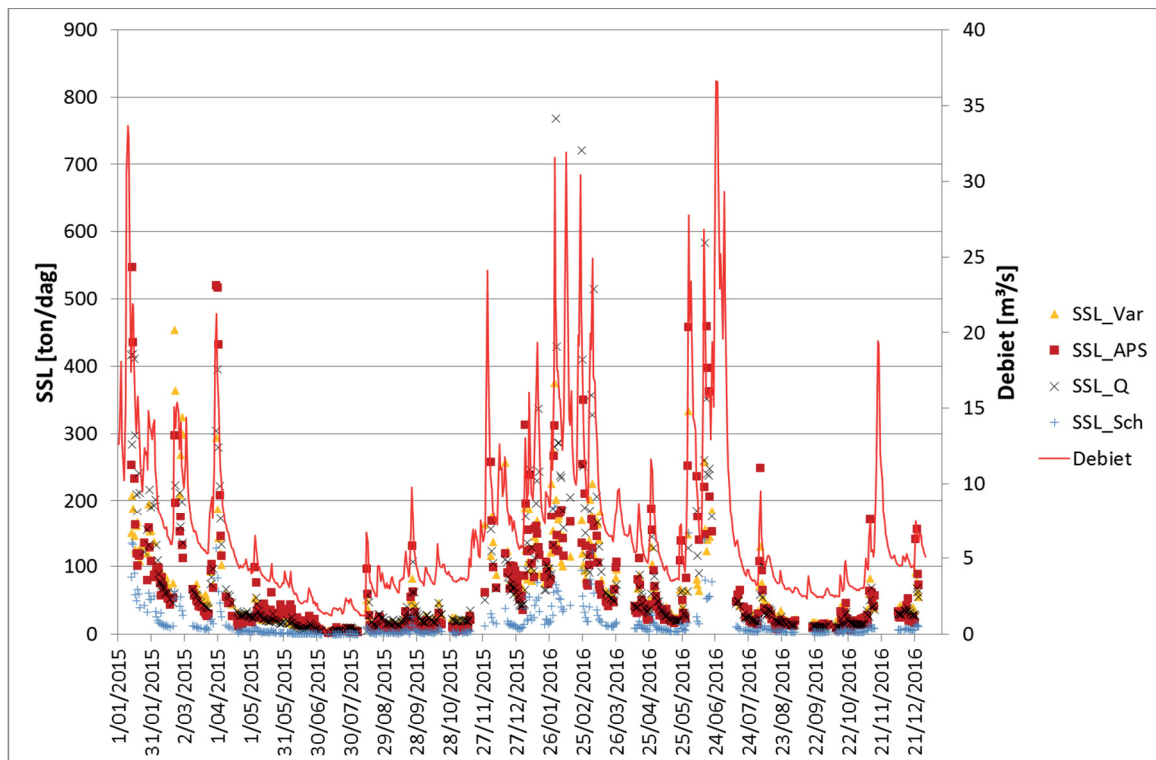
5.1.7 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon

Figuur 32 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Grobbendonk. Figuur 33 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

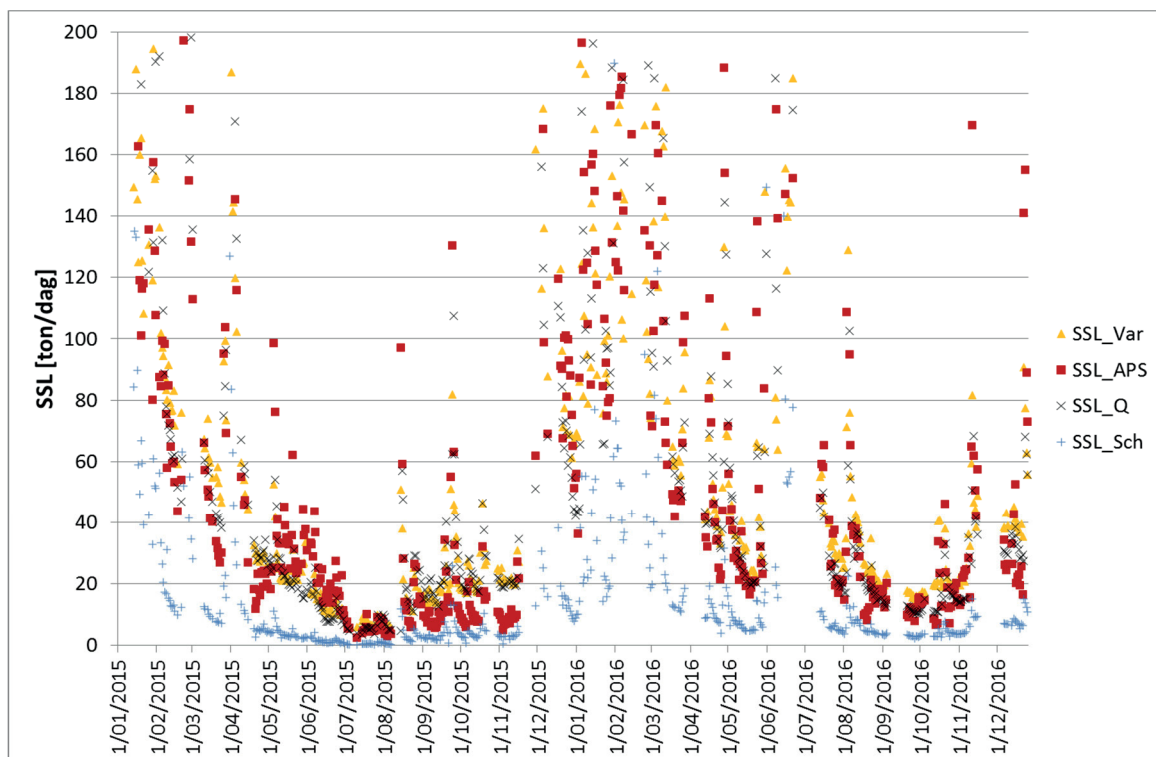
Figuur 34 en Figuur 35 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van debiet de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van pompstalen en de methode volgens turbiditeit. Figuur 32 en Figuur 33 tonen dat vooral bij de piekdebieten in het begin van 2016 de geschatte sedimentvracht op basis van debiet veel hogere waarden inschat dan de overige methoden. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst. Het sedimenttransport in 2016 is opnieuw groter dan dat in 2015. Ook hier zijn in de zomer van 2016 enkele pieken zichtbaar, waar dat in 2015 niet het geval is.

Figuur 36 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de 3 nieuwe berekeningsmethoden een sedimentvracht aangeven die ongeveer 2 a 3 keer zo groot is als de sedimentvracht berekend volgens de methode van de schepstalen.

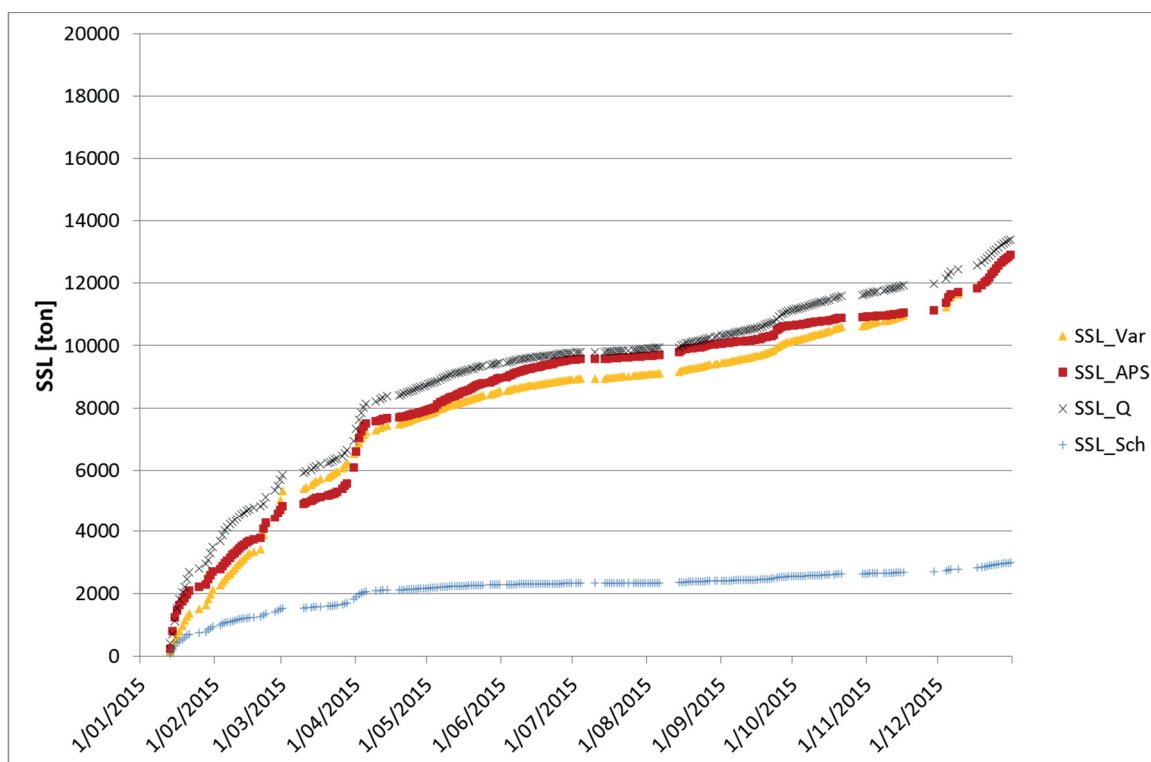
Figuur 32 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Grobbendonk



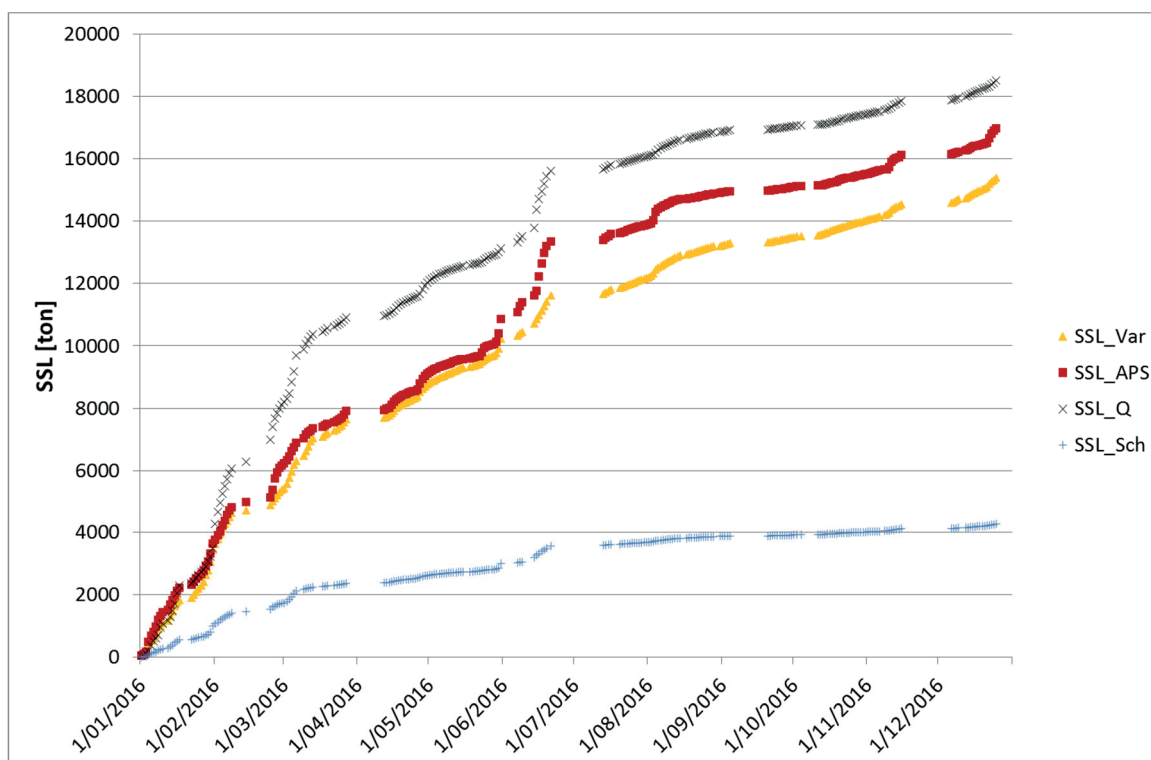
Figuur 33 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Grobbendonk – detail



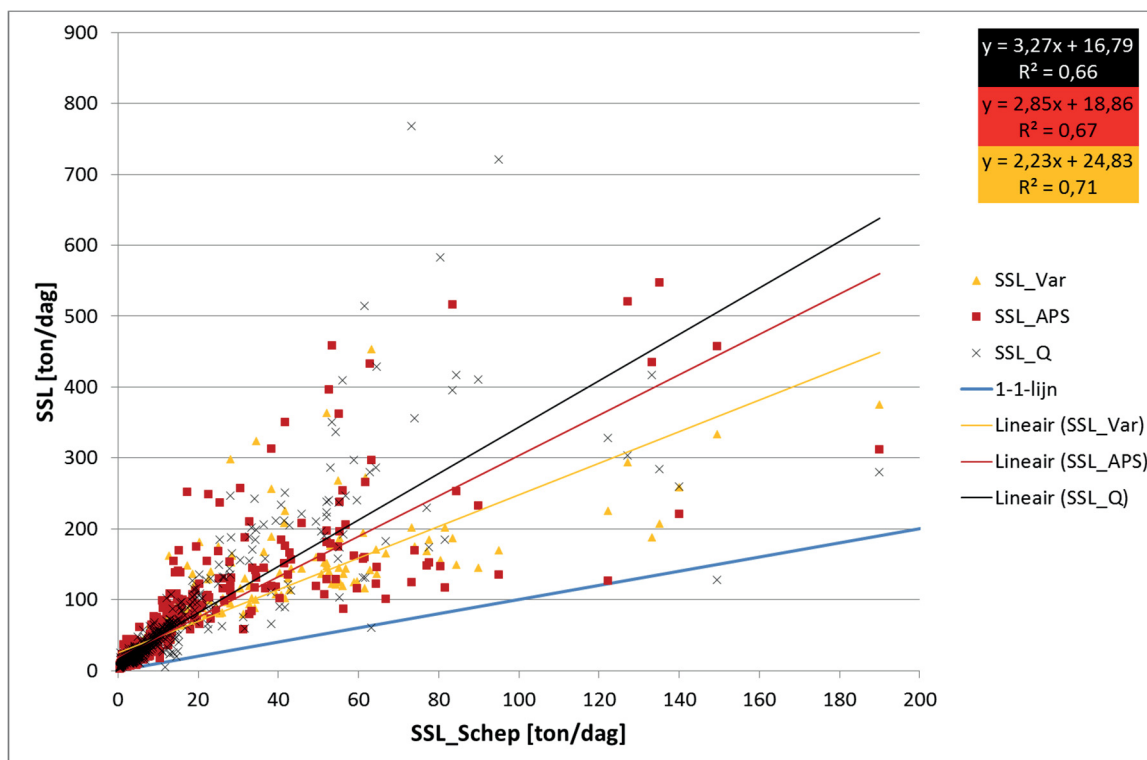
Figuur 34 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Grobbendonk



Figuur 35 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Grobbendonk



Figuur 36 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Grobbendonk



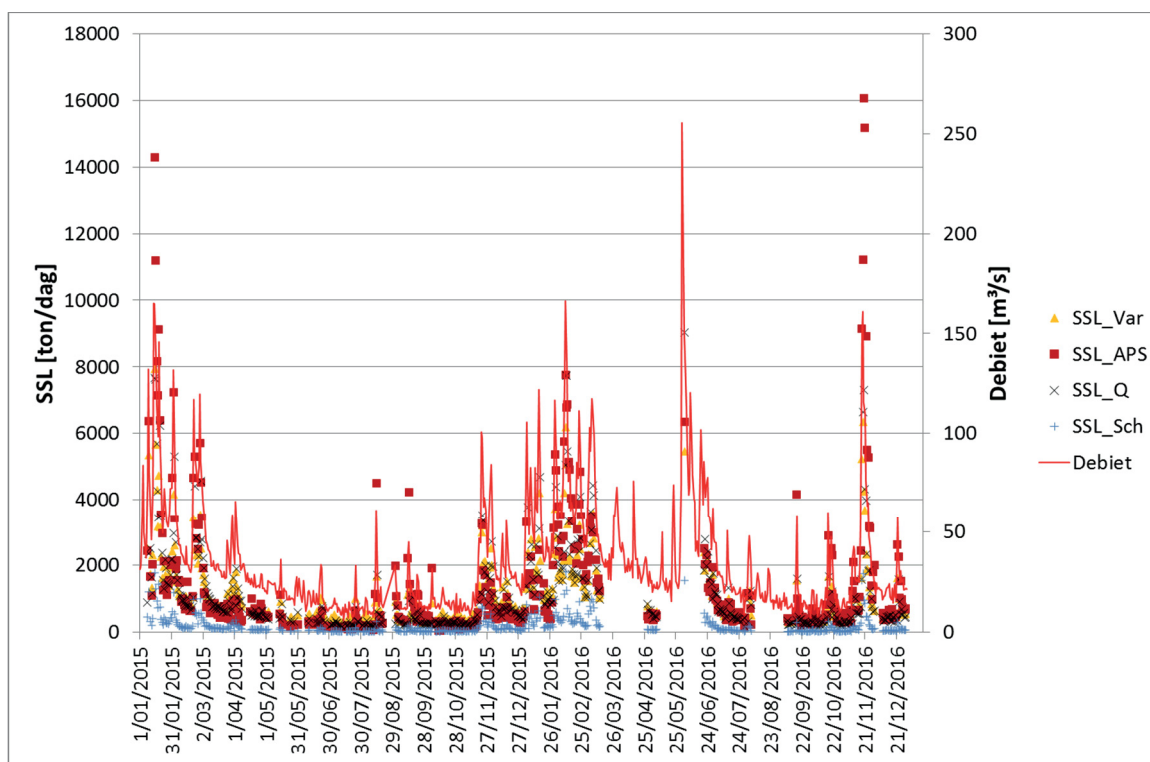
5.1.8 Leie – Zulte

Figuur 37 geeft de berekende sedimentvracht weer volgens de verschillende berekeningsmethoden voor Zulte. Figuur 36 toont een detail van de 90% laagste sedimentvrachten.

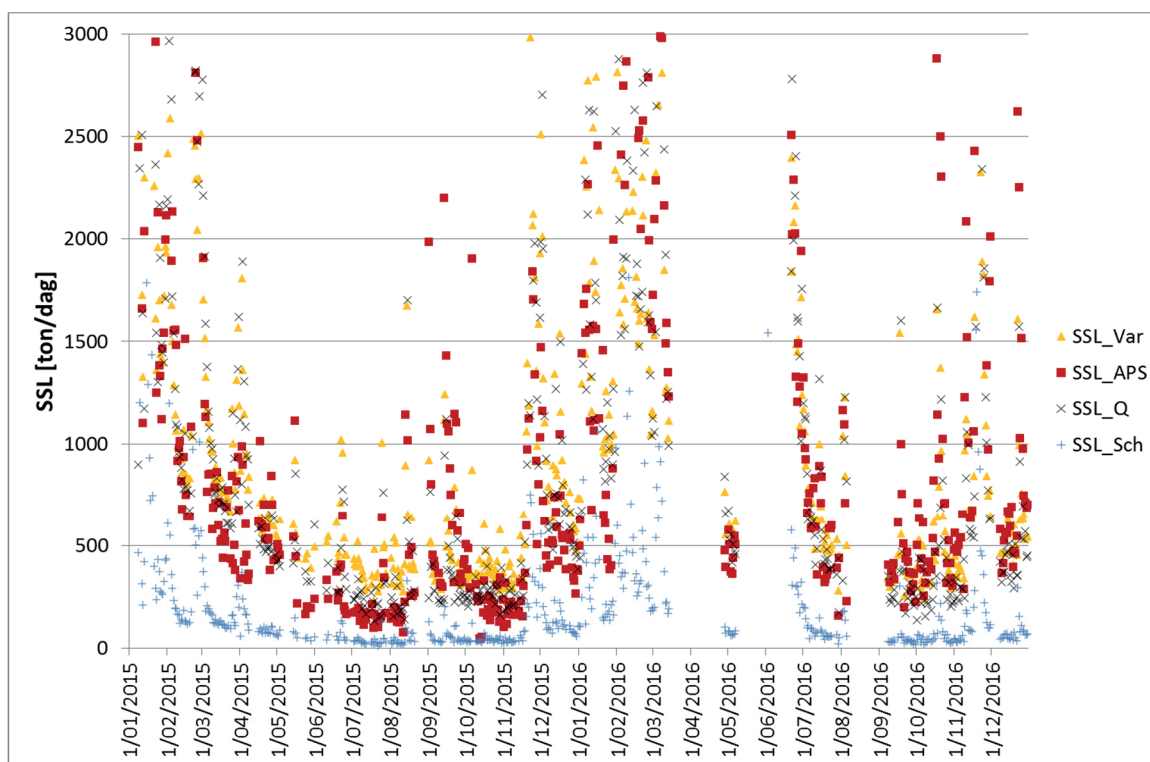
Figuur 39 en Figuur 40 geven de cumulatieve sedimentvracht weer in dit meetstation voor 2015 resp. 2016. Hieruit blijkt dat de methode op basis van pompstalen de grootste transporten inschat, gevolgd door de methode op basis van debiet en de methode op basis van turbiditeit die ongeveer gelijke waarden opleveren. Indien schepstalen gebruikt worden om de sedimentvracht te berekenen liggen de waarden het laagst.

Figuur 41 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. Hieruit blijkt dat de berekeningsmethode op basis van pompstalen een sedimentvracht oplevert die ca. 6x zo groot is als de sedimentvracht zoals voorspeld door de methode op basis van schepstalen. De methoden op basis van turbiditeit en debiet geven waarden die ongeveer 4 x zo groot zijn als die die berekend zijn met de methode op basis van de schepstalen.

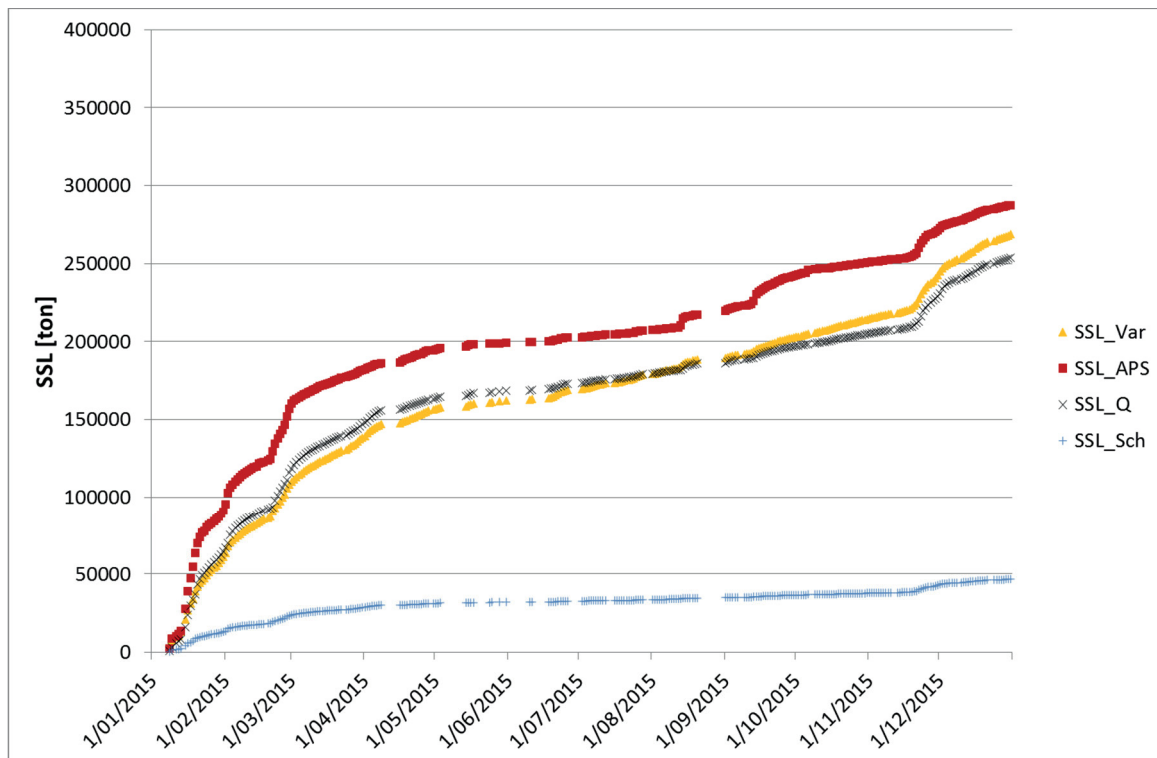
Figuur 37 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Zulte



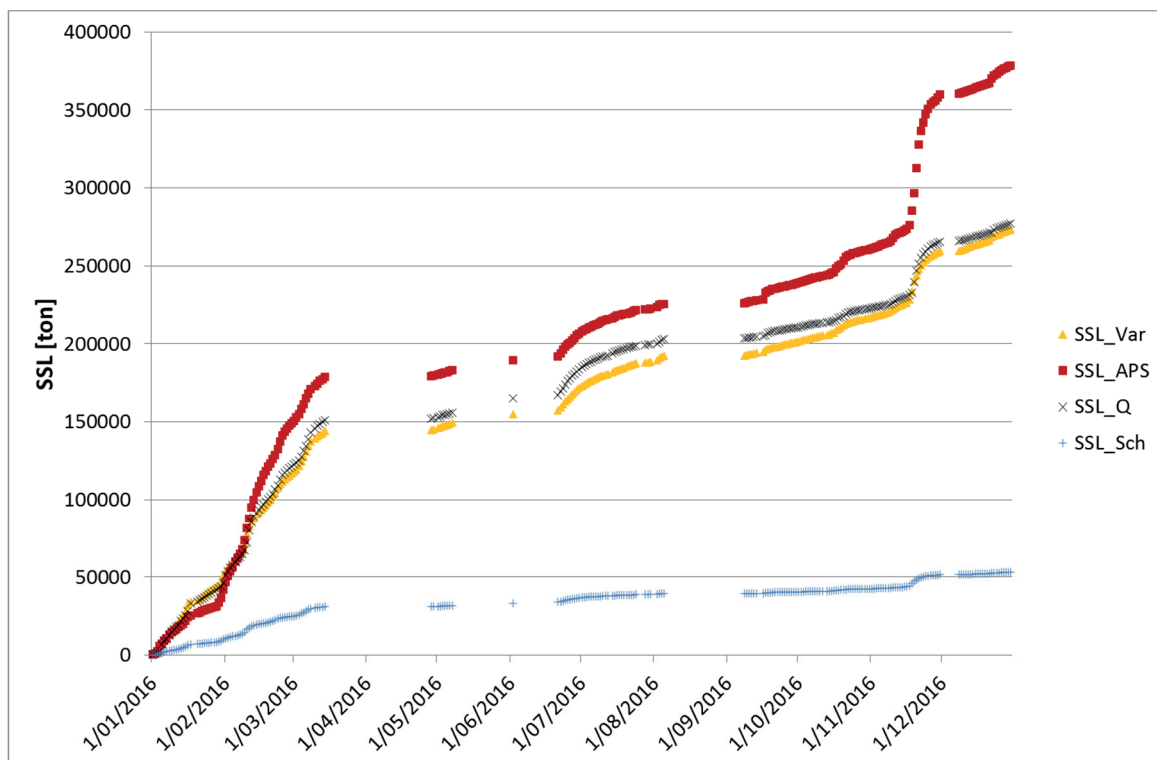
Figuur 38 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Zulte - detail



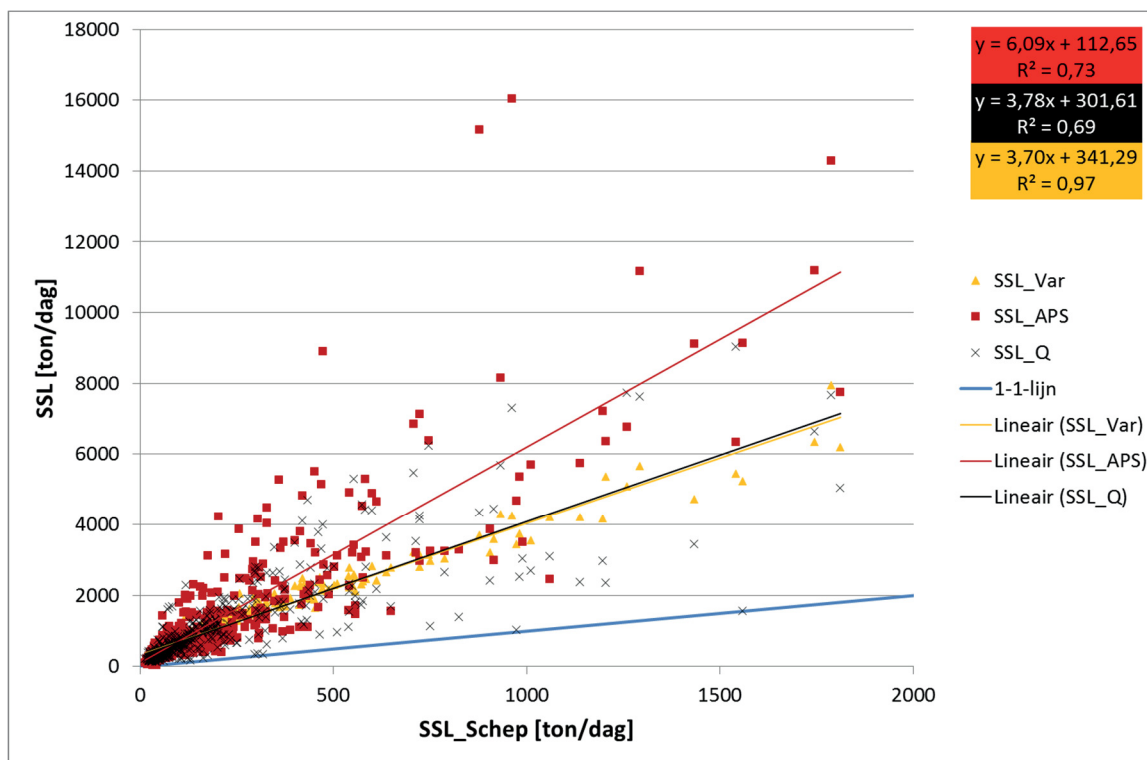
Figuur 39 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Zulte



Figuur 40 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Zulte



Figuur 41 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Zulte



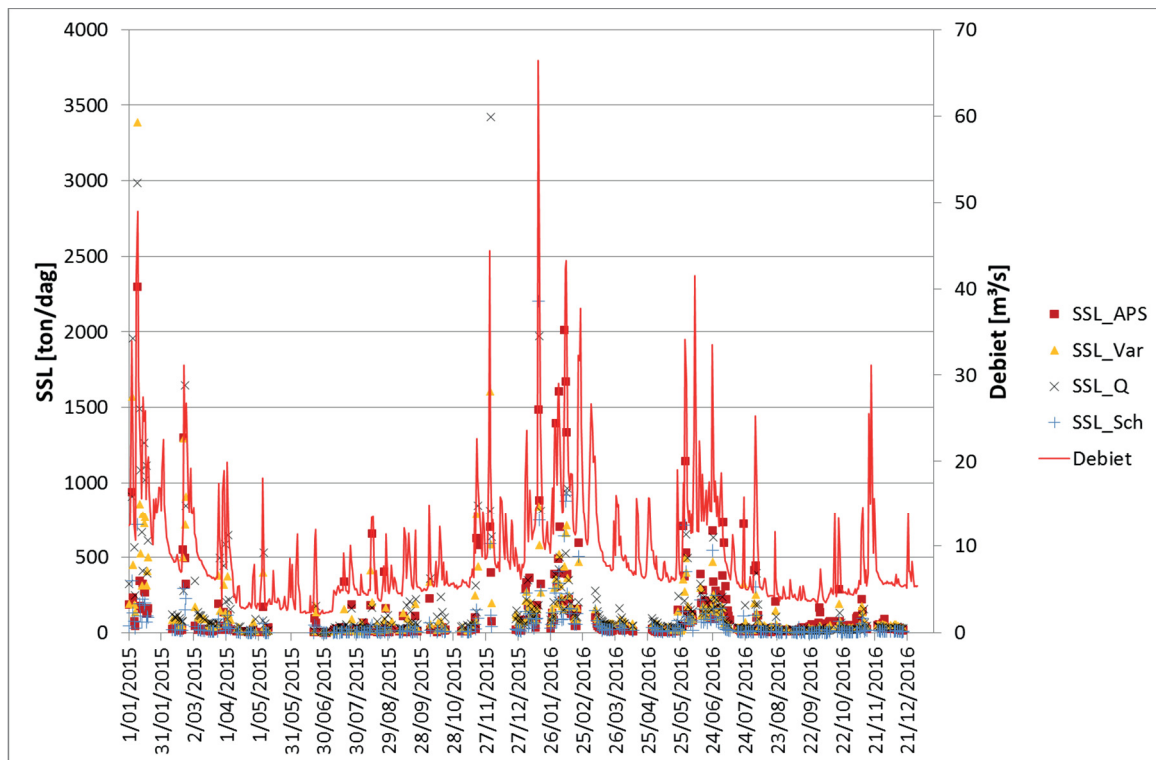
5.1.9 Zenne – Eppegem

De verschillende berekeningsmethoden voor het bepalen van de sedimentvracht vertonen zowel in 2015 als in 2016 een gelijkaardig verloop. Dit is reeds zichtbaar bij de weergave van de instantane waarden (Figuur 42 en Figuur 43), waar stijgingen en dalingen in berekende sedimentvracht bij elk van de berekeningsmethoden op dezelfde momenten voorkomen.

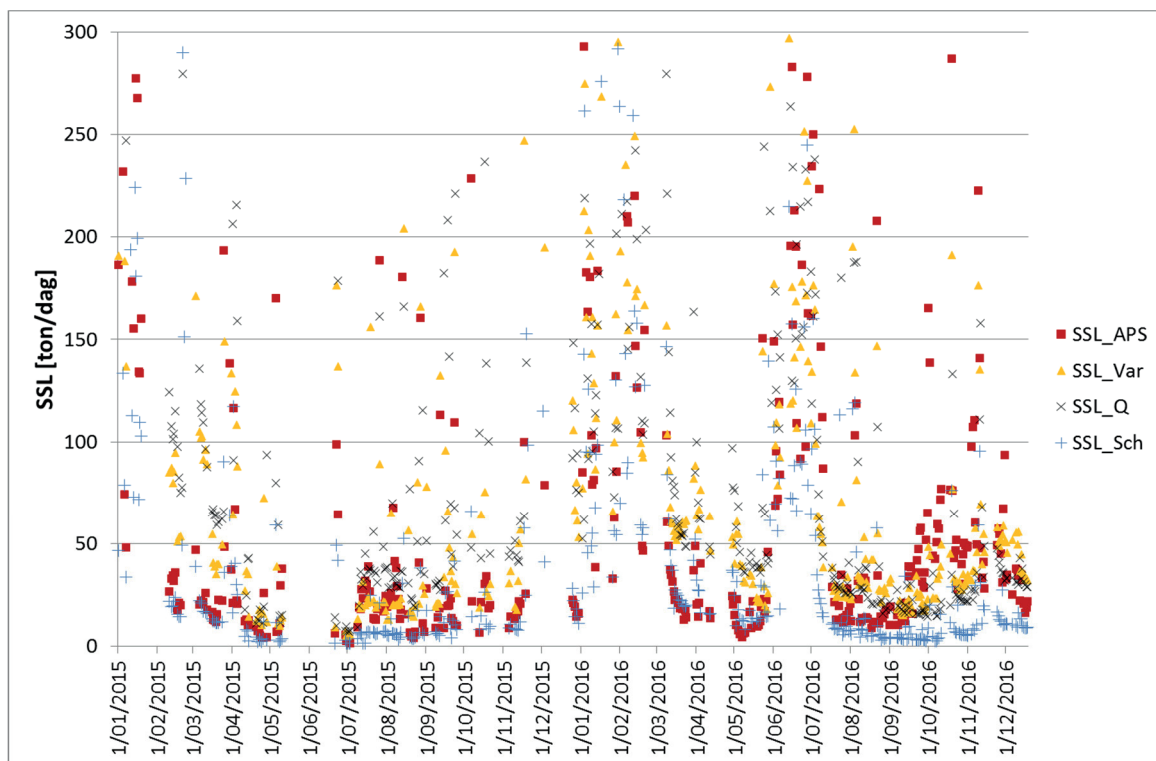
De grafieken met cumulatieve waarden (Figuur 44 en Figuur 45) geven dit nog duidelijker weer: het verloop is gelijkaardig, sterke stijgingen (tijdens events) in sedimentvracht worden dus door elk van de berekeningsmethoden meegenomen. Zowel in 2015 als in 2016 geeft de berekening aan de hand van de schepstalen de kleinste inschatting van het sedimenttransport aan. De overige berekeningsmethoden verhouden zich echter verschillend ten opzichte van elkaar in 2015 en in 2016. Waar de methode op basis van debiet in 2015 de grootste inschatting geeft, gevolgd door de methode op basis van turbiditeit en tenslotte de methode op basis van de pompstalen wordt in 2016 het grootste sedimenttransport berekend met de methode van de pompstalen, gevolgd door de methode op basis van debiet en tenslotte de methode op basis van turbiditeit.

Figuur 46 geeft de verhouding weer van de berekende sedimentvracht volgens de 3 'nieuwe' methoden ten opzichte van de berekening op basis van de schepstalen. De onderlinge verhouding varieert tussen 0,8 (SSL_Q) en 1,3 (SSL_APS), waarbij wel opgemerkt dient te worden dat de spreiding aanzienlijk is.

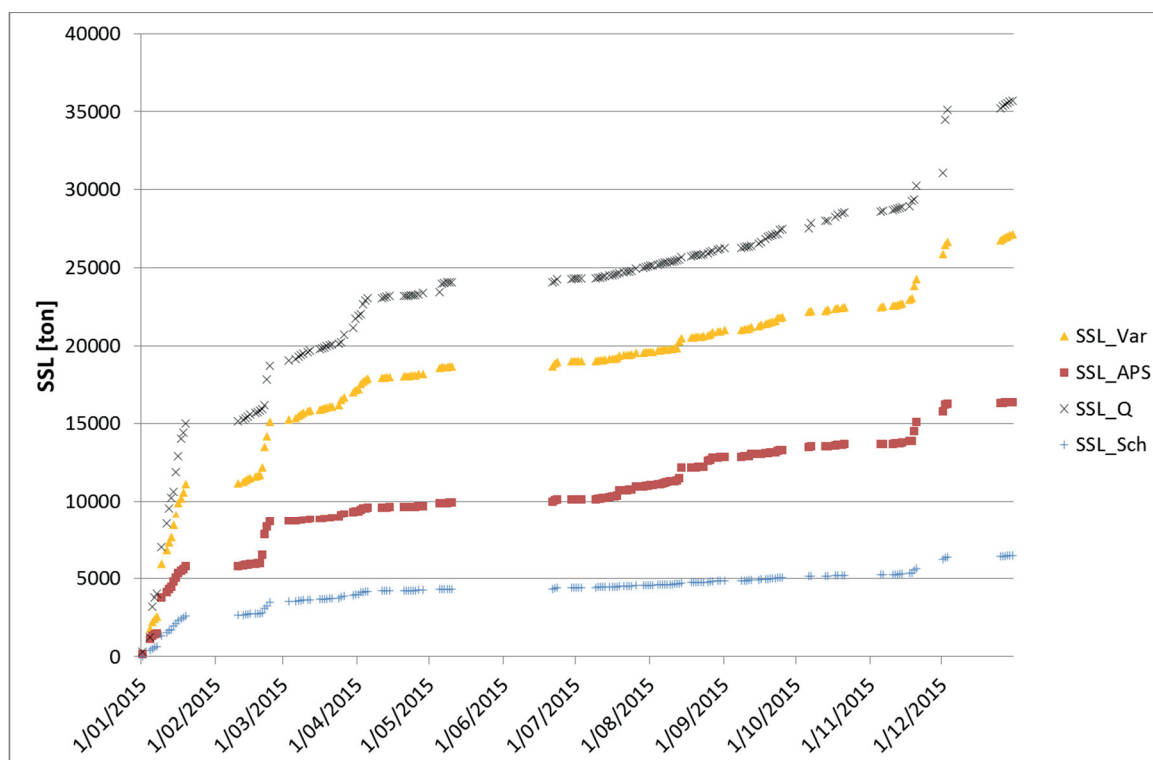
Figuur 42 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Eppegem



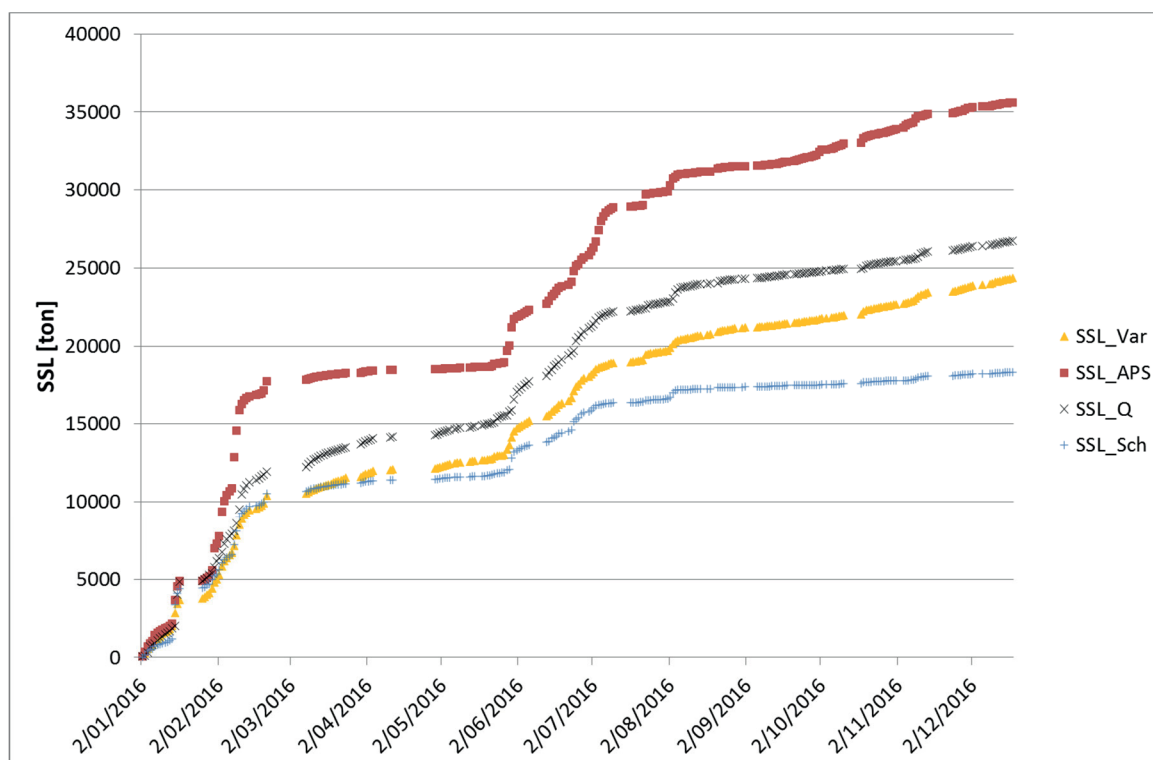
Figuur 43 – Berekende sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 en 2016 in Eppegem - detail



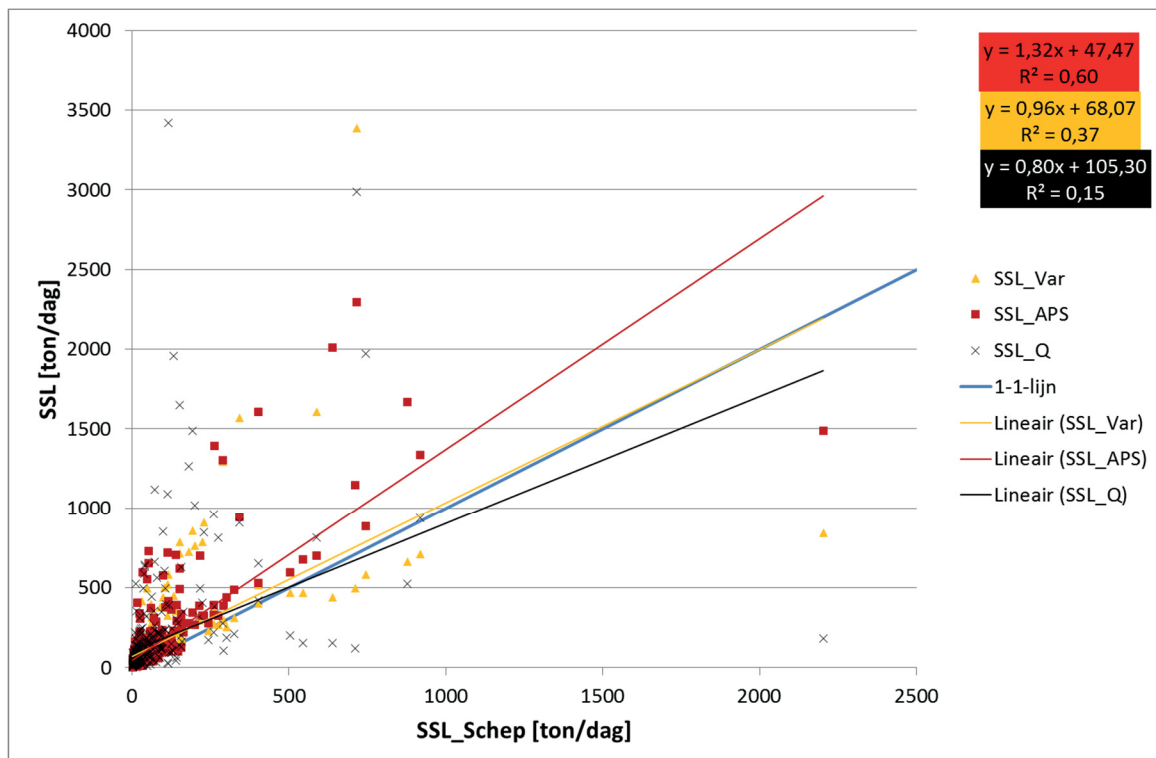
Figuur 44 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2015 in Eppegem



Figuur 45 – Cumulatieve sedimentvracht volgens de verschillende berekeningsmethoden voor 2016 in Eppegem



Figuur 46 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Epegem



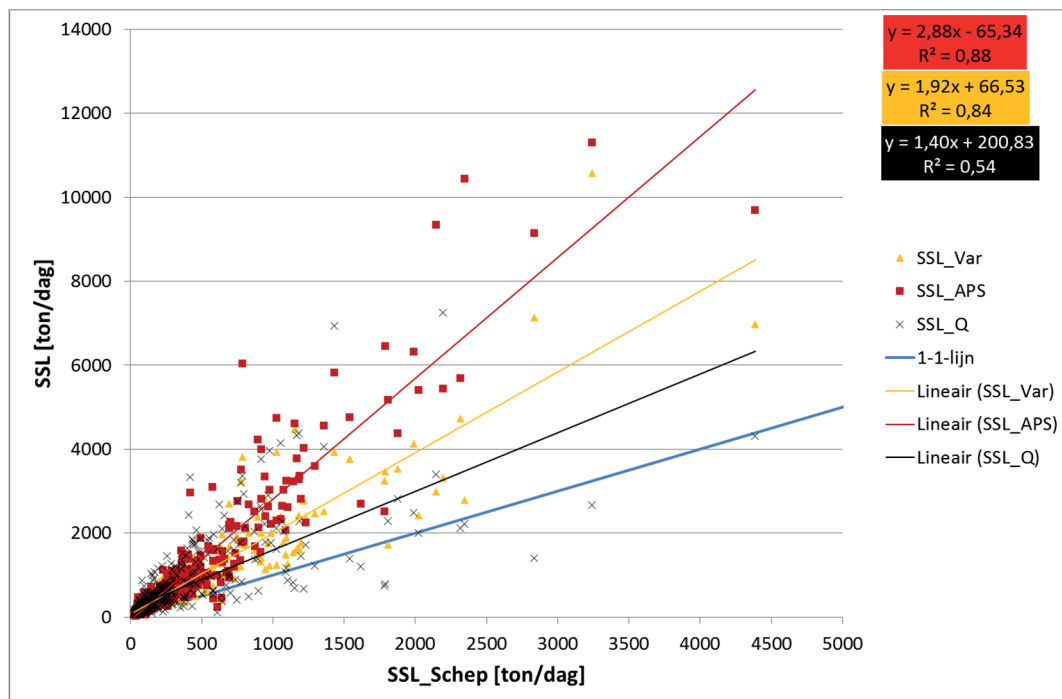
5.2 Met EWI-correctie

In wat volgt wordt voor de locaties waar een EWI-correctie mogelijk is opnieuw een scatterplot gemaakt. Daar de EWI-correctie voor de 'nieuwe methoden' telkens gebeurt met dezelfde regressie aangezien deze metingen uitgevoerd worden ter hoogte van dezelfde locatie, zal er aan de onderlinge verhouding van deze 3 methoden niets veranderen. Enkel de verhouding t.o.v. methode van de schepstalen verandert.

5.2.1 Bovenschelde – Gavere

Figuur 47 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Gavere, na uitvoering van de EWI-correctie. Na de EWI-correctie zijn de richtingscoëfficiënten van de rechten iets lager dan voor de correctie. Voor de methode SSL_APS zakt de richtingscoëfficiënt van 3 naar 2,88, voor de methode met turbiditeit van 2,01 naar 1,92 en voor de methode op basis van debiet van 1,46 naar 1,40.

Figuur 47 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Gavere na EWI-correctie



Tabel 10 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt eerdere vaststellingen.

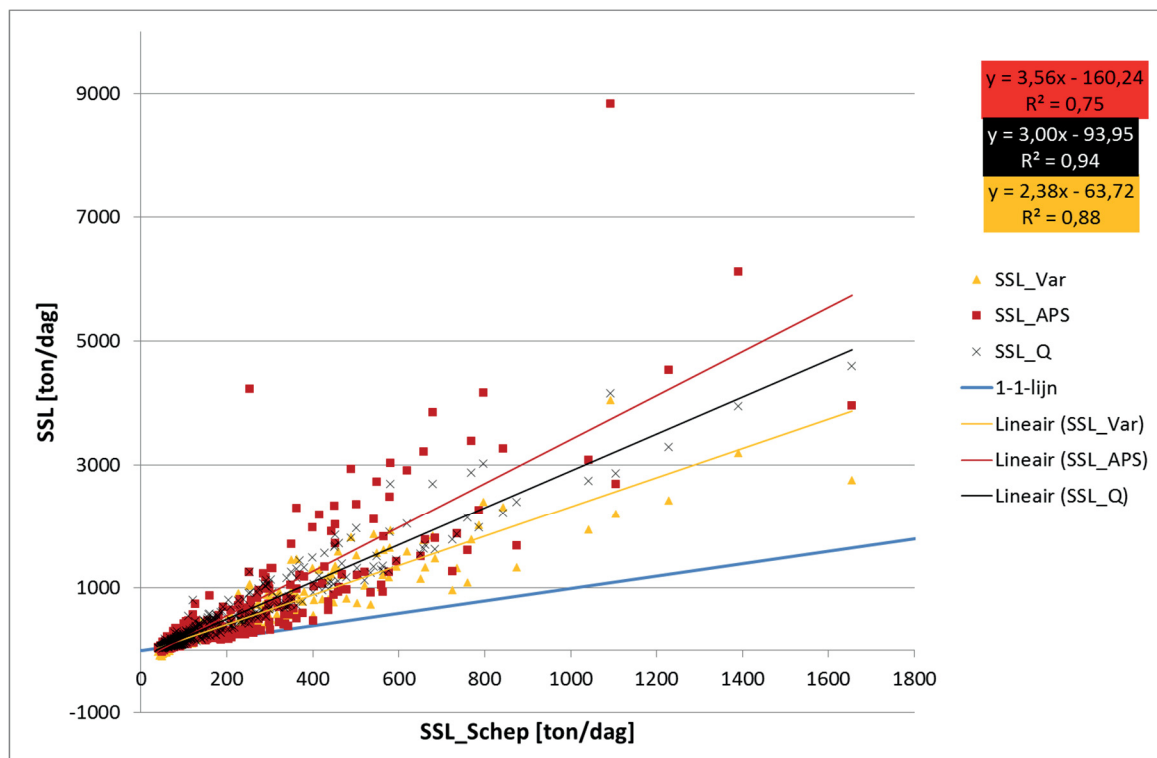
Tabel 10 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 14,6	114,0	89,3	117,0	37,7
P45 – P55	25,4 – 30,8	264,4	284,0	297,1	104,5
P90 - P100	> 76,3	2355,6	3409,4	2102,8	1149,2

5.2.2 Boven-Zeeschelde – Melle

Figuur 48 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Melle, na uitvoering van de EWI-correctie. Na de EWI-correctie zijn de richtingscoëfficiënten van de rechten ook hier iets lager dan voor de correctie. Voor de methode SSL_APS zakt de richtingscoëfficiënt van 4,06 naar 3,56, voor de methode met turbiditeit van 3,41 naar 3 en voor de methode op basis van debiet van 2,71 naar 2,38.

Figuur 48 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Melle na EWI-correctie



Tabel 11 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat SSL_Var (-9,2 ton/dag) voor lage debieten als enige negatieve fluxen geeft, die aanzienlijk lager liggen dan de 3 andere methodes (~ 50-55 ton/dag). In Melle is de Schelde nog onderhevig aan getij, waardoor er zowel eb- als vloedfluxen optreden. Vooral bij lagere bovenafvoer zal het netto transport over een getijcyclus eerder opwaarts zijn. De hoge resolutie van de turbiditeitsgegevens maakt dat dit heen-en-weer transport meegenomen wordt in deze berekeningsmethode, terwijl dit bij de andere berekeningsmethoden uitgemiddeld wordt.

Tabel 11 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

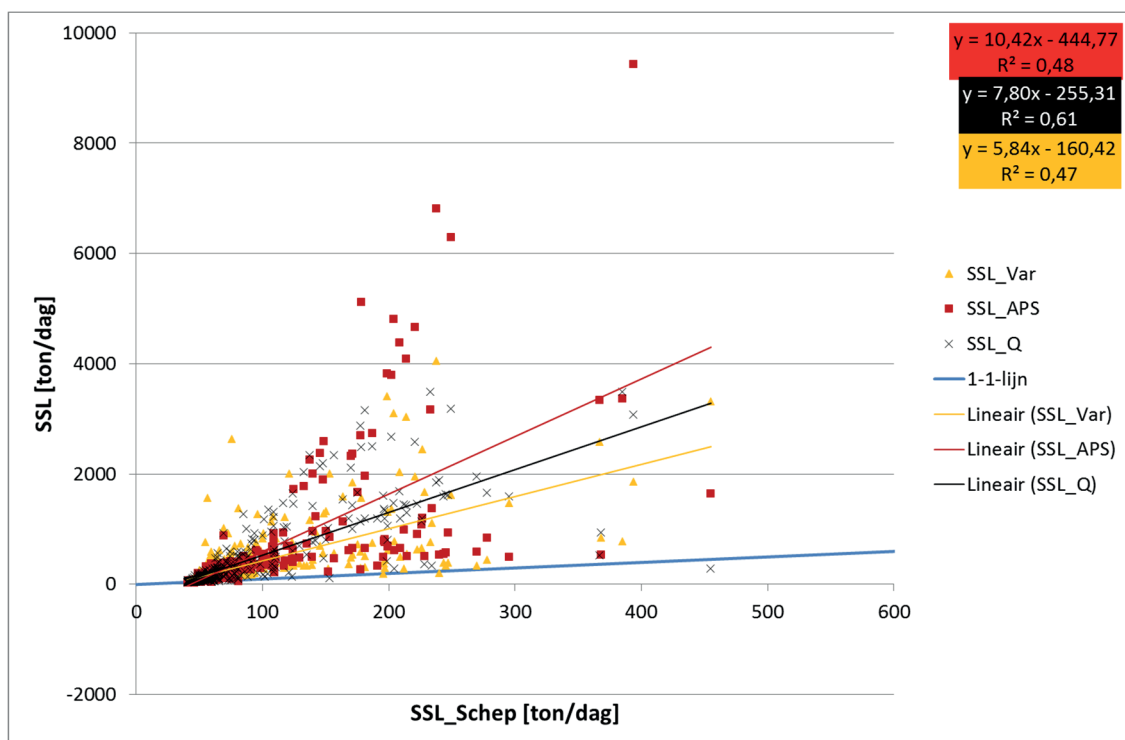
	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 2,8	-9,2	53,1	57,8	50,4
P45 – P55	12,9 – 18,5	148,3	156,6	142,8	84,3
P90 - P100	> 87,4	1450,6	2109,8	1788,6	600,4

5.2.3 Demer – Aarschot

Figuur 49 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Aarschot, na uitvoering van de EWI-correctie. Voor Aarschot is de spreiding van de puntenwolk bij het bepalen van de EWI-correctie erg groot (lage R^2). De correctie werd hier wel gebruikt, maar er moet dus rekening mee gehouden worden dat de correctie mogelijk niet betrouwbaar is.

Na de EWI-correctie zijn de richtingscoëfficiënten een heel stuk lager dan voor de correctie. Voor de methode met APS zakt de richtingscoëfficiënt van 27,33 naar 3,41, voor de methode op basis van debiet van 20,44 naar 2,55 en voor de methode met turbiditeit van 15,31 naar 1,91. De waarden van de nieuwe methoden liggen nu dus veel dichter bij de waarden, berekend met de methode van de schepstalen, wat aannemelijker lijkt.

Figuur 49 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 'nieuwe' berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Aarschot na EWI-correctie



Tabel 12 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat voor lage debieten de verschillen minimaal zijn, terwijl bij hoge debieten het verschil een factor 7-8 bedraagt voor zowel SSL_APS als SSL_Q.

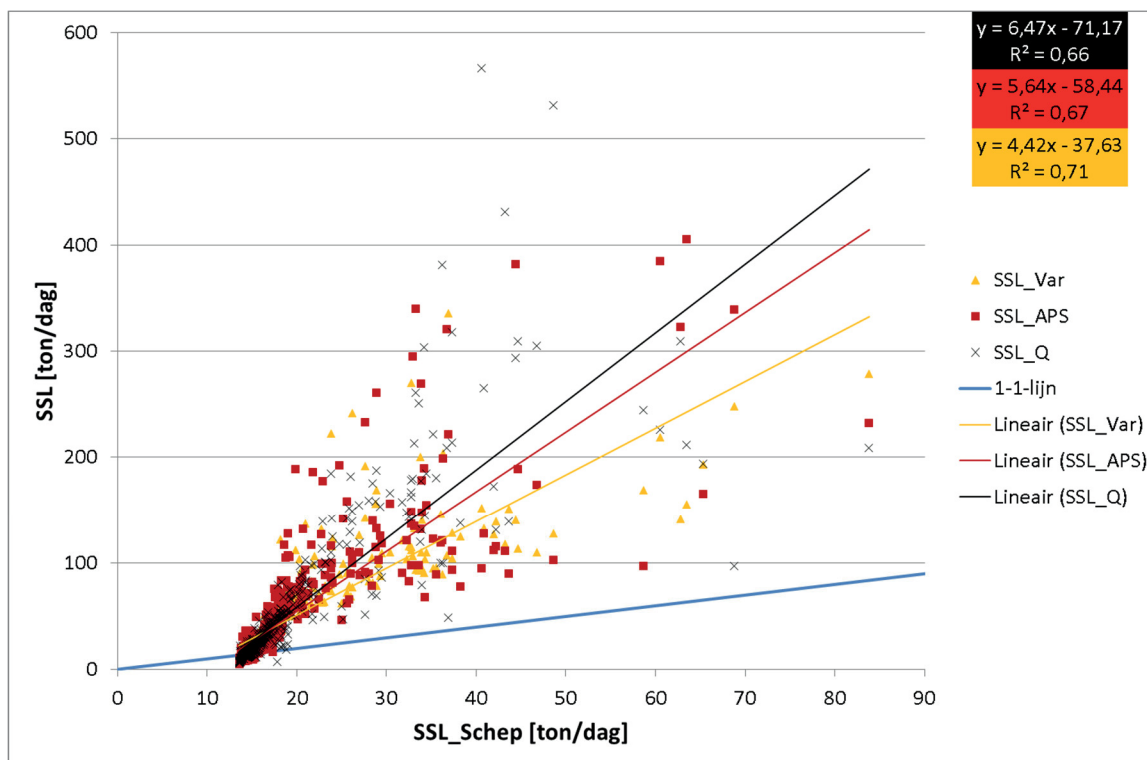
Tabel 12 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 6,61	45,1	40,5	46,1	43,5
P45 – P55	11,2 – 13,3	190,6	131,0	111,6	56,1
P90 - P100	> 36,0	623,4	1286,6	1475,5	172,0

5.2.4 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon

Figuur 50 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Grobbendonk-Troon, na uitvoering van de EWI-correctie. In Grobbendonk worden de richtingscoëfficiënten na de uitvoering van de EWI-correctie ongeveer dubbel zo groot. Voor de methode op basis van het debiet gaat de waarde van 3,27 naar 6,47, voor de methode op basis van pompstalen van 2,85 naar 5,64 en voor de methode op basis van turbiditeit van 2,23 naar 4,42.

Figuur 50 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Grobbendonk-Troon na EWI-correctie



Tabel 13 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat voor lage debieten de verschillen minimaal zijn, terwijl bij hoge debieten het verschil een factor 6 bedraagt voor SSL_Q.

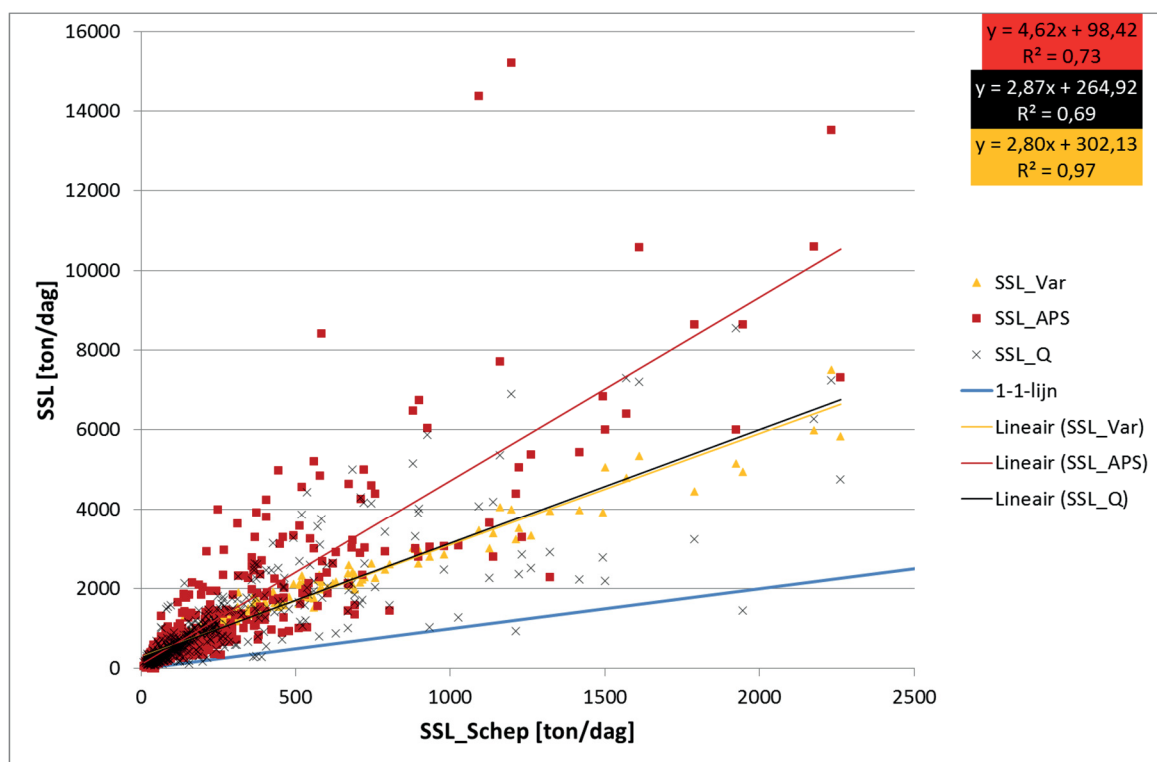
Tabel 13 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 2,5	11,1	10,4	9,3	13,9
P45 – P55	4,7 – 5,8	35,4	30,8	33,3	16,4
P90 - P100	> 14,8	144,0	191,4	235,8	43,9

5.2.5 Leie – Zulte

Figuur 51 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Zulte, na uitvoering van de EWI-correctie. In Zulte worden de richtingscoëfficiënten na de uitvoering van de EWI-correctie kleiner. Voor de methode op basis van pompstalen gaat de waarde van 6,09 naar 4,62, voor de methode op basis van debiet van 3,78 naar 2,87 en voor de methode op basis van turbiditeit van 3,7 naar 2,80.

Figuur 51 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Zulte na EWI-correctie



Tabel 14 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat voor lage debieten de verschillen groot zijn (factor 9 voor SSL_Var ten opzichte van SSL_schep), terwijl bij hoge debieten de verschil kleiner maar nog wel belangrijk (factor 3-5) zijn.

Tabel 14 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

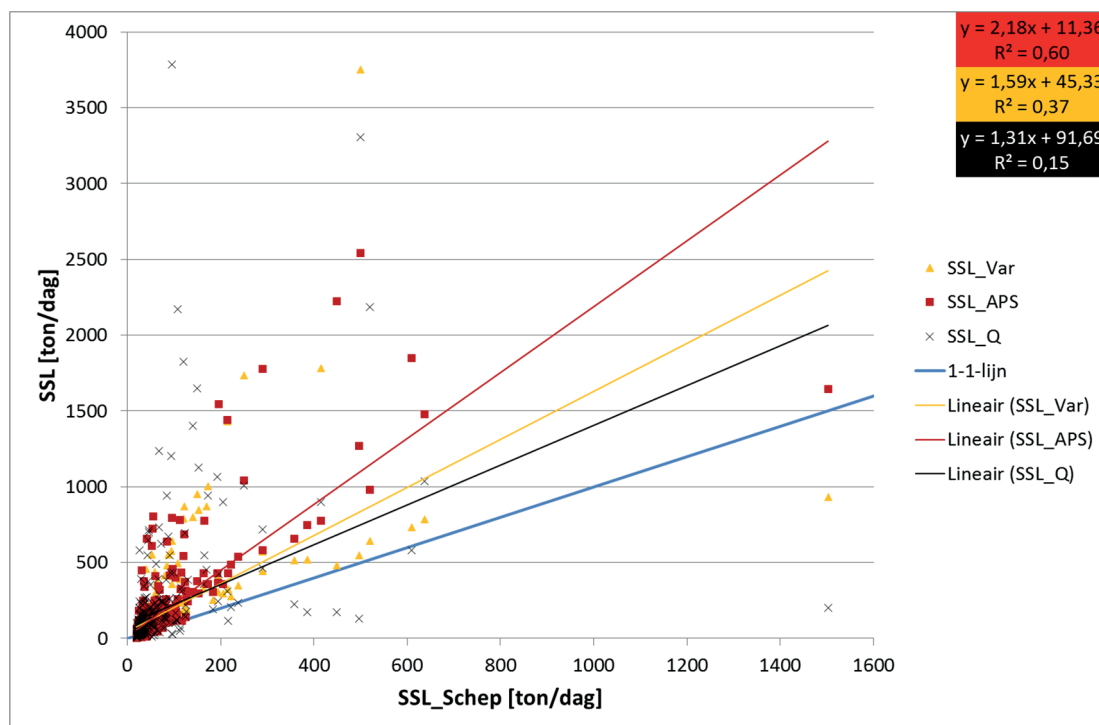
	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 12,2	258,0	172,6	194,1	28,0
P45 – P55	24,0 – 28,9	610,1	665,8	556,8	105,9
P90 - P100	> 75,3	3164,7	4964,5	3279,0	1027,2

5.2.6 Zenne – Eppegem

Figuur 52 geeft de scatterplot van de nieuwe berekeningsmethoden ten opzichte van de klassieke berekeningsmethode met de schepstalen weer voor Eppegem, na uitvoering van de EWI-correctie. In Eppegem worden de richtingscoëfficiënten na de uitvoering van de EWI-correctie ongeveer dubbel zo groot.

Voor de methode op basis van pompstalen gaat de waarde van 1,32 naar 2,18, voor de methode op basis van turbiditeit van 0,96 naar 1,59 en voor de methode op basis van debiet van 0,8 naar 1,31.

Figuur 52 – Berekende sedimentvracht voor 2015 en 2016 volgens de 3 ‘nieuwe’ berekeningsmethoden t.o.v. de klassieke berekeningsmethode in Eppegem na EWI-correctie



Tabel 15 geeft een overzicht van de gemiddelde fluxen bij resp. lage (< 10% percentiel), gemiddelde (45-55% percentiel) en hoge (> 90% percentiel) bovenafvoer. Dit overzicht bevestigt bovenstaande vaststellingen waarbij nog kan opgemerkt worden dat voor lage debieten de verschillen minimaal zijn, terwijl bij hoge debieten het verschil een factor 3 bedraagt voor de 3 ‘nieuwe’ methodes ten opzichte van SSL_schep.

Tabel 15 – Overzicht van de gemiddelde sedimentvracht voor verschillende percentielklassen van debiet

	Q [m³/s]	SSL_Var [ton/dag]	SSL_APS [ton/dag]	SSL_Q [ton/dag]	SSL_schep [ton/dag]
P0 - P10	< 3,7	15,3	19,0	21,2	20,8
P45 – P55	6,3 – 7,3	56,9	33,6	71,0	28,8
P90 - P100	> 17,5	619,3	639,2	736,5	213,8

6 Resultaten fluviatiele sedimentvracht voor de jaren 2015 en 2016

Tabel 16 en Tabel 17 geven de totale fluviatiele sedimentaanvoer voor 2015 en 2016 weer voor de verschillende rivierbekkens volgens de verschillende berekeningsmethoden zonder EWI-correctie. Tabel 18 en Tabel 19 geeft dezelfde tabellen weer maar dan met EWI-correctie, voor de stations waar een correctie voorhanden is. Voor de 'nieuwe' berekeningsmethoden wordt telkens het percentage van verschil⁴ berekend ten opzichte van de methode van de schepstalen. Voor Itegem-Hullebrug, waar pas sinds 1 oktober 2015 metingen gebeuren is het 'totale sedimenttransport' voor 2015 dus slechts gelijk aan het sedimenttransport gedurende 3 maanden.

Eén duidelijk patroon dat kan afgeleid worden is dat de nieuwe technieken aanzienlijk hogere waarden geven in vergelijking met de methode schepstaal. Voor de 3 nieuwe methoden kan geen uniform patroon tussen de sedimentaanvoer voor de verschillende locaties afgeleid worden. In Aarschot leveren de 'nieuwe' berekeningsmethode zonder EWI-correctie een sedimenttransport 17 tot 23 keer zo groot als het sedimenttransport berekend met de methode van de schepstalen. Na de EWI-correctie, is de jaarlijkse sedimentvracht hier sterk gezakt maar blijft het, in vergelijking met het berekende transport volgens de methode op basis van schepstalen, twee à drie maal zo groot.

Voor Melle en Duffel-Sluis levert de methode op basis van turbiditeit het kleinste totale sedimenttransport op van de 3 nieuwe methodes, desalniettemin is deze waarde hoger dan deze berekend op basis van de schepstalen. De methode waarbij turbiditeit gebruikt wordt is de enige methode die in staat is de invloed van het getij in rekening te brengen, waardoor bij lage bovenafvoer ook negatieve fluxen kunnen optreden.

⁴ We spreken bewust van een verschil aangezien er geen zekerheid is rond welke methode het meest exact is.

Tabel 16 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2015 volgens de verschillende berekeningsmethoden, zonder EWI-correctie

2015 zonder EWI	Schepstalen (ton)	Turbiditeit (ton)	Pompstalen (ton)	Debiet (ton)
Gavere	64759	174736 (+170%)	186689 (+188%)	177112 (+173%)
Melle	56492	201715 (+257%)	290702 (+415%)	258377 (+357%)
Duffel-Sluis	16134	30066 (+86%)	43284 (+168%)	38364 (+138%)
Aarschot	16755	296845 (+1672%)	317414 (+1794%)	285342 (+1603%)
Dendermonde	6859	36206 (+428%)	39747 (+479%)	24324 (+255%)
Itegem-Hullebrug ⁵	494	1324 (+168%)	782 (+58%)	942 (+91%)
Grobbendonk-Troon	2990	12917 (+332%)	12899 (+331%)	13406 (+348%)
Zulte	46792	268845 (+475%)	287534 (+514%)	253620 (+442%)
Eppegem	6457	27120 (+320%)	1641 (+154%)	35716 (+453%)

Tabel 17 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2016 volgens de verschillende berekeningsmethoden, zonder EWI-correctie

2016 zonder EWI	Schepstalen (ton)	Turbiditeit (ton)	Pompstalen (ton)	Debiet (ton)
Gavere	87585	190020 (+117%)	252003 (+188%)	186465 (+113%)
Melle	92085	217736 (+136%)	267478 (+190%)	264459 (+187%)
Duffel-Sluis	14631	44400 (+203%)	40949 (+180%)	42263 (+189%)
Aarschot	41603	755776 (+1717%)	997812 (+2298%)	990052 (+2280%)
Dendermonde	29017	62090 (+114%)	100896 (+248%)	53020 (+83%)
Itegem-Hullebrug	4078	6873 (+69%)	5521 (+35%)	5135 (+26%)
Grobbendonk-Troon	4258	15382 (+261%)	16967 (+298%)	18501 (+334%)
Zulte	53264	273446 (+413%)	378573 (+611%)	277228 (+420%)
Eppegem	18330	24347 (+33%)	35621 (+94%)	26748 (+46%)

⁵ Totaal sedimenttransport voor Itegem-Hullebrug voor 2015 is gebaseerd op data vanaf 1 oktober 2015, dus slechts transport over 3 maanden

Tabel 18 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2015 volgens de verschillende berekeningsmethoden, met EWI-correctie

2015 met EWI	Schepstalen (ton)	Turbiditeit (ton)	Pompstalen(ton)	Debiet (ton)
Gavere	72160	176153 (+144%)	188312 (+161%)	178570 (+147%)
Melle	39990	89793 (+125%)	124089 (+210%)	111631 (+179%)
Duffel-Sluis	-	-	-	-
Aarschot	15350	56668 (+269%)	60743 (+296%)	51179 (+233%)
Dendermonde	-	-	-	-
Itegem-Hullebrug	1394	2018 (+45%)	1883 (+35%)	1923 (+38%)
Grobbendonk-Troon	4535	10372 (+129%)	10358 (+128%)	10730 (+137%)
Zulte	56529	243378 (+331%)	261134 (+362%)	228913 (+305%)
Eppegem	7413	30024 (+305%)	18156 (+145%)	39542 (+433%)

Tabel 19 – Totale sedimenttransport (in ton) in 2016 volgens de verschillende berekeningsmethoden, met EWI-correctie

2016 met EWI	Schepstalen (ton)	Turbiditeit (ton)	Pompstalen (ton)	Debiet (ton)
Gavere	96554	191629 (+98%)	254679 (+164%)	188014 (+95%)
Melle	53443	94240 (+76%)	113411 (+112%)	112248 (+110%)
Duffel-Sluis	-	-	-	-
Aarschot	24210	90639 (+274%)	119364 (+393%)	123952 (+412%)
Dendermonde	-	-	-	-
Itegem-Hullebrug	5323	6625 (+24%)	6320 (+19%)	6255 (+18%)
Grobbendonk-Troon	4709	12100 (+157%)	13262 (+182%)	14386 (+206%)
Zulte	65046	250117 (+285%)	349998 (+438%)	253711 (+290%)
Eppegem	16939	26953 (+59%)	39435 (+133%)	29610 (+75%)

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Voor het bepalen van de fluviatiel sedimentvracht naar het Schelde-estuarium werd tot op heden steeds gebruik gemaakt van wekelijkse schepstalen. Aangezien ook hoger frequente metingen beschikbaar zijn (7-uurlijks of per 15 minuten) werd in voorliggend rapport een vergelijking gemaakt tussen deze verschillende methodes voor het bepalen van de sedimentvracht. Hierbij is zowel gekeken naar de dagelijkse sedimentvrachten als naar de cumulatieve jaarvrachten.

Uit de analyse volgt dat de methode op basis van de schepstalen aanleiding geeft tot sedimentvrachten die systematisch lager liggen dan de andere methodes. De belangrijkste oorzaak hiervan is de lage frequentie van de metingen, waardoor events en de daarop volgende stijging van het sedimenttransport gemist wordt. Daarnaast is de sedimentconcentratie in een oppervlakkig genomen staal lager dan in een staal dat dieper in de waterlaag genomen wordt, zoals de pompstalen (Rouse, 1937).

Voor de locaties aan de randen van het getijgebied en buiten het getijgebied is een hogere meetfrequentie noodzakelijk. De methode op basis van de debieten maakt gebruik van de automatische pompstalen en de Q-SSC-regressie. Aangezien de regressie zorgt dat de effectieve meetwaarden aangepast worden, verdient het de voorkeur om de sedimentvracht te bepalen op basis van de daadwerkelijk bepaalde sedimentconcentraties aan de hand van pompstalen. Alternatief is de methode op basis van turbiditeit. Deze methode heeft het voordeel dat nog met een hogere frequentie gegevens ingewonnen worden, maar heeft het nadeel dat (1) de sondes onderhouden moeten worden en (2) er een kalibratie nodig is om deze indirecte meting door te vertalen naar een sedimentconcentratie. De relatie tussen turbiditeit en SSC is niet steeds eenduidig. Dit laatste gebeurt nu op basis van de automatische pompstalen, maar zou eventueel ook op basis van specifieke kalibratiecampagnes kunnen gebeuren. **Op basis van deze vaststellingen wordt voorgesteld om op locaties aan de randen van het getijgebied en locaties buiten het getijgebied de sedimentvrachten te rapporteren op basis van directe metingen van de sedimentconcentratie door middel van automatische pompstalen in combinatie van continue debietsmetingen. Eveneens worden event-based staalnames ingepland voor het bemonsteren van hoge afvoer.**

Voor de meetposten binnen tijgebied neemt de methode met de pompstalen de negatieve fluxen (veroorzaakt door het getij) niet mee in rekening, waardoor een overschatting van de totale sedimentvracht te verwachten is. Binnen het getijgebied is omwille van de getijstroming dus nood aan hoogfrequente metingen. Schepstalen en pompstalen worden te weinig frequent gemeten om de getijdewerking te registreren. **Hierdoor wordt voorgesteld om ter hoogte van de meetlocaties in het getijgebied gebruik te maken van hoogfrequente turbiditeitsmetingen (resolutie van 15 minuten) in combinatie van continue debietsmetingen.** Opgemerkt dient te worden dat deze indirecte techniek nood heeft aan een goede kalibratie zodat een betrouwbare inschatting kan gemaakt worden van het sedimentfluxen in de getijdestations Melle en Duffel-Sluis.

7.2 Aanbevelingen

Hoewel er zowel voor de meetposten binnen het tijgebied als voor meetposten buiten het tijgebied gebaseerd op bovenstaand onderzoek een voorstel gedaan werd voor de optimale manier om de sedimentfluxen te bepalen, dienen nog enkele aanbevelingen in acht genomen te worden. Vooral de optimale frequentie voor het nemen van de pompstalen dient nog nader onderzocht te worden, waarbij de trade-off tussen werkdruk en een voldoende grote dichtheid van metingen van belang is. Ook de benodigde frequentie bij monitoring van events moet nader bekeken worden.

Daarnaast kan het belang van de EWI-campagnes na dit onderzoek niet meer ontkend worden. Ook hiervoor moet bekeken worden met welke frequentie deze wenselijk zijn.

8 Referenties

De Boeck, K.; Ferket, B.; Vanlierde, E.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2014). Methodologie Berekening Slibbalans Zeeschelde: Methodologie en implementatie in WISKI. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_061. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen, België.

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

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

Rouse, H., 1937. Modern conceptions of the mechanics of fluid turbulence. Trans. A.S.C.E., 102,463-543.

Van Hoestenbergh, T.; Ferket, B.; De Boeck, K.; Vanlierde, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Slibbalans Zeeschelde: Deelrapport 2 – Sediment load for the river Scheldt and its main tributaries (1972 – 2009). Versie 5.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium & Antea Group. Antwerpen, België.

Vanlierde, E.; Ferket, B.; Pauwaert, Z.; Michielsen, S.; Van De Moortel, I.; Levy, Y.; Plancke, Y.; Meire, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2015: factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2015. Versie 3.0. WL Rapporten, 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. XIII, 142 + bijlagen pp.

Bijlage A: Opgestelde Relaties

Er wordt getracht om een continue tijdreeks te schatten van de gesuspendeerde sedimentconcentratie op basis van pompstalen die om de 7 uur genomen worden.. Hiertoe wordt een lineaire regressie uitgevoerd van turbiditeit of debiet in functie van SSC. Wanneer wenselijk (statistische criteria) kunnen de gegevens eerst logaritmisch getransformeerd worden (tiendelig logaritme). Deze relaties worden opgesteld voor een periode van meerdere jaren (3) tussen deze gegevens en de SSC-data

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

Tevens wordt voor het voorspellingsmodel (of -modellen indien aparte relaties voor deelperiodes zijn opgesteld) de 95%-voorspellingsintervallen bepaald. Een 95% voorspellingsinterval wil daarbij zeggen dat als men een extra observatie zou hebben, de bijhorende voorspelde waarde met 95% kans binnen het voorspellingsinterval zal liggen.

In volgende hoofdstukken worden zowel relaties als de modelstatistieken gegeven voor de besproken meetstations. Merk op dat er hier nog geen EWI-correcties op uitgevoerd zijn.

8.1 SSC-Turb

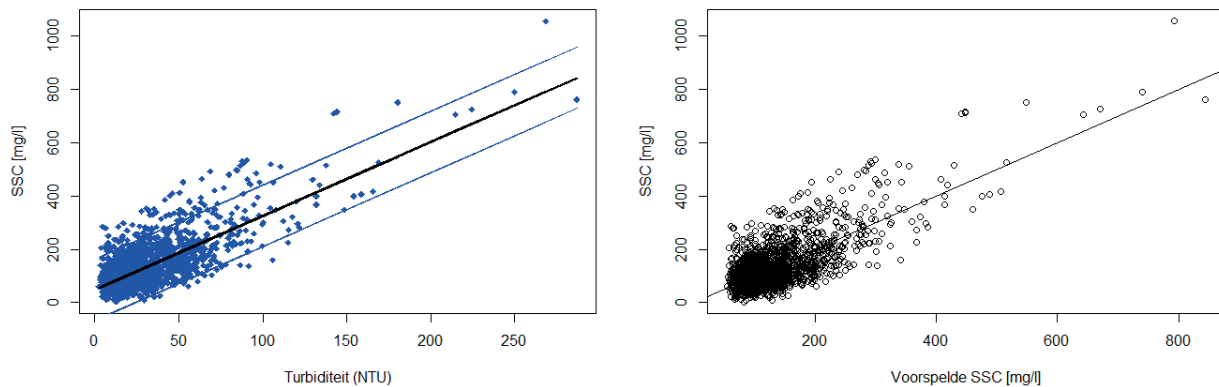
8.1.1 Bovenschelde – Gavere

Tabel 20 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Gavere. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 53. Voor de SSC-Turb relatie in Gavere werd een lineaire regressie gekozen na verwijdering van de 3σ-outliers (afwijkingen groter dan drie keer de gemiddelde afwijking van de datakoppels t.o.v. het regressiemodel).

Tabel 20 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Gavere

Gavere					
Turbiditeit (NTU)	Minimum 2,4		Maximum 287,1		
SSC (mg/L)	Minimum 3		Maximum 1055		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	2291	0,54	81,31	59,89	0,54
Relatie	SSC = 2,7689*Turb+48,2633				
LPI	SSC = 2,765*Turb-66,44				
UPI	SSC = 2,773*Turb+163				

Figuur 53 – Gavere – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Gavere.



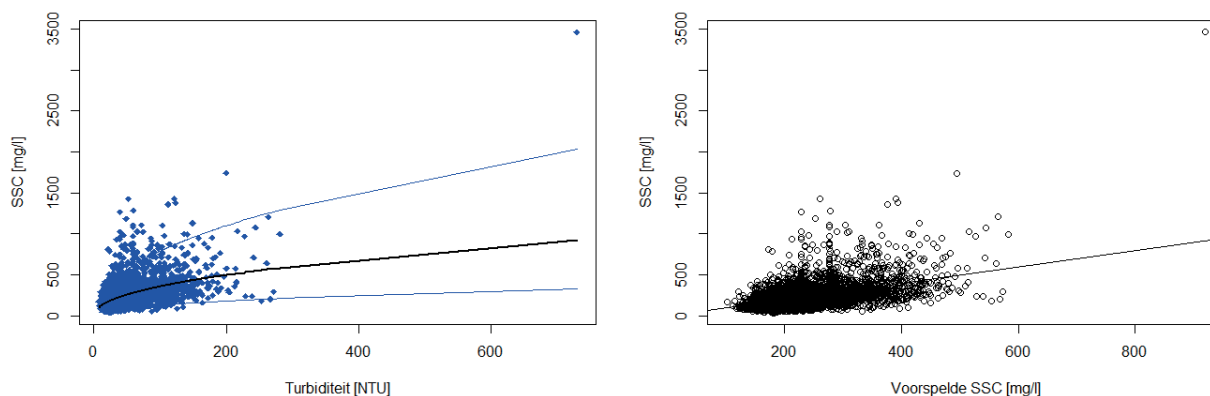
8.1.2 Benedenschelde – Melle

Tabel 21 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Melle. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 54. Voor de SSC-Turb relatie in Melle gaf een logaritmische regressie de beste relatie.

Tabel 21 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Melle

Melle					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	7,3		729,7		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	35		3462		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3688	0,25	144	57,6	0,25
Relatie	SSC = 10 ^{1,54988} *Turb ^{0,477} *1,12				
LPI	SSC = 10 ^{1,157} *Turb ^{0,4769}				
UPI	SSC = 10 ^{1,643} *Turb ^{0,4771}				

Figuur 54 – Melle – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Melle.



8.1.3 Benedennete – Duffel-Sluis

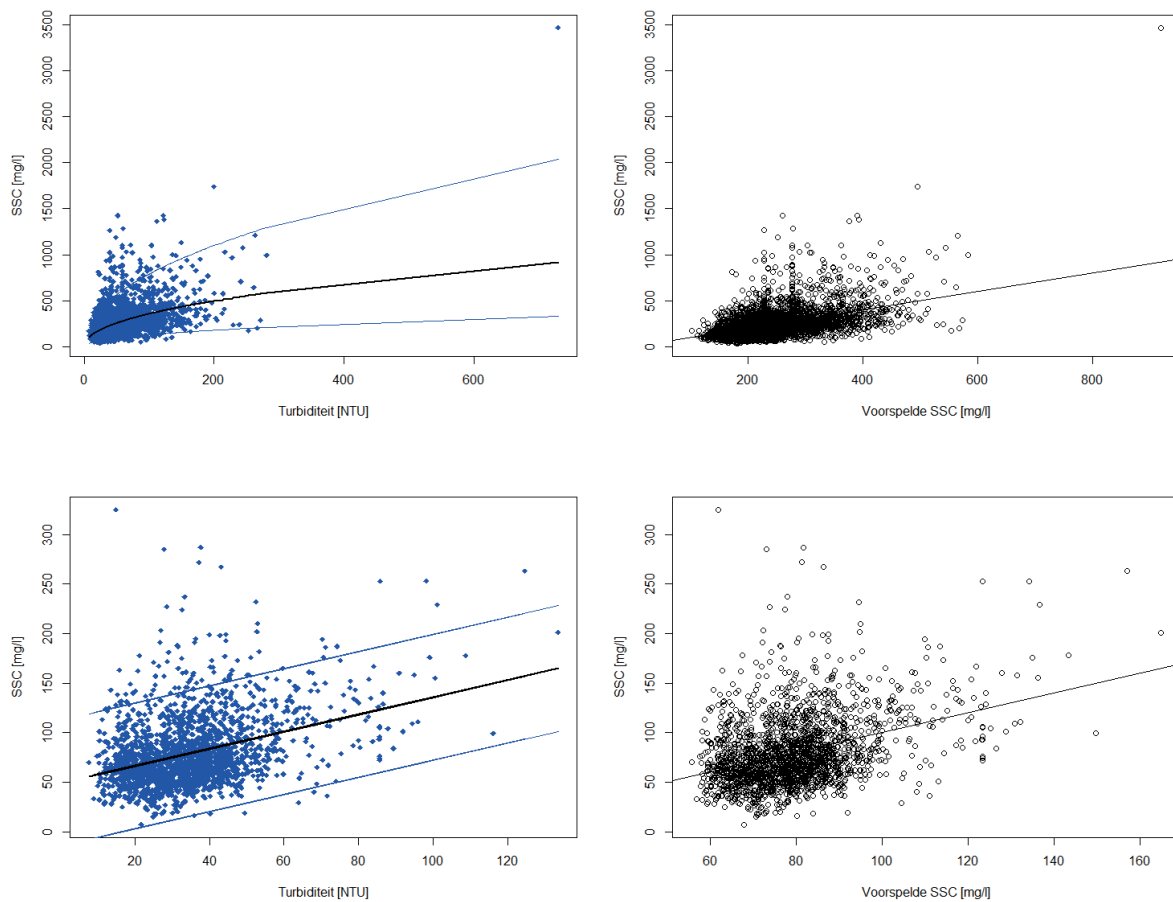
Tabel 22 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Duffel-Sluis. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 55. Voor de SSC-Turb relatie in Duffel-Sluis werd een lineaire regressie gekozen met een deelrelatie voor de zomer en de winter (waarbij zomer: mei t.e.m. september en winter: januari t.e.m. april en oktober t.e.m. december).

Tabel 22 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Duffel-Sluis

Duffel (Winter)					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	7,7		133,5		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	7		325		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	2037	0,13	32,30	40,70	0,13
Relatie	SSC = 49.01305 + 0.86689*Turb_winter				
LPI	SSC = -14.4 + 0.8654*Turb_Winter				
UPI	SSC = 112.4 + 0.8683*Turb_Winter				

Duffel (Zomer)					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	0,2		238		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	14		581		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	1529	0,34	67,70	49,60	0,34
Relatie	SSC = 67.33175 + 1.84128*Turb_zomer				
LPI	SSC = -67.46 + 1.837*Turb_Zomer				
UPI	SSC = 202.1 + 1.845*Turb_Zomer				

Figuur 55 – Duffel-Sluis – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Duffel: winter (Boven) en zomer (Onder)



8.1.4 Demer – Aarschot

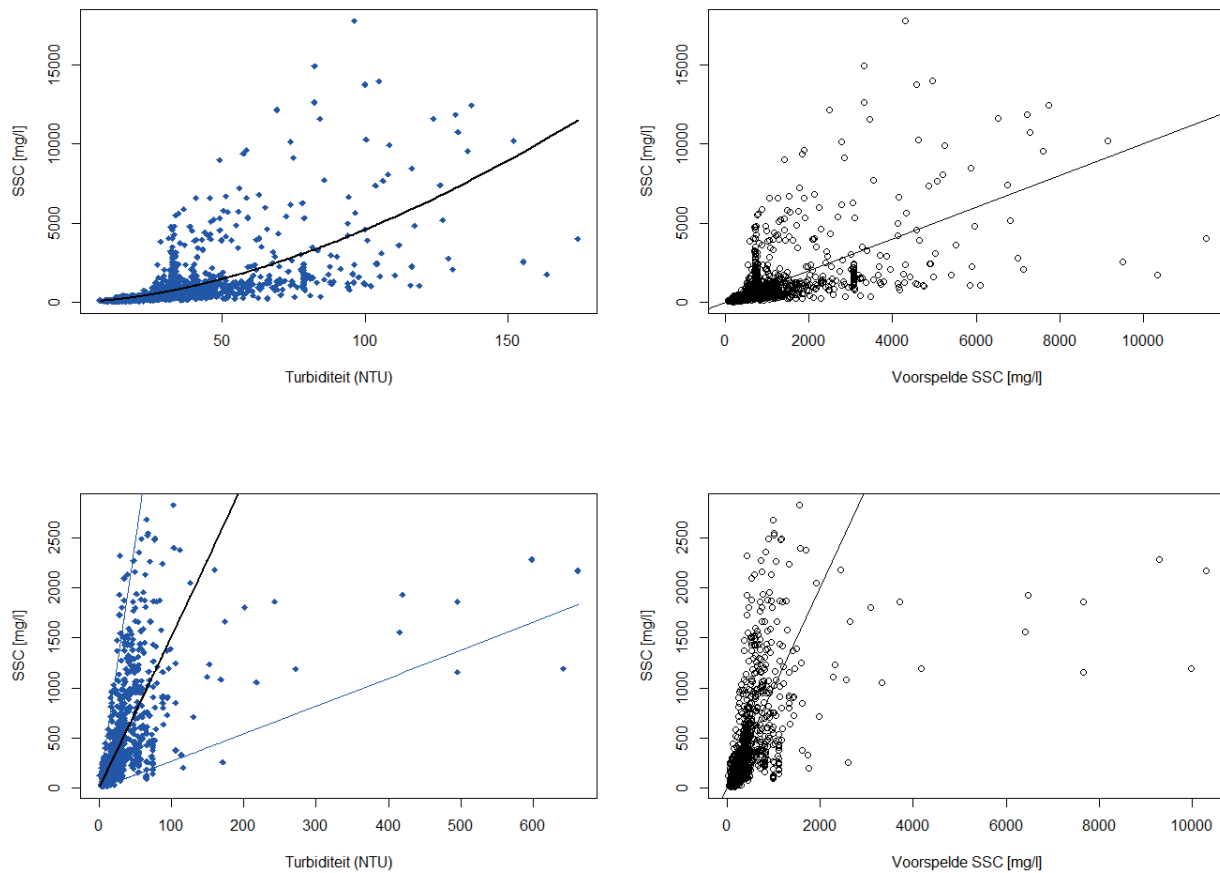
Tabel 23 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Aarschot. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 56. Voor de SSC-Turb relatie in Aarschot werd een log-logrelatie gekozen met een deelrelatie voor de zomer en de winter na verwijdering van 3s-outliers (waarbij zomer = april t.e.m. augustus en winter = januari t.e.m. maart en september t.e.m. december).

Tabel 23 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Aarschot

Aarschot (Winter)					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	7,2		174,4		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	14		17773		
Model-statistieken	N	R²	RMSE	MSPE	p²
	1327	0,60	2084,25	192,08	0,60
Relatie	SSC = $10^{0,21663} \cdot \text{Turb_winter}^{1,65425} \cdot 1,367446$				
LPI	SSC = $10^{1,4633774} \cdot \text{Turb}^{0,0161874}$				
UPI	SSC = $10^{2,740929} \cdot \text{Turb}^{0,016199}$				

Aarschot (Zomer)					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	1,3		661,7		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	15		2822		
Model-statistieken	N	R²	RMSE	MSPE	p²
	924	0,56	706,24	147,21	0,56
Relatie	SSC = $10^{1,02954} \cdot \text{Turb}^{1,01608} \cdot 1,308603$				
LPI	SSC = $10^{0,3971} \cdot \text{Turb}^{1,016}$				
UPI	SSC = $10^{1,662} \cdot \text{Turb}^{1,016}$				

Figuur 56 – Aarschot – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Aarschot: winter (Boven) en zomer (Onder)



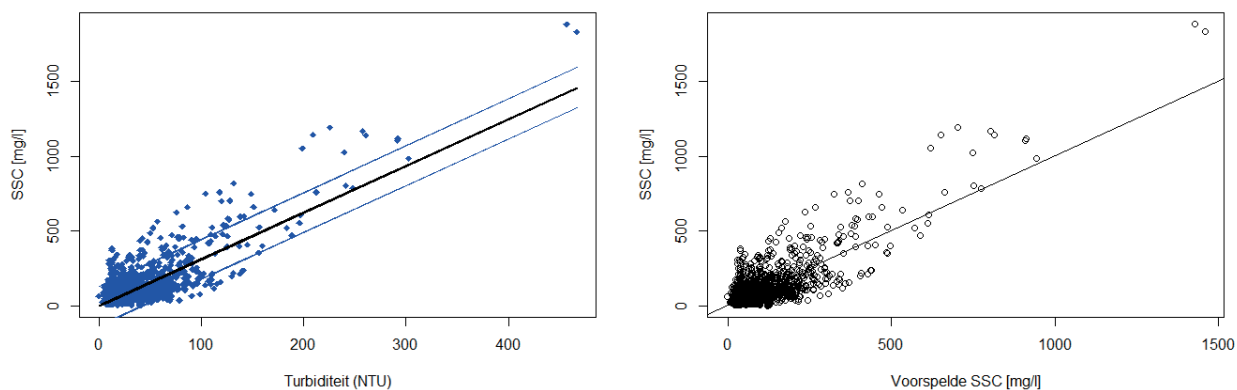
8.1.5 Dender – Dendermonde

Tabel 24 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Dendermonde. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 57. Voor de SSC-Turb relatie in Dendermonde werd een lineaire regressie gekozen na verwijdering van de 3s-outliers.

Tabel 24 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Dendermonde

Dendermonde					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	0,1		467		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	0		1883		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3431	0,60	67,10	82,40	0,60
Relatie	SSC = -3.42159 + 3.12994*Turb				
LPI	SSC = -135 + 3.126*Turb				
UPI	SSC = 128 + 3.134*Turb				

Figuur 57 – Dendermonde – YSI: Kalibratielaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Dendermonde.



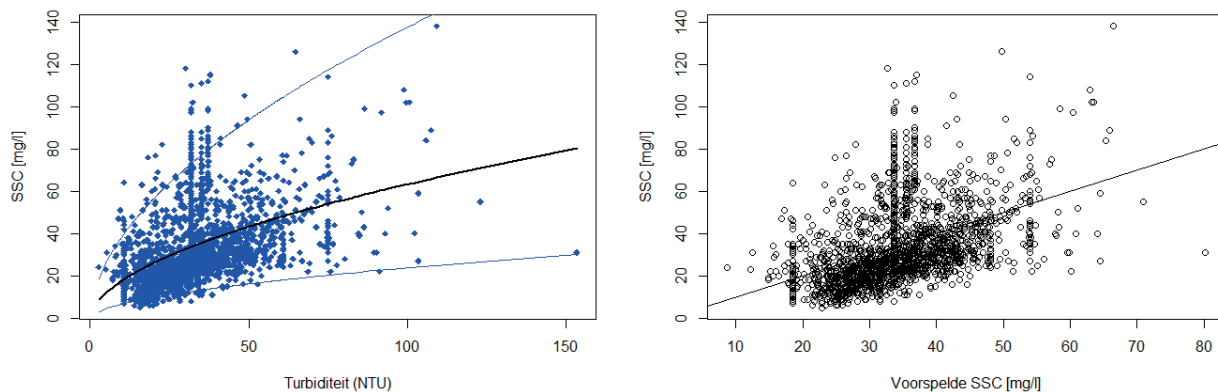
8.1.6 Grote Nete – Itegem-Hullebrug

Tabel 25 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Itegem-Hullebrug. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 58. Voor de SSC-Turb relatie in Itegem-Hullebrug werd een log-logrelatie gekozen na verwijdering van de 3s-outliers.

Tabel 25 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Itegem

Itegem					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	2,7		153,5		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	1		334		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	2078	0,24	16,20	47,72	0,24
Relatie	$SSC = 10^{0,6527926} \cdot Turb^{0,5520390} \cdot 1,1076$				
LPI	$SSC = 10^{0,272} \cdot Turb^{0,5523}$				
UPI	$SSC = 10^{1,034} \cdot Turb^{0,5518}$				

Figuur 58 – Itegem-Hullebrug – YSI: Kalibratiereelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Itegem.



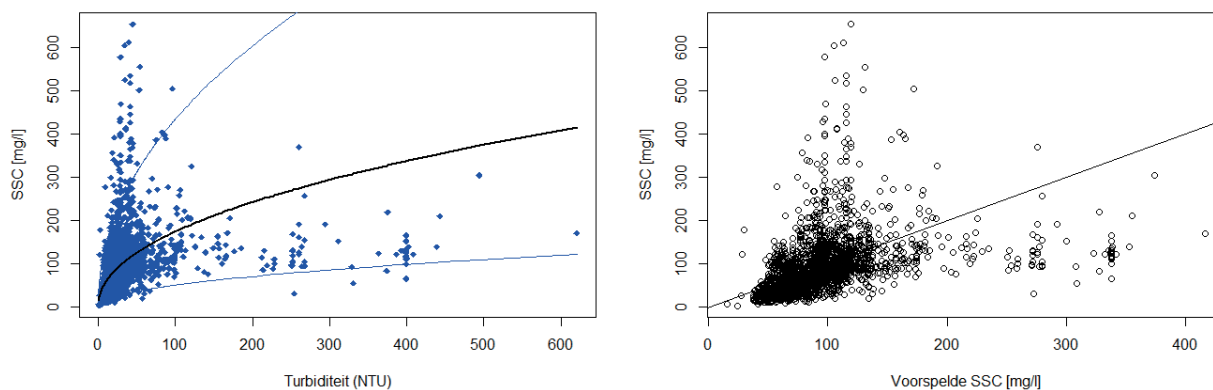
8.1.7 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon

Tabel 26 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Grobbendonk-Troon. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 59. Voor de SSC-Turb relatie in Grobbendonk-Troon werd een log-logrelatie gekozen na verwijdering van de 3 s-outliers.

Tabel 26 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Grobbendonk

Grobbendonk					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	0,6		621		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	2		8955		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	2242	0,33	68,53	72,69	0,33
Relatie	$SSC = 10^{1,22741} \cdot Turb^{0,47408} \cdot 1,168149$				
LPI	$SSC = 10^{0,7642047} \cdot Turb^{0,4738858}$				
UPI	$SSC = 10^{1,6906154} \cdot Turb^{0,4742666}$				

Figuur 59 – Grobbendonk-Troon – YSI: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Grobbendonk.



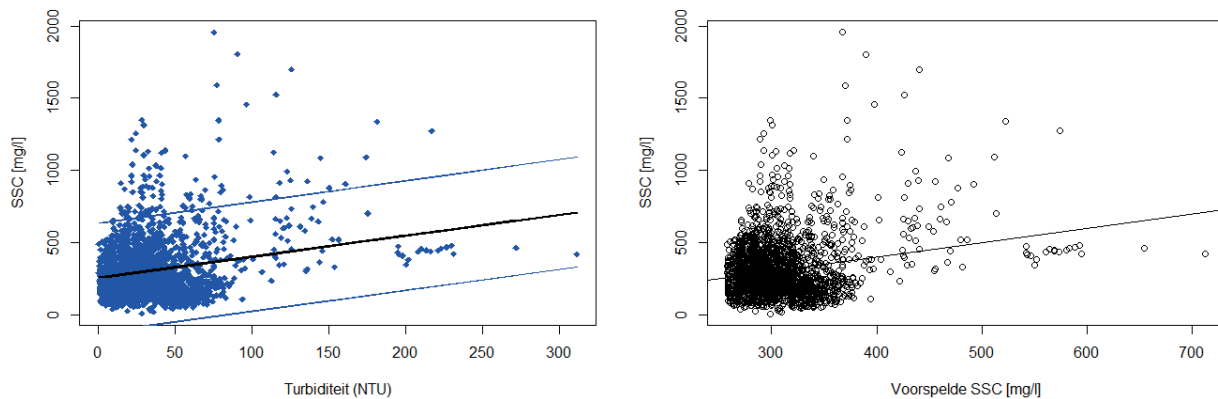
8.1.8 Leie – Zulte

Tabel 27 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Zulte. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 60. Voor de SSC-Turb relatie in Zulte werd een lineaire regressie gekozen.

Tabel 27 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Zulte

Zulte					
Turbiditeit (NTU)	Minimum	Maximum			
	0,3	311,3			
SSC (mg/L)	Minimum	Maximum			
	9	1957			
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	2366	0,05	192,35	62,41	0,04
Relatie	SSC = 1,4626 *Turb+256,9749				
LPI	SSC = 1,454*Turb-120,2				
UPI	SSC = 1,471*Turb+634,2				

Figuur 60 – Zulte – YSI: Kalibratielaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Zulte.



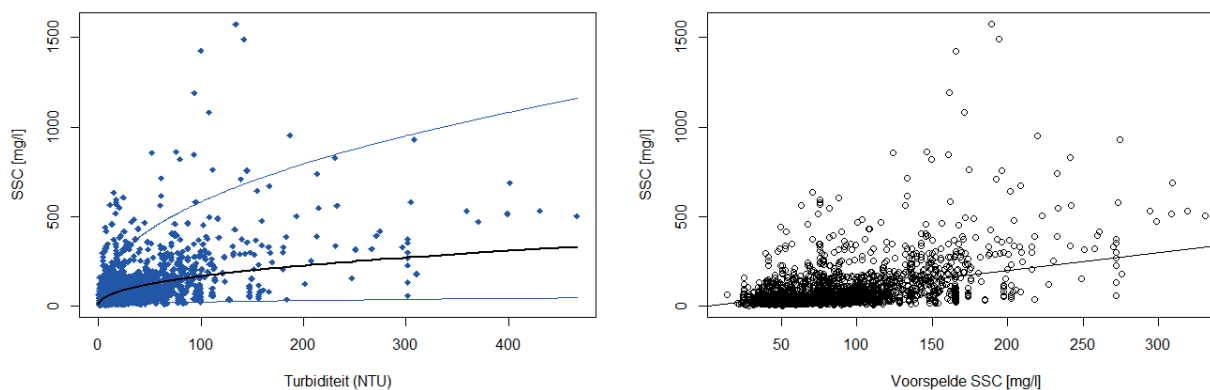
8.1.9 Zenne – Eppegem

Tabel 28 geeft een overzicht voor de turbiditeit-SSC relatie ter hoogte van Eppegem. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 61. Voor de SSC-Turb relatie in Eppegem werd een log-logrelatie na verwijdering van 3s-outliers als beste fit gekozen.

Tabel 28 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Eppegem

Eppegem					
Turbiditeit (NTU)	Minimum		Maximum		
	0,4		466,7		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	3		1574		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	2312	0,25	109,08	119,17	0,25
Relatie	$SSC = 10^{1,16705} \cdot Turb^{0,44816} \cdot 1,433659$				
LPI	$SSC = 10^{0,4657982} \cdot Turb^{0,4481418}$				
UPI	$SSC = 10^{1,8683030} \cdot Turb^{0,4481817}$				

Figuur 61 – Eppegem – YSI: Kalibratielaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het YSI toestel te Eppegem.



8.2 SSC-Q

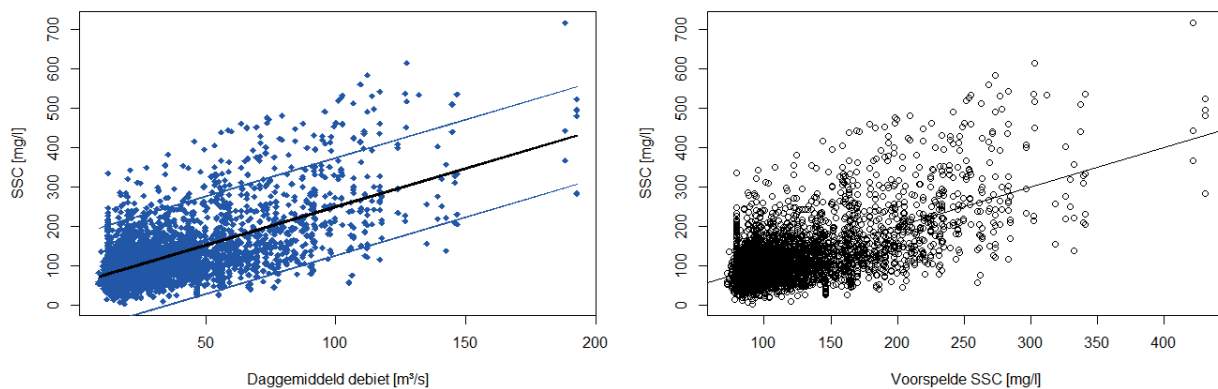
8.2.1 Bovenschelde – Gavere

Tabel 29 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Gavere. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 53. Voor Gavere werd het daggemiddeld debiet gelinkt met SSC via een lineaire regressie na verwijdering van de 3s-outliers.

Tabel 29 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Gavere

Gavere					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	8,8		192,9		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	3		716,4		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3487	0,39	63,172	49,7005	0,39
Relatie	SSC = 54.88821*Q+1.94762				
LPI	SSC = 1.946*Q-68.99				
UPI	SSC = 1.949*Q+178.8				

Figuur 62 – Gavere – APS: Kalibratiorelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Gavere.



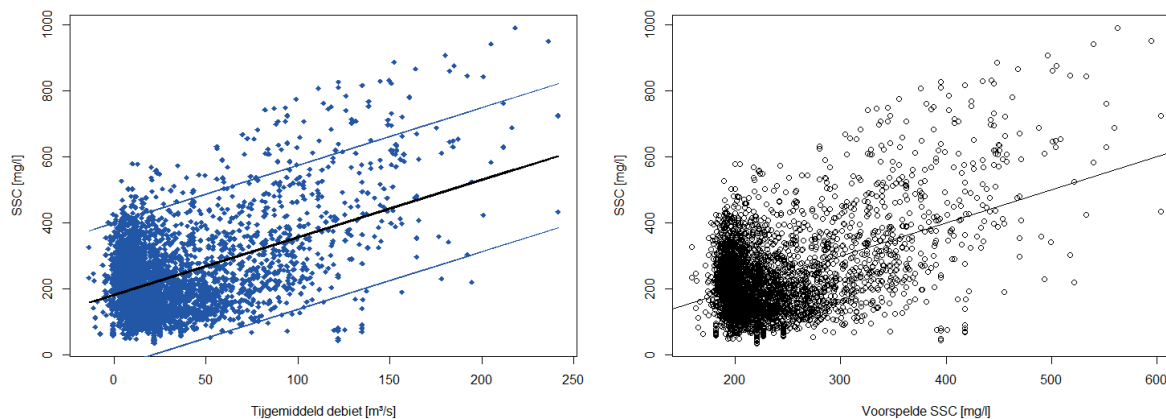
8.2.2 Benedenschelde – Melle

Tabel 30 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Melle. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 63. Voor Melle werd het tijgemiddeld debiet gelinkt met SSC via een lineaire regressie na verwijdering van de 3_S-outliers.

Tabel 30 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Melle

Melle					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	-13,6		241,5		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	35		991		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3636	0,24	111,10	46,50	0,24
Relatie	SSC = 182,09372 + 1,74598*Q_tijmean				
LPI	SSC = -35,87 + 1,744* Q_tijmean				
UPI	SSC = 400,1 + 1,748* Q_tijmean				

Figuur 63 – Melle – APS: Kalibratierelaties SSC(turbiditeit) opgesteld voor het APS toestel te Melle.



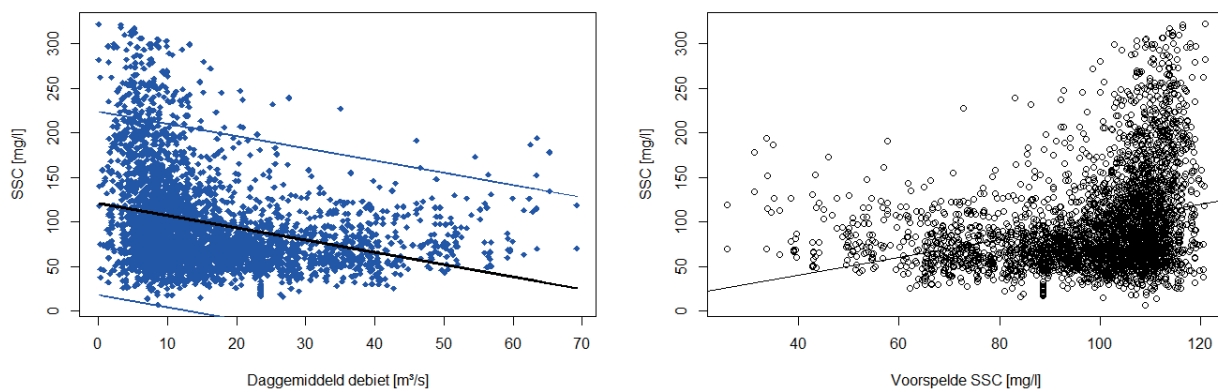
8.2.3 Benedennete – Duffel-Sluis

Tabel 31 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Duffel-Sluis. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 64. Voor Melle werd het tijgemiddeld debiet gelinkt met SSC via een log-log relatie na verwijdering van de 3_s-outliers.

Tabel 31 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Duffel-Sluis

Duffel					
Debiet (m/s)	Minimum 0,06		Maximum 69,257		
SSC (mg/L)	Minimum 7		Maximum 581		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	3519	0,14	61,7557	59,2811	0,14
Relatie	$SSC = 10^{2.252563} \cdot Q_{Tijmean}^{-0.2750922} \cdot 1.136408$				
LPI	$SSC = 10^{1.827} \cdot Q_{Tijmean}^{-0.2750922}$				
UPI	$SSC = 10^{2.678} \cdot Q_{Tijmean}^{-0.2750922}$				

Figuur 64 – Duffel-Sluis – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Duffel: winter (Boven) en zomer (Onder)



8.2.4 Demer – Aarschot

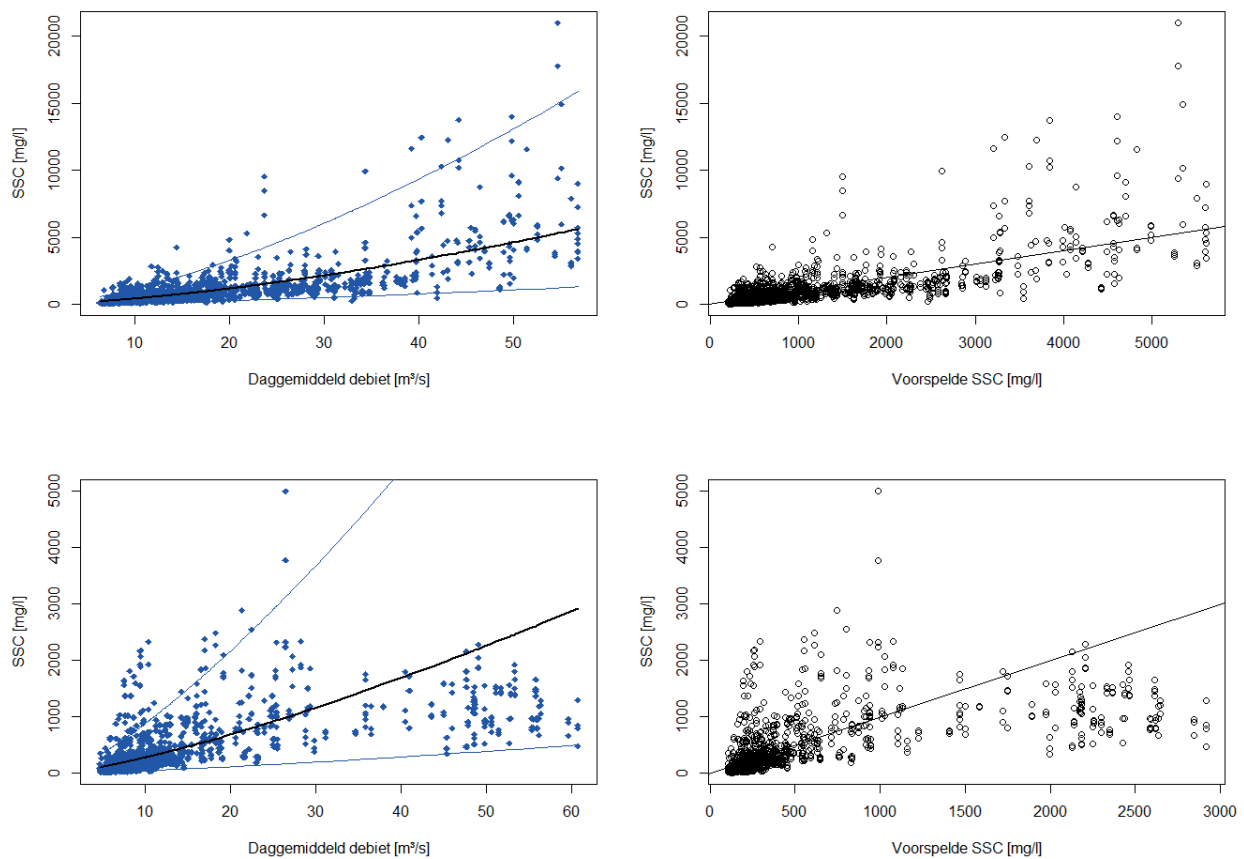
Tabel 32 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Aarschot. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 65. Voor de SSC-Q relatie in Aarschot werd een log-logrelatie gekozen met een deelrelatie voor de zomer en de winter na verwijdering van 3_s-outliers (waarbij zomer = april t.e.m. augustus en winter = januari t.e.m. maart en september t.e.m. december).

Tabel 32 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Aarschot

Aarschot (Winter)					
Debiet (m/s)	Minimum	Maximum			
	6,279	56,789			
SSC (mg/L)	Minimum	Maximum			
	23	20991			
Model-statistieken	N	R²	RMSE	MSPE	P²
	1969	0,28	1866,12	185,31	0,61
Relatie	SSC = $10^{1.002979} \cdot Q^{1.512304} \cdot 1.238431$				
LPI	SSC = $10^{0.4590729} \cdot Q^{1.5119132}$				
UPI	SSC = $10^{1.546886} \cdot Q^{1.512695}$				

Aarschot (Zomer)					
Debiet (m/s)	Minimum	Maximum			
	4,727	60,73			
SSC (mg/L)	Minimum	Maximum			
	13	5000			
Model-statistieken	N	R²	RMSE	MSPE	P²
	1399	0,32	644,36	153,88	0,54
Relatie	SSC = $10^{1.009266} \cdot Q^{1.303035} \cdot 1.35438$				
LPI	SSC = $10^{0.3793369} \cdot Q^{1.3019918}$				
UPI	SSC = $10^{1.639195} \cdot Q^{1.304078}$				

Figuur 65 – Aarschot – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Aarschot:
winter (Boven) en zomer (Onder)



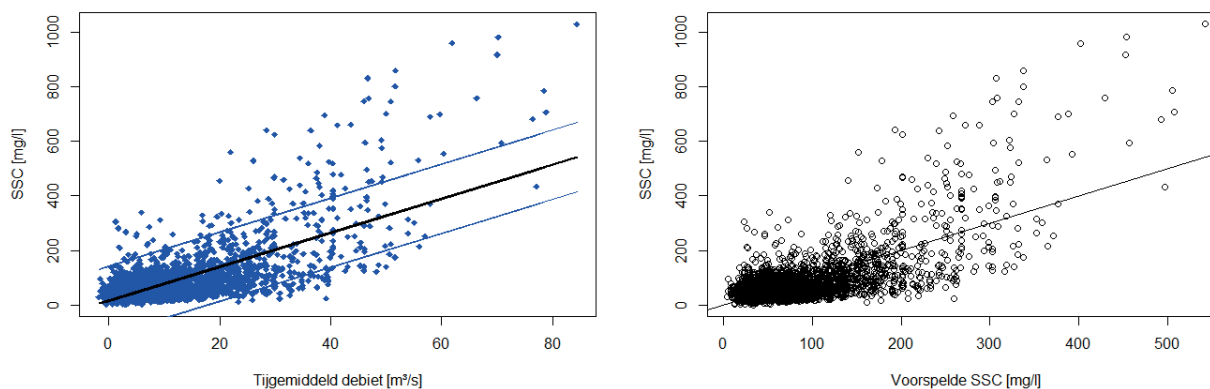
8.2.5 Dender – Dendermonde

Tabel 33 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Dendermonde. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 66. Voor Dendermonde werd het tijgemiddeld debiet gelinkt met SSC via een lineaire regressie na verwijdering van de 3s-outliers.

Tabel 33 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Dendermonde

Dendermonde					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	-1,8		84,4		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	0		1031		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3430	0,50	64,60	80,80	0,50
Relatie	SSC = 15,4888 + 6,2335*Q_ Tijmean				
LPI	SSC = -111,3 + 6,23* Q_ Tijmean				
UPI	SSC = 142,3 + 6,237* Q_ Tijmean				

Figuur 66 – Dendermonde – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Dendermonde.



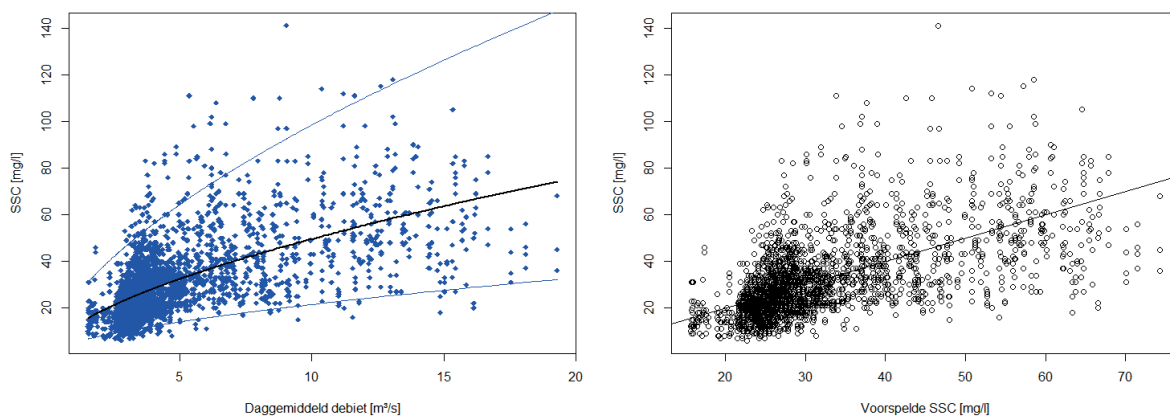
8.2.6 Grote Nete – Itegem-Hullebrug

Tabel 34 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Itegem-Hullebrug. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 67. Voor Itegem werd het daggemiddeld debiet gelinkt met SSC via een log-logrelatie gekozen na verwijdering van de 3_s-outliers.

Tabel 34 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Itegem

Itegem					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	1,5		19,3		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	6		141		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	1508	0,17	13,83	42,74	0,38
Relatie	SSC = 10 ^{1.0495944} *Q ^{0.6134521} *1.077869				
LPI	SSC = 10 ^{0.7197803} *Q ^{0.6132070}				
UPI	SSC = 10 ^{1.3794086} *Q ^{0.6136972}				

Figuur 67 – Itegem-Hullebrug – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Itegem.



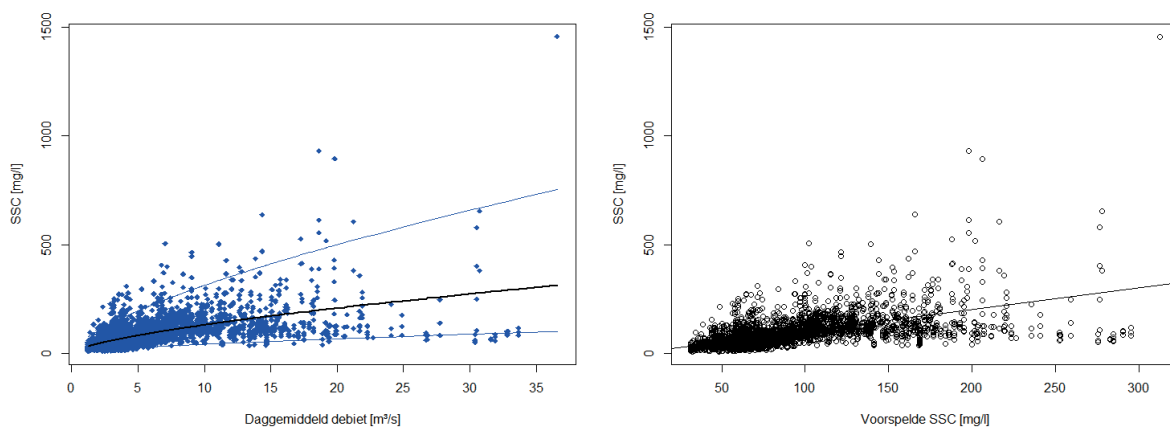
8.2.7 Kleine Nete – Grobbendonk-Troon

Tabel 35 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Grobbendonk-Troon. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 68. Voor Itegem werd het daggemiddeld debiet gelinkt met SSC via een log-logrelatie gekozen na verwijdering van de 3_s-outliers.

Tabel 35 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Grobbendonk

Grobbendonk					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	1,2		36,6		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	7		1456		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	3479	0,22	61,56	67,89	0,40
Relatie	$SSC = 10^{1.376892} \cdot Q^{0.6779321} \cdot 1.142661$				
LPI	$SSC = 10^{0.9375294} \cdot Q^{0.6778387}$				
UPI	$SSC = 10^{1.8162549} \cdot Q^{0.6780255}$				

Figuur 68 – Grobbendonk-Troon – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Grobbendonk.



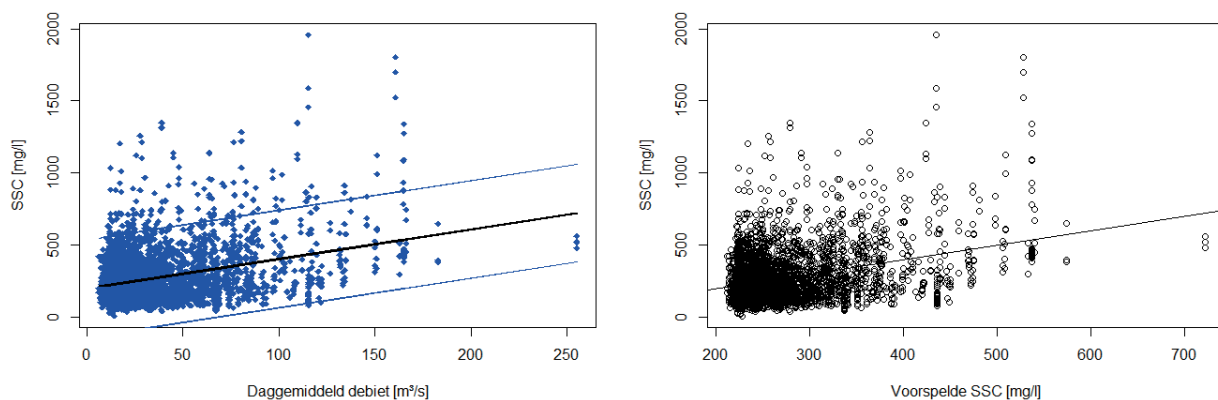
8.2.8 Leie – Zulte

Tabel 36 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Zulte. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in Figuur 69. Voor Zulte werd het daggemiddeld debiet gelinkt met SSC via een lineaire regressie zonder verwijdering van de 3s-outliers.

Tabel 36 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Zulte

Zulte					
Debiet (m/s)	Minimum		Maximum		
	6,1		255,3		
SSC (mg/L)	Minimum		Maximum		
	9,0		1957		
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	p ²
	3607	0,11	172,36	62,74	0,11
Relatie	SSC = 2.04595*Q+199.06872				
LPI	SSC = 2.042*Q-138.923				
UPI	SSC = 2.049*Q+537.061				

Figuur 69 – Zulte – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Zulte.



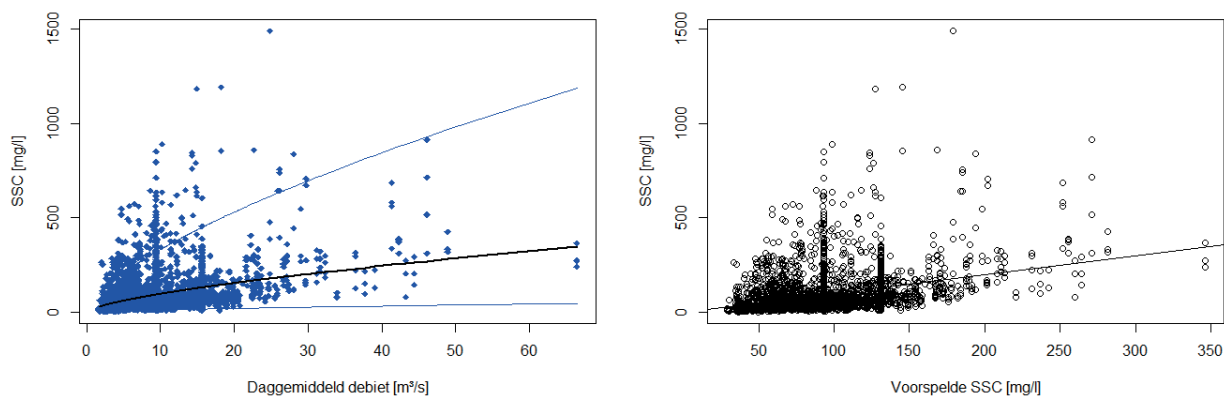
8.2.9 Zenne – Eppegem

Tabel 37 geeft een overzicht voor de debiet-SSC relatie ter hoogte van Eppegem. De resulterende relatie wordt grafisch weergegeven in. Voor Eppegem werd het daggemiddeld debiet gelinkt met SSC via een log-logrelatie na verwijdering van 3σ-outliers.

Tabel 37 – Statistische parameters van het gekozen regressiemodel voor Eppegem

Eppegem					
Debiet (m/s)	Minimum	Maximum			
	1,6	66,4			
SSC (mg/L)	Minimum	Maximum			
	7	581			
Model-statistieken	N	R ²	RMSE	MSPE	P ²
	3478	0,36	105,10	114,40	0,19
Relatie	$SSC = 10^{1.150996 \cdot Q^{0.6710997} \cdot 1.462536}$				
LPI	$SSC = 10^{0.4501668 \cdot Q^{0.6711261}}$				
UPI	$SSC = 10^{18518258 \cdot Q^{0.6710733}}$				

Figuur 70 – Eppegem – APS: Kalibratierelaties SSC(debiet) opgesteld voor het APS toestel te Eppegem.



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