departement
Mobiliteit en
Openbare Werken

MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012

FACTUAL DATA RAPPORTAGE VAN MONITORING HYDRODYNAMIEK EN FYSISCHE PARAMETERS ZOALS GEMETEN DOOR WL IN HET ZEESCHELDEBEKKEN IN 2012

12_070 WL Rapporten

waterbouwkundig LABORATORIUM

Vlaamse overheid

waterbouwkundig LABORATORIUM

MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012

Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012

Vanlierde, E.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Taverniers, E.; Mostaert, F.

Juni 2013

WL2013R12_070_2_rev2_0

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vanlierde, E.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2013). MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012. Versie 2_0. WL Rapporten, 12_070_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.waterbouwkundiglaboratorium.be

D/2013/3241/214

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welk andere wijze ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	MONEOS - jaarboek monitoring WL 2012: Factual data rapportage van monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals gemeten door WL in het Zeescheldebekken in 2012		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2013R12_070_2_rev2_0
Keywords (3-5):	Zeescheldebekken Moneos monitoring jaarboek 2012		
Tekst (p.):	135	Bijlagen (p.):	6
Vertrouwelijk:	☐ Ja	Uitzondering:	☐ Opdrachtgever
			☐ Intern
			☐ Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf:	
	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur	Revisor	Projectleider	Afdelingshoofd
dr. Elin Vanlierde	ir. Eric Taverniers	dr. Elin Vanlierde	dr. Frank Mostaert

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1_0	31-05-2013	Conceptversie	dr. Elin Vanlierde, ir. Hans Vereecken, ir. Yves Plancke.
1_1	10-06-2013	Revisie	ir. Eric Taverniers
2_0	15-06-2013	Definitieve versie	dr. Elin Vanlierde

Abstract

Dit is het vijfde gelijknamige (jaarlijkse) zogenaamde Moneos-rapport dat het Waterbouwkundig Laboratorium uitgeeft, met name over de monitoring van het jaar 2012. Eerdere rapporten gingen over 2008 t/m 2011.

In het kader van de Ontwikkelingsschets 2010 van het Schelde-estuarium (OS-2010) wordt een uitgebreide monitoring in de Westerschelde en in het Zeescheldebekken gedaan. Het handelt grotendeels over een continue systeem-monitoring, en waarvan het merendeel al decennia lang wordt bemeten. Zo voert het Waterbouwkundig Laboratorium in het Zeescheldebekken vele continue metingen uit over waterstand, debieten, stromingen, chloridegehaltes, turbiditeit en andere fysische parameters.

Dit rapport geeft een globaal overzicht van die monitoring zoals het Waterbouwkundig Laboratorium in 2012 in het Zeescheldebekken deed, meer bepaald het deel dat voor Moneos dienstig is. Dit rapport is een factual data rapportage van getijwaarnemingen, bovendebieten en andere parameters zoals stromingen, conductiviteit en turbiditeit gemeten in 2012. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genoemd “basisboek” (Taverniers et al., 2013).

Inhoudstafel

Inhoudstafel I
Lijst van de tabellen II
Lijst van de figuren III
Voorwoord 1
1. Jaaroverzicht 2012 getijwaarnemingen 2
1.1. Getijwaarnemingen 2012 te Antwerpen-Loodsgebouw 2
1.1.1. Jaaroverzicht 2
1.1.2. Jaaroverzicht in historisch perspectief 4
1.1.3. Stormvloeden 13
1.2. Getijwaarnemingen 2012 op overige tijmeetposten 15
1.2.1. Getijwaarnemingen 2012 in historisch perspectief 20
1.3. Speciale tijen 23
1.4. Opgetreden wasregimes 2012 en de invloed op het getij 27
2. Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken (2012) 29
2.1. Overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied 29
2.2. Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts 32
2.2.1. Klassieke (tiendaagse) methode (1949) en nieuwe (vijfdaagse) methode (2011) 32
2.2.2. Doorrekening bovendebieten 2012 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis 33
2.2.3. Bovendebieten 2012 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief 35
2.3. Overzicht 2012 bovendebieten aan de randen van het tijgebied 39
2.3.1. Globaal overzicht 2012 39
2.3.2. Wasregimes 2012 42
2.3.3. Droogteperiodes 2012 49
2.3.4. Bovendebieten meetraaien 2012 in historisch perspectief 50
3. Jaaroverzicht fysische parameters 54
3.1. Continue metingen "fysische parameters" 54
3.1.1. Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters" 54
3.1.2. Verloop 2012 stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde 55
3.1.3. Verloop 2012 temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde 69
3.1.4. Verloop 2012 conductiviteit continue meetlocaties 74
3.1.5. Verloop 2012 turbiditeit en suspensiegehalte 80
3.1.6. Verloop overige parameters 106
3.2. Meetcampagnes 107
3.2.1. Langsvaarten 107
3.2.2. Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentratie) 118
4. Referenties 136
Bijlage 1: MONEOS-T parameters B1
A. Situering B1
B. Methodologie B1
C. Resultaten B1
1.C.1 Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters B1
1.C.2 Maximale eb- en vloedsnelheid in functie van daling/stijging te Antwerpen B6
Colofon B7

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Lijst van de tabellen

Tabel 1 -: Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2012 en in historisch perspectief; (waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter) .. 5

Tabel 2 - Frequentietabel hoogwaters, laagwaters en tijverschillen waargenomen te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012 verdeeld per decimeter TAW resp. decimeter 6

Tabel 3 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentietabel hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijen (1972-2012) verdeeld per decimeter (mTAW)..... 14

Tabel 4 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor het jaar 2012, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts 16

Tabel 5 - Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2012..... 18

Tabel 6 - Overzicht van de meetstations die gebruikt werden voor de bepaling van de bovenafvoer. 30

Tabel 7: Overzicht reserve stations 31

Tabel 8 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier 33

Tabel 9 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle 33

Tabel 10 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m³/s) 34

Tabel 11 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2012 (m³/s) 41

Tabel 12 - decade-neerslagen januari 2012 à maart 2011 43

Tabel 13 - Neerslag te Ukkel per decade december 2012 (bron KMI) 45

Tabel 14: Overzicht van de toesteltypes van multi-parametertoestellen ingezet in 2012 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren 55

Tabel 15 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde 63

Tabel 16 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde 63

Tabel 17 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde 73

Tabel 18 - Overzicht van de conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes 78

Tabel 19: Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed 101

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Lijst van de figuren

Figuur 1 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2012 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater 2

Figuur 2 - Verloop van tijverschil geobserveerd te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012 3

Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012 4

Figuur 4 - Langjarige tij-evolutie (1888-2012) van jaargemiddelden van hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw 8

Figuur 5 – Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: “eeuw”-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2012) 9

Figuur 6 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie jaargemiddelden van tijverschillen (1888-2012) 11

Figuur 7 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie jaargemiddelden van HW, LW en tijverschillen (detailbeeld van 1972-2012) 11

Figuur 8 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden 12

Figuur 9 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw (1888-2012). Jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden. 13

Figuur 10 - Tijmeetposten opgenomen in de moneos rapportage 2012, alsook locaties waar debieten en waterpeilen gemeten worden, ter bepaling van Globaal overzicht getijwaarnemingen 2012 15

Figuur 11 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 Figuur 12 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 17

Figuur 13 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 voor de Rupel (Boom en Walem), Beneden Nete (Walem en Duffelsluis) en de Durme (Tielrode) Figuur 14 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 voor de Rupel (Boom en Walem), Beneden Nete (Walem en Duffelsluis) en de Durme (Tielrode) 19

Figuur 15 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij,aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden 20

Figuur 16 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden 21

Figuur 17 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van het jaargemiddeld getijverschil bij middeltij, springtij en doodtij 22

Figuur 18 - Tij te Antwerpen, Dendermonde, Melle, Walem en Vlissingen: tijverloop van 2 t.e.m. 6 januari 2012 (UTC) 24

Figuur 19 - Windverloop te Hansweert 2-6 januari 2012. 10-min. gemiddelde windsnelheid en windrichting en max. 3-sec. windstoot in de afgelopen 10 min. (UTC) 24

Figuur 20 – Speciaal tij te Antwerpen, Dendermonde, Melle, Walem en Vlissingen: tijverloop van 3 t.e.m. 4 januari 2012 (UTC) 25

Figuur 21 - Windverloop te Hansweert 3-4 januari 2012 10-min. gemiddelde windsnelheid en windrichting en max. 3-sec. windstoot in de afgelopen 10 min. (UTC) 25

Figuur 22 – Gronddrukkaart van de meteorologische toestand op 03/01/2012 15u UTC (KMI/OMS, 2012) 26

Figuur 23 - waterstand te Oostende. Harmonisch peil, reëel peil en opzet (3-5 januari 2012) (KMI/OMS, 2012) 26

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 24 - Opgetreden wasregime maart 2012 28

Figuur 25 - Opgetreden wasregime december 2012 28

Figuur 26 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend 30

Figuur 27 - Boven-Zeeschelde te Melle: foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter 32

Figuur 28 - Zeescheldebekken: afvoer van "de Schelde te Schelle". Pentadegemiddelde waarden over 2012 35

Figuur 29 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. maandgemiddelde waarden 36

Figuur 30 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. een lopend 12-maandgemiddelde waarde 36

Figuur 31 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. jaargemiddelde waarden. 37

Figuur 32 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 194-2012 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte 38

Figuur 33 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentade-berekening voor de periode 1991-2012 38

Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2012 40

Figuur 35 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2012 41

Figuur 36 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 1 maart 2012 tot 20 maart 2012 42

Figuur 37 - Gecumuleerde neerslag was maart 2012 – volledige periode 43

Figuur 38 - Evolutie van de continue (uurlijkse) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 2/3/2012 – 20/3/2012 44

Figuur 39 - Waterstanden op Groot Pand rond Gent tijdens was maart 2012. 44

Figuur 40 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in december 2012 45

Figuur 41: Niet-gevalideerde gevallen neerslag van 15 december 2012 tot en met 9 januari 2013. De rode vlek is een meetfout en werd niet meegenomen bij de interpretatie. 46

Figuur 42 - Evolutie van de continue (uurlijkse) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013 47

Figuur 43 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013 47

Figuur 44 - Evolutie van de continue (5-minuutgemiddelde) en daggemiddelde debieten op de Dender te Dendermonde voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013 48

Figuur 45 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Dendermonde voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013 48

Figuur 46 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode half april – half juli 2011 49

Figuur 47 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2011 (alle bovendebieten in m³/s) 50

Figuur 48 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2012 (alle bovendebieten in m³/s) 51

Figuur 49 - Zeeschelde te Melle: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012 51

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 50 - Dender te Appels: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012 52

Figuur 51 - Zenne te Eppegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012 52

Figuur 52 - Dijle te Haacht: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012 53

Figuur 53 - Nete te Duffel-sluis: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012 53

Figuur 54 - Localisatie van Moneos-meetposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt 54

Figuur 55 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 57

Figuur 56 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 57

Figuur 57 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 58

Figuur 58 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 58

Figuur 59 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 59

Figuur 60 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 59

Figuur 61 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 60

Figuur 62 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 60

Figuur 63 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 61

Figuur 64 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 61

Figuur 65 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde 62

Figuur 66 - Maximale ebsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen 64

Figuur 67 - Maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen 64

Figuur 68 - Maximale ebsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen 65

Figuur 69 - Maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen 65

Figuur 70 - Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen 66

Figuur 71 - Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen 66

Figuur 72 - Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen 67

Figuur 73 - Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen 67

Figuur 74 - Maximale ebsnelheid te Driegoten (Boven-Zeeschelde) versus de daling in waterpeil te Antwerpen 68

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 75 - Maximale vloedsnelheid te Driegoten (Boven-Zeeschelde) versus de stijging in waterpeil te Antwerpen 68

Figuur 76 - Temperatuur bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 70

Figuur 77 - Temperatuur bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 70

Figuur 78 - Temperatuur bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel ... 71

Figuur 79 - Temperatuur bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel ... 71

Figuur 80 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde) 72

Figuur 81 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes 72

Figuur 82 - Temperatuur Prosperpolder en Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde), Hemiksem, Driegoten en Melle (Boven-Zeeschelde) en Duffelsluis (Beneden-Nete) 73

Figuur 83 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel 75

Figuur 84 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel 75

Figuur 85 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel . 76

Figuur 86 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel . 76

Figuur 87 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde) 77

Figuur 88 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Boei 84 boven (groen) en onder (rood) 77

Figuur 89 - Boxplot voor de gemeten Conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes 78

Figuur 90 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Prosperpolder en Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde), Hemiksem, Driegoten en Melle (Boven-Zeeschelde) en Duffelsluis (Beneden-Nete) 79

Figuur 91 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 82

Figuur 92 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 82

Figuur 93 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 83

Figuur 94 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 83

Figuur 95 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 84

Figuur 96 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel .. 85

Figuur 97 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel ... 85

Figuur 98 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 86

Figuur 99 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 86

Figuur 100 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 87

Figuur 101 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 87

Figuur 102 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 88

Figuur 103 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 88

Figuur 104 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 89

Figuur 105 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 89

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 106 - Turbiditeit gemeten te Melle 90

Figuur 107 - Turbiditeit gemeten te Duffel-sluis 90

Figuur 108 - Kalibratierelaties (Turbiditeit – SSC) opgesteld voor Aanderaa RCM9 en Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Oosterweel en Driegoten 91

Figuur 109 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel 92

Figuur 110 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), onderste meettoestel 93

Figuur 111 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel 93

Figuur 112 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 94

Figuur 113 - SSC bij KLW en KHW te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 94

Figuur 114 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 95

Figuur 115 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 95

Figuur 116 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel ... 96

Figuur 117 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 96

Figuur 118 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel . 97

Figuur 119 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel .. 97

Figuur 120 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel 98

Figuur 121 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel 98

Figuur 122 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 99

Figuur 123 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde) 99

Figuur 124 - Boxplot voor de SSC bij KHW en KLW op de meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes 100

Figuur 125 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes 100

Figuur 126 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012). 102

Figuur 127 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Melle (Boven-Zeeschelde) 103

Figuur 128 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Duffelsluis (Beneden-Nete) 103

Figuur 129 - Regressieverband Turbiditeit - SSC te Melle (Boven-Zeeschelde) 104

Figuur 130 - Regressieverband Turbiditeit - SSC te Duffelsluis (Beneden-Nete) 104

Figuur 131 - SSC (berekend uit turbiditeit) te Melle (Boven-Zeeschelde) 105

Figuur 132 - SSC (berekend uit turbiditeit) te Duffelsluis (Beneden-Nete) 105

Figuur 133 - Zuurstofgehalte [mg/l]en de zuurstofgraad [%] te Duffelsluis (Beneden-Nete) 106

Figuur 134 - Zuurstofgehalte [mg/l]en de zuurstofgraad [%] te Melle (Boven-Zeeschelde) 107

Figuur 135 - ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten (in het rood werden de geselecteerde locaties voor verdere data-analyse gemarkeerd) 108

Figuur 136 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden Zeeschelde 109

Figuur 137 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden Zeeschelde 110

Figuur 138 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de Beneden Zeeschelde 110

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 139 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde Boven: 08/2012 | onder 11/2012 (uit Plancke *et al.*, 2013) 111

Figuur 140 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Boei 79 Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE 113

Figuur 141 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Liefkenshoek Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE 114

Figuur 142 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Oosterweel Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE 115

Figuur 143 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Kennedy-tunnel Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE 116

Figuur 144 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Rupelmonde Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE 117

Figuur 145 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) op 7/08/2012 .. 119

Figuur 146 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 120

Figuur 147 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 120

Figuur 148 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 121

Figuur 149 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de dertienuursmetingen langs de verschillende dwarsraaien in 2012 121

Figuur 150 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) op 5/07/2012 122

Figuur 151 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 123

Figuur 152 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 123

Figuur 153 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 124

Figuur 154 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) op 8/06/2012 125

Figuur 155 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 126

Figuur 156 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 126

Figuur 157 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 127

Figuur 158 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde) op 20/07/2012 128

Figuur 159 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 129

Figuur 160 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 129

Figuur 161 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 . 130

Figuur 162 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) op 10/04/2012 131

Figuur 163 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 131

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 164 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 132

Figuur 165 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012 132

Figuur 166 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel) op 11/04/2012 133

Figuur 167 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012 134

Figuur 168 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012 135

Figuur 169 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012 135

Figuur C1- 1: Bepalen van de fase voor de 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen B2

Figuur C1- 2: Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek B3

Figuur C1- 3: Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek B3

Figuur C1- 4: Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen B4

Figuur C1- 5: Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen B4

Figuur C1- 6: Ontwikkeling van het hoogwater te Schelle B5

Figuur C1- 7: Ontwikkeling van het laagwater te Schelle B5

Figuur C2- 1: Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen B6

Figuur C2- 2: Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen B6

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Voorwoord

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

Het globale MONEOS-programma omhelst verschillende delen, zowel naar:

- de drie luiken, zijnde toegankelijkheid, natuurlijkheid en veiligheid;
- de aard van de te meten parameters: hydraulisch, morfologisch, fyscio-chemisch, biologisch, …
- en de plaats (water, slikken en platen, schorren, gebieden aan landzijde zoals overstromingsgebieden, gebieden met een gecontroleerd gereduceerd getij, …).

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

Dit rapport geeft een globaal overzicht van de in 2012 door het Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout in eigen regie en uitvoering gedane monitoring in het Zeescheldebekken dat kadert in MONEOS. Het gaat in dit rapport om basis-parameters van het Zeescheldebekken, parameters die eigen zijn aan het beleidsdomein "mobiliteit en openbare werken" waartoe het Waterbouwkundig Laboratorium behoort, zoals:

- waterstanden (het tij in het Zeescheldebekken);
- bovendebieten (de afvoer van het hydrografisch bekken opwaarts en doorheen het tijgebied);
- temperatuur, conductiviteit en chloridegehalte van vnl. het water van Zeeschelde en Nete;
- stromingen (o.a. stroomsnelheid en –richting op continue meetplaatsen);
- turbiditeit en suspensiegehalte (grotendeels op continue meetplaatsen in Zeeschelde en Nete, aangevuld met metingen aan de opwaartse rand van het tijbekken).

Dit rapport wil in de eerste plaats een "jaarbeeld" geven, een verzameling van tabellen en grafieken die het verloop van de vernoemde parameters duidelijk weergeeft. Dit rapport is het vijfde in een reeks, en bevat louter de weergave en rapportering van de resultaten voor 2012. Voor de algemene achtergrond en methodologie met betrekking tot de monitoring in het Zeescheldebekken, wordt verwezen naar het bijhorende methodologie document genaamd “Basisboek” (Taverniers et al., 2013).

1. Jaaroverzicht 2012 getijwaarnemingen

Voor achtergrond en duiding bij het getij in het Zeescheldebekken, meetlocaties en het normale verloop van het getij wordt verwezen naar het bijhorende methodologie document genaamd “Basisboek” (Taverniers et al., 2013).

1.1. Getijwaarnemingen 2012 te Antwerpen-Loodsgebouw

1.1.1. Jaaroverzicht

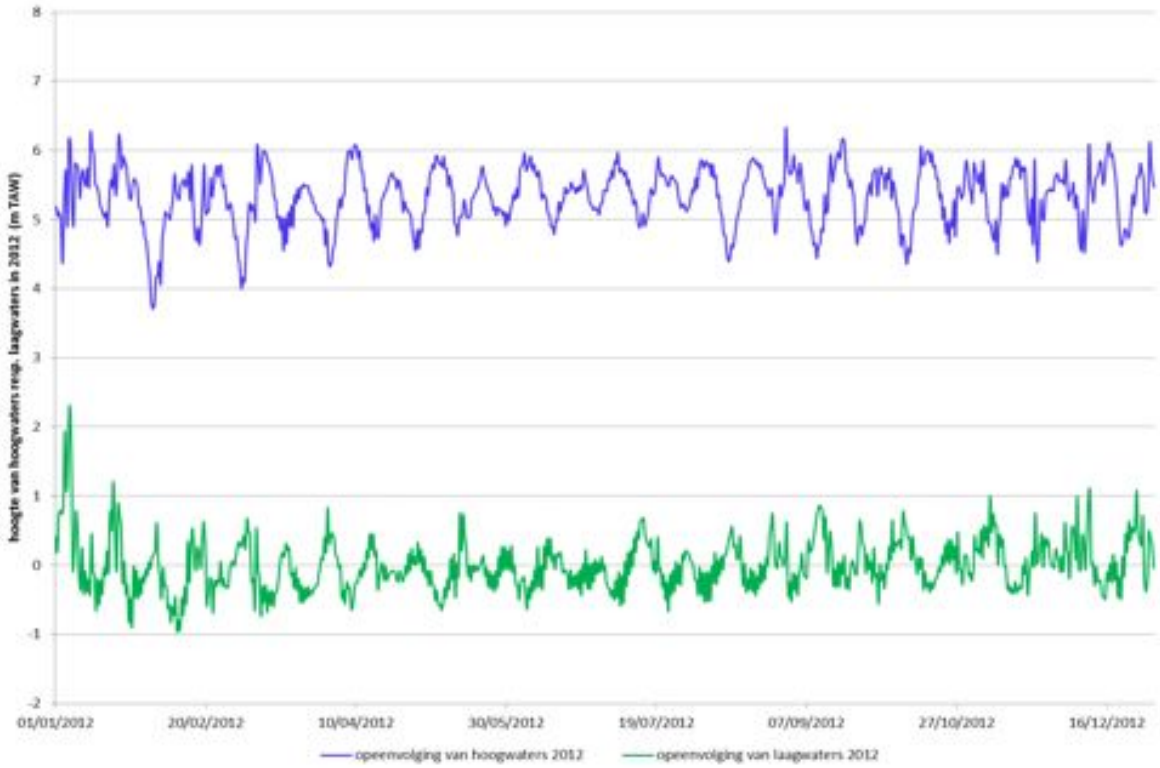
Al meer dan honderdtwintig jaar wordt te Antwerpen het getij geregistreerd. Ondermeer daarom en gezien het representatieve karakter, worden de data afkomstig van de getij-meetpost te Antwerpen-Loodsgebouw als toetssteen van het getij in het Zeescheldebekken gebruikt.

In het jaar 2012 vond geen enkele stormvloed, noch gewone noch buitengewone stormvloed plaats.

Daarenboven klasseert het getij in het jaar 2012 zich als zeer rustig binnen de context van de tijen van de voorbije decennia.

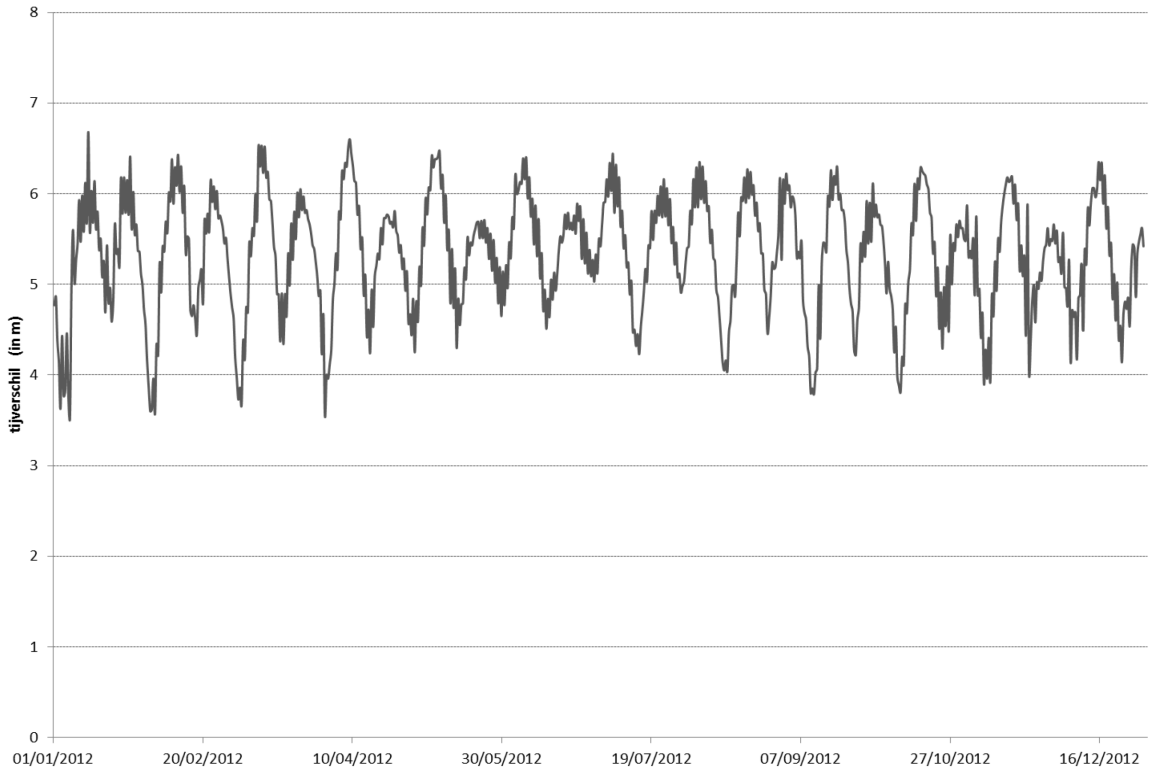
Tot slot klasseert het jaar 2012 zich ook naar frequentieverdeling van optreden van alle hoogwaterstanden, alle laagwaterstanden en meteen ook van alle getijverschillen als zeer rustig.

Figuur 1 toont de jaarverlopen 2012 voor hoogwaters (in blauwe lijn) en voor laagwaters (in groene lijn) voor de meetpost Antwerpen Loodsgebouw. De zeer hoge en zeer lage hoog- en laagwaterstanden komen hier duidelijk naar voor. Ook kunnen de ongeveer veertien/vijftien-daagse periodes van spring- en doodtij visueel onderscheiden worden.



Figuur 1 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: jaarverloop van het tij gedurende het jaar 2012 door aanduiding van de afzonderlijke verlopen van hoogwater en laagwater

Deze doodtij-springtijcyclus valt tevens op te merken in het jaarverloop van het tijverschil, dat getoond wordt in Figuur 2.

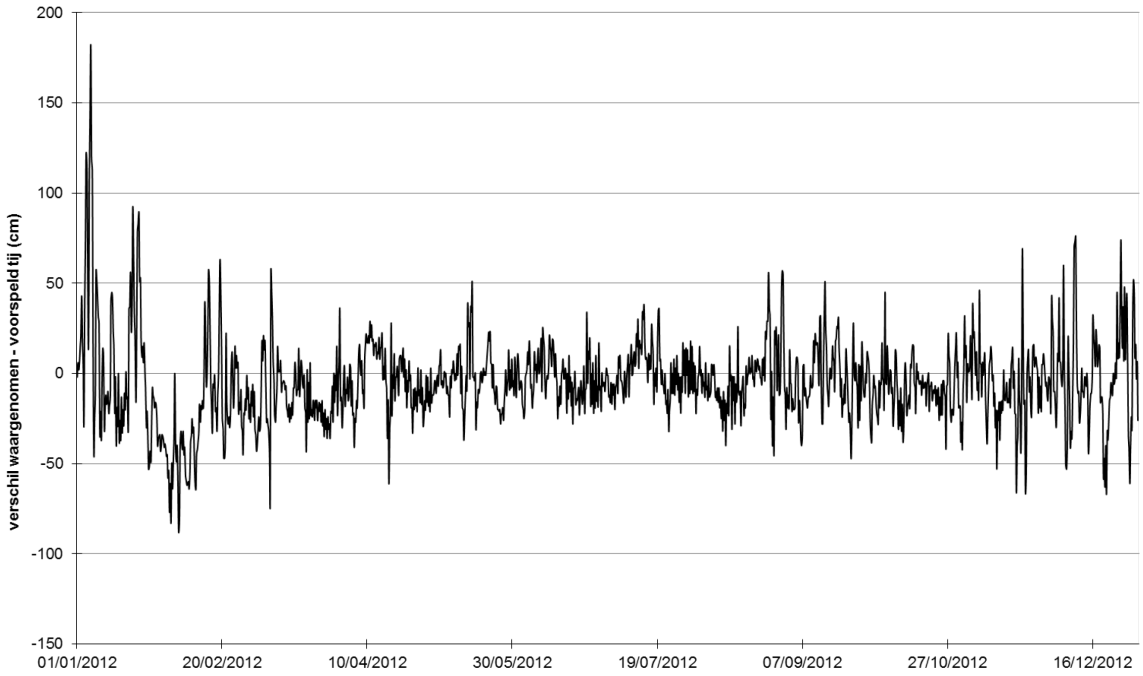


Figuur 2 - Verloop van tijverschil geobserveerd te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012

De springtij-doodtijcyclus is astronomisch te voorspellen. Echter, de waarnemingen kunnen in beduidende mate afwijken van het astronomisch verloop. Dit komt omdat ze sterk beïnvloed kunnen worden door meteorologische omstandigheden, vooral opwaaiing en afwaaiing in het afwaartse deel van het tijbekken, en in het opwaartse deel sterk beïnvloed door de variatie van kleine, gemiddelde, grote en zeer grote bovendebieten uit de opwaarts het tijbekken gelegen hydrografische gebieden.

Dit is geïllustreerd in Figuur 3, waarin de verschillen tussen de astronomisch voorspelde hoog- en laagwaters en de effectief waargenomen waarden voor het jaar 2012 zijn weergegeven. Hierin kan duidelijk een verschil tussen de zomer- en de wintermaanden opgemerkt worden.

Tijdens de zomermaanden (april - september) is het verschil tussen opgetreden en voorspeld getij klein (de absolute waarde bedraagt gemiddeld zo'n 12 cm, met 95% van alle verschillen liggend tussen +/- 31 cm). Dit komt doordat tijdens de zomer er slechts weinig opwaaiingen en weinig afwaaiingen plaatsvinden. Tijdens de wintermaanden (oktober - maart) wordt er een grotere variabiliteit aan verschillen tussen astronomisch voorspeld en effectief waargenomen getij vastgesteld. Gemiddeld bedraagt de absolute waarde van het verschil zo'n 23 cm, daarbij vallen 95% van alle verschillen tussen + en - 61 cm, met een maximum verschil van 1.8 m).



Figuur 3 - Verschil tussen astronomisch voorspelde en waargenomen extrema (HW's & LW's) geobserveerd te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012

1.1.2. Jaaroverzicht in historisch perspectief

Naast dit soort jaaroverzichten, is het vaak interessanter om een aantal kerngetallen van het voorbije jaar weer te geven, liefst met enkele referentie-getallen ter vergelijking. Daarom wordt in Tabel 1 een overzicht gegeven van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor de tijpost Antwerpen-Loodsgebouw in 2012. Tevens worden in deze tabel de waarden van 2012 vergeleken met de waarden van de laatste vier decennia.

De bovenvernoemde kenmerkende tijwaarden zijn gemiddeld hoogwater (GHW), gemiddelde laagwater (GLW), gemiddeld tijverschil (GTV), duur van de stijging en duur van de daling, en dit zowel voor middeltij (jaargemiddelden van alle geregistreerde hoog- en laagwaterstanden), als voor springtij en voor doodtij. Tot slot zijn ook de uiterste waarden (hoogste en laagste hoogwater (HHW en LHW) alsook hoogste en laagste laagwater (HLW en LLW)) geregistreerd in 2012 alsook in de 4 voorafgaande decennia opgenomen in deze tabel.

Deze kernwaarden geven echter geen volledig beeld van de verdeling van de hoogwaters, laagwaters en tijverschillen. Daarom toontTabel 2 de frequentie-tabellen voor het jaar 2012, waarin per decimeter een verdeling is gemaakt van het aantal registraties van deze parameters. Per jaar is telkens de klasse met het grootste aantal waarden gekleurd.

Tabel 1 -: Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: hoofdkenmerkende waarden en extreme waarden van het tij voor het jaar 2012 en in historisch perspectief; (waterstanden in meter TAW, tijverschillen in meter)

		1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2012
middeltij	GHW	5.15	5.24	5.29	5.31	5.34
	GLW	0.01	0.05	0.00	0.06	0.00
	GTV	5.14	5.19	5.29	5.25	5.34
	Duur van de stijging	*05:18*	*05:22*	*05:25*	*05:32*	*05:31*
	Duur van de daling	*07:07*	*07:03*	*07:01*	*06:53*	*06:54*
springtij	GHW	5.55	5.70	5.72	5.75	5.70
	GLW	-0.20	-0.17	-0.23	-0.20	-0.28
	GTV	5.75	5.87	5.95	5.95	5.98
	Duur van de stijging	*4:45*	*5:00*	*05:01*	*05:10*	*05:04*
	Duur van de daling	*7:25*	*7:20*	*07:18*	*07:11*	*07:13*
doodtij	GHW	4.64	4.69	4.77	4.73	4.77
	GLW	0.29	0.38	0.34	0.40	0.36
	GTV	4.35	4.31	4.43	4.33	4.41
	Duur van de stijging	*5:47*	*5:54*	*05:55*	*06:06*	*06:02*
	Duur van de daling	*6:53*	*6:48*	*06:44*	*06:38*	*06:37*
uiterste waarden	HHW	7.31	7.52	7.53	7.06	6.33
	LHW	3.35	3.01	3.53	3.63	3.71
	HLW	2.38	2.67	2.21	3.05	2.31
	LLW	-1.20	-1.36	-1.20	-1.26	-0.96

Het totale bereik waarover de tijverschillen in de getoonde periode zijn gegaan, is niet uitzonderlijk. Gespreid over 32 klassen is er een bereik van 3,50 m tot 6,60 m. Het is kenschetsend voor de tijverschillen in het Zeescheldebekken dat rond het gemiddelde (5,34 m), de grotere tijverschillen meer bij het gemiddelde aanleunen, en dat de kleinere tijverschillen meer verspreid zijn.

Tabel 2 handelt wel over de gegevens te Antwerpen-Loodsgebouw, maar de trend geldt voor alle locaties, en voor bvb. de opwaartse vakken van het tijbekken kan dit ook makkelijk begrepen worden omdat bij grote boven-debieten en was-regimes, zowel hoog- als laagwaters sterk verhogen, maar de laagwaters nog (soms veel) meer dan de hoogwaters, waardoor het tijverschil beduidend kleiner wordt dan normaal.

Het jaar 2012 was, in de context van de tijen van de voorbije decennia (zie Tabel 1), een vrij rustig jaar. Ook trad er in 2012 geen stormvloed en geen buitengewone stormvloed op.

Tabel 2 - Frequentietabel hoogwaters, laagwaters en tijverschillen waargenomen te Antwerpen-Loodsgebouw (Beneden-Zeeschelde) in 2012 verdeeld per decimeter TAW resp. decimeter

Hoogwater		LW		TV	
cm T.A.W.	Aantal HW's begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm	cm T.A.W.	Aantal LW's begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm	cm	Aantal TV-en begrepen tussen de aangegeven hoogte en deze hoogte + 9 cm
800		350		800	
790		340		790	
780		330		780	
770		320		770	
760		310		760	
750		300		750	
740		290		740	
730		280		730	
720		270		720	
710		260		710	
700		250		700	
690		240		690	
680		230	1	680	
670		220		670	
660		210		660	2
650		200		650	4
640		190	1	640	8
630	1	180		630	16
620	2	170	1	620	17
610	6	160	1	610	35
600	11	150		600	29
590	26	140		590	33
580	45	130		580	35
570	57	120	1	570	46
560	54	110		560	49
550	69	100	4	550	42
540	74	90	1	540	49
530	65	80	6	530	40
520	54	70	15	520	41
510	54	60	14	510	28
500	45	50	17	500	23
490	39	40	34	490	33
480	27	30	38	480	33
470	22	20	52	470	24
460	21	10	64	460	23
450	11	0	65	450	15
440	7	-10	98	440	15
430	7	-20	75	430	11
420	1	-30	70	420	13
410	4	-40	70	410	11
400	2	-50	38	400	6
390		-60	23	390	7
380	1	-70	9	380	7
370	2	-80	4	370	4
360		-90	3	360	4
350		-100	2	350	3
340		-110		340	
330		-120		330	
320		-130		320	
310		-140		310	
300		-150		300	
Aantal	707	Aantal	707	Aantal	706

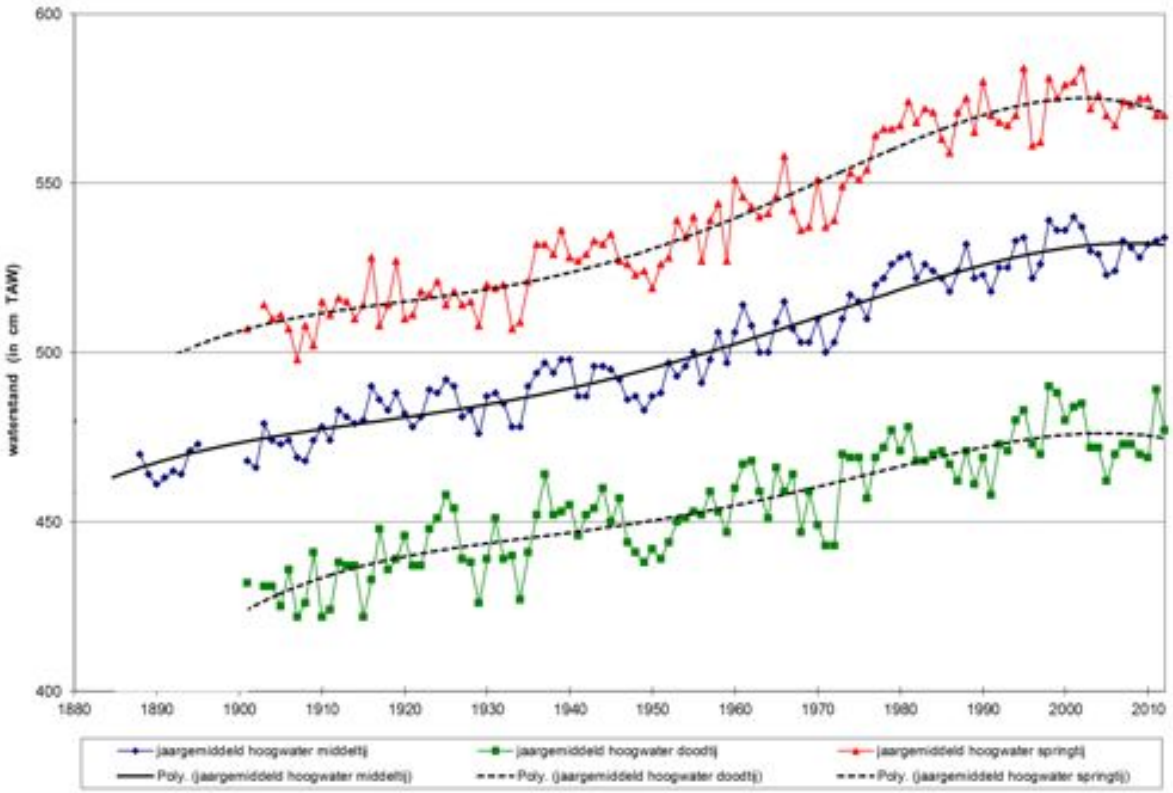
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Naast Tabel 1 en Tabel 2 wordt het tij van 2012 ook in grafisch historisch perspectief geplaatst. Figuur 4, Figuur 5 en Figuur 6 schetsen dit historisch beeld.

Hierbij toont Figuur 4 de jaarlijkse gemiddelde hoogwaterstanden, zowel bij middeltij als bij spring- en doodtij. Tevens is een trendlijn doorheen de verlopen van de jaargemiddelden getrokken.

De evolutie van hoogwater kan algemeen als volgt omschreven worden:

- Vanaf 1955 zijn de gemiddelde jaarlijkse hoogwaters steeds gelijk aan of hoger dan TAW +5,00m, waar deze parameters vroeger steeds lager lag dan dat peil.
- Tot ongeveer 1955 stegen de hoogwaterstanden van middeltij, springtij en doodtij volgens een quasi lineaire trend. De mate waarin is verschillend: bij middeltij steeg het hoogwater met ongeveer 40 cm over 70 jaren, zijnde bijna 6 cm per tien jaar; bij springtij was het ongeveer 35 cm over 55 jaren zijnde bijna 7 cm per tien jaar, en bij doodtij ongeveer 25 cm over eenzelfde periode zijnde bijna 5 cm per tien jaar.
- De gemiddelde jaarlijkse hoogwaters stegen sterker in de periode 1955-1970 dan in de periode ervoor: bvb. middeltij steeg met ongeveer een tiental cm over slechts 15 jaar dus een snellere stijging dan tot 1955: à rato van bijna 7 cm per tien jaar. Bij springtijen was de versnelling in stijging groter à 8 cm per tien jaar, doch bij doodtijen iets minder groot, nl. à 4 cm per tien jaar.
- De periode (ongeveer) 1970-2000 kenmerkt zich door min of meer even grote stijgingen van het gemiddeld hoogwater, maar dat gebeurde met grote schommelingen. Middeltijen verhoogden à 7 cm per tien jaar, springtijen à ongeveer 8 cm per tien jaar, en doodtijen à bijna 5 cm per tien jaar.
- In de laatste negen jaren is er een duidelijke afvlakking van de hoogwaters, en zelfs een relatieve verlaging van de trend te zien.
- Bij al deze beschouwingen dient onderlijnd te worden dat het handelt om jaargemiddelde waarden. De uiterste standen (zo hoog als laag) van hoogwater volgen evenwel eenzelfde trend.
- bij alle grafieklijnen is -alhoewel soms moeilijk- de nodale maansperiode (18,6-jarige periode) te zien, die door de trendlijnen wordt uitgemiddeld. Deze nodale periode komt overeen met het over die duur traag maar gestaag "schommelen" rond het gemiddelde, van de schuinte van de maanbaan om de aarde enerzijds, met anderzijds de Noord-Zuid-as van de aarde. Deze invloed is op langjarige hoog- en laagwaterwaarden te zien, en vooral op deze van het tijverschil.



Figuur 4 - Langjarige tij-evolutie (1888-2012) van jaargemiddelden van hoogwater te Antwerpen-Loodsgebouw

De trend van verhogende hoogwaterstanden bestaat dus al vanaf 1888. De mate waarin jaar na jaar of decennia na decennia, een stijging van de hoogwaterstanden optrad, is evenwel verschillend over de decennia heen. In tegenstelling tot voorgaande rapporten (zie referenties) is de trendlijn van de jaargemiddelden geen polynoom van tweede graad maar van een hogere graad, aangezien er anders omwille van het over de laatste jaren (ongeveer) gelijk blijven van de jaarwaarden, geen beste trendlijn in de laatste jaren verscheen.

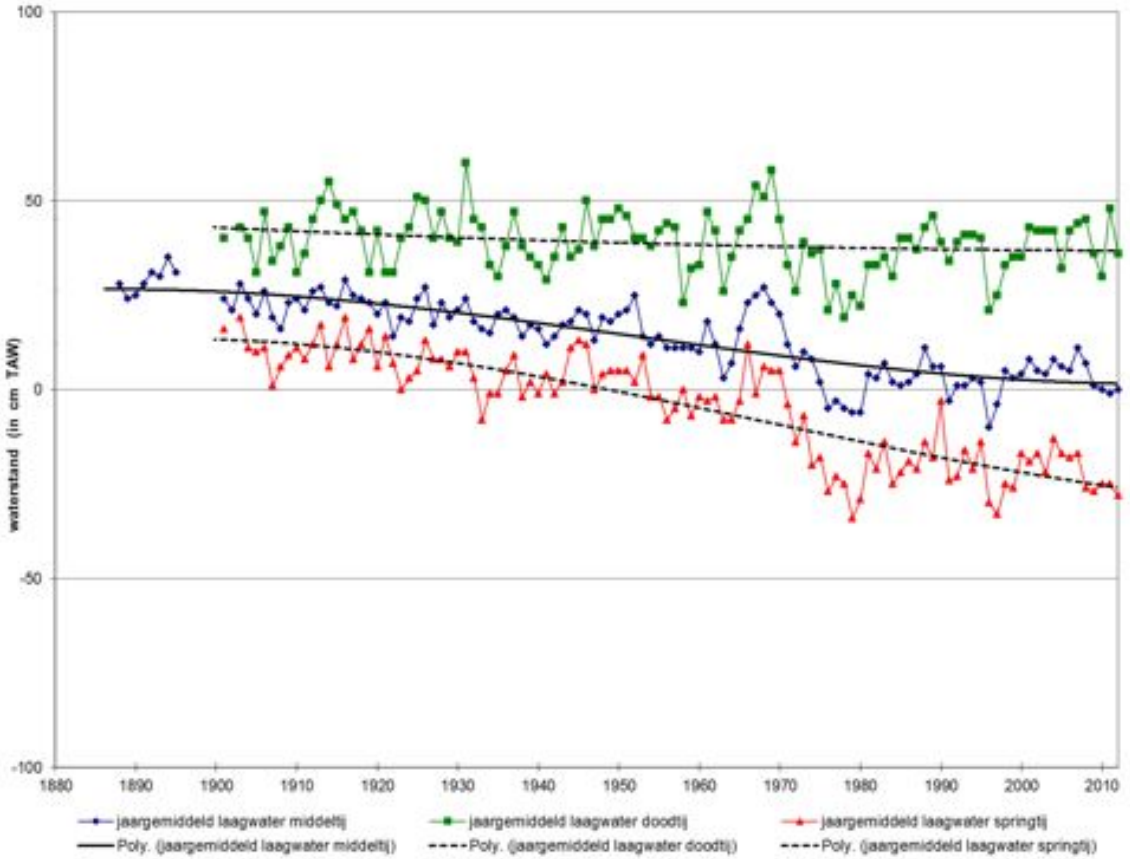
Daarom werd, net zoals in het laatste jaarrapport van 2011 (Vereecken et al., 2012) , een meergraadse polynoom gekozen die zeer nauw aan sluit op de gedurende de decennia gaande evolutie van de jaargemiddelde hoogwaters. Stilaan komt zo ook het beeld dat een zeer langjarige golfcomponent in het verloop van het hoogwater aanwezig lijkt. Tussen grofweg 1900 en 1930 is de verhoging van die hoogwaters vrij gematigd, waarna ze in de periode 1930 à 1990 beduidend flinker is, waarna deze na 1990 duidelijk afzwakt om over de laatste tien à vijftien jaren zelfs (verrassing met twee belangrijke verruimingen van de vaargeul in Westerschelde en Beneden-Zeeschelde) een horizontaal gedeelte in de trendlijn te laten zien. Het komt voor alsof zich een bijna 100-jarige golf (nl. met top tot top van -afgerond- 1900 tot 2000) aandient. Dergelijke golf werd al aangegeven in de Deutsche Hydrographische (Meeres-)Zeitungen halfweg jaren 1970. Voorheen bleek uit de zeer langdurige tijwaarnemingen te Marseille en te Brest, een golf met een periode van omtrent 93 jaar te bestaan. Onze meetreeksen in het Zeescheldebekken worden stilaan zo lang, dat ook hier een dergelijke zeer langdurige golf blijkt op te treden.

Wanneer deze zeer langjarige golfcomponent uit de trendlijn verwijderd wordt, dan blijft het beeld over dat tot ongeveer 1955 de stijging quasi lineair is, en nadien sterker, zegge volgens een polynoom van de tweede en op de duur derde graad.

Zoals al eerder doch nog te sporadisch, zowel uit Nederlandse als uit Belgische hoek werd beschouwd, kan deze trendbreuk tussen vroeger lineair en nadien polynomisch, worden gerelateerd aan de bathymetrische ontwikkeling van het Schelde-estuarium, waarbij vooral moet gedacht worden aan de ontwikkeling van het Gat van Ossenisse en van de Overloop van Hansweert in de vijftiger en zestiger jaren van vorige eeuw: twee in plaats van één enkele hoofdgeul, en een vermindering van globale beddingweerstand. Die zorgden voor een extra toename van de tij-kracht, resulterend in vrij snel een verhoging der hoogwaterstanden opwaarts, en in een verlaging der laagwaterstanden opwaarts, dus in een flinke toename van de getij-slag.

Gans de ontwikkeling met omslagpunt rond ongeveer 1955 kan worden gerelateerd aan de zeer buitengewone stormvloed van 1 februari 1953. Wat toen door een niet goed voor te stellen uren-lange reuzesterke vloedstroom over de gànse sectie van de Westerschelde aan Terneuzen, gebeurde aan opwaartse zijde daarvan, en met name het definitief doen verruimen en uiteindelijk aan opwaartse kant doen kortsluiten van de vloedschaar van wat nu als vaargeul "Overloop van Hansweert" bekend is, kan als doorslaggevende versterking van een morfologisch autonoom proces gelden.

Figuur 5 toont analoge grafieken en trendlijnen, maar dan voor de evolutie van **laagwater**. Ook hier geldt 1955 als kanteljaar. Dan valt op dat vòòr 1955 er inderdaad en overigens geheel normaal, schommelingen zijn in het verloop van jaargemiddelde laagwaters, zo middeltij, springtij als doodtij, doch vooral dat die jaar-na-jaarlijkse schommelingen na 1955 beduidend groter zijn.



Figuur 5 – Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: “eeuw”-evolutie jaargemiddelden van laagwater (1888-2012)

In de eerste periode, vòòr 1955, is er een gestage daling van de gemiddelde laagwaterstanden bij alle type-tijen, met voor middeltij ongeveer 15 cm over 70 jaar (dus een ietsje meer dan 2 cm per tien jaar) en voor springtij 17 cm over 55 jaar dus 3 cm per tien jaar. De daling van laagwaters bij doodtij is kleiner m.n. slechts enkele cm over 55 jaar, iets meer dan 0,5 cm per tien jaar. Dat vormt een duidelijk verschil tussen de evolutie van enerzijds middeltijen en springtijen tegen anderzijds doodtijen.

Ook na 1955 is de daling bij doodtij relatief klein en zelfs in dezelfde orde van grootte als voordien, iets meer dan 0,5 cm per tien jaar. De daling van middeltij is meer uitgesproken, nl. iets meer dan een tiental cm over 55 jaren (bijna 2 cm per tien jaar). Bij springtij is de daling nog groter, nl. ongeveer 22 cm over 55 jaar (4 cm per tien jaar). Net zoals bij de hoogwaters geldt ook hier dat er weinig variatie bestaat in de opeenvolgende jaarwaarden van laagwater over de laatste veertien jaar.

Ook vroeger traden er enkele deelperiodes van enkele jaren op waarin de opeenvolgende jaarwaarden van hoog- en laagwater niet veel van elkaar verschilden, met telkens tussenin een deel-periode met een wel groot verschil (zowel hoger als lager). Dit betrof eerder relatief korte periodes, terwijl het nu handelt over reeds veertien opeenvolgende jaren.

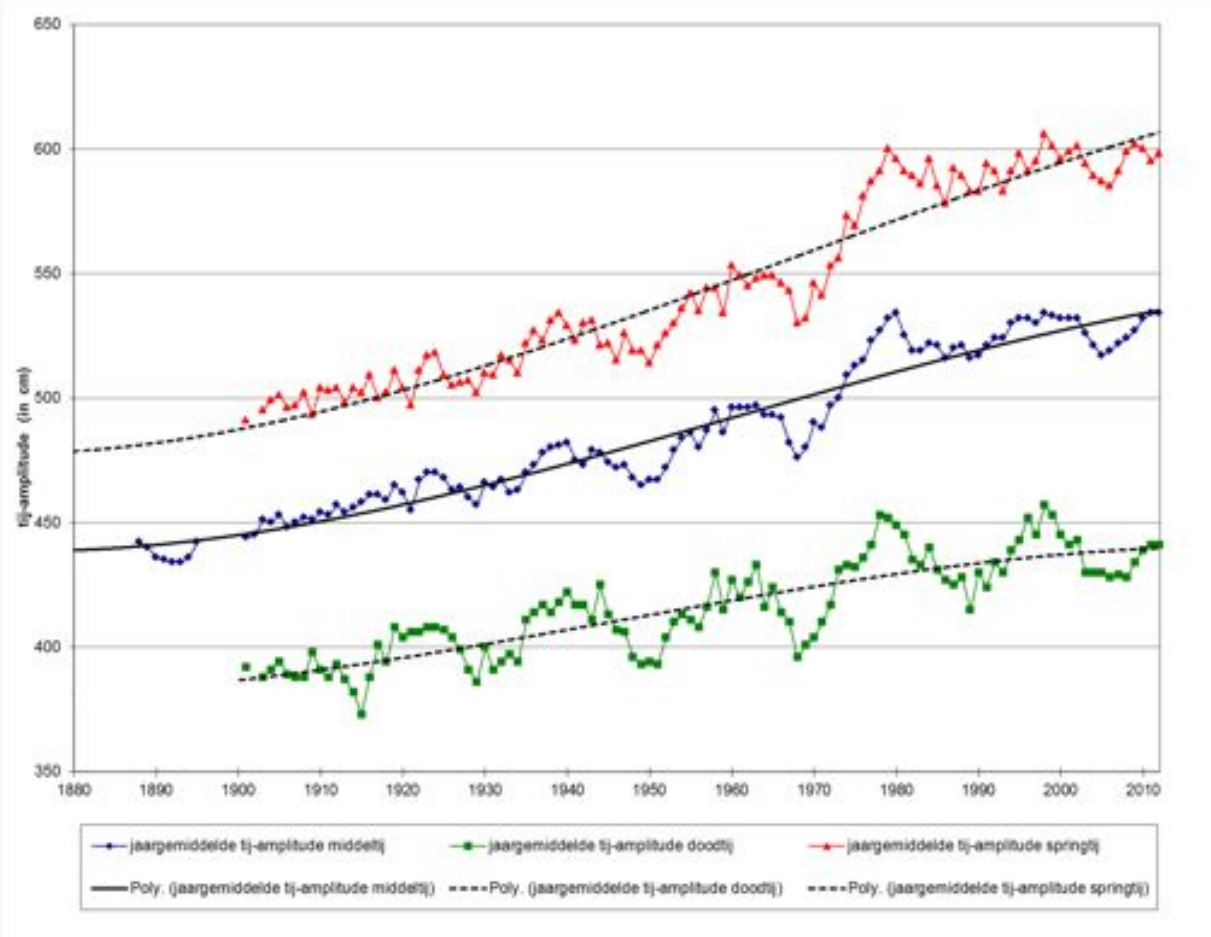
De optredende horizontaliteit van de trend in het verloop van laagwater van de laatste veertien jaren, valt danig op bij de wetenschap van twee in die periode toch als “flink” omschreven uitgevoerde verruimingen van de vaargeul in Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. Daarbij werd o.m. verwacht dat de laagwaterstanden te Bath en dus ook in de Beneden-Zeeschelde, significant zouden dalen.

Uit de evolutie van hoger wordende hoogwaterstanden en lager wordende laagwaterstanden volgt een flinke toename van de tijverschillen, zoals Figuur 6 aangeeft.

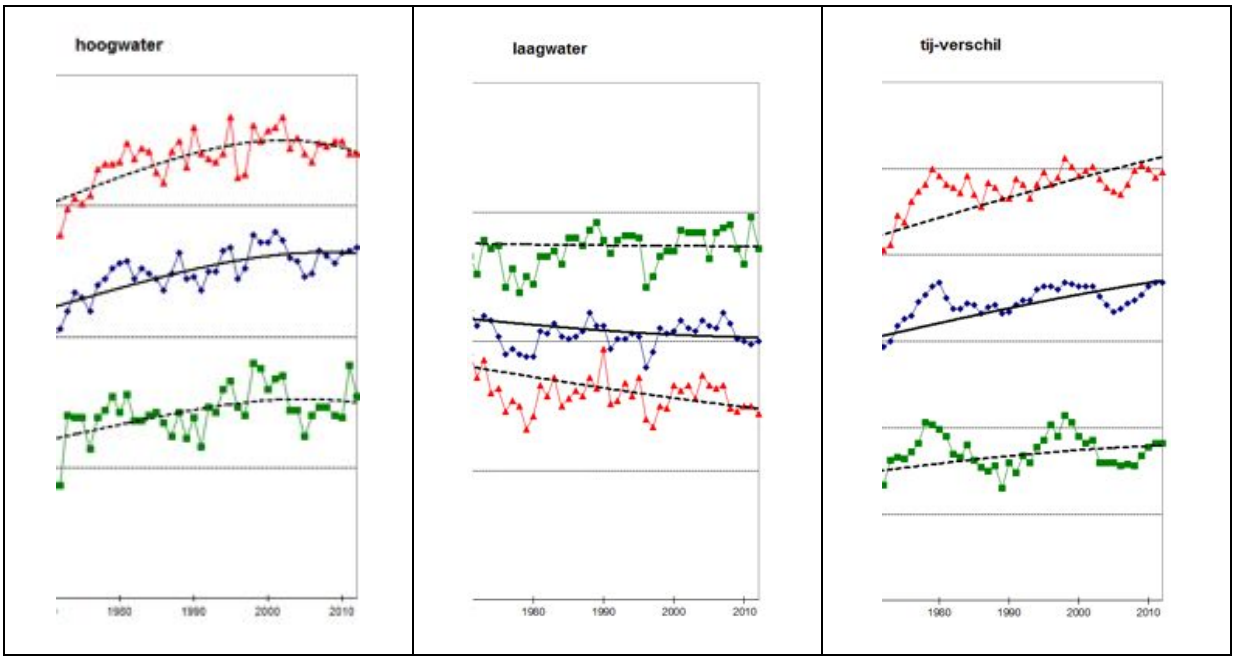
Ook hier is 1955 het kanteljaar. Vòòr dat jaar vergrootten de tijverschillen zich volgens een lineaire trend, en zijn hun schommelingen rond de trendlijn ook kleiner dan na 1955. In de periode 1955 à 2000 neemt het groter worden van de tijverschillen toe met een polynoom van tweede graad, tenminste voor middeltij en springtij, want bij de doodtijen blijft de lineaire trend regel, beïnvloed door de zonet geschetste evolutie van laagwater bij doodtij.

Ook bij de evolutie van het tijverschil valt op dat over vele laatste jaren genomen, er een afvlakking in de trends te zien is, dit geheel in overeenstemming met de hoogwaterstanden en in beperkte mate met de laagwaters.

Om de laatste deelperiode (na 1970) nog eens extra in de verf te zetten, worden hier de betrokken jaarwaarden en trendlijnen van hoogwater, laagwater en tijverschil t.e.m. 2012 getoond, inclusief de zich afplattende vorm van de trendlijnen naar 2012 toe, alleszins bij middeltij en doodtij.

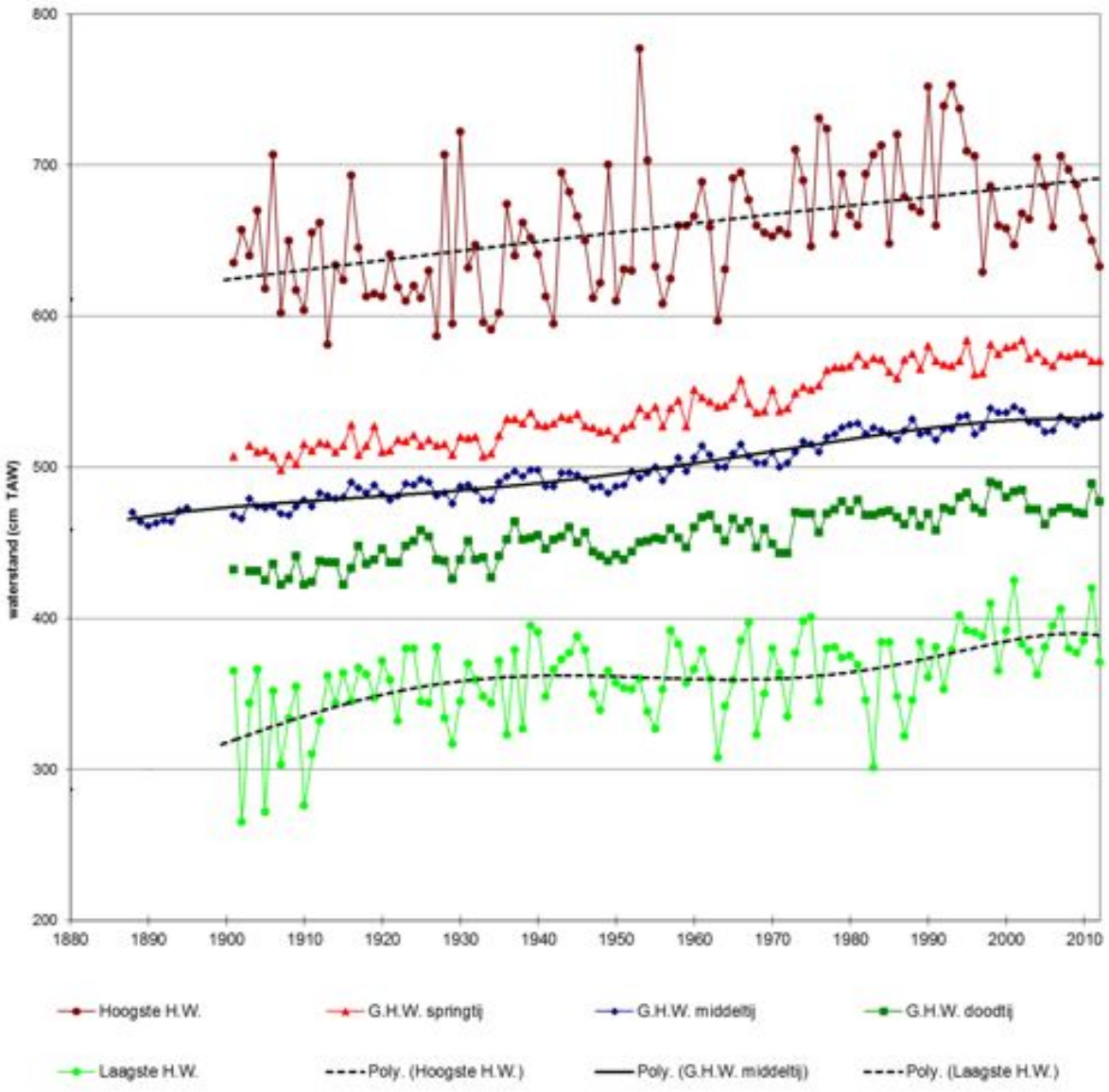


Figuur 6 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie jaargemiddelden van tijverschillen (1888-2012)



Figuur 7 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie jaargemiddelden van HW, LW en tijverschillen (detailbeeld van 1972-2012)

In Figuur 8 worden naast de eerder getoonde jaargemiddelden van hoogwater middeltij, springtij en doodtij ook de jaarlijks hoogste en laagste hoogwaterstanden uitgezet. Ook hieruit blijkt dat 2012 een “zeer rustig tij-jaar” was, net zoals reeds verschillende jaren voordien.

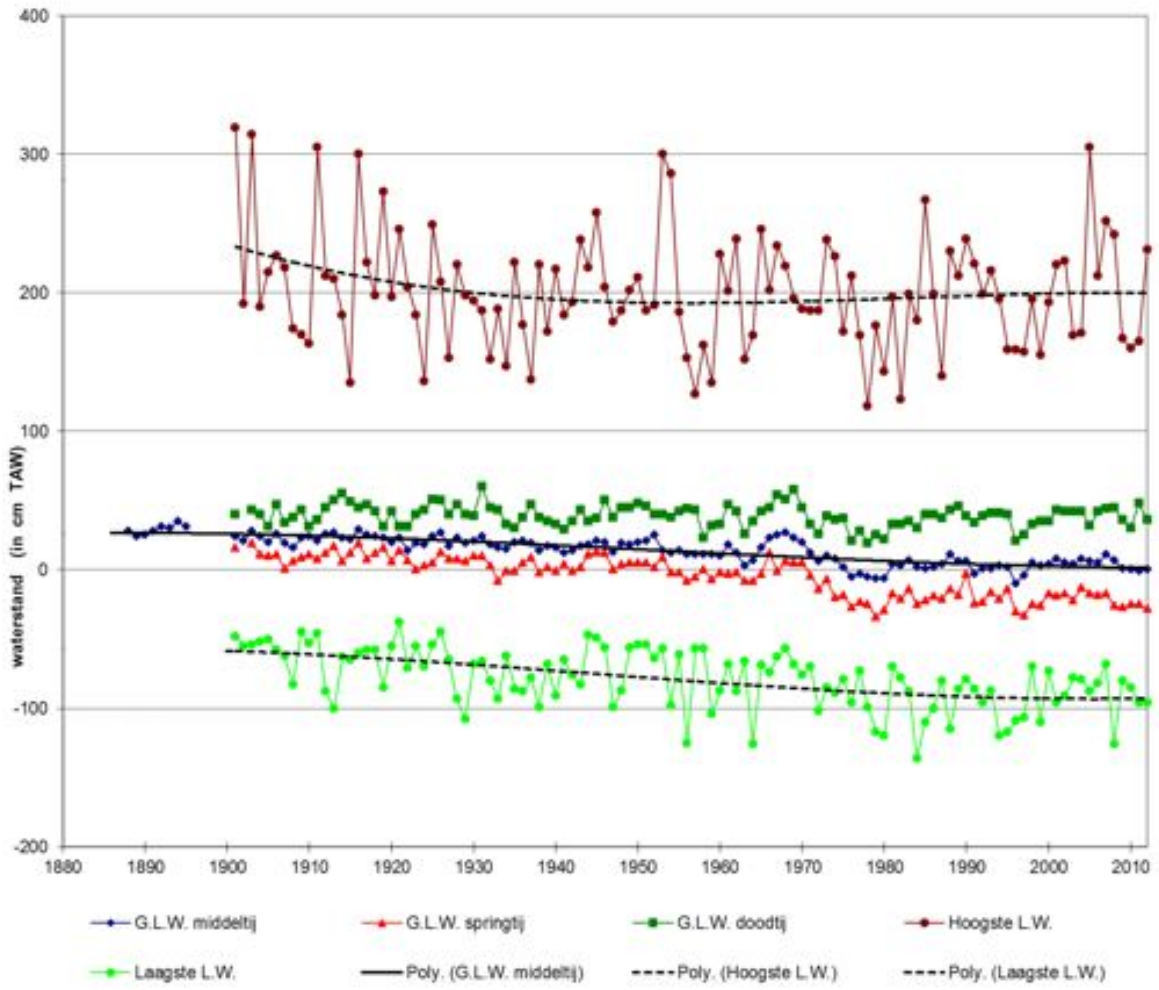


Figuur 8 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: evolutie van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

Waar Figuur 8 het verloop van jaargemiddelde hoogwaters toont, geeft Figuur 9 het verloop van de jaargemiddelde en jaarextreme **laagwaters** weer.

Men ziet enerzijds een lichte daling in waterstand van het gemiddeld laagwater middeltij en springtij en ook in laagste laagwaters. Anderszijds blijkt het verloop van de hoogste laagwaters en en gemiddeld laagwater bij springtij op een constant niveau te blijven.

Wat ook opvalt, is dat de trendmatige daling van de jaarlijks laagste laagwaters sterker is (meer dalend) dan de middeltijen.



Figuur 9 - Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw (1888-2012). Jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden.

1.1.3. Stormvloeden

Onder de term “stormtij” (ook stormvloed) wordt in het Zeescheldebekken een hoogwatergolf bedoeld met een hoogwaterstand vanaf 6,60 tot 7,00 meter TAW, gemeten te Antwerpen-Loodsgebouw. Vanaf +7,00 meter TAW spreekt men van een gevaarlijk stormtij (ook buitengewone stormvloed).

Tabel 3 geeft het overzicht van alle hoogwaterstanden vanaf 1972 tot 2012 te Antwerpen-Loodsgebouw hoger dan 6,50m TAW en dat verdeeld in klassen van 10 cm.

In 2012 trad <u>geen enkele</u> stormvloed op. Het hoogste hoogwater in het jaar 2012 kwam op 6,33 m TAW, nl. op 31 augustus 2012 om 02:15 ’s nachts (03:15 MET).

Tabel 3 - Beneden-Zeeschelde te Antwerpen-Loodsgebouw: frequentietabel hoogwaterstanden bij zeer hoge hoogwaters en stormtijen (1972-2012) verdeeld per decimeter (mTAW)

ZEESCHELDE te ANTWERPEN (Loodsgebouw)

optreden van hoogwaterstanden hoger dan T.A.W. (+ 6,50 m)

periode 1971 t/m 2012

klasse HW's	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
7,71 à 7,80																																										
7,61 à 7,70																																										
7,51 à 7,60																				I			I																			
7,41 à 7,50																																										
7,31 à 7,40						I																I		I																		
7,21 à 7,30							I													I																						
7,11 à 7,20														I		I				I																						
7,01 à 7,10			I										I							I			I		II	I								I			I					
6,91 à 7,00									I			I								I						I												I				
6,81 à 6,90				I										I						I		I	I	I	I	I		I							I				I			
6,71 à 6,80			III			II	I									I	I	I					III														II					
6,61 à 6,70							I		I	I			II			I				I			I	I	III	I						II	I	I	III		I			I		
6,51 à 6,60	I	I				I	I	II		I	II	II	II	II			I		I	III	I		III		II			III	II	III		III	I		I	I	II	I	I	II	I	
aantal per jaar:	1	1	4	1	0	4	4	2	2	2	2	3	5	4	0	3	2	1	1	11	1	2	10	3	8	4	0	4	2	3	0	5	2	2	5	1	6	2	2	3	1	0

(alle (storm-)hoogwaterstanden zijn in meter t.o.v. T.A.W.)

de (storm-)hoogwaters zijn per jaar ingedeeld in hoogteklassen van 10 cm

alle hoogwaters hoger dan TAW +6,60m zonder +7,00m te bereiken, zijn "stormtijen" of "stormvloeden"

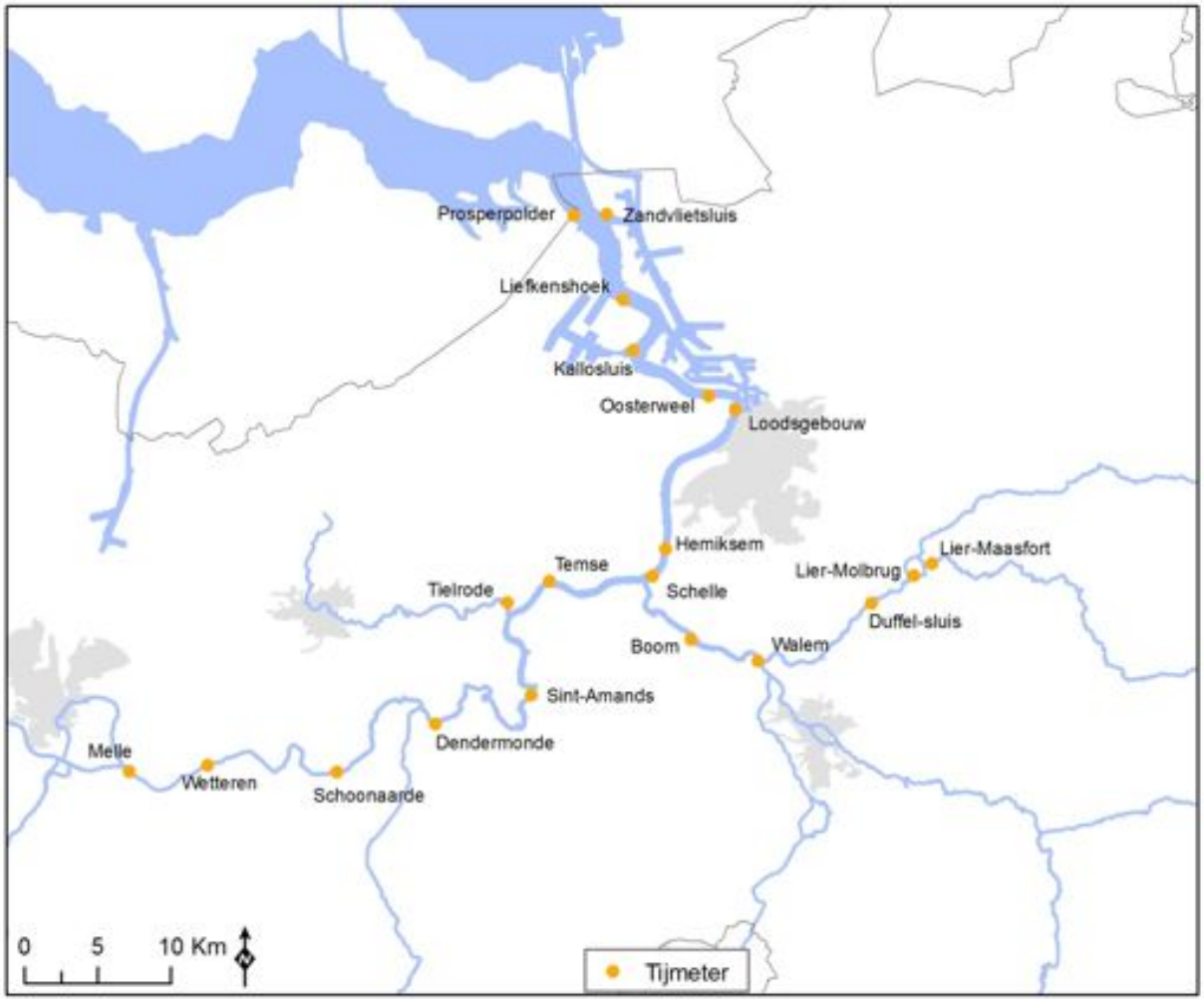
alle hoogwaters gelijk aan of hoger dan TAW +7,00m zijn "gevaarlijke stormtijen" of "buitengewone stormvloeden"

(bijgewerkt t/m juni 2013)

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

1.2. Getijwaarnemingen 2012 op overige tijmeetposten

Figuur 10 toont ondermeer de tijmeetposten die opgenomen zijn in de Moneos rapportage 2012. Het betreft tijposten gelegen op de Schelde en op de zijrivieren die nog aan tij onderhevig zijn.



Figuur 10 - Tijmeetposten opgenomen in de moneos rapportage 2012, alsook locaties waar debieten en waterpeilen gemeten worden, ter bepaling van Globaal overzicht getijwaarnemingen 2012

In sectie 1.1 werd de meetpost Antwerpen-Loodsgebouw uitgebreid besproken. Hoewel kennis van het tijverloop te Antwerpen al veel informatie biedt over andere meetlocaties, worden in dit hoofdstuk enkele andere, strategisch gekozen meetlocaties behandeld.

Anders dan bij de afwaartse posten zoals Antwerpen-Loodsgebouw kunnen de grote bovendebieten en wasregimes een grote invloed hebben op de meer opwaartse posten.

Tabel 4 geeft de hoofdkenmerkende tijwaarden van 2012 voor de belangrijkste meetlocaties in het Zeescheldebekken die ten nutte van Moneos zijn.

Hieronder volgt de rapportage van de metingen voor 2012, voor de Moneos-T parameters van 2008 t.e.m 2012 wordt verwezen naar Bijlage 1.C.1.

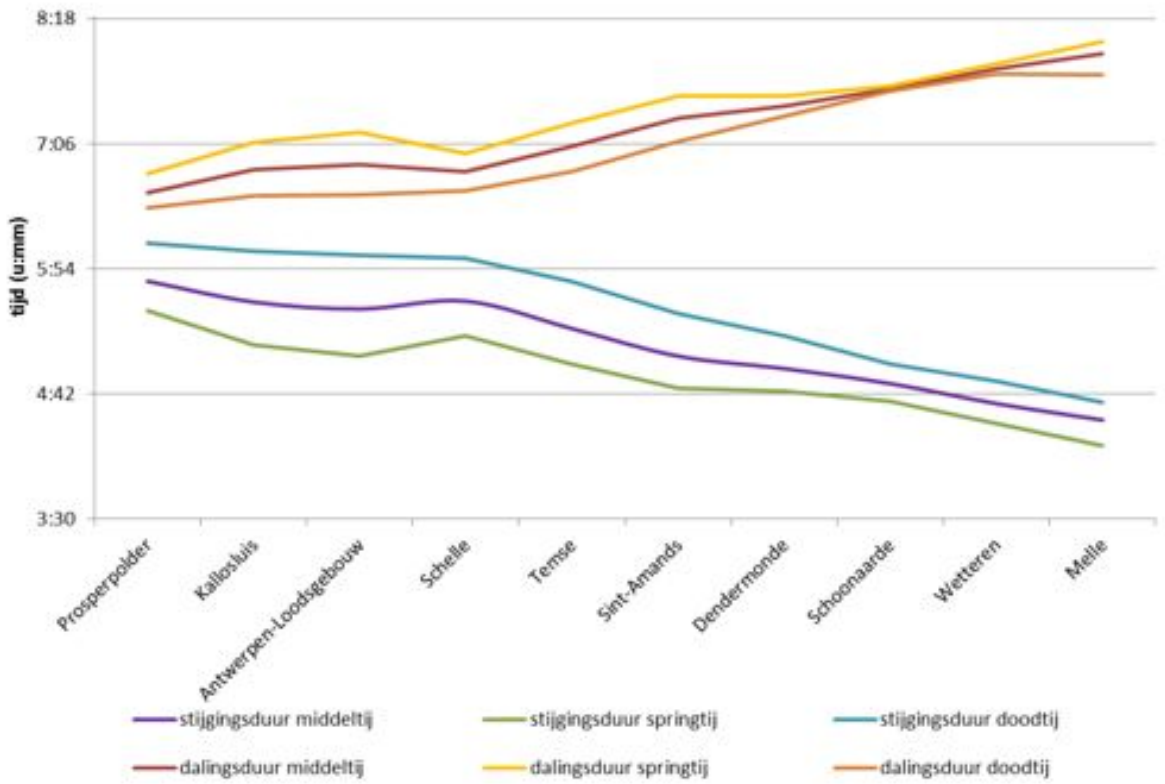
Tabel 4 - Zeeschelde: overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden voor het jaar 2012, gerangschikt van afwaarts naar opwaarts

2012		Prosperpolder	Kallosluis	Antwerpen-Loodsgebouw	Schelle	Temse	Sint-Amands	Dendermonde	Schoonaarde	Wetteren	Melle
middeltij	GHW	5,10	5,32	5,34	5,48	5,59	5,62	5,33	5,15	4,99	5,11
	GLW	0,02	-0,01	0,00	0,01	0,16	0,39	1,07	1,75	2,19	2,44
	GTV	*5,08*	*5,33*	*5,34*	*5,47*	*5,43*	*5,23*	*4,26*	*3,40*	*2,80*	*2,67*
	duur van stijging	5:47	5:35	5:31	5:35	5:19	5:03	4:56	4:48	4:36	4:27
	duur van daling	6:38	6:51	6:54	6:50	7:04	7:20	7:27	7:37	7:49	7:58
springtij	GHW	5,47	5,73	5,70	5,80	5,93	5,94	5,59	5,36	5,14	5,25
	GLW	-0,26	-0,30	-0,28	-0,24	-0,02	0,25	1,06	1,81	2,27	2,48
	GTV	*5,73*	*6,03*	*5,98*	*6,04*	*5,95*	*5,69*	*4,53*	*3,55*	*2,87*	*2,77*
	duur van stijging	5:30	5:10	5:04	5:15	4:59	4:45	4:43	4:37	4:24	4:12
	duur van daling	6:49	7:07	7:13	*7:00*	*7:17*	*7:33*	*7:33*	*7:39*	*7:52*	*8:05*
doodtij	GHW	4,53	4,71	4,77	4,94	5,03	5,06	4,87	4,74	4,66	4,80
	GLW	0,39	0,38	0,36	0,34	0,41	0,55	1,05	1,60	1,99	2,23
	GTV	*4,14*	*4,33*	*4,41*	*4,60*	*4,62*	*4,51*	*3,82*	*3,14*	*2,67*	*2,57*
	duur van stijging	6:09	6:04	6:02	6:00	5:47	5:28	5:15	4:59	4:49	4:37
	duur van daling	6:29	6:36	6:37	*6:38*	*6:50*	*7:07*	*7:22*	*7:36*	*7:46*	*7:46*
uiterste waarden	HHW	6,12	6,34	6,33	6,45	6,53	6,55	6,43	6,45	6,44	6,56
	LHW	3,53	3,66	3,71	3,90	3,98	4,05	3,94	3,86	3,79	3,87
	HLW	2,34	2,34	2,31	2,36	2,40	2,54	3,16	3,77	4,67	5,64
	LLW	-0,92	-0,97	-0,96	-0,85	-0,39	-0,24	0,40	0,98	1,45	1,52

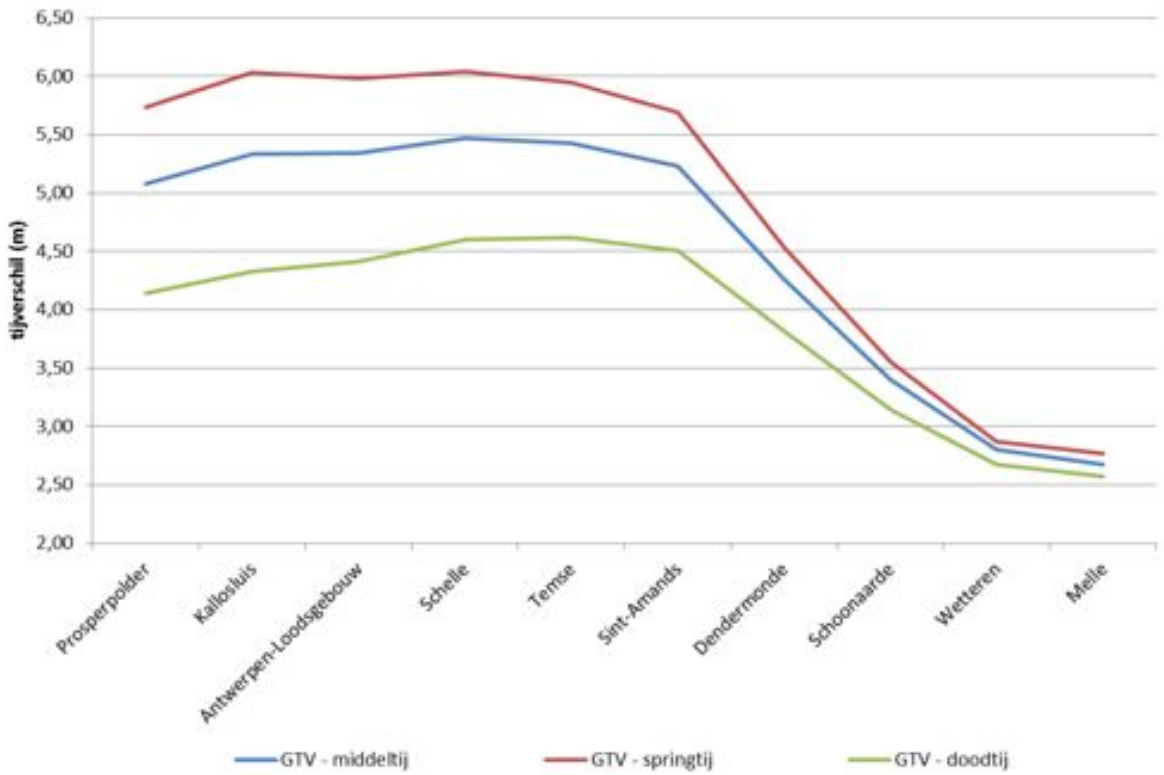
Door het verhogen van laag- én hoogwaterstanden op de meest opwaartse locaties bij periodes van grote bovendebieten, kan het voorkomen dat de laagwaters dan gedurende enkele tijen hoger uitkomen dan de jaargemiddelde hoogwaterstanden. Dit kan men aflezen in bovenstaande tabel voor de post Melle, waar door een was in maart 2012 het hoogste laagwater (5,64 m TAW) hoger kwam dan het dan het jaargemiddelde van alle 705 hoogwaters samen, nl. 5,11 meter TAW. De invloed van een langdurig en groot wasregime is in de opwaartse gebieden van het Zeescheldebekken zeer groot: men krijgt hierdoor een verhoging van laagwaterstanden, maar ook van hoogwaterstanden (hoewel kleiner). Hierdoor wordt het tijverschil beperkt.

Figuur 11 en Figuur 12 zijn derivaten van Tabel 4. Uit Figuur 11 blijkt zeer duidelijk dat, hoe meer opwaarts, hoe korter de duur van stijging (van laag- naar hoogwater) en hoe langer de duur van daling (van hoog- naar laagwatereb). Hoe meer opwaarts, hoe asymmetrischer de tijkromme. Figuur 12 toont aan dat het tijverschil pas na de post Sint-Amands gestaag afneemt en dat de invloed van het tij kleiner en kleiner wordt naarmate men zich meer opwaarts begeeft.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur 11 - Zeeschelde: duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2012



Figuur 12 - Zeeschelde: gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2012

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Voor de aan het tij onderhevige bijrivieren wordt de keuze beperkt tot Boom en Walem voor de Rupel, Duffelsluis en Lier-Molbrug voor het Netebekken en Tielrode voor de Durme. De belangrijkste tijwaarden kunnen teruggevonden worden in Tabel 5.

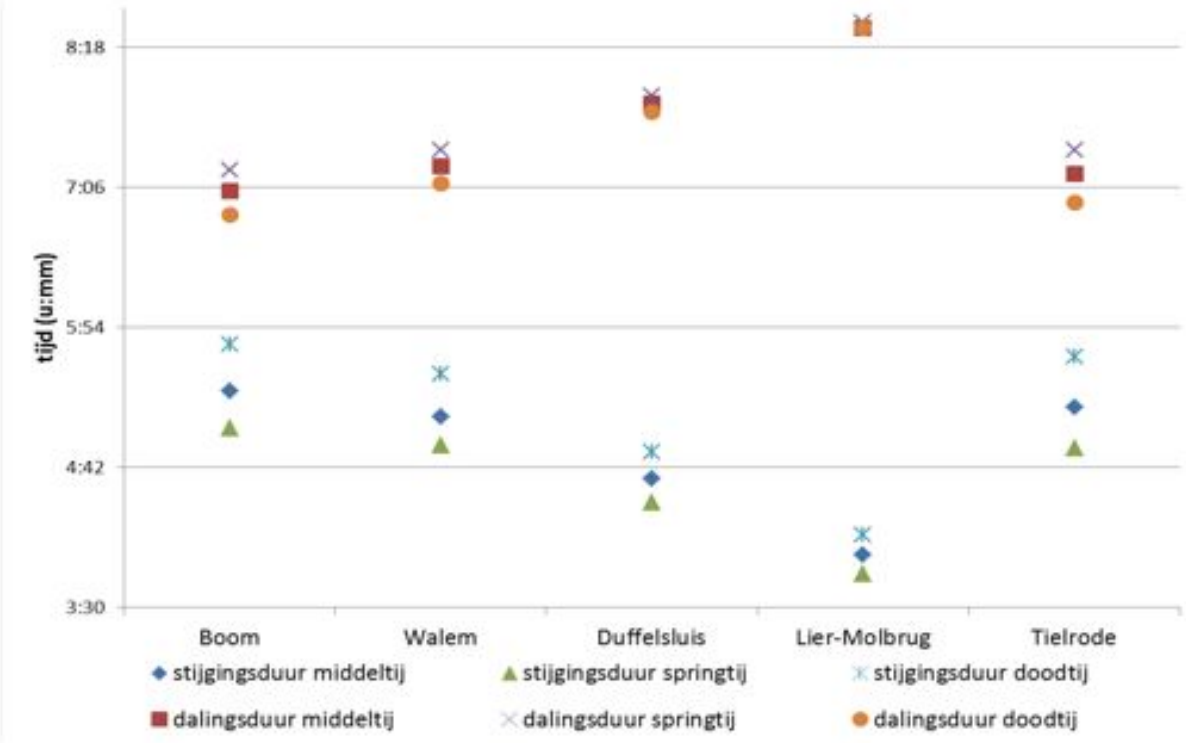
Tabel 5 - Rupel, Beneden-Nete en Durme: Overzicht per locatie van de hoofdkenmerkende tijwaarden in 2012

		Boom	**Walem**	**Duffelsluis**	**Lier-Molbrug**	**Tielrode**
middeltij	GHW	5.54	5.57	5.61	5.41	5.65
	GLW	0.14	0.39	1.25	2.57	0.18
	GTV	5.40	5.18	4.36	2.84	5.47
	duur van stijging	*5:21*	*5:08*	*4:36*	*3:57*	*5:13*
	duur van daling	*7:04*	*7:17*	*7:49*	*8:28*	*7:13*
springtij	GHW	5.85	5.86	5.89	5.65	6.00
	GLW	-0.06	0.28	1.26	2.61	-0.01
	GTV	5.91	5.58	4.63	3.04	6.01
	duur van stijging	*5:02*	*4:53*	*4:24*	*3:47*	*4:52*
	duur van daling	*7:15*	*7:25*	*7:53*	*8:31*	*7:25*
doodtij	GHW	5.01	5.04	5.11	4.98	5.08
	GLW	0.38	0.52	1.16	2.44	0.42
	GTV	4.63	4.52	3.95	2.54	4.66
	duur van stijging	*5:45*	*5:30*	*4:50*	*4:07*	*5:39*
	duur van daling	*6:52*	*7:08*	*7:45*	*8:28*	*6:58*
uiterste waarden	HHW	6.49	6.53	6.60	6.55	6.58
	LHW	3.96	4.00	4.13	4.11	4.02
	HLW	2.41	2.54	3.18	4.15	2.41
	LLW	-0.60	-0.26	0.76	1.98	-0.40

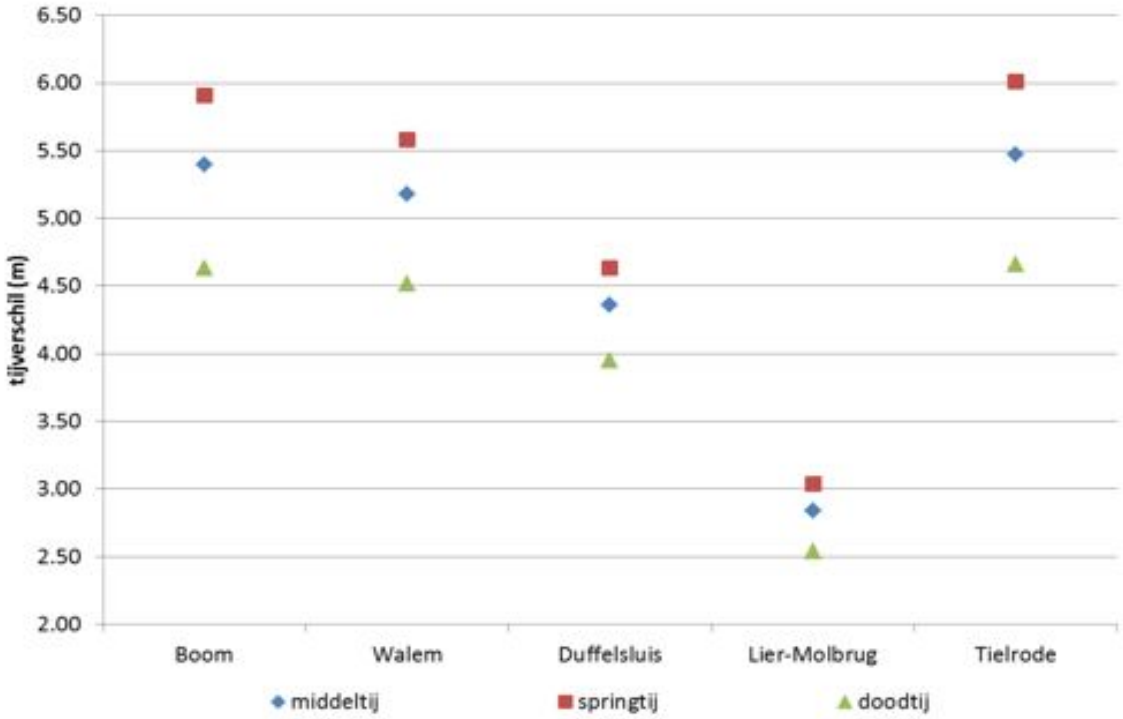
Hoewel de Nete eveneens een grote bovenafvoer kende in de wasperiode van december (zie §2.3.2.2) bleven de hoogste laagwaterstanden in Lier-Molbrug of Duffelsluis ruim onder het peil van het jaargemiddeld hoogwater, zelfs het laagste hoogwater, waar dit voor Melle op de Zeeschelde wel anders het geval was.

Figuur 13 en Figuur 14 tonen verschillende zaken. Enerzijds valt op dat hoe dichter bij de Zeeschelde (Boom en Tielrode), hoe korter de dalingsduur en hoe langer de dalingsduur. Het tijverschil is eveneens het grootst voor deze posten. Anderzijds valt op dat de verschillen tussen middeltij, springtij en doodtij kleiner worden naarmate men zich meer opwaarts van de zijrivieren van de Schelde begeeft. In Lier-Molbrug is bijvoorbeeld de dalingsduur quasi gelijk voor middeltij, springtij en doodtij.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur 13 - Duur van stijging en daling bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 voor de Rupel (Boom en Walem), Beneden Nete (Walem en Duffelsluis) en de Durme (Tielrode)



Figuur 14 - Gemiddeld tijverschil (GTV) bij middeltij, springtij en doodtij in 2012 voor de Rupel (Boom en Walem), Beneden Nete (Walem en Duffelsluis) en de Durme (Tielrode)

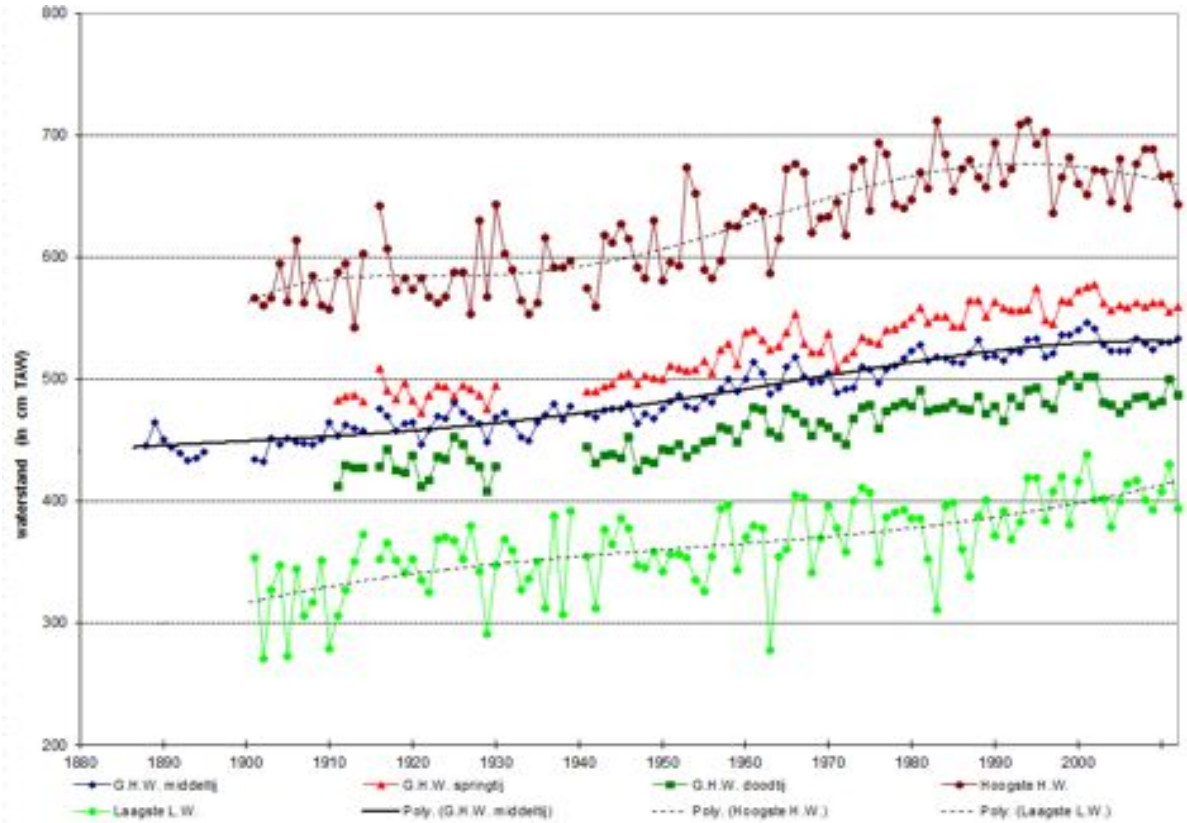
1.2.1. Getijwaarnemingen 2012 in historisch perspectief

In sectie 1.1 werd reeds gesteld dat het tijverloop in 2012 zeer rustig was, zeker gegeven het feit dat in 2012 geen sprake was van een stormvloed of van een uitzonderlijk laagwater. Dit geldt ook voor de meer opwaartse posten, hoewel de wasregimes hun invloed lieten blijken aan de randen van het tijgebied.

Figuur 15 toont de jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden te Dendermonde, van 1888 t/m 2012, zowel bij middeltij (blauwe lijn) als bij springtij (rode lijn) en doodtij (donkergroene lijn). De jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden worden aangegeven door een resp. bruine en lichtgroene lijn. Door de verlopen van middeltij, hoogste hoogwater, en laagste hoogwater zijn trendlijnen getrokken. Uit deze grafiek blijkt dat 2012 inderdaad een rustig tijjaar was, volledig naar analogie met de meetpost Antwerpen Loodsgebouw.

De evolutie van het hoogwater te Dendermonde kan grosso mode omschreven worden als volgt:

- net zoals bij het tijverloop te Antwerpen-Loodsgebouw, valt het jaar 1955 in het tekenen van trendlijnen op als een duidelijke trendbreuk;
- tot ongeveer 1955 stegen de hoogwaterstanden van middeltij, springtij en doodtij volgens een quasi lineaire trend. De mate waarin is voor alle tijen vrij gelijk: middeltij met iets meer dan 7 cm per 10 jaar, springtij met iets meer dan 6 cm / 10 jaar, en doodtij 6 cm / 10 jaar.
- in de periode (ongeveer) 1955-2000 was de gemiddelde stijging groter, nl. iets meer dan 14 cm per tien jaar voor middeltij en springtij, en 13 cm / 10 jaar voor doodtij;
- na 2000 doet zich, zoals te Antwerpen-Loodsgebouw, een afvlakking in de jaarlijks gemiddelde hoogwaterstanden voor.
- deze beschouwingen gaan over jaargemiddelde waarden van hoogwater, maar de uiterste standen per jaar (zo hoogste als laagste hoogwaters) volgen ongeveer eenzelfde trend.



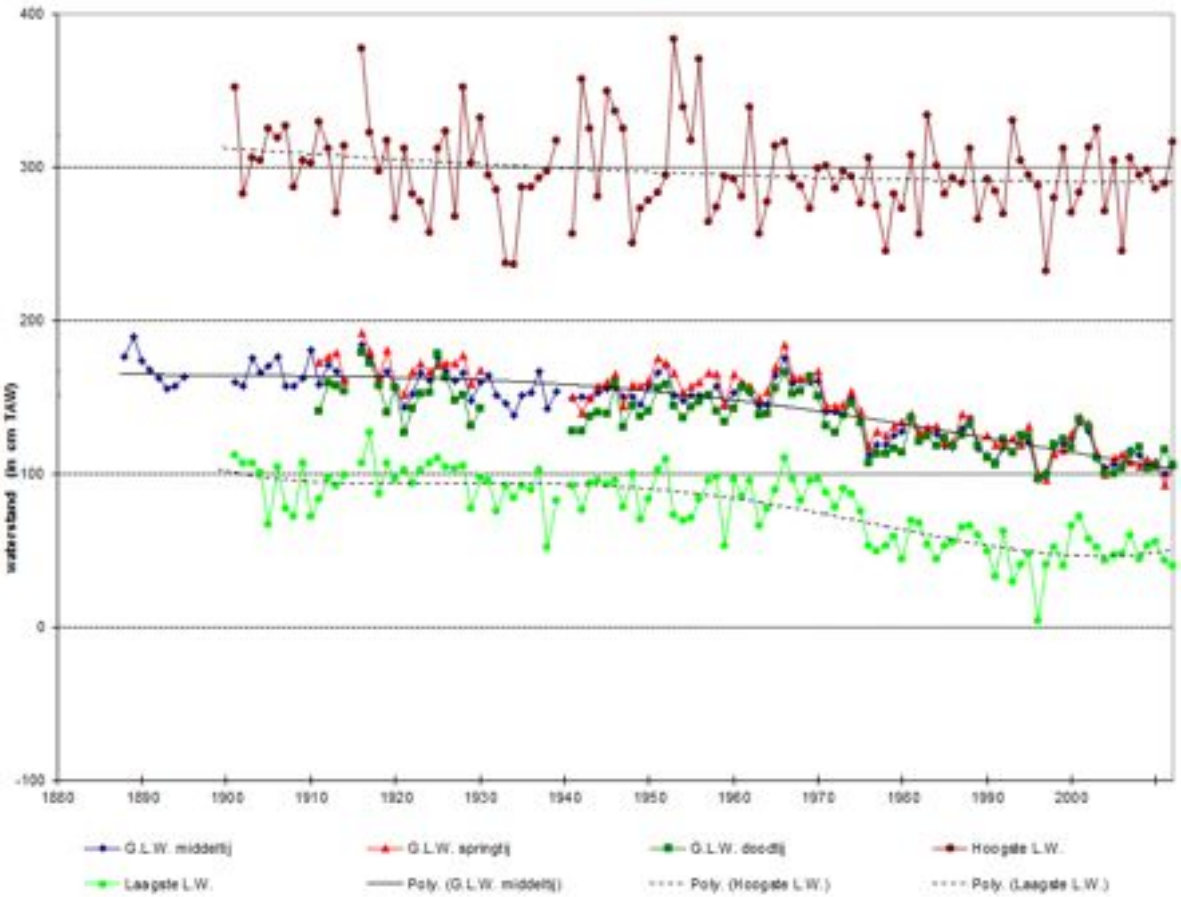
Figuur 15 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld hoogwater middeltij, springtij en doodtij,aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste hoogwaterstanden

Figuur 16 toont een analoge grafiek (periode 1888 t/m 2012) maar dan voor de evolutie van het laagwater. De kleurcodes zijn makkelijkheidshalve deze zoals bij de evolutie van hoogwater.

Het valt meteen op dat de jaargemiddelde grafieklijnen van laagwater bij middeltij, springtij en doodtij zeer dicht bij elkaar liggen. In tegenstelling tot het echt maritieme deel van de Zeeschelde, zijn vanaf Dendermonde naar opwaarts de gemiddelde laagwaters bij springtijen hoger dan de gemiddelden van alle tijen, en de gemiddelde doodtijen lager. Al moet meteen bijgezegd dat de verschillen tussen laagwater springtij en laagwater doodtij zéér klein zelfs miniem zijn. Daar waar ze bvb. te Antwerpen-Loodsgebouw iets meer dan 50 cm bedragen, zijn ze te Dendermonde slechts een paar centimeters. Dat kenmerk zet zich opwaarts van Dendermonde voort. Het heeft o.m. te maken met de naar opwaarts groter wordende asymmetrie van de tijgolf.

Ook bij de laagwaters kan enig onderscheid gemaakt worden tussen de periode voor 1955 en deze nà 1955, nl. dat de laagwaters dalen met een lineaire trend voor 1955, en met een sterkere trend nadien. Ook hier geldt een afvlakking van de daling van de laagwaters sinds 2000.

De dalende trendlijn van de jaarlijkse extrema van de laagwaters, verschilt duidelijk: bij de jaarlijks hoogste laagwaters is de daling vrij klein; hier speelt uiteraard de rol van de bovendebieten, in bepaalde mate deze van de Zeeschelde vanuit het Gentse, en in meerdere mate deze van de Dender te Dendermonde zelf. Los van het getij doen wasregimes de laagwaters tijdelijk sterk verhogen, zodat de trend van hoogste laagwaters niet deze van het loutere getij volgt. De daling van de jaarlijks laagste laagwaters is uitgesproken, en loopt ongeveer evenwijdig aan deze van de jaargemiddelde laagwaters.



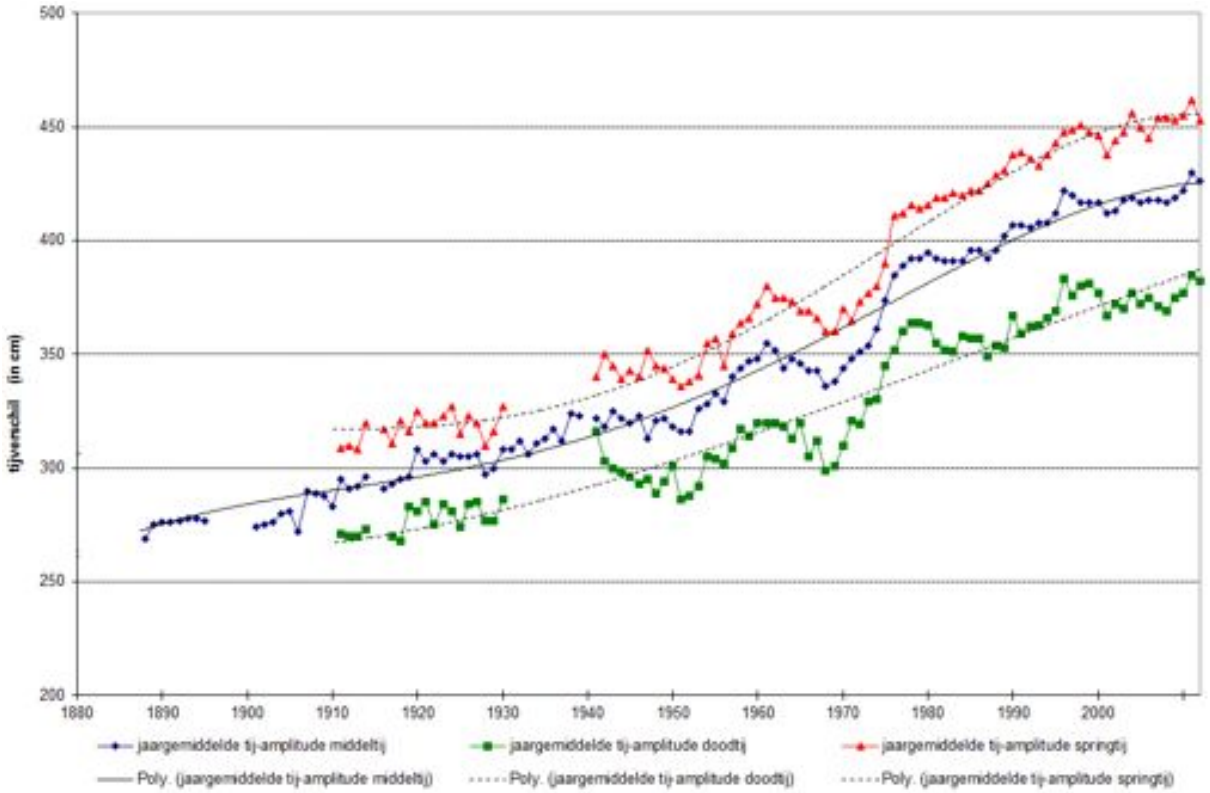
Figuur 16 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van jaargemiddeld laagwater middeltij, springtij en doodtij, aangevuld met de jaarlijks hoogste en de jaarlijks laagste laagwaterstanden

Uiteraard heeft dit alles zijn gevolg voor de evolutie van het tijverschil. Figuur 17 toont de evolutie van het tijverschil vanaf 1888 t.e.m. 2012 bij jaarlijks gemiddeld middeltij (blauwe grafieklijn), springtij (rode lijn) en doodtij (donkergroene lijn). Ook hier zijn de trendlijnen meergraadse polynomen.

Gezien de evoluties van hoog- en laagwater, kan het bij het tijverschil ook niet anders dan dat het jaar 1955 een trendbreuk te zien geeft: voorheen een trend volgens een lineaire voortgang, nadien een vergrotende trend, maar ook hier sinds 2000 een afvlakking van de trend.

Merkwaardig blijft dat de toename van zowel hoogwaters als van tijverschillen, in de periode van einde jaren 1960 en begin jaren 1970, het grootst is in het ganse verloop van nu al ruim honderd-twintig jaren van continue tijwaarnemingen, zowel te Antwerpen-Loodsgebouw als te Dendermonde, en dan uiteraard ook in de tussengelegen locaties.

Sinds 1888 vergrootte het jaargemiddeld tijverschil met iets meer dan 11 cm per tien jaar. Dat is ongeveer de helft meer dan de even langjarige toename van het jaargemiddeld tijverschil sinds 1888 te Antwerpen-Loodsgebouw. Het tij is inderdaad verder het Zeescheldebekken ingedrongen, wat zich zelfs aan de randen van het tijbekken manifesteert.



Figuur 17 - Boven-Zeeschelde te Dendermonde: evolutie sinds 1888 (resp. 1900) van het jaargemiddeld getijverschil bij middeltij, springtij en doodtij

1.3. Speciale tijen

Figuur 18 geeft het tijverloop weer van 2 t.e.m. 6 januari 2012. Binnen deze tijdsperiode deed zich een zogenaamd “speciaal tijverloop” voor (zie rode kader), uitvergroot in Figuur 20. Waar de tijkromme te Antwerpen normaal gezien een quasi sinusoïdaal verloop beschrijft, was dit niet geval voor deze periode.

Op 3 januari 2012 te 18u ziet men bij aanvang van vloed een eerste knik in de kromme te Antwerpen, dit zet zich ook voort in de opwaartse posten. Dit speciale tijverloop geeft een schommelend doch in wezen horizontaal waterstandsverloop weer, afhankelijk van meteorologische omstandigheden. Een tweede minder uitgesproken knik is zichtbaar vanaf 4u ’s ochtends op 4 januari, zie even voor laagwater te Antwerpen-Loodsgebouw. Later op dezelfde dag wordt het hoogwater afgevlakt, met voor Antwerpen en Dendermonde zelfs een dubbel hoogwater: twee hoogwaters vlak na elkaar.

Deze drie fenomenen zetten zich voort in de opwaartse posten, hoewel in afgezwakte vorm. Figuur 20 toont het dubbel hoogwater te Antwerpen op 4 januari tussen 9u45 en 10u50 zeer duidelijk, met tussen de twee pieken een lokaal minimum. Dit fenomeen is nog niet echt zichtbaar in Vlissingen, maar opwaarts Antwerpen zijn de restanten van het dubbele hoogwater wel nog zichtbaar.

Figuur 19 en Figuur 21 geven informatie over de toen heersende wind te Hansweert. Deze meetpost wordt hier gebruikt om windgegevens te interpreteren omdat deze post enerzijds goed gelokaliseerd ligt (er zijn geen bomen of andere storende elementen die de metingen kunnen beïnvloeden) en anderzijds is de locatie van deze post fysisch de meest optimale en bepalende meetpost om -buiten opzetten te Vlissingen-windinvloed op het tijgebeuren in het Zeescheldebekken te kunnen verklaren.

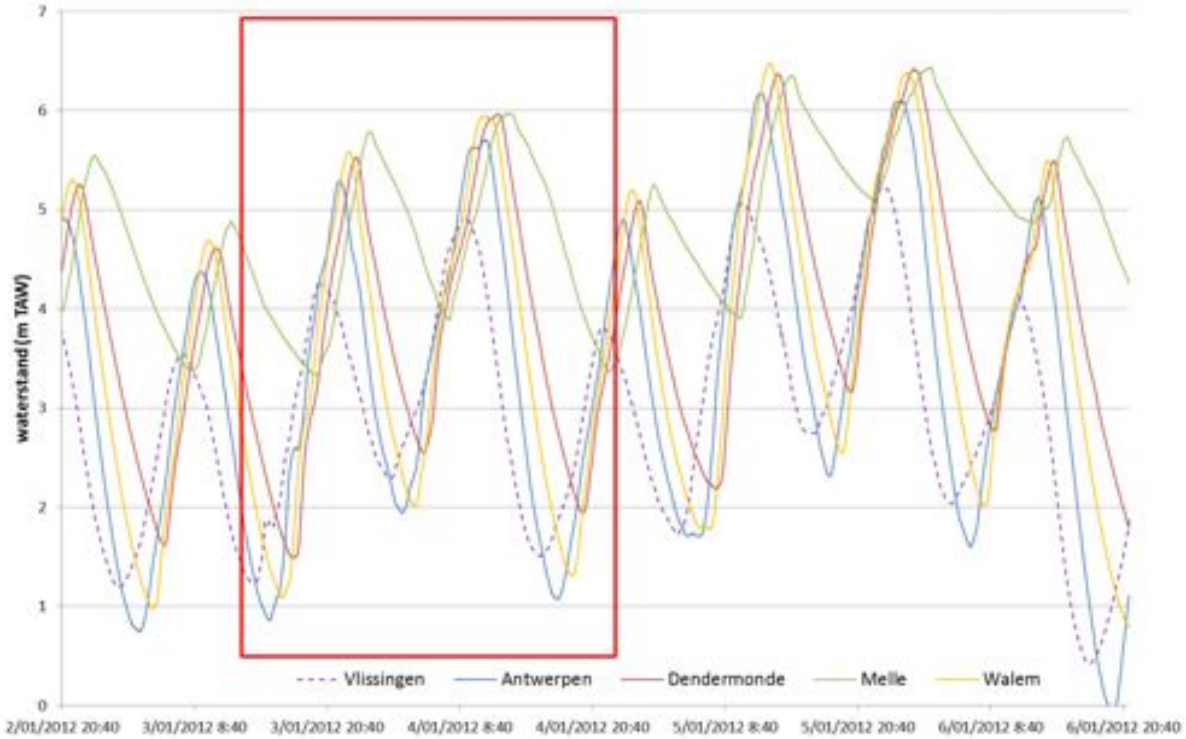
Het schommelend deels horizontaal tijverloop bij aanvang vloed te Antwerpen op 3 januari was al zichtbaar te Vlissingen, waar het een scherpere vorm vertoonde dan geobserveerd werd in Antwerpen. In beide posten nam het rijzen van het tij eerst een steile vorm aan, daarna stabiliseerde de waterstand gedurende een 40 minuten (met een lichte daling) (Figuur 20 vanaf 15u10), waarna de waterstand terug opnieuw steeg om terug volop vloed te zijn.

Omdat het schommelend deels horizontaal tijverloop bij aanvang vloed, reeds te Vlissingen werd waargenomen, kan men hier spreken van een Noordzee-fenomeen. Het KMI/OMS noteerde op 3 januari 2012 een stormdepressie met een erg actief frontaal systeem. Om 14u UTC trok een erg scherp afgebakend koufront over onze kust, gepaard gaande met felle neerslag, windstoten en vooral een erg opvallend en plotse sprong in het getij (KMI/OMS, 2012). Men spreekt hier van een extreme vorm van een seiche: een watergolf veroorzaakt door een atmosferische verstoring met een grote amplitude en een periode die kan variëren van enkele minuten tot een uur (KMI/OMS, 2012). Een dergelijk fenomeen doet zich vooral bij zeer sterke gradiënten in de tijd van de windvector in de zuidelijke Noordzee. Figuur 23 geeft de waterstand te Oostende weer. Ook hier stijgt het waterpeil zeer kort (zie kader) ten gevolge van de plotse ruiming van de wind in de wateren nabij de kust. Nadien was er een afname in windsnelheid waardoor het water terugvloeit naar zee. Dit dubbel laagwater is zoals zichtbaar in Figuur 20 ook op te merken voor de posten Vlissingen en Antwerpen, maar met een kleinere amplitude omdat de kust voor Vlissingen anders georiënteerd is. *(gans deze alinea: pers. comm. dr. ir. David Dehenauw, hoofd Maritieme Voorspellingen van het KMI)*.

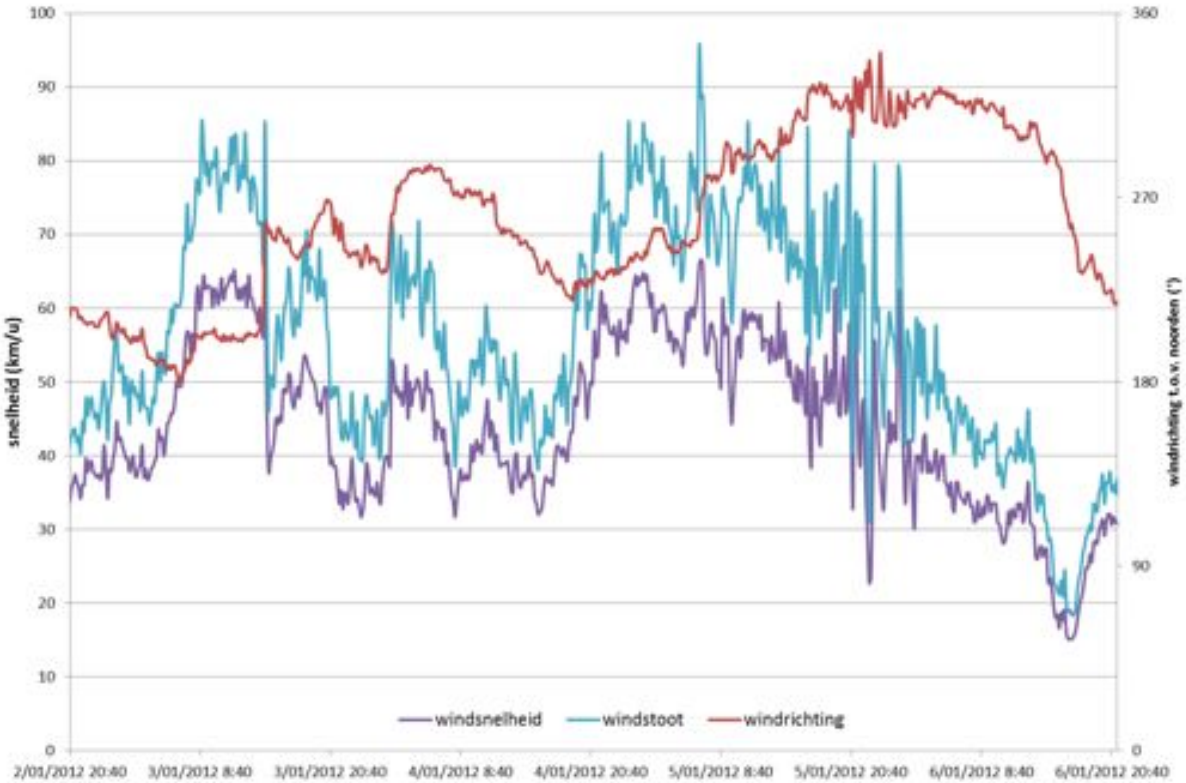
Het dubbele hoogwater (Figuur 20) is een zuiver windfenomeen over de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde. Het dubbele hoogwater wordt immers niet in Vlissingen waargenomen. De dubbele piek kan dus gelinkt worden aan de overheersende westenwind, waargenomen te Hansweert (Figuur 21).

Naast het speciale tij in de rode kader op Figuur 20 traden er op 5 en 6 januari ook drie verhoogde laagwaters op. Deze werden veroorzaakt door aanhoudende sterke westenwinden met windstoten tot boven 80 km/u (Figuur 19).

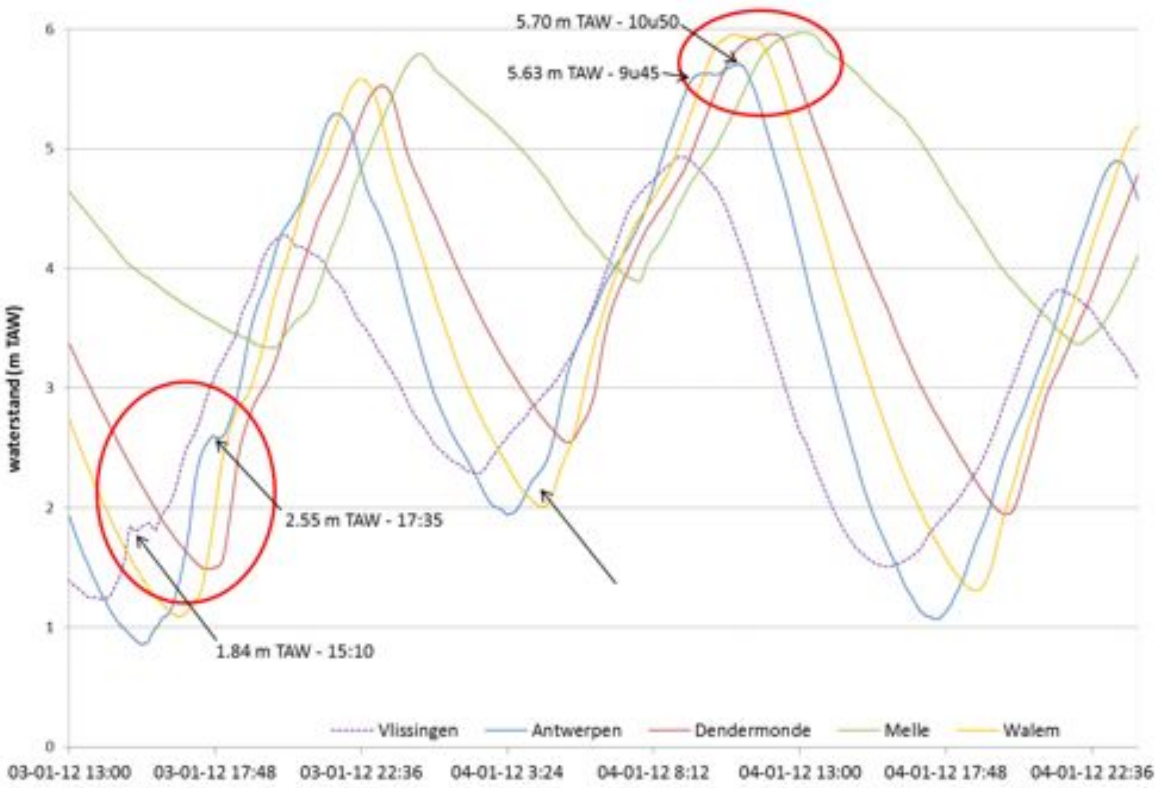
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



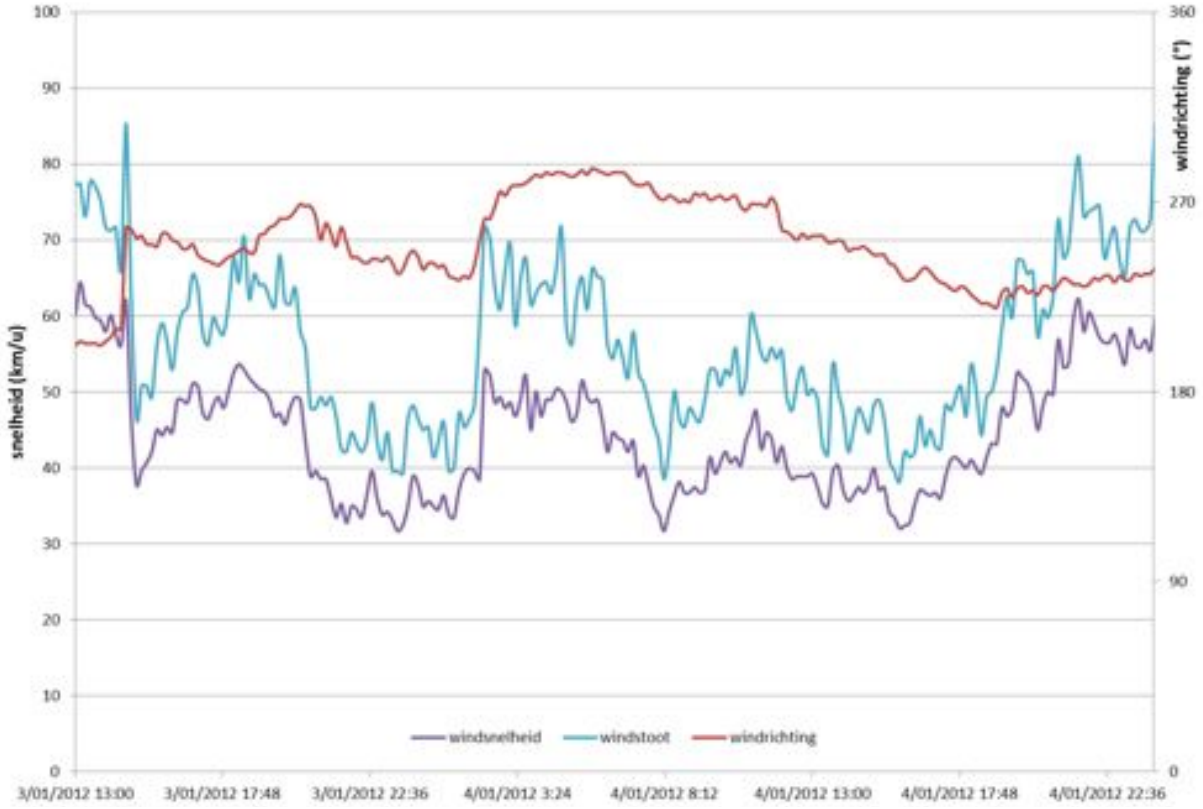
Figuur 18 - Tij te Antwerpen, Dendermonde, Melle, Walem en Vlissingen: tijverloop van 2 t.e.m. 6 januari 2012



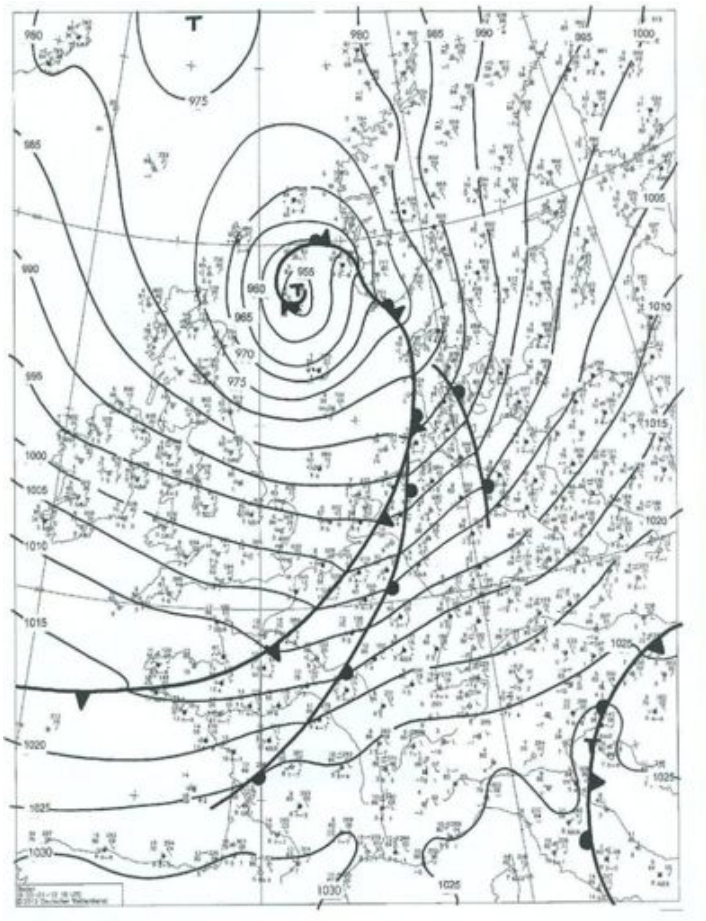
Figuur 19 - Windverloop te Hansweert 2-6 januari 2012. 10-min. gemiddelde windsnelheid en windrichting en max. 3-sec. windstoot in de afgelopen 10 min. (UTC)



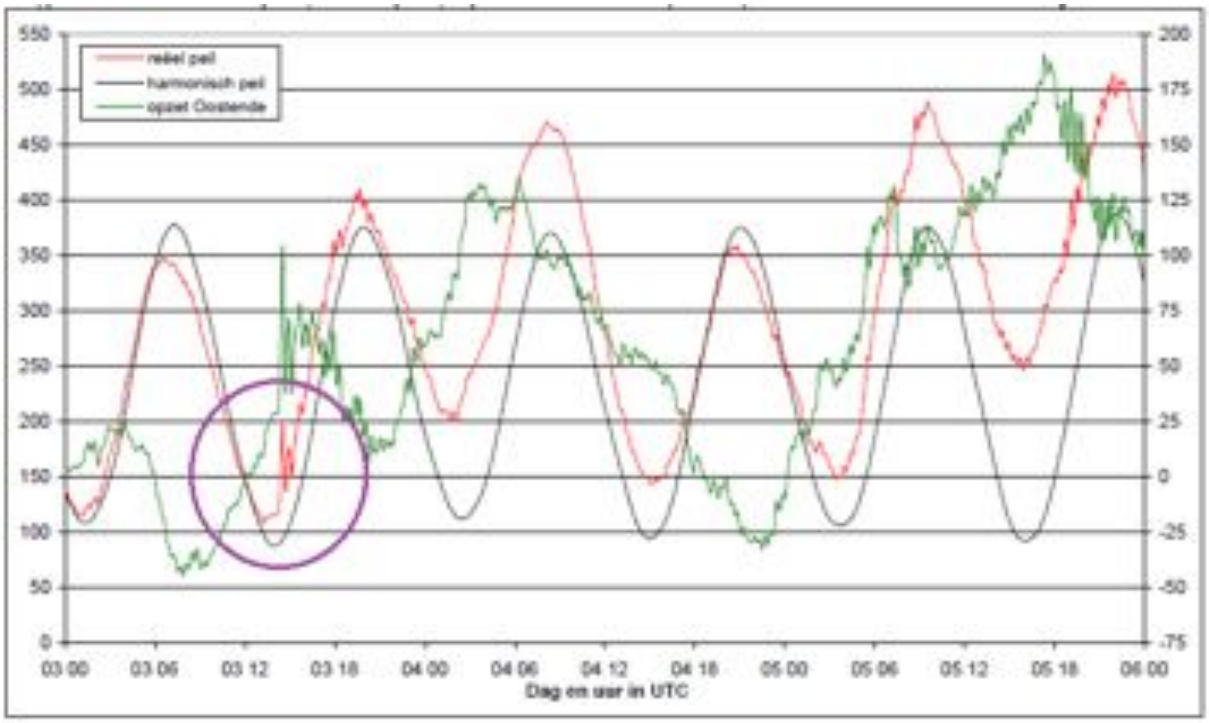
Figuur 20 – Speciaal tij te Antwerpen, Dendermonde, Melle, Walem en Vlissingen: tijverloop van 3 t.e.m. 4 januari 2012 (UTC)



Figuur 21 - Windverloop te Hansweert 3-4 januari 2012 10-min. gemiddelde windsnelheid en windrichting en max. 3-sec. windstoot in de afgelopen 10 min. (UTC)



Figuur 22 – Gronddrukkaart van de meteorologische toestand op 03/01/2012 15u UTC (KMI/OMS, 2012)



Figuur 23 - waterstand te Oostende. Harmonisch peil, reëel peil en opzet (3-5 januari 2012) (KMI/OMS, 2012)

1.4. Opgetreden wasregimes 2012 en de invloed op het getij

In 2012 traden twee beduidende wasregimes op, deze periodes waren zichtbaar in het getij.

De eerste grote was deed zich voor in begin maart 2012. Grote neerslaghoeveelheden werden genoteerd in vnl. het westen van België en in Noord-Frankrijk: het IJzerbekken, het bekken van de Brugse Polders, het Leiebekken en het Bovenscheldebekken. Tussen 2 maart en 7 maart viel er tussen 65 en 95 mm neerslag (Deschamps et al., 2012), dit vertaalde zich in verhoogde bovendebieten.

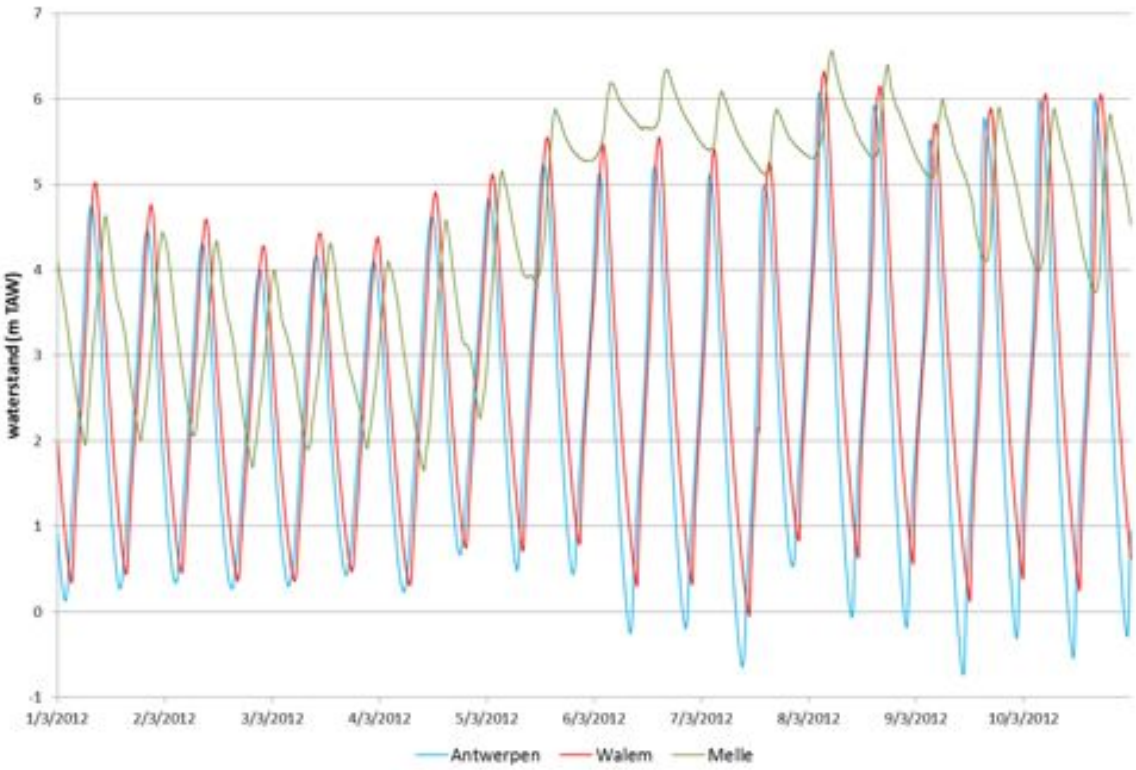
Deze verhoogde bovendebieten zorgden op hun beurt voor verhoogde hoog- en laagwaters in de opwaartse tijposten van de Zeeschelde. Dit is bijvoorbeeld zeer goed zichtbaar in Figuur 24, waar het waterpeil te Melle een grote sprong naar omhoog maakte op 5 maart. Op 6 en 8 maart werden in Melle respectievelijk het hoogste laagwater (+5.64 m TAW) en het hoogste hoogwater (+6.56 m TAW) geregistreerd.

De verhoging in laagwaters was veel groter dan de verhoging in hoogwater, dit resulteerde in een fikse vermindering van het tijverschil. De invloed op het tij stroomafwaarts te Antwerpen was zoals zo dikwijls bij wasregimes in de bovenlopen van het tijgebied, niet aanwezig. De meetpost Walem toont aan dat er van een was in het Rupel- en Netebekken amper sprake was. Het wasregime van maart 2012 had dus enkel een invloed op het westelijk deel van het land, wat zich liet voelen in de tijwaarnemingen van de opwaartse posten van de Zeeschelde.

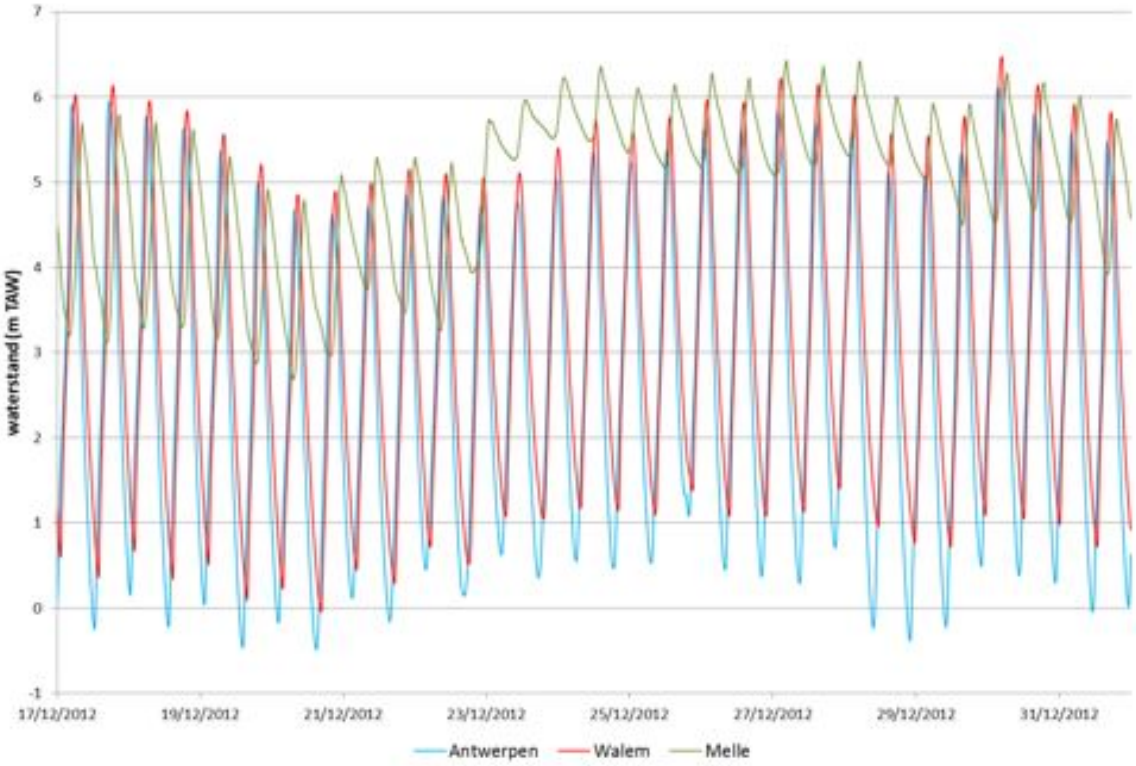
Een tweede was deed zich voor in de tweede helft van december 2012. De neerslaghoeveelheden waren over heel Vlaanderen ongeveer dezelfde (Boeckx et al., 2013); tussen 16 en 31 december viel er 95 tot 145 mm neerslag. De grootste neerslaghoeveelheden werden waargenomen op 22/23 december 2012 (gemiddeld 30-50 mm neerslag), maar werden voorafgegaan door eveneens hoge neerslagtotalen die leidden tot een hoge bodemverzadiging (tussen 16 en 21 december viel er gemiddeld 20-30 mm neerslag in België). Dit zou zorgen voor een snelle reactie van de waterlopen en hoge afvoeren (Boeckx et al., 2013). Dit wasregime had een invloed op het getij, wat gevisualiseerd wordt in Figuur 25.

Uit deze figuur zou kunnen blijken dat deze was, in tegenstelling tot de was van maart 2012, wél enige invloed op het tijverloop te Antwerpen en Walem had. De wasperiode viel evenwel samen met een doodtijperiode, zodat te Antwerpen en Walem, en in overigens gans die regio, de hoogwaters dagenlang relatief laag waren en de laagwaters relatief hoog, zoals het bij doodtijen t.o.v. middeltijen en springtijen past. Men mag zich dus niet door grafieken laten misleiden, en buiten het feit van een wasregime met grote bovendebieten in de opwaartse delen van het Zeescheldebekken, ook het tijverloop op de Noordzee toetsen.

De wasregimes worden verder besproken in § 2.3.2.



Figuur 24 - Opgetreden wasregime maart 2012



Figuur 25 - Opgetreden wasregime december 2012

2. Jaaroverzicht bovendebieten Zeescheldebekken (2012)

2.1. Overzicht meetlocaties van bovendebieten aan de randen van het tijgebied

Sedert 1947 worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenaanvoer uit de opwaarts het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen. Bovendien worden de aan de randen van het tijgebied bepaalde bovenafvoeren naar afwaarts doorgerekend, eerst naar de uitmonding van de betrokken tijrivier in een andere, daarna alle bovenafvoeren samen naar de Schelde te Schelle, om aldaar de bovenafvoer te bepalen van enerzijds de Zeeschelde opwaarts de Rupelmonding plus anderzijds de bovenafvoer van het aldaar uitmondende gehele Rupelbekken. Hun som levert de bovenaanvoer van de Beneden-Zeeschelde op.

Aan de randen van het tijgebied wordt het getij tegengehouden door sluizen en stuwen zoals op de Boven-Zeeschelde te Gentbrugge, en vanaf 1969 op de Tijarm-Ringvaart om Gent te Merelbeke en te Zwijnaarde, en op de Dender te Dendermonde en vanaf 1978 (via de "nieuwe" Dender doorheen de Sint-Onolfspolder) te Appels.

In tegenstelling tot de Boven-Schelde en Dender, deint het getij op de andere rivieren van het Zeescheldebekken uit. In eerste instantie stroomt het water nog in twee richtingen: zo is de Rupel nog volledig aan eb en vloed onderhevig. Maar het water stroomt ook nog landinwaarts in de Kleine en Grote Nete alsook in de Zenne en de Dijle. Zo stoot de vloedstroom in de Grote Nete door tot ergens tussen Kessel en Itegem, terwijl deze op de Kleine Nete nog meetbaar is tussen Emblem en Grobbendonk (afwaarts het Albertkanaal; de meetlocatie wordt Grobbendonk Derde Sas genoemd). Op de Dijle stroomt het tij landinwaarts tot ergens tussen Rijmenam en Haacht, terwijl op de Zenne de vloedstroom tot ergens tussen Zemst en Eppegem doordringt. Ook op deze bijrivieren laat zich iets verder stroomopwaarts nog een schijntij voelen.

Het getij ontmoet daar in die mate de aanvoer van bovenwater uit het opwaarts gelegen hydrografische bekken, én de rivierbedding verhoogt dusdanig dat "hoog"-waterstanden daar niet meer vanuit het getij kunnen bereikt worden, dat het semi-maritieme karakter overgaat in een zuiver fluviatiel karakter. Naar tij-terminologie wordt ook van een "schijntij" gesproken, met name: er kan nog wel een "tijverschil" aanwezig zijn want op "tij-regelmatige" tijdstippen komen afwisselend "hoogwaters" en "laagwaters" voor, net zoals op de afwaarts ervan gelegen plaats waar nog wel écht getij heerst, doch met klein hoogteverschil, maar in de regel is er altijd eb doch nooit vloed, dus stroomt het water steeds naar afwaarts. De term “eb” verliest dan ook zijn betekenis.

De locaties waar de debieten bepaald werden aan de rand van het getijgebied, zijn onderhevig geweest aan veranderingen. Tabel 6 en Figuur 26 tonen een overzicht van alle hoofdmeetposten die sinds 1971 tot heden gebruikt zijn om de bovenafvoer te berekenen.

De meetpost op de Boven-Zeeschelde te Melle geeft een goed beeld van de gecombineerde afvoer vanuit zowel de Bovenschelde als de Leie en de Ringvaart om Gent.

In het Netebekken werden tot en met 2011 daggemiddelde debieten voor de Kleine en de Grote Nete afgeleid uit de waterstanden te respectievelijk Grobbendonk (Derde Sas) en Itegem en hun bijbehorende Q/H_{LW} relaties. Echter, sinds 2011 zijn gevalideerde debietgegevens ter beschikking ter hoogte van de debietmeetpost te Duffelsluis. Daarom worden deze sinds 2011 gebruikt.

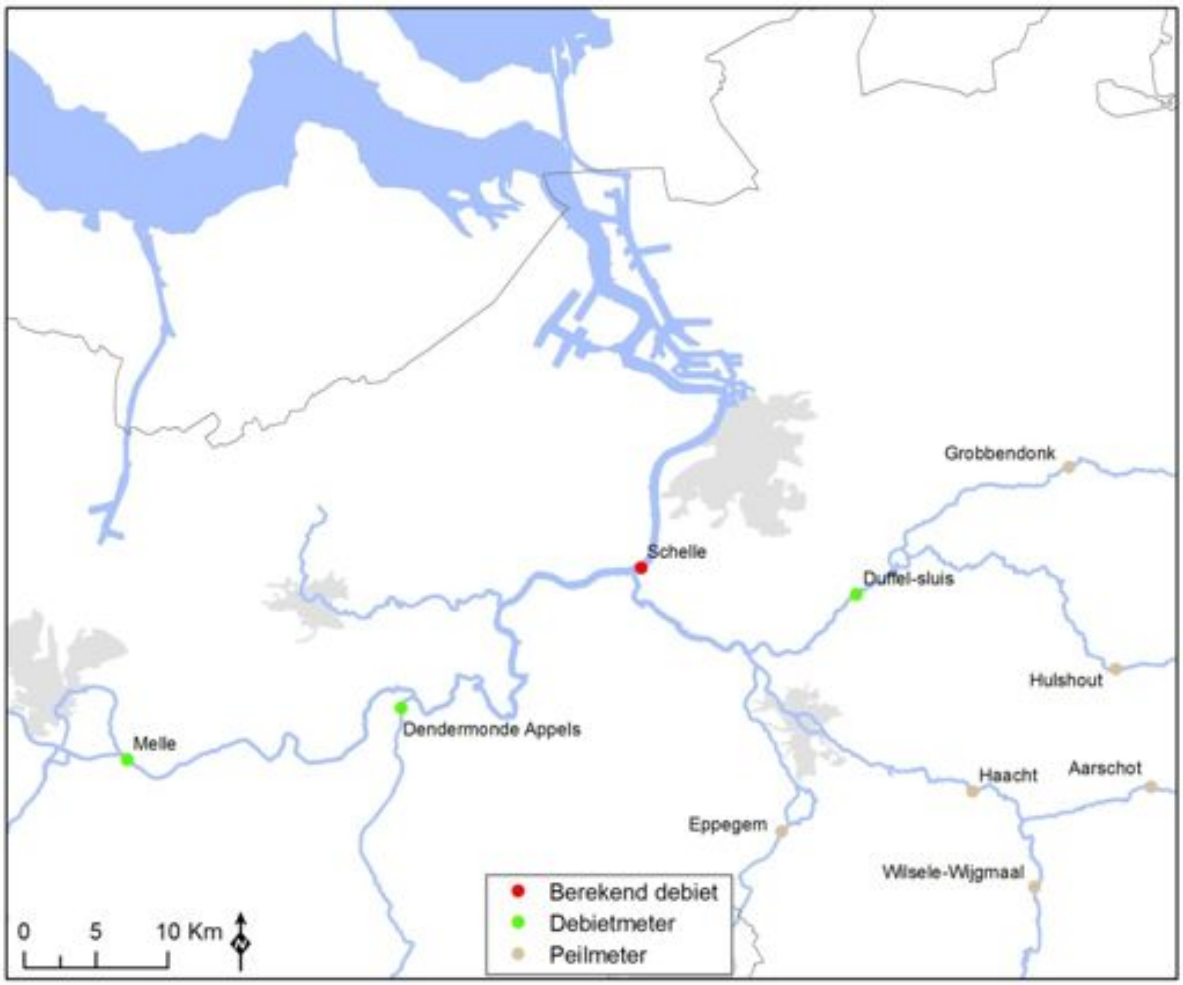
Voor de meetpost te Eppegem waar geen tij-invloed aanwezig is, en waar het debiet kan afgeleid worden uit een Q/H-verband, zijn hoogfrequente gegevens voor debieten aanwezig. Dit geldt eveneens voor de meetposten waar debieten rechtstreeks gemeten worden (aan de hand van een Q/Q verband) met name te Melle, Appels en Duffelsluis. Deze hoogfrequente metingen dienen vervolgens omgezet te worden tot daggemiddelden.

Er wordt geen bovendebiet gemeten voor de Durme. Het Durmebekken, voor zover de afwatering geschiedt naar de tij-Durme, wordt wel als een zijbekken in rekening gebracht bij de doorrekening van de bovenafvoeren naar de "Schelde te Schelle".

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Tabel 6 - Overzicht van de meetstations die gebruikt werden voor de bepaling van de bovenafvoer.

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Gebruikt van-tot	Opmerking
knt02a	Grobbendonk Derde Sas	Kleine Nete	H	Schijntij	1971-2011	Daggemiddeld debiet wordt bepaald ahv Q/H_{LW} verband
gnt04a	Itegem	Grote Nete	H	Schijntij	1971-2011	Daggemiddeld debiet wordt bepaald ahv Q/H_{LW} verband
bnt03a	Duffelsluis	Beneden-Nete	Q	Tij	2012-heden	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
dij12a	Haacht	Dijle	H	Schijntij	1971-2012	Daggemiddeld debiet wordt bepaald ahv Q/H_{LW} verband
zen03a	Eppegem	Zenne	H	Geen tij	1971-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband
den01a	Dendermonde (Appels)	Dender	Q	Schijntij	1971-heden	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast
zes57a	Melle	Boven-Zeescheld e	Q	Tij	1971-heden	Debiet wordt gemeten met ADM, Q/Q relatie wordt toegepast



Figuur 26 - Ligging van de meetplaatsen van de bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, en aanduiding van de locatie "Schelde te Schelle" tot waar "de globale bovenafvoer" naar de zgde Beneden-Zeeschelde wordt doorgerekend

In het geval van de niet-tij posten wordt een daggemiddelde waarde automatisch gegenereerd in de WISKI validatie software indien meer dan 75% van de data aanwezig is voor die dag. Indien er grotere gaten in de data aanwezig zijn, dienen deze opgevuld te worden met data uit nabijgelegen posten.

In de praktijk houdt dat in dat de data ter hoogte van de meetpost te Eppegem, aangevuld kunnen worden waar nodig met data afgeleid uit de meetpost te Vilvoorde.

Op de meetposten waar debiet rechtstreeks gemeten wordt (Melle, Dendermonde (Appels) en Duffelsluis) worden de data eveneens hoogfrequent ingewonnen, maar het effect van enige ontbrekende waarden is veel sterker voor deze meetposten. Door de invloed van het getij worden aan deze posten zowel positieve (ebstroom) als negatieve (vloedstroom) debieten geregistreerd. Een kleine onderbreking van slechts enkele uren kan een groot effect hebben op het berekende daggemiddelde debiet. Daarom moet voor deze meetposten de dataset zo volledig mogelijk aangevuld worden alvorens in WISKI een daggemiddeld debiet gegenereerd kan worden. Indien dit niet mogelijk blijkt (wegens een te grote onderbreking), moeten aan de hand van andere meetposten daggemiddelde waarden ingeschat worden.

In de praktijk worden korte onderbrekingen te Melle en Appels opgevuld aan de hand van interpolatie of met behulp van voorafgaande getijen. Grotere gaten worden in Melle opgevuld aan de hand van debieten over/onder de stuwen van Merelbeke en Zwijnaarde. Voor Dendermonde worden grote gaten opgevuld aan de hand van het debiet in Denderbelle of – wanneer enkel de waterstand ontbreekt en er nog wel snelheden gemeten worden – de waterstand aan de sluis van Dendermonde (Appels).

Wanneer de schijntij-gevoelige posten een onderbreking hebben in hun registratie, zal moeten uitgeweken worden naar meer stroomopwaarts gelegen meetposten om een daggemiddeld debiet te begroten.

Tabel 7 toont voor alle standaard meetposten welke ‘back-up’ stations gebruikt worden om daggemiddelde gegevens in te schatten wanneer deze data ontbreken.

Tabel 7: Overzicht reserve stations

Code	Station	Waterloop	Gemeten parameter	Getij	Gebruikt van-tot	Opmerking	Back-up voor
knt03a	Grobbendonk (Troonstraat)	Kleine Nete	H	Geen tij	2012-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband	Duffelsluis
gnt05a	Hulshout	Grote Nete	H	Geen tij	2012-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband	
dij14a	Wilsele-Wijgmaal	Dijle	H	Geen tij	2012-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband	Haacht
dem01a	Aarschot (Nieuwland)	Demer	H	Geen tij	2012-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband	
zen04a	Vilvoorde	Zenne	H	Geen tij	1970-heden	Ogenblikkelijk debiet wordt bepaald ahv Q/H verband	Eppegem
	Dendermonde (sluis)	Dender	H	Schijntij	1986-heden	Debiet wordt bepaald ahv waterstand aan Dendermonde (sluis) en de de snelheid in Appels	Dendermonde (Appels)
	Denderbelle	Dender	Q	Geen tij		Indien ook geen snelheid in Appels wordt het berekende debiet van Denderbelle genomen.	
	Zwijnaarde	Bovenschelde	Q	Tij		Berekend debiet obv stuw standen en waterpeil op en afwaarts de stuw.	Melle
	Merelbeke	Ringvaart om Gent	Q	Tij		Berekend debiet obv stuw standen en waterpeil op en afwaarts de stuw.	

Aangezien de back-up stations stroomopwaarts gelegen zijn van de standaard meetstations (die aan de zogenoemde ‘meetraaien’ gelegen), moeten de debieten van de back-up stations vermenigvuldigd worden met een correctiefactor om de schaalvergroting van het bekken in rekening te brengen.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Er zijn twee mogelijkheden om deze correctiefactor te bepalen: ofwel wordt de correctiefactor puur op grootte van het bekken berekend, ofwel wordt een correlatie gezocht tussen de debieten van het ene station en deze van het andere station.

Figuur 27 - Boven-Zeeschelde te Melle: foto van de meetinstallatie van de tijmeetpost en van de akoestische debietsmeter

2.2. Doorrekening bovendebieten aan de randen van het tijgebied naar afwaarts

2.2.1. Klassieke (tiendaagse) methode (1949) en nieuwe (vijfdaagse) methode (2011)

in de Moneos-rapporten van 2008, 2009 en 2010 werd er beroep gedaan op de klassieke methode ir. R. Codde (1949). Hierbij werd een tiendaags gemiddeld bovendebiet bepaald. Hierbij werden ook de afvoeren van het tussengebied, met name de gebieden langs de Beneden-Nete, de Rupel, de Schelde tussen Melle en Schelle, en de Durme, op tiendaagse basis in rekening gebracht. Zo komt men aan de zoetwaterafvoer van het Zeescheldebekken.

Sinds het Moneos-rapport van 2008 wordt er ook gewerkt met pentade-gemiddelde bovendebieten (methode ir. E. Taverniers). Zodoende kunnen er betere verbanden gelegd worden tussen enerzijds de aanvoer van zoetwater naar de Beneden-Zeeschelde en anderzijds de variaties in saliniteit en turbiditeit in het Scheldewater.

Voor het huidige Moneos-rapport wordt de post Duffel-sluis gebruikt om de bovenafvoer van de Nete te bepalen. Dit in tegenstelling tot vroegere Moneos-rapporten, waar voor de Kleine Nete (Grobbendonk) en Grote Nete (Itegem) apart de bovenafvoer bepaald werd.

Tabel 8 toont het overzicht van de meetplaatsen, met bijhorende multiplicator. Deze multiplicator wordt gebruikt om de afvoer te schatten voor het deel van het bekken dat afwaarts de meetpost ligt. Deze is 1,00 voor de meetpost Appels en Duffelsluis omdat deze quasi aan de monding van hun desbetreffende rivier liggen.

Tabel 9 geeft info over de tijdsvertraging van het doorgaand bovendebiet aan de randen van het tijgebied t.o.v. de Schelde te Schelle. Deze info wordt dan gebruikt om het vijfdaagse gemiddelde debiet van de Schelde te Schelle te bepalen.

Samengevat gebeurt de berekening van het debiet te Schelle als volgt:

- bepaling van het daggemiddeld debiet aan de meetraaien;
- bepaling van het daggemiddeld debiet aan de mondingen (dus met ingebrip van de multiplicator);
- bepaling van de totale afvoer van het Rupelbekken en het Scheldebekken opwaarts Schelle;
- bepaling van het pentade gemiddelde debiet te Schelle, met inbegrip van vertraging.

Tabel 8 - Overzicht van de meetplaatsen van de bovenafvoer, met waarde van de multiplicator van doorrekening naar de uitmonding van de betrokken rivier

rivier	meetplaats bovenafvoer	multiplicator van meetplaats naar uitmonding
Dender	Appels	1,00
Zenne	Eppegem	1,08
Dijle	Haacht	1,08
Nete	Duffel-sluis	1,00

Tabel 9 - overzicht van de (gemiddelde) tijdsvertraging van doorkomen van bovenafvoer aan de meetraaien, bij doorrekening te Schelle

locatie aan de rand van het tijgebied	tijdsvertraging van doorgang bovendebiet aan een locatie aan de rand van het tijgebied, naar de "Schelde te Schelle"
	bij klemtoon op eerder grote afvoer
Zeeschelde te Melle	**2 etmalen**
Dender te Appels	**1 etmaal**
Zenne te Eppegem	**2 etmalen**
Dijle te Haacht	**2 etmalen**
Nete te Duffelsluis	**1 etmaal**

2.2.2. Doorrekening bovendebieten 2012 naar "Schelde te Schelle" op vijfdaagse basis

Tabel 10 toont de pentade-gemiddelde bovenafvoer van de Schelde te Schelle. Per maand zijn de opeenvolgende pentades met Romeinse cijfers aangeduid. Het jaargemiddelde van al deze 72 pentade-waarden is 113 m³/s.

Figuur 28 geeft onderstaande tabel in grafiekvorm weer. Hier komt duidelijk naar voor dat het grootste vijfdaagse gemiddelde zich voordeed in de laatste pentade van 2012 (pentade-gemiddelde is 508 m³/s). Ter vergelijking: het pentadegemiddelde van de vierde pentade van november 2010, een periode gekenmerkt door meerdere overstromingen in Vlaanderen, had een waarde van 565 m³/s. Ook zichtbaar is de was van begin maart 2012.

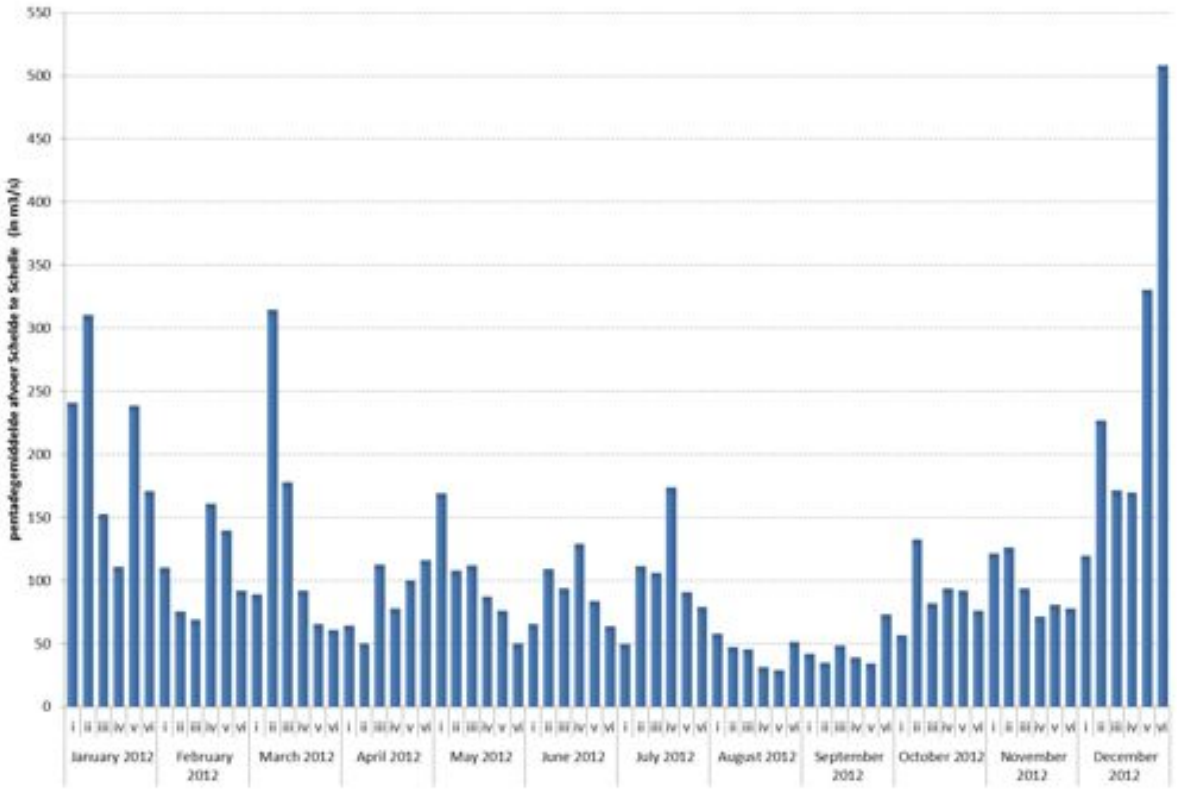
Het kleinste vijfdaagse gemiddelde was in de vijfde pentade van augustus 2012: gemiddeld 29 m³/s. In augustus en september was de afvoer -zoals in zovele jaren- het kleinst.

Tabel 10 - Pentade-gemiddelde bovenafvoer Schelde te Schelle (m³/s)

January 2012	i	241
	ii	310
	iii	153
	iv	111
	v	239
	vi	171
February 2012	i	110
	ii	76
	iii	69
	iv	161
	v	140
	vi	92
March 2012	i	89
	ii	315
	iii	178
	iv	92
	v	66
	vi	60
April 2012	i	64
	ii	50
	iii	113
	iv	78
	v	100
	vi	116
May 2012	i	169
	ii	108
	iii	112
	iv	87
	v	76
	vi	50
June 2012	i	65
	ii	109
	iii	94
	iv	129
	v	84
	vi	64

July 2012	i	50
	ii	111
	iii	106
	iv	174
	v	91
	vi	79
August 2012	i	58
	ii	47
	iii	45
	iv	31
	v	29
	vi	51
September 2012	i	42
	ii	35
	iii	48
	iv	39
	v	34
	vi	73
October 2012	i	57
	ii	132
	iii	82
	iv	94
	v	92
	vi	76
November 2012	i	121
	ii	126
	iii	94
	iv	71
	v	81
	vi	78
December 2012	i	120
	ii	227
	iii	171
	iv	169
	v	331
	vi	508

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



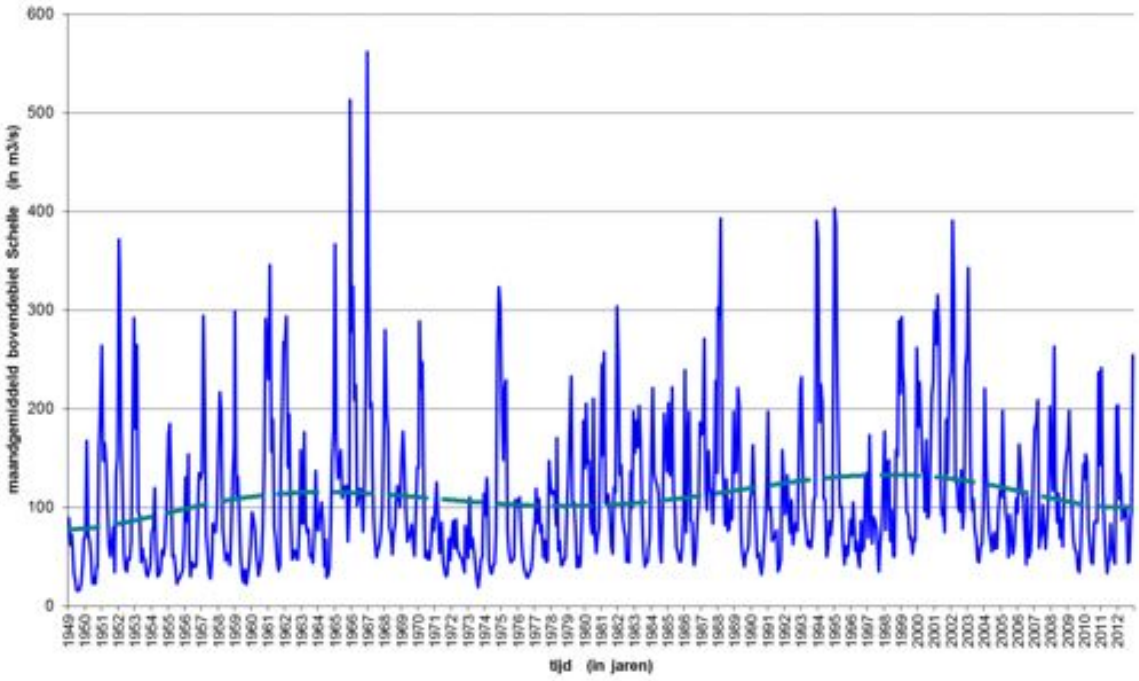
Figuur 28 - Zeescheldebekken: afvoer van "de Schelde te Schelle". Pentadegemiddelde waarden over 2012

2.2.3. Bovendebieten 2012 "Schelde te Schelle" in historisch perspectief

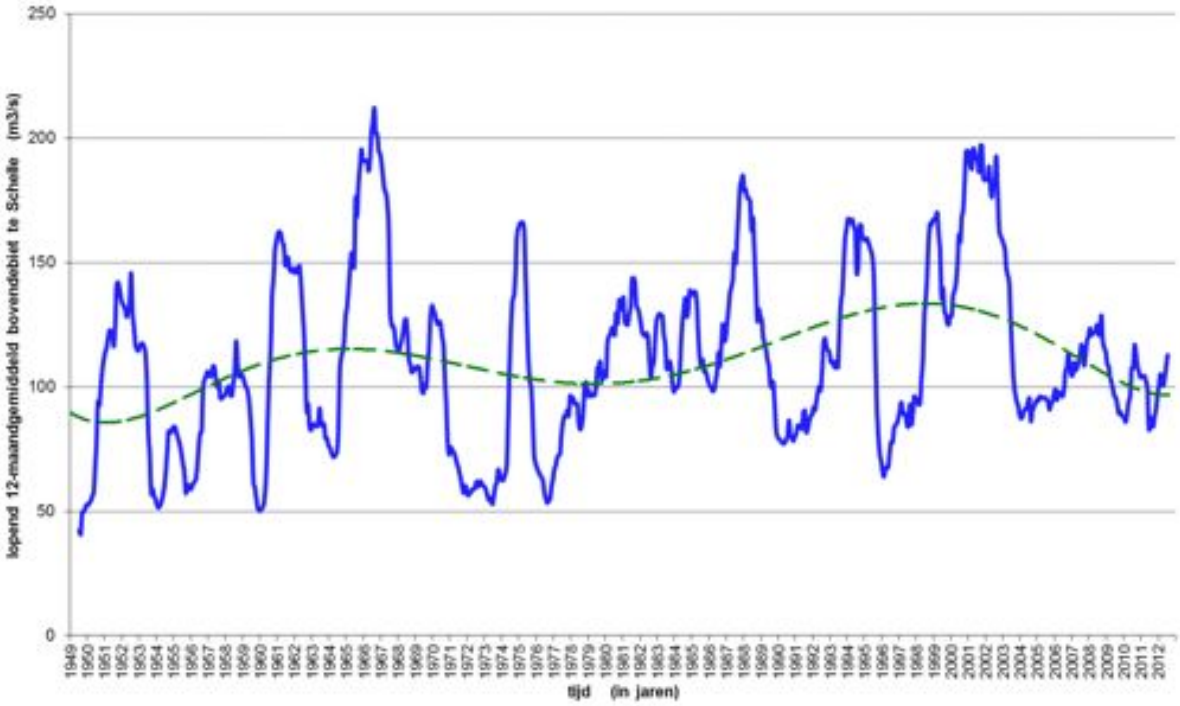
Figuur 29 en Figuur 30 geven een historisch perspectief weer van de bovenafvoer van de Schelde te Schelle a.d.h.v maandgemiddelde gegevens. Figuur 29 handelt over maandwaarden op zich, Figuur 58 over de lopende twaalfmaanden-gemiddelden van die aparte maandwaarden. Daar waar de grafiek van maandwaarden een seizoenaal erg variabel beeld geeft (pieken in natte winters, kleine waarden in zomerperiodes) geeft de tweede grafiek een gemiddeld lopend jaarbeeld te zien, per lopende twaalf maanden na elkaar.

Bij beide figuren met chronologisch verloop van maandwaarden vallen de periodes met zéér grote afvoer meteen op, zoals:

- december 1952 + januari en februari 1953;
- december 1965 + januari en februari 1966;
- november en december 1966 + januari en februari en maart 1967 (vijf maanden lang);
- januari en februari en maart 1988;
- december 1993 + januari 1994;
- januari en februari en maart 1995;
- januari en februari en maart 2002;
- jaarovergang 2002/2003;
- maart 2008;
- en november 2010.



Figuur 29 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. maandgemiddelde waarden



Figuur 30 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. een lopend 12-maandgemiddelde waarde

Verder vallen in Figuur 28 en Figuur 29 ook verschillende periodes met zeer kleine afvoeren op, zoals in volgende jaren:

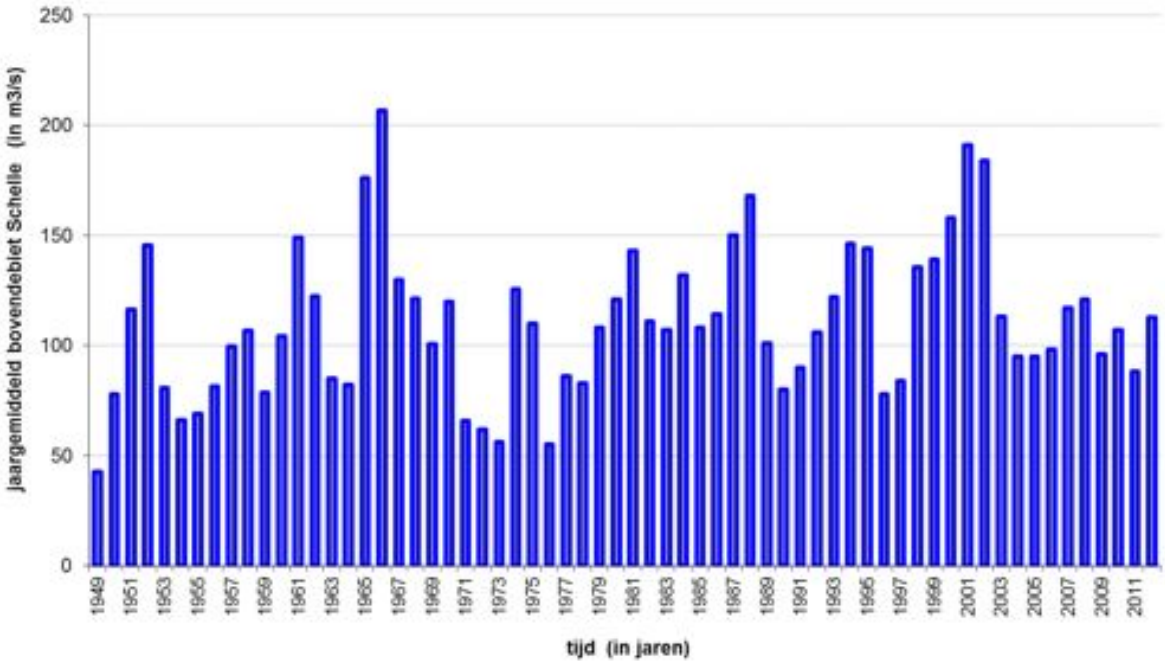
- jaren 1953 tot 1956;
- jaren 1959 en 1960;
- jaren 1971 tot 1974 en 1976-1977;
- jaren 1995-1996.

Zoals te merken in deze figuren is er een duidelijke dalende trend in de ordegrootte van afvoeren sinds enkele jaren. Afgaande op de polynoom (Figuur 30) lijkt het minimum van deze dalende trend in 2012 bereikt. Het optreden van langdurige periodes van grote neerslag is een weerfenomeen, waarin evenwel niet een grote regelmaat verweven zit.

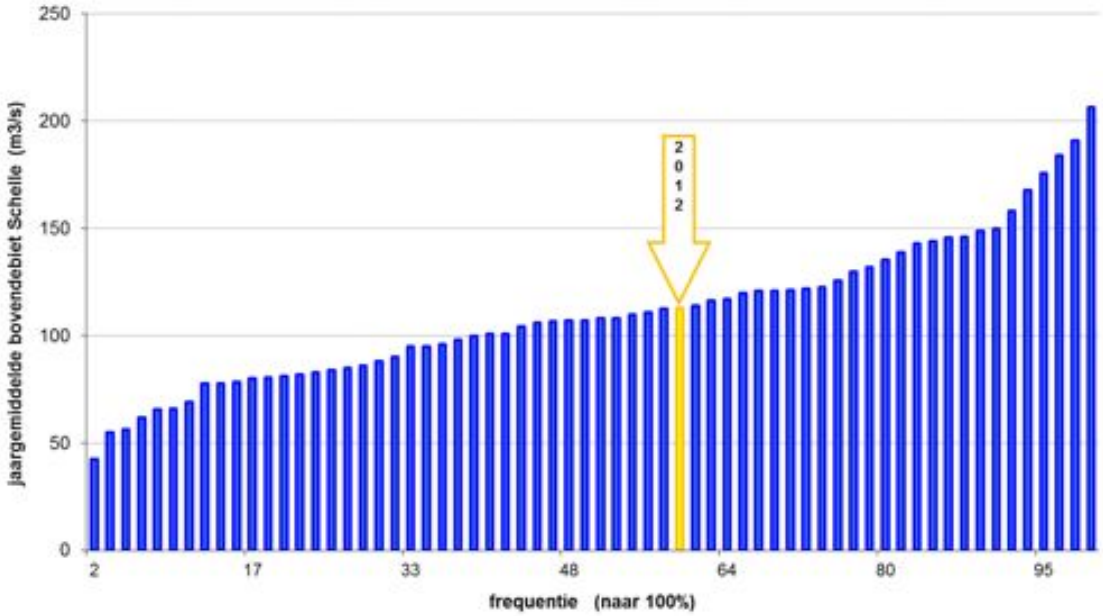
Figuur 31 toont het jaargemiddeld bovendebiet van de Schelde te Schelle van 1949 tot 2012. Het jaargemiddelde debiet van 2012 lijkt gemiddeld te zijn t.o.v. de afgelopen 63 jaren. Wanneer de jaargemiddelde debieten naar grootte gesorteerd worden (Figuur 32), dan is het duidelijk dat 2012 een zeer gemiddeld jaar was.

Een historische overzicht kan ook a.d.h.v. pentadewaarden getoond worden. Om voor de pentadewaarden toch enige historiek te kunnen tonen, zijn alle dagwaarden aan de randen van het tijgebied, sinds 1991 doorgerekend met de pentademethode, zoals besproken in § 2.2.1.

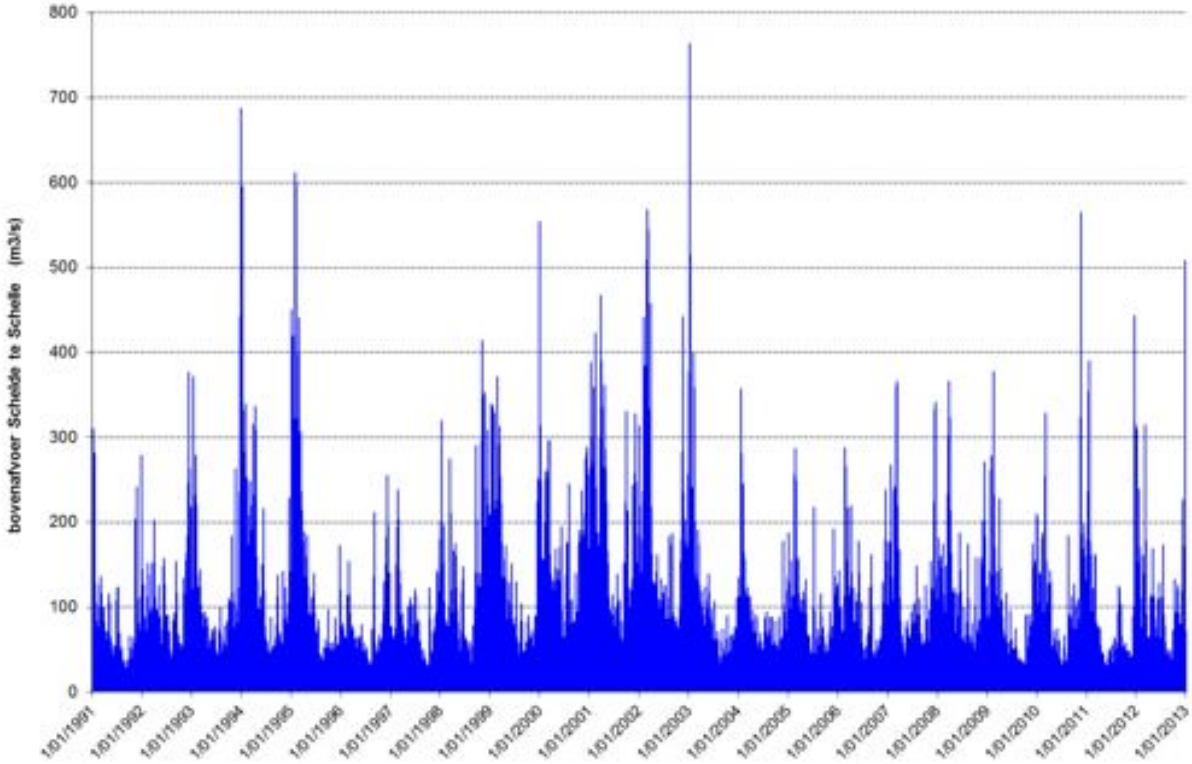
De doorrekening naar "de Schelde te Schelle" met als resultaat pentadewaarden mét dus ook inrekening van tijdsvertraging, geeft volgende grafiek over de periode 1991-2012.



Figuur 31 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 1949-2012 o.b.v. jaargemiddelde waarden.



Figuur 32 - Zeescheldebekken: afvoer "Schelde te Schelle" over de periode 194-2012 op basis van jaargemiddelde waarden en gerangschikt naar grootte



Figuur 33 - Zeescheldebekken: vijfdaagse gemiddelde afvoer aan "de Schelde te Schelle" volgens pentade-berekening voor de periode 1991-2012

Bij deze grafiek met het chronologisch verloop van pentadewaarden 1991-2012, kunnen periodes met zéér grote afvoer opgemerkt worden, zoals:

- december 1993 + januari 1994
- januari en februari en maart 1995;
- en januari en februari en maart 2002;
- de jaarovergang 2002/2003;
- de wasperiode in november 2010;
- de wasperiode in december 2011;
- en nu eveneens de wasperiode in december 2012.

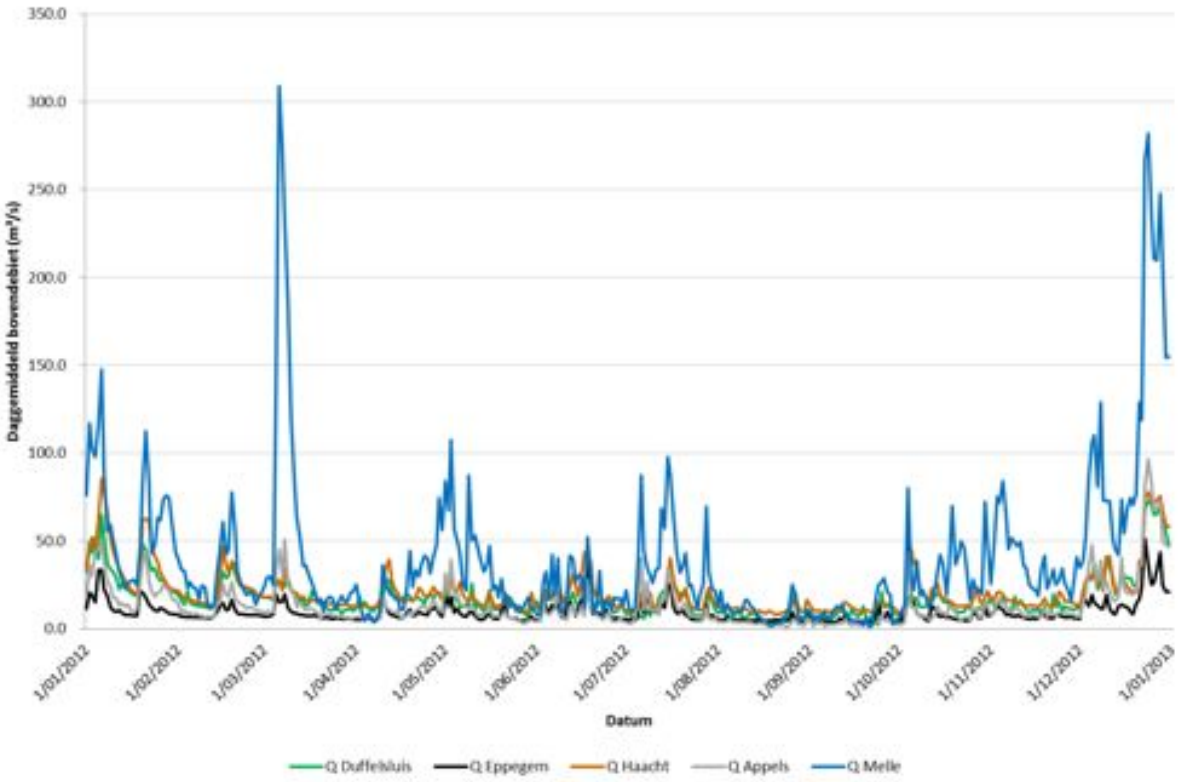
Bij vergelijking van de extreme pentadewaarde van afvoer te Schelle in december 2012, nl. 508 m³/s, met vorige pentadewaarden sinds 1991, is die waspentade enkel overtroffen door :

- de eerste pentade van januari 2003 (764 m³/s);
- de 6e pentade februari 2002 (569 m³/s);
- de 6e pentade januari 1995 (612 m³/s);
- de 1e pentade februari 1995 (598 m³/s);
- de 1e pentade januari 1994 (596 m³/s);
- de 5e pentade december 1993 (687 m³/s);
- en de 4e pentade van november 2010 (565 m³/s).

2.3. Overzicht 2012 bovendebieten aan de randen van het tijgebied

2.3.1. Globaal overzicht 2012

De volgende figuur toont het verloop van de daggemiddelde bovendebieten aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken over het jaar 2012. Uiteraard is er een grote variabiliteit in deze bovendebieten, enerzijds door invloed van de neerslag in een bepaald hydrografisch bekken, anderzijds door invloeden van waterverdeling van Bovenschelde en Leie, van indringing in de ondergrond, en van evapotranspiratie.



Figuur 34 - Zeescheldebekken: daggemiddeld bovendebiet aan de meetraaien aan de randen van het tijgebied over het ganse jaar 2012

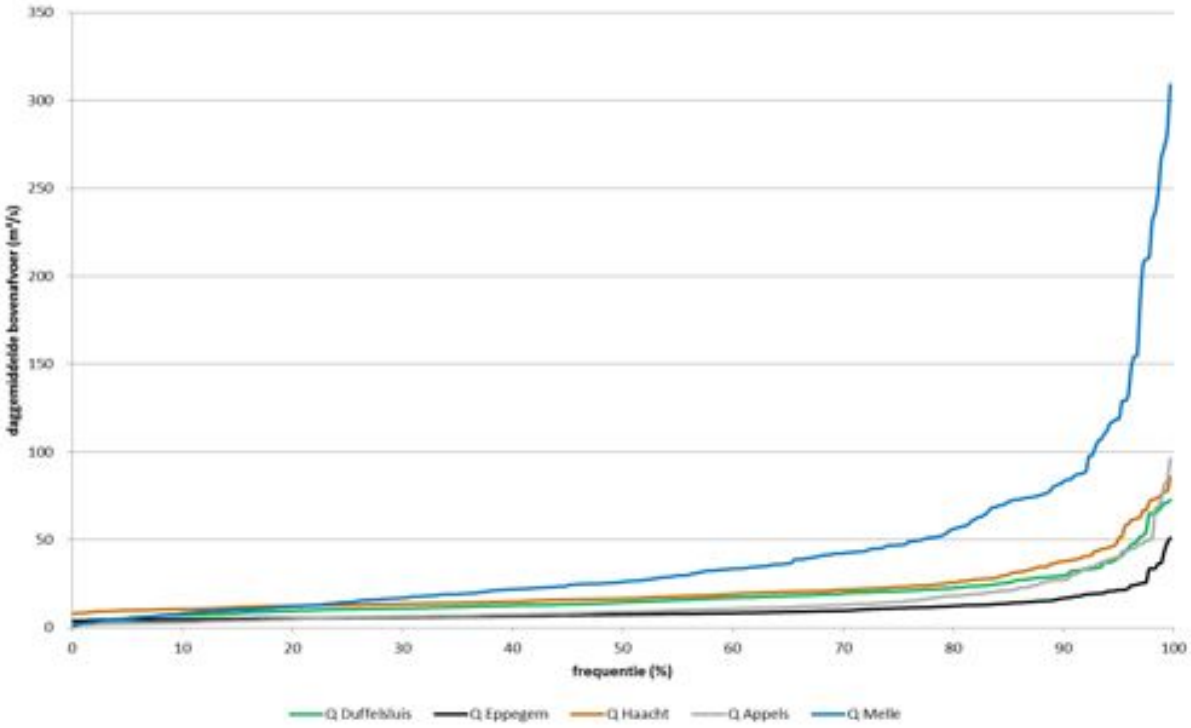
Zoals bekend brengen Bovenschelde en Leie meestal het meest van alle randlocaties bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Enkel bij zeer kleine bovendebieten te Melle brengt de Dijle te Haacht meer bovendebiet naar het tijgebied. De Zenne brengt het minste bovendebiet aan.

Tot verleden jaar werd ook gesproken over de bovendebieten van de Grote Nete te Itegem en de Kleine Nete te Grobbendonk Derde Sas. Alsdan was de afvoer van de Grote Nete te Itegem de kleinste afvoer naar het Zeescheldebekken. Nu deze beide debietmeetposten vervangen zijn door de akoestische debietsmeter te Duffelsluis, dus op de Beneden-Nete, is het dus de Zenne die -door het jaar heen- van Schelde, Dender, Dijle, Zenne en Beneden-Nete, de kleinste afvoer aanbrengt.

Er zijn relatief veel periodes met verhoogde debieten doorheen het jaar. Tijdens deze periode is de aanvoer vanuit de Bovenschelde en de Leie veruit de grootste. De periode in begin maart wordt gekenmerkt door zeer hoge afvoeren op de Bovenschelde en de Leie. In vergelijking tot de andere periodes met verhoogde debieten, was het debiet tijdens die periode in de andere zijrivieren relatief laag.

Anderzijds merken we ook op dat het grootste deel van de periode van augustus-september 2012 de bovenafvoeren eerder klein tot zeer klein waren. Tijdens deze periode is de afvoer van de Dijle groter dan die van Bovenschelde en Leie.

Naar opeenvolging van grootte van de daggemiddelde bovendebieten 2012 aan de meetlocaties aan de randen van het tijgebied, toont Figuur 35 de frequentie van voorkomen van een bepaald bovendebiet per meetlocatie.



Figuur 35 - Zeescheldebekken: sortering naar grootte van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, over het ganse jaar 2012

Die frequentiegrafiek toont dat er in 2012 te Appels (Dender), Eppegem (Zenne), en Duffelsluis (Netes) gedurende ongeveer 85% van de tijd, kleine en gemiddelde bovendebieten zijn geweest; slechts in ongeveer 10% van de tijd komen grote bovendebieten voor en in enkel 5% zeer grote bovendebieten.

De Dijle kent in 80% van de tijd een gelijkaardige afvoer als het Netebekken te Duffelsluis.

De frequentieverdeling toont ook duidelijk dat de dagelijkse bovenafvoer van de Schelde te Melle in 2012 ruim 20% van de tijd kleiner is dan deze van de Dijle te Haacht.

In de frequentiegrafiek maar beter in Tabel 11, valt op dat het bovendebiet van de gekanaliseerde rivieren (Bovenschelde en Leie naar het Gentse, dus hier de meetraai in de Boven-Zeeschelde te Melle, alsook de Dender, met daar de meetraai te Appels) gedurende dagen lang zeer klein kan zijn.

In Tabel 11 is het gemiddelde van alle daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien aan de rand van het tijgebied gegeven, evenals het grootste en het kleinste daggemiddelde, en de 5 en 95 percentielen. Zoals in de tabel aangegeven brengt gemiddeld van al die meetlocaties aan de rand van het tijgebied de locatie Melle het grootste bovendebiet naar het Zeescheldebekken. Tweede belangrijkste is de aanvoer vanuit de Dijle te Haacht. Daarna zijn de Netes te Duffelsluis en de Dender te Dendermonde (Appels) de grootste aanbrengers van zoetwater.

Tabel 11 - Zeescheldebekken: hoofdkenmerkende waarden van de daggemiddelde bovendebieten aan de meetraaien, jaar 2012 (m³/s)

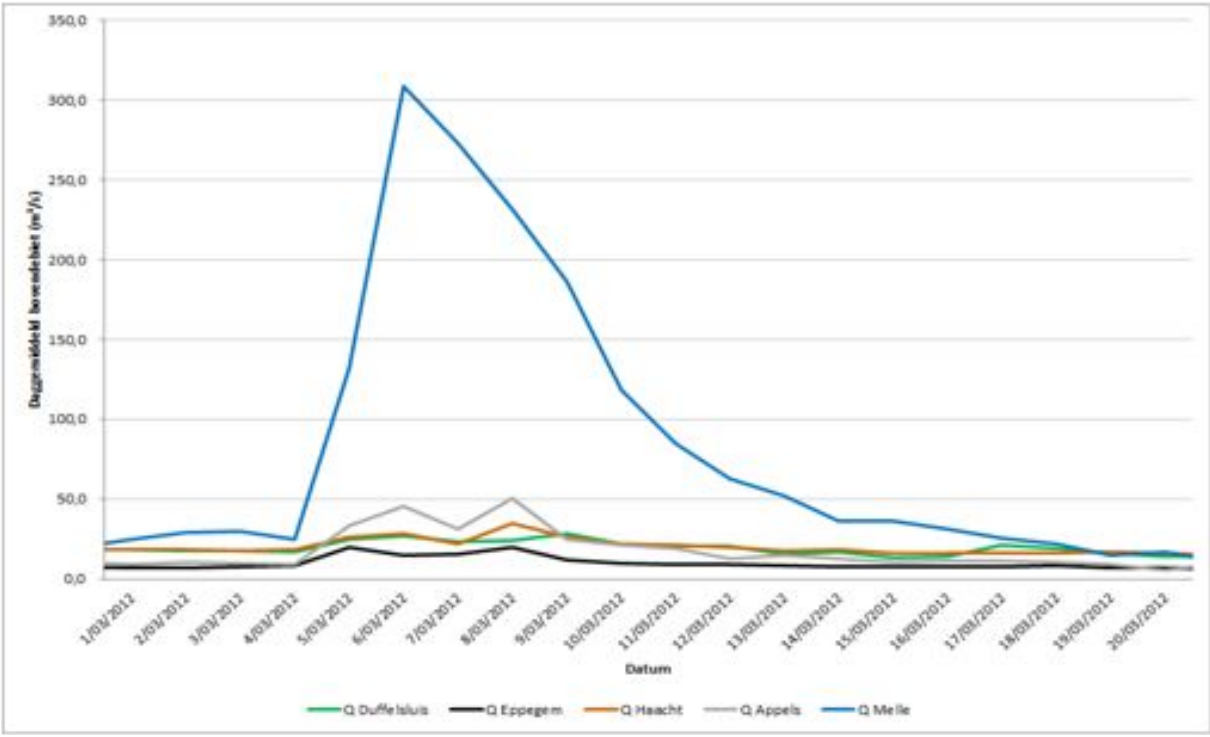
	Netes te Duffelsluis	**Zenne te Eppegem**	**Dijle te Haacht**	**Dender te Dendermonde**	**Schelde te Melle**
minimum	2.3	3.9	7.8	1.0	1.1
5%-percentiel	5.4	4.4	9.9	2.4	4.8
gemiddeld	**17.5**	**9.5**	**21.1**	**13.1**	**40.6**
95%-percentiel	38.7	21.1	47.3	39.9	118.3
maximum	72.8	51.1	85.6	96.3	309.0

2.3.2. Wasregimes 2012

De twee wasregimes die in 2012 enige betekenisvolle invloed hadden op het getijgebied van de Schelde waren de wasperiode van maart 2012 en deze van het einde van het jaar.

2.3.2.1 Wasregime maart 2012

Het eerste wasregime met duidelijke impact op het getijgebied van de Schelde liep van begin maart tot eind maart 2012. De afvoeren tijdens de was van maart 2012 waren vooral voor de Leie extreem. De hoogste afvoer sinds de start van de metingen (1998) werd er geregistreerd. Op de Bovenschelde was de afvoer ook sterk verhoogd maar minder extreem. Het resultaat was dat vooral op de Zeeschelde te Melle de daggemiddelde afvoeren een hoge piek bereikte (> 300 m³/s) (Figuur 36). De andere randen van het getij zijn in veel mindere mate gekenmerkt geweest door verhoogde afvoeren, wat het regionaal karakter van de gevallen neerslag aanduidt.



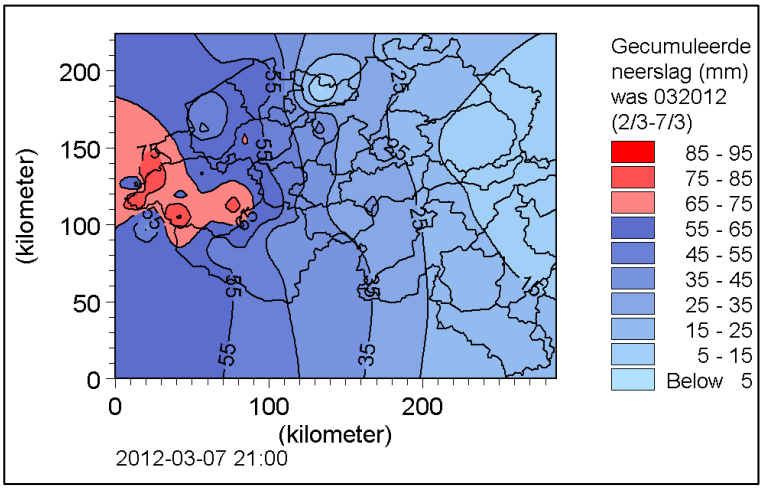
Figuur 36 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien van 1 maart 2012 tot 20 maart 2012

De oorzaak van deze grote afvoer op de Zeeschelde was de neerslag die vanaf zondag 2 maart vooral over het westen van ons land viel. De voorgeschiedenis van de gevallen neerslag vanaf begin 2012 (Tabel 12) toont dat de periode vrij normaal was, met uitzondering van de eerste decades van januari en februari. Het is dus vooral de neerslag van begin maart die aanleiding gaf tot de hoge afvoeren. Hieronder worden overzichtskaarten getoond van de gesommeerde gevallen neerslag tussen 02/03/2012 09:00 en 07/03/2012 21:00 (Figuur 37). Wat Vlaanderen betreft viel de meeste neerslag in het IJzerbekken, het bekken van de Brugse Polders, het Leiebekken en het Bovenscheldebekken. De grootste hoeveelheden vielen echter in Noord-Frankrijk, meer bepaald in het Franse IJzer- en Leiebekken. Er viel in deze bekkens gedurende deze periode tussen 65 en 95mm neerslag (Deschamps et al. 2012).

Voor de Zeeschelde te Melle toont Figuur 38 de evolutie van de continue uurlijkse en daggemiddelde debieten in de periode 2/3/2012 tot 20/3/2012. Normaal gezien, in periodes van kleine bovenafvoer, zijn vloed- en ebvolumes van min of meer eenzelfde grootte-orde. Het overschot aan totaal ebvolume per dag op het totaal vloedvolume van dezelfde dag, geeft een klein resulterend bovendebiet naar zee. Bij het toenemen van de bovenafvoer worden enerzijds de duur van de vloed en anderzijds het vloedvolume kleiner ten opzichte van deze bij eb. De mate waarin hangt af van de grootte van de bovenafvoer.

Tabel 12 - decade-neerslagen januari 2012 à maart 2011

Maand	Decade	Gemeten neerslag UKKEL (mm)	Normale neerslag (mm)	
Januari	1	48,9	27,1	Zeer abnormaal hoog
Januari	2	20,9	21,6	Normaal
Januari	3	12,2	27,5	Normaal
Februari	1	2,0	22,0	Abnormaal laag
Februari	2	24,3	21,0	Normaal
Februari	3	3,7	20,2	Normaal
Maart	1	32,1	21,6	Normaal



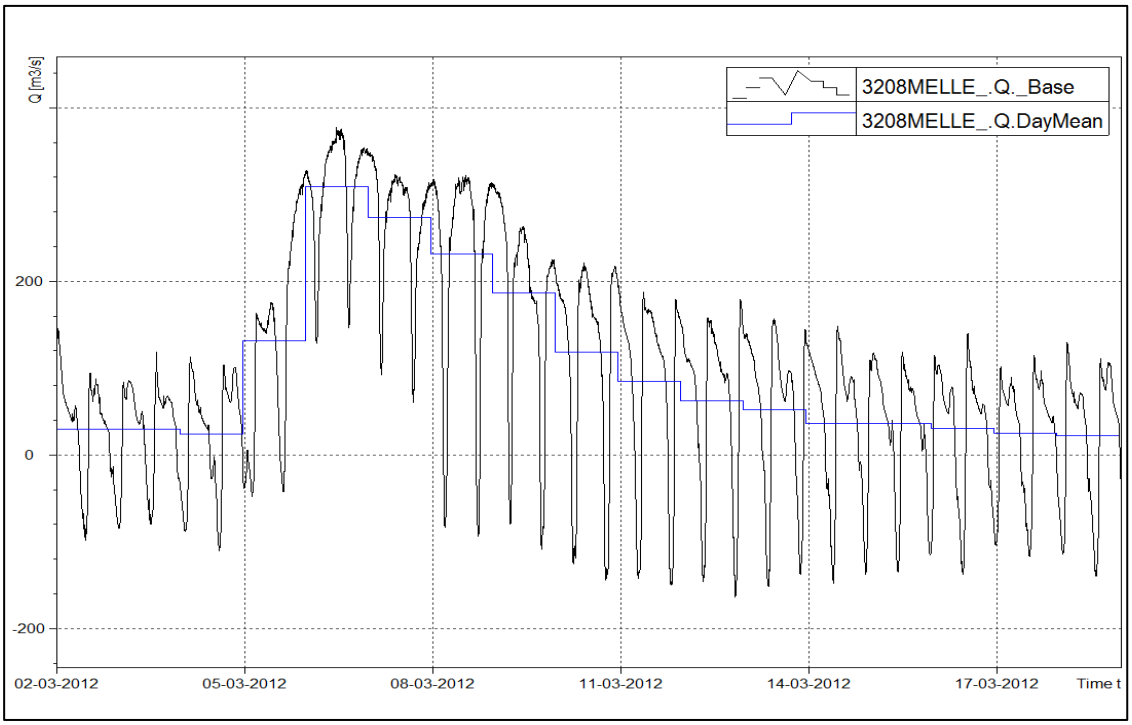
Figuur 37 - Gecumuleerde neerslag was maart 2012 – volledige periode

Zoals te zien op Figuur 38 is in de periode 6-8 maart 2012 het verloop van het ogenblikkelijk debiet op deze drie dagen anders dan de voorgaande dagen. Er is gedurende enkele dagen géén vloed meer, doch er heerst te Melle steeds eb. Het water gaat -als een schijngetij- nog wel steeds op en neer, doch zoals bij wasperiodes het geval is, met sterk verhoogde laag- en hoogwaterstanden en met slechts een klein tijverschil.

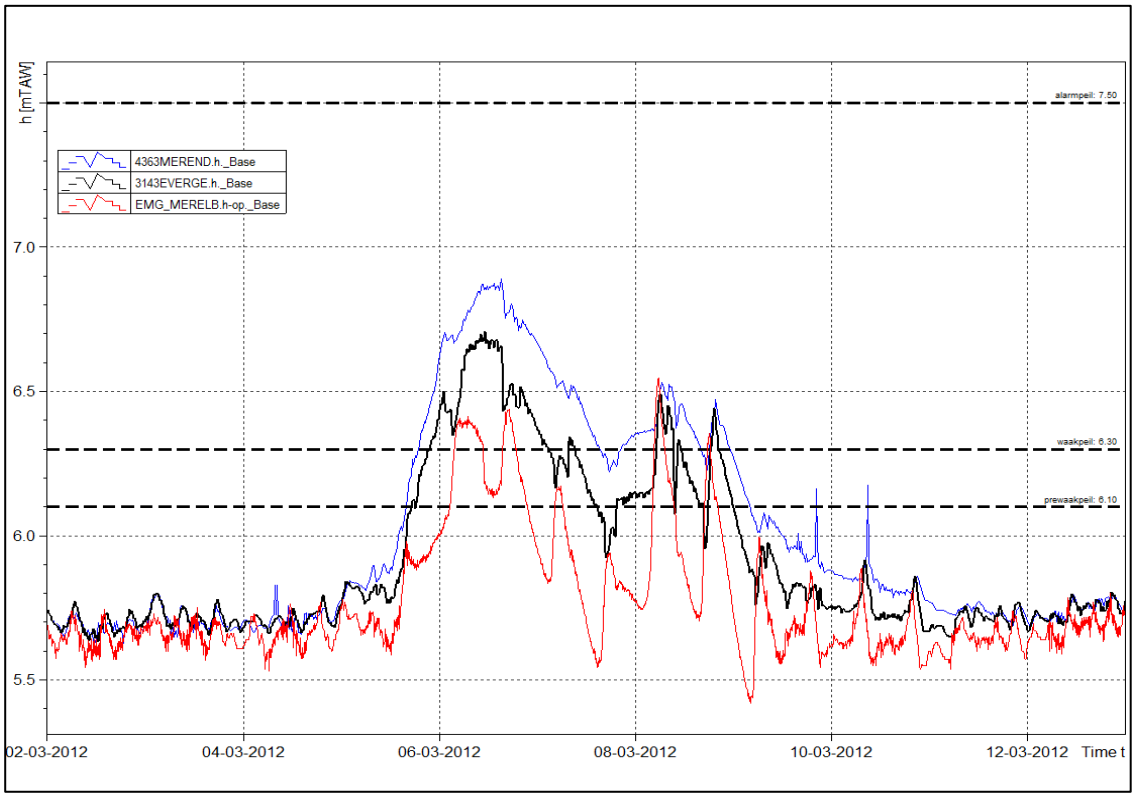
In Figuur 39 zien we een overzicht van de opgetreden waterstanden in Merendree, Evergem en Merelbeke (opwaarts). De peilen nemen af richting de Zeeschelde. Het water stroomt dus vanuit Deinze via het Afleidingskanaal richting Merendree. Daar stroomt er een deel richting Brugge via het Kanaal Gent-Oostende (beperkt wanneer de Keersluis te Beernem wordt gesloten), een deel via het Afleidingskanaal richting Zeebrugge en tot slot een deel richting Gent. Het water dat richting Gent stroomt wordt dan geloosd in Evergem, wanneer toegelaten, of anders stroomt het water verder richting Merelbeke naar de Zeeschelde.

2.3.2.2 Wasregime december 2012

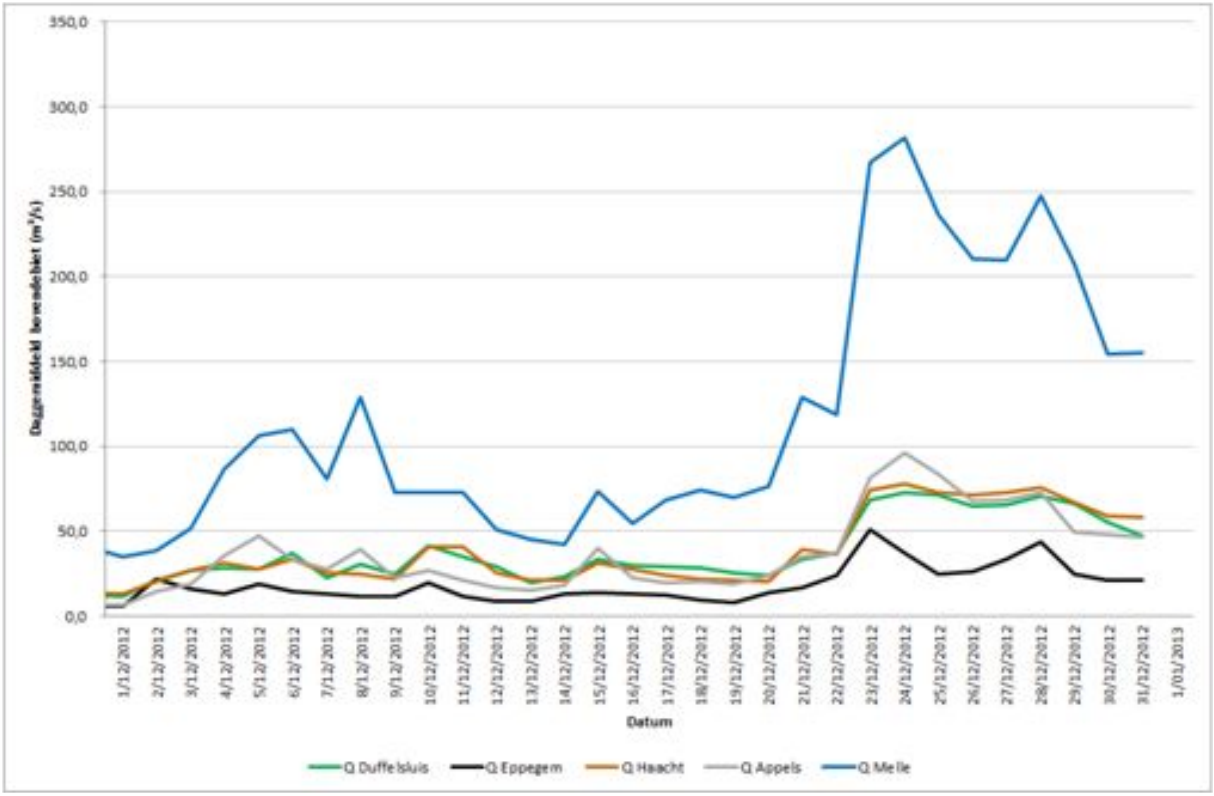
Een tweede wasregime kwam voor tijdens de eindejaarsperiode van 2012, meer bepaald tussen 22/12/2012 en 5/1/2013. Zoals te merken op de onderstaande figuur (Figuur 40) was deze wasperiode overal langs het getijgebied voelbaar en vertonen alle randen van het getij in min of meerdere mate verhoogde afvoeren, dit omwille van het verspreide karakter van de neerslaggebeurtenissen die heel onze regio beïnvloedde.



Figuur 38 - Evolutie van de continue (uurlijkse) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 2/3/2012 – 20/3/2012



Figuur 39 - Waterstanden op Groot Pand rond Gent tijdens was maart 2012.



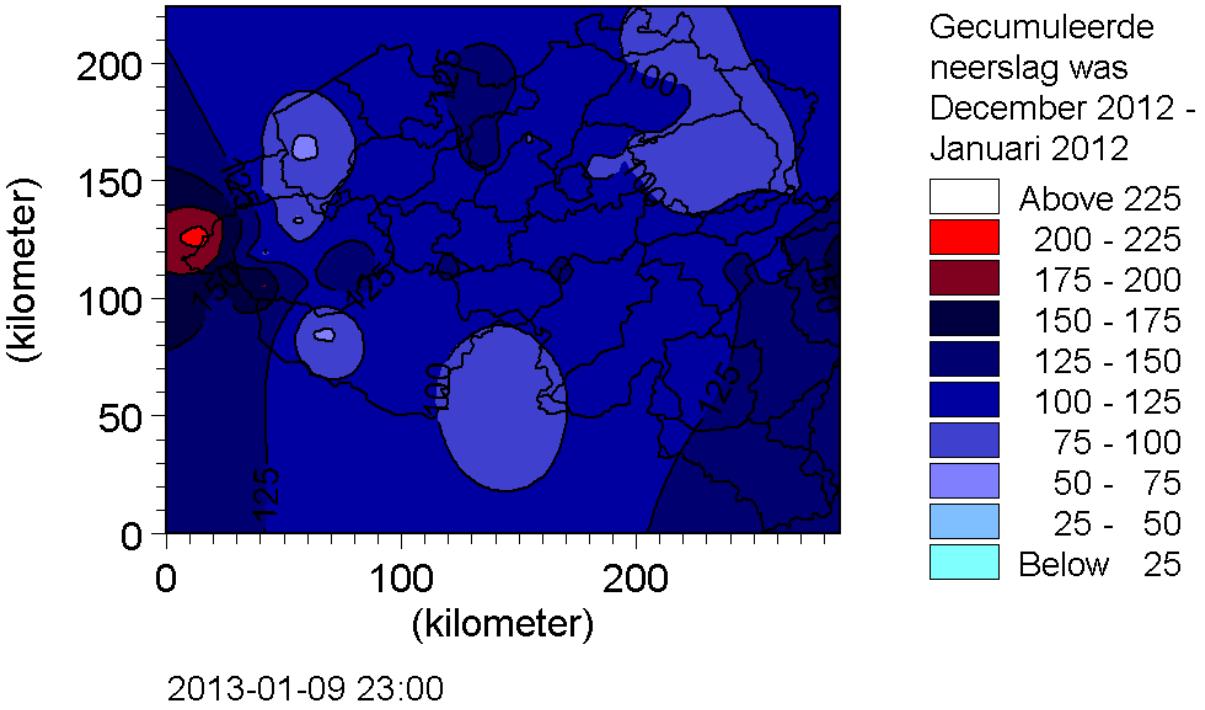
Figuur 40 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in december 2012

De oorzaak van deze grote afvoeren aan alle randen liggen in de voorafgaande periode, met name de eerste decade van december 2013 waar een zeer abnormaal hoog neerslagtotaal met 62,3 mm tegenover een normale hoeveelheid van 24,5 mm (Ukkel, bron KMI) is gevallen, wat overeenkomt met een fenomeen dat gemiddeld één keer om de 10 jaar wordt bereikt. Deze neerslaghoeveelheden vielen vrij uniform in zowat heel Vlaanderen. In de tweede decade viel een normale neerslaghoeveelheid van 25,8 mm neerslag (Tabel 13).

Vlak voor en tijdens de wasperiode zelf, met name tussen 16 december 2012 en 1 januari 2013, viel in totaal 100-125 mm neerslag (Figuur 41). De laatste decade van december 2012 werd door het KMI geklasseerd als een periode met een uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheid, wat overeenkomt met een fenomeen dat bereikt of overtroffen wordt gemiddeld één keer om de 30 jaar (Boeckx et al. 2013).

Tabel 13 - Neerslag te Ukkel per decade december 2012 (bron KMI)

Maand	Decade	Gemeten neerslag UKKEL (mm)	Normale neerslag (mm)	
December	1	62,3	24,5	Zeer abnormaal hoog
December	2	25,8	26,9	Normaal
December	3	84,6	29,7	Uitzonderlijk hoog

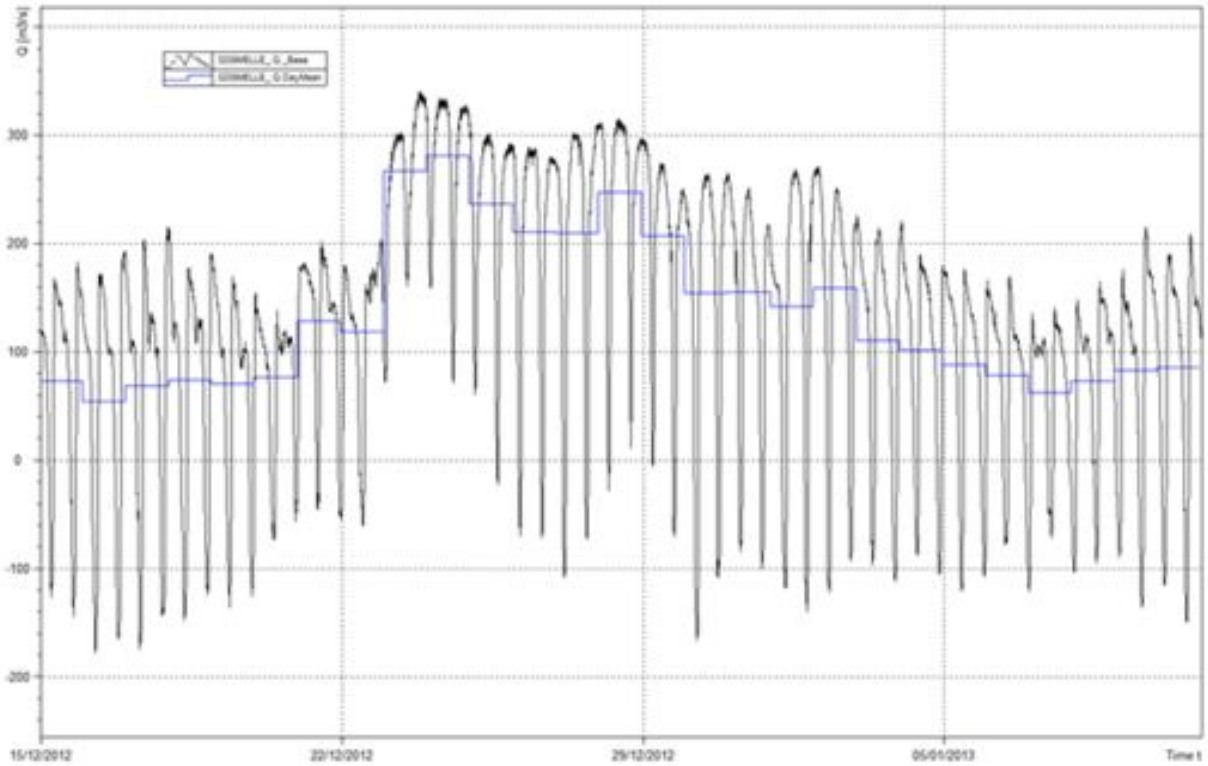


Figuur 41: Niet-gevalideerde gevallen neerslag van 15 december 2012 tot en met 9 januari 2013. De rode vlek is een meetfout en werd niet meegenomen bij de interpretatie.

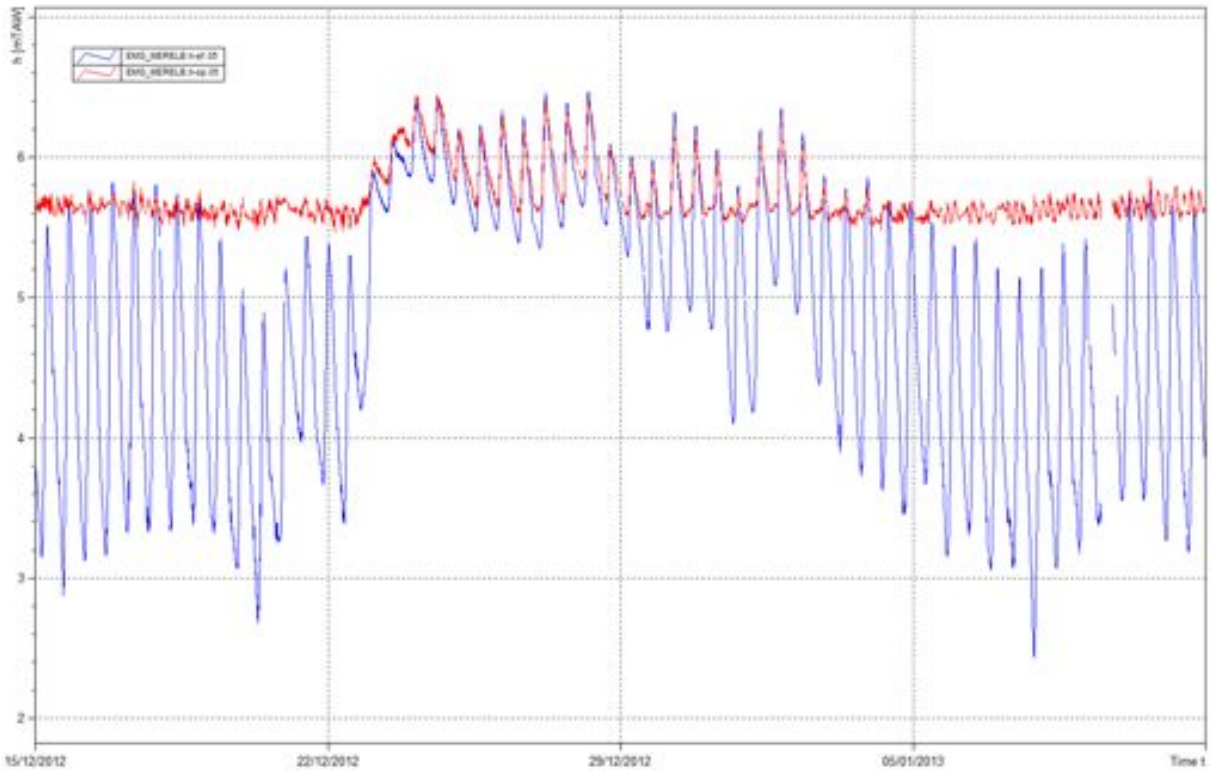
Wat de gevolgen van deze hoge neerslagen voor de **Zeeschelde te Melle** betekende toont Figuur 42, waar het verloop van de continue uurlijkse en daggemiddelde debieten in de periode 15/12/2012 tot 11/01/2013 getoond wordt. Tussen 22/12 en 25/12 treedt géén vloed meer op te Melle, doch heerst steeds eb. Het water gaat -als een schijngetij- nog wel steeds op en neer met verhoogde laag- en hoogwaterstanden en met slechts een klein tijverschil.

We merken op dat de periode met verhoogde debieten relatief lang duurde. Er werden bij laagwater meer dan 10 opeenvolgende dagen uurgemiddelde debieten te Melle gemeten boven de 200 m³/s. Op Figuur 43 is ook te merken dat de stuwen te Merelbeke **(afvoer richting Zeeschelde)** volledig open stond tussen 23 en 29 december 2012. In de dagen daarna werd de stand aangepast in functie van het getij.

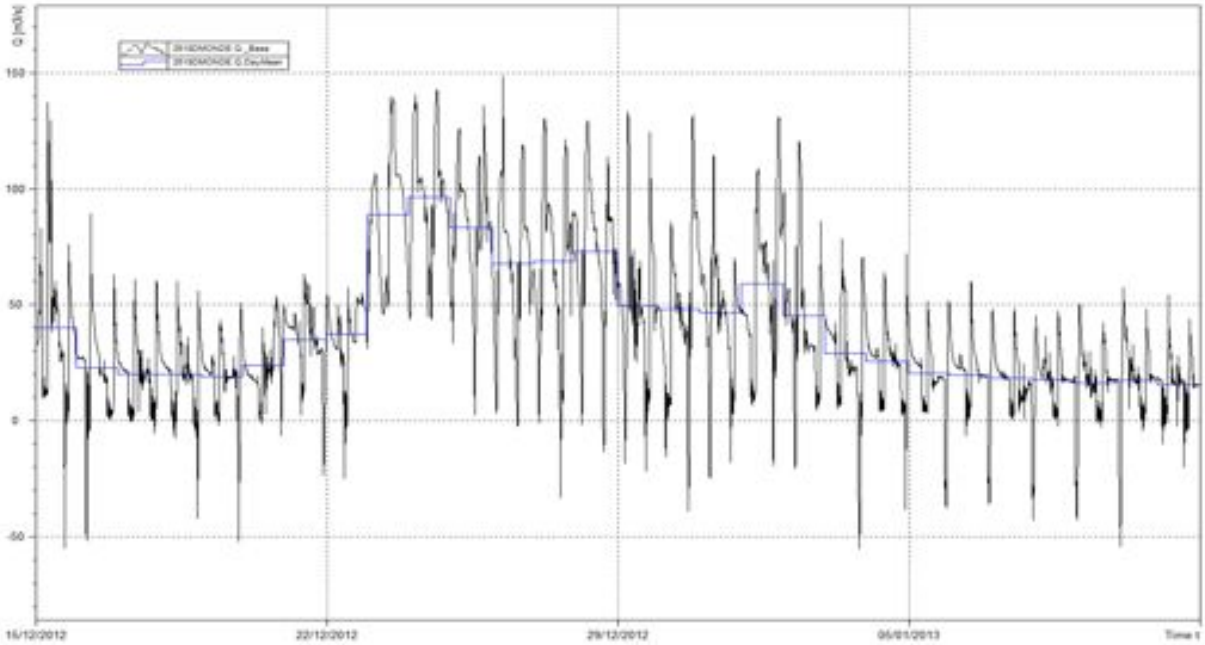
Voor de **Dender te Dendermonde** toont Figuur 44 voor dezelfde periode als hierboven de sterk verhoogde afvoeren, met ook hier de invloed van deze hoge afvoeren op de hoog- en vooral de laagwaters op de Schelde afwaarts de stuw te Dendermonde. In de periode 23/12 tot 29/12/2012 werd de stuw te Dendermonde heel de tijd maximaal geopend om het overtollige water van bovenaf weg te krijgen, wat resulteert in het optreden van een schijngetij in het laatste pand van de Dender, zoals de rode lijn in Figuur 45 weergeeft.



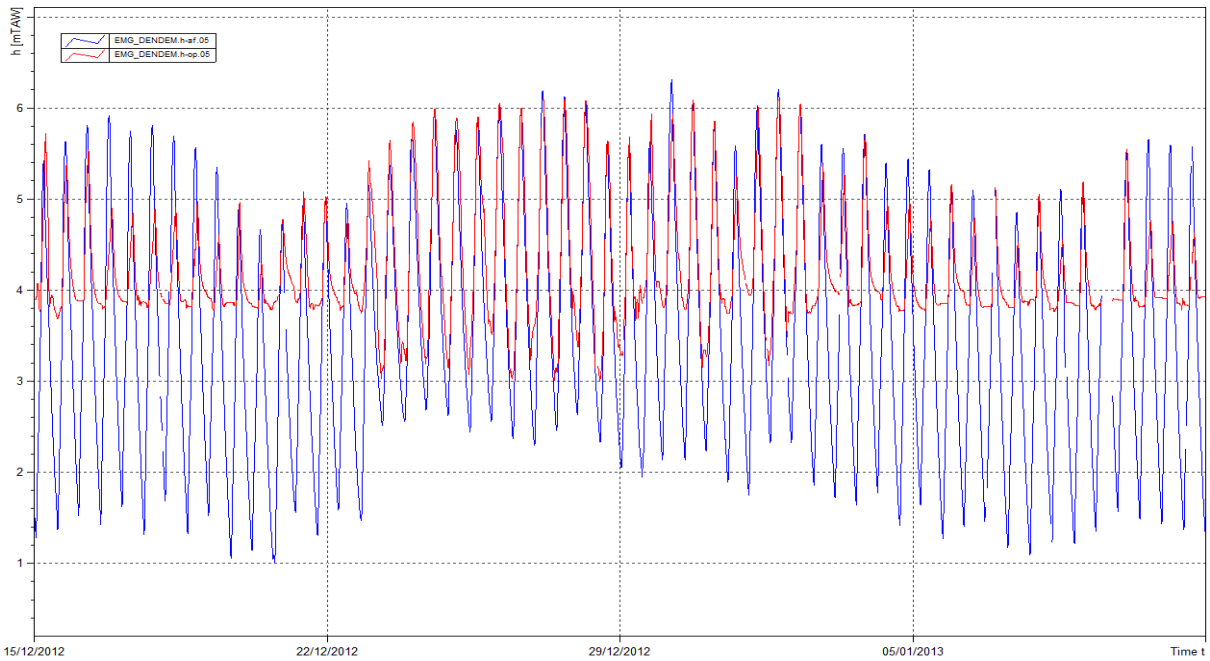
Figuur 42 - Evolutie van de continue (uurlijkse) en daggemiddelde debieten op de Zeeschelde te Melle voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013



Figuur 43 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Merelbeke op de Ringvaart voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013



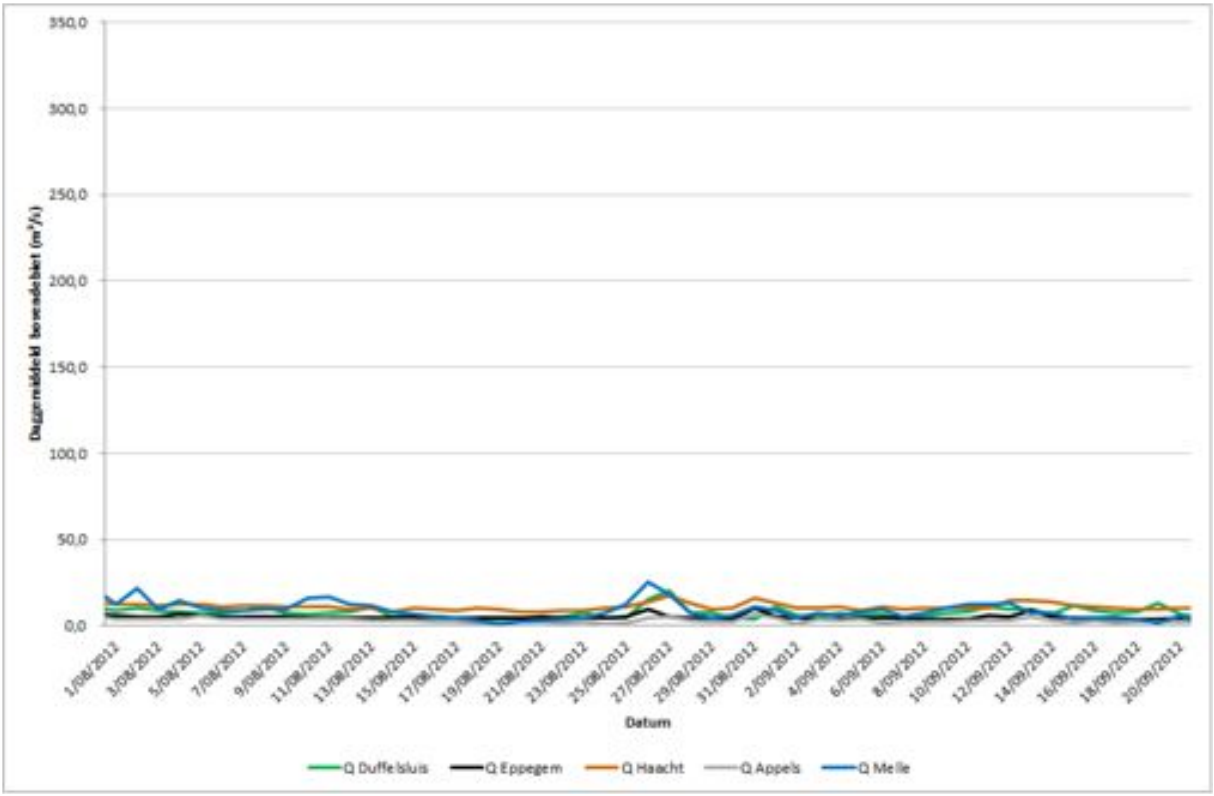
Figuur 44 - Evolutie van de continue (5-minuutgemiddelde) en daggemiddelde debieten op de Dender te Dendermonde voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013



Figuur 45 - Evolutie van de peilen op- en afwaarts de stuwen te Dendermonde voor de periode 15/12/2012 – 11/01/2013

2.3.3. Droogteperiodes 2012

De maanden augustus en september 2011 worden gekenmerkt door zeer lage debieten aan alle bovenranden van het getij (Figuur 46). Gedurende de maand augustus maakt het KMI melding van zeer abnormaal lage neerslagtotalen. In Ukkel viel slechts 22,5 mm waar er normaal 79,3mm valt. Dit komt gemiddeld minder dan 1 keer per 10jaar voor (HIC 2012). Uiteraard had dit zijn effect op de geregistreerde debieten zoals te zien op onderstaande figuur.



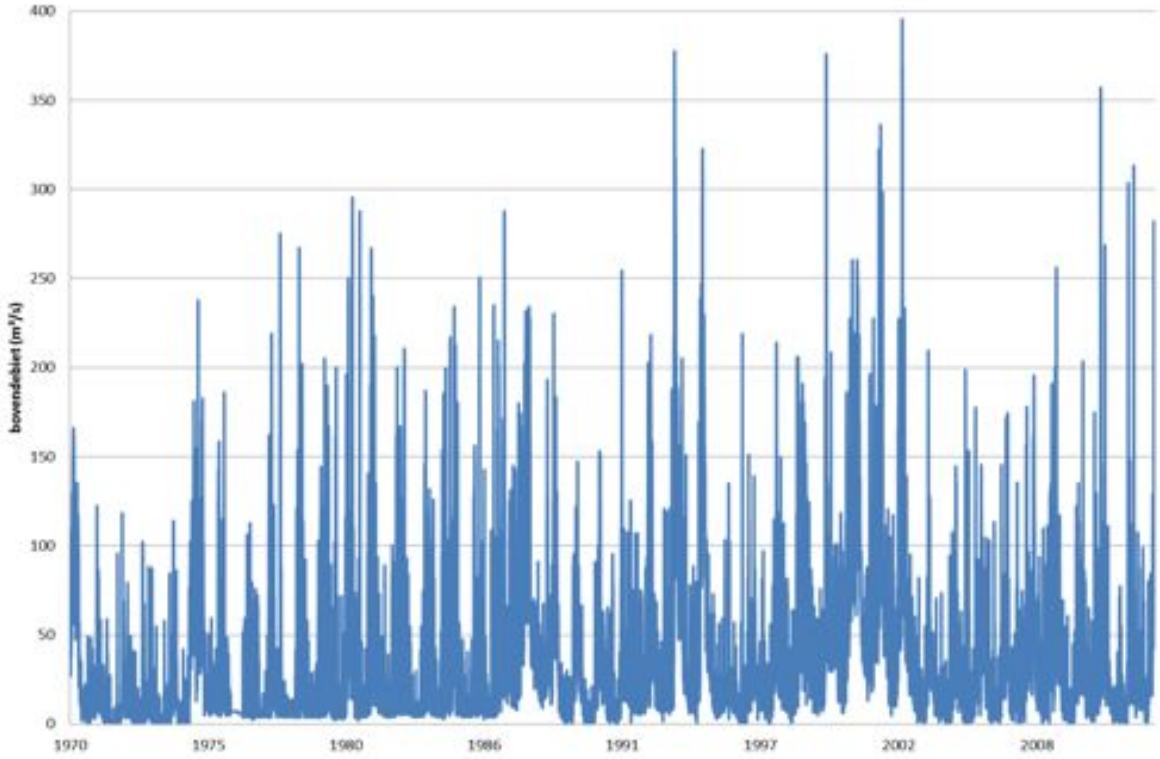
Figuur 46 - Zeescheldebekken: afvoer aan de meetraaien in de periode half april – half juli 2011

Het jaar 2012 was dus wat afvoer aan de randen van het tijgebied van het Zeescheldebekken aangaat, gekenmerkt door:

- **twee wasperiodes, namelijk in maart en december 2012**
- **en één periode van kleine tot zeer kleine bovenafvoer, namelijk van begin augustus 2012 tot eind september 2012**

2.3.4. Bovendebieten meetraaien 2012 in historisch perspectief

Figuur 47 geeft de seizoenale en langjarige variabiliteit aan van de daggemiddelde bovenafvoer van “het Gentse” van 1970 tot 2012, de belangrijkste aanbrenger van bovenafvoer in het Zeescheldebekken. Het betreft de som van de debieten vanuit Gentbrugge, Merelbeke en Zwijnaarde samen. Er wordt in deze grafiek begonnen met 1970 omdat het jaar voordien de Ringvaart om Gent in dienst werd gesteld, dus o.a. ook de stuwen en sluizen te Merelbeke en Zwijnaarde, terwijl voordien alle afvoer (en alle scheepvaart) via de Gentse binnenstad naar de stuw/sluis te Gentbrugge ging. Sinds 1987 wordt die bovenafvoer vanuit “het Gentse” rechtstreeks en globaal gemeten door de akoestische debietsmeter in de Zeeschelde te Melle, net afwaarts van de uitmonding van de Ringvaart in de Zeeschelde.

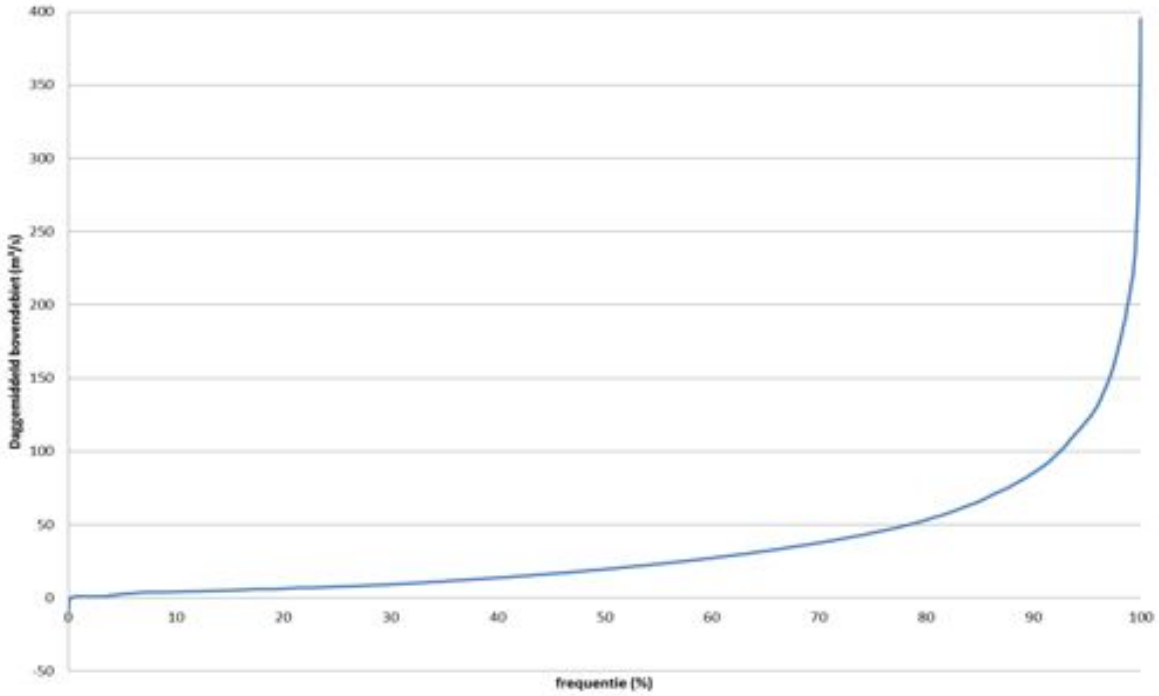


Figuur 47 - Zeescheldebekken: verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle periode 1970-2011 (alle bovendebieten in m³/s)

In bovenstaande grafiek vallen de twee wasperiodes van 2012 duidelijk op. Deze grafiek toont een variatie in waarden, maar het is moeilijk om trends te onderscheiden.

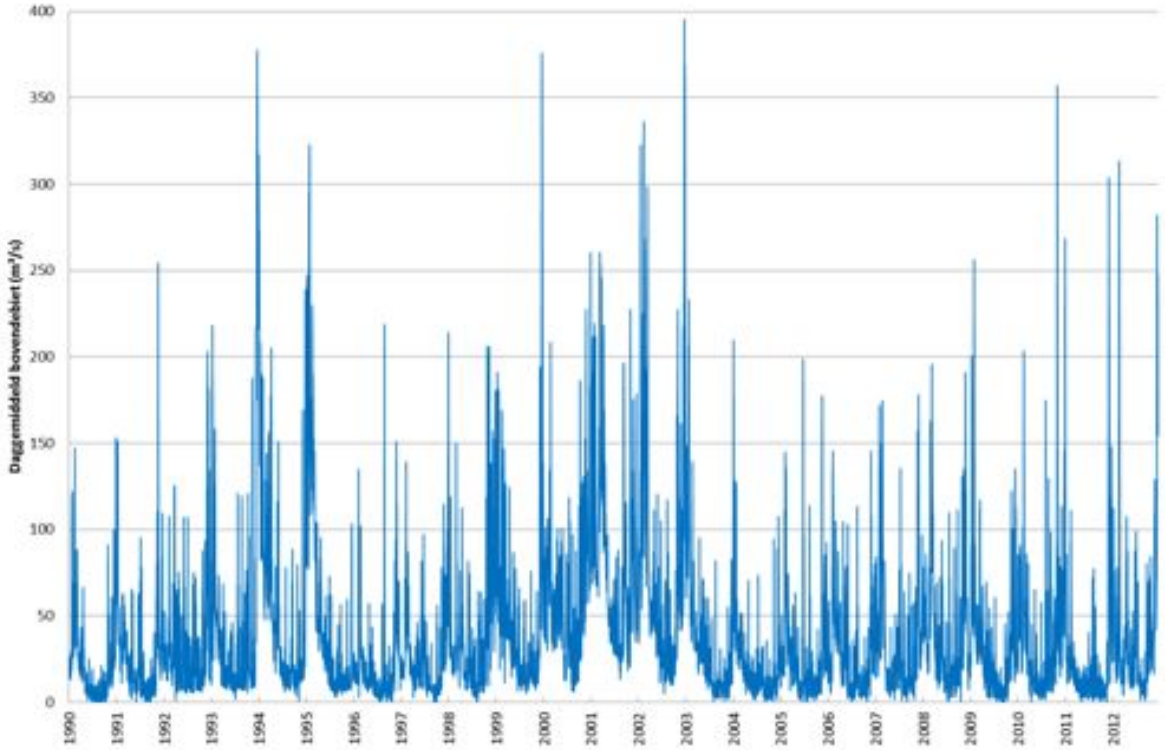
In Figuur 48 wordt de frequentie van voorkomen van grootte van daggemiddelde bovenafvoer te Melle gegeven. Hier kunnen we volgende informatie uithalen:

- een daggemiddeld bovendebiet van 2 m³/s wordt in 4% van de tijd (15 dagen per jaar) niet gehaald;
- een daggemiddeld bovendebiet van 5 m³/s wordt in 12% van de tijd (44 dagen) niet gehaald;
- in 1/3 van de tijd (122 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendebiet te Melle kleiner dan 10 m³/s;
- in de helft van de tijd (183 dagen) is dat 20 m³/s;
- in 2/3 van de tijd (243 dagen per jaar) is het bovendebiet te Melle gelijk aan of kleiner dan 33 m³/s
- in 10% van de tijd (37 dagen per jaar) is het daggemiddeld bovendebiet van de Zeeschelde te Melle groter dan 86 m³/s
- in 5% van de tijd (18 dagen per jaar) gelijk aan of groter dan 121 m³/s
- in 1% van de tijd (maar 4 dagen per jaar) gelijk aan of groter dan 208 m³/s.

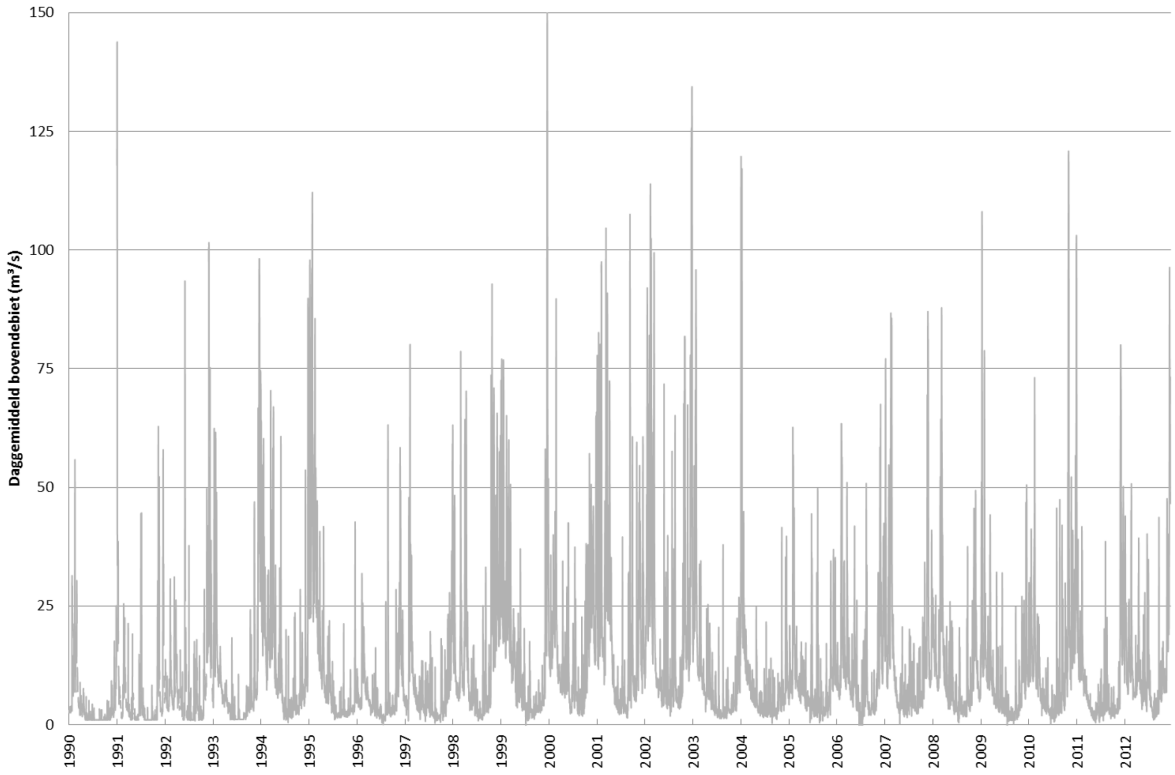


Figuur 48 - Zeescheldebekken: in grootte gerangschikt verloop van de daggemiddelde bovendebieten in de Zeeschelde te Melle over de periode 1970-2012 (alle bovendebieten in m³/s)

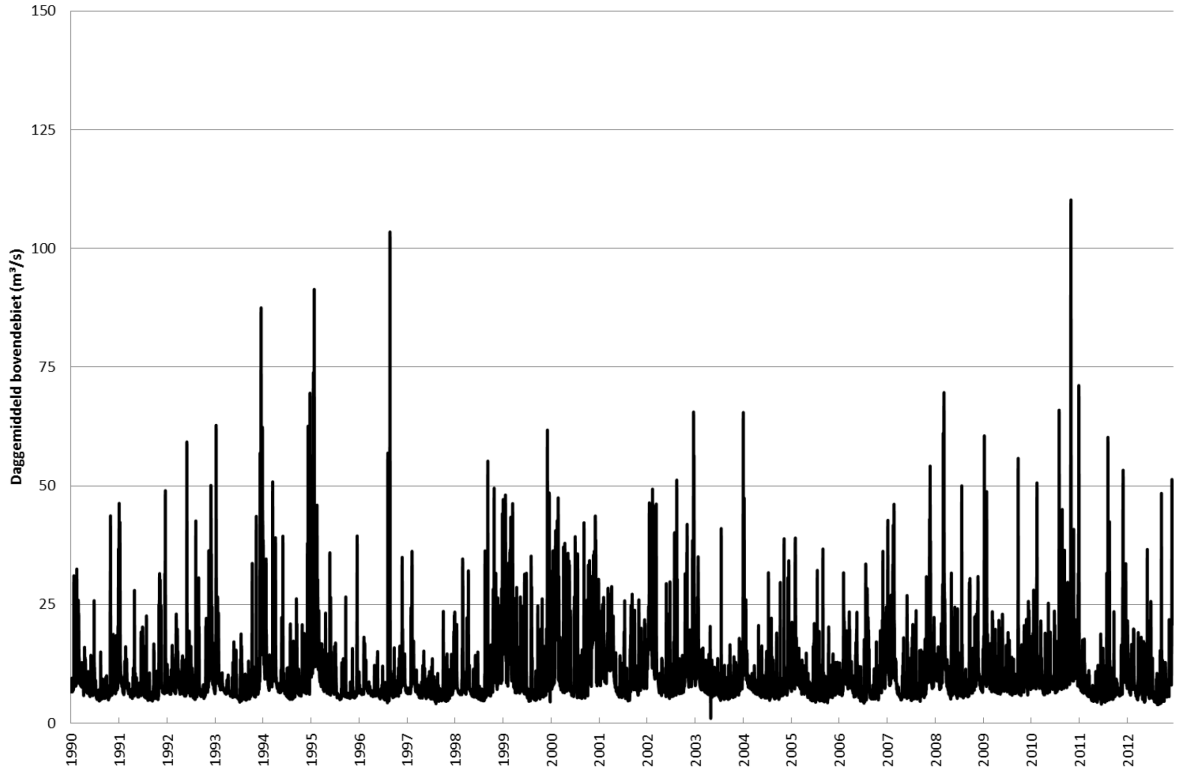
Hierna volgen voor de verschillende meetlocaties van bovenafvoer aan de randen van het tijgebied, grafieken over de periode 1990-2012 met alle dagwaarden van bovendebiet. Enkel de grafiek waarin Melle wordt getoond heeft een andere y-as.



Figuur 49 - Zeeschelde te Melle: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012

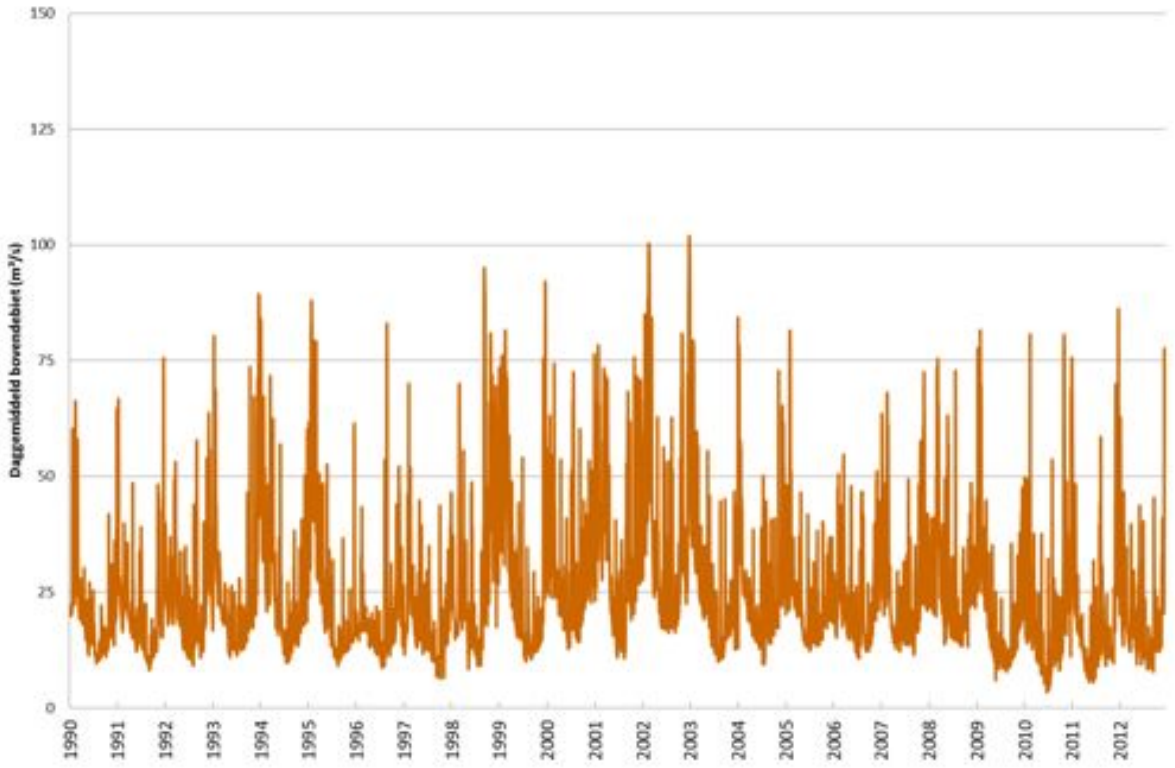


Figuur 50 - Dender te Appels: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012

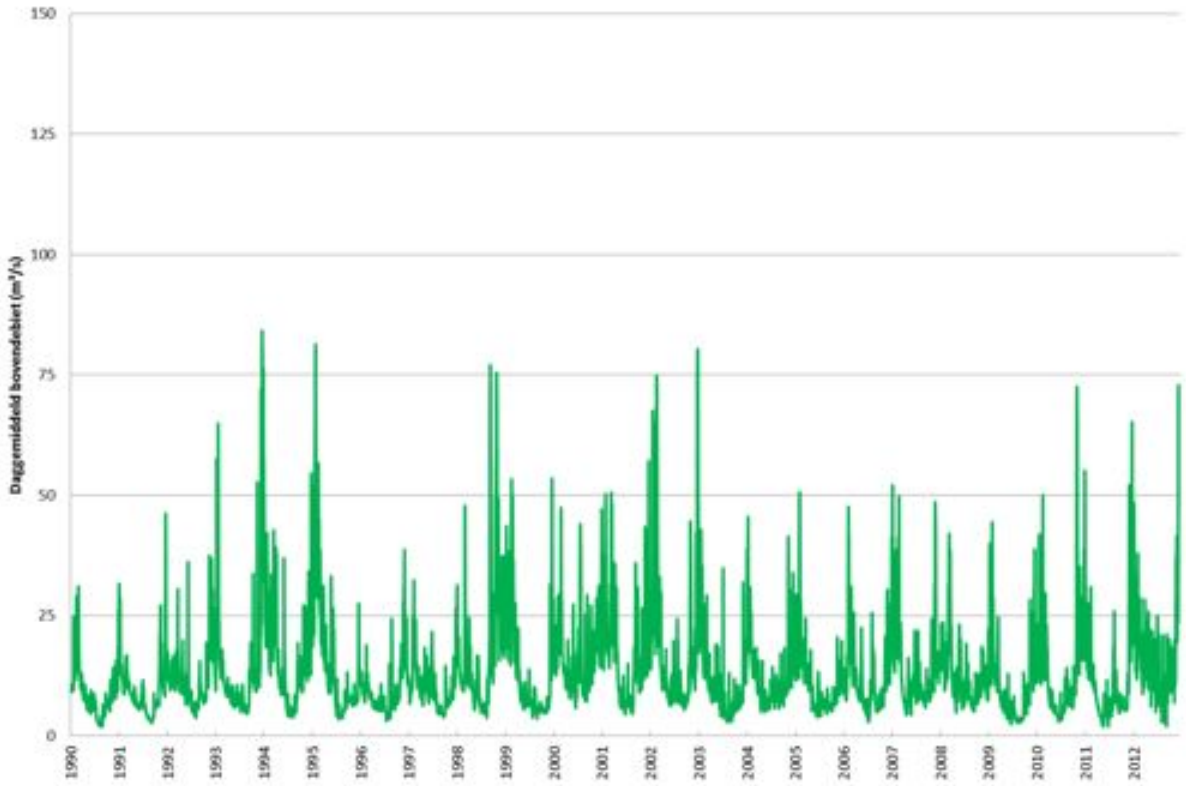


Figuur 51 - Zenne te Eppegem: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur 52 - Dijle te Haacht: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012



Figuur 53 - Nete te Duffel-sluis: verloop daggemiddelde afvoer over de periode 1990-2012

3. Jaaroverzicht fysische parameters

Door het Waterbouwkundig Laboratorium worden fysische parameters zoals temperatuur, conductiviteit en turbiditeit, zowel op continue meetlocaties als tijdens singuliere meetcampagnes gemeten. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de gemeten fysische parameters.

Voor achtergrond en duiding bij de monitoring van fysische parameters in het Zeescheldebekken wordt verwezen naar het bijhorende methodologie-document genaamd “Basisboek” (Taverniers et al., 2013). Hierin worden de gebruikte meettoestellen in detail beschreven, evenals de meetlocaties. Daarenboven zijn in dit rapport de typische verlopen van de fysische parameters in functie van het getij en de seizoenen voor de verschillende meetposten opgenomen.

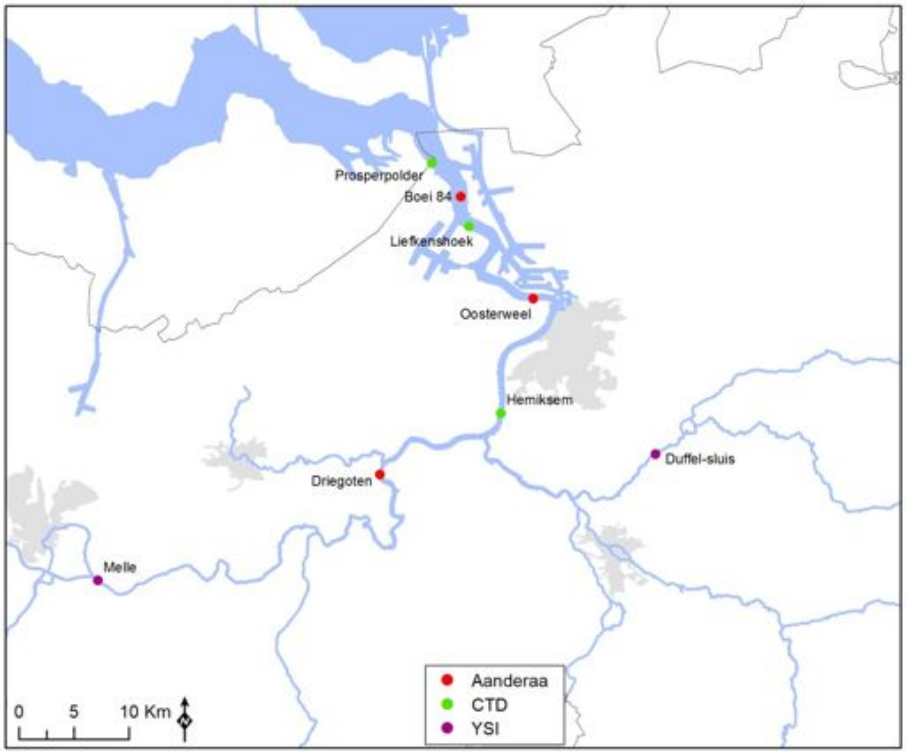
3.1. Continue metingen "fysische parameters"

3.1.1. Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

Op zeven meetplaatsen in de Zeeschelde en op één meetplaats in de Beneden-Nete worden met behulp van multiparameter-toestellen op continue wijze verschillende fysische parameters geregistreerd (zie Figuur 54).

Op meetlocaties te Boei 84 en te Oosterweel hangen telkens twee multiparametertoestellen, het onderste op 1 à 1.5 m boven de bodem en het bovenste op 4.5 m boven de bodem (ongeveer een meter onder het peil van laag-laagwater). Op de meetposten Prosperpolder, Liefkenshoek, Hemiksem, Driegoten, Melle en Duffelsluis werd er telkens één toestel opgesteld.

Tabel 14 geeft een overzicht welk type toestel op welke locatie hangt, alsook welke parameters deze toestellen registreren en met welk tijdsinterval. Op de eerste meetplaats worden enkel temperatuur en conductiviteit gemeten, op de andere locaties de volledige set dus ook stroming, druk en turbiditeit.



Figuur 54 - Localisatie van Moneos-meetposten in Zeeschelde en bijrivieren waar continue monitoring van fysische parameters plaatsvindt

Tabel 14: Overzicht van de toesteltypes van multi-parametertoestellen ingezet in 2012 op de verschillende meetlocaties in het Zeescheldebekken en bijrivieren

Toesteltype	Gemeten parameters	Meetlocatie	Rivier
Aanderaa Seaguard	Totale druk Temperatuur Conductiviteit Turbiditeit Stroomrichting Stroomsnelheid	Boei 84 (boven + onder)	Zeeschelde
		Oosterweel (boven + onder)	Zeeschelde
		Driegoten	Zeeschelde
Valeport-CTD	Totale druk Temperatuur Conductiviteit	Prosperpolder	Zeeschelde
		Liefkenshoek	Zeeschelde
		Hemiksem	Zeeschelde
YSI	Totale druk Temperatuur Conductiviteit pH Redoxpotentiaal Turbiditeit Zuurstofgehalte Zuurstofverzadiging	Duffelsluis	Beneden-Nete
		Melle	Zeeschelde

3.1.2. Verloop 2012 stroomsnelheid- en richting meetlocaties Zeeschelde

3.1.2.1 Verloop van stroomrichting

Op drie locaties in de Zeeschelde (met name Boei 84, Oosterweel en Driegoten) werd in 2012 de stroomrichting en stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa multiparametertoestellen (zie Figuur 54). Deze sondes meten de vectoriële watersnelheid in een horizontaal vlak, tot een drietal meter rondom de meetsonde. Buiten de absolute grootte van snelheid is dus ook de stroomrichting gekend. Deze geldt in het horizontale vlak, en wordt klassiek uitgedrukt in 360-delige graden t.o.v. de noordelijke richting. De gemeten waterstroomrichting duidt dus de zin aan waarnaar de stroming gaat, in tegenstelling tot windrichting.

De oriëntatie van de meetlocaties maakt dat Boei 84 en Driegoten de stroomrichting bij eb in naar het noorden geörienteerd is en dus schommelt rond 0° = 360°. Bij vloed is de stroomrichting voor deze meetlocaties in zuidelijke richting geörienteerd, dus rond 180°. Te Oosterweel daarentegen, gaan de vloed- en ebstromingen volgens de Oost-West-as. De stroomrichting bij vloed gaat in oostelijke richting, of dus rond 90°, terwijl de stroomrichting bij eb naar het westen geörienteerd is, dus rond 270°. Op alle meetlocaties schommelt het verschil tussen vloed- en ebstroming dus rond 180°. Er zijn geen locale invloeden van riviermorfologie of van constructies die de stroomrichtingen ter hoogte van deze locaties van de Noord-Zuid of Oost-West-lijnen doen afwijken. De stroomrichting is een parameter die telkenmale bij vloed resp. eb heel constant is, en die tijdens een vloed resp. eb slechts weinig variatie kent.

Gezien er een nagenoeg éénduidige stroomrichting is bij eb en vloed, met een verschil tussen beide richtingen van ongeveer 180°, wordt het verloop van de stroomrichting in de tijd niet als dusdanig in dit rapport opgenomen. Wel kan aan de hand van de verandering van de stroomrichting, de tijdstippen van kentering Hoog Water (KHW) en van Kentering Laag Water (KLW) bepaald worden. Hierdoor kunnen ook eb en vloed gedefinieerd worden: eb is de periode tussen KHW en KLW, en vloed tussen KLW en KHW.

3.1.2.2 Verloop van stroomsnelheid

Naast de stroomrichting wordt ter hoogte van Boei 84, Oosterweel en Driegoten ook de stroomsnelheid geregistreerd met behulp van de Aanderaa-multiparametersondes. Deze metingen zijn puntstroom-snelheidsmetingen. De locatie van de meetplaatsen is telkens zo representatief mogelijk voor de dwars-sectie gekozen. Bij deze locatiekeuze dient telkens wel rekening gehouden te worden met het feit dat ze buiten vaargeul gelegen moet zijn en aan een steiger of dukdalf geplaatst moet kunnen worden. Om toch een inzicht te krijgen in de stroming en sedimenttransport doorheen de gehele dwarssectie op verschillende plaatsen in de Zeeschelde (en in de Rupel), zijn dertienuurs-metingen uitgevoerd, zie § 3.2.2.

Aangezien de stroomsnelheid rond het moment van de kenteringen naar nul terugvalt, zijn enkel gemiddelde en maximale stroomsnelheden tijdens vloed en eb interessante afgeleiden om te presenteren. Bij springtijen zijn ze groter dan bij middeltijen die dan weer groter zijn dan bij doodtijen. Bij stormtijen kunnen de stroomsnelheden nog beduidend groter zijn. Buiten de aldus bepaalde "gemiddelde" stroomsnelheden bij vloed en eb, gelden ook de maximum stroomsnelheden bij vloed en eb als fysisch kenmerkend. Ook hier speelt het tijverschil dé rol van betekenis, dus is er afhankelijkheid van doodtij, middeltij, springtij, stormtij.

De gemiddelde en maximale snelheden over eb en vloed zijn berekend in de periode tussen twee kenteringen, waarbij het moment van kentering bepaald is op basis van de met dezelfde Aanderaa-sonde gemeten stroomrichting.

Figuur 57 tot en met Figuur 64 tonen resp. de gemiddelde stroomsnelheden (Figuur 57 t.e.m. Figuur 59) bij vloed en bij eb, en de maximale (Figuur 62 t.e.m. Figuur 64) stroomsnelheden bij vloed en bij eb en dit voor resp. de locaties Boei 84, Oosterweel, en Driegoten. Wat betreft de meetlocaties te Boei 84 en Oosterweel, is telkens eerst het resultaat van het bovenste meettoestel weergegeven en vervolgens dit van het onderste meettoestel. Op de meetlocatie van Driegoten is slechts één toestel aanwezig. Op al deze locaties is steeds het patroon van doodtij/middeltij/springtij te herkennen.

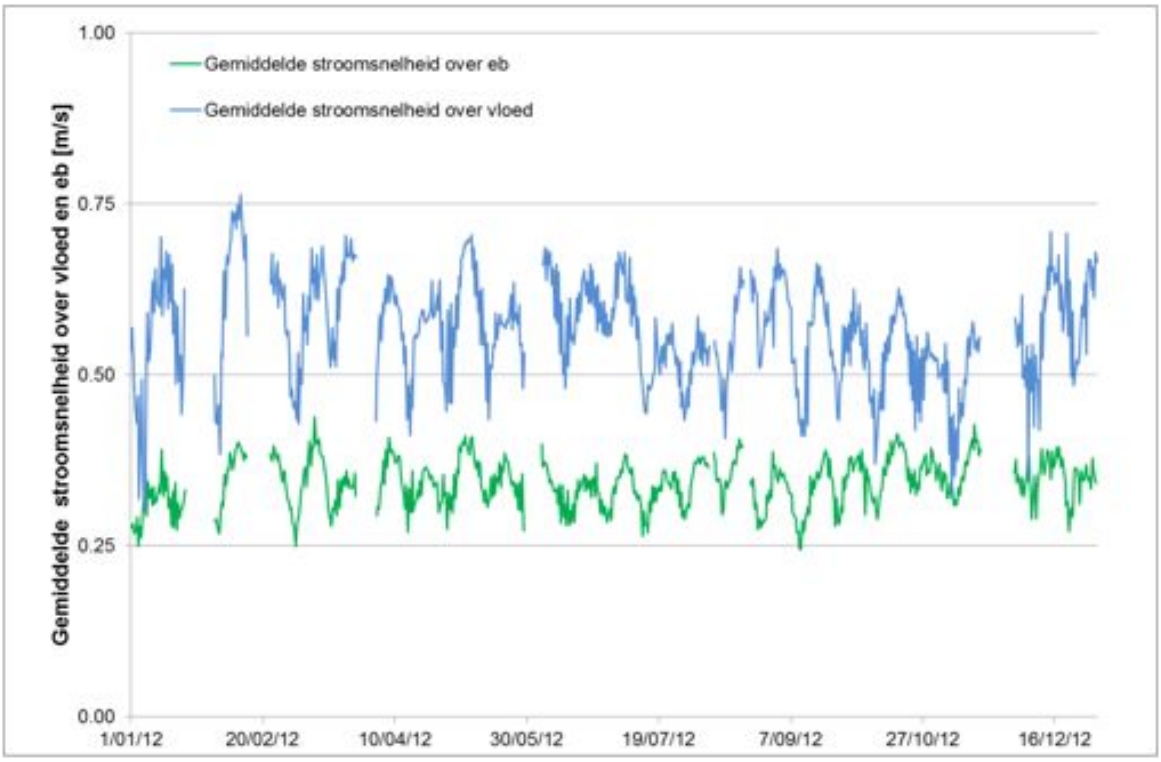
Samengevat kan worden gesteld dat de gemiddelde stroomsnelheid uiteraard groter is bij de bovenste toestellen voor Boei 84 en Oosterweel en dat in winterperiodes doorgaans grotere maximale vloedsnelheden voorkomen dan in zomerse omstandigheden. Dit wordt veroorzaakt doordat -algemeen genomen- er in de winters grotere tijverschillen aanwezig zijn dan in de zomer. Ook het feit van flink ontwikkelde springtijen, bijna-stormtijen en echte stormvloeden speelt daarin.

Aan Boei 84 zijn er uitgesproken verschillen tussen de stroomsnelheden bij vloed en deze bij eb. Voor het bovenste toestel worden hier gemiddelde snelheden bij vloed gemeten van 0.5-0.7 m/s, voor het onderste toestel liggen deze een tiental cm/s lager. Bij eb worden snelheden rond 0.3 m/s gemeten aan het bovenste toestel, en snelheden rond 0.25 m/s onderaan. De maximale snelheden op deze locatie vertonen eenzelfde trend: de maximale stroomsnelheden bij vloed zijn steeds groter dan deze bij eb in dezelfde periode beschouwd. Maximum stroomsnelheden bij vloed gaan van (afgerond) 0.75 à 1.25 m/s (met bij het bovenste meettoestel uiteraard grotere snelheden dan bij het toestel vlak boven bodem) en bij eb gaat het (afgerond) van 0.5 tot 0.75 m/s.

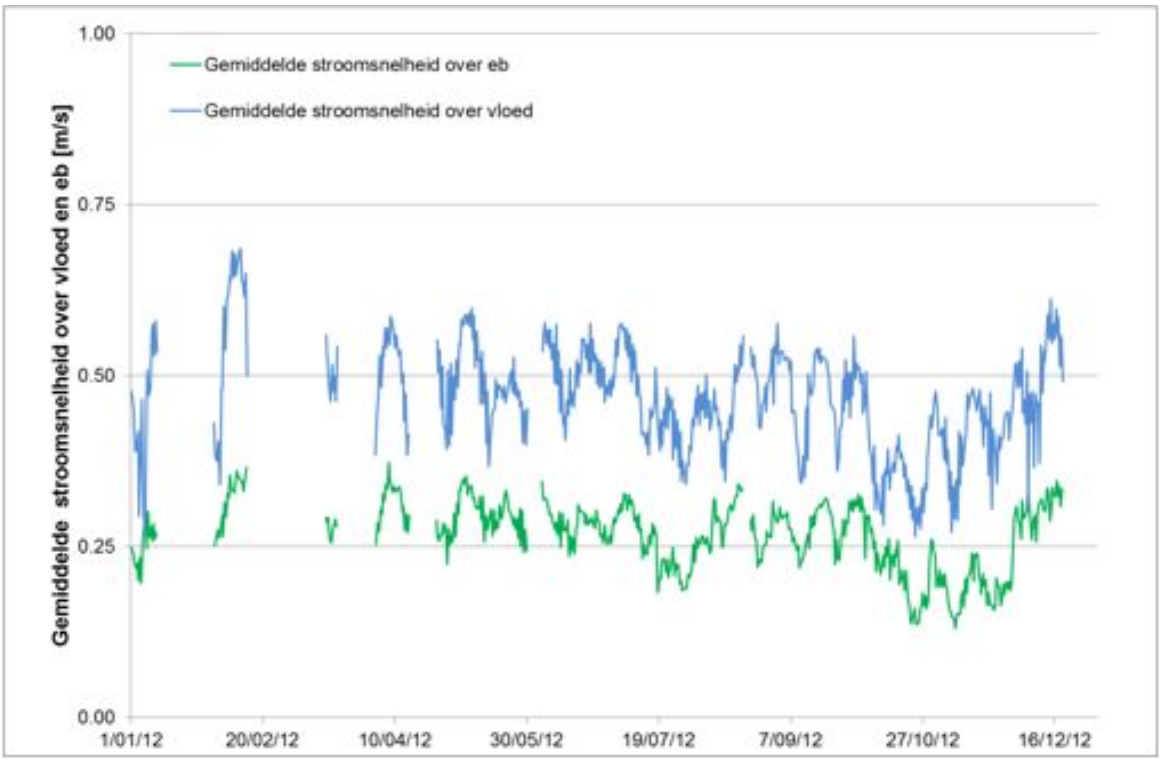
Te Oosterweel zijn (per meethoogte) de gemiddelde stroomsnelheden over vloed en over eb ongeveer gelijk; ze variëren tussen rond 0.4 en 0.6 m/s voor het toestel vlak boven de bodem, en tussen 0.5 en 0.75 m/s voor het toestel net onder laag-laagwaterpeil. De maximum-snelheden te Oosterweel over vloed zijn doorgaans groter dan deze over eb, al is het verschil voor het toestel net onder de laag-laagwaterlijn klein, en is het verschil voor het toestel over de bodem van orde van grootte 0.2 à 0.5 m/s.

Wat betreft de stroomsnelheden te Driegoten is het patroon omgekeerd. Hier is zowel de gemiddelde als de maximale stroomsnelheid bij eb groter dan deze bij vloed. De gemiddelde stroomsnelheden schommelen hierbij rond 0.60 m/s bij eb en rond 0.25 m/s bij vloed. De maximale stroomsnelheden variëren van 0.75-0.9 m/s-bij eb en van 0.3-0.75 m/s over vloed.

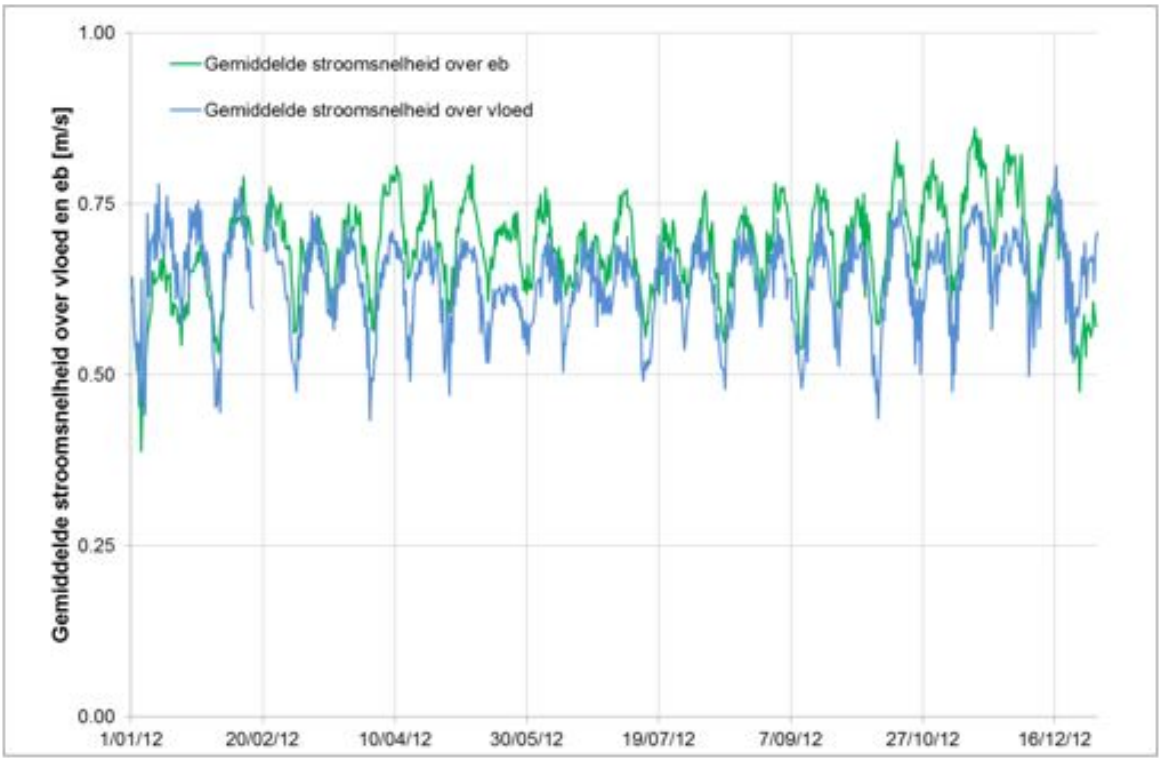
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



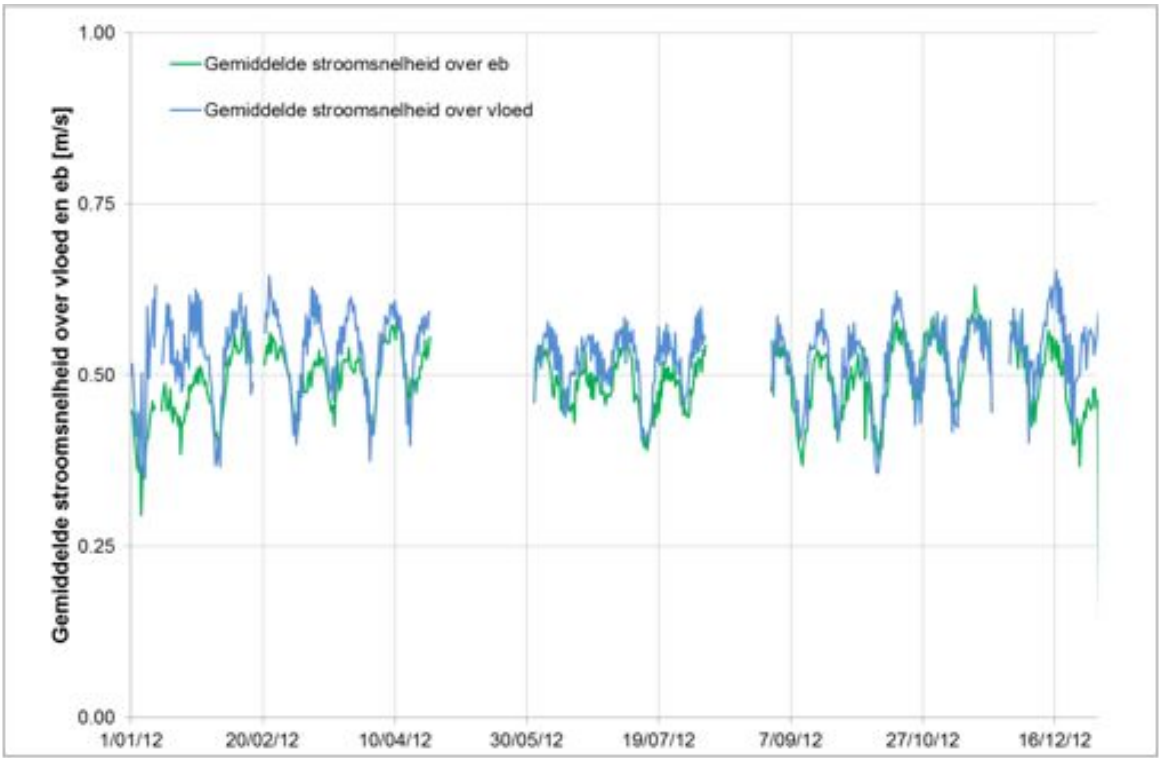
Figuur 55 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



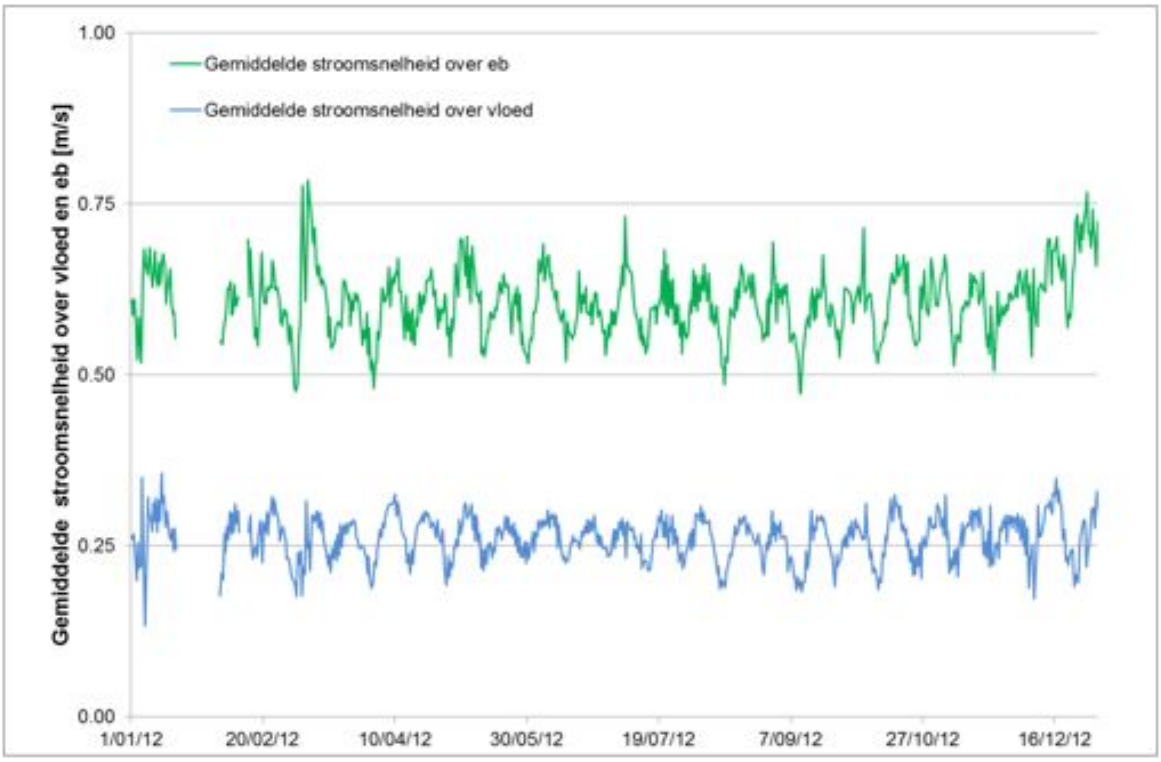
Figuur 56 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



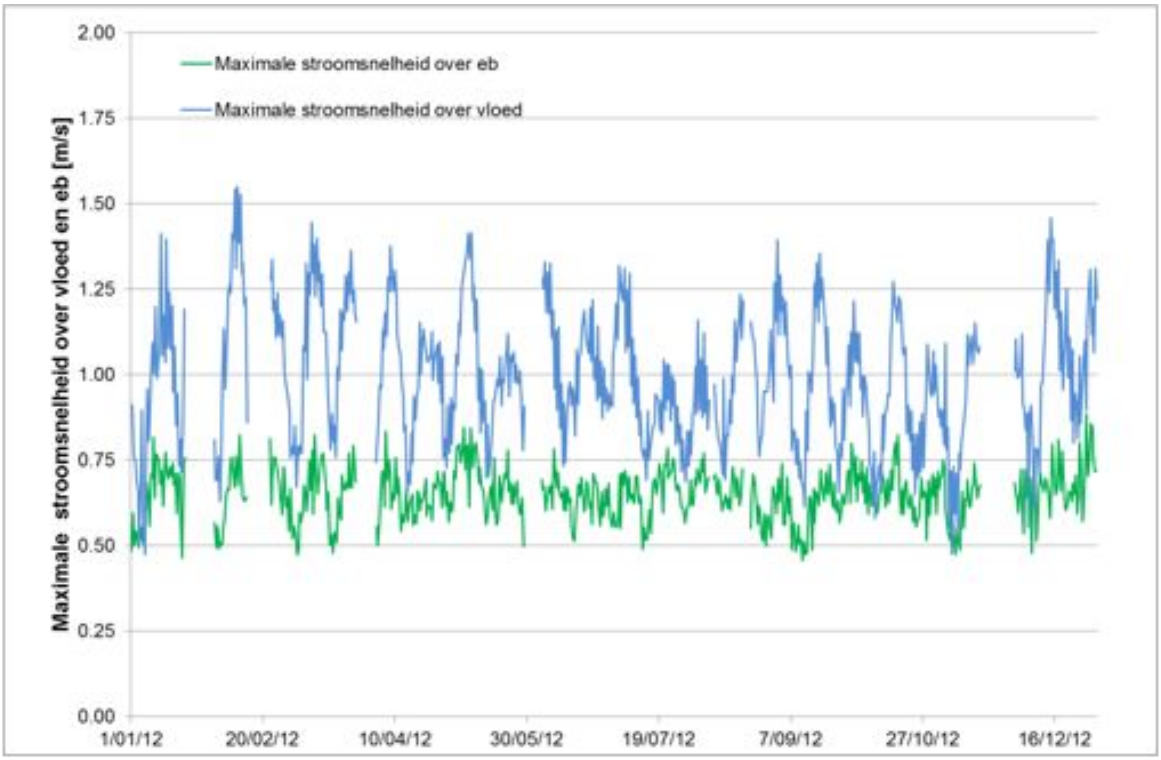
Figuur 57 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



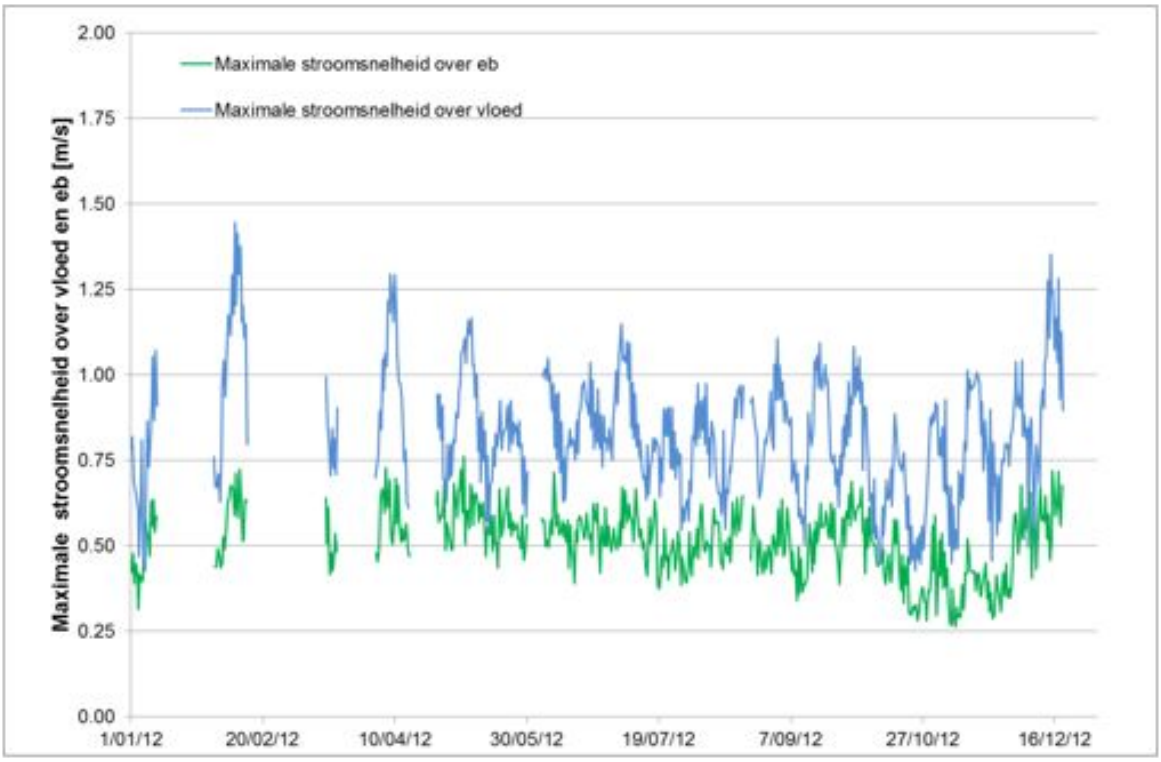
Figuur 58 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



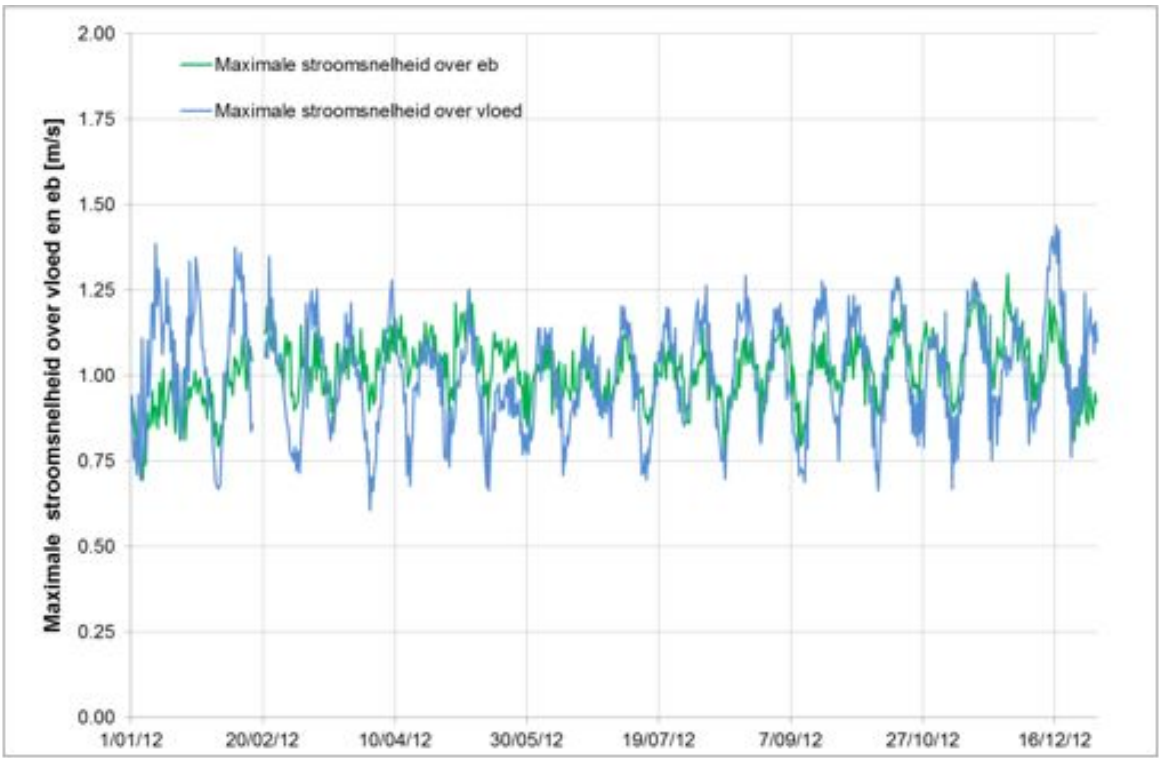
Figuur 59 - Gemiddelde stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



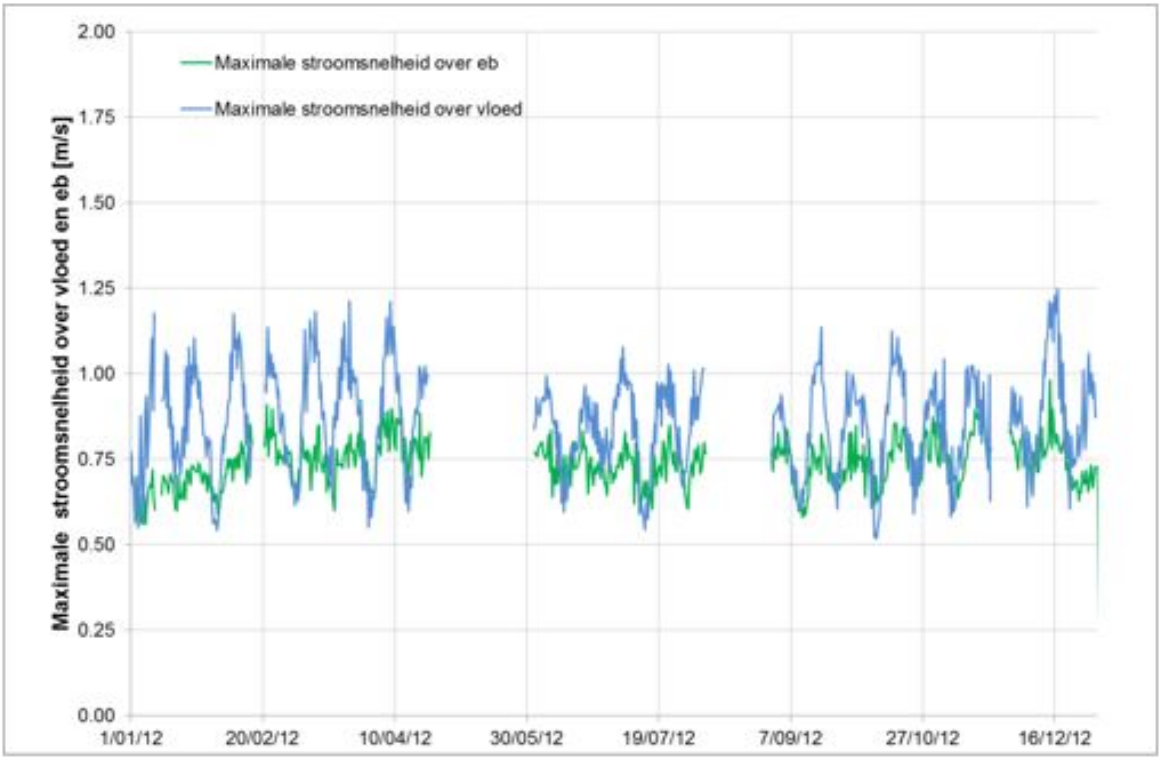
Figuur 60 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



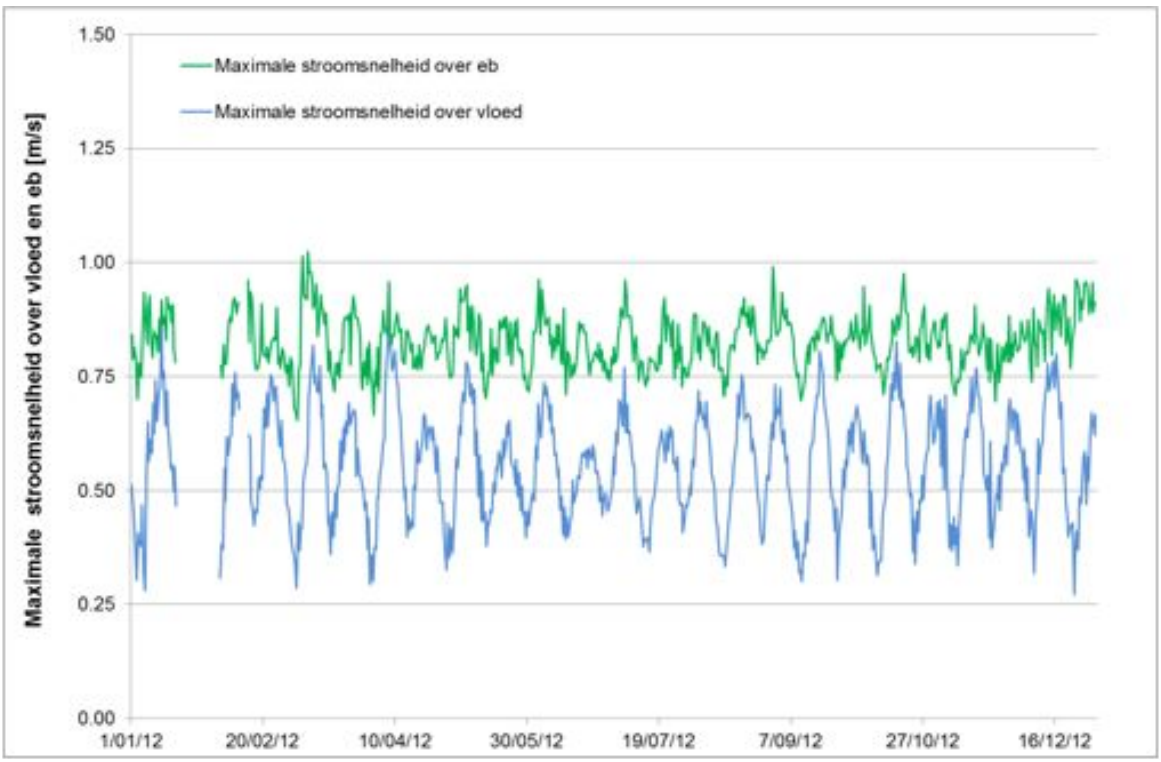
Figuur 61 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



Figuur 62 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



Figuur 63 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel

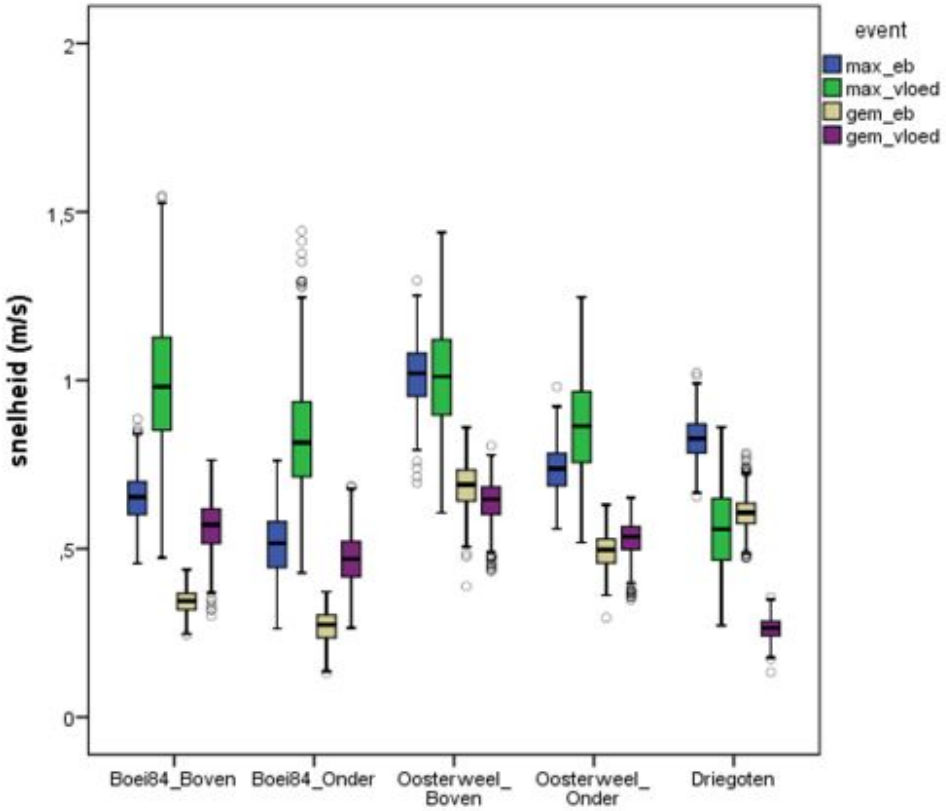


Figuur 64 - Maximale stroomsnelheid over vloed en over eb te Driegoten (Boven-Zeeschelde)

Figuur 65 geeft een samenvatting van bovenstaande grafieken voor alle meetlocaties door middel van boxplots. Door het gebruik van boxplots kunnen de mediaan (de volle lijn), de interkwartielafstand (de doos), de minimum en maximum waarden, exclusief uitbijters (whiskers) en de uitbijters (bollen en sterren) van de verschillende meetplekken vergeleken worden.

In deze figuur kan duidelijk de evolutie doorheen de rivier gevolgd worden. Waar meer stroomafwaarts te Boei 84 de stroomrichting nog duidelijk vloed-gedomineerd is, is dit nog maar weinig het geval te Oosterweel. In Driegoten ondervindt het systeem nog relatief meer invloed van de bovenafvoer, en is de stroming eb-gedomineerd.

Tabel 15 en Tabel 16 geven bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de gemiddelde en de maximale stroomsnelheid over vloed en over eb voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde. Deze waarden tonen eveneens de vloed-dominantie stroomafwaarts ter hoogte van Boei 84, ten opzichte van de ebdominantie van de stroming ter hoogte van Driegoten.



Figuur 65 - Boxplot van gemiddelde en maximale stroomsnelheid over vloed en over eb, gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde

In Figuur 66 tot en met Figuur 75 wordt voor elke meetlocatie met Aanderaa toestellen (Boei 84, Oosterweel en Driegoten) de maximale eb- en vloedsnelheid weergegeven in functie van de overeenkomstige daling respectievelijk stijging van het waterpeil te Antwerpen. Meer bepaald wordt het gemiddelde en de standaardafwijking voor elk snelheidspercentiel uitgezet.

Deze figuren vertonen logischerwijs een stijgend verloop: bij een grotere verandering van het waterpeil treedt een grotere snelheid op en vice versa. Een tweede vaststelling heeft betrekking op het bereik van de maximale snelheden dat duidelijk hoger ligt bij de bovenste meettoestellen in vergelijking met de onderste meettoestellen te Boei 84 en te Oosterweel. De stroomsnelheid is uiteraard kleiner vlak bij de bodem dan hoger in de waterkolom.

Ook uit deze figuren kan duidelijk de vloeddominantie te Boei 84 en de ebdominantie te Drietgoten worden afgeleid. Voor Boei 84 ligt, zowel voor het bovenste als onderste meettoestel, de range van maximale snelheden (i.e. percentielgemiddelden) bij eb volledig onder deze bij vloed. Te Driegoten kan het omgekeerde worden vastgesteld. Te Oosterweel is het bereik van snelheden gelijkaardig bij eb en vloed.

Een overzicht van het verloop van de maximale eb- en vloedsnelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008 t.e.m. 2012 is weergegeven in Bijlage 1.C.2.

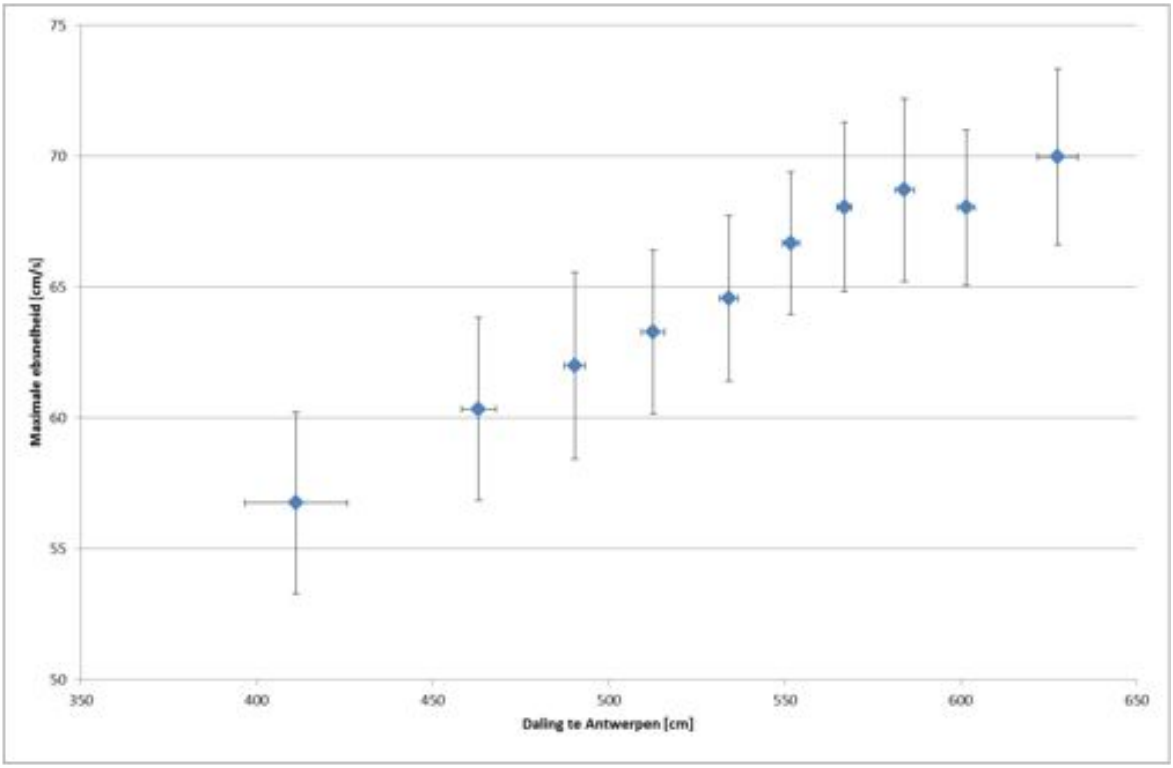
Tabel 15 - Overzicht statistieken voor de gemiddelde stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde

	Gemiddelde snelheid over eb (m/s)				**Gemiddelde snelheid over vloed (m/s)**			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei84 boven	0.24	0.34	0.44	0.04	0.30	0.56	0.76	0.08
Boei84 onder	0.13	0.27	0.37	0.05	0.26	0.47	0.69	0.08
Oosterweel boven	0.39	0.69	0.86	0.07	0.43	0.64	0.81	0.07
Oosterweel onder	0.30	0.49	0.63	0.05	0.35	0.53	0.65	0.06
Driegoten	0.47	0.61	0.78	0.05	0.13	0.26	0.36	0.03

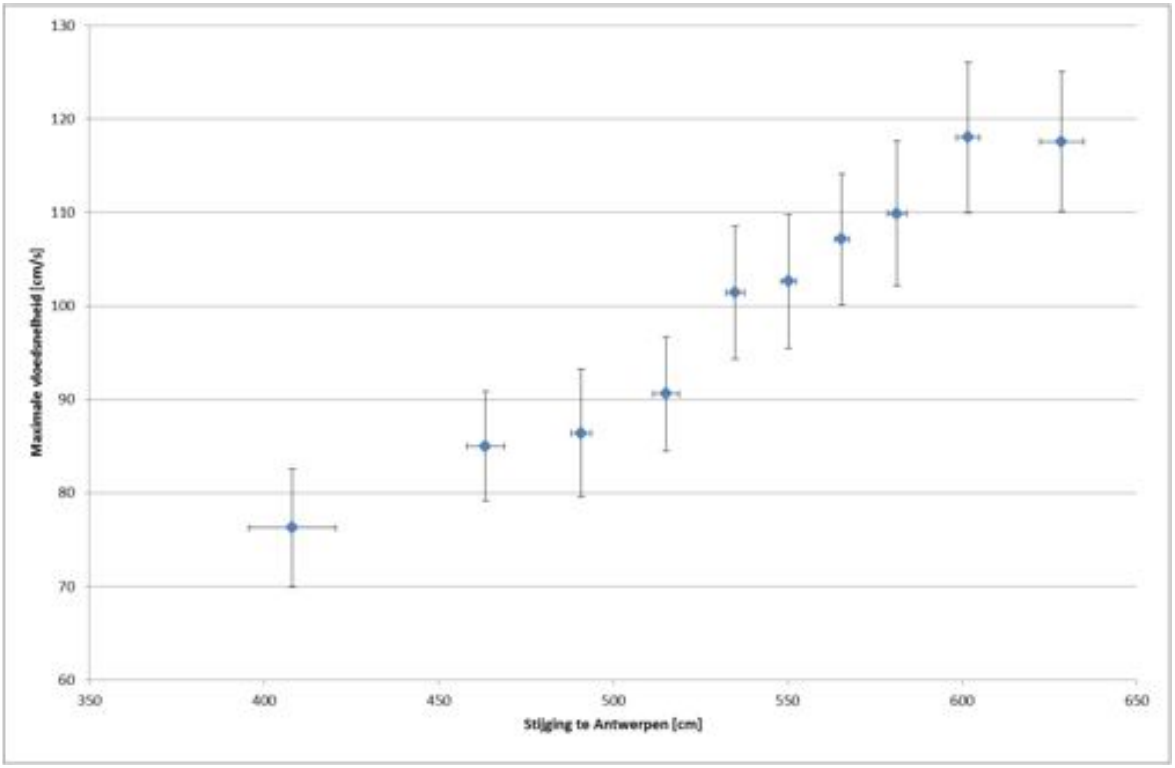
Tabel 16 - Overzicht statistieken voor de maximale stroomsnelheid over eb en over vloed gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde

	Maximum snelheid over eb (m/s)				**Maximum snelheid over vloed (m/s)**			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei84 boven	0.46	0.65	0.88	0.08	0.47	1.00	1.55	0.20
Boei84 onder	0.26	0.51	0.76	0.10	0.43	0.83	1.44	0.18
Oosterweel boven	0.70	1.01	1.30	0.09	0.61	1.01	1.44	0.16
Oosterweel onder	0.56	0.74	0.98	0.07	0.52	0.86	1.25	0.15
Driegoten	0.65	0.83	1.02	0.06	0.27	0.56	0.86	0.12

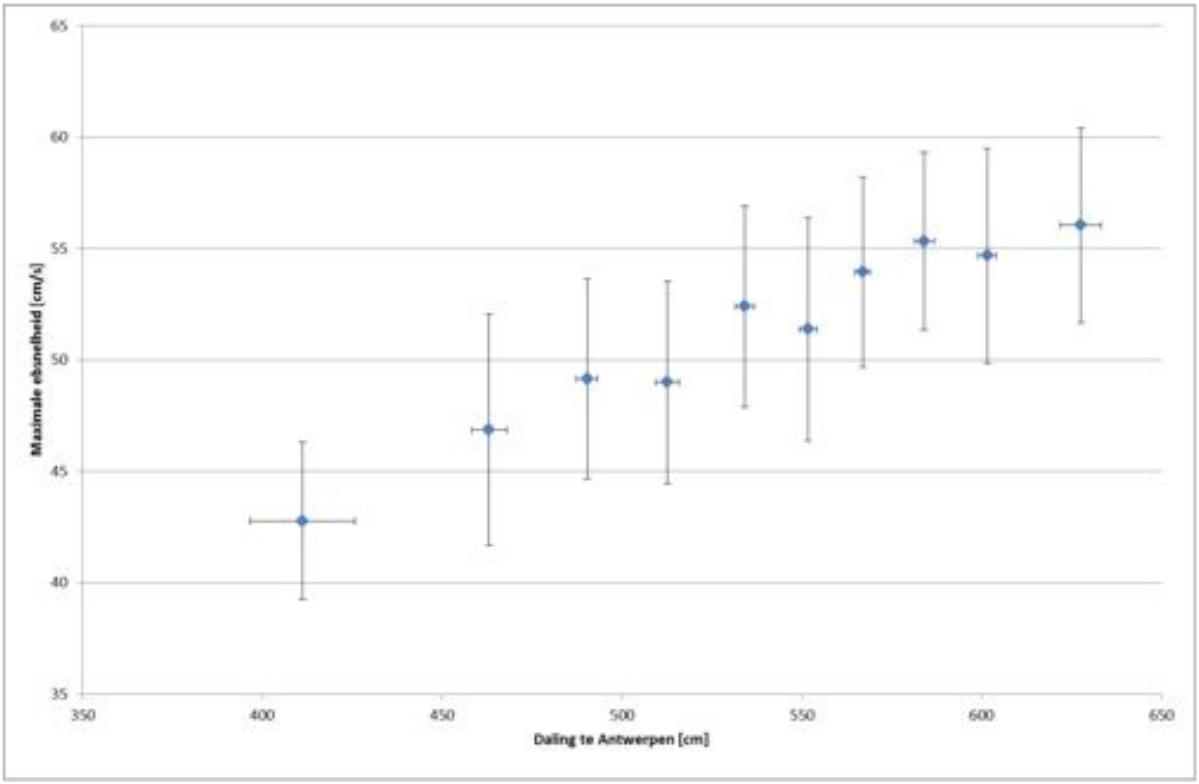
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



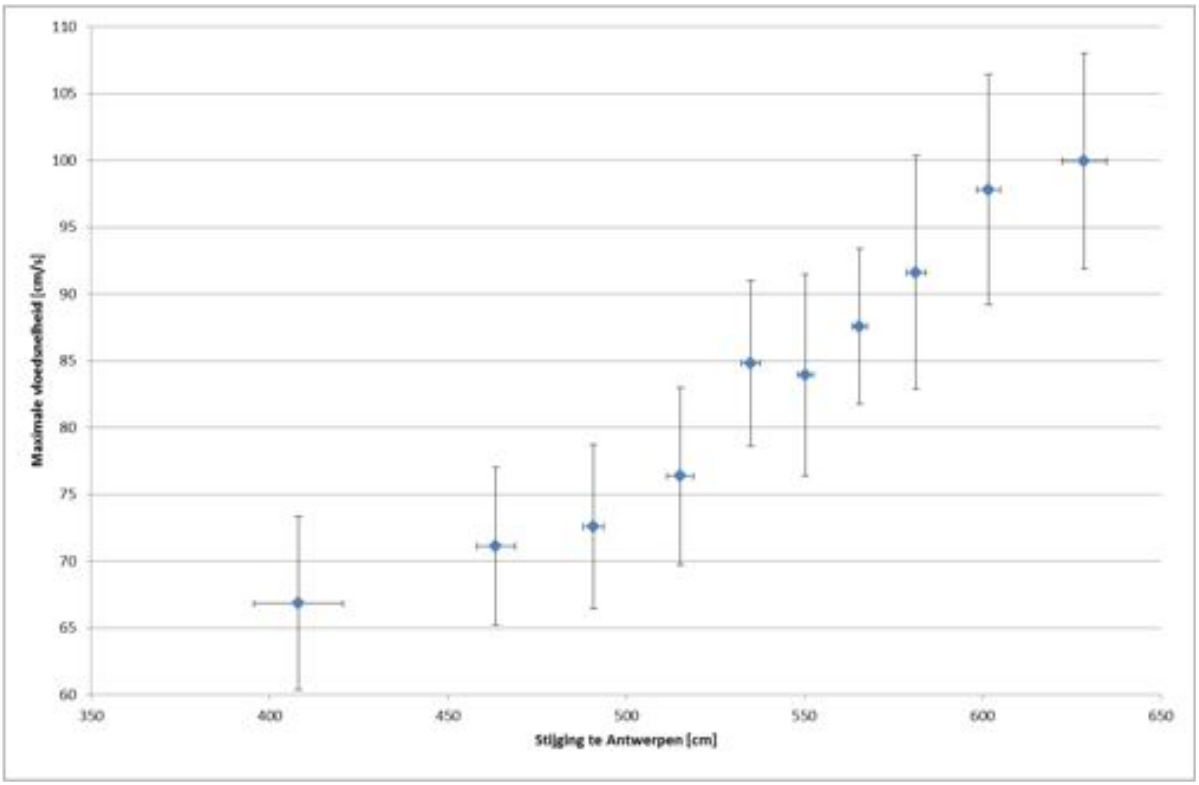
Figuur 66 - Maximale ebsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



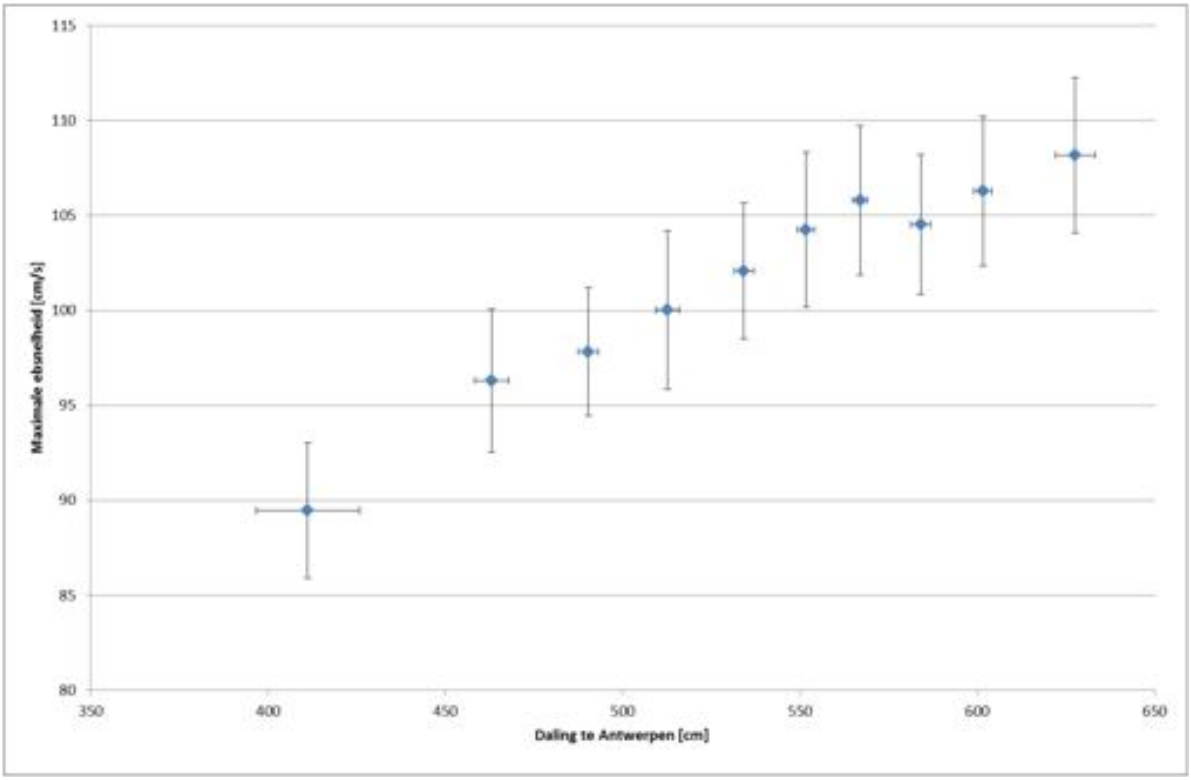
Figuur 67 - Maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen



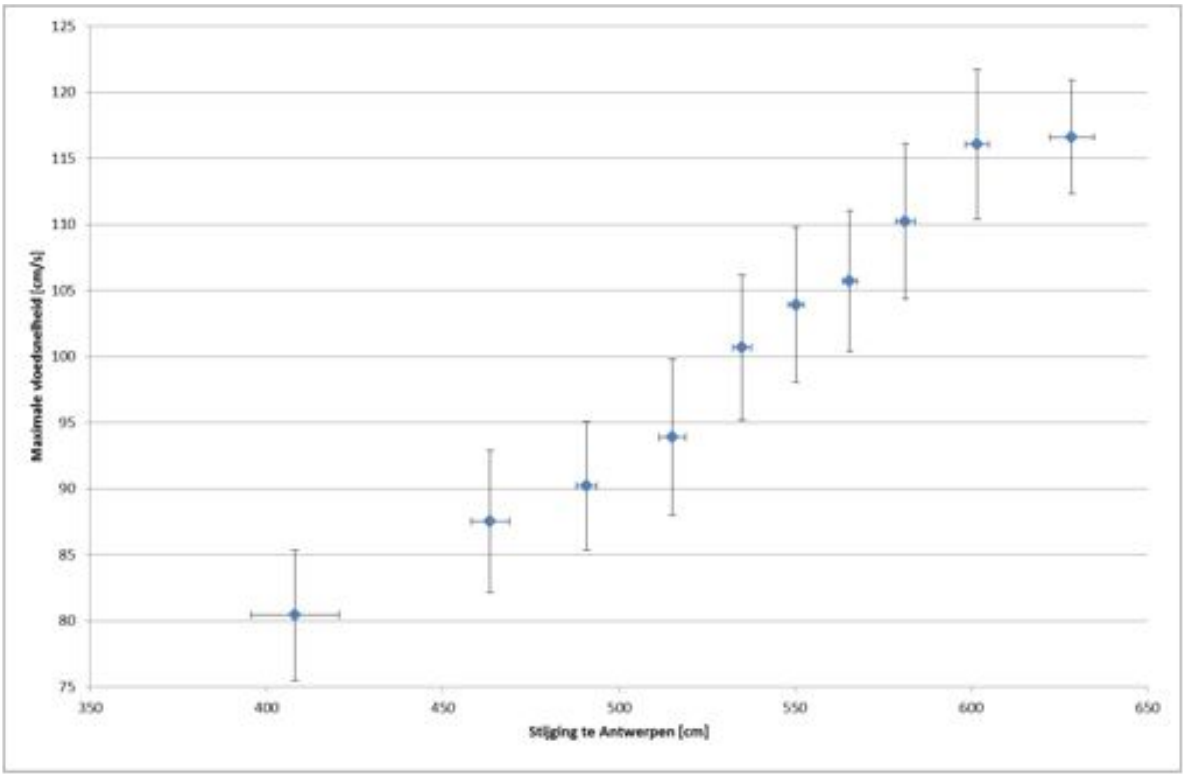
Figuur 68 - Maximale ebsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



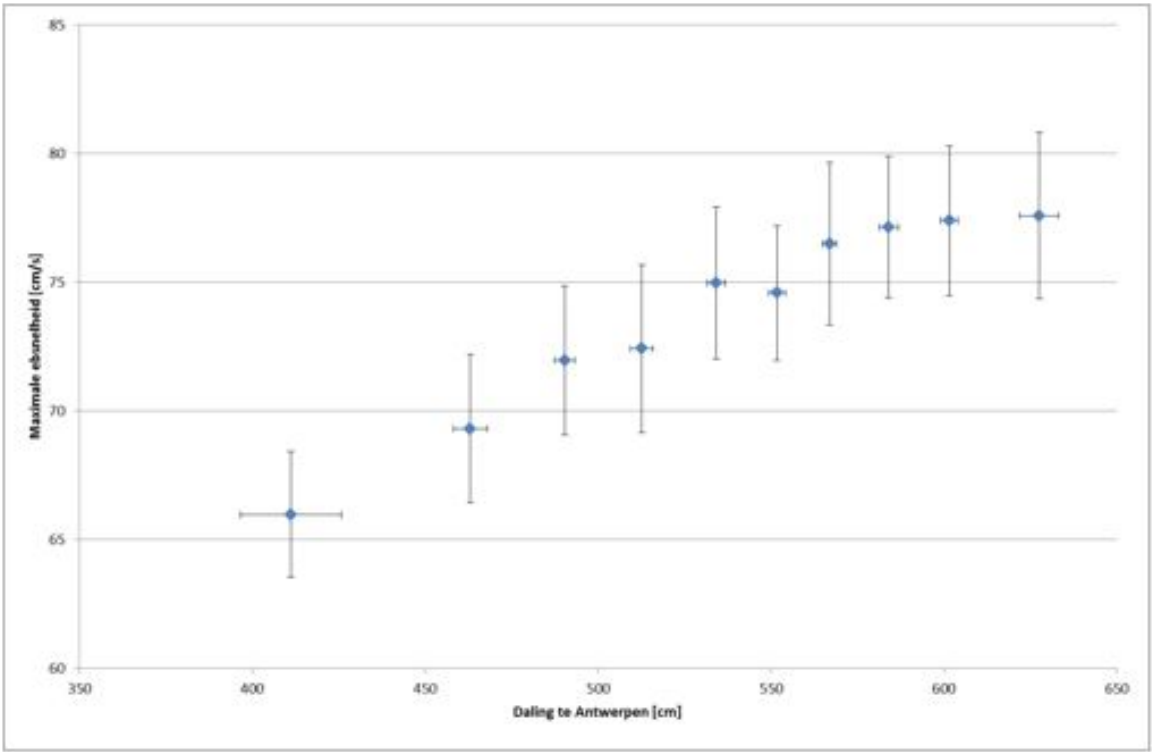
Figuur 69 - Maximale vloedsnelheid te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen



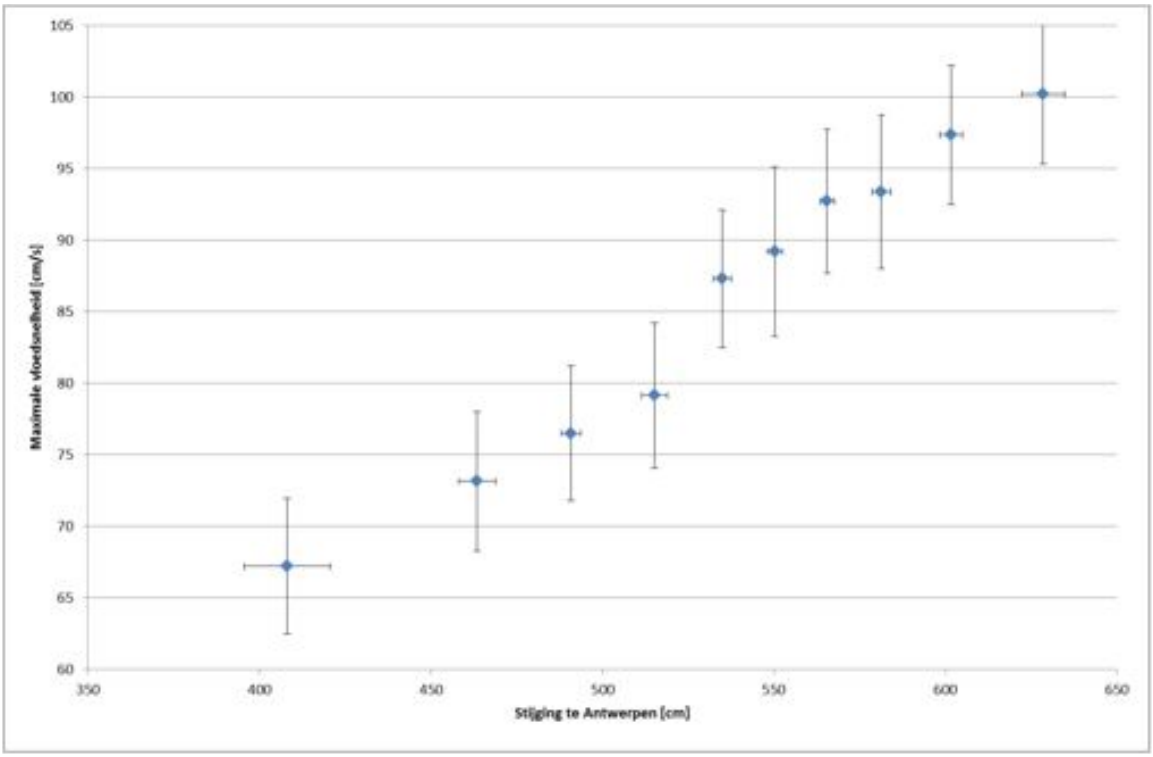
Figuur 70 - Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



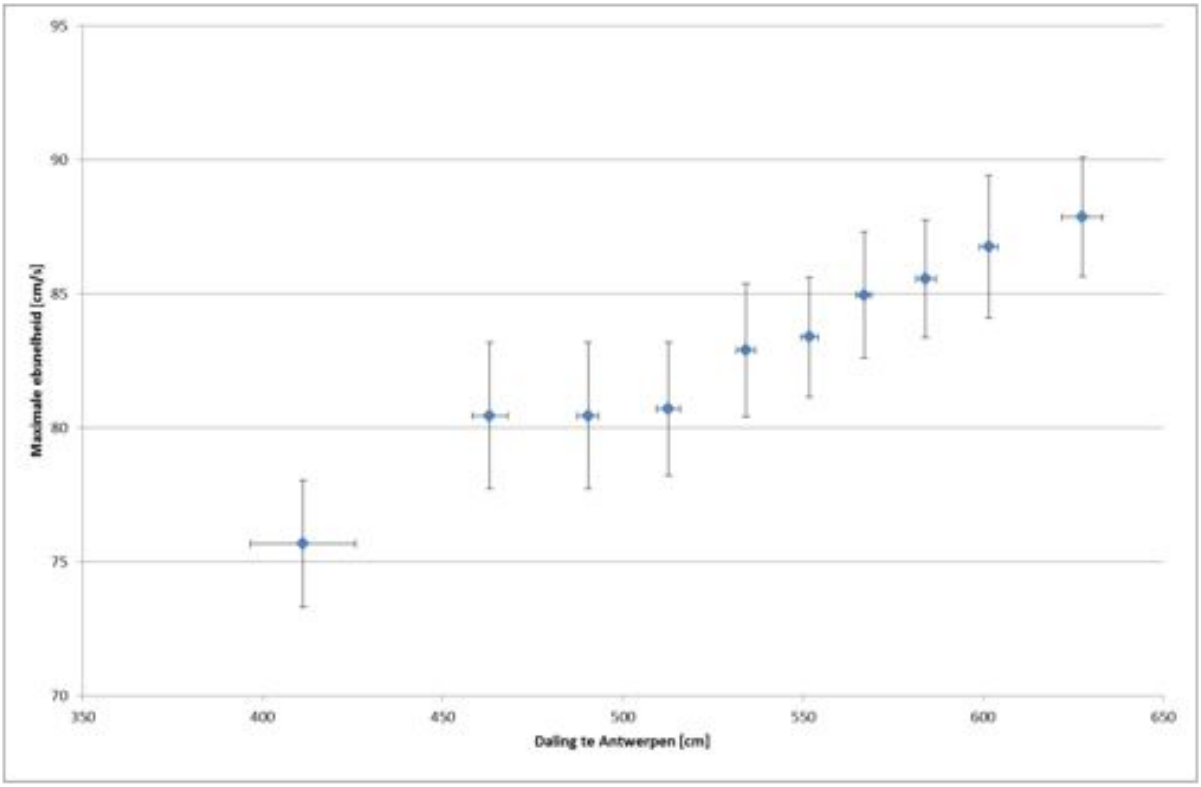
Figuur 71 - Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen



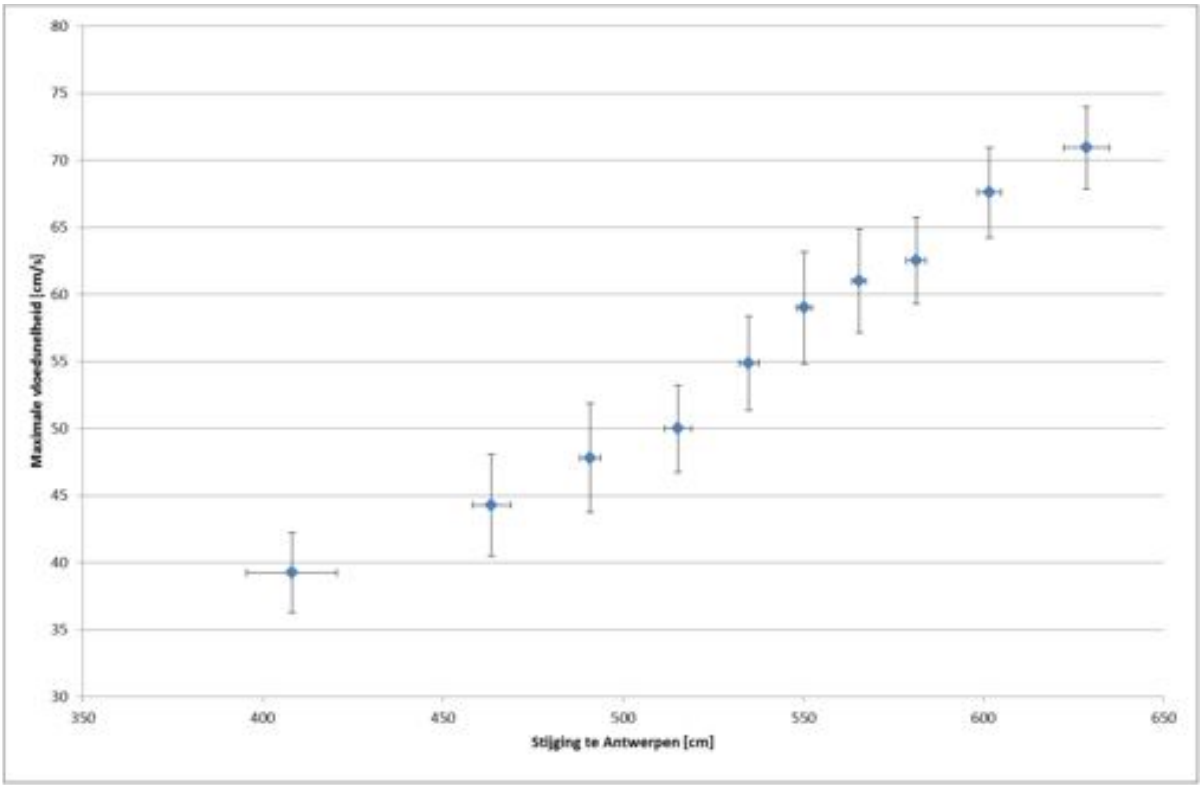
Figuur 72 - Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



Figuur 73 - Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen



Figuur 74 - Maximale ebsnelheid te Driegoten (Boven-Zeeschelde) versus de daling in waterpeil te Antwerpen



Figuur 75 - Maximale vloedsnelheid te Driegoten (Boven-Zeeschelde) versus de stijging in waterpeil te Antwerpen

3.1.3. Verloop 2012 temperatuur continue meetlocaties Zeeschelde

Zowel te Prosperpolder, Boei 84, Liefkenshoek, Oosterweel, Hemiksem, Driegoten, Melle als Duffelsluis wordt de watertemperatuur op continue wijze gemeten. Zoals al hoger aangehaald, betekent "continu" een meting om de tien minuten (en te Melle en Duffelsluis zelfs om de vijf minuten). Hierna wordt voor deze meetlocaties het verloop van de temperatuur in 2012 gerapporteerd.

Voor de meetlocaties waar de Aanderaa-toestellen snelheidsrichting meten (Boei 84, Oosterweel en Driegoten), zijn op basis van deze richting het moment van KHW en KLW afgeleid. Deze tijdstippen werden gebruikt om de temperatuur rond KHW en KLW te bepalen, als het extremum (minimum/maximum) binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering. Voor de andere meetlocaties zijn de continue metingen weergegeven.

Voor meting van watertemperatuur is de aanwezigheid van twee of meer metingen over de verticaal weinig relevant. Door de grote menging is er op eenzelfde ogenblik immers zeer weinig verschil in temperatuur tussen het bovenste en het onderste toestel. Er is wel een verloop gedurende een tij, waarbij de mariene invloed een bufferende werking heeft: tijdens de zomer is het zeewater gemiddeld kouder dan de bovenafvoer, tijdens de winter is het zeewater gemiddeld warmer. Daarom is het interessant om de temperaturen in de Beneden-Zeeschelde, net zoals de conductiviteiten, te bepalen bij de momenten van kentering.

Figuur 76 tot en met Figuur 80 geven het temperatuursverloop in 2012 bij KHW en KLW weer voor alle Aanderaa-sondes. Het algemene temperatuursverloop over een jaar is op alle plaatsen uiteraard duidelijk en zeer vanzelfsprekend, nl. meegaande met de luchttemperatuur dus mooi seizoenaal. Hierbij valt het dal in februari op, zijnde een klassieke vorst-maand..

De wasgebeurtenissen in maart en december 2012 hebben weinig invloed op het temperatuursverloop.

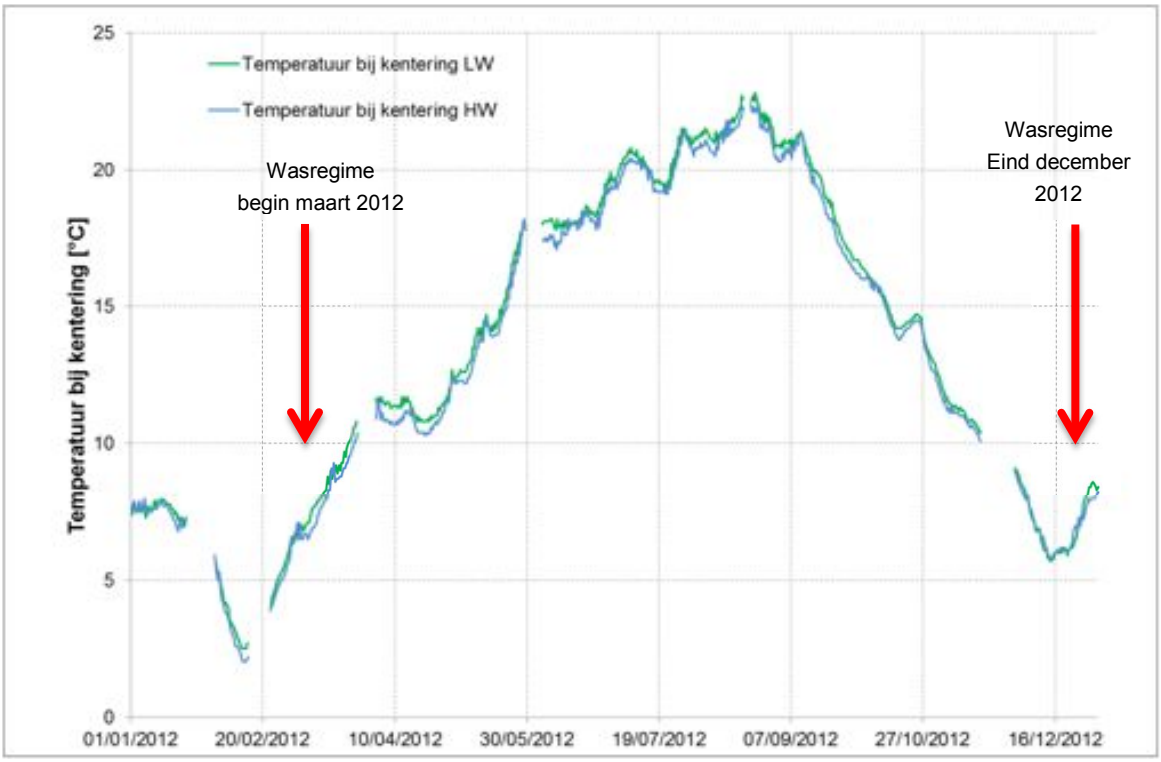
Het temperatuursverloop aan Boei 84 (Figuur 76 en Figuur 77) toont dat het Schelde-water onafhankelijk van de seizoenen steeds iets kouder is bij KHW dan bij KLW. Vloed brengt van afwaarts kouder water aan tot een tijdelijk minimum wordt bereikt waarna het, met eb, weer warmer wordt. Het temperatuursverschil is niet constant, en hangt al af van het tijverschil: hoe groter het tijverschil des te groter het verschil in temperatuur bij de kenteringen.

Het temperatuursverloop te Oosterweel (Figuur 78 en Figuur 79) wijkt daar iets van af. Daar speelt het "warmtehart" van de Beneden-Zeeschelde een rol: de thermische lozingen van elektriciteitscentrales en vanuit diverse vnl. petrochemische industrieën. Dat mag echter niet zomaar veralgemeend worden tot temperatuursmetingen op andere locaties. Of KHW warmer dan wel kouder is dan KLW kan dus niet aan een "warmere" of aan een "koudere" periode worden gerelateerd. Wel is te zien dat bij afkoeling (nazomer + herfst + begin van winter) het een omgekeerd beeld geeft van wat aan Boei 84 het hele jaar door geobserveerd. Maar ook in na-winter en in midden juni en midden juli 2012 was de watertemperatuur bij KHW groter dan bij KLW. In warme jaren kan het beeld evenwel wisselend zijn al naargelang warmer of kouder weer, of al naargelang warm of koud weer persistent aanhoudt. Alsdan kan het voorkomen dat de temperatuur te Oosterweel bij KHW toch iets kouder is dan bij de omringende KLW's.

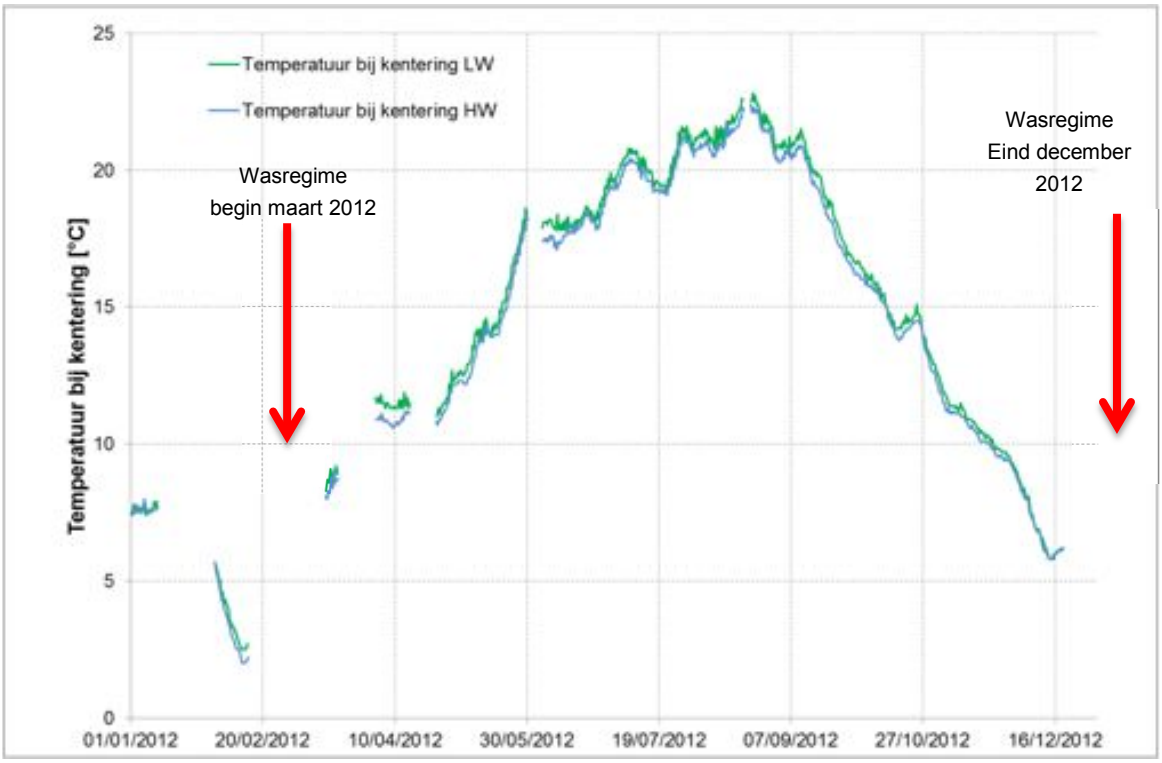
Te Driegoten (Figuur 80) is het verschil tussen temperatuur bij KHW en KLW weer kleiner. Bij hoge temperaturen is de temperatuur tijdens KLW telkens iets hoger dan bij KHW.

Vergelijking van de watertemperaturen van enerzijds Oosterweel en anderzijds Boei 84, toont dat deze temperaturen goed overeenkomen, behalve vanaf nazomer tot en met winterperiode, wanneer de watertemperaturen te Oosterweel bij kentering van laagwater beduidend kouder zijn dan te Boei 84. Een "warmtehart" tussen Oosterweel en Boei 84 levert dergelijk beeld, als bij koud Schelde-water de verschillende en soms erg belangrijke warmtelozingen tussen Kallo en de grens hun effect tonen.

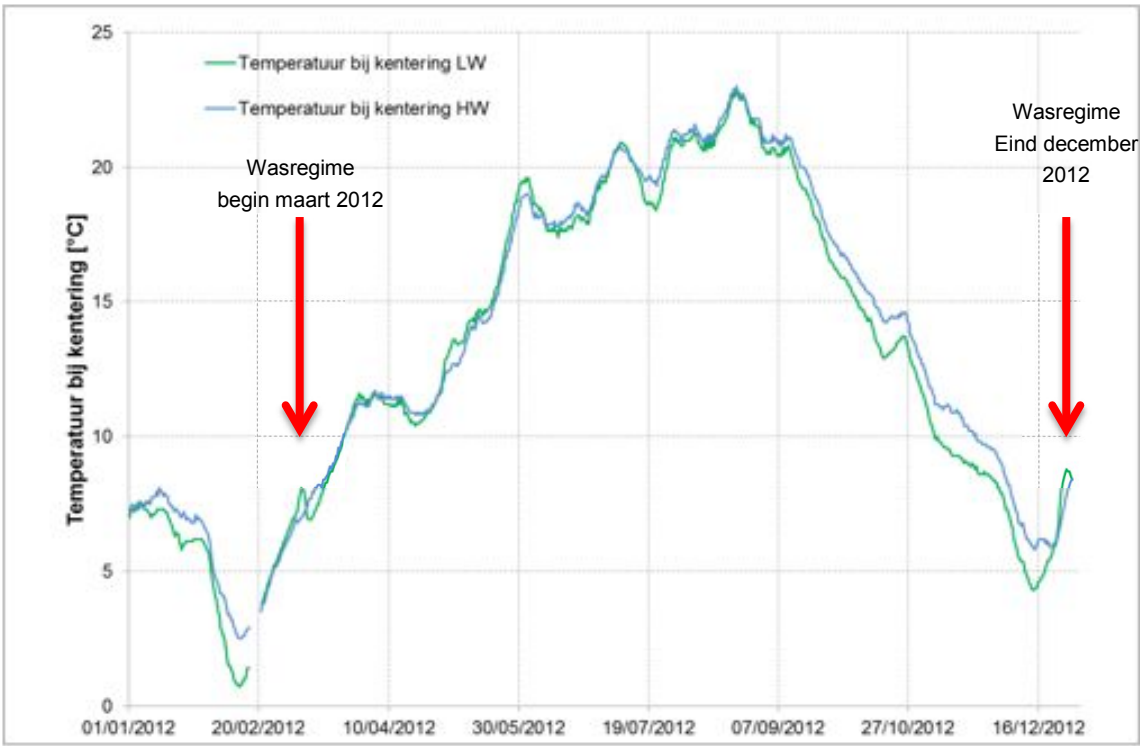
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



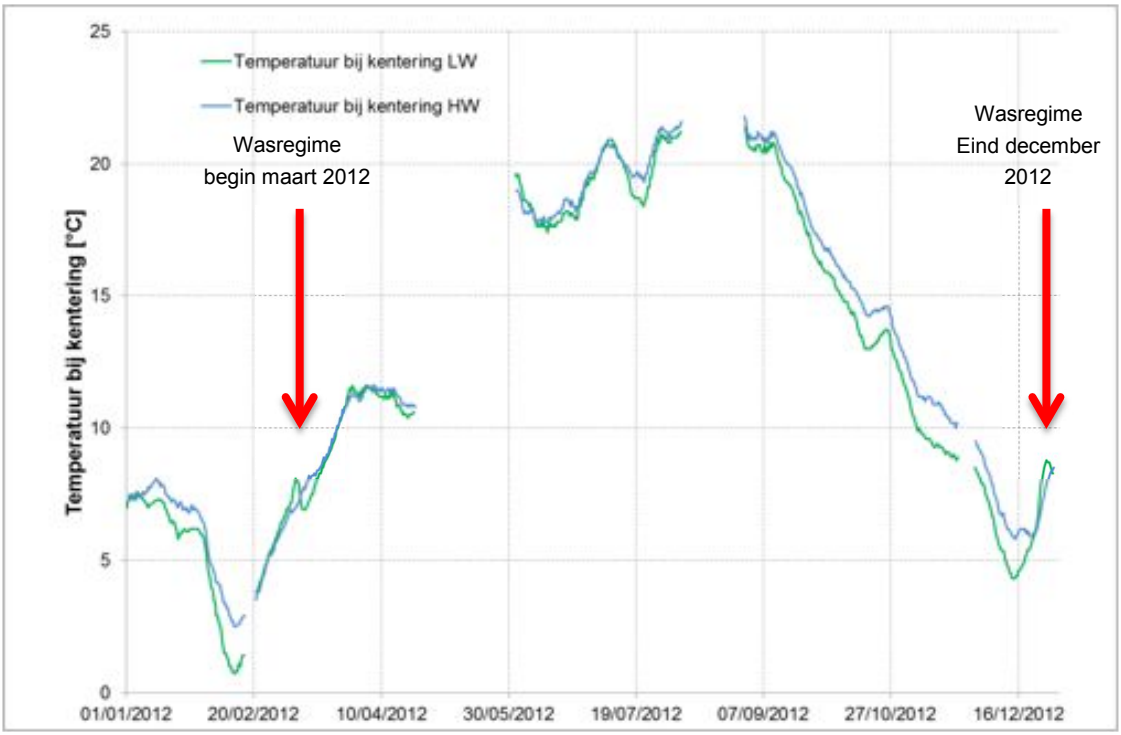
Figuur 76 - Temperatuur bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



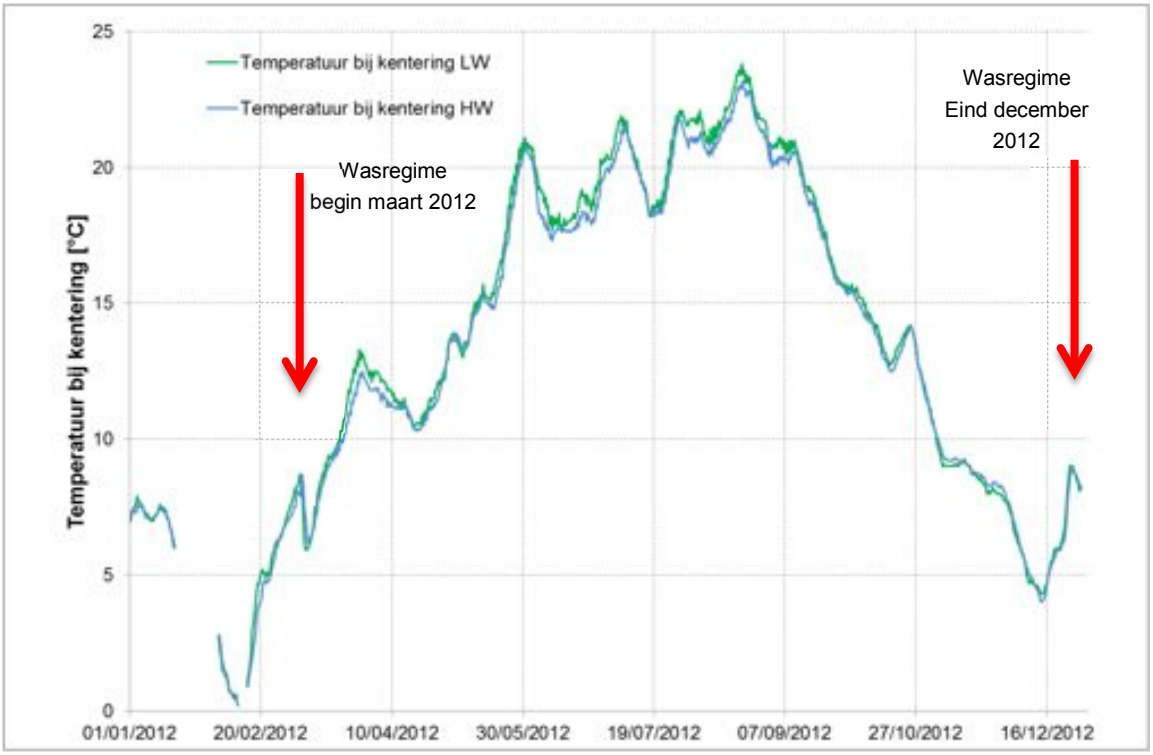
Figuur 77 - Temperatuur bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



Figuur 78 - Temperatuur bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel

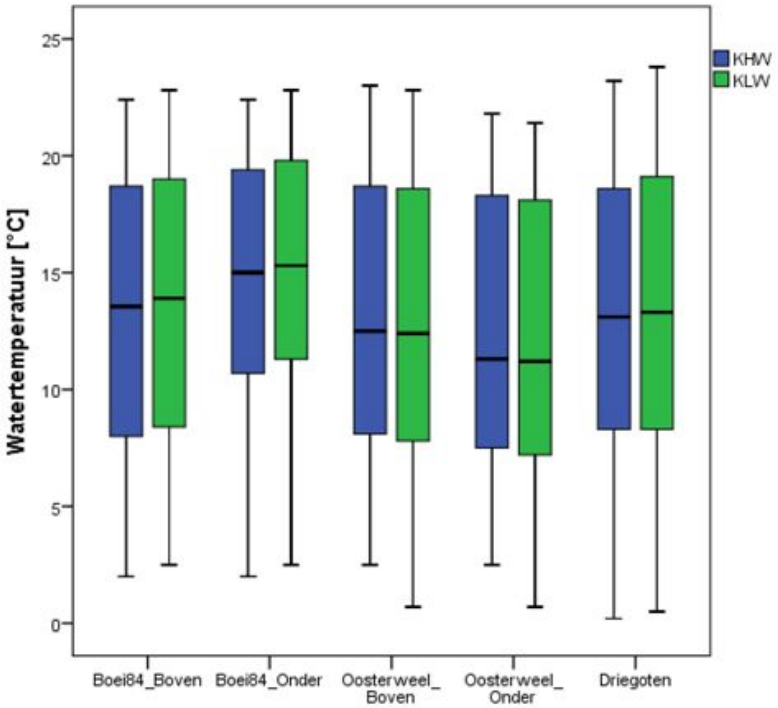


Figuur 79 - Temperatuur bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



Figuur 80 - Temperatuur [°C] bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde)

Figuur 81 toont bij wijze van overzicht de boxplots voor de gemeten temperatuur bij KHW en KLW op alle locaties waar een Aanderaa multiparametersonde aanwezig is. Deze figuur toont eveneens aan dat er slechts een beperkt verschil is in watertemperatuur voor de verschillende meetlocaties in de Boven-Zeeschelde.



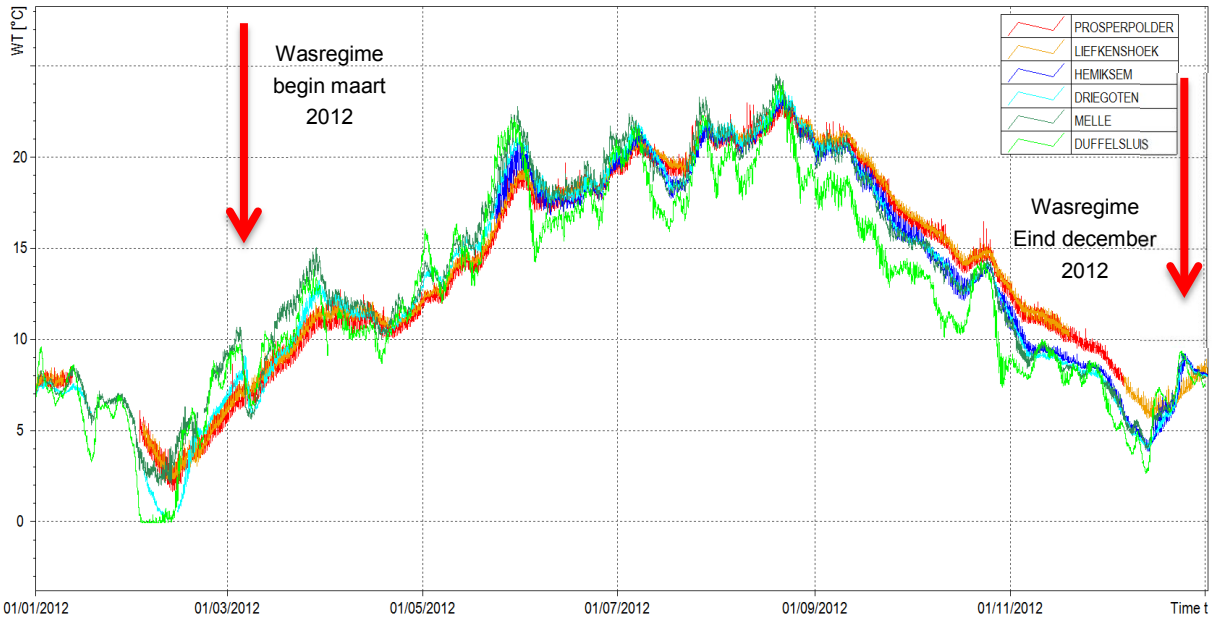
Figuur 81 - Boxplot voor de gemeten Temperatuur bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes

Tabel 17 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de extrema in temperatuur rond KWH en KLW voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde.

Tabel 17 - Overzicht statistieken voor de extrema van temperatuur bij KHW en KLW gemeten door de verschillende Aanderaa toestellen op locaties in de Zeeschelde

	Temperatuur (°C) bij KHW				**Temperatuur (°C) bij KLW**			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei84 boven	2	13.42	22.40	5.60	2.50	13.70	22.80	5.62
Boei84 onder	2	14.56	22.40	5.29	2.50	14.88	22.80	5.32
Oosterweel boven	2.5	13.32	23.00	5.70	0.70	12.90	22.80	5.85
Oosterweel onder	2.5	12.61	21.80	5.70	0.70	12.08	21.40	5.82
Driegoten	0.2	13.28	23.20	5.81	0.5	13.54	23.80	5.95

Figuur 82 geeft het jaarverloop van de temperatuur te Prosperpolder, Liefkenshoek en Hemiksem (CTD multiparametersondes) en te Melle en Duffelsluis (YSI sondes) weer. Te Hemiksem ontbreken de waarden tot mei 2012, omwille van een herstelling van het toestel tussen 9/1/2012 en 23/5/2012.



Figuur 82 - Temperatuur Prosperpolder en Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde), Hemiksem, Driegoten en Melle (Boven-Zeeschelde) en Duffelsluis (Beneden-Nete)

Bij vergelijking van de watertemperaturen tussen de verschillende meetstations onderling, geldt dat er een verschillend temperatuursverloop is te enerzijds Prosperpolder en Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) tegen anderzijds Hemiksem, Driegoten, Melle en Duffelsluis. De temperatuursvariatie te Prosperpolder en Liefkenshoek is analoog aan deze te Boei 84 en Oosterweel. De bandbreedte van de temperatuurs-metingen voor de verschillende meetlocaties, is telkens te wijten aan de variatie over de kenteringen.

Het temperatuursverloop vertoont een sterke daling in februari, gezien vorstperiodes en de snelle respons van het “boven”-water op temperatuursschommeligen. Voor de Boven-Zeeschelde (Melle en Driegoten) en de Nete (Duffelsluis) is deze daling bruusk. Voor de Beneden-Zeeschelde is deze daling meer geleidelijk ten gevolge van de bufferende werking van het meer maritieme milieu (met groter watervolume). Voor het volledige jaar 2012 leidt deze bufferwerking tot een eerder vloeiend verloop van de temperatuur op de Beneden-Zeeschelde tegenover het grillige patroon van de bovenlopen.

3.1.4. Verloop 2012 conductiviteit continue meetlocaties

De conductiviteit van het Scheldewater in de Beneden-Zeeschelde hangt vooral af van het gehalte aan zeewater en in in mindere mate van de watertemperatuur. In dit rapport wordt conductiviteit steeds weergegeven als de absolute conductiviteit, dus deze bij heersende watertemperatuur en niet een herleide conductiviteit naar een standaardtemperatuur van bvb. 20 of 25°C.

Net zoals voor de temperatuur, zijn voor de meetlocaties waar Aanderaa-sondes de snelheidsrichting meten, de minimale (KLW) en maximale (KHW) conductiviteiten binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering gerapporteerd. Voor de andere meetlocaties zijn de continue metingen weergegeven.

Figuur 83 tot en met Figuur 87 geven het conductiviteitsverloop in 2012 bij KHW (maxima) en KLW (minima) weer voor alle locaties uitgerust met Aanderaa-sondes. Het is vanzelfsprekend dat de conductiviteit telkens groter is rond KHW dan rond KLW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens KHW. Ook opvallend is de mate waarin de conductiviteit daalt naar opwaarts toe. Waar de conductiviteit ter hoogte van Boei 84 bij KHW oploopt tot meer dan 20.000 µS/cm, terwijl dit ter hoogte van Driegoten nog maximaal 3.000 µS/cm bedraagt. Tot slot is vooral de invloed van de bovenafvoer een belangrijke factor die bepalend is voor het verloop van de conductiviteit. De verhoogde afvoer begin maart en eind december 2012, zorgt duidelijk voor een daling van de conductiviteit. Deze perioden van hoge afvoer zijn ook telkens aangeduid op de hierna volgende grafieken (rode pijlen). Hoe meer naar opwaarts, des te groter die invloed van de afvoer verwacht kan worden, want hoe belangrijker de wasafvoer t.o.v. de vloed- en ebvolumes. Gezien het feit dat de conductiviteitswaarden aanzienlijk afnemen naar opwaarts toe, is deze invloed echter minder duidelijk zichtbaar voor de opwaartse meetlocaties

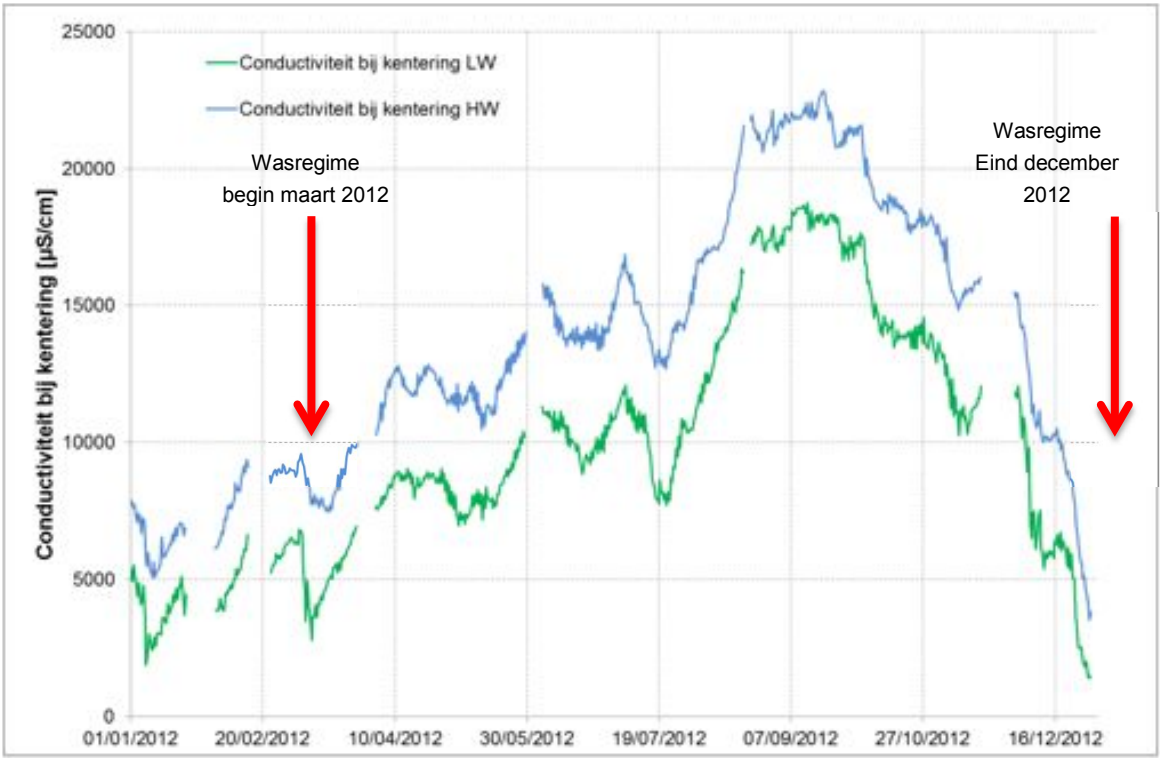
Aan Boei 84 (Figuur 83 en Figuur 84) zijn de variaties zowel bij KLW als bij KHW zeer groot, en congruent. Te Oosterweel (Figuur 85 en Figuur 86) blijft de conductiviteit bij KLW (in vergelijking met deze bij KHW, of met de kenteringswaarden aan Boei 84) vrij klein, met enige variatie in functie van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee. De variatie bij KHW is groter. Ook ter hoogte van de meetlocatie te Driegoten (Figuur 87) is de variatie bij KLW kleiner dan bij KHW. Bijgevolg is het verschil tussen de conductiviteit bij KHW en bij KLW in eenzelfde periode, groter te Oosterweel en relatief "constant" aan Boei 84. Te Driegoten zijn de conductiviteitswaarden over het jaar uiteraard vrij klein. Gedurende het jaar is er weinig of geen variatie binnen de wintermaanden, eerste lente-maanden, en laatste herfstmaanden. De waarden gaan van ongeveer 700 à 1000 µS/cm, met meestal geen echt verschil tussen de waarden bij KHW en KLW. Enkel in de "zomerse" maanden wordt de conductiviteit beduidend groter en worden ook de waarden bij KLW relatief "groot" nl. 1000 à 1500 µS/cm, en bij KHW van 2500 à 3000 µS/cm.

Wat betreft de meetlocaties te Oosterweel en Boei 84 waar telkens twee Aanderaa-meettoestellen aanwezig zijn, is er nagenoeg geen verschil in conductiviteit gemeten tussen het bovenste en onderste meettoestel. De waarden vallen daar gedurende het hele jaar 2012 op elkaar. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 88 dat het jaarverloop van de conductiviteit voor beide toestellen te Boei 84 toont. De bandbreedte van deze curves is te wijten aan het verschil in conductiviteit bij KHW en KLW.

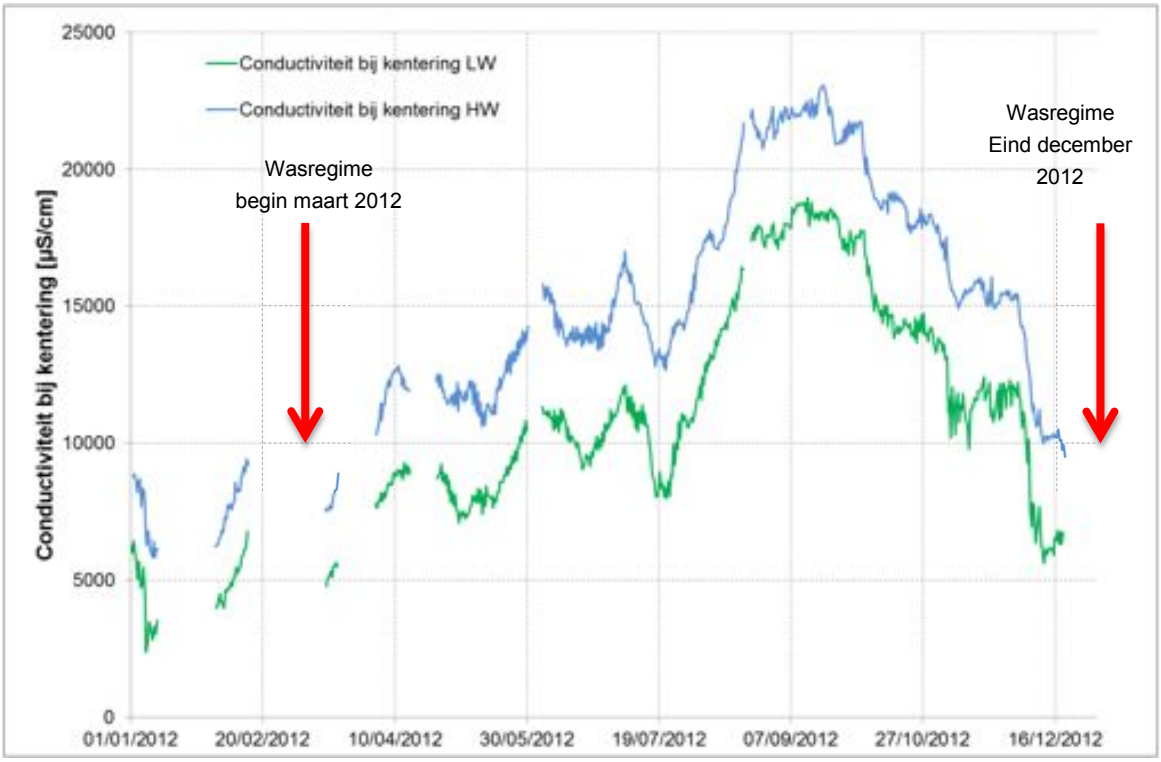
Bij langdurige periodes van vrij gelijkblijvende gemiddelde tot kleine en zeer kleine bovendebieten, vergroot de conductiviteit in de lente gestaag tot het bereiken van maxima in de zomer waarna een daling naar de winter toe. De daling die in oktober 2012 ingezet wordt, zet zich door een eerste was rond 8 december en de grote was op 24 december extreem door.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

In het jaarverloop 2012 blijkt duidelijk welke grote en snelle invloed een tijdelijk flink vergroten van de bovenafvoer wel heeft. Naast de reeds besproken wasregimes in maart en december, zijn ook kleinere neerslagevents waar te nemen, zoals deze van bijvoorbeeld 6 juli en 4-5 oktober.

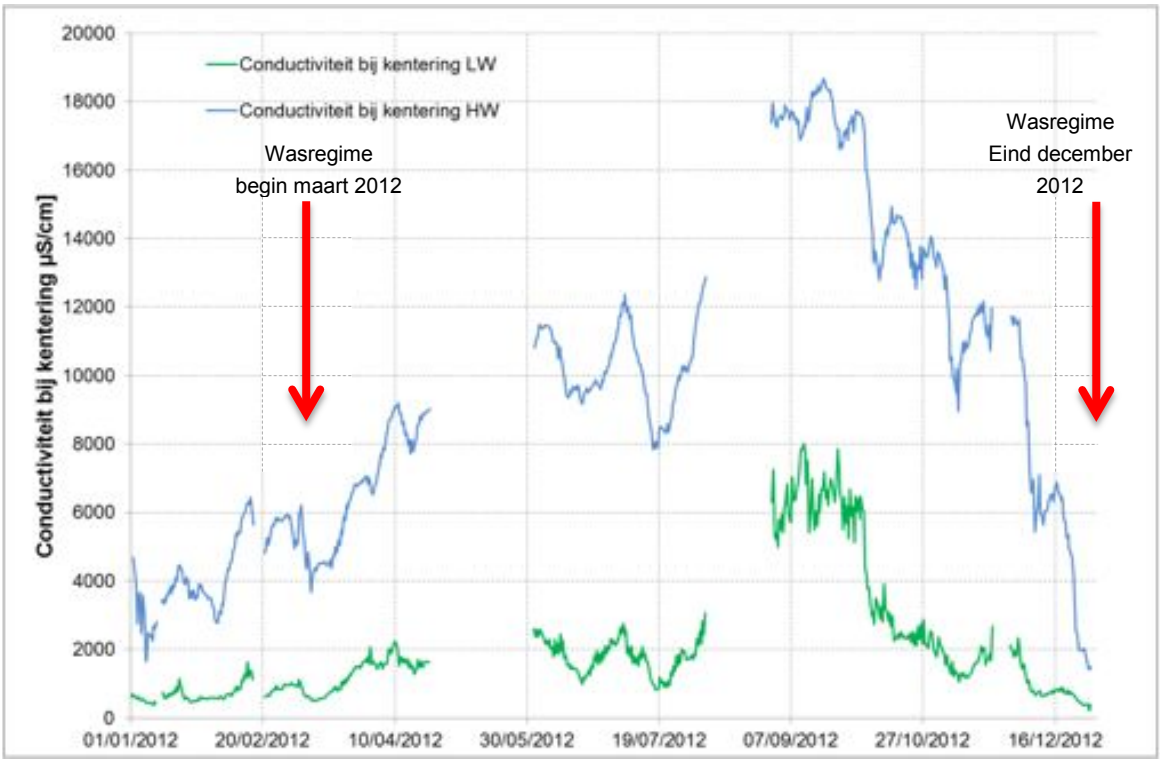


Figuur 83 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel

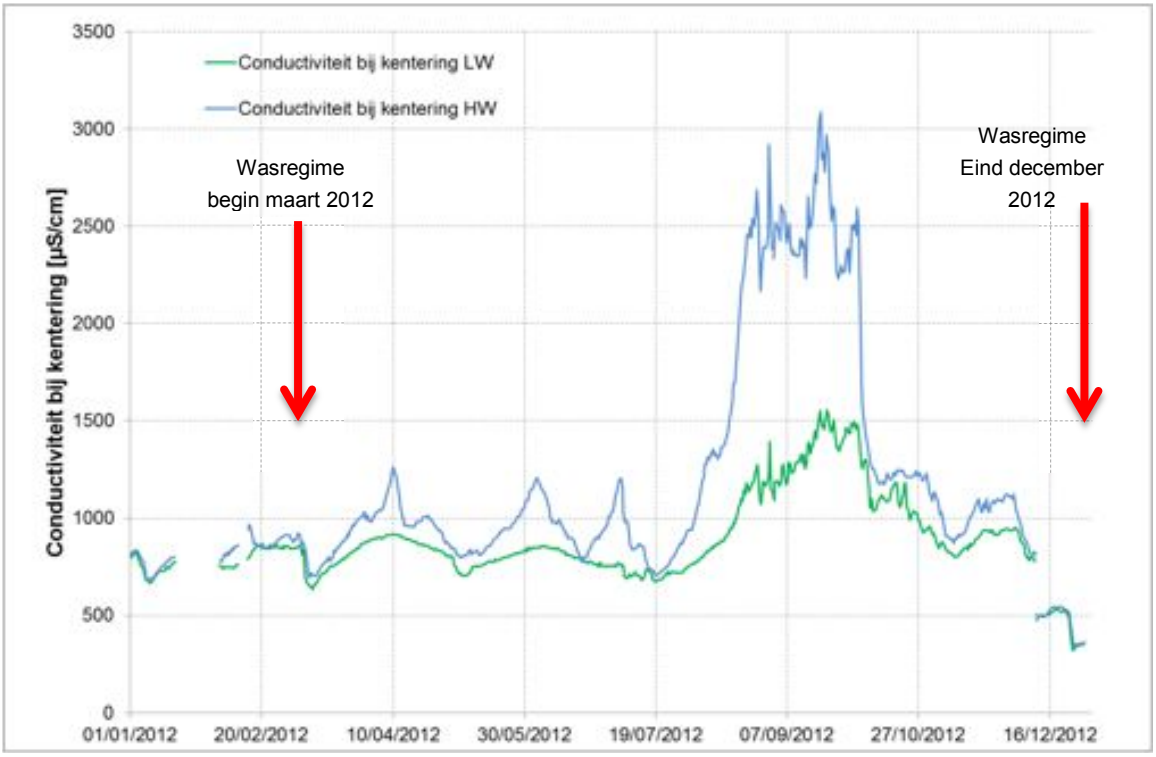


Figuur 84 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Boei84 (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel

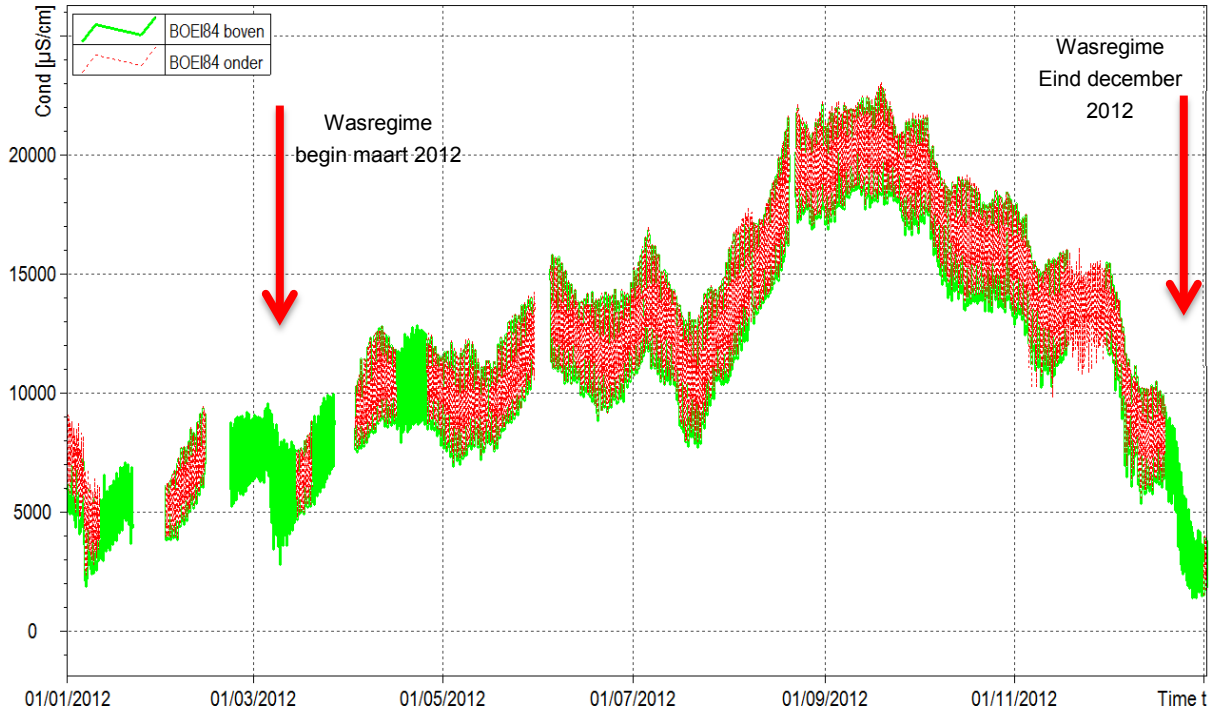
Figuur 85 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), bovenste meettoestel



Figuur 86 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden- Zeeschelde), onderste meettoestel



Figuur 87 - Conductiviteit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven- Zeeschelde)

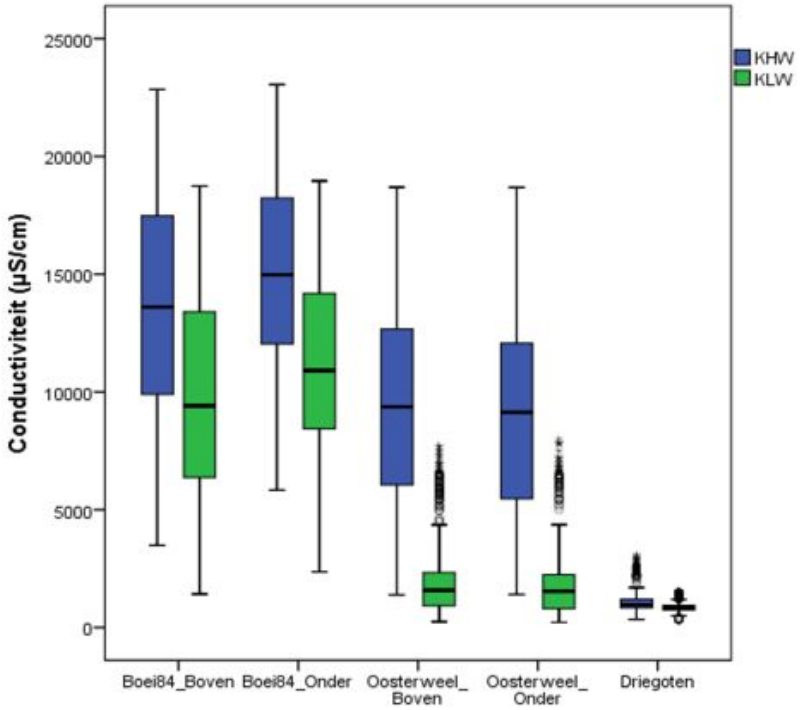


Figuur 88 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Boei 84 boven (groen) en onder (rood)

Figuur 89 toont bij wijze van overzicht de boxplots voor de gemeten conductiviteit bij KHW en KLW op alle locaties waar een Aanderaa multiparametersonde aanwezig is. Deze figuur vat de eerder besproken vaststellingen samen.

De conductiviteit is telkens groter is rond KHW dan rond KLW, gezien de verdere indringing van zout water in de Zeeschelde tijdens KHW. Dit verschil tussen KHW en KLW is het meest uitgesproken ter hoogte van Oosterweel zijn en de daling van de conductiviteit naar opwaarts toe is eveneens duidelijk zichtbaar.

Tabel 18 geeft bij wijze van overzicht de minima, gemiddelde en maximale waarde met standaarddeviatie (STDEV) voor respectievelijk de conductiviteiten rond KWH en KLW voor de verschillende Aanderaa metingen in de Zeeschelde.



Figuur 89 - Boxplot voor de gemeten Conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes

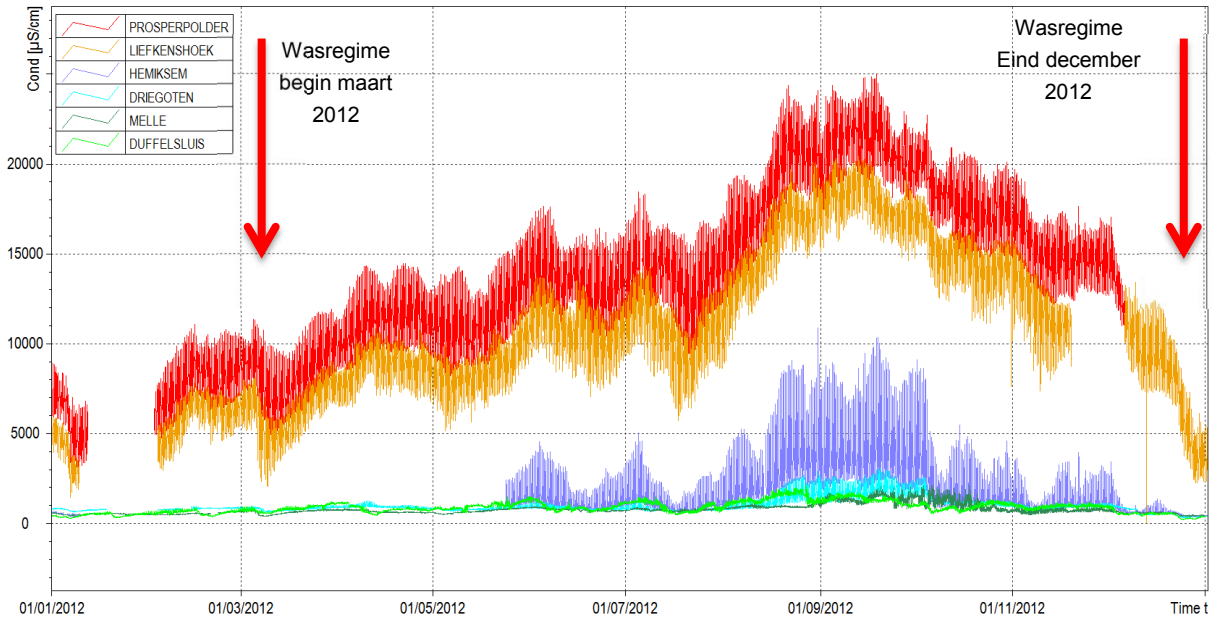
Tabel 18 - Overzicht van de conductiviteit bij KHW en KLW op de verschillende meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes

	Conductiviteit (µS/cm) bij KHW				**Conductiviteit (µS/cm) bij KLW**			
	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddelde	Maximum	STDEV
Boei84 boven	3491	13715	22845	4850	1415	9935	18742	4463
Boei84 onder	5837	15097	23052	4292	2364	11279	18962	4028
Oosterweel boven	1390	9607	18691	4468	247	2107	7712	1740
Oosterweel onder	1401	9292	18679	4576	225	2013	8010	1781
Driegoten	340	1146	3084	572	320	876	1557	225

Figuur 90 toont tot slot het jaarverloop van de conductiviteit gemeten met de CTD sondes ter hoogte van Prosperpolder, Liefkenshoek en Hemiksem enerzijds en de met de YSI toestellen gemeten conductiviteit te Melle en Duffelsluis anderzijds. Uiteraard dalen de conductiviteiten van afwaarts naar opwaarts.De invloed van de veertiendaagse cyclus doodtij-middeltij-springtij laat zich op alle plaatsen duidelijk zien evenals de invloed van een gedurende bepaalde tijd verhoogd bovendebiet. In maart 2012 en december 2012 is de duidelijke daling in conductiviteit merkbaar tengevolge van de wassen, die ook aangeduid zijn op deze figuur. Vooral de was eind december 2012 leidt tot een scherpe snelle daling van de conductiviteitswaarden, die tot Driegoten duidelijk zichtbaar is. Ook de verhoogde afvoeren van 6 januari, 6 juli en 4-5 oktober 2012 leiden tot een snelle daling van de conductiviteitswaarden. Deze daling is goed te zien voor Boei 84 en bij de conductiviteitswaarden tijdens KHW ter hoogte van Oosterweel en is minder uitgesproken voor Driegoten en de conductiviteitswaarden tijdens KLW te Oosterweel (zie hoger).

De conductiviteit is op de opwaartse meetplaatsen te Melle en Duffelsluis zeer klein. Te Duffelsluis is de veertiendaagse invloed van de doodtij/springtij-cyclus meer uitgesproken dan te Melle. De maximale waarden reiken voor beide meetlocaties tot net boven 2000 µS/cm. Gedurende bijna het hele jaar ligt de conductiviteit voor Duffel echter hoger dan deze te Melle. Dit toont dat de zoutindringing in het Zeescheldebekken eerder en grootser Duffelsluis bereikt dan wel Melle, gezien de zoutreducerende aanvoer van zij- en bovendebiet is (vnl. afvoer Durme en Dender) van Schelle naar Melle, en gezien de grotere afstand naar Melle. Ook ter hoogte van deze locaties is de invloed van wasregimes op de conductiviteit van het Scheldewater te Melle en het Netewater te Duffelsluis te zien. De bovenafvoer handelt inderdaad telkens over nog zoeter water, resp. vanuit Schelde en Leie.

Te Hemiksem is de conductiviteit ook beduidend lager dan in de Beneden-Zeeschelde, wel is daar een duidelijke stijging van de conductiviteitswaarden in de zomer te zien.



Figuur 90 - Conductiviteit bij heersende temperatuur te Prosperpolder en Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde), Hemiksem, Driegoten en Melle (Boven-Zeeschelde) en Duffelsluis (Beneden-Nete)

3.1.5. Verloop 2012 turbiditeit en suspensiegehalte

Zoals vermeld in Tabel 14 worden turbiditeiten gemeten op twee hoogten langs de verticale te Oosterweel en aan Boei 84, terwijl te Driegoten, Melle en Duffelsluis op één hoogte gemeten wordt. De eerste drie locaties (in het 'maritieme' gedeelte van de Zeeschelde) worden bemeten met Aanderaa toestellen (die om de 10 minuten waarden registereren). Daarbij zijn alle toestellen van het type Seaguard, behalve voor het begin van 2012, wanneer het onderste toestel aan Boei 84 (tot 11/01/2012) en het bovenste toestel te Oosterweel (tot 12/01/2012) nog van het type RCM9 zijn. De toestellen te Melle en Duffelsluis meten om de 5 minuten en zijn YSI-toestellen van het type YSI 6920. Dit houdt in dat deze drie toesteltypes elk een andere relatie zullen hebben tussen hun turbiditeitseenheid (in de praktijk NTU voor YSI en Aanderaa RCM9 en FTU voor Aanderaa Seaguard toestellen) en de bijbehorende sedimentconcentraties (suspensie-gehalte of SSC) die zij waargenomen hebben, zelfs al meten deze op dezelfde locatie. Dit wordt verder besproken in § 3.1.5.2.

Een bijkomende opmerking bij de Aanderaa-toestellen van het type Seaguard, is dat de oorspronkelijke Seaguard-toestellen geen turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU konden registreren (verzadiging sensor). Bijgevolg werden geregeld de maximale waarden gemeten met deze Seaguard-sondes (Seaguard500 of SG500). Met andere woorden, turbiditeitswaarden hoger dan 500 FTU deden zich voor, maar konden niet geregistreerd worden (plafonnering op 500 FTU). Men kan dus stellen dat de Seaguard toestellen, hoewel ze een turbiditeitsrange van 0-500 FTU bestrijken, te weinig bereik hebben voor metingen in de Zeeschelde.

In de loop van 2012, zijn deze Seaguard-toestellen op de bovenste locatie te Boei 84 (vanaf 19/12/2012) en Oosterweel (vanaf 6/12/2012), op de onderste locatie te Oosterweel (vanaf 30/08/2012) en ter hoogte van Driegoten (vanaf 11/12/2012) vervangen door toestellen met een meetrange tot 2500 FTU (Seaguard2500 of SG2500). Het is belangrijk om dit in rekening te brengen bij het interpreteren van de hieronder weergegeven grafieken. De turbiditeitswaarden plafoneerden immers geregeld en de maximale en gemiddelde turbiditeitswaarden werden berekend op basis van de tijdreeks waarin deze 'plafond'-waarden opgenomen zijn. Hierdoor zullen zowel de maxima als de gemiddelden soms lager uitvallen dan in werkelijkheid het geval zou moeten zijn. Op de grafieken is steeds aangeduid met welk toesteltype gemeten is. Tevens geldt de opmerking uit bovenstaande paragraaf m.b.t. een verschillende relatie tussen turbiditeit en SSC ook voor de Seaguard2500 toestellen.

3.1.5.1 Turbiditeit

Voor de meetlocaties waar Aanderaasondes de snelheidsrichting meten (Boei84, Oosterweel en Driegoten), wordt de minimale turbiditeit binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering gerapporteerd (Figuur 91 t.e.m. Figuur 95). Tevens worden de gemiddelde en de maximale turbiditeit bij eb en vloed weergegeven (Figuur 96 t.e.m. Figuur 105). Voor de meetlocaties met YSI sondes (Melle en Duffelsluis) worden de continue meetreeksen getoond (zie Figuur 106 en Figuur 107). De onderbrekingen in de grafieken betreffen periodes dat meettoestellen voor ijkingen, nazicht en onderhoud van hun meetplaats werden weggenomen, het meettoestel zonder stroomvoorziening viel of defect was.

Algemeen worden de kleinste turbiditeiten steeds geobserveerd tijdens kentering aangezien de stroomsnelheid dan minimaal is en dus "bezinking" van de sedimenten optreedt. De turbiditeitswaarden bij kentering kunnen dus als een 'achtergrondwaarde' voor de turbiditeit beschouwd worden. De turbiditeit is o.a. functie van de stroomsnelheid en deze is functie van het tijverschil, wat gerelateerd is aan de cyclus doodtij/springtij. Deze veertien/vijftiendaagse cyclus kan dan ook in de grafieken geobserveerd worden.

De figuren tonen ook dat er binnen àlle meetwaarden over een jaar, of over een deel-periode van een jaar bvb. voornoemde tijcyclus, meer waarden aanwezig zijn van kleine en gemiddelde turbiditeit en dat de grote tot zeer grote waarden uitschieters zijn waarvan er ook telkens een respectabel aantal van aanwezig kunnen zijn.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Het verloop van de turbiditeit te Boei 84 en Oosterweel vertoont duidelijk verhogingen tijdens midden januari, midden februari, eind april, eind juli, midden oktober en eind december. Deze vallen grotendeels samen met de wassen van 2012. De was van maart is echter niet als een (uitzonderlijke) verhoging in de figuren te onderscheiden. Te Driegoten zijn verhogingen te observeren voor dezelfde periodes, zij het minder uitgesproken.

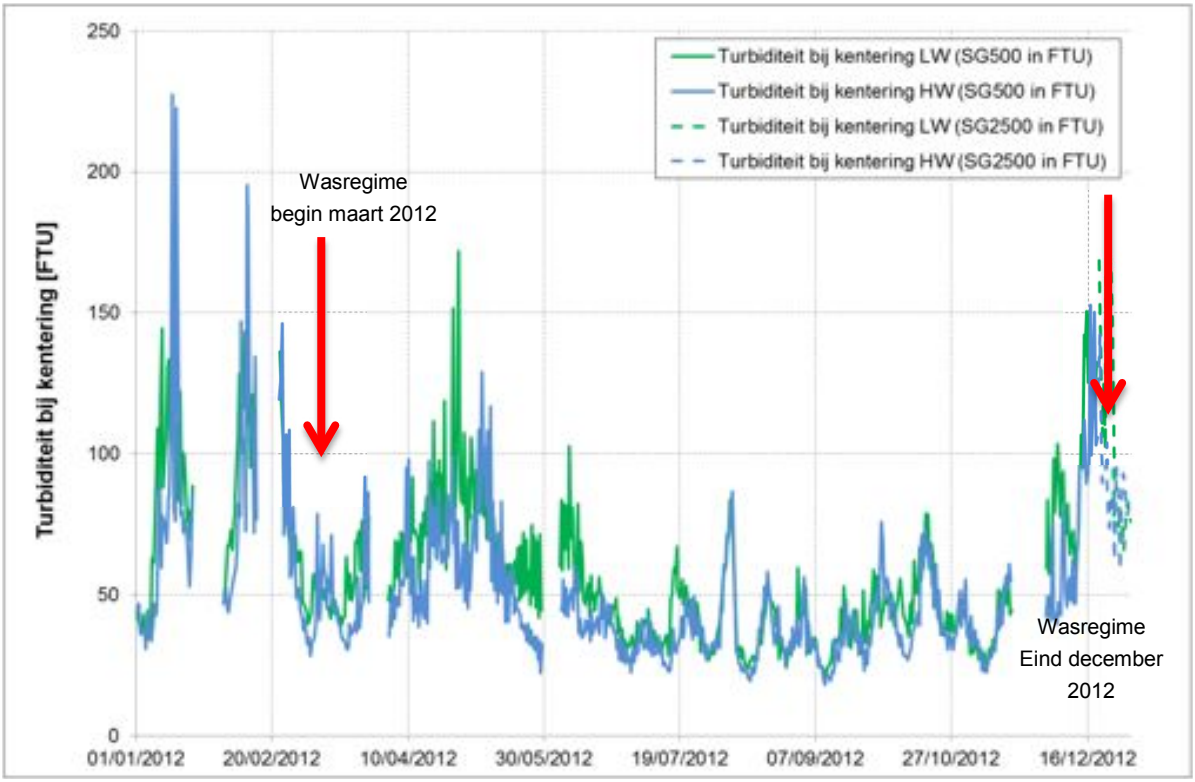
Behalve voor de wassen van januari, maart, juli, oktober en december, vallen de turbiditeiten te Melle binnen een range van 0 tot ongeveer 200 NTU. Bij de wassen worden te Melle piekwaardes tot 500 NTU verkregen en in maart zelfs tot 1000 NTU.

In Duffelsluis beperken de gemeten turbiditeiten zich hoofdzakelijk tot de range 50-100 NTU, terwijl verhogingen tot 300 NTU werden gemeten begin februari en begin mei en in mindere mate eind augustus en eind september. Deze verhogingen kunnen dus niet direct gelinkt worden aan de optredende wasperiodes in 2012.

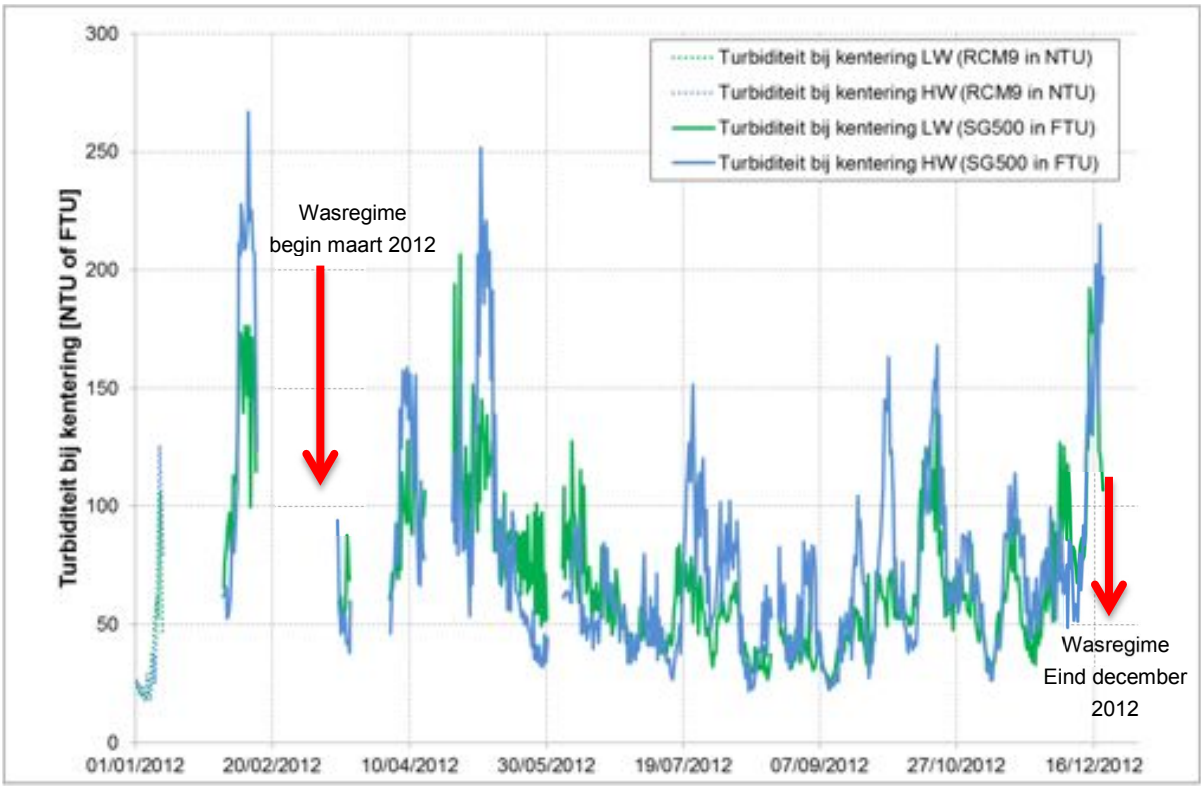
Het is bekend dat zich tussen Antwerpen en Doel, een zone van zogenaamde "maximum-turbiditeit" voordoet, die volgens de langsas naar op- of afwaarts verschuift al naargelang de grootte van de afvoer van het Zeescheldebekken naar zee, net zoals de brakke zone. Op zich vormt dit al een eerste drijfveer van seizoenale variatie van turbiditeit. De temperatuur van het Scheldewater is mede een tweede doch onrechtstreekse drijfveer: tijdens de winter zullen de suspensie-partikels meer als aparte deeltjes aanwezig zijn, terwijl in de zomer meer als samengeklitte vlokken. Ook de mogelijkheid van erosie of resuspensie van deeltjes is zo seizoenaal gebonden.

Er kan een toename in turbiditeit tijdens augustus en september worden waargenomen op de Boven-Zeeschelde te Driegoten en te Melle, terwijl een daling zich voordoet op de Beneden-Zeeschelde. Dit zou kunnen verklaard worden door de opschuiving van het tweede turbiditeitsmaximum dat in de Zeeschelde aanwezig is, nl. deze die zich in winteromstandigheden om en rond Hamme-Dendermonde bevindt. In zomer-omstandigheden gaat die meer naar stroomopwaarts, door de lange relatief droge periode.

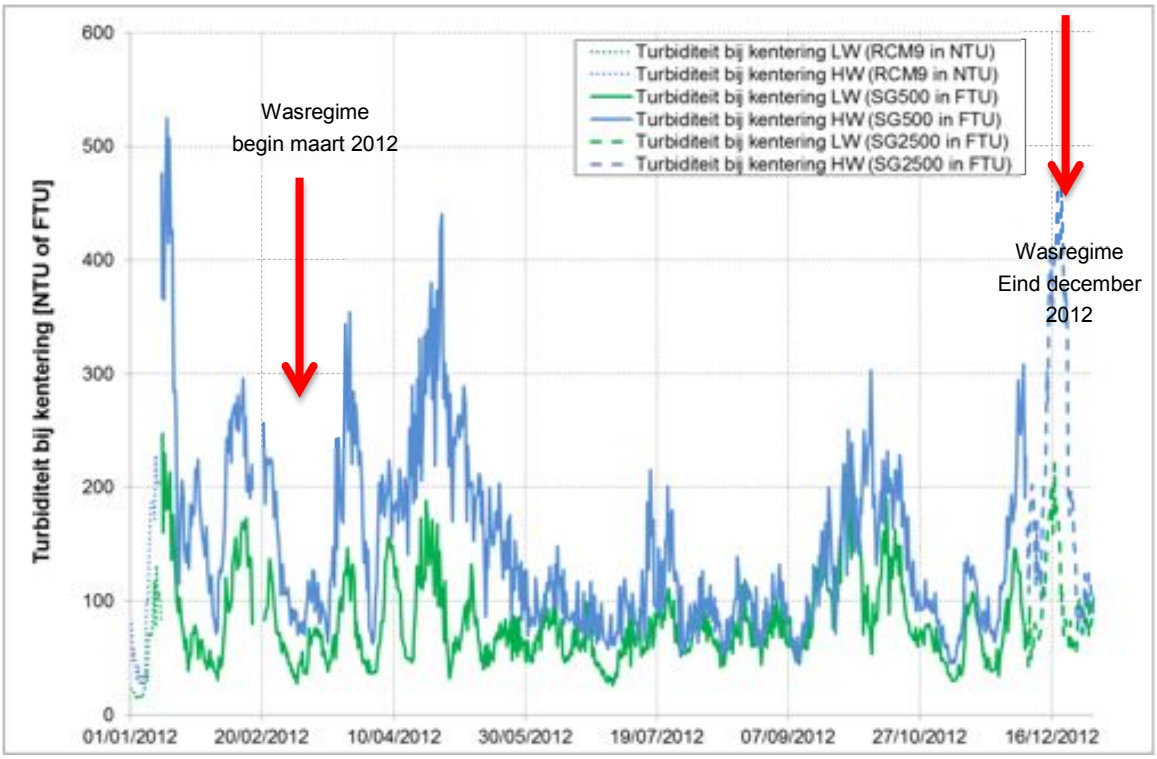
De turbiditeiten op de Boven-Zeeschelde zakken namelijk opnieuw vanaf oktober, wanneer ook de afvoer begon toe te nemen. Hoewel de was van midden oktober de turbiditeiten wel enigszins verhoogde, bleef de turbiditeit toch significant lager (te Melle) dan of in de grootte-orde van (te Driegoten) de maanden ervoor. Op de Beneden-Zeeschelde veroorzaakte deze was duidelijk wel een verhoogde piekwaarde in turbiditeit t.o.v. de voorafgaande maanden wat de hypothese van een verplaatsend turbiditeitsmaximum bevestigd.



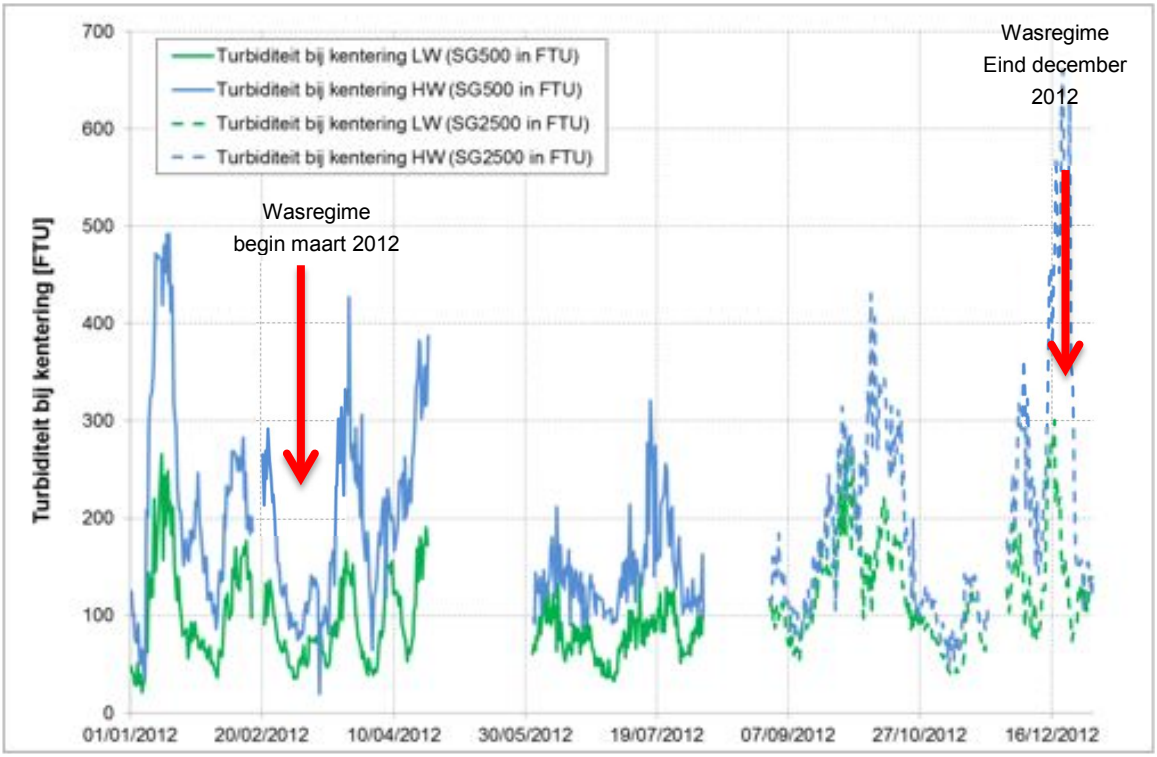
Figuur 91 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



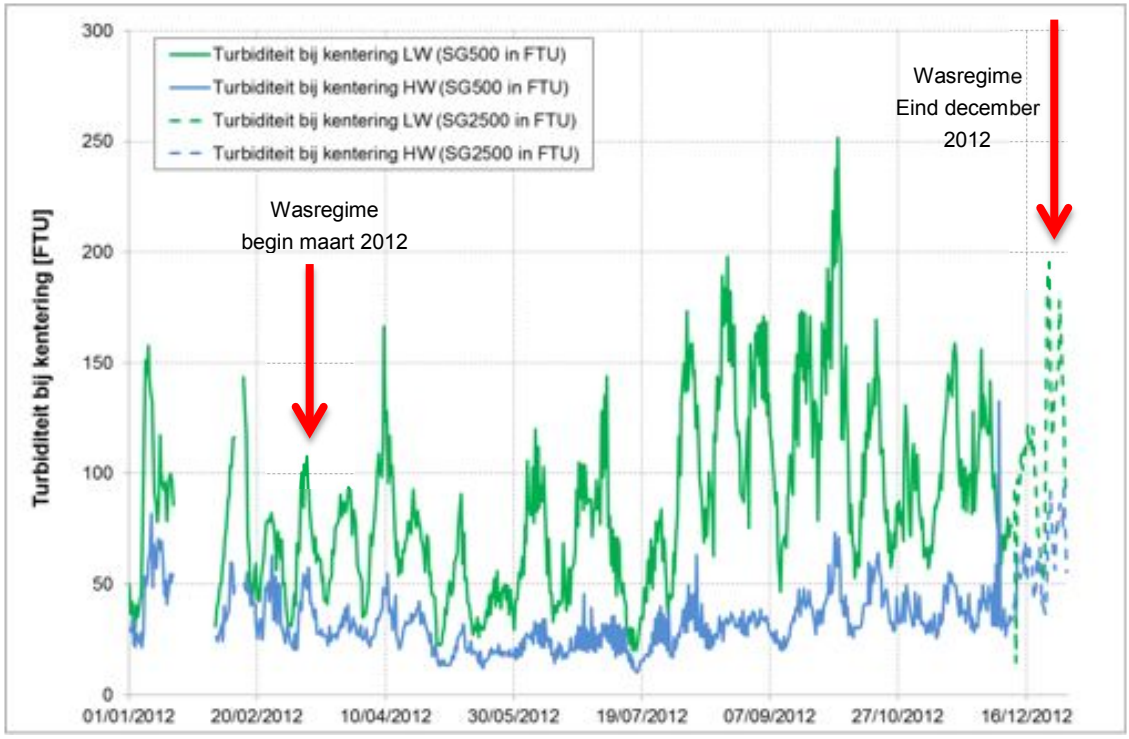
Figuur 92 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



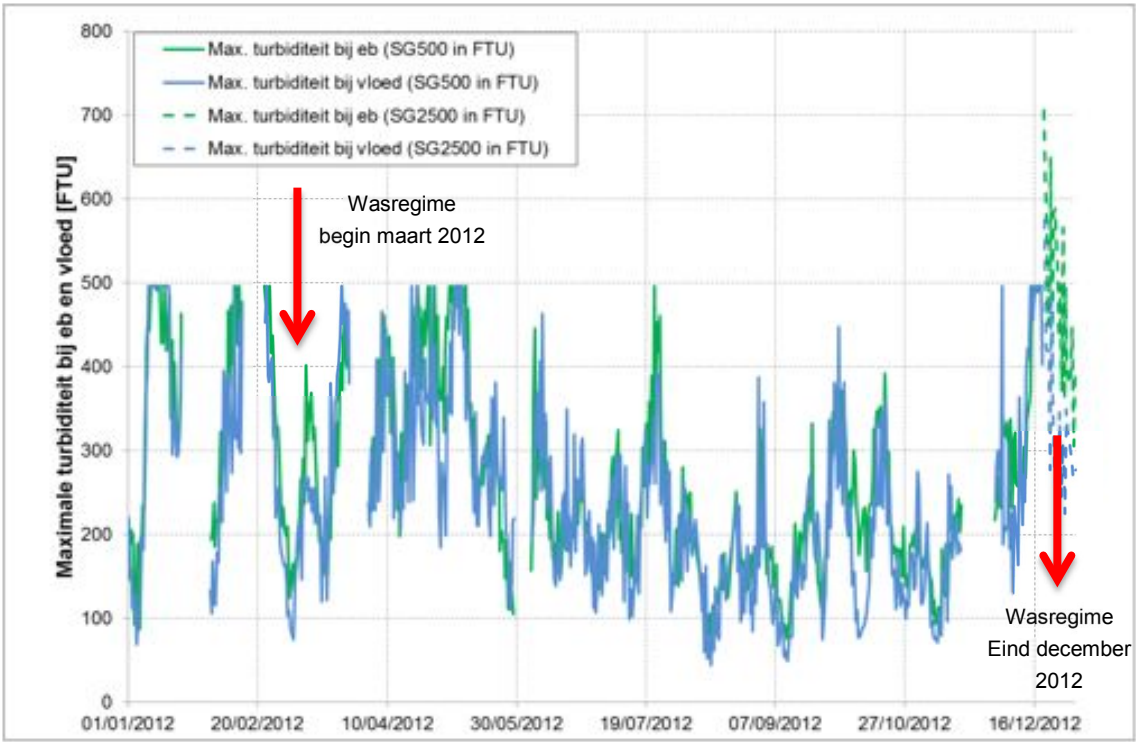
Figuur 93 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



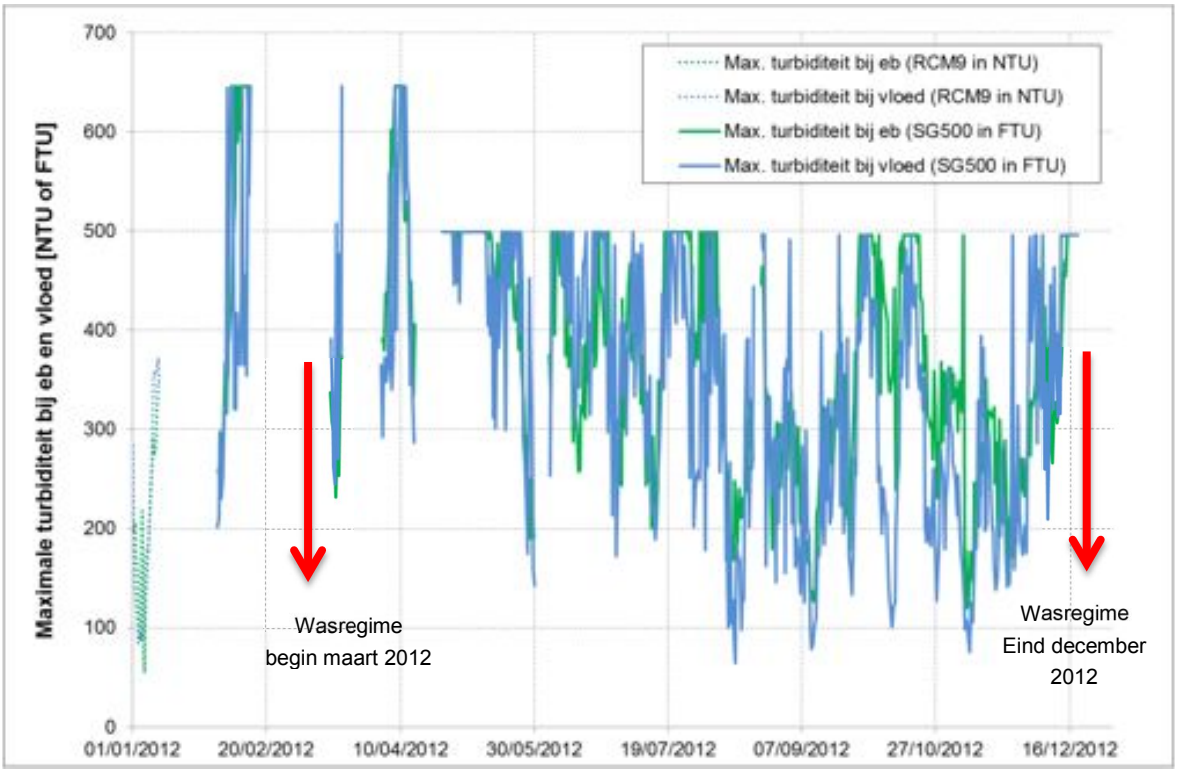
Figuur 94 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



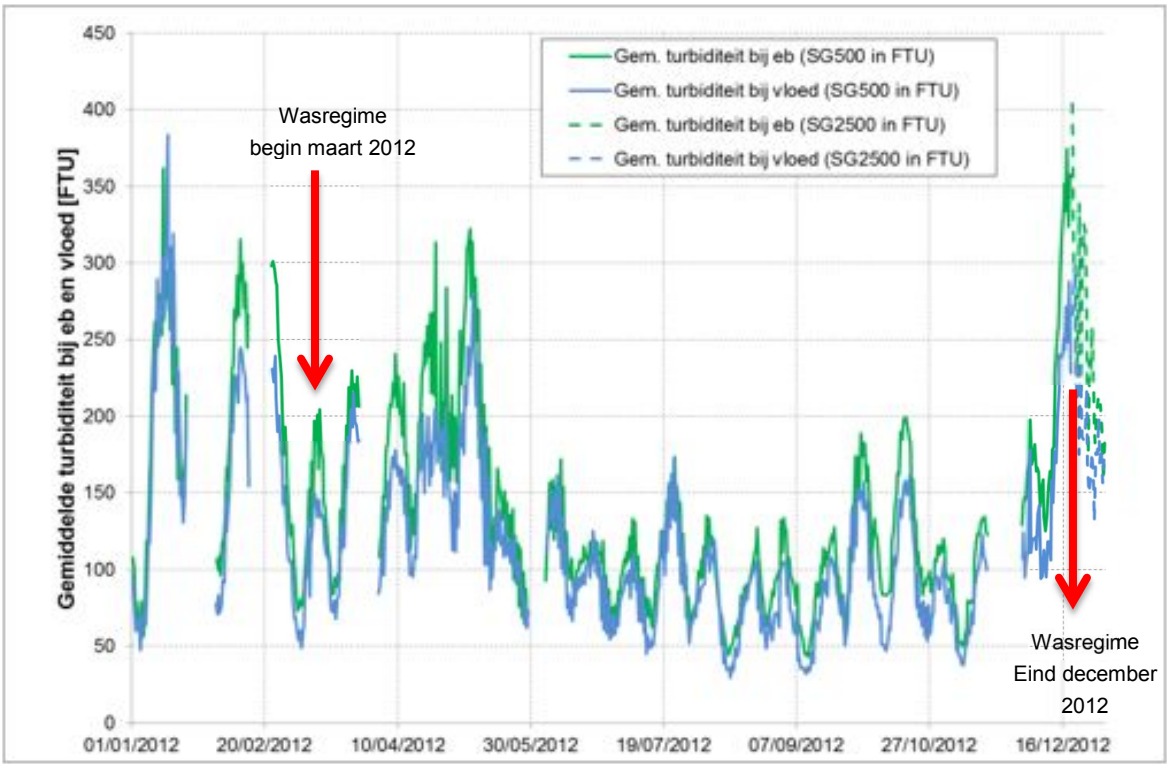
Figuur 95 - Turbiditeit bij KHW en KLW te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



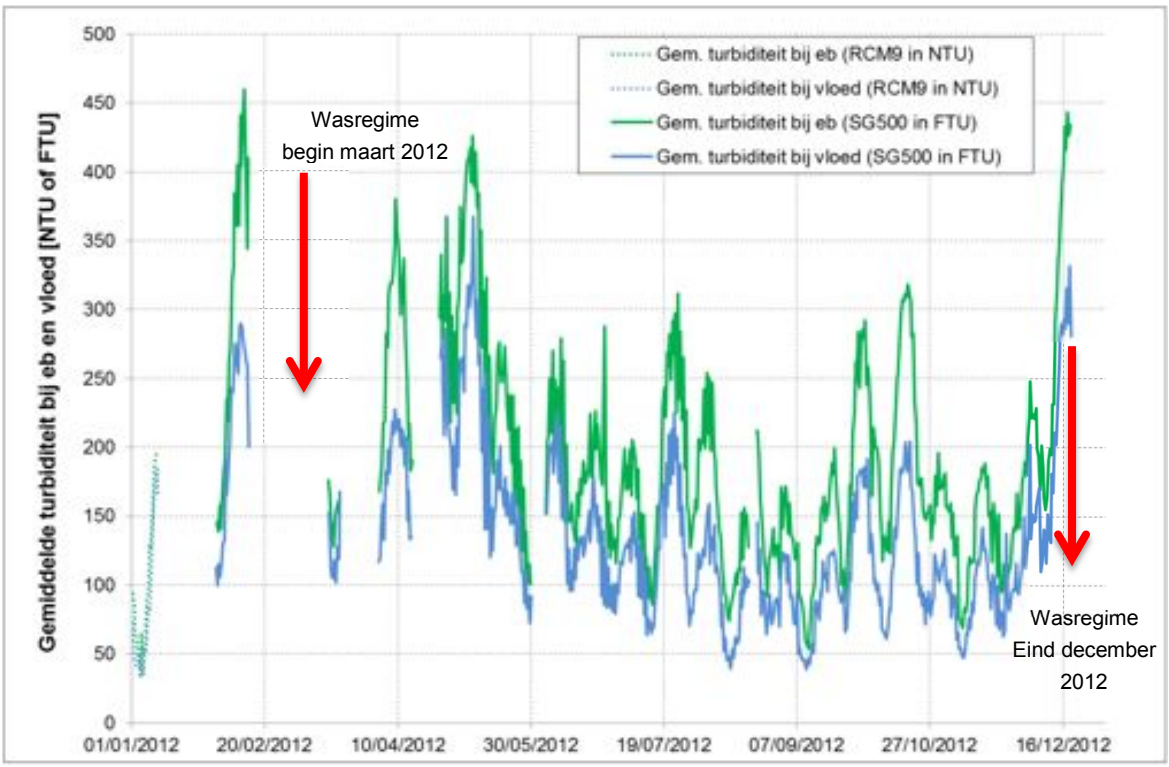
Figuur 96 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



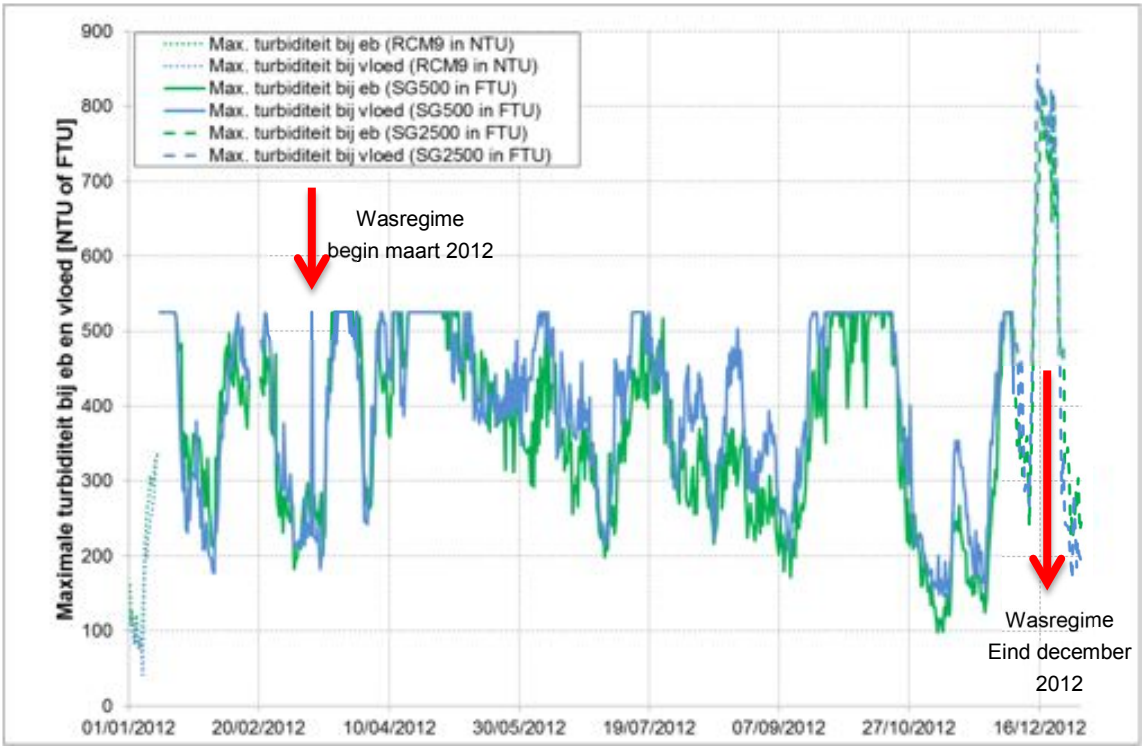
Figuur 97 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



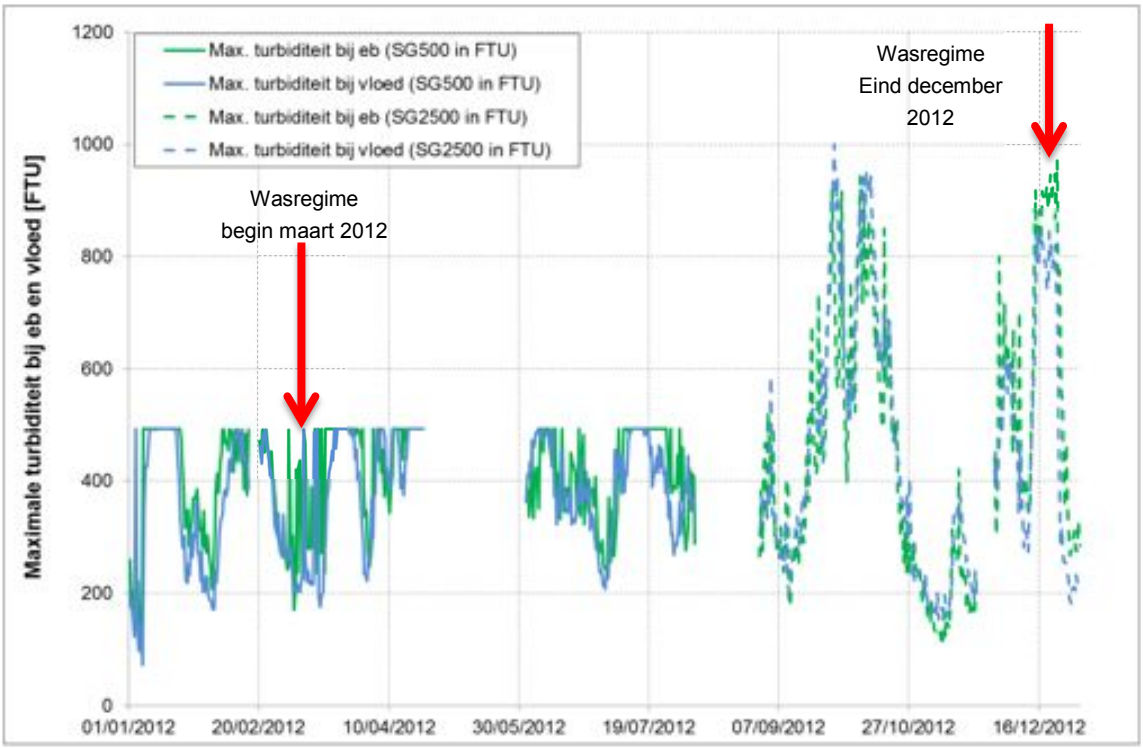
Figuur 98 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



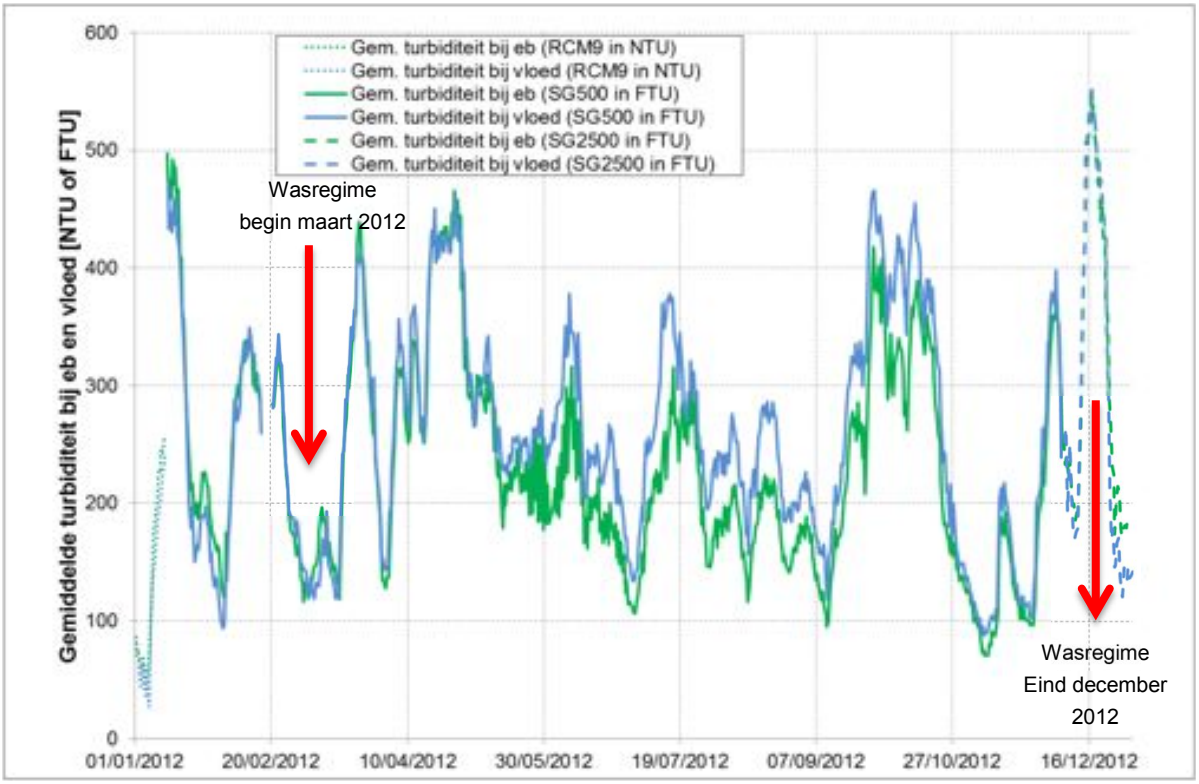
Figuur 99 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



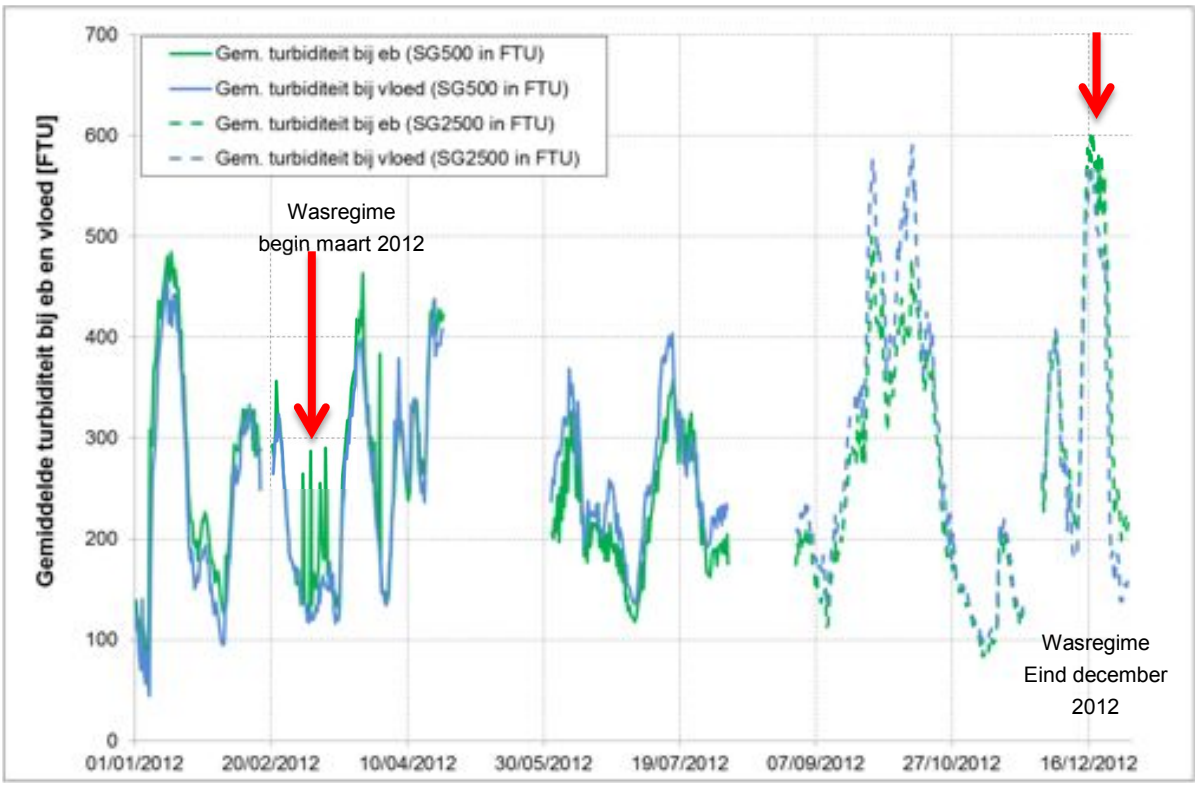
Figuur 100 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



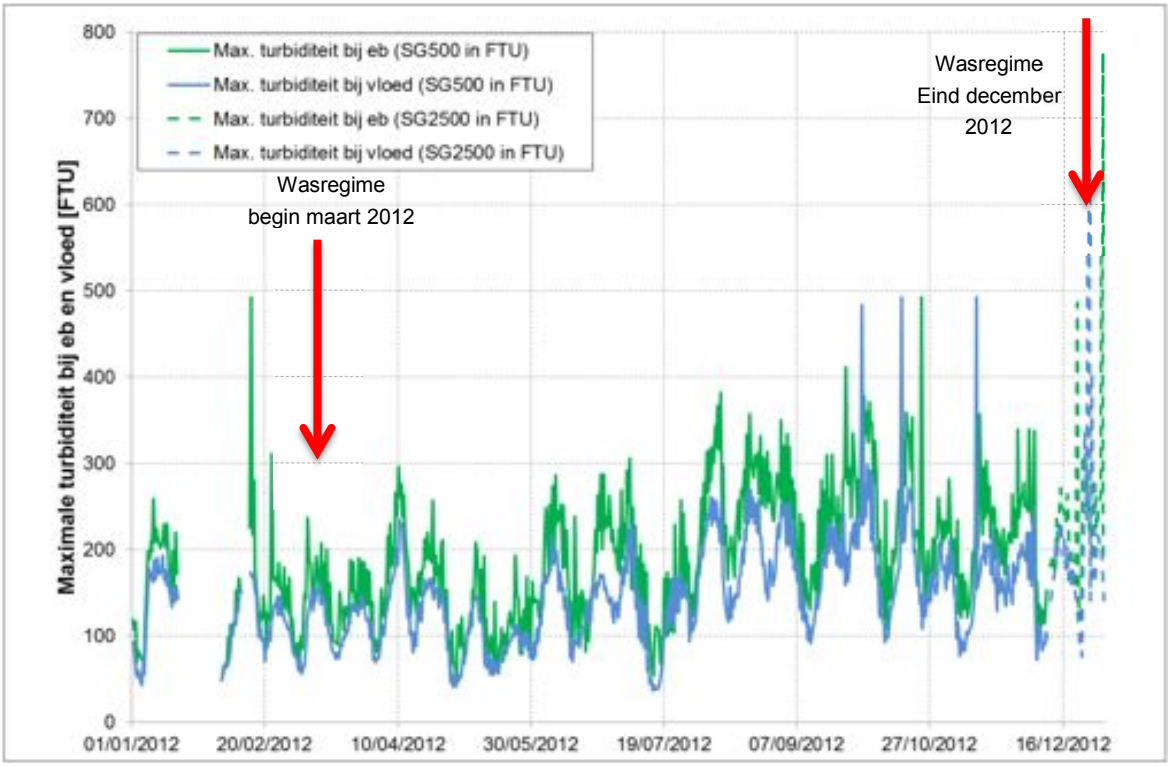
Figuur 101 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



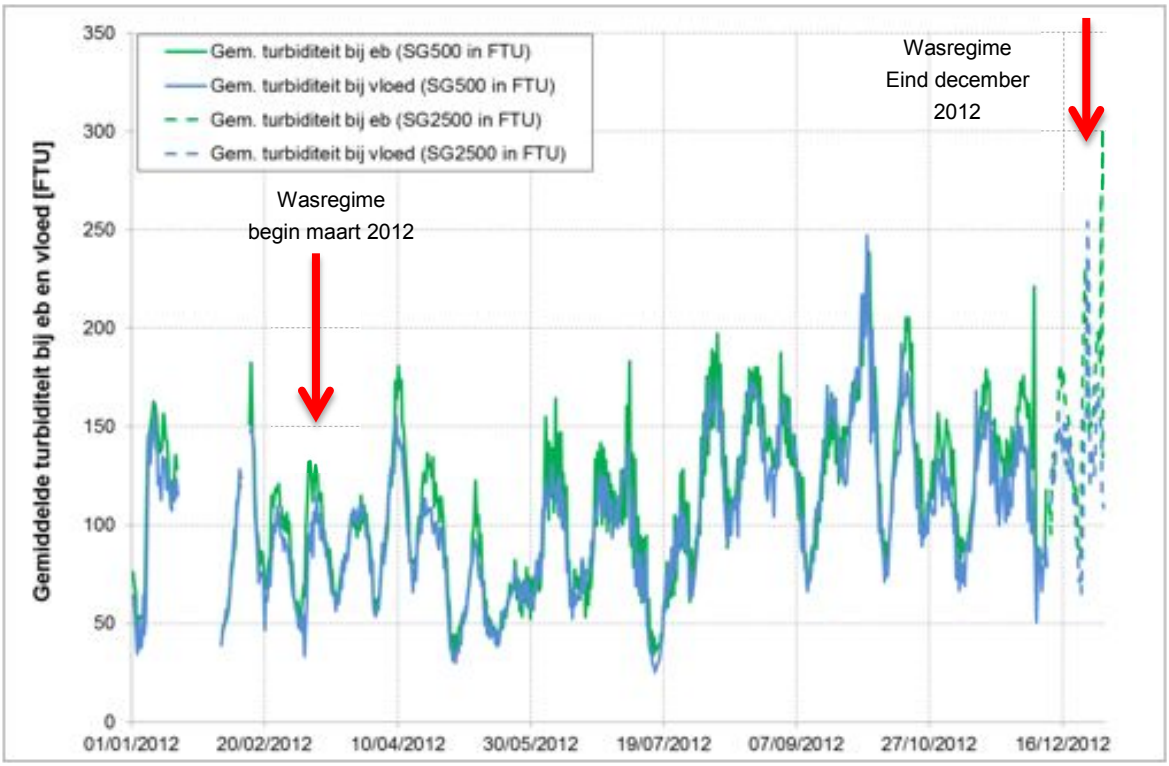
Figuur 102 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



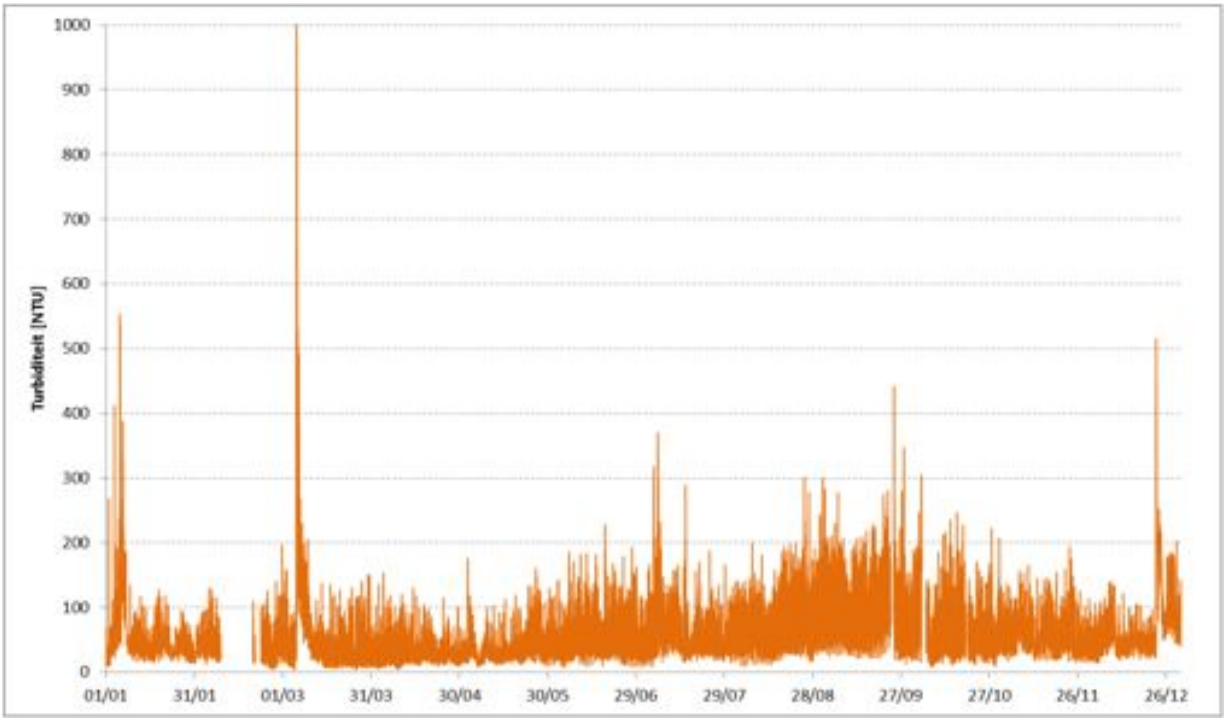
Figuur 103 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



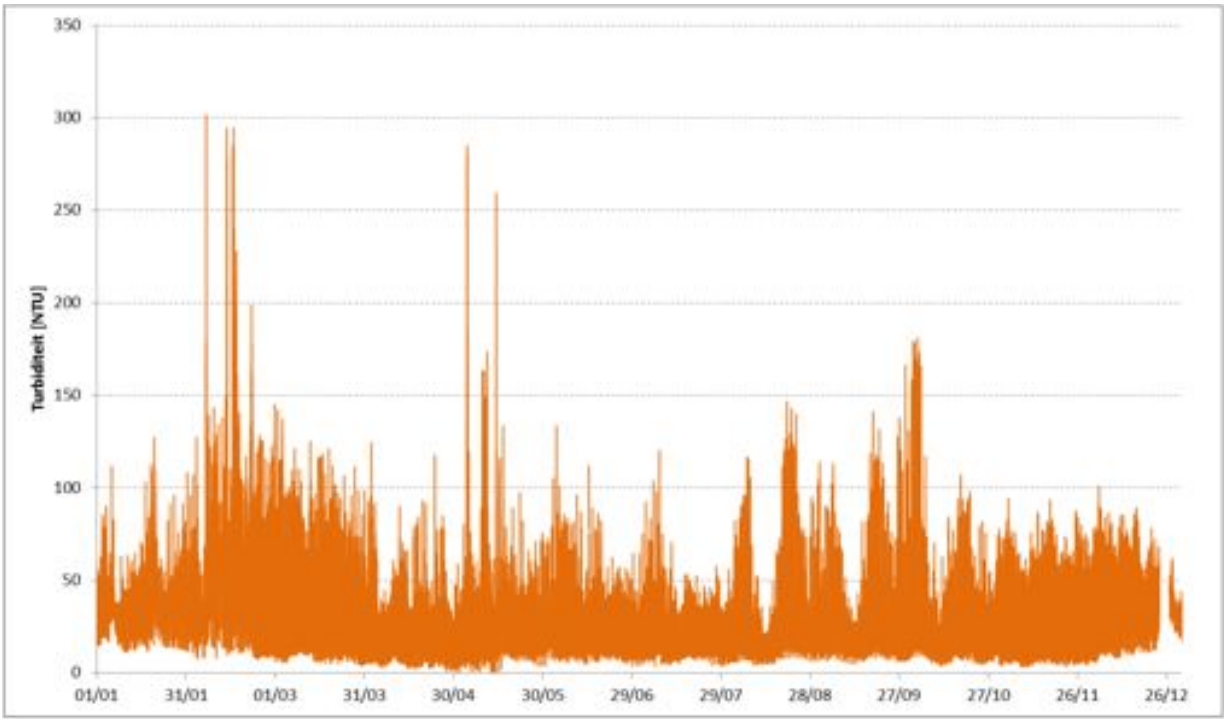
Figuur 104 - Maximale turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



Figuur 105 - Gemiddelde turbiditeit bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



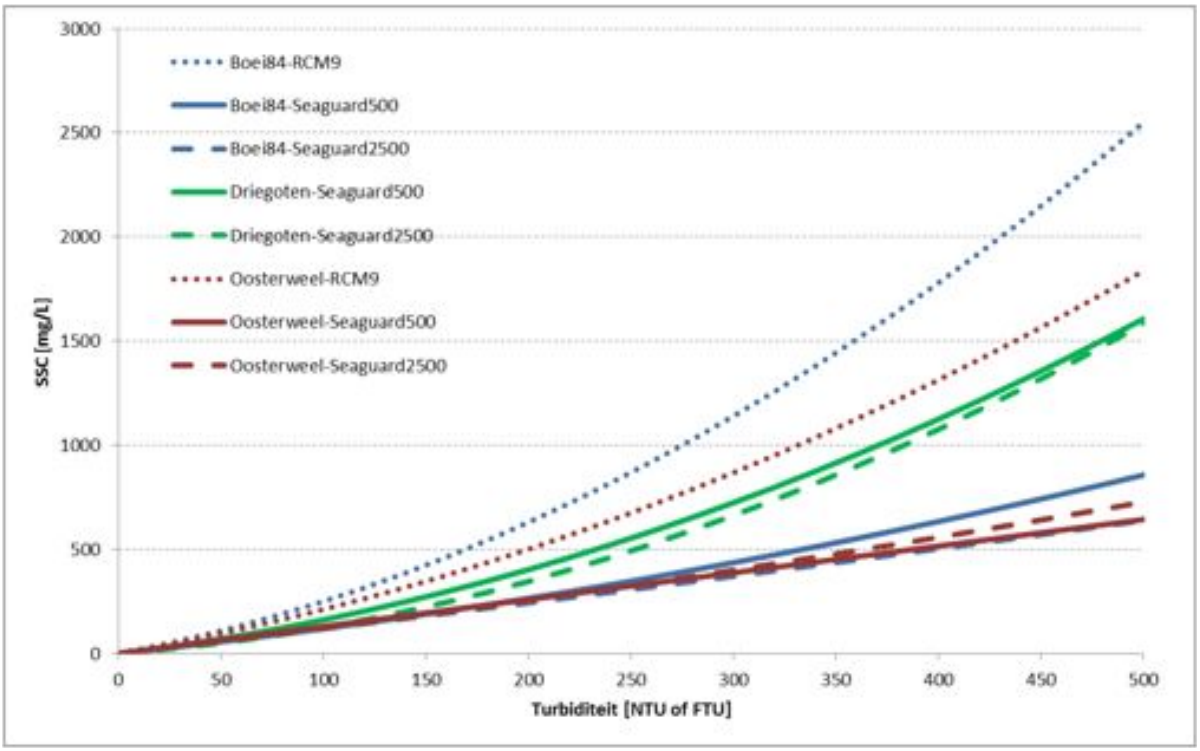
Figuur 106 - Turbiditeit gemeten te Melle



Figuur 107 - Turbiditeit gemeten te Duffel-sluis

3.1.5.2 Suspensiegehalte

Gedurende meerdere jaren zijn te Oosterweel, Boei 84 en Driegoten kalibratiecampagnes uitgevoerd, waarbij een groot aantal meetstalen opgepompt werden, terwijl tevens de turbiditeitswaarden geregistreerd werden met de desbetreffende Aanderaa-toestellen. Uit deze gegevens konden vervolgens relaties tussen suspensiegehalte (SSC) en turbiditeit opgesteld worden (Figuur 108).



Figuur 108 - Kalibratierelaties (Turbiditeit – SSC) opgesteld voor Aanderaa RCM9 en Seaguard toestellen ter hoogte van meetlocaties Boei 84, Oosterweel en Driegoten

Uit deze kalibratiecampagnes konden volgende conclusies getrokken worden:

- alle gekalibreerde RCM9 toestellen reageren op eenzelfde manier (hebben eenzelfde Turbiditeit-SSC relatie) voor eenzelfde meetlocatie. Hetzelfde geldt voor alle Seaguard toestellen. Het is dus niet nodig om voor elk toestel afzonderlijk een relatie te bepalen.
- de relatie opgesteld voor RCM9 toestellen kent altijd hogere suspensiegehaltes voor eenzelfde tubiditeit als de Seaguard toestellen, waardoor het maximale meetbereik door Seaguard 500 toestellen sneller bereikt wordt.
- er zijn kalibratiecampagnes uitgevoerd tijdens winter- en tijdens zomercondities. Door de lage sedimentconcentraties tijdens de zomercampagnes was het niet mogelijk om afzonderlijke seizoenale relaties op te stellen (of om na te gaan of deze verschillen van elkaar). Mogelijks wordt dit wel mogelijk met toekomstige kalibratiecampagnes. De afgeleide relaties gelden aldus voor het gehele jaar.
- het is duidelijk dat voor de beide types Seaguard toestellen voor eenzelfde sedimentconcentratie de turbiditeit te Boei 84 en Oosterweel gelijkaardig is en hoger dan die te Driegoten. Dit houdt in dat de eigenschappen van het getransporteerde sediment (vorm, grootte, kleur, …) verschillen tussen Boei 84 en Oosterweel enerzijds en Driegoten anderzijds.

Door deze relaties toe te passen kan men voor alle meetlocaties inschattingen van het suspensiegehalte verkrijgen. Echter voor de Seaguard 500 toestellen zullen onderschattingen van het suspensiegehalte gegenereerd worden wanneer geplafonneerde waarden (500 FTU) omgezet worden naar het corresponderend suspensiegehalte, aangezien deze gemeten turbiditeiten eigenlijk onderschattingen zijn van de werkelijk aanwezige turbiditeiten.

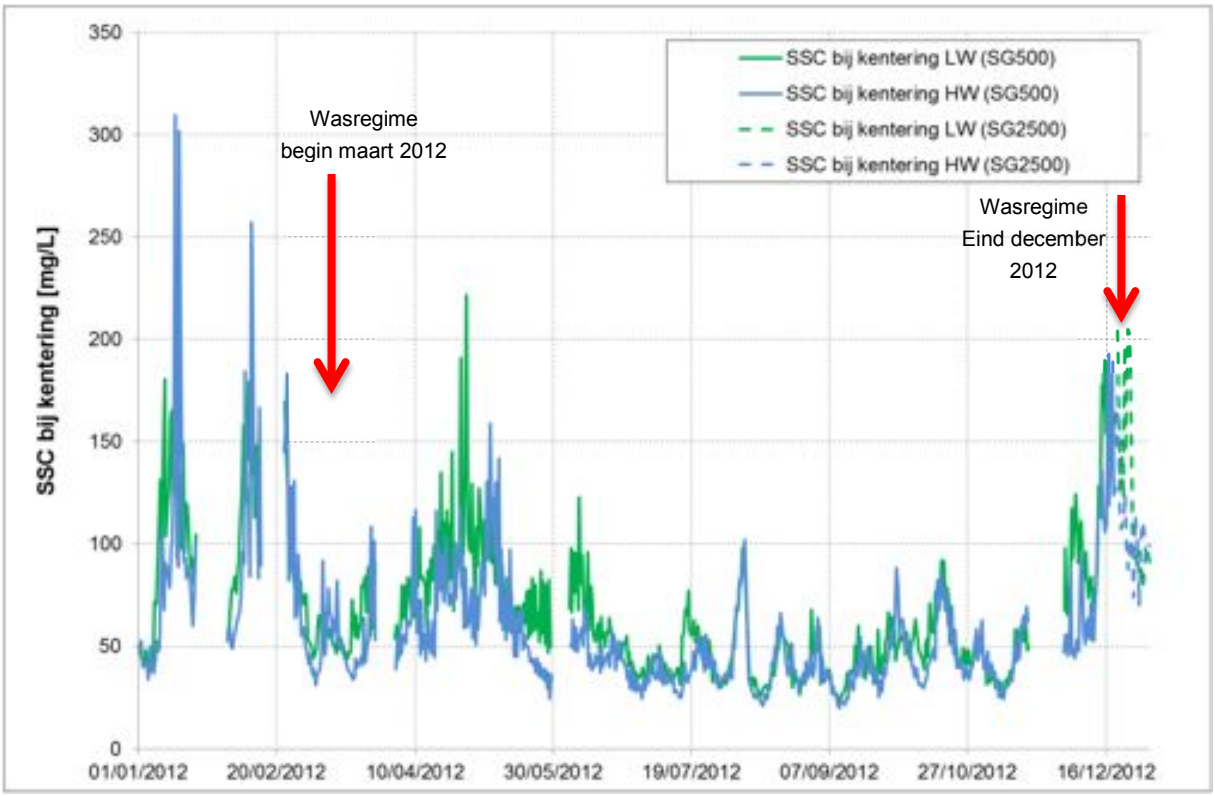
Net als voor turbiditeit worden de berekende SSC-reeksen gerapporteerd als de minimale SSC binnen een venster van een uur voor tot een uur na de kentering (Figuur 109 t.e.m. Figuur 113), en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed (Figuur 114 t.e.m. Figuur 123). In Tabel 19 en Figuur 124 (boxplot) worden enkele statistieken (min., max., gemiddelde en standaardafwijking) voor het jaar 2012 weergegeven.

Vermits de suspensiegehaltes uit de gemeten turbiditeiten worden berekend, kunnen logischerwijs analoge observaties gemaakt worden i.v.m. het tijdsverloop. Hiervoor wordt verwezen naar de bespreking in § 3.1.5.1 op pagina 80.

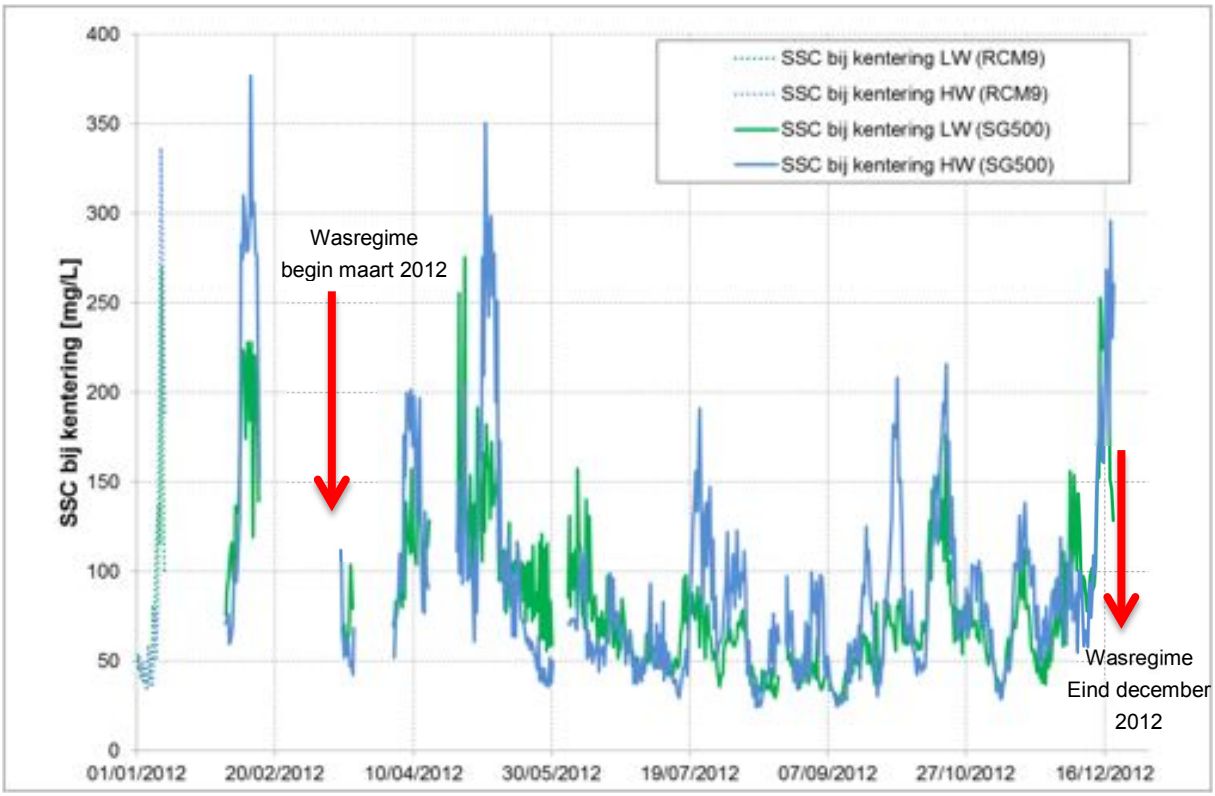
Te Boei 84 vertonen de suspensiegehaltes bij KHW en KLW een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange niet significant verschillend. Te Oosterweel is de SSC bij KHW duidelijk groter (gemiddelde en maximum) dan bij KLW (vooral tijdens de wintermaanden), terwijl te Driegoten het omgekeerde zich voordoet.

Te Boei 84 vertonen de max. SSC bij eb en vloed een gelijkaardig verloop. Bovendien zijn hun gemiddelden evenals de waardenrange niet significant verschillend. Dit is eveneens het geval te Oosterweel. De grafieken vertonen geregeld een aftopping, bij suspensiegehaltes berekend uit een turbiditeit van 500 FTU, voornamelijk tijdens de wintermaanden en meer bij het onderste dan bij het bovenste meettoestel. Te Driegoten plafonneert het verloop van de maximale SSC bij eb en vloed niet (de maximale meetwaarde voor turbiditeit werd in 2012 slechts op vijf uiteenliggende tijdstippen gemeten). De maximale SSC bij eb is te Driegoten groter (gemiddelde en maximum) dan bij vloed. Dat laatste kan verklaard worden uit het snelheidsverloop (Figuur 64). De stroomsnelheid is te Driegoten immers hoger bij eb dan bij vloed, zodat meer sediment in suspensie wordt gebracht en/of gehouden.

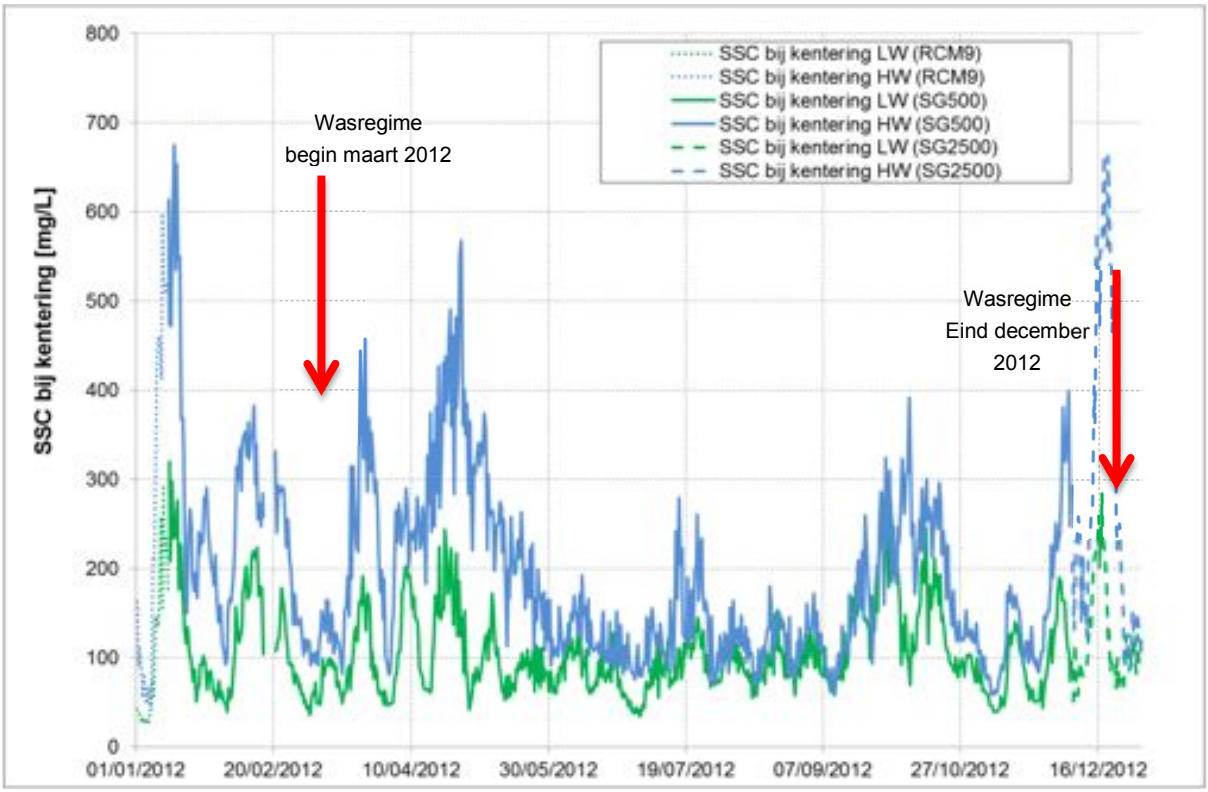
De gemiddelde SSC bij eb is een beetje groter dan deze bij vloed te Boei 84, vnl. voor het onderste meettoestel. Te Oosterweel is de gemiddelde turbiditeit bij vloed wat groter dan bij eb (in de zomer), terwijl het omgekeerde geldt te Driegoten, maar voor beide meetlocaties zijn de verschillen minimaal.



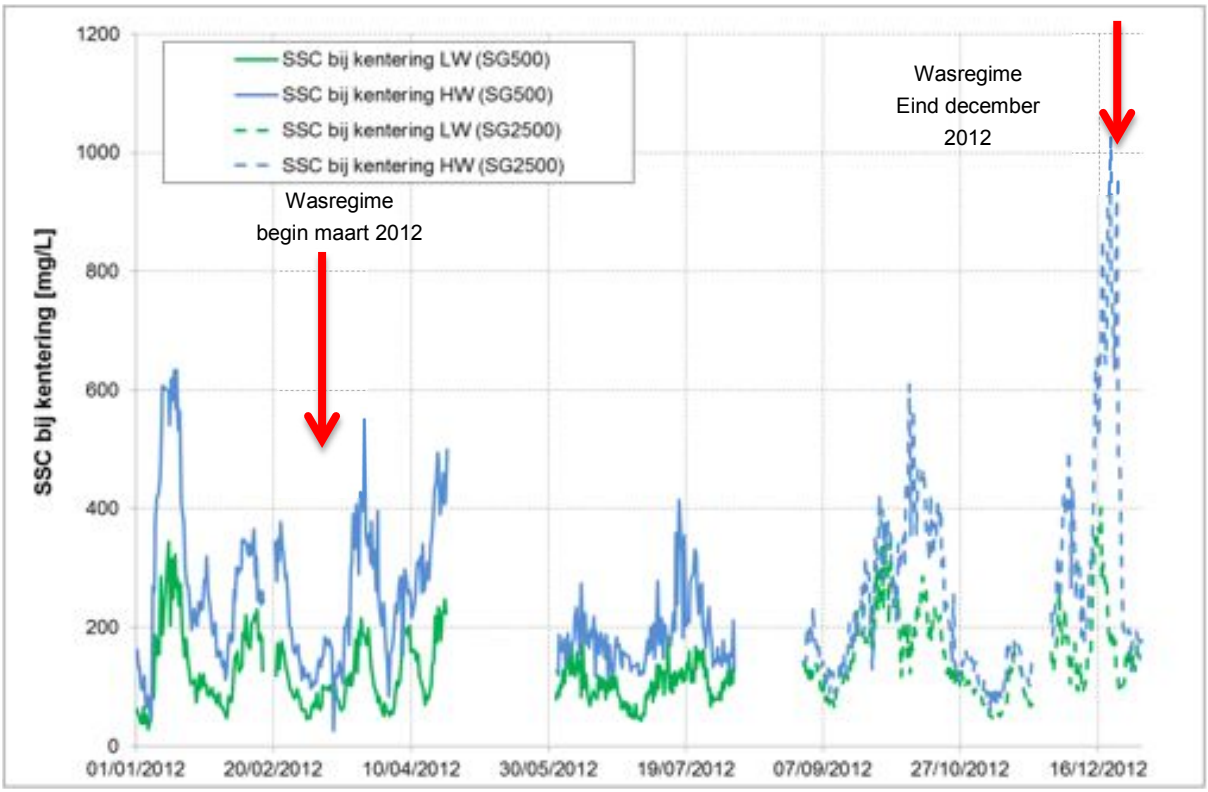
Figuur 109 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel



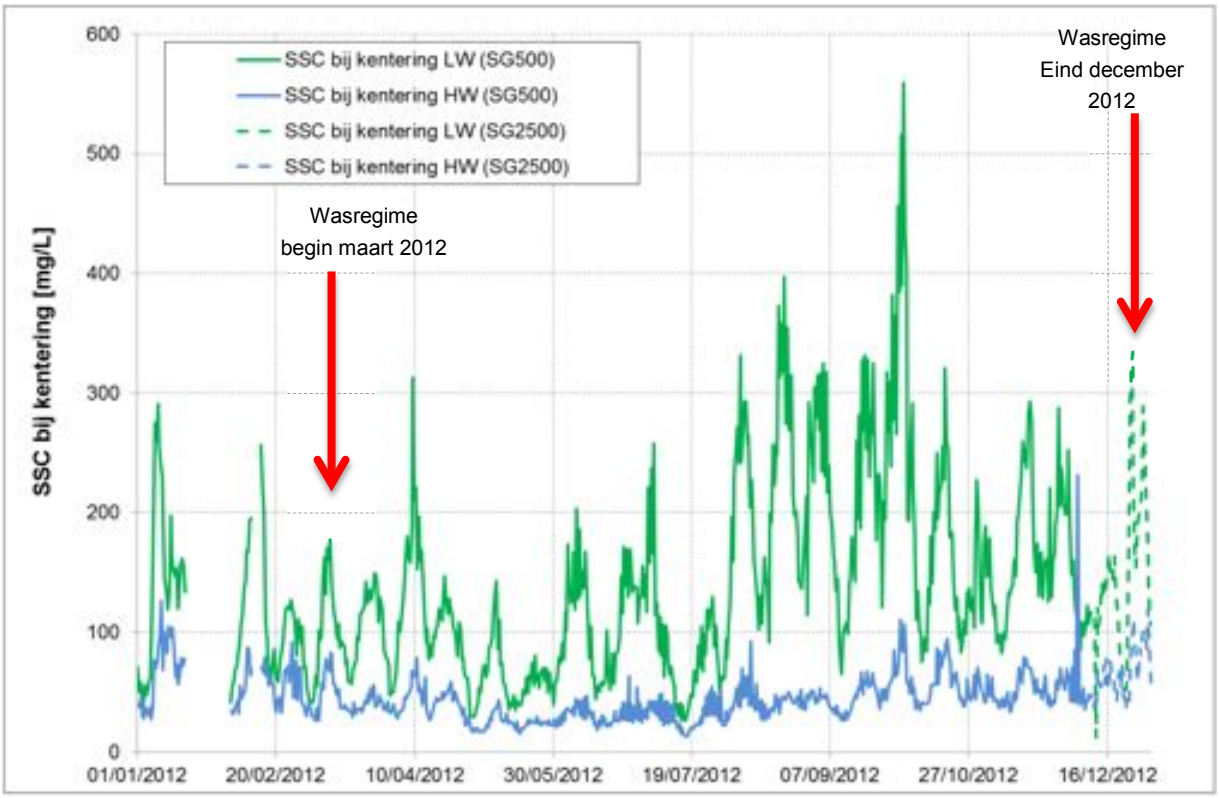
Figuur 110 - SSC bij KLW en KHW te Boei 84 (Beneden -Zeeschelde), onderste meettoestel



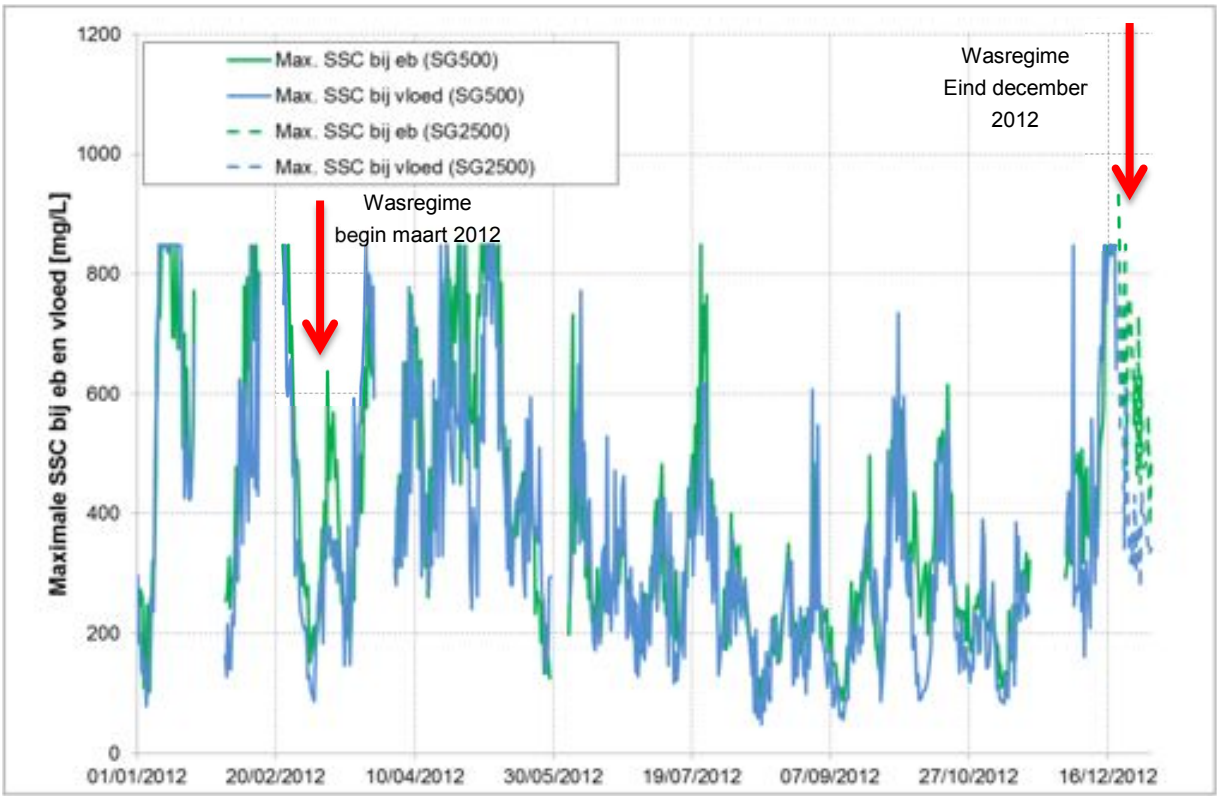
Figuur 111 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden -Zeeschelde), bovenste meettoestel



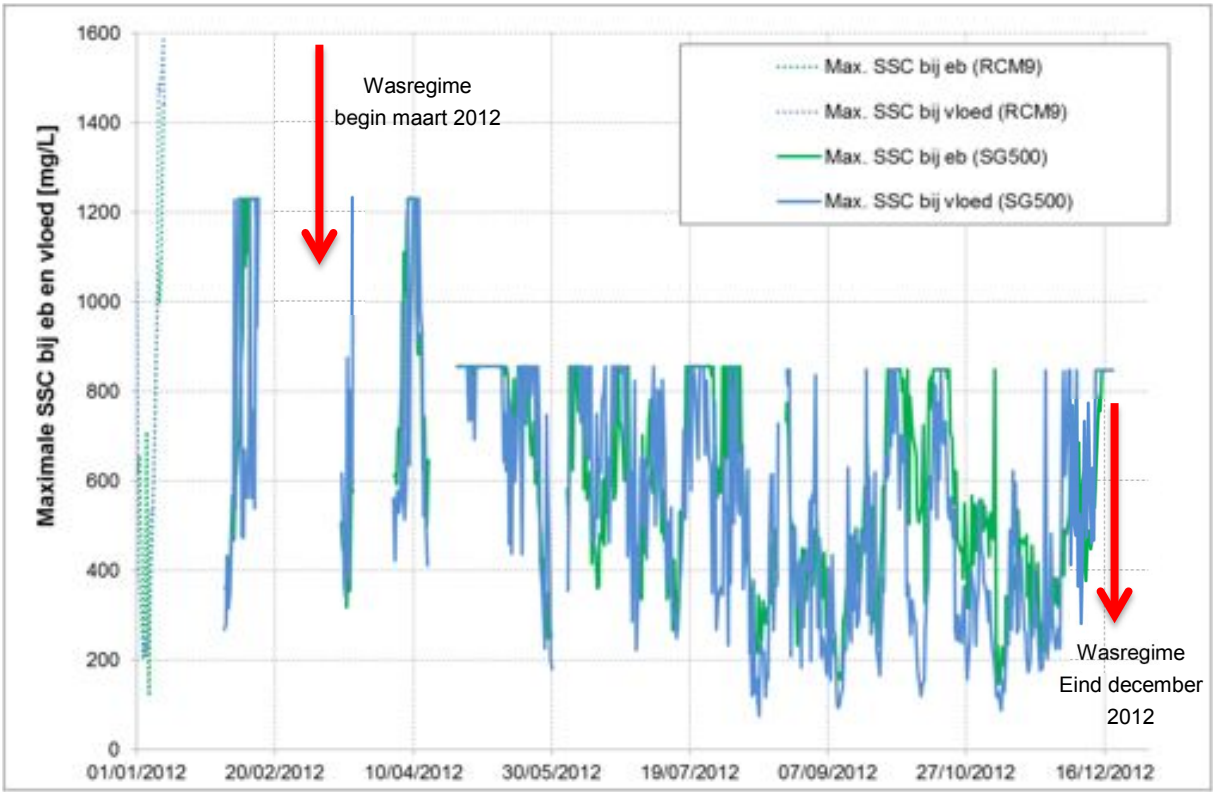
Figuur 112 - SSC bij KLW en KHW te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



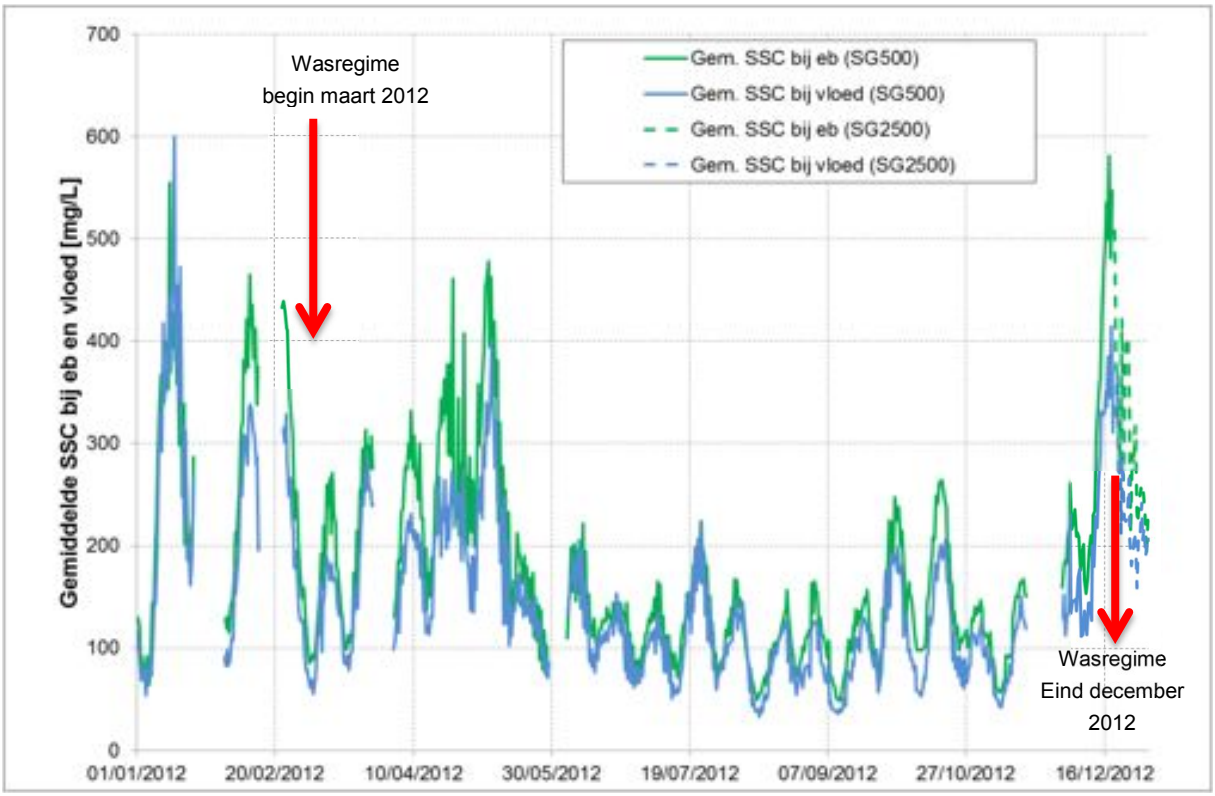
Figuur 113 - SSC bij KLW en KHW te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



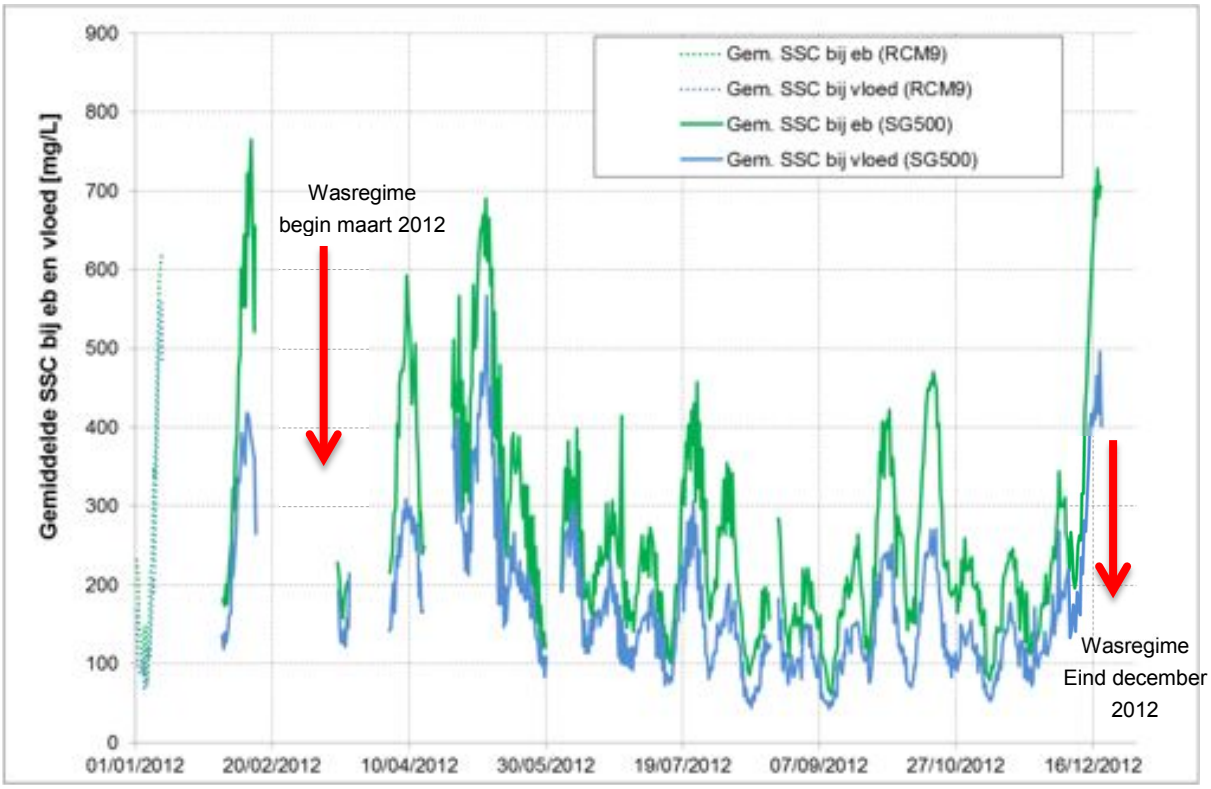
Figuur 114 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



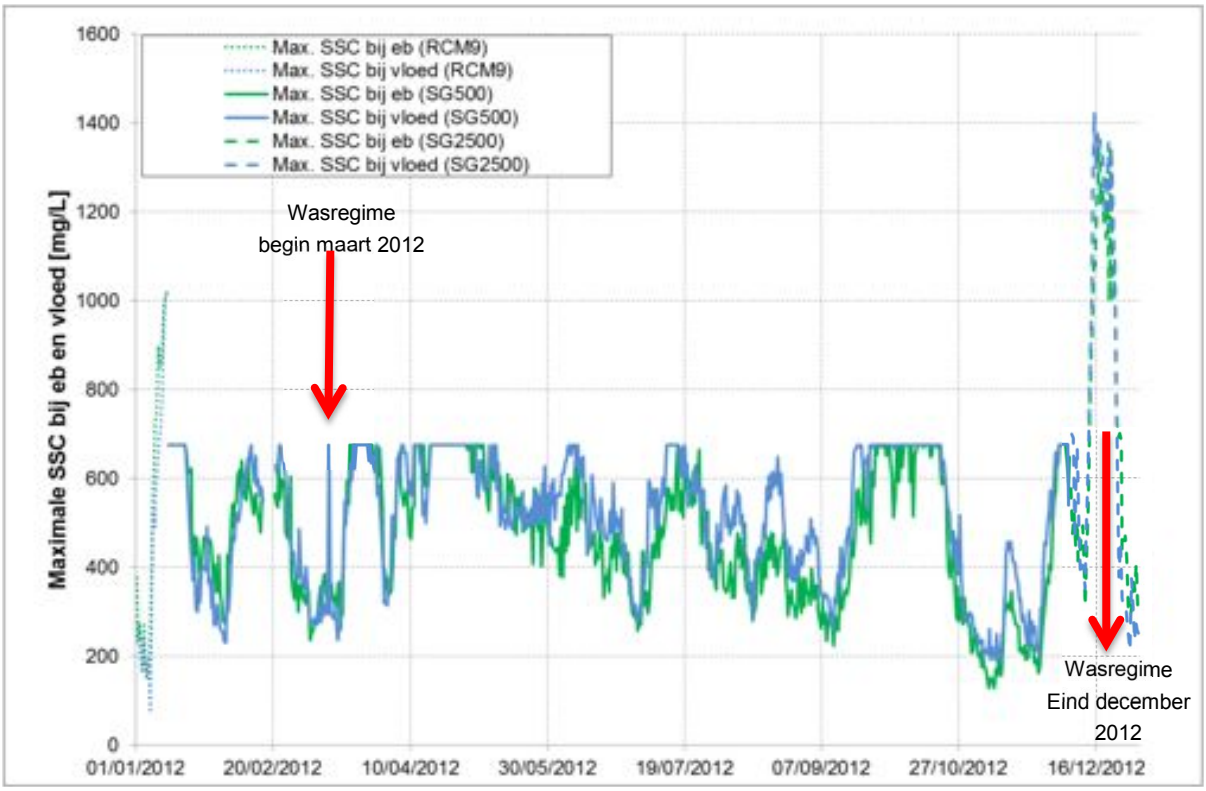
Figuur 115 - Maximale SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



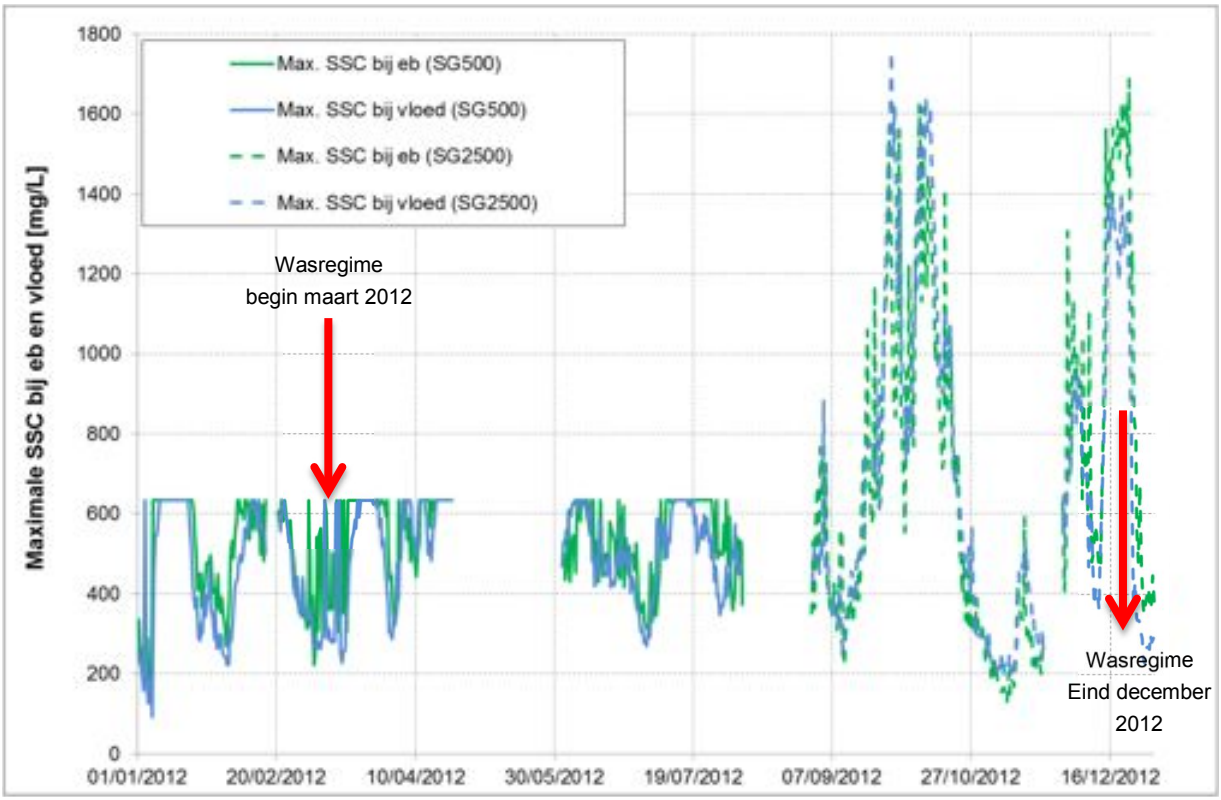
Figuur 116 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



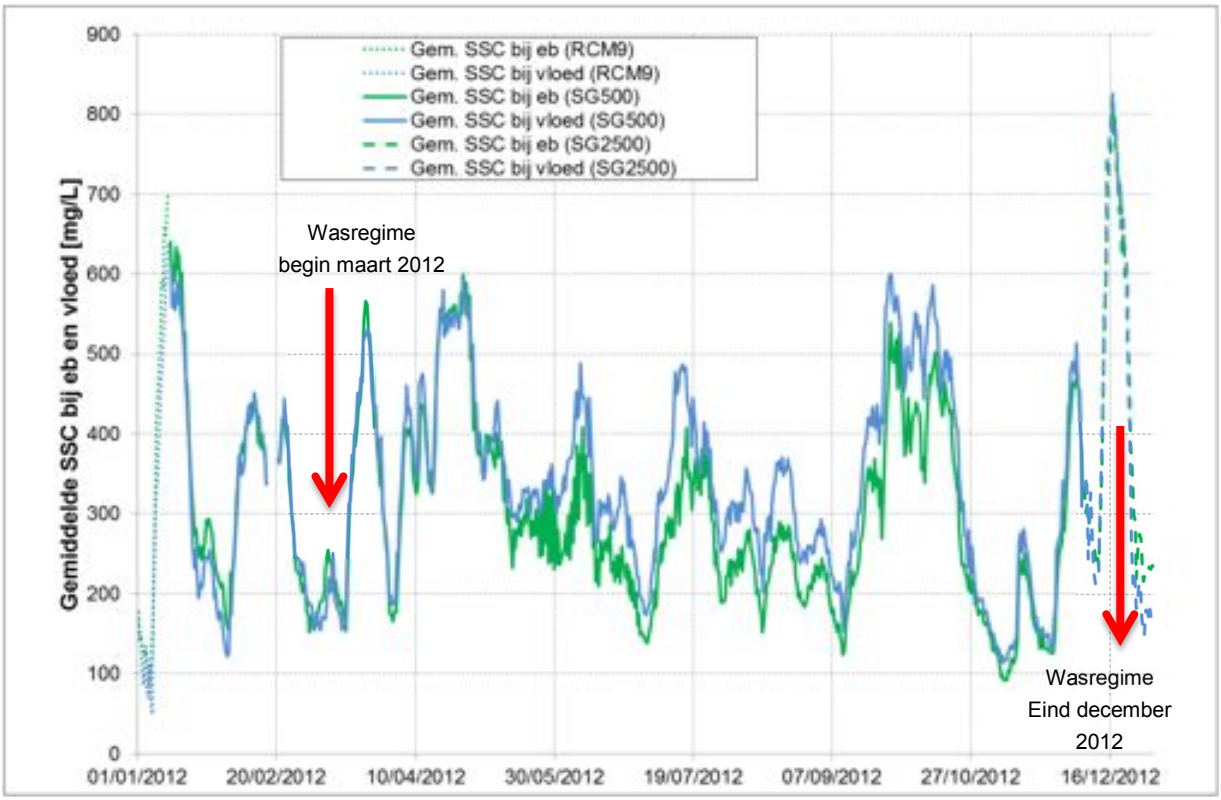
Figuur 117 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Boei 84 (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



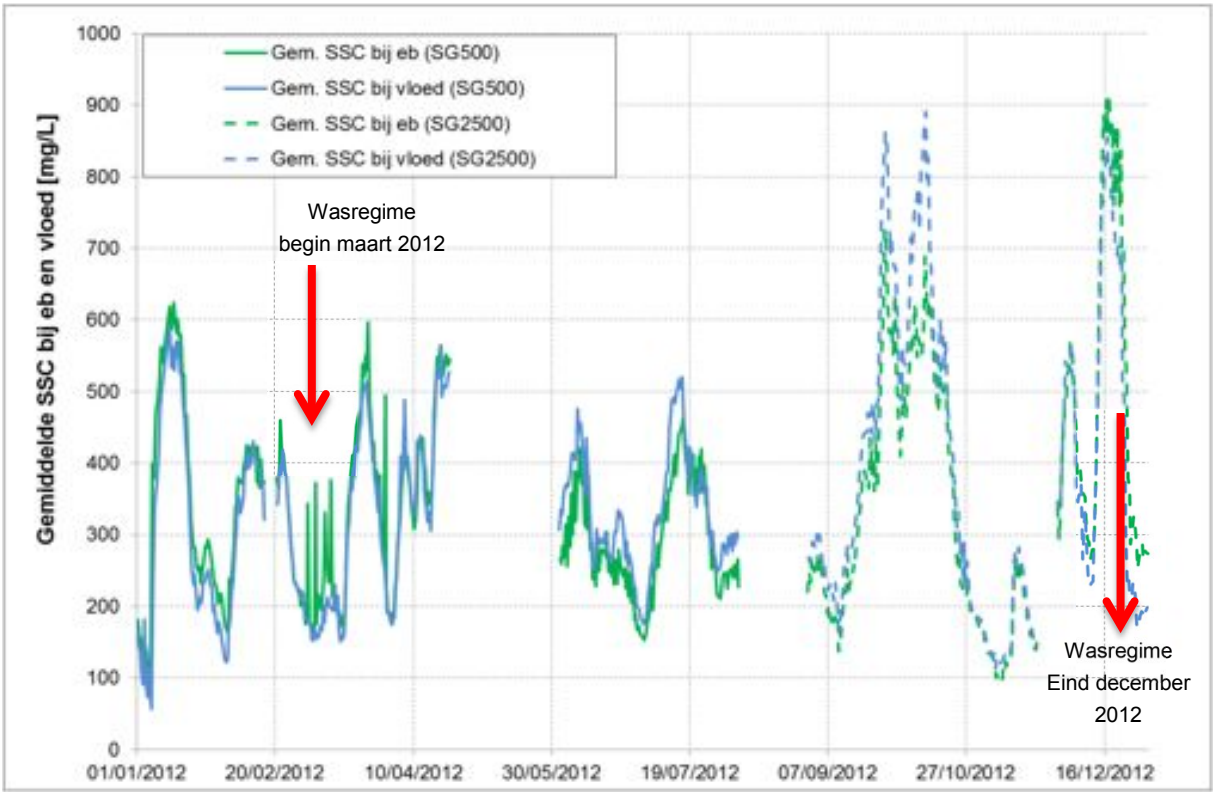
Figuur 118 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



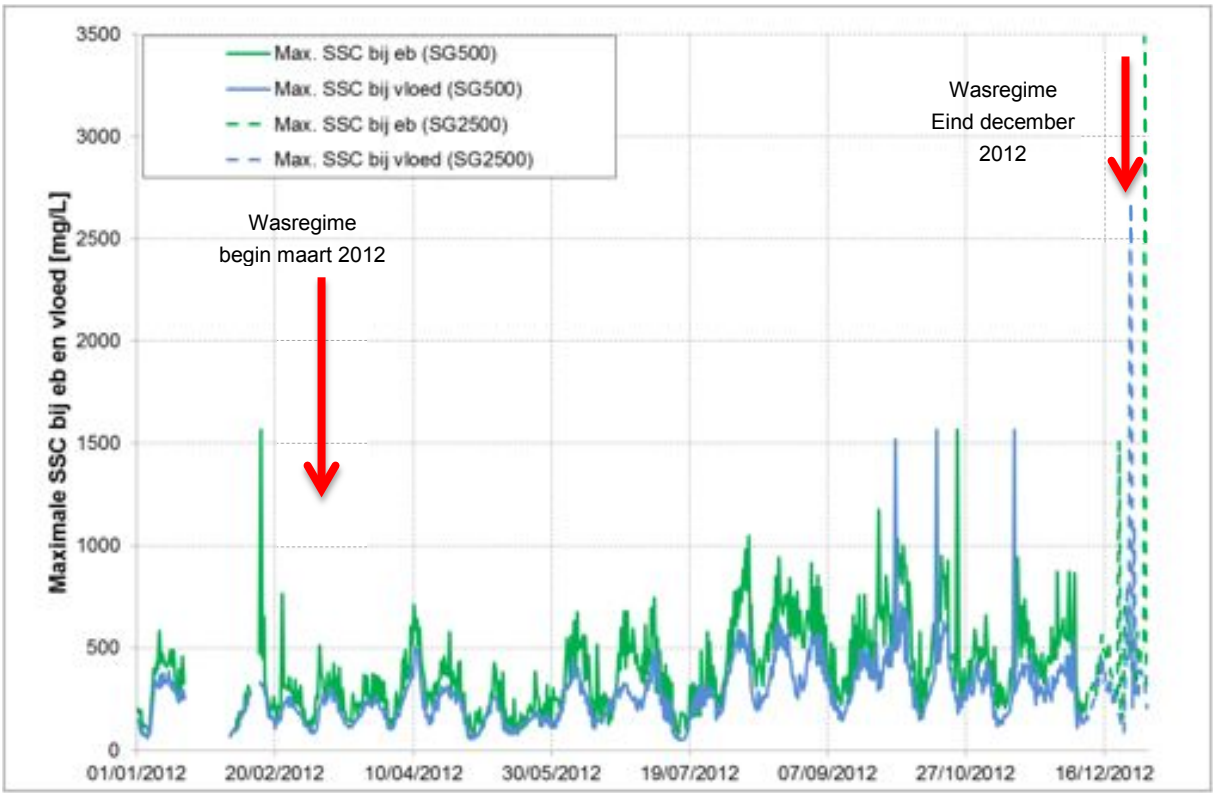
Figuur 119 - Maximale SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



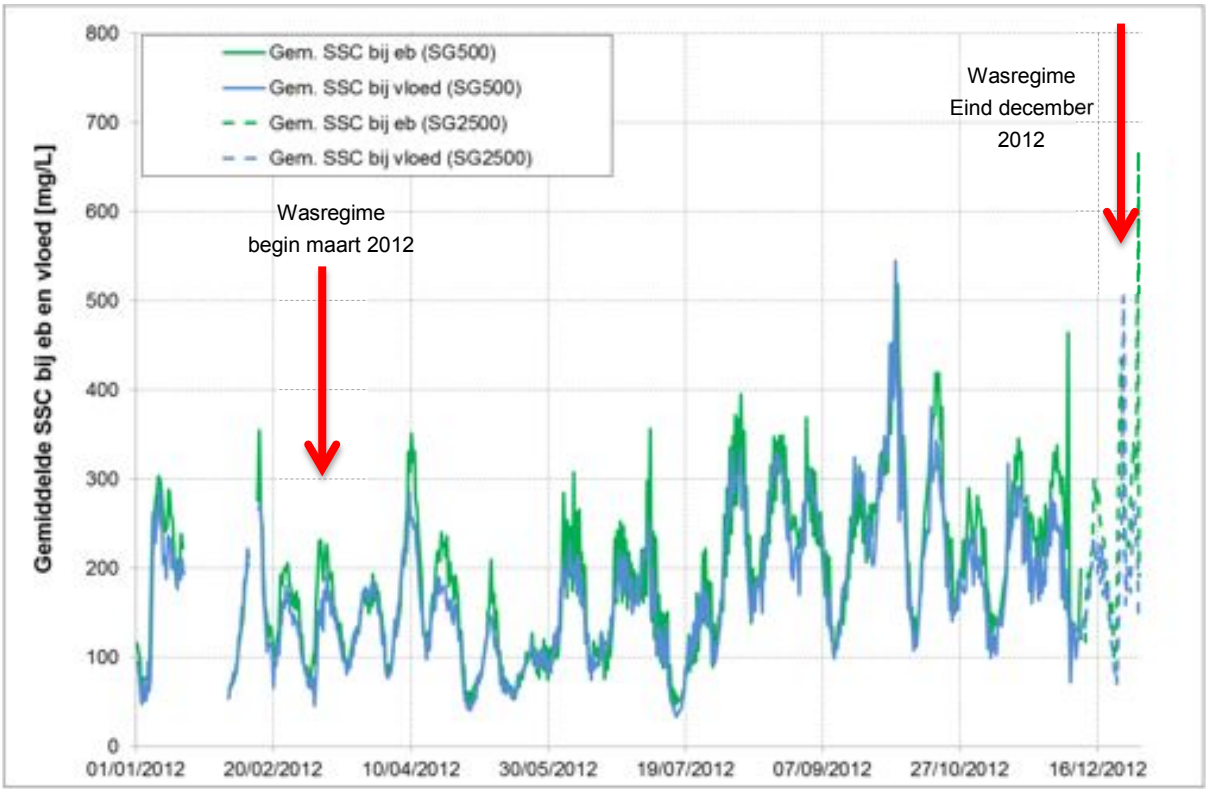
Figuur 120 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel



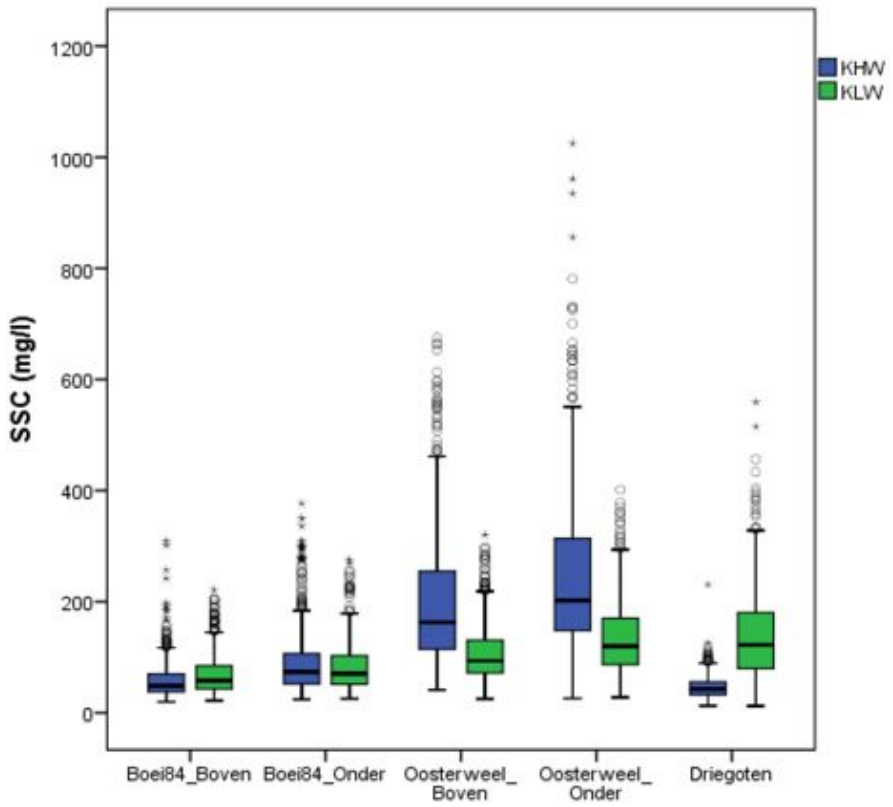
Figuur 121 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), onderste meettoestel



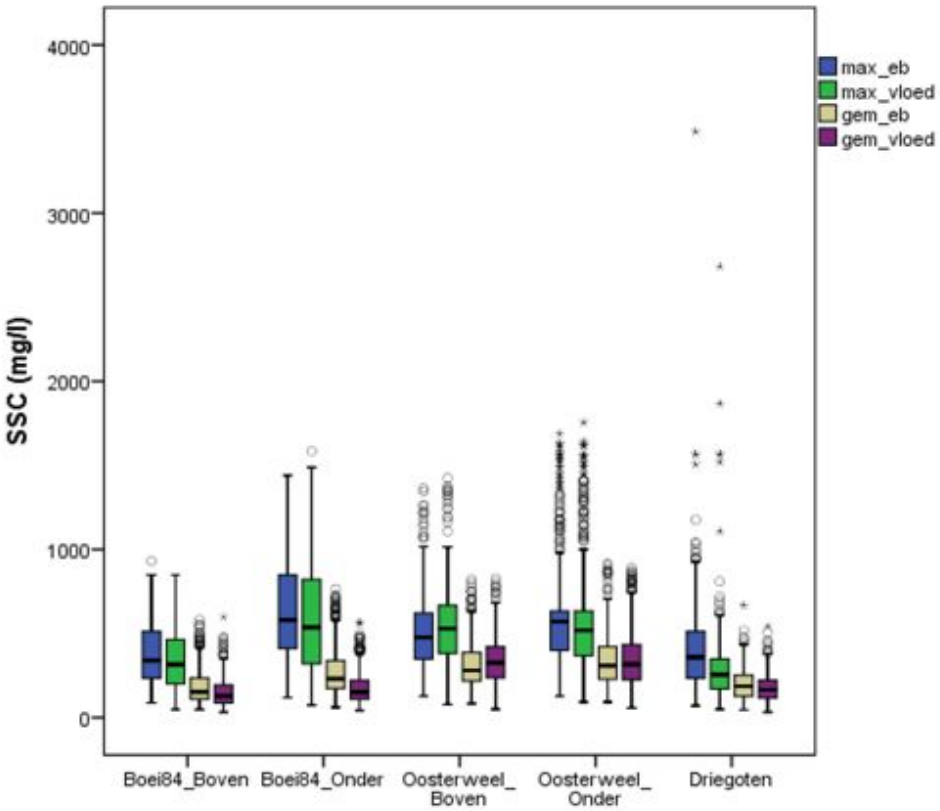
Figuur 122 - Maximale SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



Figuur 123 - Gemiddelde SSC bij eb en vloed te Driegoten (Boven-Zeeschelde)



Figuur 124 - Boxplot voor de SSC bij KHW en KLW op de meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes



Figuur 125 - Boxplot voor de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed op de meetlocaties met Aanderaa multiparametersondes

Tabel 19: Minimum, gemiddelde, maximum en standaardafwijking van de SSC bij KHW en KLW en de maximale en gemiddelde SSC bij eb en vloed

Meet-locatie	Minimum	Gemiddel-de	Maximum	STDEV	Minimum	Gemiddel-de	Maximum	STDEV
	SSC (mg/L) bij KHW				**SSC (mg/L) bij KLW**			
Boei84 boven	19,7	59,4	309,5	34,7	21,9	69,5	221,4	36,3
Boei84 onder	23,8	92,6	376,6	61,7	25,3	82,7	275,4	44,8
Oosterweel boven	41,0	199,4	674,8	116,2	24,9	107,1	319,8	51,0
Oosterweel onder	25,8	247,7	1025,0	142,6	27,7	133,5	401,6	65,1
Driegoten	12,7	45,9	231,1	20,4	12,3	140,5	559,4	81,0
	Maximale SSC (mg/L) bij eb				**Maximale SSC (mg/L) bij vloed**			
Boei84 boven	88,0	397,8	931,3	210,1	48,5	359,0	848,6	204,9
Boei84 onder	119,2	603,6	1440,8	245,2	74,4	559,6	1585,3	277,0
Oosterweel boven	127,7	493,4	1364,0	188,8	78,1	523,4	1424,6	193,8
Oosterweel onder	127,9	595,9	1687,6	293,5	93,1	570,1	1756,1	299,1
Driegoten	71,0	400,8	3486,0	246,8	49,7	282,7	2682,6	193,5
	Gemiddelde SSC (mg/L) bij eb				**Gemiddelde SSC (mg/L) bij vloed**			
Boei84 boven	48,3	186,5	581,4	103,9	32,5	150,6	599,9	84,9
Boei84 onder	61,3	271,1	765,0	142,7	43,3	177,6	566,4	97,1
Oosterweel boven	83,0	311,5	821,4	133,4	49,2	338,5	828,0	135,6
Oosterweel onder	92,4	343,5	914,8	156,3	57,2	351,2	891,4	168,0
Driegoten	45,3	194,0	668,0	87,6	33,3	173,6	545,0	77,5

In tegenstelling tot de meetlocaties in het ‘maritieme’ gedeelte van het Zeescheldebekken, zijn de meetlocaties te Duffelsluis en Melle erg toegankelijk, is er een vast en ruim platform, en kan er gebruik gemaakt worden van het stroomnet. Daarom kon er op deze locaties een automatisch staalnametoestel (ISCO type 6712FR) geïnstalleerd worden (zie Figuur 126). Dit toestel is geprogrammeerd om elke zeven uur een staalname uit te voeren. De stalen worden gekoeld bewaard ter plaatse en eenmaal per week opgehaald en naar het sedimentologisch laboratorium gebracht. Daar wordt de sedimentconcentratie op deze stalen bepaald aan de hand van filtratie (De Schutter & Mostaert, 2009).

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

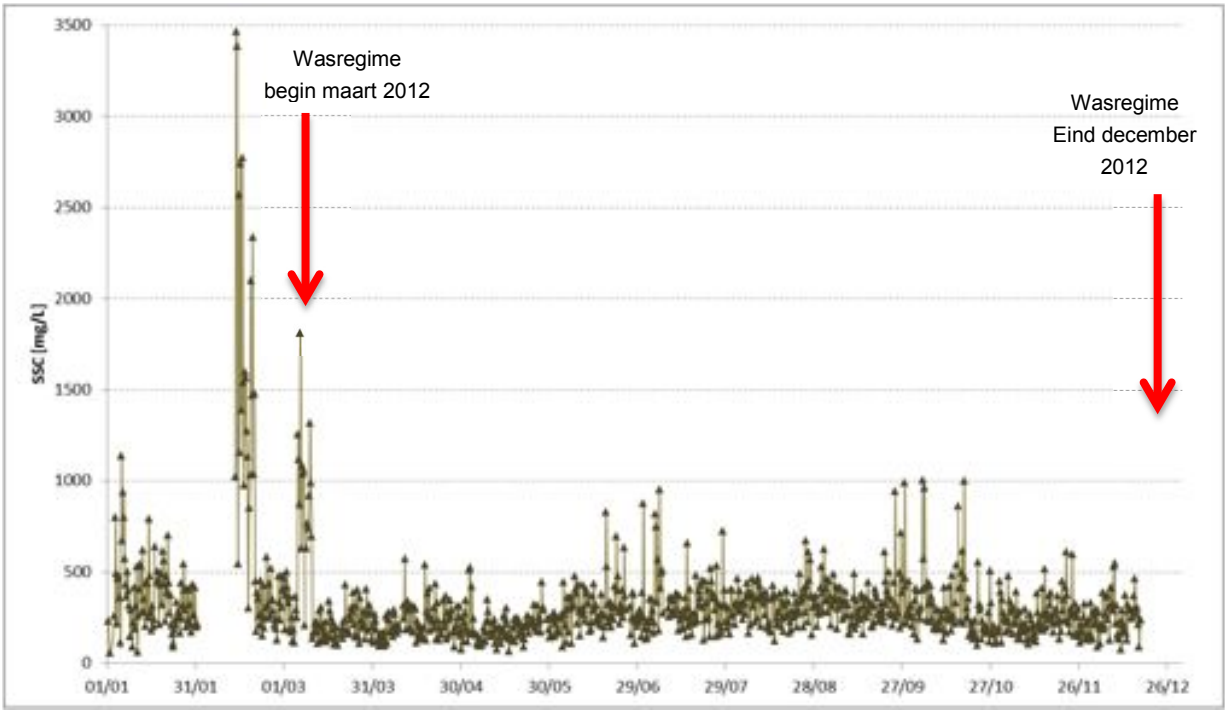
Figuur 126 - Automatisch staalnametoestel ISCO (type 6712FR) met koeling
Teledyne (Teledyne Technologies Inc.; 2012).

In Figuur 127 en Figuur 128 worden de suspensiegehaltes (SSC, mg/l) weergegeven voor de stations te Melle en Duffelsluis, zoals verkregen uit de zevenuurlijkse ISCO staalname.

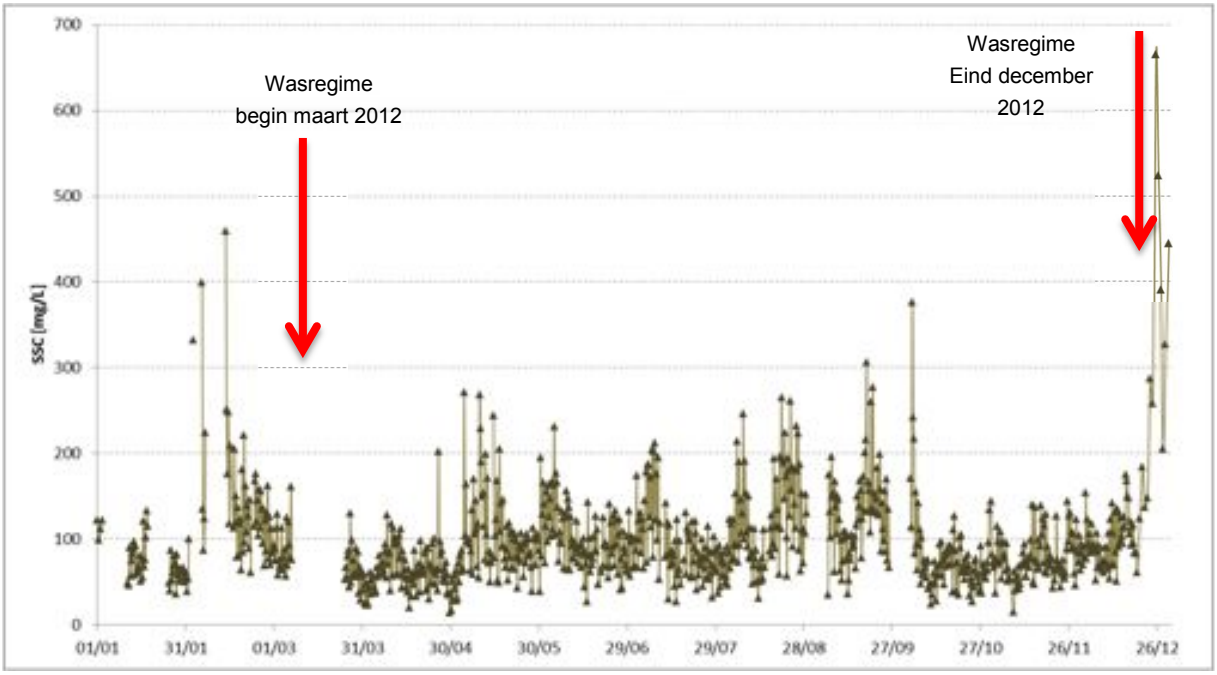
Uit de bespreking van de turbiditeit (§ 3.1.5.1) blijkt dat de turbiditeit te Melle zowat het dubbele is van de turbiditeit te Duffelsluis. Wanneer men de SSC-waarden vergelijkt, zijn er eveneens grote verschillen merkbaar:

- de SSC-waarden te Melle liggen, met uitzondering van enkele pieken, hoofdzakelijk in de range 100-500 mg/L. Voor Duffelsluis is deze range 0-150 mg/L.
- de maximum SSC-waarde te Melle bedraagt 3465 mg/L en treedt op tijdens de was van februari. De maximum SSC-waarde in Duffelsluis bedraagt 665 mg/L (tijdens de was van december), ongeveer een vijfde van Melle.

Tijdens de wassen van januari, maart, juli, oktober en december zijn er te Melle en Duffelsluis verhogingen te merken in het suspensiegehalte. Daarnaast komen er ook pieken in SSC voor, die niet onmiddellijk aan een wasregime kunnen gekoppeld worden (bvb. midden februari en eind juni).

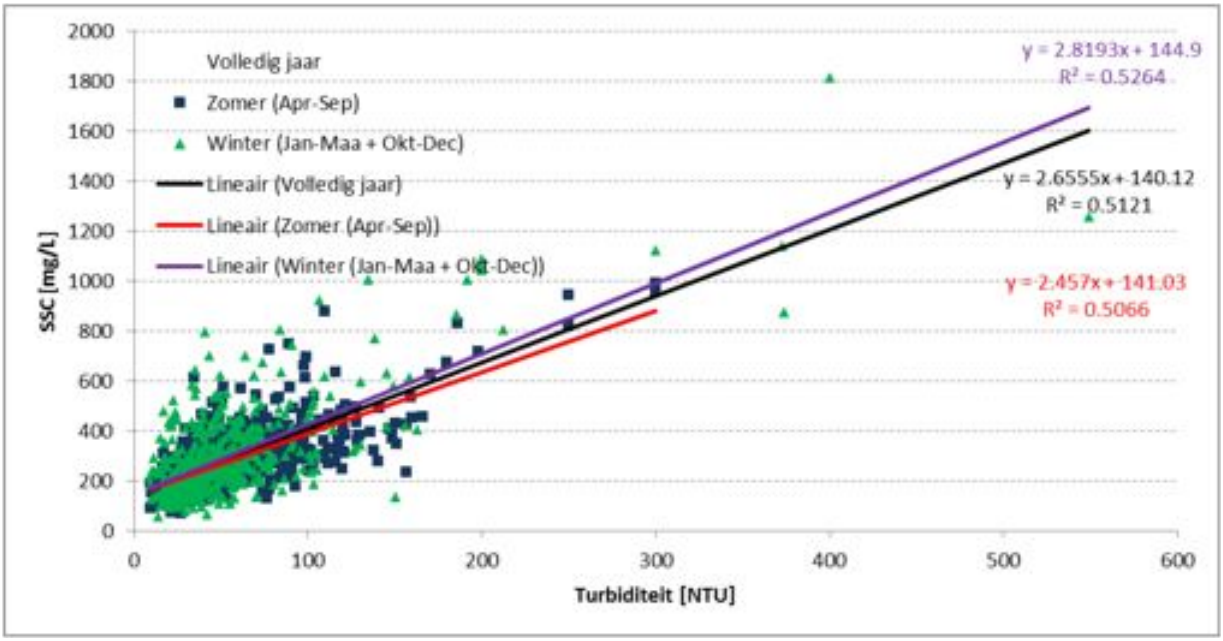


Figuur 127 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Melle (Boven-Zeeschelde)

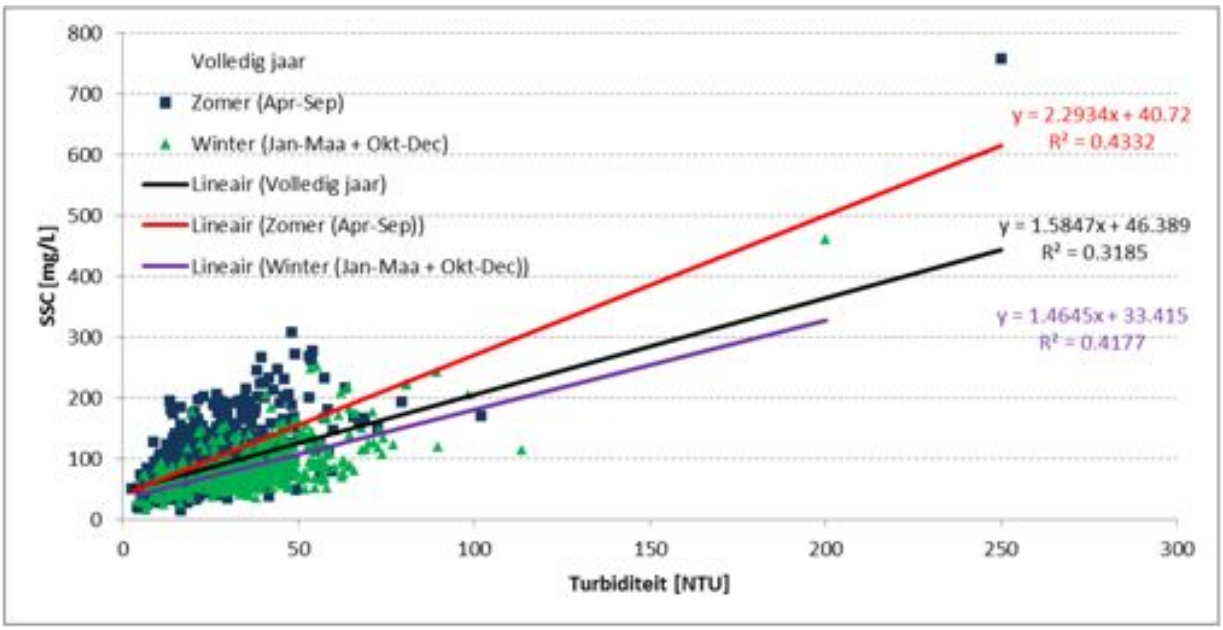


Figuur 128 - SSC (gemeten m.b.v. automatische staalname) te Duffelsluis (Beneden-Nete)

Met behulp van de suspensiegehaltes afgeleid uit de zevenuurlijkse staalname en de overeenkomstige gemeten turbiditeiten, kan het regressieverband opgesteld worden tussen de turbiditeit en het suspensiegehalte. Indien dit verband met voldoende kwaliteit (= statistische significantie) kan opgesteld worden, kunnen continue SSC reeksen worden afgeleid uit de continue turbiditeitsmetingen (ipv zevenuurlijkse waarden). In Figuur 129 en Figuur 130 worden alle puntenkoppels “turbiditeit-sedimentconcentratie” voorgesteld voor respectievelijk Melle en Duffelsluis. Voor beide scatterplots zijn lineaire regressies opgesteld, na uitfiltering van enkele outliers. Het tijdsverloop van de turbiditeit en de SSC deed vermoeden dat er een verschillende relatie bestond voor de zomer- (april-september) en wintermaanden (januari-maart en oktober-december). Voor Duffelsluis leidt deze opsplitsing effectief tot een verbetering van de relatie, terwijl voor Melle de R^2 nauwelijks wijzigde.

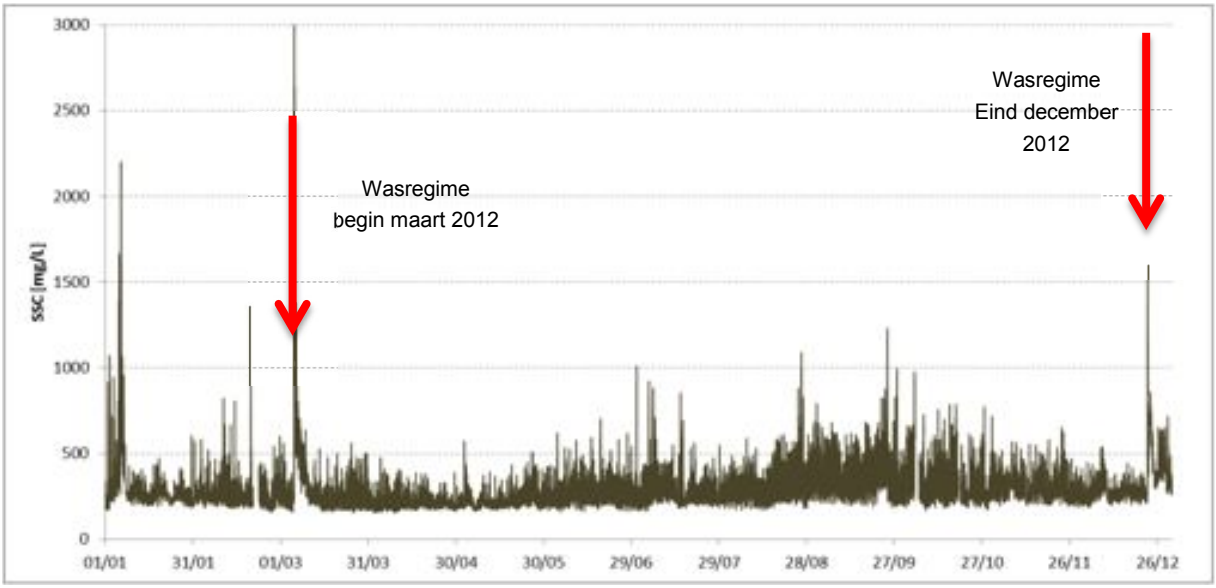


Figuur 129 - Regressieverband Turbiditeit - SSC te Melle (Boven-Zeeschelde)

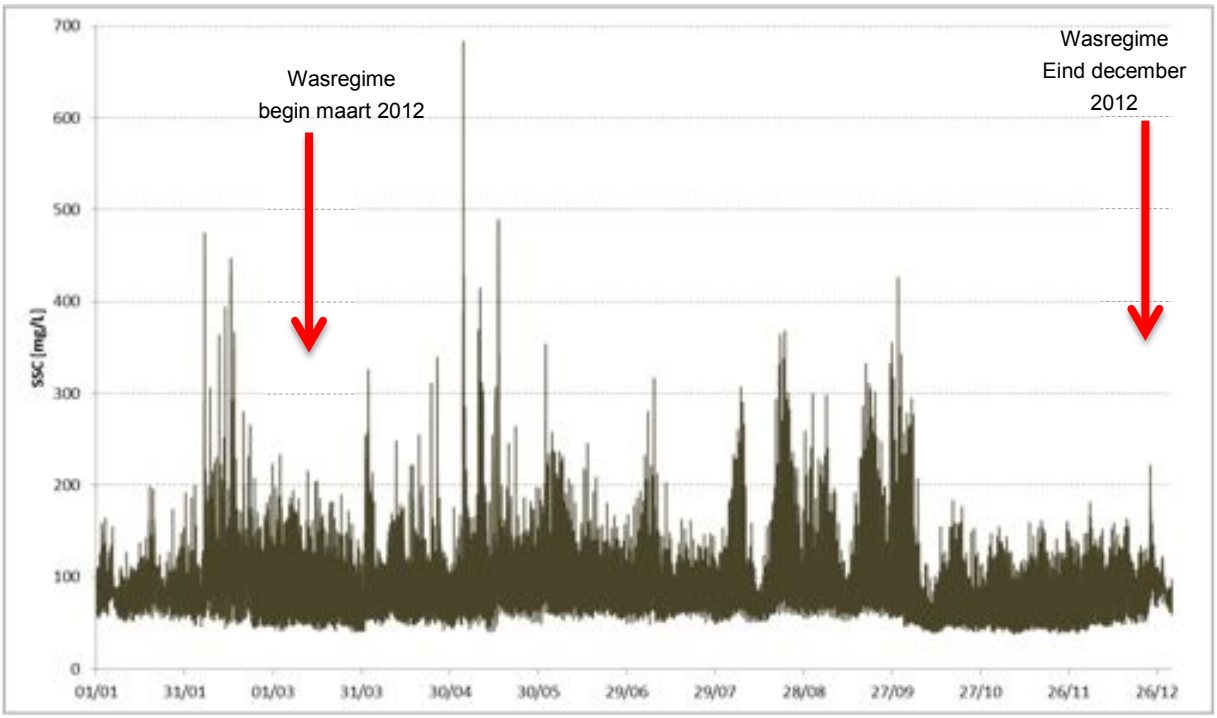


Figuur 130 - Regressieverband Turbiditeit - SSC te Duffelsluis (Beneden-Nete)

Aan de hand van de opgestelde zomer- en winterrelaties tussen turbiditeit en SSC wordt dan uiteindelijk het suspensiegehalte berekend voor Melle en Duffelsluis. Het resultaat wordt weergegeven in resp. Figuur 131 en Figuur 132.



Figuur 131 - SSC (berekend uit turbiditeit) te Melle (Boven-Zeeschelde)

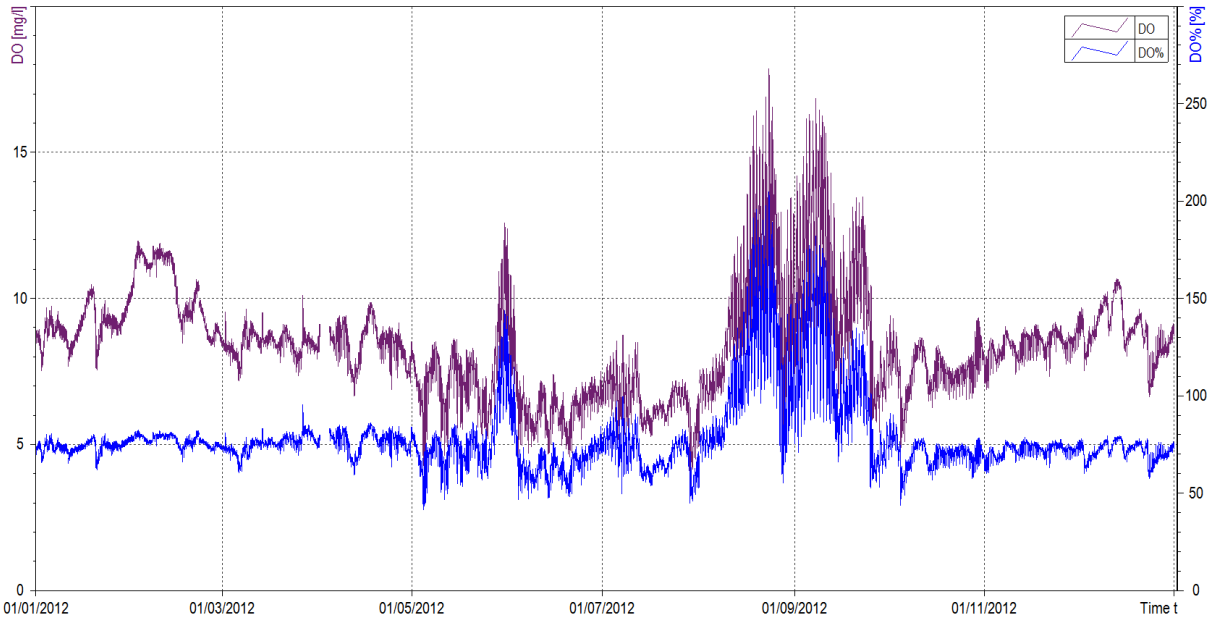


Figuur 132 - SSC (berekend uit turbiditeit) te Duffelsluis (Beneden-Nete)

3.1.6. Verloop overige parameters

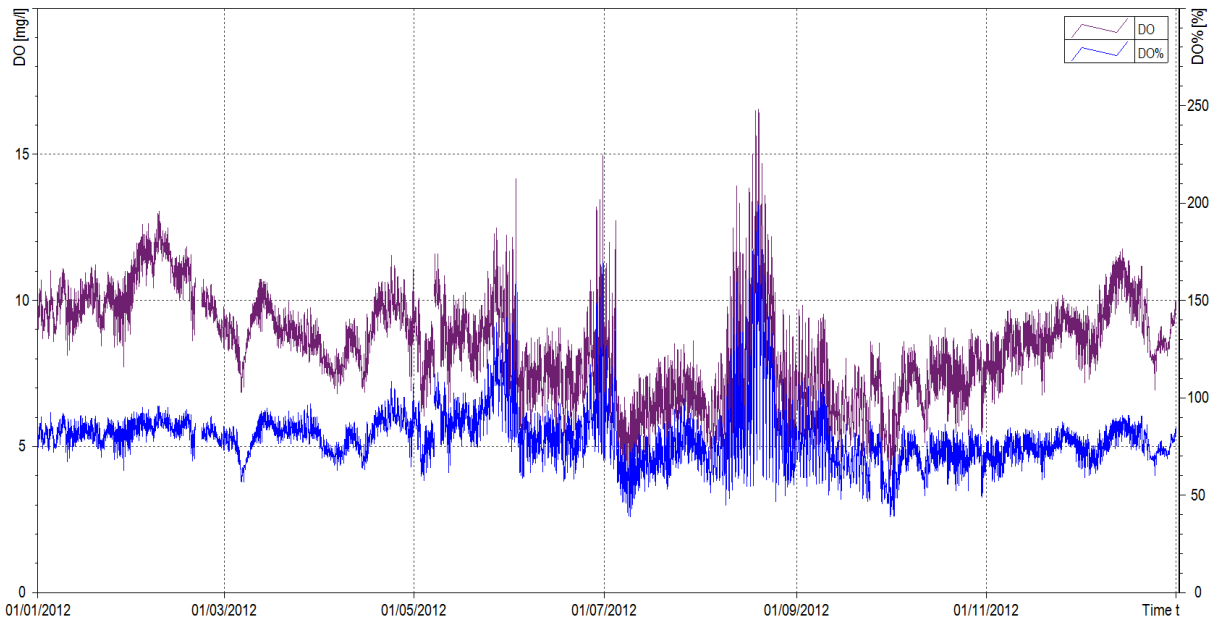
In de Boven-Zeeschelde te Melle en de Beneden-Nete te Duffelsluis is een YSI multiparametersonde opgesteld. Naast de hierboven gerapporteerde parameters (Temperatuur, Conductiviteit en Turbiditeit) worden op deze locaties ook de pH, redoxpotentiaal, zuurstofgraad en zuurstofgehalte gemeten. In 2012 waren echter nagenoeg het hele jaar problemen met de sondes die pH en redoxgehalte registreren. Bijgevolg worden deze metingen niet opgenomen in dit rapport.

Figuur 133 en Figuur 134 geven het verloop van het zuurstofgehalte en de zuurstofgraad respectievelijk te Duffelsluis en Melle. Het zuurstofgehalte te Duffel varieert in de wintermaanden van 8-10 mg/l. De koudegolf begin februari 2012 en midden december 2012 zorgen voor een stijging van het zuurstofgehalte tot 11.5 mg/l en 10.5 mg/l. De verzadigingsgraad schommelt doorgaans rond 75% en blijft dus onder de 100%. Bij warme temperaturen in mei 2012 en in de zomer 2012, is het Netewater wel zuurstofverzadigd.



Figuur 133 - Zuurstofgehalte [mg/l]en de zuurstofgraad [%] te Duffelsluis (Beneden-Nete)

Te Melle is het zuurstofgehalte iets hoger dan te Duffelsluis, en de zuurstofverzadigingsgraad schommelt doorgaans rond de 80%, met een overschrijding van 100 % eind mei 2012 en in de zomer.



Figuur 134 - Zuurstofgehalte [mg/l]en de zuurstofgraad [%] te Melle (Boven-Zeeschelde)

3.2. Meetcampagnes

3.2.1. Langsvaarten

3.2.1.1 Meetlocaties en meetinstrumenten "fysische parameters"

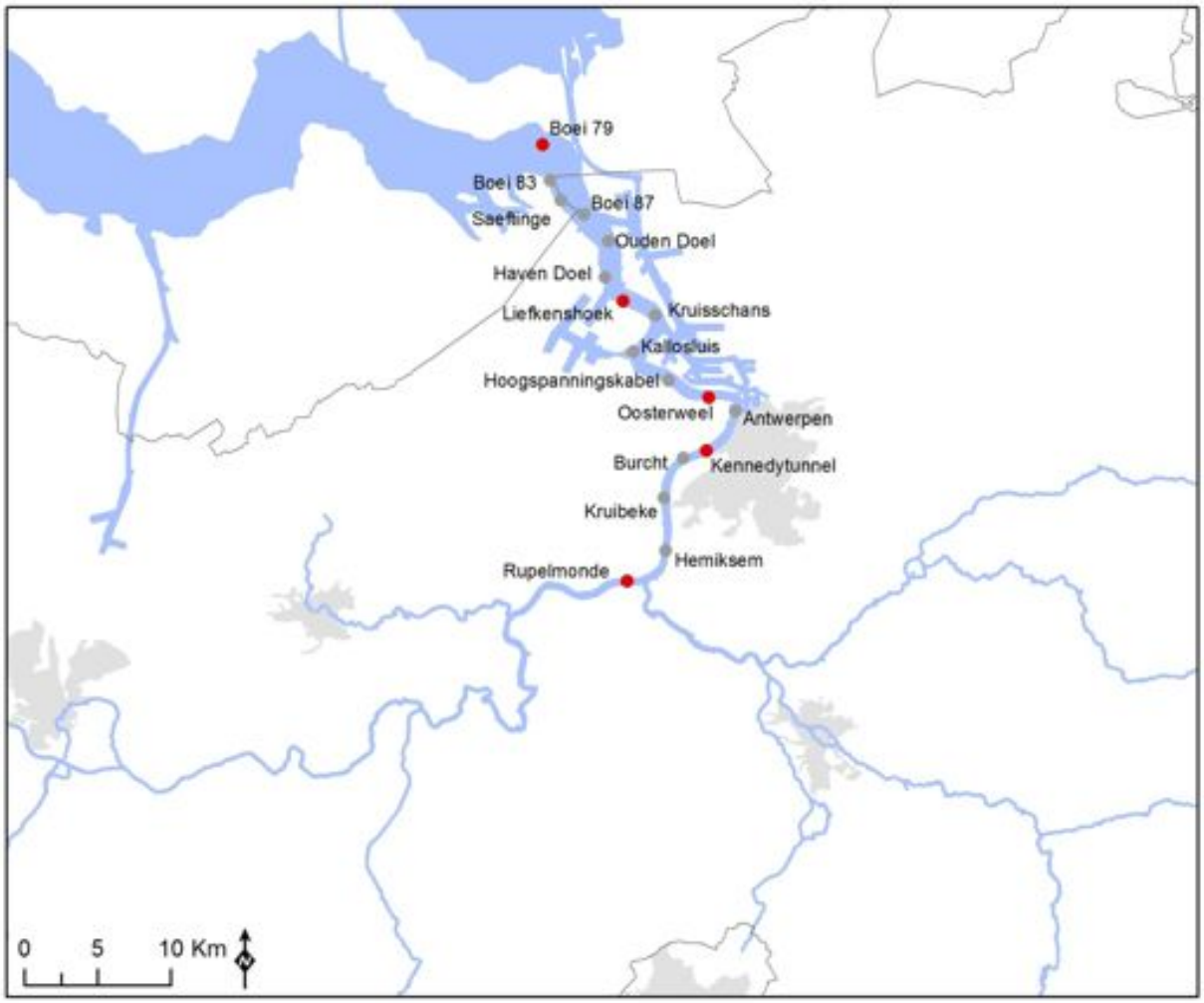
Het Waterbouwkundig Laboratorium voert reeds vanaf de jaren 1960 periodieke langsvaarten langsheen het Schelde-estuarium. Hierbij wordt met behulp van een meetschip op een bepaald moment in de getij-cyclus een meting uitgevoerd van bepaalde fysische parameters. In eerste instantie waren deze vaarten vooral gericht op het meten van het verloop van de conductiviteit langsheen het estuarium om alzo de “saliniteitsgradiënt” in beeld brengen.

Sinds 2010 heeft men echter ook systematisch naast de conductiviteit (gemeten met een YSI sonde) ook water- en sedimentstalen genomen met behulp van een pomp, om zo ook enerzijds het chloridegehalte te kunnen bepalen, als anderzijds ook de sedimentconcentratie te kunnen meten. Bij de zogeheten langsvaarten worden op 17 vaste locaties (zie Figuur 135) langsheen de Beneden Zeeschelde pompstalen genomen in de bovenste helft van de waterkolom (1 à 3 m onder het wateroppervlak). De vaarten worden maandelijks tot 3-maandelijks uitgevoerd op volgende momenten van het getij:

- Kentering hoogwater (KHW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de vloedperiode, wat overeenkomt met de meest opwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een “achtergrondwaarde” weer.
- Kentering laagwater (KLW): deze meting geeft de ligging van de saliniteitsgradiënt weer na de ebperiode, wat overeenkomt met de meest afwaartse ligging ervan; de sedimentconcentraties die op dit moment gemeten worden geven een “achtergrondwaarde” weer.
- Halftij-eb (HTE): deze meting richt zich louter op de sedimentconcentraties en werd sinds 2009 maandelijks uitgevoerd in de Beneden Zeeschelde; sinds 2012 werd deze meting ook uitgebreid naar de Boven-Zeeschelde [Plancke *et al.*, 2013], doch hier 3-maandelijks; deze metingen geven een beeld van de sedimentconcentraties in het estuarium bij aanzienlijke stromingen.

Bij de kenteringsvaarten dient het meetschip de kentering bij te houden, wat in de praktijk niet evident is. Hierdoor zal de meting aanvangen op het meest stroomafwaartse punt op een moment dat de stroming nog niet gekenterd heeft, terwijl op het eindpunt (meest opwaarts) de kentering reeds gebeurd zal zijn.

Voor de conductiviteit zal de invloed hiervan beperkt blijven, doch voor de sedimentconcentratie kan dit een meer belangrijke invloed hebben. Bij de halftij-eb meting is deze invloed veel kleiner, aangezien de stroomsnelheid gedurende de eb-fase minder sterk varieert. Daardoor zal ook de sedimentconcentratie minder aan belangrijke variaties onderhevig zijn, zodat deze periode zich voor suspensiemateriaal beter leent tot metingen langsheen het estuarium



Figuur 135 - ligging van de vaste meetlocaties tijdens de periodieke langsvaarten
(in het rood werden de geselecteerde locaties voor verdere data-analyse gemarkeerd)

3.2.1.2 Resultaten sedimentconcentratie langsvaarten

Figuur 136 t.e.m. Figuur 138 geven het verloop van de sedimentconcentratie langsheen het Beneden Zeeschelde weer voor de periode 2010 – 2012 en dit voor de verschillende momenten van het getij. Deze grafieken geven op de y-as de afstand ten opzichte van de monding weer, waarbij de meting afwaarts aanvangt ter hoogte van Boei 79 (nabij Bath, KM 53), via Liefkenshoek (KM 63,1) en Antwerpen-Loodsgebouw (KM 77,6) tot Rupelmonde (KM 93).

Gelet op bovenstaande bemerking met betrekking tot de moeilijkheid van het volgen van de kentering over het volledige traject, dient opgemerkt te worden dat de hogere waarden in het opwaartse deel van het traject (tussen KM 80 en 93) naar alle waarschijnlijkheid deels te wijten zijn aan het niet meten op het moment van kentering hoog- en laagwater, doch reeds in de initiële eb- respectievelijk vloedperiode.

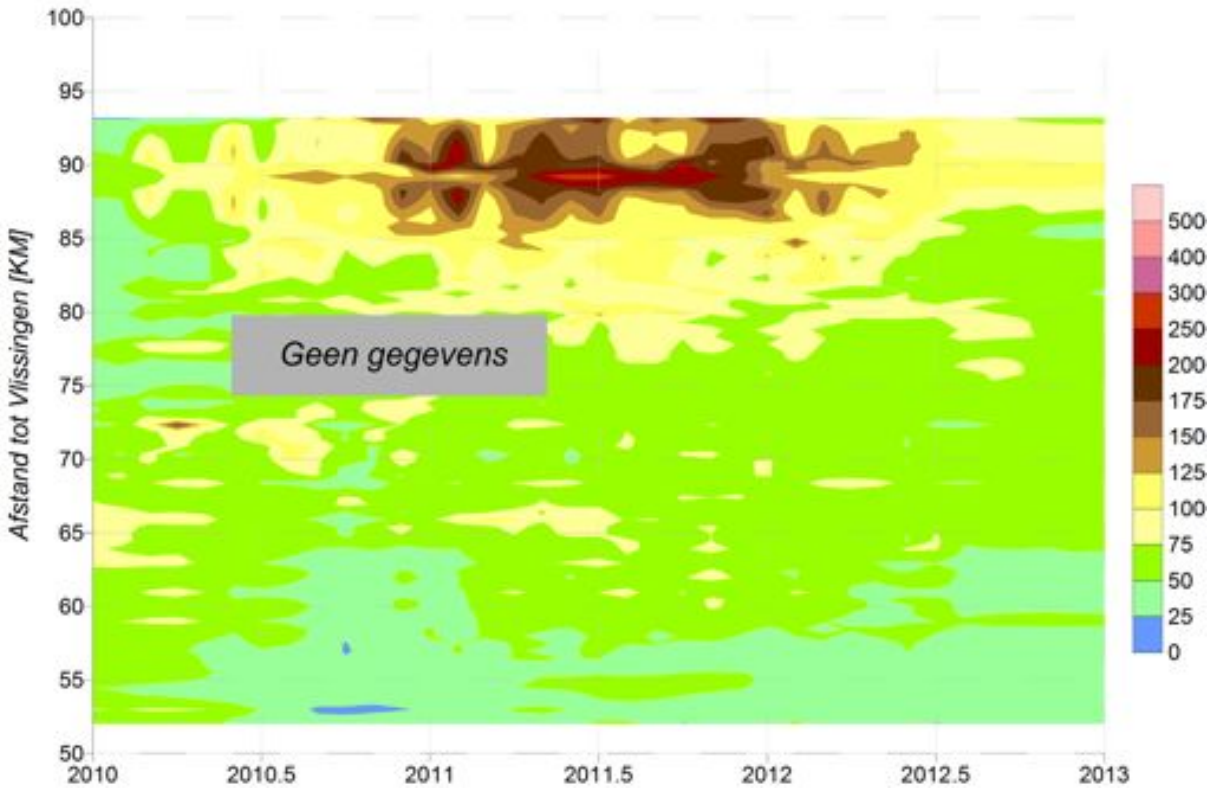
Aangezien de metingen op identieke wijze in de loop der jaren worden uitgevoerd, zijn de waarden wel onderling vergelijkbaar over de verschillende jaren.

Voor de langsvaarten tijdens kentering hoogwater, blijven de gemeten sedimentconcentraties grotendeels beneden 100 mg/l. Enkel in het meest opwaartse deel worden hogere concentraties gemeten, die echter ook in de tijd variëren. Hierbij valt met name de verhoging van de sedimentconcentraties op in het jaar 2011, die in de loop van 2012 terug zakken naar een lager niveau.

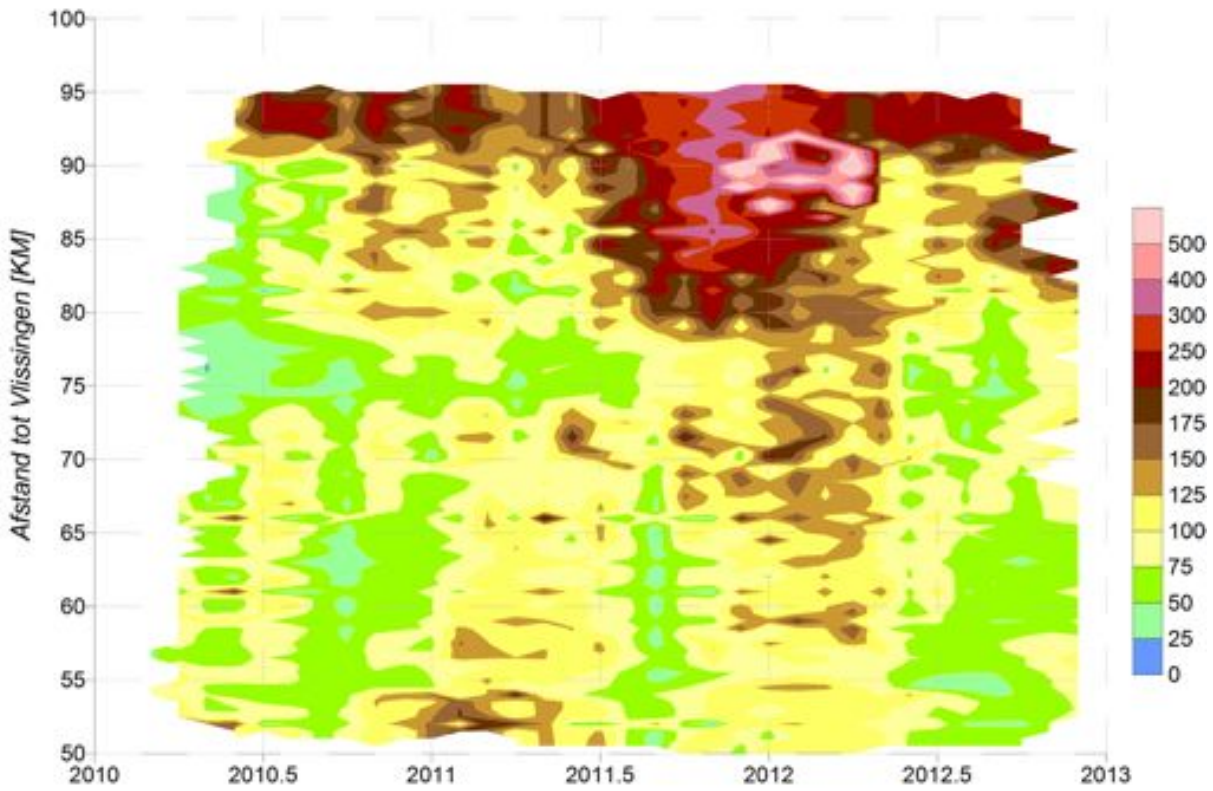
Voor de langsvaarten tijdens kentering laagwater, vertonen een soortgelijk verloop, al liggen de gemeten waarden hier hoger (ca. 150 mg/l). Ook hier kunnen eind 2011 – begin 2012 hogere waarden vastgesteld worden, die ook weer afnemen in de loop van 2012.

De metingen uitgevoerd bij halftij-eb geven ruimtelijk een ander beeld: de hoogste sedimentconcentraties (tot 500 mg/l) worden gevonden tussen KM 60 en KM 80. Wanneer het verloop in de tijd beschouwd wordt, kan een vergelijkbaar patroon vastgesteld worden als bij de kenteringvaarten.

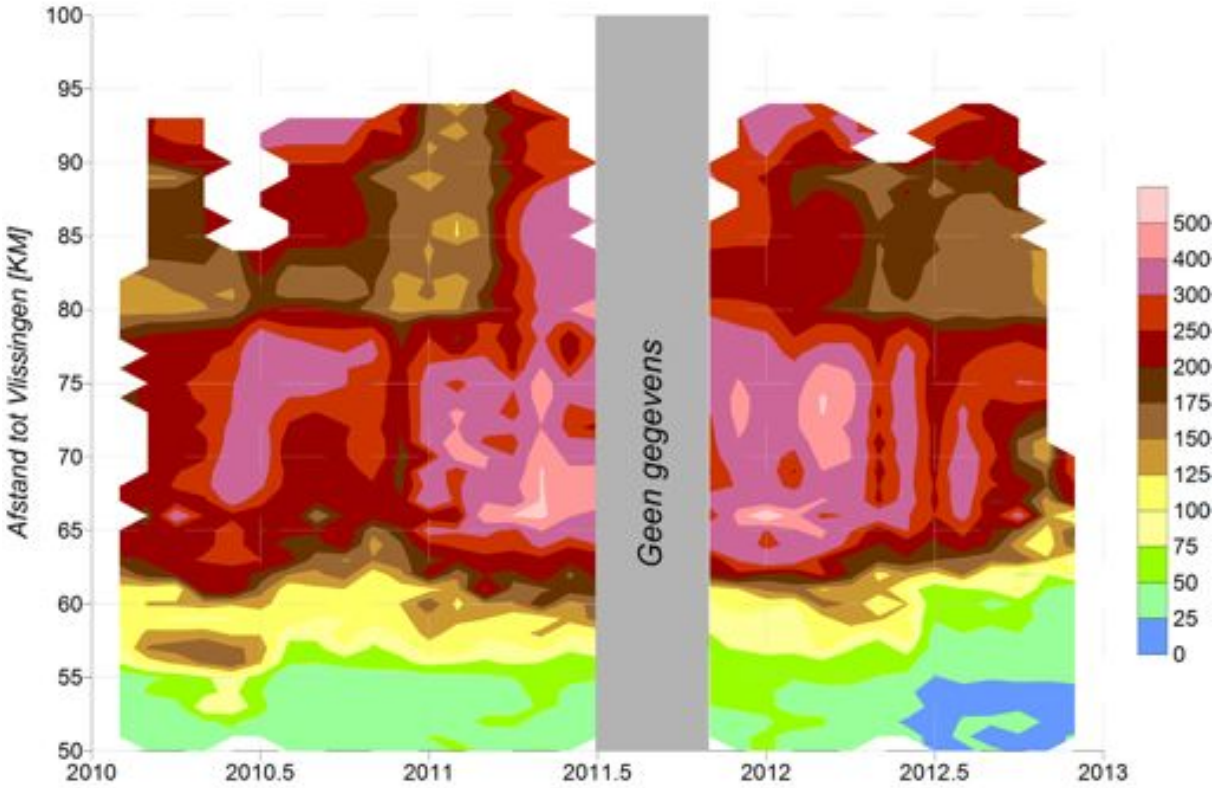
Figuur 139 geeft het verloop van de sedimentconcentratie langsheen de volledige Zeeschelde.



Figuur 136 - Sedimentconcentratie bij kentering hoogwater langsheen de Beneden Zeeschelde

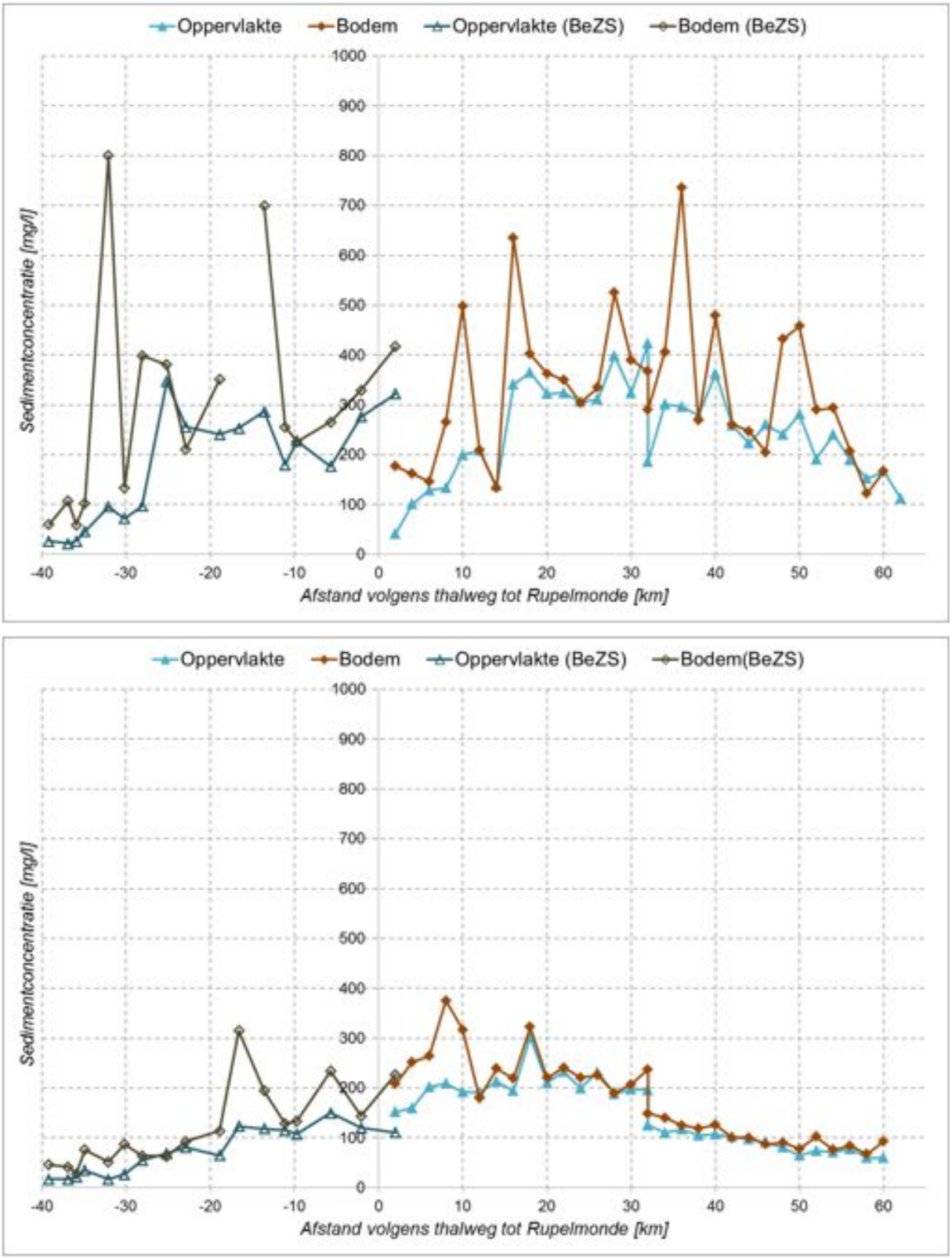


Figuur 137 - Sedimentconcentratie bij kentering laagwater langsheen de Beneden Zeeschelde



Figuur 138 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de Beneden Zeeschelde

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur 139 - Sedimentconcentratie bij halftij-eb langsheen de volledige Zeeschelde
Boven: 08/2012 | onder 11/2012 (uit Plancke *et al.*, 2013)

Naast bovenstaande figuren die een beeld geven van de ruimtelijke en temporele variatie van de sedimentconcentratie langsheen de Beneden Zeeschelde, wordt in Figuur 140 t.e.m. Figuur 144 voor vijf verschillende locaties langsheen de Beneden Zeeschelde (tussenafstand ca. 10 KM), en voor de verschillende momenten in de getijcyclus, het verloop van de sedimentconcentraties voor de periode 2010-2012 weergegeven. Hierbij is geopteerd voor een boxplot-weergave: een vijf-getallen-samenvatting die bestaat uit het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan (of tweede kwartiel), het derde kwartiel en het maximum van de waargenomen data.

Voor Boei 79 blijken de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor te komen bij kentering laagwater (gemiddeld ca. 100 mg/l), terwijl deze bij kentering hoogwater en halftij-eb lager liggen (ca. 50 mg/l). Dit is enigszins onverwacht (hoogste concentraties eerder verwacht bij halftij), doch kunnen mogelijk te verklaren zijn doordat de meting bij kentering laagwater nog tijdens de ebfase gebeurt en niet exact op het moment van kentering. Deze gemiddelde waardes variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode.

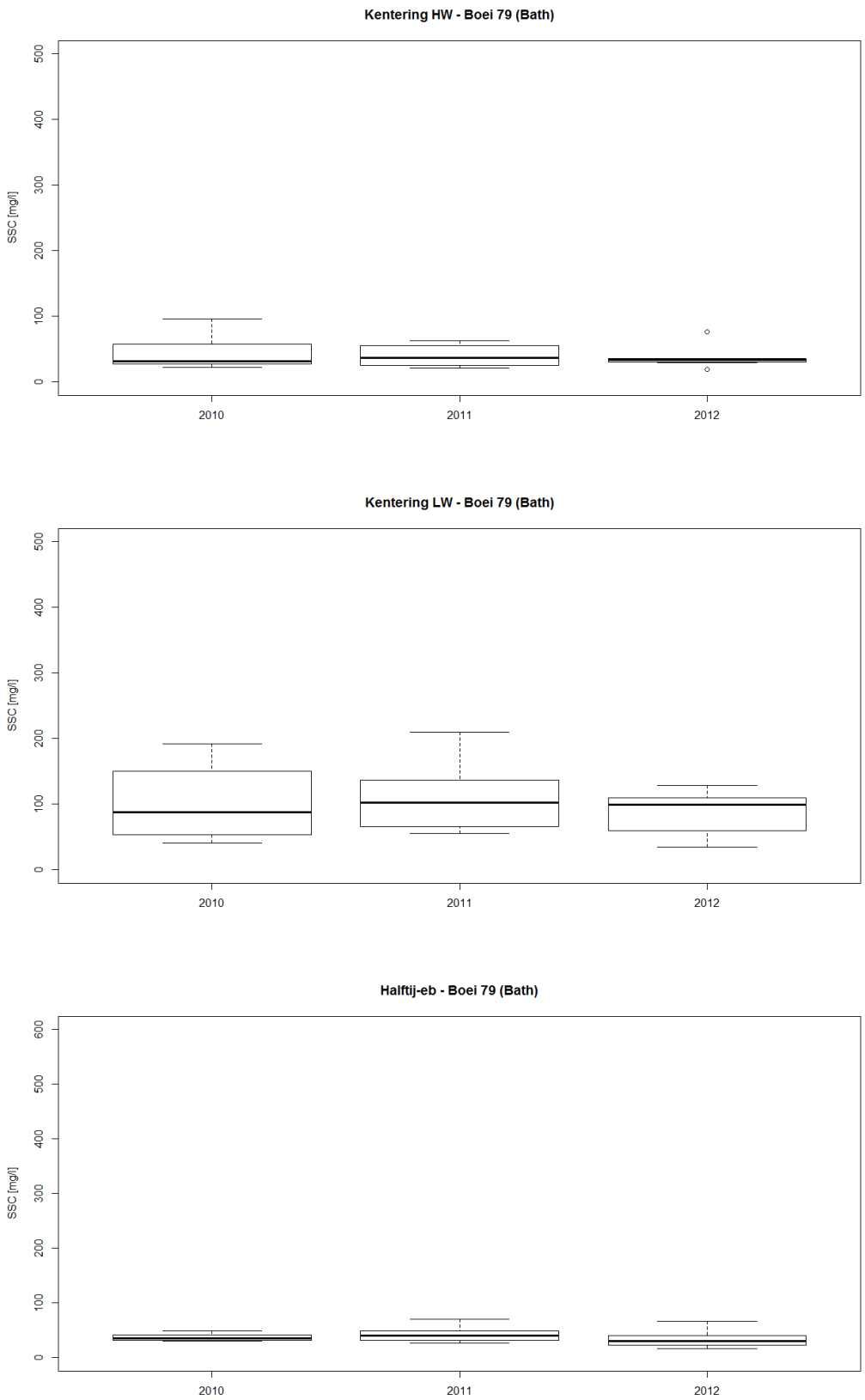
Voor Liefkenshoek komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). Deze gemiddelde waardes variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. Enkel bij halftij-eb liggen de overige kengetallen in 2011 systematisch hoger in vergelijking met 2010 en 2012.

Voor Oosterweel komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 300 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). Deze gemiddelde waardes vertonen wel een variatie voor de verschillende jaren. Zo liggen de kengetallen bij kentering laagwater en halftij-eb (op de gemiddelde waarde na) hoger in 2011. De gemiddelde waarde voor halftij-eb ligt echter het hoogste in 2012 (350 mg/l in 2012 vs. 310 mg/l in 2011).

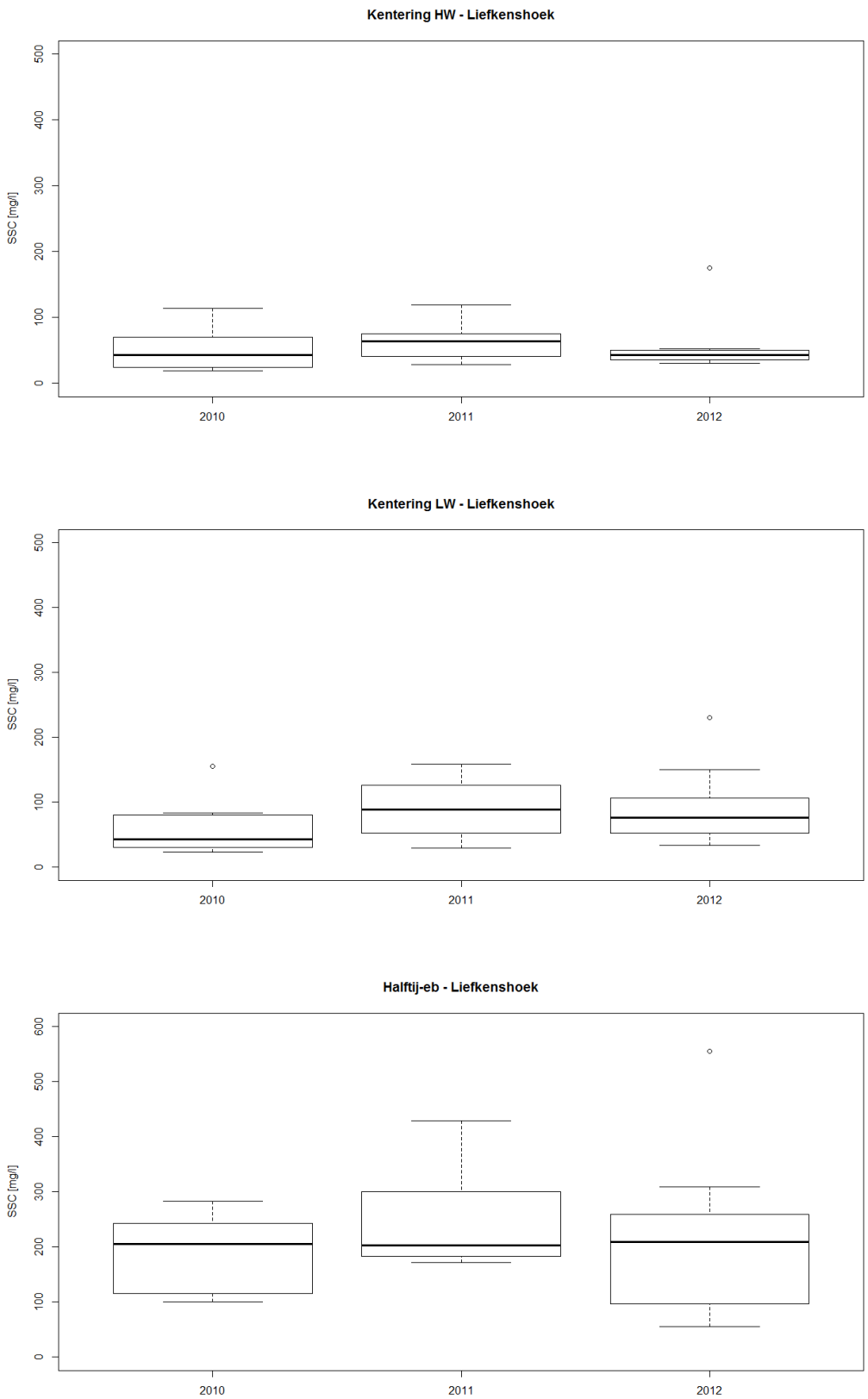
Voor de locatie aan de Kennedy-tunnel komen de hoogste gemiddelde sedimentconcentraties voor bij halftij-eb (gemiddeld ca. 200 mg/l), terwijl deze bij kentering hoog- en laagwater lager liggen (ca. 100 mg/l). Deze gemiddelde waardes variëren weinig voor de verschillende jaren en ook de andere kengetallen blijven ongeveer gelijk over de beschouwde periode. Enkel bij halftij-eb liggen de kengetallen in 2011 systematisch hoger in vergelijking met 2010 en 2012.

Voor Rupelmonde tenslotte vinden we opnieuw de hoogste sedimentconcentraties bij halftij-eb (ca. 300 mg/l), terwijl de waarden bij kentering laagwater (200 mg/l) hoger zijn dan bij kentering hoogwater (100 mg/l). De kengetallen variëren verschillend voor de verschillende momenten in het getij: bij kentering hoogwater zijn er hogere waarden in 2011; bij kentering laagwater nemen de gemiddelde sedimentconcentraties geleidelijk toe (van juist onder 200 mg/l naar net boven 200 mg/l); bij halftij-eb fluctueren de kengetallen over de 3 jaren zonder uitgesproken trend.

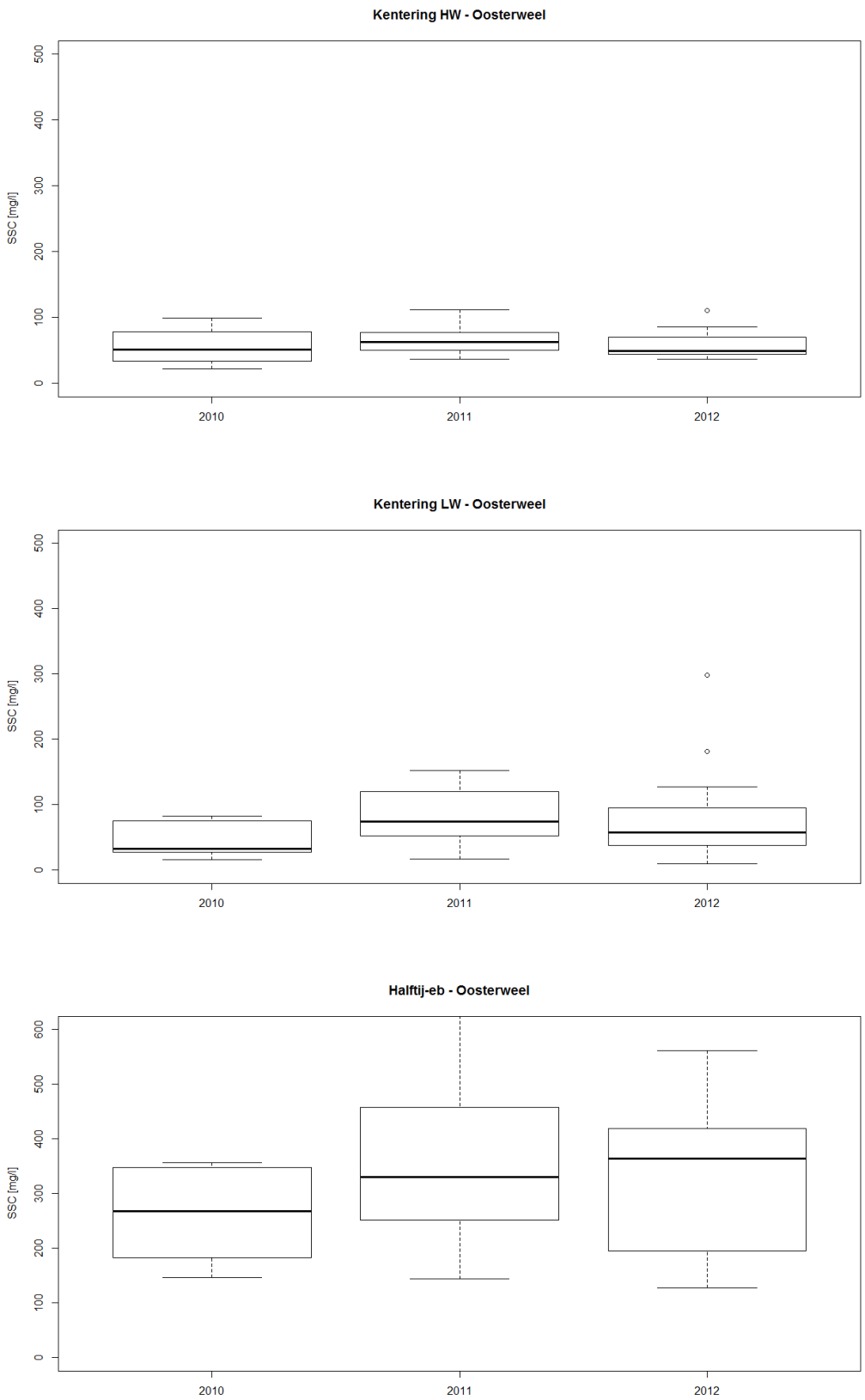
Samenvattend kan voor het jaar 2012 geconcludeerd worden dat, op basis van de metingen van sedimentconcentraties door middel van langsvaarten, de hoogste waarden langsheen de Beneden Zeeschelde teruggevonden werden begin 2012. Vanaf ongeveer de maand april namen de concentraties geleidelijk af. Dit verloop wordt teruggevonden voor zowel kentering hoog- en laagwater als voor halftij-eb. De hogere waarden begin 2012 lijken voort te vloeien uit de hogere sedimentconcentraties die in de 2^{e} helft van 2011 reeds gemeten werden, in combinatie met een verhoogde bovenafvoer (en vermoedelijk ook sedimentaanvoer) begin 2012. Bijkomend onderzoek in het kader van het lopende project “Slibbalans Zeeschelde” zal hier meer duidelijkheid in trachten te brengen.



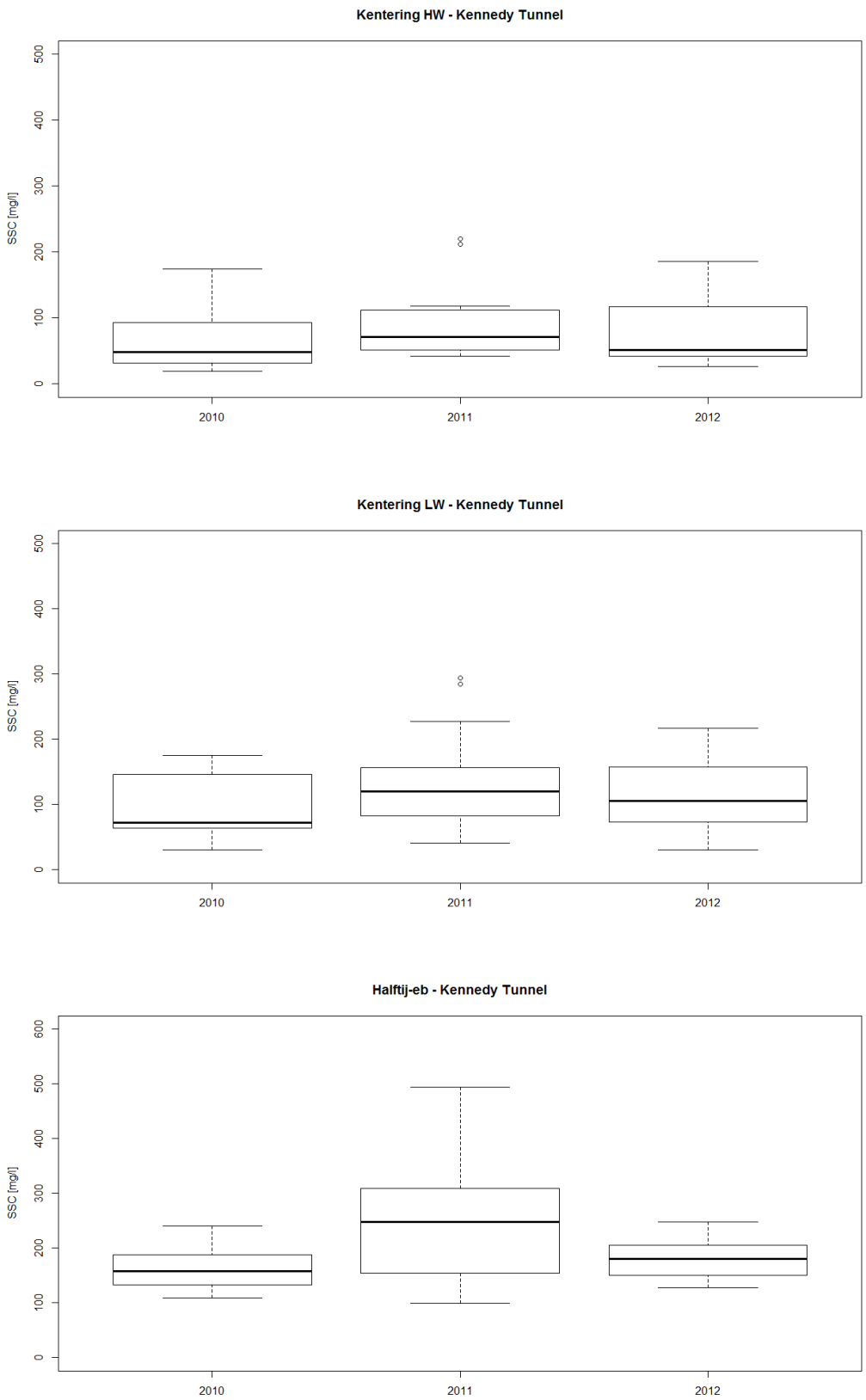
Figuur 140 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Boei 79
Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE



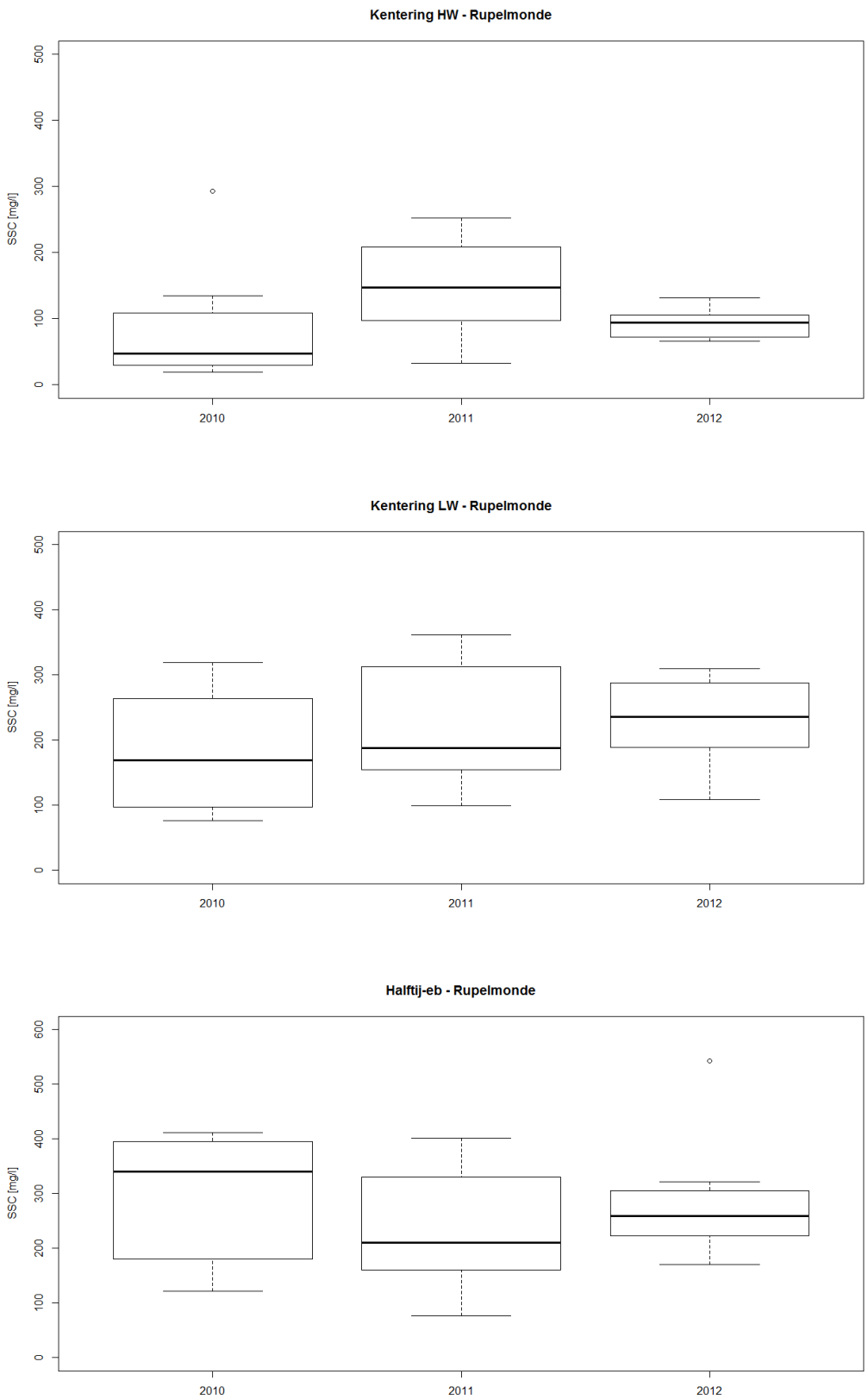
Figuur 141 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Liefkenshoek
Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE



Figuur 142 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Oosterweel
Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE



Figuur 143 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Kennedy-tunnel
Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE



Figuur 144 - Boxplots sedimentconcentratie voor de periode 2010-2012 – Rupelmonde
Boven: KHW | midden: KLW | onder: HTE

3.2.2. Dertienuursmetingen (debiet en sedimentconcentratie)

3.2.2.1 Algemeen

Dertienuursmetingen handelen over het “doorheen het getij” (dus gedurende minstens de duur van een halfdaags getij, gemiddeld 12u25min lang, en vandaar het adjectief “dertienuurs”) over de ganse dwarssectie van de rivier meten van de watersnelheid en van het gehalte aan suspensiemateriaal. Als “ganse dwarssectie” moet worden verstaan de volle hoogte van de waterkolom, zeker tot bijna het wateroppervlak, maar ook tot bijna de bodem hetgeen meestal tot één meter boven de bedding uitkomt. In breedte van de rivier gaat het uiteraard over de natte breedte, dus breder bij hoogwater dan bij laagwater, en voor zover het betrokken meetschip gezien zijn diepgang en de nodige kielspeling tot nabij de oever kon verankerd liggen of kon varen.

De dertienuursmetingen worden uitgevoerd met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Dat toestel is in staat om continu stroomsnelheden te meten, zowel en tegelijk over de (bijna) gehele waterkolom (verticale) als over de dwarsbreedte van de rivier, indien het schip dat het ADCP-toestel voert, mooi over de dwarsbreedte vaart. Allerlei instellingen qua diepte- en dwarsbreedtes zijn mogelijk, maar doorgaans gebeuren dergelijke metingen in ons geval per cel van een halve meter hoogte (i.e. van een meter onder wateroppervlak tot een meter boven bodem, verdeeld in delen van een halve meter), en telkens -cel per cel- over een 25-tal meter volgens de dwarsbreedte.

Om de waterstroming te kunnen meten wordt hoogfrequent een akoestisch signaal uitgezonden, waarvan door het Doppler-effect (= de fase-verschuiving tussen de uitgezonden en de ontvangen puls) de stroomsnelheid rechtstreeks wordt bepaald. Door de gemeten stroomsnelheden te vermenigvuldigen met de natte sectie, bekomt men het debiet (Q).

Zulk ADCP-toestel geeft evenwel ook een redelijk beeld van het gehalte aan zwevend materiaal in het water, ook per cel, dus ook telkens over een halve meter hoogte over de verticale en per eenheid over de breedte. Want er is een vermindering van intensiteit tussen het (krachtige) uitzendsignaal en het (zwakkere) ontvangen signaal, zijnde de “backscatter”. Dat verschil is een geluidsabsorptie veroorzaakt door enerzijds de absorptie in het eigenlijke water, en anderzijds de verspreiding en de absorptie van de geluidsgolf door alle zwevende stoffen dat het signaal in zijn heen en weer gaan ondervindt. De bepaling van sedimentconcentratie (SSC) is dus afgeleid uit het signaalverlies tussen het door de ADCP uitgezonden en ontvangen akoestische signaal, maar wordt gecorreleerd met het gehalte aan suspensiemateriaal door primo het regelmatig nemen van watermonsters en secundo de ijking met een turbiditeitsmeetinstrument waarvan de turbiditeit ook naar sedimentgehalte gevalideerd is.

Voor meer gedetailleerde informatie met betrekking tot de methodologie van dertienuursmetingen wordt verwezen naar Levy et al. (2013). Hier worden enkel de resultaten van ADCP-metingen van 2012 gepresenteerd, meer bepaald de debieten en de gehaltes aan zwevende stof. Door de debieten te vermenigvuldigen met de overeenkomstige SSC-waarden, bekomt men tenslotte de sedimentflux (SSF). Navolgend komen enkele van de gedane dertienuursmetingen aan bod.

3.2.2.2 Dertienuursmeting te Liefkenshoek

Op 7 augustus 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Liefkenshoek. Figuur 145 toont de ligging van de gevaren dwarsraai, net opwaarts van (aan linkeroever) de steiger aan Fort Liefkenshoek en (aan rechteroever) Lillo, in wezen dus de lijn boven de Liefkenshoek-tunnel.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Figuur 145 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) op 7/08/2012

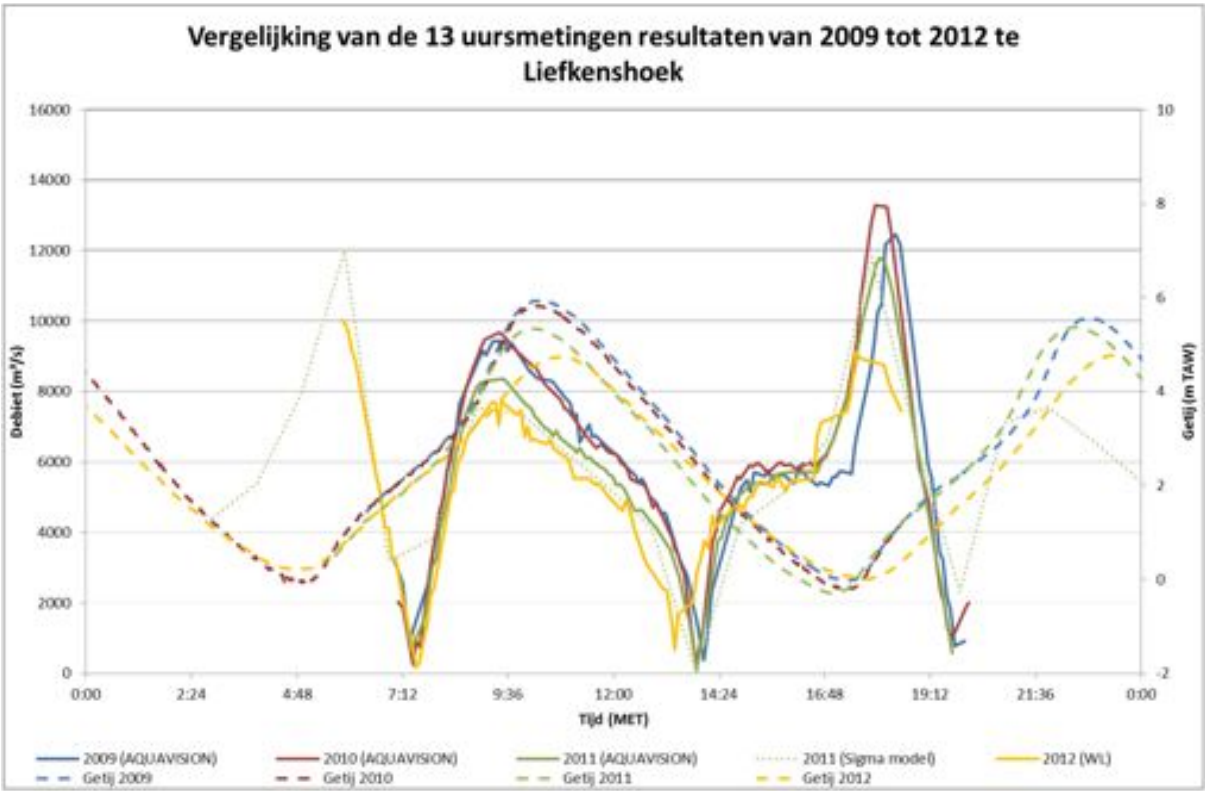
De zwarte lijn stelt de gevaren dwarsraai voor, waarover het meetschip, met een ADCP-meettoestel aan boord, nl. langszij, gedurende dertien uren bijna onafgebroken weg en weer heeft gevaren. Bij elke vaart werden watermonsters genomen om zowel de backscattering van de ADCP als de meevarende turbiditeitsmeter te ijken, derwijze dat naast stroomgegevens ook een beeld van de verdeling en de grootte van het suspensiemateriaal over de dwarssectie kan opgemaakt worden.

Figuur 146 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2012 zijn kleiner dan deze voor de overige jaren, veroorzaakt door een kleiner getijverschil bij deze meting.

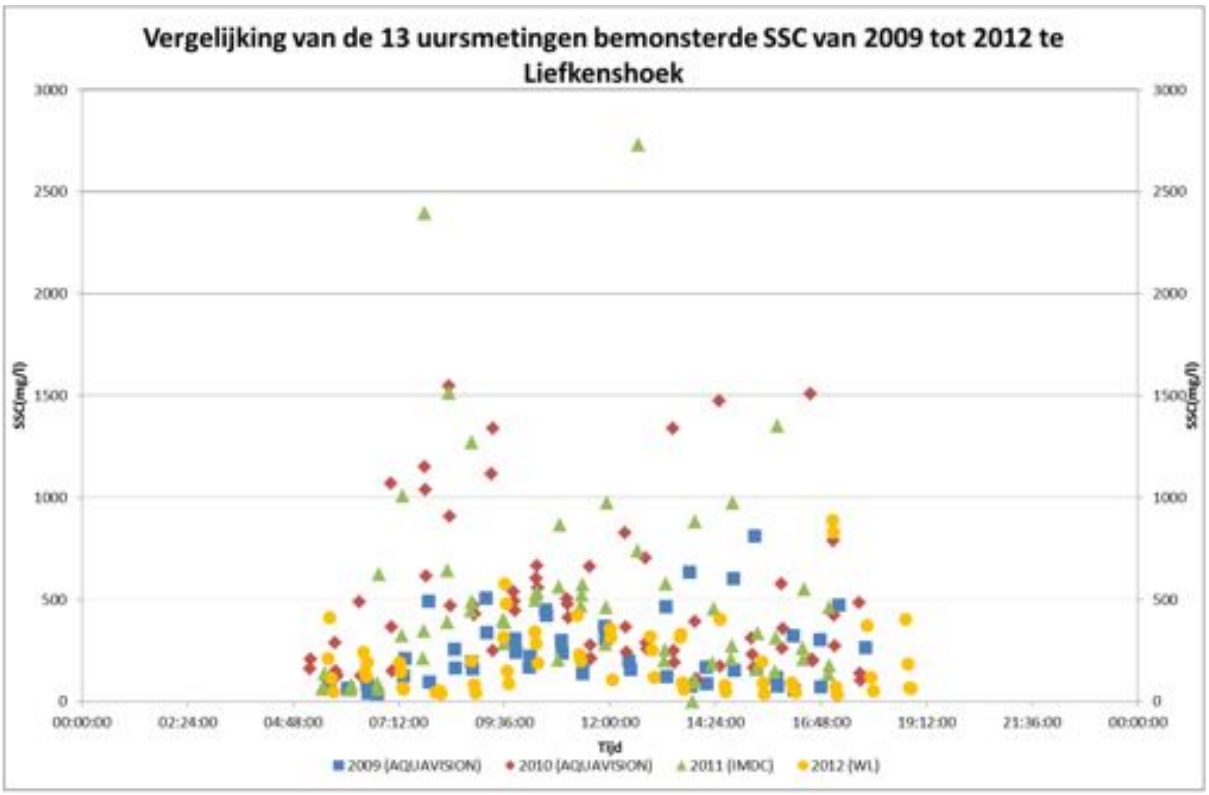
Figuur 147 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat ook de suspensiegehaltes bepaald in 2012 (en 2009) lager zijn dan in 2010 en 2011, dat alles o.m. gelieerd aan het getijverschil bij meting.

Door vermenigvuldiging van de gemeten debieten met de overeenkomstige SSC-waarden worden tenslotte de sedimentfluxen berekend. Deze worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Liefkenshoek voor de periode 2009 t.e.m. 2012 (Figuur 148). Uit de figuur blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen het kleinst waren tijdens de dertienuursmeting in 2012 en het grootst in 2010 en 2011 (± factor 3).

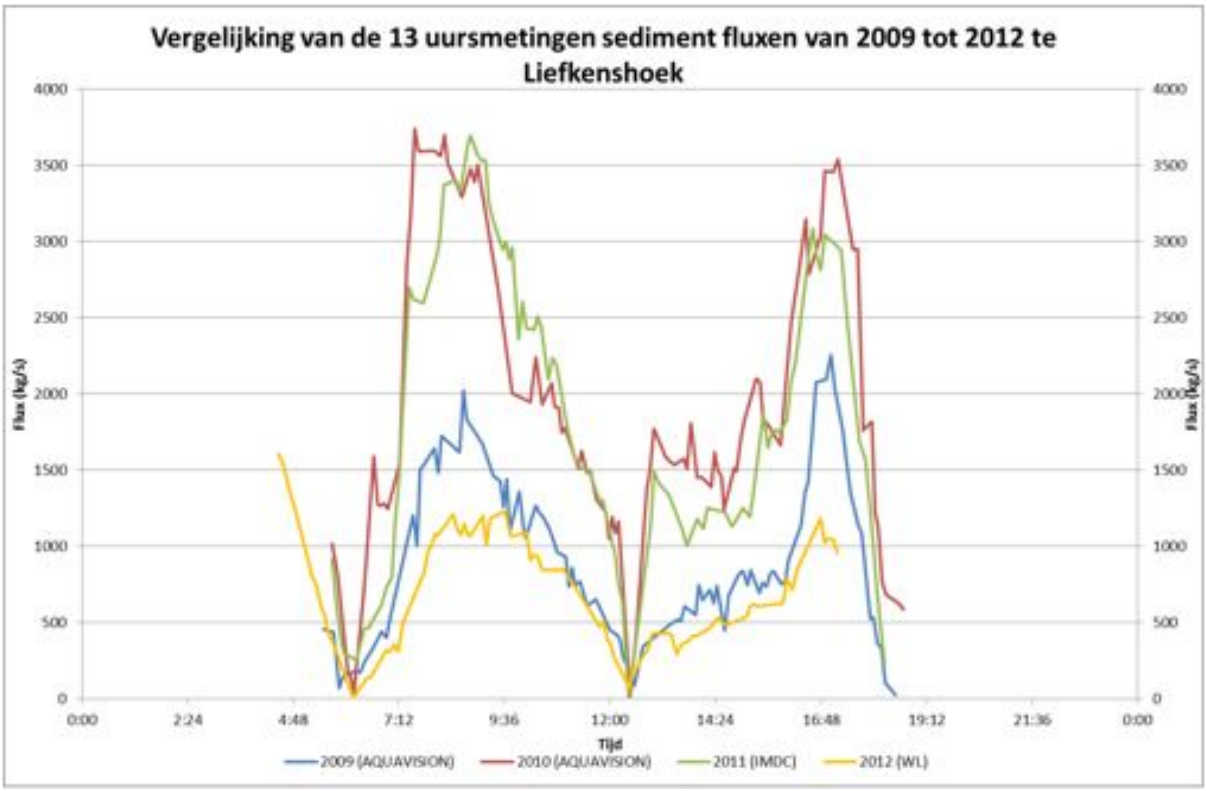
Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Liefkenshoek. Hieruit blijkt dat de gemiddelde sedimentflux bij eb groter is dan deze bij vloed, terwijl de maximale sedimentflux groter is bij vloed dan bij eb.



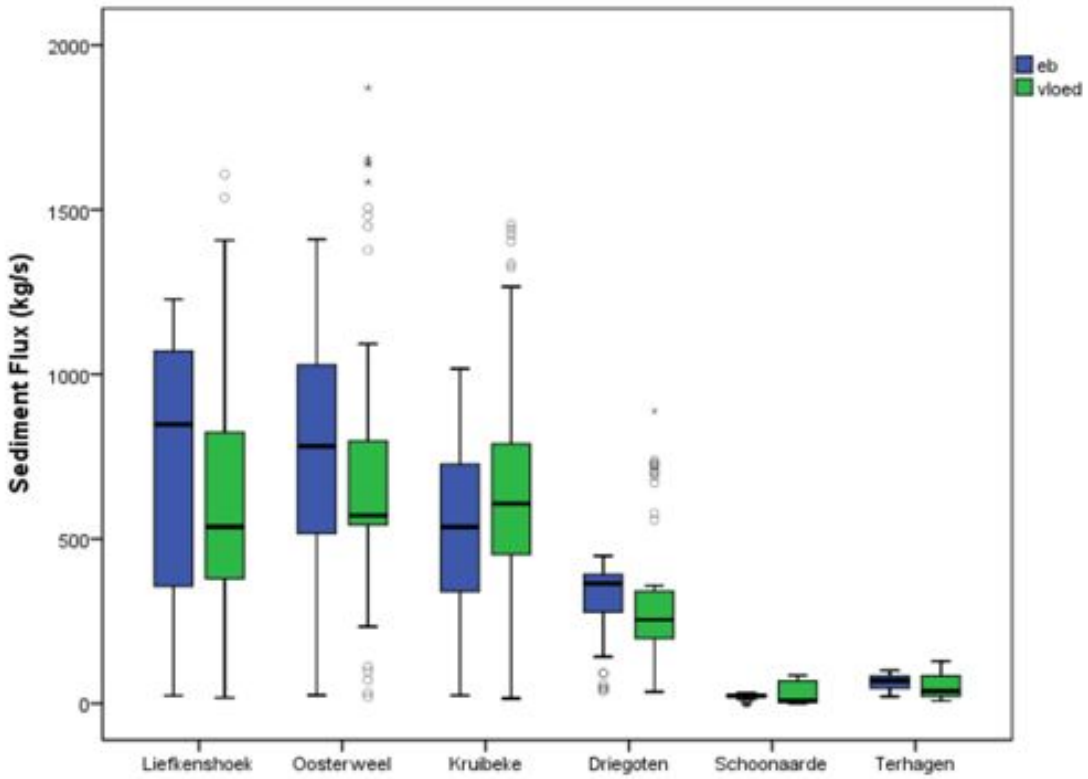
Figuur 146 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 147 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 148 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Liefkenshoek (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 149 - Boxplots van de sedimentflux bij eb en vloed tijdens de dertienuursmetingen langs de verschillende dwarsraaien in 2012

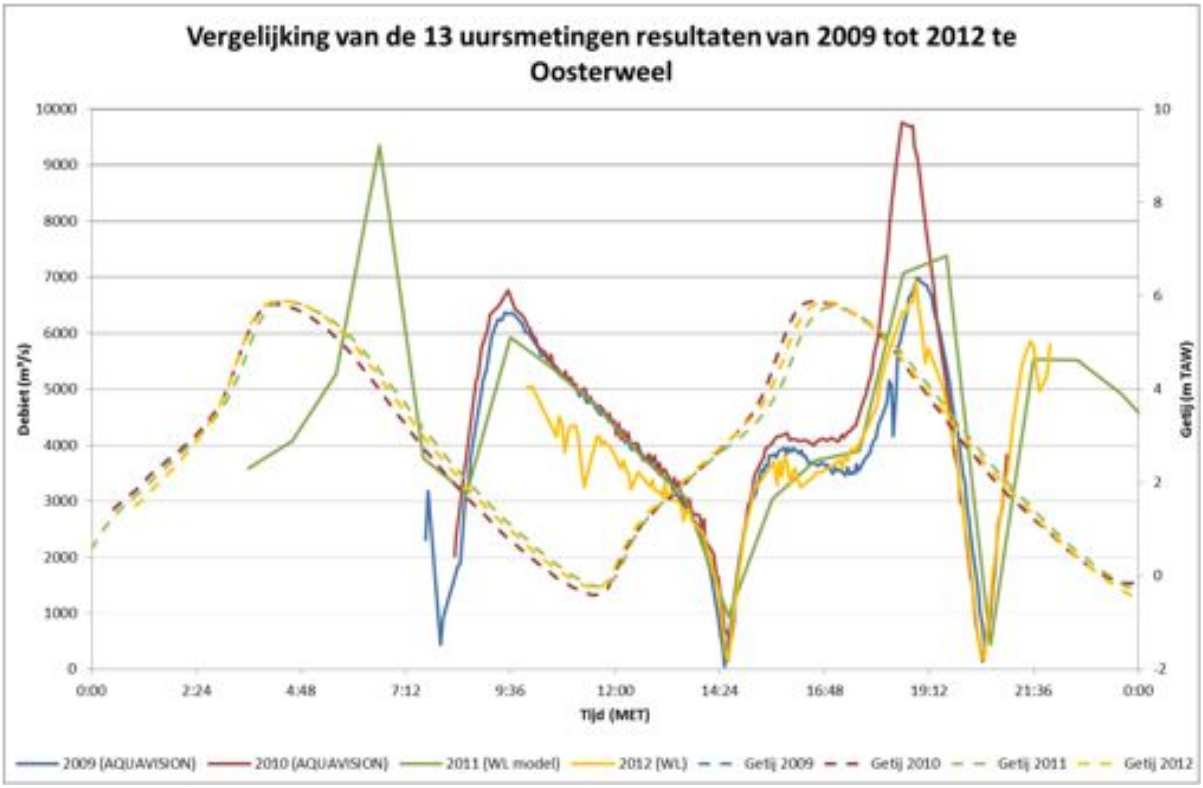
3.2.2.3 Dertienuursmeting te Oosterweel

Op 5 juli 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Oosterweel. Figuur 150 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

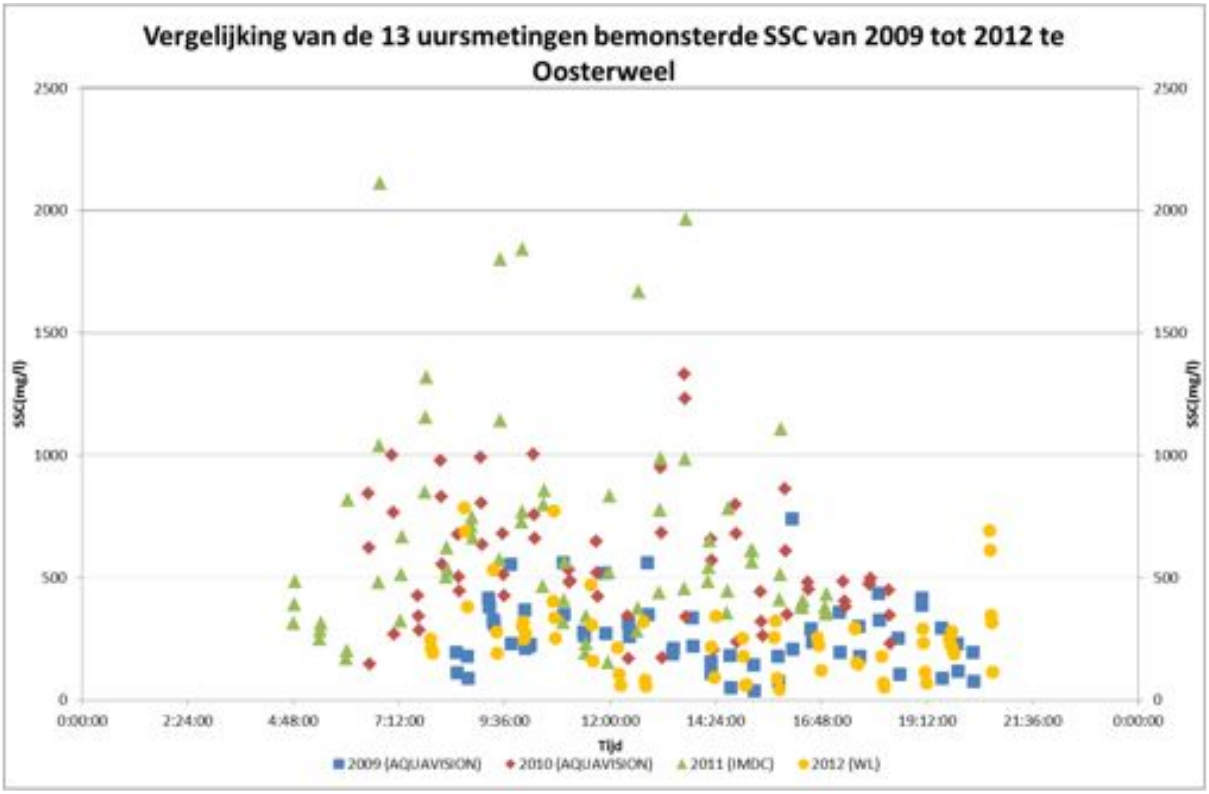
Figuur 150 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) op 5/07/2012

Figuur 151 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2012 zijn ietwat lager dan deze voor de overige jaren, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie. Nochtans zijn de verschillen (en dan vooral met 2009 en 2011) klein.

Figuur 152 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2012 (en 2009) lager zijn dan in 2010 en 2011.

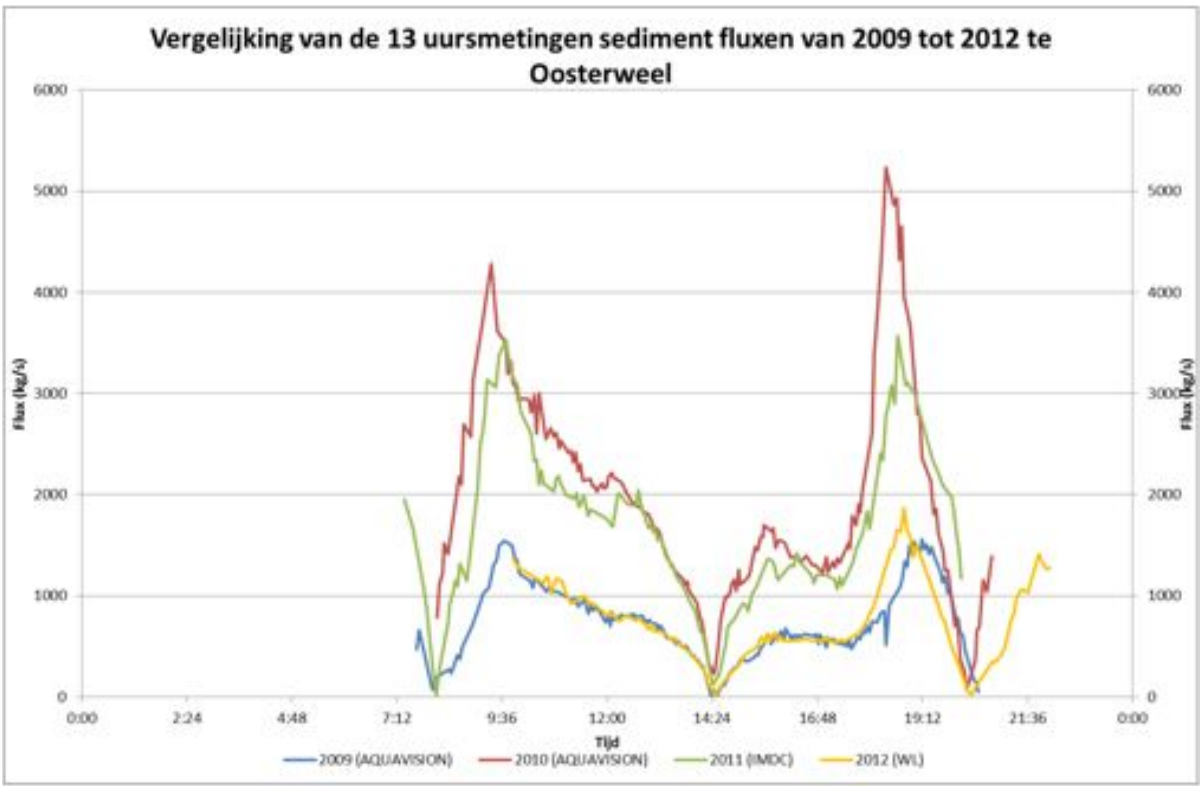


Figuur 151 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 152 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Oosterweel voor de periode 2009 t.e.m. 2012 in Figuur 153. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen gelijkaardig waren tijdens de dertienuursmetingen in 2009 en 2012, maar groter in 2010 en 2011 (± factor 2).



Figuur 153 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012

Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Oosterweel. Hieruit blijkt dat de gemiddelde sedimentflux bij eb groter is dan deze bij vloed, terwijl de maximale sedimentflux lager is bij eb dan bij vloed.

3.2.2.4 Dertienuursmeting te Kruibeke

Op 8 juni 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Beneden-Zeeschelde te Kruibeke. Figuur 154 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

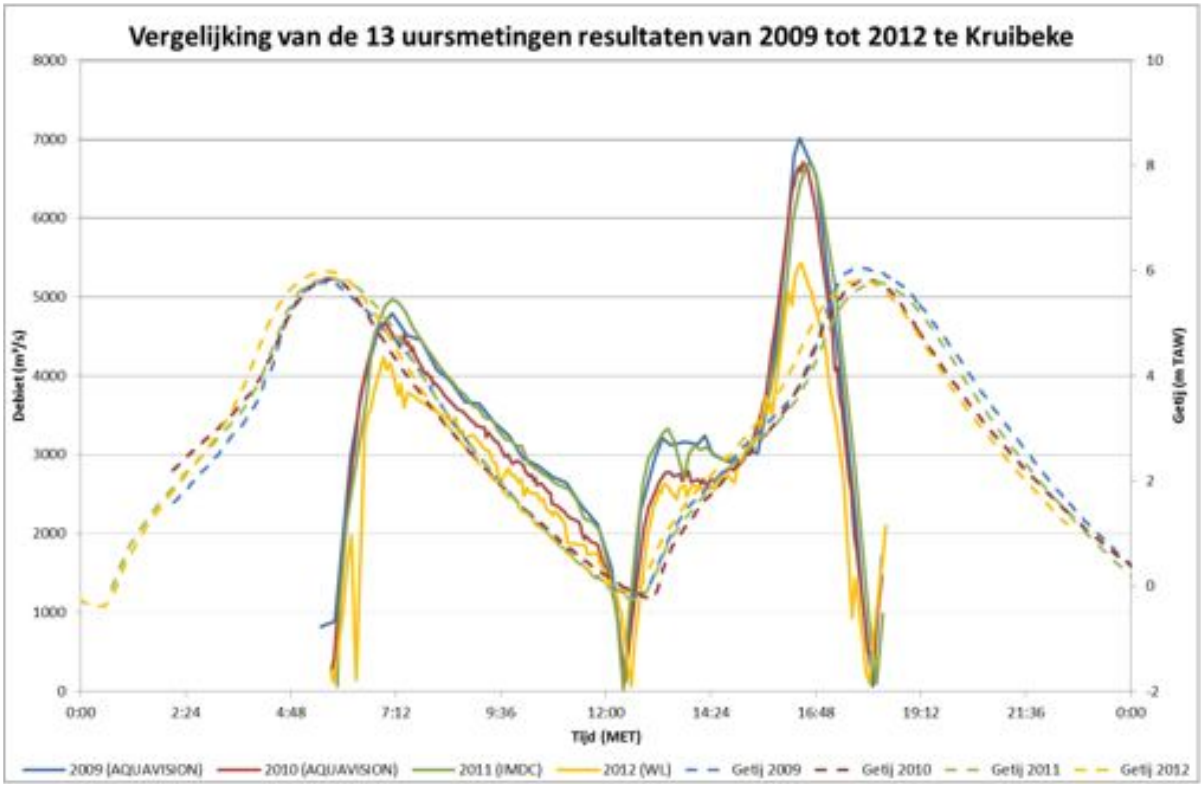
Figuur 155 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2012 zijn ietwat lager dan deze voor de overige jaren, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie. Nochtans zijn deze verschillen klein.

Figuur 156 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2012 (en 2009) lager zijn dan in 2010 en 2011.

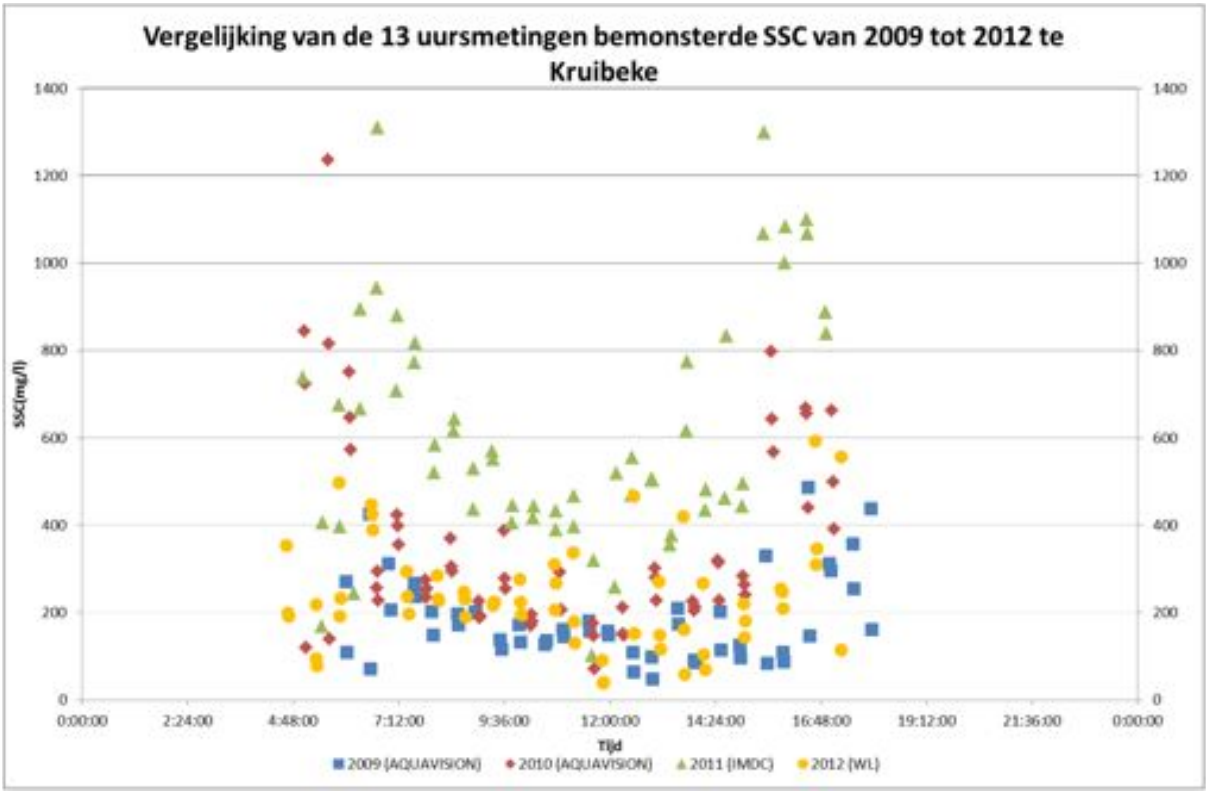
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Kruibeke voor de periode 2009 t.e.m. 2012 in Figuur 157. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen tijdens de dertienuursmetingen in 2012 groter zijn dan deze in 2009 en 2010, maar kleiner dan deze in 2011.

Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Kruibeke. Hieruit blijkt dat de gemiddelde (hoewel relatief beperkt) en maximale sedimentflux bij vloed groter is dan deze bij eb.

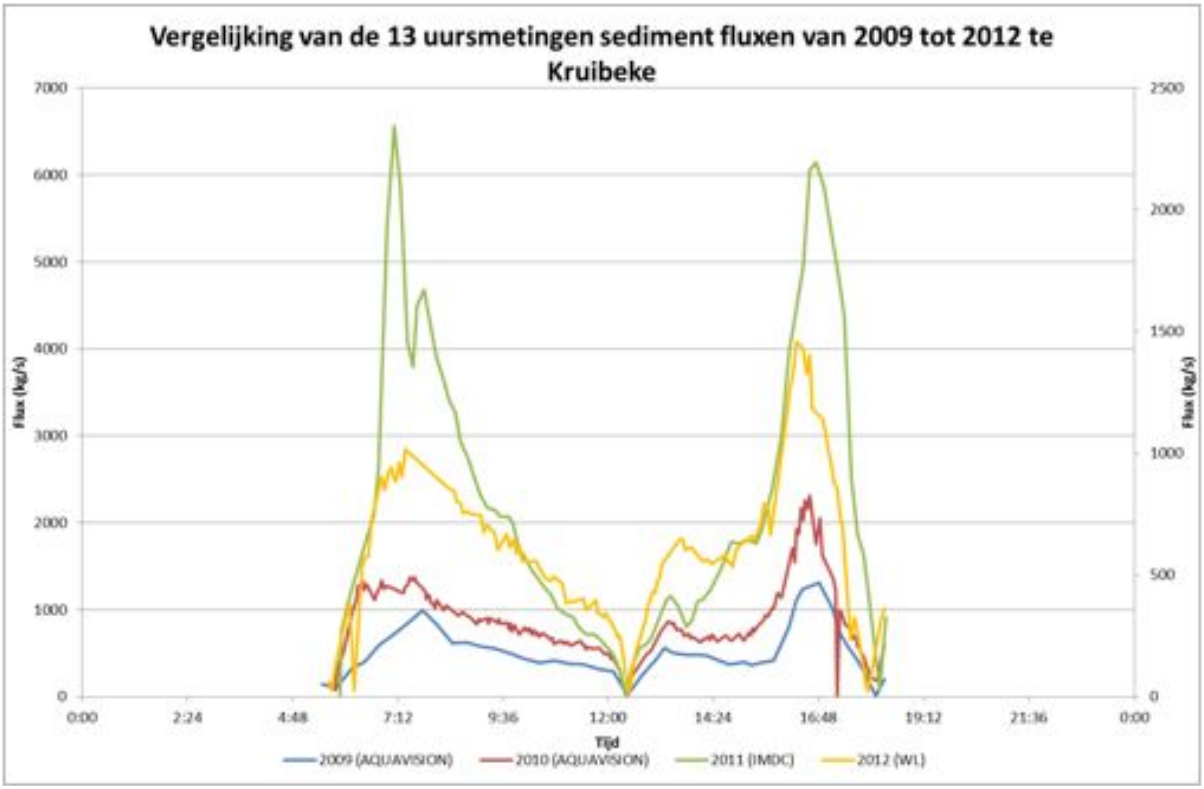
Figuur 154 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) op 8/06/2012



Figuur 155 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 156 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 157 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Kruibeke (Beneden-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012

3.2.2.5 Dertienuursmeting te Driegoten

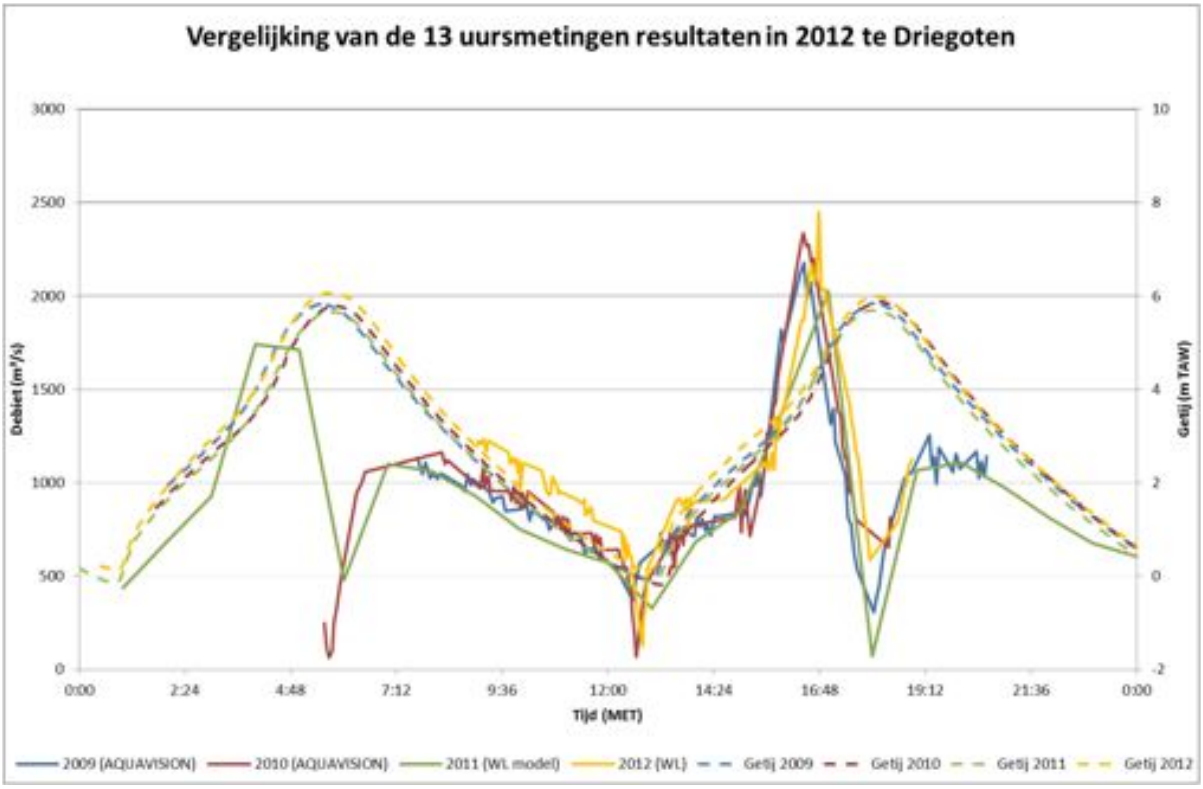
Op 20 juli 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Driegoten. Figuur 158 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

Figuur 158 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Driegoten (Boven-Zeeschelde) op 20/07/2012

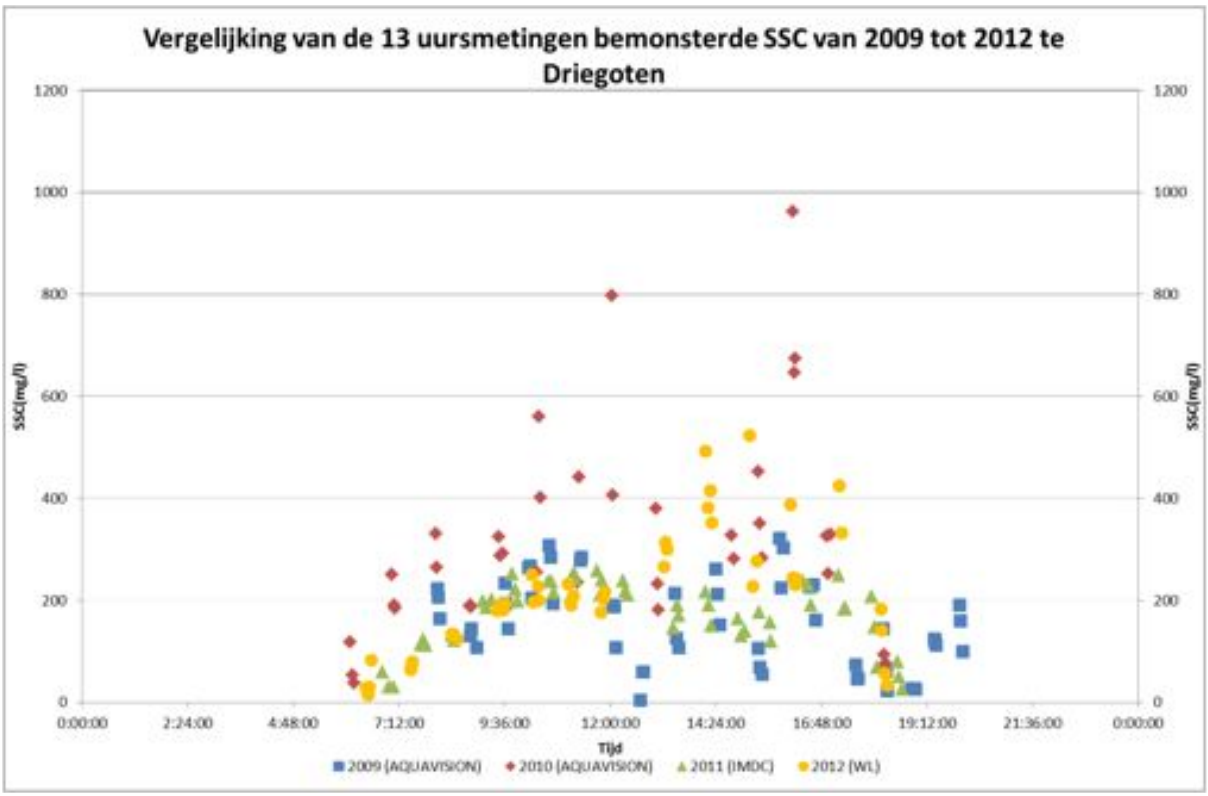
Figuur 159 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten en getijvariatie in 2012 zijn ietwat hoger dan deze voor de overige jaren. Nochtans zijn deze verschillen klein.

Figuur 160 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2012 wat hoger zijn dan voor 2009 en 2011 bij vloed, terwijl in 2010 de hoogste concentraties werden gemeten.

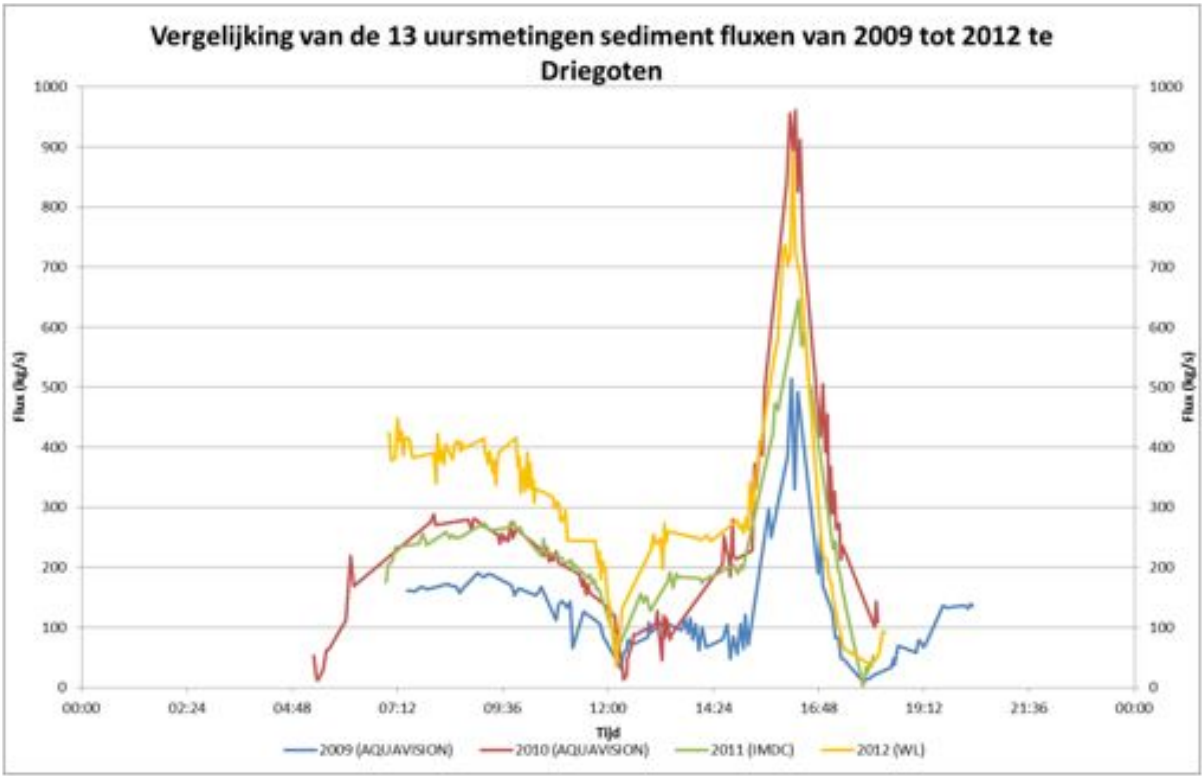
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Driegoten voor de periode 2009 t.e.m. 2012 in Figuur 161. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen bij eb groter waren tijdens de dertienuursmetingen in 2012 dan voor de overige jaren. Bij vloed was de sedimentflux tijdens de dertienuursmetingen in 2012 gelijkaardig aan deze in 2010 en hoger dan in 2009 en 2011. Voor de verschillende jaren is de SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere piek.



Figuur 159 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 160 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 161 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Driegoten (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012

Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Driegoten. Het is opvallend (en logisch) dat de (gemiddelde) sedimentflux en de spreiding in waarden op de meer opwaartse meetlocaties (Driegoten, Schoonaarde en Terhagen) kleiner is dan voor de meer afwaartse locaties (Liefkenshoek, Oosterweel en Kruibeke). Verder blijkt uit de figuur dat de gemiddelde sedimentflux te Driegoten bij eb groter is dan deze bij vloed, terwijl de maximale sedimentflux groter is bij vloed dan bij eb.

3.2.2.6 Dertienuursmeting te Schoonaarde

Op 10 april 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Boven-Zeeschelde te Schoonaarde. Figuur 162 toont de ligging van de gevaren dwarsraai.

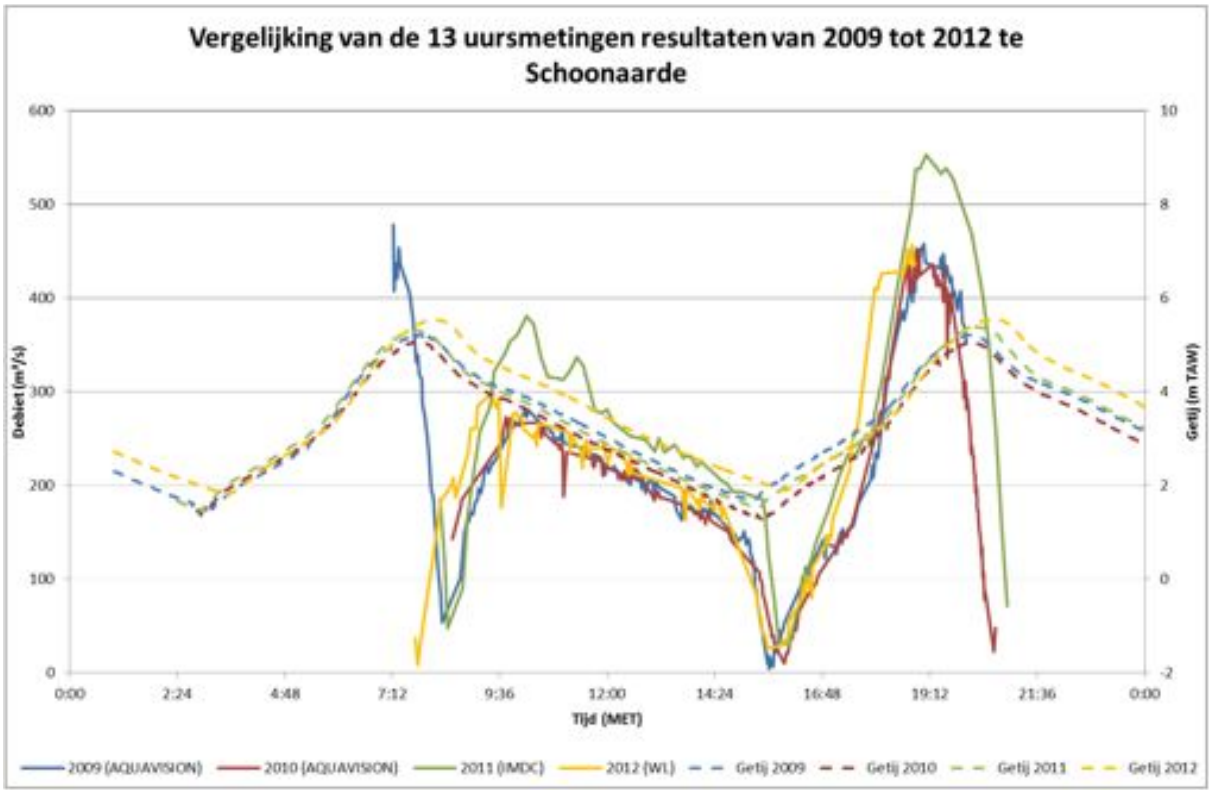
Figuur 163 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig patroon gemeten. De debieten in 2011 zijn ietwat hoger dan deze voor 2009, 2010 en 2012, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie.

Figuur 164 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes bepaald in 2012 (en 2010) lager zijn dan in 2009 en 2011.

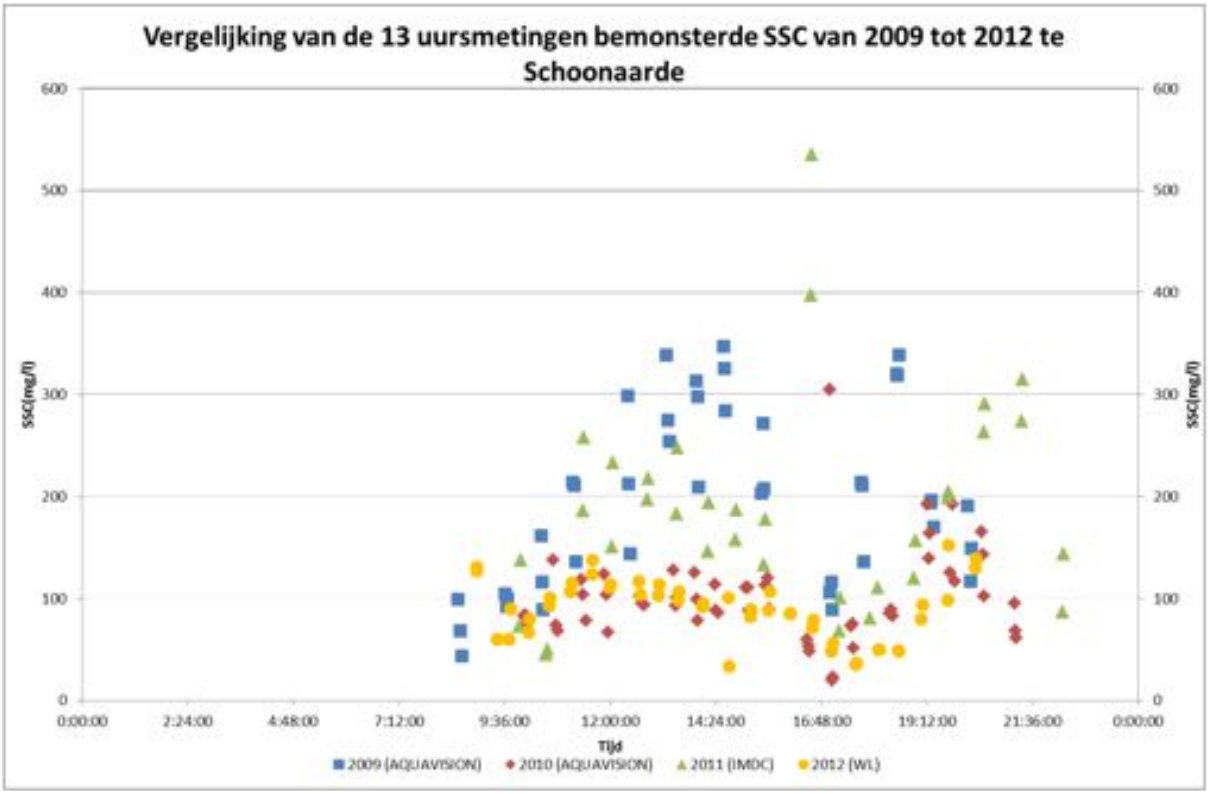
De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Schoonaarde voor de periode 2009 t.e.m. 2012 in Figuur 165. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen bij eb tijdens de dertienuursmetingen in 2012 (en 2010) kleiner waren dan in 2009 en 2011. Bij vloed was de sedimentflux tijdens de dertienuursmetingen in 2012 gelijkaardig aan deze in 2010 en 2011, maar wat lager dan in 2009. Voor de verschillende jaren is de maximale SSF bij vloed duidelijk groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek. Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Schoonaarde. De gemiddelde sedimentflux en de spreiding ervan is opvallend lager dan voor de meer afwaartse meetlocaties. Op basis van de boxplot kan geen verschil waargenomen worden tussen de gemiddelde sedimentflux bij eb en vloed, terwijl de maximale sedimentflux groter is bij vloed dan bij eb.

Figuur 162 -

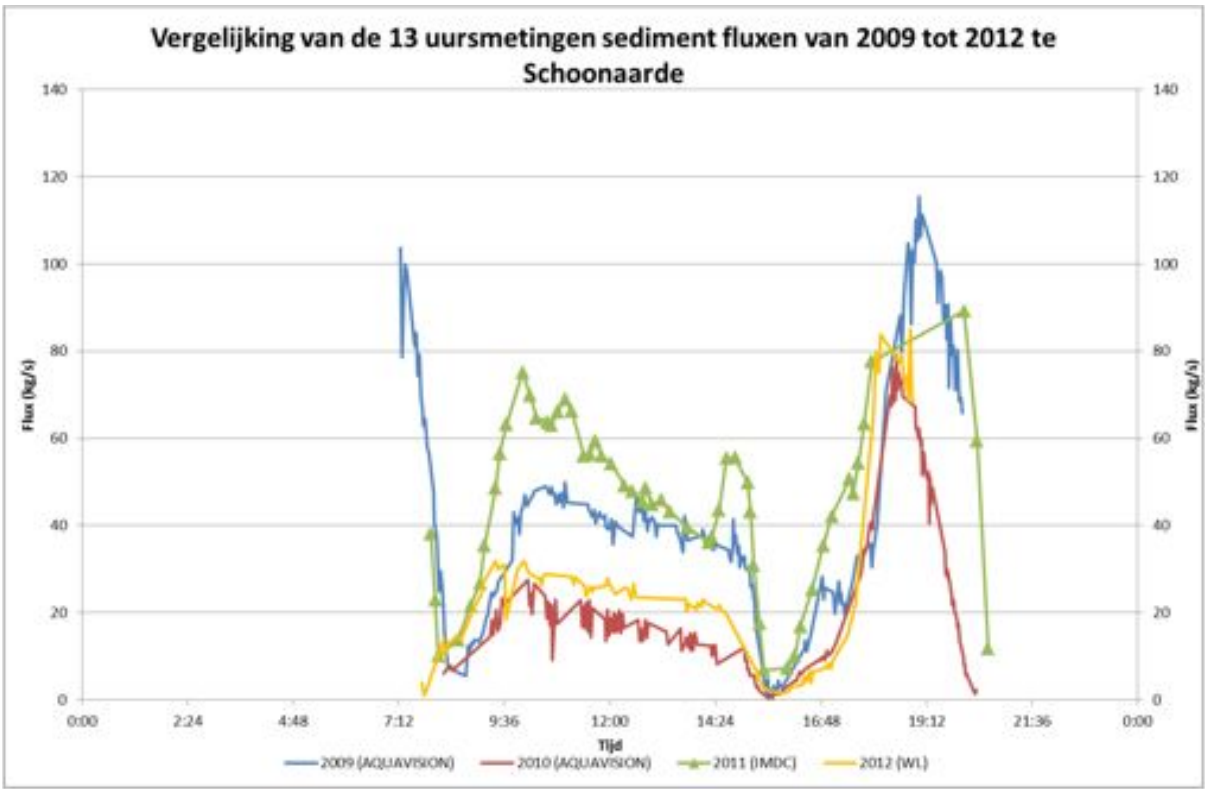
Meetraai voor de dertienuursmeting te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) op 10/04/2012



Figuur 163 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 164 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 165 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Schoonaarde (Boven-Zeeschelde) in 2009 t.e.m. 2012

3.2.2.7 Dertienuursmeting te Terhagen

Op 11 april 2012 werd een dertienuursmeting middels ADCP uitgevoerd op de Rupel te Terhagen. Figuur 166 toont de ligging van de gevaren dwarsraai. Deze locatie is sinds 2011 in gebruik genomen voor dertienuursmetingen. Voordien werd dit op een meer afwaartse locatie te Boom uitgevoerd.

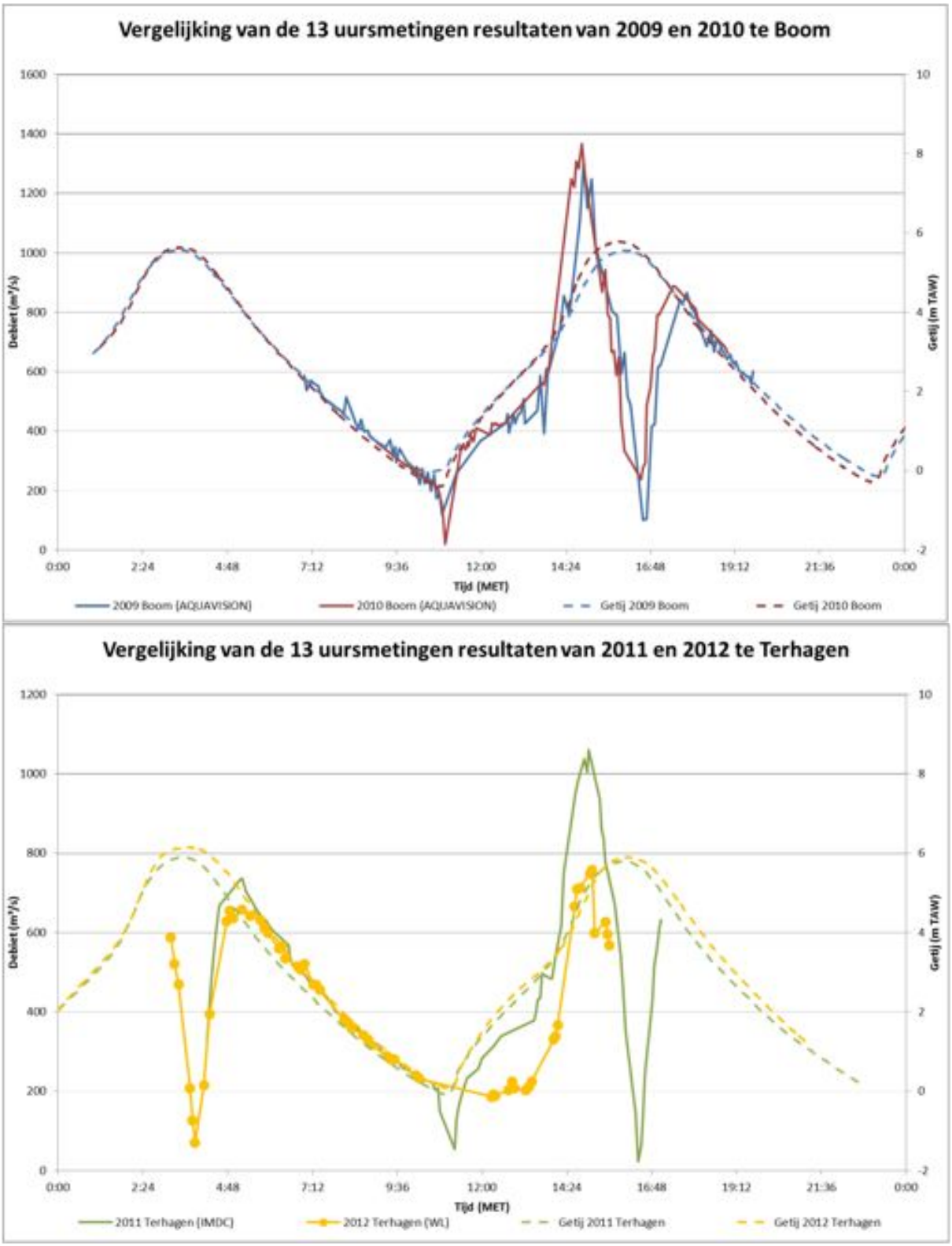
Figuur 166 - Meetraai voor de dertienuursmeting te Terhagen (Rupel) op 11/04/2012

Figuur 167 toont het gemeten debiet en het getij dat plaatsvond tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Voor al deze jaren werd een gelijkaardig debiet gemeten bij eb. Bij vloed zijn de debieten in 2012 echter duidelijk lager dan deze voor 2011 en vooral 2009 en 2010, terwijl er nauwelijks verschillen zijn in de getijvariatie.

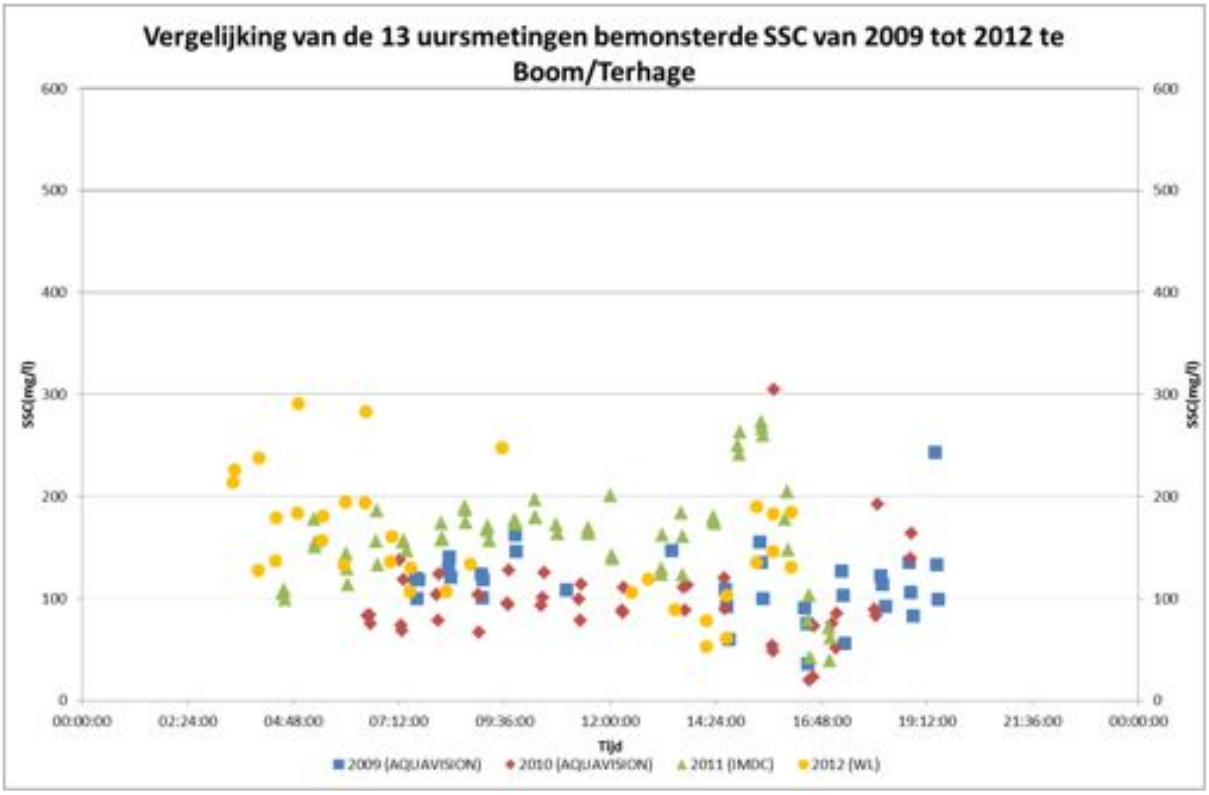
Figuur 168 geeft de gemeten SSC van de waterstalen weer voor de dertienuursmetingen te Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2012. Hieruit blijkt dat de suspensiegehaltes gelijklopend zijn voor de verschillende jaren (enkel in 2010 duidelijk lager dan in 2011).

De sedimentfluxen worden weergegeven voor de dertienuursmetingen te Terhagen voor de periode 2009 t.e.m. 2012 in Figuur 169. Hieruit blijkt duidelijk dat de sedimentfluxen tijdens de dertienuursmetingen in 2012 (en 2009) kleiner waren dan in 2010 en 2011. Voor de verschillende jaren (maar in meer beperkte mate voor 2012) is de maximale SSF bij vloed (duidelijk) groter dan bij eb en vertoont deze tevens een steilere en smallere piek.

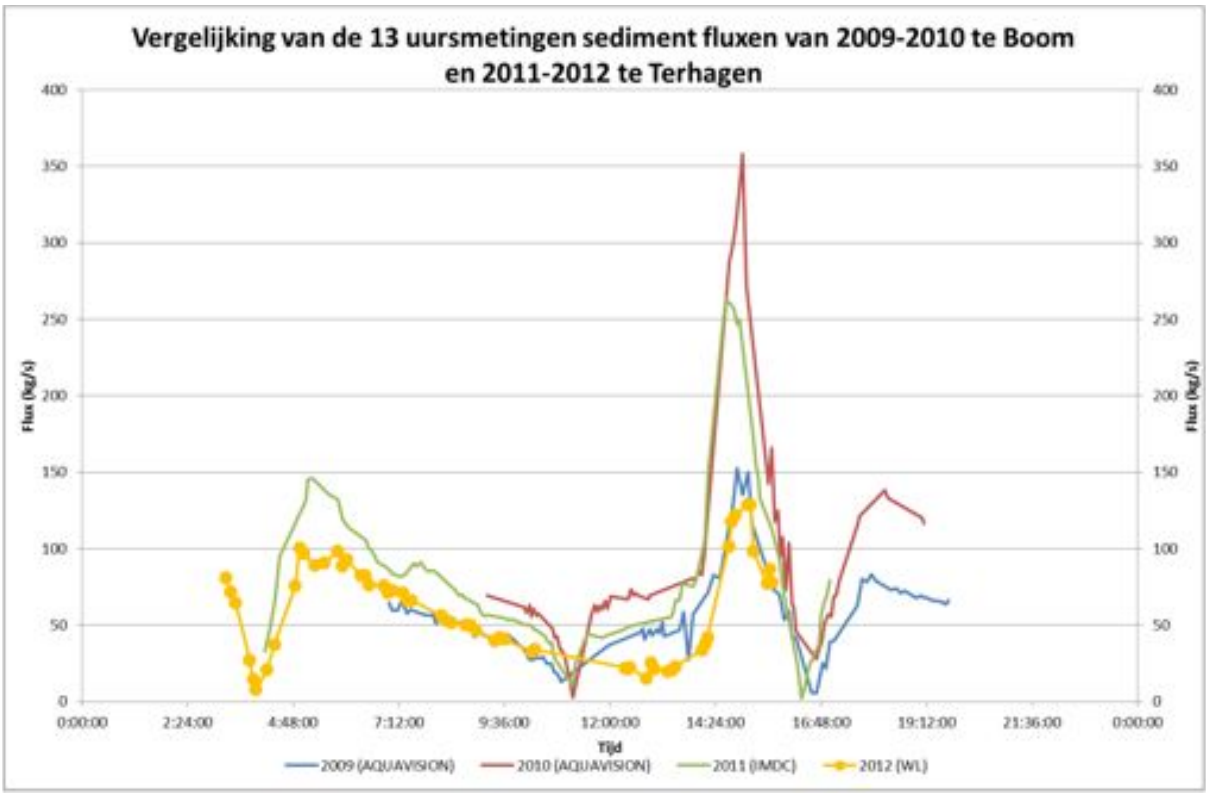
Figuur 149 geeft de boxplot weer van de sedimentfluxen bij eb en bij vloed voor de dertienuursmetingen in 2012 o.a. te Terhagen. De gemiddelde sedimentflux en de spreiding ervan is opvallend lager dan voor de meer afwaartse meetlocaties. Uit de boxplot blijkt dat de gemiddelde sedimentflux bij eb iets groter is dan bij vloed, terwijl de maximale sedimentflux groter is bij vloed dan bij eb.



Figuur 167 - Debiet en getij tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 168 - Gemeten SSC tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012



Figuur 169 - SSF tijdens de dertienuursmetingen te Boom en Terhagen (Rupel) in 2009 t.e.m. 2012

4. Referenties

Aqua Vision -- Varende ADCP-metingen Schelde 2011
Rapportnummer AV_DOC_110050
(plus drie bijlagerapporten met de figuren van uitwerking van de ADCP-metingen)

Boeckx, L.; Deschamps, M ;Vanlierde, E.;Van Steenbergen, N.; Mostaert, F. (2013). Was eindejaar 2012: Beschrijving meteorologische en hydrologische gebeurtenissen. Versie 1_0. WL Rapporten, 00_119. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Deschamps, M.; Boeckx, L.; Mostaert, F. (2012). Overzicht laagwaterseizoen 2011. Versie 2_0. WL Rapporten, 746_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

De Schutter, J.; Mostaert, F. (2009). Instructie: Bepalen van droogrest. I-WL-PP31-5 Versie 01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. 6 p.

HIC 2012: Laagwaterbericht - Overzicht laagwaterseizoen 2012

KMI, OMS (2012). Beknopt stormverslag van 3 tot 5 januari 2012. Royal Meteorological Institute of Belgium, Brussels, Belgium. 6p.

Levy, Y.; Vereecken, H.; Mostaert, F. (2013). MONEOS 2012 volle tij metingen: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 1_3. WL Rapporten, 12_070_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Plancke, Y.; Taverniers, E.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2013). Slibbalans-Zeeschelde: Deelrapport 1 - Metingen halftij-eb Boven-Zeeschelde 2012. Versie 2.0. WL Rapporten, 00_029. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.

Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (2009)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2008: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Mostaert, dr. F. (heruitgave oktober 2009).
Overzicht van de Tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1991-2000. T.O. Tijwaarnemingen Zeescheldebekken 1991-2000. Versie 2_0. WL Rapporten. Projectnr 833_01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, E.; Plancke, Y. en Mostaert, F. (2013).
MONEOS - jaarboek monitoring WL - BASISBOEK: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in het Zeescheldebekken gemeten - uitleggend basisboek met algemene situering, methodologie en achtergrond. Versie 1_2. WL Rapporten, Projectnr 12_070. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Vereecken, ir. H.; Mostaert, dr. F. (2010)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2009: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2009 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Taverniers, ir. E.; Vereecken, ir. H.; Mostaert, dr. F. (2011)
MONEOS - jaarboek monitoring WL 2010: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2010 in het Zeescheldebekken gemeten. Versie 4_0. WL Rapporten. Projectnr 833_07. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België

Teledyne Technologies Incorporated (2012). Teledyne Isco – Products - 6712FR Fiberglass Refrigerated Sampler [ONLINE] Teledyne Technologies Incorporated. Available at http://www.isco.com/products/products3.asp?PL=201202010 [accessed 12/12/2012]

Bijlage 1: MONEOS-T parameters

A. Situering

In het kader van het project Verruiming Vaargeul, waarbij de vaargeul in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde verdiept werd ten behoeve van een getij-onafhankelijke vaart tot 131 dm, zal na twee jaar een voortgangsrapport van de monitoring dienen opgemaakt te worden. Basis hiervoor zijn het monitoringprogramma MONEOS-T (Schrijver & Plancke, 2008) en het "Protocol voorwaarden voor flexibel storten - Kwaliteitsparameters". Dit monitoringprogramma omvat verschillende parameters voor de aspecten waterbeweging, morfologie en fysische parameters. In eerste instantie zal voornamelijk voor het getij een uitgebreide evaluatie gebeuren. Gelet op de korte referentieperiode voor de andere parameters, zal de analyse hiervoor voorlopig beperkt blijven.

Voor het getij zullen de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwater geëvalueerd worden. Naar analogie met MOVE, wordt een referentieperiode gekozen waarop de trends worden bepaald. Voor de trends worden twee processen in beschouwing genomen: de zeespiegelstijging (waarbij aangenomen wordt dat deze lineair is) en de 18,61-jarige nodale getijcyclus (sinusoïdaal verondersteld met vastgelegde fase). Aangezien in de jaren 1970 sterke veranderingen zijn opgetreden in de laagwaters, is geopteerd om de periode 1980 – 2009 als referentieperiode te hanteren. Vervolgens worden de nieuw beschikbare meetgegevens vergeleken met deze trends en de bijbehorende voorspellings-intervallen.

B. Methodologie

Voor het bepalen van de trends werden twee processen in beschouwing genomen:

- zeespiegelstijging: lineaire trend: $WL = \lambda . t + \mu$
- 18,61 jarige nodale cyclus: sinusoïdale trend met vastgelegde fase: $WL = \alpha . sin\left(\frac{2.\pi}{T} . t + \varphi\right)$

Met behulp van de methode der kleinste kwadraten werden de parameters λ, μ en α bepaald. Hierbij werd uitgegaan van volgende relatie: $WL_i = \lambda . t_i + \mu + \alpha . \sin\left(\frac{2.\pi}{T} . t_i + \varphi\right) + e_i$

Binnen de sinusoïdale trend werd de periode (T = 18,61 jaar) vastgelegd, terwijl de fase bepaald werd voor het getijverschil in Vlissingen, waarbij eerst het effect van de zeespiegelstijging werd verwijderd. Deze keuze biedt enerzijds het voordeel dat het getij in Vlissingen niet verstoord is door wijzigingen (ten gevolge van ingrepen) in het estuarium, terwijl anderzijds het getijverschil maximaal beïnvloed wordt door de 18,61-jarige cyclus (hogere hoogwater en lagere laagwaters).

Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ, μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

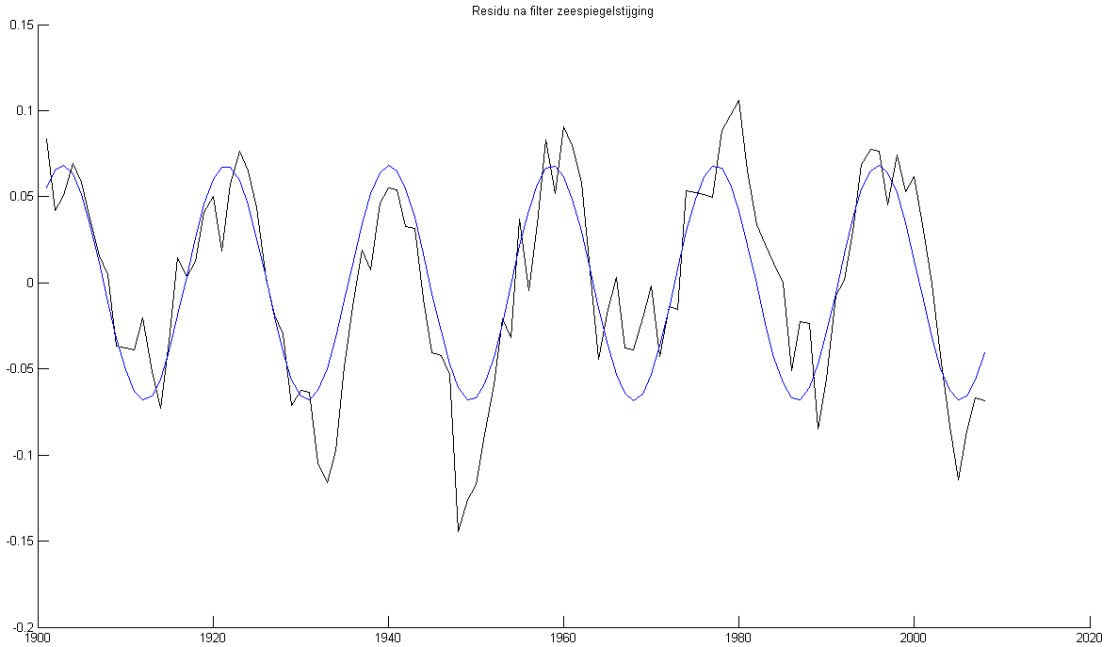
C. Resultaten

1.C.1 Jaarlijkse gemiddelde hoog- en laagwaters

In eerste instantie werd de fase φ van het sinusoïdale verloop van de 18,61-jarige cyclus bepaald. Figuur C1 - 1 geeft het resultaat van de regressie van die 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen (na verwijdering zeespiegelstijging en T = 18,61 jaar). Deze fase wordt vervolgens toegepast in de regressiemodellen voor de verschillende beschouwde posten in de Beneden-Zeeschelde. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het hoog- en het laagwater in tegenfase zijn (hogere hoogwaters vallen samen met lagere laagwaters en vice versa):

- φ_{HW} = 1,27*E-4
- φ_{LW} = 1,27*E-4 + π

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012



Figuur C1- 1: Bepalen van de fase voor de 18,61-jarige cyclus op het getijverschil te Vlissingen

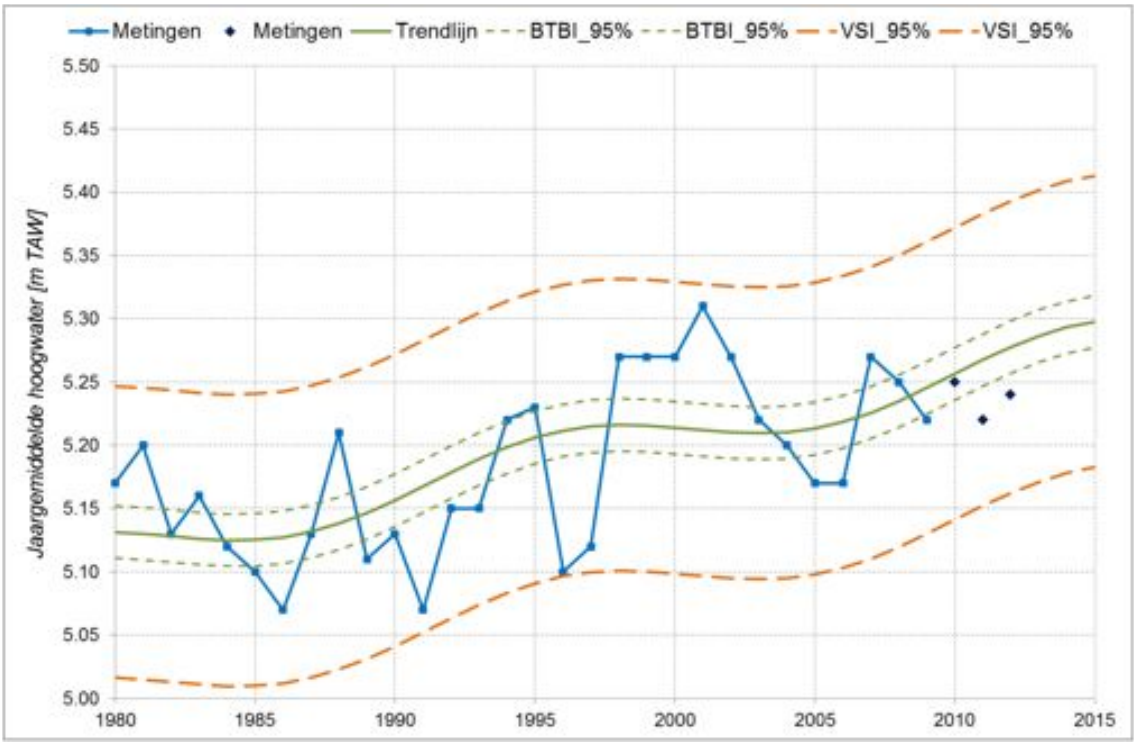
Vervolgens werd voor de beschouwde getijposten in de Beneden Zeeschelde (Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle) de regressieparameters (λ, μ en α) bepaald voor het jaargemiddelde hoog- en laagwater.

Tabel C1 - 1: Overzicht regressieparameters getijposten Beneden-Zeeschelde

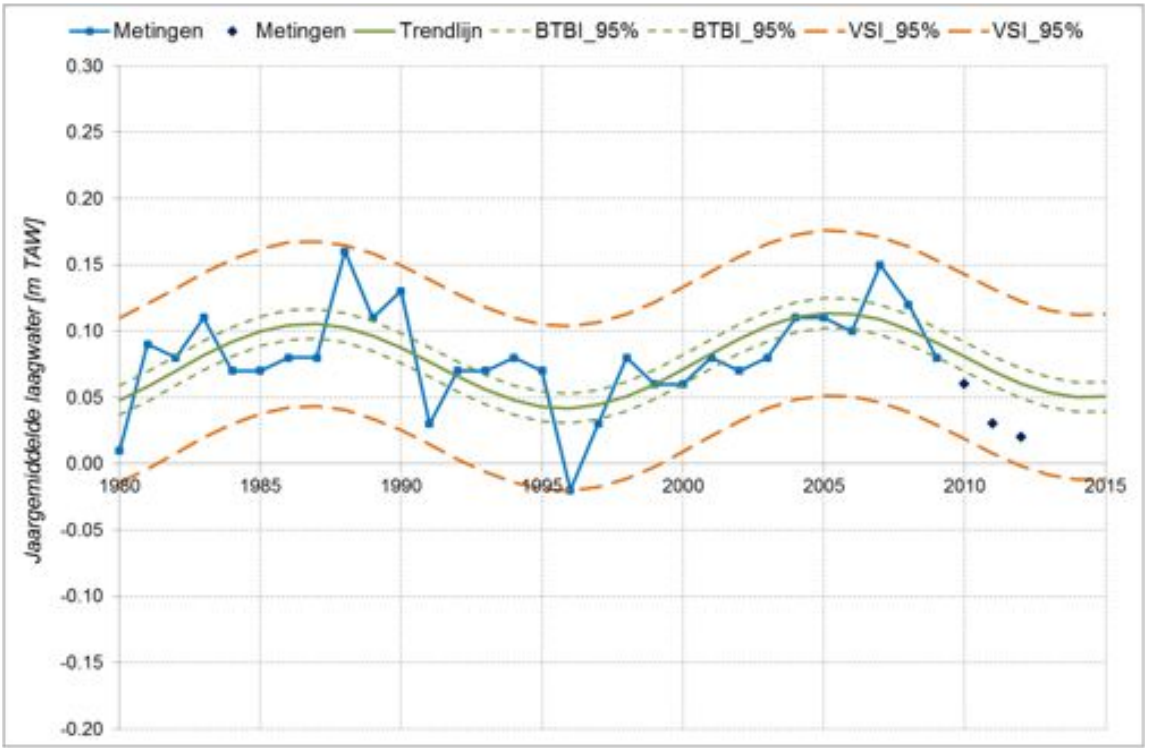
	HOOGWATER			**LAAGWATER**		
	λ *[m/jaar]*	μ *[m]*	α *[m]*	λ *[m/jaar]*	μ *[m]*	α *[m]*
Liefkenshoek	4,54E-3	-3,87	1,97E-2	4,40E-4	-0,80	3,40E-2
Antwerpen	3,12E-3	-0,94	2,99E-2	1,00E-3	-1,98	3,66E-2
Schelle	4,05E-3	-2,63	2,63E-2	7,91E-4	-1,53	2,58E-2

Figuur C1 - 2 tot en met Figuur C1 - 7 presenteren de resultaten voor de beschouwde getijposten voor hoog- en laagwater.

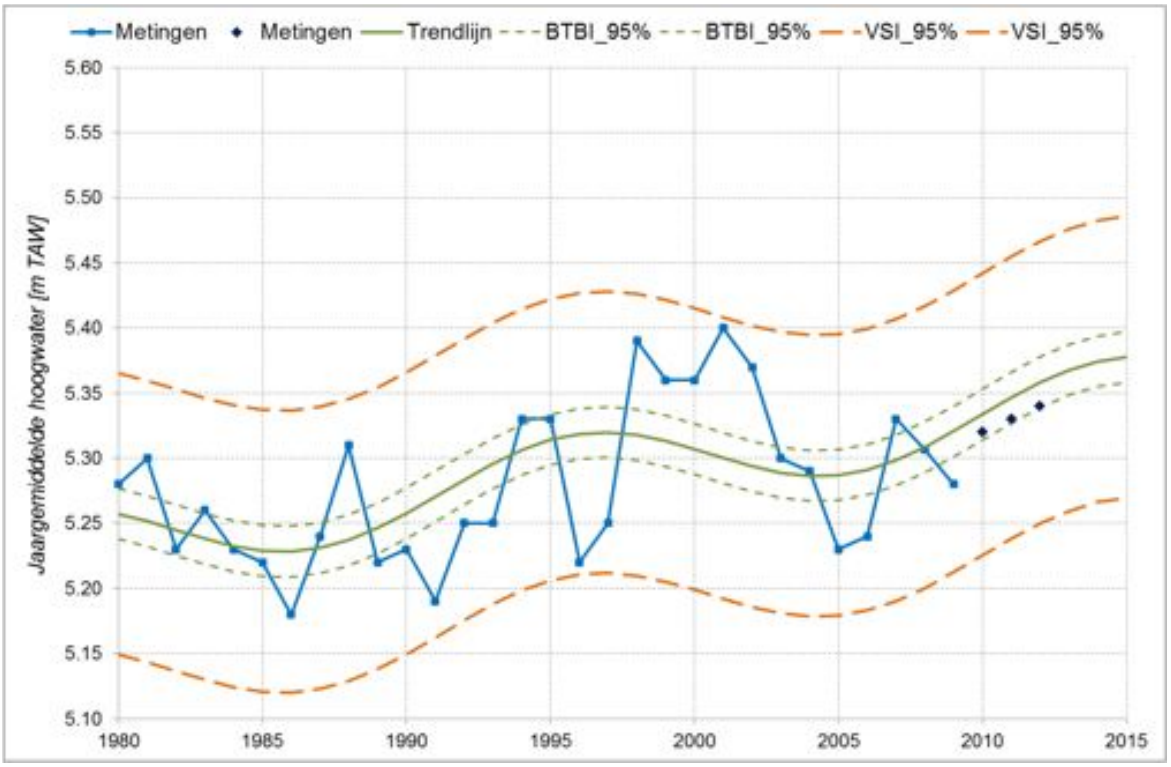
De meetwaarden gebruikt voor de regressie zijn in het licht blauw weergegeven. De groene volle lijn geeft de regressielijn weer, terwijl de gestippelde groene het 95%-betrouwbaarheidsinterval weergeeft (dit komt overeen met de mate van nauwkeurigheid van de schatting van de regressieparameters). De oranje gestippelde lijn geeft het 95%-voorspellingsinterval weer (hierbij wordt tevens rekening gehouden met de variabiliteit van de hoog- of laagwaters). Tenslotte worden de recente meetwaarden als donker blauwe punten weergegeven op de grafiek.



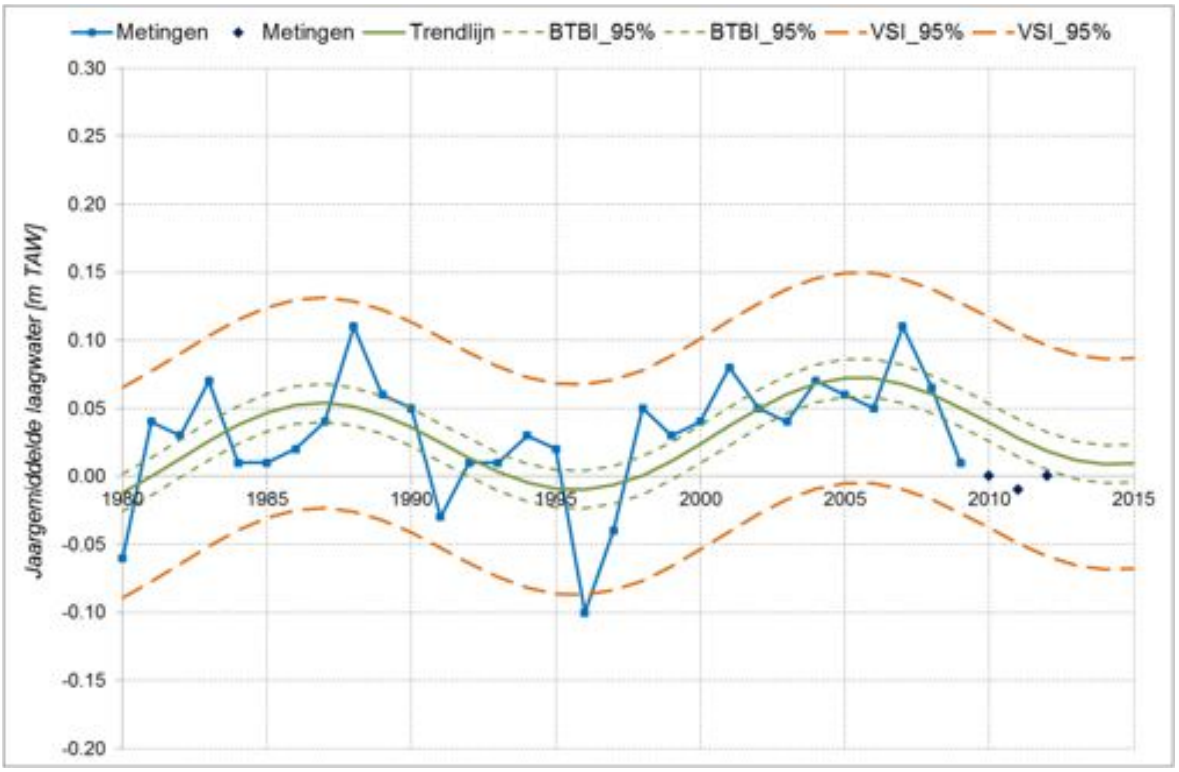
Figuur C1- 2: Ontwikkeling van het hoogwater te Liefkenshoek



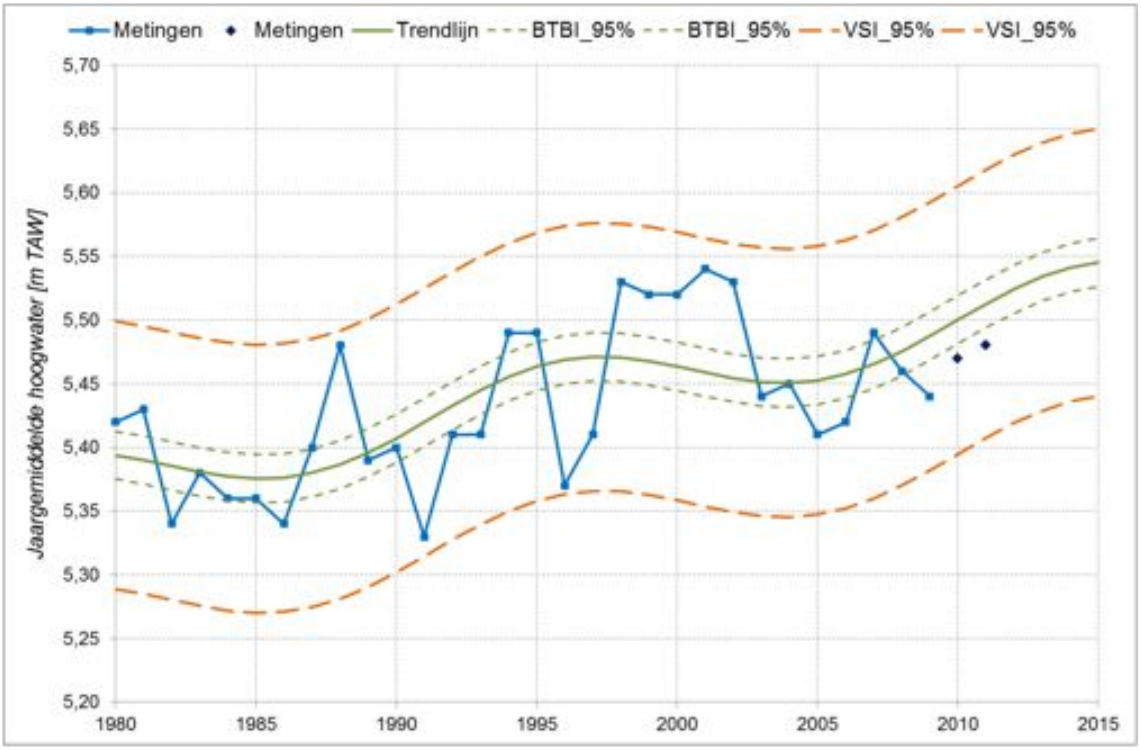
Figuur C1- 3: Ontwikkeling van het laagwater te Liefkenshoek



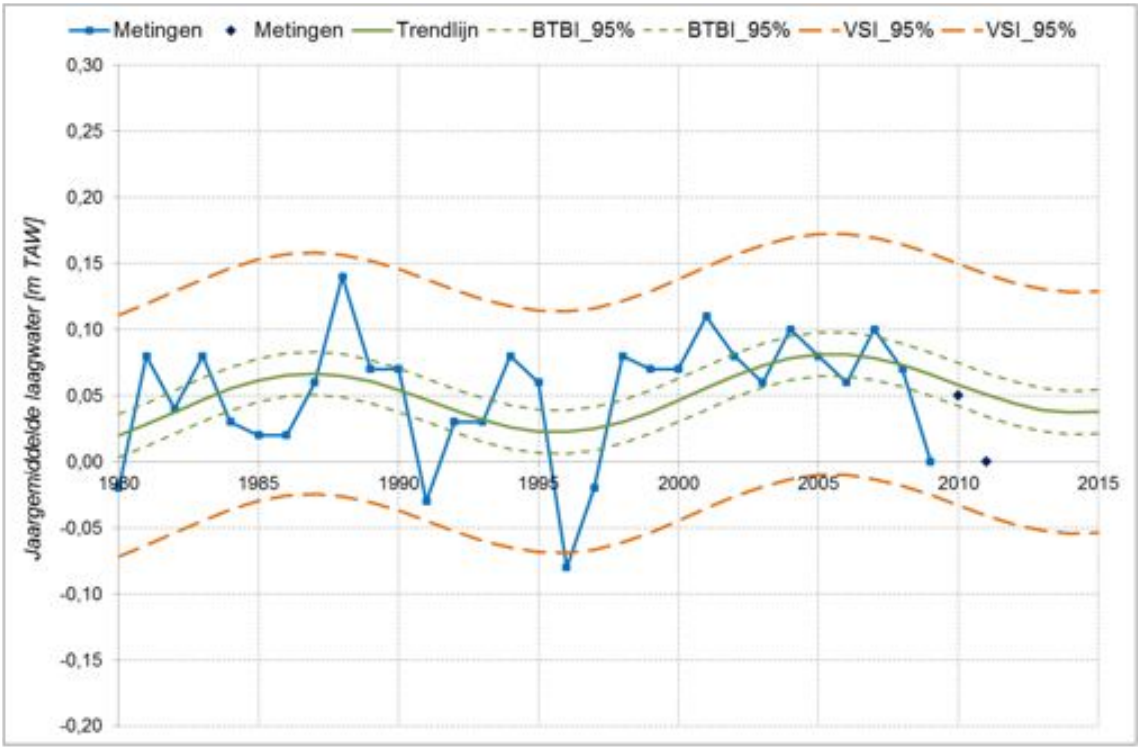
Figuur C1- 4: Ontwikkeling van het hoogwater te Antwerpen



Figuur C1- 5: Ontwikkeling van het laagwater te Antwerpen



Figuur C1- 6: Ontwikkeling van het hoogwater te Schelle

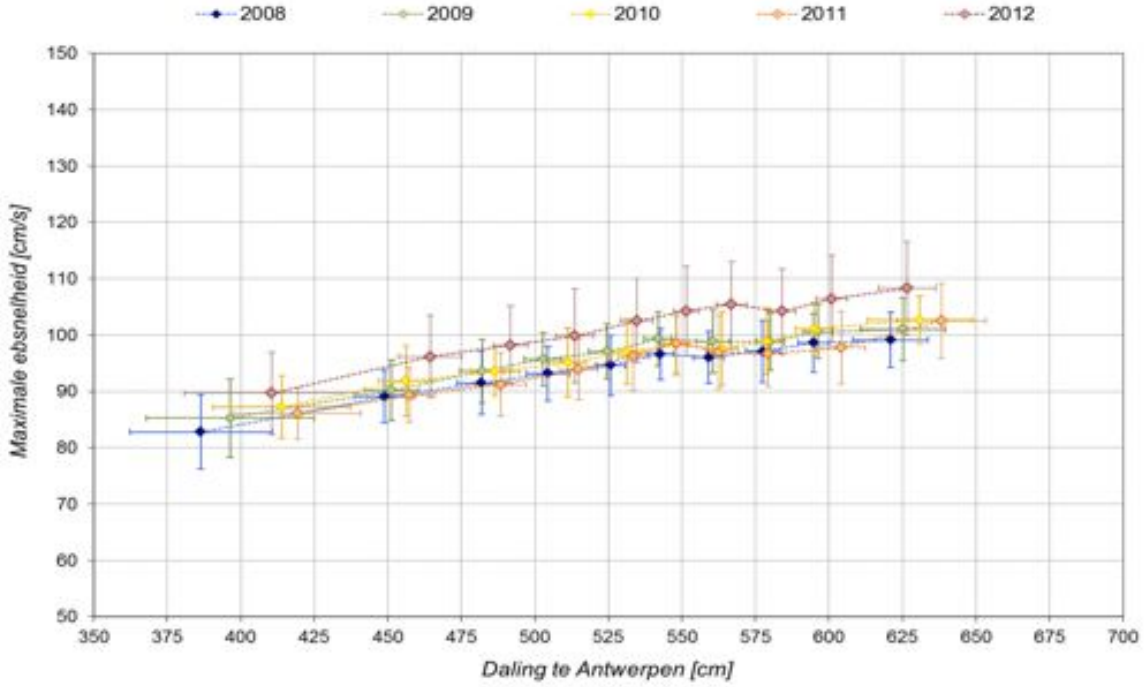


Figuur C1- 7: Ontwikkeling van het laagwater te Schelle

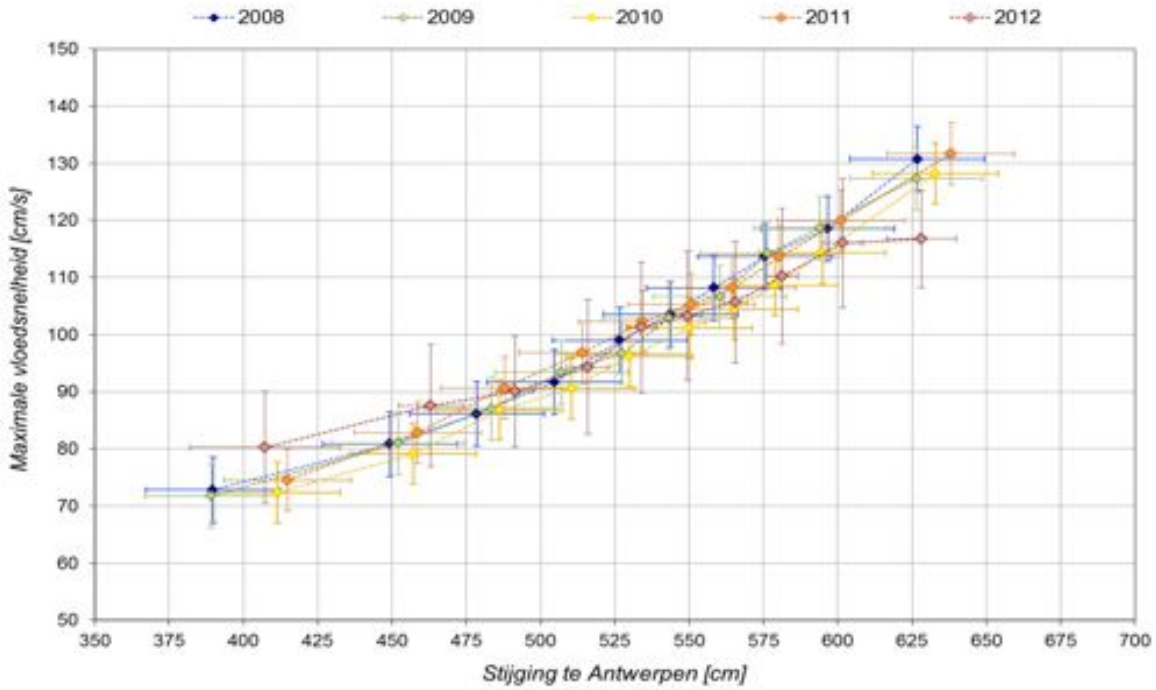
F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

1.C.2 Maximale eb- en vloedsnelheid in functie van daling/stijging te Antwerpen

Figuur C2- 1 en Figuur C2- 2 tonen het verloop van de maximale eb- en vloedsnelheid in functie van de overeenkomstige daling resp. stijging van het waterpeil te Antwerpen doorheen de jaren 2008-2012.



Figuur C2- 1: Maximale ebsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de daling in waterpeil te Antwerpen



Figuur C2- 2: Maximale vloedsnelheid te Oosterweel (Beneden-Zeeschelde), bovenste meettoestel, versus de stijging in waterpeil te Antwerpen

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Colofon

Dit is al het vijfde van een reeks van elk jaar op te stellen WL-rapporten met een "Jaarbeeld" van WL-monitoring over tij, bovendebieten en andere "fysische parameters" in het Zeescheldebekken, meerbepaald ten nutte van MONEOS, zijnde de monitoring die hoort bij de Ontwikkelingsschets-2010 (OS-2010), om te beantwoorden aan de doelstellingen van de Lange-Termijn-Visie van het Schelde-estuarium (LTV-2030), en dat op zich monitoring bundelt in het kader van enerzijds de Verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en in de Beneden-Zeeschelde, en anderzijds de uitvoering van het Geactualiseerd Sigmaplan.

medewerking: aan het tot stand komen van dit "Jaarbeeld" dragen velen van WL-Borgerhout bij, in diverse aspecten en domeinen. Metingen vormen er de basis van, met in het bijzonder dank aan:

- dhr. Erwin De Backer, dhr. Guy Coppens, mevr. Ria Paulussen, dhr. Peter Meulenijzer, dhr. Ivo Milants en dhr. Jean-Paul Van Laethem voor hun dagdagelijkse inzet en zorg voor de continue meetnetten en singuliere metingen van tij, debieten, sediment en fysische parameters, en voor het uitvoeren van kenteringsvaarten,

- mevr. Gudrun Timp voor de onafgebroken reeks digitaliseringen en die zoals steeds zeer nauwkeurig en met alle zorg gebeurden,

- dhr. Emmanual Cornet voor de validatie van de bovendebieten,

- dhr. Yaïr Levy, voor het uitvoeren van halve tij eb- en 13-uursmetingen en de zeer gedetailleerde verwerking en rapportage hiervan,

- ir. Karen De Boeck, ir. Bram Ferket, ing. Stef Michielsen en msc. Koen Vereycken voor hun inzet en hulp bij het valideren, verwerken en rapporteren van de data die in dit rapport gerapporteerd werden,

- dhr. Marc Wouters die de stuwende kracht achter het geheel blijft in alle kalmte doch met zo veel inzicht van alle markten in het Zeescheldebekken thuis, en oplosser van eenieders problemen,

- dhr. David Rutten en dhr. Yvan Machiels voor de grafische ondersteuning.

F-WL-PP10-1 Versie 04
GELDIG VANAF: 12/11/2012

Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.waterbouwkundiglaboratorium.be