



departement
**Mobiliteit en
Openbare Werken**

Het getij in de Zeeschelde en haar bijrivieren

LANGJARIG OVERZICHT VAN DE VOORNAAMSTE
GETIJKARAKTERISTIEKEN



12_071

WL Rapporten

Het getij in de Zeeschelde en haar bijrivieren

Langjarig overzicht van de voornaamste getijkenmerken

Levy, Y.; Plancke, Y.; Peeters, P.; Taverniers, E.; Mostaert, F.

Augustus 2014

WL2014R12_071_1

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Levy, Y.; Plancke, Y.; Peeters, P.; Taverniers, E.; Mostaert, F. (2014). Het getij in de Zeeschelde en haar bijrivieren: Langjarig overzicht van de voornaamste getijkarakteristieken. Versie 2_0. WL Rapporten, 12_071. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research


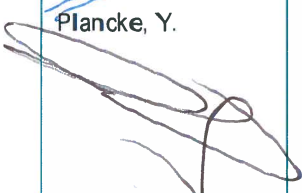

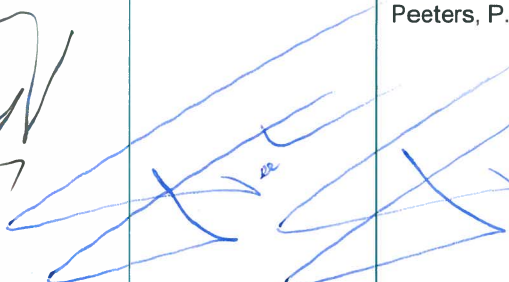


Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.

Documentidentificatie

Titel:	Het getij in de Zeeschelde en haar bijrivieren: Langjarig overzicht van de voornaamste getijkarakteristieken		
Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2014R12_071_1
Keywords (3-5):	Getij, Schelde-estuarium, karakteristieken, historisch		
Tekst (p.):	22	Bijlagen (p.):	47
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
	Vrijgegeven vanaf: Augustus 2014		
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Goedkeuring

Auteur Levy, Y.  Plancke, Y. 	Revisor Taverniers, E. 	Projectleider Peeters, P. 	Coördinator Studie & Advies Peeters, P. 	Afdelingshoofd Mostaert, F. 
---	--	--	--	---

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur(s)
1.0	15/04/2011	Conceptversie	Levy, Y.; Plancke, Y.; Peeters, P.
2.0	25/09/2012	Inhoudelijke revisie	Plancke, Y.; Peeters, P.
3.0	30/09/2013	Revisie	Taverniers, E.
4.0	07/02/2014	Finaal concept (aanvullingen 2012)	Wildemeersch, K.
5.0	04/08/2014	Definitieve versie	Plancke, Y.

Abstract

Sinds het einde van de 19^e eeuw worden er in de Zeeschelde, het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium systematisch metingen uitgevoerd van de waterstanden. De afgelopen eeuwen is de getijvoortplanting in het Schelde-estuarium grondig gewijzigd. In dit rapport wordt voor de basis-meetposten in het Schelde-estuarium een overzicht gegeven van jaarlijkse getijkarakteristieken vanaf het begin van de 20^e eeuw. De hiervoor aangewende jaarlijkse tijdata bevinden zich in de databank van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) van het Waterbouwkundig Laboratorium. Daarnaast wordt in voorliggend rapport een eerste lijnsanalyse uitgevoerd, waarbij langjarige trends worden bepaald op een aantal karakteristieken van het getij. Afgesloten wordt met een bespreking van de waargenomen trends in het Zeescheldebekken.

Inhoudstafel

Inhoudstafel	I
Lijst van de figuren	II
Lijst met afkortingen	V
Dankwoord	1
1 Inleiding	2
1.1 Situering	2
1.2 Leeswijzer	3
2 Databronnen	4
3 Methodologie	5
3.1 Afleiden van getijkarakteristieken	5
3.2 Bepalen van langjarige trends	5
3.2.1 Zeespiegelstijging	6
3.2.2 18,6 jarige nodale cyclus	6
4 Jaargemiddelde getijkarakteristieken	8
4.1 Omzetting naar TAW	8
4.1.1 Liefkenshoek	9
4.1.2 Antwerpen	9
4.1.3 Schelle(-Hingene)	9
4.1.4 Tielrode	9
4.1.5 Sint-Amands	9
4.1.6 Dendermonde	9
4.1.7 Schoonaarde	9
4.1.8 Uitbergen	9
4.1.9 Melle	10
4.1.10 Waasmunsterbrug	10
4.1.11 Zele	10
4.1.12 Walem	10
4.2 Resultaten	10
4.2.1 Hoogwater	10
4.2.2 Laagwater	10

4.2.3	Getijverschil.....	10
4.2.4	Duur van de stijging en daling.....	10
4.2.5	Tijdsvertraging ten opzichte van Vlissingen	10
5	Analyse van langjarige trends	11
5.1	Gevoeligheidsanalyse referentieperiode.....	11
5.1.1	Methodologie.....	11
5.1.2	Vlissingen.....	11
5.1.3	Antwerpen.....	13
5.1.4	Conclusie	15
5.2	Zeespiegelstijging	15
5.3	18,6 jarige nodale cyclus	16
5.4	Residu na verwijdering zeespiegelstijging en nodale tijcomponent.....	16
6	Overzicht 10-jaarlijkse evoluties	17
6.1	Hoogwater.....	17
6.2	Laagwater	17
6.3	Getijverschil	18
6.4	Getijduur en tijdsvertraging	19
6.4.1	Duur stijging en daling.....	19
6.4.2	Tijdsvertraging hoog- en laagwater	19
7	Conclusies	20
7.1	Langjarige evolutie van het getij in het Zeescheldebekken	20
7.2	Mogelijke oorzaken en aandachtspunten	21
8	Referentielijst.....	22
	Bijlage A	B-1
	Bijlage B	B-8
	Bijlage C	B-15
	Bijlage D	B-22
	Bijlage E	B-29
	Bijlage F.....	B-36

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht van de ligging van de getijposten in het Schelde-estuarium.....	2
Figuur 2 – Getijverschil te Vlissingen en 18,6 jarige nodale cyclus	7
Figuur 3 – Benadering trends Vlissingen: hoogwater (links) en laagwater (rechts)	11
Figuur 4 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – HW Vlissingen .	12
Figuur 5 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – LW Vlissingen ..	12
Figuur 6 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – hoogwater Antwerpen	13
Figuur 7 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – laagwater Antwerpen	14
Figuur 8 – Benadering trends laagwater Antwerpen: periode 1901-2012 (links) en 1901-1970 (rechts) .	14
Figuur 9 – Zeespiegelstijging op de verschillende waterstandsstation op basis van lineaire trend voor hoogwater (blauw) en laagwater (groen)	15
Figuur 10 – Amplitude voor de 18,6 jarige nodale cyclus op de verschillende waterstandsstation op basis van sinusoidale trend voor hoogwater (blauw) en laagwater (groen)	16
Figuur 11 – Evolutie hoogwater per decennium.....	17
Figuur 12 – Evolutie laagwater per decennium.....	18
Figuur 13 – Evolutie tijverschil per decennium.....	18
Figuur 14 – Evolutie van de decennium-gemiddelde duur van de stijging en daling in Antwerpen	19
Figuur 15 – Evolutie van de decennium -gemiddelde vertraging van Antwerpen t.o.v. Vlissingen.....	19
Figuur A-1 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Liefkenshoek ..	B-2
Figuur A-2 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Antwerpen	B-2
Figuur A-3 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schelle	B-3
Figuur A-4 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Tielrode	B-3
Figuur A-5 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Sint-Amands ..	B-4
Figuur A-6 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Dendermonde	B-4
Figuur A-7 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schoonaarde..	B-5
Figuur A-8 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Uitbergen	B-5
Figuur A-9 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Melle	B-6
Figuur A-10 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Waasmunsterbrug	B-6
Figuur A-11 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Zele	B-7
Figuur A-12 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Walem.....	B-7
Figuur B 1 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Liefkenshoek ...	B-9
Figuur B 2 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Antwerpen	B-9
Figuur B 3 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schelle.....	B-10

Figuur B 4 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Tielrode	B-10
Figuur B 5 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Sint-Amands..	B-11
Figuur B 6 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Dendermonde	B-11
Figuur B 7 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Schoonaarde .	B-12
Figuur B 8 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Uitbergen	B-12
Figuur B 9 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Melle	B-13
Figuur B 10 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Waasmunsterbrug	B-13
Figuur B 11 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Zele	B-14
Figuur B 12 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Walem	B-14
Figuur C 1 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Liefkenshoek	B-16
Figuur C 2 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Antwerpen..	B-16
Figuur C 3 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Schelle	B-17
Figuur C 4 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Tielrode	B-17
Figuur C 5 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Sint-Amands....	B-18
Figuur C 6 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Dendermonde	B-18
Figuur C 7 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Schoonaarde	B-19
Figuur C 8 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Uitbergen ...	B-19
Figuur C 9 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Melle	B-20
Figuur C 10 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Waasmunsterbrug	B-20
Figuur C 11 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Zele	B-21
Figuur C 12 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Walem	B-21
Figuur D 1 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Liefkenshoek	B-23
Figuur D 2 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Antwerpen..	B-23
Figuur D 3 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Schelle	B-24
Figuur D 4 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Tielrode	B-24
Figuur D 5 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Sint-Amands	B-25
Figuur D 6 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Dendermonde	B-25
Figuur D 7 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Schoonaarde	B-26

Figuur D 8 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Uitbergen ...	B-26
Figuur D 9 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Melle	B-27
Figuur D 10 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Waasmunsterbrug	B-27
Figuur D 11 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Zele	B-28
Figuur D 12 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Walem	B-28
Figuur E 1 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Liefkenshoekf	B-30
Figuur E 2 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Antwerpen	30
Figuur E 3 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Schelle.	B-31
Figuur E 4 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Tielrode	B-31
Figuur E 5 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Sint-Amands	B-32
Figuur E 6 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Dendermonde	B-32
Figuur E 7 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Schoonaarde	B-33
Figuur E 8 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Uitbergen	B-33
Figuur E 9 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Melle	B-34
Figuur E 10 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Waasmunsterbrug	B-34
Figuur E 11 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Zele ...	B-35
Figuur E 12 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Walem	B-35

Lijst met afkortingen

NKD:	Nul Krijgsdepot
TAW:	Tweede Algemene Waterpassing

Dankwoord

De basis van een langjarig overzicht is de jarenlange monitoring die hieraan voorafgegaan is. Voor het operationeel houden van een meetnet door overheidsdiensten gedurende meer dan 100 jaar schieten (dank)woorden tekort.

Zonder de toegewijde inzet van de collega's van de vroegere cel Hydrometrie, i.h.b. Eric Taverniers, Marc Wouters, Guy Coppens, Rita De Bock, Erwin De Backer, Gudrun Timp en Ria Paulussen alsook Stef Michiels, Leen Coen en Koen Wildemeersch zou dit rapport er niet kunnen gekomen zijn. Zowel bij de dagdagelijkse leiding van het meetnet, als bij de verwerking en het beschikbaar stellen van de historische getijgegevens, kunnen hun bijdragen niet overschat worden.

Middelen ter beschikking gesteld door de Afdeling Maritieme Toegang alsook binnen LTV O&M – Veiligheid en assistentie van INBO bij het digitaliseren hebben zeker bijgedragen tot ontsluiting van de getijgegevens.

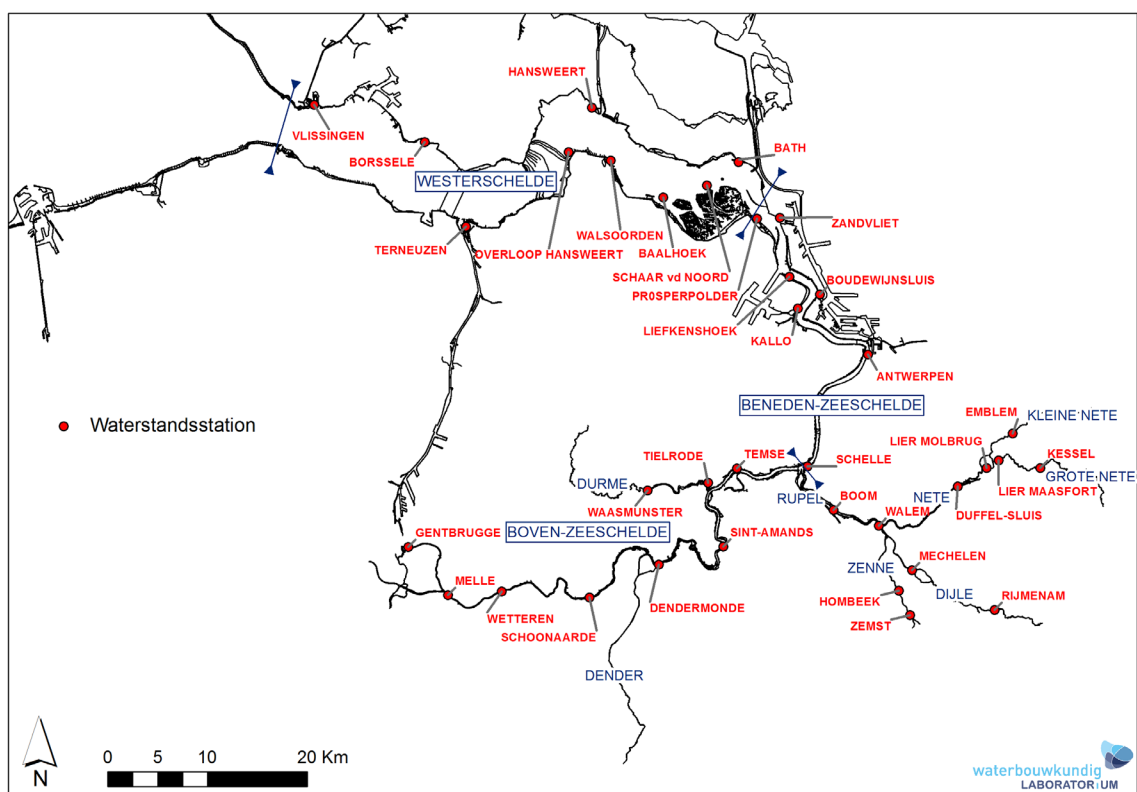
1 Inleiding

1.1 Situering

Het Schelde-estuarium wordt gekenmerkt door sterke getijden die als macro-tidaal kunnen worden beschouwd. De trechtervorm van het estuarium zorgt ervoor dat de getijamplitude in de Westerschelde en de Beneden Zeeschelde toeneemt, om nadien, onder invloed van de belangrijker wordende wrijving, geleidelijk terug af te nemen in de Boven-Zeeschelde en de verschillende bijrivieren.

Het getij (of beter de waterstanden) wordt sinds het einde van de 19^e eeuw op verschillende locaties (●) langsheen het estuarium gemeten (Figuur 1). In de Westerschelde worden deze metingen uitgevoerd door de Nederlandse Rijkswaterstaat (voormalige Directie Zeeland), terwijl dit in de Zeeschelde en op de bijrivieren gebeurt door de Vlaamse overheid.

Sinds het einde van de 19^e eeuw worden de systematische, continue getijwaarnemingen in het Zeescheldebekken uitgevoerd en verwerkt door opeenvolgende generaties die deel uitmaken van eenzelfde groep, destijds lange tijd bekend als de “Studiedienst”. Tot de jaren 1930 was deze meet- en studiedienst deel van de Bijzondere Dienst van de Zeeschelde, wat toen is opgesplitst in de Dienst der Zeeschelde en de Antwerpse Zeediensten. Deze laatste naam ging in 1995 over in Afdeling Maritieme Schelde, en in 2002 in Afdeling Maritieme Toegang. Sinds september 2004 is deze groep onder de naam Hydrometrie-Schelde overgegaan naar het Waterbouwkundig Laboratorium.



Figuur 1 – Overzicht van de ligging van de getijposten in het Schelde-estuarium

Het dubbeldaags getij in het Schelde-estuarium kent een plaatsgebonden evolutie welke het resultaat is van een set van natuurlijke evoluties en antropogene invloeden. Voorliggend rapport beschrijft de ontwikkelingen van de belangrijkste getijkenmerken voor de hoofdposten in het Zeescheldebekken.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de databronnen van de gepresenteerde gegevens besproken. Hoofdstuk 3 beschrijft de methodologie voor het bepalen van de belangrijkste getijkarakteristieken, alsook voor het bepalen van de langjarig trends die in de datareeksen kunnen teruggevonden worden.

Hoofdstuk 4 presenteert de belangrijkste jaarlijkse getijkarakteristieken voor de basisposten binnen het Zeescheldebekken. In de bijlagen worden tevens alle gegevens gepresenteerd. In hoofdstuk 5 wordt een eerste analyse uitgevoerd op de hoog- en laagwaters in relatie tot de langjarige trends. In hoofdstuk 6 worden de decennium-gemiddelde karakteristieken gepresenteerd, terwijl in hoofdstuk 7 de belangrijkste conclusies worden geformuleerd.

2 Databronnen

De waterstanden in het Zeescheldebekken worden sinds de jaren 1850 reeds gemeten. Gedurende de eerste decennia betrof het echter louter registraties van de hoog- en laagwater overdag, afgelezen van de aanwezige peillatten. Sinds 1885 wordt de getijbeweging in het Zeescheldebekken op een systematische en continue wijze gemeten, met opschortingen tijdens de wereldoorlogen alsook uit dienstnames, vervangingen en/of verplaatsingen van tijposten. Vanaf begin jaren 1980 zijn reeksen van hoog- en laagwaterstanden en bijhorende tijdstippen standaard in digitale vorm beschikbaar.

Voor de meetposten in het Zeescheldebekken werd gebruik gemaakt van de tienjarige overzichten (Van Brabandt, L., 1912; Blockmans, J., 1927; Blockmans, J., 1934; Vekemans, R., 1946; Codde, R. & De Keyser, L., 1954; Codde, R. & De Keyser, L., 1963; Theuns, J. & Coen, I., 1972/1973; Belmans, H & Claessens, J., 1984; Meyvis, L. & Claessens, J., 1994; Taverniers, E. & Mostaert, F., 2009), de eventuele aanvullingen hierop alsook indien nuttig de originele papierenregistraties voor de perioden 1901-1910, 1911-1920, 1921-1930, 1931-1940, 1941-1950, 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 en 1991-2000. Ook voor de periode 2001-2005 werden jaarlijkse tijkenmerken afgeleid.

Vanaf 1971 worden de getijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gerefereerd ten opzichte van TAW (Tweede Algemene Waterpassing). Voordien kan volgens Taverniers (1975) aangenomen worden dat alle hoogtepeilen gerefereerd werden ten opzichte van eenzelfde vergelijkingsvlak welke het best aangeduid wordt met de afkorting NKD (Nul Krijgsdepot).

Codde & De Keyser (1954) melden dat controlenivelleringen van de peilschalen, uitgevoerd begin jaren 1940, verschillen in de ligging van de nulpunten van de peilschalen in het Zeescheldebekken aan het licht brachten. Vanaf 1941 wordt bij het opstellen van de basisdata rekening gehouden met de vastgestelde afwijkingen. Volgens Taverniers & Theuns (1975) is het een open vraag of de opgemeten verschillen het gevolg zijn van foutief inmeten van de peilschalen bij een eerdere waterpassing of bij herplaatsing van de peilschaal, van een verzakking van het kunstwerk waarop de peillat bevestigd werd of sprake is van een bodemverheffing of –verzakking. Het toepassen van de afwijkingen op de getijdata vóór 1941 is bijgevolg een gevaarlijke zaak. Bij het opstellen van de langjarige overzichten 1901 tot heden werden de vastgestelde afwijkingen toch ook toegepast voor de periode 1901-1940¹. Nadien volgt nog een omzetting van NKD naar TAW door gebruik te maken van de verschillen opgegeven door Claessens & Meyvis (1994).

¹ Onderling vergelijken van verschillen tussen jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden van naburige tijposten, bracht trendwijzigingen aan het licht rond 1940 die mogelijks hun oorsprong vinden in het niet gelijkwaardig zijn van de cota's vóór en na 1941. Controlemetingen in 2010 van het historische NKD-nulpunt aan de Kattendijkzeesluis in Antwerpen doen echter geen twijfel rijzen aan het door Vekemans (1946) en Codde (1954) aangenomen vergelijkingsvlak in Antwerpen.

3 Methodologie

3.1 Afleiden van getijkenmerken

Klassiek werd het jaarlijkse gemiddelde bepaald als het gemiddelde van maandelijke gemiddelden. Door het beschikbaar komen van digitale tijdreeksen kunnen jaarlijkse gemiddelden eenvoudig als gemiddelden van alle in een jaar waargenomen waarden worden uitgerekend. Beide berekeningsmethoden kunnen leiden tot minimale verschillen, voor bv. de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwaterstanden is de orde van grootte 1 centimeter. Deze afwijking is tevens van dezelfde orde als deze die kan optreden door afrondingen.

Stijgings- en dalingsduren worden bekomen door verschilberekeningen tussen tijdstippen van hetzij hoogwater en voorgaand laagwater, hetzij laagwater en voorgaand hoogwater. Tijdstippen worden gemeten in uren en minuten.

Getijvertragingen worden uitgezet ten opzichte van Vlissingen, aan de monding van de Westerschelde. Dit heeft als voordeel alleen positieve vertragingen op te leveren. De vertragingen zijn de verschillen tussen de tijdstippen van hoog- en laagwater ter hoogte van de verschillende waarnemingsposten en in Vlissingen.

Het eerste hoogwater dat onmiddellijk volgt op de vijfde maandoorgang te Ukkel gerekend vanaf het tijdstip van nieuwe of volle maan wordt aangeduid als hoogwater bij springtij. Het daaropvolgende laagwater wordt beschouwd als zijnde het laagwater bij springtij. Hoog- en laagwater bij doortij worden op diezelfde manier bepaald vanaf het tijdstip van het eerste en het laatste kwartier².

3.2 Bepalen van langjarige trends

In de langjarige tijdreeksen van de waterstanden kunnen uitgesproken trends teruggevonden worden. Belangrijkste oorzaken hiervoor zijn enerzijds de zeespiegelstijging en anderzijds de 18,6 jarige nodale cyclus. Naarmate men zich meer opwaarts begeeft, zullen de jaarlijks getijkenmerken beïnvloed worden door de variatie in bovenafvoeren. Voor het Schelde-estuarium bevindt deze grens zich tussen Tielrode en Dendermonde: in de omgeving van Tielrode is de invloed van de bovenafvoer op de waterstand klein, en naar verder afwaarts zeer klein tot onbestaande; opwaarts Dendermonde kunnen de waterstanden (in sterke mate) beïnvloed worden door de variatie in bovenafvoer.

In tegenstelling tot de bovenafvoeren, die gekenmerkt worden door een grote jaarlijkse variatie zonder uitgesproken trend, kunnen de zeespiegelstijging (lineair) en de 18,6 jarige nodale cyclus (sinusoïdaal met periode van 18,6 jaar) wel trendmatig benaderd worden. In Hoofdstuk 5 zullen beide trends per post benaderd worden en zullen de residuen geanalyseerd worden op belangrijke wijzigingen. Bij het bepalen van de trends wordt gebruik gemaakt van de methode der kleinste kwadraten voor het bepalen van de verschillende parameters die de relevante processen beschrijven:

$$WL = \lambda t + \mu + \alpha \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

Cruciaal in het benaderen van de trends, is de beschouwde referentieperiode. In Bijlage A wordt dit geïllustreerd.

² Deze aanpak verschilt van de Nederlandse werkwijze die er uit bestaat rond het moment van spring- en doortij de hoogste resp. laagste waterstanden te selecteren.

3.2.1 Zeespiegelstijging

Uit metingen over de hele wereld blijkt dat de zeespiegel in de 20e eeuw 10 tot 20 cm is gestegen. In het stijgen van de zeespiegel zijn twee processen van belang: het smelten van landijs (gletsjers en ijskappen) en het uitzetten van zeewater door verwarming.

Het is moeilijk om precies uit te vinden hoeveel de verschillende processen bijdragen aan de huidige zeespiegelstijging. Van alle gletsjers op de wereld zou bekend moeten zijn hoe groot ze zijn en hoe ze in de loop van de tijd veranderen. Ook moet overal in de oceanen de temperatuur worden gemeten om vast te stellen hoe die temperatuur verandert. De mogelijkheden om te meten zijn echter beperkt. Het smelten van ijskappen ten gevolge van klimaatveranderingen in de 20e eeuw had weinig effect op de zeespiegel. De zeer trage reactie van de ijskappen op klimaatveranderingen uit een verder verleden (sinds de laatste IJstijd, ongeveer achttienduizend jaar geleden) had in de vorige eeuw nog een zeespiegelstijging van 2,5 cm tot gevolg. Zeeijs, zoals in het Noordpoolgebied, levert geen bijdrage. Het drijft op zee en verplaatst net zoveel water als het eigen gewicht (wet van Archimedes). Als zeeijs smelt, wordt het verplaatste water vervangen door smeltwater en verandert het niveau van de zeespiegel niet.

Onderzoekers verwachten dat de zeespiegelstijging in de 21e eeuw en daarna meer zal zijn dan de 10 tot 20 cm uit de vorige eeuw. De verschillende scenario's geven een stijging aan die varieert tussen 35 en 85 cm per eeuw. (bron: www.knmi.nl)

Bij de analyse van de langjarige tijdreeksen van waterstanden, wordt de zeespiegelstijging benaderd door een lineaire trend via de methode der kleinste kwadraten:

$$WL = \lambda t + \mu$$

met: λ : grootte van de zeespiegelstijging weergeeft in [m/jaar]

t: jaartal

WL: jaargemiddelde waterstand (hoog- of laagwater)

3.2.2 18,6 jarige nodale cyclus

De schuine stand van de aardas, zowel ten opzichte van de maanbaan (die een hoek maakt van ongeveer 5° met het eclipticavlak) als ten opzichte van de aardbaan (23.5°), heeft voor gevolg dat de aantrekkingskracht van de maan (en ook in zekere mate de zon) de aarde een langzame tolbeweging laten maken rond de verticaal op het eclipticavlak. De periode van deze tolbeweging, de precessie genaamd, bedraagt 25770 jaar. Als gevolg hiervan zal de hemelnoordpool een cirkelvormige baan rond de eclipticanoordpool beschrijven met dezelfde periode. De hemelnoordpool zal echter geen mooie cirkel omheen de eclipticanoordpool beschrijven, maar eerder een golflijn. Deze golving, in hoofdzaak veroorzaakt doordat de maan niet precies in het eclipticavlak rond de aarde draait, heeft een amplitude van 9.2" en een periode van 18,6 jaar en wordt nutatie genoemd. (bron: www.urania.be)

Bij de analyse van de langjarige tijdreeksen van waterstanden, wordt de 18,6 jarige nodale cyclus benaderd door een sinusoidale trend via de methode der kleinste kwadraten:

$$WL = \alpha \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

met: α : amplitude van de variatie door de 18,6 jarige nodale cyclus in [m]

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ met } T: \text{ de periode (18,6 jaar)}$$

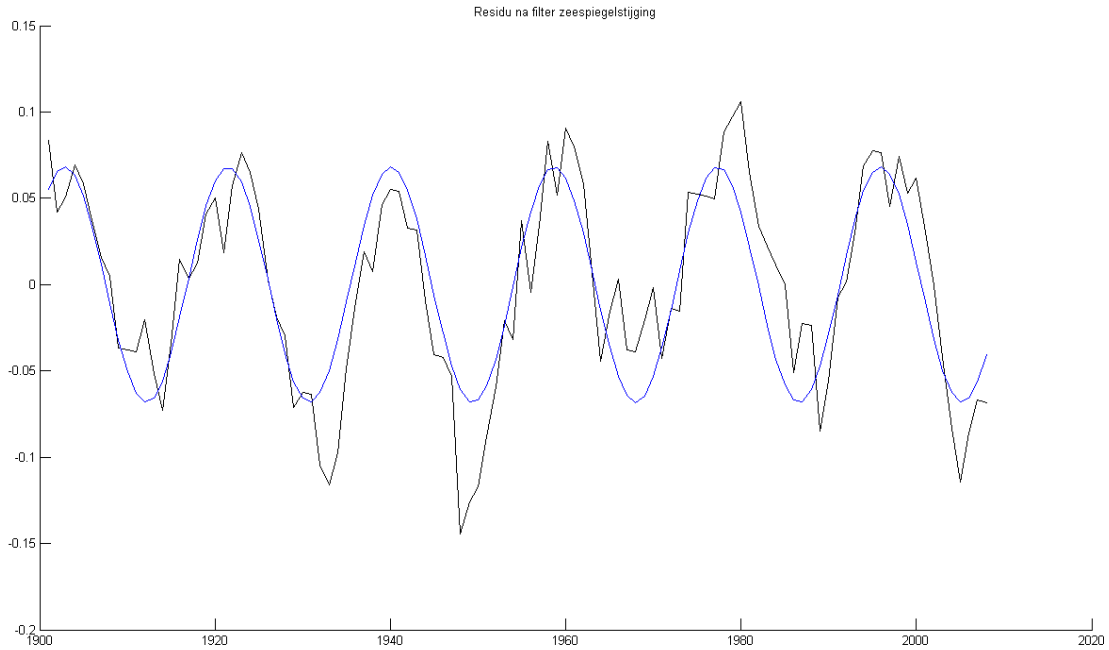
t: jaartal

φ : fase

WL: jaargemiddelde waterstand (hoog- of laagwater)

In [Witteveen+Bos, 1999] worden zowel α als φ bepaald met behulp van de methode der kleinste kwadraten. Hierdoor kunnen voor de verschillende stations verschillende waarden voor φ gevonden worden. Aangezien de waarde van φ bepaald wordt door het tijdstip binnen de 18,6 jarige nodale cyclus, zou deze voor alle locaties identiek moeten zijn. Binnen dit rapport is er dan ook voor geopteerd φ

éénmalig te bepalen, en meer bepaald voor het getijverschil te Vlissingen. De onderbouwing van deze keuze heeft 2 belangrijke punten: enerzijds is het station Vlissingen het minst verstoord door wijzigingen in het estuarium, anderzijds is bij het getijverschil de invloed van de 18,6 jarige nodale het grootste (gecombineerd effect van hogere hoogwaters en lagere laagwaters). Figuur 2 geeft het resultaat van deze analyse. De waarde voor φ bedraagt hierbij $-1,27E-4$, wat overeenkomt met een maximum eind 1995.



Figuur 2 – Getijverschil te Vlissingen en 18,6 jarige nodale cyclus

4 Jaargemiddelde getijkarakteristieken

De getijkarakteristieken worden gepresenteerd voor de belangrijkste “hoofdposten” van het getij. Het betreft volgende posten:

- Beneden-Zeeschelde
 - Liefkenshoek(-Lillo)
 - Antwerpen
- Boven-Zeeschelde
 - Schelle(-Hingene)
 - Tielrode
 - Sint-Amands
 - Dendermonde
 - Schoonaarde
 - Uitbergen
 - Melle
- Durme
 - Waasmunsterbrug
 - Zele
- Rupel
 - Walem

Door de verschillende databronnen in de loop der decennia, moest voor de verschillende posten een correctie toegepast worden om alle gegevens te relateren ten opzichte van TAW. Volgende paragraaf beschrijft de correctiefactoren die per post werden toegepast om tot deze uniforme waarden te komen.

4.1 Omzetting naar TAW

De registratie van de waterstanden gebeurt ten opzichte van een bepaald verticaal referentievlak. Tot ca. 1980 betrof dit referentievlak het zogeheten NKD (nul krijgsdepot)-vlak. Nadien werd overgestapt naar het referentievlak TAW (Tweede Algemene Waterpassing). Beide vlakken verschillen ten opzichte van elkaar: enerzijds is er het échte hoogteverschil tussen de (lokale) nivelleringsvlakken, anderzijds geldt het feit dat noch het NKD- noch het TAW-vlak 100% horizontaal zijn noch loodrecht op de graviteit, noch perfect de als Belgisch gedefinieerde geoïde volgen, en dus niet 100% aan elkaar evenwijdig zijn, waardoor hun verschil niet constant is. Bij de meeste locaties in het Zeescheldebekken varieert het verschil tussen de lokale NKD- en TAW-verkenmerken tussen 6 à 10 cm.

Daarnaast is er het verschil van de “nul van de peillat” die anno 1980 in NKD stond, met de tot daar genivelleerde TAW. Dat ging uit van TAW-verkenmerken die in de nabijheid van een tijmeetlocatie stonden, en zonder dat er hierbij NKD-verkenmerken aan te pas kwamen. Dit verschil omvat dan zowel het verschil tussen de lokale verkenmerken (zegge de lokale referentievlakken) van NKD en TAW, maar ook de eventuele fout van de peillat in NKD. Om van de vroegere NKD-waarden (waarnemingen van het getij) naar TAW-waarden om te gaan, dient dus zowel het lokale verschil tussen NKD- en TAW-verkenmerken toegepast te worden, alsook het verschil dat in 1980 en 1981 bij de TAW-waterpassing van elke NKD-peillat werd ingemeten.

4.1.1 Liefkenshoek

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Lillo, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt -9,8 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 15 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.2 Antwerpen

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van 'Kattendijk' (ter hoogte van Antwerpen), vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 0,0 cm. Er dient dus geen bijkomende correctie te worden uitgevoerd om tot een uniforme datareeks in NKD te komen. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 8 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.3 Schelle(-Hingene)

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Hingene, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt -8,1 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 9 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.4 Tielrode

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Tielrode, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt -10,7 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 9 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.5 Sint-Amands

De NKD-waarden (periode 1951-1970) dienen verminderd te worden met 8 cm (Claessens & Meyvis, 1994) om deze naar TAW om te zetten.

4.1.6 Dendermonde

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Dendermonde, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 6,7 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 10 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.7 Schoonaarde

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Schoonaarde, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 14,2 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 11 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.8 Uitbergen

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Uitbergen, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 20 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 9 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.9 Melle

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Melle, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 19,4 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 21 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.10 Waasmunsterbrug

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Waasmunsterbrug, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 8,5 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 9 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.1.11 Zele

De NKD-waarden (periode 1951-1970) dienen verminderd te worden met 10 cm (Claessens & Meyvis, 1994) om deze naar TAW om te zetten.

4.1.12 Walem

De door Codde & De Keyser (1954) opgegeven afwijking ter hoogte van Walem, vastgesteld bij controlenivelleringen uitgevoerd begin jaren 40, bedraagt 8,9 cm en werd toegepast op de data vanaf 1941. Om tot een uniforme datareeks in NKD te komen werd deze correctie ook toegepast op de data uit de periode 1901-1940. Vervolgens dienen alle NKD-waarden (periode 1901-1970) verminderd te worden met 6 cm (Claessens & Meyvis, 1994), om deze naar TAW om te zetten.

4.2 Resultaten

De jaarlijkse tijgegevens zijn per meetpost in tabelvorm terug te vinden op de bijgevoegde DVD.

4.2.1 Hoogwater

De ontwikkeling van de jaargemiddelde hoogwaters, zowel bij springtij, gemiddeld getij als doortij, worden gepresenteerd in Bijlage A.

4.2.2 Laagwater

De ontwikkeling van de jaargemiddelde laagwaters, zowel bij springtij, gemiddeld getij als doortij, worden gepresenteerd in Bijlage B.

4.2.3 Getijverschil

De ontwikkeling van het jaargemiddelde getijverschil, zowel bij springtij, gemiddeld getij als doortij, worden gepresenteerd in Bijlage C.

4.2.4 Duur van de stijging en daling

De ontwikkeling van de jaargemiddelde duur van de stijging en de daling wordt gepresenteerd in Bijlage D

4.2.5 Tijdsvertraging ten opzichte van Vlissingen

De ontwikkeling van de jaargemiddelde tijdsvertraging hoog- en laagwater ten opzichte van Vlissingen wordt gepresenteerd in Bijlage E.

5 Analyse van langjarige trends

5.1 Gevoeligheidsanalyse referentieperiode

Voor het bepalen van trends uit langjarig datareeksen dienen twee belangrijke aannames gedaan te worden:

1. Welke trend is aanwezig in de langjarige reeks
2. Over welke periode kan de trend bepaald worden.

Met betrekking tot de analyse van waterstanden, zijn er 2 belangrijke trends aanwezig veroorzaakt door volgende fenomenen: enerzijds de zeespiegelstijging en anderzijds de 18,6 jarige nodale cyclus. Deze laatste kan benaderd worden door een sinusoidale variatie met een periode van 18,6 jaar. Voor de zeespiegelstijging wordt de keuze gemaakt om een lineaire benadering aan te nemen, hoewel ook een 2^e graads benadering zou kunnen volgen. Hierbij is de vraag of de zeespiegelstijging over de beschouwde periode (ca. één eeuw) significant is gewijzigd of niet.

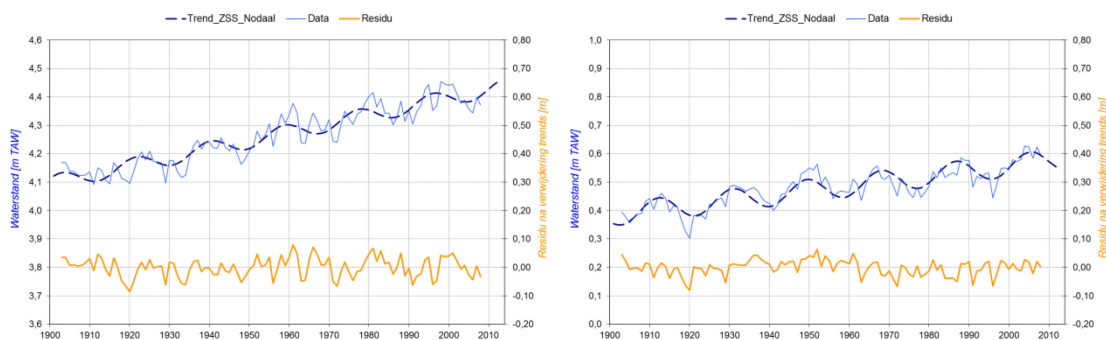
Daarnaast heeft ook de beschouwd referentieperiode waarop de trends bepaald worden een invloed. Om een beeld te krijgen van deze invloed, alsook om een keuze te maken om toe te passen op volgende analyse van langjarige trends, werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor 2 stations.

5.1.1 Methodologie

Om de invloed van de referentieperiode na te gaan, werd voor 2 stations (Vlissingen en Antwerpen) een gedetailleerde analyse uitgevoerd waarbij de verschillende parameters (λ , μ , φ) bepaald werden voor verschillende referentieperiodes. Hierbij werd het eindjaar constant gehouden op 2008, terwijl het aanvangsjaar gevarieerd werd. Ter illustratie: een abscis van 1980 betekent dat de periode 1980-2008 als referentieperiode werd beschouwd.

5.1.2 Vlissingen

Voor Vlissingen zijn voornamelijk bovenstaande fenomenen verantwoordelijk voor de belangrijkste variaties van de waterstanden. Hierdoor kan de trend zonder meer bepaald worden op de totale beschikbare datareeks. Figuur 3 geeft het voorbeeld van de trends voor het station Vlissingen.

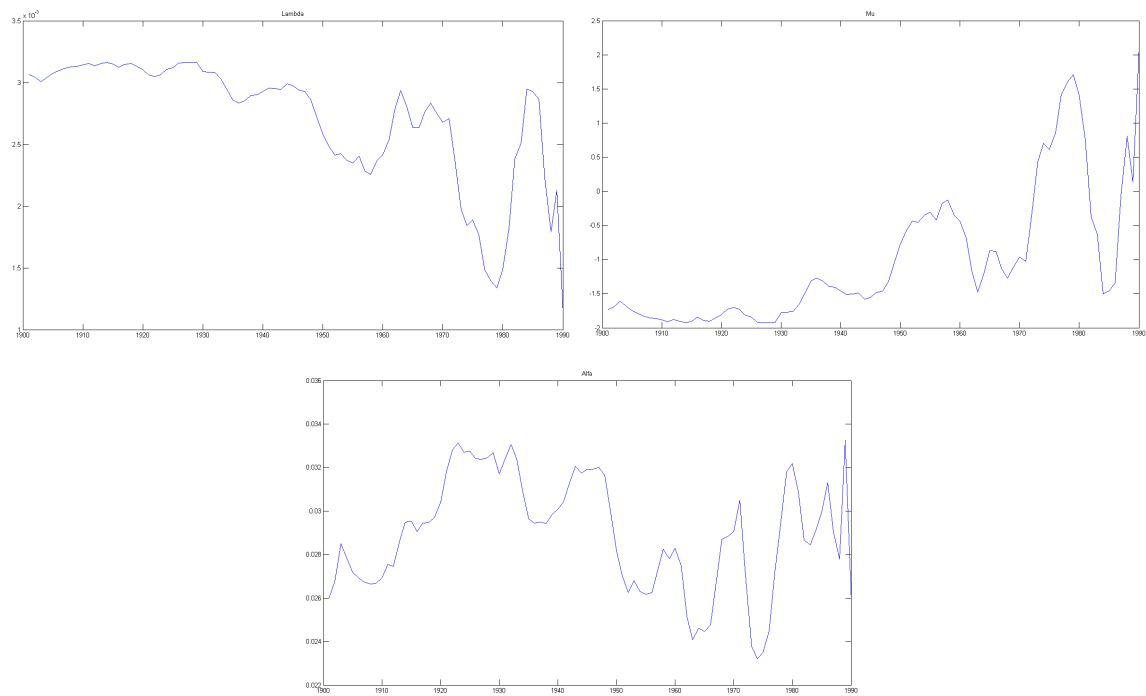


Figuur 3 – Benadering trends Vlissingen: hoogwater (links) en laagwater (rechts)

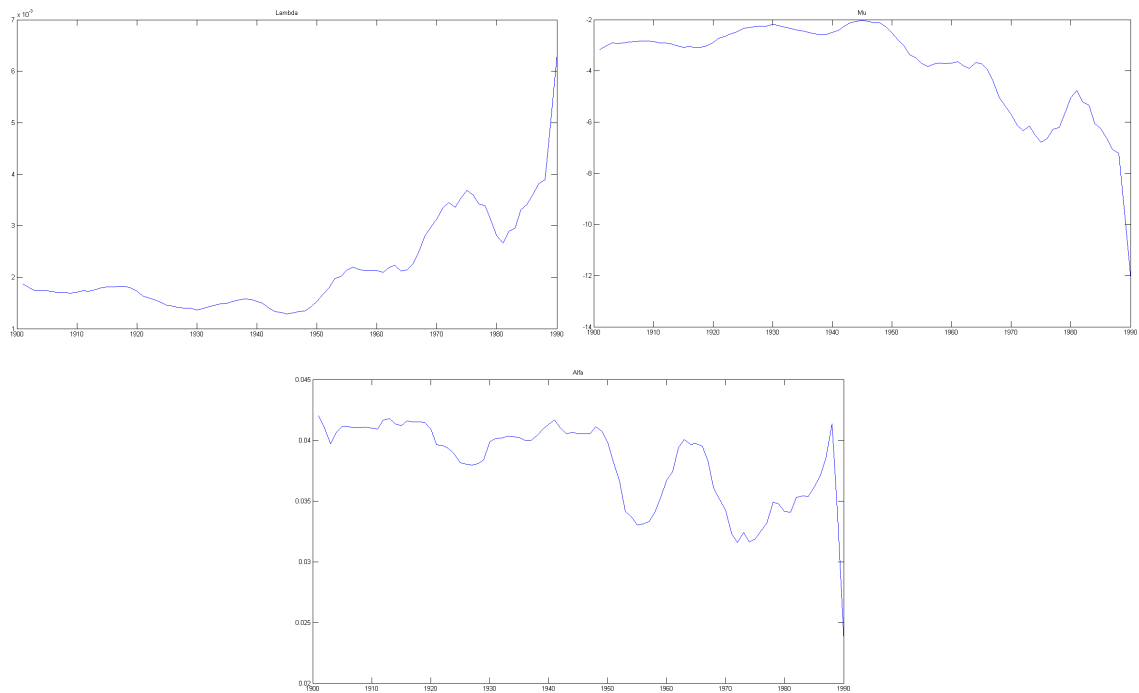
De invloed van de beschouwd referentieperiode werd voor Vlissingen nagegaan. Figuur 4 en Figuur 5 presenteren de parameters voor de verschillende referentieperiodes voor respectievelijk hoogwater en laagwater.

Voor het hoogwater varieert de helling van de zeespiegelstijging aanzienlijk wanneer de referentieperiode korter is dan ca. 60 jaar. Wanneer de referentieperiode aanvangt voor 1945 is zowel λ als μ vrijwel constant, waarbij de helling overeenkomt met 30 cm/100 jaar. De amplitude van de 18,6 jarige nodale cyclus vertoont een redelijk grillig verloop, waarbij de waarde varieert tussen 2,4 en 3,4 cm.

Voor het laagwater varieert de helling van de zeespiegelstijging aanzienlijk wanneer de referentieperiode korter is dan ca. 50 jaar. Wanneer de referentieperiode aanvangt voor 1965 is zowel λ als μ vrijwel constant, waarbij de helling overeenkomt met 20 cm/100 jaar. De amplitude van de 18,6 jarige nodale cyclus vertoont met name tijdens de laatste 50 jaar een grillig verloop, waarbij de waarde varieert tussen 3,2 en 4,2 cm.



Figuur 4 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – HW Vlissingen



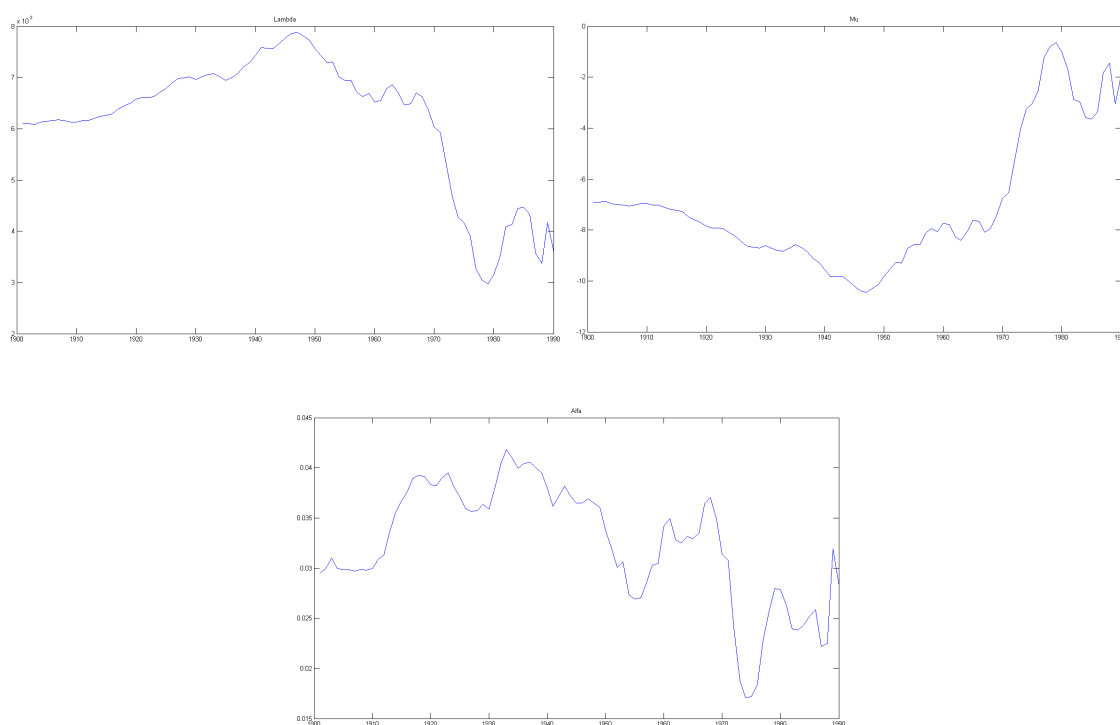
Figuur 5 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – LW Vlissingen

5.1.3 Antwerpen

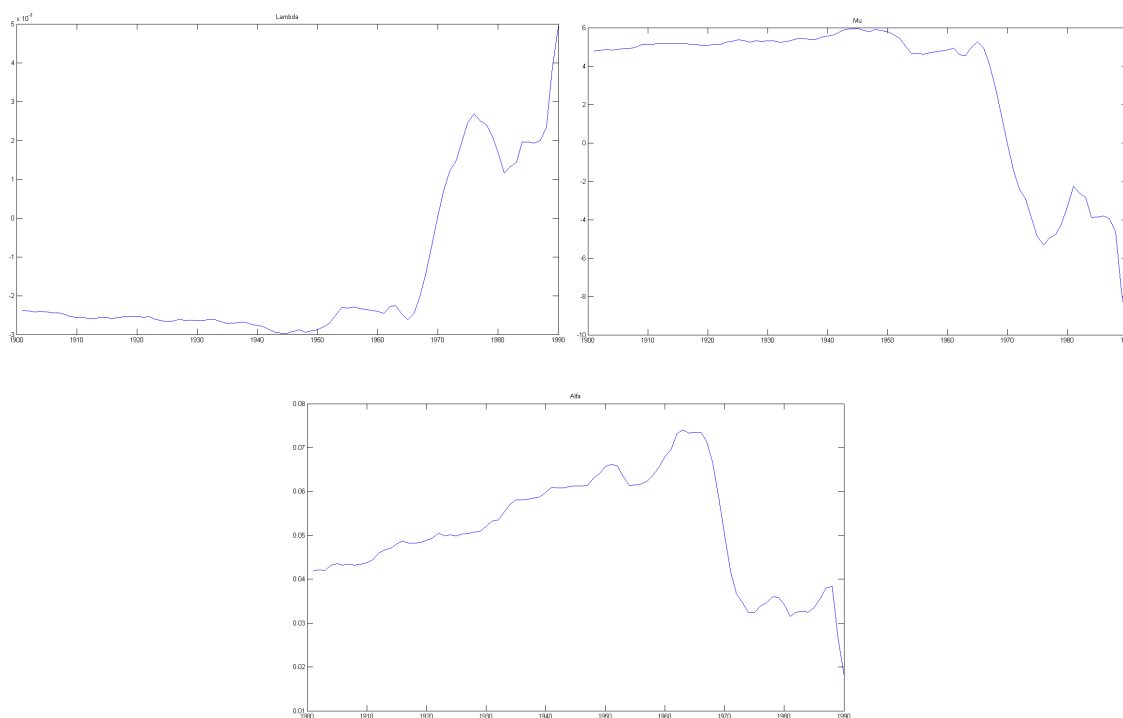
De invloed van de beschouwde referentieperiode werd voor Antwerpen nagegaan. Figuur 6 en Figuur 7 presenteren de parameters voor de verschillende referentieperiodes voor respectievelijk hoogwater en laagwater.

Voor het hoogwater vertoont de helling van de zeespiegelstijging een groot verschil voor een referentieperiode beginnend voor of na 1970. Voor 1970 varieert zowel λ als μ licht met een gemiddelde helling van 65 cm/100 jaar, terwijl dit voor een referentieperiode beginnend na 1970 eerder 35 cm/100 jaar is (halvering). De amplitude van de 18,6 jarige nodale cyclus vertoont een gelijkaardige variatie: bij een referentieperiode die aanvangt voor 1970 schommelt de amplitude rond 3,5 cm, na 1970 is dit eerder 2,5 cm.

Voor het laagwater zijn de vaststellingen gelijkaardig met deze voor hoogwater, zelfs nog meer uitgesproken. Voor 1970 varieert zowel λ als μ licht met een gemiddelde helling van -25 cm/100 jaar, terwijl dit voor een referentieperiode beginnend na 1970 +20 cm/100 jaar is (verschillende richting!). De amplitude van de 18,6 jarige nodale cyclus vertoont een variatie: bij een referentieperiode die aanvangt in het begin van de 20^e eeuw is de amplitude ca. 4 cm; deze neemt geleidelijk toe naarmate de referentieperiode korter wordt (1970 ~ 7 cm), om na 1970 terug te vallen naar ca. 3,5 cm.

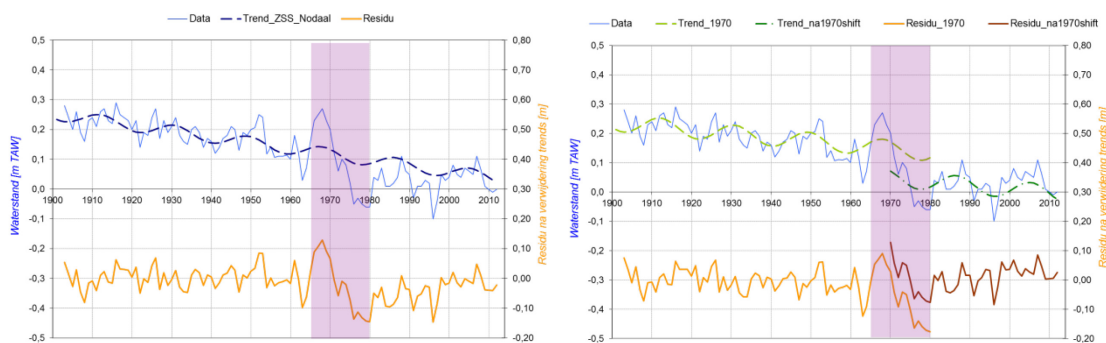


Figuur 6 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – hoogwater Antwerpen



Figuur 7 – Variatie λ , μ en α bepaald voor verschillende referentieperiodes tot 2008 – laagwater Antwerpen

Voor Antwerpen zijn er naast bovenvermelde fenomenen bijkomende factoren die een significante rol spelen. Deze factoren kunnen o.a. de invloed van de bovenafvoer of menselijke ingrepen met een effect op de getijvoortplanting zijn. Figuur 8 illustreert dit voor het laagwater te Antwerpen.



Figuur 8 – Benadering trends laagwater Antwerpen: periode 1901-2012 (links) en 1901-1970 (rechts)

Tussen 1965 en 1980 doet zich een verandering voor in het laagwater die significant afwijkt van de langjarige trend. Wanneer de trend bepaald wordt over de periode 1901-2012 (Figuur 8 - links) ontstaat er tussen 1965 en 1980 een verschil ten opzichte van de trend: in de eerste helft liggen de meetwaarden systematisch hoger dan de trend, in de tweede helft liggen de meetwaarden systematisch lager dan de trend. In de periode na 1980 neemt de afwijking tussen de trend en de meetwaarden geleidelijk af.

Wanneer de verandering in laagwater tussen 1965 en 1980 gerelateerd worden aan een andere factor, kan in plaats van over de volledige meetperiode, de trend bepaald worden over de periode 1901-1970 (Figuur 8 - rechts), vóór de sterke verandering. Vervolgens kan deze trend doorgetrokken worden na 1980, met het in acht nemen van een verandering (daling van 10 cm) van het laagwater in de periode. Met deze referentieperiode en de extrapolatie ervan na de periode van significante verandering, variëren de residuen steeds rond 0 cm.

5.1.4 Conclusie

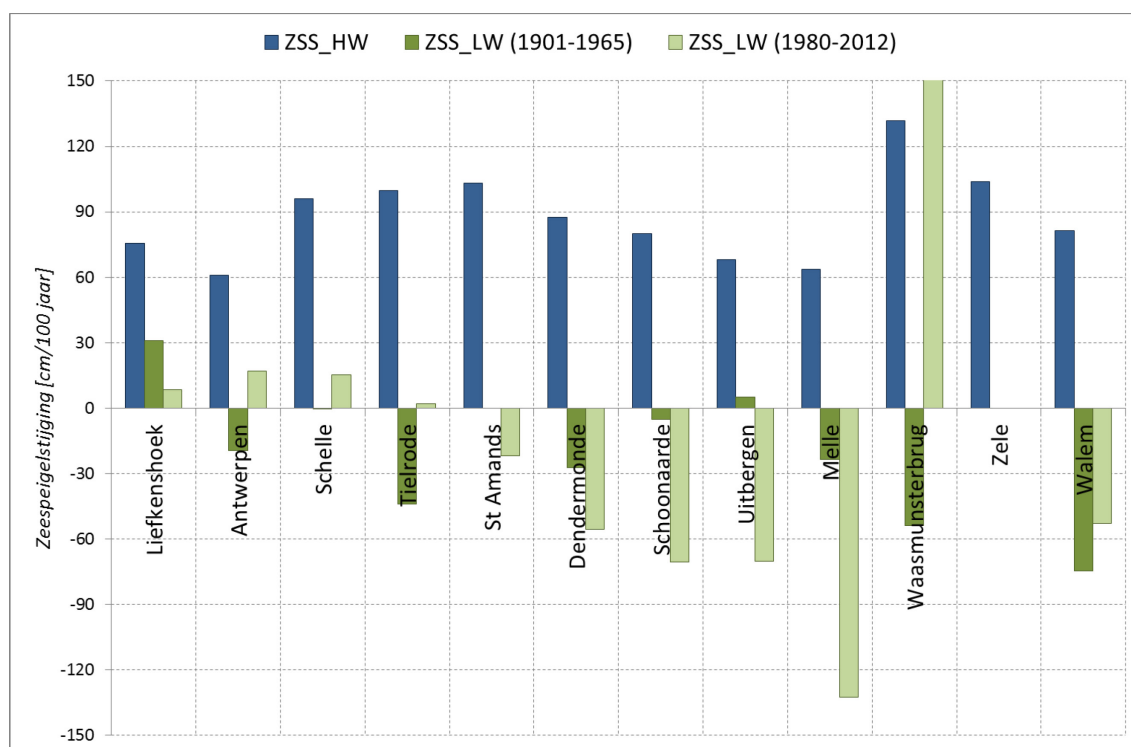
Voor het bepalen van de trends is het cruciaal de referentieperiode doordacht te kiezen. Significante veranderingen, niet te wijten aan de zeespiegelstijging of de 18,6 jarige nodale cyclus, worden niet mee in beschouwing genomen bij het bepalen van deze trends. Het bepalen van welke verandering al dan niet significant is (in relatie tot de langjarige trends), alsook welke veranderingen toegeschreven kunnen worden aan de beschouwde fenomenen, dient met de nodige voorzichtigheid en deskundigheid te gebeuren.

Binnen dit rapport wordt volgende methodologie toegepast:

- Hoogwater: de trends worden bepaald op de volledige referentieperiode 1901-2012
- Laagwater: de trends worden bepaald op 2 deelperiodes: enerzijds de periode 1901-1965 en anderzijds de periode 1980-2012; in de tussenliggende periode wordt een lineaire overgang aangenomen voor de verschillende parameters;

5.2 Zeespiegelstijging

Op basis van bovenvermelde methodologie werden de verschillende parameters (λ , μ , φ) voor elk waterstandsstation bepaald. Figuur 9 geeft de waarde van de helling van de lineaire trend voor de zeespiegelstijging weer, omgerekend naar cm/100 jaar.



Figuur 9 – Zeespiegelstijging op de verschillende waterstandsstation op basis van lineaire trend voor hoogwater (blauw) en laagwater (groen)

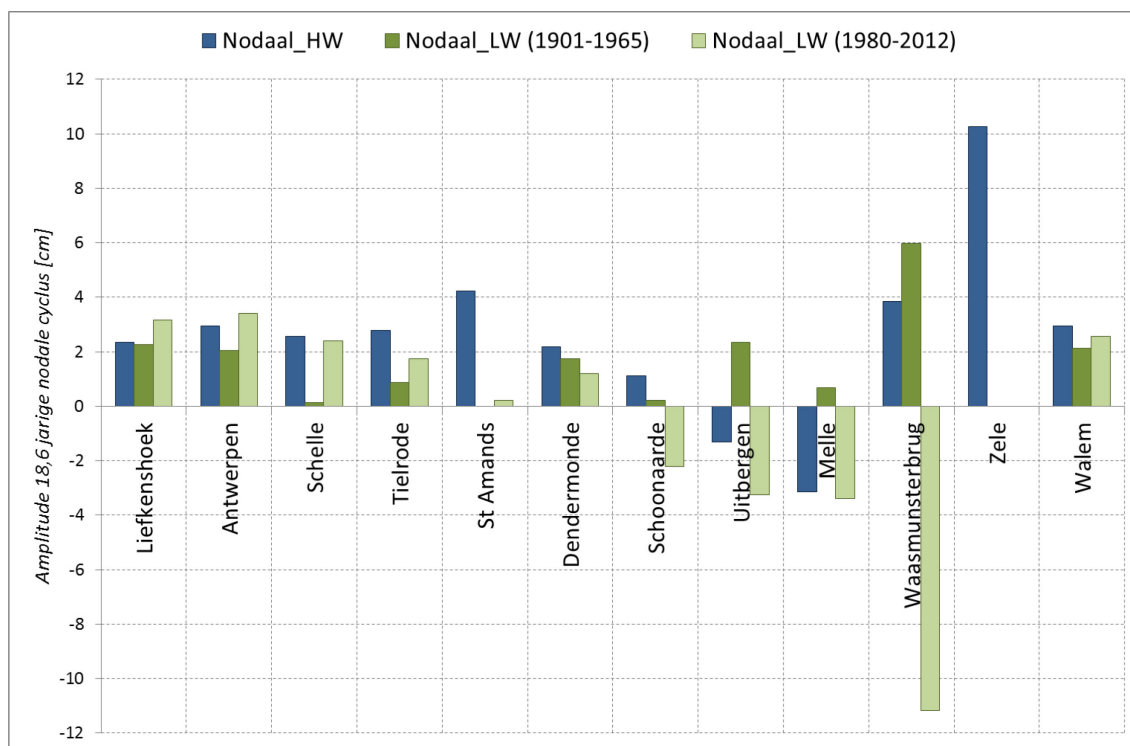
Voor de hoogwaters neemt de waarde geleidelijk toe van ca. 75 cm/100 jaar te Liefkenshoek tot ca. 100 cm/100 jaar te Sint-Amands, om vervolgens terug af te nemen tot ca. 60 cm/100 jaar te Melle. De stations op de Durme geven een hoge waarde, terwijl Walem (Rupel) ca. 80 cm/100 jaar geeft.

Voor de laagwaters vertonen de waarde sterke fluctuaties, zowel tussen de verschillende stations, als tussen de 2 beschouwde periodes. Waar in de Beneden Zeeschelde (tot Schelle) de laagwaters eerder toenemen (ca. 15 cm/100 jaar), is dit voor de Boven Zeeschelde omgekeerd (daling in de periode 1980-2008 tot 60 cm/100 jaar). Voor Walem wordt een daling van het laagwater vastgesteld in beide periode van ca. 60 cm/100 jaar. Voor de Durme is het laagwater zeer sterk gestegen in de laatste decennia.

Deze verandering (evenzeer zo, doch in minder mate ook zo voor hoogwaters op de Durme) is niet toe te schrijven aan de zeespiegelrijzing maar wel aan de afwisseling van uitbaggering en aanzanding van de Durme-bedding.

5.3 18,6 jarige nodale cyclus

Op basis van bovenvermelde methodologie werden de verschillende parameters (λ , μ , ϕ) voor elk waterstandsstation bepaald. Figuur 10 geeft de waarde van de amplitude van 18,6 jarige nodale cyclus.



Figuur 10 – Amplitude voor de 18,6 jarige nodale cyclus op de verschillende waterstandsstation op basis van sinusoidale trend voor hoogwater (blauw) en laagwater (groen)

Voor Liefkenshoek, Antwerpen, Schelle, Tielrode en Walem situeert de waarde van de amplitude van 18,6 jarige nodale cyclus zich zowel voor hoog- als laagwater rond 2 à 3 cm. Voor de opwaartse stations (vanaf Sint-Amands) is er een sterke variatie van de amplitude, met voor een aantal locaties negatieve waarden. Hoewel dit theoretisch niet zou kunnen, is dit te verklaren door een anti-fasering van de theoretische fase 18,6 jarige cyclus en de werkelijk opgetreden waarden. De verklaring voor deze anomalie is te vinden in het belang van het bovendebiet: opwaarts Dendermonde is de invloed van de bovendebieten voldoende groot om zich te laten voelen in de jaarlijks gemiddelde hoog- en laagwaters. Voor deze stations heeft de 18,6 jarige nodale cyclus weinig tot geen relevantie.

5.4 Residu na verwijdering zeespiegelstijging en nodale tijcomponent

Bijlage F geeft voor de verschillende stations de afgeleide trends, alsook het residu na het verwijderen van de trends.

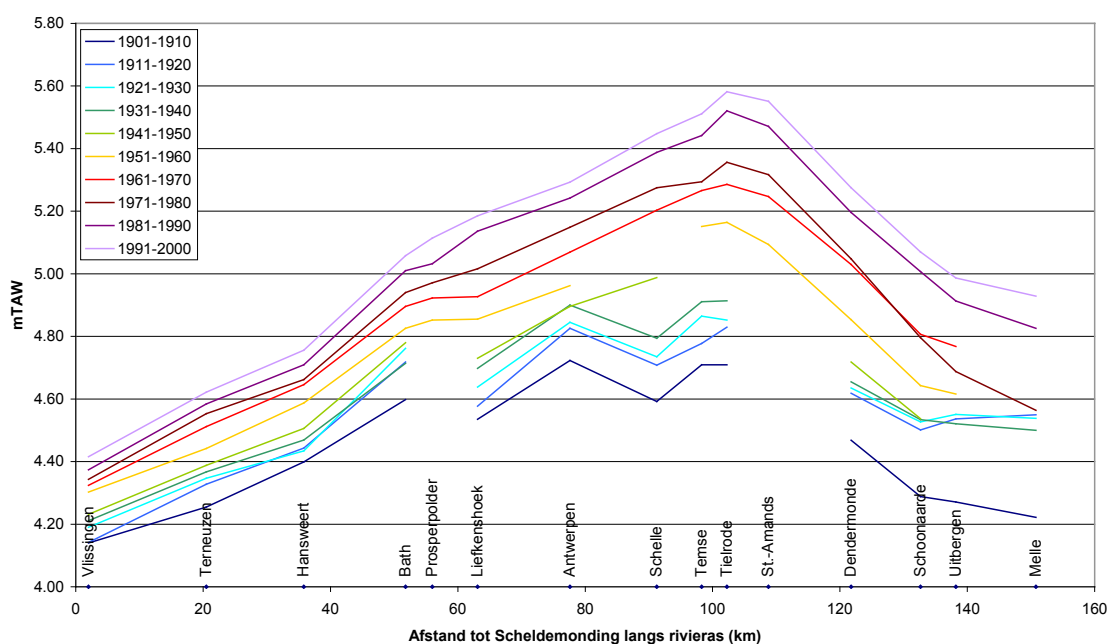
Voor een detailbespreking van de dubbel-decanale trends en de relatie tot menselijke ingrepen alsook natuurlijke evoluties wordt verwezen naar de INBO/WL-studie "Historische evolutie van Zeescheldehabitats - Kwantitatieve en kwalitatieve analyse van invloedsfactoren" (Van Braeckel *et al.*, 2012) uitgevoerd in opdracht van de afdeling Maritieme Toegang.

6 Overzicht 10-jaarlijkse evoluties

6.1 Hoogwater

Figuur 11 geeft een overzicht van de variatie in ruimte en tijd van het hoogwater. Het verloop van dit longitudinaal profiel is vergelijkbaar voor alle decennia: een geleidelijke stijging van Vlissingen tot Tielrode – Sint-Amands, gevolgd door een afname tot in Melle. Er kan opgemerkt worden dat, in tegenstelling tot het getijverschil, de locatie van het maximale hoogwater zich niet naar opwaarts verplaatst maar stabiel ligt ter hoogte van Tielrode – Sint-Amands. Wel is er een verhoging van de hoogwaters, die sterker is naar opwaarts toe: in de periode 1901-2000 namen de hoogwaters in Vlissingen, Antwerpen, Tielrode en Uitbergen met resp. 30, 60, 90 en 50 cm toe.

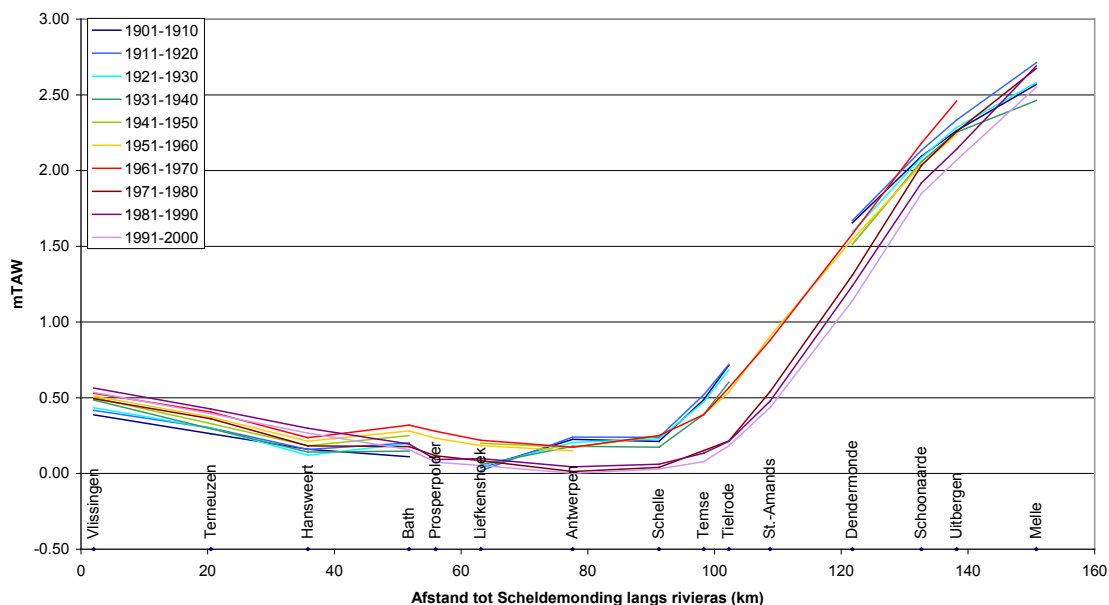
Daarnaast valt het op dat de hoogwaters in Uitbergen en Melle tussen 1911-1920 en 1931-1940 niet uniform stijgen in tijd, terwijl er tot 1940 een daling van de hoogwater optreedt tussen Antwerpen en Schelle. Vermoedelijk is dit te wijten aan het verticale referentievlak dat niet correct gehanteerd is in deze periode. Het feit dat Temse in overeenstemming is met Tielrode en Antwerpen na controle correct blijkt te zijn, wordt voorgesteld omzichtig om te gaan met de data voor Liefkenshoek en Schelle tussen 1901 en 1941.



Figuur 11 – Evolutie hoogwater per decennium

6.2 Laagwater

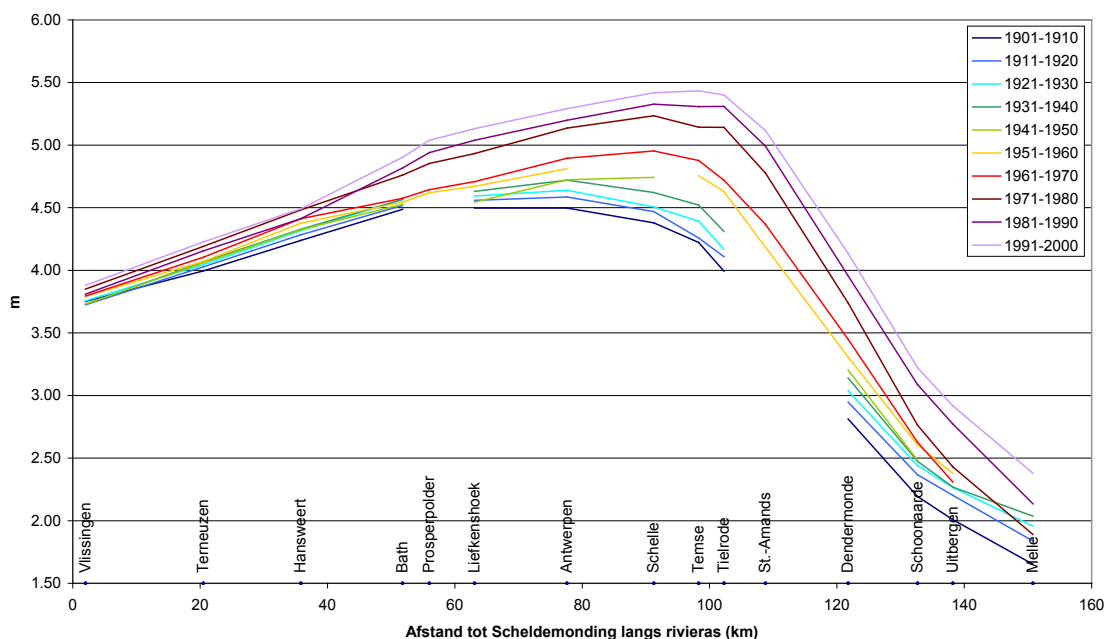
Figuur 12 geeft een overzicht van de variatie in ruimte en tijd van het laagwater. De laagwaters nemen tussen Vlissingen en Bath gestaag toe. In de periode '71-'80 kent het traject Bath-Schoonaarde een plotse afname van de laagwaters met een maximum van circa 30 cm ter hoogte van Sint-Amands. Nadien blijven de laagwaters hier eerder stabiel. Meer opwaarts nemen de laagwaters tussen '70 en '00 verder gradueel af om over ganse periode toch ook zo'n 20 cm te zakken.



Figuur 12 – Evolutie laagwater per decennium

6.3 Getijverschil

Figuur 13 geeft een overzicht van de variatie in ruimte en tijd van het getijverschil. De evolutie van de getijverschillen toont een duidelijke opwaartse beweging. Dit is dus niet ingegeven door het opwaarts migreren van de maximale hoogwaters maar is het gevolg van de relatief sterkere afname van de laagwaters naar opwaarts toe.



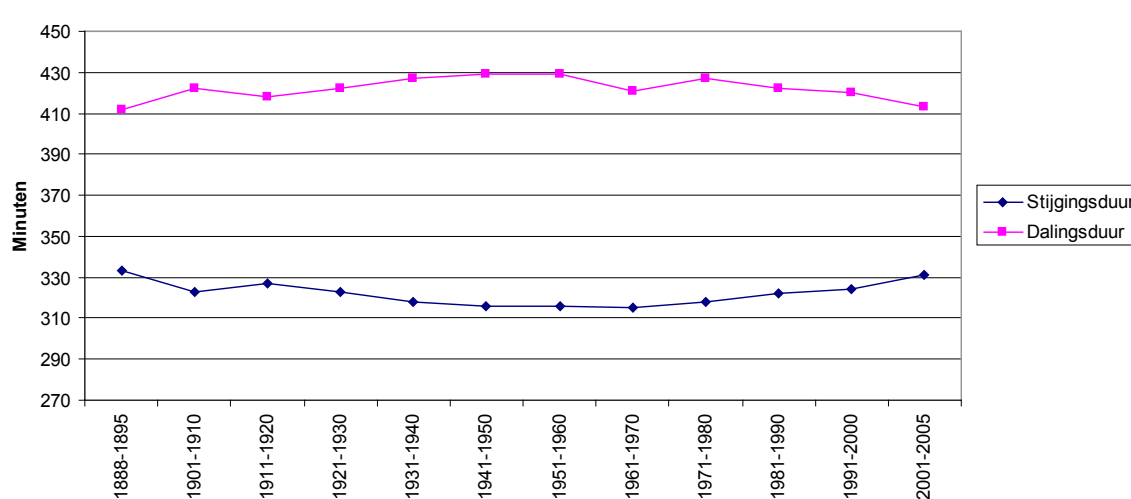
Figuur 13 – Evolutie tijverschil per decennium

6.4 Getijduur en tijdsvertraging

In volgende paragrafen volgt een kwalitatieve analyse van de stijgings- en dalingsduren alsook tijdsvertragingen van het hoog- en laagwater ten opzichte van Vlissingen voor enkele tijdstippen.

6.4.1 Duur stijging en daling

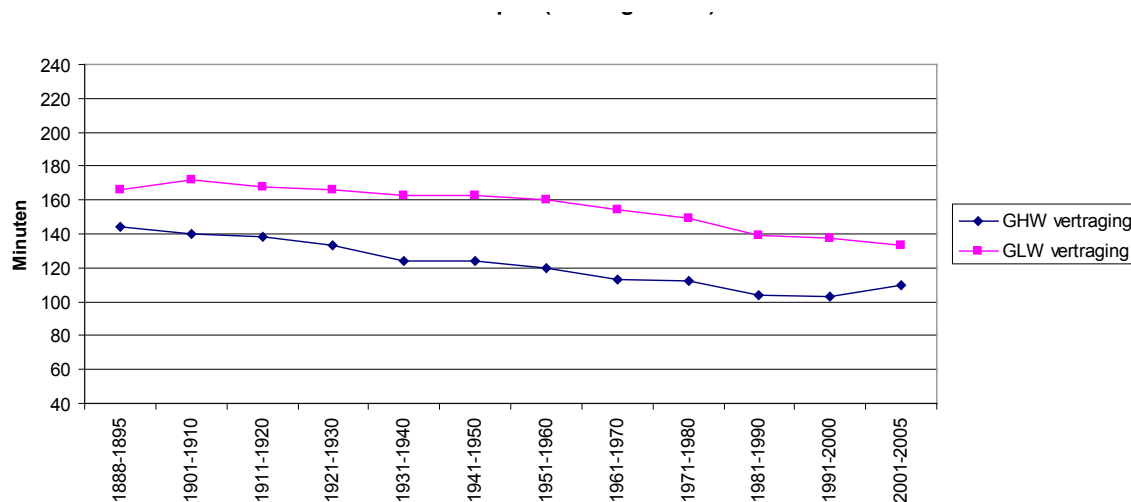
Voor Antwerpen zijn (decennium-gemiddelde) stijgings- en dalingsduren voorhanden vanaf 1888 (Figuur 14). Vooreerst valt de ongelijkheid op tussen beiden, resp. ca. 5u20 (320 minuten) en 7u00 (420 minuten). De stijgingsduur neemt in eerste instantie af tot midden 20^e eeuw om nadien tot heden terug toe te nemen. De dalingsduren evolueerden net omgekeerd. Wat in feite vooral opvalt, is de eerder beperkte variatie in de stijgings- en dalingsduren, vooral tussen '20 en '80.



Figuur 14 – Evolutie van de decennium-gemiddelde duur van de stijging en daling in Antwerpen

6.4.2 Tijdsvertraging hoog- en laagwater

De vertragingen van hoog- en laagwater Antwerpen ten opzichte van Vlissingen nemen in dezelfde periode sterk af, resp. van 2u25 (145 minuten) naar 1u50 (110 minuten) en van 2u45 (165 minuten) naar 2u15 (135 minuten). In de laatste 2 decennia van de 20^e eeuw lijken de afnemende trends enigszins te vertragen (bij laagwater) of zelfs om te buigen in een stijging (bij hoogwater) (Figuur 15).



Figuur 15 – Evolutie van de decennium-gemiddelde vertraging van Antwerpen t.o.v. Vlissingen

7 Conclusies

7.1 Langjarige evolutie van het getij in het Zeescheldebekken

De locatie in het estuarium waar het hoogwater maximaal is, is gedurende de laatste eeuw quasi niet gewijzigd. De hoogwaterstanden zijn zelf toegenomen in de laatste eeuw, waarbij de toename van de hoogwaterstanden van af- naar opwaarts steeds sneller verloopt. Daarnaast is de toename van de jaargemiddelde hoogwaterstanden sinds het begin van 20^e eeuw in eerste instantie sneller en sneller om de laatste jaren enigszins af te remmen. Taverniers & Mostaert (2009) wees reeds op deze evolutie. Een (eenvoudige) 2^e graadsvergelijking lijkt het waargenomen verloop alvast niet meer behoorlijk te beschrijven.

Waar de laagwaterstanden in de Westerschelde over heel de periode toenemen, gebeurt dit niet in de Zeeschelde. In de zone tussen de grens en de monding van de Rupel, vertoont het jaargemiddelde laagwater een zeer licht stijgende tot zeer licht dalend trend. Opwaarts van de monding van de Rupel vertonen de meeste stations een dalende trend, zowel op de Boven-Zeeschelde als op de Rupel. In de meeste opwaartse stations (opwaarts Dendermonde) vertonen de trends van de laagwaters soms abrupte sprongen, wat hier het belang van de bovenafvoer aangeeft. Op de Durme is er dan weer een sterke stijging waar te nemen in de periode 1950-1970, die zich medio jaren '80 voortzet. In de jaren '70 is er in de meeste stations een plotse daling van de laagwaterstanden waar te nemen.

De jaargemiddelde tijverschillen vertonen voor de meeste stations in de Zeeschelde in de eerste helft van de 20^e eeuw een geleidelijke toename. Deze evolutie verandert in de jaren '80 waarbij er een stagnatie (afwaarts Sint-Amands) of minder sterke toename (opwaartse gedeelte) optreedt van jaargemiddelde tijverschillen. De evolutie van de jaargemiddelde tijverschillen wordt vooral bepaald door de evolutie van de jaargemiddelde laagwaterstanden.

De jaargemiddelde tijkarakteristieken vertonen naast langjarige wijzigingen ook eerder bruuske soms kortstondige overgangen. Beide trends kunnen zich op globale of lokale schaal manifesteren.

- Naast versnellende en vertragende langjarige trends kunnen haast overal tussen 1960 en 1980 ook enkele bruuske overgangen geïdentificeerd worden
- Voor wat betreft de jaargemiddelde hoogwaterstanden kunnen tussen 1955 en 1965 en tussen 1975 en 1985 enkele momenten met globale en/of meer lokale wijzigingen geïdentificeerd worden.
- Voor wat betreft de jaargemiddelde laagwaterstanden kunnen tussen 1965 en 1980 enkele momenten met globale en/of meer lokale wijzigingen geïdentificeerd worden.

De trends van de jaren '70 worden uitvergroot door het nodale getij. De nodale tijcomponent heeft een verhullende werking op de effecten van de Sigmawerken en versterkt de vertragingen van de laatste jaren. Meer opwaarts in het estuarium wordt het effect van het nodale getij overtroefd door de jaarlijkse variatie van het bovenafvoer.

7.2 Mogelijke oorzaken en aandachtspunten

Voor en na WOII

Oorlogstijd is zeker niet bevorderlijk voor het operationeel houden van een meetnet. De verschillen in de ligging van de nulpunten die aan het licht kwamen bij controlenivelleringen begin jaren '40 (Codde & De Keyser, 1954), doen alvast Taverniers & Theuns (1975) besluiten dat het toepassen van de vastgestelde afwijkingen op de getijdata vóór 1941 een gevaarlijke zaak is.

1955 als eerste jaar van trendbreuk

Taverniers & Mostaert (2009) vermeldt het jaar 1955 als een eerste jaar van trendbreuk. De storm van '53 en de wijzigingen in de Westerschelde ter hoogte van Gat van Ossenissee-Overloop Hansweert zijn hier niet vreemd aan.

Men heeft niet stilgezeten tussen 1970 en 1980

Tussen 1970 en 1980 vond een diverse grootschalige werkzaamheden plaats in het Schelde-estuarium. De in dezelfde periode waargenomen tijvariaties doen ons vermoeden dat de uitgevoerde menselijke ingrepen (met het onttrekken van aanzienlijke hoeveelheden sediment in het bijzonder) hun effect op de getij-indringing niet hebben gemist. De veelheid aan ingrepen maakt het verkrijgen van inzicht in mogelijke ingreep/effect-relaties er echter niet eenvoudig op.

Wat brengt de 21e eeuw?

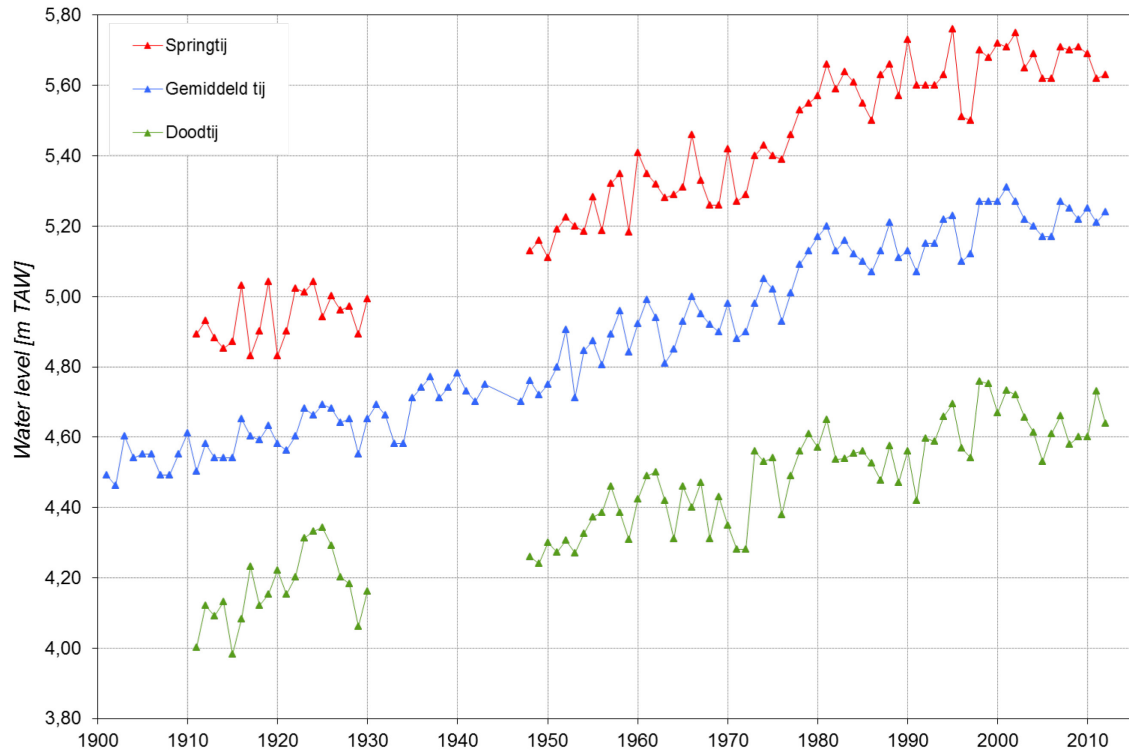
Dat de eerste jaren van de 21^e eeuw niet in lijn zitten met de prognoses voor de zeespiegelstijging mogen geen voer voor klimaatsceptici zijn. Net als de voorgaande jaren bevinden we ons de komende jaren in een baisse van de 18,6 jarige cyclus met een schijnbaar vertraagde toename van de jaargemiddelde hoog- en laagwaters tot gevolg.

8 Referentielijst

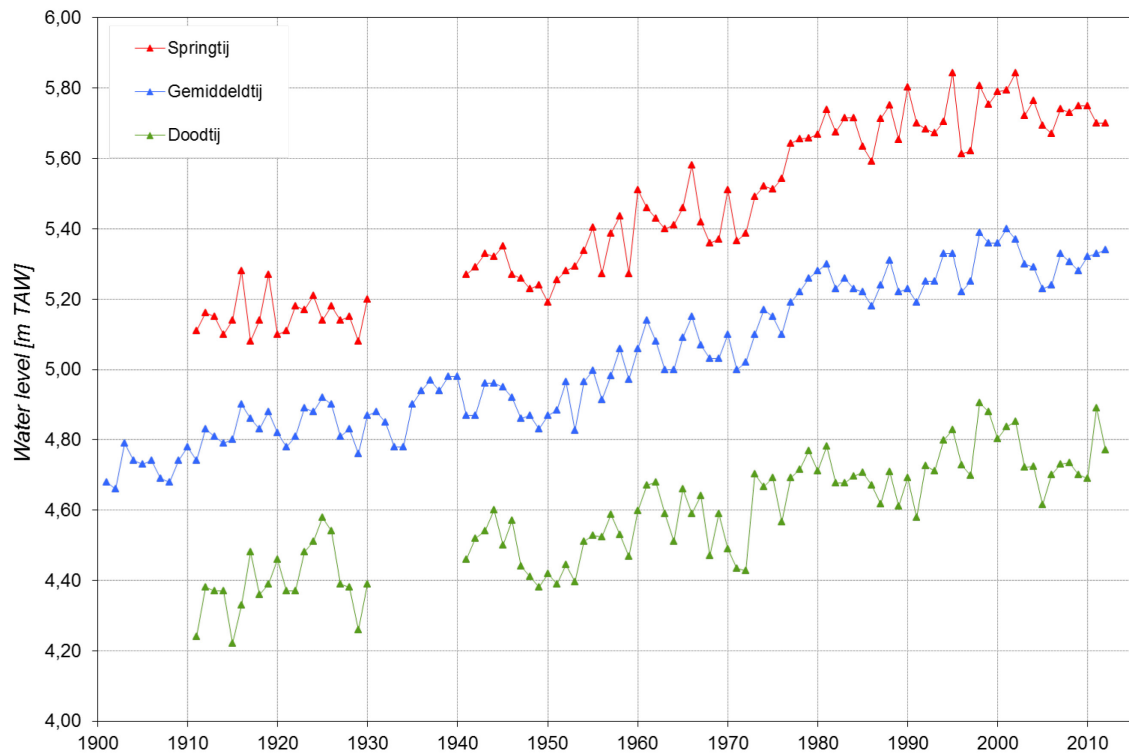
- Belmans, H & Claessens, J. (1984). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1971-1980.
- Blockmans, J. (1927). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1911-1920.
- Blockmans, J. (1934). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1921-1930.
- Codde, R. & De Keyser, L. (1954). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1941-1950.
- Codde, R. & De Keyser, L. (1963). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1951-1960.
- Meyvis, L. & Claessens, J. (1994). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1981-1990. Antwerpse Zeehavendiensten, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.
- Meyvis, L. (1977). Indijkingen en waterbouwkundige werken langs de Westerschelde en de Zeeschelde – Deel I & II. Ministerie van Openbare Werken, Bestuur der Waterwegen, Antwerpse Zeediensten.
- Taverniers, E. & Mostaert, F. (2009). MONEOS – Jaarboek monitoring WL 2008: Overzicht monitoring hydrodynamiek en fysische parameters zoals door WL in 2008 in het Zeescheldebekken gemeten. Waterbouwkundig Laboratorium Borgerhout..
- Taverniers, E. & Theuns, J. (1975). Evolutie van het getij in de Westerschelde – Periode 1941 – 1974. Antwerpse Zeediensten.
- Taverniers, E. (1975). Nota over de vergelijkingsvlakken. Antwerpse Zeediensten.
- Taverniers, E. (1998). Evolutie van het getij in het Zeescheldebekken. 4^e Schelde Symposium. Water nr. 102.
- Taverniers, E. & Mostaert, F. (2009). Overzicht van de tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken gedurende het decennium 1991-2000: T.O. Tijwaarnemingen Zeescheldebekken 1991-2000. Versie 2_0. WL Rapporten, 833_01. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België.
- Theuns, J. & Coen, I. (1972/1973). Overzicht van de tijmetingen in het Zeescheldebekken gedurende het tijdperk 1961-1970.
- Van Brabandt, L. (1912). Recueil Décenal de Tableaux Récapitulatifs des Observations de Marées faites pendant la périodes 1901-1910.
- Van Braeckel, A. Piesschaert, F. & Van den Bergh, E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19^e eeuw tot heden. INBO.R.2006.29. Instituut voor natuur- en Bosonderzoek.
- Van Braeckel, A.; Coen, L.; Peeters, P.; Plancke, Y.; Mikkelsen, J.; Van den Bergh, E. (2012). Historische evolutie van Zeescheldehabitats: kwantitatieve en kwalitatieve analyse van invloedsfactoren. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, 2012(59). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek/Waterbouwkundig Laboratorium: Brussel. 111 + bijlagen pp.
- Vekemans, R. (1946). Tienjarig overzicht 1931-1940 der tijwaarnemingen in het Zeescheldebekken.
- Witteveen+BOS (2009). Getijanalyse Westerschelde.

Bijlage A

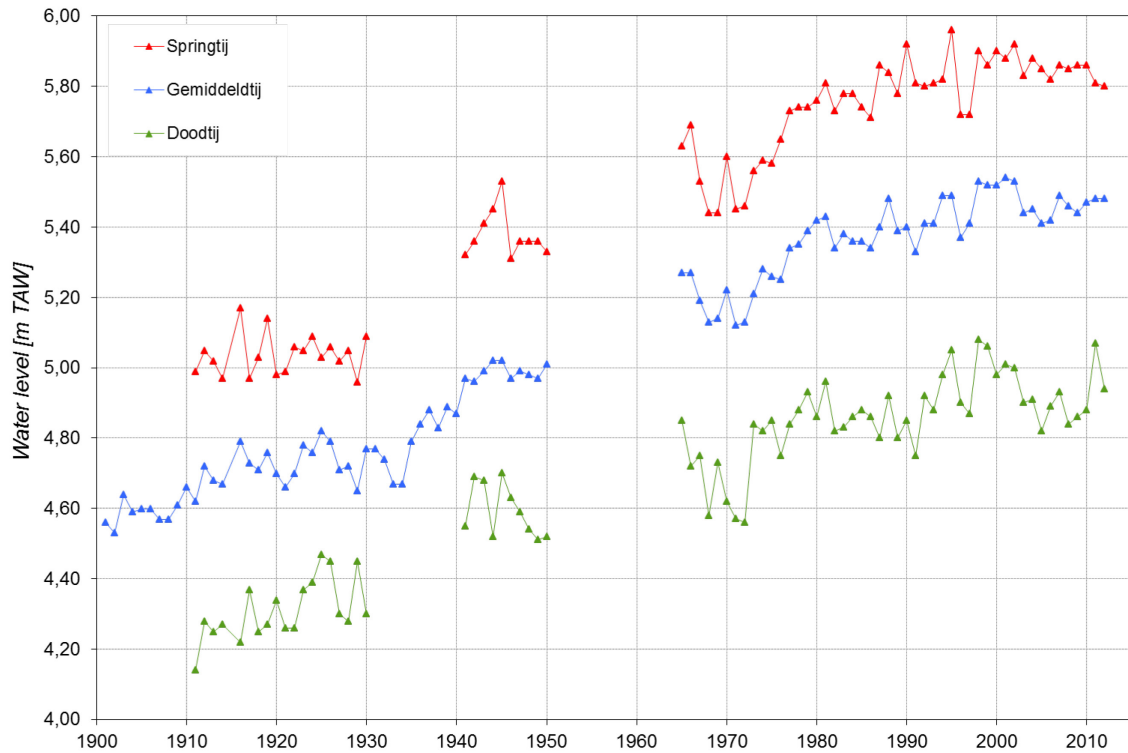
Ontwikkeling van de hoogwaterstanden in het Zeescheldebekken



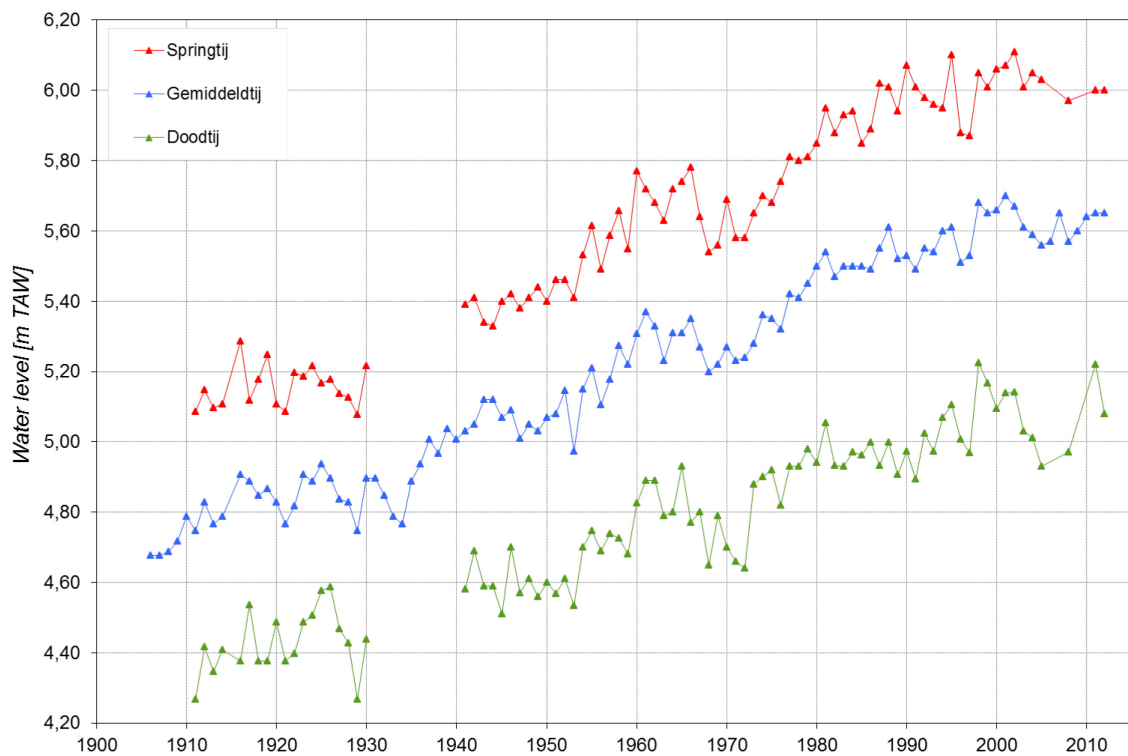
Figuur A-1 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Liefkenshoek



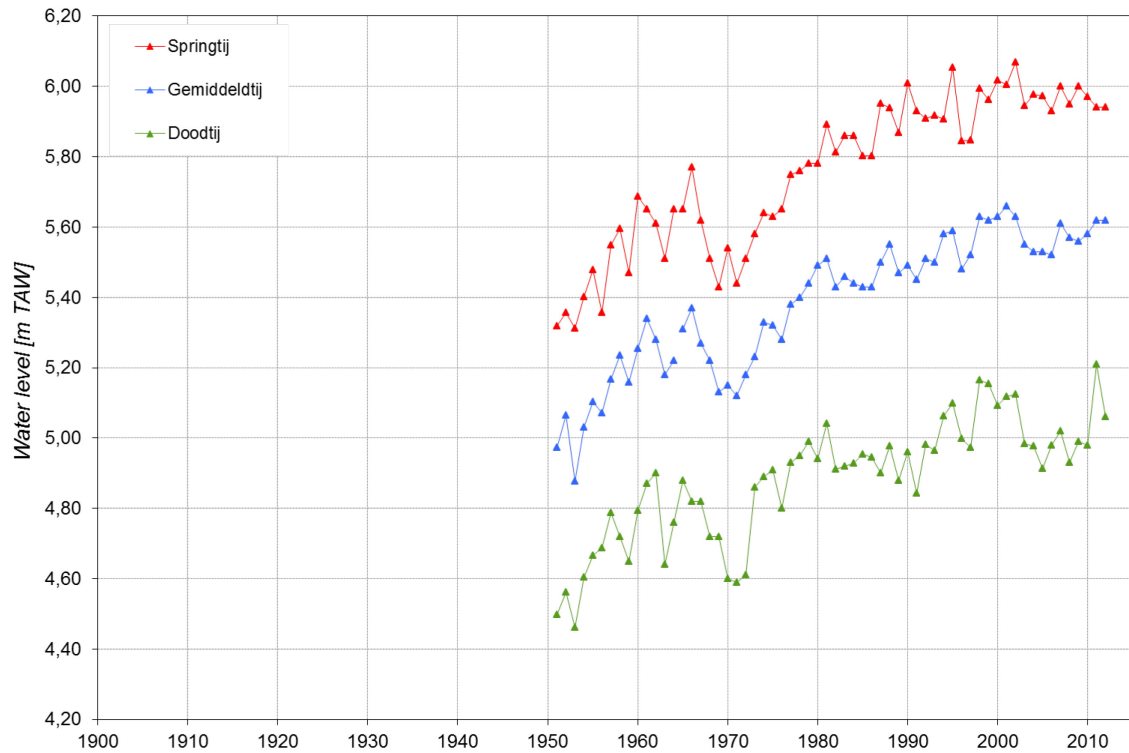
Figuur A-2 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Antwerpen



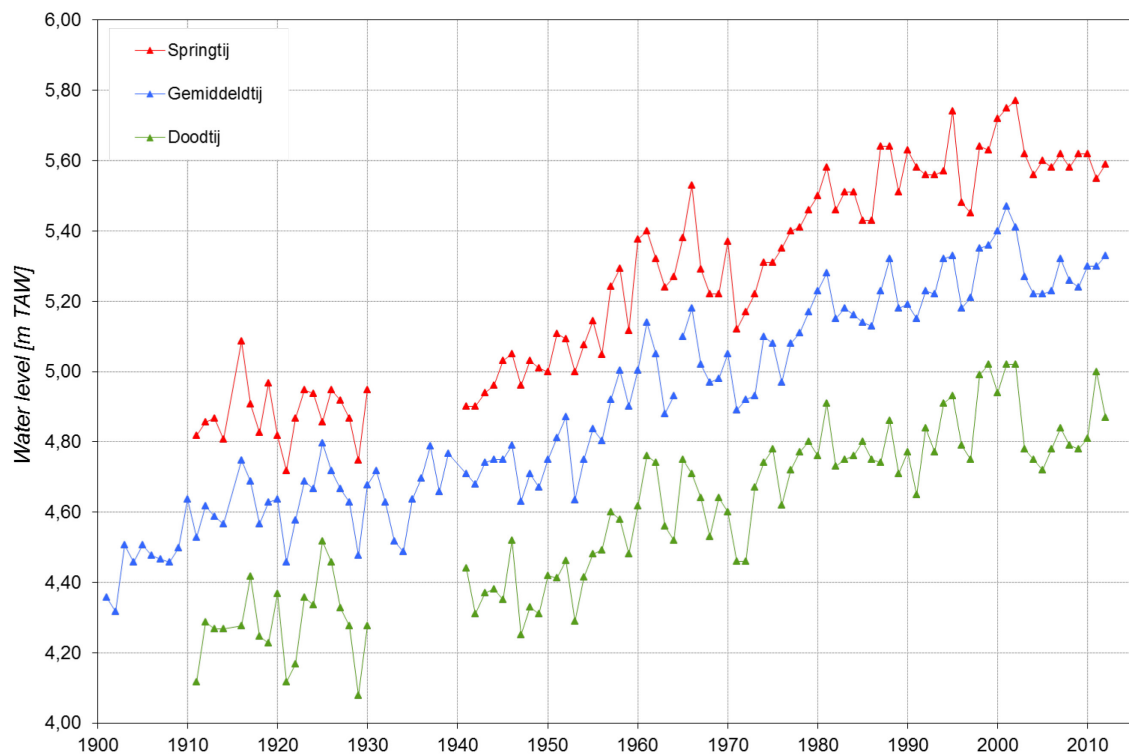
Figuur A-3 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schelle



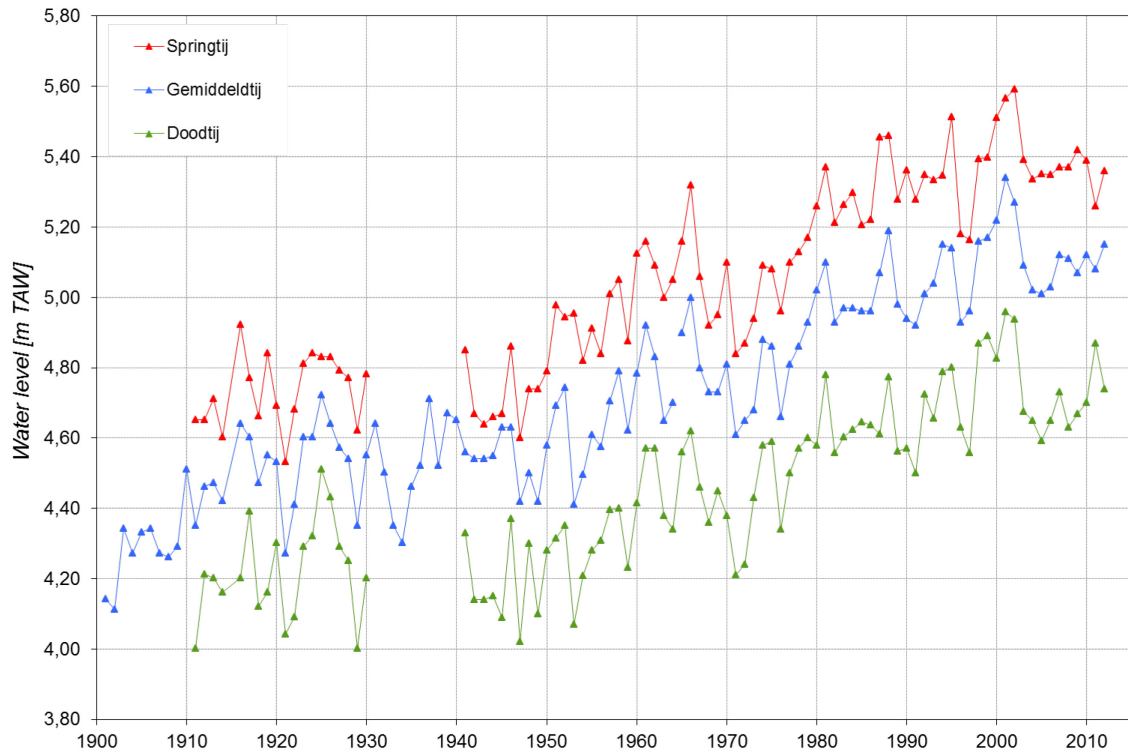
Figuur A-4 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Tielrode



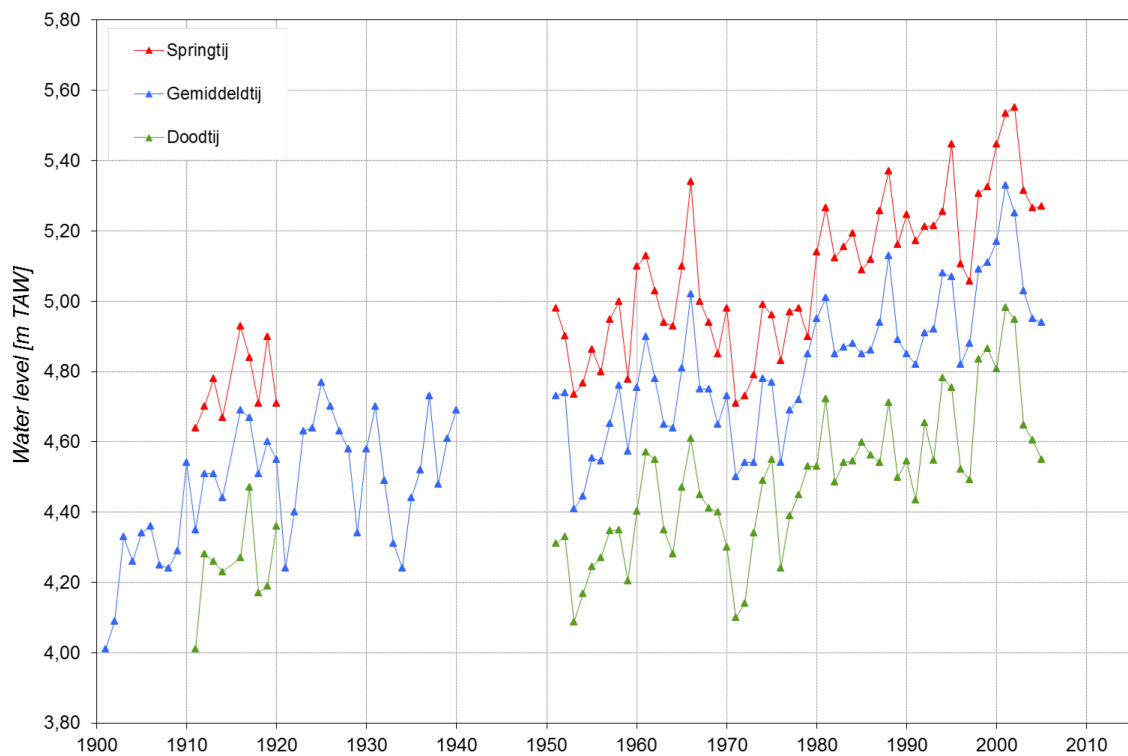
Figuur A-5 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Sint-Amands



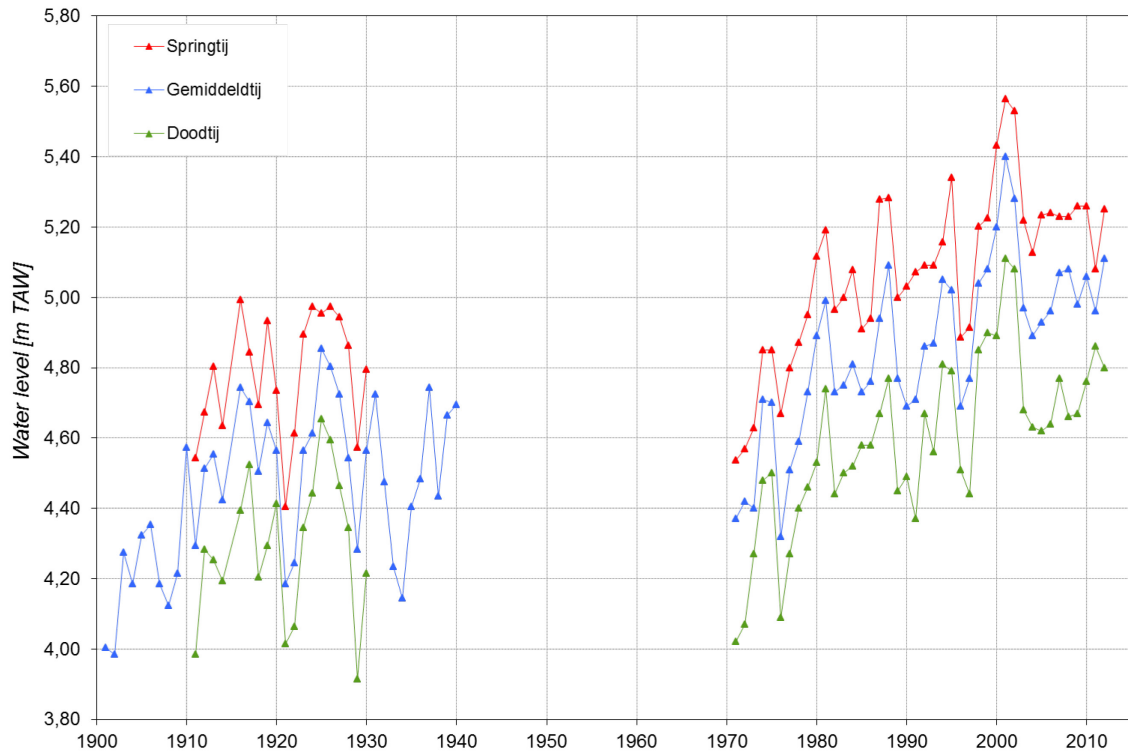
Figuur A-6 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Dendermonde



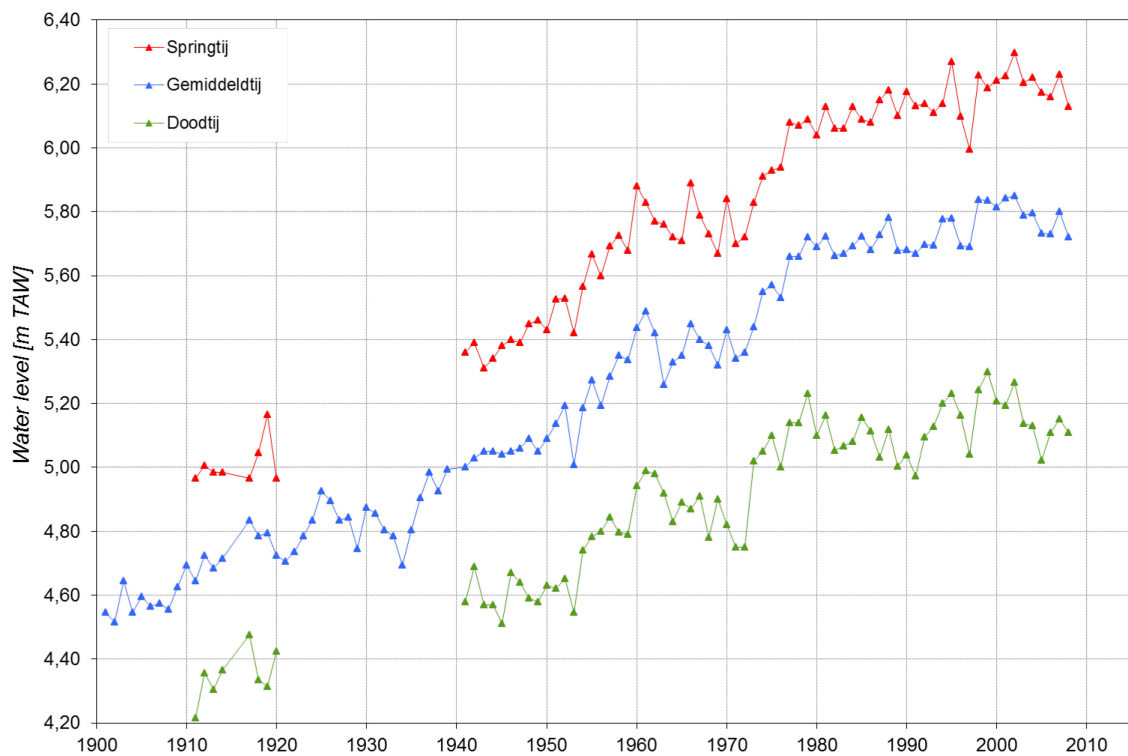
Figuur A-7 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Schoonaarde



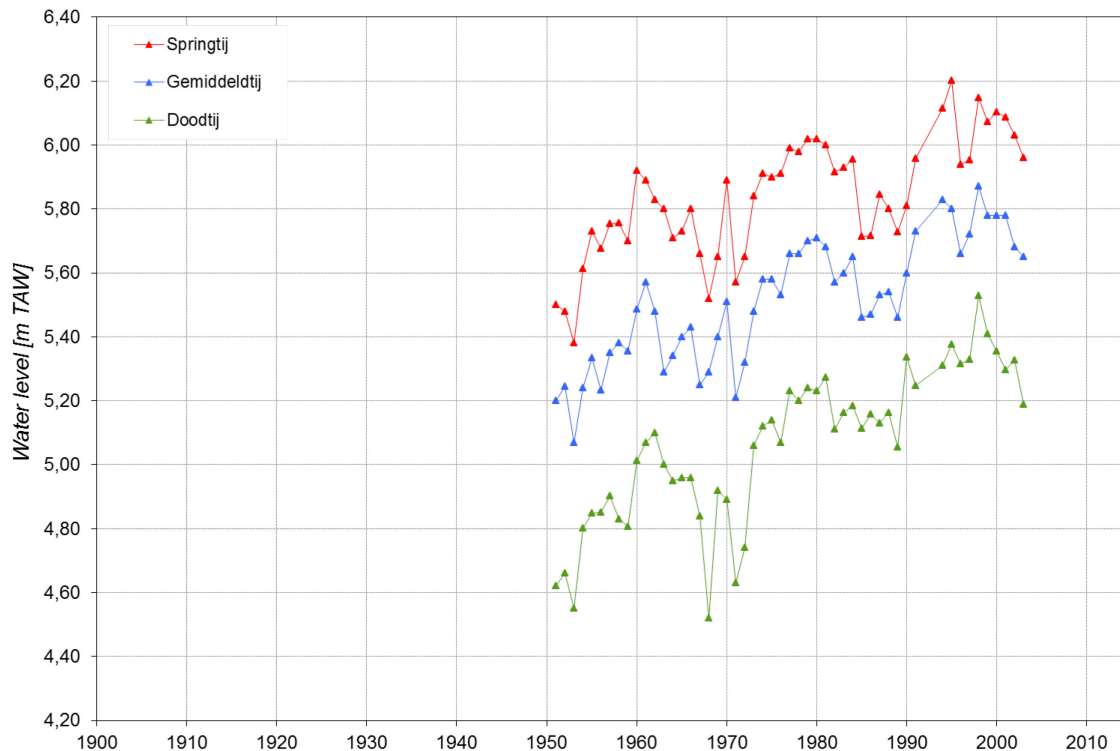
Figuur A-8 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Uitbergen



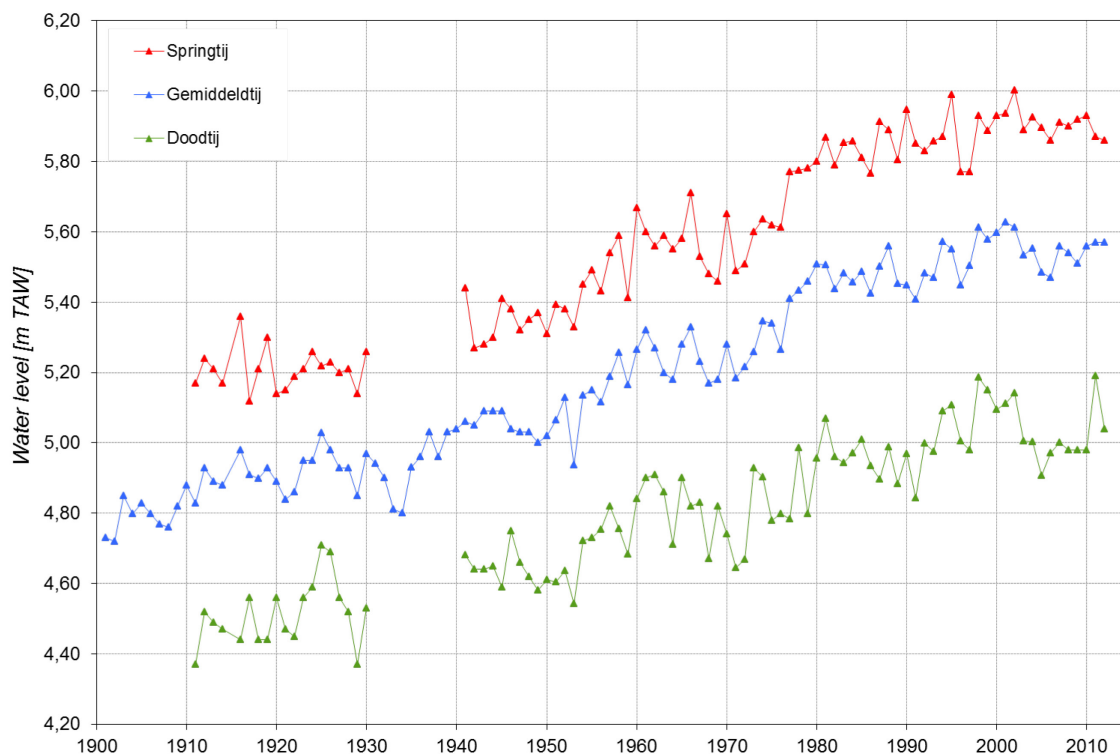
Figuur A-9 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Melle



Figuur A-10 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Waasmunsterbrug



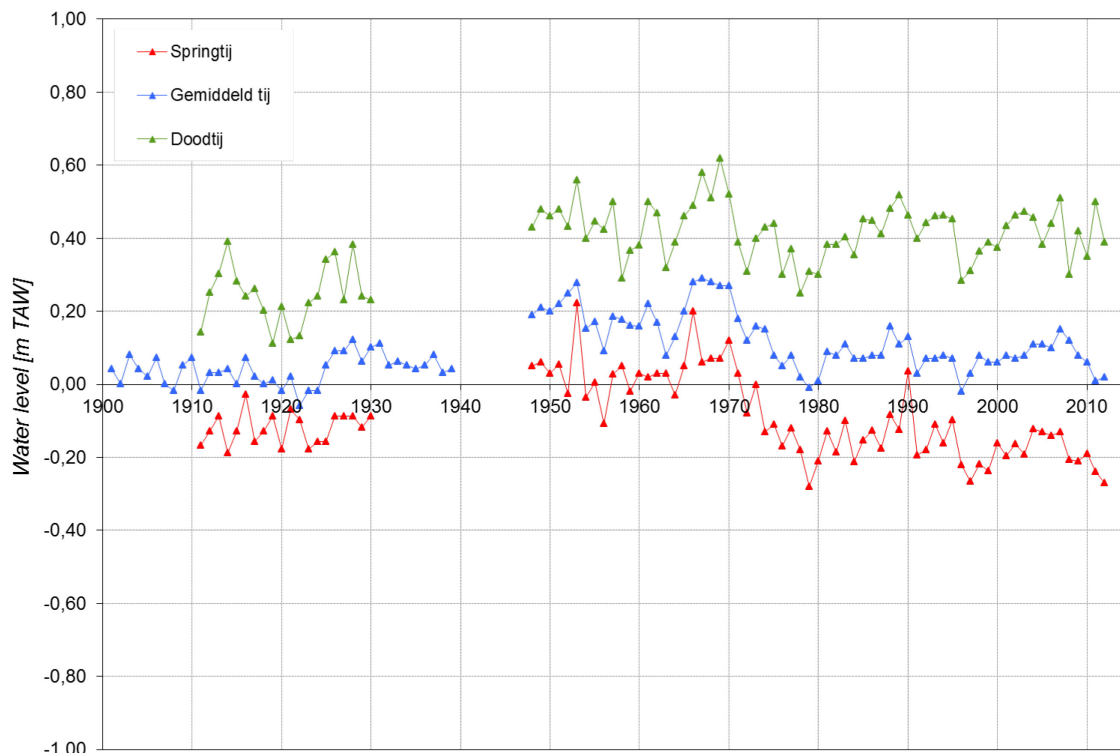
Figuur A-11 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Zele



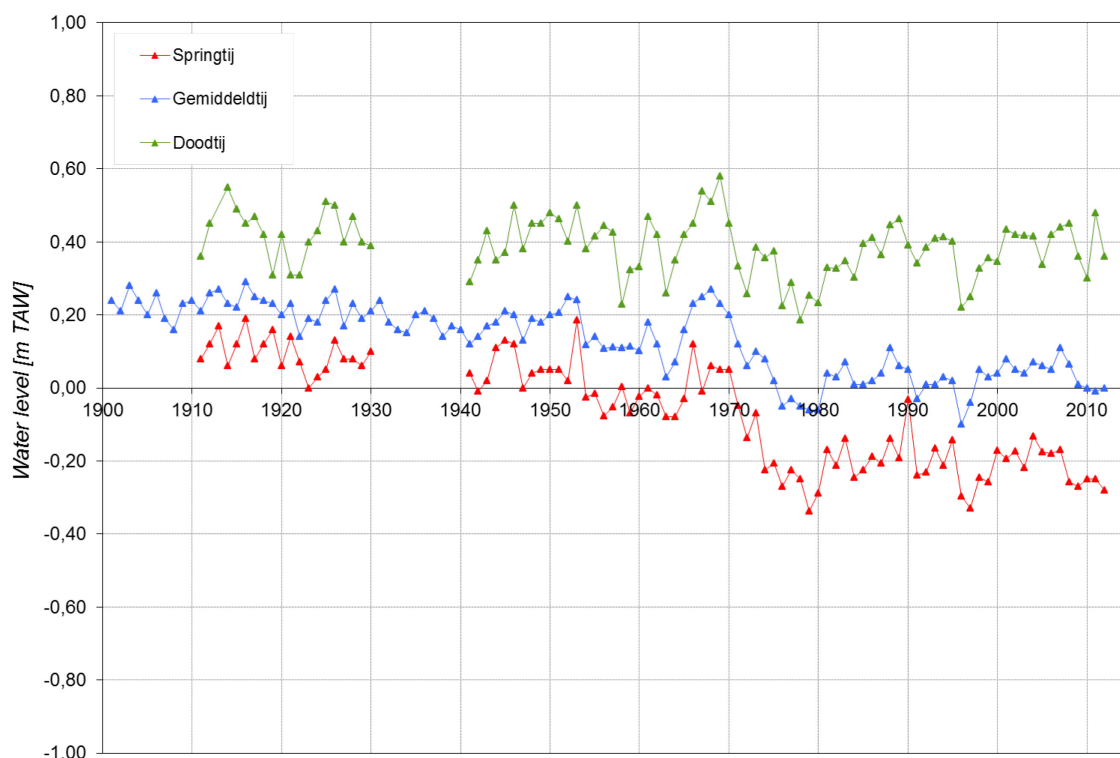
Figuur A-12 – Langjarige evolutie van het hoogwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Walem

Bijlage B

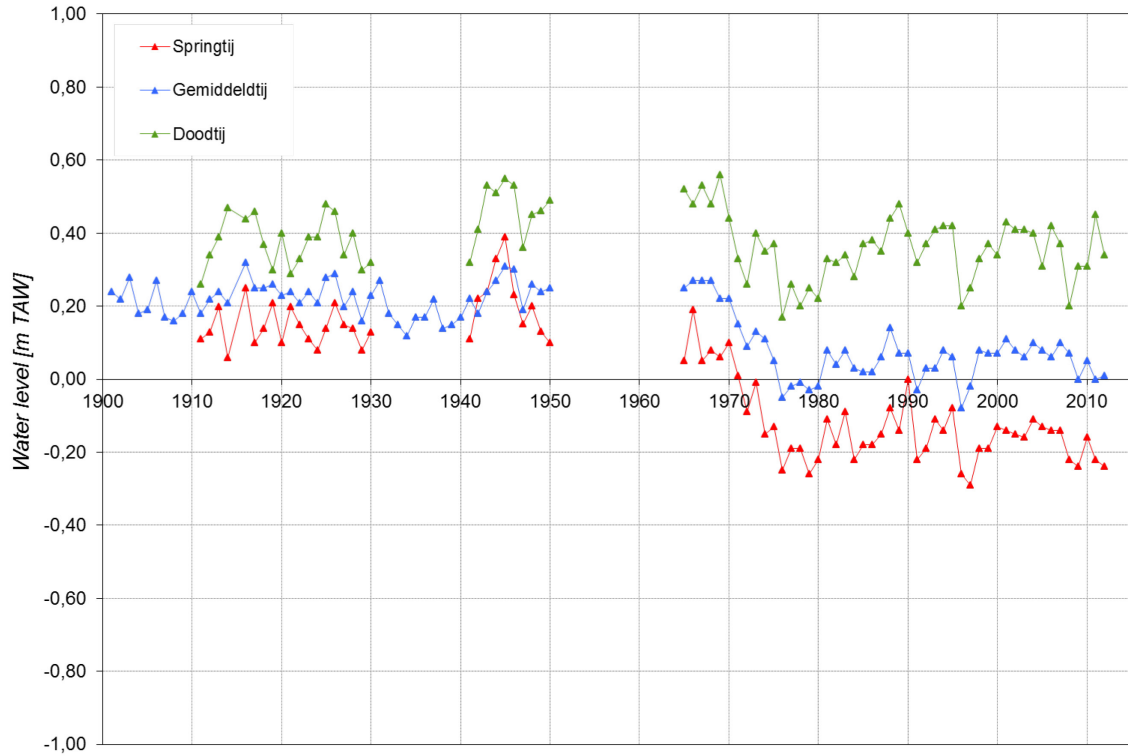
Ontwikkeling van de laagwaterstanden in het Zeescheldebekken



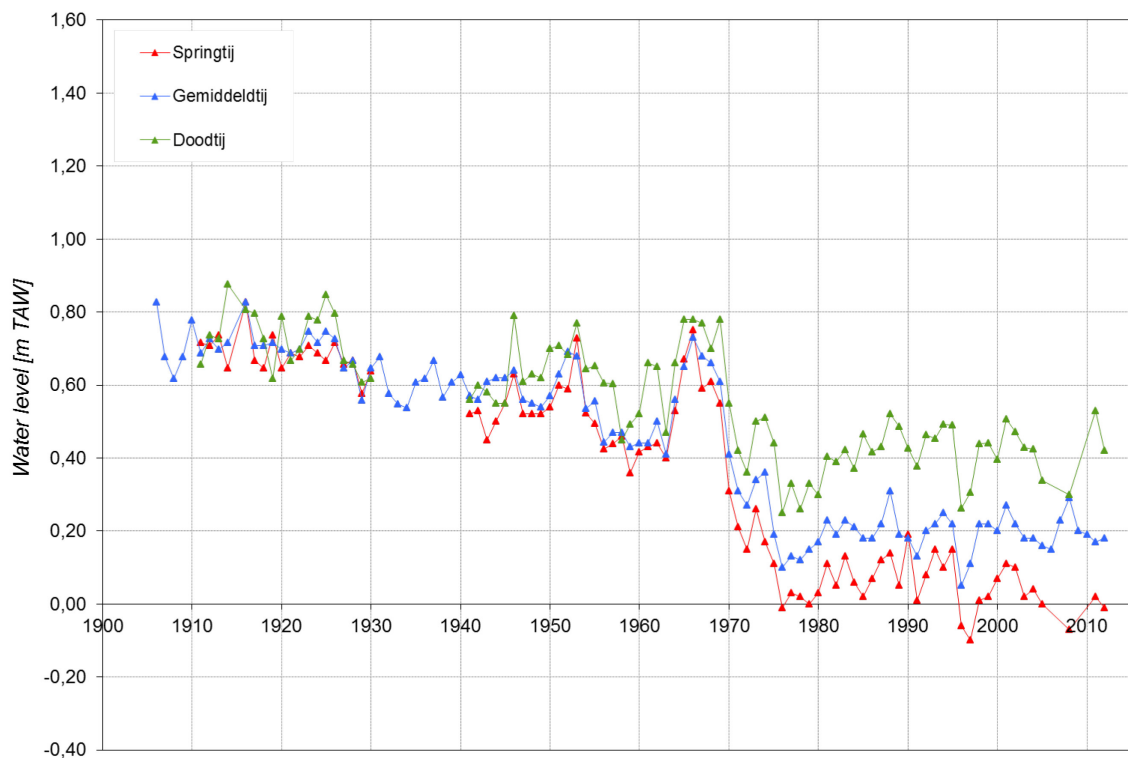
Figuur B 1 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Liefkenshoek



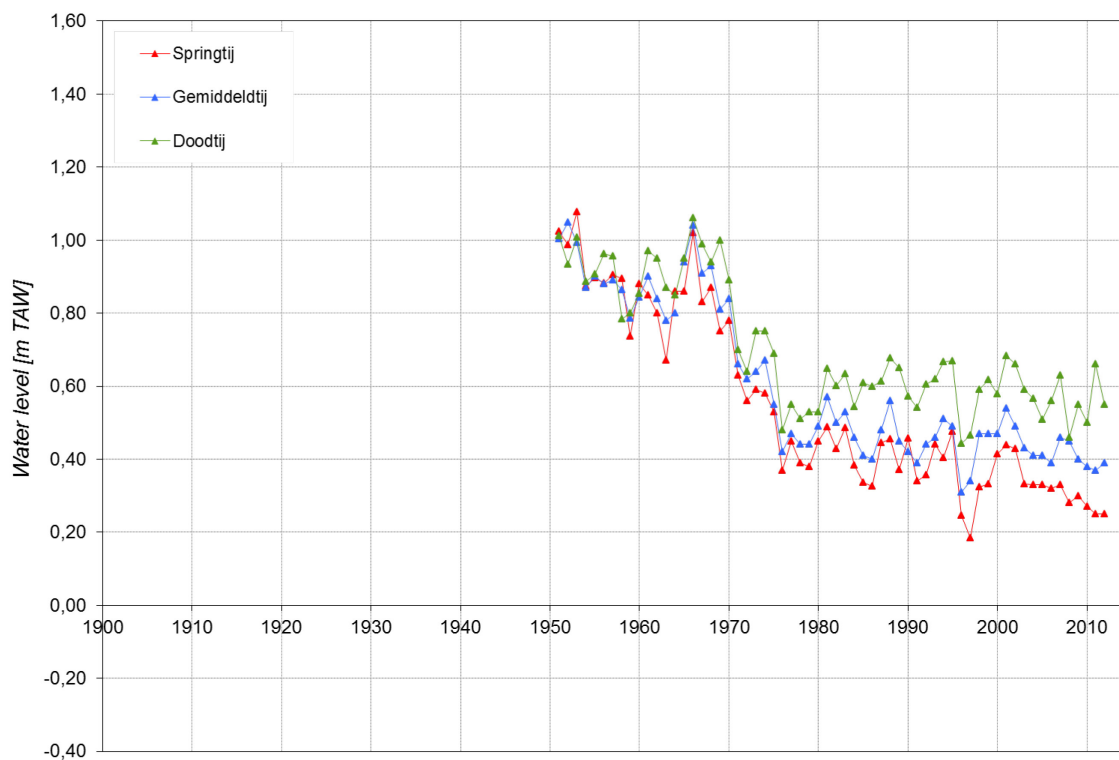
Figuur B 2 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Antwerpen



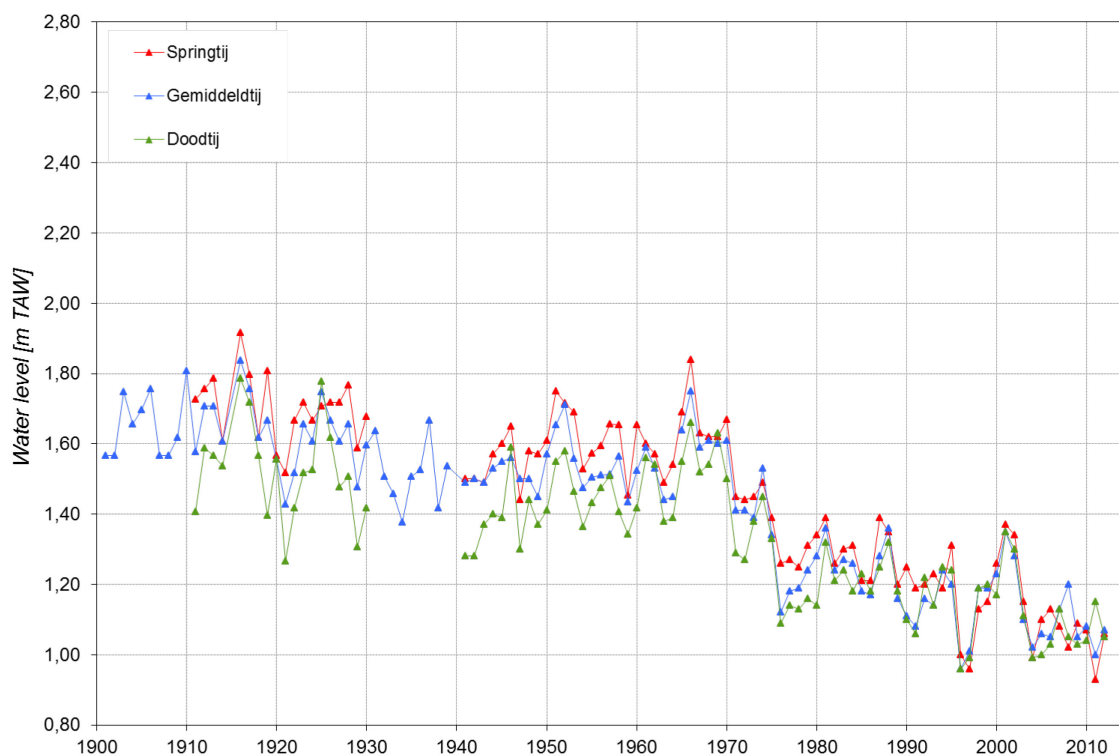
Figuur B 3 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schelle



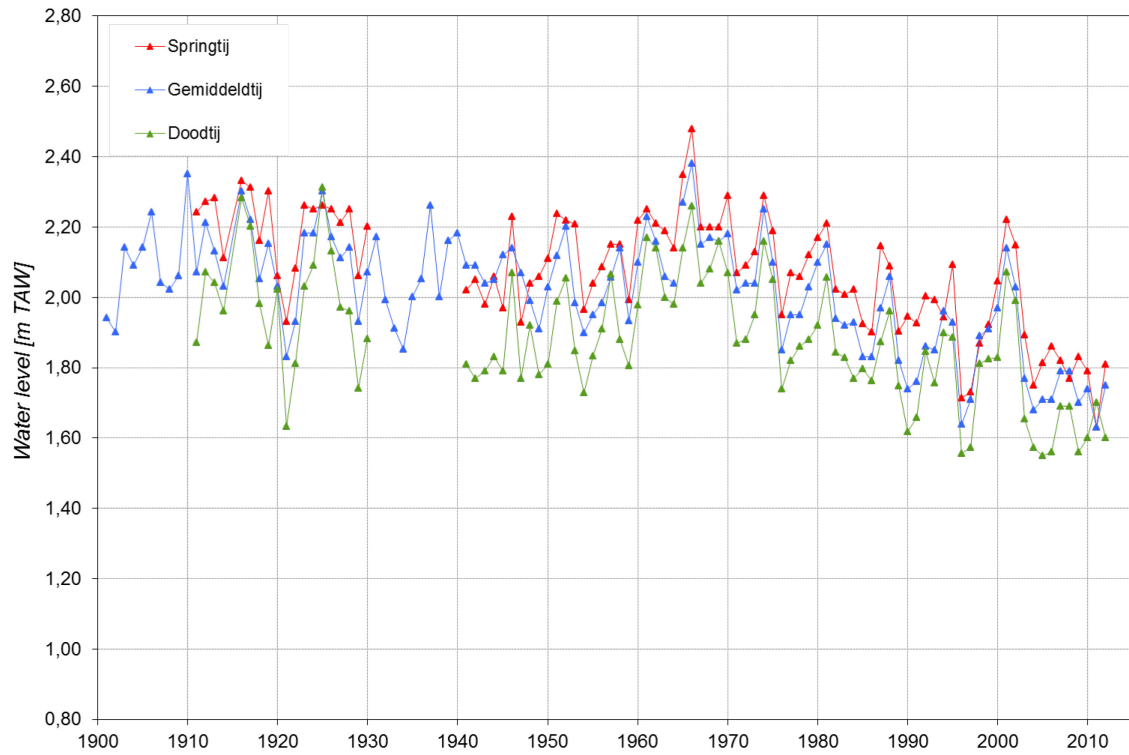
Figuur B 4 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Tielrode



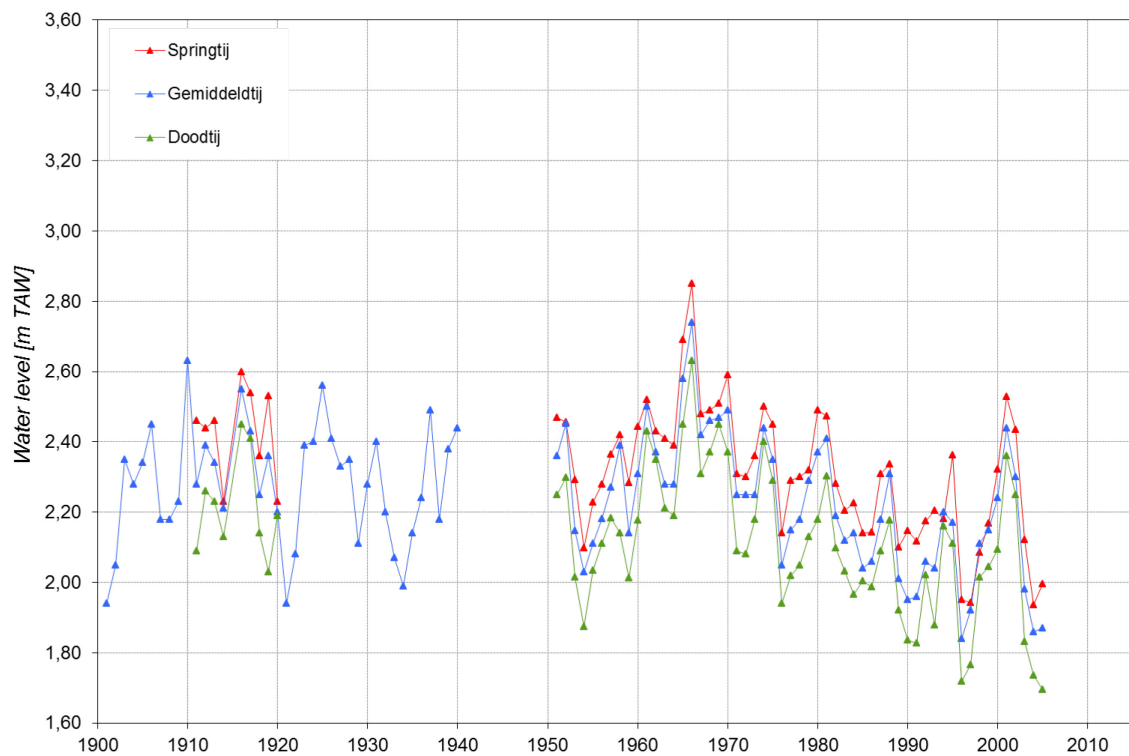
Figuur B 5 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Sint-Amands



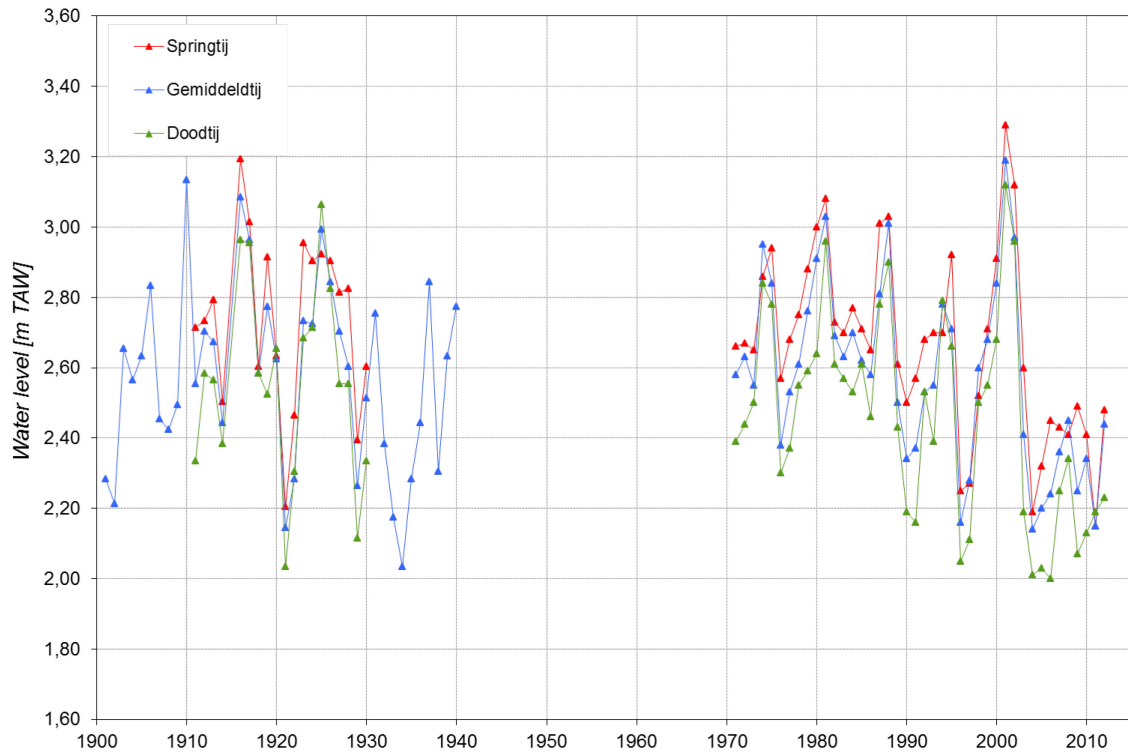
Figuur B 6 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Dendermonde



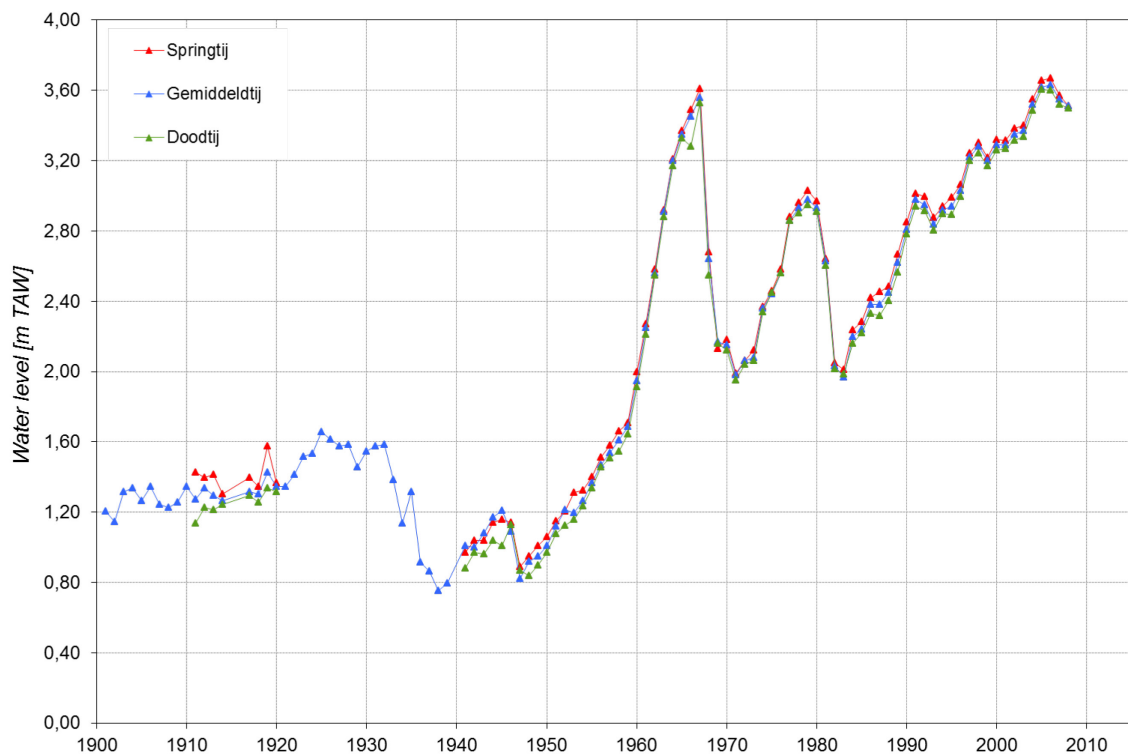
Figuur B 7 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Schoonaarde



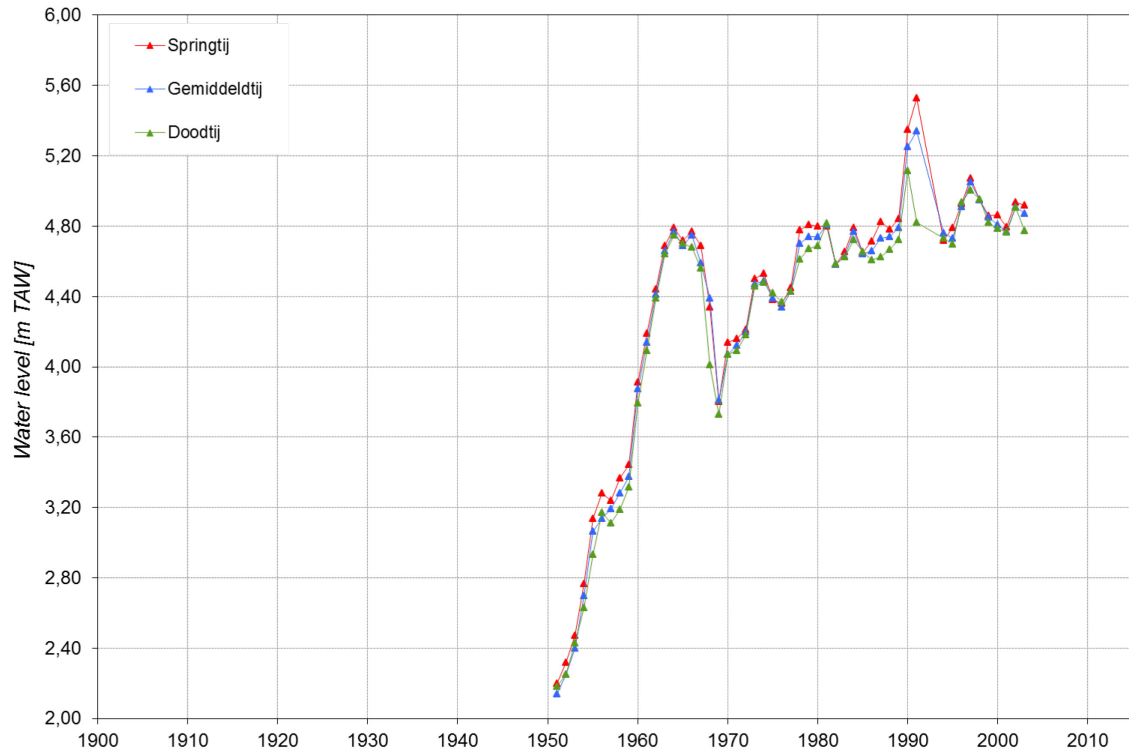
Figuur B 8 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doortij) te Uitbergen



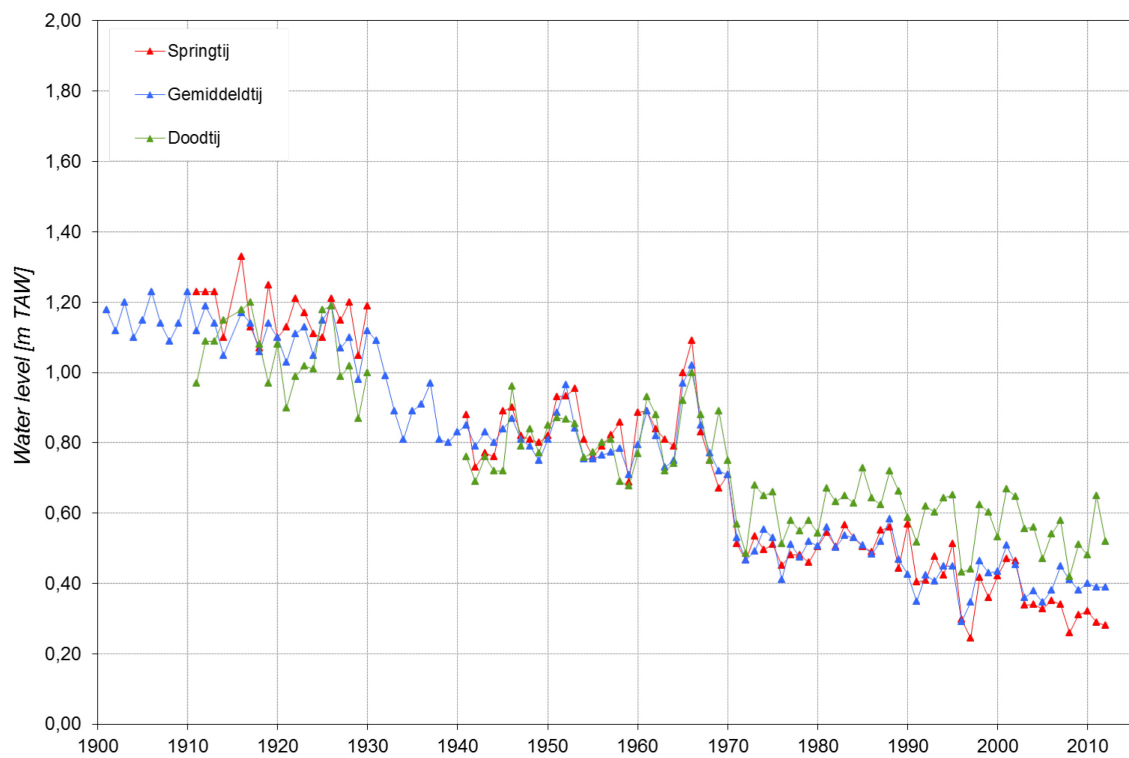
Figuur B 9 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Melle



Figuur B 10 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Waasmunsterbrug



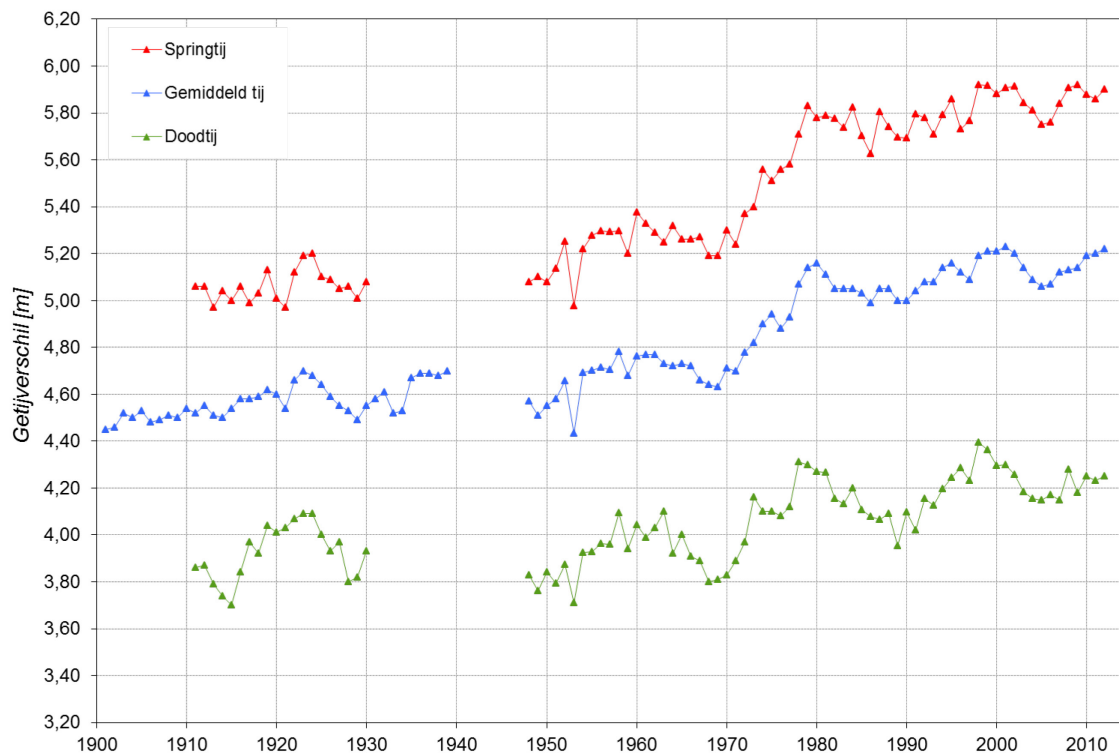
Figuur B 11 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Zele



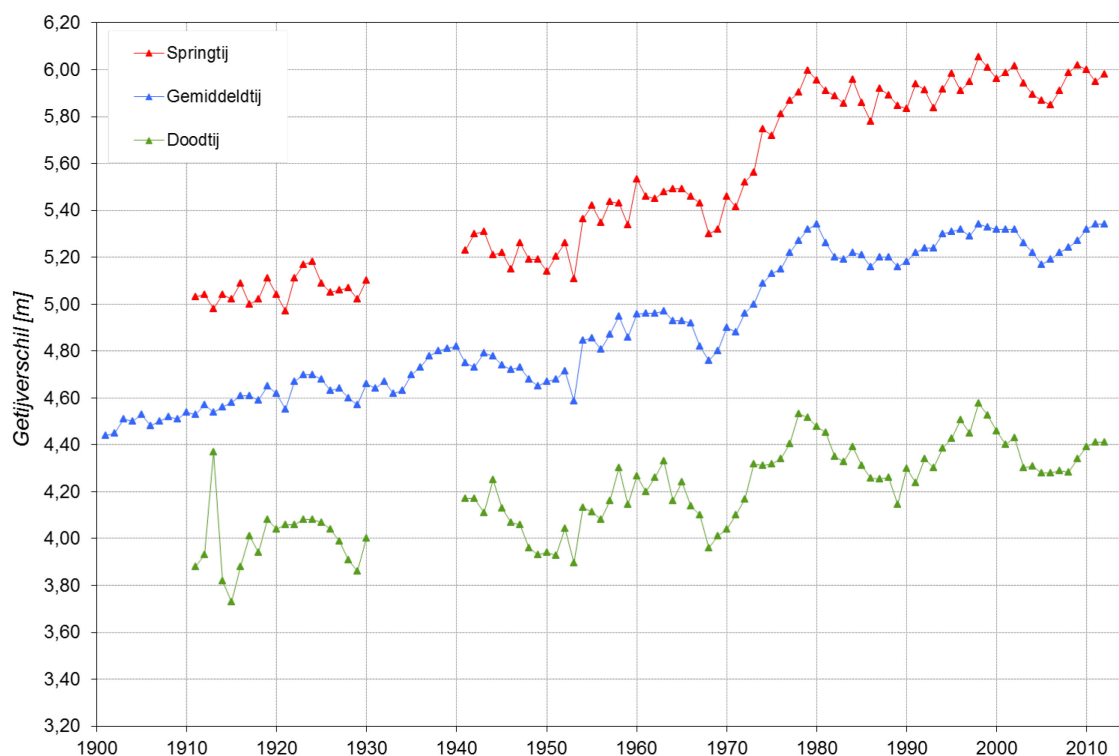
Figuur B 12 – Langjarige evolutie van het laagwater (gemiddeld, spring- en doottij) te Walem

Bijlage C

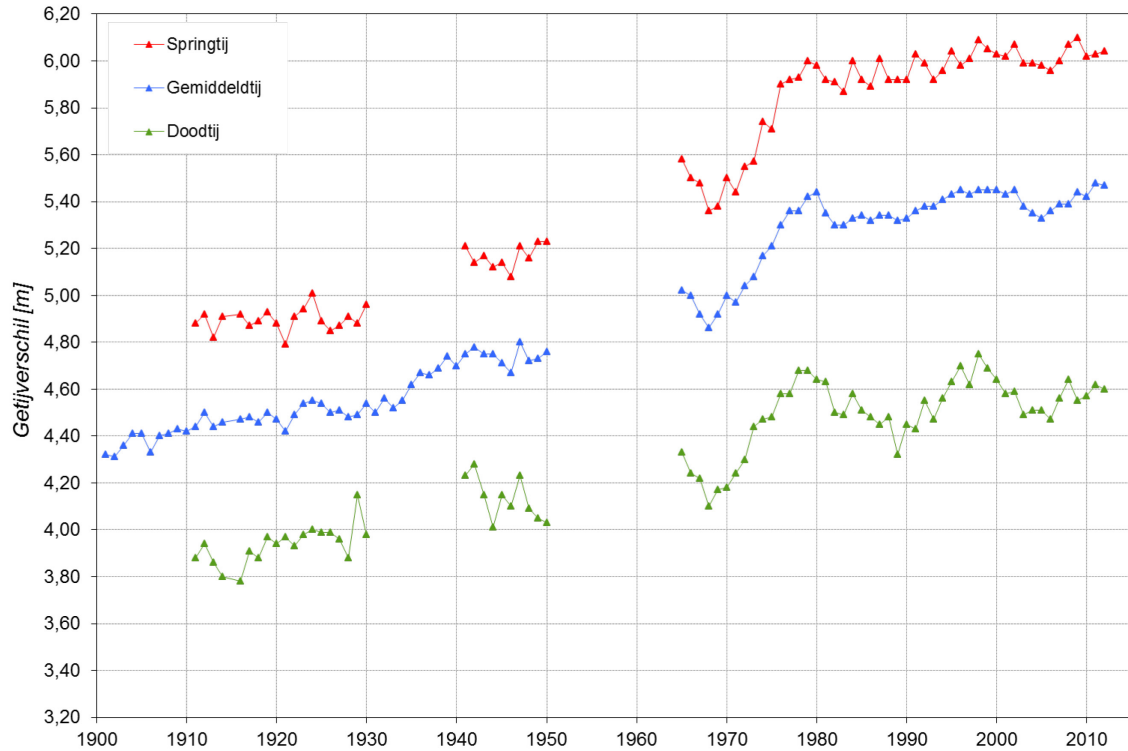
Ontwikkeling van het getijverschil in het Zeescheldebekken



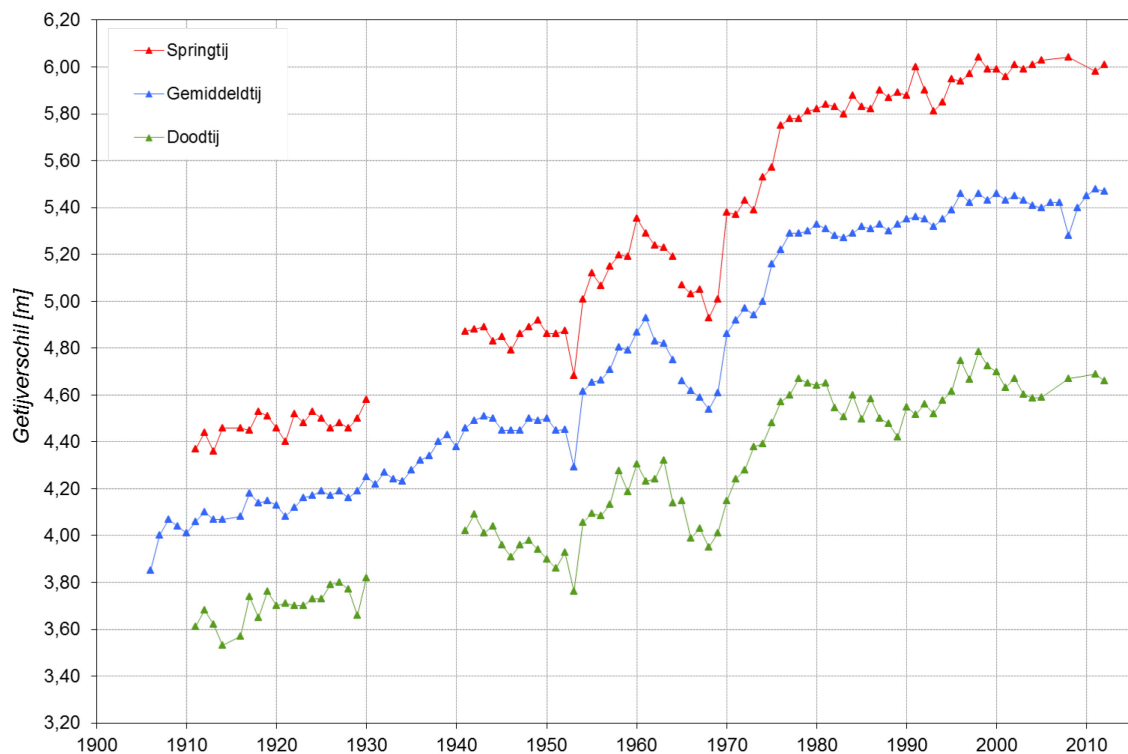
Figuur C 1 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Liefkenshoek



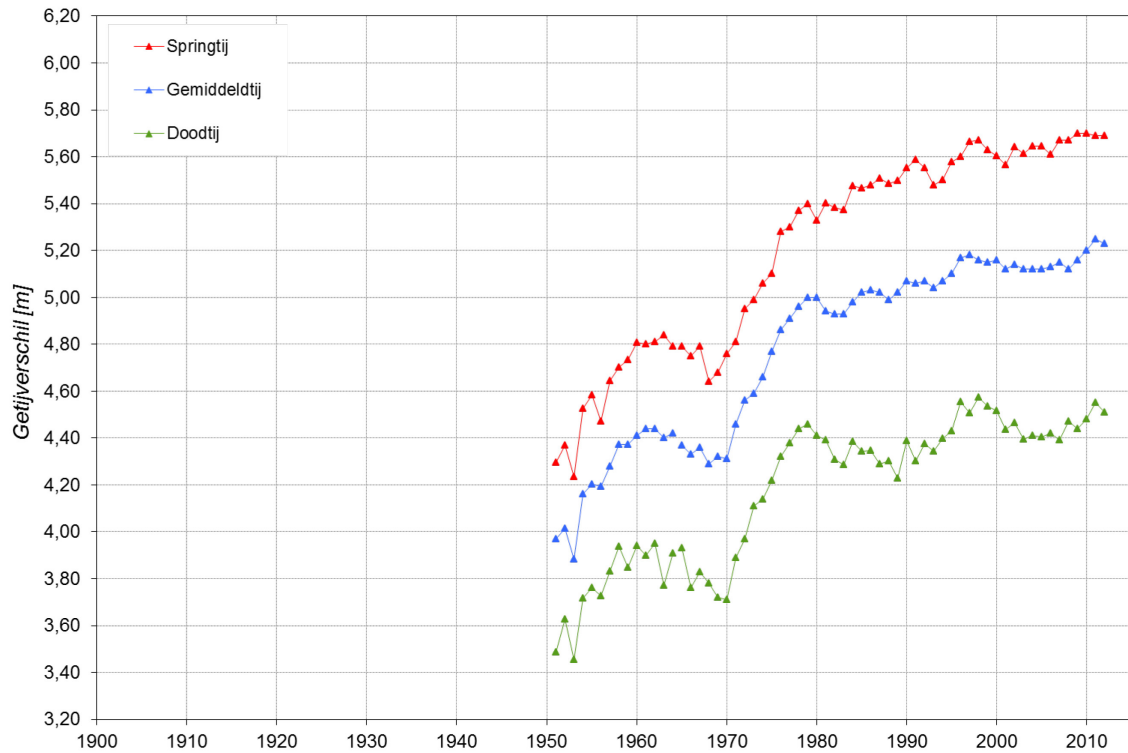
Figuur C 2 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Antwerpen



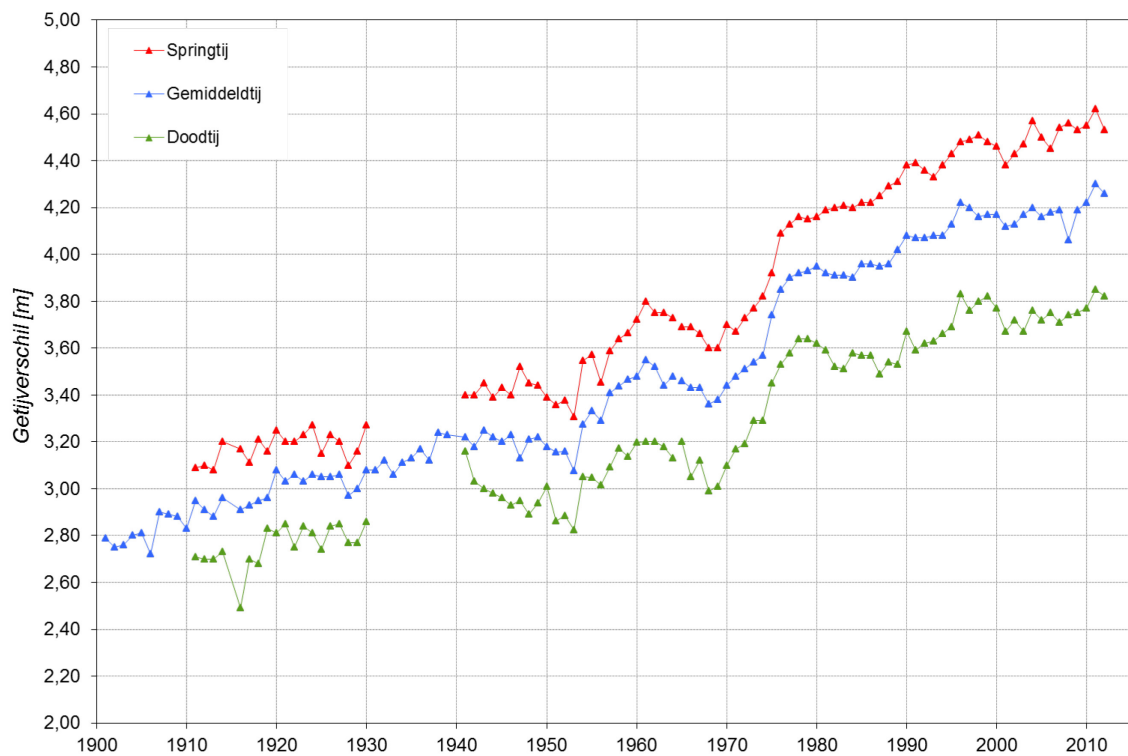
Figuur C 3 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Schelle



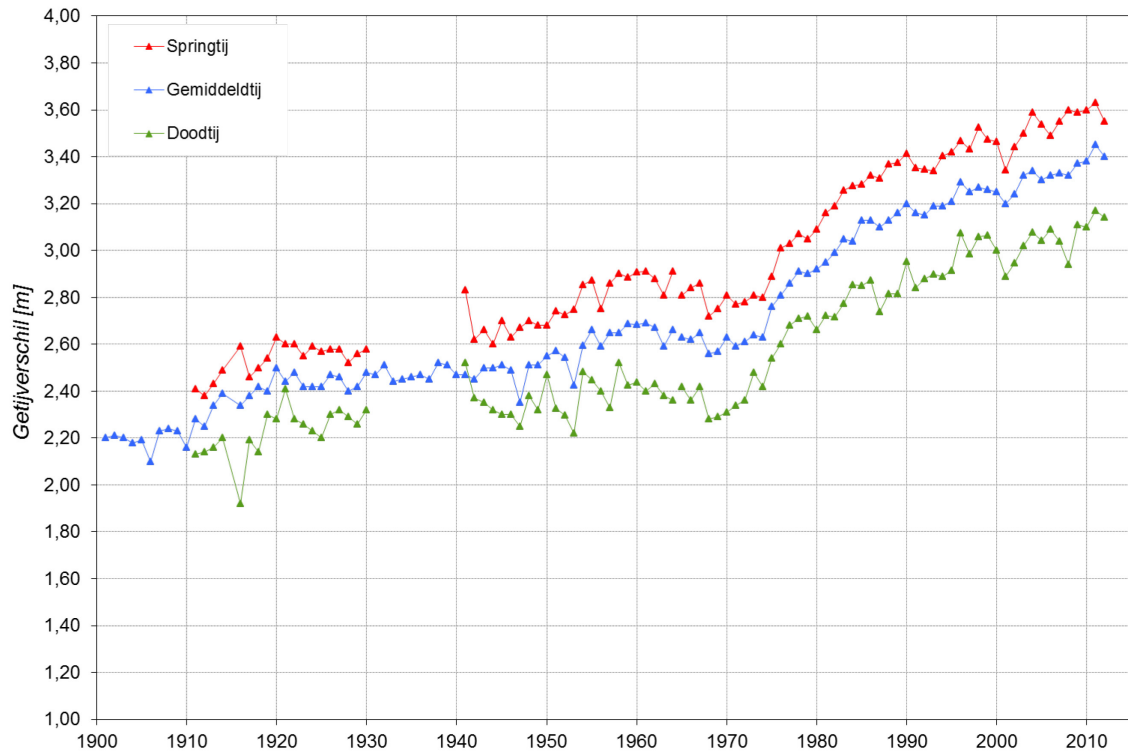
Figuur C 4 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Tielrode



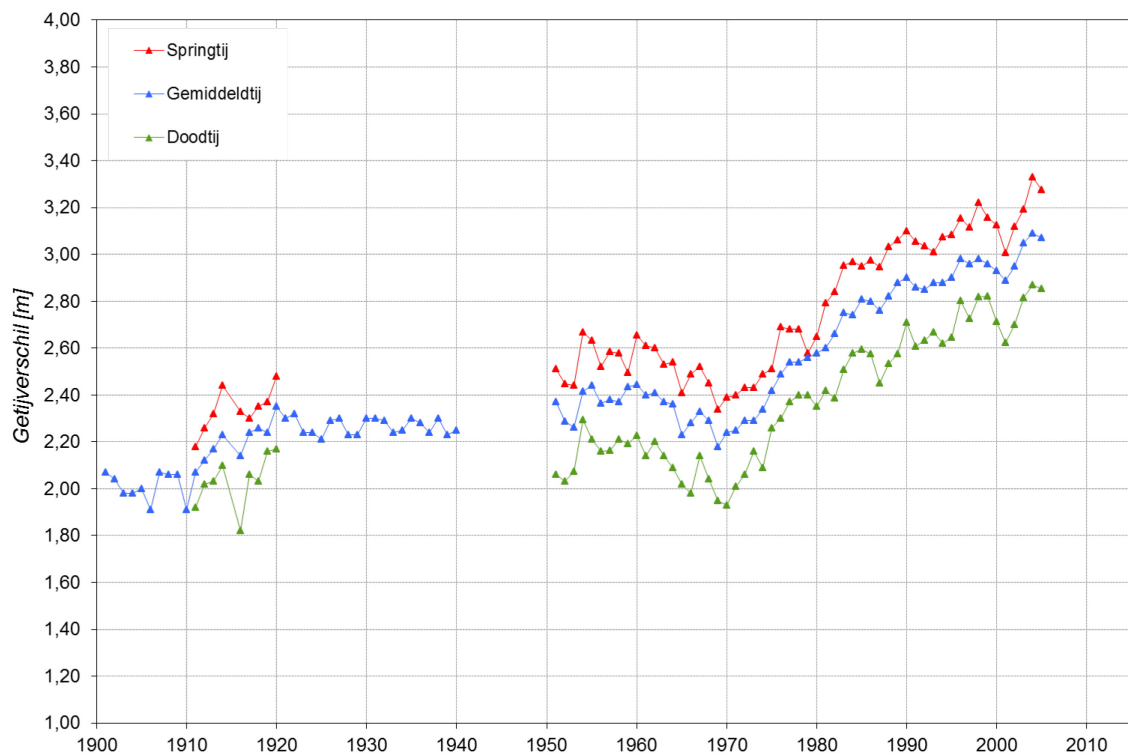
Figuur C 5 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doortij) te Sint-Amands



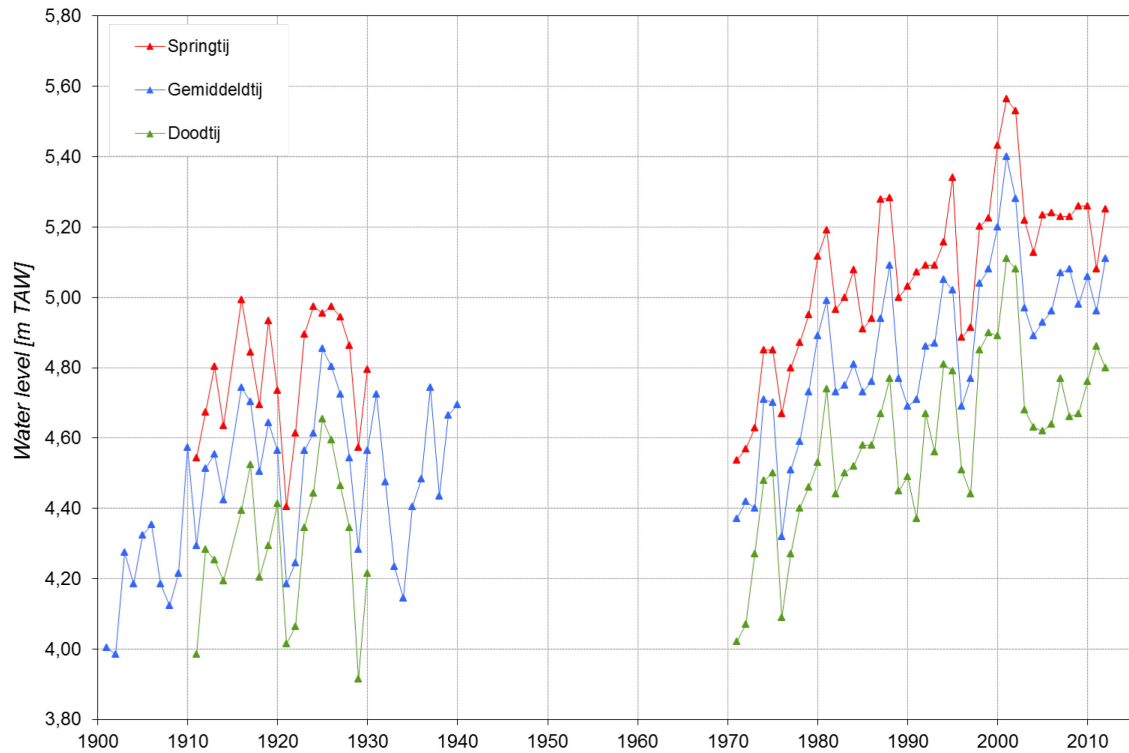
Figuur C 6 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doortij) te Dendermonde



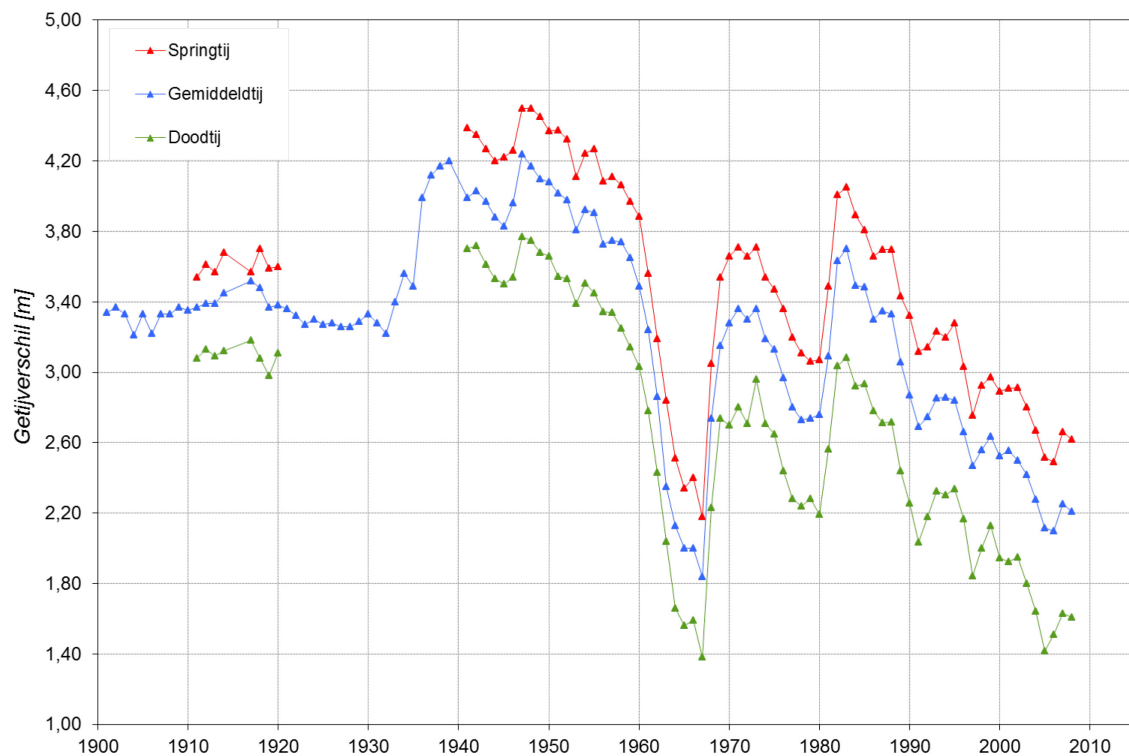
Figuur C 7 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Schoonaarde



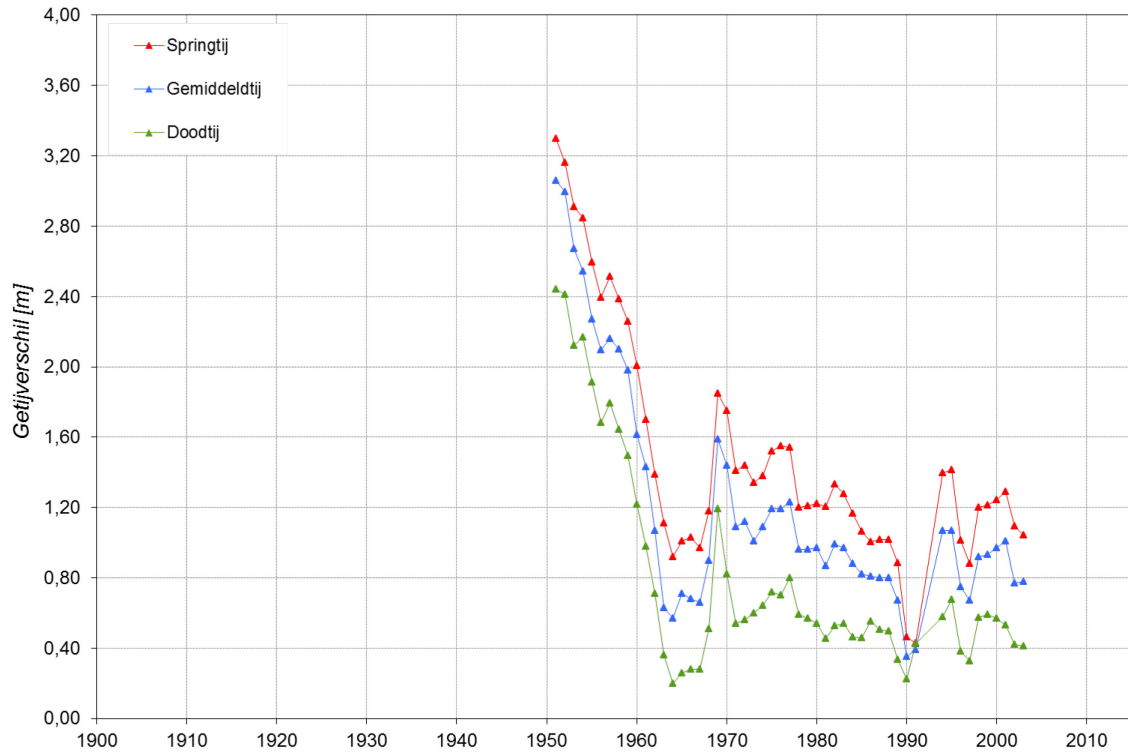
Figuur C 8 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Uitbergen



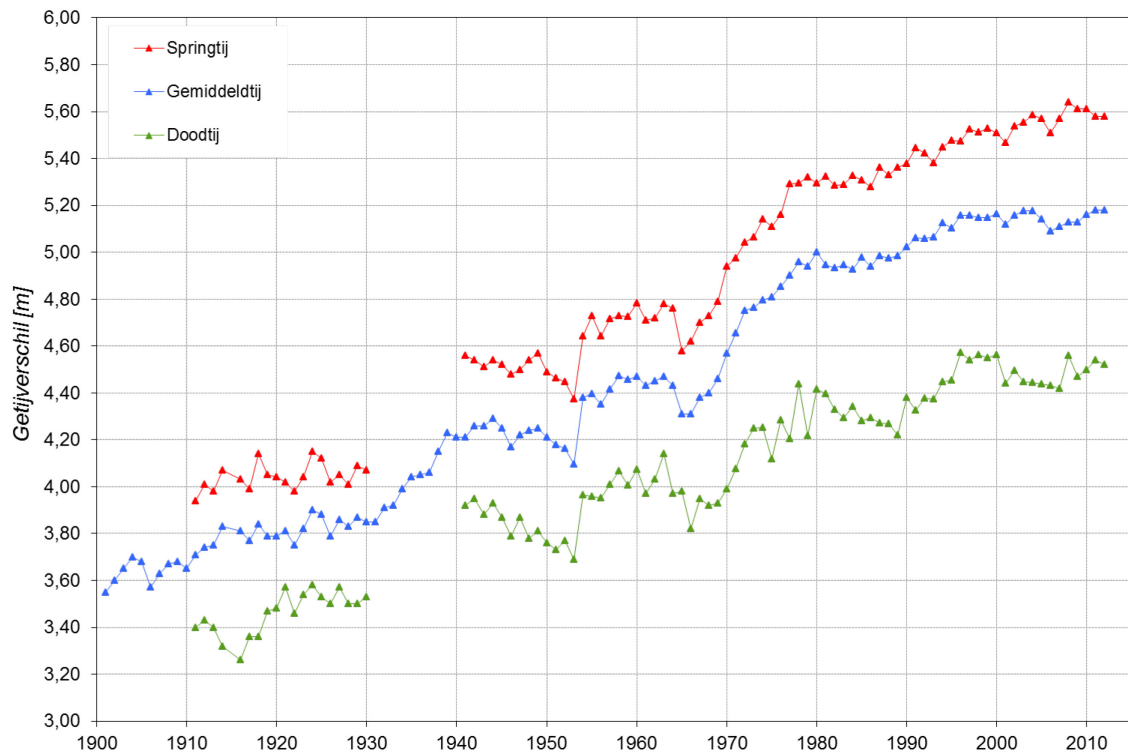
Figuur C 9 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doortij) te Melle



Figuur C 10 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doortij) te Waasmunsterbrug



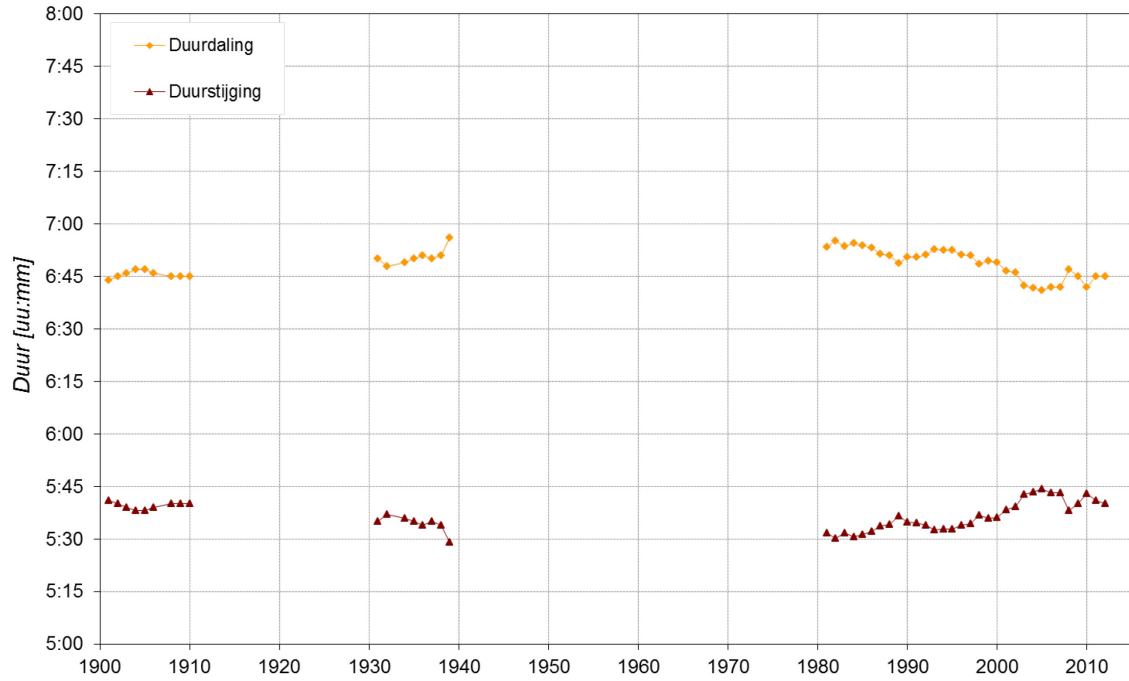
Figuur C 11 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Zele



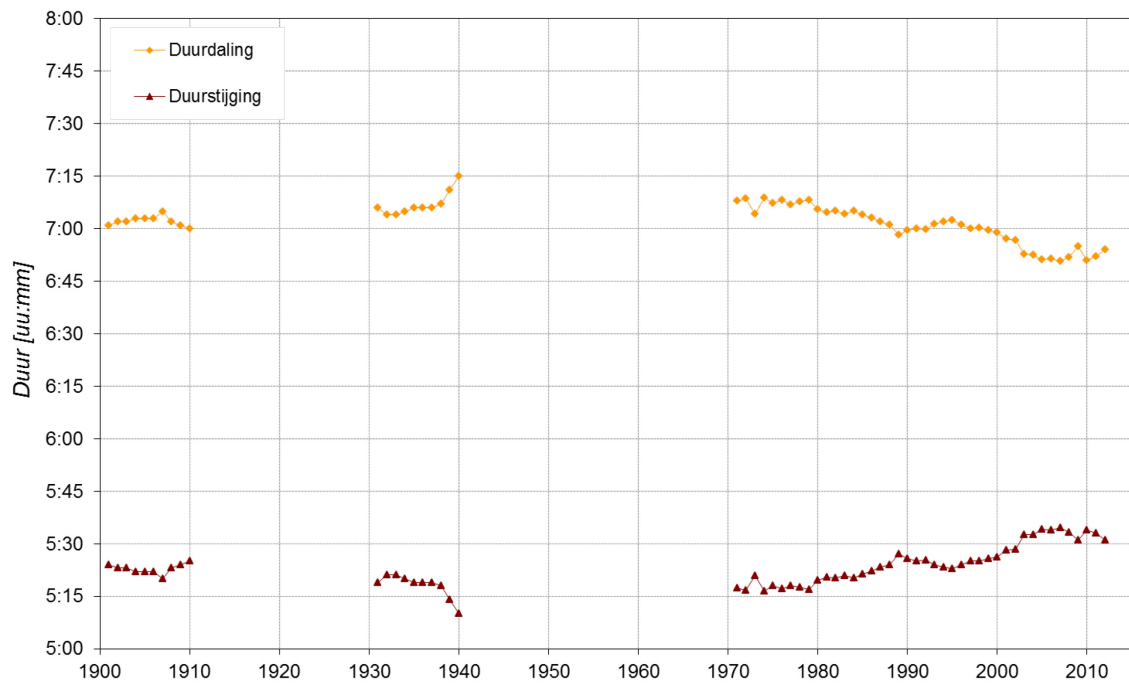
Figuur C 12 – Langjarige evolutie van het getijverschil (gemiddeld, spring- en doottij) te Walem

Bijlage D

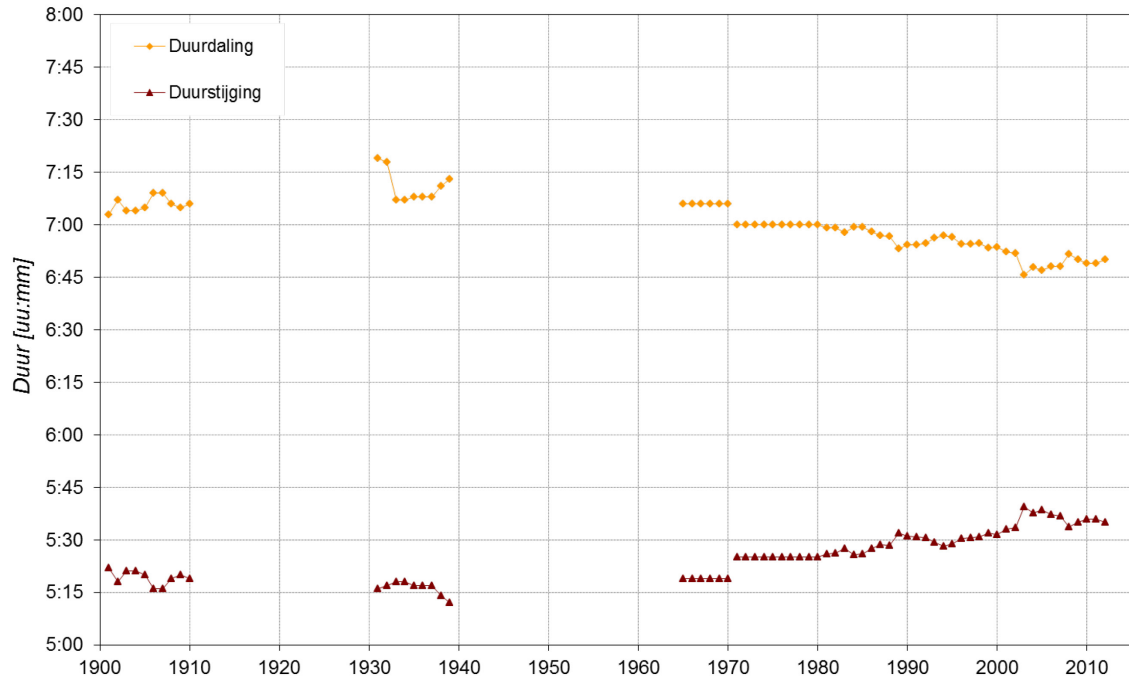
Ontwikkeling van de duur van de stijging en de daling in het Zeescheldebekken



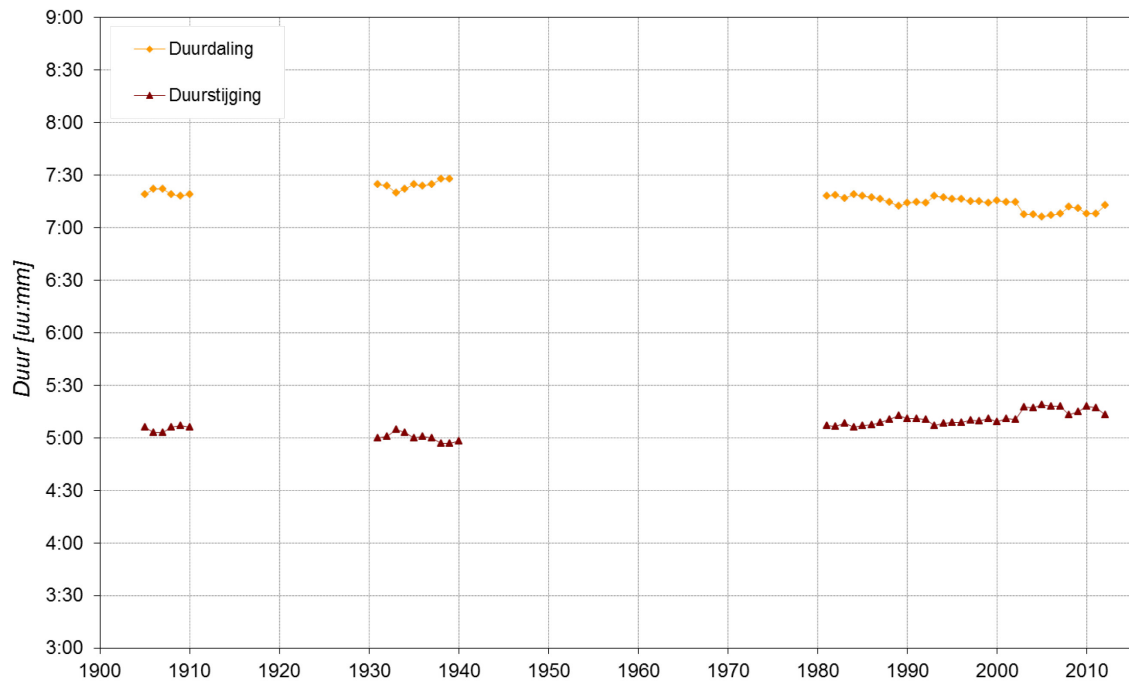
Figuur D 1 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Liefkenshoek



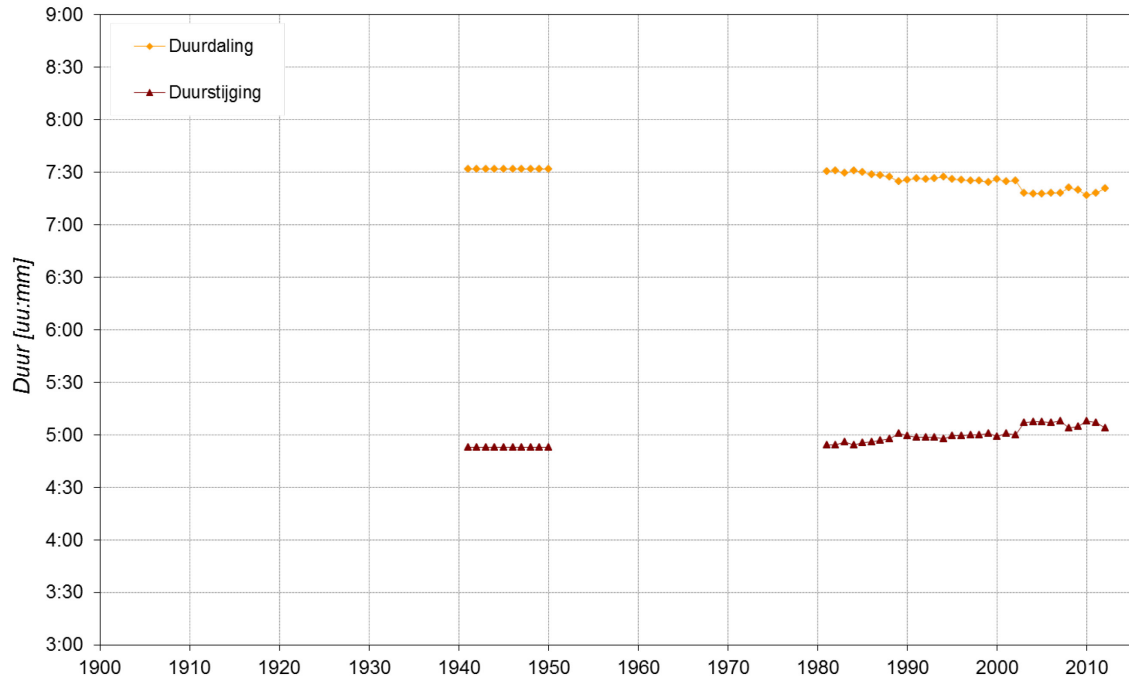
Figuur D 2 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Antwerpen



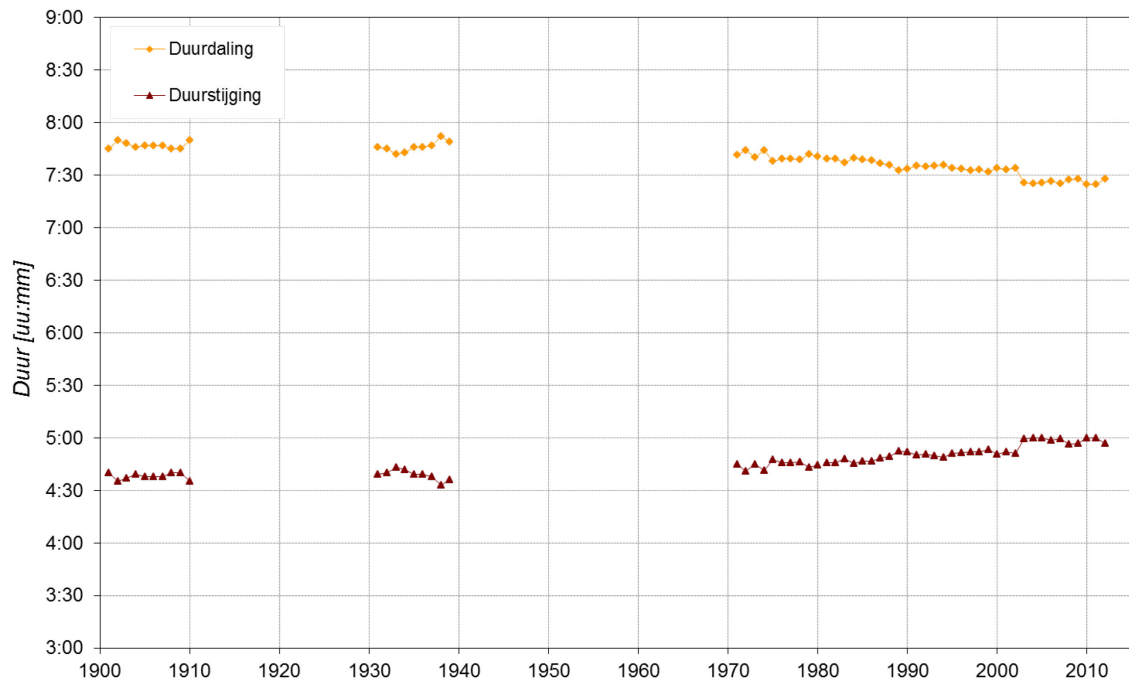
Figuur D 3 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Schelle



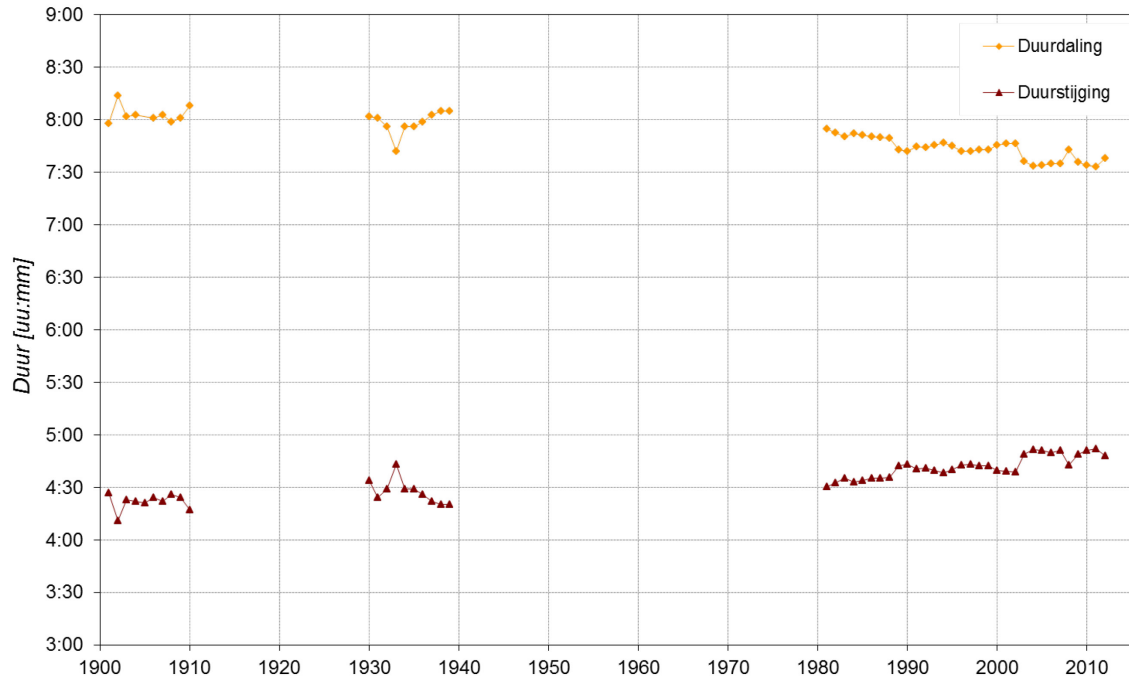
Figuur D 4 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Tielrode



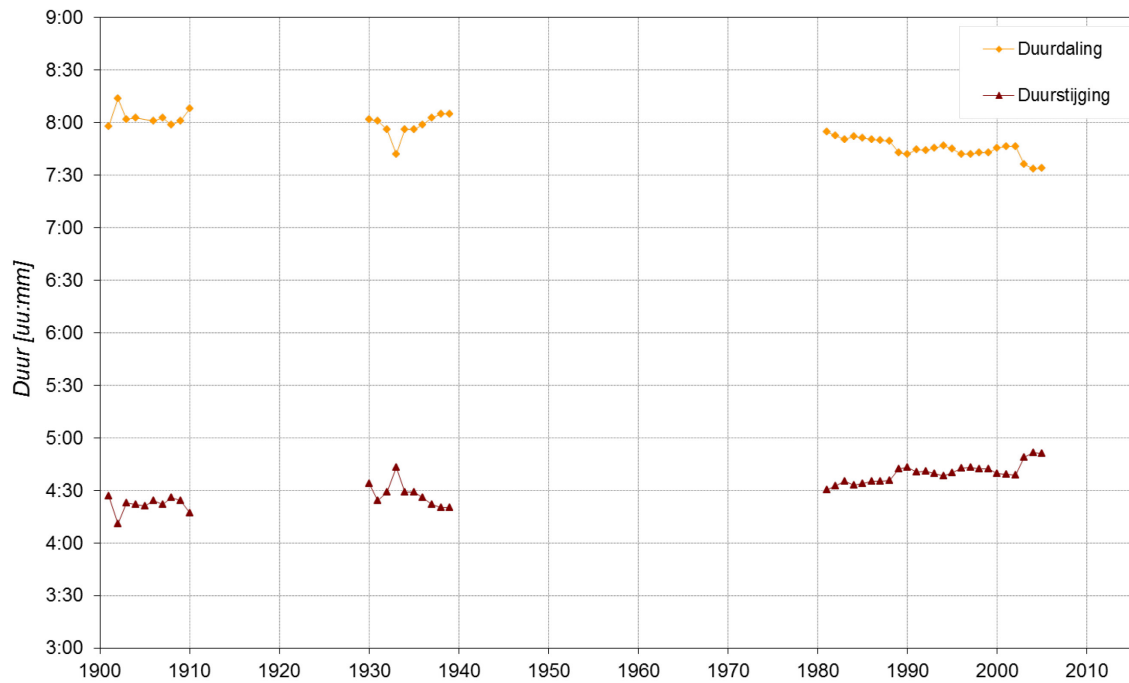
Figuur D 5 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Sint-Amands



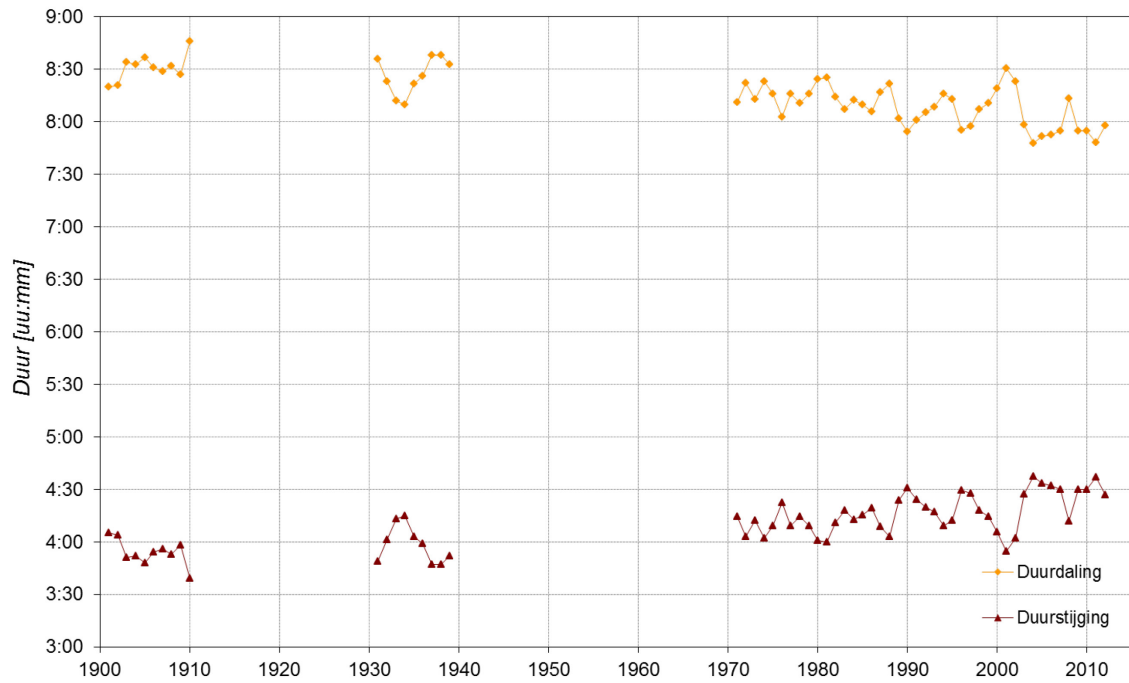
Figuur D 6 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Dendermonde



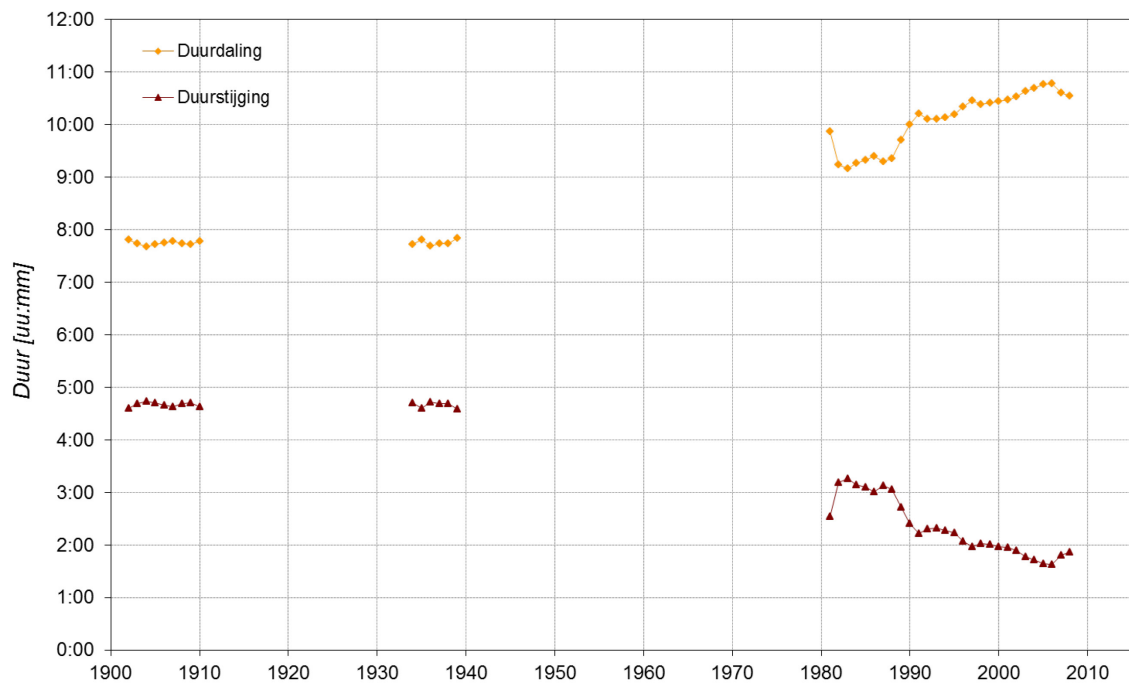
Figuur D 7 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Schoonaarde



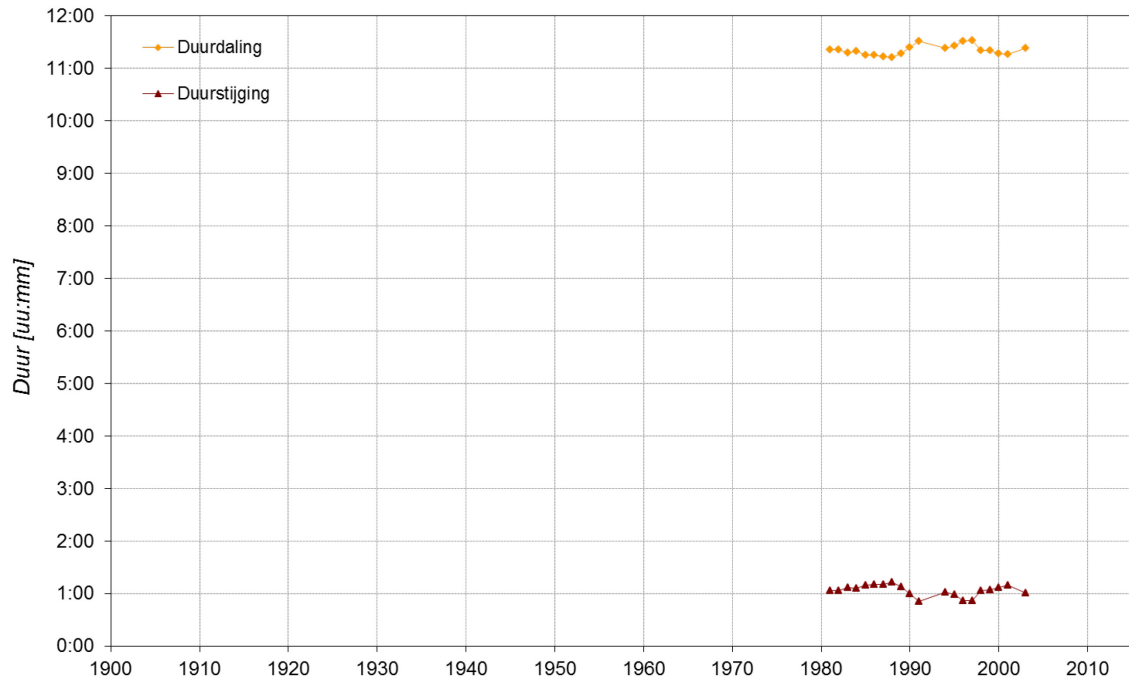
Figuur D 8 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Uitbergen



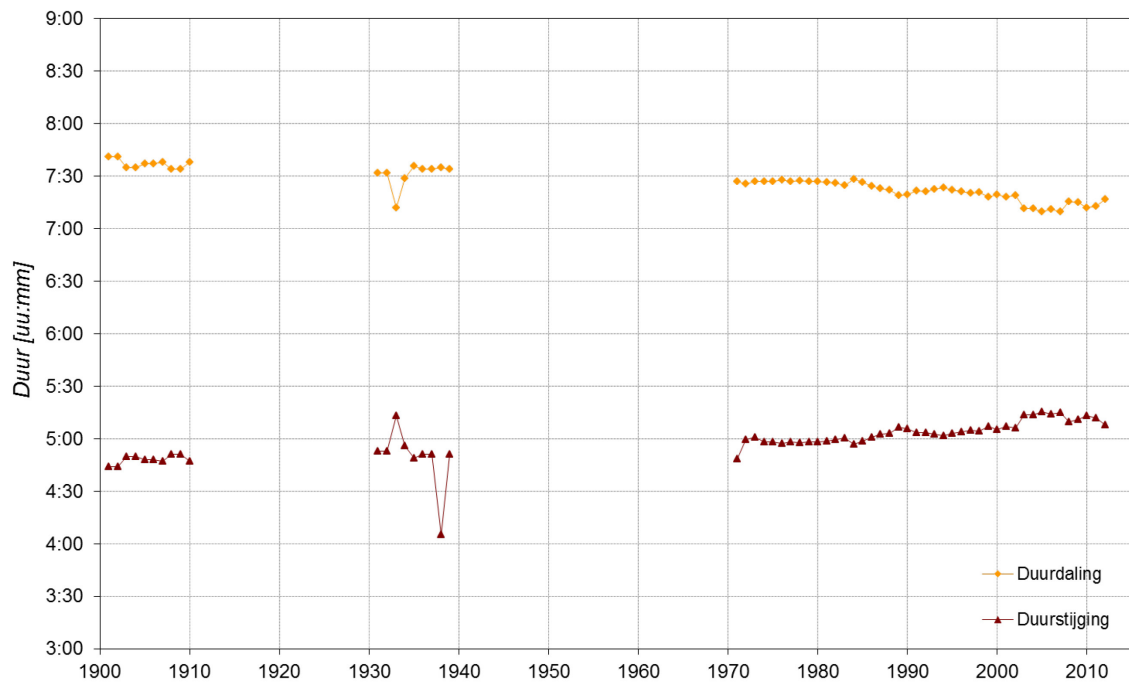
Figuur D 9 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Melle



Figuur D 10 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Waasmunsterbrug



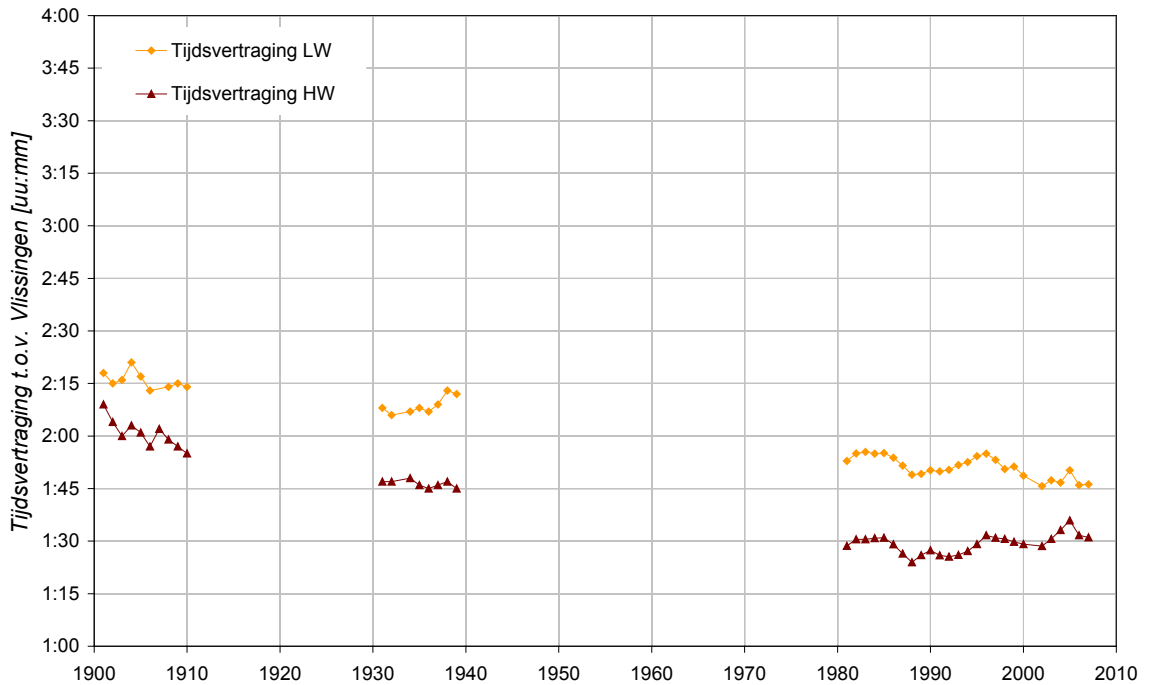
Figuur D 11 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Zele



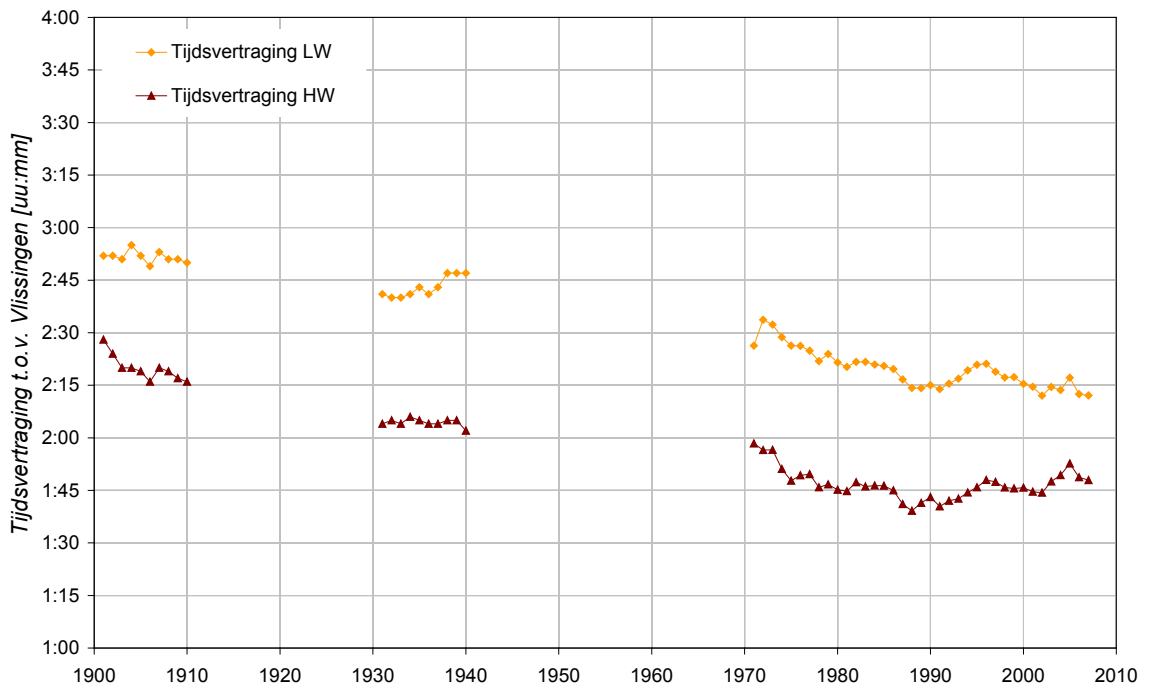
Figuur D 12 – Langjarige evolutie van de duur van stijging en daling (gemiddeld getij) te Walem

Bijlage E

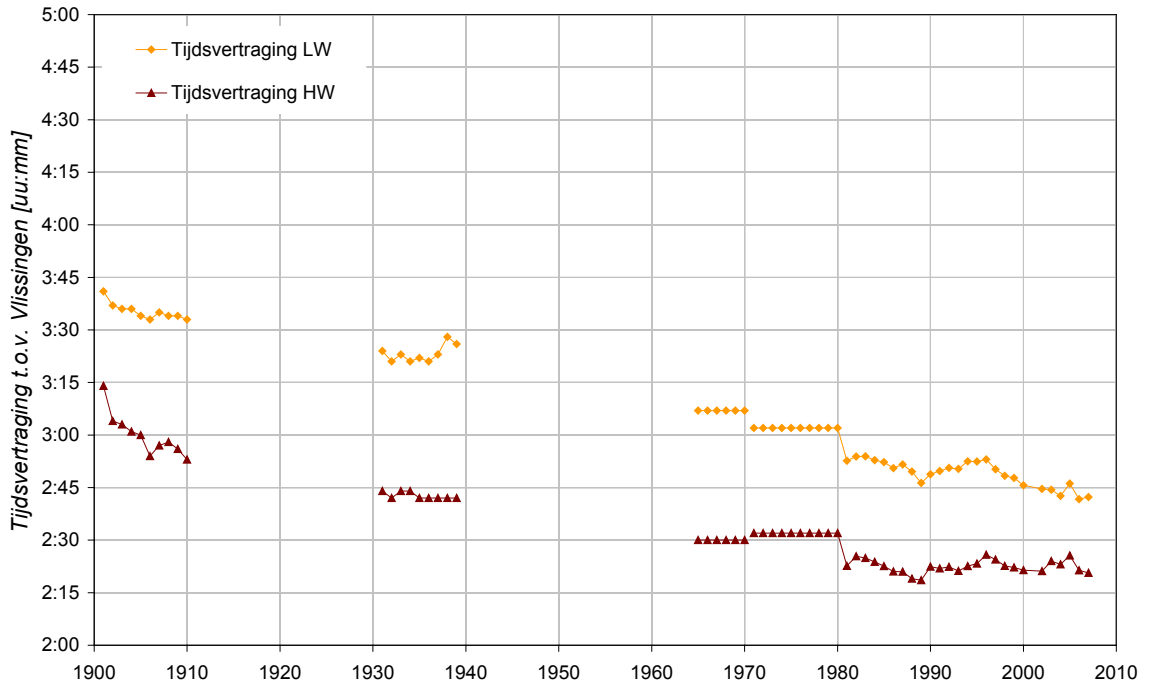
Ontwikkeling van de tijdsvertraging van hoog- en laagwater ten opzichte van Vlissingen in het Zeescheldebekken



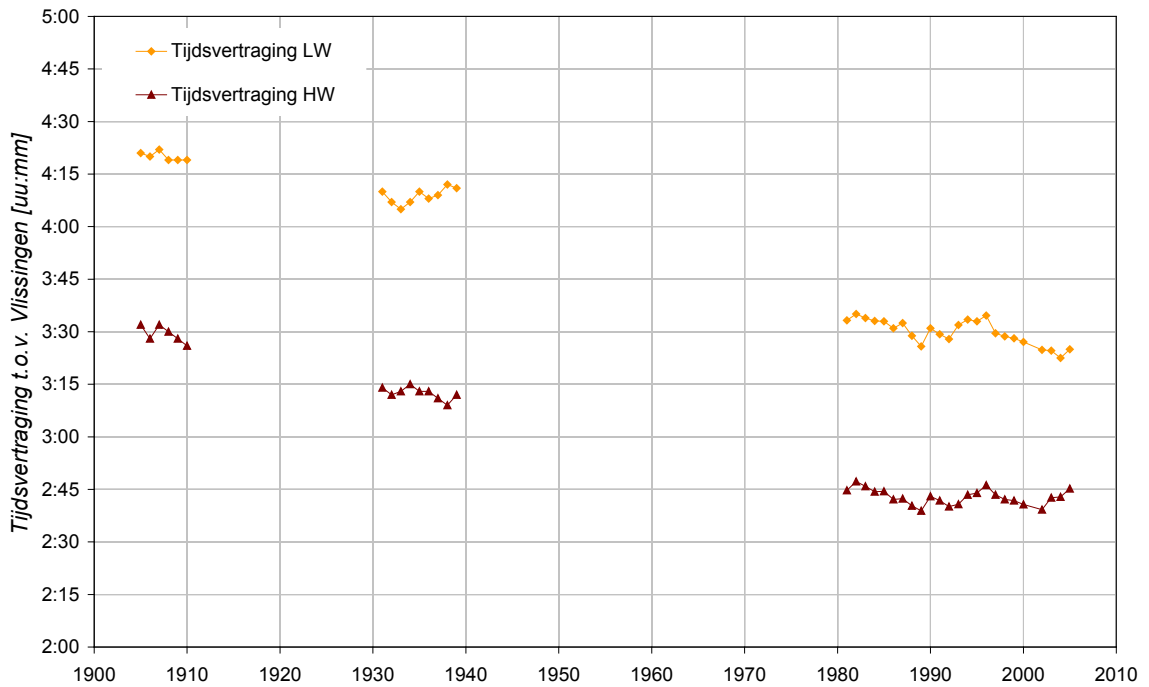
Figuur E 1 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Liefkenshoek



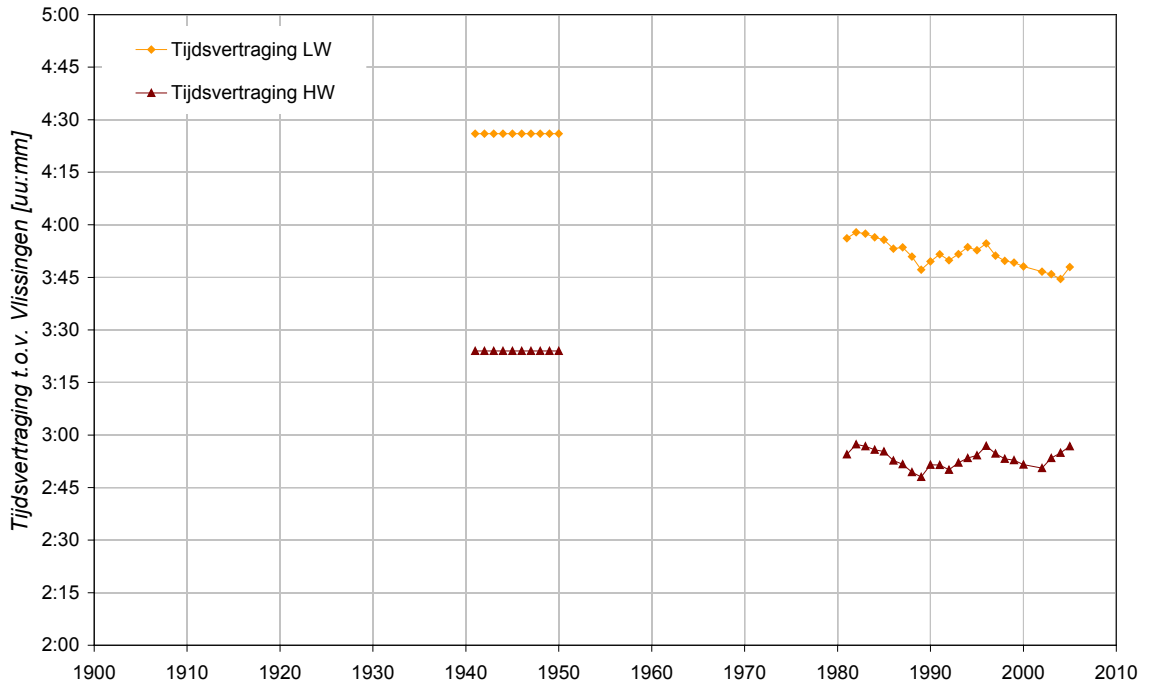
Figuur E 2 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Antwerpen



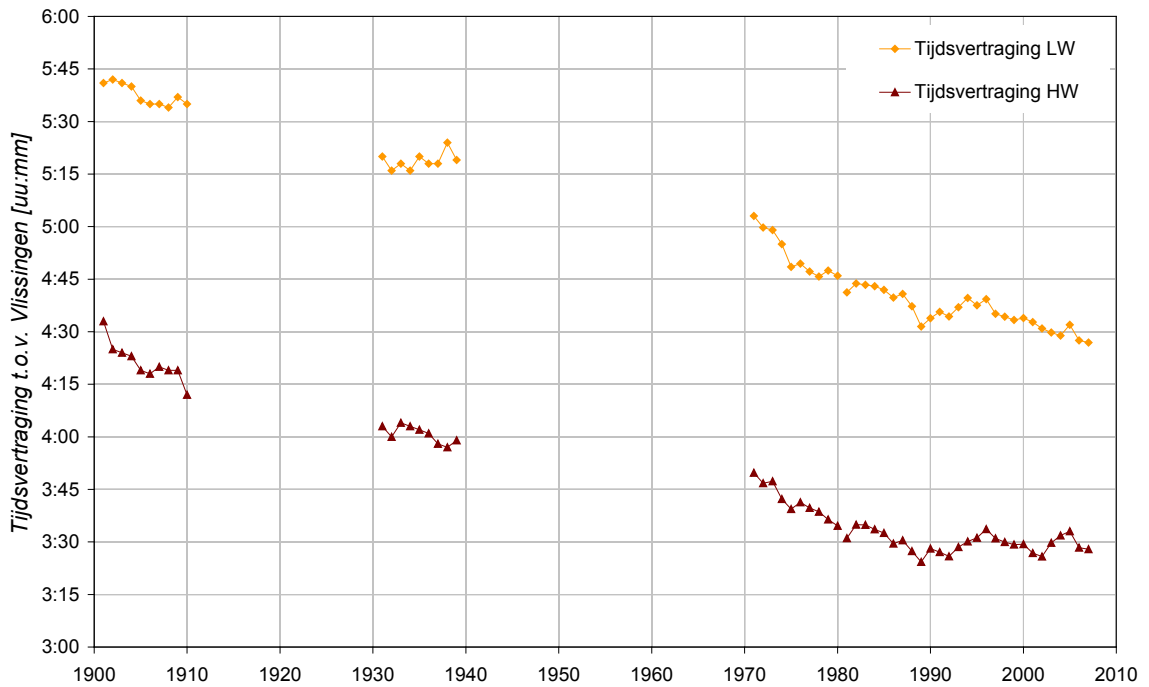
Figuur E 3 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Schelle



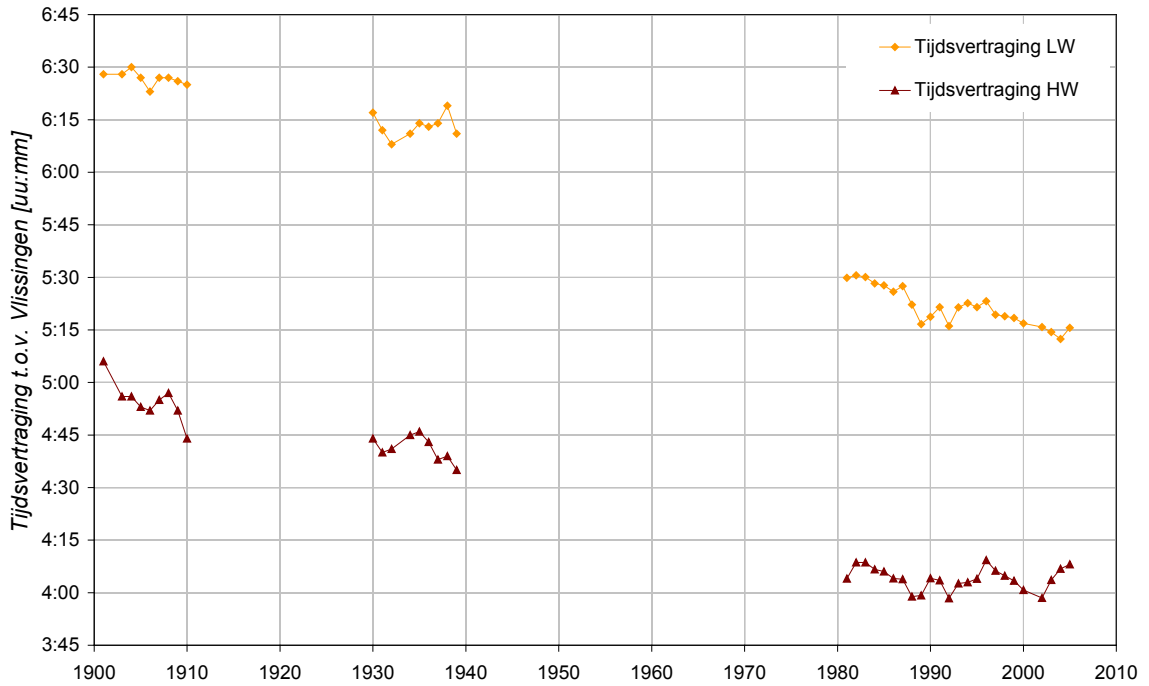
Figuur E 4 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Tielrode



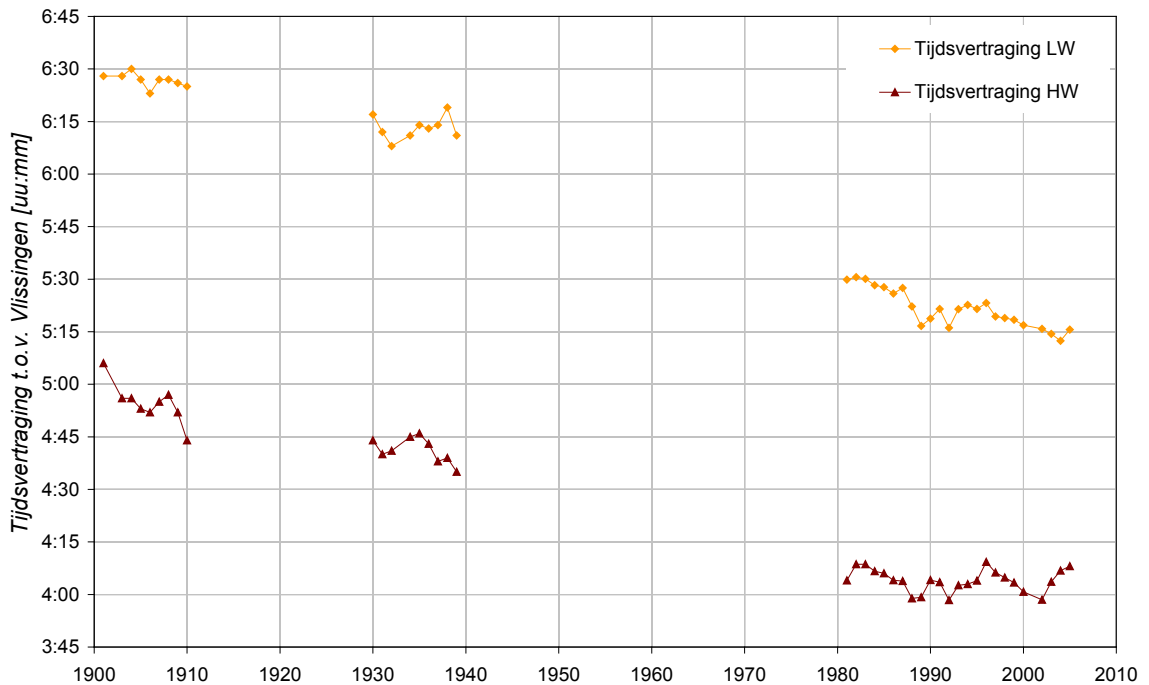
Figuur E 5 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Sint-Amands



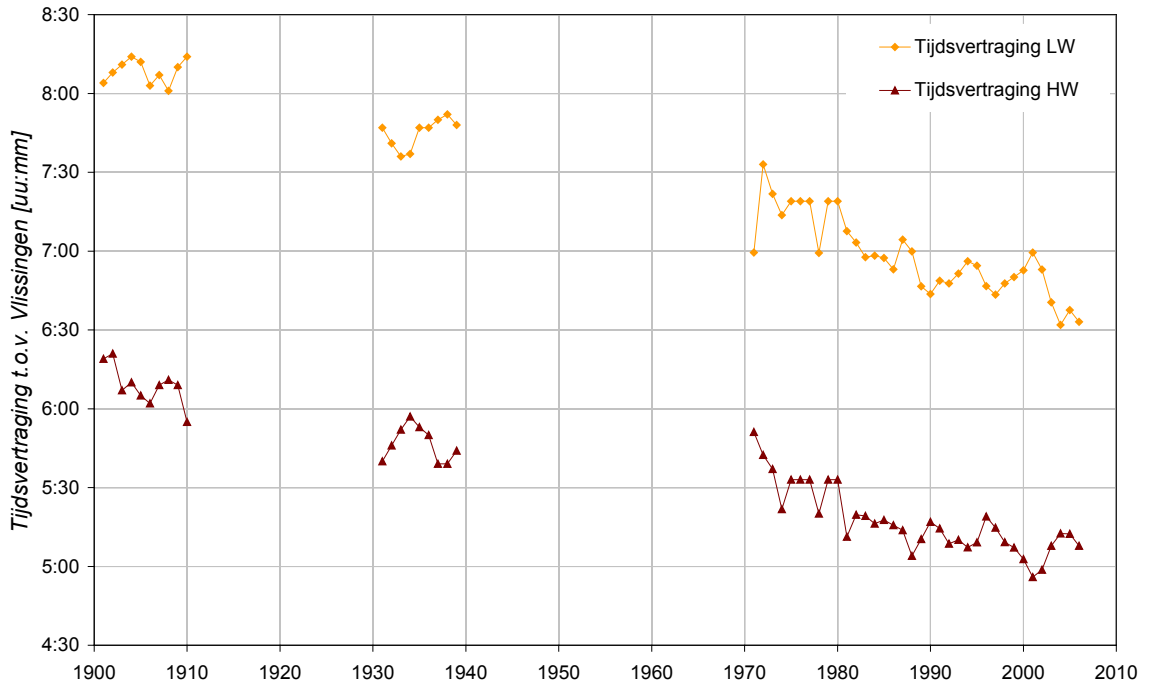
Figuur E 6 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Dendermonde



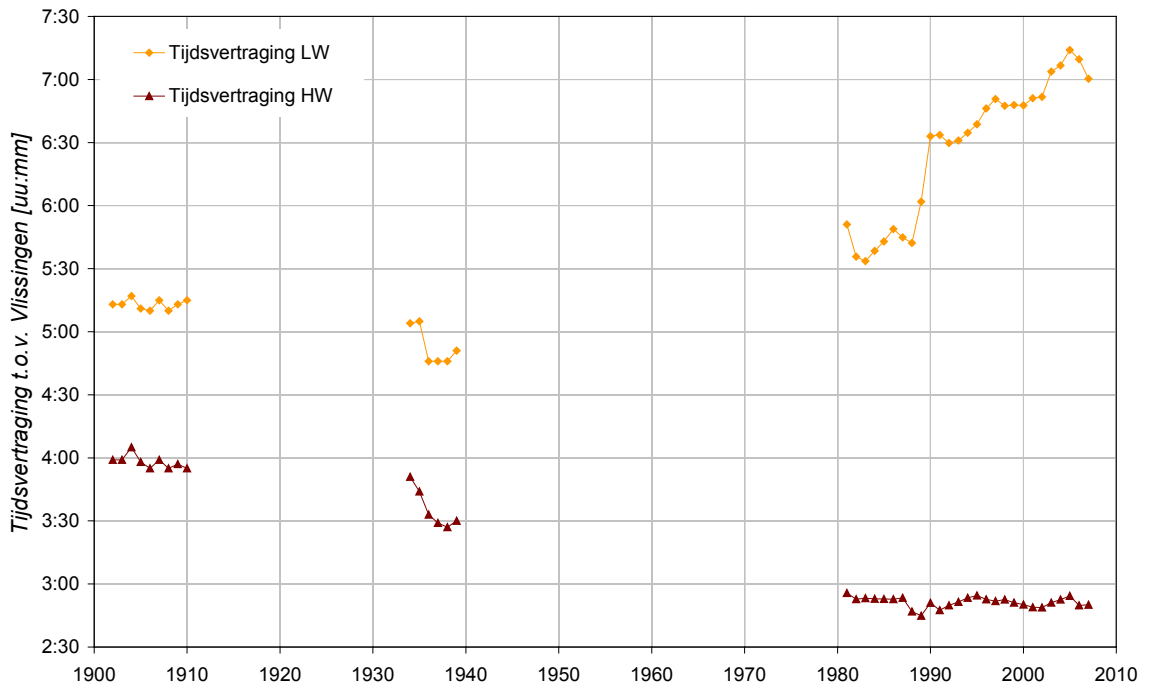
Figuur E 7 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Schoonaarde



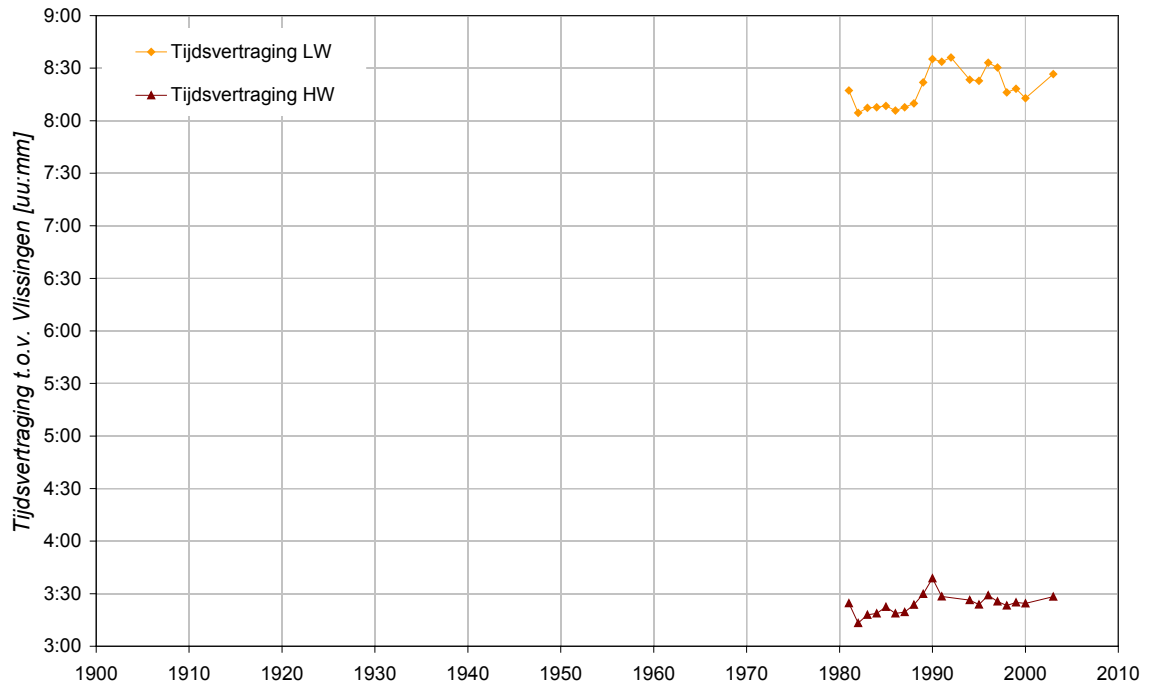
Figuur E 8 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Uitbergen



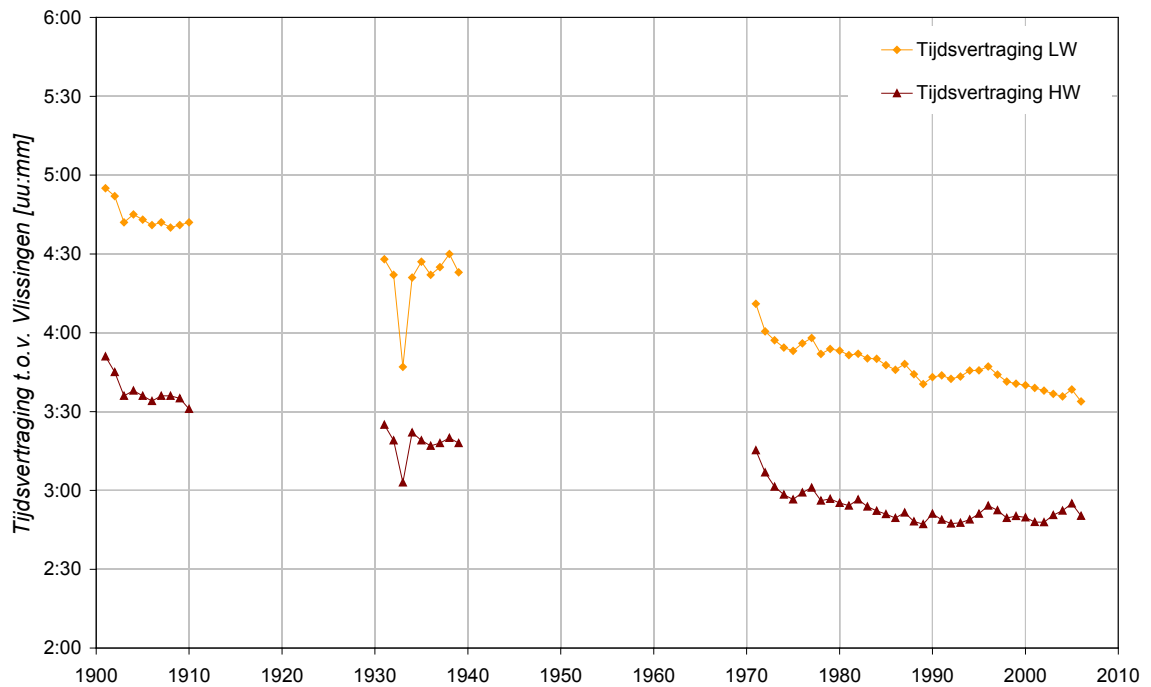
Figuur E 9 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Melle



Figuur E 10 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Waasmunsterbrug



Figuur E 11 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Zele

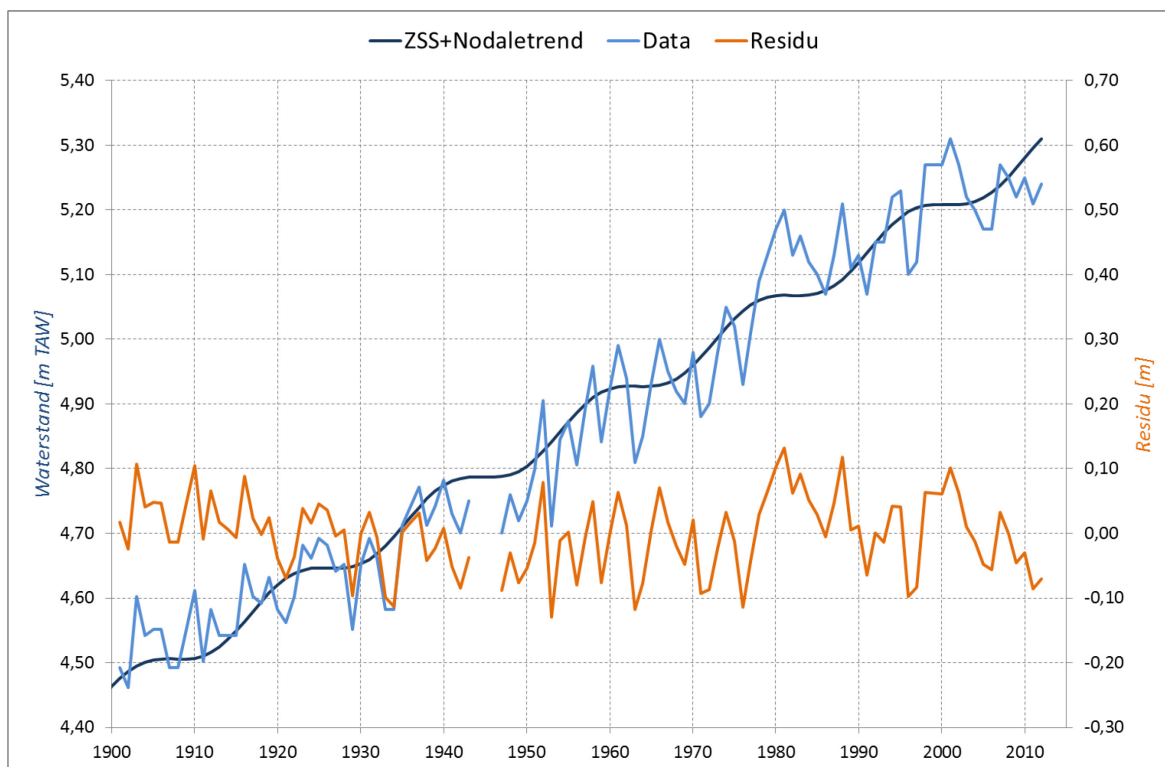


Figuur E 12 – Langjarige evolutie van de tijdsvertraging t.o.v. Vlissingen (gemiddeld getij) te Walem

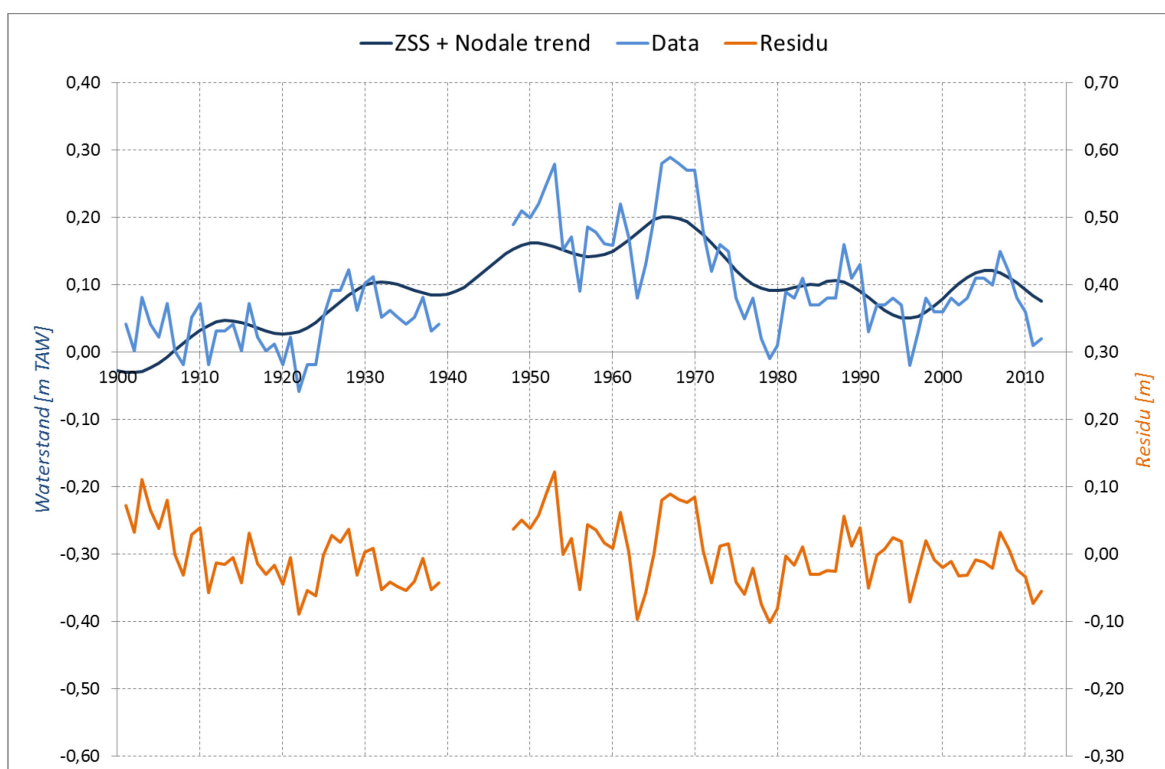
Bijlage F

Bepaling langjarige trends en residuen

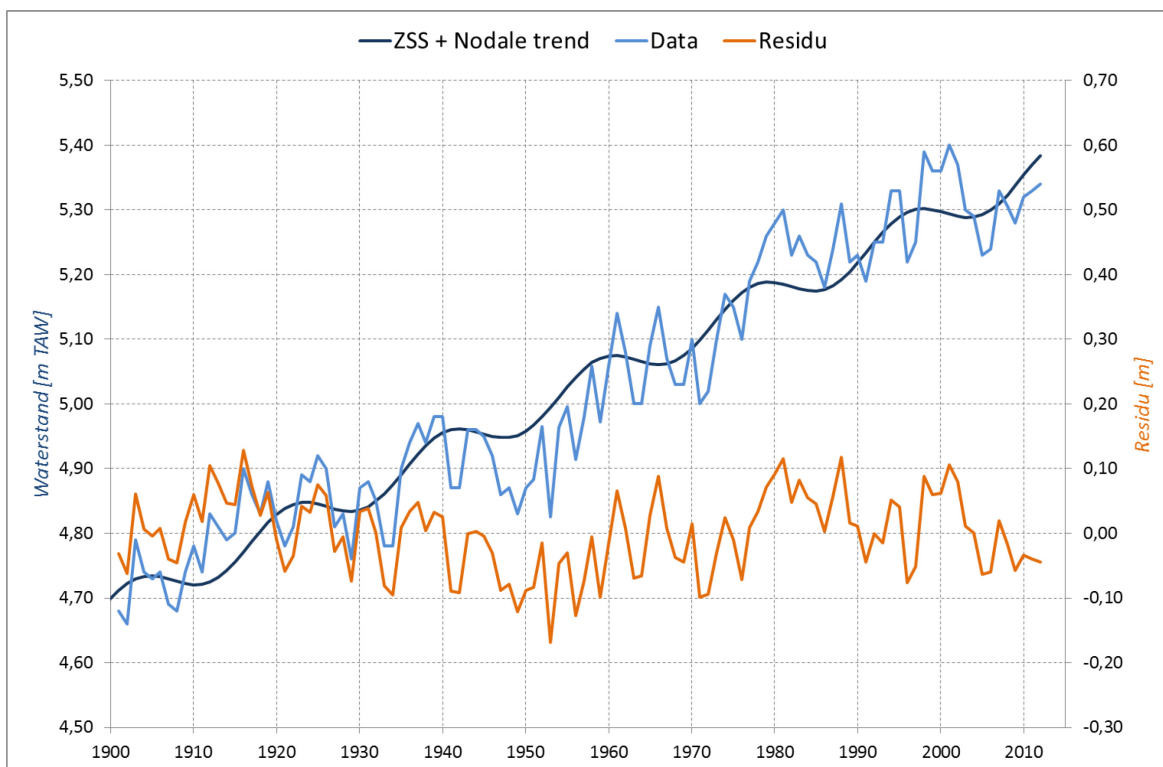
Opmerking: voor het station Zele werden omwille van de sterke variaties in de waterstanden geen trends bepaald.



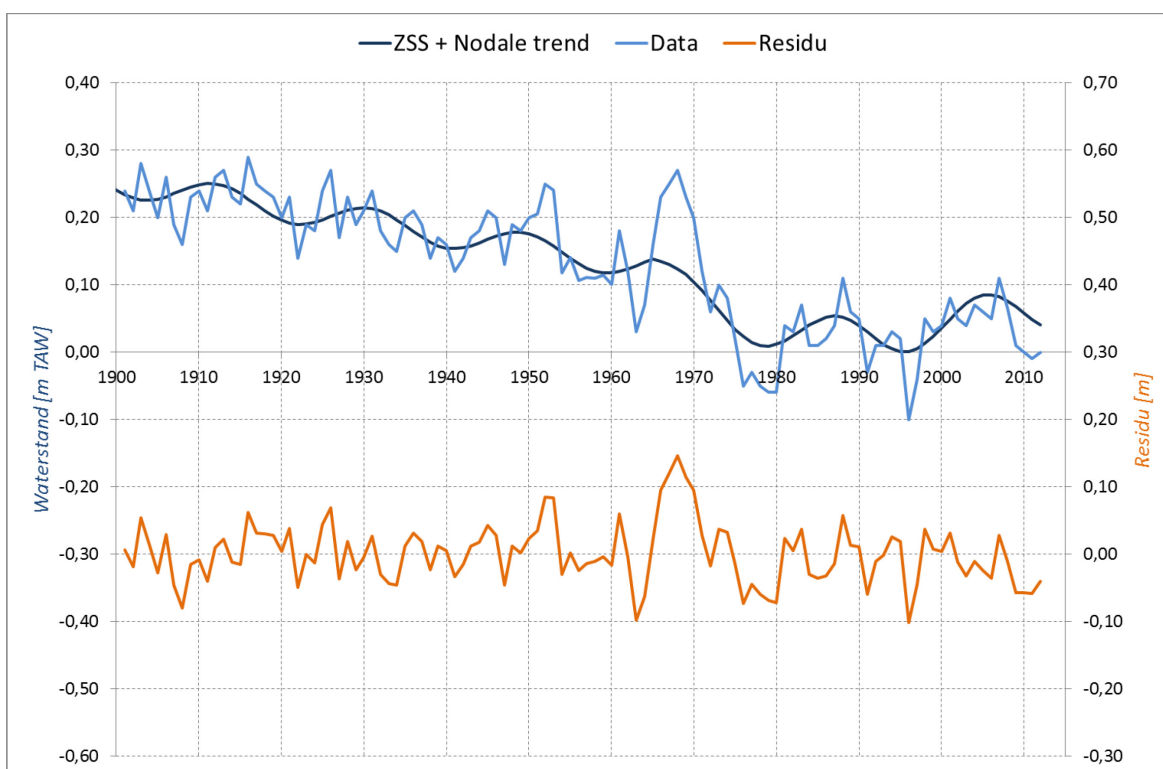
Figuur F-1 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Liefkenshoek



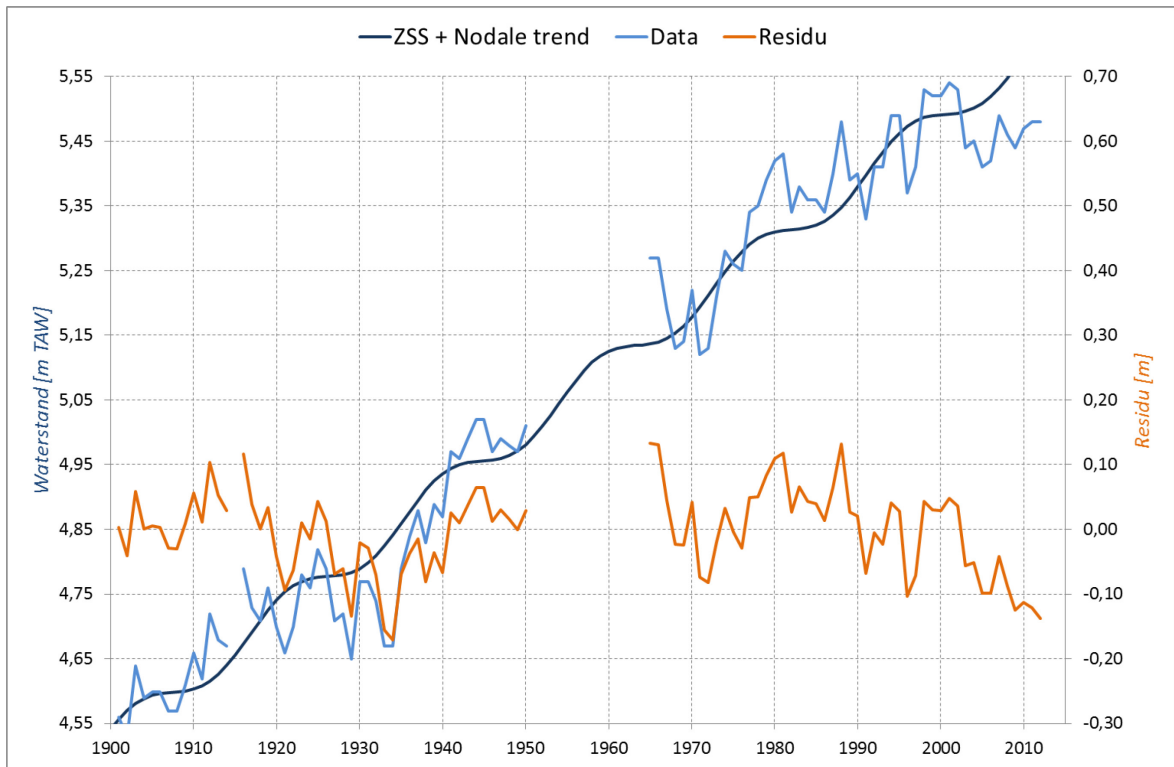
Figuur F-2 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Liefkenshoek



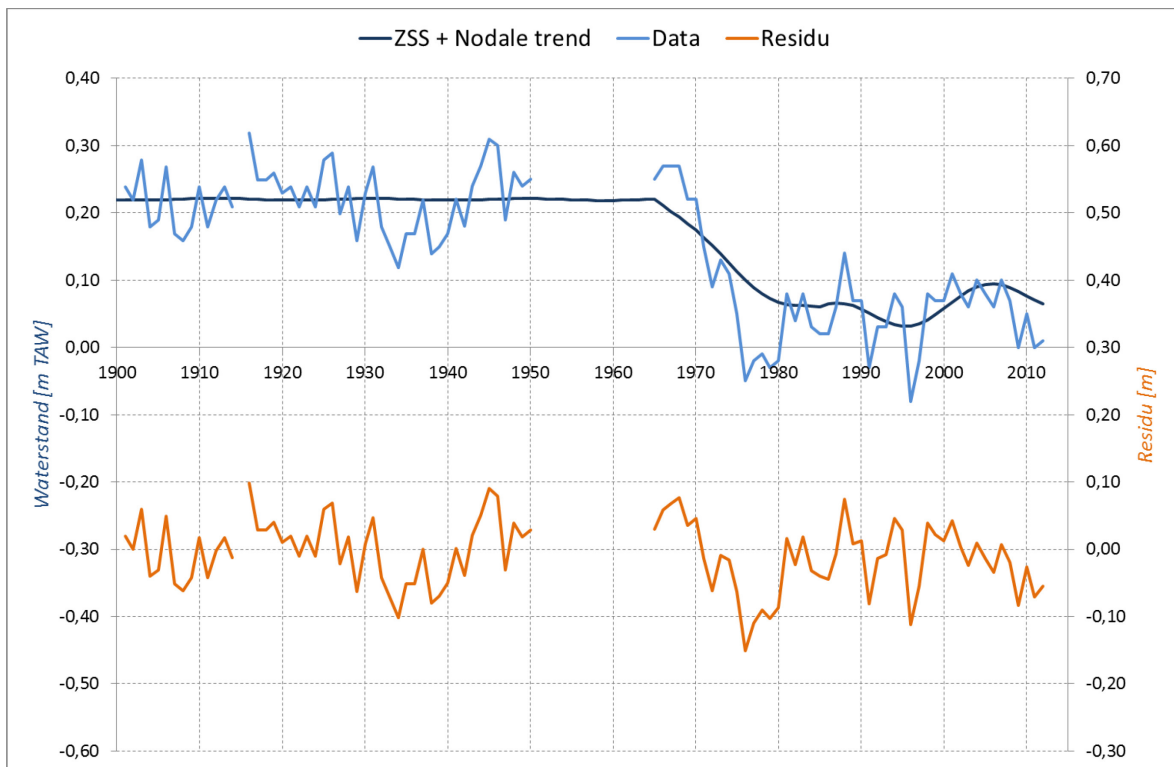
Figuur F-3 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Antwerpen



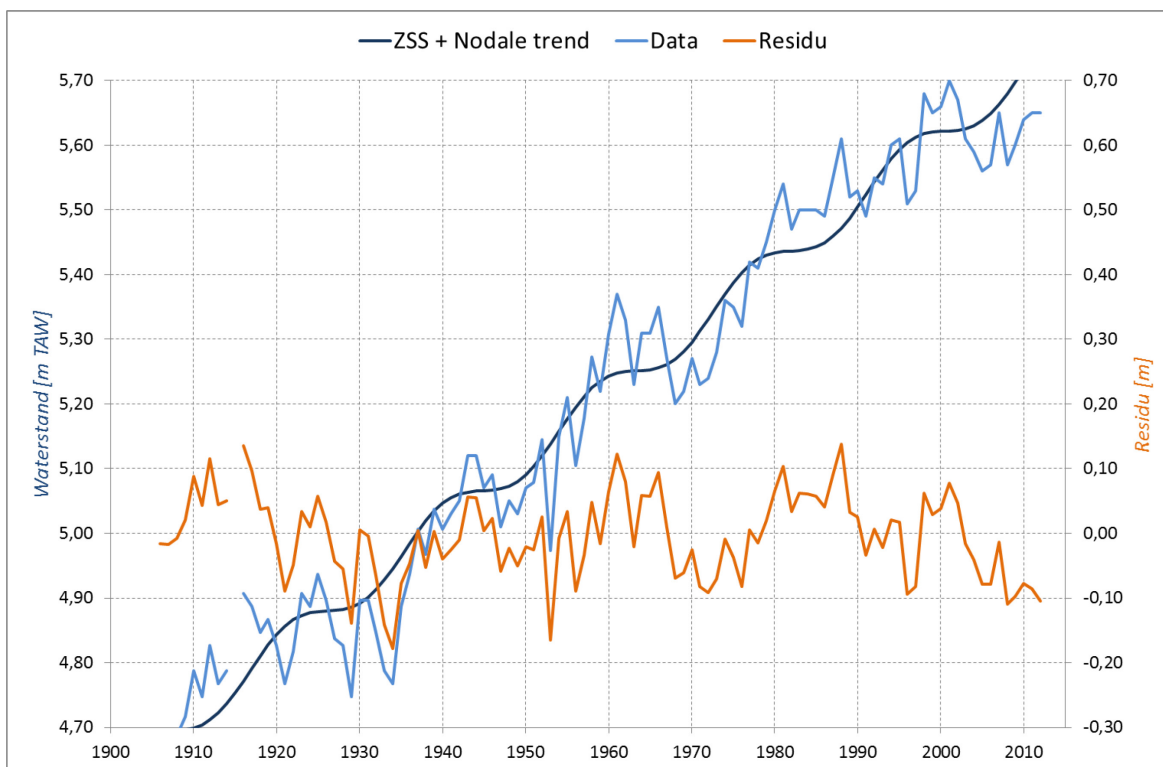
Figuur F-4 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Antwerpen



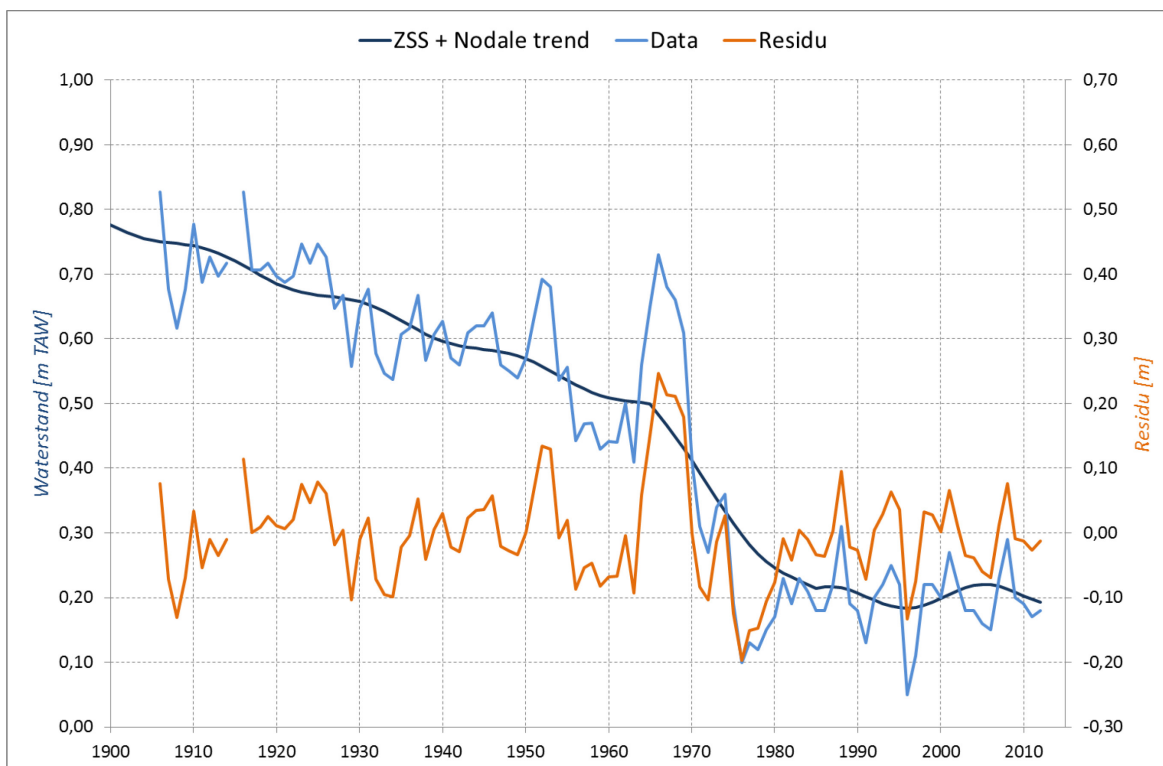
Figuur F-5 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Schelle



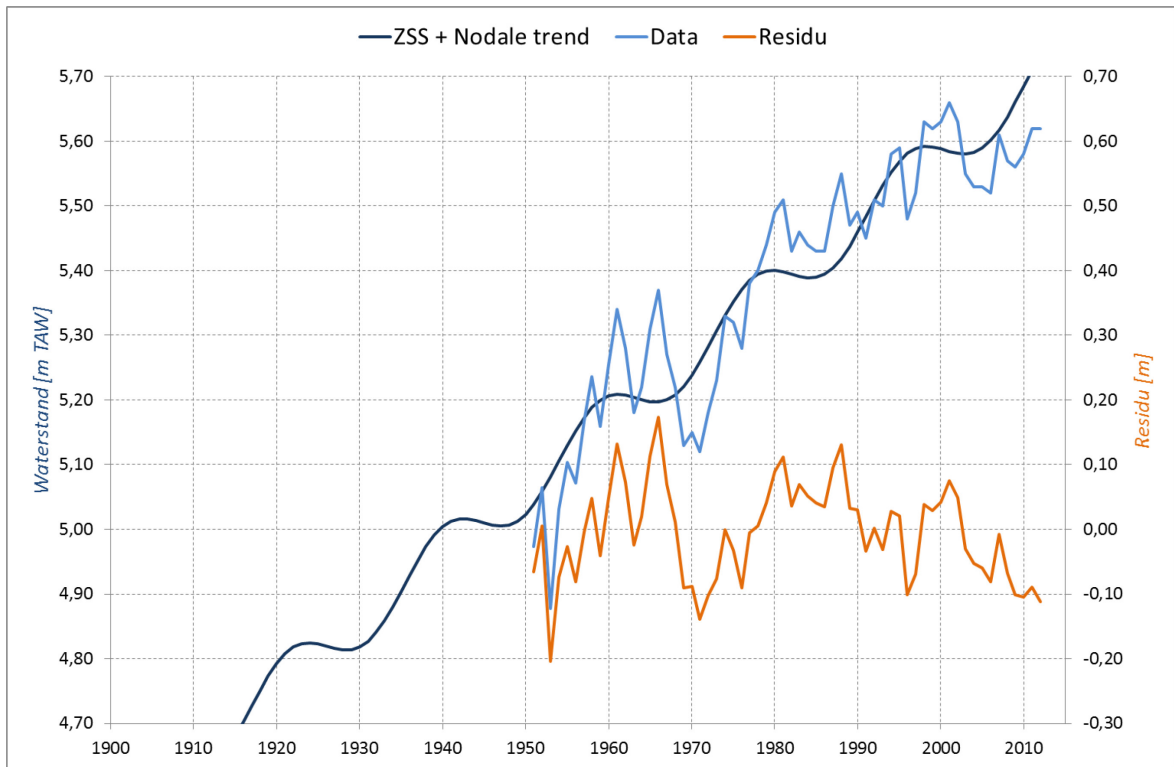
Figuur F-6 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Schelle



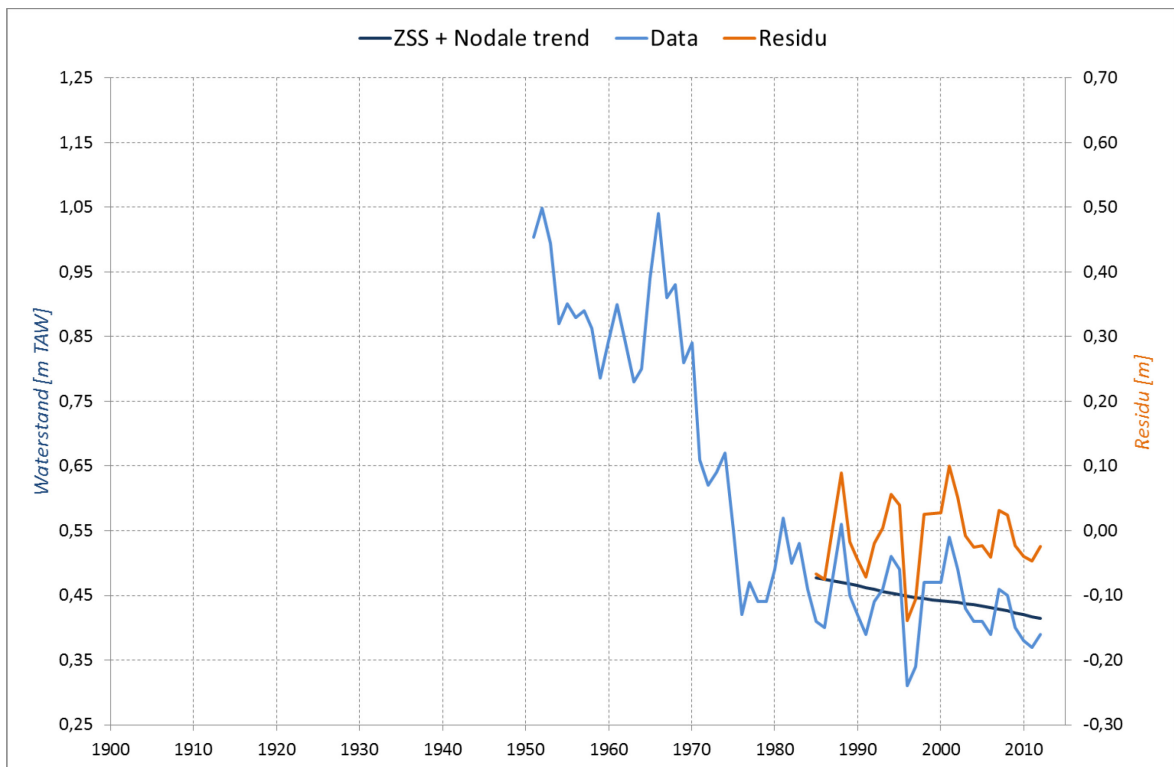
Figuur F-7 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Tielrode



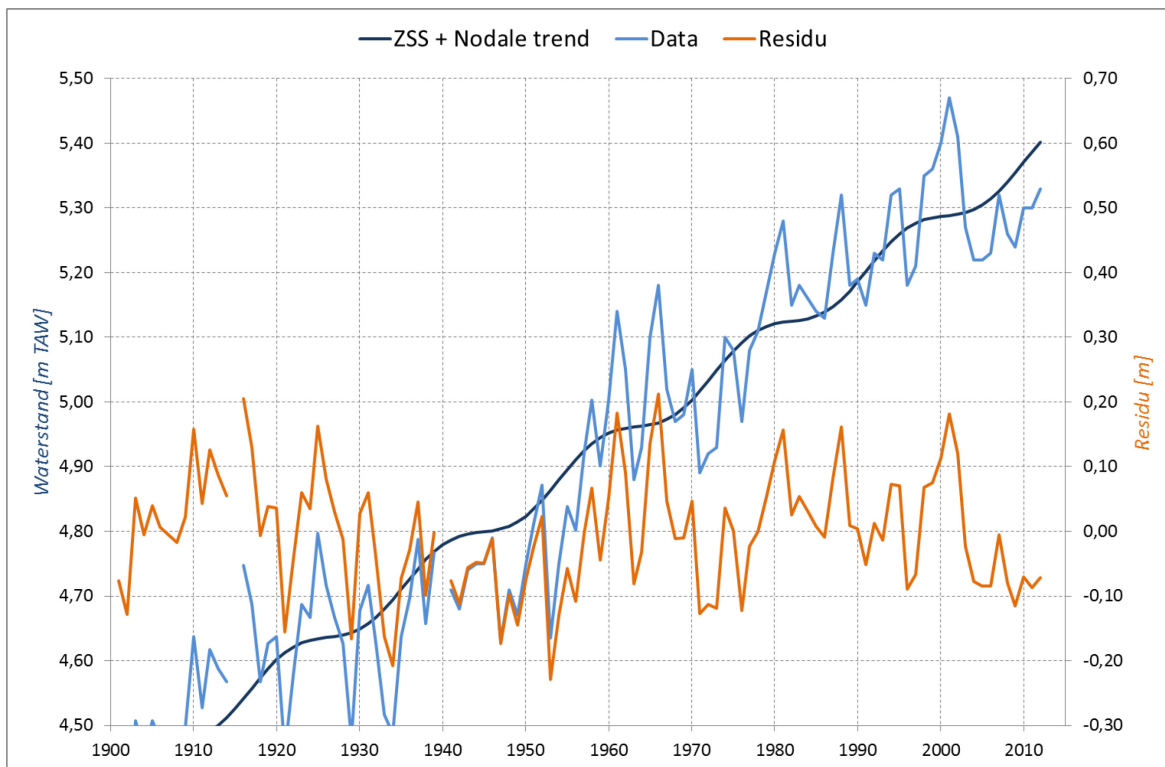
Figuur F-8 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Tielrode



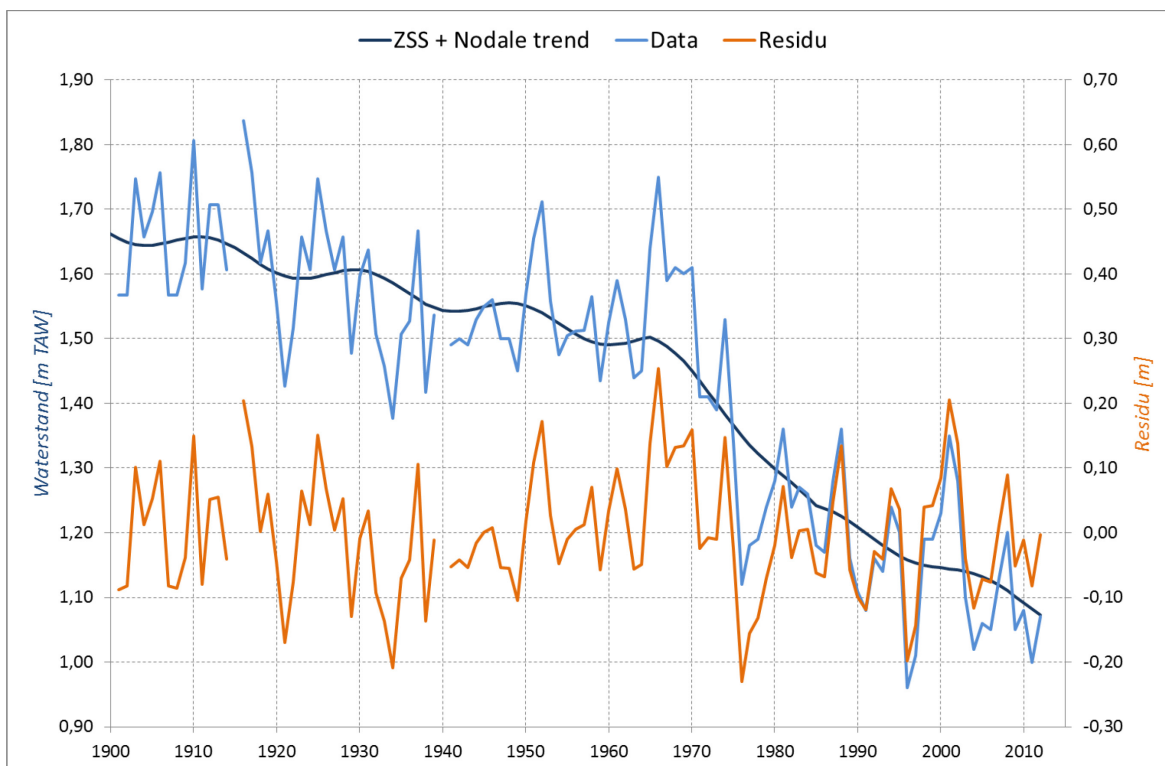
Figuur F-9 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Sint-Amands



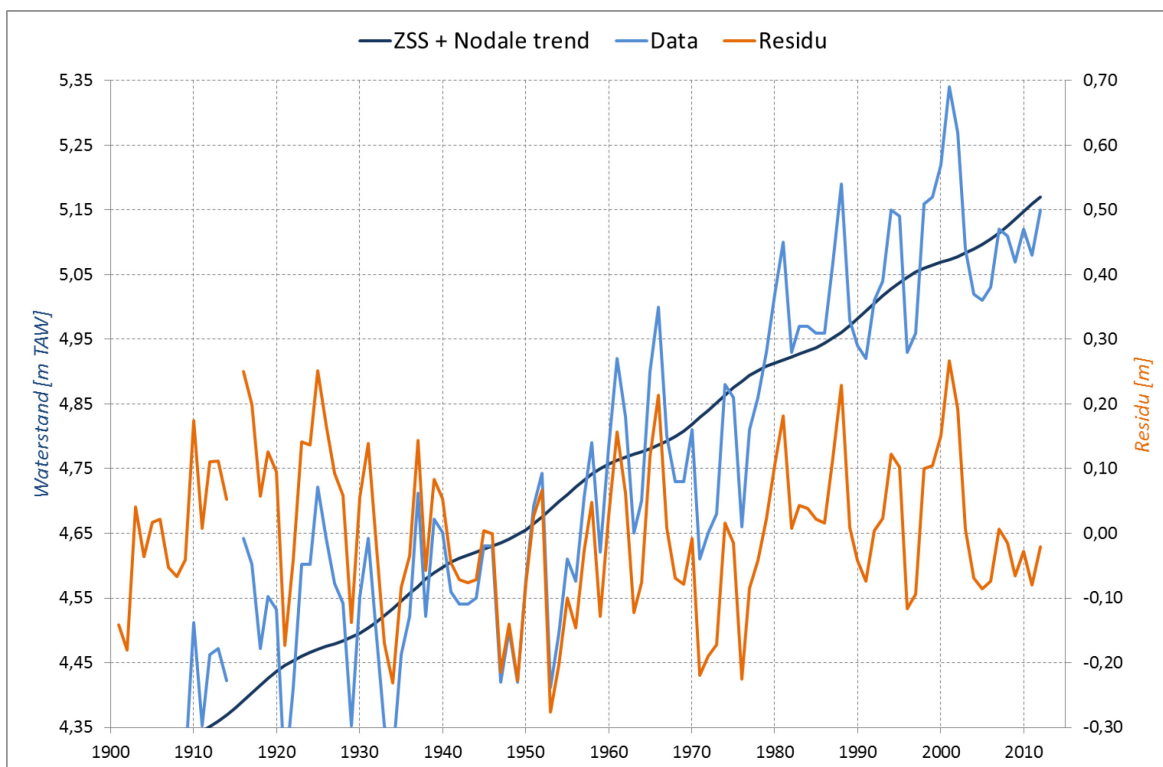
Figuur F-10 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Sint-Amands



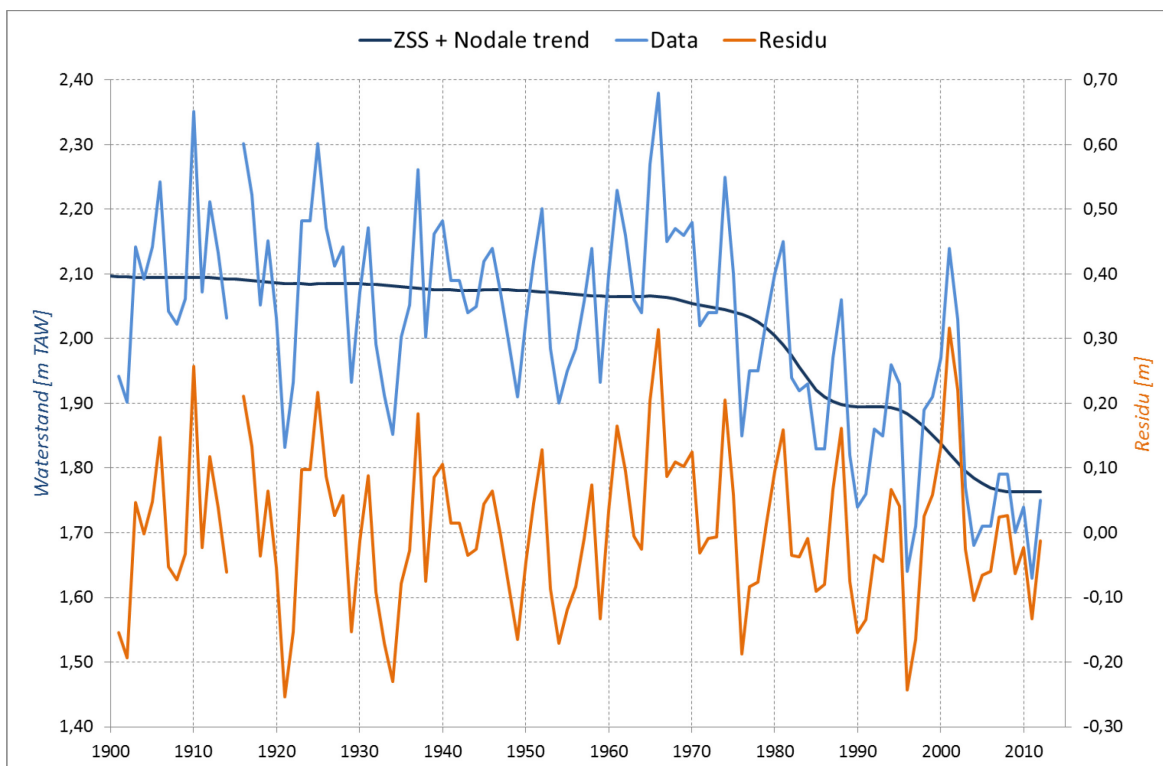
Figuur F-11 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Dendermonde



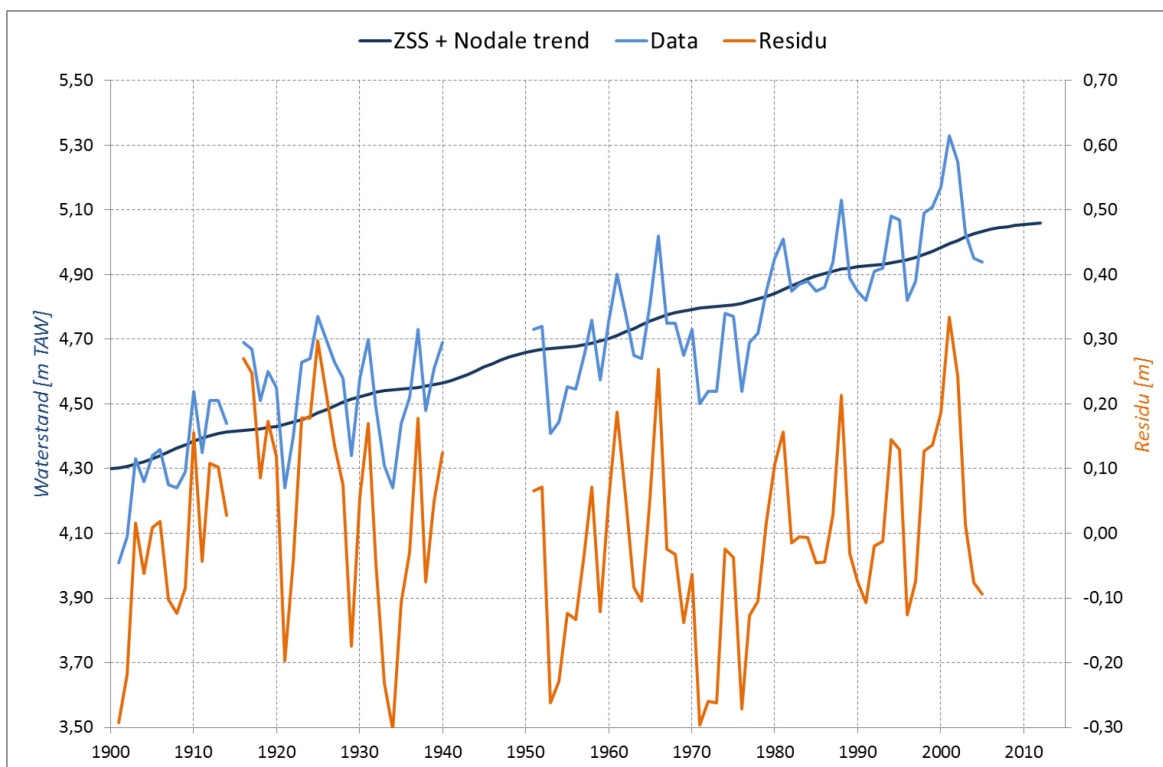
Figuur F-12 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Dendermonde



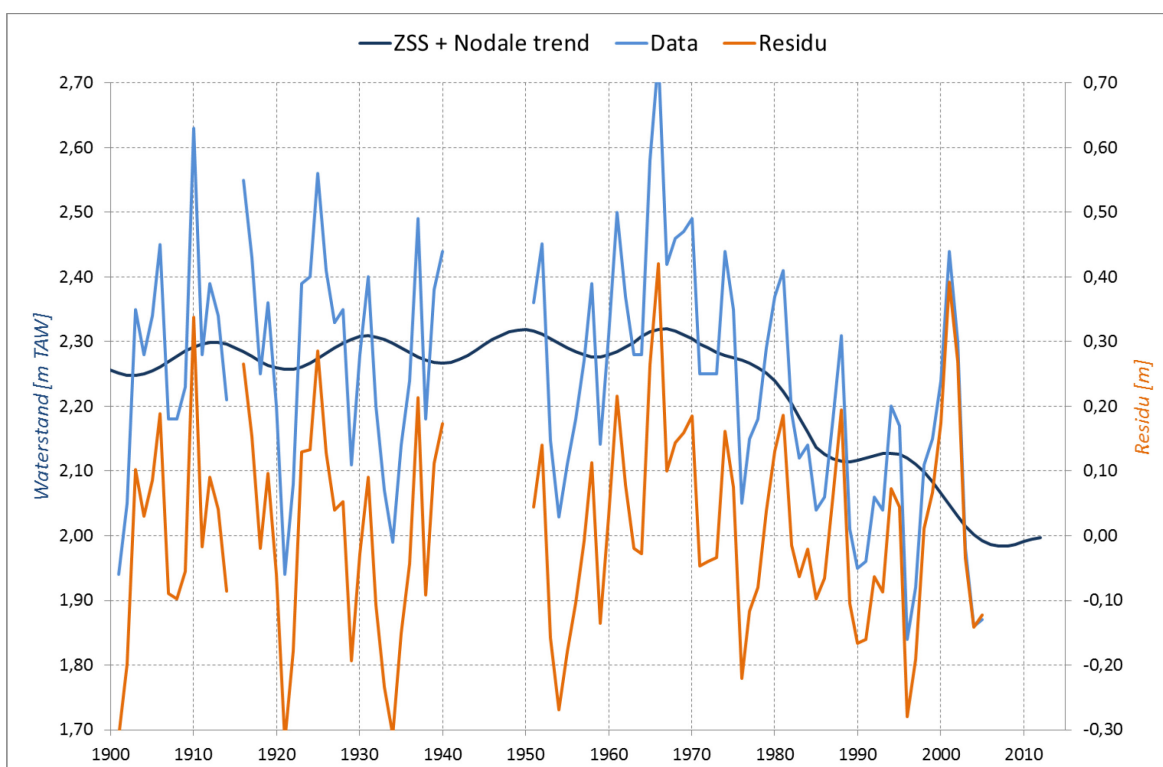
Figuur F-13 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Schoonaarde



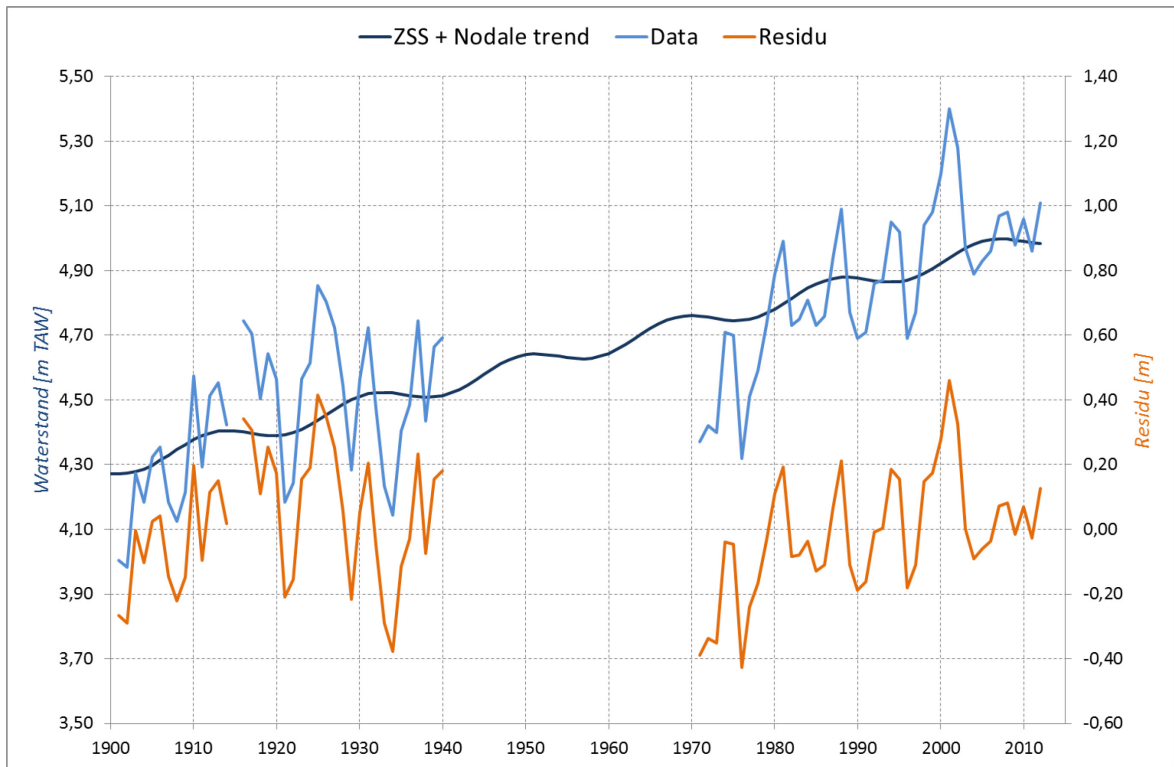
Figuur F-14 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Schoonaarde



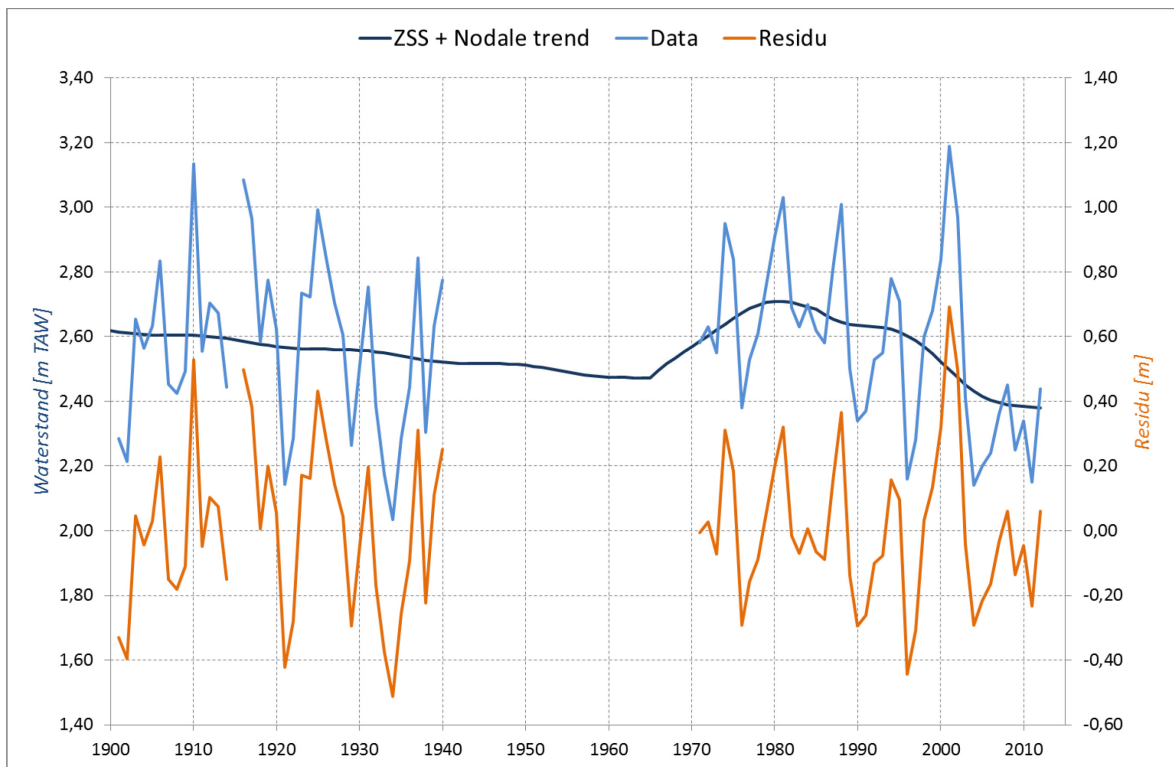
Figuur F-15 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Uitbergen



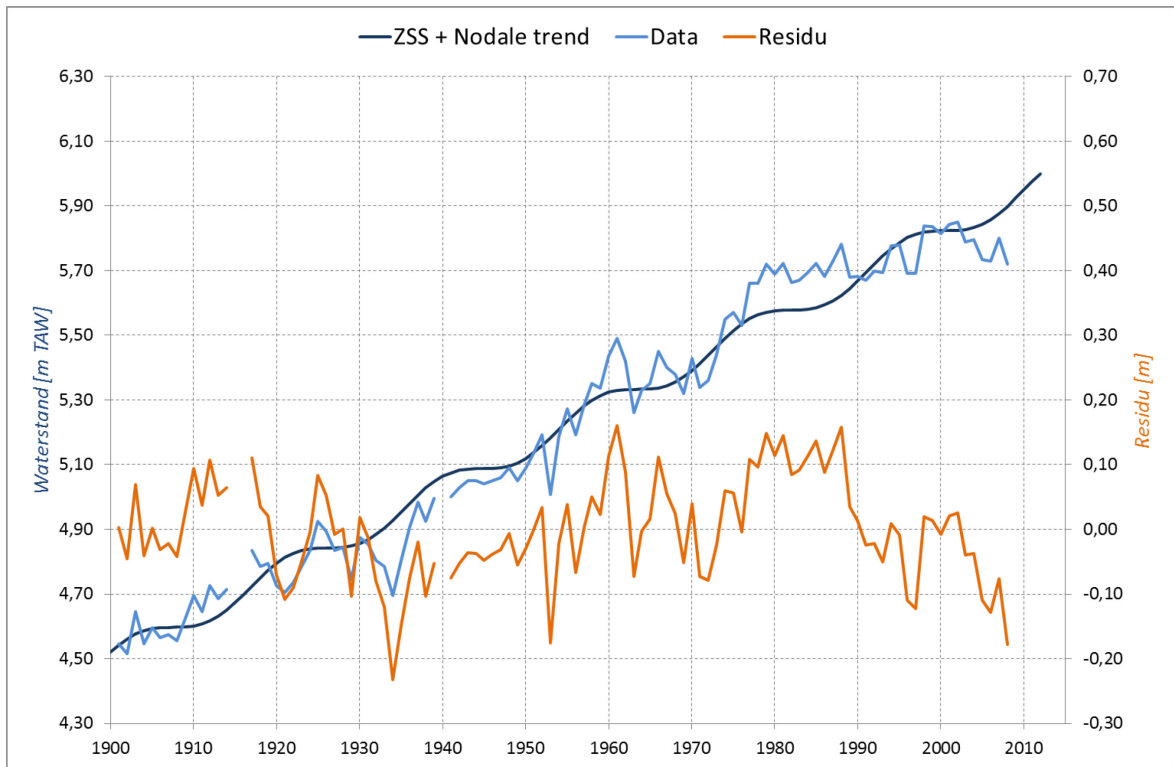
Figuur F-16 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Uitbergen



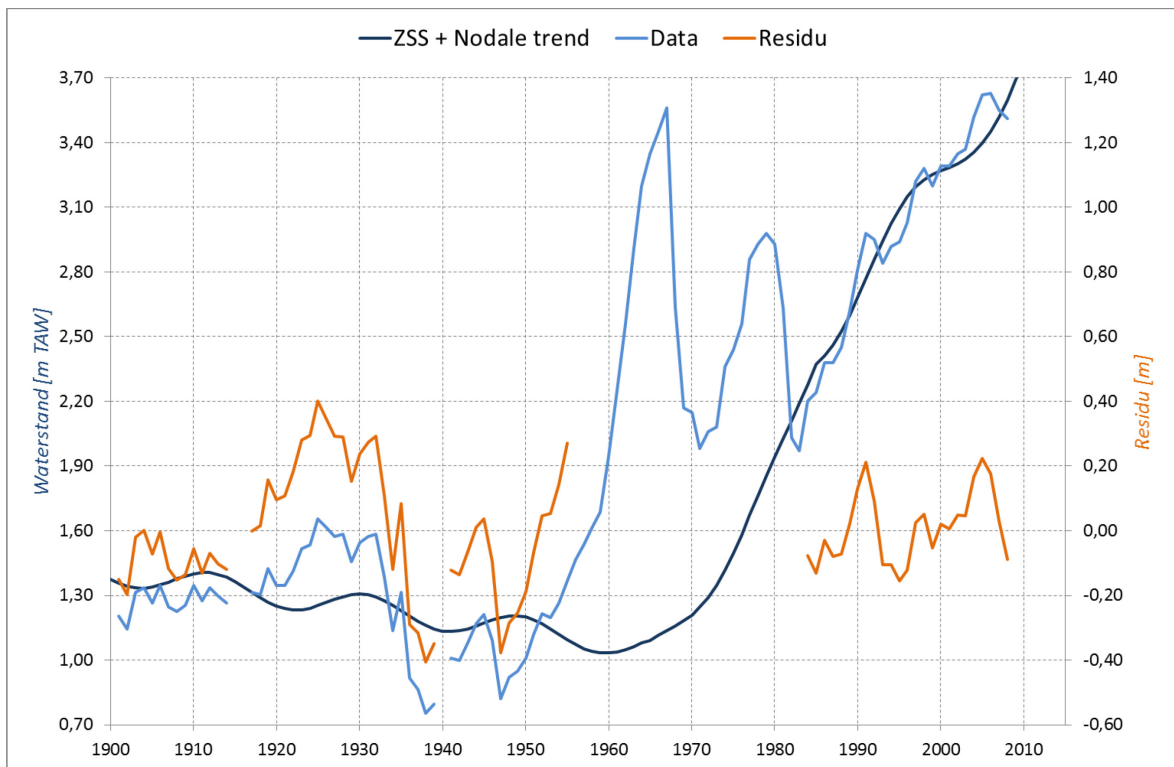
Figuur F-17 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Melle



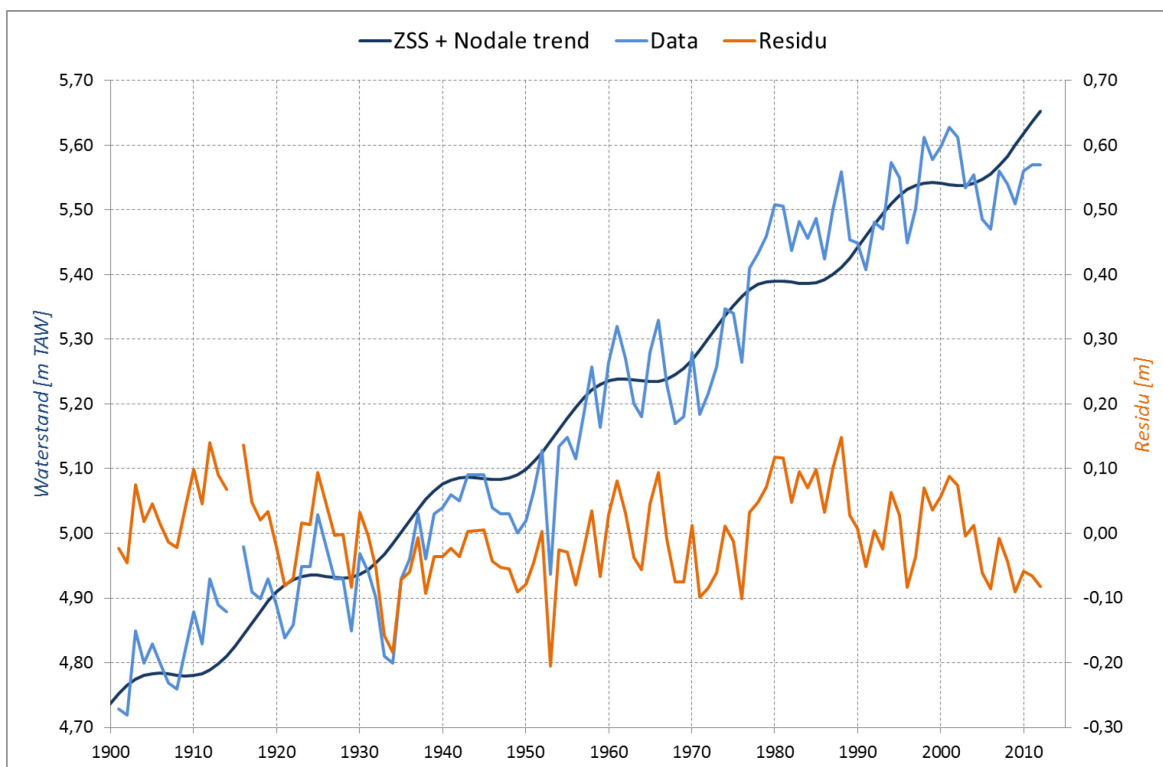
Figuur F-18 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Melle



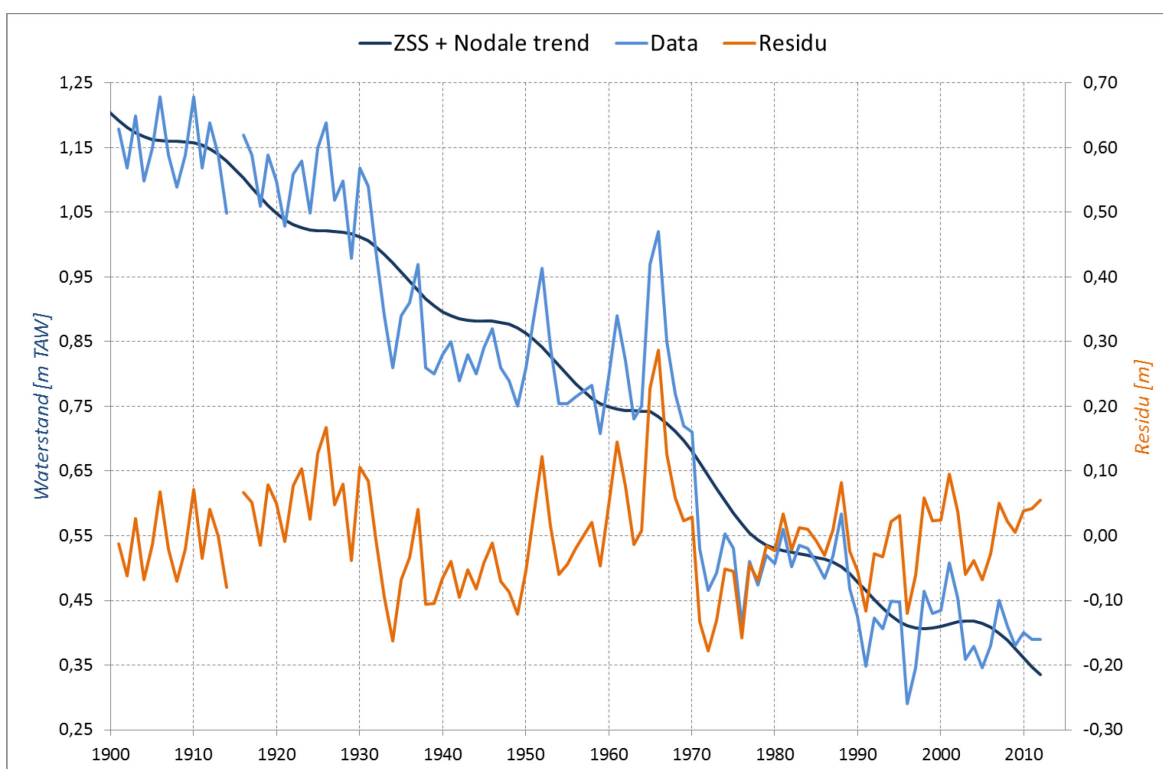
Figuur F-19 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Waasmunsterbrug



Figuur F-20 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Waasmunsterbrug



Figuur F-21 – Bepaling langjarige trends en residuen van het hoogwater te Walem



Figuur F-22 – Bepaling langjarige trends en residuen van het laagwater te Walem



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be