



Vlaanderen
is wetenschap

00_031_26
WL rapporten

Overleg Flexibel Storten

Deelrapport 26
Sedimentbalans ter hoogte van de Plaat van Walsoorden

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Overleg Flexibel Storten

Deelrapport 26 – Sedimentbalans ter hoogte van de Plaat van Walsoorden

Goossens, M.; Van Holland, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.
De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.
Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2019
D/2019/3241/122

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Goossens, M.; Van Holland, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2019). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 26 – Sedimentbalans ter hoogte van de Plaat van Walsoorden. Versie 3.0. WL Rapporten, 00_031_26. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.



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

Documentidentificatie


Opdrachtgever:	Overleg Flexibel Storten	Ref.:	WL2019R00_031_26
Keywords (3-5):	Zandbalans, storten, Schelde-estuarium		
Tekst (p.):	30	Bijlagen (p.):	52
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Goossens, M.
------------	--------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Van Holland, G.	Gijsbert van Holland (Signature)  Digitally signed by Gijsbert van Holland (Signature) Date: 2019.09.16 16:22:15 +02'00'
Projectleider:	Plancke, Y.	 <small>Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2019-10-01 12:25:54 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	 <small>Getekend door: Frank Mostaert (Signature) Getekend op: 2019-09-17 12:47:04 +01:00 Reden: Ik keur dit document goed</small>
-----------------	--------------	--



Abstract

In het kader van de onderhoudsbaggerwerken van de vaargeul in de Westerschelde wordt het sediment teruggestort deels in de hoofdgeulen, deels in de nevengeulen en deels langs een aantal plaatranden. Bij de opvolging van deze stortstrategie worden jaarlijks een aantal kwaliteitsparameters getoetst. In macrocel 5 werd er bezorgdheid geuit rond de mogelijke invloed van de plaatrandstortingen op de ophoging van de Plaat van Walsoorden.

Om deze bezorgdheden te onderzoeken, wordt in dit rapport een analyse uitgevoerd van het sedimenttransport ter hoogte van de stortzone Plaat van Walsoorden. Het sedimenttransport over de plaatrand verloopt voornamelijk in de richting van de vloedstroming. De uitgevoerde stortingen leiden initieel tot een toename van het netto sedimenttransport in de zone waar de stortingen zijn uitgevoerd. Opwaarts hiervan daalt het sedimenttransport en wordt een deel van het geërodeerde sediment afgezet. In verschillende gevallen geven de variaties in sedimentflux aan dat het sediment het jaar nadien opnieuw erodeert en verder opwaarts wordt afgezet of uit de plaatrandstortzone verdwijnt. Een ander deel van het geërodeerde sediment verdwijnt reeds in het eerste jaar in oostelijke richting uit de plaatrandstortzone. In enkele morfologische deelzones loopt de voornaamste richting van sedimenttransport echter niet volledig gelijk met de richting van de rekenrijen. Voornamelijk op de plaatpunt wordt veel van het gestorte sediment zuidwaarts in de richting van de zuidelijke vloedschaar getransporteerd. De opwaartse migratie van het aangebrachte sediment heeft vooral in de noordelijke, en in mindere mate ook in de zuidelijke vloedschaar een vermindering van diepte tot gevolg.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren	VI
1 Inleiding	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Doel.....	2
2 Methodologie	4
2.1 Berekening van de zandbalansen	4
2.2 Definiëren van de randvoorwaarden	5
2.2.1 Methodologie	5
2.2.2 Resultaten.....	6
3 Data	8
3.1 Gebruikte peilingen	8
3.2 Gebruikte modelresultaten	9
4 Resultaten.....	10
4.1 Resultaten voor rij 6	10
4.2 Resultaten voor rij 14	14
4.3 Resultaten voor rij 16	18
4.4 Resultaten voor rij 19	22
4.5 Gebiedsdekkende resultaten.....	26
5 Conclusie.....	29
6 Referenties	30
7 Bijlagen	B31
7.1 Evolutie doorheen de tijd.....	B31
7.2 Vergelijking van de randvoorwaarden per tijdsstap	B35
7.2.1 Rij 6	B35
7.2.2 Rij 14	B39
7.2.3 Rij 16	B43
7.2.4 Rij 19	B47
7.3 Aanvullende zandbalansen – gemiddelden.....	B51
7.4 Aanvullende zandbalansen – diverse randvoorwaarden	B67

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Overzicht van de gebruikte data voor de zandbalansen	8
Tabel 2: Overzicht van de gebruikte modelruns	9

Lijst van de figuren

Figuur 1: Situering van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	2
Figuur 2: Tijdsverloop van het volume gestort materiaal en het cumulatieve verschilvolume uit de peilingen voor de complete stortzone voor Plaat van Walsoorden. (IMDC, 2017)	2
Figuur 3: Plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de morfologische entiteiten (links) en de punten waar de randvoorwaarde werd toegepast (rechts).....	3
Figuur 4: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 1/02/2010 en 08/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	7
Figuur 5: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen.....	11
Figuur 6: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	12
Figuur 7: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	13
Figuur 8: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen.....	15
Figuur 9: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden.....	16
Figuur 10: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	17
Figuur 11: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen.....	19
Figuur 12: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden.....	20
Figuur 13: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	21
Figuur 14: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen.....	23
Figuur 15: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden.....	24
Figuur 16: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden	25
Figuur 17: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2010 en 2011 met aanduiding van de dieptecontouren.....	27
Figuur 18: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2012 en 2013 met aanduiding van de dieptecontouren.....	28
Figuur 19: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2014 en 2015 met aanduiding van de dieptecontouren.....	28

Figuur 20: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 6.....	B31
Figuur 21: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 14.....	B32
Figuur 22: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 16.....	B33
Figuur 23: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 19.....	B34
Figuur 24: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 1/02/2010 en 08/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B35
Figuur 25: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B36
Figuur 26: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B36
Figuur 27: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B37
Figuur 28: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B37
Figuur 29: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B38
Figuur 30: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B39
Figuur 31: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B40
Figuur 32: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B40
Figuur 33: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B41
Figuur 34: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B41
Figuur 35: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B42
Figuur 36: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B43
Figuur 37: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B44
Figuur 38: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B44
Figuur 39: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B45
Figuur 40: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B45
Figuur 41: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B46
Figuur 42: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B47

Figuur 43: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B48
Figuur 44: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B48
Figuur 45: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B49
Figuur 46: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B49
Figuur 47: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.....	B50
Figuur 48: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 1.....	B51
Figuur 49: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 2.....	B52
Figuur 50: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 3.....	B53
Figuur 51: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 4.....	B54
Figuur 52: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 5.....	B55
Figuur 53: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 7.....	B56
Figuur 54: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 8.....	B57
Figuur 55: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 9.....	B58
Figuur 56: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 10.....	B59
Figuur 57: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 11.....	B60
Figuur 58: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 12.....	B61
Figuur 59: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 13.....	B62
Figuur 60: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 15.....	B63
Figuur 61: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 17.....	B64
Figuur 62: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 18.....	B65
Figuur 63: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 20.....	B66
Figuur 64: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 1.....	B67
Figuur 65: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 2.....	B68
Figuur 66: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 3.....	B69
Figuur 67: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 4.....	B70
Figuur 68: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 5.....	B71
Figuur 69: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 7.....	B72
Figuur 70: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 8.....	B73
Figuur 71: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 9.....	B74
Figuur 72: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 10.....	B75
Figuur 73: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 11.....	B76
Figuur 74: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 12.....	B77

Figuur 75: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 13.....	B78
Figuur 76: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 15.....	B79
Figuur 77: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 17.....	B80
Figuur 78: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 18.....	B81
Figuur 79: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 20.....	B82

1 Inleiding

In het kader van de verruiming van de vaargeul in de Westerschelde en de Beneden-Zeeschelde werd een stortstrategie ontwikkeld waarbij de onderhoudsspecie deels in de hoofdgeulen, deels in de nevengeulen en deels langs een aantal plaatranden wordt teruggestort. Deze strategie werd ook na het aflopen van de vergunningstermijn van 5 jaar verdergezet in de vigerende vergunning. Een intensief monitoringprogramma “MONEOS-T” (Schrijver & Plancke, 2008) levert de benodigde informatie om de effecten van de stortstrategie te beoordelen. Dit gebeurt aan de hand van een aantal kwaliteitsparameters, die in het zgn. “Protocol voorwaarden flexibel storten – kwaliteitsparameters” (Rijkswaterstaat Zeeland *et al.*, 2008) zijn vastgelegd. Jaarlijks worden deze kwaliteitsparameters getoetst binnen het overleg Flexibel Storten. De stortstrategie kan (uit voorzorg) worden aangepast wanneer bepaalde criteria (dreigen) overschreden (te) worden.

Naar aanleiding van een aantal bezorgdheden rond de plaatrandstortingen, werd voorgesteld om naar analogie met Vandenbruwaene *et al.* (2012) de sedimentdynamica in beeld te brengen aan de hand van een zandbalans. Voorliggend rapport gaat in op de berekening van deze zandbalans ter hoogte van de stortlocatie Plaat van Walsoorden (PWA). In Goossens *et al.* (s.d.) wordt een gelijkaardige analyse gemaakt voor de Hooge Platen West.

1.1 Situering

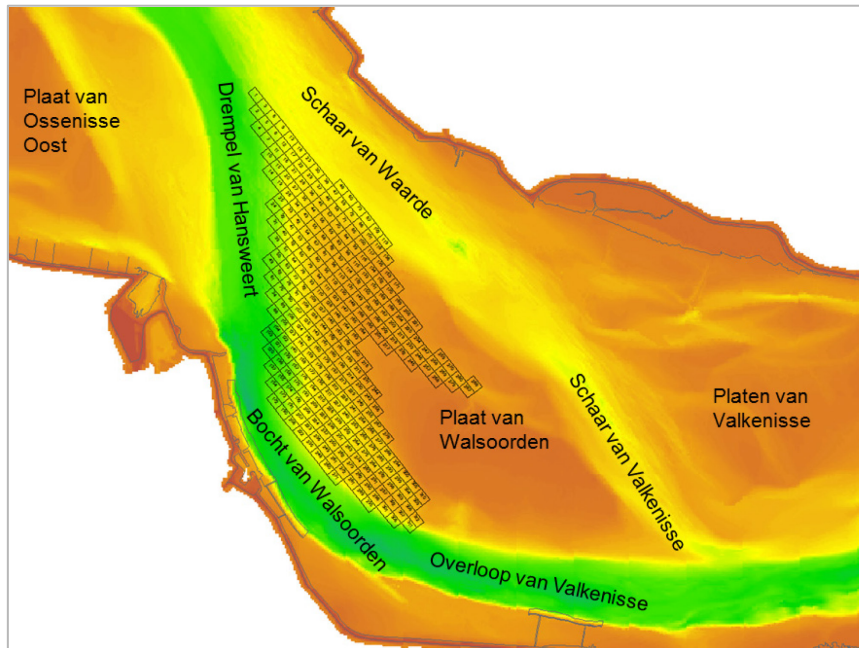
De stortzone Plaat van Walsoorden betreft een vergunde plaatrandstortzone ter hoogte van de westelijke plaatrand van de Plaat van Walsoorden (Figuur 1). In het kader van de stortstrategie “flexibel storten” worden hier stortwerkzaamheden uitgevoerd met specie afkomstig van de aanleg tijdens en het onderhoud sinds de derde verruiming van de Westerschelde. Initieel werd in de periode februari – september 2010 een “megaduin” aangebracht ter hoogte van de punt van de plaat (Figuur 3). Het totale stortvolume bedroeg ca. 3 717 000 m³. Nadien zijn er bijkomende stortingen met onderhoudsspecie uitgevoerd. Een tweede stortperiode vond plaats tussen 12 oktober en 15 december 2011, ter hoogte van de westelijke en noordwestelijke zijde van de eerder gecreëerde ondiepe plaatpunt (ca. 821 000 m³). Tussen juni 2012 en eind augustus 2012 werd ruim 713 000 m³ gestort in de zuidelijke vloedschaar. In augustus en september 2013 werd ca. 496 000 m³ gestort langsheen de -6 tot -7 m LAT contour in het westelijke deel van de stortzone, tegen het eerder aangelegde megaduin. De vijfde stortcampagne op de plaatrand van de PWA startte op 14 november 2014 en eindigde op 21 december 2014. Er werd in totaal ruim 453 000 m³ aangebracht op de grens tussen de ondiepe en de diepe plaatpunt. Sinds het najaar van 2015 worden op regelmatige tijdstippen kleinere volumes baggermateriaal op de plaatrand aangebracht. Een volledig verloop van de stortingen in de plaatrandstortzone wordt gegeven in Figuur 2. De stortingen per morfologische deelzone worden in meer detail beschreven in de kwartaalanalyses van de maandelijkse monitoringsrapporten (eg. IMDC, 2017).

Sinds het begin van de stortingen is de morfologie op de plaatrand sterk veranderd. De delen tegen de plaatrand aan, inclusief de noordelijke en zuidelijke vloedschaar en de zuidelijke zandtong zijn sterk ondieper geworden. Het diepere deel van de plaatpunt, tegen de vaargeul in het westen aan, wordt dieper. Het ondiepe deel in de Schaar van Waarde breidt zich uit in zuidelijke richting. Het geultje dat zich hier bevindt wordt hierdoor verder in zuidelijke richting geduwd, met gedeeltelijke erosie van de noordelijke zandtong tot gevolg.

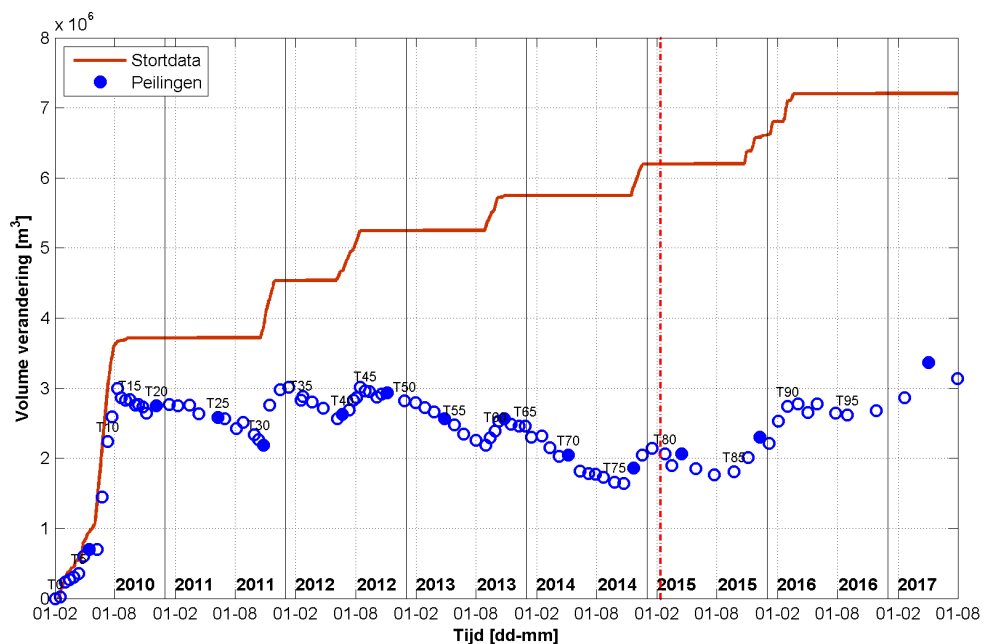
1.2 Doel

Om het gedrag en transport van eventuele bijkomende stortingen beter te kunnen inschatten, wordt in voorliggend rapport het sedimenttransport geanalyseerd op basis van een zandbalans ter hoogte van de plaatrandstortzone. In het rapport wordt enerzijds gekeken naar de verschillende methodes voor het bepalen van de benodigde randvoorwaarde en anderzijds naar de berekende sedimentflux ter hoogte van een aantal doorsnedes in de plaatrandstortzone.

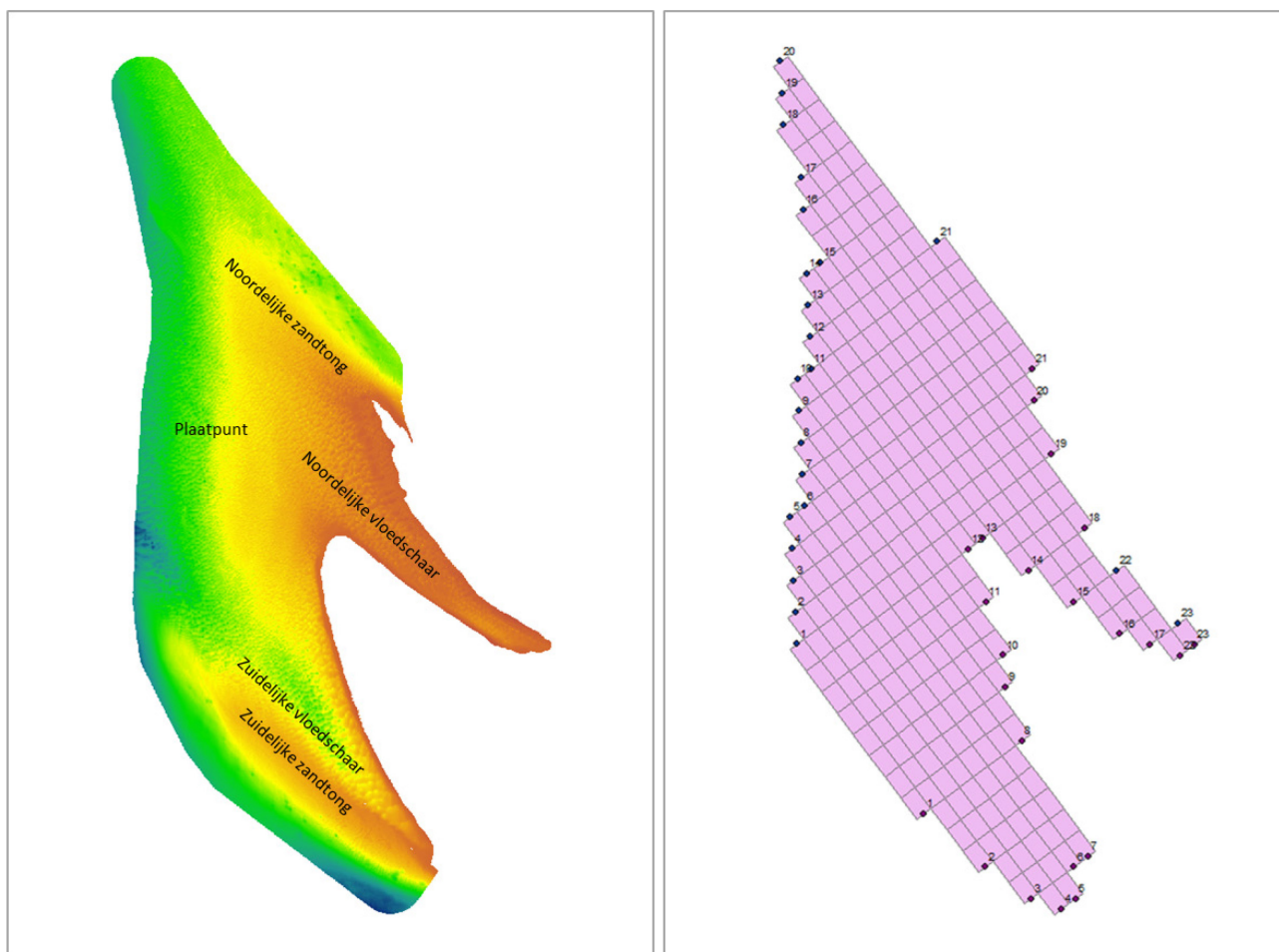
Figuur 1: Situering van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



Figuur 2: Tijdsverloop van het volume gestort materiaal en het cumulatieve verschilvolume uit de peilingen voor de complete stortzone voor Plaat van Walsoorden. (IMDC, 2017)



Figuur 3: Plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de morfologische entiteiten (links) en de punten waar de randvoorwaarde werd toegepast (rechts).



2 Methodologie

In Vandenbruwaene *et al.* (2012) werd de methodologie voor het bepalen van sedimentfluxen op basis van een één-dimensionale zandbalans reeds gebruikt. Dezelfde methodiek wordt binnen voorliggend rapport toegepast. Daar waar de zandbalans gebruik maakt van zowel de opeenvolgende topo-bathymetrische opnames als de menselijke ingrepen (baggeren, zandwinning, stortingen, zie § 2.1) om de volumeveranderingen te berekenen, is tevens een randvoorwaarde nodig om de zandbalans te kunnen berekenen (§ 2.2). Deze wordt in volgende paragrafen verder toegelicht.

2.1 Berekening van de zandbalansen

Bij het berekenen van zandbalansen wordt gebruik gemaakt van topo-bathymetrische opnames waarop verschilvolumeberekeningen worden uitgevoerd. Het hiervoor gebruikte rekenrooster komt overeen met de individuele stortvakken en is gelegen volgens de dominante stroomrichting (Figuur 3). Indien er stortingen uitgevoerd zijn in het beschouwde tijdsinterval worden deze ook meegenomen in de balansberekeningen.

In functie van de berekeningen werden volgende vereenvoudiging aangenomen:

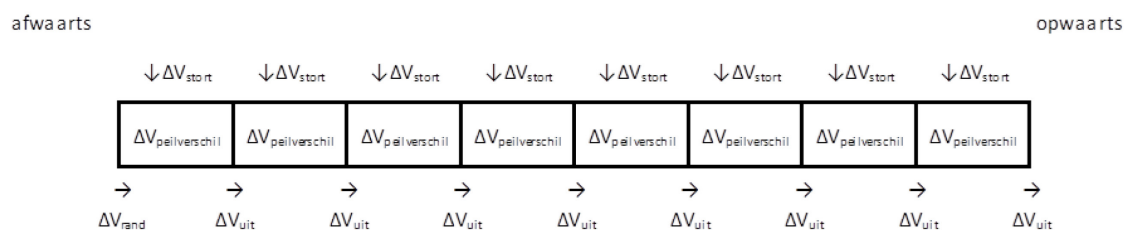
- Alle transport wordt verondersteld te gebeuren in de richting van de lijnen van stortvakken¹;
- Netto opwaarts transport door de vloedstroming is positief, netto afwaarts transport in ebrichting is negatief.

Onderstaand model en formule werden toegepast bij het berekenen van de sedimentbalans voor de individuele stortvakjes. Hierbij geldt:

ΔV_{uit} is negatief wanneer de netto migratie afwaarts gebeurt

ΔV_{uit} is positief wanneer de netto migratie opwaarts gebeurt

ΔV_{rand} is gelijk aan ΔV_{uit} van het vakje afwaarts van het vak waarvoor de berekening wordt uitgevoerd



$$\Delta V_{uit} = \Delta V_{rand} + \Delta V_{stort} - \Delta V_{peilverschil}$$

Door de zandbalansen van alle opeenvolgende vakjes aaneen te schakelen, worden berekeningen uitgevoerd over de gehele plaatrandstortzone.

¹ Merk op dat het transport in werkelijkheid in meerdere dimensies zal verlopen.

2.2 Definiëren van de randvoorwaarden

2.2.1 Methodologie

Bij de verkennende berekening van de zandbalans werd een constante afwaartse sedimentflux ($0,01 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dag}$) als randvoorwaarde opgelegd. Echter, deze waarde is niet realistisch. Om een beter beeld te krijgen van de evolutie van de randvoorwaarden doorheen de tijd (2010 – 2016), werd gebruik gemaakt van de resultaten van de jaarlijkse stromingsmodelleringen uitgevoerd in kader van de opvolging van de plaatrandstortingen (o.a. Vos *et al.*, 2012b, 2016b en Goossens *et al.*, 2017).

De numerieke modellering (Vos *et al.*, 2012a) beslaat een periode van twee springtij-doodtij-cycli waarbij enerzijds ter hoogte van een beperkt aantal punten tijdreeksen (o.a. waterstand, stroomsnelheid met tijdsinterval van 10') over de volledige periode worden weggeschreven (history-files) en anderzijds ruimtelijke velden (map-files – ook hier o.a. waterstand, stroomsnelheid met tijdsinterval van 10') worden weggeschreven over 2 getijcycli tijdens een springtij. Aangezien het numerieke model enkel de hydrodynamica beschrijft, werd ervoor gekozen om het sedimenttransport offline te berekenen.

De formule van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967) werd gebruikt om het sedimenttransport te berekenen voor elke tijdstap op basis van de input uit de modellering. In een tweede stap werden de resultaten hiervan uitgemiddeld naar een dagelijkse sedimentflux. Deze oefening werd zowel voor de opwaartse als afwaartse rand uitgevoerd, zodat voor elk jaar een op- en een afwaartse randvoorwaarde werden berekend.

De formule van Engelund-Hansen:

$$qt = \frac{0.05 * U^5}{(S - 1)^2 * d_{50} * \sqrt{g} * Cd^3}$$

Met:

$$Cd = \left(\frac{1}{0.029} \right) * D^{(1/6)}$$

Met constante waarden:

$$D_{50} = 175 \mu\text{m}$$

$$S = 2.65$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}$$

Bovenstaande formules maken gebruik van volgende parameters uit de numerieke modelsimulaties:

U: diepte gemiddelde snelheid [m/s]

D: waterdiepte [m]

Aangezien de punten aan de op- en afwaartse rand van de rekenrijen niet als history-punten opgenomen waren, is voor de jaren 2011 tot 2016 enkel informatie beschikbaar uit de map-files. Deze informatie geeft enkel een beeld tijdens een springtij, waarbij de stroomsnelheden en de sedimenttransporten aanzienlijk hoger liggen dan bij gemiddeld of doodtij. Om deze afwijking te elimineren, werd een extra simulatie uitgevoerd. Voor deze simulatie werden uitvoerpunten gedefinieerd ter hoogte van de op- en afwaartse rand van de rekenrijen van de zandbalans (Figuur 3). Voor de situatie begin 2017 werd de stroomsnelheid en de waterdiepte gemodelleerd voor 2 volledige springtij-doodtij-cycli (4018 tijdsstappen van 10 minuten).

Om de resultaten van de voorgaande jaren te corrigeren werd een omrekeningsfactor toegepast. Deze factor werd berekend door de sedimentflux voor springtij voor het jaar 2017 te delen door de gemiddelde sedimentflux over twee springtij-doodtijcycli voor het jaar 2017 voor hetzelfde punt. Met behulp van deze factor werden de op- en afwaartse randvoorwaarden doorheen de tijd berekend voor de verschillende beschouwde rekenrijen.

Er dient opgemerkt te worden dat de berekeningen voor de opwaartse randvoorwaarden telkens gebeurd zijn voor het laatste stortvak van de rekenrij. Echter, onder meer door gebrek aan bathymetrische data werden deze telkens toegepast op het voorlaatste stortvak van de rekenrij. Uit analyse van de modelresultaten voor 2017 blijkt dat het verschil tussen de twee randvoorwaarden voor de meerderheid van de rekenrijen kleiner is dan $1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dag}$. Door het toepassen van een correctiefactor en uitmiddelen met de afwaartse randvoorwaarde, neemt de invloed van deze aberratie nog verder af. Er wordt dan ook aangenomen dat het effect van de verschuiving tussen de twee posities op de berekende sedimentflux minimaal is. Eventuele uitzonderingen vormen rekenrijen 5, 6, 19, 20 en 21, waar het berekende verschil in 2017 groter dan $1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dag}$ is.

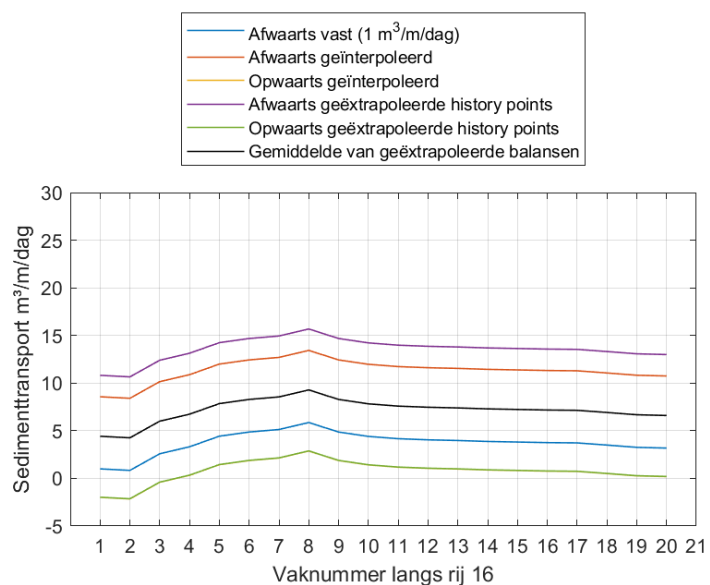
2.2.2 Resultaten

Per rekenrij werden de sedimentbalansen berekend voor de verschillende jaren en de verschillende opgelegde op- en afwaartse randvoorwaarden. De resulterende sedimentbalansen verschillen sterk van elkaar. Figuur 4 toont de sedimentbalansen tijdens het eerste rekenjaar, berekend met verschillende randvoorwaarden voor rij 16, alsook de sedimentbalans die het gemiddelde houdt tussen de balansen met geëxtrapoleerde randvoorwaarden. Volgende randvoorwaarden zijn opgenomen in de vergelijking:

- Een opgelegde afwaartse sedimentflux die constant blijft doorheen de tijd, vastgelegd op $1 \text{ m}^3/\text{m}/\text{dag}$;
- Een opgelegde afwaartse sedimentflux gebaseerd op de jaarlijks geïnterpoleerde waarden van de ruimtelijke stroomsnelheidsvelden (map-files) gemodelleerd over 2 getijcycli tijdens een springtij (zie 2.2.1);
- Een opgelegde opwaartse sedimentflux gebaseerd op de jaarlijks geïnterpoleerde waarden van de ruimtelijke stroomsnelheidsvelden (map-files) gemodelleerd over 2 getijcycli tijdens een springtij (zie 2.2.1);
- Een opgelegde afwaartse sedimentflux gebaseerd op de stroomsnelheidswaarden berekend over 2 springtij-doodtij cycli in 2017 die constant gehouden wordt doorheen de tijd (zie 2.2.1);
- Een opgelegde opwaartse sedimentflux gebaseerd op de stroomsnelheidswaarden berekend over 2 springtij-doodtij cycli in 2017 die constant gehouden wordt doorheen de tijd (zie 2.2.1);
- Een opgelegde afwaartse sedimentflux gebaseerd op de stroomsnelheidswaarden berekend over 2 springtij-doodtij cycli in 2017 en geëxtrapoleerd naar de voorgaande rekenjaren (zie 2.2.1);
- Een opgelegde opwaartse sedimentflux gebaseerd op de stroomsnelheidswaarden berekend over 2 springtij-doodtij cycli in 2017 en geëxtrapoleerd naar de voorgaande rekenjaren (zie 2.2.1).

Net als in Vandenbruwaene *et al.* (2012) wordt een gemiddelde van de sedimentbalansen met op- en afwaartse opgelegde sedimentflux gebaseerd op de stroomsnelheidswaarden berekend over 2 springtij-doodtij cycli in 2017 en geëxtrapoleerd naar de voorgaande rekenjaren, als meest realistisch beschouwd. Deze gemiddelde sedimentbalansen worden verder beschreven in Hoofdstuk 3. Figuren in Bijlage 7.2 geven de vergelijking van de sedimentbalansen berekend met verschillende randvoorwaarden en voor verschillende rekenjaren voor rijen 6, 14, 16 en 19. De vergelijking met de balansen op basis van de op- en afwaarts geëxtrapoleerde randvoorwaarden voor deze rijen zijn ook opgenomen in Bijlage 7.1. In Bijlage 7.4. wordt deze vergelijking weergegeven voor de overige rekenrijen.

Figuur 4: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 1/02/2010 en 08/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



3 Data

3.1 Gebruikte peilingen

Een overzicht van de gebruikte peilingen voor het berekenen van de zandbalansen is opgenomen in Tabel 1. Consistent met de afspraken gemaakt bij de aanvang van de monitoring van de flexibele stortstrategie, wordt ook hier met vergunningsjaren gewerkt. Verder in het rapport zal als vereenvoudiging enkel het jaartal of het vergunningsjaar worden vermeld. Vermelde stortvolumes betreffen steeds de in-situ volumes gegroepeerd per vergunningsjaar.

Tabel 1: Overzicht van de gebruikte data voor de zandbalansen

Vergunningsjaar	Jaartal	Datum Peiling
Referentiesituatie	2010	1/02/2010
Vergunningsjaar 1	2011	08/02/2011
Vergunningsjaar 2	2012	17/02/2012
Vergunningsjaar 3	2013	27/02/2013
Vergunningsjaar 4	2014	17/02/2014
Vergunningsjaar 5	2015	24/02/2015
Vergunningsjaar 6	2016	3/02/2016

3.2 Gebruikte modelresultaten

Een overzicht van de gebruikte modelruns voor het bepalen van de randvoorwaarden wordt weergegeven in Tabel 2. Deze runs zijn uitgevoerd in kader van de opvolging van de plaatrandstortingen (o.a. Vos *et al.*, 2012b, 2016 en Goossens *et al.*, 2017). Uit de resultaten van run 004, run 102, run 107, run 110, run 114, run 117 en run 118 werden randvoorwaarden voor de sedimentbalans bij springtij geïnterpoleerd. De resultaten van run 119 werden uitsluitend gebruikt om de conversiefactor te berekenen om de resultaten van de aangepaste run voor twee springtij-doodtijcycli te extrapoleren naar de voorgaande jaren en zo ook getijgemiddelde randvoorwaarden te verkrijgen voor de jaren 2010 tot en met 2016.

Tabel 2: Overzicht van de gebruikte modelruns

Vergunningsjaar	Jaartal	Datum Peiling
Referentiesituatie	2010	run 004
Vergunningsjaar 1	2011	run 102
Vergunningsjaar 2	2012	run 107
Vergunningsjaar 3	2013	run 110
Vergunningsjaar 4	2014	run 114
Vergunningsjaar 5	2015	run 117
Vergunningsjaar 6	2016	run 118
Vergunningsjaar 7	2017	run 119

4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten beschreven van de berekende sedimentbalansen voor rij 6, 14, 16 en 19 van de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden. De balansen van de overige rijen, met uitzondering van de korte rijen 22 en 23, zijn opgenomen in Bijlage 7.3 en 7.4. De beschreven jaarlijkse sedimentbalansen betreffen het gemiddelde van de balansen met op- en afwaarts geëxtrapoleerde randvoorwaarden. Daarnaast worden ook de gebiedsdekkende kaarten van de sedimentflux besproken die werden bekomen door de sedimentbalansen van alle rekenrijen te combineren per jaar.

4.1 Resultaten voor rij 6

Rij 6 is gelegen ter hoogte van de zuidelijke vloodschaar. Figuur 5 stelt de evolutie van de gemiddelde sedimentbalansen en de uitgevoerde stortingen voor langs rekenrij 6 voor de eerste 6 vergunningsjaren. Op Figuur 6 worden de morfologische veranderingen afgebeeld en Figuur 7 geeft voor elke vergunningsjaar de zones van erosie en sedimentatie aan. Tussen de referentiesituatie in 2010 en het einde van vergunningsjaar 6 in 2016 kent het zuidoostelijk gelegen opwaartse deel van rij 6 sterke verondieping. Het afwaarts gelegen deel, tegen de vaargeul aan, wordt wel dieper.

De resulterende sedimentfluxen zijn steeds positief, bijgevolg wordt het beschikbare sediment overwegend opwaarts getransporteerd. In het eerste vergunningsjaar worden stortingen uitgevoerd in de zuidelijke vloodschaar. Op de diepe plaatpunt afwaarts van de stortingen is de sedimentflux vrij stabiel, enkel aan de afwaartse rand komt een lichte stijging voor die wijst op enige erosie. Ter hoogte van de gebruikte stortvakjes stijgt de sedimentflux, en een deel van het gestorte sediment migreert direct in opwaartse richting. Ten oosten van het stortvak dat het meest intensief gebruikt werd, wijst een daling van de sedimentflux erop dat er sediment wordt afgezet. Samen met de beperkte stortvolumes in deze vakjes zorgt dit voor een netto volume aangroei ter hoogte van de stortvakjes. Opwaarts van de stortingen daalt de sedimentflux snel verder en wordt sediment afgezet.

Het daaropvolgende jaar worden geen stortingen uitgevoerd langs rij 6. De netto sedimentfluxen liggen lager dan in het voorgaande vergunningsjaar en zijn opnieuw stabiel ter hoogte van de diepe plaatpunt, met uitzondering van een lichte stijging aan de afwaartse rand. In de zuidelijke vloodschaar, opwaarts van de plaatpunt, neemt de sedimentflux toe en komt erosie voor. Aangezien het sedimenttransport niet afneemt, zal het geërodeerde materiaal in opwaartse richting uit de plaatrandstortzone worden getransporteerd.

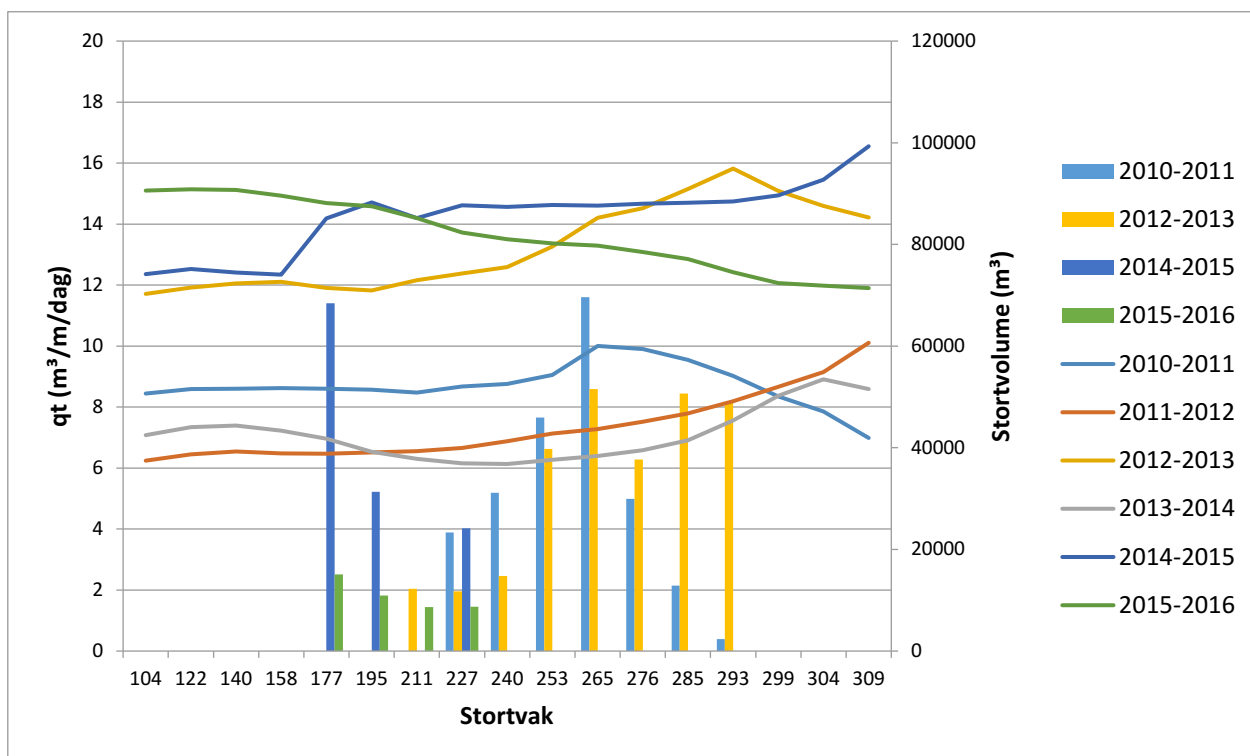
Tussen 2012 en 2013 worden opnieuw stortingen uitgevoerd in de zuidelijke vloodschaar langs rij 6. In de zone van de stortingen stijgt de sedimentflux gradueel en wordt een deel van de aangebrachte sedimenten door de vloedstroming in opwaartse richting getransporteerd. Opwaarts van de stortingen daalt het volume aan getransporteerd materiaal en komt sedimentatie voor. In het daaropvolgende vergunningsjaar wordt geen sediment gestort in rekenrij 6. Het sedimenttransport neemt toe in de stortzone van vergunningsjaar 3, maar ook in het gebied direct opwaarts hiervan, waar in vergunningsjaar 3 sedimentatie voorkwam. Het merendeel van het geërodeerde sediment verdwijnt in opwaartse richting uit de rekenrij. Afwaarts van de stortzone van het derde vergunningsjaar daalt de sedimentflux. Sediment dat op het noordelijke deel van de plaatpunt wordt aangebracht, wordt naar het zuiden getransporteerd en hier afgezet.

In de loop van vergunningsjaar 5 wordt gestort op de rand tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt. De stortcampagne concentreert zich op het centrale deel van de plaatpunt en slechts een beperkte hoeveelheid hiervan wordt aangebracht langs rij 6 in de stortvakjes 177, 195 en 227. Ter hoogte van stortvak 177 wordt duidelijke toename van de sedimentflux opgemerkt. Dit wijst op een sterke initiële erosie van de daar aangebrachte baggerspecie. Verder opwaarts daalt de sedimentflux niet meer, maar blijft deze constant.

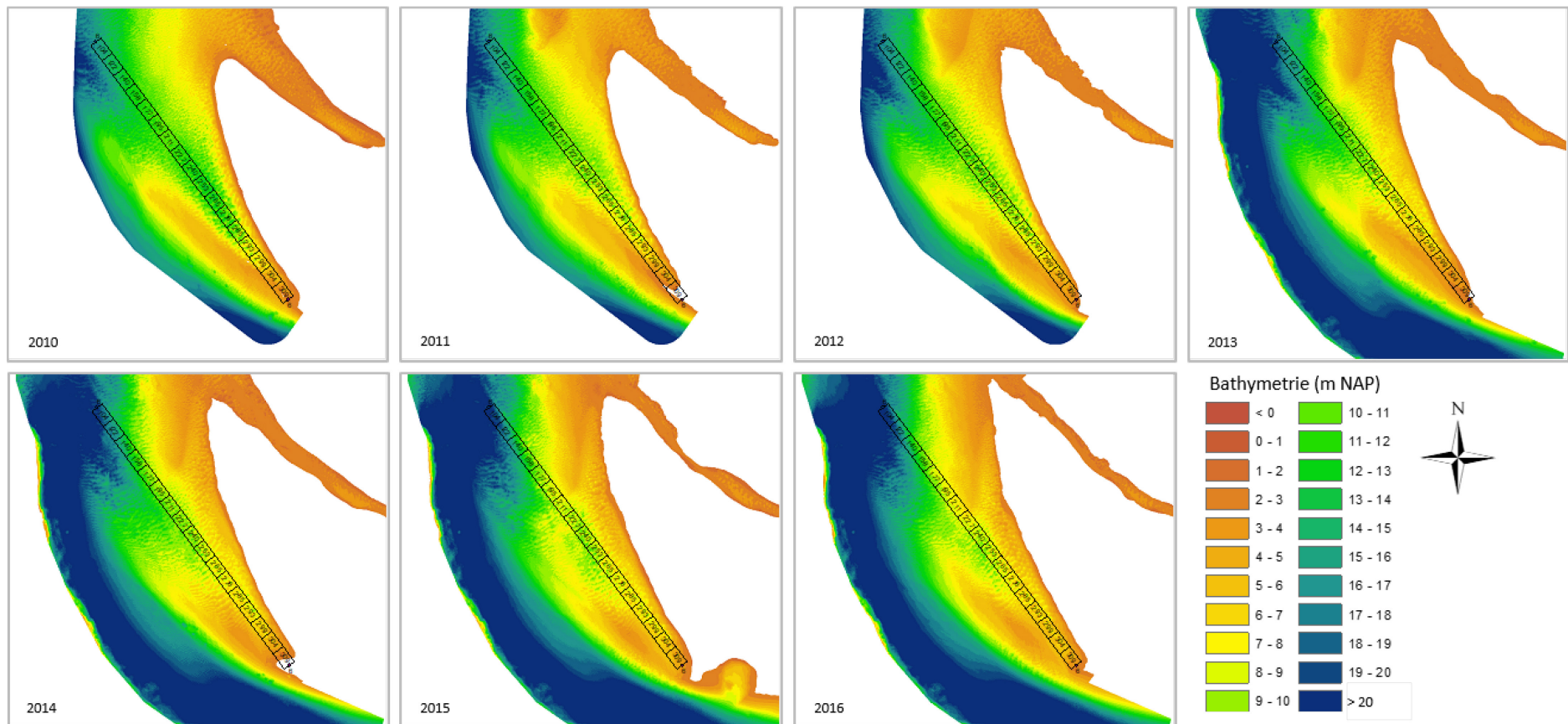
Naar het einde van de rekenrij stijgt deze zelfs nog verder, een teken dat ook hier erosie voorkomt. Dit wijst erop dat al het geërodeerde sediment in opwaartse richting uit de stortzone migreert.

In vergunningsjaar 6 daalt de sedimentflux over de gehele lengte van rekenrij 6, ook ter hoogte van de stortvakje waar beperkte volumes in gestort werden in dit vergunningsjaar. Ten noorden van rekenrij 6 wordt echter intensief gestort op de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt. Een belangrijk deel van dit gestorte sediment migreert in de richting van de zuidelijke vloedsehaar (IMDC, 2016).

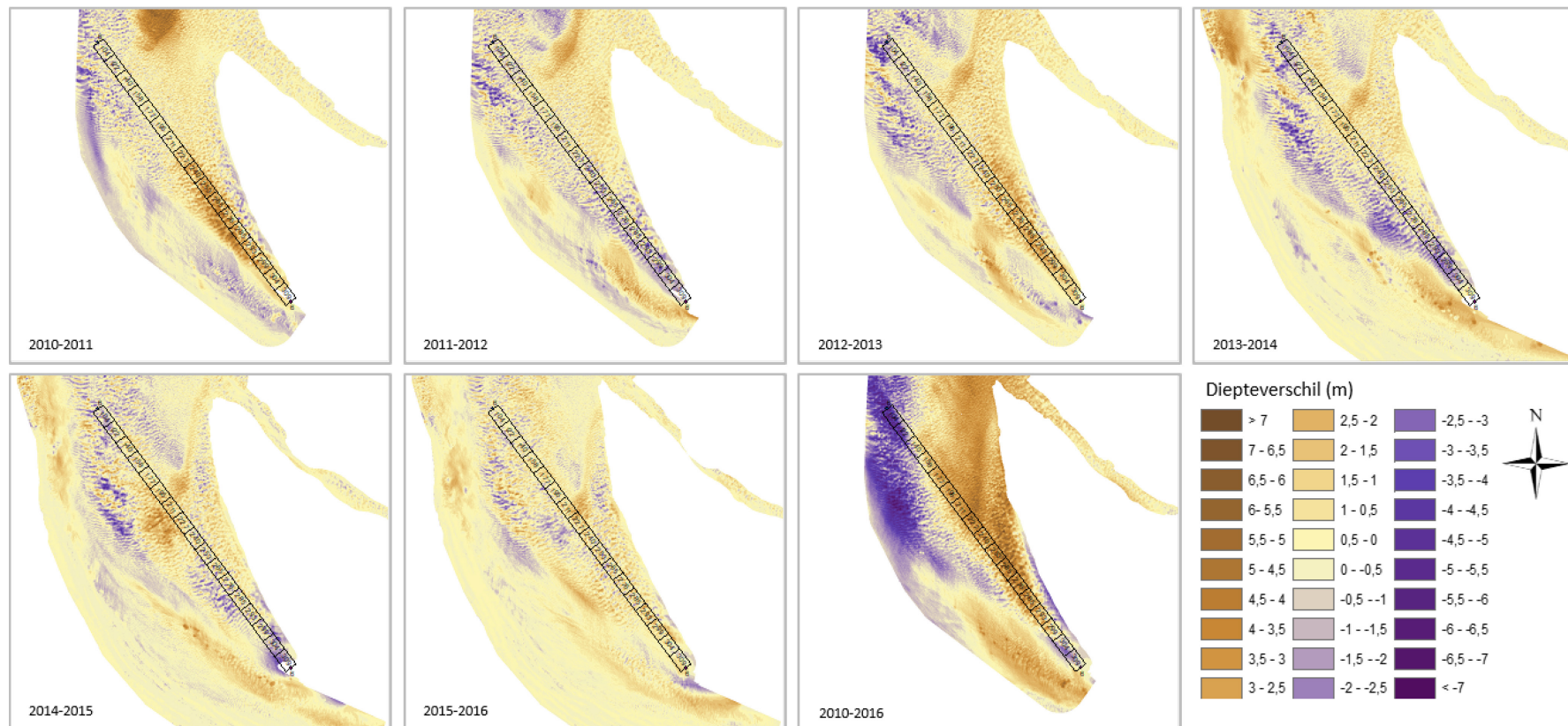
Figuur 5: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen



Figuur 6: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



Figuur 7: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 6 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



4.2 Resultaten voor rij 14

Rij 14 is te situeren net ten zuiden van de noordelijke vloedsehaar. Afwaarts van deze vloedsehaar is in 2010 een groot zandlichaam aangelegd. Opwaartse migratie van deze en latere stortingen zorgen de jaren nadien voor een sterke verondieping van de noordelijke vloedsehaar, en bijgevolg ook van de bathymetrie ter hoogte van rij 14. De berekende sedimentfluxen voor rij 14 zijn steeds positief. **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** geeft de evolutie van de sedimentbalans doorheen de jaren, alsook de uitgevoerde stortingen. Op Figuur 9 worden de morfologische veranderingen afgebeeld en Figuur 10 stelt voor elk jaarinterval de zones van erosie en sedimentatie voor.

In het eerste vergunningsjaar wordt afwaarts van de noordelijke vloedsehaar een zandlichaam aangebracht. Een deel van de baggerspecie wordt hiervoor in rij 14 gestort. Ter hoogte van de stortingen neemt het opwaarts sedimenttransport langs rekenrij 14 sterk toe ten gevolge van de directe opwaartse verplaatsing van het gestorte sediment. Een ander deel blijft ter plaatse liggen en zorgt voor een sterke verondieping van de bathymetrie. Direct opwaarts van de stortingen daalt de sedimentflux sterk, wat aangeeft dat een deel van het sediment dat meegenomen was uit het stortgebied hier wordt afgezet. Ook verder opwaarts blijft de sedimentflux dalen en komt sedimentatie voor.

Tijdens het tweede vergunningsjaar situeert de stortzone zich voornamelijk ten noorden van rekenrij 14. Enkel in stortvak 66 wordt baggerspecie aangebracht. Afwaarts van deze stortingen daalt de sedimentflux. Vermoedelijk kan dit worden toegeschreven aan de laterale invloed van stortingen ten noorden van de rekenrij of een beperkt afwaarts transport van het aangebracht materiaal in de rekenrij zelf. Waar in het tweede vergunningsjaar, en in mindere mate ook in het eerste vergunningsjaar, stortingen werden uitgevoerd, stijgt de sedimentflux. Het zandlichaam zelf erodeert en een deel van het materiaal migreert opwaarts in de noordelijke vloedsehaar. Daar neemt de sedimentflux af en wordt een deel van het opwaarts getransporteerd sediment afgezet. Een ander deel verdwijnt in opwaartse richting uit de plaatrandstortzone.

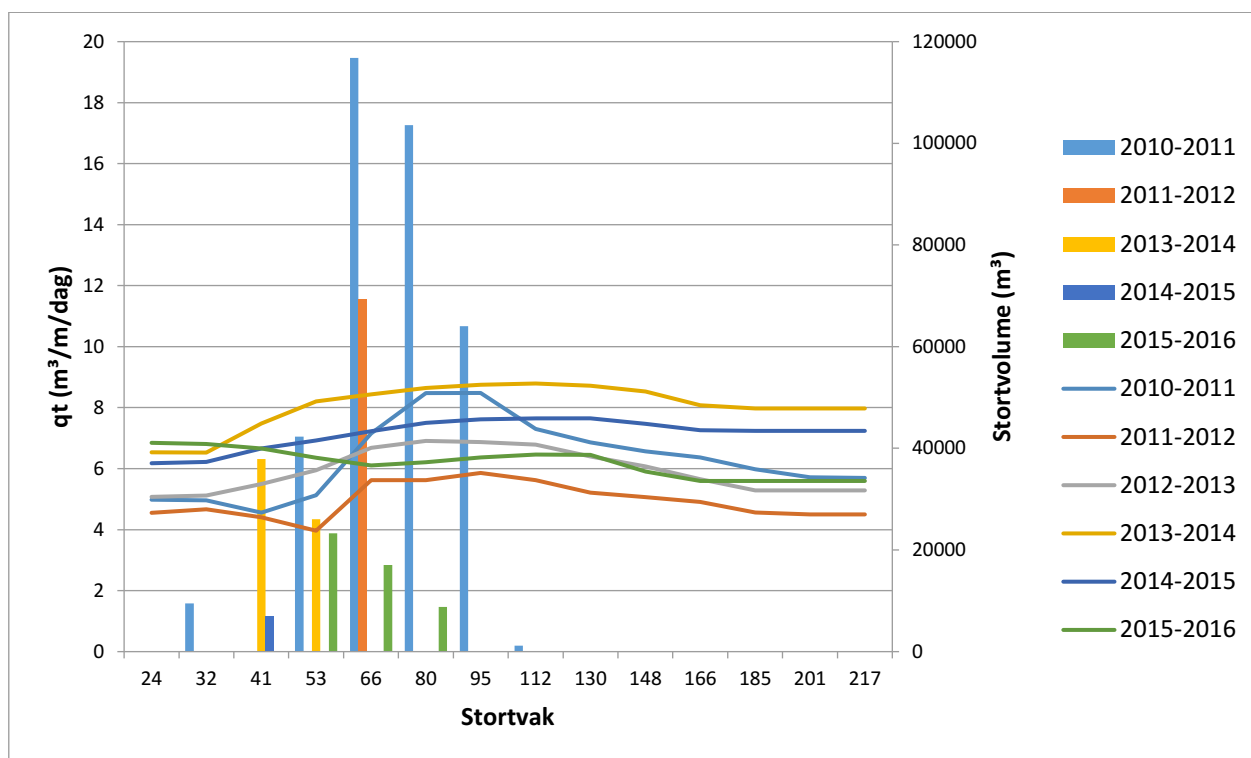
Tijdens het derde vergunningsjaar wordt geen aanvullende baggerspecie toegevoegd op de plaatrandstortzone. De sedimentflux neemt geleidelijk toe ter hoogte van het aangelegde zandlichaam en bereikt een maximum net opwaarts van de stortvakjes die het meest intensief gebruikt zijn. Het gestorte sediment erodeert en ook het sediment dat eerder al beperkt opwaarts werd getransporteerd migreert verder in de richting van de noordelijke vloedsehaar waar het gedeeltelijk wordt afgezet ten gevolge van een dalende sedimentflux. In de meest oostelijk gelegen stortvakjes van de rekenrij is de ruimte voor bijkomende sedimentatie beperkt en stabiliseert de sedimentflux.

Het daaropvolgende jaar wordt sediment gestort op de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt, langs de -9 m NAP contour. Een deel van deze stortingen wordt uitgevoerd in rekenrij 14, net afwaarts van het zwaartepunt van de stortingen uit vergunningsjaar 1 en 2. Ter hoogte van de nieuwe stortingen stijgt de sedimentflux. Ook opwaarts hiervan stijgt de sedimentflux nog licht verder tot stabilisatie optreedt net opwaarts van het eerder aangelegde zandlichaam. Een deel van de nieuw gestorte specie wordt direct opwaarts getransporteerd door de vloedstroming, ook de eerder gestorte sedimenten ondervinden nog beperkte erosie. Waar de sedimentflux stabiliseert komen geen netto morfologische veranderingen voor. Verder opwaarts daalt de sedimentflux plots sterk en komt sedimentatie voor. Ten oosten van dit sedimentatiefront is geen aanvullende ruimte voor afzet van sediment beschikbaar en is de flux stabiel. Het sediment dat niet werd afgezet migreert verder en verdwijnt in oostelijke richting uit de plaatrandstortzone. De opvulling van de noordelijke vloedsehaar schrijdt voort in westelijke richting. De ruimte om sediment in af te zetten neemt af en jaar na jaar verschuift het sedimentatiefront, verder in afwaartse richting.

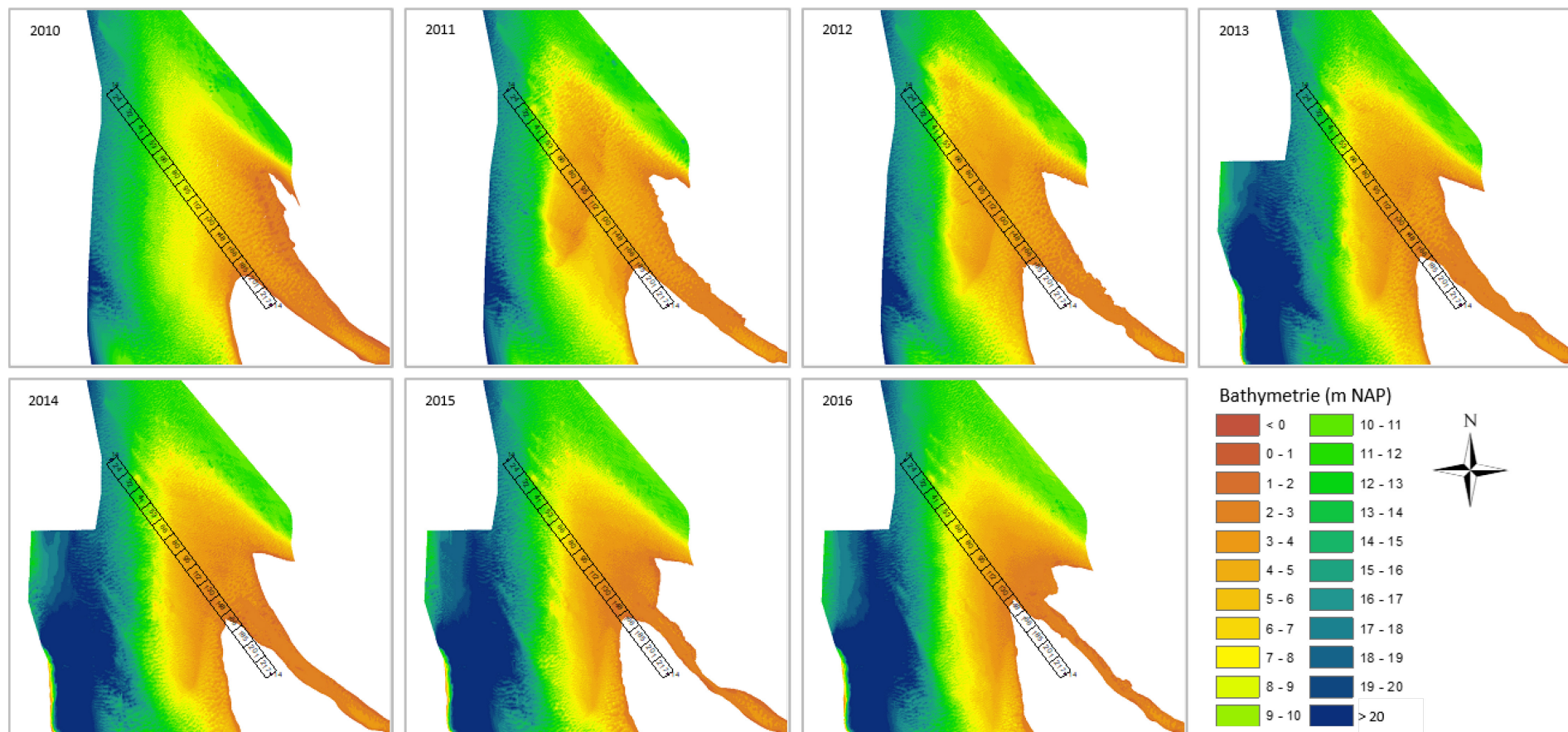
In het vijfde vergunningsjaar wordt opnieuw een klein volume gestort op de grens tussen de diepe- en de ondiepe plaatpunt. Het sedimenttransport neemt langzaam toe van de zone van de stortingen tot net opwaarts van het eerder aangelegde zandlichaam. Sediment wordt meegenomen in opwaartse richting door de vloedstroming. Ten oosten hiervan blijft de sedimentflux eerst stabiel, waarna verder opwaarts een daling van de flux de locatie van het sedimentatiefront aangeeft. Nadien blijft het sedimenttransport constant en zijn de morfologische veranderingen minimaal.

In de loop van 2015 worden bijkomend geringe volumes gestort in stortvakken 53, 66 en 80 langs rekenrij 14. Afwaarts van de stortingen daalt de flux, en ook ter hoogte van stortvak 53 daalt de flux nog verder. Vermoedelijk is deze observatie het gevolg van een verhoogde inkomende sedimentflux ten gevolge van stortingen ten noorden van rekenrij 14. Vanaf stortvak 66 neemt het sedimenttransport langzaam toe en migreert een deel van het aangebrachte en reeds aanwezige sediment in opwaartse richting. De sedimentflux daalt sterk ter hoogte van het sedimentatiefront. Deze zone met sterke sedimentatie is meer westwaarts gelegen in vergelijking met de voorgaande vergunningsjaren. Opwaarts ervan is de sedimentflux stabiel en zijn de morfologische veranderingen beperkt.

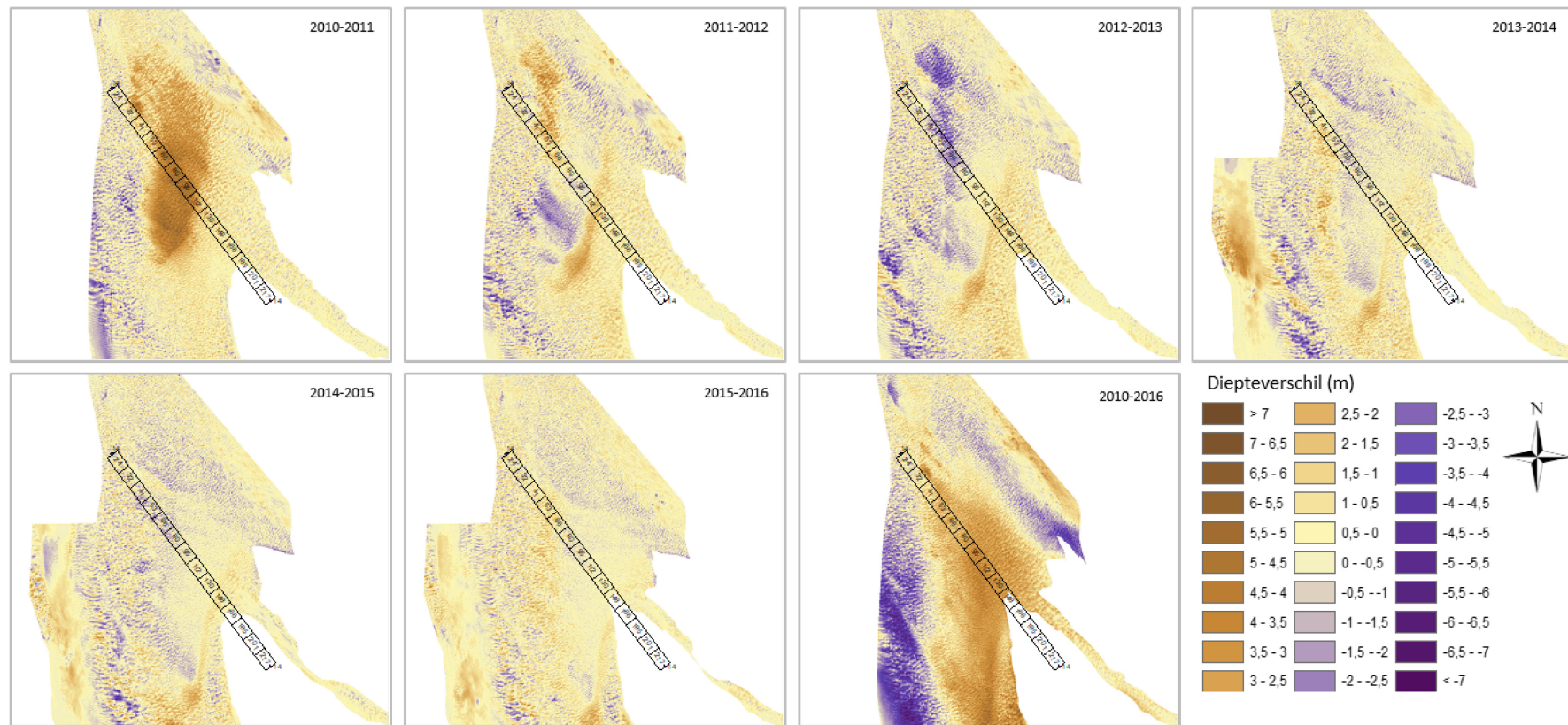
Figuur 8: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen



Figuur 9: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



Figuur 10: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 14 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



4.3 Resultaten voor rij 16

Rij 16 is te situeren in de noordelijke vloedschaar, ten noorden van rekenrij 14 (zie §4.2). Afwaarts van deze vloedschaar is in 2010 een groot zandlichaam aangelegd. Opwaartse migratie van dit zandlichaam en bijkomende stortingen in het afwaartse gedeelte van de rekenrij zorgen de jaren nadien voor een sterke verondieping van de noordelijke vloedschaar, ook ter hoogte van rij 16. De berekende sedimentfluxen voor rij 16 zijn steeds positief en het sedimenttransport verloopt bijgevolg steeds in opwaartse richting. Figuur 11 geeft de evolutie van de sedimentbalans doorheen de jaren, alsook de uitgevoerde stortingen langs de rekenrij. Op Figuur 12 worden de morfologische veranderingen afgebeeld en Figuur 13 geeft voor elk jaarinterval de zones van erosie en sedimentatie aan.

Een deel van de initiële stortingen op de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden werd tijdens vergunningsjaar 1 aangebracht in het afwaartse deel van rekenrij 16. Ter hoogte van de gebruikte stortvakjes stijgt het opwaarts sedimenttransport sterk. Wat erop wijst dat een deel van de baggerspecie kort na het dumpen in opwaartse richting zal bewegen. Opwaarts van stortzone neemt de sedimentflux af en vindt depositie plaats. Naarmate de afstand tot de stortingen toeneemt neemt de snelheid waarmee de sedimentflux daalt af. Een deel van het getransporteerde sediment wordt niet afgezet langs rekenrij 14 maar in opwaartse richting uit de stortzone getransporteerd.

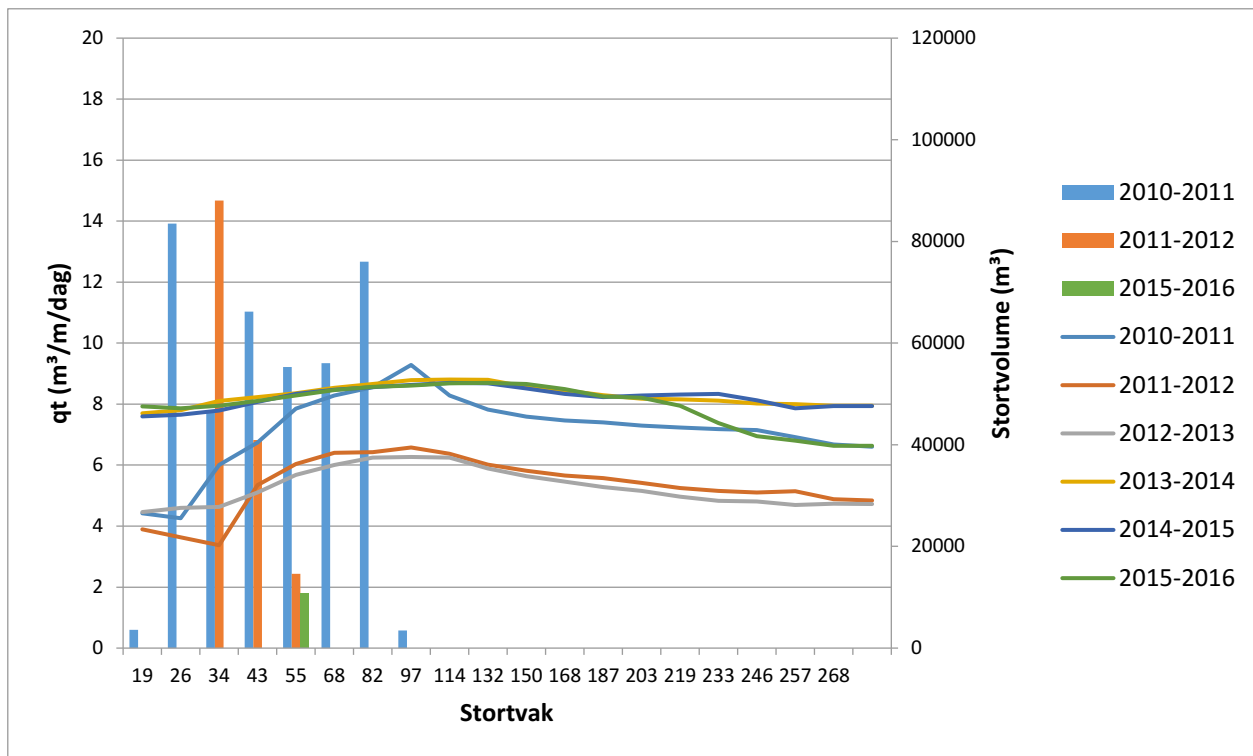
Tijdens het tweede vergunningsjaar wordt bijkomend sediment aangebracht op het afwaartse deel van de stortzone, ter hoogte van het eerder aangelegde zandlichaam. Afwaarts van de stortingen daalt de sedimentflux, mogelijk verspreidt een deel van het aangebrachte sediment zich ook in afwaartse richting, maar wellicht wordt de daling vooral veroorzaakt door de laterale invloed van stortingen ten noorden van de rekenrij. ter hoogte van de gebruikte stortvakjes stijgt het sedimenttransport snel, ook opwaarts hiervan stijgt de sedimentflux verder waar tijdens vergunningsjaar 1 het sedimentlichaam werd aangelegd. Afwaarts van dit sedimentlichaam daalt de flux geleidelijk en wordt sediment afgezet. Net zoals langs rekenrij 14 (zie §4.2) wordt langs rij 16 een sedimentatiefront herkend als een zone waar de sedimentflux versneld afneemt. Opwaarts van deze zone blijft de sedimentflux stabiel.

In vergunningsjaar 3 worden geen stortingen uitgevoerd in de plaatrandstortzone. Het opwaarts sedimenttransport neemt toe ter hoogte van de stortingen die werden uitgevoerd in het eerste en tweede vergunningsjaar. Direct opwaarts van de stortingen blijft de flux stabiel, waarna de sedimentflux langzaam daalt en er materiaal wordt afgezet. Tijdens vergunningsjaar 3 vervaagt het sedimentatiefront ter hoogte van rekenrij 16. Verder naar het zuiden toe komt dit front wel nog voor (zie §4.2).

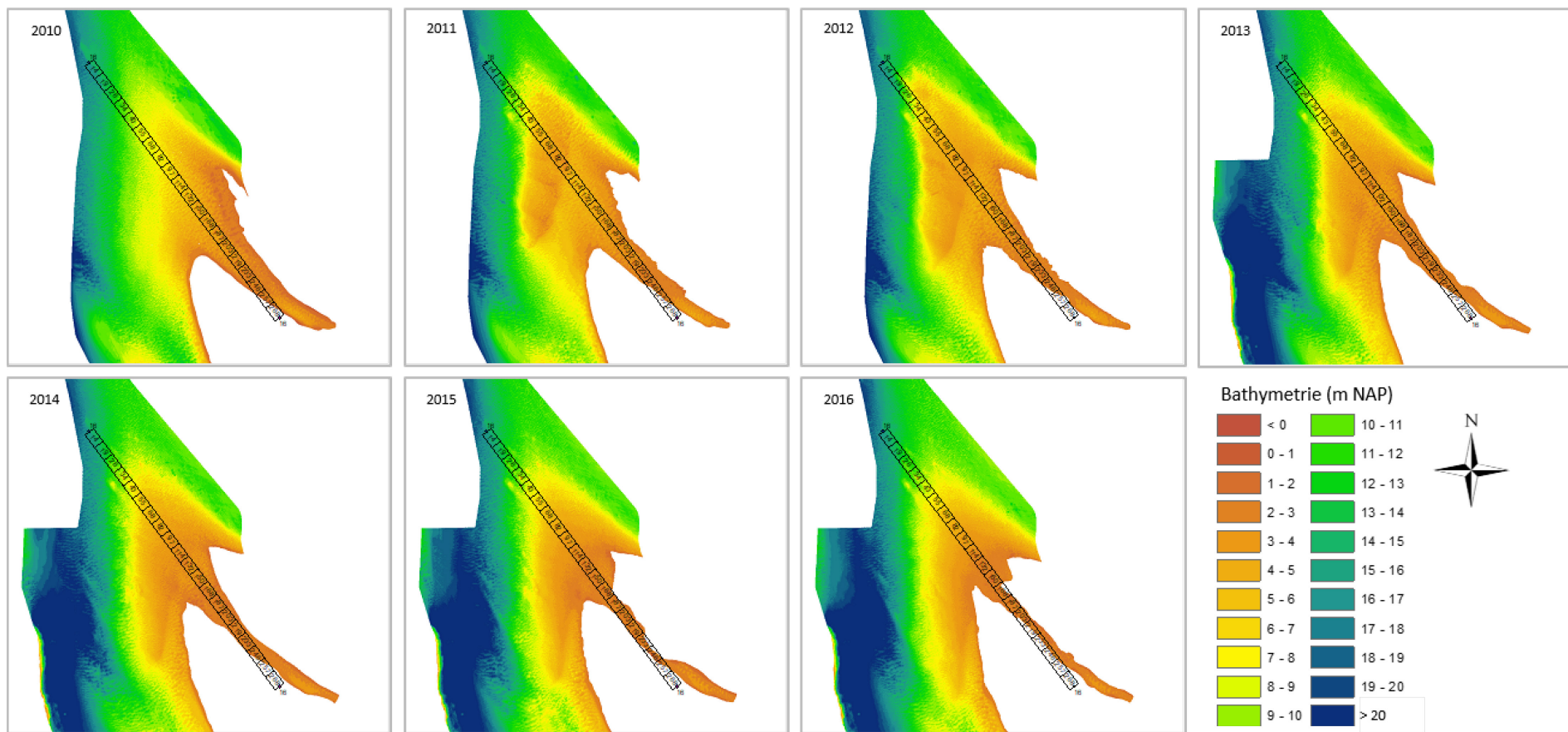
Ook in vergunningsjaren 4 en 5 worden geen bijkomende stortingen uitgevoerd. Ter hoogte van het aangelegde zandlichaam neemt het sedimenttransport toe en komt erosie voor, net opwaarts van dit zandlichaam stabiliseert de sedimentflux en ten oosten hiervan vertoont de grafiek een overwegend dalende trend. In vergunningsjaar 5 verloopt een deel van die daling over een korte afstand en lijkt opnieuw een kleinschalig sedimentatiefront te ontstaan.

Het sedimenttransport langs rekenrij 16 tijdens het zesde vergunningsjaar vertoont grote gelijkenissen met dit van de twee voorgaande jaren. Een beperkt volume aan stortingen in stortvak 55 lijkt weinig invloed uit te oefenen op de sedimentflux die een geleidelijke stijging ter hoogte van het initieel aangelegde zandlichaam, en een geleidelijke daling opwaarts ervan, vertoont. Ten opzichte van het voorgaande vergunningsjaar is het sedimentatiefront beter ontwikkeld en komt de kenmerkende snelle daling in de sedimentflux meer afwaarts voor. Aan het opwaartse uiteinde van rekenrij 16 is de sedimentflux in vergunningsjaar 6 stabiel.

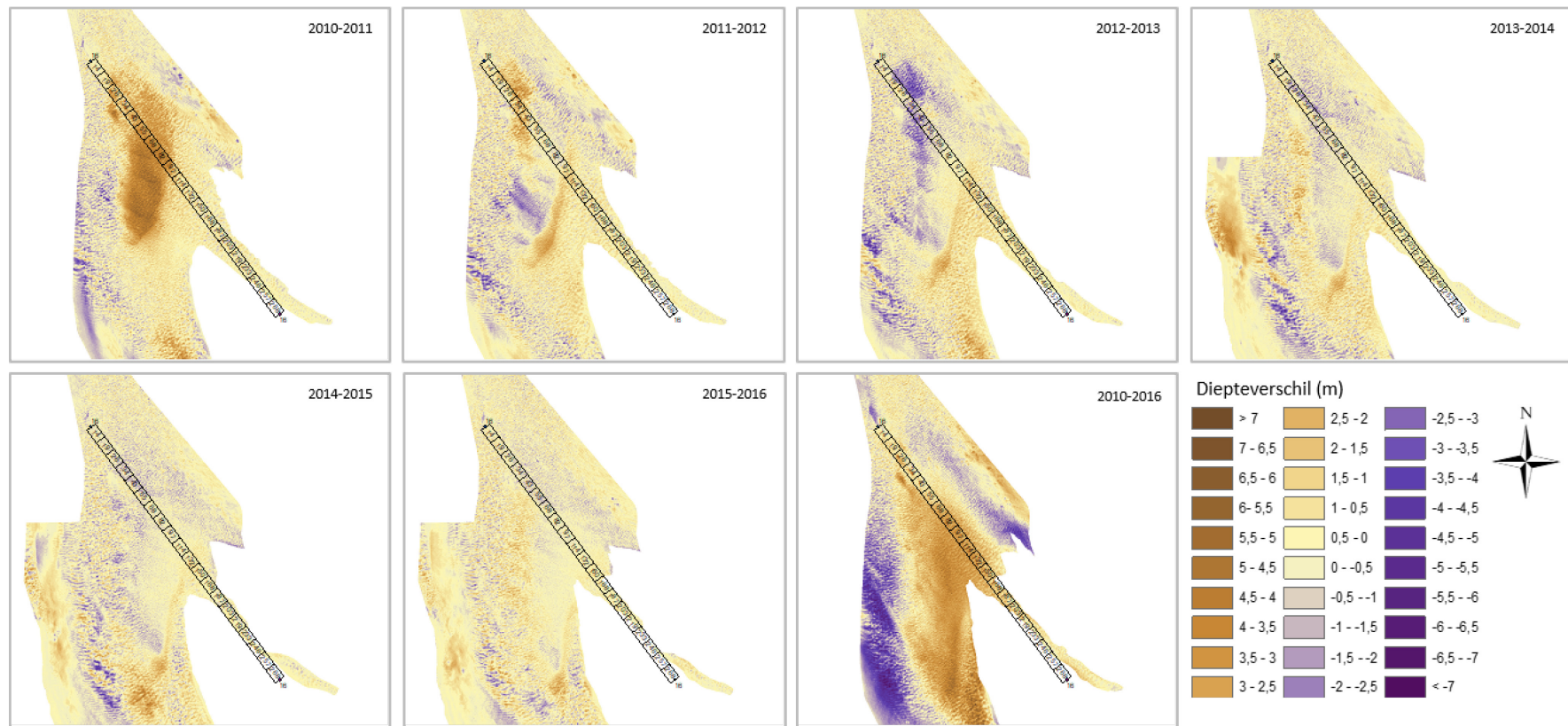
Figuur 11: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen



Figuur 12: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



Figuur 13: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 16 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



4.4 Resultaten voor rij 19

Rij 19 is te situeren aan de noordelijke rand van de noordelijke vloodschaar. Op de plaatpunt afwaarts van deze vloodschaar is in 2010 een groot zandlichaam aangelegd. Opwaartse migratie van het gestorte materiaal en bijkomende stortingen zorgen in de jaren nadien voor een sterke verondieping van de noordelijke vloodschaar. Ter hoogte van rekenrij 19 komt na de initiële stortingen voornamelijk erosie voor. De berekende sedimentfluxen voor rij 19 zijn steeds positief, wat aangeeft dat het mobiele sediment overwegend in opwaartse richting getransporteerd wordt. Figuur 14 stelt de evolutie van het sedimenttransport doorheen de jaren, alsook de uitgevoerde stortingen weer. Op Figuur 15 worden de morfologische veranderingen afgebeeld en Figuur 16 geeft voor elke jaarinterval de zones van erosie en sedimentatie aan.

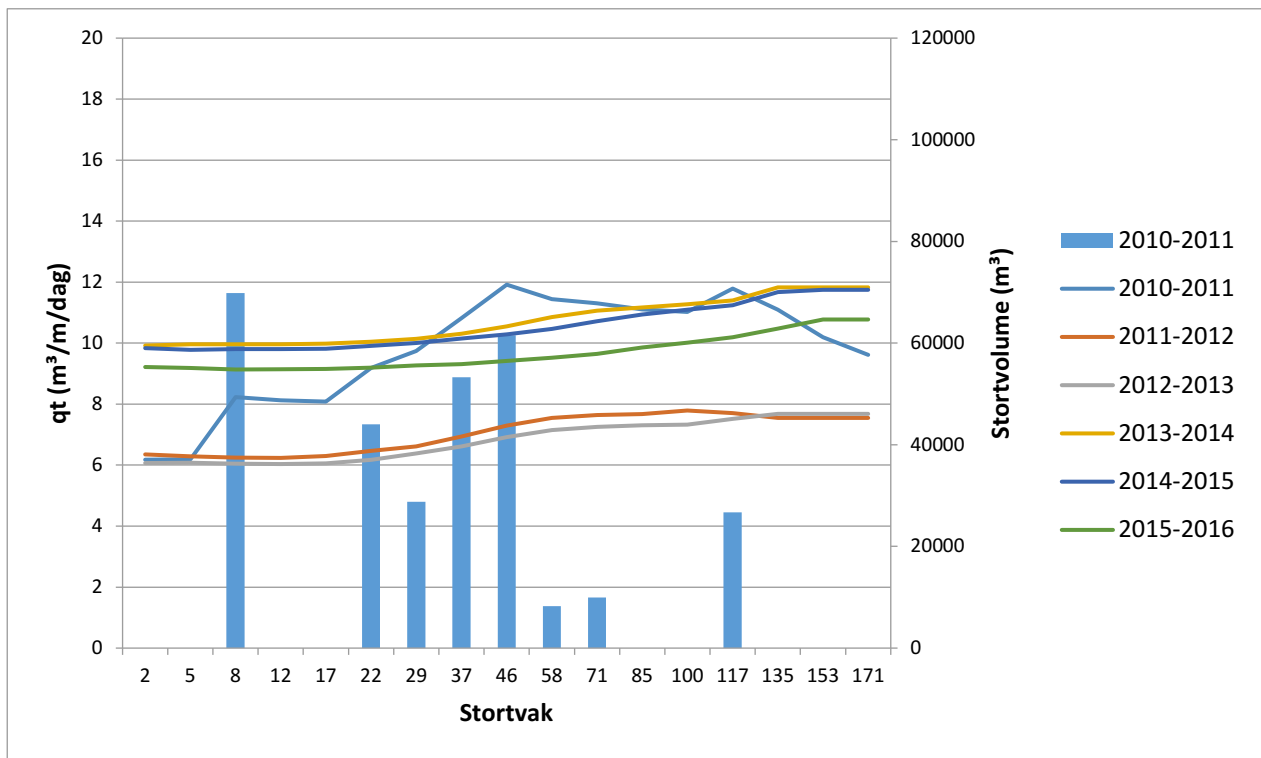
Langs rekenrij 19 wordt enkel tijdens het eerste vergunningsjaar stortingen uitgevoerd. De werkzaamheden concentreren zich voornamelijk op het centrale gedeelte van de rekenrij, maar ook op het op- en het afwaartse deel worden beperkte volumes baggermateriaal aangebracht. Ter hoogte van de stortvakken waarin stortingen worden uitgevoerd stijgt het opwaarts sedimenttransport. Een deel van het gestort volume wordt al tijdens het eerste vergunningsjaar meegenomen door de vloedstroming. Waar geen of slechts een beperkt volume gestort wordt daalt de sedimentflux en wordt sediment afgezet. Deze afname van het sedimenttransport compenseert de eerdere stijging echter niet en een deel van het materiaal dat geërodeerd wordt op het afwaartse deel van de rekenrij, verdwijnt in opwaartse richting uit de stortzone.

Het daaropvolgende vergunningsjaar worden ten zuiden van rij 19 bijkomende stortingen uitgevoerd. De sedimentflux langs rekenrij 19 lijkt echter geen laterale invloed te ondervinden van deze stortingen. In het afwaartse deel blijft de sedimentflux ongeveer constant, en heffen erosie en sedimentatie elkaar op. Het sedimenttransport neemt toe op het centrale deel van de rekenrij, waar tijdens het eerste vergunningsjaar intensief gestort werd. Deze stortingen ondervinden erosie, en het geërodeerde sediment wordt door de vloedstroming in opwaartse richting meegenomen. Opwaarts van deze zone kent de sedimentflux slechts geringe variaties. Een kleine daling van de sedimentflux geeft aan waar het sedimentatiefront (zie ook 4.2 en 4.3) zich bevindt. Het grootste deel van het geërodeerde sediment verdwijnt echter in opwaartse richting uit de plaatrandstortzone.

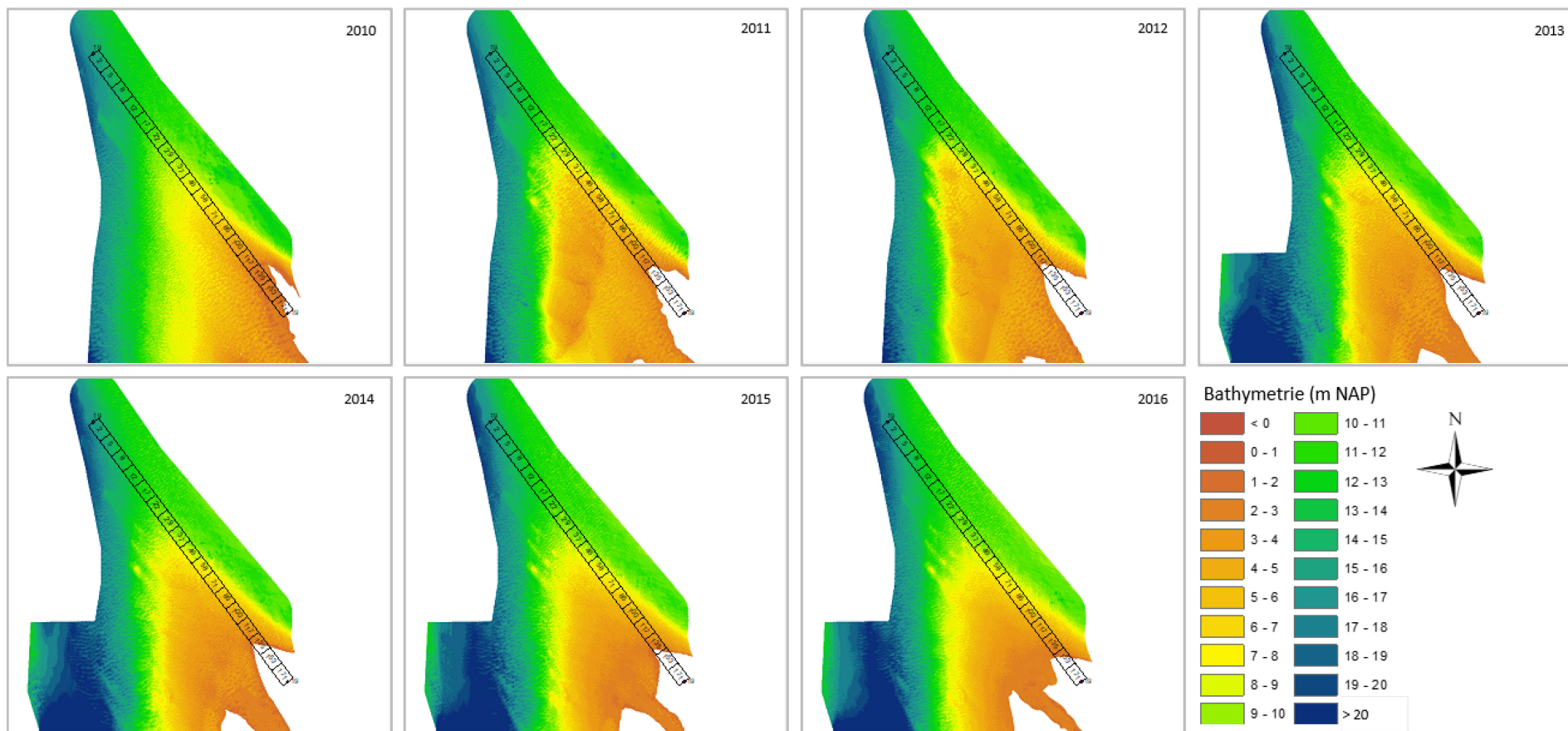
Het sedimenttransport langs rij 19 tijdens het derde vergunningsjaar vertoont een gelijkaardig verloop aan dat van vergunningsjaar 2. Ook hier stijgt het sedimenttransport ter hoogte van het eerder aangelegde zandlichaam, dat erosie ondervindt, en is de sedimentflux af- en opwaarts van dit zandlichaam min of meer stabiel. Waar tijdens vergunningsjaar 2 een sedimentatiefront aanwezig was, stijgt de sedimentflux licht tijdens vergunningsjaar 3 en komt geringe erosie voor.

De sedimentflux voor het vierde, vijfde en zesde vergunningsjaar vertoont een gelijkaardig verloop langs de rekenrij. In het afwaartse deel van de rekenrij is de flux stabiel. Ter hoogte van het centrale deel van de rekenrij neemt de sedimentflux langzaam toe, en ook opwaarts ervan blijft de sedimentflux stijgen. In deze zone komt tijdens vergunningsjaar 4, 5 en 6 aanhoudende erosie voor. In de meest opwaartse vakjes is de sedimentflux stabiel, het geërodeerde sediment verdwijnt in opwaartse richting uit de plaatrandstortzone.

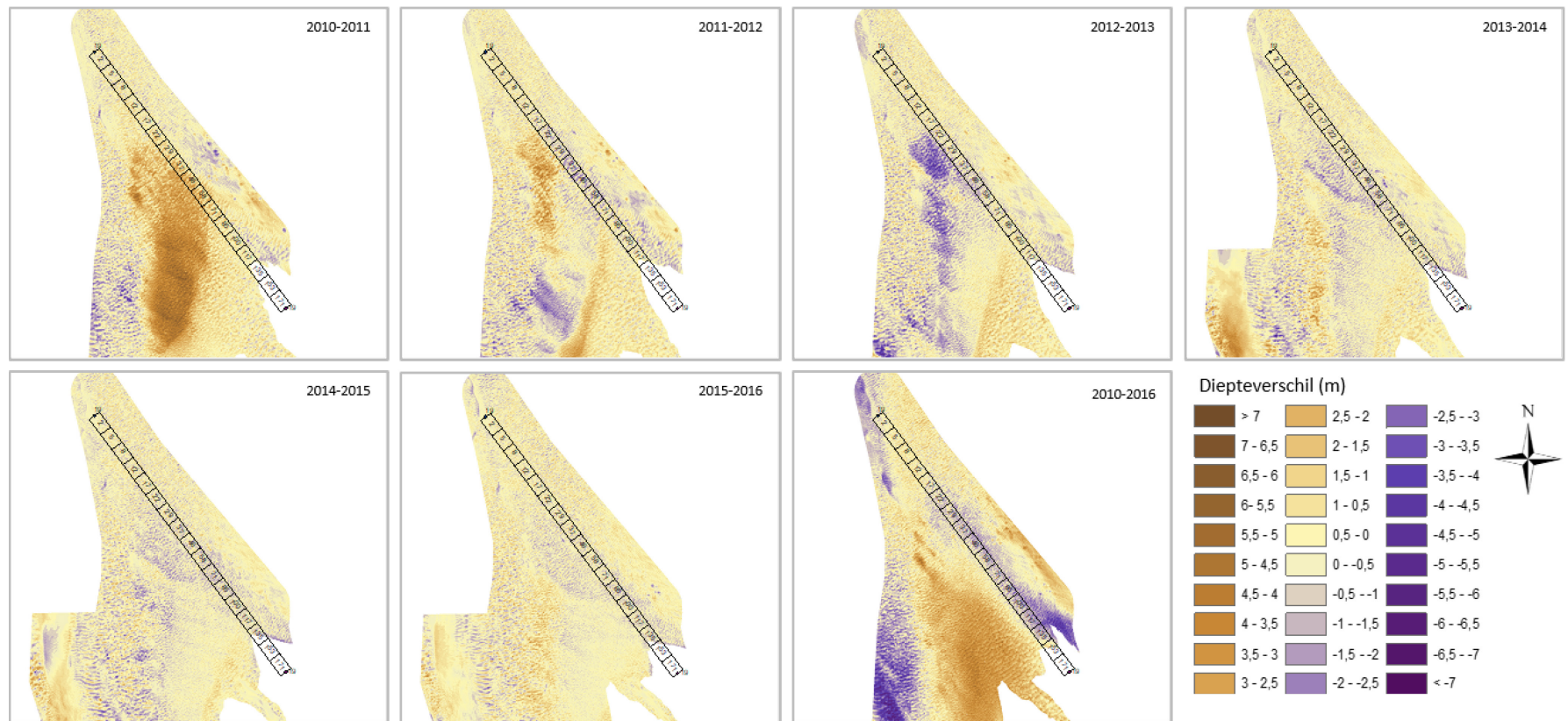
Figuur 14: Evolutie van het sedimenttransport langs rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden met aanduiding van de stortingen



Figuur 15: Morfologische veranderingen tussen 2010 en 2016 langsheen rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



Figuur 16: Erosie en sedimentatie tussen 2010 en 2016 langsheen rij 19 van plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden



4.5 Gebiedsdekkende resultaten

De gebiedsdekkende kaarten zijn opgemaakt door alle individuele rekenrijen te combineren. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de weergegeven sedimentflux dus steeds als lineair beschouwd wordt, in de lengterichting van de rekenrijen. Deze gemaakte vereenvoudiging ligt, samen met de verschillen in randvoorwaarde, aan de basis van de sterke laterale variatie die in de gebiedsdekkende resultaten naar voor komt.

Op de Plaat van Walsoorden overheerst een opwaartse sedimentflux. Volgens de gemaakte ééndimensionele benadering zal het sediment bijgevolg voornamelijk langs de rekenrijen in een zuidoostelijke richting getransporteerd worden. Deze benadering strookt niet volledig met de werkelijkheid. In sommige morfologische deelzones komt de voornaamste richting van sedimenttransport niet overeen met de richting van de rekenrijen. Dit is vooral het geval op de plaatpunt, waar het sediment in een zuidelijke richting over de plaatrand beweegt in de richting van de zuidelijke vloodschaar.

Rekenrij 5 vormt een uitzondering op de overwegend opwaartse sedimentflux. Langs deze rij stortvakken wordt in vergunningsjaren 1 tot en met 3 een ebgedomineerd sedimenttransport berekend. De oorzaak van de negatieve sedimentflux ligt hoogstwaarschijnlijk bij de opwaartse randvoorwaarde. Het opwaartse uiteinde van rekenrij 5 is initieel gedeeltelijk in de hoofdgeul ten zuiden van de Plaat van Walsoorden gelegen. De stroming langs de noordrand van deze geul is voornamelijk ebgedomineerd. De plaat bouwt zich tijdens de geanalyseerde periode verder uit in zuidelijke richting waardoor de diepte en ook de ebdominantie bij het opwaartse uiteinde van rekenrij 5 afneemt doorheen de tijd.

Op de zuidelijke zandtong ten zuiden van rekenrij 5 is de opwaartse sedimentflux constant langs de rekenrij en relatief laag. Het sterkste opwaartse transport wordt berekend langs de meest zuidelijke gelegen rekenrijen 1 en 2. Op de zuidelijke zandtong wisselen periode van afnemende sedimentflux met sedimentatie en een toename van het sedimenttransport gekoppeld aan erosie elkaar af. Tijdens het vierde vergunningsjaar zien we nog een toename van de sedimentflux op de zuidelijke zandtong, maar in het vijfde, en vooral het zesde vergunningsjaar neemt de sedimentflux er sterk af.

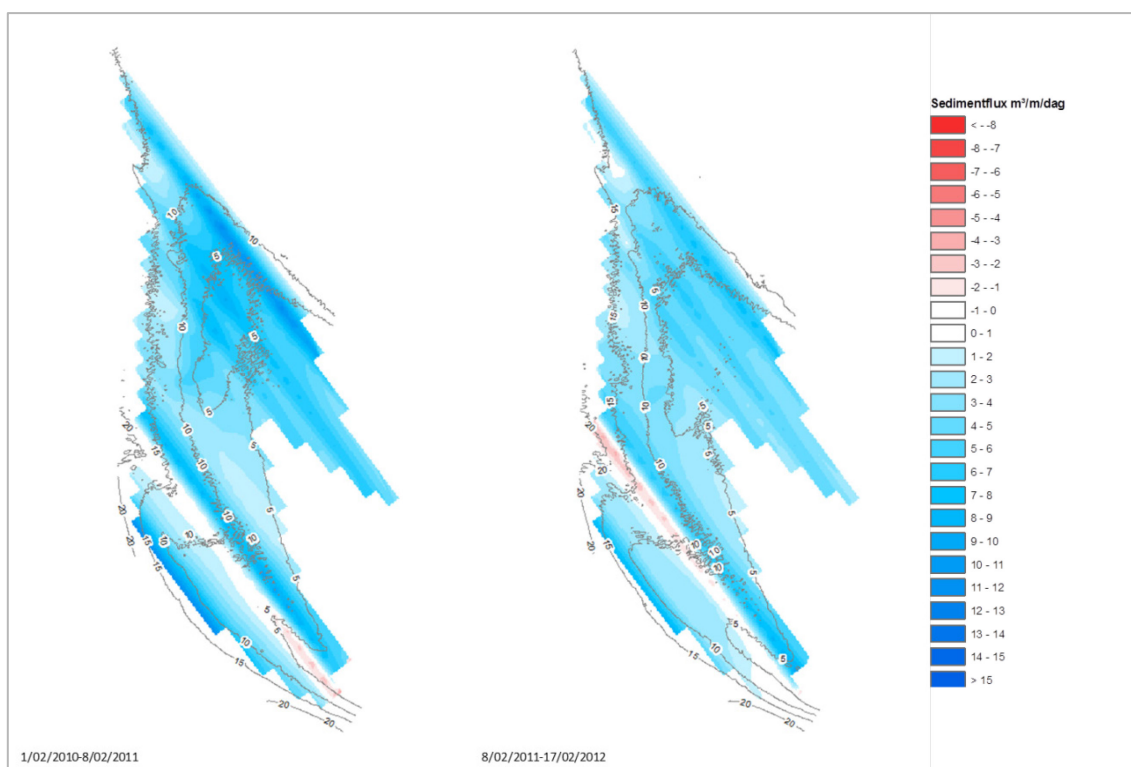
Ten noorden van de zuidelijke zandtong ligt de zuidelijke vloodschaar. Rekenrij 6 (zie §4.1) bevindt zich centraal in deze vloodschaar. Doorheen de vloodschaar migreert een groot volume aan sediment in opwaartse richting. Tijdens het derde, vijfde en zesde vergunningsjaar wordt langs deze rij dan ook het hoogste absolute opwaarts sedimenttransport berekend. Door het veelvuldig storten in en ten noorden van de zuidelijke vloodschaar, en het opwaarts transport van de gestorte specie, neemt de diepte van de zuidelijke vloodschaar af doorheen de tijd. Vooral tijdens het zesde vergunningsjaar vertoont de sedimentflux een sterke daling ter hoogte van de zuidelijke vloodschaar.

Op de ondiepe plaatpunt ten westen van de noordelijke vloodschaar en ten noorden van de zuidelijke vloodschaar worden regelmatig stortingen uitgevoerd. Op het centrale deel tussen de noordelijke en de zuidelijke vloodschaar reageert de sedimentflux hierop door toe te nemen ter hoogte van de gebruikte stortvakjes. Opwaarts langs de rekenrijen neemt de sedimentflux af en zal sediment worden afgezet. In deze zone verloopt het sedimenttransport echter niet volledig volgens de richting van de rekenrijen. Een deel van het sediment zal eerder in zuidelijke richting naar de zuidelijke vloodschaar toe migreren. Mogelijk is dit de reden dat de sedimentflux langs de rekenrijen 10 tot 13 zeer weinig variatie vertonen.

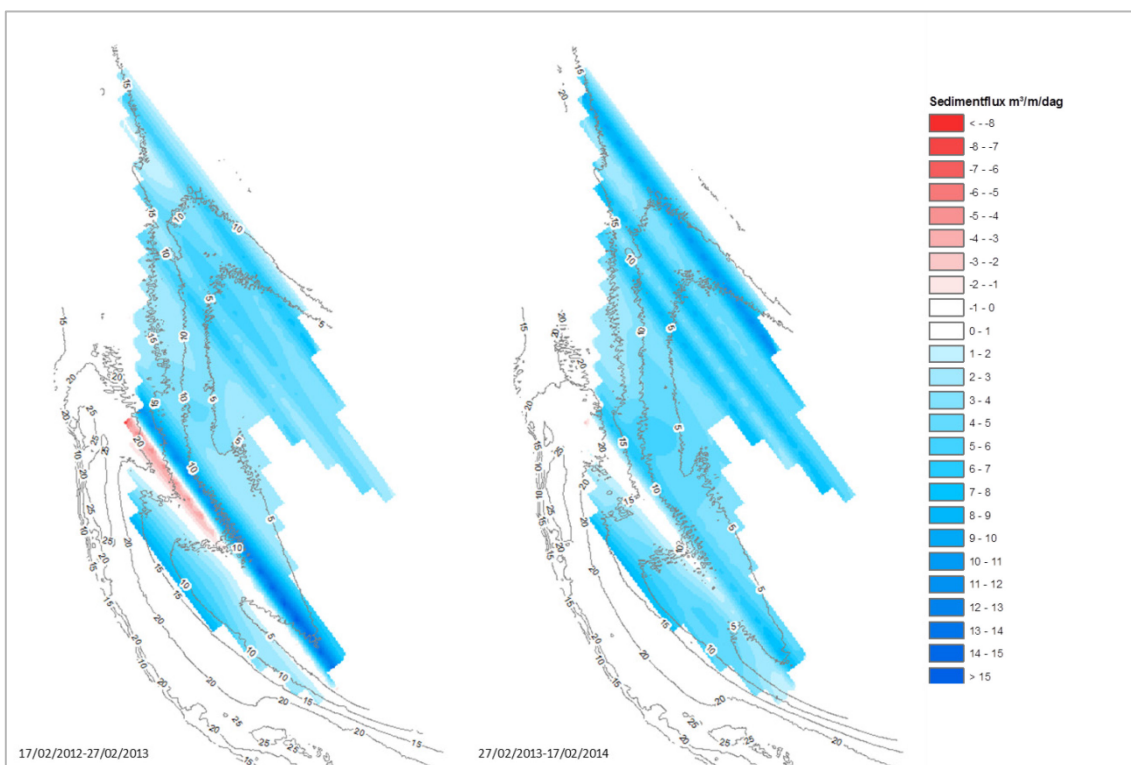
De noordelijke vloodschaar wordt in detail beschreven langs rekenrijen 14 en 16 in §4.2 en §4.3. Sinds het eerste vergunningsjaar worden er regelmatig grote volumes baggerspecie aangebracht afwaarts van de noordelijke vloodschaar. De geanalyseerde rekenrijen tonen een toename van de sedimentflux ter hoogte van de stortingen, met erosie van de aangebrachte specie tot gevolg. Opwaarts van de stortingen daalt de sedimentflux en wordt sediment afgezet. Ook in de jaren nadien, wanneer er geen stortingen worden uitgevoerd, stijgt de opwaartse sedimentflux op de plaats waar voordien stortingen werden uitgevoerd en net opwaarts ervan. Een deel van het geërodeerde volume wordt in het opwaartse deel van de noordelijke vloodschaar afgezet, een ander deel verdwijnt in oostelijke richting uit de plaatrandstortzone. Naarmate de tijd vordert neemt de diepte, en daarmee ook de ruimte voor bijkomende sedimentatie in de noordelijke vloodschaar, af. De zone waar nog sedimentatie kan voorkomen wordt gekenmerkt door een snelle daling van de sedimentflux. Hier wordt een sedimentatiefront gevormd. Opwaarts van dit front is de sedimentflux constant en de morfologische veranderingen gering.

De evolutie van de sedimentflux op de noordelijke zandtong wordt besproken aan de hand van rekenrij 19 in §4.4. De rekenrij wordt gekenmerkt door hoge opwaartse sedimentfluxen, die vaak ook toenemen in opwaartse richting. Tijdens het eerste vergunningsjaar wordt een deel van de baggerspecie aangebracht op de noordelijke zandtong. De sedimentflux stijgt sterk ter hoogte van de stortingen en een deel van de gestorte specie wordt door de vloedstroming meegenomen in opwaartse richting. In de jaren nadien worden geen bijkomende stortingen uitgevoerd op de noordelijke zandtong en is de sedimentflux constant of vertoont deze een lichte toename in het opwaarts sedimenttransport met erosie tot gevolg.

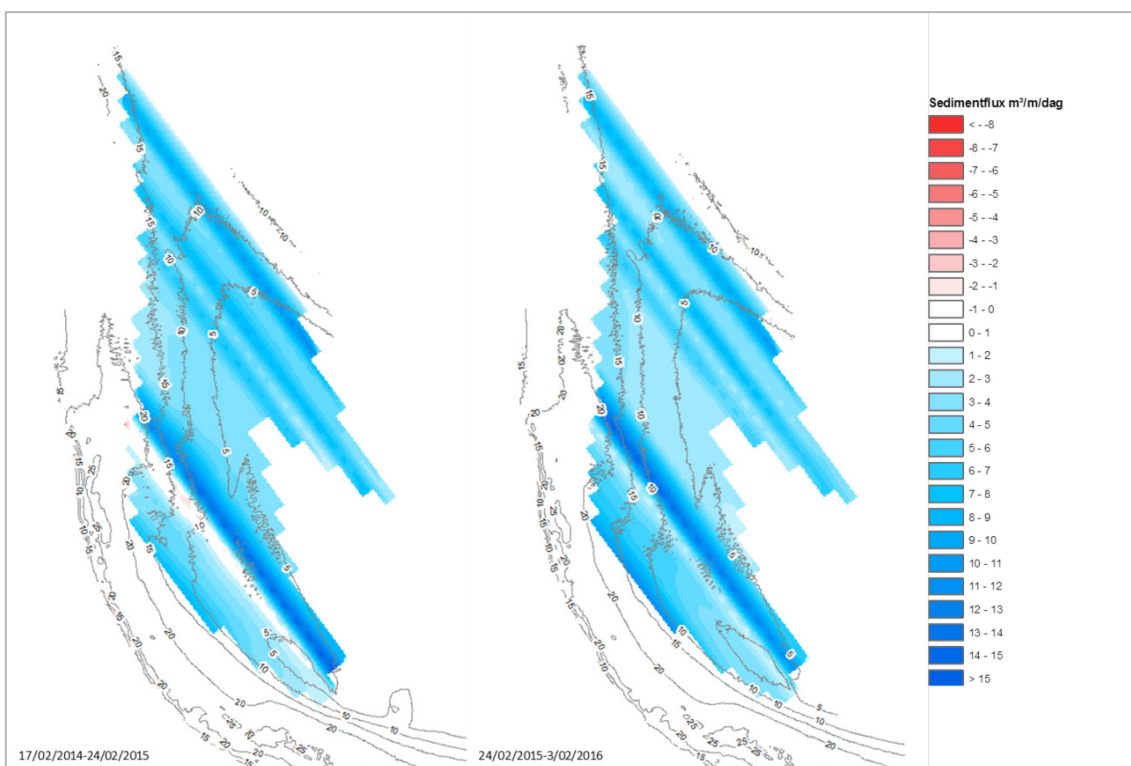
Figuur 17: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2010 en 2011 met aanduiding van de dieptecontouren



Figuur 18: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2012 en 2013 met aanduiding van de dieptecontouren



Figuur 19: Gebiedsdekkende sedimentflux voor de jaren 2014 en 2015 met aanduiding van de dieptecontouren



5 Conclusie

Algemeen overheerst opwaarts sedimenttransport op de plaatrandstortzone. Enkele uitzonderingen op deze algemene regel worden eerder veroorzaakt door een afwijkende randvoorwaarde dan door afwaarts sedimenttransport. Wanneer er stortingen worden uitgevoerd in de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden neemt de sedimentflux in de overgrote meerderheid van de gevallen toe ter hoogte van die stortingen. Dit betekent dat een deel van het gestorte volume reeds tijdens het jaar van de stortingen in opwaartse richting wordt getransporteerd. Een deel van de getransporteerde specie wordt in sommige zones, met name in de noordelijke- en zuidelijke vloedchaar, opnieuw afgezet langs dezelfde rekenrij opwaarts van de stortingen. In de meeste gevallen is het afgezette volume kleiner dan het geërodeerde volume afwaarts ervan en wordt een deel van het getransporteerde materiaal in opwaartse richting uit de rekenrij getransporteerd. Langs enkele rekenrijen, zoals op de noordelijke zand tong, is de sedimentatie opwaarts van de stortingen zeer beperkt en wordt het merendeel van het geërodeerde volume in oostelijke richting uit de plaatrandstortzone getransporteerd. Wanneer het gestorte volume voldoende groot is, ondervindt het aangelegde sedimentlichaam ook in het jaar na de stortingen aanhoudende erosie. In een uitzonderlijk geval wordt het afgezette materiaal tijdens het ene jaar, in het daaropvolgende jaar verder opwaarts getransporteerd.

Soms is een laterale invloed van de stortingen merkbaar, waar stortingen, uitgevoerd in een bepaalde rekenrij, aanleiding geven tot een stijging van de sedimentflux in de rij ten noorden en ten zuiden ervan. Deze laterale invloed is steeds groter in zuidelijke richting dan in noordelijke richting. Een groot deel van de stortingen wordt aangebracht op de grens tussen de diepe en de ondiepe plaatpunt. En net op deze plaatpunt verloopt het sedimenttransport niet volledig volgens de lengterichting van de rekenrijen. Een deel van het gestorte materiaal wordt hier in zuidelijke richting naar de zuidelijke vloedchaar getransporteerd. En ligt daar mee aan de basis met de hoge sedimentflux doorheen deze schaar.

Voor enkele morfologische deelzones van de plaatrandstortzone Plaat van Walsoorden volstaat de toegepaste 1D-benadering om een idee te krijgen van het sedimenttransport op de plaatrand. Echter vooral in zones waar de stromingsrichting variaties kent binnen een getijcyclus (zowel binnen de eb- en vloedfase, als een afwijking verschillend van 180° tussen eb en vloed) is de lineaire aanpak niet voldoende. Interessant zou zijn om tijdens verder onderzoek een 2D-aanpak toe te passen. Op basis van de gebiedsdekkende kaarten van de verschillende componenten van de sedimentflux en de afgeleide gradiënt hiervan, kan een meer realistische analyse van de sedimentbeweging over de plaatrand worden gemaakt. Waar de lineaire aanpak wel volstaat kan het nuttig zijn om de randvoorwaarden te normaliseren en zo meer aandacht te geven aan de veranderingen van de sedimentflux doorheen de jaren. Ook hier kan de afgeleide gradiënt een nuttige aanvulling zijn. Ten slotte kan het ook interessant zijn om de relatie van de sedimentflux tot de veranderende bathymetrie meer aandacht te geven.

6 Referenties

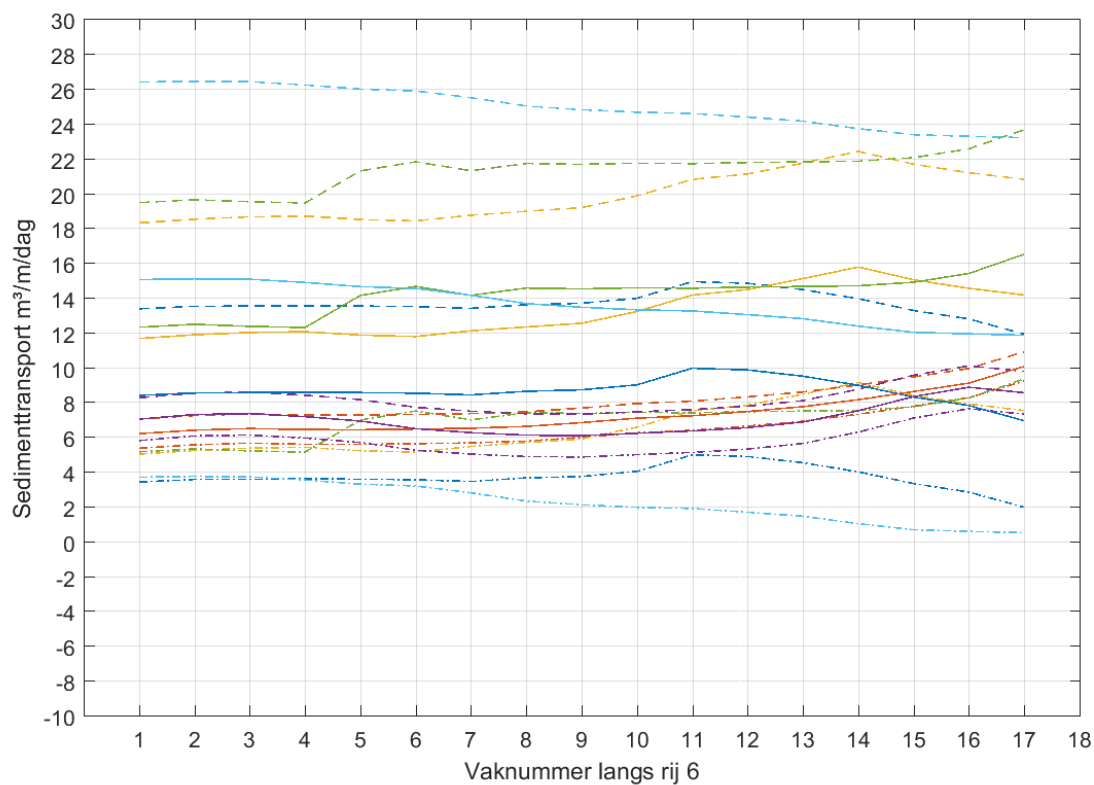
- Engelund, F.; Hansen, E.** (1967). A monograph on sediment transport in alluvial streams: Copenhagen, Denmark. Available at: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:81101b08-04b5-4082-9121-861949c336c9?collection=research>
- Goossens, M.; Depreiter, D.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (S.d.). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 25 – Sedimentbalans ter hoogte van de Hooge Platen
- Goossens, M.; Vos, G.; Plancke, Y.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2017). Opvolgingsrapport 14 – Periode januari 2016 – januari 2017: Antwerpen
- IMDC.** (2016). Monitoringprogramma Flexibel Storten. Tweemaandelijks raaportage plaatrandstortingen februari - maart 2016
- IMDC.** (2017). Maandelijks Rapportage Plaatrandstortingen periode augustus - september 2017: Antwerpen
- Rijkswaterstaat Zeeland; Departement Mobiliteit en Openbare Werken, afdeling M.; Toegang.** (2008). Protocol voorwaarden voor flexibel storten – Kwaliteitsparameters. 6 pp.
- Schrijver, M.; Plancke, Y.** (2008). Uitvoeringsplan MONEOS-T 2008 - 2018. Rijkswaterstaat Zeeland/Vlaamse Overheid. Departement voor Mobiliteit en Openbare Werken: Middelburg. 44 pp.
- Vandenbruwaene, W.; Vos, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2012). Werkgroep O&M - Projectgroep Veiligheid en Toegankelijkheid: onderzoek naar de morfologie op meso-schaal ter hoogte van stortlocaties. *RPRT. WL Rapporten*, 791_10a. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vos, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2012a). Overleg flexibel storten: methodologie opvolging plaatrandstortingen. *WL Rapporten*, 00_031. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vos, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2012b). Overleg flexibel storten: opvolgingsrapport 1 - Periode februari - juni 2010. *RPRT. WL Rapporten*, 00_031. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vos, G.; Plancke, Y.; Vanlede, J.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016). Overleg flexibel storten: opvolgingsrapport 12. Periode juli 2014 - januari 2015. *RPRT. WL Rapporten*, 00_031. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

7 Bijlagen

7.1 Evolutie doorheen de tijd

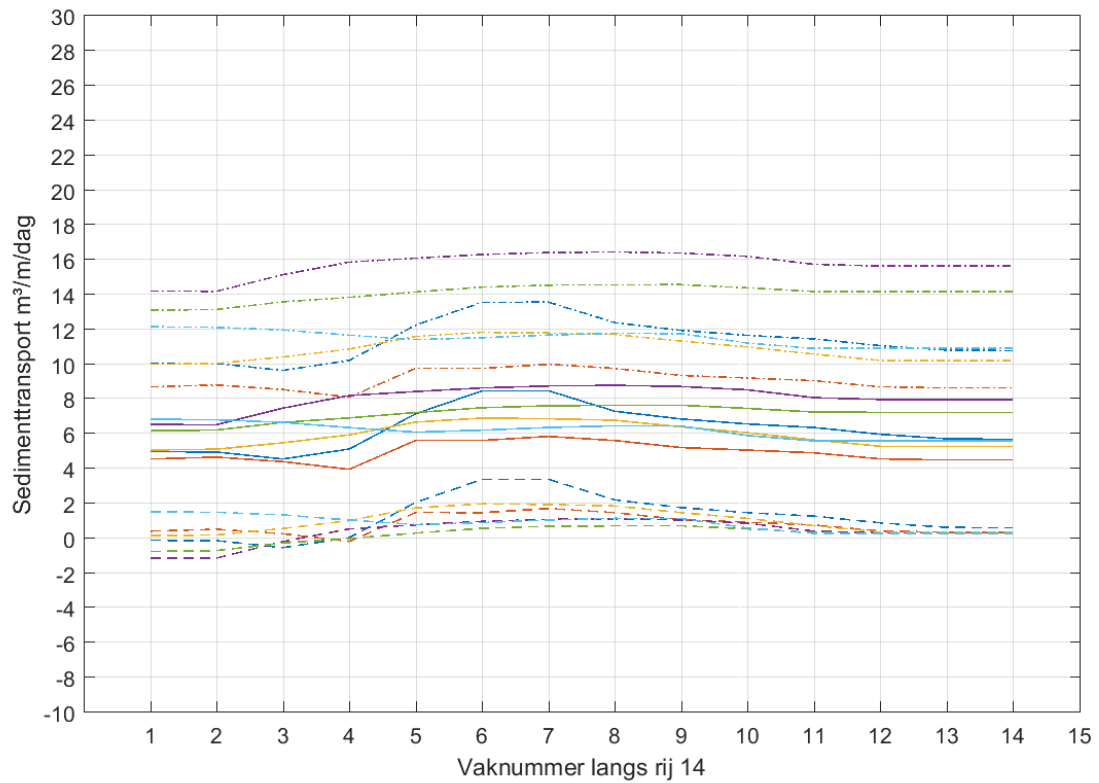
Figuur 20: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 6

- - - 20100201-20110208 afwaarts opgelegd - - - 20100201-20110208 opwaarts opgelegd — 20100201-20110208 gemiddelde
 - - - 20110208-20120217 afwaarts opgelegd - - - 20110208-20120217 opwaarts opgelegd — 20110208-20120217 gemiddelde
 - - - 20120217-20130227 afwaarts opgelegd - - - 20120217-20130227 opwaarts opgelegd — 20120217-20130227 gemiddelde
 - - - 20130227-20140217 afwaarts opgelegd - - - 20130227-20140217 opwaarts opgelegd — 20130227-20140217 gemiddelde
 - - - 20140217-20150224 afwaarts opgelegd - - - 20140217-20150224 opwaarts opgelegd — 20140217-20150224 gemiddelde
 - - - 20150224-20160203 afwaarts opgelegd - - - 20150224-20160203 opwaarts opgelegd — 20150224-20160203 gemiddelde



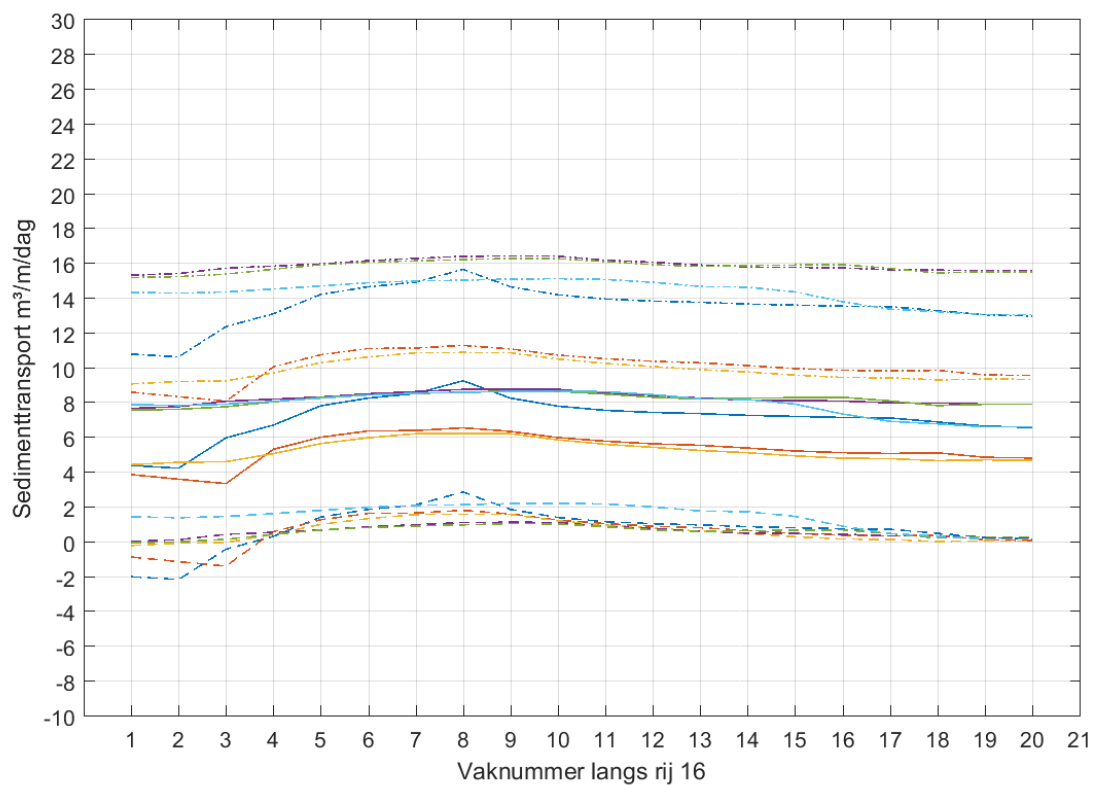
Figuur 21: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 14

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



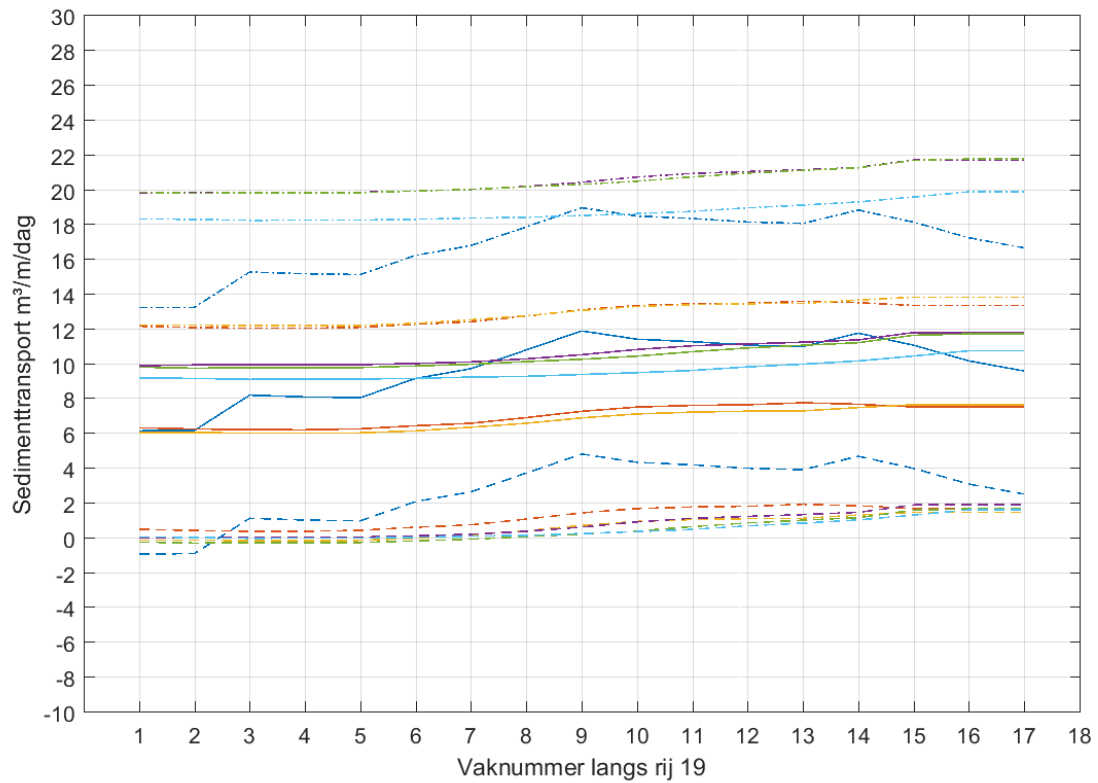
Figuur 22: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 16

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



Figuur 23: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 19

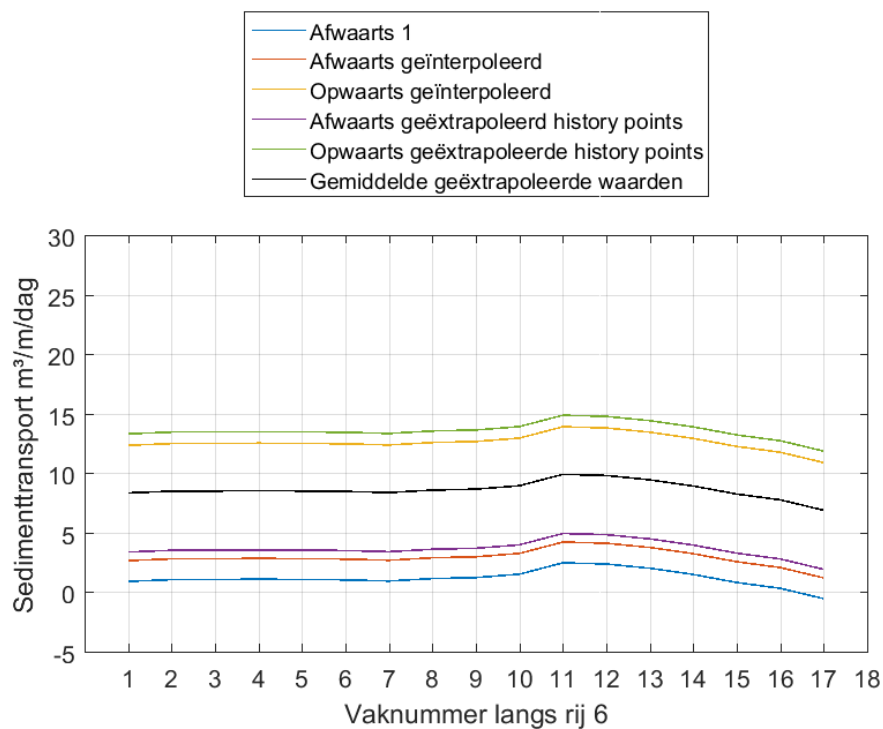
- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



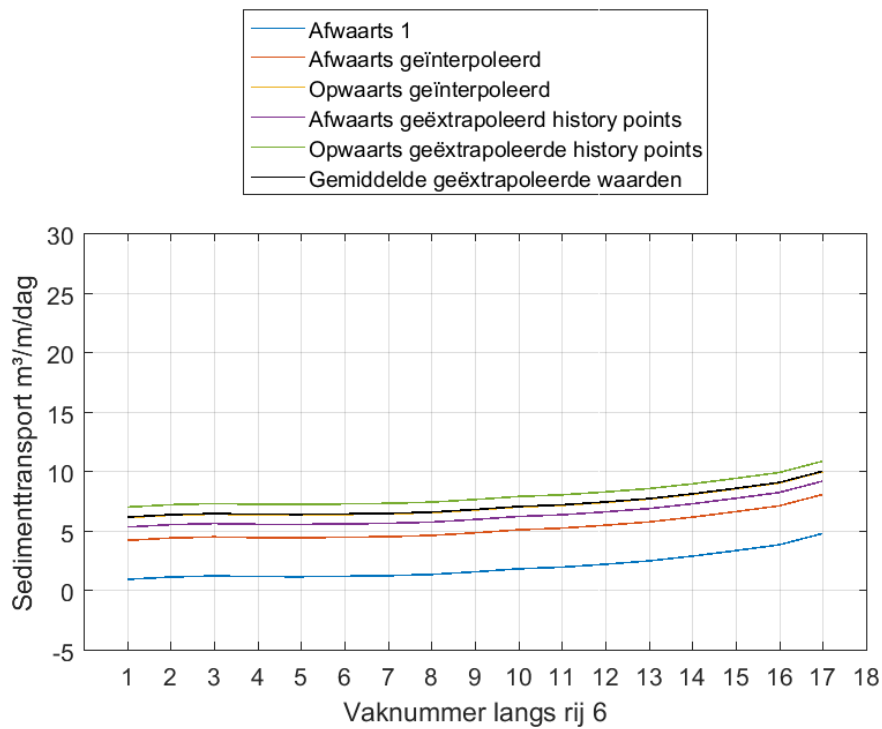
7.2 Vergelijking van de randvoorwaarden per tijdsstap

7.2.1 Rij 6

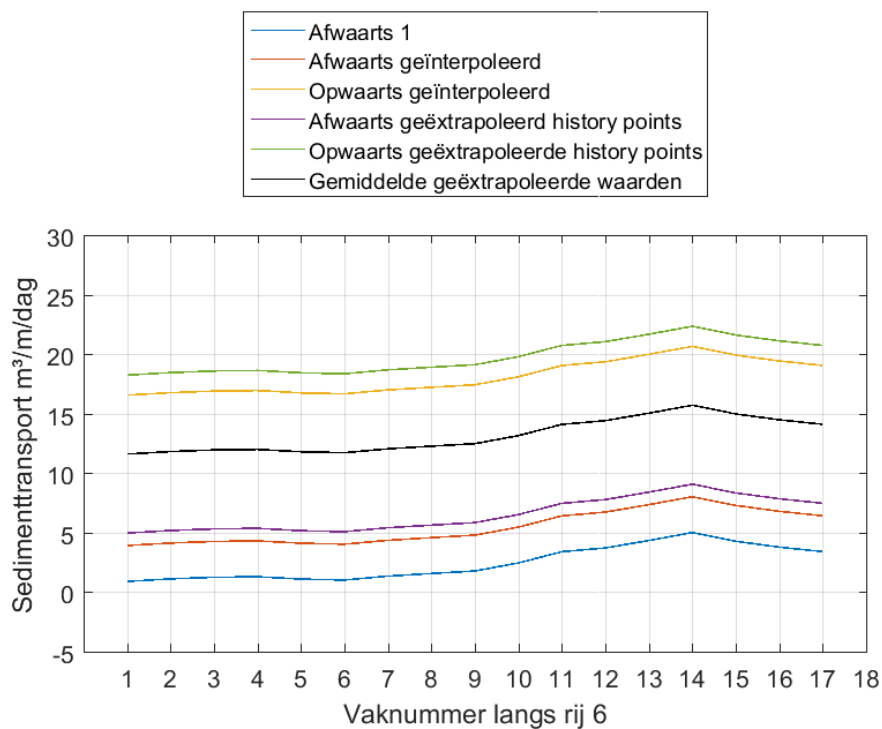
Figuur 24: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 1/02/2010 en 08/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



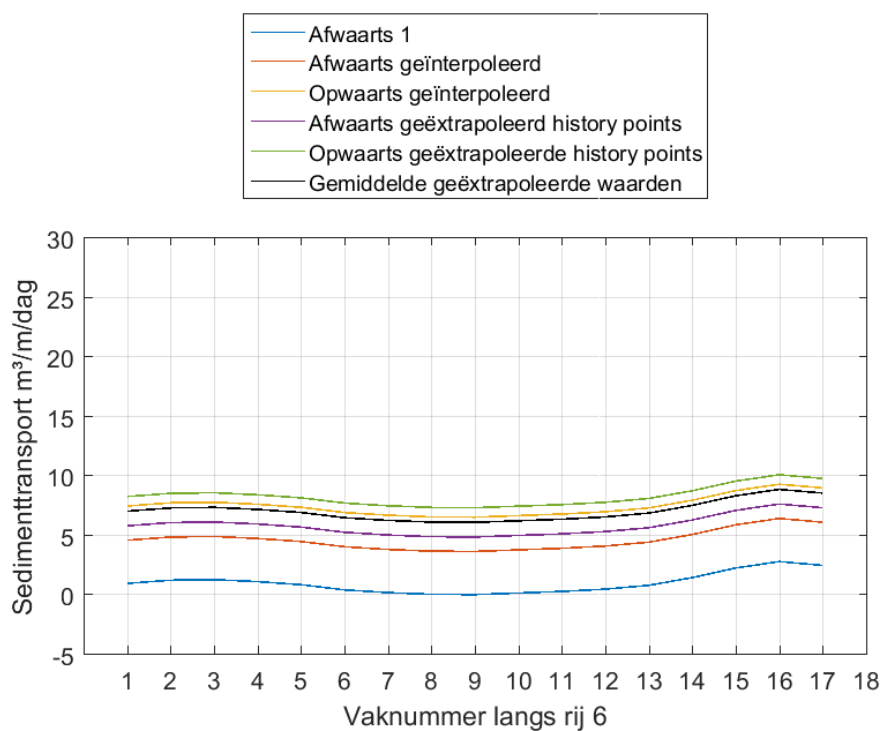
Figuur 25: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



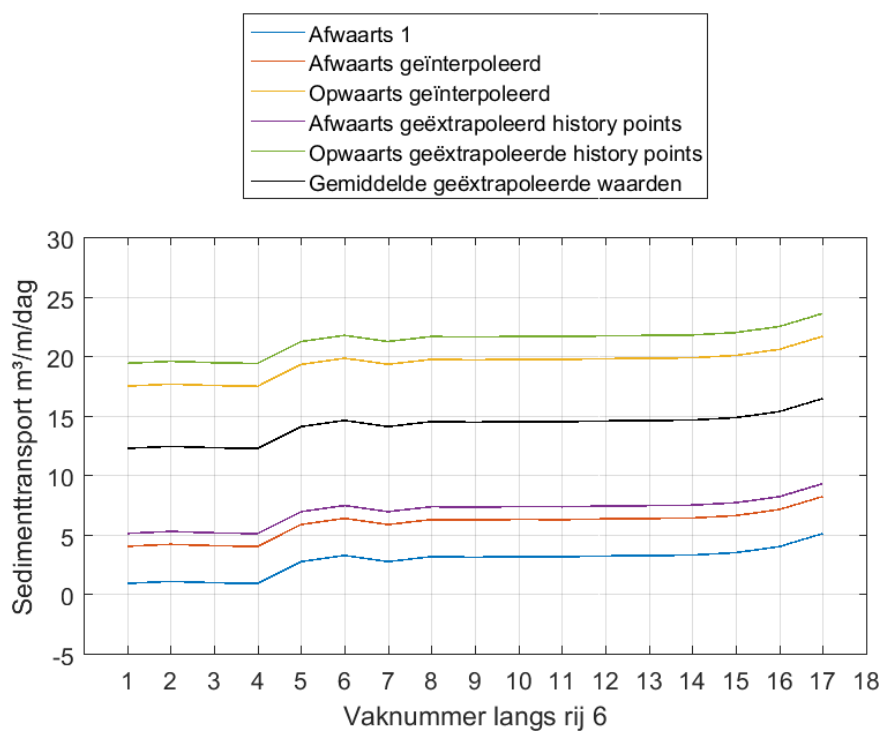
Figuur 26: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



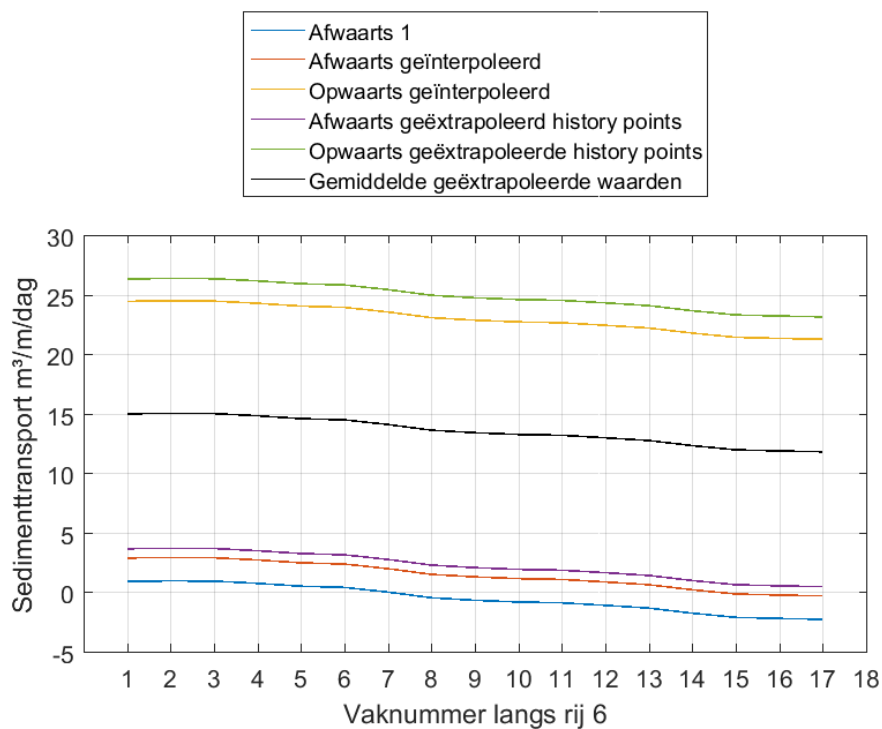
Figuur 27: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



Figuur 28: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

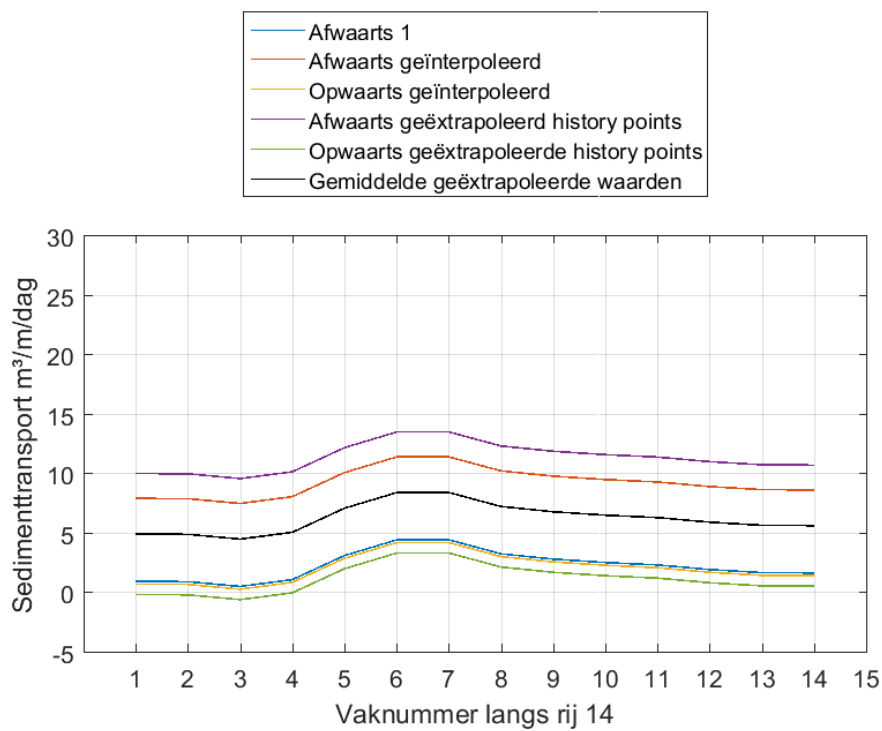


Figuur 29: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 6 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

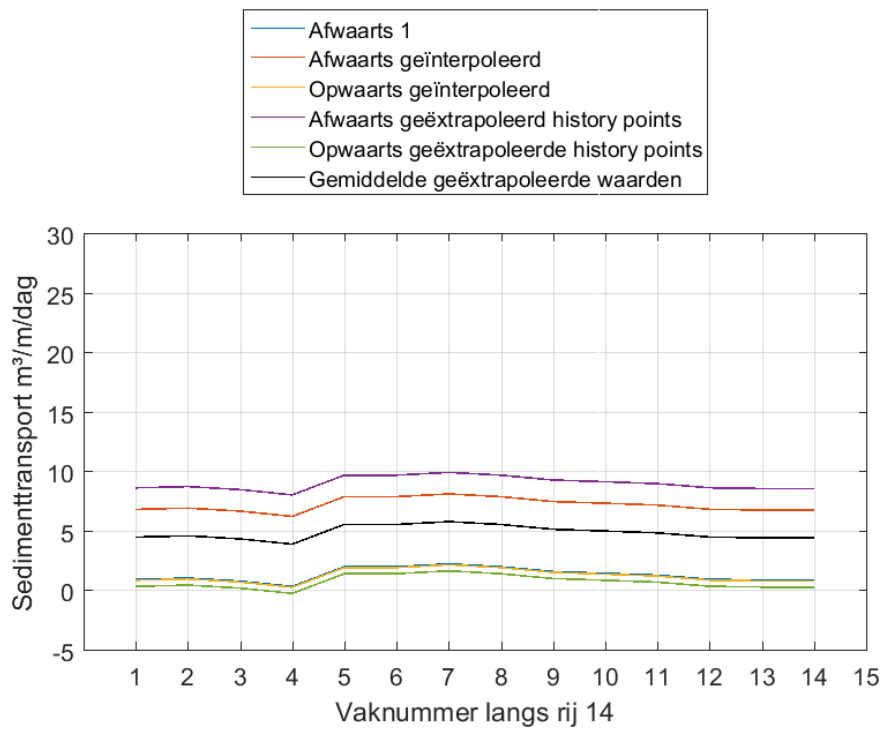


7.2.2 Rij 14

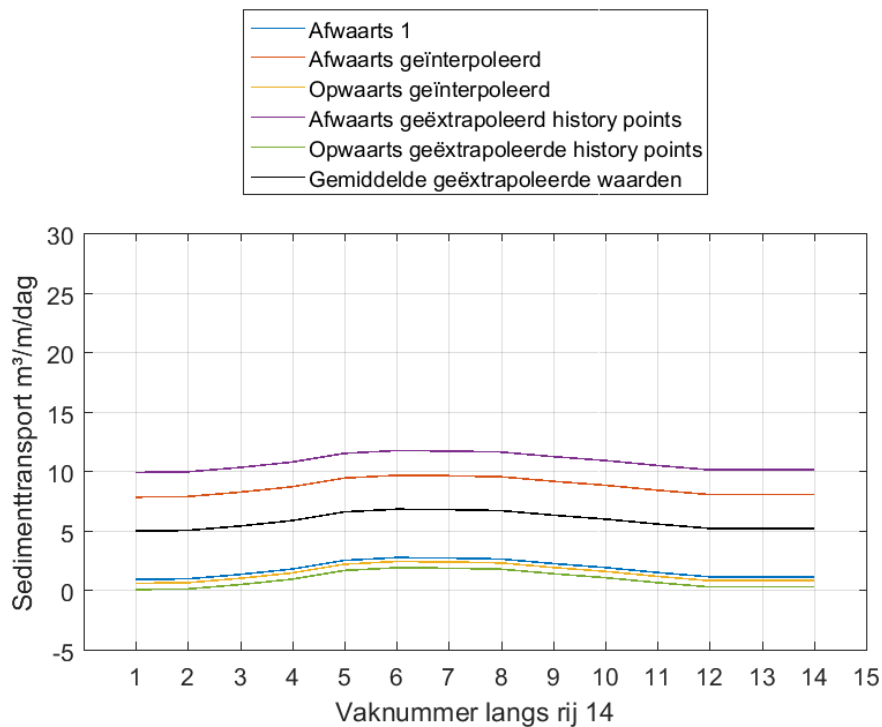
Figuur 30: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



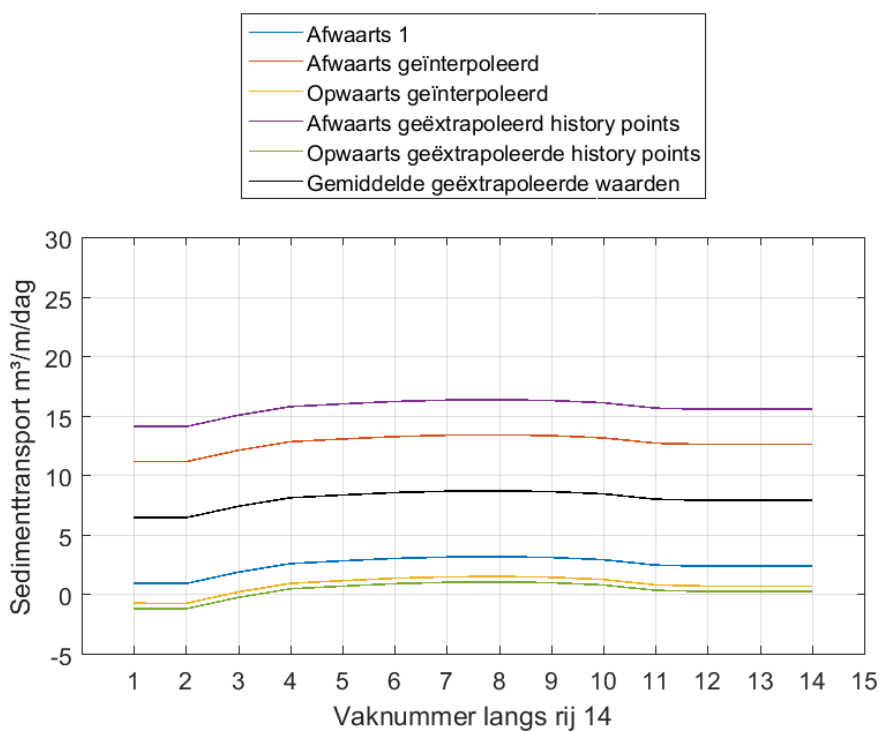
Figuur 31: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



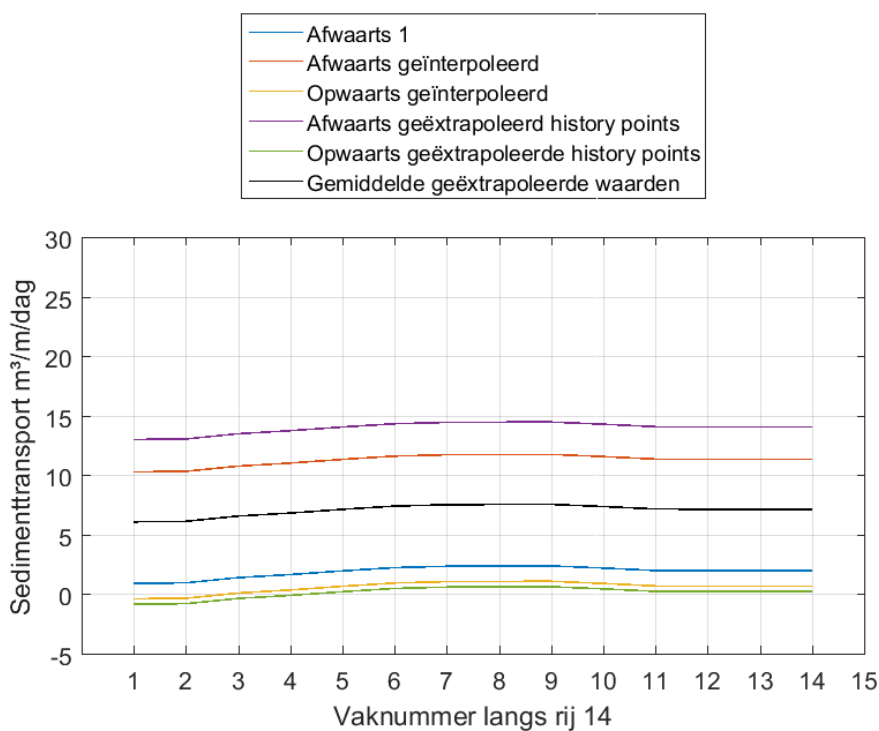
Figuur 32: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



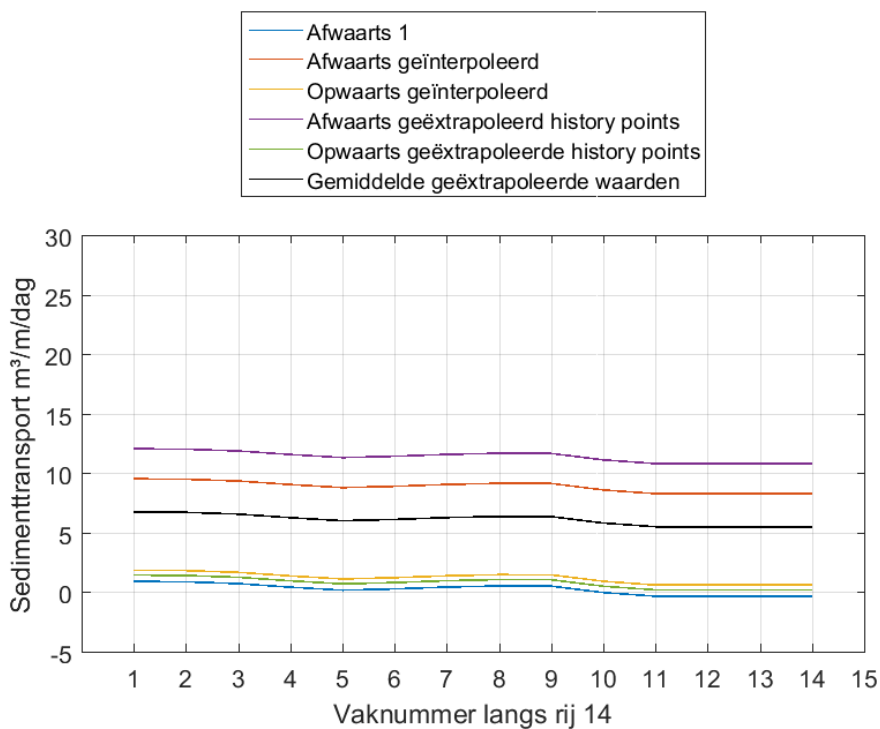
Figuur 33: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



Figuur 34: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

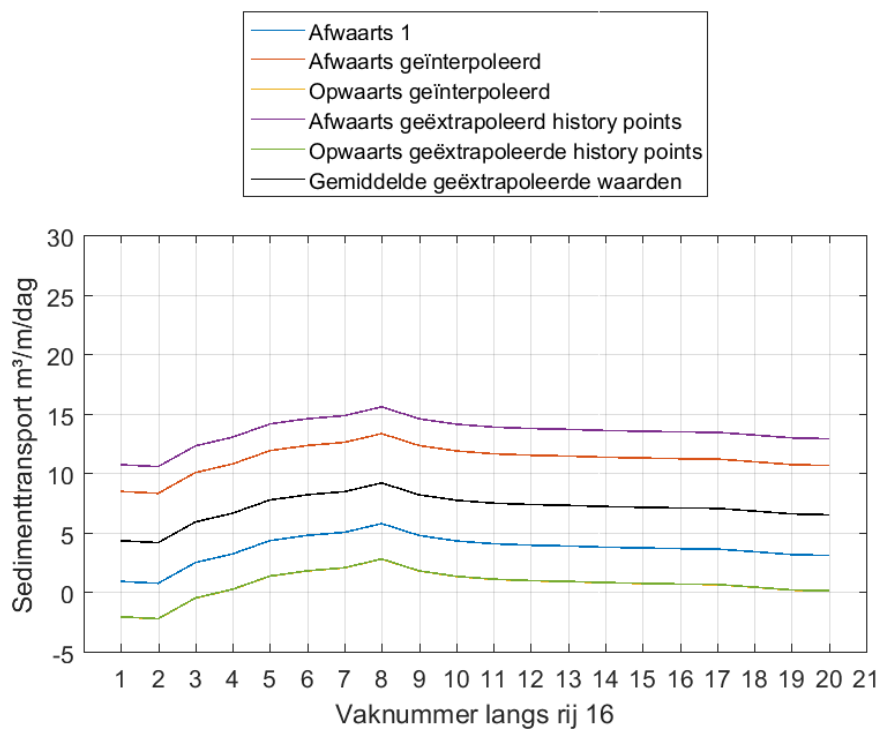


Figuur 35: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 14 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

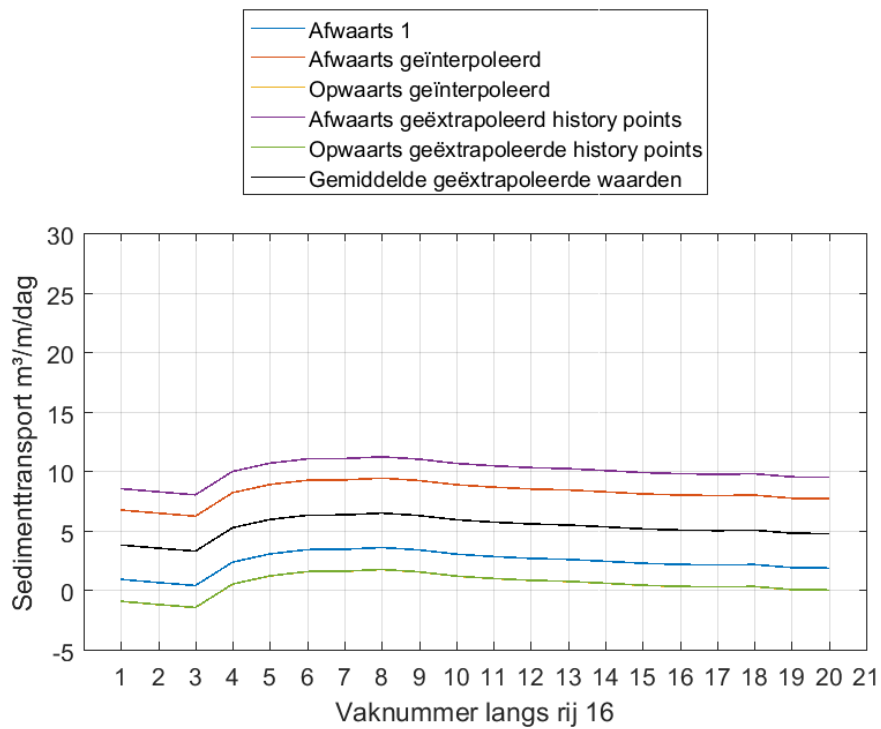


7.2.3 Rij 16

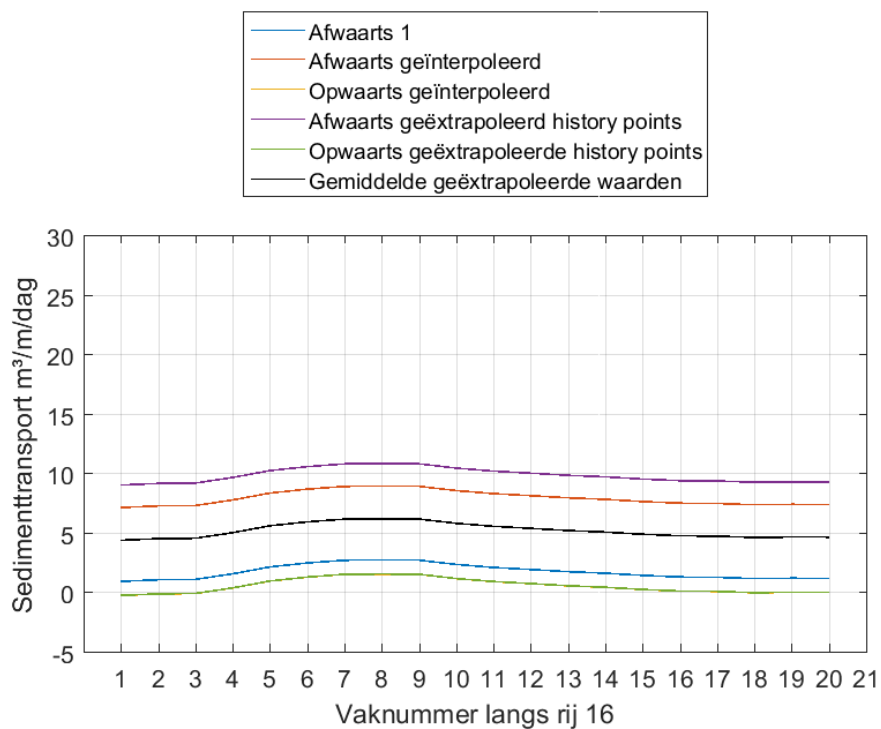
Figuur 36: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



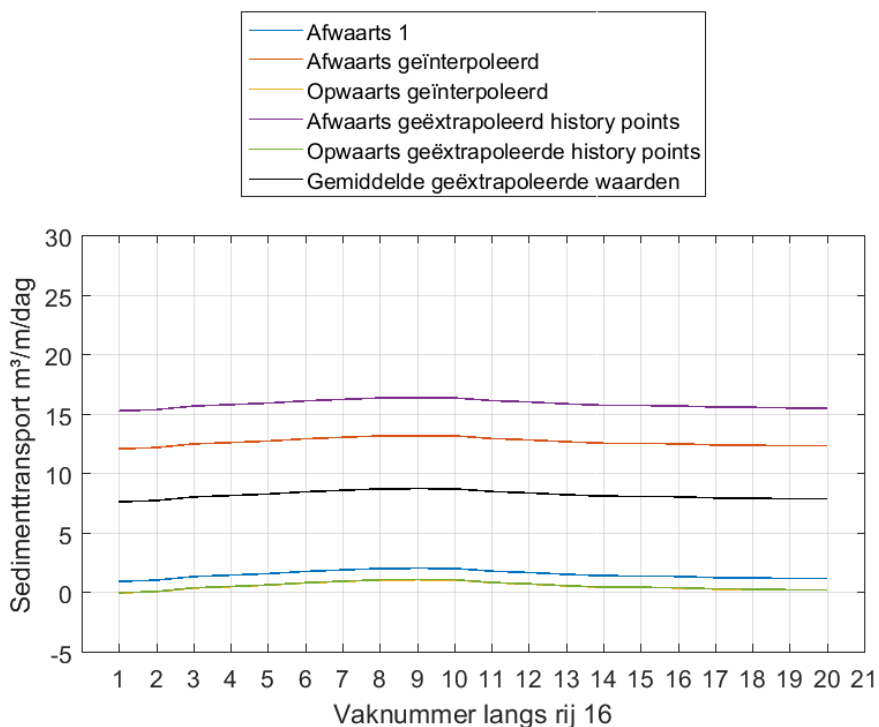
Figuur 37: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



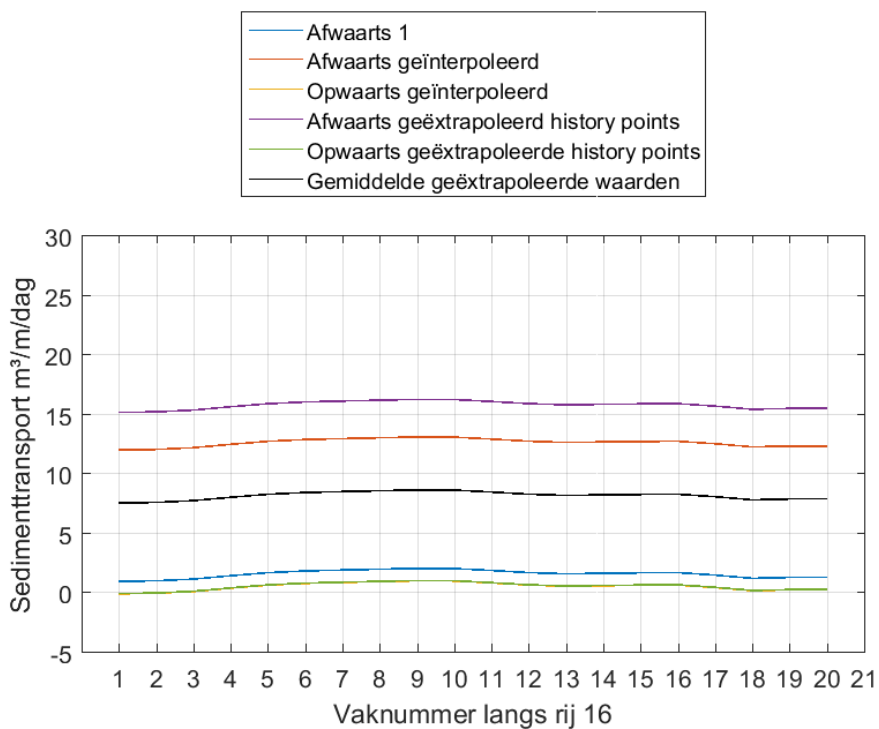
Figuur 38: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



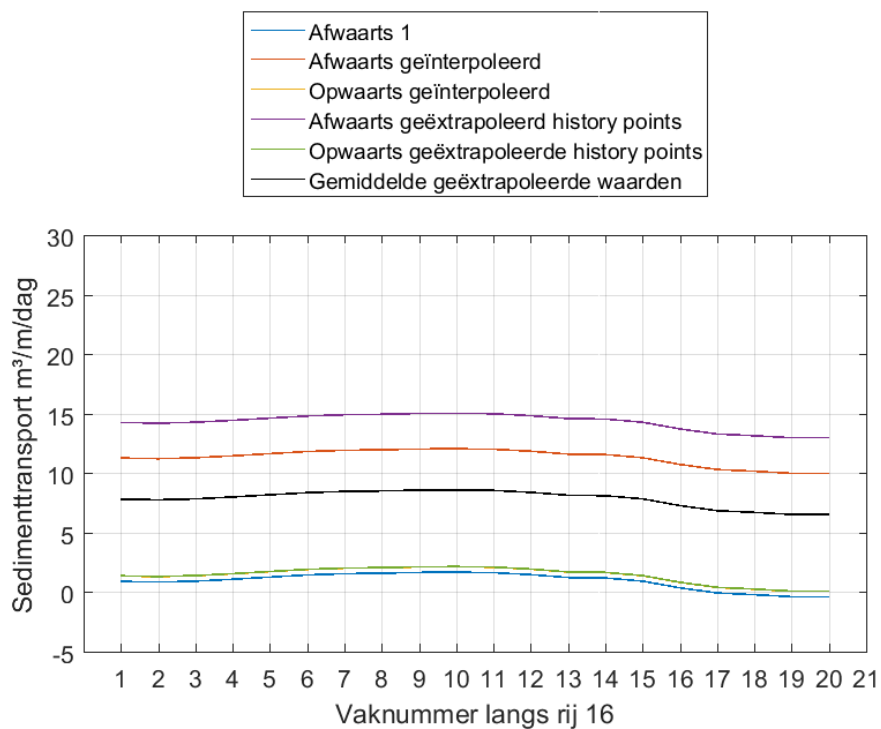
Figuur 39: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



Figuur 40: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

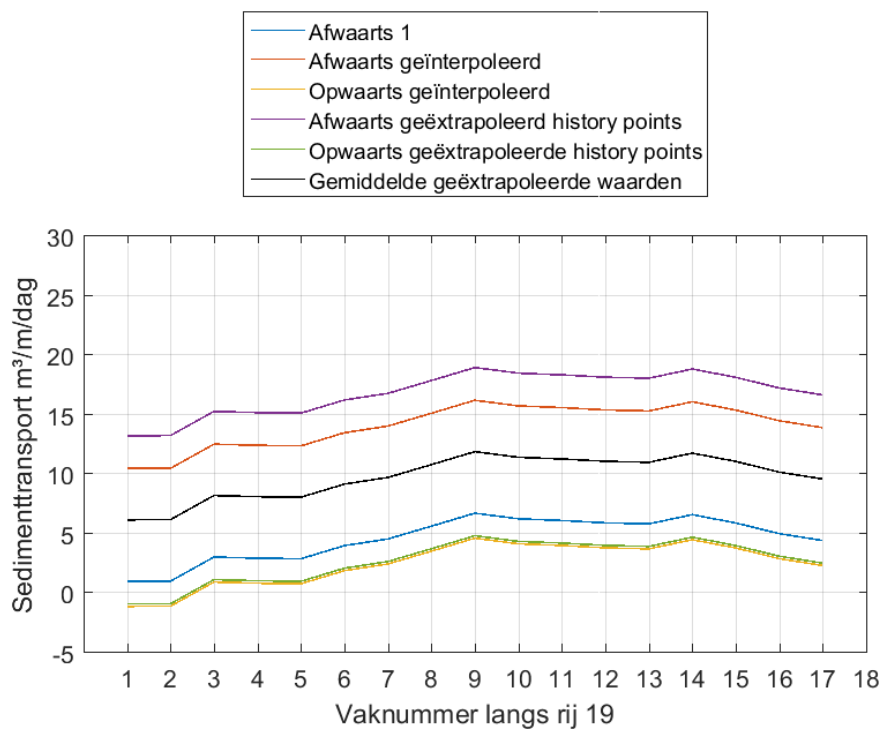


Figuur 41: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 16 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

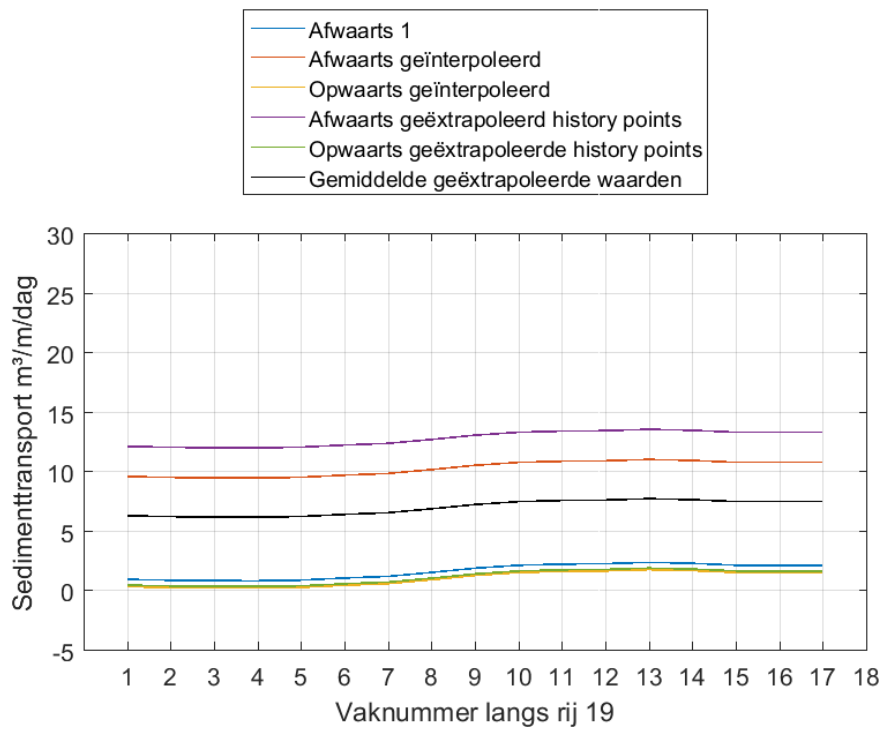


7.2.4 Rij 19

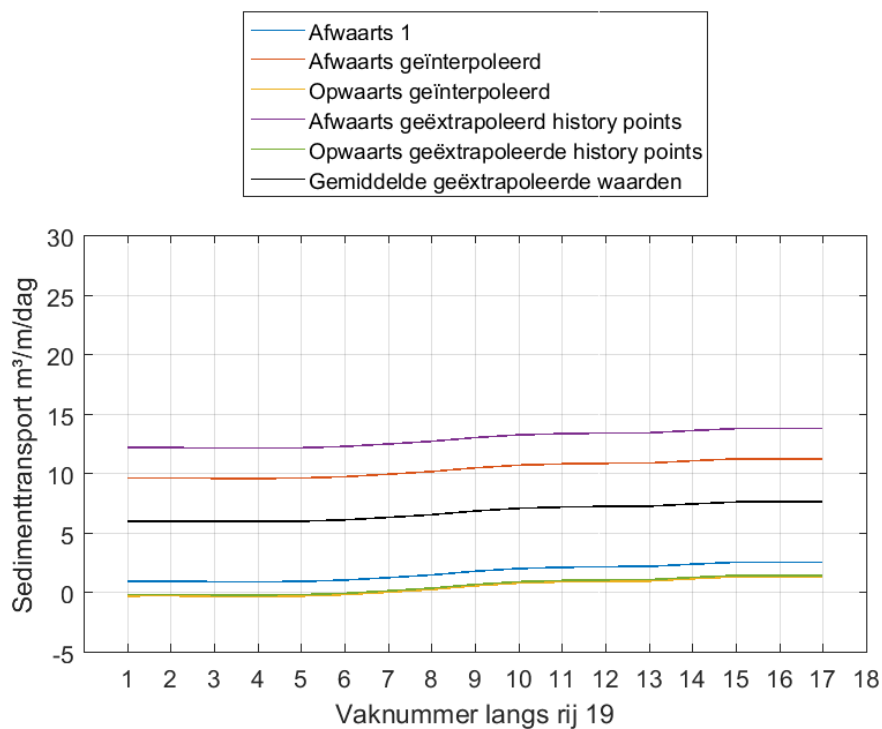
Figuur 42: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 1/02/2010 en 8/02/2011 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



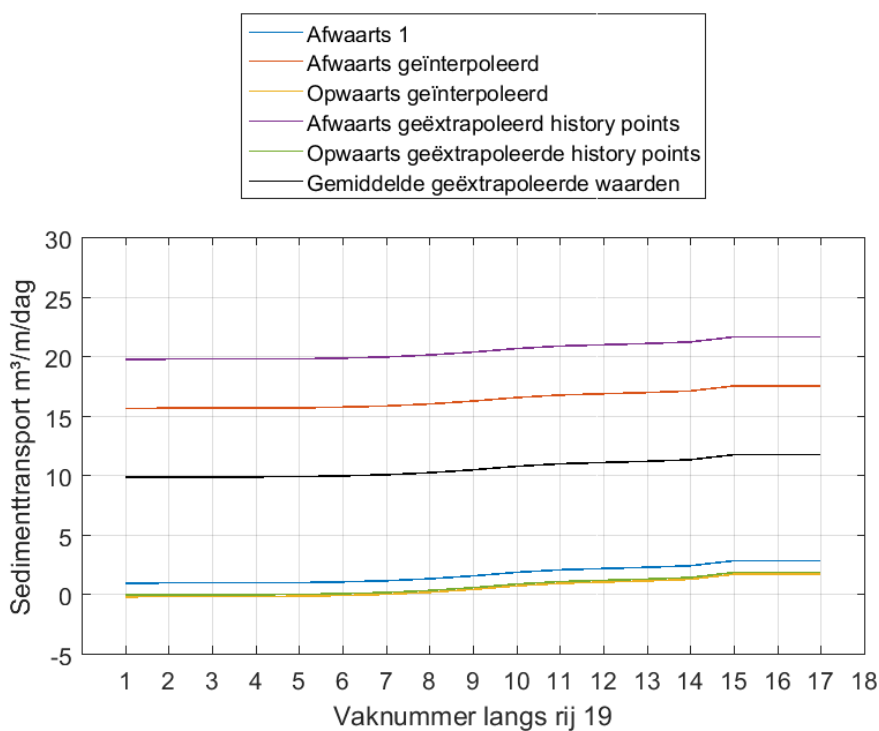
Figuur 43: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 8/02/2011 en 17/02/2012 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



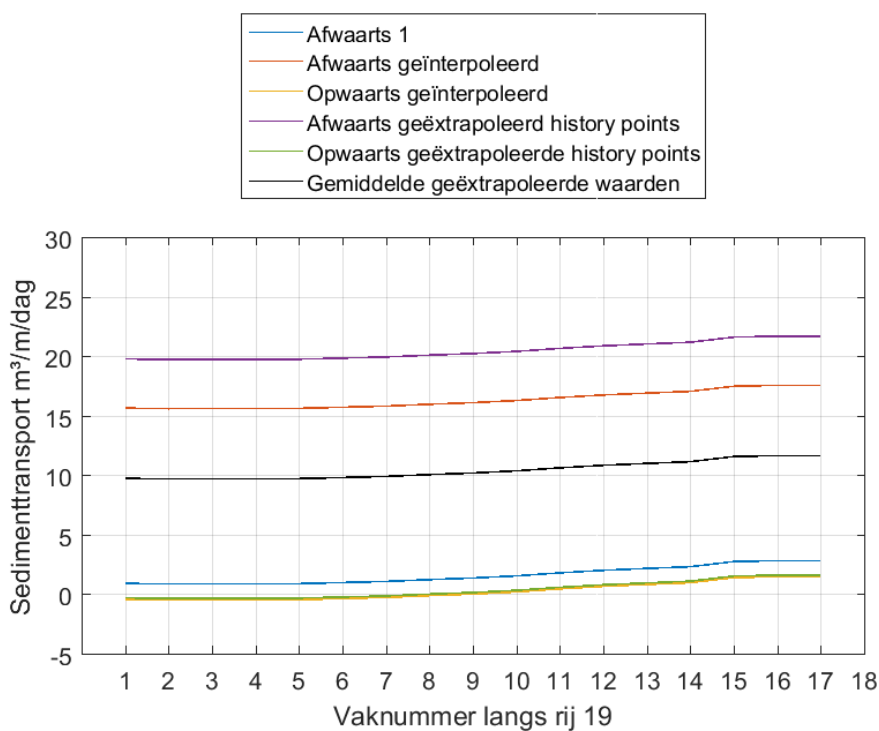
Figuur 44: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 17/02/2012 en 27/02/2013 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



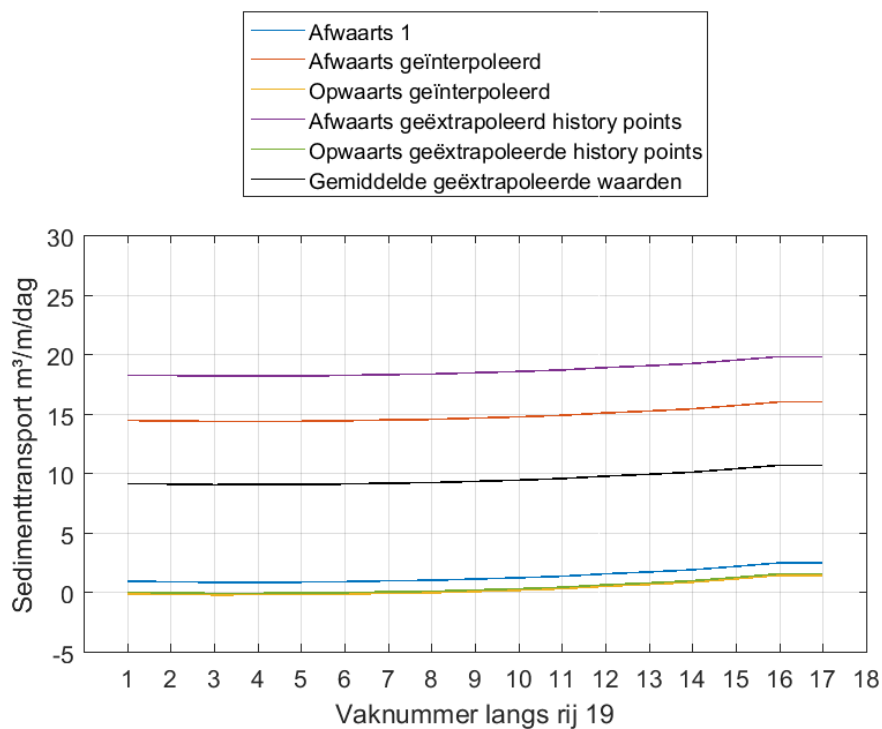
Figuur 45: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 27/02/2013 en 17/02/2014 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.



Figuur 46: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 17/02/2014 en 24/02/2015 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

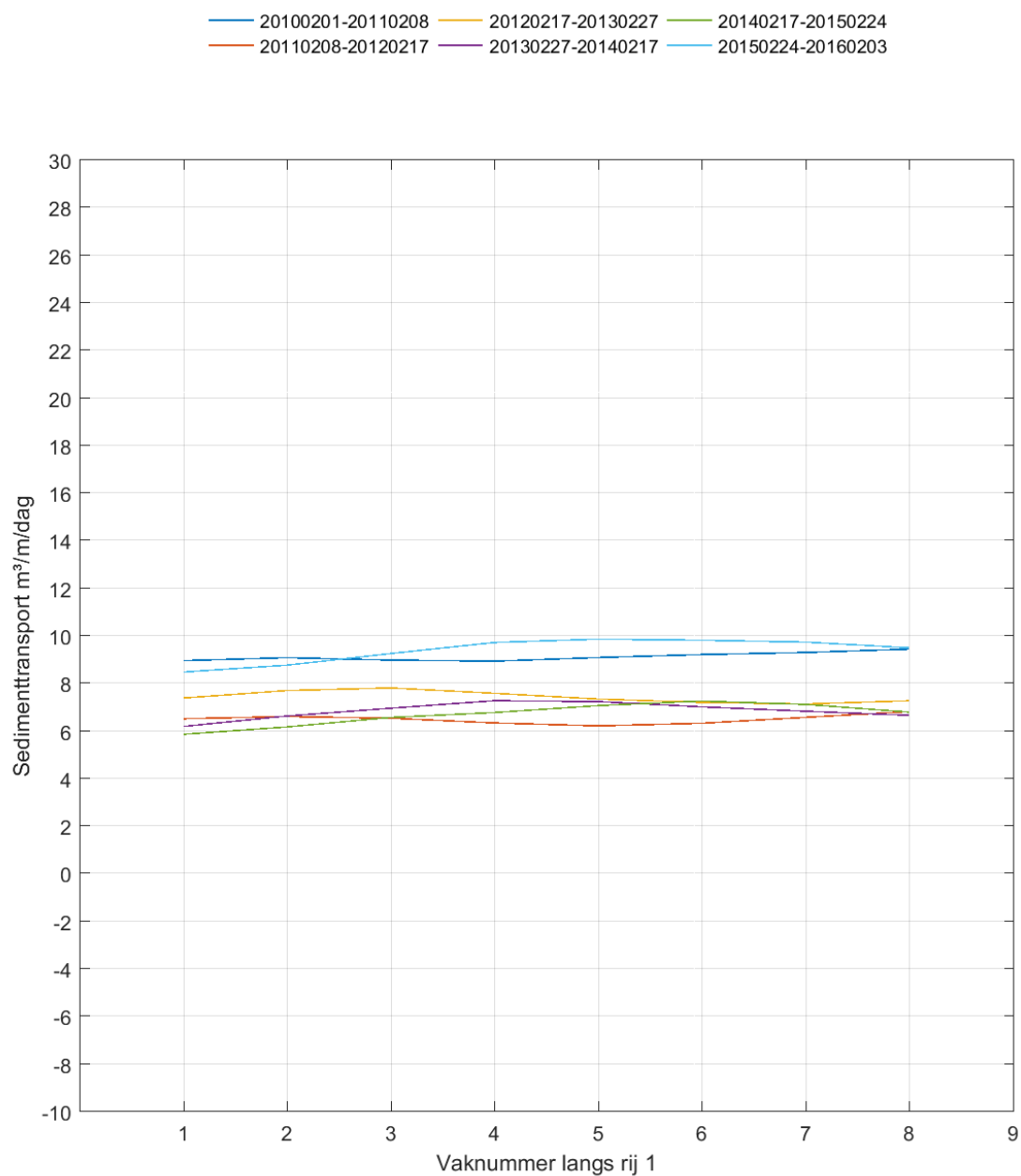


Figuur 47: Vergelijking van de zandbalansen berekend voor rij 19 tussen 24/02/2015 en 3/02/2016 met verschillende op- of afwaarts opgelegde sedimentfluxen als randvoorwaarde.

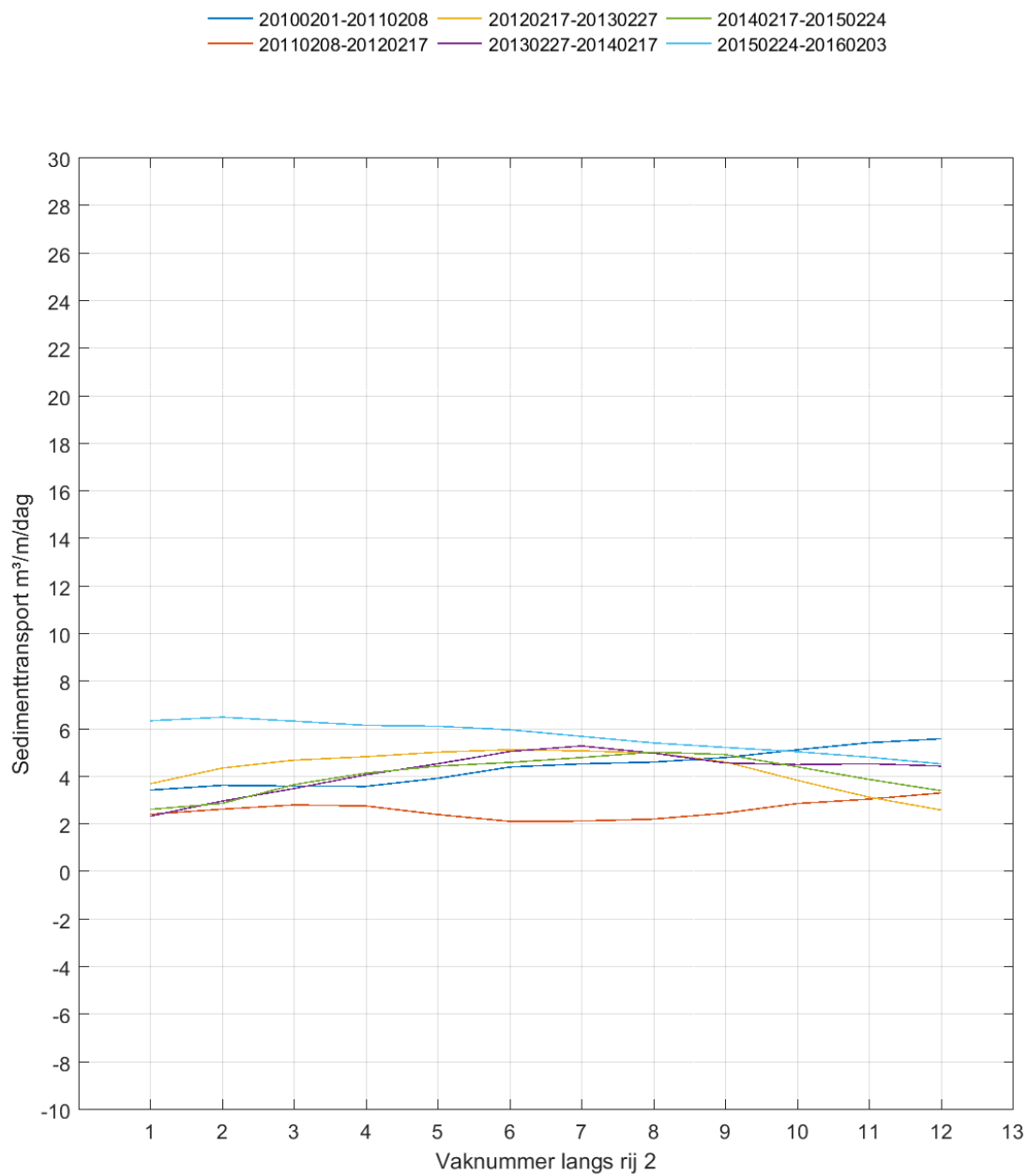


7.3 Aanvullende zandbalansen – gemiddelden

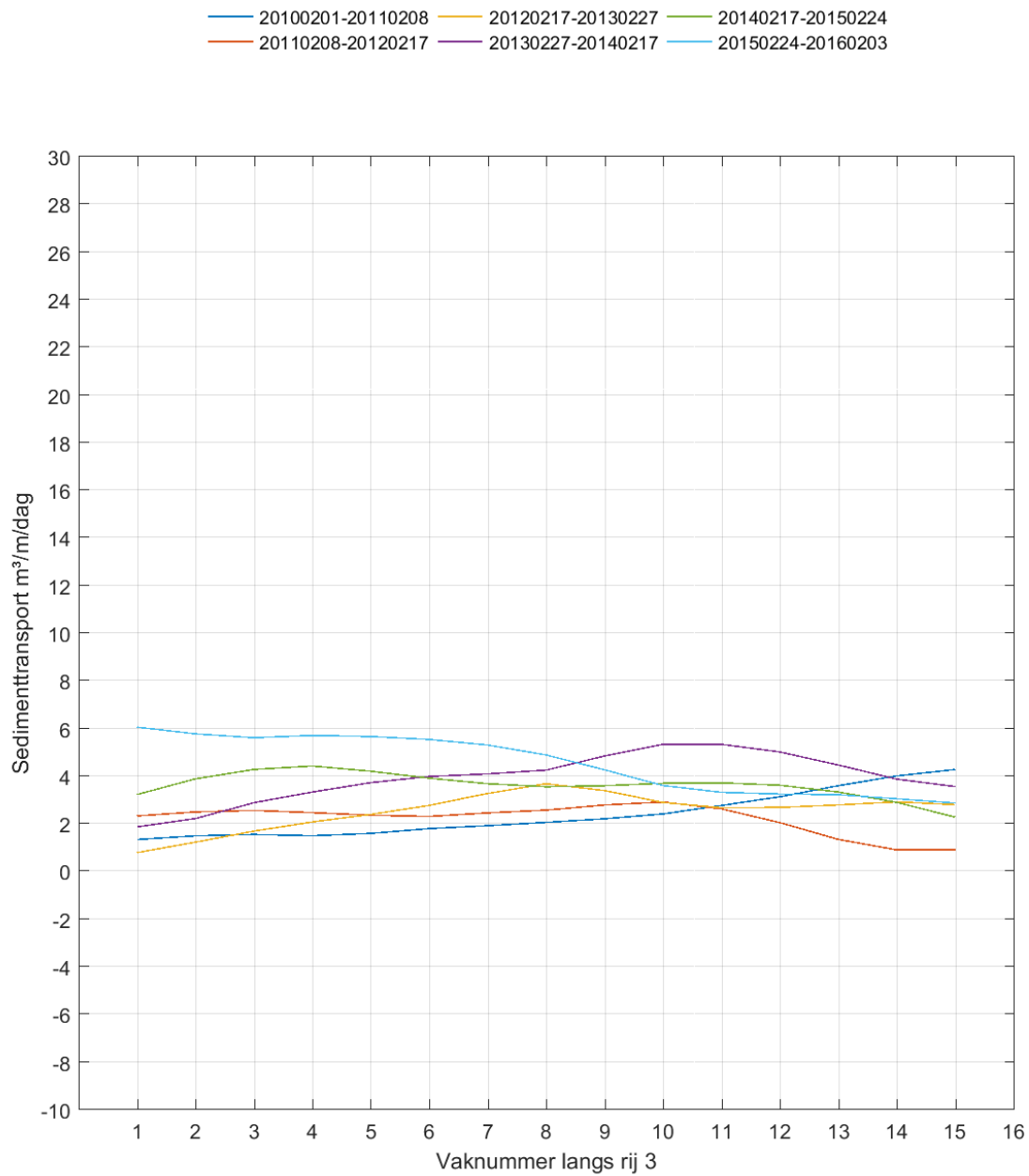
Figuur 48: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 1



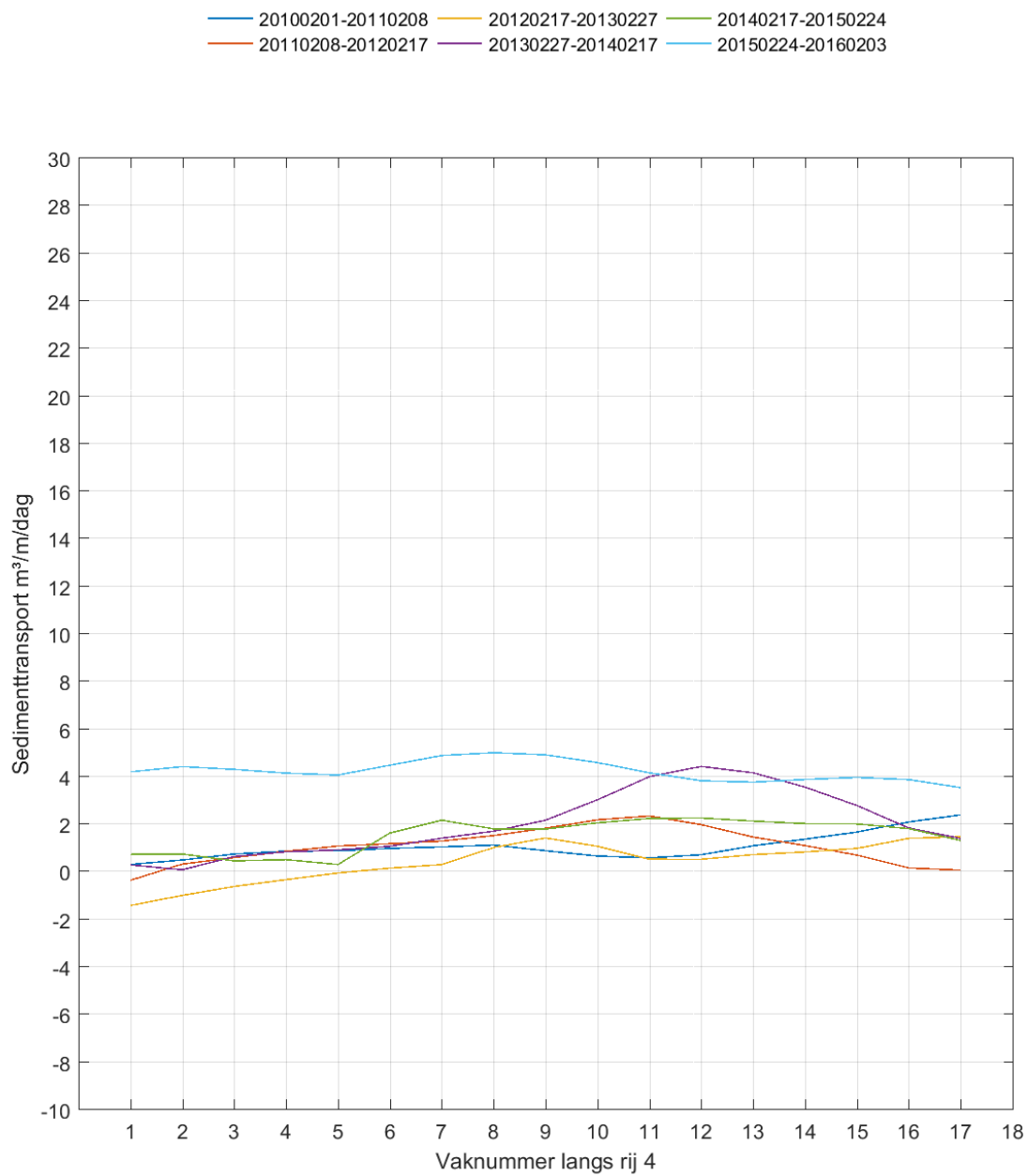
Figuur 49: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 2



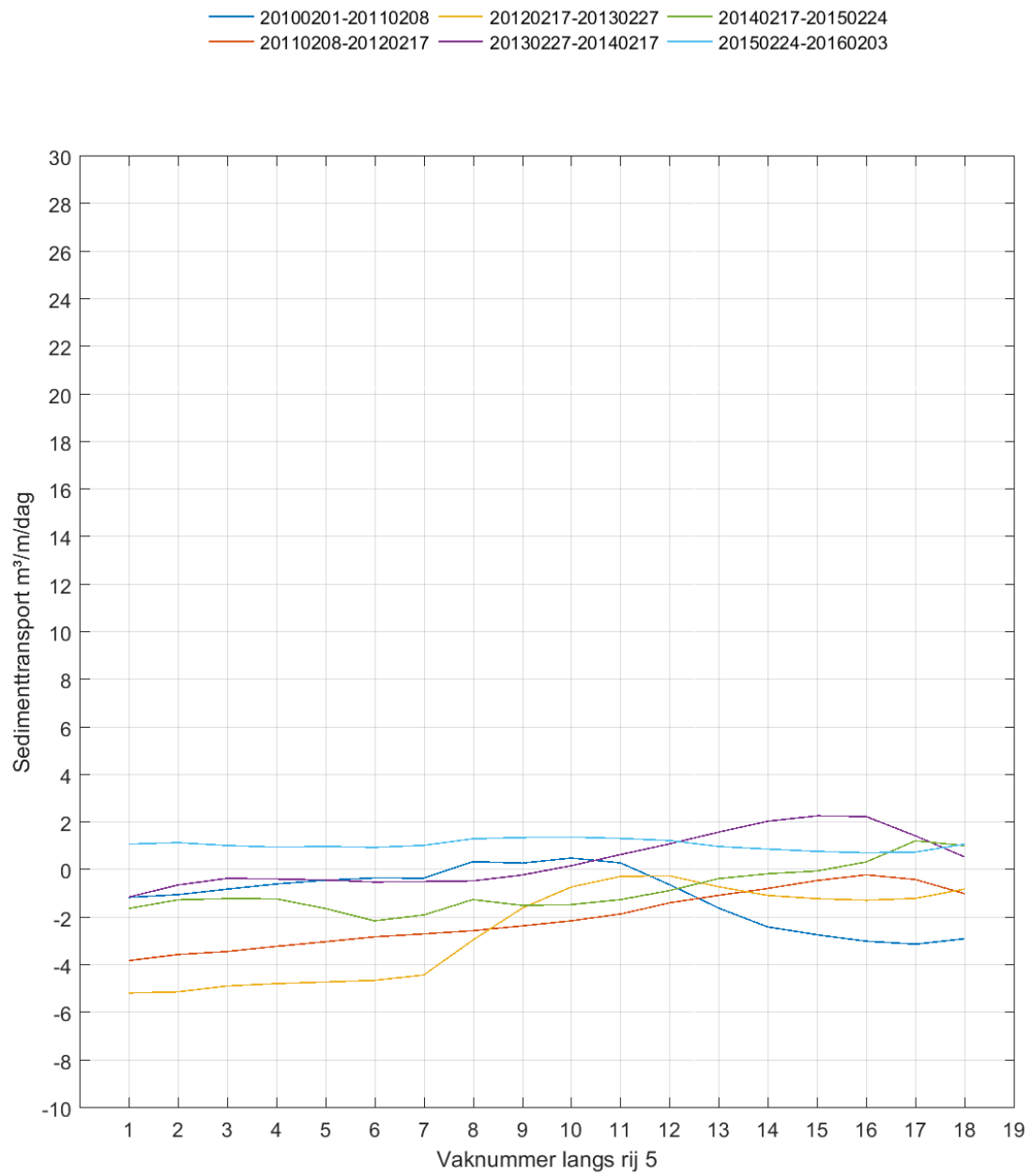
Figuur 50: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 3



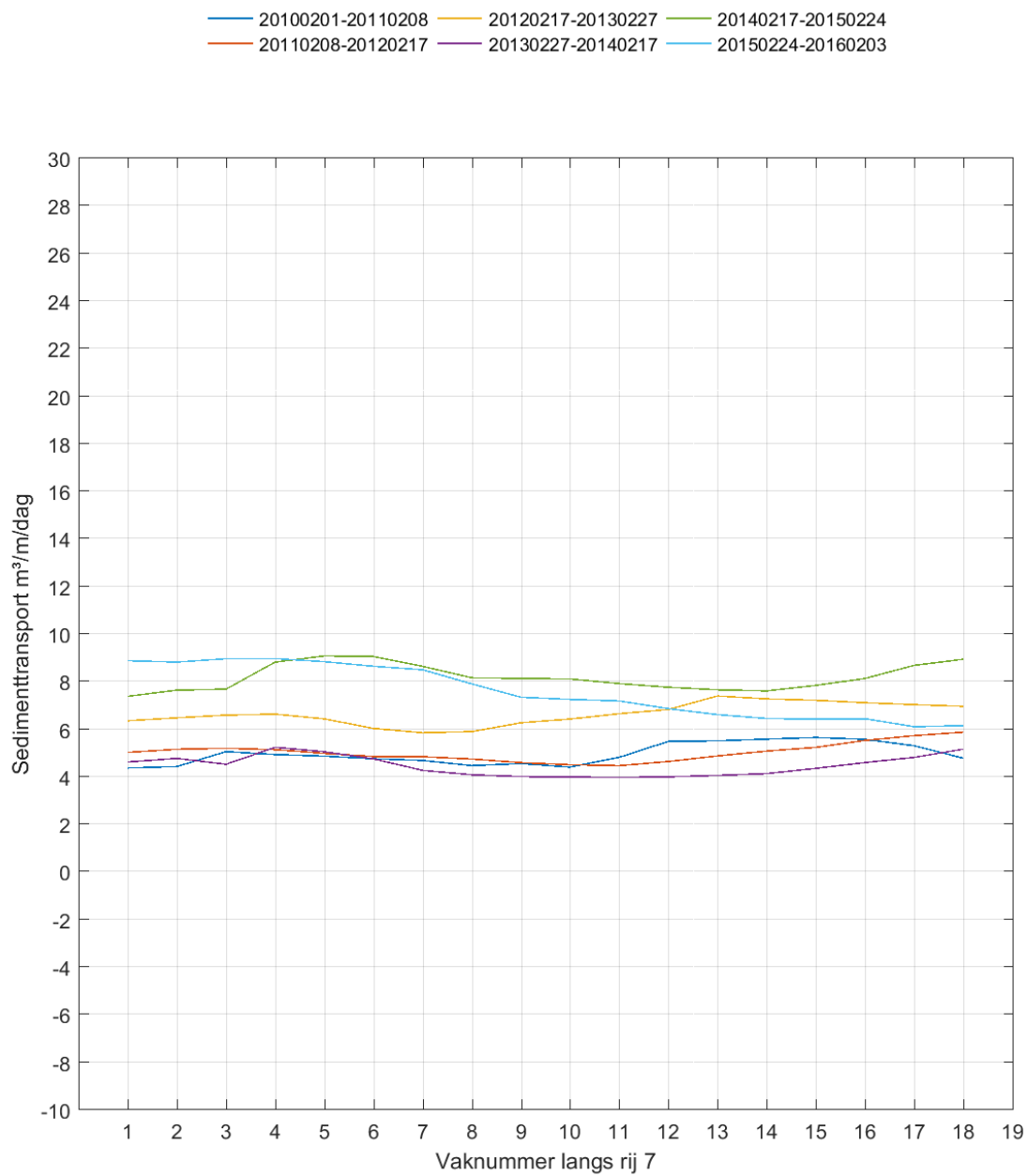
Figuur 51: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 4



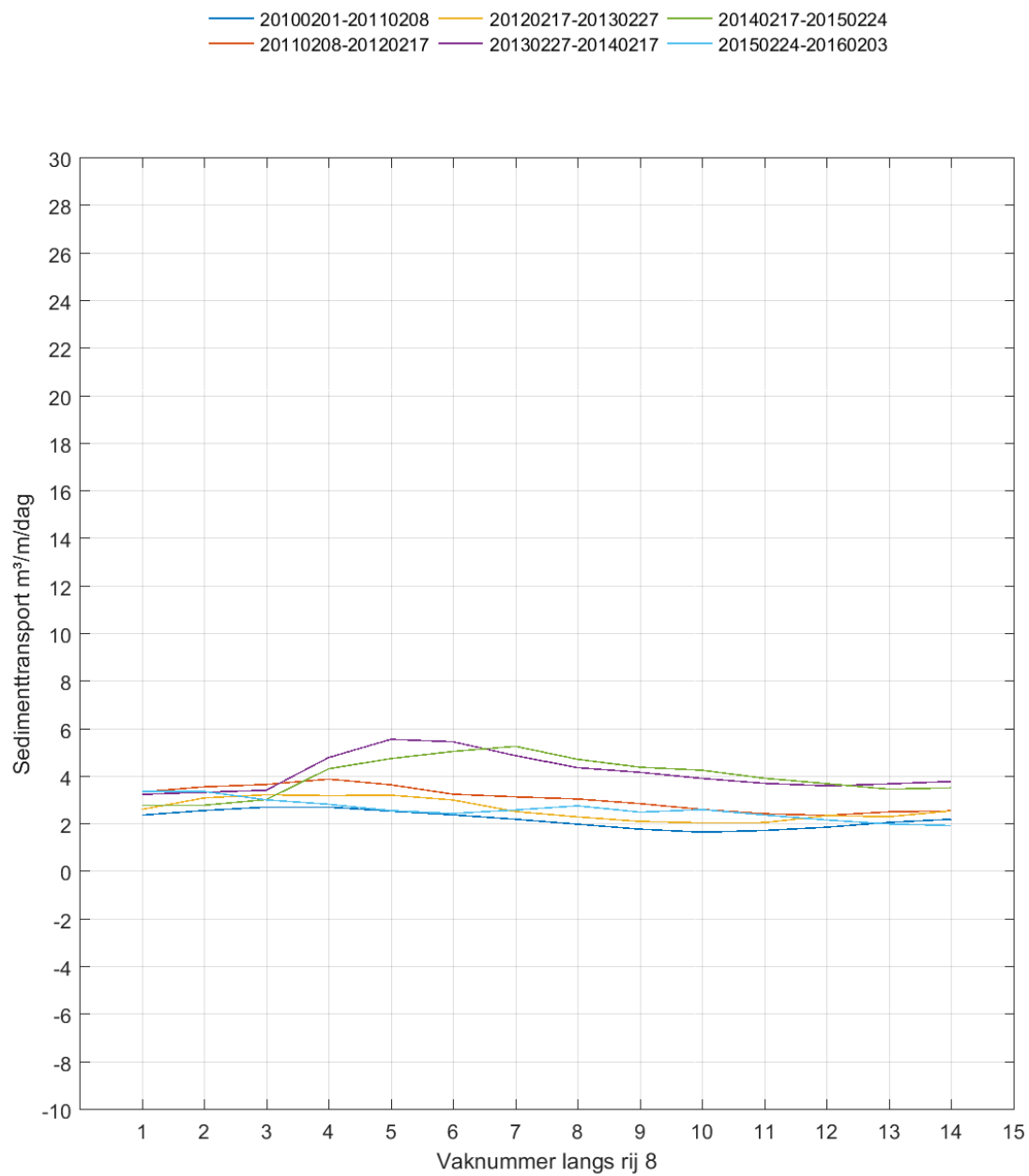
Figuur 52: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 5



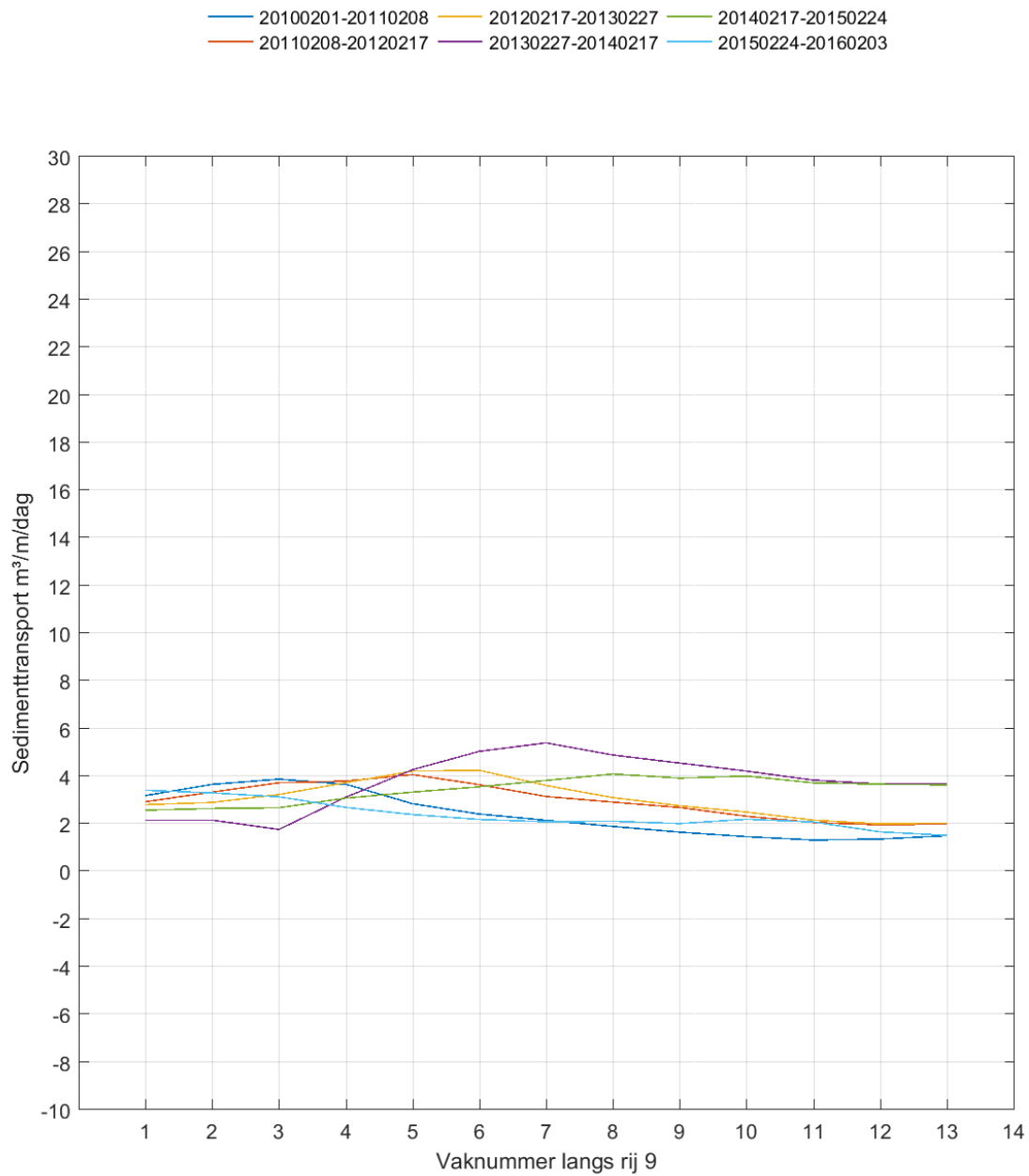
Figuur 53: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 7



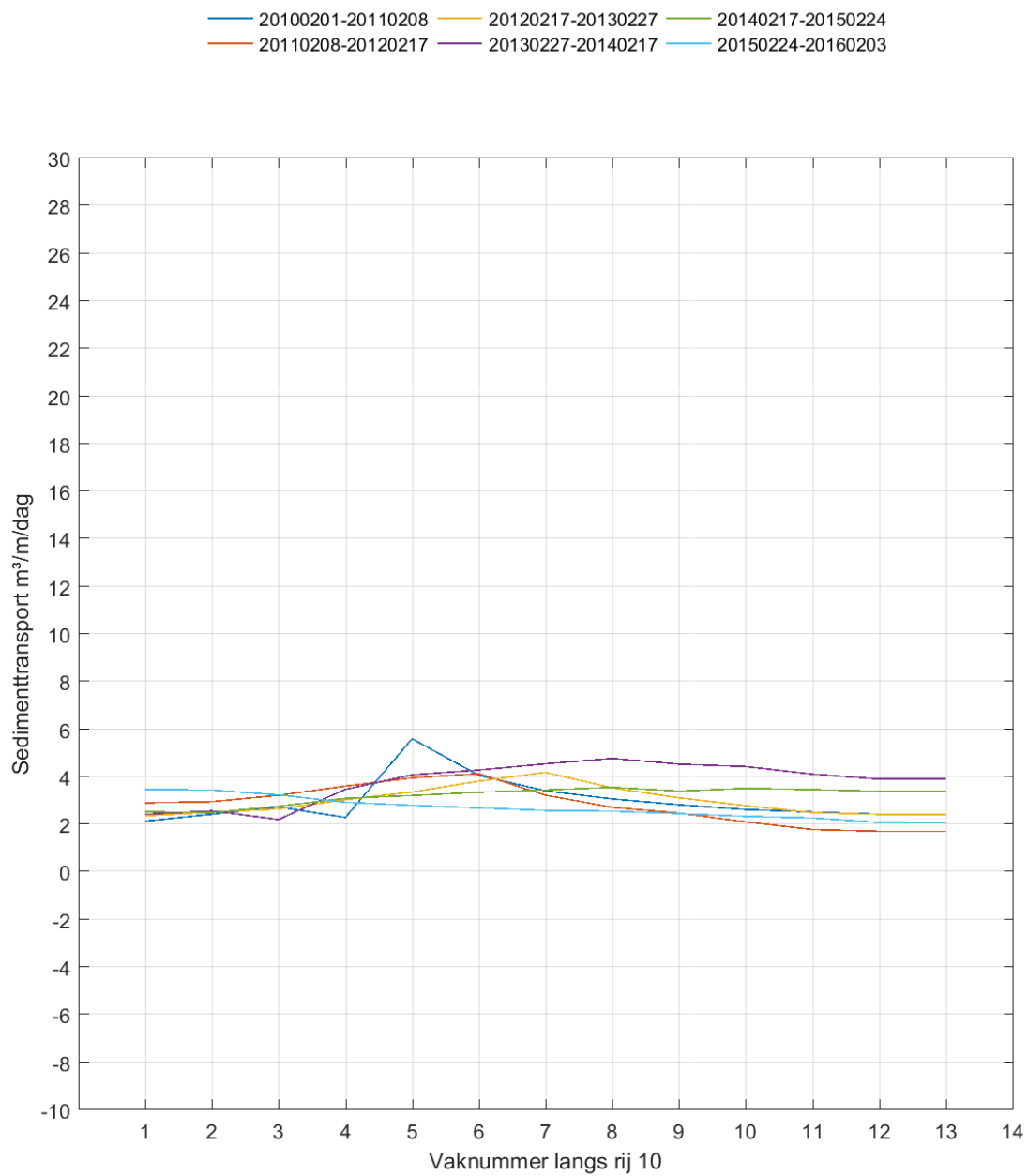
Figuur 54: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 8



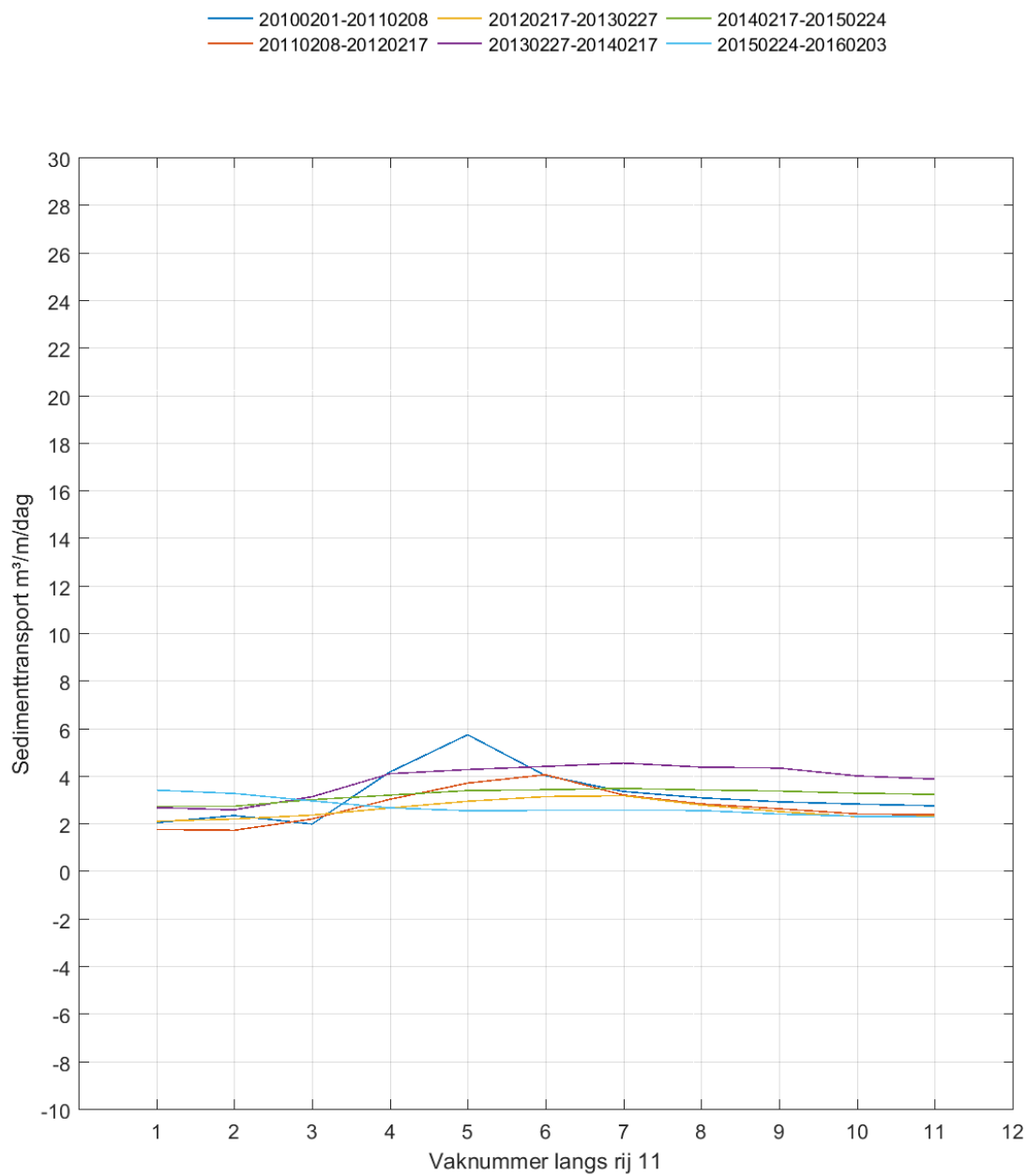
Figuur 55: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 9



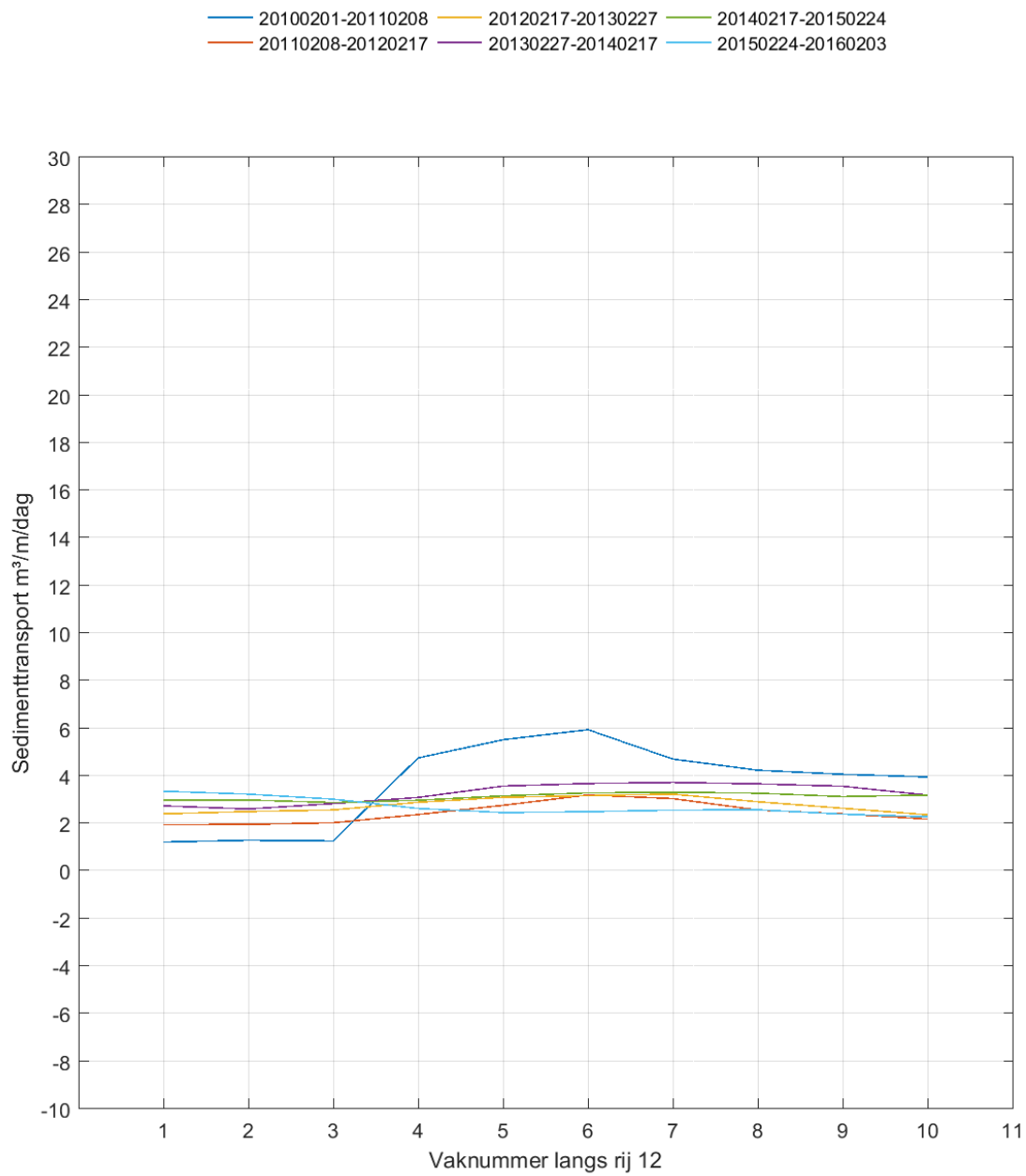
Figuur 56: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 10



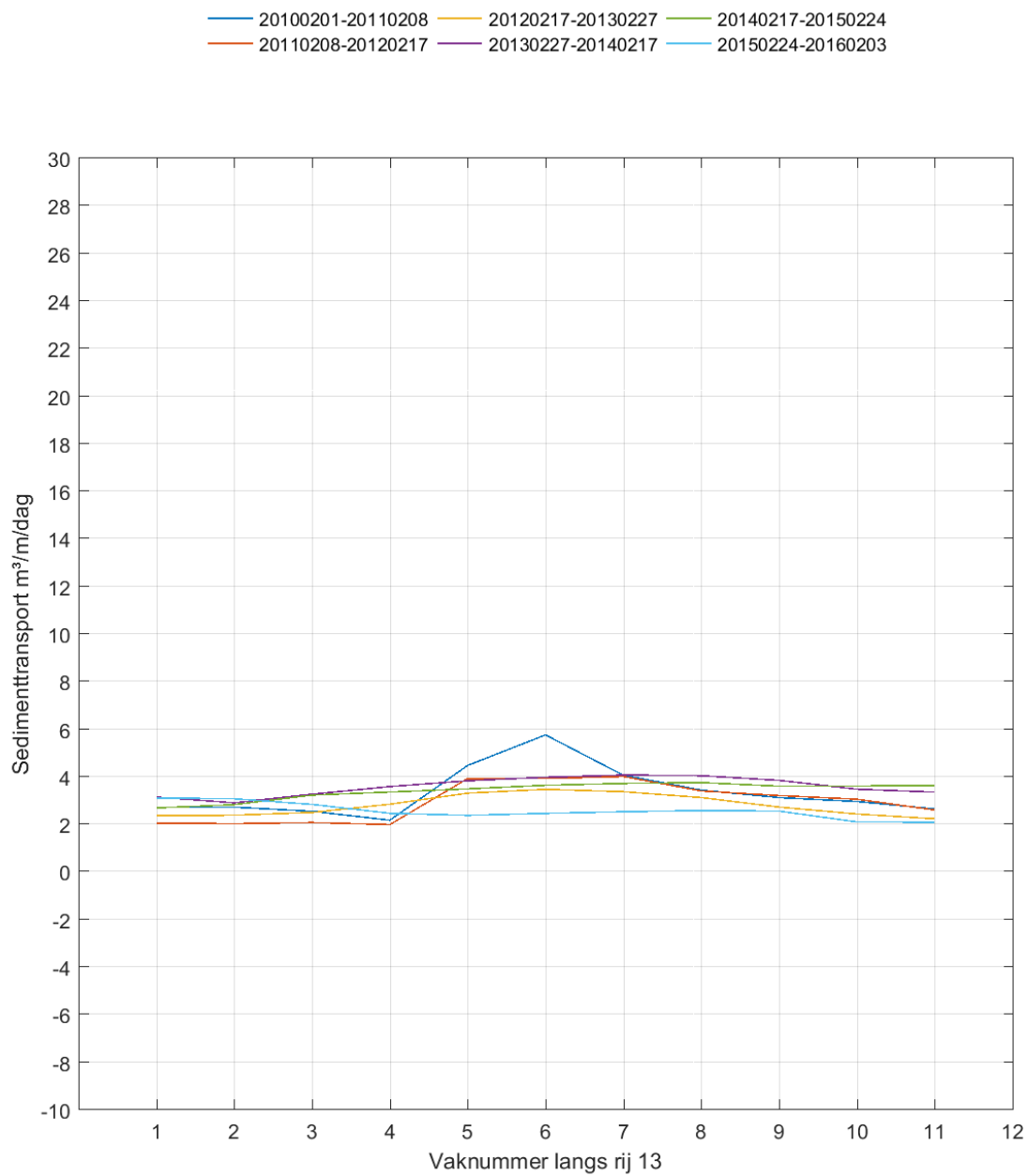
Figuur 57: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 11



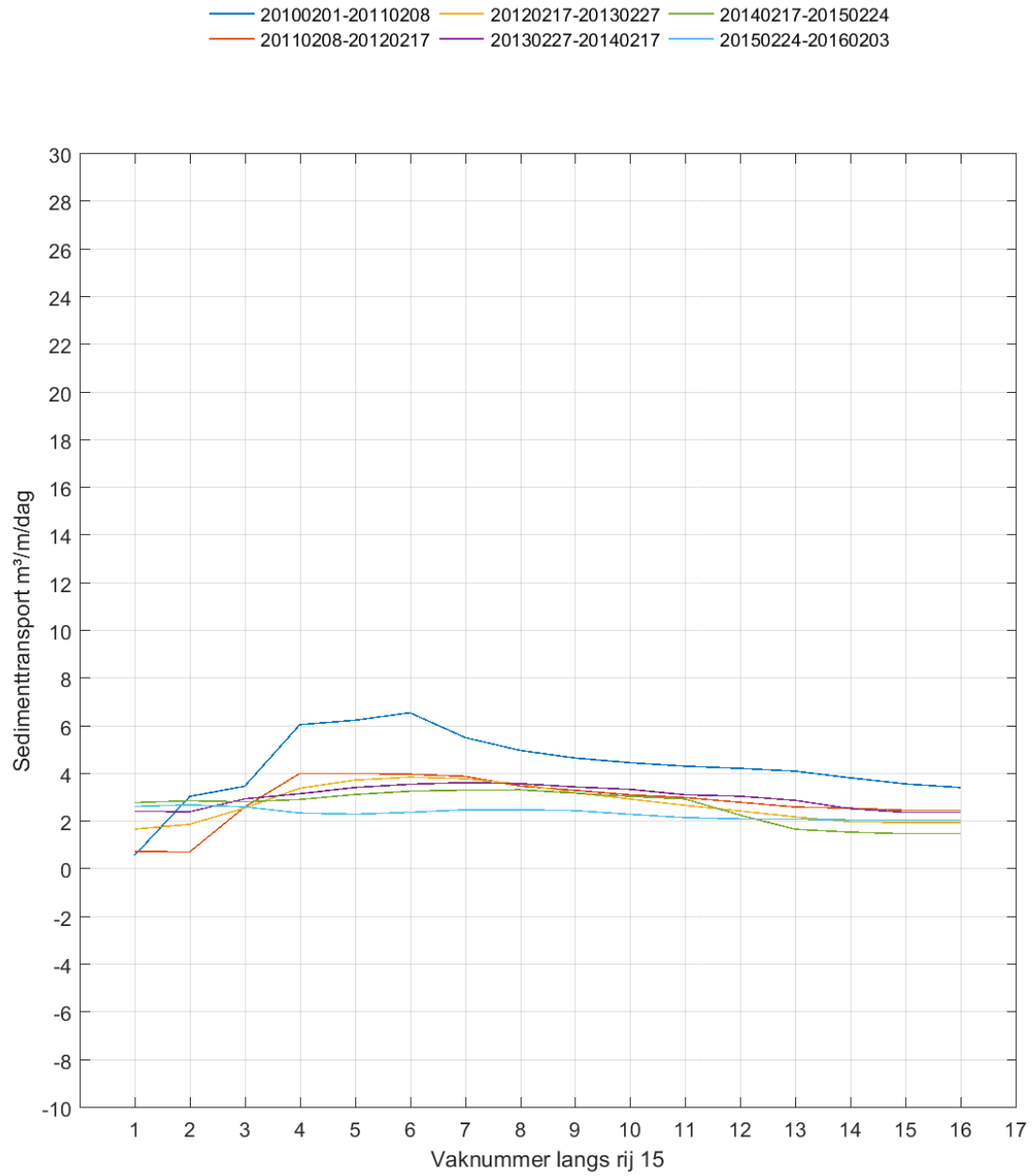
Figuur 58: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 12



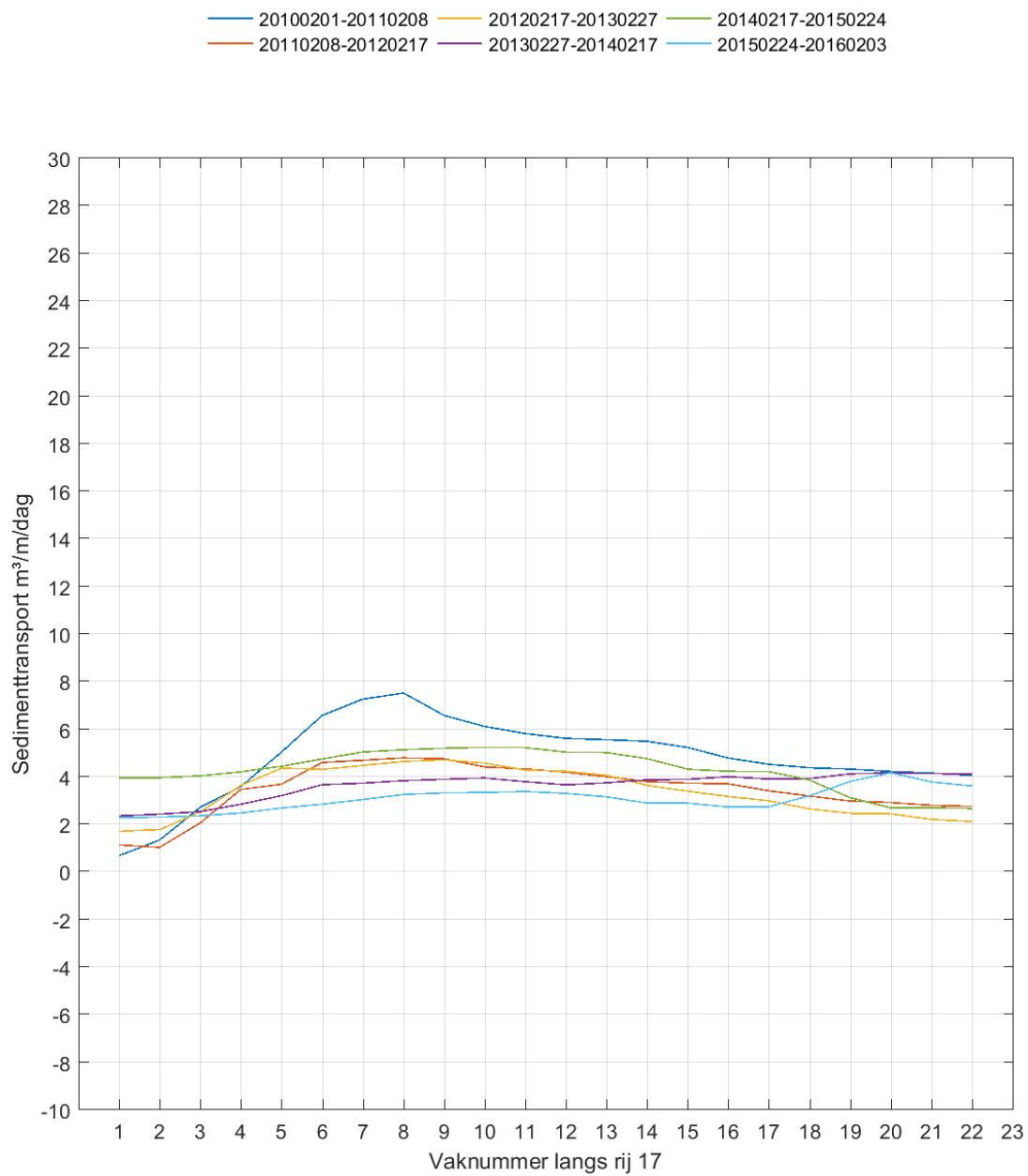
Figuur 59: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 13



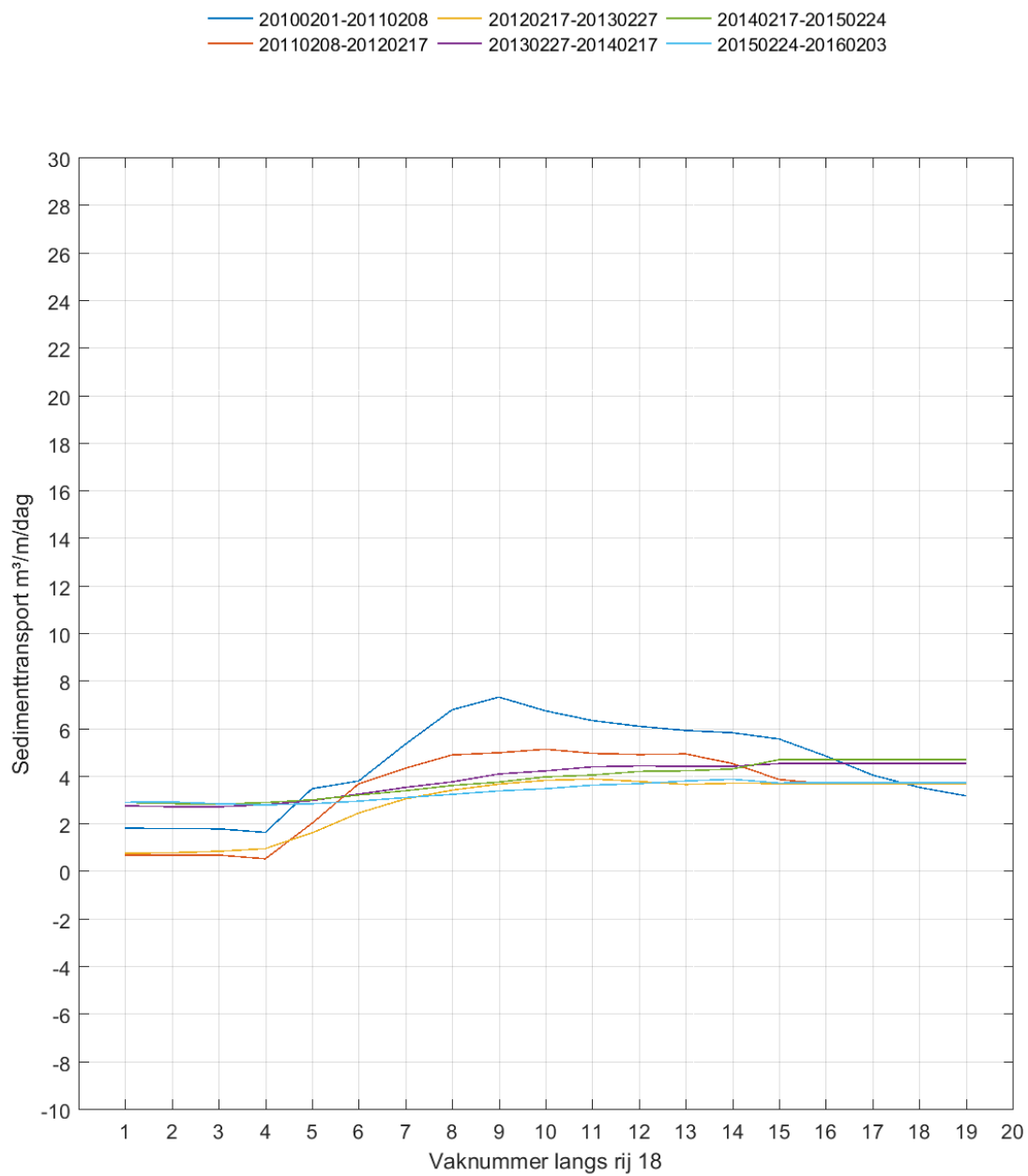
Figuur 60: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 15



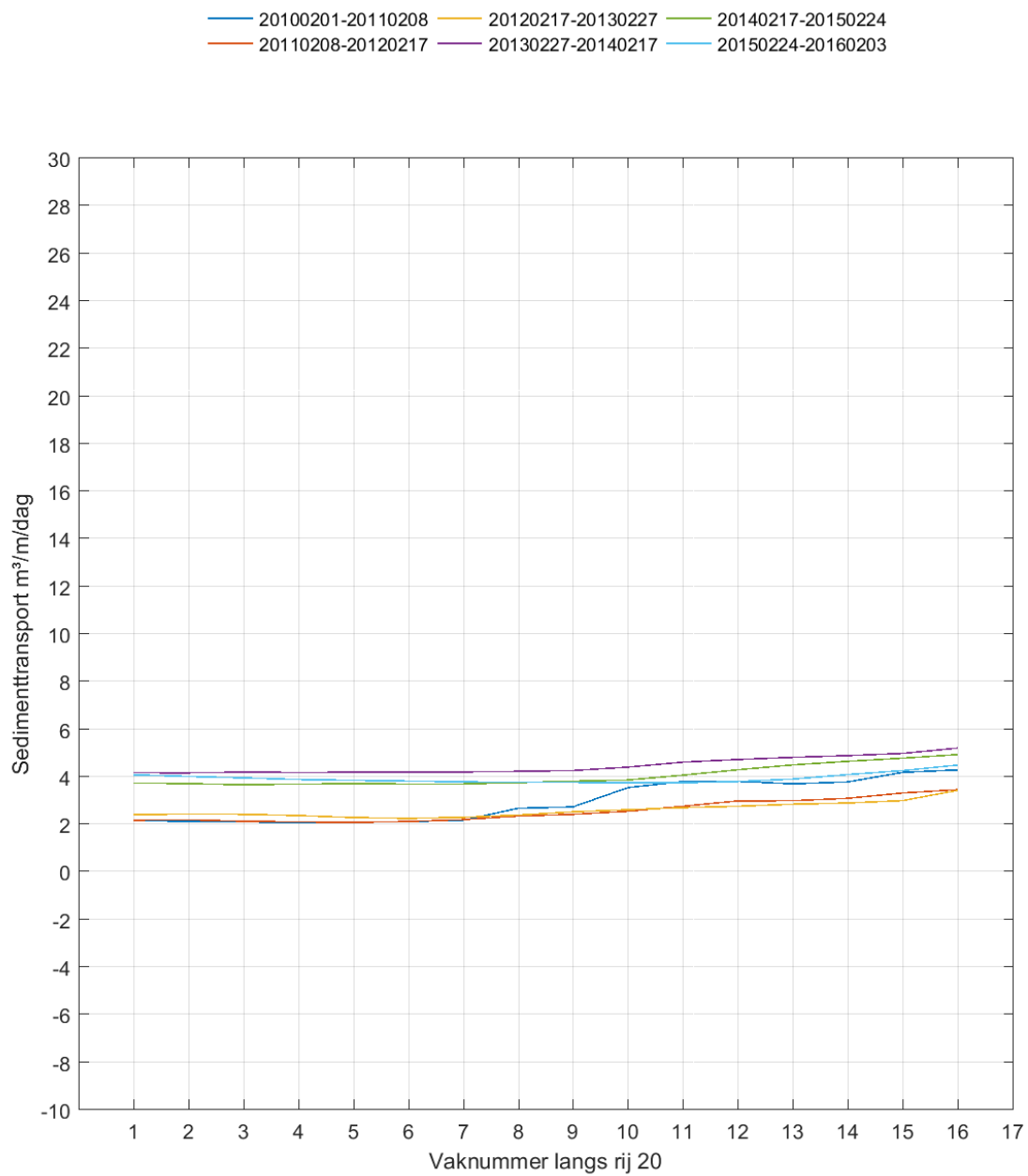
Figuur 61: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 17



Figuur 62: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 18



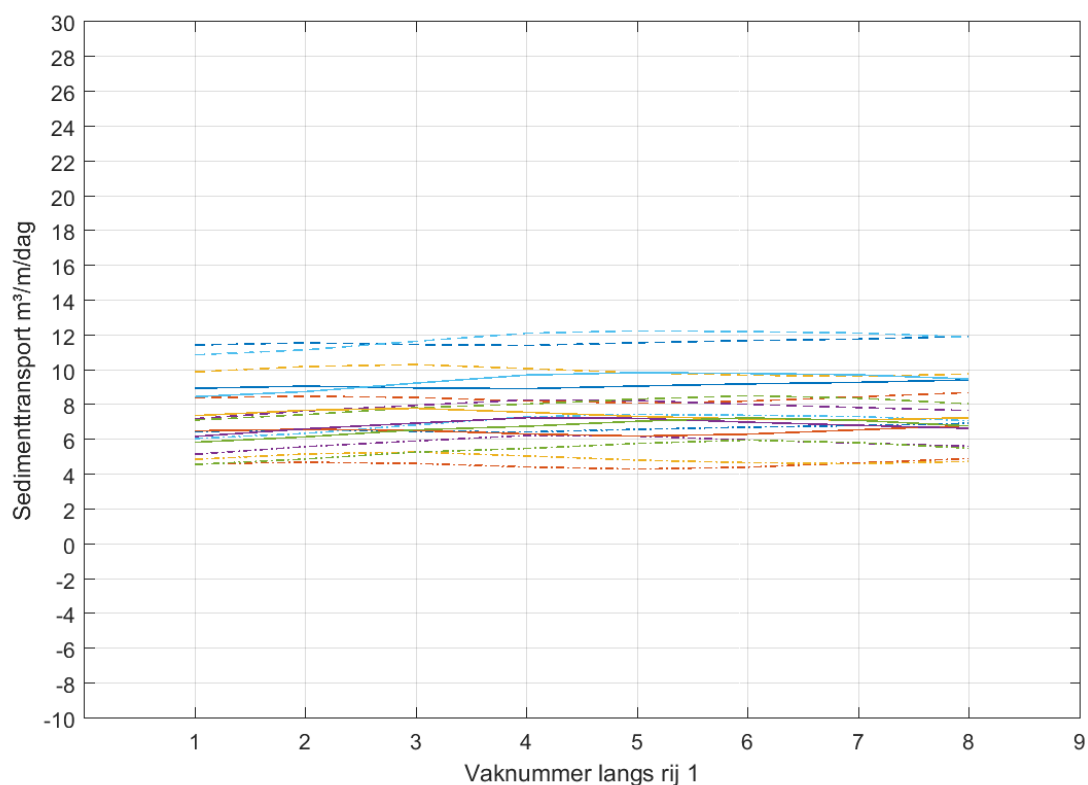
Figuur 63: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 20



7.4 Aanvullende zandbalansen – diverse randvoorwaarden

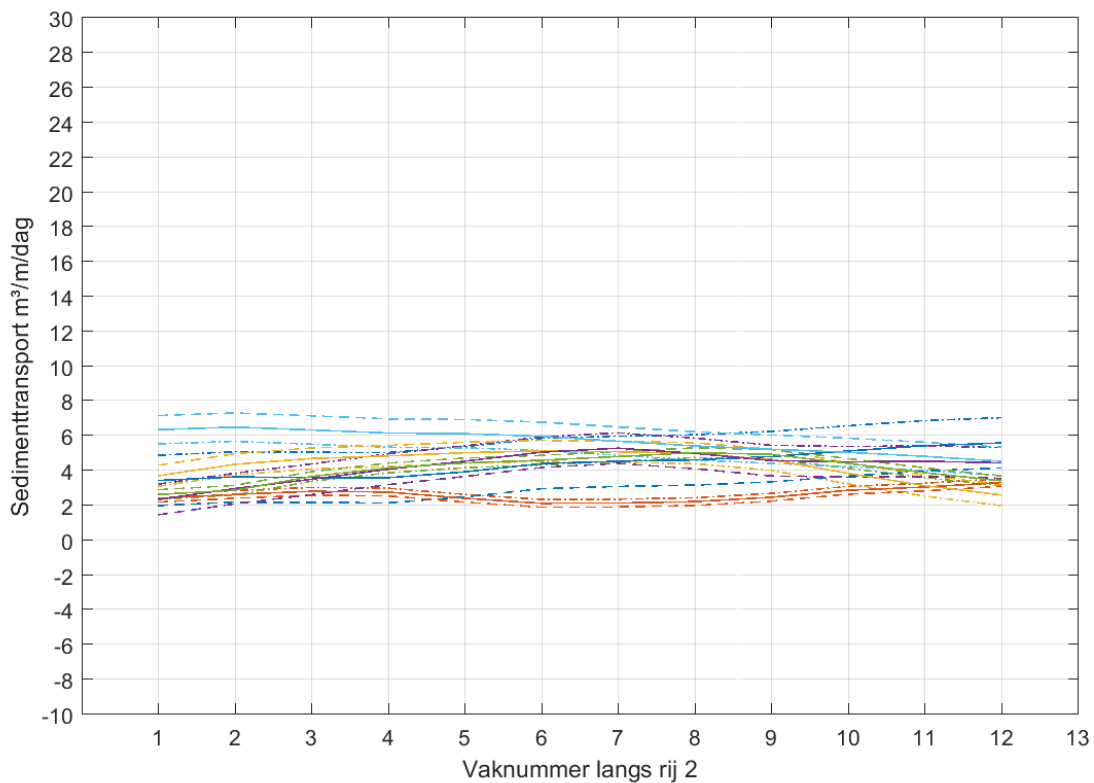
Figuur 64: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 1

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| --- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | --- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | — 20100201-20110208 gemiddelde |
| --- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | --- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | — 20110208-20120217 gemiddelde |
| --- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | --- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | — 20120217-20130227 gemiddelde |
| --- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | --- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | — 20130227-20140217 gemiddelde |
| --- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | --- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | — 20140217-20150224 gemiddelde |
| --- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | --- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | — 20150224-20160203 gemiddelde |



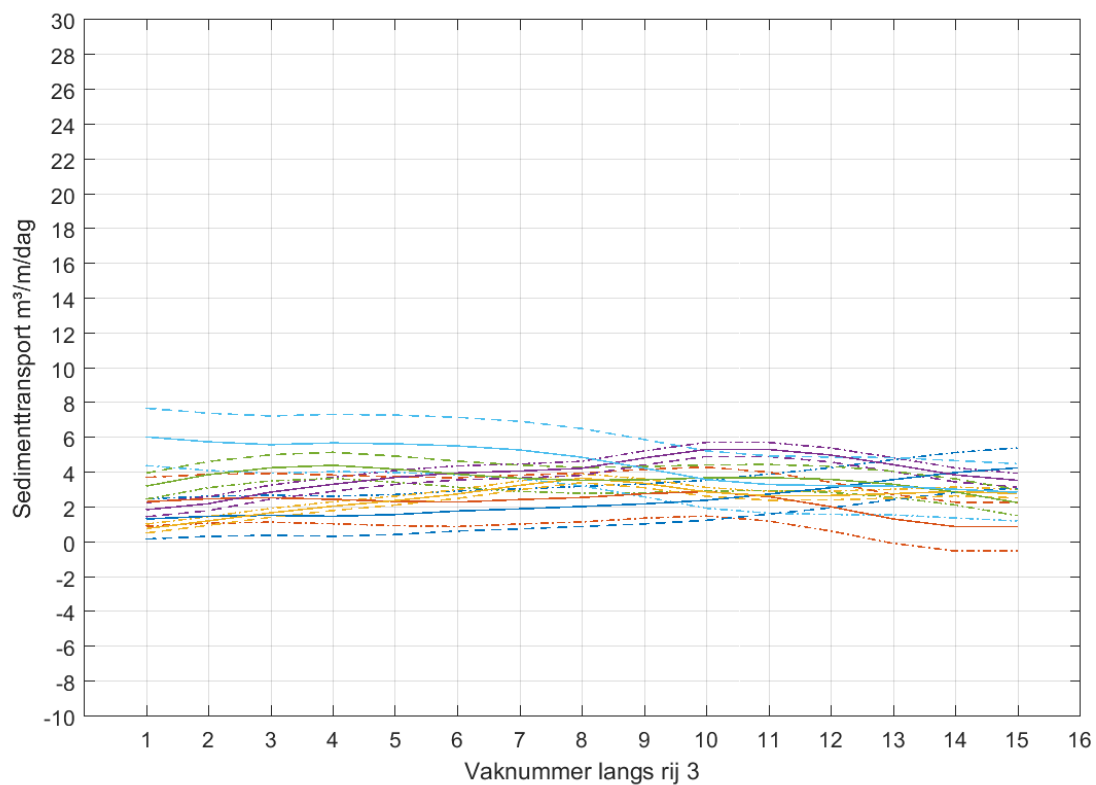
Figuur 65: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 2

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



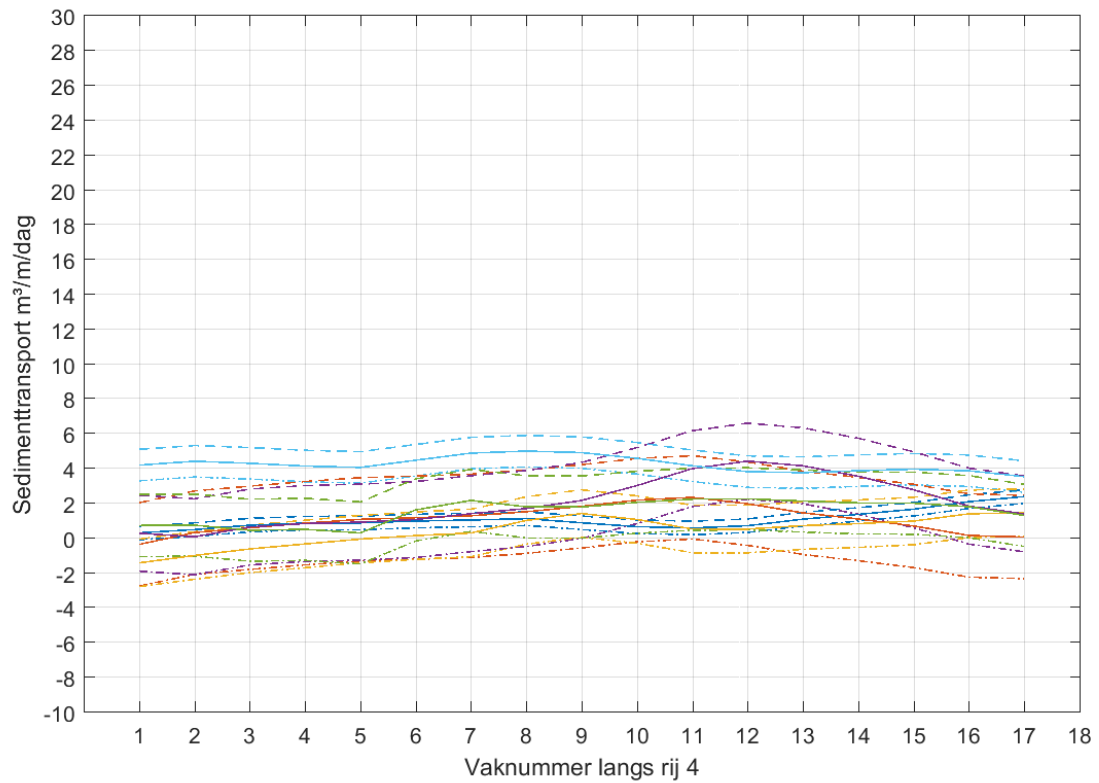
Figuur 66: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 3

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



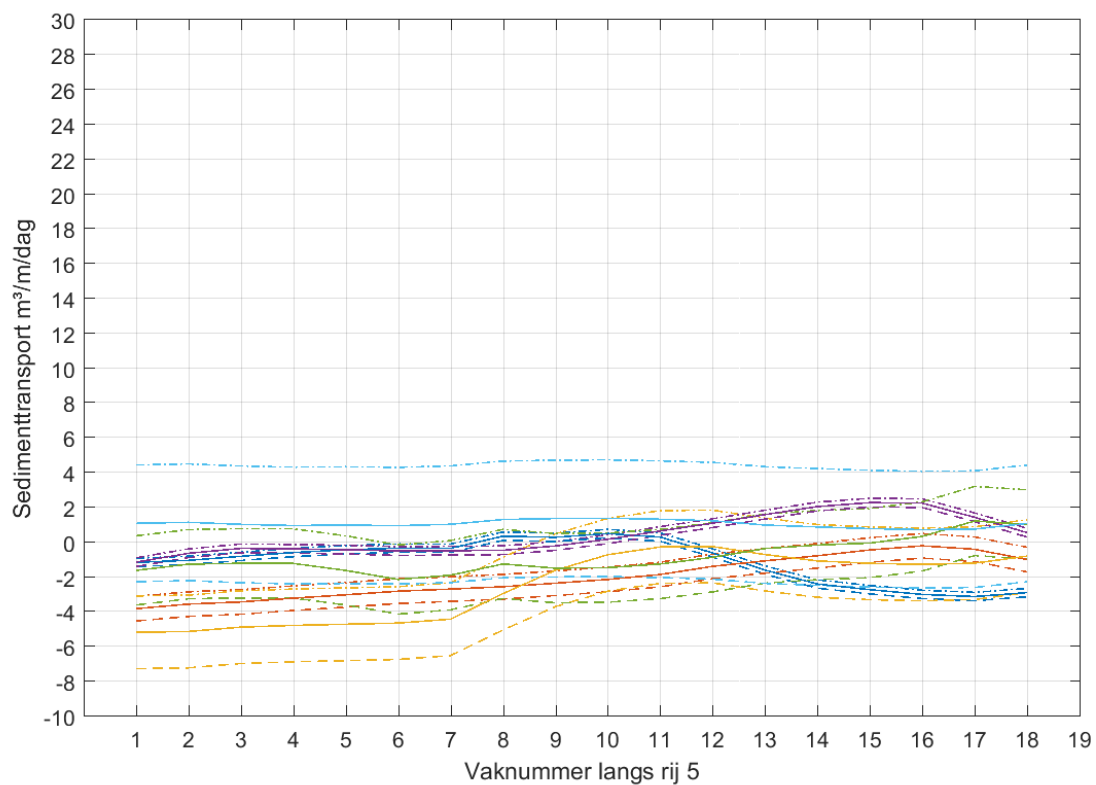
Figuur 67: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 4

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



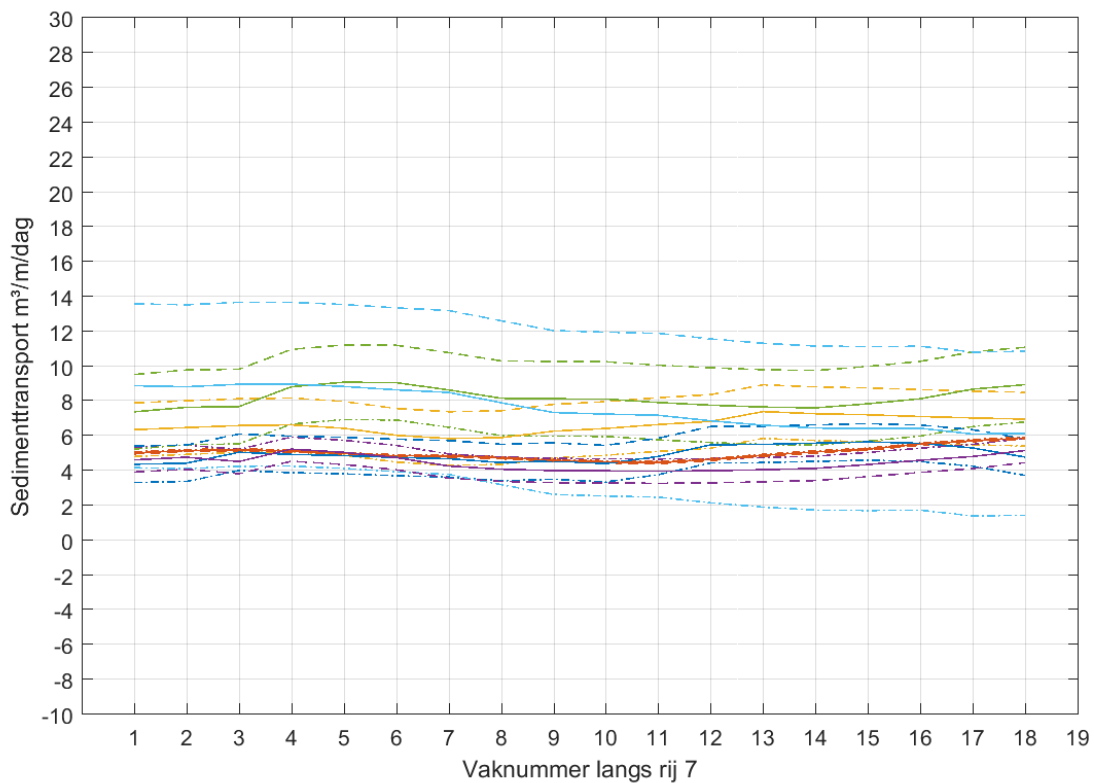
Figuur 68: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 5

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



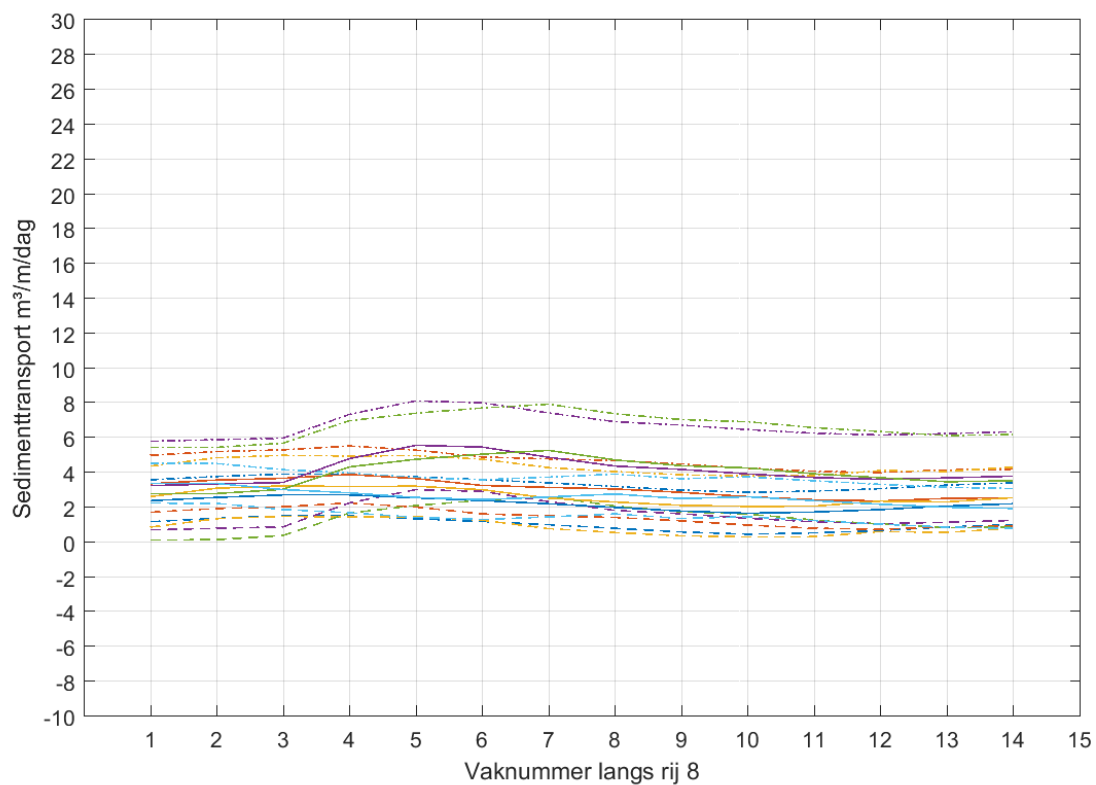
Figuur 69: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 7

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



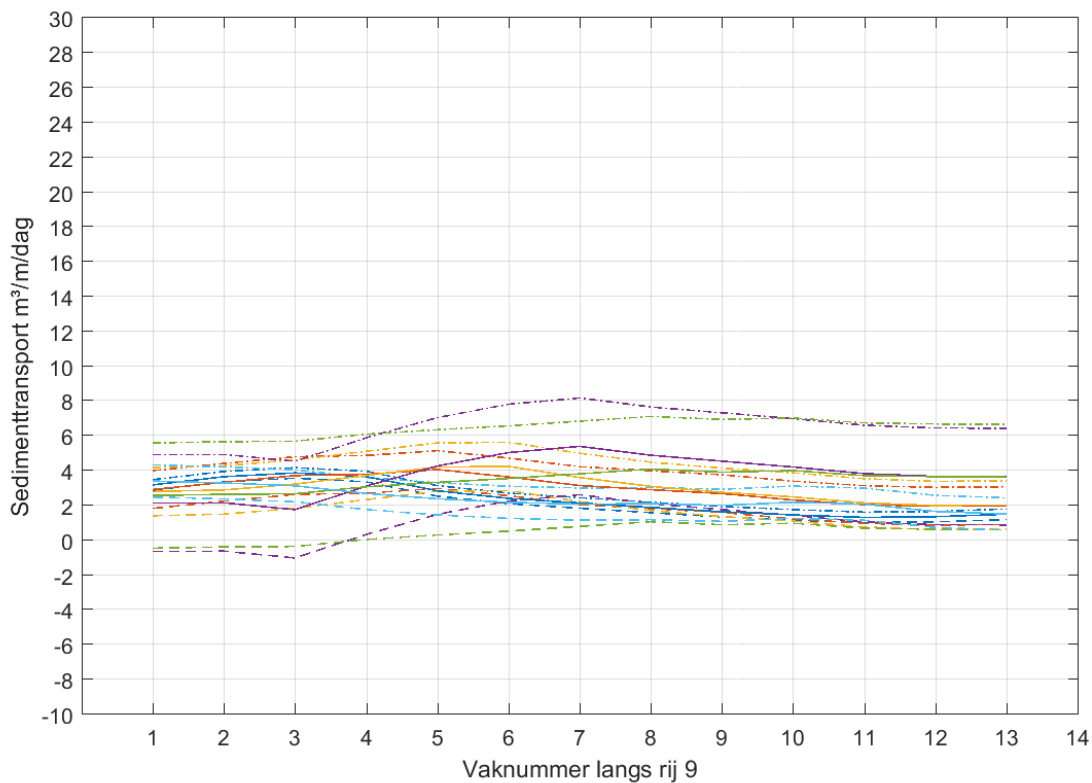
Figuur 70: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 8

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



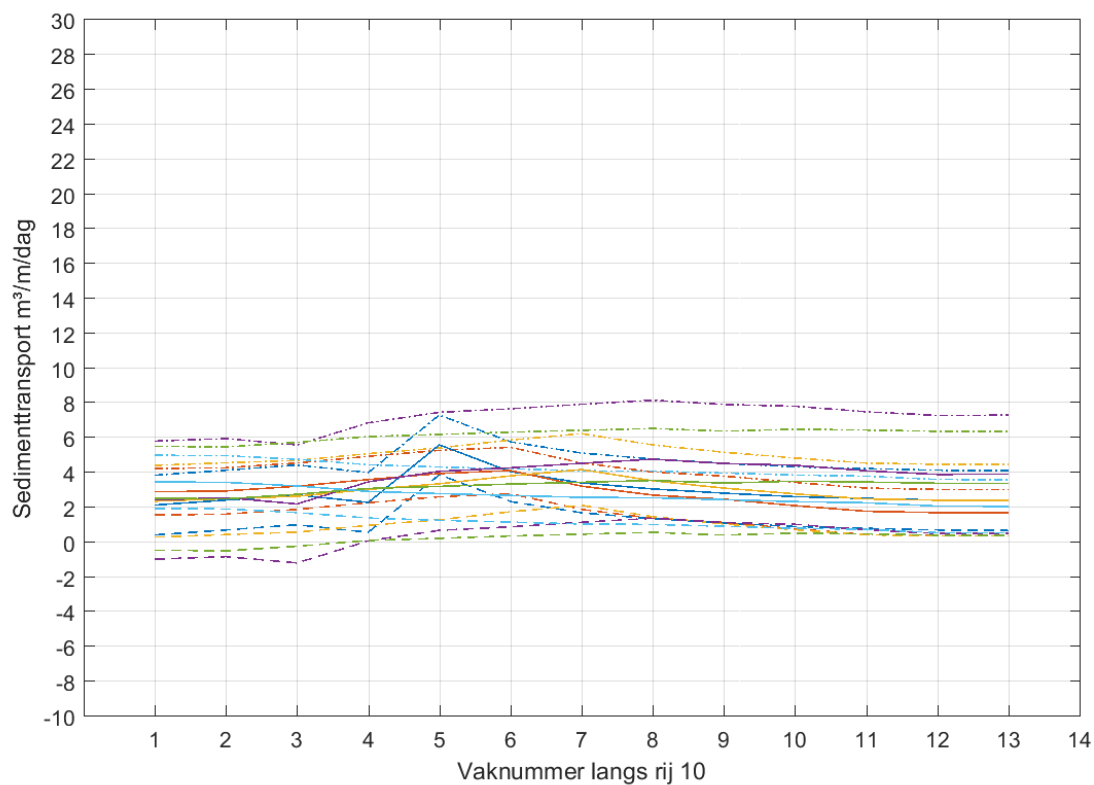
Figuur 71: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 9

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



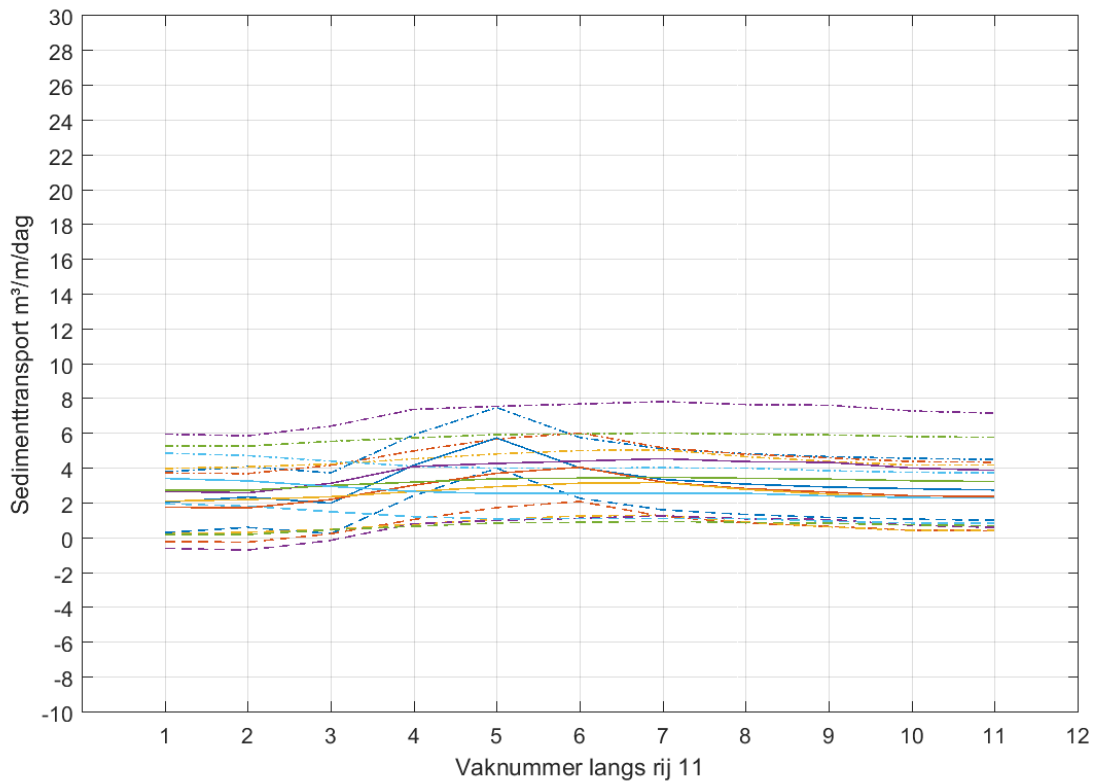
Figuur 72: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 10

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



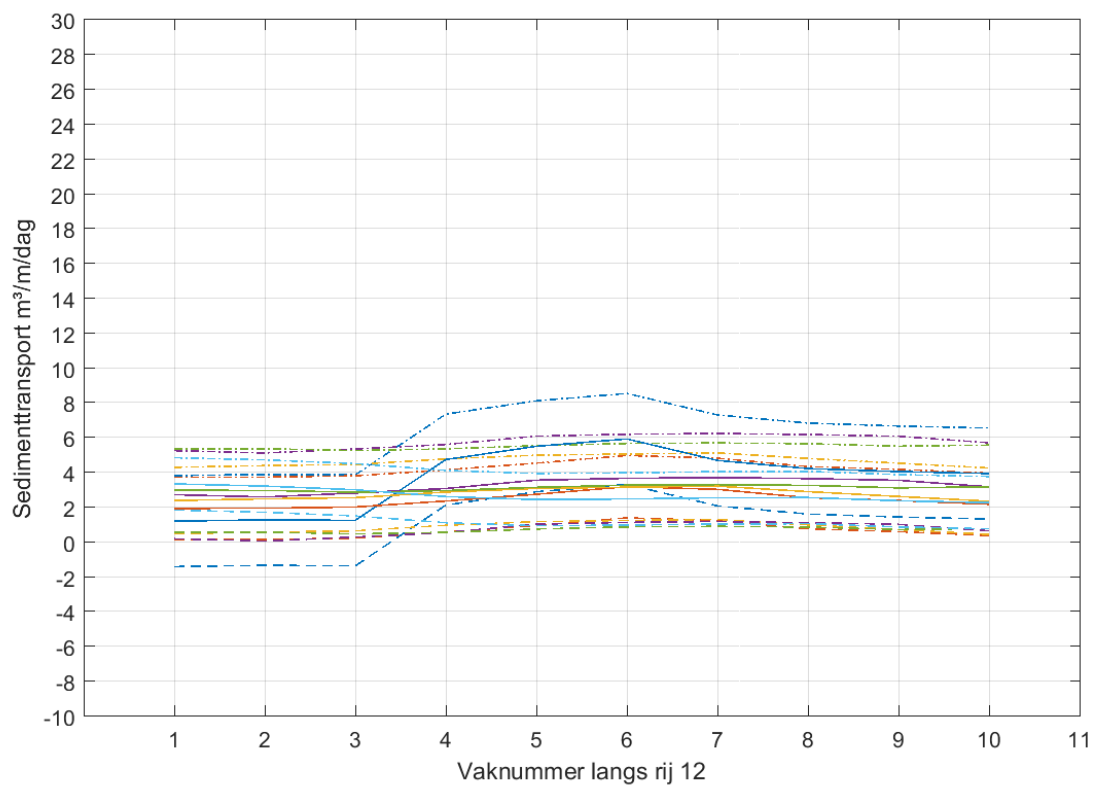
Figuur 73: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 11

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



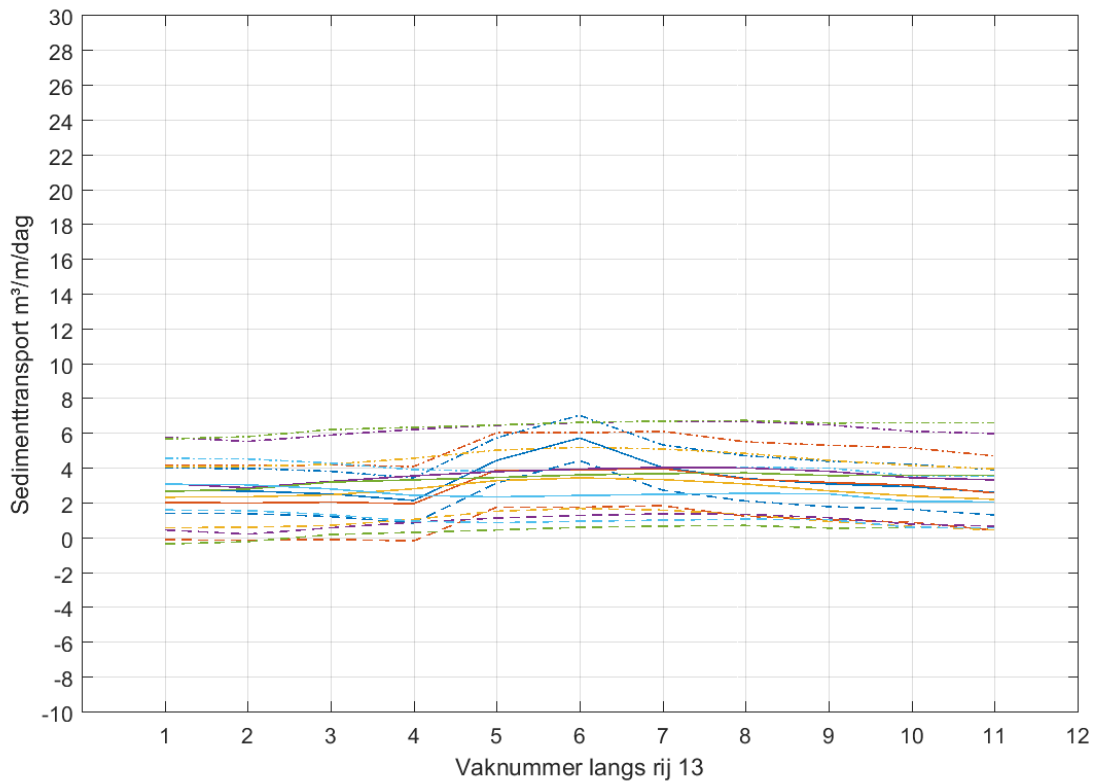
Figuur 74: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 12

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



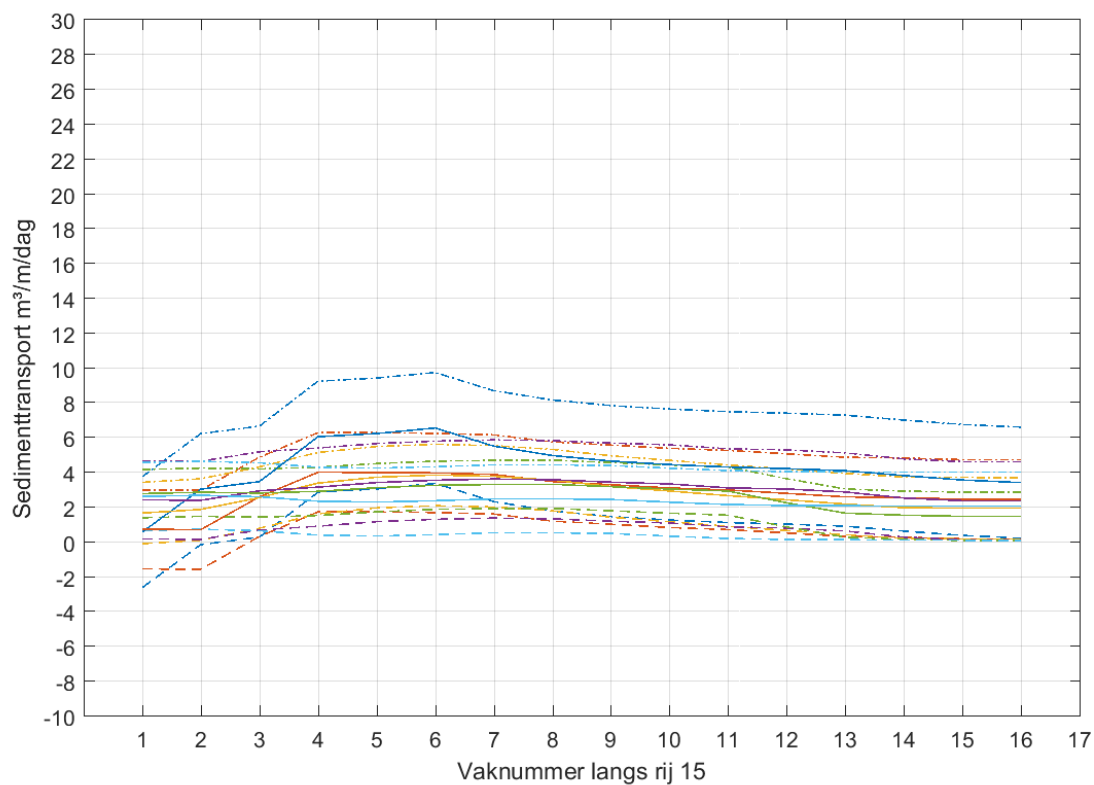
Figuur 75: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 13

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



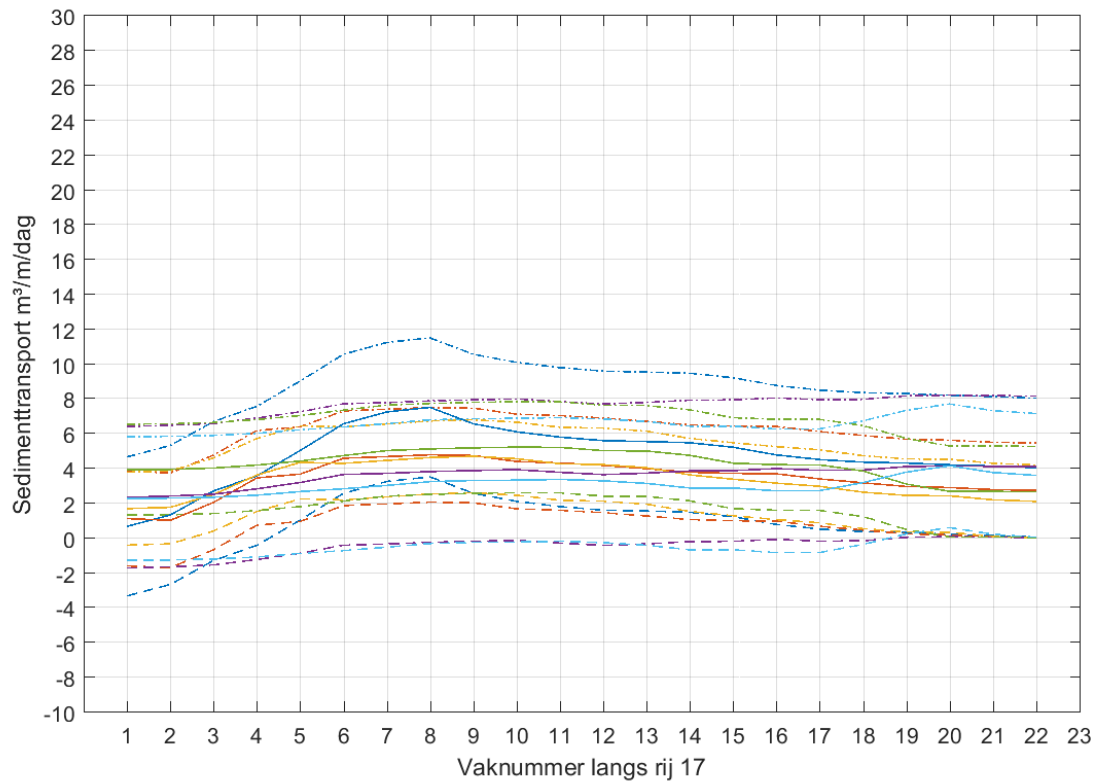
Figuur 76: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 15

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



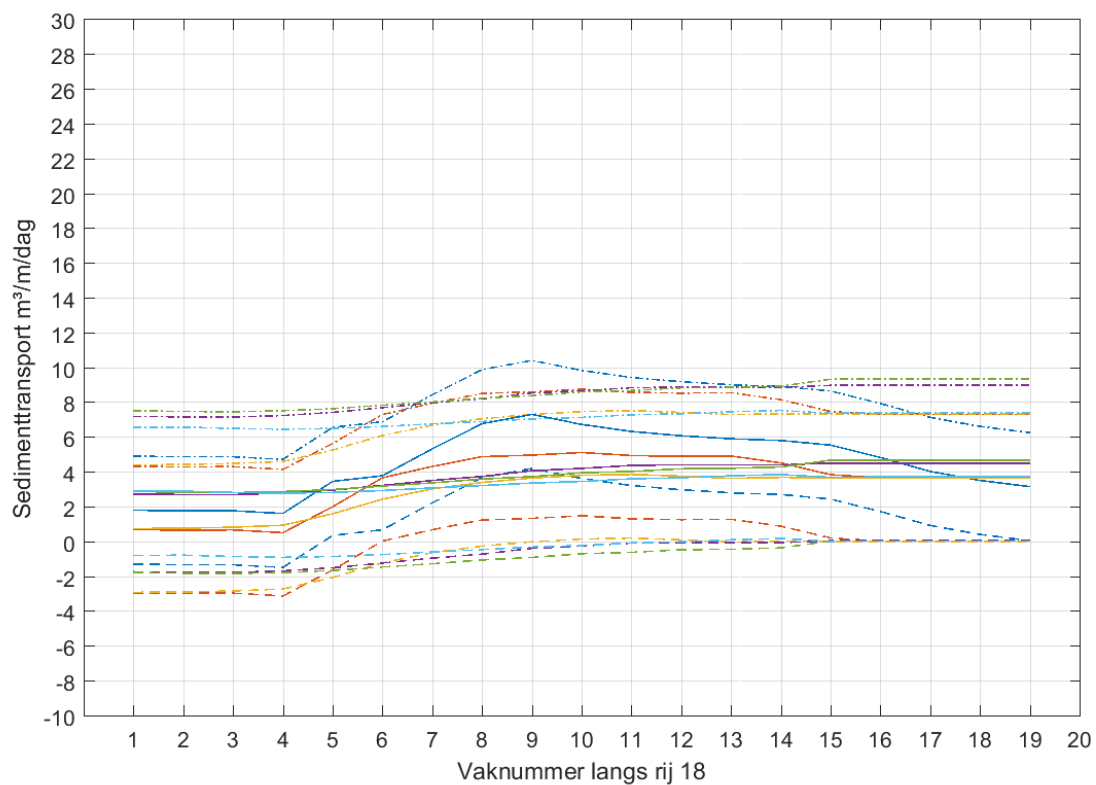
Figuur 77: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 17

- | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 20100201-20110208 afwaarts opgelegd | 20100201-20110208 opwaarts opgelegd | 20100201-20110208 gemiddelde |
| 20110208-20120217 afwaarts opgelegd | 20110208-20120217 opwaarts opgelegd | 20110208-20120217 gemiddelde |
| 20120217-20130227 afwaarts opgelegd | 20120217-20130227 opwaarts opgelegd | 20120217-20130227 gemiddelde |
| 20130227-20140217 afwaarts opgelegd | 20130227-20140217 opwaarts opgelegd | 20130227-20140217 gemiddelde |
| 20140217-20150224 afwaarts opgelegd | 20140217-20150224 opwaarts opgelegd | 20140217-20150224 gemiddelde |
| 20150224-20160203 afwaarts opgelegd | 20150224-20160203 opwaarts opgelegd | 20150224-20160203 gemiddelde |



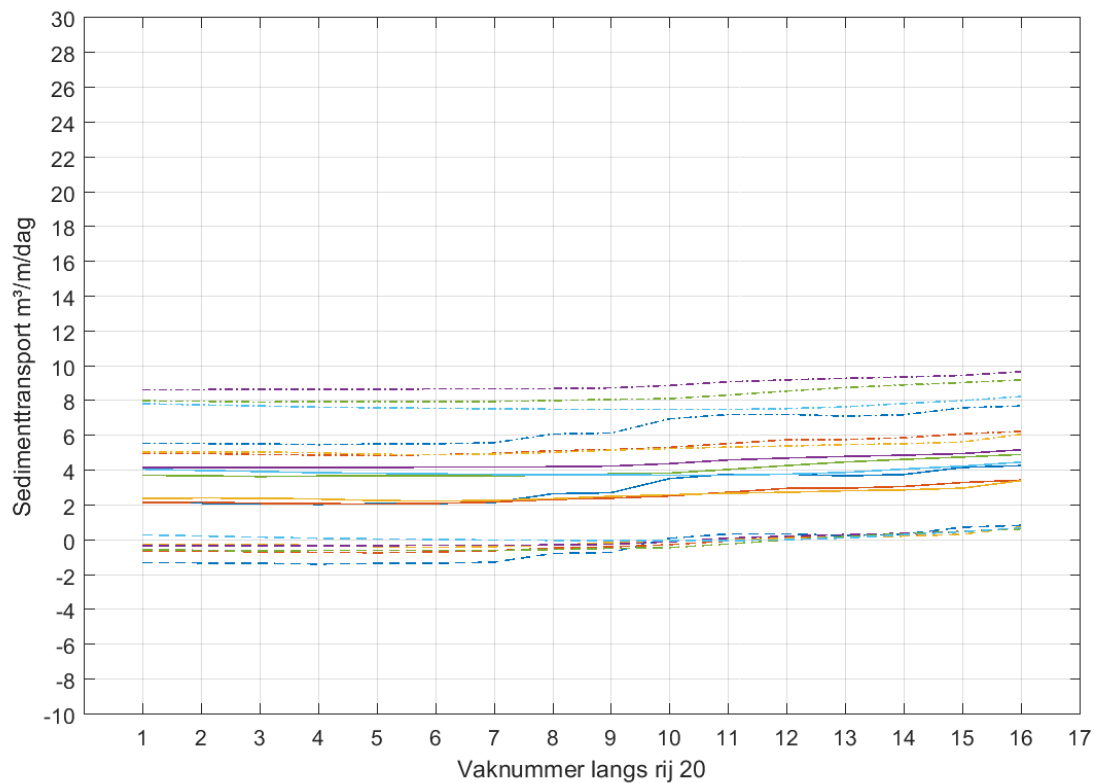
Figuur 78: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 18

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



Figuur 79: Evolutie doorheen de tijd van het sedimenttransport ter hoogte van rij 20

- 20100201-20110208 afwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 opwaarts opgelegd
- 20100201-20110208 gemiddelde
- 20110208-20120217 afwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 opwaarts opgelegd
- 20110208-20120217 gemiddelde
- 20120217-20130227 afwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 opwaarts opgelegd
- 20120217-20130227 gemiddelde
- 20130227-20140217 afwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 opwaarts opgelegd
- 20130227-20140217 gemiddelde
- 20140217-20150224 afwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 opwaarts opgelegd
- 20140217-20150224 gemiddelde
- 20150224-20160203 afwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 opwaarts opgelegd
- 20150224-20160203 gemiddelde



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be