



Vlaanderen
is wetenschap



00_031_24
WL rapporten

Overleg Flexibel Storten

Deelrapport 24 – Studie van de bruikbaarheid
van morfologische modellering
in kader van Flexibel Storten

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Overleg Flexibel Storten

Deelrapport 24 – Studie van de bruikbaarheid
van morfologische modellering in kader van
Flexibel Storten

Goossens, M.; De Maerschalck, B.; Plancke, Y.

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 2023
D/2023/3241/191

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Goossens, M.; De Maerschallck, B.; Plancke, Y. (2023). Overleg Flexibel Storten: Deelrapport 24 – Studie van de bruikbaarheid van morfologische modellering in kader van Flexibel Storten. Versie 3.0. WL Rapporten, 00_031_24. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

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

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2023R00_031_24
Trefwoorden (3-5):	Waterbeweging, morfologie; Westerschelde; numerieke modellering		
Kennisdomeinen:	Hydrodynamica > Stroomsnelheden en -patronen > Numerieke modelleringen Morfologie > Erosie/sedimentatie > In situ metingen Morfologie > Erosie/sedimentatie > Numerieke modelleringen		
Tekst (p.):	67	Bijlagen (p.):	57
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Goossens, M.; Plancke, Y.
------------	---------------------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Maerschallck, B.	Getekend door: Bart De Maerschallck (Sig) Getekend op: 2023-08-01 10:21:12 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Bart De Maerschallck</i>
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2023-09-06 17:20:13 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2023-07-31 10:50:07 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---

Verificatiegegevens
handtekening



Abstract

In het kader van de Agenda voor de Toekomst werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd rond de invloed van bepaalde modelparameters op het sedimenttransport en de morfologische veranderingen. In voorliggende rapport werd het effect van deze parameters op de reproduceerbaarheid van gemeten morfologische veranderingen in de Westerschelde (periode 2011-2015) door middel van het numerieke NeVla-model onderzocht.

Algemeen wijken de resultaten, binnen het focusgebied tussen Terneuzen en Hansweert, van de verschillende modelscenarios sterk af van de werkelijke evolutie in de Westerschelde. Menselijke ingrepen (bagger- en stortwerkzaamheden) werden in de simulaties niet meegenomen, maar deze kunnen deze afwijkingen slechts voor een klein deel verklaren. Opmerkelijk zijn de grote initiële volumeverandering, wat erop wijst dat de uitgangssituatie die wordt gebruikt, niet als een evenwicht beschouwd wordt door het model. Netto blijft de toename van het gemodelleerde volumeverlies tussen 2012 en 2015 beperkt (ca. 2,4 Mm³ bij de referentiesimulatie). Zoals te verwachten zijn de verschillen tussen de gemodelleerde bathymetrie en de vaklodingen het grootst in de zones die blootgesteld worden aan de meest intense hydrodynamische condities. Verder heeft het model het moeilijk met laterale verplaatsingen van geulen en ondiepe platen.

In de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse blijkt de invloed van de kalibratieparameter en de bodemhellingparameter op de gemodelleerde morfologische verandering eerder beperkt te zijn. Wel is er een belangrijke invloed van de mediane korrelgrootte (d₅₀) en de gehanteerde sedimenttransport formule op de gemodelleerde morfologische veranderingen. Tenslotte werd ook het effect van een 3D-simulatie (2 lagen in de waterkolom) en een gewijzigde ruwheidscoëfficiënt onderzocht.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VIII
1 Inleiding	1
1.1 Onderzoeksvragen.....	1
1.2 Leeswijzer	1
2 Methodologie	2
2.1 Numerieke model	2
2.2 Sediment transport.....	3
2.3 Scenario's.....	4
2.4 Selectie van vergelijkingsmomenten.....	4
2.5 Selectie van het referentiegebied	7
2.6 Opdeling van het referentiegebied in deelgebieden	8
2.7 Methodologie	10
3 Evolutie van het studiegebied	11
4 Vergelijking model - meting	15
4.1 Simulatie 00	16
4.1.1 Basisversie: Simulatie 00	16
4.1.2 Alternatieve versie: Simulatie 00 extra	19
4.2 Simulatie 02	21
4.3 Simulatie 10	24
4.4 Simulatie 11	27
4.5 Simulatie 13	30
4.5.1 Originele versie: Simulatie 13	30
4.5.2 Alternatieve versie: Simulatie 13 extra	33
4.6 Simulatie 14	35
4.7 Simulatie 16	38
4.8 Simulatie 19	41
5 Analyse van de modelprocessen	44
5.1 Vergelijking van de simulaties op basis van dieptezones.....	44
5.1.1 Intergetijdengebied	44

5.1.2	Ondiepwater zone	45
5.1.3	Diepe zone	46
5.1.4	Tussentijdse conclusie	47
5.2	Vergelijking van de simulaties o.b.v. morfologische deelzones	48
5.2.1	Deelzone A.....	48
5.2.2	Deelzone B.....	49
5.2.3	Deelzone C.....	50
5.2.4	Deelzone D.....	51
5.2.5	Deelzone E.....	52
5.2.6	Deelzone F.....	53
5.3	Invloed van kalibratieconstante	54
5.4	Invloed van de mediane korrelgrootte.....	56
5.5	Invloed van sediment transportformule	58
5.6	Invloed van bodemhelling-parameter	61
6	Inspeleeffecten in het eerste jaar	63
7	Conclusies en aanbevelingen	65
7.1	Conclusies.....	65
7.2	Aanbevelingen.....	66
8	Referenties	67
9	Bijlage A – dieptekaarten	A1
10	Bijlage B – Gemodelleerde morfologie.....	A4
11	Bijlage C – Verschilkaarten vaklodingen.....	A21
12	Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vakloding	A25
13	Bijlage E –Jaarlijkse verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie	A42

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Gebruikte modelresultaten voor de vergelijkende analyse.	5
Tabel 2: Overzicht van de simulaties. De onderzochte parameter is weergegeven in blauw.	6
Tabel 3: Berekende volumeverschillen van elke vakloding met de vakloding van het voorgaande jaar voor de verschillende dieptezones.	13
Tabel 4: Berekende volumeverschillen van elke vakloding met de vakloding van het voorgaande jaar voor de verschillende morfologische deelzones.	13
Tabel 5: Bagger- en stortvolumes in het referentiegebied tussen 2011 en 2015.....	13
Tabel 6: Berekende jaarlijkse volumeverschillen uit de vakloding. In werkelijkheid gebaggerde en gestorte volumes zijn ook opgenomen in deze tabel.	16
Tabel 7: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	16
Tabel 8: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	19
Tabel 9: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	19
Tabel 10: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	21
Tabel 11: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	21
Tabel 12: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	24
Tabel 13: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	24
Tabel 14: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	27
Tabel 15: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	27
Tabel 16: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	30
Tabel 17: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	30
Tabel 18: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	33
Tabel 19: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	33
Tabel 20: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	35
Tabel 21: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	35
Tabel 22: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	38
Tabel 23: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	38
Tabel 24: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.....	41

Tabel 25: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.....	41
Tabel 26: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone >0 m TAW.....	45
Tabel 27: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone 0 m TAW tot -5 m TAW	46
Tabel 28: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone <-5 m TAW.....	47
Tabel 29: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone A.....	49
Tabel 30: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone B.....	49
Tabel 31: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone C.....	50
Tabel 32: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone D.....	51
Tabel 33: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone E.....	52
Tabel 34: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone F.....	53
Tabel 35: Berekende volumeveranderingen per macrocel per jaar voor de referentiesimulatie 00	63

Lijst van de figuren

Figuur 1: Illustratie van het NEVLA rooster. De witte lijn illustreert de lijn Westkapelle-Cadzand, waar het model wordt afgesneden.	2
Figuur 2: Verloop van waterstand ter hoogte van zeewaartse rand van het model (station Cadzand)	3
Figuur 3: Het referentiegebied rond het Gat van Ossensisse, met aanduiding (blauw) van de zone voor volumeberekening.....	7
Figuur 4: Onderverdeling in deelzones op basis van de grootschalige morfologie.....	9
Figuur 5: Onderverdeling in deelzones op basis van de diepte.....	9
Figuur 6: natuurlijke morfologische evolutie van het studiegebied tussen 2011 en 2015 (blauw: erosie, rood: sedimentatie)	14
Figuur 7: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 00 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	17
Figuur 8: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 00 extra gemodelleerde evolutie van het referentiegebied	20
Figuur 9: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 02 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	22
Figuur 10: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 10 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	25
Figuur 11: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 11 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	28
Figuur 12: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 13 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	31
Figuur 13: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 13 extra gemodelleerde evolutie van het referentiegebied	34
Figuur 14: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 14 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	36
Figuur 15: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 16 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	39
Figuur 16: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 19 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied.....	42
Figuur 17: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 00.....	55
Figuur 18: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 00 extra	55
Figuur 19: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 02.....	57
Figuur 20: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 13 extra	57
Figuur 21: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 11.....	60
Figuur 22: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 13.....	60
Figuur 23: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 16.....	62

Figuur 24: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 19.....	62
Figuur 25: Evolutie van de dikte van het mobiele sediment bij simulatie 00	64
Figuur 26: Vakloding 2011.....	A1
Figuur 27: Vakloding 2012.....	A2
Figuur 28: Vakloding 2013.....	A2
Figuur 29: Vakloding 2014.....	A3
Figuur 30: Vakloding 2015.....	A3
Figuur 31: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 00.....	A4
Figuur 32: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 00.....	A5
Figuur 33: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 00.....	A5
Figuur 34: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 00.....	A6
Figuur 35: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 02.....	A7
Figuur 36: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 02.....	A7
Figuur 37: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 02.....	A8
Figuur 38: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 02.....	A8
Figuur 39: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 10.....	A9
Figuur 40: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 10.....	A9
Figuur 41: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 10.....	A10
Figuur 42: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 10.....	A10
Figuur 43: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 11.....	A11
Figuur 44: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 11.....	A11
Figuur 45: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 11.....	A12
Figuur 46: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 11.....	A12
Figuur 47: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 13.....	A13
Figuur 48: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 13.....	A13
Figuur 49: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 13.....	A14
Figuur 50: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 13.....	A14
Figuur 51: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 14.....	A15
Figuur 52: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 14.....	A15
Figuur 53: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 14.....	A16
Figuur 54: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 14.....	A16
Figuur 55: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 16.....	A17
Figuur 56: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 16.....	A17
Figuur 57: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 16.....	A18
Figuur 58: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 16.....	A18
Figuur 59: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 19.....	A19

Figuur 60: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 19.....	A19
Figuur 61: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 19.....	A20
Figuur 62: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 19.....	A20
Figuur 63: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2012.....	A21
Figuur 64: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2013.....	A22
Figuur 65: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2014.....	A22
Figuur 66: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2015.....	A23
Figuur 67: Verschilkaart vakloding 2012 en vakloding 2013.....	A23
Figuur 68: Verschilkaart vakloding 2013 en vakloding 2014.....	A24
Figuur 69: Verschilkaart vakloding 2014 en vakloding 2015.....	A24
Figuur 70: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 00.....	A25
Figuur 71: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 00.....	A26
Figuur 72: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 00.....	A26
Figuur 73: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 00.....	A27
Figuur 74: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 02.....	A28
Figuur 75: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 02.....	A28
Figuur 76: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 02.....	A29
Figuur 77: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 02.....	A29
Figuur 78: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 10.....	A30
Figuur 79: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 10.....	A30
Figuur 80: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 10.....	A31
Figuur 81: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 10.....	A31
Figuur 82: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 11.....	A32
Figuur 83: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 11.....	A32
Figuur 84: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 11.....	A33
Figuur 85: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 11.....	A33
Figuur 86: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 13.....	A34
Figuur 87: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 13.....	A34
Figuur 88: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 13.....	A35
Figuur 89: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 13.....	A35
Figuur 90: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 14.....	A36
Figuur 91: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 14.....	A36
Figuur 92: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 14.....	A37
Figuur 93: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 14.....	A37
Figuur 94: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 16.....	A38
Figuur 95: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 16.....	A38

Figuur 96: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 16.....	A39
Figuur 97: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 16.....	A39
Figuur 98: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 19.....	A40
Figuur 99: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 19.....	A40
Figuur 100: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 19.....	A41
Figuur 101: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 19.....	A41
Figuur 102: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 00.....	A42
Figuur 103: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 00.....	A43
Figuur 104: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 00.....	A43
Figuur 105: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 02.....	A44
Figuur 106: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 02.....	A44
Figuur 107: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 02.....	A45
Figuur 108: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 10.....	A46
Figuur 109: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 10.....	A46
Figuur 110: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 10.....	A47
Figuur 111: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 11.....	A48
Figuur 112: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 11.....	A48
Figuur 113: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 11.....	A49
Figuur 114: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 13.....	A50
Figuur 115: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 13.....	A50
Figuur 116: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 13.....	A51
Figuur 117: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 14.....	A52
Figuur 118: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 14.....	A52

Figuur 119: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 14 A53

Figuur 120: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 16 A54

Figuur 121: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 16 A54

Figuur 122: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 16 A55

Figuur 123: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 19 A56

Figuur 124: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 19 A56

Figuur 125: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 19 A57

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 nieuwe vergunning (2015-2022). 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. In de aanloop van het nieuwe vergunningstraject wordt ook het monitoringsprogramma opnieuw geëvalueerd en op punt gesteld.

1.1 Onderzoeksvragen

Om een getijonafhankelijke toegang van schepen met een diepgang tot 13,1 meter tot de haven van Antwerpen te vrijwaren, wordt de diepte van de Westerschelde onderhouden door middel van baggerwerkzaamheden. Sinds de derde verruiming in 2009 wordt voor het storten van de opgebaggerde materiaal een flexibele stortstrategie toegepast. Wekelijks wordt bepaald op welke drempels baggerinspanningen noodzakelijk zijn en in welke vergunde stortzone er voldoende accommodatieruimte beschikbaar is om deze baggerspecie te bergen. In kader van de hernieuwing van de milieuvergunning voor de stortzones is de vraag gerijpt of morfologische modellering een bruikbare tool kan zijn om het gedrag van de gestorte baggerspecie te monitoren en te voorspellen. Voorliggend rapport toetst een aantal modelscenarios met verschillende parameters af aan de werkelijkheid in de vorm van de vaklodingen van de Westerschelde voor de jaren 2011 tot en met 2015. Voor de vergelijking van de verschillende modelscenarios onderling wordt verwezen naar (Meire *et al.*, 2019).

1.2 Leeswijzer

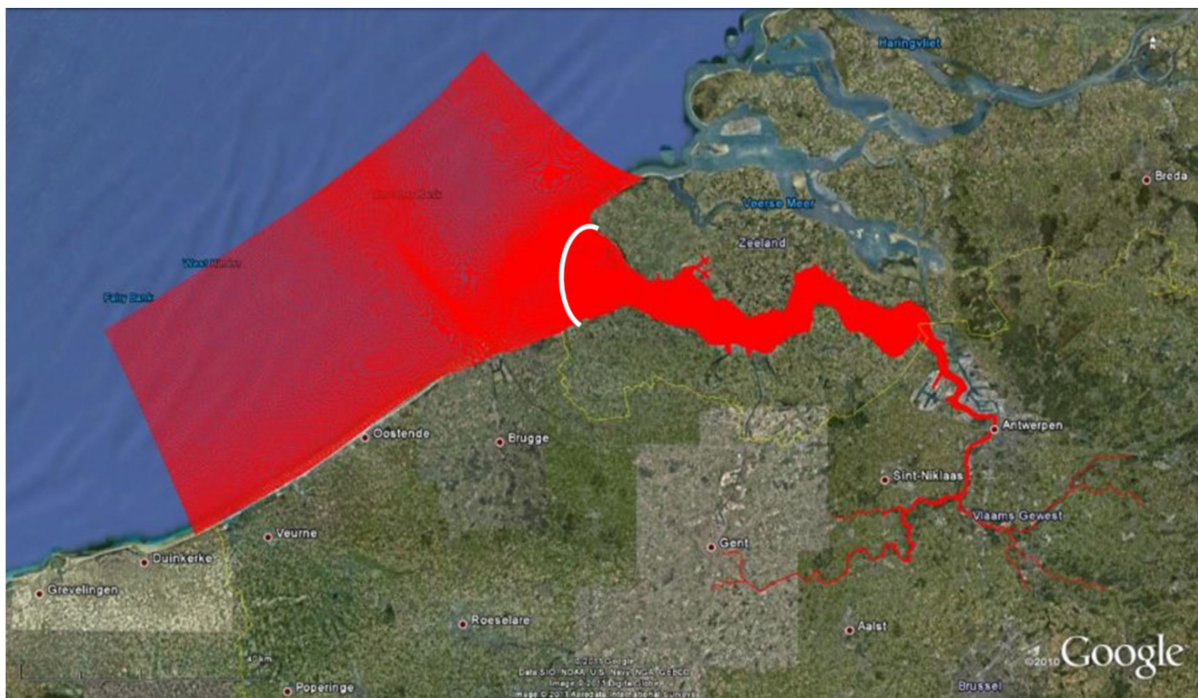
In het eerste Hoofdstuk wordt het doel van dit rapport gekaderd in de ruimere context van Flexibel Storten. Hoofdstuk 2 voorziet in een beschrijving van de werkwijze waarop het onderzoek gevoerd is. In Hoofdstuk 3 volgt een uiteenzetting van de werkelijke evolutie van het studiegebied. Een vergelijking tussen de modelresultaten en de ingepeilde bathymetrieën wordt gemaakt in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 worden de modelprocessen geanalyseerd. Hoofdstuk 6 gaat in op de stabilisatie van het model in het eerste modelleringsjaar. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 7 een conclusie gemaakt.

Om de leesbaarheid van het rapport te verbeteren, is slechts een selectie van figuren in het rapport zelf opgenomen. De aanvullende figuren zijn terug te vinden in de bijlage.

2 Methodologie

2.1 Numerieke model

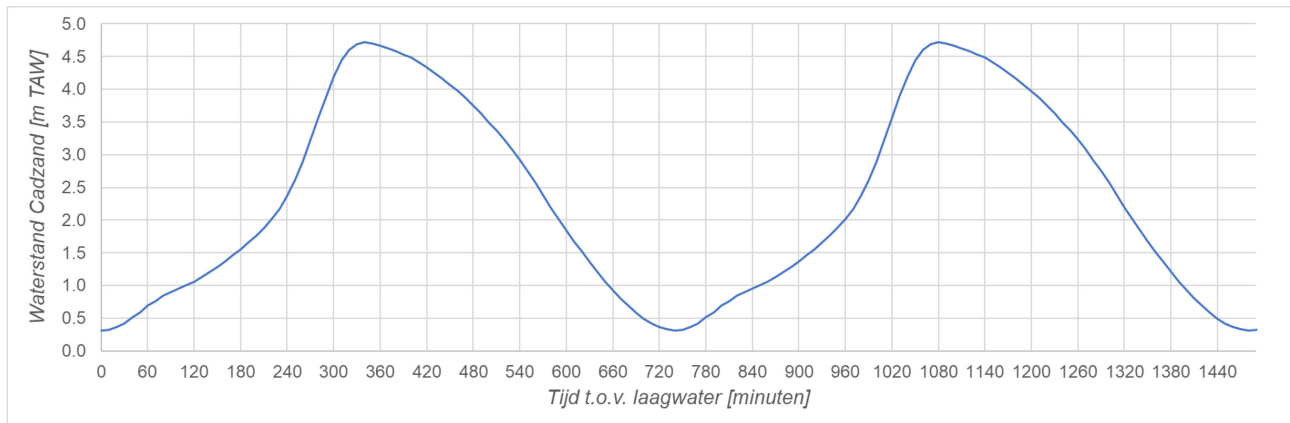
Het numerieke model dat binnen voorliggende studie werd ingezet, is overgenomen uit het eerdere studiewerk in het kader van de Agenda voor de Toekomst (Meire *et al.*, 2019). Het betreft het NEVLA-model, een numeriek 2D-model dat opgezet is in de Delft3D-omgeving. Dit model omvat het volledige Schelde-estuarium (Figuur 1): een deel van de Noordzee, de Vlakte van de Raan, de Westerschelde, Zeeschelde en de getijgebonden zijrivieren in Vlaanderen. De afwaartse rand van het NEVLA-model is gelegen in de Noordzee, maar ten behoeve van dit onderzoek werd de zeewaartse rand naar Westkapelle-Cadzand verplaatst (Figuur 1, witte lijn). De opwaartse randen zijn gelegen aan de grenzen van het tijgebied. De resolutie van de rekenrooster varieert van ongeveer 400 m op de Noordzee en neemt geleidelijk af tot ongeveer 30 meter in de buurt van Schelle.



Figuur 1: Illustratie van het NEVLA rooster.

De witte lijn illustreert de lijn Westkapelle-Cadzand, waar het model wordt afgesneden.

Ter hoogte van de zeewaartse rand (Westkapelle – Cadzand) werd één getijcyclus opgelegd die gedurende de duur van de simulatie herhaald werd. Het gekozen getij is terug te vinden in Figuur 2. Op basis van de getij karakteristieken over de periode 1996-2014 wordt in Nederhoff, (2015) een gemiddeld getijverschil van 368 cm gerapporteerd voor Cadzand. Wanneer dit vergeleken wordt met de gekozen randvoorwaarde, bedraagt de getijfactor van de zeewaartse randvoorwaarde 1,20, wat overeenkomt met een springtij. Deze getijfactor is groter dan een klassiek “morfologisch getij” (getijfactor $\sim 1,08$), wat ervoor zorgt dat de gemodelleerde sedimenttransporten en bijbehorende morfologische veranderingen sterker zijn dan gemiddeld.



Figuur 2: Verloop van waterstand ter hoogte van zeewaartse rand van het model (station Cadzand)

Het model werd uitvoerig gekalibreerd voor de waterbeweging (Maximova *et al.*, 2009; Vanlede *et al.*, 2015; Verheyen *et al.*, 2013) en werd in het kader van het Vlaams-Nederlandse onderzoeksprogramma Agenda voor de Toekomst ingezet om ook de morfologische veranderingen te simuleren (Meire *et al.*, 2019). De scenario's die binnen deze studie werden uitgevoerd, zijn een verderzetting van dit eerdere werk. Hierbij dient opgemerkt te worden dat noch de in de realiteit uitgevoerd, noch in volgens het model benodigde bagger- en bijbehorende stortwerkzaamheden in de scenario's meegenomen worden. Dit zorgt voor een afwijking van de reële situatie en moet in het achterhoofd gehouden worden bij de interpretatie van de modelresultaten en de vergelijking ervan met de realiteit.

2.2 Sediment transport

Het referentiescenario maakt gebruik van de transportformule van Engelund-Hansen (1967). Deze is gebaseerd op het energiebalans concept en berekent direct het totale sedimenttransport. De formule wordt uitgedrukt in volgende vergelijking:

$$\vec{q} = \frac{0,05 |u^4| \cdot \vec{u}}{\sqrt{g} \cdot C^3 \cdot \Delta^2 \cdot D_{50}} \quad (1)$$

De grootte van het sediment transport q ($m^3/m/s$) wordt gerelateerd aan:

U	[m/s]	Diepte-gemiddelde snelheid
$\Delta = (\rho_s - \rho_w) / \rho_w$	[-]	Relatieve dichtheid sedimentdeeltjes
g	[m/s ²]	Valversnelling
C	[m ^{1/2} /s]	Chézy coëfficiënt
D_{50}	[m]	Mediane korrelgrootte

Daarnaast zal binnen voorliggend onderzoek ook gebruik gemaakt worden van de formule van van Rijn en Bijker. Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar van Rijn (1993) en Meire *et al.* (2019).

De bodemverandering wordt berekend op basis van de exner vergelijking:

$$\frac{\partial z_b}{\partial t} = -\frac{1}{1-\varepsilon} \nabla \cdot \vec{q}$$

waarbij ε de bodem porositeit (default = 0,4), z_b de bodemligging (m), \vec{q} het sediment transport in respectievelijk de x- en y-richting ($m^3/m/s$).

2.3 Scenario's

De selectie van de modelscenario's is gebeurd op basis van de gevoeligheidsanalyse voor morfologische simulaties in de Westerschelde (Meire *et al.*, 2019). Hierin wordt het effect van de verschillende modelparameters op de resultaten van de modellering geanalyseerd en gekwantificeerd. Samengevat werd onderstaande volgorde van impact afgeleid voor het NEVLA model:

1. Transportformulering;
2. Sedimentkarakteristieken / Bodemhelling (met name α_{bn});
3. 3D en secondary flow;
4. Ruwheid en Saliniteit;
5. Morfologische versnellingsfactor;

Daar waar het eerdere werk als doel had de gevoeligheid van bepaalde parameters te verkennen, wordt in voorliggende studie de impact van de belangrijkste parameters onderzocht, waarbij expliciet een vergelijking gebeurt met de waargenomen morfologische ontwikkelingen in het Schelde-estuarium. Uit het grote aantal uitgevoerde modelscenario's, werden 8 simulaties weerhouden, waarvan de resultaten worden getoetst aan de werkelijkheid. Aanvullend werden Simulatie 00 en Simulatie 13 nog herhaald met alternatieve modelparameters. De instellingen van de verschillende parameters van de weerhouden scenario's zijn weergegeven in Tabel 2.

2.4 Selectie van vergelijkingsmomenten

De bathymetrie van de hele Westerschelde wordt jaarlijks samengesteld door Rijkswaterstaat op basis van de verschillende vaklodingen. Aangezien de deelgebieden sequentieel gepeild worden gedurende meerdere weken, kan elke samengestelde bathymetrie beschouwd worden als representatief voor het betreffende kalenderjaar. De keuze van de verder te analyseren modelresultaten is hierop gebaseerd.

Voor een goede vergelijking van het modelresultaat met de werkelijkheid, dienen het tijdstip van de peiling en van het modelresultaat elkaar te benaderen. Doordat een morfologische versnellingsfactor van 24,5 wordt gebruikt, is het niet mogelijk exact op een veelvoud van 365 dagen te komen, en zal er dus een kleine afwijking aanwezig zijn. Echter, aangezien de peiling ook niet exact op één dag uitgevoerd worden, is dit verschil verwaarloosbaar.

Als basis voor de modellering dient de vakloding van 2011. Tabel 1 geeft weer welke tijdstappen gebruikt werden om de vergelijkende analyse met de vaklodingen van 2012, 2013, 2014 en 2015 uit te voeren.

Tabel 1: Gebruikte modelresultaten voor de vergelijkende analyse.

Jaar	Morfologische tijd	Hydrodynamische tijd	Vakloding
2011	0 dagen	0 dagen	Vakloding 2011 (0 dagen)
2012	368 dagen	15 dagen	Vakloding 2012 (365 dagen)
2013	735 dagen	30 dagen	Vakloding 2013 (731 dagen)
2014	1102 dagen	45 dagen	Vakloding 2014 (1096 dagen)
2015	1470 dagen	60 dagen	Vakloding 2015 (1461 dagen)

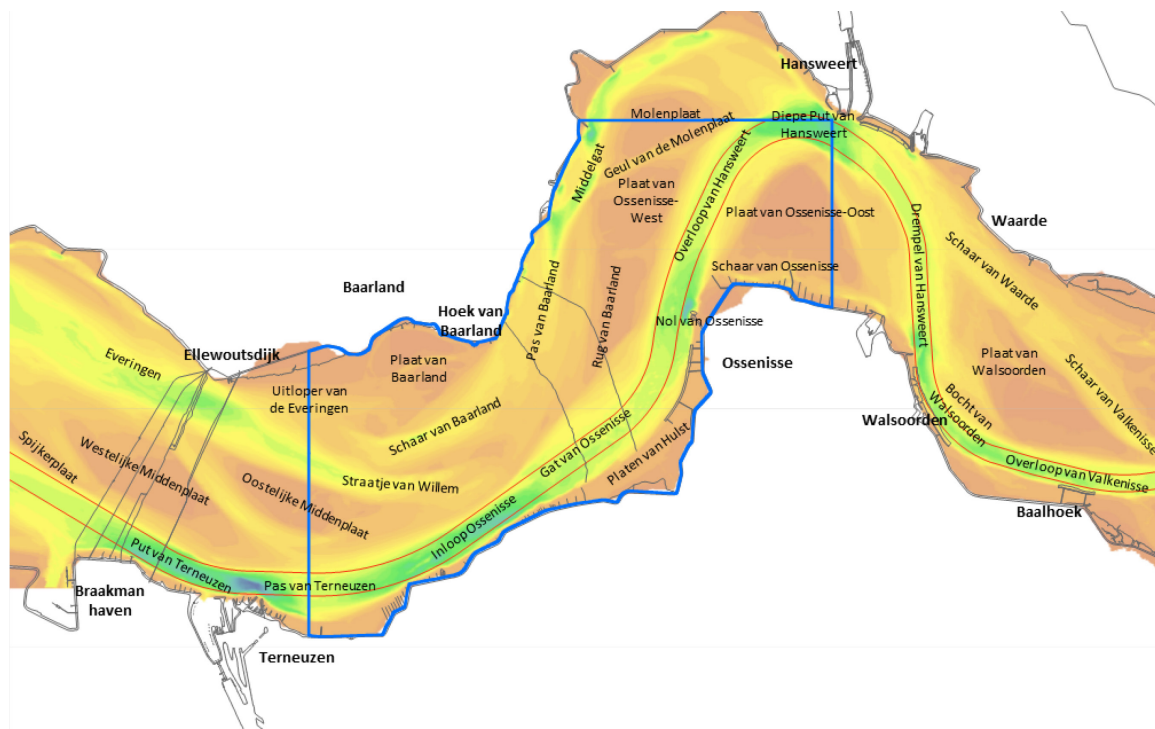
Tabel 2: Overzicht van de simulaties. De onderzochte parameter is weergegeven in blauw.

Originele simulaties													
NR	Naam	Grid	Tijdsstap [min]	Morfologie			Processen			Sediment			Opmerkingen
				MF	α_{Bn}	α_{Bs}	Wind	Saliniteit	Secondary flow	Transport Formule	D50 [μm]	Kalibratieconstante ¹	
1	Sim 00	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	200	0.1	
2	Sim 02	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	100	0.1	
3	Sim 10	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	200	0.1	3D (50%/50%)
4	Sim 11	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	Van Rijn (93)	200	NVT	
5	Sim 13	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	Bijker	300	NVT	
6	Sim 14	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	200	0.1	n = 0,026
7	Sim 16	1*1	0,05	24,5	0,15	1	X	-	-	EH	200	0.1	
8	Sim 19	1*1	0,05	24,5	15	1	X	-	-	EH	200	0.1	
Aanvullende simulaties													
9	Sim 00 ex	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	200	1	
10	Sim 13 ex	1*1	0,05	24,5	1,5	1	X	-	-	EH	300	1	

¹ In Delft3D bevat de input-file (*.tra) voor het sedimenttransport ook nog de mogelijkheid om een kalibratieparameter (ACAL) te gebruiken. De standaardwaarde is hiervan 0,1, wat betekent dat de berekende transporten standaard 10 keer kleiner zijn dan deze die op basis van de formule worden berekend.

2.5 Selectie van het referentiegebied

Het model omvat het volledige Schelde-estuarium. Aangezien een volledig gebiedsdekkende vergelijking niet in detail evident is, is ervoor gekozen een gedetailleerde analyse uit te voeren voor een beperkt gebied. Gelet op het belang voor huidige (SH41) en toekomstige (diepe delen vaargeul nabij Hansweert en Ossensisse) stortzones, is ervoor gekozen het studiegebied voor de vergelijking tussen model en realiteit te beperken tot het gebied tussen Terneuzen en Hansweert (deel van macrocel 3 en 4 in de Westerschelde). Daarbij ligt de focus vooral op de zone rond het Gat van Ossensisse. Deze zone heeft een relatief eenvoudige morfologie, wat ze geschikt maakt om de resultaten van een morfologisch modellering op af te toetsen. Het referentiegebied is weergegeven op Figuur 3 en omhelst de baggerzones Pas van Terneuzen, Gat van Ossensisse en Overloop van Hansweert en de stortzones Rug van Baarland, SH41 en Geulwand Gat van Ossensisse.



Figuur 3: Het referentiegebied rond het Gat van Ossensisse, met aanduiding (blauw) van de zone voor volumeberekening

2.6 Opdeling van het referentiegebied in deelgebieden

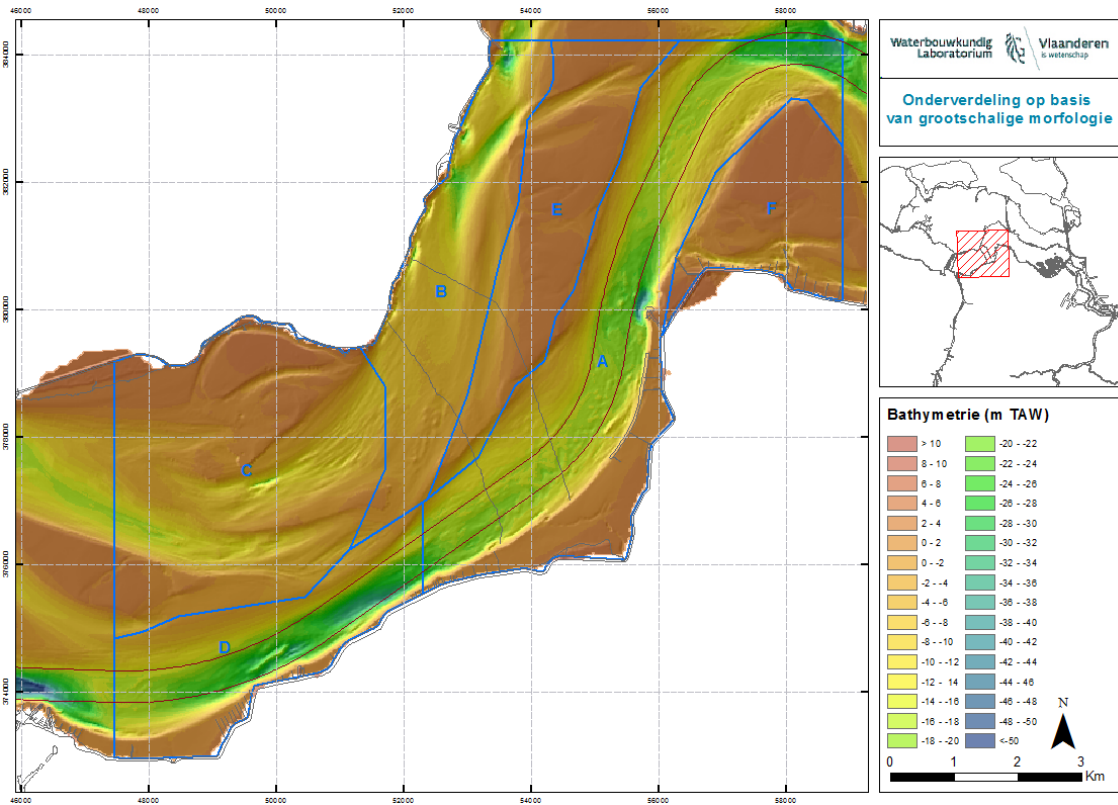
Om een meer gedetailleerde analyse van de gemodelleerde morfologische processen mogelijk te maken, werd het studiegebied verder opgedeeld in deelzones. Twee sets van deelzones werden onderscheiden: een onderverdeling op basis van de grootschalige morfologie bij de vaklodging van 2011 (Figuur 4) en een onderverdeling op basis van de diepteligging bij de vaklodging van 2011 (Figuur 5).

De onderverdeling in deelzones op basis van de grootschalige morfologie bestaat uit 6 deelzones:

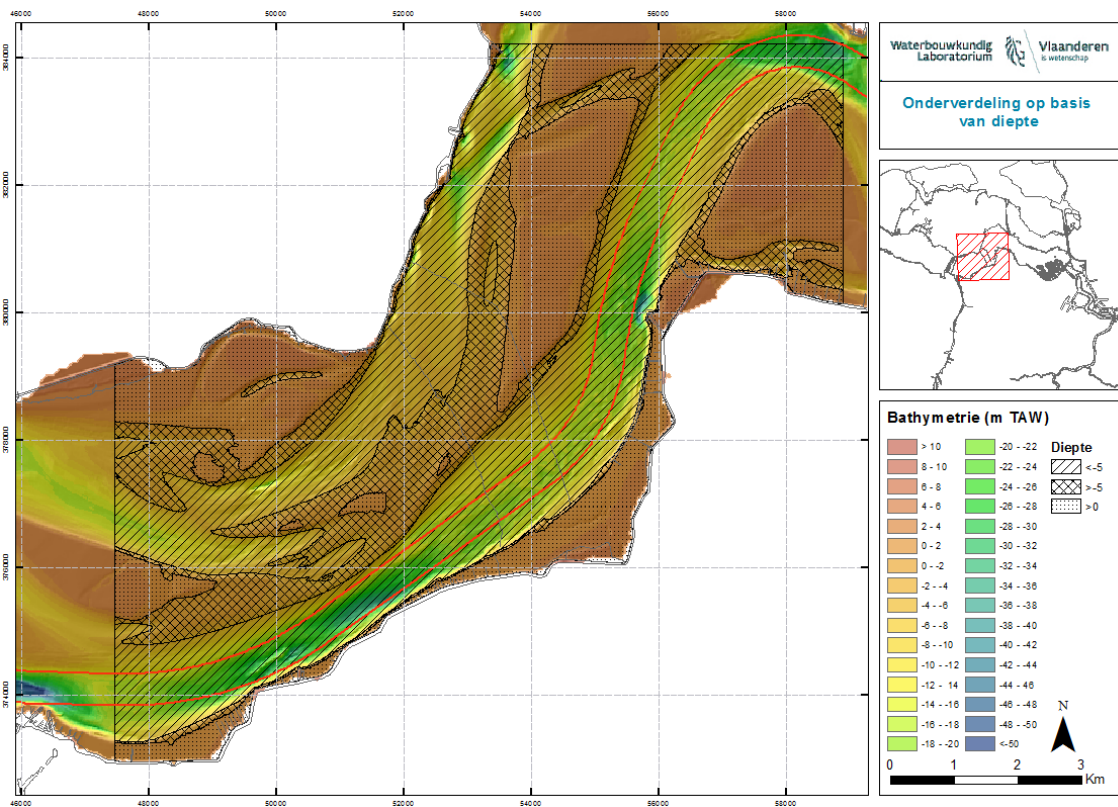
- Deelzone A betreft het ruime gebied rond de hoofdgeul (vloedgeul) van Macrocel 4, inclusief het Gat van Ossensisse, de Platen van Hulst, de diepe put bij de Nol van Ossensisse en de Overloop van Hansweert.
- Deelzone B betreft de nevengeul (ebgeul) van Macrocel 4, inclusief het Middelgat, de Pas van Baarland en een deel van de zone tussen het platencomplex Rug van Baarland/oostelijke Plaat van Ossensisse/Molenplaat en eigenlijke nevengeul.
- Deelzone C betreft een deel van de nevengeul (vloedgeul) van Macrocel 3, inclusief het opwaartse deel van de Everingen, een deel van de oostelijke Middelpaat, de Plaat van Baarland, de Uitloper van de Everingen, de Schaar van Baarland, het Straatje van Willem en de tussenliggende ondiepe delen.
- Deelzone D betreft het oostelijke deel van de hoofdgeul (ebgeul) van Macrocel 3, inclusief het oostelijke deel van de Pas van Terneuzen, de Inloop van Ossensisse en de omliggende ondiepere zones die de hoofdgeul flankeren.
- Deelzone E betreft het centrale ondiepe deel van Macrocel 4, inclusief de Molenplaat, de Geul van de Molenplaat, de westelijke Plaat van Ossensisse, de Rug van Baarland, de ondiepe delen rond het centrale platencomplex en een deel van het Drempelgebied bij Baarland.
- Deelzone F betreft een ondiepe zone tussen Macrocel 4 en 5, inclusief de oostelijke Plaat van Ossensisse en de Schaar van Ossensisse.

De onderverdeling in deelzones op basis van diepte bestaat uit 3 niet aansluitende deelzones; deze zones werden afgebakend op basis van de initiële topo-bathymetrie uit 2011 en worden vastgehouden doorheen de verschillende beschouwde momenten:

- De zone boven 0 m TAW (bij benadering is dit het intergetijdengebied) omvat de oostelijke en westelijke Plaat van Ossensisse, de oostelijke Middelpaat, de Plaat van Baarland, de Rug van Baarland, de Molenplaat, de Platen van Hulst, enkele slikken en schorren tegen de oever aan en de kleinen plaatjes tussen de geulen in het drempelgebied bij Everingen.
- De zone tussen 0 m en -5 m TAW (de zone met ondiepwater) omvat de Schaar van Baarland, een groot deel van de Geul van de Molenplaat, een zone die zicht uitstrekt van de oostelijke Middelpaat tot aan het Westelijke uiteinde van de Rug van Baarland en verder ten noorden van de Rug van Baarland, een zone tussen de Plaat van Baarland en de Schaar van Baarland en een aantal kleinere zones tussen de platen en de diepe delen en langs de oever van de Westerschelde.
- De zone dieper dan -5 m TAW (de diepe zone) omvat de hoofdgeul, de nevengeul die vanuit de Everingen, langs de Schaar van Baarland en de Pas van Baarland in het Middelgat uitkomt, delen van het Straatje van Willem en de Uitloper van de Everingen en de diepste delen van enkele kleinere geulen.



Figuur 4: Onderverdeling in deelzones op basis van de grootschalige morfologie.



Figuur 5: Onderverdeling in deelzones op basis van de diepte

2.7 Methodologie

In dit rapport zullen we de modelresultaten van de verschillende scenario's toetsen aan de realiteit. Op die manier willen we de meerwaarde van morfologische modellering voor het evalueren van potentiële bagger- en stortzones aantonen en de modelparameters voor een dergelijke modellering bepalen.

De verwerking van de modelresultaten verloopt in drie stappen:

1. Interpolatie van de modelresultaten naar een regelmatig grid, door gebruikt te maken van de 'Alphavol' en 'Scattered interpolant' functies in Matlab;
2. Het berekenen van de verschilkaarten van de modelresultaten met de vaklodingen van hetzelfde jaar. Hierbij werd de gemodelleerde diepte afgetrokken van de reële bathymetrie. Een positief verschil betekent dat de modellering minder diep is dan de opgemeten bathymetrie, een negatief verschil betekent dat de gemodelleerde bathymetrie dieper is dan de vakloding;
3. Het berekenen van verschilkaarten per tijdsinterval voor elk individueel modelscenario. Hierbij werd de gemodelleerde bathymetrie van een bepaald jaar afgetrokken van de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar. Een positief verschil betekent dat er in de tijdsstap sedimentatie is gesimuleerd, een negatief verschil dat er erosie verwacht wordt;
4. Het berekenen van de verschilvolumes voor de morfologische deelgebieden tussen de modelresultaten en de vakloding van hetzelfde jaar. Om het verschil tussen de realiteit en de modelresultaten, en de variatie binnen de verschillende modelresultaten onderling, te kwantificeren;
5. Het berekenen van de verschilvolumes voor de morfologische en bathymetrische deelgebieden per tijdsinterval voor elk individueel modelscenario. Om de verschillen in de gemodelleerde morfodynamische processen per modelscenario onderling te kwantificeren.

3 Evolutie van het studiegebied

Om de simulaties naar waarde te kunnen schatten dienen we eerst de werkelijke evolutie van de morfologie in het studiegebied onder invloed van natuurlijke processen en menselijke ingrepen te kennen. Deze evolutie werd geanalyseerd aan de hand van de beschikbare vaklodingen voor de jaren 2011 tot en met 2015 (Figuur 4, Bijlage A – dieptekaarten en Bijlage C – Verschilkaarten vaklodingen).

Algemeen gezien zijn de gebieden die hoger dan 0 m TAW gelegen zijn (intergetijdengebied) vrij stabiel doorheen de tijd. Uitzondering hierop zijn de relatief kleine plaatjes die in het drempelgebied nabij Baarland gelegen zijn (Deelzone C). Het drempelgebied is zeer dynamisch en de kleinere plaatjes verplaatsen, verdwijnen en ontwikkelen zich snel tijdens de analyseperiode. De grotere aaneengesloten platen kennen aan de randen enige morfologische veranderingen. De oostelijke Middelplaat kent erosie aan de noordelijke rand, net zoals de oostelijke Plaat van Ossensisse. Het zuidelijke deel van deze laatste breidt wel uit in zuidwestelijke en zuidelijke richting en de hoogte op door aanvoer van sedimenten via het Geultje van Ossensisse. Het noordelijke deel van platencomplex Rug van Baarland/westelijke Plaat van Ossensisse kent enige erosie langs de ooststrand. Bij de Plaat van Baarland erodeert het zuidelijke deel van de plaat gedurende de analyseperiode.

In Tabel 3 zijn de verschilvolumes berekend per jaar voor de dieptezones. De afbakening van deze zones werd gebaseerd op de vakloding van 2011. Door de veranderende morfologie komen ze in de daarop volgende jaren echter niet langer overeen met de werkelijke diepte van het studiegebied. Het effect hiervan is te zien in de verschilvolumes. Door de veranderende morfologie neemt het erosievolume voor de ondiepe zone toe doorheen de tijd. Opvallend is dat ook het sedimentatievolume toeneemt, hoofdzakelijk ten gevolge van een verdere ophoging van de platen doorheen de tijd. Erosie overheerst echter steeds en de afgebakende ondiepe zone ondervindt een jaarlijks volumeverlies variërend tussen ca. 340 000 m³ en 1 900 000 m³.

Morfologische deelzones E en F bestaan bijna uitsluitend uit delen die hoger zijn dan 0 m TAW. In Tabel 4 zijn de verschilvolumes per jaarinterval weergegeven. Deelzone E omvat het platencomplex Rug van Baarland/westelijke Plaat van Ossensisse/Molenplaat. Hier komt netto sedimentatie voor ten gevolge van uitbreiding van de westelijke punt van de Rug van Baarland in zuidelijke richting, tot aan de hoofdgeul. Dit is eigenlijk een oostelijke uitloper van het drempelgebied bij Baarland. Daarnaast komt een deel van de stortingen op de Rug van Baarland in deelzone E terecht. In 2012 werd hier ca. 38 000 m³ gestort. Ook in deelzone F komt hoofdzakelijk netto sedimentatie voor. Deelzone F betreft de oostelijke Plaat van Ossensisse, de netto volumeaangroei is het gevolg van de uitbreiding van het zuiden van de plaat in westelijke richting en de ophoging van de plaat ten noorden van de Schaar van Ossensisse.

De zone van ondiepwater tussen 0 m en -5 m TAW bevindt zich voornamelijk ter hoogte van het drempelgebied bij Baarland (morfologische deelzone C), en ten noordwesten van de Rug van Baarland (morfologische deelzone B en E), in de Geul van de Molenplaat en in de Schaar van Ossensisse. Langs de hoofdgeul is de intermediaire zone erg smal doordat de helling van hoofdgeul naar de platen toe erg steil is. De grootste veranderingen in de intermediaire zone komen voor in het Drempelgebied bij Baarland. De vloed-schaar 'Uitloper van de Everingen' gaat open, dit dwingt het zuidelijke deel van de Plaat van Baarland verder naar het zuiden. Ten gevolge van deze zuidwaartse migratie wordt het oostelijke deel van de Schaar van Baarland verder in zuidelijke richting gedwongen en draait de Schaar van Baarland zich in het verlengde van de Pas van Baarland en het Middelgat.

Door de uitlijning van de nevengeul concentreert de ebstroming zich meer in de nevengeul en krijgt de zone tussen de Pas van Baarland en de Rug van Baarland de kans om aan te groeien. Ten gevolge van de beweging van de Schaar van Baarland wordt het kleine plaatje tussen de Schaar van Baarland en het Straatje van Willem langer in oost-westelijke richting en migreert het in de richting van de Rug van Baarland. De oostelijke Middelplaat ondervindt erosie aan de noordelijke zijde ten gevolge van de verplaatsing van het Straatje van Willem. De kleinere intermediaire zones in de Geul van de Molenplaat en de Schaar van Ossenisse worden smaller.

De zone dieper dan -5 m TAW bestaat hoofdzakelijk uit de twee grote geulen. In morfologische deelzone A en D betreft de diepe zone de hoofdgeul. Deze geul wordt intensief gebruikt door scheepvaart van en naar Antwerpen. Om de getijonafhankelijke scheepvaart tot een diepte van 13.1 m te garanderen, is deze geul sterk onderhevig aan menselijke ingrepen. De aanwezige drempels Gat van Ossenisse en Overloop van Hansweert worden gebaggerd (Tabel 5). Ten gevolge van deze menselijke ingrepen blijven de veranderingen in diepte op het Gat van Ossenisse en de Overloop van Hansweert beperkt tot ca. 1 m. In de diepe put bij de Nol van Ossenisse ("SH41") worden grote volumes baggerspecie gestort (Tabel 5). De gestorte specie migreert opwaarts langs de oostelijke Plaat van Ossenisse en heeft een grote invloed op de natuurlijke processen die hier spelen. Vanaf 2012 komt aan de oostrand van de oostelijke Plaat van Ossenisse aanzanding voor. Aan de buitenbocht ter hoogte van het Gat en de Inloop van Ossenisse komt van nature erosie voor. Ook de oostrand van de westelijke Plaat van Ossenisse erodeert. Op enkele plaatsen langs de hoofdgeul is harde geulwandverdediging aangebracht, terwijl er aan de geulwand ter hoogte van het Gat van Ossenisse regelmatig stortingen met baggerspecie worden uitgevoerd om het geërodeerde sediment te vervangen (Tabel 5). De zone ten noordwesten van het Gat van Ossenisse ondervindt netto aangroei ten gevolge van een verder uitbouw van de Rug van Baarland in zuidoostelijke richting.

De nevengeul, die vanuit de Everingen door de Schaar en de Pas van Baarland het Middelpgat bereikt, vormt samen met de diepe delen in de Uitloper van de Everingen en het Straatje van Willem het noordelijke deel van de diepe zone. Deze zone wordt omvat door morfologische deelzones B en C. In de nevengeul zijn binnen het studiegebied geen stortzones aanwezig, echter in de Everingen, net afwaarts van het studiegebied wel. Stortingen in de stortzone in de Everingen kunnen door migratie van de gestorte sedimenten mogelijk een invloed uitoefenen op de morfologische veranderingen in het Drempelgebied. Door de grootschalige morfodynamiek van de drempelzone bij Baarland die eerder werd uiteengezet, verandert ook de ligging en de vorm van de geulen Uitloper van de Everingen, Schaar van Baarland en Straatje van Willem tussen de ondiepere plaatjes. De diepe delen in het noorden van het Middelpgat worden dieper tussen 2011 en 2015. Ter hoogte van het zuiden van het Middelpgat en de Pas van Baarland verschuift de nevengeul in noordelijke richting en komt zo dicht tegen de oever aan te liggen. Ten gevolge hiervan kent de zone tussen de Pas van Baarland en de Rug van Baarland aanzanding.

Naast de twee geulen, komen ook enkele kleinere zones met dieptes die groter zijn dan -5 m voor in geultjes in de intermediaire zone, één ervan komt voor ten westen van de Rug van Baarland en één ervan in de Geul van de Molenplaat. De diepe zone in de Geul van de Molenplaat blijft bestaan, de diepe zone ten westen van de Rug van Baarland wordt ondieper.

Tabel 3: Berekende volumeverschillen van elke vaklodging met de vaklodging van het voorgaande jaar voor de verschillende dieptezones.

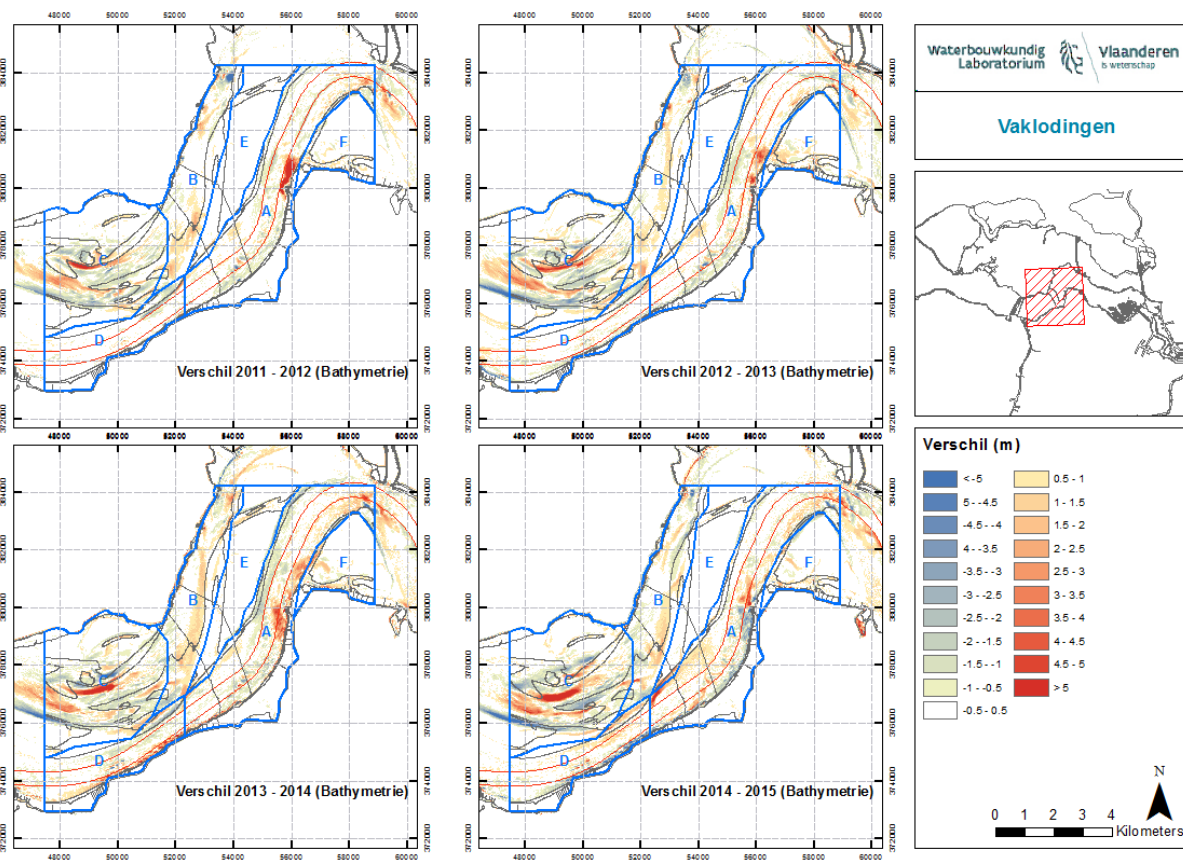
Vaklodgingen				
Jaar	Parameter	>0	>-5	<-5
2011-2012	Oppervlak (m ²)	21 247 200	14 284 000	31 298 800
	Netto Volume (m ³)	- 821 660	- 402 656	471 072
	Sedimentatie (m ³)	929 616	3 538 480	10 325 788
	Erosie (m ³)	- 1 751 276	- 3 941 136	- 9 854 716
	Bruto Volume (m ³)	2 680 892	7 479 616	20 180 504
2012-2013	Oppervlak (m ²)	21 527 200	14 284 400	31 299 200
	Netto Volume (m ³)	- 339 552	- 183 916	369 596
	Sedimentatie (m ³)	2 523 544	4 392 760	10 370 564
	Erosie (m ³)	- 2 863 096	- 4 576 676	- 10 000 968
	Bruto Volume (m ³)	5 386 640	8 969 436	20 371 532
2013-2014	Oppervlak (m ²)	21 524 000	14 286 400	31 299 200
	Netto Volume (m ³)	- 1 334 122	- 1 254 083	4 663 409
	Sedimentatie (m ³)	2 288 279	4 635 511	14 860 627
	Erosie (m ³)	- 3 622 401	- 5 889 594	- 10 197 218
	Bruto Volume (m ³)	5 910 679	10 525 105	25 057 844
2014-2015	Oppervlak (m ²)	21 524 000	14 286 400	31 299 200
	Netto Volume (m ³)	- 1 908 290	- 987 777	3 097 759
	Sedimentatie (m ³)	2 211 576	4 708 348	14 165 116
	Erosie (m ³)	- 4 119 866	- 5 696 124	- 11 067 357
	Bruto Volume (m ³)	6 331 442	10 404 472	25 232 472

Tabel 4: Berekende volumeverschillen van elke vaklodging met de vaklodging van het voorgaande jaar voor de verschillende morfologische deelzones.

Vaklodgingen							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2011-2012	Oppervlak (m ²)	19 193 200	9 378 800	16 442 800	8 094 400	8 180 000	5 541 200
	Netto Volume (m ³)	- 523 408	1 458 288	- 797 372	- 902 144	- 64 480	75 012
	Sedimentatie (m ³)	4 664 304	3 302 060	5 015 016	822 036	334 848	654 680
	Erosie (m ³)	-5 187 712	-1 843 772	-5 812 388	-1 724 180	- 399 328	- 579 668
	Bruto Volume (m ³)	9 852 016	5 145 832	10 827 404	2 546 216	734 176	1 234 348
2012-2013	Oppervlak (m ²)	19 257 200	9 428 800	16 548 400	8 145 200	8 180 000	5 548 400
	Netto Volume (m ³)	- 998 776	1 315 320	- 124 524	- 916 412	289 744	584 700
	Sedimentatie (m ³)	4 409 016	3 173 452	6 639 656	1 021 932	790 660	1 315 344
	Erosie (m ³)	-5 407 792	-1 858 132	-6 764 180	-1 938 344	- 500 916	- 730 644
	Bruto Volume (m ³)	- 998 776	1 315 320	- 124 524	- 916 412	289 744	2 045 988
2013-2014	Oppervlak (m ²)	19 257 200	9 430 800	16 548 400	8 145 200	8 179 200	5 546 000
	Netto Volume (m ³)	430 626	1 263 761	-1 150 294	313 603	314 763	423 083
	Sedimentatie (m ³)	6 558 347	3 934 978	6 045 052	2 668 028	1 021 372	1 234 467
	Erosie (m ³)	-6 127 722	-2 671 216	-7 195 346	-2 354 425	- 706 608	- 811 384
	Bruto Volume (m ³)	12 686 069	6 606 194	13 240 398	5 022 453	1 727 980	2 045 851
2014-2015	Oppervlak (m ²)	19 257 200	9 430 800	16 548 400	8 145 200	8 179 200	5 546 000
	Netto Volume (m ³)	- 143 534	869 194	- 192 942	- 263 591	328 477	- 9 923
	Sedimentatie (m ³)	5 808 956	3 741 784	7 700 863	2 104 782	922 640	949 281
	Erosie (m ³)	-5 952 489	-2 872 590	-7 893 805	-2 368 373	- 594 163	- 959 204
	Bruto Volume (m ³)	11 761 445	6 614 374	15 594 668	4 473 156	1 516 803	1 908 484

Tabel 5: Bagger- en stortvolumes in het referentiegebied tussen 2011 en 2015

Stortvolume (m ³ in-situ)	Rug van Baarland	Geulwand Gat van Ossenisse	SH41	Totaal	Cumulatief
2011	626 327		3 412 496	4 038 822	4 038 822
2012	38 446		3 061 323	3 099 769	7 138 591
2013			4 231 958	4 231 958	11 370 549
2014		1 313 667	3 374 513	4 688 180	16 058 729
Baggervolume (m ³ in beun)	Gat van Ossenisse	Overloop van Hansweert	Totaal	Cumulatief	
2011	1 446 208	529 475	1 975 683	1 975 683	
2012	1 153 223	728 773	1 881 995	3 857 678	
2013	910 277	916 961	1 827 237	5 684 916	
2014	801 324	721 734	1 523 058	7 207 974	



Figuur 6: natuurlijke morfologische evolutie van het studiegebied tussen 2011 en 2015 (blauw: erosie, rood: sedimentatie)

4 Vergelijking model - meting

De vakloding voor het jaar 2011 dient als basis voor de modellering, de vaklodings van de jaren 2012 tot en met 2015 worden gebruikt voor de toetsing van de modelresultaten van elk modelscenario. De bathymetrische kaarten van de vaklodings zijn weergegeven in Bijlage A – dieptekaarten. Bathymetrische kaarten van de geselecteerde modelscenario's zijn opgenomen in Bijlage B – Gemodelleerde morfologie. De jaarlijkse verschilkaarten van de gemodelleerde morfologie en de werkelijke morfologie zijn opgenomen in Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vakloding.

Verwacht wordt dat het kleinste verschil tussen de modelresultaten en de werkelijkheid waargenomen zal worden bij de vergelijking voor het jaar 2012, en dat het verschil zal toenemen naarmate de tijd vordert. Verder dient opgemerkt te worden dat het morfologisch model enkel in staat is om veranderingen op meso- en macroschaal te voorspellen. Het gebruikte grid is niet voldoende fijn om zandduinen en gelijkaardige fijne morfologische structuren te onderscheiden.

In de volgende hoofdstukken worden de verschillen tussen de gemodelleerde morfologische evolutie en de werkelijke evolutie besproken voor alle geselecteerde simulaties. Een onderlinge vergelijking tussen de verschillende simulaties gericht op de gevoeligheid voor bepaalde parameterinstellingen werd reeds gemaakt in Meire *et al.* (2019). Voor elke simulatie werden de verschilvolumes voor zowel de totale afgebakende zone als voor de morfologische deelzones berekend. Deze zijn in tabelvorm opgenomen in de analysetekst.

Ook de in situ bagger- en stortvolumes voor de overeenkomstige periodes zijn opgenomen. Deze volumes betreffen de reële cumulatieve bagger volumes (m^3 in beun) voor de baggerzones Gat van Ossensisse en Overloop van Hansweert. Voor de stortvolumes (m^3 in situ) werden de reële stortingen in plaatrandstortzone Rug van Baarland, hoofdgeulstortzone SH41 en aan de Geulwand van het Gat van Ossensisse in rekening gebracht. Het in situ netto ingreepvolume werd berekend op basis van de gerapporteerde bagger- (negatief) en stortvolumes (positief). Opgemerkt dient te worden dat deze volumes niet beschikbaar zijn voor de simulaties, aangezien hier geen bagger- en stortactiviteit werden meegenomen.

4.1 Simulatie 00

4.1.1 Basisversie: Simulatie 00

Simulatie 00 werd in Meire *et al.* (2019) als referentiesituatie aangenomen. De gebruikte parameters voor deze simulatie zijn opgenomen in Tabel 2. De simulatie maakt gebruik van de sedimenttransportformule van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967) waarbij de kalibratieconstante gedefinieerd werd als 0,1. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde grid en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 6. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 7.

Tabel 6: Berekende jaarlijkse volumeverschillen uit de vakloding. In werkelijkheid gebaggerde en gestorte volumes zijn ook opgenomen in deze tabel.

Simulatie 00								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-54 706 911	4 526 750	-59 233 662	63 760 412	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-54 818 394	10 929 503	-65 747 897	76 677 400	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-56 100 618	18 269 895	-74 370 513	92 640 408	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-57 108 624	25 597 290	-82 705 914	108 303 204	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

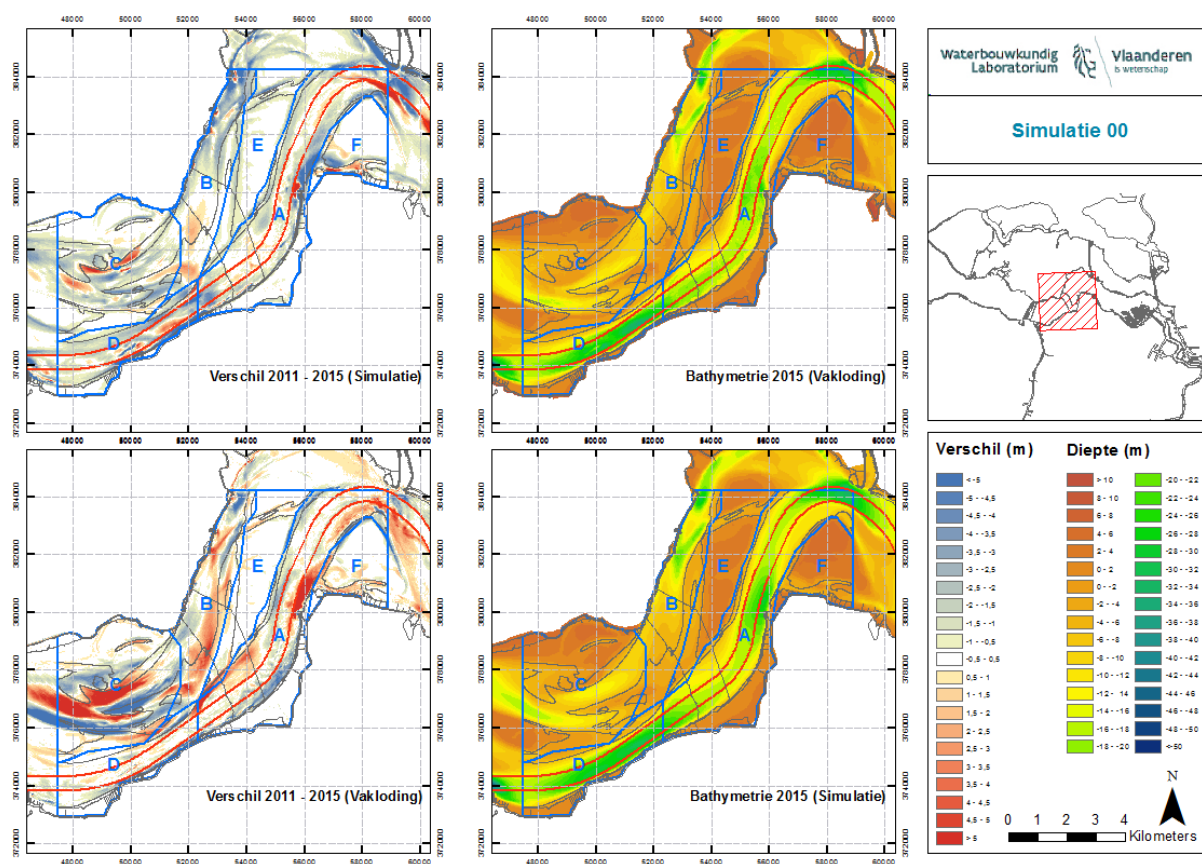
Tabel 7: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 00							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 015 819	-11 582 307	-8 346 801	-9 869 552	-4 498 551	-2 389 452
	Sedimentatie (m ³)	1 441 174	564 933	1 783 456	380 381	52 956	303 851
	Erosie (m ³)	-19 456 993	-12 147 240	-10 130 257	-10 249 934	-4 551 507	-2 693 303
	Bruto Volume (m ³)	20 898 167	12 712 173	11 913 712	10 630 315	4 604 462	2 997 154
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-17 420 895	-12 453 375	-8 269 922	-9 152 970	-4 731 537	-2 786 686
	Sedimentatie (m ³)	3 253 424	884 442	5 270 862	857 517	91 950	571 309
	Erosie (m ³)	-20 674 320	-13 337 817	-13 540 784	-10 010 487	-4 823 487	-3 357 994
	Bruto Volume (m ³)	23 927 744	14 222 259	18 811 646	10 868 003	4 915 436	3 929 303
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-17 843 365	-13 471 749	-7 233 189	-9 502 669	-5 010 824	-3 035 126
	Sedimentatie (m ³)	5 760 315	1 506 593	8 608 150	1 450 076	123 794	820 966
	Erosie (m ³)	-23 603 680	-14 978 342	-15 841 339	-10 952 746	-5 134 618	-3 856 092
	Bruto Volume (m ³)	29 363 995	16 484 936	24 449 488	12 402 822	5 258 413	4 677 058
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 205 336	-14 003 981	-7 028 532	-9 482 277	-5 261 708	-3 123 423
	Sedimentatie (m ³)	7 420 840	2 352 594	12 560 593	1 726 973	241 892	1 294 397
	Erosie (m ³)	-25 626 177	-16 356 576	-19 589 126	-11 209 250	-5 503 600	-4 417 820
	Bruto Volume (m ³)	33 047 017	18 709 170	32 149 719	12 936 223	5 745 492	5 712 218

Algemeen kan gesteld worden dat de modelresultaten voor het modelscenario 00 sterk afwijken van de natuurlijke ontwikkeling van het referentiegebied sinds de vakloding van 2011. In 2012 wordt reeds een netto volumeverlies van bijna 55 Mm³ gemodelleerd. Dit volume neemt doorheen de tijd toe tot een netto volumeverlies van ruim 57 Mm³ in 2015. Op basis van de ingrepen wordt weliswaar een netto volumeverlies verwacht (laatste kolom in Tabel 6), er wordt immers een groter volume gestort in het referentiegebied dan er gebaggerd wordt. Dit “verwachte deficiet” bedraagt ‘slechts’ 1,9 Mm³ in 2012 en loopt op tot ca. 7,5 Mm³ in 2015.

Het grote tekort in het eerste jaar van de modellering wijst erop dat het model nog naar een evenwicht zoekt. De daarop volgende jaren lopen de modelresultaten en de werkelijkheid steeds verder uit elkaar. Dit valt duidelijk af te leiden uit de toenemende verschilvolumes voor erosie, sedimentatie en het bruto verschilvolume.

Zoals te verwachten zijn de verschillen tussen de gemodelleerde bathymetrie en de vaklodingen het grootst in de zones die blootgesteld worden aan de meest intense hydrodynamische condities. Op de hoge delen van de platen, boven +2 m TAW, daarentegen blijft de situatie doorheen de tijd nagenoeg stabiel en zijn de afwijkingen van de modelresultaten ten opzichte van de realiteit gering. In de zones met een meer gematigd hydrodynamisch milieu verwacht het model reeds in het eerste jaar een algemene verdieping van maximaal 1 m ten opzichte van de realiteit. Het grote oppervlak waarover deze verdieping voorkomt geeft aanleiding tot het volumeverlies van bijna 55 Mm³ dat tijdens het eerste jaar wordt geregistreerd.



Figuur 7: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 00 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

Deelzone A betreft de hoofdgeul in Macrocel 4 en omvat de drempels Gat van Ossensisse en Overloop van Hansweert, en de diepe put nabij de Nol van Ossensisse. Daarnaast maken ook de Platen van Hulst deel uit van deelzone A. Het initiële netto volumeverlies bedraagt ca. 18 Mm³ wat verder oploopt tot ca. 25 Mm³ in 2015. Het bruto verschilvolume tussen de werkelijkheid en het model bedraagt ca. 33 Mm³ in 2015. Voor de diepere delen van deelzone A voorspelt modelsimulatie 00 sinds 2011 een verdere uitdieping van de diepe put bij de Nol van Ossensisse en erosie ter hoogte van het westelijke uiteinde van het Gat van Ossensisse.

Aanzanding wordt gemodelleerd aan de binnenbocht nabij de diepe put van Hansweert. In de realiteit komt er volumeaan groei voor in de zone ten zuiden van de Rug van Baarland en door stortingen ook ter hoogte van de Nol van Ossensisse. Een belangrijk deel van het berekende volumeverlies is te situeren ter hoogte van de Nol van Ossensisse, aangezien het model geen rekening houdt met de hier uitgevoerde stortingen. In werkelijkheid worden de drempels in de vaargeul op diepte gehouden door onderhoudsbaggerwerken, waardoor de gemodelleerde bathymetrie in deze gebieden boven de vaklodingen ligt.

Deelzone B omvat de het zuidelijke deel van het Middelgat en de Pas van Baarland. Ter hoogte van de Hoek van Baarland wordt de bathymetrie minder diep gemodelleerd dan ze in werkelijkheid evolueert. Daarnaast wordt er ook sedimentatie voorspeld in een zone aan het zuidelijke uiteinde van de Pas van Baarland. In de diepe delen van het Middelgat komt erosie voor. Voor deelzone B wordt een netto volumeverlies van 14 Mm^3 berekend tussen de modelresultaten en de bathymetrie voor 2015; het bruto verschilvolume bedraagt ca. 19 Mm^3 . Het model kondigt de verdieping van de geul in het Middelgat en op de Pas van Baarland aan. Een evolutie die in werkelijkheid niet plaatsvindt.

Het drempelgebied bij Baarland bevindt zich in deelgebied C. Door de vorming en verplaatsing van eb- en vloedcharen en tussenliggende platen, is dit gebied onderhevig aan een voortdurende en snelle morfologische verandering. Het modelscenario 00 heeft reeds vanaf het eerste jaar veel moeite om deze dynamiek correct te vatten. Door de laterale verplaatsing van de geulen en de tussenliggende platen wijken de gemodelleerde bathymetriën sterk af van de overeenkomstige vaklodingen. Doorheen de jaren nemen het verschil tussen de werkelijkheid en modelresultaten enkel toe. Doordat de erosie en sedimentatievolumes elkaar gedeeltelijk opheffen blijft het netto volumeverlies in deze zone ondanks de grote dynamiek - het bruto verschilvolume bedraagt ca. 32 Mm^3 - beperkt tot ca. 7 Mm^3 in 2015. Het initiële volumeverlies bedroeg ruim 8 Mm^3 .

Deelgebied D omvat de hoofdgeul ter hoogte van de Pas van Terneuzen en de Inloop van Ossensisse. Ten noorden van de vaargeul omvat deelgebied D ook een uitloper van het drempelgebied bij Baarland. In deze uitloper ligt de gemodelleerde bathymetrie hoger dan de overeenkomstige vakloding. Verder verwacht het model dat de diepe put ter hoogte van de Inloop van Ossensisse door natuurlijke sedimentatie zal worden opgevuld, wat in werkelijkheid niet gebeurt. Een overschatting van de diepte komt voor aan de zuidrand van de hoofdgeul, tegen de dijk aan. Mogelijk liggen de geulwandstortingen die op deze locatie worden uitgevoerd aan de basis van het verschil met de vakloding. Het initiële netto volumeverlies bedraagt bijna 10 Mm^3 wat quasi stabiel blijft doorheen de tijd. Het brutovolumeverschil loopt tussen 2012 en 2015 op van ca. 11 Mm^3 tot ca. 13 Mm^3 .

Deelzone E behelst de Rug van Baarland, de westelijke Plaat van Ossensisse, een deel van de Molenplaat en de tussenliggende kortsluitgeultjes. De platen zijn voor een groot deel hoger dan +2 m TAW, en hier wordt geen verschil tussen de modelresultaten en de vaklodingen opgemerkt. In de tussenliggende geultjes verwacht het model meer erosie terwijl er in werkelijkheid migratie en lichte sedimentatie voorkomt. Het netto volumeverlies stijgt van ca. $4,5 \text{ Mm}^3$ naar ca. $5,3 \text{ Mm}^3$. het bruto volumeverschil varieert van $4,6 \text{ Mm}^3$ in 2012 tot $5,7 \text{ Mm}^3$ in 2015.

Ook deelgebied F is voor een belangrijk deel boven +2 m TAW gelegen, dit gebied bevat de oostelijke Plaat van Ossensisse en de Schaar van Ossensisse. Het initiële netto volumeverlies bedraagt hier ca. $2,4 \text{ Mm}^3$, in 2015 loopt dit op tot ca. $3,1 \text{ Mm}^3$. het bruto volumeverschil bedraagt ca. 3 Mm^3 in 2012 en loopt op tot ca. $5,7 \text{ Mm}^3$ in 2015. Ook hier geldt dat er op de schorren en de slikken weinig veranderingen optreden. In realiteit wordt de Schaar van Ossensisse ondieper, terwijl het model vooral in het westelijke deel van de Schaar van Ossensisse een verdieping voorspelt.

4.1.2 Alternatieve versie: Simulatie 00 extra

Het enige verschil tussen de originele simulatie 00 en de alternatieve versie ervan betreft de kalibratieconstante van de sedimenttransportformule van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967). Bij de alternatieve versie bedraagt deze 1, terwijl deze bij de originele versie werd vastgelegd op 0,1. De gebruikte parameters voor deze simulatie zijn opgenomen in Tabel 2. Verder in de tekst zal naar deze simulatie ook verwezen worden als simulatie 00 extra. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde grid en de vaklodging zijn opgenomen in Tabel 8. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 9.

Tabel 8: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vaklodging.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

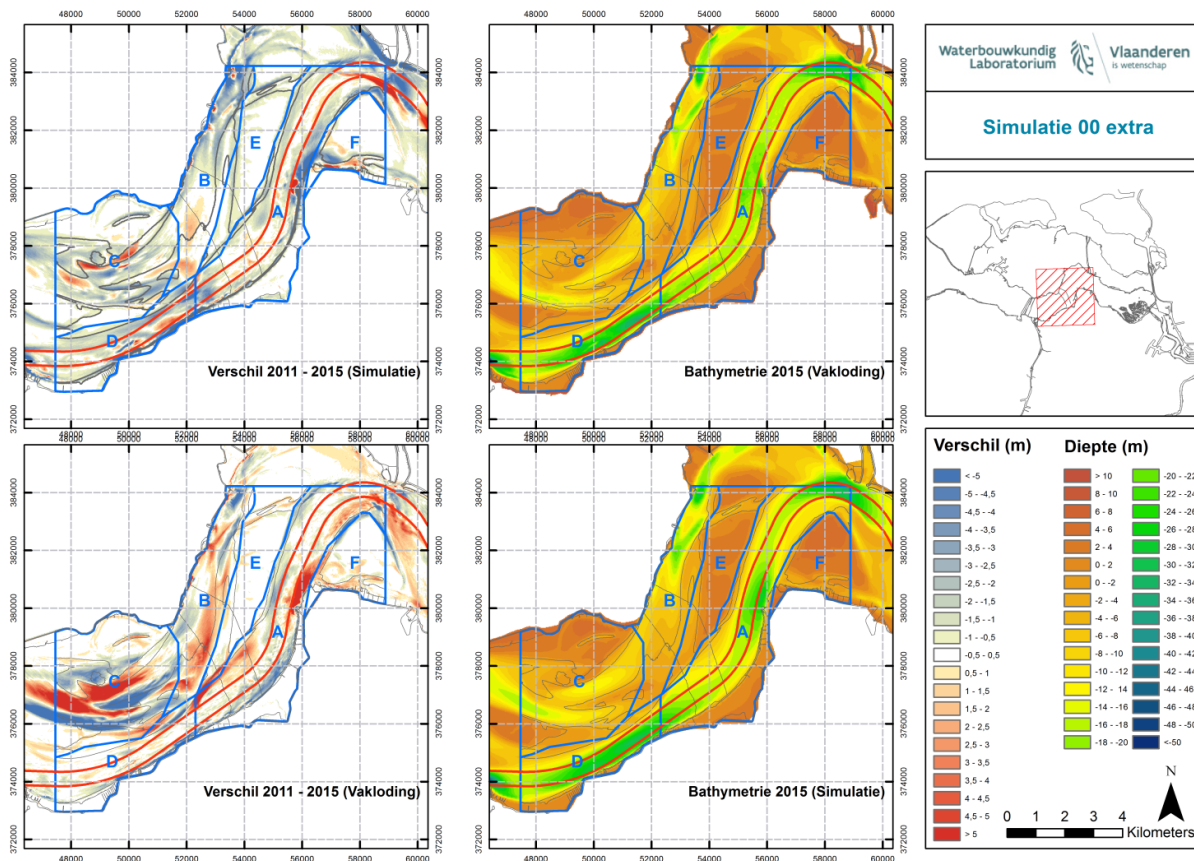
Simulatie 00 extra								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	66 703 600	-54 224 871	3 436 141	-57 661 012	61 097 153	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	66 703 600	-54 140 119	6 522 115	-60 662 233	67 184 348	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	66 703 600	-54 167 811	9 508 820	-63 676 631	73 185 451	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	66 703 600	-54 238 407	12 409 234	-66 647 642	79 056 876	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 9: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vaklodging voor de verschillende deelzones.

Simulatie 00_ex							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 230 800	9 418 800	16 548 400	8 082 400	8 180 000	5 514 000
	Netto Volume (m ³)	-16 567 580	-11 581 536	-8 912 628	-9 404 913	-4 727 519	-2 162 124
	Sedimentatie (m ³)	1 874 506	618 646	2 650 849	532 993	59 751	291 267
	Erosie (m ³)	-18 442 086	-12 200 182	-11 563 477	-9 937 906	-4 787 270	-2 453 390
	Bruto Volume (m ³)	20 316 592	12 818 829	14 214 326	10 470 899	4 847 020	2 744 657
2013	Oppervlak (m ²)	19 238 800	9 410 000	16 548 400	8 130 400	8 180 000	5 541 200
	Netto Volume (m ³)	-17 400 146	-12 579 676	-8 285 476	-9 035 646	-4 739 726	-2 822 081
	Sedimentatie (m ³)	3 159 946	870 303	5 351 027	827 818	92 368	537 655
	Erosie (m ³)	-20 560 093	-13 449 979	-13 636 503	-9 863 464	-4 832 094	-3 359 736
	Bruto Volume (m ³)	23 720 039	14 320 282	18 987 531	10 691 283	4 924 462	3 897 391
2014	Oppervlak (m ²)	19 230 800	9 420 800	16 548 400	8 082 400	8 179 200	5 511 600
	Netto Volume (m ³)	-18 399 282	-13 393 214	-7 182 202	-9 684 955	-5 003 687	-3 178 520
	Sedimentatie (m ³)	6 104 519	1 470 712	8 648 259	1 565 754	184 668	733 234
	Erosie (m ³)	-24 503 802	-14 863 927	-15 830 460	-11 250 708	-5 188 355	-3 911 754
	Bruto Volume (m ³)	30 608 321	16 334 639	24 478 719	12 816 462	5 373 023	4 644 988
2015	Oppervlak (m ²)	19 238 800	9 410 000	16 548 400	8 130 400	8 180 000	5 541 200
	Netto Volume (m ³)	-18 208 727	-14 108 859	-7 032 258	-9 356 273	-5 276 036	-3 151 558
	Sedimentatie (m ³)	7 357 766	2 346 773	12 637 054	1 707 833	230 617	1 275 250
	Erosie (m ³)	-25 566 493	-16 455 633	-19 669 312	-11 064 106	-5 506 654	-4 426 808
	Bruto Volume (m ³)	32 924 259	18 802 406	32 306 366	12 771 939	5 737 271	5 702 058

Net als bij simulatie 00, voorspellen de gemodelleerde ontwikkelingen van modelsimulatie 00 extra, een groot volumeverlies in het eerste jaar van de modellering. Het initiële netto tekort bedraagt ca. 54 Mm³, wat gelijkaardig is als het tekort bij simulatie 00. Dit tekort blijft min of meer constant gedurende de modelleringsperiode. In het bruto verschilvolume is wel een evolutie op te merken. In 2012 bedraagt het bruto verschilvolume ca. 61 Mm³, doorheen de tijd lopen de werkelijkheid en de gemodelleerde bathymetrie steeds verder uiteen en in 2015 wordt een bruto verschilvolume van ca. 79 Mm³ berekend. Deze toename is evenwel een stuk kleiner dan deze bij de referentiesimulatie. Hier loopt het bruto volumeverschil op van 64 Mm³ in 2012 tot 108 Mm³ in 2015. In vergelijking met de referentiesimulatie zijn de berekende sedimentatievolumes in de laatste modelleringsjaren maar half zo groot voor simulatie 00 extra, en ook de erosievolumes stijgen tijdens de modelleringsperiode een stuk minder bij simulatie 00 extra.

De aanpassing van de kalibratieconstante van de sedimenttransportformule van Engelund-Hansen van 0,1 tot 1 geeft aanleiding tot een lagere mobiliteit van het sediment.



Figuur 8: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 00 extra gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

4.2 Simulatie 02

Simulatie 02 verschilt van de referentiesituatie door een lagere D50, 100 μm in de plaats van 200 μm . De volumever verschillen tussen het gemodelleerde scenario en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 10. De berekende volumever verschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 11.

Tabel 10: Berekende jaarlijkse volumever verschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

Simulatie 02								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-54 627 115	5 694 588	-60 321 703	66 016 290	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-54 916 699	14 371 907	-69 288 606	83 660 513	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-56 520 022	22 746 983	-79 267 005	102 013 988	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-58 006 984	31 396 929	-89 403 913	120 800 842	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

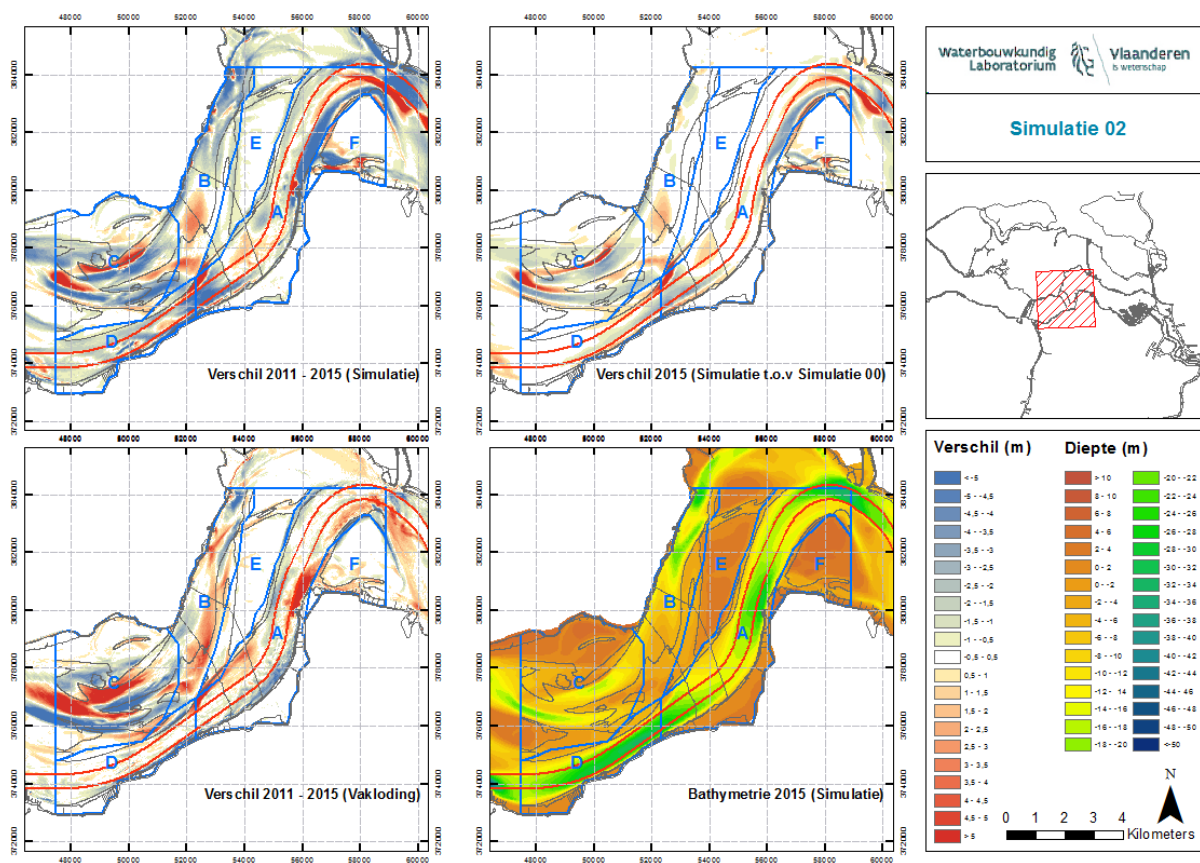
Tabel 11: Berekende jaarlijkse volumever verschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 02							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 715 221	-11 065 767	-8 424 365	-10 079 798	-4 433 974	-1 903 604
	Sedimentatie (m ³)	1 699 788	872 283	2 075 680	362 740	54 576	629 521
	Erosie (m ³)	-20 415 009	-11 938 050	-10 500 045	-10 442 538	-4 488 550	-2 533 125
	Bruto Volume (m ³)	22 114 796	12 810 333	12 575 725	10 805 278	4 543 126	3 162 646
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 591 926	-11 713 648	-8 564 315	-9 393 339	-4 541 447	-2 109 086
	Sedimentatie (m ³)	4 638 442	1 539 052	5 669 577	972 814	157 411	1 394 611
	Erosie (m ³)	-23 230 368	-13 252 701	-14 233 891	-10 366 153	-4 698 858	-3 503 697
	Bruto Volume (m ³)	27 868 810	14 791 753	19 903 468	11 338 967	4 856 269	4 898 308
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-19 287 507	-12 748 659	-7 886 517	-9 787 379	-4 644 064	-2 162 287
	Sedimentatie (m ³)	8 044 734	2 170 210	8 897 968	1 537 651	207 997	1 888 423
	Erosie (m ³)	-27 332 241	-14 918 868	-16 784 485	-11 325 030	-4 852 061	-4 050 709
	Bruto Volume (m ³)	35 376 975	17 089 078	25 682 453	12 862 681	5 060 058	5 939 132
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-19 858 418	-13 285 218	-8 178 489	-9 926 757	-4 716 798	-2 038 024
	Sedimentatie (m ³)	10 432 827	3 109 216	13 272 711	1 763 890	325 453	2 492 832
	Erosie (m ³)	-30 291 245	-16 394 435	-21 451 201	-11 690 646	-5 042 251	-4 530 856
	Bruto Volume (m ³)	40 724 071	19 503 651	34 723 912	13 454 536	5 367 704	7 023 688

Zoals het geval voor de referentiesimulatie, wijken de gemodelleerde resultaten van simulatie 02 reeds in het eerste jaar sterk af van de werkelijke morfologische evolutie. Het netto volumever verschil tussen de gemodelleerde bathymetrie en de peiling in 2012 bedraagt een netto tekort van ca. 55 Mm³, gelijkaardig in grootteorde als het berekende netto tekort bij de referentiesituatie. Het netto ingreep volume kan een dergelijk netto tekort niet verklaren en het grote verschilvolume in het eerste rekenjaar wijst erop dat het model nog geen evenwichtige situatie bereikt had. Wel blijkt de fijnere korrelgrootte te leiden tot een grotere mobiliteit van het sediment. Zowel het geërodeerde volume, het sedimentatievolume en het bruto volume zijn in 2012 groter ten opzichte van de referentiesimulatie. Na 2012 is de jaarlijkse toename van de netto volumever verschillen kleiner, het netto volumeverlies neemt verder toe en bedraagt ca. 58 Mm³ in 2015. De modelresultaten en de werkelijkheid gaan echter wel steeds grotere verschillen vertonen, wat blijkt uit de oplopende erosie-, sedimentatie- en bruto volumes. De bagger- en stortingswerkzaamheden werden niet in rekening gebracht bij de modellering en vertegenwoordigen dus een netto volumeverlies in de modelresultaten ten opzichte van de werkelijke situatie.

Wanneer geen rekening gehouden wordt met het sterke volumeverlies in het eerste jaar, neemt het volumeverlies tussen de jaren 2012 en 2015 minder toe dan verwacht kan worden op basis van de ingreepvolumes. Mogelijk is dat een deel van het gestorte volume na het storten zich verplaatst buiten de beschouwde zone.

De verschillen in de morfologie tussen de gemodelleerde bathymetriën en de gepeilde bathymetriën zijn in grote lijnen gelijkaardig aan deze beschreven voor de referentiesimulatie 00, maar zijn meer uitgesproken. Een detailanalyse van de morfologische verschillen wordt gemaakt per deelzone in onderstaande alinea.



Figuur 9: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 02 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

In de morfologische deelzone A wordt een initieel volumeverlies van ca. 19 Mm^3 berekend. Waar meer gematigde hydrodynamische condities overheersen, voorspelt het model reeds in het eerste jaar een algemene verdieping van maximaal 1 m ten opzichte van de realiteit. Daarnaast is dit volumeverlies voornamelijk te wijten aan een verschil ter hoogte van de Nol van Ossensisse. Mogelijk spelen de stortingen in die diepe put nabij de Nol van Ossensisse hierin een rol, maar doordat de modelresultaten te sterk verschillen met de werkelijke bathymetrie, kan dit niet met zekerheid gesteld worden. Verder is de Nol van Ossensisse (de kribbe an sich) ook niet opgenomen in het model, terwijl deze wel een sterke invloed heeft op de hydrodynamica in deelzone A. In de jaren na 2012 neemt het netto volumeverlies verder toe, voornamelijk ten gevolge van het uitbreiden van de zone met volumeverlies ter hoogte van de Nol van Ossensisse in oostelijke richting. Deze uitbreiding zien we niet bij de referentiesimulatie. Het bruto volumeverschil neemt veel sterker toe, wat erop wijst dat de werkelijkheid en het modelresultaat steeds verder uit elkaar gaan liggen. Het aanpassen van de d_{50} van $200 \mu\text{m}$ in het referentiescenario naar $100 \mu\text{m}$ in scenario 02 heeft een groter sedimenttransport tot gevolg.

Voor 2015 ligt het modelresultaat hoger dan de vakloding van 2015 ter hoogte van het drempelgebied Gat van Ossenissee en ten noorden van de oostelijke Plaat van Ossenissee net ten zuiden van Diepe Put van Hansweert.

Voor deelzone B wordt tussen 2012 en 2015 een verdere afname van het verschilvolume van ca. 2 Mm³ verwacht van ca. 11 Mm³ tot een netto volumeverlies van ruim 13 Mm³ in 2015. Het bruto volumeverschil stijgt van ca. 13 Mm³ in 2012 tot ca. 20 Mm³ in 2015. Initieel is het volumeverlies voornamelijk afkomstig van een algemene onderschatting van het bodempeil van ca. 1 meter. Later heeft het model de neiging om de geulen dieper te maken en de ondiepe delen ondieper, terwijl er in werkelijkheid een laterale verplaatsing van de geulen en ondiepe delen plaatsvindt.

Deelzone C betreft het hydrodynamisch zeer actieve drempelgebied tussen macrocel 3 en macrocel 4. In deze zone zien we dat het netto volumeverlies na 2012 min of meer constant blijft rond 8 Mm³. Dit in tegenstelling tot de evolutie van het volumeverlies bij de referentiesimulatie, welke tussen 2012 en 2015 afneemt van ca. 8 Mm³ tot ca. 7 Mm³. Uit de gedetailleerde volumes blijkt dat er bij simulatie 02 in 2015 ca. 2 Mm³ meer erosie, en 1 Mm³ meer sedimentatie verwacht wordt dan bij de referentiesimulatie. Het bruto volumeverschil stijgt sterk van ca. 13 mm³ in 2012 tot ca. 35 mm³ in 2015. Dit bevestigt opnieuw dat het verlagen van de d50 waarde een grotere mobiliteit van het sediment tot gevolg heeft. In werkelijkheid is deelgebied C onderhevig aan lateraal migrerende platen met tussenliggende geulen. Het model lijkt niet in staat om de laterale verplaatsingen te simuleren. Deze tekortkoming ligt aan de basis van de toenemende erosie en sedimentatievolumes in deelzone C.

Het initiële volumeverlies in het eerste modelleringsjaar door het diepteverschil tussen de gemodelleerde bathymetrie en de werkelijke bathymetrie bedraagt voor deelzone D ca. 10 Mm³. Dit volume blijft min of meer constant doorheen de tijd en is gelijkaardig aan de berekende volumeverlies en voor simulatie 00. De erosie-, sedimentatie- en bruto verschilvolumes nemen weliswaar toe doorheen de tijd, maar verschillen weinig met deze voor de referentiesimulatie. De voornaamste morfologische verschillen tussen de vaklodingen en de gemodelleerde bathymetrie situeren zich ter hoogte van de Inloop van Ossenissee. Ten noorden van de vaargeul verwacht het model een ondieper peilniveau dan er in werkelijkheid wordt opgemeten. Mogelijk liggen baggerwerken aan de basis van deze discrepantie, meer waarschijnlijk is echter dat het ook hier om een laterale verschuiving van een megaduin gaat waar het model het moeilijk mee heeft. Ten zuiden van de Inloop van Ossenissee wordt meer erosie verwacht dan er in werkelijkheid plaatsvindt. Dit verschil is toe te schrijven aan de geïnstalleerde geulwandverdediging en bijkomende geulwandstortingen die op regelmatige basis werden uitgevoerd.

Op de hoge delen van deelzone E verschillen de gemodelleerde bathymetrieën en de vaklodingen slechts weinig van elkaar. De berekende volumeverlies en nemen toe doorheen de tijd doordat het model een verdere uitdieping van de tussenliggende geultjes verwacht. Opvallend is dat er de sedimentatie- en erosievolumes, net zoals de bruto verschilvolumes, lager liggen ten opzichte van de referentiesimulatie, in tegenstelling tot de eerdere vaststellingen in dieper gelegen morfologische deelzones.

Ook deelgebied F is voor een belangrijk deel boven +2 m TAW gelegen, waar de gemodelleerde bathymetrie nauwelijks verschilt van de werkelijke peilingen. In realiteit wordt de Schaar van Ossenissee ondieper, terwijl het model vooral in het westelijke deel van de Schaar van Ossenissee een verdieping voorspelt. Reeds in 2012 bedraagt het netto volumeverlies ca. 400 000 m³ minder in vergelijking met simulatie 00. In 2015 loopt dit verschil verder op tot ruim 1 Mm³. Dit verschil blijkt voornamelijk te zitten in een hoger sedimentatievolume, en bijgevolg ook groter bruto volume, in scenario 02. Gezien de afwezigheid van menselijke ingrepen in deelzone F kan de gemodelleerde stijging in sedimentaanvoer enkel te verklaren zijn aan de hand van de lagere d50 en bijgevolg een grotere mobiliteit van de sedimenten.

4.3 Simulatie 10

Simulatie 10 verschilt van de referentiesituatie door het toevoegen van een vierde dimensie. Daar waar de referentiesimulatie uitgaat van een 2D-model, wordt in dit scenario een 3D-model ingezet waarbij er twee lagen gedefinieerd zijn die elk 50 % van de waterdiepte uitmaken. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde scenario en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 12. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 13.

Tabel 12: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

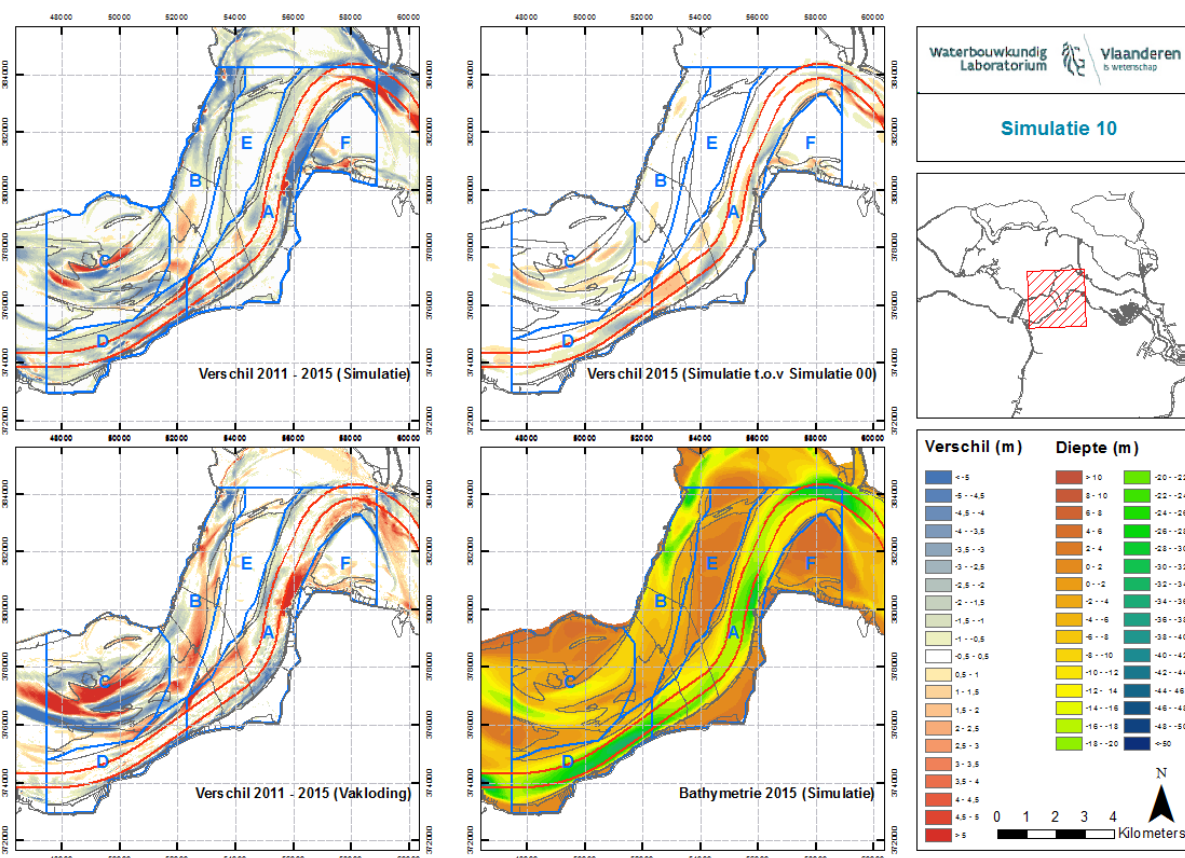
Simulatie 10								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-54 643 575	4 183 272	-58 826 847	63 010 118	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-54 730 058	10 436 278	-65 166 336	75 602 615	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-56 002 758	17 586 830	-73 589 588	91 176 417	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-57 006 518	25 391 931	-82 398 449	107 790 380	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 13: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 10							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 141 392	-11 512 345	-8 405 278	-9 911 819	-4 476 197	-2 192 122
	Sedimentatie (m ³)	1 287 670	554 605	1 688 471	221 266	53 287	377 972
	Erosie (m ³)	-19 429 062	-12 066 951	-10 093 748	-10 133 085	-4 529 484	-2 570 095
	Bruto Volume (m ³)	20 716 733	12 621 556	11 782 219	10 354 351	4 582 771	2 948 067
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-17 620 371	-12 286 359	-8 462 586	-9 299 789	-4 675 297	-2 382 661
	Sedimentatie (m ³)	2 993 941	867 808	5 080 296	596 848	103 875	793 511
	Erosie (m ³)	-20 614 312	-13 154 168	-13 542 882	-9 896 637	-4 779 172	-3 176 171
	Bruto Volume (m ³)	23 608 252	14 021 976	18 623 178	10 493 484	4 883 047	3 969 682
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-18 064 969	-13 255 980	-7 533 217	-9 768 534	-4 910 427	-2 465 962
	Sedimentatie (m ³)	5 500 686	1 418 253	8 268 049	1 168 168	128 668	1 103 005
	Erosie (m ³)	-23 565 654	-14 674 233	-15 801 266	-10 936 703	-5 039 095	-3 568 967
	Bruto Volume (m ³)	29 066 340	16 092 487	24 069 315	12 104 871	5 167 763	4 671 972
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 437 345	-13 814 846	-7 396 347	-9 860 360	-5 100 257	-2 394 036
	Sedimentatie (m ³)	7 631 801	2 126 430	12 360 412	1 378 578	258 012	1 636 699
	Erosie (m ³)	-26 069 146	-15 941 276	-19 756 759	-11 238 938	-5 358 269	-4 030 735
	Bruto Volume (m ³)	33 700 946	18 067 706	32 117 171	12 617 516	5 616 280	5 667 434

Door de initiële stabilisatie van het model kent het eerste modelleringsjaar een sterke stijging van het volumeverlies ten opzichte van de vakloding van 2012. Voor simulatie 10 bedraagt dit initiële tekort ca. 55 Mm³, gelijkaardig aan het volumeverlies in 2012 bij de referentiesimulatie. Tussen 2012 en 2015 neemt het netto volumeverlies verder toe met ruim 2 Mm³, tot een netto volumeverlies van 57 Mm³ in 2015. Dit netto volumeverlies verschilt weinig met deze voor de referentiesimulatie, wat ook geldt voor de individuele erosie-, sedimentatie- en bruto verschilvolumes.

De verschillen in de morfologie tussen de gemodelleerde bathymetriën en de gepeilde bathymetriën verschillen licht van deze beschreven voor de referentiesimulatie 00. Een detailanalyse van deze morfologische verschillen wordt gemaakt per deelzone in onderstaande alinea.



Figuur 10: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 10 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

Het initiële netto volumeverlies in 2012 voor deelzone A bedraagt ca. 18 Mm³, dit volume is gelijkaardig voor simulatie 10 en de referentiesimulatie. In 2015 is het netto volumeverlies in deelzone A ca. 300 000 hoger dan in 2012, deze stijging is ca. 100 000 m³ hoger dan de stijging die bij de referentiesituatie werd berekend. Ook de bruto volumeverschillen zijn gelijkaardig als deze berekend voor de referentiesimulatie. Ten gevolge van de drie dimensionele aanpak komt er simulatie 10 centraal in de vaargeul ter hoogte van het Gat van Ossensisse een zone voor waar de gemodelleerde bathymetrie hoger ligt dan de werkelijke bathymetrie. Ten zuiden daarvan, tegen de rand van de Westerschelde aan, verwacht het model een grotere diepte dan er in werkelijkheid wordt gemeten. In deze zone worden regelmatig geulwandstortingen uitgevoerd. Het model houdt echter geen rekening met deze stortingen, wat een mogelijk oorzaak is van het verschil tussen het modelresultaat en de werkelijkheid. Dwars over het Gat van Ossensisse, van de Platen van Hulst tot tegen de westelijke Plaat van Ossensisse aan, komt een zone voor waar de gemodelleerde diepte hoger ligt dan de werkelijke diepte. Opnieuw kunnen de menselijke ingrepen in deze zone, met name baggerwerken, dit verschil mogelijk verklaren. Aan de Nol van Ossensisse, en opwaarts daarvan langs de westelijke Plaat van Ossensisse, kent de gemodelleerde bathymetrie een grotere diepte dan de vakloding. Ook hier zijn de stortingen in de diepe put aan de Nol van Ossensisse een mogelijke verklaring voor het verschil. Centraal op de Overloop van Hansweert voorspelt modelsimulatie een hogere diepteligging dan de peiling. Deze drempel wordt echter ook op diepte gehouden door baggerwerken, welke niet zijn meegenomen in het model en dus een mogelijke verklaring bieden voor het geobserveerde verschil. Tegen de Molenplaat aan is er zone waar het model de diepte lager inschat dan ze in werkelijkheid is.

In deelzone B migreert het geultje langs de Rug van Baarland lateraal in een noordelijke richting om zich daar samen te voegen met het westelijke geultje tot een brede, ondiepe geul. Modellsimulatie 10 simuleert deze laterale migratie echter niet. Op de plaats waar het geultje langs de Rug van Baarland oorspronkelijk liep dan de werkelijke diepte. Meer naar het noorden wordt het Middelgat dieper verwacht dan deze in werkelijkheid is. Zowel het initiële (2012) als het finale (2015) volumedeficit voor modellsimulatie 10, alsook de erosie- en sedimentatievolumes en de bruto verschilvolumes zijn gelijkaardig aan deze voor de referentiesimulatie.

Voor simulatie 10 kent deelzone C een initieel netto volumeverlies van ruim 8 Mm³, een volume dat vergelijkbaar is met het initiële tekort bij de referentiesimulatie. Ook het volumeverlies in 2015, ca. 7 Mm³, is gelijkaardig als het volumeverlies bij de referentiesimulatie. Deelgebied C betreft een zone met een grote dynamiek. Van nature migreren hier platen en hun tussenliggende geultjes van noord naar zuid doorheen de Westerschelde. Het model heeft het echter moeilijk met het modelleren van deze laterale verplaatsingen en heeft eerder de neiging om de bestaande geultjes verder uit te diepen en de bestaande ondiepe delen verder op de hogen.

In deelzone D sluit de gemodelleerde bathymetrie vrij goed aan bij de werkelijke bathymetrie. Ter hoogte van de Inloop van Ossensisse wordt er een kleine zone gemodelleerd met een grotere diepte dan de werkelijke bathymetrie. Ten noorden van de vaargeul wordt dan weer een zone gemodelleerd waar de werkelijke diepte groter is. Een initieel volumeverlies van ca. 10 Mm³ werd berekend. Dit is gelijkaardig aan het berekende volumeverlies voor de referentiesituatie en blijft constant doorheen de beschouwde periode. Het bruto volumeverval neemt toe met ca. 2 Mm³ tussen 2012 en 2015. De berekende brutovolumes voor deelzone D voor simulatie 10 zijn gelijkaardig aan deze van de referentiesimulatie.

In deelzone E zijn de verschillen tussen de gemodelleerde en de werkelijke bathymetrie klein. Op de platen zelf zijn er geen verschillen, op de plaatranden en in de geultjes is de gemodelleerde bathymetrie beperkt dieper dan de werkelijkheid. Tussen 2012 en 2015 neemt het netto volumeverlies langzaam toe van 4,5 Mm³ tot 5,1 Mm³. Dit is vergelijkbaar met de berekende volumes voor de referentiesimulatie.

Ook in deelzone F zijn de verschillen tussen de gemodelleerde bathymetrie en de werkelijke bathymetrie beperkt. Aan de randen van de oostelijke Plaat van Ossensisse ligt de gemodelleerde bathymetrie hoger dan de vakloding, en in de Schaar van Ossensisse wordt een iets grotere diepte gesimuleerd. Het netto volumedeficit voor deze deelzone bedraagt ca. 2,2 Mm³ in 2012. Tussen 2012 en 2015 neemt het volumeverlies toe met ca. 200 000 m³ tot 2,4 Mm³. Bij de referentiesimulatie liggen de volumeverlies en hoger, een tekort van 2,4 Mm³ werd berekend in 2012 wat oploopt tot 3,1 Mm³ in 2015. Modellsimulatie 10 verwacht een groter aandeel aan sedimentatie en minder erosie in vergelijking met de referentiesimulatie. De bruto volumeverval verschillen voor simulatie 10 zijn wel gelijkaardig aan deze voor de referentiesimulatie.

4.4 Simulatie 11

Simulatie 11 verschilt van de referentiesimulatie door het gebruik van de van Rijn sedimenttransportformule (van Rijn, 1993) in de plaats van de formule van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967). De volumeverschillen tussen het gemodelleerde scenario en de vaklodging zijn opgenomen in Tabel 14. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 15.

Tabel 14: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vaklodging. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

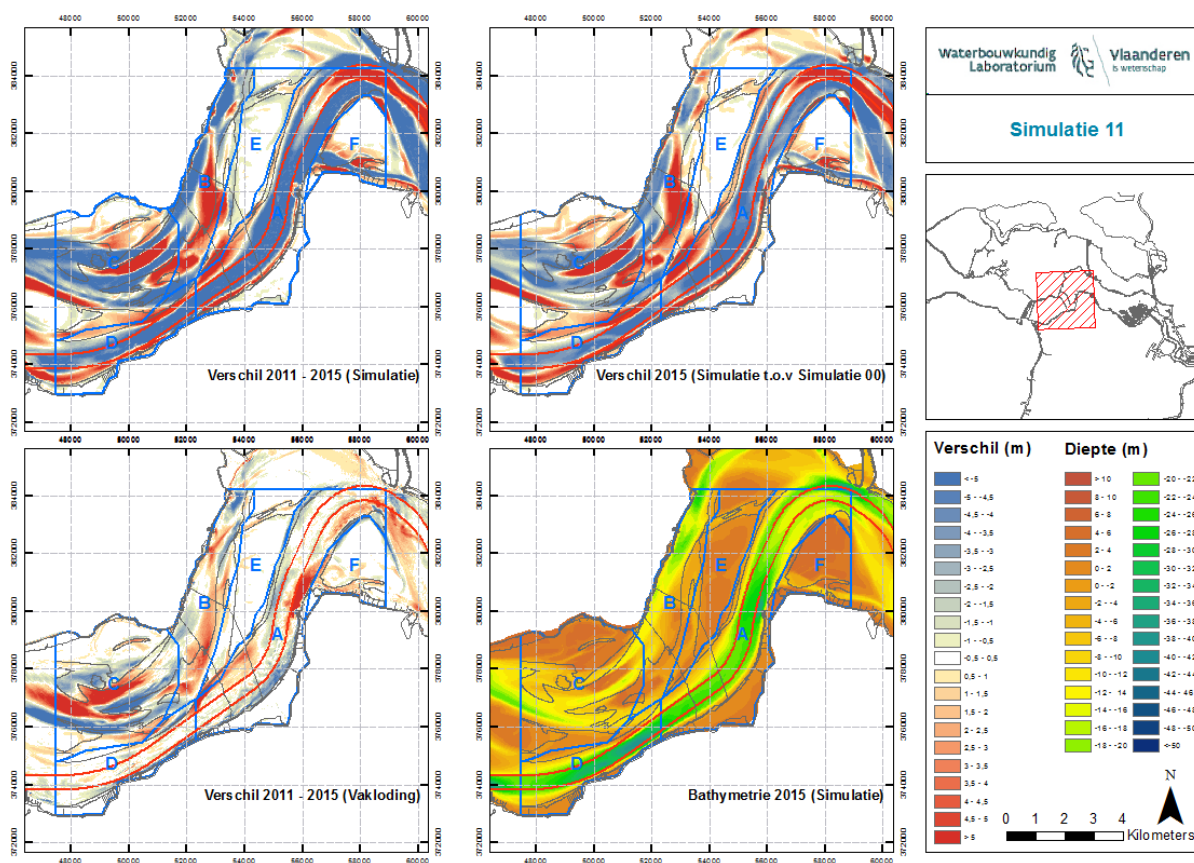
Simulatie 11								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-59 671 204	36 112 675	-95 783 879	131 896 554	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-60 734 703	53 731 266	-114 465 969	168 197 234	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-62 986 057	62 156 309	-125 142 367	187 298 676	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-63 983 354	71 228 137	-135 211 490	206 439 627	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 15: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vaklodging voor de verschillende deelzones.

Simulatie 11							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-25 307 596	-7 768 260	-10 506 872	-11 777 411	-3 094 460	-1 212 496
	Sedimentatie (m ³)	10 461 955	7 164 315	12 124 631	2 174 367	1 010 289	3 177 118
	Erosie (m ³)	-35 769 552	-14 932 575	-22 631 503	-13 951 778	-4 104 750	-4 389 613
	Bruto Volume (m ³)	46 231 507	22 096 890	34 756 134	16 126 144	5 115 039	7 566 731
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-30 148 022	-8 618 624	-8 366 891	-11 014 987	-1 828 941	- 754 654
	Sedimentatie (m ³)	15 353 824	9 032 513	17 663 354	5 016 985	2 284 520	4 380 070
	Erosie (m ³)	-45 501 846	-17 651 137	-26 030 245	-16 031 972	-4 113 461	-5 134 724
	Bruto Volume (m ³)	60 855 671	26 683 649	43 693 599	21 048 957	6 397 981	9 514 794
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-33 675 331	-9 235 885	-7 168 256	-11 405 363	- 994 413	- 503 586
	Sedimentatie (m ³)	17 860 310	9 018 618	20 540 536	6 789 397	3 144 757	4 802 691
	Erosie (m ³)	-51 535 641	-18 254 503	-27 708 792	-18 194 760	-4 139 170	-5 306 277
	Bruto Volume (m ³)	69 395 951	27 273 121	48 249 328	24 984 157	7 283 928	10 108 968
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-36 172 221	-8 728 579	-6 916 925	-11 342 823	- 680 084	- 139 865
	Sedimentatie (m ³)	19 308 571	9 392 385	24 597 687	9 136 381	3 487 143	5 305 970
	Erosie (m ³)	-55 480 791	-18 120 963	-31 514 612	-20 479 204	-4 167 226	-5 445 835
	Bruto Volume (m ³)	74 789 362	27 513 348	56 112 299	29 615 585	7 654 369	10 751 805

Voor simulatie 11 bedraagt het initiële verschil aan volume van de gemodelleerde bathymetrie ten opzichte van de werkelijkheid bijna 60 Mm³. Dit tekort is ca. 5 Mm³ groter dan het berekende tekort bij de referentiesimulatie in 2012. Bij 2015 loopt het verschil in de berekende netto volumeverlies en tussen simulatie 11 en de referentiesimulatie verder op tot bijna 7 Mm³. Het berekende netto volumeverlies in 2015 bedraagt ca. 64 Mm³ bij simulatie 11. Door het gebruik van de formule van Van Rijn voor het berekenen van het sedimenttransport zijn ook de erosie en sedimentatievolumes gevoelig hoger bij simulatie 11 (respectievelijk ca. 96 Mm³ en 36 Mm³ in 2012) dan bij de referentiesimulatie (respectievelijk 59 Mm³ en 4,5 Mm³ in 2012). Doorheen de tijd neemt het verschil nog verder toe, waarbij de erosie- en sedimentatievolumes in 2015 berekend voor simulatie 11 respectievelijk bijna 53 en 46 Mm³ hoger zijn dan deze berekend voor simulatie 00. Ook de bruto verschilvolumes liggen sterk uit elkaar voor simulatie 11 en de referentiesimulatie.

Voor simulatie 11 ligt dit volume in 2012 en 2015 respectievelijk ruim 68 Mm³ en ruim 98 Mm³ hoger dan bij de referentiesimulatie. Het gebruik van de formule van Van Rijn in de modellering heeft dus tot gevolg dat de mobiliteit van het sediment hoger wordt ingeschat, dat er meer erosie optreedt en dat een groter deel van de geërodeerde sedimenten niet terug wordt afgezet in het beschouwde gebied. Uit de verschilkaarten (Bijlage E – Jaarlijkse verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie) en de berekende verschilvolumes blijkt dat de formule van Van Rijn aanleiding geeft tot groter verschillen met de werkelijkheid. Ook de gemodelleerde morfologie wijkt sterk af van de werkelijkheid. In de gemodelleerde bathymetrie zijn de geulen dieper en de ondiepere gebieden hoger. De bestaande platen blijven grotendeels op diepte. Een verdere beschrijving van de verschillen in morfologie tussen de gemodelleerde en de werkelijke bathymetrie wordt gegeven in de individuele analyse van de deelzones.



Figuur 11: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 11 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

Voor deelzone A wordt in het eerste jaar al een netto volumeverlies van ca. ruim 25 Mm³ gemodelleerd. Dit in vergelijking met het tekort van 18 Mm³ dat voor de referentiesimulatie berekend werd. In 2015 loopt het netto volumeverlies voor deelzone A bij simulatie 11 verder op tot ruim 36 Mm³; het bruto volumeverschil varieert van ca. 46 mm³ in 2012 tot ca. 75 Mm³ in 2013. In een ruime zone rond de vaargeul is de bodemligging sterk dieper in het model dan deze in werkelijkheid. Enkel bij het zuidelijke uiteinde van de Overloop van Hansweert, waar deze overgaat in de Diepe Put van Hansweert, ligt de gemodelleerde bathymetrie hoger dan de werkelijke bathymetrie. Ook aan de randen van hoofdgeul, tegen de Platen van Hulst en de westelijke Plaat van Ossensisse aan, ligt de gemodelleerde bathymetrie hoger dan de vakloding. Op de hoger gelegen Platen van Hulst sluit de gemodelleerde diepteligging nauw aan met de werkelijkheid.

In deelzone B wordt een initieel volumeverlies berekend van bijna 8 Mm³. In tegenstelling tot de situatie bij deelzone A, is het berekende volumeverlies voor de referentiesituatie hier hoger, bijna 12 Mm³. Echter, uit de erosie-, sedimentatie- en bruto volumes valt af te leiden dat er bij simulatie 11 wel meer sedimentverplaatsing plaatsvindt, vooral het sedimentatievolume in het eerste jaar is sterk groter (ca. 6,5 Mm³ meer) dan dat bij de referentiesimulatie. In de simulatie wordt de nevengeul het Middelgat helemaal naar het noorden gedrukt, ten zuiden ervan breidt de Plaat van Ossensisse West verder uit naar het westen. In de overgangszone met deelgebied C worden ook een aantal geulen dieper uitgesleten terwijl de tussenliggende gebieden sterk ophogen. Het model slaagt er niet in de laterale verplaatsingen die hier plaatvinden, te reproduceren.

Deelgebied C betreft de drempelzone tussen macrocel 3 en macrocel 4. Hier migreren platen en hun tussenliggende geultjes lateraal van noord naar zuid. Het model kan deze laterale verplaatsingen maar moeilijk vatten. Simulatie 11 heeft de neiging om een aantal geultjes te gaan uitdiepen en de tussenliggende delen op te gaan hogen tot zandplaten. Op de reeds bestaande zandplaten wordt relatief weinig verandering gesimuleerd. Aan de plaatranden ligt de gemodelleerde bathymetrie hoger dan de werkelijke bathymetrie. Het netto volumeverlies in zone C bedraagt in 2012 reeds 10,5 Mm³. In 2015 is het deficit afgenomen tot ca. 7 Mm³. Bij de referentiesituatie betrof het initiële volumeverlies voor deelzone C ruim 8 Mm³ wat afnam naar 7 Mm³ in 2015. Ook voor deelzone C zijn de berekende sedimentatie-, erosie- en bruto volumes een stuk groter ten opzichte van de referentiesimulatie, wat wijst op een grotere mobiliteit van het sediment bij simulatie 11.

Voor deelzone D bedraagt het volumeverlies in 2012 en in 2015 telkens ca. 2 Mm³ meer bij simulatie 11 dan bij de referentiesimulatie. Tussen 2012 en 2015 neemt dit tekort in beide simulaties met ongeveer 400 000 m³ af. Zoals ook voor de andere deelzones het geval is, zijn de erosie-, sedimentatie- en bruto volumes voor simulatie 11 significant hoger dan deze voor de referentiesimulatie. Net zoals voor deelzone A wordt de hoofdgeul dieper gemodelleerd terwijl de randen van die hoofdgeul minder diep worden ingeschat.

Op de reeds bestaande zandplaten in deelzone E worden geen grote morfologische veranderingen gemodelleerd met simulatie 10. Op de diepere plaatranden rond de Rug van Baarland voorspelt simulatie 11 een ophoging tot op plaatniveau. Het initiële volumeverlies bedraagt 3 Mm³, ca. 1,5 Mm³ minder dan het initiële tekort bij de referentiesituatie. Bij 2015 bedraagt netto volumeverlies nog ca. 680 000 m³, dit in tegenstelling tot de referentiesituatie, waar het volumeverlies verder toeneemt tot ruim 5 Mm³. Dit verschil is voornamelijk te wijten aan het grotere sedimentatievolume door het ophogen van de plaatranden tot op plaatniveau. Het totale volume aan verplaatste sedimenten (bruto volume) ligt dan ook hoger bij simulatie 11, waardoor het verschil met de werkelijke evolutie eigenlijk groter is in vergelijking met de referentiesimulatie.

In deelzone F is de situatie gelijkaardig als deze in deelzone E. Op de oostelijke Plaat van Ossensisse worden geen grote veranderingen in diepteligging verwacht. De randen van de Plaat hogen verder op in de gemodelleerde bathymetrie. De Schaar van Ossensisse wordt dieper gemodelleerd dan ze in werkelijkheid is. Het initiële volumeverschil voor deelzone F bij simulatie 11 bedraagt ca. 1,2 Mm³. Ongeveer de helft van het initiële volumeverlies dat bij de referentiesimulatie werd berekend. Net zoals bij deelzone E, ondervindt ook deelzone F een daling van het netto volumeverlies tussen 2012 en 2015. Het netto volumeverlies in 2015 bedraagt nog 140 000 m³, dit in tegenstelling tot de evolutie bij de referentiesimulatie waar het volumeverlies toeneemt tot 3,1 Mm³. Het bruto volume neemt echter sterk toe tijdens de gemodelleerde periode en is in 2015 bijna dubbel zo groot als bij de referentiesimulatie. Opnieuw kan dit verschil toegeschreven worden aan de grotere sedimentatievolumes door het ophogen van de plaatranden.

4.5 Simulatie 13

4.5.1 Originele versie: Simulatie 13

Simulatie 13 verschilt van de referentiesimulatie doordat de d50 is opgetrokken van 200 μm naar 300 μm en dat de sediment transportformule van Bijker (Bijker, 1971) werd toegepast in de plaats van deze van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967). De volumeverschillen tussen het gemodelleerde scenario en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 16. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 17.

Tabel 16: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

Simulatie 13								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-56 215 035	21 447 800	-77 662 835	99 110 635	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-59 246 621	39 763 188	-99 009 809	138 772 997	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-62 897 009	48 031 517	-110 928 525	158 960 042	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-66 416 792	56 620 328	-123 037 120	179 657 447	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

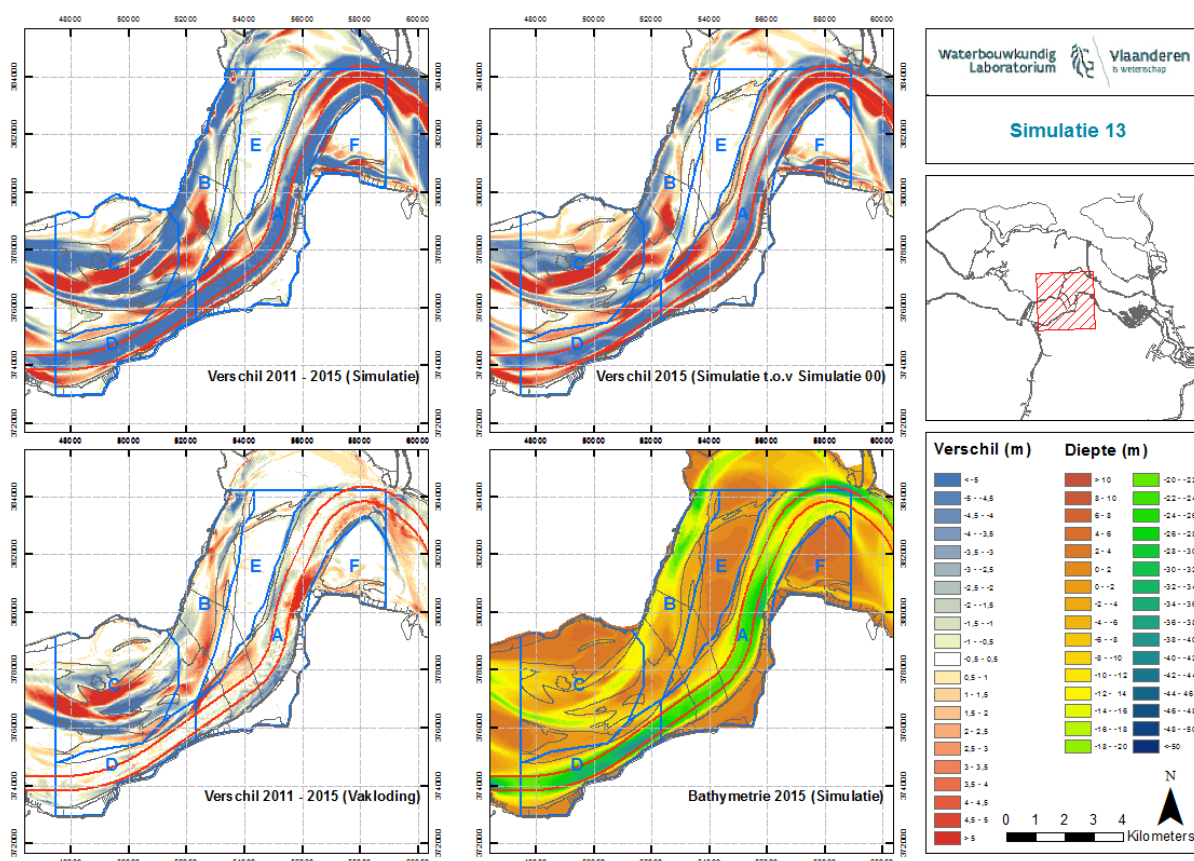
Tabel 17: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 13							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-20 917 400	-9 850 745	-7 848 744	-11 980 607	-4 149 856	-1 463 438
	Sedimentatie (m ³)	6 921 916	3 356 604	7 671 442	1 920 220	121 633	1 455 986
	Erosie (m ³)	-27 839 316	-13 207 349	-15 520 185	-13 900 827	-4 271 489	-2 919 423
	Bruto Volume (m ³)	34 761 231	16 563 953	23 191 627	15 821 047	4 393 122	4 375 409
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-20 817 902	-10 550 689	-8 701 091	-14 082 924	-3 772 390	-1 318 896
	Sedimentatie (m ³)	14 785 016	5 772 607	12 278 853	3 228 780	724 853	2 973 079
	Erosie (m ³)	-35 602 918	-16 323 296	-20 979 944	-17 311 704	-4 497 244	-4 291 975
	Bruto Volume (m ³)	50 387 934	22 095 904	33 258 796	20 540 484	5 222 097	7 265 053
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-23 024 753	-13 142 280	-6 046 364	-16 338 396	-3 537 755	- 804 103
	Sedimentatie (m ³)	18 178 132	6 082 528	14 728 737	4 072 165	1 179 893	3 790 061
	Erosie (m ³)	-41 202 885	-19 224 808	-20 775 102	-20 410 562	-4 717 648	-4 594 164
	Bruto Volume (m ³)	59 381 018	25 307 337	35 503 839	24 482 727	5 897 541	8 384 225
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-25 381 991	-14 424 048	-5 332 950	-17 313 484	-3 635 561	- 325 778
	Sedimentatie (m ³)	21 798 078	6 133 429	17 503 102	5 406 982	1 171 833	4 606 903
	Erosie (m ³)	-47 180 069	-20 557 478	-22 836 053	-22 720 466	-4 807 395	-4 932 680
	Bruto Volume (m ³)	68 978 147	26 690 907	40 339 155	28 127 448	5 979 228	9 539 583

Het volumeverlies van de gemodelleerde bathymetrie bedraagt in het eerste jaar reeds ruim 56 Mm³, ongeveer 1 Mm³ meer dan bij de referentiesimulatie. Tot het laatste modelleringsjaar neemt dit tekort verder toe. In 2015 is er een netto volumeverlies van ruim 66 Mm³ berekend, ca. 10 Mm³ meer sinds 2012. Bij de referentiesimulatie bedroeg de stijging van het volumeverlies tussen 2012 en 2015 ca. 2 Mm³. De berekende waarden voor sedimentatie (gebieden waar gemodelleerde bathymetrie boven de werkelijke bathymetrie ligt), en erosie (gebieden waar de gemodelleerde bathymetrie onder de werkelijke bathymetrie ligt) voor simulatie 13 overstijgen reeds in het eerste jaar de berekende waarden voor de referentiesimulatie.

Waardoor ook de berekende bruto volumes sterk hoger liggen dan deze bij de referentiesimulatie. Dit wijst erop dat het optrekken van de d50 waarde samen met het toepassen van de sedimenttransportformule van Bijker een verdere afwijking van de realiteit tot gevolg heeft.

De gemodelleerde morfologische veranderingen in het referentiegebied wijken sterk af van de werkelijke evolutie van de morfologie. Algemeen zien we dat een aantal geulen sterk dieper worden en een aantal plaatranden verder ophogen tot op plaatniveau. Een meer gedetailleerde analyse van de verschillen in morfologische ontwikkeling wordt gemaakt per morfologische deelzone.



Figuur 12: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 13 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

In deelgebied A ligt een groot deel van de gemodelleerde bathymetrie reeds in het eerste jaar onder de werkelijke bathymetrie. Aanvankelijk waren deze diepere zones gelegen ter hoogte van de Inloop van Ossensisse en de Nol van Ossensisse, maar na verloop van tijd was de gemodelleerde bathymetrie in het grootste deel van de hoofdgeul dieper gelegen dan de werkelijke bathymetrie. Enkel op het opwaartse deel van de Overloop van Hansweert en ter hoogte van de bocht bij Hansweert komt centraal in de hoofdgeul een zone voor waar de gemodelleerde bathymetrie minder diep is dan de werkelijke bathymetrie. Daarnaast voorspelt het model ook een ophoging aan de zones tegen de zandplaten aan, waardoor de modelresultaten hier minder diep zijn dan de werkelijke bathymetrie. In 2012 wordt er meteen een volumeverlies van ca. 21 Mm³ berekend, wat ongeveer 3 Mm³ groter is dan bij de referentiesimulatie. In 2015 loopt dit verschil verder op tot ruim 25 Mm³. Ook de individuele erosie- sedimentatie- en bruto volumes zijn een stuk hoger dan deze voor de referentiesimulatie.

In deelgebied B, gekenmerkt door een relatief brede en ondiepe nevengeul, ligt de gemodelleerde bathymetrie lager dan de werkelijke bathymetrie in een zone langs de noordelijke rand van de Westerschelde. In mindere mate wordt de diepte ook overschat in een zone langs de westelijke rand van de westelijke Plaat van Ossensisse. Centraal tussen de twee dieper gelegen delen wordt er een nieuwe plaat voorspeld door simulatie 13. In werkelijkheid is deze plaat er niet en ligt de gemodelleerde bathymetrie een stuk boven de opgemeten vaklodging. Het initiële volumeverlies bedraagt bijna 10 Mm³, ca. 1,5 Mm³ lager dan het berekende tekort bij de referentiesituatie. Het netto tekort neemt verder toe tot ruim 14 Mm³ in 2015. Net als de netto volumes, zijn ook de berekende bruto, erosie- en sedimentatievolumes voor simulatie 13 groter dan deze voor de referentiesituatie.

Voor deelzone C wordt een initieel volumeverlies van bijna 8 Mm³ opgemeten, bij het modelresultaat voor 2015 is dit tekort gedaald tot ruim 5 Mm³. Ook bij de referentiesimulatie kent deelzone C een volumeverlies van ca. 8 Mm³ in 2012. De daling is hier minder sterk en het netto tekort bedraagt in 2015 nog 7 Mm³. Uit de bruto verschilvolumes valt af te leiden dat de sedimentverplaatsing echter een stuk hoger is bij simulatie 13 dan bij de referentiesimulatie, en dit reeds sinds het eerste jaar van de modelering. Zoals reeds aangehaald, heeft het model, los van de gebruikte parameters, het moeilijk met de laterale migratie van platen en de tussenliggende geultjes in deelzone C. Bij simulatie 13 worden een aantal geultjes in het drempelgebied verder uitgediept ten opzichte van de werkelijke bathymetrie. De randen van de platen kennen een hogere gesimuleerde hoogteligging dan in werkelijkheid en tussen de verdiepte geultjes worden nieuwe, kleinere zandplaten verwacht.

Ook in deelzone D wordt de hoofdgeul sterk dieper gesimuleerd dan in werkelijkheid het geval is. Aan de randen van die hoofdgeul wordt de bodemligging hoger verwacht dan in werkelijkheid. Door de stabilisatie van het model in het eerste jaar wordt er een netto volumeverlies van ca. 12 Mm³ berekend voor deelzone D. Door aanhoudende erosie van de hoofdgeul in het model, stijgt dit volumeverlies verder tot ruim 17 Mm³ in 2015. Bij de referentiesimulatie wordt een initieel volumeverlies van ca. 9 Mm³ berekend, welke min of meer constant blijft doorheen de tijd. De berekende bruto volumes zijn groter voor simulatie 13 wat wijst op een groter verschil met de werkelijke evolutie van het systeem.

Bij referentiesimulatie 13 blijft het gebied dat binnen deelzone E valt relatief stabiel. Op het centrale deel van de westelijke Plaat van Ossensisse worden geen verschillen met de werkelijke hoogteligging verwacht, aan de randen en in de geultjes wordt een beperkte bodemdaling gesimuleerd. Enkel in het zuiden, tegen de hoofdgeul aan het Gat van Ossensisse aan, wordt de bathymetrie hoger ingeschat dan deze in werkelijkheid is geëvolueerd. Het initiële volumeverlies bedraagt iets meer dan 4,1 Mm³, wat daalt tot ca. 3,6 Mm³ in 2015. Bij de referentiesimulatie wordt over eenzelfde periode een stijging van 4,5 Mm³ naar 5,2 Mm³ verwacht. De bruto verschilvolumes wijken weinig af van de volumes berekend voor de referentiesimulatie.

In deelzone F verwacht simulatie 13 een uitdieping van de Schaar van Ossensisse, die verder opsplijt in twee delen. Tussen de twee delen wordt een nieuw, kleiner plaatje gesimuleerd. Op het centrale deel van de oostelijke Plaat van Ossensisse komen de modelresultaten voor simulatie 13 goed overeen met de werkelijke situatie, hier worden geen veranderingen waargenomen. De randen van de plaat worden in het model hoger ingeschat dan ze in werkelijkheid evolueren, dit is ook het geval voor de geulwand langs de zuidelijke rand van de Westerschelde. De berekende bruto volumes liggen reeds in 2012 gevoelig hoger bij simulatie 13 in vergelijking met deze bij de referentiesimulatie wat wijst op een groter volume verplaatst sediment.

4.5.2 Alternatieve versie: Simulatie 13 extra

Simulatie 13 extra verschilt van de referentiesimulatie doordat de d50 is opgetrokken van 200 μm naar 300 μm en de kalibratieconstante voor de sedimenttransportformule van Engelund-Hansen (Engelund & Hansen, 1967) is opgevoerd van 0,1 tot 1. Simulatie 13 extra verschilt met de originele versie van simulatie 13 door de gebruikte formule voor sedimenttransport. Bij simulatie 13 werd de sedimenttransportformule van Bijker (Bijker, 1971) toegepast. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde scenario en de vakloding zijn opgenomen in Figuur 21. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 19.

Tabel 18: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

Simulatie 13 extra								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	66 976 800	-53 430 530	18 096 390	-71 526 920	89 623 309	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	66 978 800	-56 867 734	32 911 803	-89 779 536	122 691 339	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	66 975 600	-60 482 548	40 033 578	-100 516 125	140 549 703	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	66 978 800	-60 870 757	45 466 056	-106 336 812	151 802 868	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 19: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 13_ex							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 230 800	9 418 800	16 548 400	8 082 400	8 180 000	5 514 000
	Netto Volume (m ³)	-18 556 199	-9 854 351	-9 585 882	-10 137 074	-4 245 620	-1 040 223
	Sedimentatie (m ³)	6 020 619	2 940 956	5 677 851	997 448	269 148	2 190 367
	Erosie (m ³)	-24 576 818	-12 795 306	-15 263 733	-11 134 522	-4 514 769	-3 230 591
	Bruto Volume (m ³)	30 597 437	15 736 262	20 941 583	12 131 971	4 783 917	5 420 958
2013	Oppervlak (m ²)	19 238 800	9 410 000	16 548 400	8 130 400	8 180 000	5 541 200
	Netto Volume (m ³)	-20 149 679	-10 665 834	-10 660 303	-10 537 223	-3 609 429	-1 271 727
	Sedimentatie (m ³)	11 978 711	5 013 698	10 015 177	1 720 580	883 826	3 306 529
	Erosie (m ³)	-32 128 390	-15 679 532	-20 675 480	-12 257 803	-4 493 255	-4 578 256
	Bruto Volume (m ³)	44 107 101	20 693 231	30 690 657	13 978 383	5 377 081	7 884 785
2014	Oppervlak (m ²)	19 230 800	9 420 800	16 548 400	8 082 400	8 179 200	5 511 600
	Netto Volume (m ³)	-22 291 039	-11 347 344	-10 084 648	-12 190 353	-3 542 383	-1 029 962
	Sedimentatie (m ³)	14 715 126	5 756 743	11 961 783	2 555 030	1 321 584	3 723 311
	Erosie (m ³)	-37 006 165	-17 104 087	-22 046 431	-14 745 384	-4 863 967	-4 753 273
	Bruto Volume (m ³)	51 721 291	22 860 830	34 008 214	17 300 414	6 185 551	8 476 585
2015	Oppervlak (m ²)	19 238 800	9 410 000	16 548 400	8 130 400	8 180 000	5 541 200
	Netto Volume (m ³)	- 57 593	- 30 020	- 21 592	- 31 125	- 10 323	- 1 441
	Sedimentatie (m ³)	14 909 924	6 130 337	16 463 014	2 618 033	1 035 879	4 331 421
	Erosie (m ³)	-37 947 323	-18 138 192	-25 099 757	-15 068 115	-5 165 123	-4 907 965
	Bruto Volume (m ³)	52 857 246	24 268 529	41 562 771	17 686 148	6 201 001	9 239 386

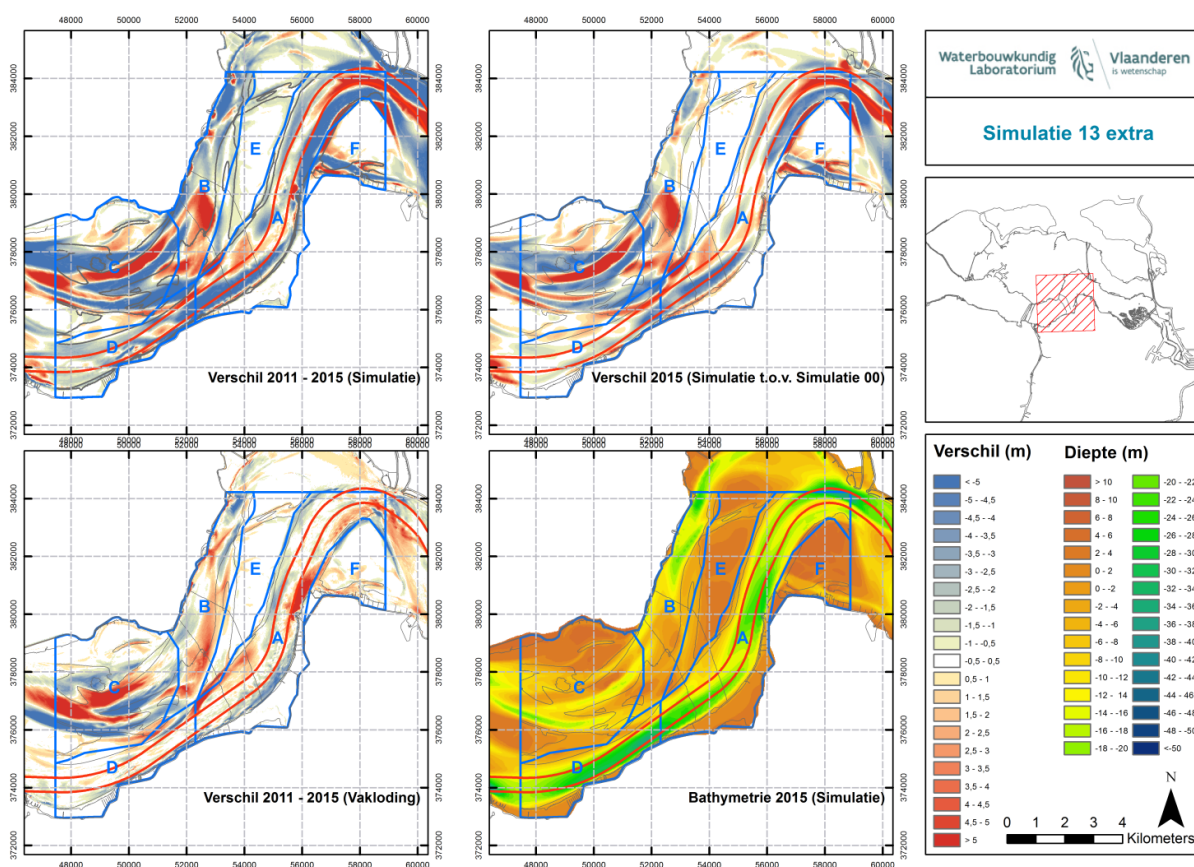
Om het verhogen van de korrelgrootte van een d50 van 200 μm tot 300 μm afzonderlijk te kunnen beoordelen, zal voor simulatie 13 extra naast de vergelijking met referentiesimulatie, ook met simulatie 00 extra vergeleken worden. Deze simulatie maakt net zoals simulatie 13 extra gebruik van de sedimenttransportformulering van Engelund-Hansen met kalibratieconstante 1.

Het berekende volumeverlies voor het eerst modelleringsjaar bedraagt ruim 53 Mm³ en ligt ongeveer 1,3 Mm³ lager dan deze van de referentiesimulatie. In vergelijking met het initiële volumeverschil bij simulatie 00 extra ligt het initiële volumeverschil tussen de referentie bathymetrie en het eerste modelleringsjaar ca. 0,8 Mm³ lager bij simulatie 13 extra.

In de jaren nadien neemt het verschil met de werkelijke evolutie veel sterker toe in vergelijking met de referentiesimulatie. Ook neemt het bruto volume voor de verschillende deelgebieden aanzienlijk sterker (ca. factor 2) toe in vergelijking met de simulatie 00 extra.

Ook in de erosie-sedimentatie patronen manifesteert zich dit (Figuur 13), waarbij de patronen veel meer uitgesproken zijn in vergelijking met simulatie 00 extra. Logischerwijs is dit sterkere transport toe te schrijven aan de verhoging van de kalibratieconstante (1 i.p.v. 0,1), aangezien het verhogen van de d50 volgens de formule van Engelund-Hansen aanleiding geeft tot lagere transporten. Echter, en dit is opvallend, werd dit niet vastgesteld bij scenario 00 en 00 extra, waar eveneens de kalibratieconstante werd verhoogd van 0,1 naar 1 maar er geen verhoging van de bruto transporten werd waargenomen.

Wat opvalt bij scenario 13 extra, is de geuldynamiek in het drempelgebied van de Everingen (zone C): in tegenstelling tot de eerdere scenario's lijkt er hier nu wel een migratie op te treden van de de geul, wat aansluit bij de vaststelling in situ.



Figuur 13: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 13 extra gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

4.6 Simulatie 14

Simulatie 14 verschilt van de referentiesimulatie 00 door een Manning coëfficiënt van $0,026 \text{ s.m}^{-1/3}$ in vergelijking met $0,023 \text{ s.m}^{-1/3}$ bij simulatie 00. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde grid en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 20. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 21.

Tabel 20: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

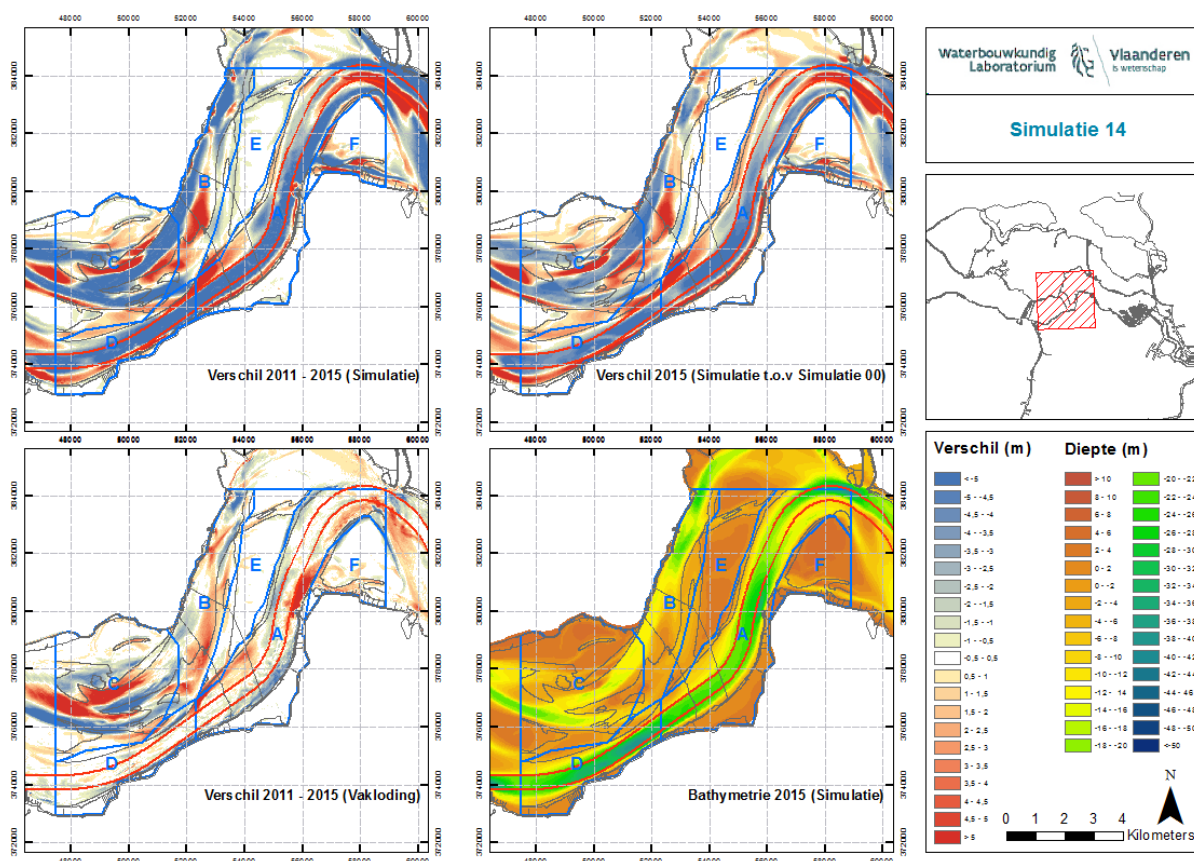
Simulatie 14								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-55 847 869	13 980 254	-69 828 123	83 808 376	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-58 259 499	31 281 840	-89 541 339	120 823 179	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-62 089 392	43 978 438	-106 067 830	150 046 269	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-64 615 793	56 914 021	-121 529 814	178 443 835	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 21: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 14							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-20 639 797	-9 966 707	-8 122 343	-11 210 452	-4 171 294	-1 732 972
	Sedimentatie (m ³)	4 090 608	2 171 064	5 132 999	1 520 979	67 564	997 039
	Erosie (m ³)	-24 730 405	-12 137 771	-13 255 342	-12 731 431	-4 238 858	-2 730 010
	Bruto Volume (m ³)	28 821 012	14 308 834	18 388 341	14 252 411	4 306 423	3 727 049
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-21 849 948	-9 614 041	-9 277 191	-11 731 358	-4 048 645	-1 735 528
	Sedimentatie (m ³)	10 049 002	4 272 656	10 820 456	3 601 478	301 446	2 236 802
	Erosie (m ³)	-31 898 950	-13 886 696	-20 097 647	-15 332 836	-4 350 091	-3 972 330
	Bruto Volume (m ³)	41 947 952	18 159 352	30 918 104	18 934 313	4 651 538	6 209 132
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-23 361 077	-11 253 058	-8 227 258	-13 907 980	-3 866 997	-1 469 613
	Sedimentatie (m ³)	15 371 475	5 460 352	14 860 606	4 653 052	641 008	2 991 945
	Erosie (m ³)	-38 732 552	-16 713 410	-23 087 864	-18 561 032	-4 508 005	-4 461 558
	Bruto Volume (m ³)	54 104 028	22 173 762	37 948 471	23 214 085	5 149 012	7 453 503
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-24 903 292	-12 949 241	-7 911 754	-14 424 542	-3 433 259	-990 668
	Sedimentatie (m ³)	19 493 177	6 293 958	19 654 350	6 487 186	1 079 670	3 905 679
	Erosie (m ³)	-44 396 469	-19 243 199	-27 566 105	-20 911 728	-4 512 929	-4 896 348
	Bruto Volume (m ³)	63 889 647	25 537 157	47 220 455	27 398 915	5 592 599	8 802 027

Simulatie 14 heeft een initieel volumeverlies van ca. 56 Mm^3 . Dit is ca. 1 Mm^3 meer dan het volumeverlies bij de referentiesimulatie 00. In 2015 is het netto volumeverlies opgelopen tot bijna 65 Mm^3 . Dit is een stuk hoger dan het finale volumeverlies bij de referentiesimulatie welke ca. 57 Mm^3 bedraagt. Zowel de initiële als de finale bruto, sedimentatie- en erosievolumes liggen ook een stuk hoger voor simulatie 14. Dit geeft aan dat het verhogen van de Manning coëfficiënt aanleiding geeft tot een groter verschil tussen de modelresultaten en de werkelijke bathymetrie. Het verhogen van de Manning-coëfficiënt heeft zowel een effect op de waterbeweging als op het sedimenttransport: een hogere ruwheid zorgt enerzijds voor lagere stroomsnelheden, en anderzijds via de formule van Engelund-Hansen voor een toename in sediment transport (door aanwezigheid van de Chézy-coëfficiënt in de noemer, waarbij de Chézy-coëfficiënt omgekeerd evenredig is met de Manning-coëfficiënt). Logischerwijs (snelheid macht 5, Chézy macht 3) zou de invloed van de stroomsnelheid dominant moeten zijn, maar dit blijkt hier niet het geval. Verder onderzoek is nodig om dit te kunnen verklaren.

Modelsimulatie 14 voorspelt uitdieping van de bestaande geulen en ophoging van de ondiepe delen. Op de bestaande platen, boven 2 m TAW, worden geen veranderingen gemodelleerd. De morfologische verschillen worden in meer detail beschreven per morfologische deelzone.



Figuur 14: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 14 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

De modelresultaten voor deelzone A voorspellen een grotere diepte voor de vaargeul ter hoogte van het Gat van Ossensisse en de Nol van Ossensisse. Op de Overloop van Hansweert breidt deze diepere zone zich uit naar de oostelijke rand van de hoofdgeul. Centraal in de vaargeul wordt aan de Bocht van Walsoorden een zone gemodelleerd die minder diep is dan de werkelijke bathymetrie. De randen van de oostelijke en westelijke Plaat van Ossensisse, de Molenplaat en de Platen van Hulst worden ondieper gesimuleerd dan ze in werkelijkheid evolueren. Het netto volumeverlies tussen de gemodelleerde bathymetriën en de jaarlijkse vaklodingen is negatief. In 2012 wordt een volumeverlies van bijna 21 Mm³ berekend voor de gesimuleerde bathymetrie. De verdieping van de vaargeul weegt zwaarder door dan de ophoging van de plaatranden en in 2015 bedraagt het netto volumeverlies ca. 25 Mm³. Ter vergelijking, de netto volumeverlies en voor de referentiesimulatie bedragen voor 2012 en 2015 telkens ca. 18 Mm³. In 2015 is het bruto volume voor simulatie 14 ruim dubbel zo groot als voor de referentiesimulatie.

In deelzone B komt centraal een zone voor waar in 2015 een zandplaat wordt gemodelleerd, in werkelijkheid komt hier ook sedimentatie voor, maar niet in die mate dat er een plaat wordt gevormd. Aan beide zijden van deze verhoogde zone ligt de gemodelleerde bathymetrie lager dan de opgemeten bathymetrie. De gesimuleerde geul tegen de Rug van Baarland aan wordt in werkelijkheid niet gevormd. De geul tegen de noordelijke rand van de Westerschelde aan wordt dieper gemodelleerd dan ze in werkelijkheid evolueert. In 2012 bedraagt het netto volumeverlies

voor simulatie 14 ca. 10 Mm³. Dit loopt verder op in 2015 tot een netto volumeverlies van ca. 13 Mm³. Zowel het initiële als het finale volumeverlies berekend voor zone B, ligt lager bij modelsimulatie 14 dan bij de referentiesimulatie. De berekende bruto volumes liggen echter wel systematisch hoger, net zoals de individuele erosie en sedimentatievolumes, wat erop wijst dat de voorspellingen gemaakt door referentiesimulatie 00 dichter bij de natuurlijke evolutie ligt dan de resultaten van simulatie 14.

Deelzone C betreft een zone waar van nature grote veranderingen in de bathymetrie worden waargenomen. De in 2011 bestaande geulen worden in simulatie 14 verder uitgediept, terwijl de ondiepe delen hoger worden. In werkelijkheid verplaatsen de geulen en de tussenliggende ondiepere platen zich lateraal. Deze verschuiving ligt aan de basis van de grote erosie, sedimentatie- en bruto volumes. Bij simulatie 14 zijn deze groter dan bij de referentiesimulatie. De netto volumeverlies en voor simulatie 14 in deelzone C zijn in 2012 gelijkaardig aan deze voor de referentiesimulatie, ca. 8 Mm³. De evolutie van deze volumeverlies en verschilt wel. Bij simulatie 14 komt tussen 2012 en 2013 een stijging van het volumeverlies van ca. 1 Mm³ voor, waarna het opnieuw daalt tot ca. 8 Mm³ in 2015. Bij de referentiesimulatie daalt het volumeverlies van ca. 8 Mm³ naar ca. 7 Mm³. Het belangrijkste deel van deze daling vindt plaats in de periode 2013-2014.

In deelzone D zijn de morfologische verschillen gelijkaardig aan deze in deelzone A. De hoofdgeul wordt dieper gesimuleerd dan ze in werkelijkheid is, terwijl de randen van de vaargeul tegen deelzone C en de zuidelijke rand van de Westerschelde hoger worden ingeschat dan de werkelijke bathymetrie. Het initieel volumeverlies bedraagt ca. 11 Mm³. Tot 2015 loopt dit tekort verder op tot ruim 14 Mm³. Dit in tegenstelling tot de evolutie bij de referentiesimulatie. Waar het volumeverlies afneemt met ca. 400 000 m³ tussen 2012 (9,9 Mm³) en 2015 (9,5 Mm³). Het bruto volume neemt wel toe doorheen de tijd voor de beide simulaties, en is steeds groter voor simulatie 14 dan deze voor de referentiesimulatie.

Het initieel volumeverlies binnen deelzone E betreft ca. 4,2 Mm³. Tussen 2012 en 2015 daalt dit tekort naar 3,4 Mm³. Dit in tegenstelling tot de berekende volumeverlies en voor de referentiesimulatie. Hier werd een stijging van het volumeverlies van 4,5 naar 5,3 Mm³ berekend tussen 2012 en 2015. De berekende bruto volumes zijn iets hoger voor de referentiesimulatie. Het model voorspelt een grotere diepte voor de Geul van de Molenplaat en de randen van de westelijke Plaat van Ossensisse en de Rug van Baarland. Een hogere diepteligging dan de werkelijkheid wordt gesimuleerd aan de zuidelijke rand van de Rug van Baarland, tegen de hoofdgeul aan. Op de platen worden geen veranderingen gesimuleerd, wat overeenkomt met de realiteit.

Deelzone F bevat eveneens een zandplaat boven +2 m TAW. In deze ondiepe zone vinden geen bathymetrische veranderingen plaats noch worden er gemodelleerd. Op de randen van de oostelijke Plaat van Ossensisse, tegen de hoofdgeul aan, wordt de bathymetrie ondieper gesimuleerd dan de werkelijke diepteligging in 2015. De Schaar van Ossensisse wordt dieper verwacht door modelsimulatie 14 dan opgemeten wordt. De verwachting is dat in werkelijkheid een deel van de stortingen uitgevoerd in stortzone SH41 naar in de Schaar van Ossensisse zullen migreren. Het model houdt echter geen rekening met menselijke ingrepen in de berekende periode, wat mogelijk het verschil kan verklaren. Het initiële volumeverlies bij simulatie 14 bedraagt ca. 1,7 Mm³ en evolueert naar ca. Mm³ in 2015. Voor de referentiesimulatie bedragen deze waarden respectievelijk 2,4 en 3,1 Mm³. Het bruto volume ligt in 2012 ca. 700 000 m³ hoger bij simulatie 14, in 2015 loopt het verschil op tot ca. 3,1 Mm³.

4.7 Simulatie 16

Simulatie 16 verschilt van de referentiesimulatie door een kleinere bodemhelling-parameter α_{bn} van de standaard 1,5 naar 0,15. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde grid en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 22. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 23.

Tabel 22: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding.
Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

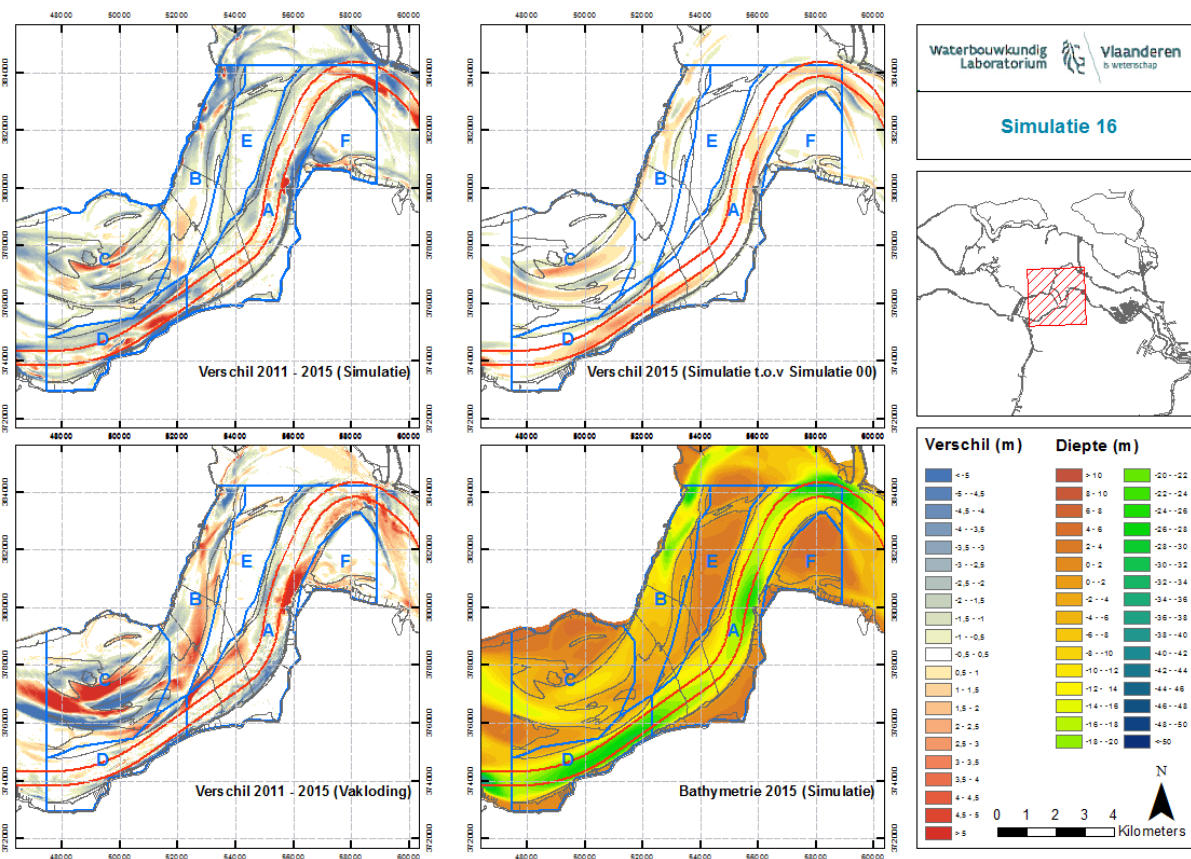
Simulatie 16								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-54 780 821	5 789 051	-60 569 872	66 358 923	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-54 843 351	12 928 709	-67 772 060	80 700 769	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-56 051 063	20 263 800	-76 314 862	96 578 662	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-56 965 594	27 020 783	-83 986 377	111 007 161	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 23: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 16							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-17 676 805	-11 629 199	-8 322 740	-9 887 226	-4 578 222	-2 682 180
	Sedimentatie (m ³)	1 986 337	657 518	1 908 600	848 426	55 493	332 678
	Erosie (m ³)	-19 663 142	-12 286 717	-10 231 340	-10 735 651	-4 633 715	-3 014 858
	Bruto Volume (m ³)	21 649 479	12 944 235	12 139 940	11 584 077	4 689 208	3 347 536
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-16 639 790	-12 580 424	-8 189 011	-9 179 843	-4 899 862	-3 351 331
	Sedimentatie (m ³)	4 420 591	1 031 069	5 196 321	1 699 174	89 541	492 012
	Erosie (m ³)	-21 060 381	-13 611 494	-13 385 333	-10 879 018	-4 989 403	-3 843 342
	Bruto Volume (m ³)	25 480 972	14 642 563	18 581 654	12 578 192	5 078 944	4 335 354
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-16 633 460	-13 668 902	-7 081 101	-9 560 777	-5 273 700	-3 829 243
	Sedimentatie (m ³)	7 107 051	1 724 169	8 140 068	2 533 599	102 340	656 573
	Erosie (m ³)	-23 740 511	-15 393 071	-15 221 169	-12 094 376	-5 376 041	-4 485 816
	Bruto Volume (m ³)	30 847 562	17 117 240	23 361 237	14 627 975	5 478 381	5 142 388
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-16 578 745	-14 235 949	-6 795 061	-9 589 448	-5 629 787	-4 132 938
	Sedimentatie (m ³)	8 744 721	2 555 152	11 468 385	3 093 457	193 896	965 172
	Erosie (m ³)	-25 323 466	-16 791 101	-18 263 446	-12 682 905	-5 823 683	-5 098 110
	Bruto Volume (m ³)	34 068 188	19 346 252	29 731 831	15 776 363	6 017 579	6 063 281

Het initiële volumeverlies voor simulatie 16 bedraagt ca. 55 Mm³. In 2015 loopt dit licht op tot ca. 57 Mm³. Deze waarden zijn vergelijkbaar met de netto volumeverlies en berekend voor de referentiesimulatie. Zowel de initiële als de finale bruto, erosie- en sedimentatievolumes wijken wel licht af van deze voor de referentiesimulatie waarbij de berekende volumes voor simulatie 16 steeds hoger liggen dan voor de referentiesimulatie.

De modelresultaten van simulatie 16 zijn erg gelijkaardig aan deze van de referentiesimulatie. De zones waar de gemodelleerde bathymetrie dieper is dan de werkelijke bathymetrie zijn iets uitgebreider, en de zones waar de gemodelleerde bathymetrie ondieper is, zijn iets minder groot in vergelijking met de referentiesimulatie. De morfologische verschillen tussen de modelresultaten en de peilingen worden hieronder per deelzone uiteengezet.



Figuur 15: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 16 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

In deelzone A voorspelt modelsimulatie 16 een grotere diepte voor de Nol van Ossensisse dan de ingepeilde diepte. In werkelijkheid wordt er in deze diepe put onderhoudsspecie gestort wat mogelijk het verschil in diepte tussen de modellering en de opgemeten bathymetrie kan verklaren. Net als op het Gat van Ossensisse is langs de binnenbocht bij de diepe Put van Hansweert een zone aanwezig waar de bathymetrie ondieper gemodelleerd wordt dan de overeenkomstige peiling. De vaargeul wordt ter hoogte van de drempels op diepte gehouden door onderhoudsbaggerwerken, waardoor de gemodelleerde bathymetrie in deze gebieden boven de vaklodingen ligt. Bij simulatie 16 wordt voor deelzone A een initieel volumeverlies berekend van bijna 18 Mm³. Dit tekort is vergelijkbaar met het initiële volumeverlies bij de referentiesimulatie. Tussen 2012 en 2015 kent het volumedeficit voor simulatie 16 een beperkte afname tot ruim 17 Mm³ in 2015. Bij de referentiesimulatie daarentegen blijft het volumeverlies gelijk doorheen de tijd. De bruto verschilvolumes zijn steeds licht hoger voor simulatie 16.

Simulatie 16 modelleert een initieel volumeverlies van bijna 12 Mm³ voor deelzone B, gelijkaardig aan de het volumeverlies bij de referentiesimulatie. Tussen 2012 en 2015 neemt het volumeverlies tussen de gemodelleerde en werkelijke bathymetrie verder toe tot een netto volumeverlies van ca. 14 Mm³. ook de bruto verschilvolumes zijn gelijkaardig voor de beide simulaties. Ter hoogte van de Hoek van Baarland wordt de bathymetrie minder diep gemodelleerd dan ze in werkelijkheid evolueert. Daarnaast wordt er ook sedimentatie voorspeld in de diepe delen van het Middelgat en in een zone aan het zuidelijke uiteinde van de Pas van Baarland. Het model simuleert een grotere diepte van de geul in het Middelgat en op de Pas van Baarland, een evolutie die in werkelijkheid niet plaatsvindt.

Het drempelgebied bij Baarland wordt omvat door deelgebied C. Door de vorming en verplaatsing van eb- en vloedscharen, en de tussenliggende platen, is dit gebied onderhevig aan een voortdurende en snelle morfologische verandering. Door de laterale verplaatsing van de geulen en de tussenliggende platen wijken de gemodelleerde bathymetriën sterk af van de overeenkomstige vaklodingen. Doorheen de jaren neemt het verschil tussen de werkelijkheid en de modelresultaten enkel toe. Doordat de erosie en sedimentatievolumes elkaar gedeeltelijk opheffen neemt het netto volumeverlies echter af van ca. 8 Mm³ in 2012 tot ca. 7 Mm³ in 2015. Dit is vergelijkbaar met de referentiesimulatie. De bruto verschilvolumes daarentegen nemen sterk toe van ca. 12 Mm³ in 2012 tot ca. 30 Mm³ in 2015. Bij simulatie 00 bedraagt het bruto volume in 2012 ca. 12 Mm³ wat verder evolueert tot ca. 32 Mm³ in 2015.

In deelzone D wordt een initieel volumeverlies van bijna 10 Mm³ berekend, wat net zoals bij de referentiesimulatie quasi gelijk blijft doorheen de tijd. Het bruto verschilvolume neemt echter sterker toe bij simulatie 16 dan bij simulatie 00. Ter hoogte van de Inloop van Ossensisse ligt de gemodelleerde bathymetrie een stuk hoger dan de opgemeten vaklodingen. Modelsimulatie 16 verwacht hier dat de diepe put die hier gesitueerd is door natuurlijke sedimentatie zal worden opgevuld, wat in werkelijkheid niet gebeurt. Een te grote diepte wordt door het model voorspeld aan de zuidrand van de hoofdgeul, tegen de dijk aan. Mogelijk liggen de geulwandstortingen die op deze locatie worden uitgevoerd aan de basis van het verschil met de vakloding.

Een groot deel van deelzone E is hoger gelegen dan +2 m TAW, hier wordt geen verschil tussen de modelresultaten en de vaklodingen opgemerkt. In de tussenliggende geultjes verwacht het model meer erosie dan er in werkelijkheid voorkomt. Een initieel volumeverlies van ca. 4,5 Mm³ loopt licht op tot ca. 5,6 Mm³. Het bruto volume stijgt van ca. 4,7 Mm³ tot ca. 6 Mm³. Deze volumes zijn licht hoger dan de overeenkomstige volumes voor de referentiesimulatie, respectievelijk 4,5 Mm³ en 5,2 Mm³ netto, en 4,6 Mm³ en 5,7 Mm³ bruto.

Ook deelgebied F is voor een belangrijk deel boven +2 m TAW gelegen. Ook hier geldt dat er op de schorren en de slikken weinig veranderingen optreden. In realiteit wordt de Schaar van Ossensisse ondieper, terwijl het model vooral in het westelijke deel van de Schaar van Ossensisse een verdieping voorspelt. Het volumeverlies neemt af van 2,7 Mm³ tot 4,1 Mm³. De volumes bij de referentiesimulatie bedroegen respectievelijk 2,4 Mm³ en 3,1 Mm³. De bruto volumeverandering bij simulatie 16 in 2012 bedraagt ca. 3,3 Mm³ en loopt op tot ca. 6 Mm³ in 2015. Voor de referentiesimulatie liggen deze volumes telkens ca. 300 000 m³ hoger.

4.8 Simulatie 19

Simulatie 19 verschilt van de referentiesimulatie door een verhoogde bodemhelling-parameter α_{bn} van de standaard 1,5 naar 15. De volumeverschillen tussen het gemodelleerde grid en de vakloding zijn opgenomen in Tabel 24. De berekende volumeverschillen voor de deelzones zijn opgenomen in Tabel 25.

Tabel 24: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding. Bagger- en stortvolumes als hulpmiddel bij de vergelijking.

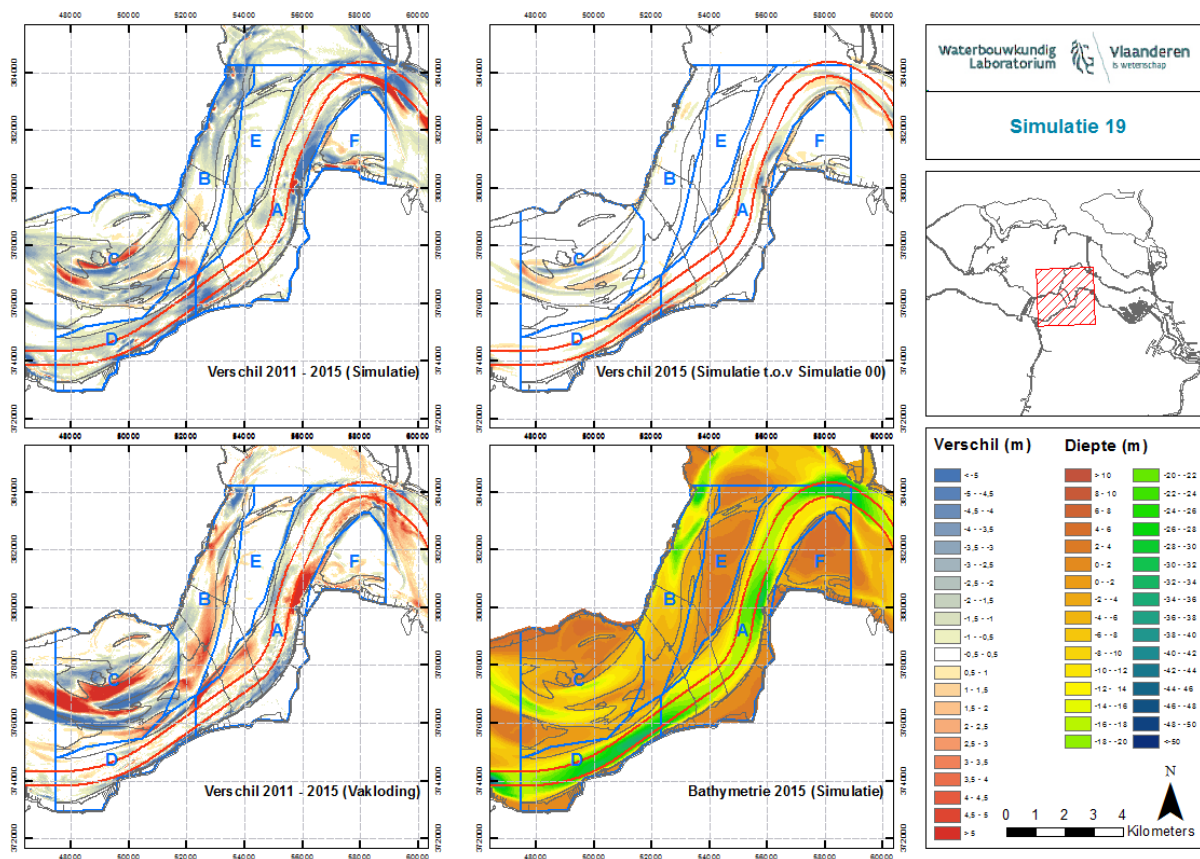
Simulatie 19								
Jaar	Oppervlak (m ²)	Netto Volume (m ³)	Sedimentatie (m ³)	Erosie (m ³)	Bruto Volume (m ³)	Beunvolume bagger (m ³)	In-situ volume stort (m ³)	Netto ingreep (m ³)
2012	67 068 400	-54 686 703	4 249 011	-58 935 714	63 184 726	-2 423 327	4 038 822	1 875 137
2013	67 070 400	-54 817 715	10 790 746	-65 608 460	76 399 206	-5 001 931	7 138 591	2 672 581
2014	67 066 400	-56 144 420	18 647 452	-74 791 871	93 439 323	-7 350 508	11 370 549	4 807 596
2015	67 070 400	-57 230 130	26 824 434	-84 054 563	110 878 997	-9 571 191	16 058 729	7 513 022

Tabel 25: Berekende jaarlijkse volumeverschillen met de vakloding voor de verschillende deelzones.

Simulatie 19							
Jaar	Parameter	A	B	C	D	E	F
2012	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 417 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-18 221 399	-11 559 706	-8 362 055	-9 852 431	-4 479 570	-2 207 113
	Sedimentatie (m ³)	1 289 155	548 124	1 823 825	194 146	52 491	341 270
	Erosie (m ³)	-19 510 554	-12 107 830	-10 185 880	-10 046 578	-4 532 062	-2 548 383
	Bruto Volume (m ³)	20 799 708	12 655 954	12 009 705	10 240 724	4 584 553	2 889 653
2013	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-17 872 709	-12 380 055	-8 327 214	-9 148 193	-4 687 913	-2 398 628
	Sedimentatie (m ³)	5 561 976	550 742	3 047 045	878 923	96 751	655 308
	Erosie (m ³)	-13 889 191	-9 698 935	-20 919 754	-13 258 978	-4 784 665	-3 053 936
	Bruto Volume (m ³)	19 451 167	10 249 677	23 966 799	14 137 900	4 881 416	3 709 244
2014	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 189 200	5 525 600
	Netto Volume (m ³)	-18 540 414	-13 355 607	-7 362 847	-9 491 385	-4 936 370	-2 454 119
	Sedimentatie (m ³)	5 674 253	1 519 927	9 274 420	1 116 958	127 229	934 664
	Erosie (m ³)	-24 214 668	-14 875 535	-16 637 266	-10 608 343	-5 063 599	-3 388 783
	Bruto Volume (m ³)	29 888 921	16 395 462	25 911 686	11 725 300	5 190 828	4 323 447
2015	Oppervlak (m ²)	19 216 800	9 419 200	16 559 600	8 154 800	8 190 400	5 528 400
	Netto Volume (m ³)	-19 140 003	-13 886 559	-7 279 512	-9 433 573	-5 143 688	-2 343 464
	Sedimentatie (m ³)	7 634 483	2 384 689	13 705 936	1 343 923	255 208	1 500 195
	Erosie (m ³)	-26 774 486	-16 271 248	-20 985 448	-10 777 496	-5 398 896	-3 843 658
	Bruto Volume (m ³)	34 408 968	18 655 937	34 691 385	12 121 419	5 654 104	5 343 853

Simulatie 19 heeft een initieel volumeverlies van bijna 55 Mm³; dit komt overeen met het initiële volumeverlies van de referentiesimulatie. Tot het laatste jaar van de analyseperiode, 2015, stijgt dit tekort verder met ruim 2 Mm³ tot een netto volumedeficit van 57 Mm³. Een gelijkaardige evolutie van het netto volumeverlies werd geregistreerd bij de referentiesimulatie. De sedimentatie- en erosievolumes liggen in 2015 ca. 1 Mm³ hoger dan bij de referentiesimulatie, het brutovolume ligt dan ca. 2 Mm³ hoger.

Zoals reeds af te leiden uit de beperkte volumeverschillen tussen deze referentiesimulatie en simulatie 19 is dan ook niet groot. De verhoogde bodemhelling geeft aanleiding tot een iets verschillend morfologisch patroon. De morfologische verschillen tussen de modelresultaten en de peilingen worden uiteengezet per morfologische deelzone.



Figuur 16: Vergelijking van de werkelijke evolutie en de door simulatie 19 gemodelleerde evolutie van het referentiegebied

Deelzone A kent een initieel volumeverlies van 18 Mm^3 , een gelijkaardig tekort als bij de referentiesimulatie. In 2015 loopt dit verder op tot ca. 19 Mm^3 . Bij de referentiesimulatie blijft dit volume tussen 2012 en 2015 quasi constant. Initieel zijn de bruto volumes gelijkaardig voor de beide simulaties. In 2015 ligt het bruto volume voor simulatie 16 beperkt hoger dan dit voor de referentiesimulatie. De gemodelleerde bathymetrie ligt hoger dan de gepeilde diepte op de plaatsen waar er baggerwerken worden uitgevoerd: op het Gat van Ossensisse, tegen de westelijke Plaat van Ossensisse aan en op de Overloop van Hansweert. Een grotere diepte wordt gemodelleerd ter hoogte, en opwaarts van, de diepe put aan de Nol van Ossensisse, welke als stortplaats voor baggerspecie wordt aangewend. Aangezien er bij de modellering geen rekening is gehouden met de menselijke ingrepen kan dit mogelijk de morfologische verschillen verklaren.

Binnen morfologische deelzone B wordt ter hoogte van de Hoek van Baarland een zone gemodelleerd die ondieper is dan de reële bathymetrie, ook in het zuidelijke uiteinde van deelzone B, tegen de hoofdgeul aan, wordt een grotere diepte ingepeild dan gemodelleerd wordt. Voor het overige deel van deelzone B wordt een grotere diepte voorspeld dan er daadwerkelijk wordt opgemeten. Het initiële volumeverlies bedraagt bijna 12 Mm^3 en loopt verder op tot 14 Mm^3 in 2015. Deze tekorten zijn gelijkaardig als de tekorten berekend voor de referentiesimulatie. Ook de berekende bruto volumes voor morfologische deelzone B zijn gelijkaardig voor de beide modelsimulaties.

In deelzone C bedraagt het initiële netto volumeverlies ca. 8 Mm³, een gelijkaardig initieel volumeverlies als bij de referentiesimulatie. Doorheen de tijd daalt het deficit tot ca. 7 Mm³ in 2015, opnieuw gelijkaardig aan het tekort berekend voor de referentiesimulatie. De berekende sedimentatie- en erosievolumes zijn ca. 1 Mm³ hoger en ook de bruto verschilvolumes zijn steeds iets hoger dan bij de referentiesimulatie. Simulatie 19 kent bijgevolg in vergelijking met de referentiesimulatie een iets grotere afwijking van de werkelijke bathymetrie. Door het onvermogen van het model om de laterale verschuivingen van de zandduinen en de tussenliggende geultjes te simuleren, verschilt de gemodelleerde bathymetrie sterk van de werkelijke bathymetrie. Het model heeft de neiging om de reeds bestaande geulen verder uit te diepen en de verder zandduinen op te hogen.

In deelzone D zijn de morfologische volumeveranderingen beperkt. Ten noorden van de vaargeul is er een zone waar de gemodelleerde bathymetrie hoger ligt dan vaklodingen. Tegen de zuidelijk rand van de vaargeul aan ligt de gemodelleerde bathymetrie lager dan de werkelijke bathymetrie. Het bruto verschilvolume stijgt met ca. 2 Mm³, van ca. 10 Mm³ in 2012 tot ca. 12 Mm³ in 2013. Bij de referentiesimulatie wordt een stijging van ca. 11 Mm³ tot ca. 13 Mm³ berekend.

De verschillen tussen de gemodelleerde bathymetrie en de peiling is minimaal voor de morfologische deelzone E. Op de plaatranden en in de geultjes wordt een iets grotere diepte gesimuleerd dan er in werkelijkheid wordt waargenomen. Het initiële netto volumeverlies bedraagt ca. 4,5 Mm³. In 2015 bedraagt het netto volumeverlies ca. 5,1 Mm³. Voor de referentiesimulatie bedragen deze volumes respectievelijk 4,5 Mm³ en 5,3 Mm³. De brutovolumes voor de beide simulaties zijn gelijkaardig aan elkaar.

Ook op deelzone F is het verschil tussen de modelresultaten en de overeenkomende vaklodingen beperkt. Het grootste verschil in bathymetrie komt voor in de Schaar van Ossensisse, waar het model een grotere diepte verwacht dan er in de peilingen wordt opgemeten. Het netto volumeverlies stijgt dan ook licht tussen 2012 en 2015, van ca. 2,2 Mm³ naar ruim 2,3 Mm³. Bij de referentiesimulatie liggen zowel de netto volumeverlies en als de stijging van het volumeverlies tussen 2012 en 2015 een stuk hoger. De netto tekorten in 2012 en 2015 bedragen respectievelijk 2,4 Mm³ en 3,1 Mm³. Ook de bruto volumeverschillen zijn vooral in 2015 in belangrijke mate hoger voor de referentiesimulatie dan voor simulatie 19, 5,7 Mm³ in vergelijking tot 5,3 Mm³.

5 Analyse van de modelprocessen

Numerieke modellen kunnen de werkelijke morfodynamische processen slechts benaderen. Bepaalde zaken zullen over- of onderschat worden en een afwijking hebben van de werkelijkheid. Om de morfodynamische (deel)processen voor elk individueel modelscenario beter te begrijpen werden:

- 1) De morfologische modelprocessen van de verschillende simulaties met elkaar vergeleken door middel van volumeberekeningen voor enerzijds de dieptezones en anderzijds de morfologische deelzones;
- 2) De morfologische modelprocessen per modelsimulatie beschreven aan de hand van de gemodelleerde bathymetrieën en de verschilkaarten ertussen.

Om deze vergelijking te maken werden enkel de tijdstappen van 2012 tot 2015 beschouwd. De initiële stabilisatie van het model tussen 2011 en 2012 geeft aanleiding tot grote volumeverschillen en wordt in deze analyse niet meegenomen. Dit wordt afzonderlijk besproken in Hoofdstuk 6.

5.1 Vergelijking van de simulaties op basis van dieptezones

Op basis van de vakloding van 2011 is een onderverdeling gemaakt van het studiegebied in verschillende dieptezones. In totaal werden drie verschillende zones onderscheiden: de zone boven 0 m TAW (intergetijdengebied), de zone tussen 0 m en -5 m TAW (de ondiepwater zone) en de zone dieper dan -5 m TAW (de diepe zone). De invloed van de modelprocessen van de verschillende modelscenario's op verschillende dieptes wordt getoetst aan de hand van de jaarlijkse volumeveranderingen in de verschillende dieptezones. De initiële stabilisatie van het model tussen 2011 en 2012 geeft aanleiding tot grote volumeverschillen en wordt in deze analyse niet meegenomen.

5.1.1 Intergetijdengebied

Het intergetijdengebied omvat de Plaat van Baarland, de oostelijke Middelpaat, de Platen van Hulst, de oostelijke Plaat van Ossensisse, het platencomplex Rug van Baarland/westelijke Plaat van Ossensisse/Molenplaat en nog enkele intergetijdengebieden langs de zuidrand van de hoofdgeul en tussen de geultjes op het drempelgebied bij Baarland. Verwacht wordt dat de grootste morfologische veranderingen ter hoogte van deze kleinere delen zullen optreden. De berekende volumeveranderingen voor de intergetijdengebieden bij de verschillende scenario's zijn zeer divers. Netto kan dit resulteren in zowel volumeverlies als in aangroei.

De kleinste bruto volumeveranderingen komen voor bij simulatie 19, simulatie 00, de alternatieve versie van simulatie 00 en simulatie 10. Deze simulaties worden ook gekenmerkt door de kleinste erosievolumes. Het sedimentatievolume is bij beide alternatieven van simulatie 00 steeds lager dan het erosievolume, wat resulteert in een gering jaarlijks netto volumeverlies. Bij simulatie 10 wordt in 2012 nog een kleine netto aangroei verwacht, maar in de daarop volgende jaren overheerst netto volumeverlies. Simulatie 19 laat wel steeds netto aangroei optekenen, al neemt deze sterk af doorheen de tijd. Simulatie 02 verwacht iets grotere morfologische veranderingen in de ondiepe zone.

Het erosie- en het sedimentatievolume zijn gelijkaardig in grootteorde en nemen af doorheen de tijd. Bijgevolg neemt ook het bruto verschilvolume af tussen 2012 en 2015. Netto wordt wisselend een kleine aangroei of een beperkt volumeverlies verwacht. Sterke erosie in de ondiepe zone wordt verwacht voor simulatie 11, 13, 13_ex en 14. Hier tegenover staat nog een groter sedimentatievolume, waardoor er netto aangroei gesimuleerd wordt. Bij simulaties 11 en 14 is de netto aangroei het grootst in 2012 en neemt deze af doorheen de tijd. Bij simulatie 13_ex is de netto aangroei beperkter en neemt deze toe doorheen de tijd. Het jaarlijkse netto volumeverschil bij simulatie 13 is variabel. Simulatie 16 kent ook sterke erosie, maar het volume aan sedimentatie is beperkt. Netto wordt hierdoor het grootste volumeverlies van alle simulaties gesimuleerd. Tussen 2012 en 2015 neemt dit volumeverlies echter wel af.

Tabel 26: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone >0 m TAW

>0m		21 247 200 m ³										
		Simulaties										
Verskil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14	Sim16	Sim19	
2012-2011	Netto Volume (m ³)	- 12 749 426	-12 788 169	- 12 194 051	- 12 310 855	- 10 150 913	- 10 124 804	-12 439 880	- 9 706 084	- 14 264 277	- 12 109 434	
	Sedimentatie (m ³)	267 910	260 710	479 325	315 596	3 134 015	1 532 611	1 279 480	1 134 312	214 286	314 552	
	Erosie (m ³)	- 13 017 336	-13 048 879	- 12 673 376	- 12 626 451	- 13 284 928	- 11 657 415	-13 719 360	- 10 840 396	- 14 478 562	- 12 423 986	
	Bruto Volume (m ³)	13 285 246	13 309 589	13 152 702	12 942 048	16 418 942	13 190 026	14 998 840	11 974 708	14 692 848	12 738 538	
2013-2012	Netto Volume (m ³)	- 119 766	- 101 544	- 47 036	85 732	2 678 723	857 887	392 027	1 311 246	- 1 097 392	318 529	
	Sedimentatie (m ³)	680 484	693 498	1 194 938	818 487	4 107 218	2 797 721	2 674 742	2 565 236	490 518	872 680	
	Erosie (m ³)	- 800 250	- 795 042	- 1 241 974	- 732 755	- 1 428 495	- 1 939 834	-2 282 714	- 1 253 990	- 1 587 911	- 554 150	
	Bruto Volume (m ³)	1 480 733	1 488 540	2 436 912	1 551 243	5 535 713	4 737 555	4 957 456	3 819 226	2 078 429	1 426 830	
2014-2013	Netto Volume (m ³)	- 176 085	- 153 587	- 139 185	- 23 773	1 449 820	963 661	453 008	806 554	- 969 741	190 526	
	Sedimentatie (m ³)	562 618	575 162	942 398	692 062	2 549 573	2 405 480	2 023 712	2 047 333	384 088	711 509	
	Erosie (m ³)	- 738 703	- 728 749	- 1 081 583	- 715 835	- 1 099 753	- 1 441 820	-1 570 703	- 1 240 780	- 1 353 829	- 520 984	
	Bruto Volume (m ³)	1 301 321	1 303 912	2 023 980	1 407 897	3 649 326	3 847 300	3 594 415	3 288 113	1 737 917	1 232 493	
2015-2014	Netto Volume (m ³)	- 252 695	- 250 166	33 518	- 126 329	1 049 827	908 922	519 720	774 564	- 935 042	88 944	
	Sedimentatie (m ³)	483 232	491 309	931 822	599 580	1 917 857	1 936 914	1 677 075	1 948 767	320 119	620 024	
	Erosie (m ³)	- 735 927	- 741 475	- 898 304	- 725 909	- 868 030	- 1 027 992	-1 157 354	- 1 174 203	- 1 255 160	- 531 079	
	Bruto Volume (m ³)	1 219 159	1 232 784	1 830 126	1 325 489	2 785 888	2 964 905	2 834 429	3 122 969	1 575 279	1 151 103	

5.1.2 Ondiepwater zone

De ondiepwater zone komt voornamelijk voor in het drempelgebied bij Baarland in een zone die de oostelijke Middelpaalt en de Rug van Baarland met elkaar verbindt en ten zuiden van de Plaat van Baarland. Verder komt de ondiepwater zone ook voor in de Schaar van Ossense, de Geul van de Molenplaat en langs de randen van de grote platencomplexen en van de Westerschelde.

Beide alternatieven van de referentiesimulatie kennen veruit de kleinste netto volumeverandering voor de ondiepwater zone. Ook de bruto volumeveranderingen zijn hier het kleinst. Het sedimentatie- en erosievolume zijn gelijkaardig van grootteorde en nemen af in de periode tussen 2012 en 2015. Beperkte netto aangroei is het resultaat. Simulatie 10 en 19 hebben gelijkaardige erosievolumes als de referentiesimulatie, maar het sedimentatievolume ligt een stuk hoger, waardoor ook de netto aangroei hoger ligt. Bij simulatie 02 wordt een grotere sedimentverplaatsing verwacht. Netto wordt in 2012 door simulatie 02 een sterke aangroei verwacht die afneemt tijdens de analyseperiode tot een klein volumeverlies in 2014. Simulatie 11, 13, 13_ex en 14 kennen sterke individuele sedimentatie- en erosievolumes. Ook de bruto verschilvolumes liggen bij deze simulaties het hoogst. Bij simulatie 13 en simulatie 13_ex is het erosievolume steeds groter dan het sedimentatievolume en wordt netto volumeafname verwacht. Bij simulatie 13_ex wordt steeds de grootste netto afname verwacht van alle simulaties. Simulatie 11 kent steeds een sterke netto aangroei. Bij simulatie 14 komt in 2012 ook sterke aangroei voor, maar in 2013 en 2014 is deze reeds sterk afgenomen. De jaarlijkse morfologische veranderingen bij simulatie 16 blijven beperkt. Erosie overheerst op sedimentatie en netto wordt steeds een belangrijk volumeverlies berekend. Een kleinere bodemhelling heeft in de intermediaire zone ten opzichte van de referentiesimulatie een kleiner volume aan sedimentatie en een groter volume aan erosie tot gevolg.

Tabel 27: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone 0 m TAW tot -5 m TAW

>-5m	14 284 000 m ³	Simulaties									
		Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14
2012-2011	Netto Volume (m ³)	-13 200 443	-13 194 160	-11 960 355	-12 352 729	-10 052 569	-7 455 575	-10 566 293	-7 383 327	-14 770 909	-12 273 884
	Sedimentatie (m ³)	790 134	713 957	1 954 510	970 737	9 605 071	6 300 346	5 463 913	4 966 673	761 526	875 905
	Erosie (m ³)	-13 990 578	-13 908 116	-13 914 866	-13 323 466	-19 657 640	-13 755 921	-16 030 206	-12 350 000	-15 532 436	-13 149 788
	Bruto Volume (m ³)	14 780 712	14 622 073	15 869 376	14 294 203	29 262 711	20 056 268	21 494 119	17 316 673	16 293 962	14 025 693
2013-2012	Netto Volume (m ³)	104 561	96 465	915 643	676 975	2 342 417	-147 424	-1 521 499	3 149 970	-1 197 500	860 478
	Sedimentatie (m ³)	1 745 045	1 734 326	3 587 601	2 369 674	8 423 130	7 273 198	5 500 707	7 189 240	1 208 283	2 315 100
	Erosie (m ³)	-1 640 483	-1 637 861	-2 671 958	-1 692 700	-6 080 713	-7 420 622	-7 022 206	-4 039 269	-2 405 782	-1 454 622
	Bruto Volume (m ³)	3 385 528	3 372 188	6 259 558	4 062 374	14 503 844	14 693 820	12 522 913	11 228 509	3 614 065	3 769 722
2014-2013	Netto Volume (m ³)	43 428	19 820	570 257	415 532	2 711 219	-1 063 091	-1 519 051	640 140	-969 449	592 261
	Sedimentatie (m ³)	1 448 543	1 448 872	2 871 621	2 012 848	5 935 209	4 774 048	4 003 424	4 890 138	964 124	2 013 885
	Erosie (m ³)	-1 405 114	-1 429 052	-2 301 363	-1 597 316	-3 223 990	-5 837 138	-5 522 475	-4 249 999	-1 933 573	-1 421 624
	Bruto Volume (m ³)	2 853 657	2 877 924	5 172 984	3 610 165	9 159 199	10 611 186	9 525 900	9 140 137	2 897 696	3 435 509
2015-2014	Netto Volume (m ³)	152 731	152 612	-63 419	446 869	2 119 248	-929 703	-1 340 575	667 626	-806 103	598 823
	Sedimentatie (m ³)	1 400 237	1 422 431	2 269 638	1 938 459	4 115 916	3 365 624	3 435 806	4 546 563	954 051	1 986 471
	Erosie (m ³)	-1 247 506	-1 269 819	-2 333 056	-1 491 590	-1 996 667	-4 295 327	-4 776 381	-3 878 937	-1 760 154	-1 387 648
	Bruto Volume (m ³)	2 647 744	2 692 250	4 602 694	3 430 048	6 112 583	7 660 952	8 212 187	8 425 500	2 714 205	3 374 119

5.1.3 Diepe zone

De diepe zone kan grofweg onderverdeeld worden in twee groepen. De noordelijke groep betreft de nevengeul inclusief de Everingen, de Schaar en de Pas van Baarland en het Middelgat, en de kleinere vloedscharen en geultjes die daarop aansluiten en de zuidelijke zone betreft de hoofdgeul met de Inloop en het Gat van Ossensisse, de diepe put bij de Nol van Ossensisse en de Overloop van Hansweert.

In vergelijking met de intergetijdengebieden en de ondiepwater zone zijn zowel de netto volumeveranderingen als de individuele erosie- en sedimentatievolumes en bruto volumes een stuk hoger voor de diepste zone. De grootste bruto volumeveranderingen worden, net als bij de intergetijdengebieden en de ondiepwater zone, verwacht bij simulaties 11, 13, 13_ex en 14. Tussen 2012 en 2015 wordt een afname van de bruto volumeveranderingen geregistreerd. Bij simulatie 11, 13 en 14 wordt netto een groot volumeverlies berekend, wat bij simulaties 11 en 14 afneemt naarmate de tijd vordert. Het netto volumeverlies bij simulatie 13 kent een variabel verloop. In 2012 komt ook bij simulatie 13_ex een netto volumeverlies voor, maar de omvang hiervan is veel beperkter. In 2014 evolueert het volumeverlies tot een beperkte netto volumetoename. Simulaties 02, 10 en 19 kennen ook steeds netto volumeverlies. De individuele sedimentatie en erosievolumes zijn het grootst bij simulatie 02, erosie en sedimentatie houden elkaar vrij goed in evenwicht en het netto volumeverlies is relatief beperkt. Simulatie 19 kent de kleinste individuele erosie en sedimentatievolumes. Erosie overheerst op sedimentatie wat resulteert in netto volumeafname. De netto afname wordt kleiner naarmate de tijd vordert maar is steeds groter dan het netto volumeverlies voor simulatie 02 en 10. De gemodelleerde morfologische veranderingen bij simulatie 10 vallen tussenin deze voor simulatie 02 en 19. Netto resulteert dit in de kleinste volumeafname van de geanalyseerde modelscenarios. De beide alternatieven van simulatie 00 kennen een geringe volume aangroei. Zowel de erosie als de sedimentatie is beperkt en in grootte gelijkaardig aan elkaar. Bij simulatie 00 neemt zowel het bruto als het netto volumeverschil af doorheen de tijd. Bij simulatie 00_ex neemt het brutovolume ook af, maar netto volumetoename is variabel. Simulatie 16 kent een sterke netto volume aangroei die evenwel daalt doorheen de tijd. De bruto verschilvolumes zijn gelijkaardig aan deze voor de referentiesimulatie, maar het sedimentatievolume is steeds een stuk groter dan de erosievolume.

Tabel 28: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor dieptezone <-5 m TAW

<-5m	31 298 800 m³	Simulaties									
Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14	Sim16	Sim19
2012-2011	Netto Volume (m³)	- 28 277 621	-28 242 677	- 29 973 838	- 29 484 049	- 38 977 343	- 38 092 160	-31 286 249	- 38 279 421	- 25 301 002	- 29 804 619
	Sedimentatie (m³)	2 670 738	2 461 616	4 117 179	2 333 696	27 053 047	16 947 440	12 459 639	10 638 023	4 235 452	2 068 332
	Erosie (m³)	- 30 948 359	-30 704 294	- 34 091 016	- 31 817 745	- 66 030 390	- 55 039 600	-43 745 888	- 48 917 444	- 29 536 455	- 31 872 951
	Bruto Volume (m³)	33 619 096	33 165 910	38 208 195	34 151 441	93 083 437	71 987 040	56 205 527	59 555 467	33 771 907	33 941 283
2013-2012	Netto Volume (m³)	109 706	85 482	- 947 565	- 628 946	- 5 794 818	- 3 457 662	- 722 929	- 6 651 168	2 411 622	- 1 085 384
	Sedimentatie (m³)	4 013 116	4 056 045	6 879 449	4 418 440	18 794 529	21 780 038	18 140 337	15 347 389	5 548 366	3 913 534
	Erosie (m³)	- 3 903 410	-3 970 563	- 7 827 015	- 5 047 385	- 24 589 348	- 25 237 700	-18 863 266	- 21 998 557	- 3 136 744	- 2 828 149
	Bruto Volume (m³)	7 916 526	8 026 608	14 706 464	9 465 825	43 383 877	47 017 739	37 003 603	37 345 946	8 685 110	6 741 683
2014-2013	Netto Volume (m³)	109 028	101 563	- 778 027	- 396 679	- 5 122 129	- 2 220 484	- 613 677	- 3 947 547	1 975 338	- 837 110
	Sedimentatie (m³)	3 381 722	3 459 377	6 457 709	4 269 646	10 853 691	15 518 654	13 805 148	13 336 052	4 292 750	3 731 482
	Erosie (m³)	- 3 272 693	-3 357 814	- 7 235 736	- 4 666 326	- 15 975 820	- 17 739 138	-14 418 825	- 17 283 599	- 2 317 411	- 4 568 592
	Bruto Volume (m³)	6 654 415	6 817 191	13 693 445	8 935 972	26 829 510	33 257 792	28 223 973	30 619 650	6 610 161	8 300 073
2015-2014	Netto Volume (m³)	9 822	22 400	- 534 750	- 398 585	- 3 253 347	- 2 517 423	733 192	- 2 958 103	1 744 581	- 843 266
	Sedimentatie (m³)	3 030 115	3 054 355	6 293 952	4 154 811	8 737 133	13 345 103	11 536 394	10 482 979	3 778 377	3 614 067
	Erosie (m³)	- 3 020 293	-3 031 954	- 6 828 702	- 4 553 396	- 11 990 479	- 15 862 526	-10 803 202	- 13 441 082	- 2 033 796	- 4 457 333
	Bruto Volume (m³)	6 050 407	6 086 309	13 122 655	8 708 208	20 727 612	29 207 629	22 339 596	23 924 060	5 812 172	8 071 400

5.1.4 Tussentijdse conclusie

De verschillende diepte zones liggen vaak verspreid in het onderzoeksgebied en zijn samengesteld uit verschillende delen die binnen een verschillende morfodynamische context passen. Wellicht is het moeilijk om op basis van de waargenomen verschillen voor de diepte zones de morfodynamische processen voor elk modelscenario te karakteriseren. Mogelijk is de onderverdeling in morfologische deelzones beter geschikt om de gemodelleerde morfodynamische processen aan het licht te brengen. Uiteraard speelt de definitie van de dieptezoning hierin ook een rol. De zones zijn gedefinieerd op basis van de vakloding van 2011, en speelt dus niet in op de veranderende bathymetrie tijdens de analyseperiode.

5.2 Vergelijking van de simulaties o.b.v. morfologische deelzones

Op basis van grootschalige morfologie van de vakloding van 2011, die ook als uitgangssituatie diende voor de modelsimulaties, werd het referentiegebied opgedeeld in verschillende zones. Voor elk van deze zones wordt de invloed van de gemodelleerde morfodynamische processen vergeleken voor de verschillende modelscenarios. De vergelijking gebeurt op basis van de jaarlijkse volumeveranderingen. Door de initiële stabilisatie van het model tussen 2011 en 2012 werd ervoor gekozen om het eerste modelleringsjaar niet mee te nemen in de vergelijking.

5.2.1 Deelzone A

De morfologische deelzone A betreft de ruime zone rond de hoofdgeul ter hoogte van het Gat van Ossenisse, die diepe put bij de Nol van Ossenisse en de Overloop van Hansweert. Voor alle scenario's neemt het erosievolume tussen 2012 en 2015 jaarlijks af. Met uitzondering van modelsimulatie 16 zijn de sedimentatie volumes algemeen kleiner dan de erosievolumes en is er een jaarlijkse netto volumeafname. Zowel de sedimentatievolumes als de erosievolumes zijn meestal het grootst in het interval tussen 2012 en 2013 en het kleinst in het interval tussen 2014 en 2015. Voor het jaarlijkse netto volumedeficit betekent dit een toename doorheen de tijd, of bij modelscenario 16 een toename van het jaarlijkse volumeoverschot. Uitzondering op deze algemene evolutie komen voor bij modelscenario 13, welke een stijgend jaarlijks volumedeficit laat optekenen, en bij modelscenario 13_ex en 14, waar de jaarlijkse netto volumeafname geen eenduidige trend vertoont.

Met uitzondering van bij modelsimulatie 16, wordt kleinste netto volumedeficit steeds waargenomen bij de referentiesimulatie, op de voet gevolgd door simulatie 00_ex. Ook de individuele erosie- en sedimentatievolumes zijn het kleinst bij de beide varianten van simulatie 00. De morfodynamische processen gemodelleerd door deze simulaties geven bijgevolg het minste aanleiding tot grote morfologische veranderingen in deelzone A. Simulatie 10 en simulatie 16 sluiten het best aan bij de referentiesimulatie, en ook simulatie 02 en simulatie 19 geven aanleiding tot relatief beperkte morfologische veranderingen in deelzone A. De grootste verschillen met de referentiesimulatie worden waargenomen bij simulaties 11, 13, 13_ex en 14. Simulatie 11 geeft aanleiding tot een sterk netto volumeverlies in deelzone A. Ook scenario 14 kent een belangrijk jaarlijks volumedeficit, maar zowel het erosie- als het sedimentatievolume dalen hier minder snel tijdens de analyseperiode in vergelijking met simulatie 11. Simulatie 13 voorspelt tussen 2012 en 2013 een relatief beperkt netto volumedeficit doordat het volume aan sedimentatie vrij hoog ligt. In de daaropvolgende jaren daalt het volume aan sedimentatie echter sneller dan het erosievolume waardoor het jaarlijkse volumeverlies toeneemt. Bij simulatie 13_ex is het bruto volumeverschil in 2012 kleiner dan bij simulatie 13. Het grotere verschil tussen het sedimentatie- en erosievolume geeft aanleiding tot een hoger netto volumeverlies in 2012 in vergelijking met simulatie 13. In 2013 en 2014 is de evolutie van het netto verschilvolume voor simulatie 13_ex variabel. De individuele sedimentatie- en erosievolumes nemen af aan verschillende snelheden, waardoor er in 2013 een groter netto volumeverlies is in vergelijking met 2012, gevolgd door een daling in 2014.

Tabel 29: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone A

Zone A	19 216 800 m ²	Simulaties									
		Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14
2012-2011	Netto Volume (m ³)	-17 285 102	-17 223 427	-17 978 019	-17 388 823	-24 671 760	-20 142 577	-19 217 646	-19 972 701	-16 963 419	-17 482 406
	Sedimentatie (m ³)	1 341 931	1 225 464	2 116 381	1 252 303	11 189 892	7 742 854	5 783 371	4 898 902	1 905 685	1 123 563
	Erosie (m ³)	-18 627 033	-18 448 891	-20 094 400	-18 641 126	-35 861 652	-27 885 431	-25 001 016	-24 871 603	-18 869 103	-18 605 969
	Bruto Volume (m ³)	19 968 963	19 674 355	22 210 781	19 893 428	47 051 544	35 628 285	30 784 387	29 770 506	20 774 788	19 729 532
2013-2012	Netto Volume (m ³)	-388 060	-400 185	-859 689	-461 964	-5 823 410	-883 486	-1 169 767	-2 193 135	54 032	-634 294
	Sedimentatie (m ³)	1 880 575	1 912 567	3 265 720	2 303 345	7 259 819	11 020 349	8 275 262	7 196 414	2 374 365	2 030 846
	Erosie (m ³)	-2 268 636	-2 312 752	-4 125 409	-2 765 308	-13 083 229	-11 903 835	-9 445 029	-9 389 548	-2 320 333	-2 665 140
	Bruto Volume (m ³)	4 149 211	4 225 319	7 391 129	5 068 653	20 343 048	22 924 185	17 720 290	16 585 962	4 694 697	4 695 986
2014-2013	Netto Volume (m ³)	-282 884	-294 834	-555 995	-305 011	-3 387 724	-2 067 265	-1 449 202	-1 371 544	145 915	-528 119
	Sedimentatie (m ³)	1 510 735	1 555 774	3 017 255	2 137 219	5 153 497	7 649 035	5 648 481	7 015 087	1 809 169	1 807 915
	Erosie (m ³)	-1 793 619	-1 850 608	-3 573 250	-2 442 231	-8 541 220	-9 716 300	-7 097 683	-8 386 630	-1 663 253	-2 336 035
	Bruto Volume (m ³)	3 304 353	3 406 382	6 590 505	4 579 450	13 694 717	17 365 336	12 746 165	15 401 717	3 472 422	4 143 950
2015-2014	Netto Volume (m ³)	-229 617	-227 867	-438 557	-240 022	-2 364 535	-2 224 884	-1 152 638	-1 409 861	187 069	-467 235
	Sedimentatie (m ³)	1 353 679	1 377 265	2 905 924	2 045 582	3 612 887	5 888 532	4 394 659	5 614 674	1 599 168	1 763 066
	Erosie (m ³)	-1 583 296	-1 605 131	-3 344 481	-2 285 604	-5 977 422	-8 113 416	-5 547 297	-7 024 535	-1 412 099	-2 230 301
	Bruto Volume (m ³)	2 936 975	2 982 396	6 250 404	4 331 185	9 590 309	14 001 948	9 941 955	12 639 208	3 011 267	3 993 367

5.2.2 Deelzone B

Morfologische deelzone B betreft de zone ten noorden van het platencomplex Rug van Baarland/oostelijke Plaat van Ossensisse/Molenplaat, met inbegrip van het Middelgat en de Pas van Baarland. In 2012 voorspelt elk modelscenario netto volumeoverschot in deelzone B. De grootste netto volumeaan groei wordt verwacht bij simulatie 14. De referentiesimulatie verwacht de op twee na kleinste netto volumeaan groei, direct gevolgd door simulatie 00_ex. Het kleinste volumeoverschot wordt voorspeld door simulatie 16. In de daarop volgende jaren daalt de netto volumeaan groei voor de meeste scenario's. Modelsimulatie 11 geeft aanleiding tot een stijging van het netto volumeoverschot, terwijl modelsimulatie 13 een variabel patroon laat optekenen. In 2014 wordt deelzone B gekenmerkt door een netto volumeverlies bij simulaties 13 en 14. Bij simulatie 11 wordt het grootste netto volumeoverschot opgetekend. De volumeoverschotten in 2014 van de andere modelscenario's liggen dicht bij elkaar. Het bruto verschilvolume van modelsimulatie 02 is hoger in vergelijking met deze van de beide varianten van simulatie 00 en simulaties 10, 16 en 19, maar minder hoog dan deze bij simulaties 11, 13, 13_ex en 14.

Tabel 30: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone B

Zone B	9 419 200 m ²	Simulaties									
		Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14
2012-2011	Netto Volume (m ³)	-9 880 168	-9 899 921	-9 360 200	-9 814 491	-6 152 746	-8 155 148	-8 167 956	-8 265 634	-9 904 269	-9 864 566
	Sedimentatie (m ³)	806 256	761 847	1 397 099	842 409	8 791 530	4 653 887	3 581 839	3 386 004	927 195	785 147
	Erosie (m ³)	-10 686 424	-10 661 768	-10 757 299	-10 656 900	-14 944 276	-12 809 035	-11 749 795	-11 651 638	-10 831 464	-10 649 714
	Bruto Volume (m ³)	11 492 681	11 423 615	12 154 398	11 499 308	23 735 807	17 462 923	15 331 634	15 037 643	11 758 658	11 434 861
2013-2012	Netto Volume (m ³)	488 703	467 312	711 988	585 712	506 105	657 995	684 734	1 709 714	409 508	539 265
	Sedimentatie (m ³)	1 039 750	1 031 958	1 800 225	1 157 013	5 575 007	4 691 634	3 997 929	4 313 175	1 182 045	1 082 569
	Erosie (m ³)	-551 047	-564 646	-1 088 237	-571 301	-5 068 903	-4 033 639	-3 313 195	-2 603 461	-772 537	-543 304
	Bruto Volume (m ³)	1 590 796	1 596 604	2 888 461	1 728 314	10 643 910	8 725 272	7 311 124	6 916 636	1 954 582	1 625 874
2014-2013	Netto Volume (m ³)	335 956	332 226	319 319	384 709	737 068	-1 237 262	561 490	-284 688	265 851	378 777
	Sedimentatie (m ³)	865 287	872 586	1 416 130	977 182	3 008 449	2 578 421	3 134 399	2 981 909	935 430	931 665
	Erosie (m ³)	-529 331	-540 360	-1 096 811	-592 473	-2 271 380	-3 815 683	-2 572 910	-3 266 597	-669 579	-552 888
	Bruto Volume (m ³)	1 394 619	1 412 946	2 512 941	1 569 655	5 279 829	6 394 105	5 707 309	6 248 506	1 605 009	1 484 553
2015-2014	Netto Volume (m ³)	258 306	269 515	253 979	231 672	1 297 845	-491 229	227 413	-905 644	223 492	259 587
	Sedimentatie (m ³)	789 289	800 158	1 286 788	888 725	2 648 534	2 126 180	2 535 283	2 266 168	844 763	841 567
	Erosie (m ³)	-530 983	-530 644	-1 032 809	-657 053	-1 350 689	-2 617 409	-2 307 870	-3 171 812	-621 271	-581 980
	Bruto Volume (m ³)	1 320 271	1 330 802	2 319 598	1 545 778	3 999 223	4 743 589	4 843 153	5 437 980	1 466 034	1 423 548

5.2.3 Deelzone C

Deelzone C betreft het Drempelgebied bij Baarland. In deze zone simuleert elk modelscenario de sterkste morfologische veranderingen. Referentiesimulatie 00 en ook simulatie 00_ex worden gekenmerkt door een beperkt jaarlijks netto volumeverlies, dat slechts geringe variaties vertoont doorheen de tijd. De individuele sedimentatie- en erosievolumes houden elkaar goed in evenwicht en nemen langzaam af tussen 2012 en 2015. Modelsimulatie 16 toont een gelijkaardige daling in de individuele sedimentatie- en erosievolumes. Deze volumes liggen steeds onder deze van de referentiesimulatie en verder overheerst sedimentatie licht waardoor er netto aangroei wordt opgetekend. De driedimensionale aanpak toegepast in modelsimulatie 10 geeft aanleiding tot hogere bruto verschilvolumes in vergelijking met simulatie 00. Erosie is dominant wat resulteert in een netto volumeverlies dat groter is dan bij de referentiesimulatie, maar wel daalt tijdens de analyseperiode. Ook simulatie 19 kent hogere bruto verschilvolumes. Hier stijgt het netto volumeverlies tijdens het analyse interval. De lagere d50 toegepast in simulatie 02 geeft aanleiding tot een grotere mobiliteit van het sediment, met verhoogde individuele sedimentatie- en erosievolumes tot gevolg. Tussen 2012 en 2015 dalen deze volumes en gaat erosie meer domineren over sedimentatie, waardoor het netto volumeverlies jaar na jaar toeneemt. De gemodelleerde processen bij modelsimulaties 11, 13, 13_ex en 14 verschillen sterk van deze van de andere beschouwde modelsimulaties. Alle vier de simulaties geven aanleiding tot sterke individuele erosie en sedimentatievolumes die dalen tussen 2012 en 2015. Simulatie 11 kent in de loop van 2012 sterke netto aanzanding. In 2013 is deze al een stuk lager en in 2014 wordt een gering netto volumeverlies opgetekend. Simulatie 14 kent in 2012 nog een sterk netto volumeverlies, dat in 2014 is omgezet tot een beperkte volumetoename. Ook bij simulatie 13 wordt een toename van het netto verschilvolume opgetekend, van een belangrijk netto volumeverlies in 2012, over een sterke netto toename in 2013, tot een beperktere, maar in vergelijking met de andere simulaties nog steeds grote netto volumetoename in 2014. Simulatie 13_ex kent in 2012 en 2013 nog een afnemend netto volumeverlies, terwijl in 2014 een grote netto volumetoename gemodelleerd wordt.

Tabel 31: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone C

Zone C	16 559 600 m ²	Simulaties									
Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14	Sim16	Sim19
2012-2011	Netto Volume (m ³)	- 9 462 627	- 9 477 817	- 9 536 142	- 9 519 563	- 11 567 980	- 8 919 918	- 10 153 818	- 9 194 449	- 9 444 879	- 9 475 413
	Sedimentatie (m ³)	819 346	753 586	1 876 065	909 313	13 140 723	8 731 313	6 394 178	5 698 127	1 074 900	804 122
	Erosie (m ³)	- 10 281 973	- 10 231 403	- 11 412 207	- 10 428 877	- 24 708 703	- 17 651 231	- 16 547 996	- 14 892 577	- 10 519 779	- 10 279 535
	Bruto Volume (m ³)	11 101 319	10 984 988	13 288 272	11 338 190	37 849 426	26 382 544	22 942 174	20 590 704	11 594 679	11 083 657
2013-2012	Netto Volume (m ³)	- 53 313	- 42 627	- 270 142	- 187 500	2 009 789	- 982 540	- 1 722 645	- 1 285 040	3 537	- 95 352
	Sedimentatie (m ³)	1 859 680	1 861 134	3 950 885	2 338 415	10 802 042	10 048 427	8 782 705	7 955 174	1 782 281	2 280 000
	Erosie (m ³)	- 1 912 993	- 1 903 761	- 4 221 027	- 2 525 915	- 8 792 253	- 11 030 967	- 10 505 351	- 9 240 214	- 1 778 745	- 2 375 352
	Bruto Volume (m ³)	3 772 673	3 764 895	8 171 911	4 864 331	19 594 294	21 079 394	19 288 056	17 195 388	3 561 026	4 655 353
2014-2013	Netto Volume (m ³)	- 34 588	- 31 953	- 393 523	- 141 951	127 315	1 583 406	- 600 787	- 21 388	36 590	- 106 953
	Sedimentatie (m ³)	1 707 584	1 721 306	3 643 322	2 329 624	5 426 751	7 984 479	7 389 509	5 762 773	1 498 552	2 264 334
	Erosie (m ³)	- 1 742 172	- 1 753 259	- 4 036 845	- 2 471 576	- 5 299 437	- 6 401 073	- 7 990 296	- 5 784 161	- 1 461 962	- 2 371 287
	Bruto Volume (m ³)	3 449 757	3 474 565	7 680 168	4 801 200	10 726 188	14 385 552	15 379 806	11 546 934	2 960 514	4 635 621
2015-2014	Netto Volume (m ³)	- 61 603	- 58 065	- 558 232	- 129 389	- 14 929	447 155	1 281 110	49 244	19 781	- 182 925
	Sedimentatie (m ³)	1 616 180	1 626 480	3 279 582	2 331 371	3 748 578	7 089 412	7 481 780	4 733 439	1 434 889	2 233 882
	Erosie (m ³)	- 1 677 782	- 1 684 545	- 3 837 813	- 2 460 761	- 3 763 507	- 6 642 258	- 6 200 670	- 4 684 195	- 1 415 108	- 2 416 807
	Bruto Volume (m ³)	3 293 962	3 311 026	7 117 395	4 792 132	7 512 085	13 731 670	13 682 450	9 417 634	2 849 996	4 650 689

5.2.4 Deelzone D

Morfologische deelzone D betreft de zone rond de hoofdgeul ter hoogte van de Inloop van Ossensisse. In vergelijking met de voorgaande deelzones zijn de individuele erosie- en sedimentatievolumes, en bijgevolg ook de bruto verschilvolumes, minder omvangrijk. De morfologische veranderingen in deze deelzone lijken dus beperkt. Netto resulteren ze bij alle modelsimulaties in volumeafname. De grootste volumeafname wordt waargenomen bij simulatie 13. De grootste morfologische veranderingen worden op basis van de bruto verschilvolumes verwacht bij simulaties 11, 13, 13_ex en 14. Naast sterke erosie komen bij deze simulaties ook belangrijke zones van sedimentatie voor. Het op één na grootste netto jaarlijks volumeverlies wordt gesimuleerd door scenario 14, direct gevolgd door simulatie 13_ex. Bij simulatie 11 compenseert sedimentatie de erosie beter, waardoor deze simulatie het kleinste netto volumeverlies van alle simulaties heeft.

Beide alternatieven voor simulatie 00 verwachten een beperkte netto volumeafname, welke kleiner wordt doorheen de tijd. Het netto volumeverlies van simulaties 02, 16 en 19 in 2012 is licht hoger dan dat van de referentiesimulatie. Simulatie 16 wordt gekenmerkt door een sterk hoger bruto verschilvolume. De verkleinde bodemhelling geeft voor morfologische deelzone D aanleiding tot significant grotere morfologische veranderingen in vergelijking met de referentiesimulatie. Simulatie 19 heeft een grotere bodemhelling dan simulatie 00 en kent in 2012 een licht hoger netto volumeverlies in vergelijking met simulatie 00. Bij simulatie 19 neemt het netto volumeverlies echter snel af waardoor het in 2013 en 2014 lager ligt dan dat van de referentiesimulatie. Het bruto verschilvolume blijft echter wel licht hoger. Simulatie 02 heeft een kleinere gemiddelde korrelgrootte dan de referentiesimulatie. Ten gevolge hiervan is het sediment mobieler en worden grotere morfologische veranderingen gesimuleerd. Netto resulteert dit in een volumeafname die in 2012 slechts beperkt hoger is dan de afname bij de referentiesimulatie. Het erosievolume neemt minder snel af bij simulatie 02, waardoor de netto volumeafname in de loop van 2014 groter is. Simulatie 10, waar de verticale dimensie in twee lagen werd opgesplitst, wordt gekenmerkt door een kleiner volume aan sedimentatie dan bij de referentiesimulatie. De erosievolumes zijn steeds iets hoger, waardoor het netto volumeverlies ook hoger is.

Tabel 32: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone D

Zone D	8 154 800 m ²	Simulaties									
		Verschil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14
2012-2011	Netto Volume (m ³)	- 10 487 341	- 10 462 304	- 10 694 844	- 10 522 734	- 12 333 936	- 12 627 115	- 11 194 120	- 11 822 311	- 10 533 345	- 10 451 285
	Sedimentatie (m ³)	425 318	379 653	458 265	228 027	2 275 654	1 911 170	1 084 857	1 506 316	937 033	181 612
	Erosie (m ³)	- 10 912 659	- 10 841 957	- 11 153 109	- 10 750 762	- 14 609 590	- 14 538 285	- 12 278 977	- 13 328 627	- 11 470 378	- 10 632 897
	Bruto Volume (m ³)	11 337 977	11 221 610	11 611 374	10 978 789	16 885 244	16 449 455	13 363 835	14 834 943	12 407 411	10 814 510
2013-2012	Netto Volume (m ³)	- 191 318	- 187 727	- 221 440	- 295 870	- 145 476	- 3 010 217	- 995 417	- 1 428 806	- 200 518	- 203 662
	Sedimentatie (m ³)	767 686	789 828	943 554	650 137	3 804 963	2 542 517	1 613 917	3 049 246	1 229 942	676 965
	Erosie (m ³)	- 959 004	- 977 556	- 1 164 994	- 946 006	- 3 950 439	- 5 552 734	- 2 609 335	- 4 478 052	- 1 430 460	- 880 627
	Bruto Volume (m ³)	1 726 689	1 767 384	2 108 548	1 596 143	7 755 402	8 095 251	4 223 252	7 527 298	2 660 402	1 557 592
2014-2013	Netto Volume (m ³)	- 149 076	- 151 292	- 193 417	- 268 122	- 189 753	- 2 054 850	- 1 196 174	- 1 975 999	- 180 311	- 142 570
	Sedimentatie (m ³)	548 931	563 025	687 839	492 232	2 970 178	2 003 098	1 175 248	2 312 255	889 088	547 741
	Erosie (m ³)	- 698 007	- 714 317	- 881 256	- 760 354	- 3 159 930	- 4 057 948	- 2 371 422	- 4 288 254	- 1 069 399	- 690 311
	Bruto Volume (m ³)	1 246 938	1 277 342	1 569 094	1 252 586	6 130 108	6 061 046	3 546 671	6 600 510	1 958 486	1 238 052
2015-2014	Netto Volume (m ³)	- 121 403	- 124 143	- 281 173	- 233 620	- 79 255	- 1 116 883	- 671 493	- 658 357	- 170 465	- 83 983
	Sedimentatie (m ³)	454 172	455 684	575 961	417 752	2 902 137	1 800 609	881 446	2 367 203	720 466	506 212
	Erosie (m ³)	- 575 575	- 579 827	- 857 134	- 651 373	- 2 981 393	- 2 917 492	- 1 552 939	- 3 025 560	- 890 931	- 590 195
	Bruto Volume (m ³)	1 029 747	1 035 511	1 433 095	1 069 125	5 883 530	4 718 100	2 434 385	5 392 763	1 611 397	1 096 407

5.2.5 Deelzone E

Deelzone E betreft het platencomplex Molenplaat/Plaat van Ossenis West/Rug van Baarland en enkele ondiepe zones errond. De belangrijkste morfologische veranderingen worden verwacht aan het zuidwestelijke uiteinde van de Rug van Baarland, waar de morfologie onderhevig is aan de dynamiek die op het Drempelgebied bij Baarland speelt.

De bruto verschilvolumes bij simulatie 00 en simulatie 00_ex voor deelzone E zijn beperkt, wat wijst op een beperkte morfodynamiek. Netto wordt een kleine aangroei gemodelleerd door de beide simulaties. De berekende netto volume aangroei voor simulatie 10 en 19 ligt iets hoger dan deze voor de referentiesimulatie. Beide scenario's voorspellen een gelijkaardig erosievolume maar meer sedimentatie dan simulatie 00. De aangroei bij simulatie 02 ligt nog hoger. Deze simulatie verwacht grotere morfologische veranderingen, want zowel het erosie- als het sedimentatievolume zijn een stuk hoger dan deze voor simulatie 00. Bij al deze simulaties stijgt de netto aangroei tussen 2012 en 2015. Dit is niet het geval bij simulaties 11, 13 en 13_ex. Simulatie 11 wordt gekenmerkt door een zeer hoge aangroei ten gevolge van een groot erosievolume en een nog groter sedimentatievolume. Simulatie 13_ex heeft een relatief constant erosievolume, maar de hoeveelheid sedimentatie daalt jaar na jaar. In 2012 wordt door deze simulatie de op één na grootste netto volume aangroei verwacht, in 2014 ondervindt deelzone E netto volumeverlies bij simulatie 13_ex. In 2012 ligt de netto aangroei verwacht door simulatie 13 voor deelzone E beperkt lager dan deze verwacht voor simulatie 13_ex, maar nog steeds sterk hoger dan de verwachtte aangroei door de referentiesimulatie. Tussen 2012 en 2015 neemt de aangroei af, vooral door een afname van het sedimentatievolume. Het erosievolume kent een variabel verloop.

In 2012 is de netto aangroei berekend voor simulatie 14 nog kleiner dan deze voor simulatie 13. Ten gevolge van een gemodelleerde toename van het sedimentatievolume en een afname van het erosievolume neemt de netto aangroei verwacht door simulatie 14 toe tot de grootste gemodelleerde aangroei voor deelzone E in 2014. Simulatie 16 is het enige scenario dat steeds een netto volumeverlies verwacht, wat weinig in grootte varieert tijdens het analyse interval. Het individuele erosie- en sedimentatievolume, en bijgevolg ook het bruto verschilvolume, daalt wel tussen 2012 en 2015.

Tabel 33: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone E

Zone E	8 190 400 m ²	Simulaties									
		Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14	Sim16
2012-2011	Netto Volume (m ³)	- 4 827 611	- 4 845 115	- 4 760 692	- 4 804 672	- 3 346 541	- 4 457 508	- 4 363 216	- 4 481 207	- 4 907 987	- 4 808 430
	Sedimentatie (m ³)	35 833	36 433	41 973	35 456	1 105 678	136 318	315 579	67 849	37 575	35 564
	Erosie (m ³)	- 4 863 444	- 4 881 548	- 4 802 666	- 4 840 128	- 4 452 219	- 4 593 826	- 4 678 796	- 4 549 056	- 4 945 563	- 4 843 994
	Bruto Volume (m ³)	4 899 277	4 917 981	4 844 639	4 875 584	5 557 896	4 730 144	4 994 375	4 616 906	4 983 138	4 879 558
2013-2012	Netto Volume (m ³)	45 493	43 245	171 007	79 380	1 544 000	655 946	726 551	401 129	- 43 159	70 137
	Sedimentatie (m ³)	132 226	131 286	337 795	167 964	2 178 974	1 158 290	1 216 450	743 240	90 729	154 669
	Erosie (m ³)	- 86 733	- 88 041	- 166 788	- 88 583	- 634 974	- 502 344	- 489 899	- 342 112	- 133 888	- 84 532
	Bruto Volume (m ³)	218 959	219 327	504 582	256 547	2 813 948	1 660 634	1 706 349	1 085 352	224 616	239 201
2014-2013	Netto Volume (m ³)	48 145	45 542	224 848	92 303	1 162 098	562 154	258 574	509 149	- 46 401	78 975
	Sedimentatie (m ³)	131 688	129 261	406 615	178 062	1 769 230	1 022 995	843 033	820 112	77 307	163 204
	Erosie (m ³)	- 83 543	- 83 719	- 181 768	- 85 759	- 607 132	- 460 841	- 584 459	- 310 963	- 123 708	- 84 230
	Bruto Volume (m ³)	215 230	212 981	588 383	263 821	2 376 361	1 483 835	1 427 492	1 131 075	201 015	247 434
2015-2014	Netto Volume (m ³)	64 732	61 536	242 850	125 785	629 807	217 723	- 135 000	749 285	- 40 476	108 299
	Sedimentatie (m ³)	146 872	143 333	412 000	210 014	1 186 223	780 739	451 112	955 383	73 663	195 407
	Erosie (m ³)	- 82 140	- 81 797	- 169 150	- 84 229	- 556 416	- 563 017	- 586 112	- 206 098	- 114 139	- 87 108
	Bruto Volume (m ³)	229 011	225 130	581 150	294 242	1 742 639	1 343 756	1 037 224	1 161 481	187 802	282 515

5.2.6 Deelzone F

Morfologische deelzone F betreft de oostelijke Plaat van Ossensisse en de Schaar van Ossensisse. De belangrijkste gesimuleerde morfologische veranderingen komen voor in de Schaar van Ossensisse, al zijn er ook delen aan de rand van de plaat die ophogen of erosie ondervinden. Met uitzondering van simulatie 16 voorspelt elk scenario netto aangroei. Die aangroei is algemeen het grootst in 2012 en neemt af tot 2014. De grootste netto aangroei wordt steeds waargenomen bij simulaties 11, 13, 13_ex en 14. Van deze simulaties voorspelt simulatie 13_ex in 2012 de grootste morfologische veranderingen met de grootste bruto volumeverandering. In 2014 is de bruto volumeverandering bij simulatie 14 nipt groter dan deze bij simulatie 13_ex. Simulatie 14 heeft tevens de minst grote netto aangroei van de vier scenario's, maar deze aangroei is nog steeds een stuk groter in vergelijking met overige simulaties. Van de vier simulaties kent simulatie 11 het laagste bruto volume. Dit is voornamelijk te wijten aan een laag erosievolume. Het volume aan sedimentatie ligt echter wel hoog wat vooral in 2012 een zeer grote netto volumeaangroei tot gevolg heeft. De laagste netto aangroei wordt gesimuleerd door de referentiesimulatie, op de voet gevolgd door de aangroei verwacht door simulatie 00_ex. De aangroei die simulatie 02, 10 en 19 verwachten is hoger dan deze voor de beide alternatieven van simulatie 00, maar lager dan deze voor simulatie 14. Simulatie 19 heeft in vergelijking tot de referentiesimulatie lagere erosievolumes, terwijl simulatie 10 iets meer sedimentatie kent. Voor simulatie 02 liggen zowel het erosie als het sedimentatievolume een stuk hoger, wat wijst op sterkere morfologische veranderingen. Simulatie 16 kent als enige netto volumeverlies, zij het heel beperkt. Dit netto volumeverlies is voornamelijk te wijten aan het lage sedimentatievolume. Het erosievolume ligt maar beperkt hoger dan dat van de referentiesimulatie.

Tabel 34: Berekende volumeverschillen van de gemodelleerde bathymetrie met de gemodelleerde bathymetrie van het voorgaande jaar voor morfologische deelzone F

Zone F	5 528 400 m ²	Simulaties									
Vershil	Parameter	Sim00	Sim00_ex	Sim02	Sim10	Sim11	Sim13	Sim13_ex	Sim14	Sim16	Sim19
2012-2011	Netto Volume (m ³)	- 2 282 589	- 2 314 536	- 1 796 113	- 2 095 383	- 1 105 580	- 1 367 981	- 1 194 028	- 1 630 131	- 2 579 801	- 2 103 930
	Sedimentatie (m ³)	299 927	279 159	660 983	352 300	3 286 880	1 603 259	2 042 914	1 180 385	328 876	328 500
	Erosie (m ³)	- 2 582 516	- 2 593 694	- 2 457 095	- 2 447 683	- 4 392 460	- 2 971 240	- 3 236 942	- 2 810 516	- 2 908 678	- 2 432 431
	Bruto Volume (m ³)	2 882 443	2 872 853	3 118 078	2 799 982	7 679 339	4 574 499	5 279 857	3 990 901	3 237 554	2 760 931
2013-2012	Netto Volume (m ³)	196 391	203 564	388 141	403 086	1 051 466	738 166	625 126	591 068	- 75 526	402 109
	Sedimentatie (m ³)	757 646	756 440	1 366 182	984 982	1 691 800	2 388 638	2 448 198	1 846 971	592 916	867 377
	Erosie (m ³)	- 561 255	- 552 876	- 978 040	- 581 897	- 640 334	- 1 650 472	- 1 823 072	- 1 255 904	- 668 443	- 465 267
	Bruto Volume (m ³)	1 318 902	1 309 316	2 344 222	1 566 879	2 332 134	4 039 110	4 271 270	3 102 875	1 261 359	1 332 644
2014-2013	Netto Volume (m ³)	63 082	71 484	256 229	227 798	559 961	824 248	742 883	575 555	- 166 799	256 404
	Sedimentatie (m ³)	630 437	643 118	1 107 484	859 583	1 026 631	1 457 342	1 651 237	1 382 634	436 958	739 329
	Erosie (m ³)	- 567 355	- 571 633	- 851 255	- 631 785	- 466 670	- 633 094	- 908 354	- 807 078	- 603 757	- 482 924
	Bruto Volume (m ³)	1 197 792	1 214 751	1 958 739	1 491 368	1 493 301	2 090 436	2 559 592	2 189 712	1 040 715	1 222 253
2015-2014	Netto Volume (m ³)	6 720	9 599	221 374	167 367	461 368	575 411	362 860	575 844	- 208 268	205 300
	Sedimentatie (m ³)	557 494	568 658	1 042 675	801 637	715 354	960 825	907 681	1 041 611	386 387	680 942
	Erosie (m ³)	- 550 774	- 559 060	- 821 302	- 634 270	- 253 986	- 385 414	- 544 821	- 465 767	- 594 654	- 475 642
	Bruto Volume (m ³)	1 108 268	1 127 718	1 863 977	1 435 907	969 340	1 346 239	1 452 502	1 507 379	981 041	1 156 584

5.3 Invloed van kalibratieconstante

Simulatie 00 werd in het eerdere onderzoek als referentiesituatie beschouwd. In het eerste jaar van de modellering (2010-2011) worden grote verschillen met de referentie bathymetrie waargenomen. Dit is toe te schrijven aan de morfologische inspeelperiode van het model omdat de forcering van het model afwijkt van de werkelijke forcering en zodoende de bodem in het model op korte termijn naar een nieuwe *evenwichtssituatie* gaat. Deze initiële veranderingen worden dan ook niet verder beschouwd. Daarnaast kan ook de aanwezigheid van harde lagen in de realiteit de morfodynamiek limiteren, wat in deze simulaties ook niet meegenomen is.

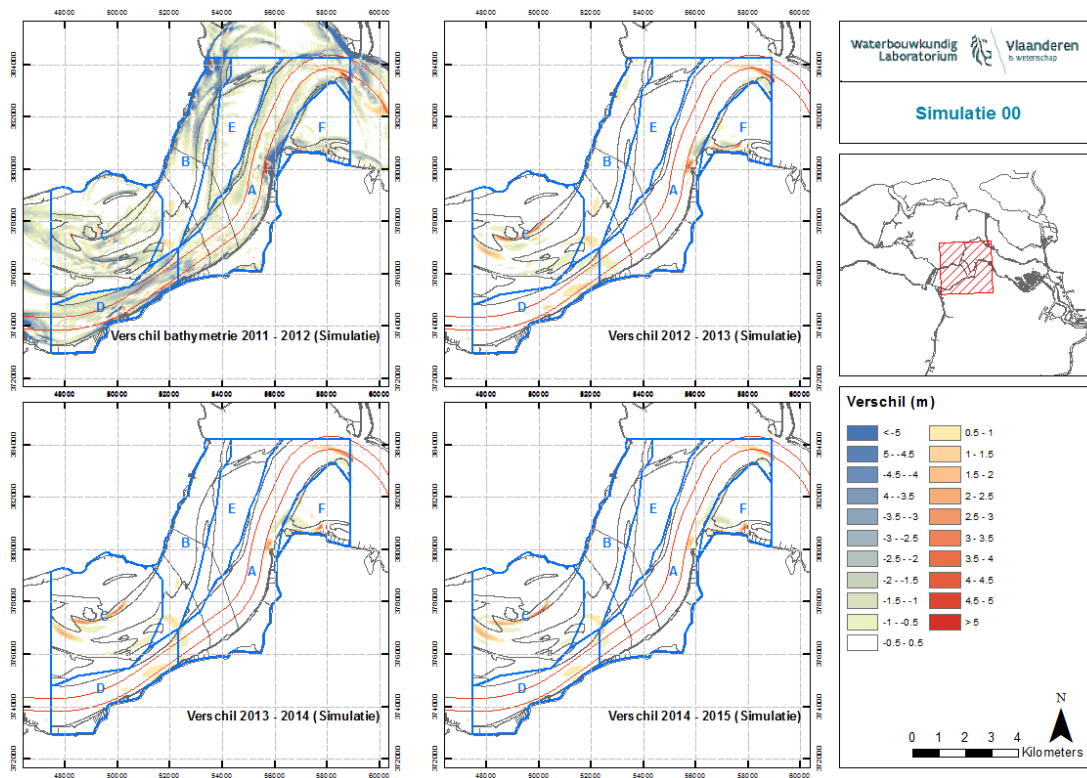
Vanaf 2012 draait het model stabiel en kunnen we uit de jaarlijkse resultaten de gemodelleerde processen afleiden. Belangrijk blijft om te realiseren dat in het model geen rekening wordt gehouden met de menselijke ingrepen die zich werkelijkheid wel voordoen.

Figuur 17 en Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vaklodging geven de evolutie van de morfologische processen van simulatie 00 per jaar. De door simulatie 00 gemodelleerde morfologische veranderingen situeren zich voornamelijk in de zone rond het drempelgebied van Everingen en in het Gat van Ossensisse, nabij de Nol van Ossensisse. Ze zijn het meest uitgesproken in de periode 2011-2012, nadien neemt de intensiteit van de veranderingen verder af. Mogelijks speelt het effect van de inspeelperiode nog een rol in de periode 2011-2012.

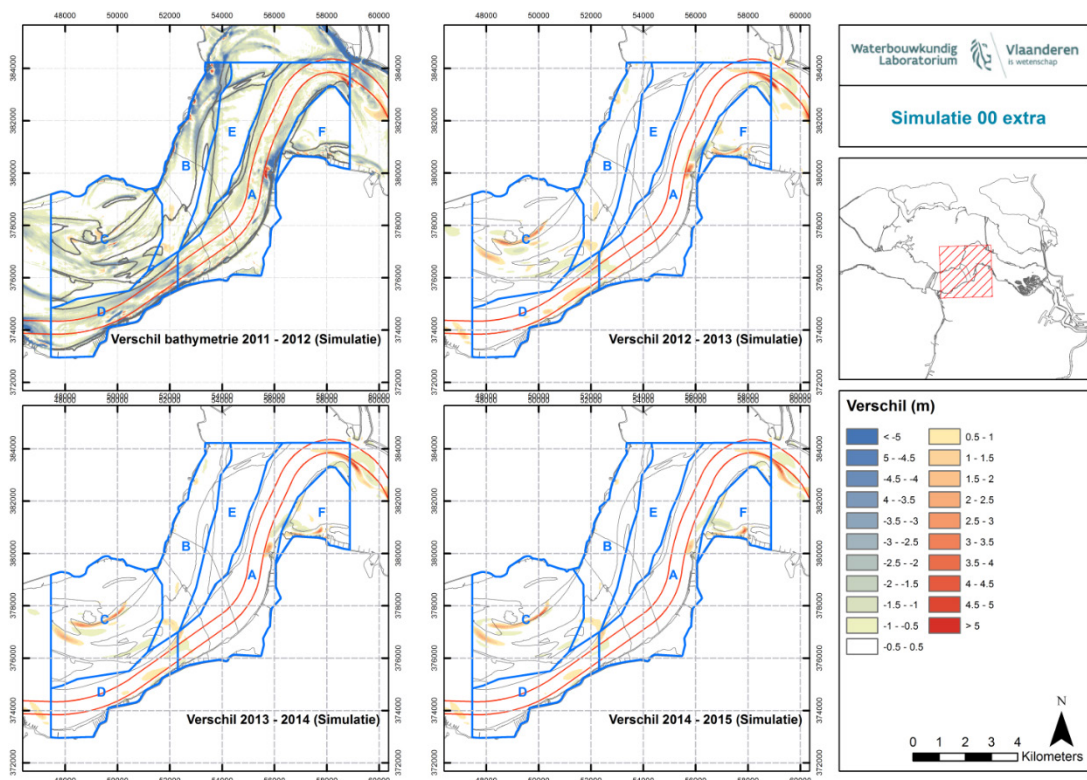
De zuidelijke uitloper van de Plaat van Baarland hoogt op en wordt verder uitgebouwd in zuidelijke en westelijke richting door de opening van de Uitloper van de Everingen. Het oostelijke deel van het plaatje tussen de Schaar van Baarland en het Straatje van Willem hoogt op. Het Straatje van Willem en bijbehorend plaatje migreren tussen 2012 en 2015 verder in oostelijke en zuidelijke richting. Hierdoor komt aan de noordelijke flank van de hoofdgeul lokaal een zone van sedimentatie voor. De diepe delen in de hoofdgeul ter hoogte van de Inloop van Ossensisse worden minder diep, terwijl de slikken en schorren ten zuiden hiervan in het model erosie ondervinden.

In de tweede zone, rond de oostelijke Plaat van Ossensisse, verwacht modelscenario 00 opvulling van de diepe put ter hoogte van de Nol van Ossensisse. Dit is het gevolg van het ontbreken van de Nol in het model. De Schaar van Ossensisse wordt breder in noordelijke richting, het zuidelijke diepe deel van de Schaar wordt minder diep.

Figuur 18 en Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vaklodging geven de evolutie van de morfologische processen van simulatie 00 extra per jaar. Het verhogen van de kalibratieparameter (0,1 => 1) heeft een minimale invloed op de sedimentatie-erosiepatronen in het beschouwd gebied. De beperkte wijzigingen werden reeds eerder vastgesteld en wijken af van wat verwacht wordt, nl. dat de sedimenttransporten aanzienlijk zouden moeten toenemen bij een hogere waarde. Verder onderzoek hierrond is wenselijk.



Figuur 17: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 00



Figuur 18: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 00 extra

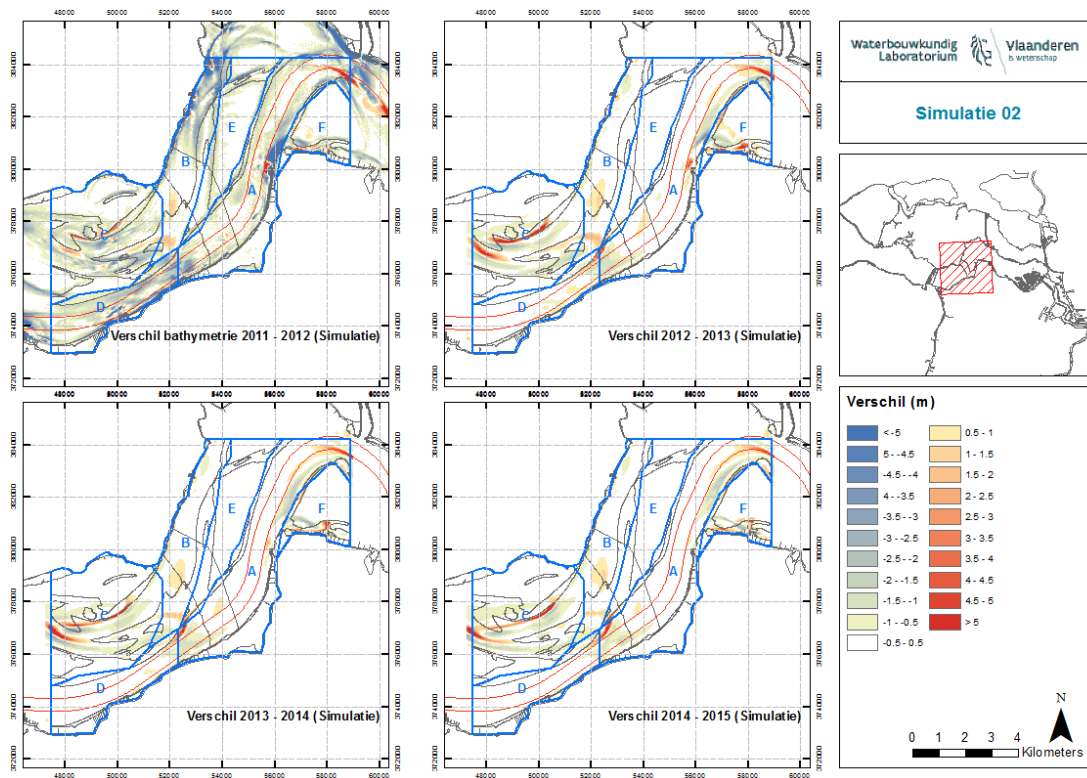
5.4 Invloed van de mediane korrelgrootte

Simulatie 02 verschilt van de referentiesituatie door een lagere d_{50} , nl. $100\ \mu\text{m}$ in de plaats van $200\ \mu\text{m}$. Bij Simulatie 13 extra werd een hogere d_{50} ($300\ \mu\text{m}$) gekozen. Figuur 19, Figuur 20 en Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vakloding geven de evolutie van de morfologische processen van beide simulaties weer per jaar. Ook hier wordt de initiële stabilisatie tijdens het eerst modelleringsjaar niet in rekening gebracht.

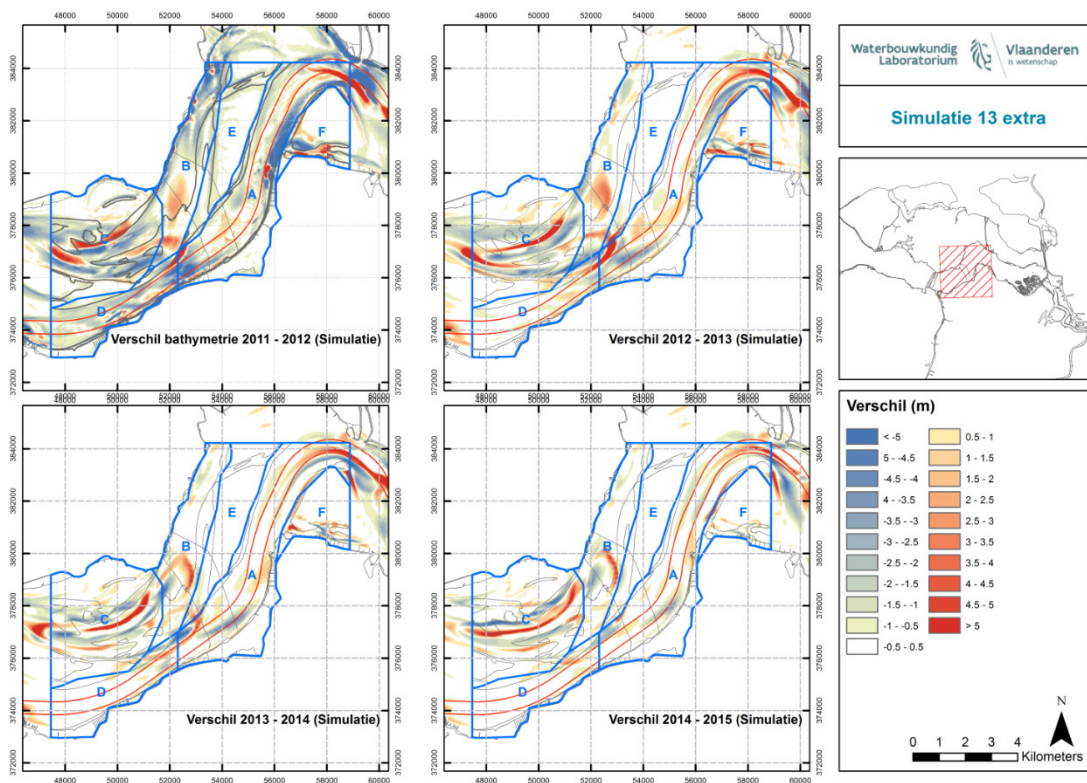
Na de stabilisatie van het model in het eerste jaar vertoont modelsimulatie 02 gelijkaardige veranderingen als de referentiesimulatie, enkel is de grootte van de verschillen een stuk groter. De veranderingen concentreren zich in de zone rond het drempelgebied van de Everingen en de Overloop van Hansweert. Door de grotere morfologische veranderingen, is het gebied waarin deze “zichtbaar” (i.e. meer dan $50\ \text{cm/jaar}$) optreden groter dan bij de referentie. Dit is vooral zichtbaar ter hoogte van de westrand van de Platen van Ossenissee (oost).

Op merkelijk is dat ook bij het verhogen van de d_{50} (simulatie 13 extra) de morfologische veranderingen sterker zijn dan bij de referentiesimulatie. Aangezien in de formule van Engelund-Hansen (zie § 2.2) het sedimenttransport omgekeerd evenredig is met de mediane korrelgrootte (d_{50}), zou het verhogen van de d_{50} aanleiding moeten geven tot lagere sedimenttransporten. Blijkbaar resulteert dit alsnog in sterkere morfologische veranderingen. De patronen zijn initeel gelijkaardig aan deze van de referentiesimulatie, echter na 2013 treden er verschillen: aan de westrand van de Platen van Ossenissee (oost) is er initieel (2011-2013) erosie, terwijl deze zone stabiel is in de laatste jaren van de simulatieperiode (2013-2015). Ook in de Inloop van Ossenissee (grens tussen gebied A en D) is er initieel erosie, terwijl het in de laatste 2 jaren stabiel is.

Een verdere analyse van de modelresultaten, met name de variatie doorheen de tijd van de gemodelleerde sedimenttransporten is wenselijk. Dit is in dit onderzoek niet opgepakt omdat de focus op de morfologische verandering lag, maar is zeker een aspect dat verder onderzocht dient te worden.



Figuur 19: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 02



Figuur 20: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 13 extra

5.5 Invloed van sediment transportformule

Voor simulatie 11 werd gebruik gemaakt van de 'van Rijn' sedimenttransportformule (van Rijn, 1993) in de plaats van de formule van Engelund-Hansen. Simulatie 13 hanteerde dan weer de formule van Bijker voor het modelleren van het sedimenttransport. Figuur 21 (sim 11), Figuur 22 (sim 13) en Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vakloding geven de evolutie van de morfologische processen van simulatie 11 per jaar. De morfologische veranderingen tijdens het eerste jaar worden hier buiten beschouwing gelaten, aangezien deze ook voor een belangrijk deel worden beïnvloed door de initiële stabilisatie van het model.

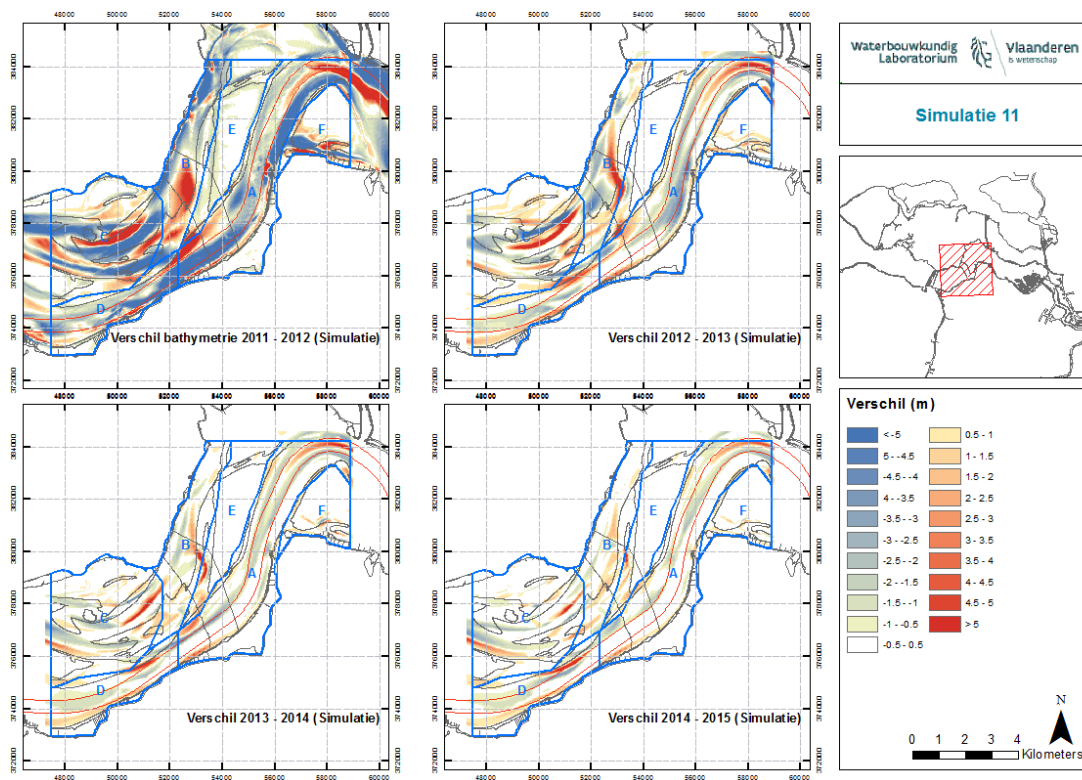
Het veranderen van de gebruikte sedimenttransport formule blijkt een belangrijke invloed te hebben op de gemodelleerde morfologische veranderingen. De gemodelleerde evoluties geven aanleiding tot een morfologie die sterk afwijkt van de aanvangssituatie en van de referentiesimulatie 00.

Bij het gebruik van de formule van van Rijn, breekt de Uitloper van de Everingen door de Plaat van Baarland heen en sluit in het oosten aan op de Pas van Baarland, waardoor het zuidelijke deel van de Plaat van Baarland nu een afzonderlijk plaatje vormt. In de daarop volgende jaren wordt dit geultje verder uitgediept en breidt het plaatje ten zuiden ervan uit in zuidelijke en oostelijke richting, het westelijke deel van dit plaatje ondervindt erosie. De Plaat van Baarland zelf hoogt op, onder meer door sedimentatie in de Geul van Baarland. Door de doorbraak neemt het belang van de Schaar van Baarland initieel af en werd het smaller door sedimentatie aan de flanken van de omliggende plaatjes. Door erosie van het westelijke deel van het plaatje ten noorden van de Schaar, neemt de instroom vanuit de Everingen na verloop van tijd opnieuw toe en ondervindt de zuidelijke flank van de geul erosie. De Everingen zelf worden ook sterk dieper. Het plaatje ten zuiden van de Schaar van Baarland was reeds bij de initiële stabilisatie in het eerste modelleringsjaar sterk vervormd. Het was langer, hoger en smaller geworden en had zich verplaatst in oostelijke richting. Het plaatje werd tijdens het eerste modelleringsjaar opgedeeld in drie kleinere plaatjes en een vierde plaatje was gevormd ter hoogte van de Hoek van Baarland net ten zuiden van de Pas van Baarland. In de daaropvolgende jaren blijven de twee meest westelijke plaatjes ter plaatse en smelten ze samen. De zone tussen deze nieuw samengestelde plaat en de eerder gevormde plaatjes ten zuiden van de Pas van Baarland, die verder oostwaarts migreren, hoogt op. Het meest zuidelijke plaatje dat na de initiële stabilisatie ontstaan was migreert verder in oostelijke richting en maakt de aansluiting met de Rug van Baarland door middel van een langgerekte ondiepe zone. Tussen deze twee oost-west gericht ondiepe zones ontstaat een dieper geultje die de aansluiting maakt vanuit het Straatje van Willem in de richting van het Middelgat. De Pas van Baarland en het Middelgat worden beiden dieper en rechter, en liggen nu vlak tegen de noordelijke oever van de Westerschelde aan. Ten zuidoosten van de kleine plaatjes in het Drempelgebied van Everingen migreert het Straatje van Willem mee in oostelijke richting. De oostelijke Middelpaat kan zich zo verder uitbreiden in oostelijke richting, vervolgens hoogt de oostelijke Middelpaat ook op. De overgang van de Everingen naar het Straatje van Willem wordt sterk dieper. Ook ter hoogte van de monding van het Straatje in de hoofdgeul komt erosie voor. In de hoofdgeul zelf overheerst erosie in het centrale deel.

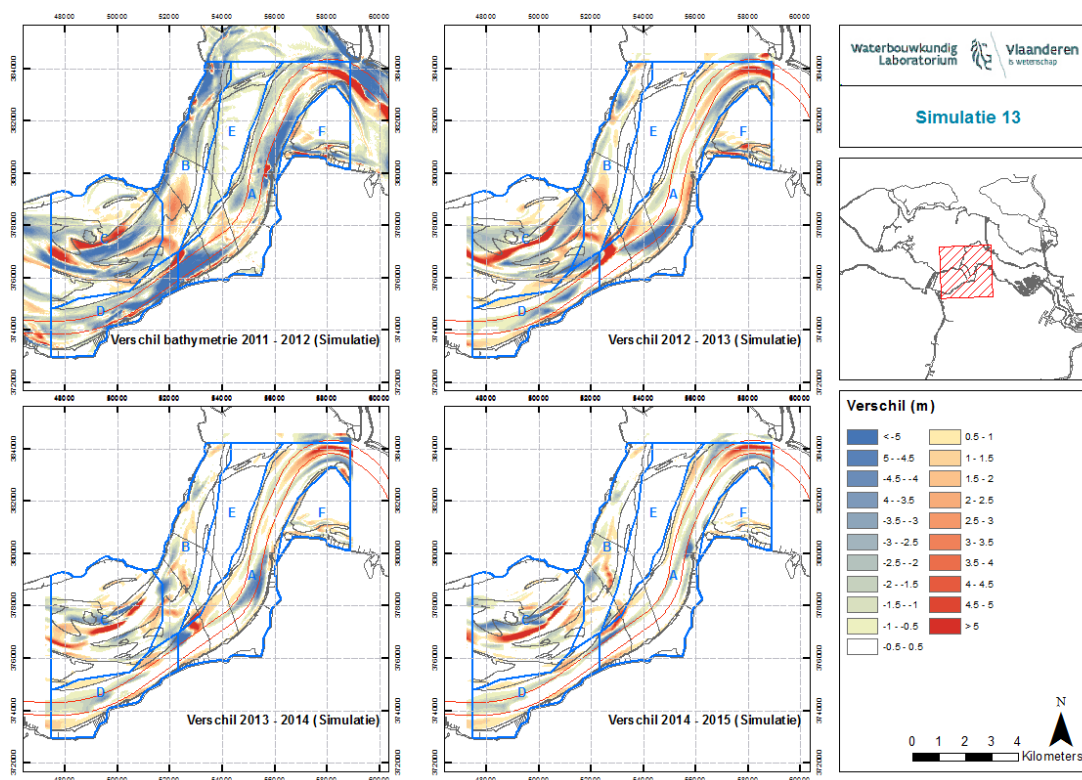
Ook de bestaande diepe delen ter hoogte van de Inloop van Ossensisse en de Nol van Ossensisse worden dieper. De zuidelijke flank daarentegen ondervindt aanzanding, net zoals de westelijke flank ter hoogte van het platencomplex Rug van Baarland/westelijke Plaat van Ossensisse/Molenplaat. Enkel ter hoogte van de diepe put van Hansweert kent de hoofdgeul centraal sedimentatie. De binnen- en buitenrand van de hoofdgeul eroderen wel nog. Het gevolg hiervan is dat de hoofdgeul in deze bocht in twee parallelle delen splitst, een noordelijk deel, met de diepe put, dat verder loopt in de Schaar van Waarde, en een zuidelijke deel dat aansluit op de sterk ondieper geworden Drempel van Hansweert via een geultje tussen het oostelijke en het westelijke deel van de oostelijke Plaat van Ossensisse. Het oostelijke deel van deze plaat hoogt op.

De Schaar van Ossenisse wordt over de gehele lengte dieper en aan het westelijk uiteinde ook breder in noordelijke richting.

Ook het gebruik van de formules van Bijker geeft aanleiding tot een aantal verschillen. De Uitloper van de Everingen gaat verder open. In tegenstelling tot de richting bij de referentiesimulatie volgt de Uitloper hier niet de noordelijke oever van de Westerschelde maar ontwikkeld deze zich verder in het verlengde van de Everingen. Hierbij steekt de Uitloper van de Everingen het zuidelijke deel van de Plaat van Baarland door tot in de Schaar van Baarland. Het afgesneden plaatje ten zuiden van de Uitloper migreert doorheen tijd verder in zuidelijke richting en zorgt ervoor dat zowel het westelijke deel van de Schaar van Baarland als het westelijke deel van het Straatje van Willem smaller worden en deze twee geulen verder in zuidelijke richting worden gedwongen. Naarmate dit proces vordert wordt de connectie tussen de Uitloper van Everingen en de Schaar van Baarland steeds breder en dieper. Naar het noordoosten toe gaat de Schaar van Baarland over in de Pas van Baarland, en nog verder oostwaarts in het Middelgat. Zowel de Pas van Baarland als het Middelgat worden dieper en concentreren zich meer langs de noordelijke oever van de Westerschelde. Dit zorgt ervoor dat er ruimte vrijkomt ten zuiden van deze nevengeul. In deze ruimte komt aanzanding voor en ontwikkeld zich een plaatje ten zuiden van de Hoek van Baarland. De kleine plaatjes die zich initieel tussen de Schaar van Baarland en het Straatje van Willem bevonden migreren in oostelijke richting en worden verbonden met het nieuwe plaatje ten zuiden van de Pas van Baarland en de Rug van Baarland door ondiepe delen. Het Straatje van Willem migreert mee in oostelijke richting en mondt uit in de hoofdgeul. Hierdoor komt ten westen van het Straatje ruimte vrij voor de oostwaartse uitbreiding van de oostelijke Middelplaat. Doorheen de tijd wordt de Middelplaat ook hoger. De hoofdgeul van de Westerschelde kent sterke erosie ter hoogte van het studiegebied. De diepe delen ter hoogte van de Inloop en de Nol van Ossenisse nemen sterk in omvang toe en de ondiepe drempel te hoogte van het Gat van Ossenisse verdwijnt. De zuidelijke flank van de oostelijke Middelplaat ondervindt erosie, terwijl de zuidoostelijke flank van het platencomplex Rug van Baarland/westelijke Plaat van Ossenisse/Molenplaat aanzanding kent. Ook de buitenbocht ter hoogte van de Inloop van Ossenisse en het Gat van Ossenisse groeien aan, terwijl ter hoogte van de oostelijke Plaat van Ossenisse erosie voorkomt aan de binnenbocht. Het gevolg van deze zones van erosie en sedimentatie is dat de flanken van de hoofdgeul doorheen de tijd steiler worden. Ter hoogte van de Bocht van Hansweert ontstaat centraal in de hoofdgeul een ondiep deel, welke in oostelijke richting aansluit op de Plaat van Walsoorden. Deze ondiepte zorgt voor een opdeling van de hoofdgeul in een noordelijke arm en een zuidelijke arm. De noordelijke arm bevat de Put van Hansweert en gaat naar het oosten toe over in een sterk verdiepte Schaar van Waarde, de zuidelijke arm is een stuk minder diep en sluit via een geultje door het oostelijke deel van de oostelijke Plaat van Ossenisse aan op de hoofdgeul bij Walsoorden. Ten zuiden van de zuidelijke arm komt een zone voor van sedimentatie op de oostelijke Plaat van Ossenisse, de plaat hoogt dan ook sterk op. De Schaar van Ossenisse wordt dieper en breidt zich aan het westelijke uiteinde ietwat uit in noordelijke richting. De oostelijke Plaat van Ossenisse direct ten noorden van de Schaar kent sterke ophoging.



Figuur 21: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 11

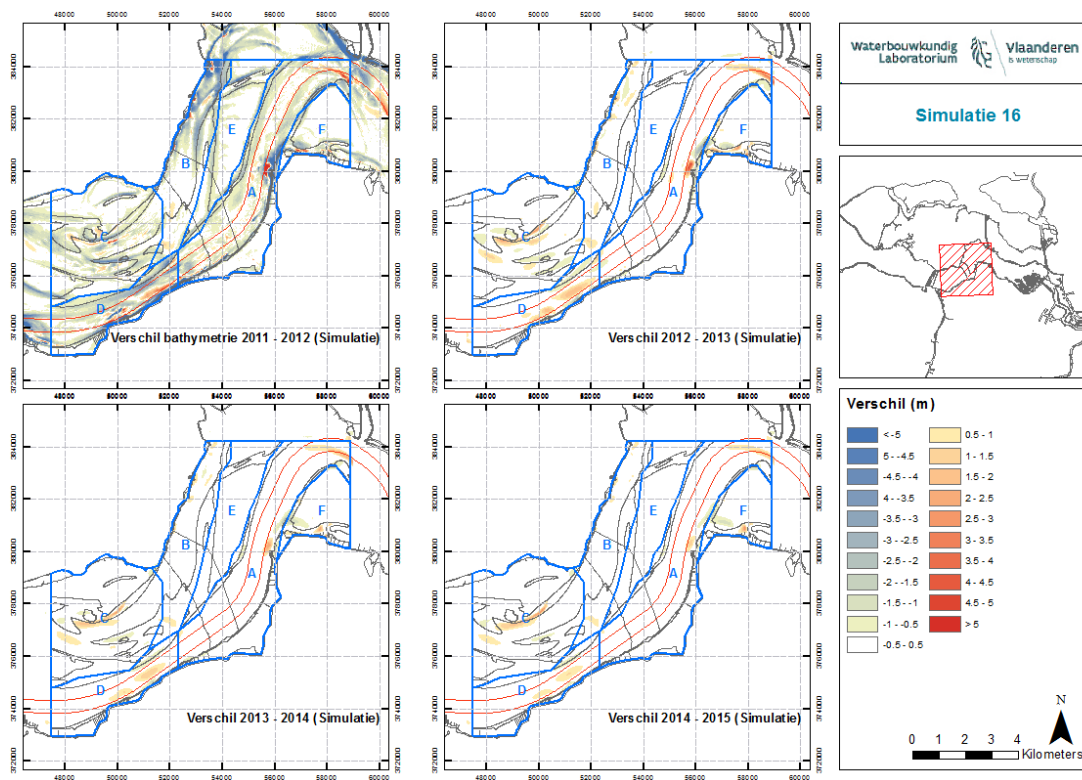


Figuur 22: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 13

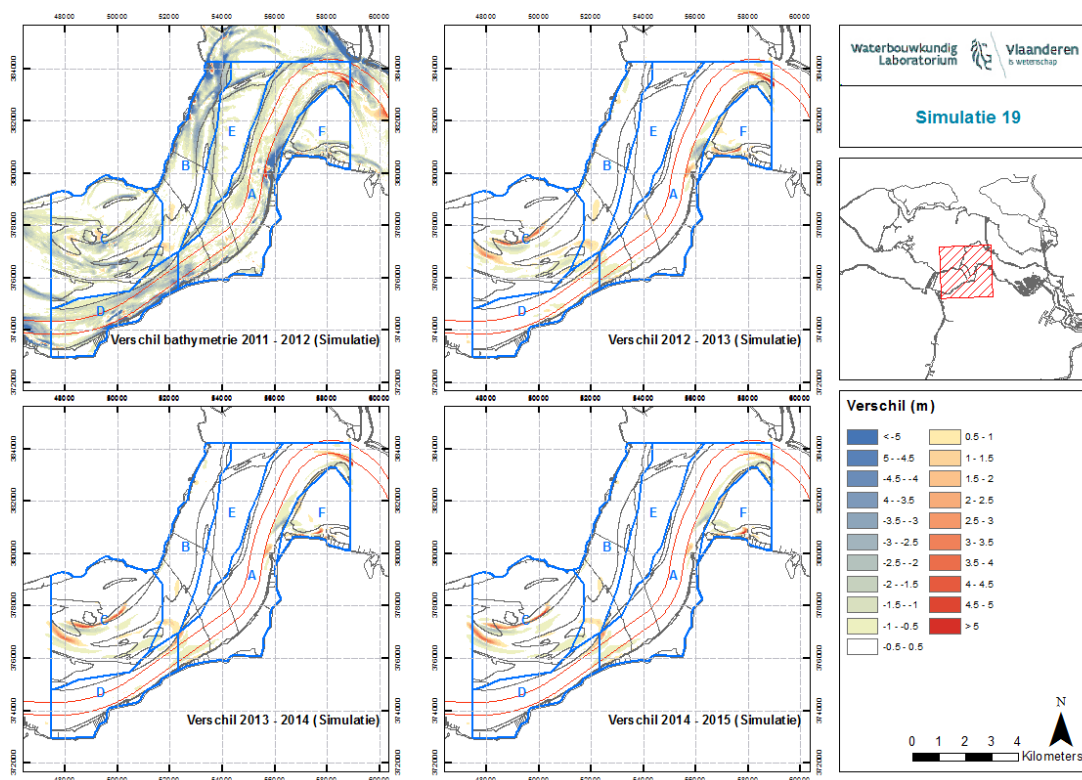
5.6 Invloed van bodemhelling-parameter

Simulatie 16 en 19 verschillen van de referentiesimulatie door een aangepaste (resp. factor 10 verkleind en vergroot) bodemhellingparameter α_{bn} . Figuur 23, Figuur 24 en Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vaklodging geven de evolutie van de morfologische processen weer per jaar.

De morfologische veranderingen voor beide scenario's zijn zeer gelijkaardig met deze uit het referentiescenario. De sedimentatie-erosiepatronen komen voor op quasi dezelfde locaties, terwijl ook de intensiteit van de veranderingen gelijkaardig zijn. Het reduceren van bodemhelling-parameter (sim 16) zorgt voor een zeer kleine reductie van de sedimentatie en erosie, terwijl het verhogen van bodemhelling-parameter (sim 19) zorgt voor een zeer kleine toename. Al bij al blijft de invloed van deze parameter om de morfologische ontwikkeling minimaal.



Figuur 23: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 16



Figuur 24: Jaarlijkse gemodelleerde morfologische verschillen voor simulatie 19

6 Inspeleffecten in het eerste jaar

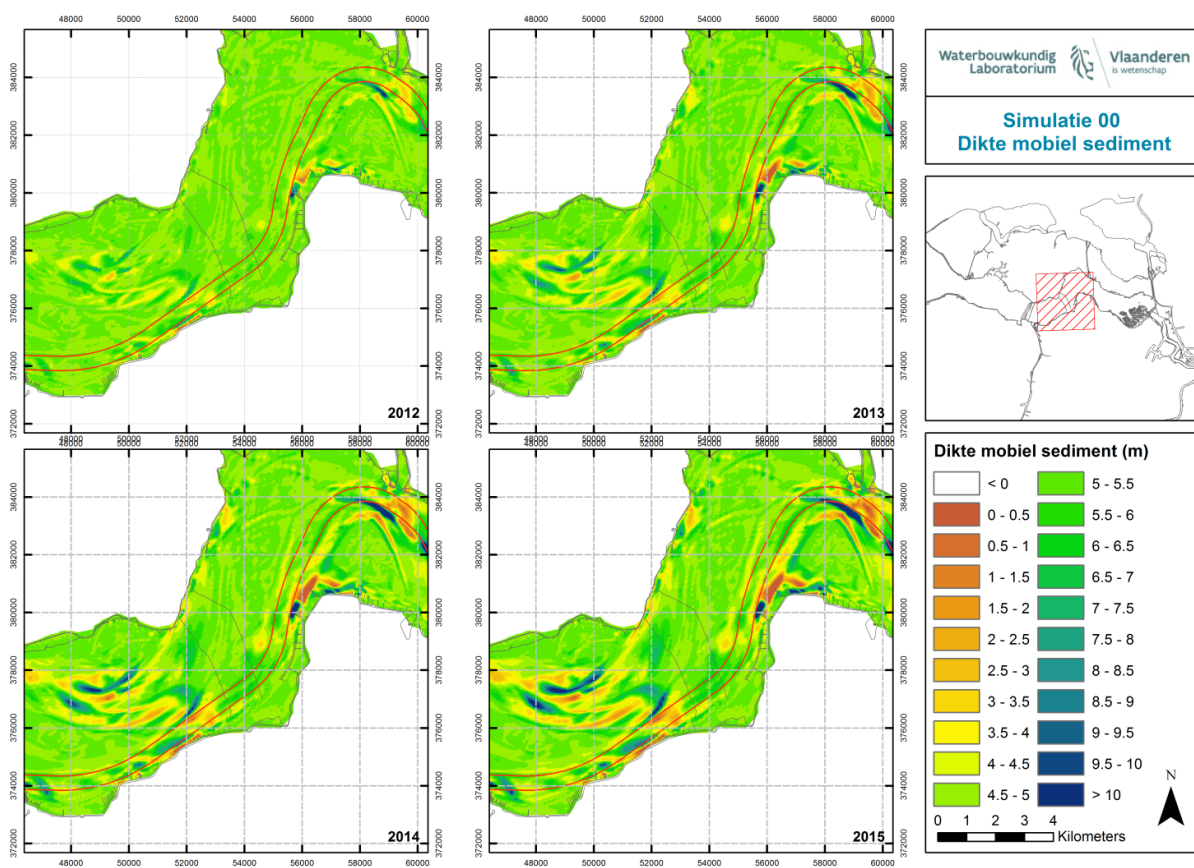
In het numerieke model wordt de vakloding van 2011 als initiële modelbodem opgelegd. Aangezien de waterbeweging en de morfologie in het model niet in evenwicht zijn, zal het model initieel sterke morfologische veranderingen simuleren. Dit komt tot uiting in Tabel 35, waarin voor elke macrocel, voor zowel de eb- als vloedgeul, de gemodelleerde volumeveranderingen per jaar zijn weergegeven. Gedurende het eerste jaar liggen de gemodelleerde volumeveranderingen meer dan een factor 1000 (ca. 297 Mm³ in 2011-2012 vs. gemiddeld 0,23 Mm³/jaar over 2012-2015) hoger dan in de daaropvolgende jaren.

Gedurende het eerste jaar van de simulatie verdwijnt in alle beschouwde scenario's een groot volume aan sediment uit het referentiegebied. Dit volumeverlies is het gevolg van de initiële stabilisatie van het model die de beginsituatie, de vakloding van 2011, niet als een stabiele morfologie beschouwd. Wellicht is dit het gevolg van een te hoge gemodelleerde snelheid. Mogelijks is dit gerelateerd aan het type (waterstandsrand) van afwaartse randvoorwaarde, al zal dit proces waarschijnlijk ook bij een ander type randvoorwaarde (snelheidsrand) optreden.

Tabel 35: Berekende volumeveranderingen per macrocel per jaar voor de referentiesimulatie 00

Simulatie 00	Netto Volume (m ³)					
	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2011-2015	2012-2015
1-vloed	-17 035 361	838 659	838 533	840 950	-14 517 220	2 518 142
1-eb	-44 367 810	- 504 355	- 591 488	- 679 363	-46 135 133	-1 775 205
MC1	-61 403 172	334 304	247 045	161 587	-60 652 353	742 936
2-vloed	-28 496 477	- 24 639	- 33 849	- 26 792	-28 578 302	- 85 281
3-vloed	-34 041 272	- 488 920	- 397 185	- 384 715	-35 317 439	-1 270 820
3-eb	-42 414 060	59 311	89 356	105 761	-42 141 783	254 427
MC3	-76 455 332	- 429 609	- 307 829	- 278 954	-77 459 222	-1 016 393
4-vloed	-21 899 658	- 374 430	- 362 512	- 366 052	-23 002 420	-1 102 994
4-eb	-23 967 104	453 783	301 569	244 042	-22 964 045	999 394
MC4	-45 866 762	79 353	- 60 943	- 122 010	-45 966 465	- 103 600
Put Walsoorden	-5 555 666	177 595	153 994	141 960	-5 021 792	473 548
5-vloed	-13 917 007	323 347	354 980	392 551	-12 848 384	1 070 878
5-eb	-25 666 146	- 891	- 20 916	- 22 712	-25 710 371	- 44 518
MC5	-39 583 153	322 457	334 064	369 839	-38 558 755	1 026 360
6-vloed	-1 704 902	16 902	48 166	75 559	-1 564 274	140 628
6-eb	-12 433 942	50 048	22 223	- 3 620	-12 365 293	68 651
MC6	-14 138 844	66 950	70 389	71 940	-13 929 567	209 279
7-vloed	-6 175 177	- 25 001	- 23 436	- 25 358	-6 249 116	- 73 795
7-eb	-8 613 722	- 68 720	- 57 314	- 42 024	-8 781 765	- 168 058
MC7	-14 788 899	- 93 721	- 80 750	- 67 381	-15 030 882	- 241 852
Verdronken Land	-11 002 191	46 247	40 806	40 277	-10 871 394	127 330
Westerschelde	-297 290 497	478 936	362 927	290 465	-296 068 731	1 132 328

Bijkomend dient ook rekening gehouden te worden met de beperkte dikte van de mobiele sedimentlaag. Deze werd vastgelegd op 5 meter en is in sommige zones reeds tijdens het eerste modelleringsjaar volledig geërodeerd (Figuur 25). Voor de referentiesimulatie betreft het een zone aan de geulwand ten westen van de Platen van Hulst en de zone direct opwaarts van de Nol van Ossensisse. In de daarop volgende jaren verdwijnt de mobiele sedimentlaag ook ter hoogte van de Put van Hansweert, en in enkele delen van het Drempelgebied van de Everingen.



Figuur 25: Evolutie van de dikte van het mobiele sediment bij simulatie 00

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

In het kader van de Agenda voor de Toekomst werd een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd rond de invloed van bepaalde modelparameters op het sedimenttransport en de morfologische veranderingen. In voorliggende rapport werd het effect van deze parameters op de reproduceerbaar van gemeten morfologische veranderingen in de Westerschelde (periode 2011-2015) door middel van het numerieke NeVla-model onderzocht.

Algemeen wijken de resultaten, binnen het focusgebied tussen Terneuzen en Hansweert, van de verschillende modelscenarios sterk af van de werkelijke evolutie in de Westerschelde. Menselijke ingrepen (bagger- en stortwerkzaamheden) werden in de simulaties niet meegenomen, maar deze kunnen deze afwijkingen slechts voor een deel verklaren.

De verschillen tussen de modelresultaten en de werkelijkheid zijn voor alle modelsimulaties het kleinst in 2012 en nemen toe tot 2015. Het initiële volumeverlies in 2012 is voor alle modelscenarios echter een stuk groter dan de verdere afname tot 2015. Het grote tekort in het eerste jaar van de modelsimulaties wijst erop dat het model de vakloding van 2011, die als uitgangssituatie wordt gebruikt, niet als een evenwicht beschouwt. Het model simuleert sterke erosie om in balans te geraken. Het initiële volumeverlies binnen het focusgebied van de gemodelleerde bathymetrie ten opzichte van de werkelijke bathymetrie bedraagt ca. 55 Mm³ bij de referentiesimulatie 00 en is het grootst bij de simulatie (bijna 60 Mm³) waar de formule van van Rijn gebruikt werd voor het berekenen van het sedimenttransport. Over de totale Westerschelde bedraagt het initieel volumeverschil voor het eerste jaar bijna 300 Mm³.

De daarop volgende jaren lopen de modelresultaten en de werkelijkheid voor alle modelsimulaties steeds verder uit elkaar. Dit valt duidelijk af te leiden uit de toenemende verschilvolumes voor erosie en sedimentatie. Netto blijft de toename van het gemodelleerde volumeverlies tussen 2012 en 2015 beperkt (ca. 2,4 Mm³ bij de referentiesimulatie 00). Hierbij kan opgemerkt worden dat deze netto-verschillen aanzienlijk kleiner zijn dan de menselijke ingrepen in dit gebied, waarbij ca. 16 Mm³ specie gestort werd over de periode van 5 jaar, terwijl er ca. 7,2 Mm³ gebageerd werd (netto werd in de realiteit dus 8,8 Mm³ sediment toegevoegd aan het studiegebied).

Zoals te verwachten zijn de verschillen tussen de gemodelleerde bathymetrie en de vaklodingen het grootst in de zones die blootgesteld worden aan de meest intense hydrodynamische condities. Op de hoge delen van de platen, boven +2 m TAW, blijft de situatie doorheen de tijd nagenoeg stabiel en zijn de afwijkingen van de modelresultaten ten opzichte van de werkelijke bathymetrie gering. In de zones met een meer gematigd hydrodynamisch milieu verwacht het model reeds in het eerste jaar een algemene verdieping van maximaal 1 m ten opzichte van de realiteit. Dit is het gevolg van het zoeken naar een evenwicht en geeft mede aanleiding tot de grote initiële volumeverlies. Verder heeft het model het moeilijk met laterale verplaatsingen van geulen en ondiepe platen. In de plaats heeft het de neiging om de geulen te fixeren en deze verder te verdiepen terwijl de ondiepe delen worden opgehoogd tot op plaatniveau.

In de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse blijkt de invloed van de kalibratieparameter en de bodemhelling-parameter op de gemodelleerde morfologische veranderingen eerder beperkt te zijn. Wel is er een belangrijke invloed van de mediane korrelgrootte (d50) en de gehanteerde sedimenttransport formule op de gemodelleerde morfologische veranderingen. Opmerkelijk is dat zowel een verhoging (300 μ m) als een verlaging (100 μ m) van de d50 aanleiding geeft tot modelresultaten die sterker verschillen van de realiteit.

Door het gebruik van de formules van van Rijn voor het berekenen van het sedimenttransport heeft tot gevolg dat de mobiliteit van het sediment hoger wordt ingeschat, dat er meer erosie optreedt en dat een groter deel van deze geërodeerde sedimenten niet terug wordt afgezet in het beschouwde gebied. Dit geeft aanleiding tot grotere verschillen met de werkelijke evolutie van het studiegebied in vergelijking met verschillen voor de referentiesimulatie waar de sedimenttransportformule van Engelund-Hansen werd gebruikt.

Tenslotte werd ook het effect van een 3D-simulatie (2 lagen) en een gewijzigde ruwheidscoëfficiënt onderzocht. Deze scenario's hebben niet enkel een invloed op het sedimenttransport, maar beïnvloeden ook de waterbeweging. Het verhogen van de Manning-coëfficiënt geeft aanleiding tot een groter verschil tussen de modelresultaten en de werkelijke bathymetrie. De complexe interactie tussen de keuze van Manning-coëfficiënt, de waterbeweging en het sedimenttransport (zowel via de waterbeweging als direct via de sedimenttransport formule), maakt de interpretatie van dit scenario zeer moeilijk. Het toevoegen van een derde dimensie aan het modelgrid heeft een zeer beperkt positief effect op de modelresultaten. Het berekende volumeverlies is ietwat kleiner dan deze voor de referentiesimulatie, maar de langere rekentijd voor de 3D-simulatie betekent dat deze kleine verbetering niet opweegt ten opzichte van de toename in rekentijd.

7.2 Aanbevelingen

In voorliggend onderzoek is gebruik gemaakt van eerder onderzoek in het kader van de Agenda voor de Toekomst. De vergelijking van de gemodelleerde topo-bathymetrieën met de gemeten morfologische veranderingen, geeft zeer grote verschillen, die zich vooral in de inspeelperiode (eerste jaar) manifesteren. Het verdient de aanbeveling om verder onderzoek te doen naar de oorzaken van de sterke aanpassingen van het model tijdens deze inspeelperiode en in welke mate de aangepaste topo-bathymetrie na 1 jaar nog representatief is voor de reële situatie, zowel op vlak van waterbeweging als morfologie.

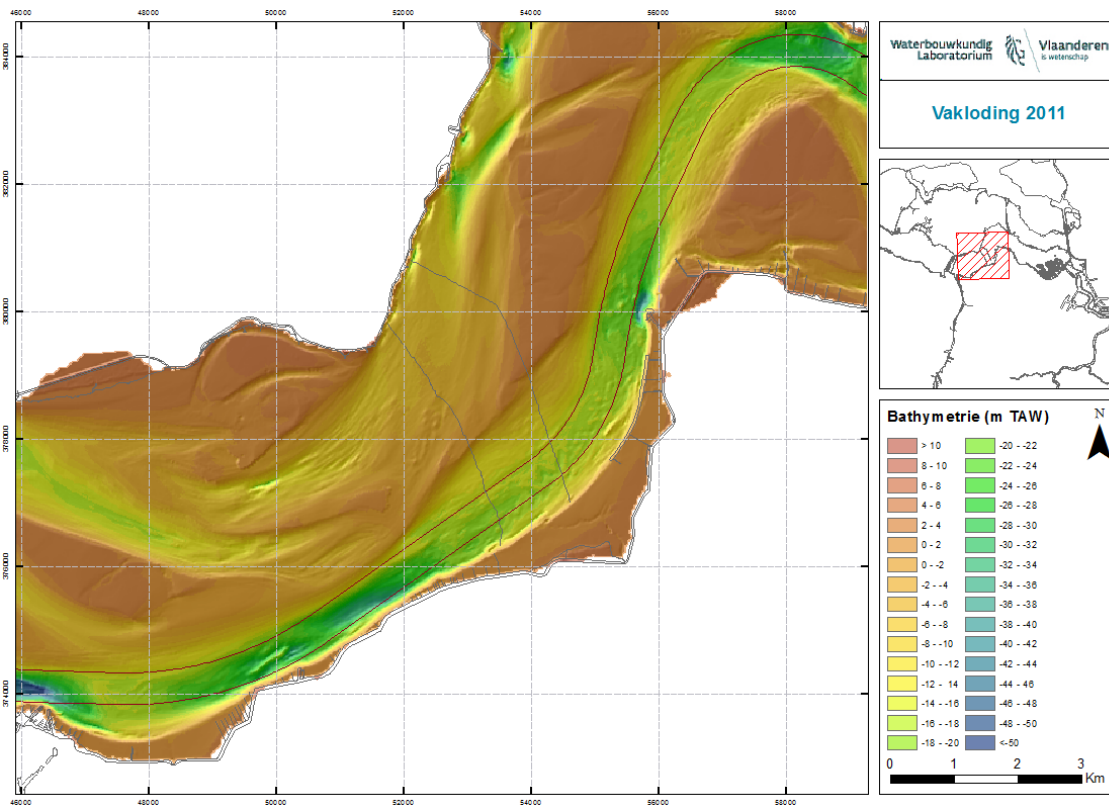
Het vergelijken van gemeten en gemodelleerde bathymetrieën houdt niet expliciet rekening met de onderliggende processen, nl. de waterbeweging en het sedimenttransport. Het NeVla-model werd globaal gekalibreerd en gevalideerd voor de waterbeweging in het Schelde-estuarium, maar de hoeveelheid beschikbare stromings- en sedimenttransportmetingen, zijn beperkt. Indien de ambitie bij beheerders aanwezig blijft om te kunnen beschikken over een betrouwbaar morfologisch model, zullen aanvullende metingen van zowel stroming (eg. ADCP-punt en varende metingen) als sedimenttransport (bij voorkeur ook directe metingen waarbij informatie over de sedimentkarakteristieken ingewonnen wordt) nodig zijn.

Tenslotte blijft het cruciaal dat beheerders en beleidsmakers, maar ook onderzoekers zich bewust blijven van de beperking van dergelijke morfologische modellen. Een gecombineerde aanpak van numerieke modellen, fysische schaalmodel en terreinmetingen, met interpretatie van de resultaten door experts, de vooropgestelde manier moet blijven voor het uitvoeren van toekomstig onderzoek.

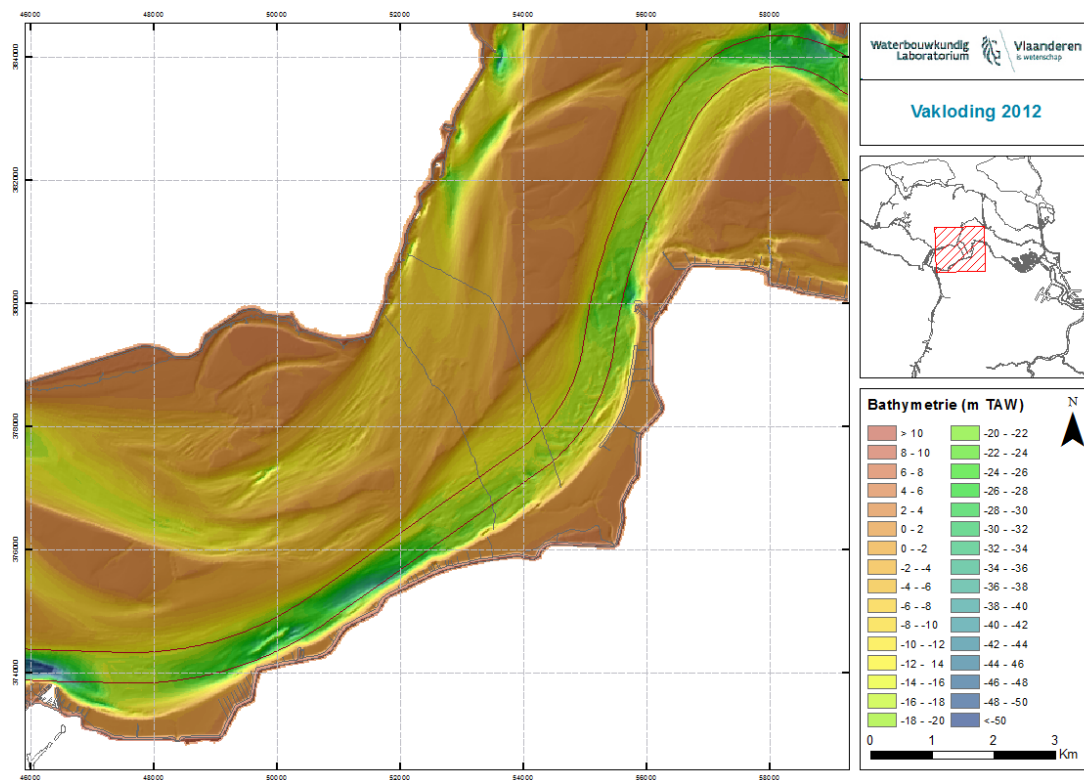
8 Referenties

- Bijker, E.W.** (1971). Longshore transport computation. *J. Waterw. Harb. Div. 97(WW4)*: 687--701
- Engelund, F.; Hansen, E.** (1967). A monograph on sediment transport in alluvial streams: Copenhagen, Denmark. 63 pp. Available at: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:81101b08-04b5-4082-9121-861949c336c9?collection=research>
- Maximova, T.; Ides, S.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2009). Verbetering randvoorwaardenmodel: deelrapport 4. Extra aanpassingen in de Zeeschelde. *WL Rapporten, 753_09*. Flanders Hydraulics Research: Antwerp
- Meire, D.; Plancke, Y.; De Maerschalck, B.; Mostaert, F.** (2019). Agenda voor de toekomst - Morfologie Mesoschaal: deelrapport 3. Gevoeligheidsanalyse voor morfologische simulaties in de Westerschelde. *WL rapporten, 14_024_3*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Nederhoff, C.M.** (2015). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2014 - Meetgegevens van 1996 t/m 2014. 227 pp.
- 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.
- van Rijn, L.C.** (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas
- Vanlede, J.; Delecluyse, K.; Primo, B.; Verheyen, B.; Leyssen, G.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2015). Verbetering randvoorwaardenmodel: subreport 7. Calibration of NEVLA 3D. *WL Rapporten, 00_018*. Flanders Hydraulics Research: Antwerpen
- Verheyen, B.; Vanlede, J.; Decrop, B.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2013). Verbetering randvoorwaardenmodel: deelrapport 5. Actualisatie van het 3D Scheldemodel. *WL Rapporten, 00_018*. Flanders Hydraulics Research: Antwerp

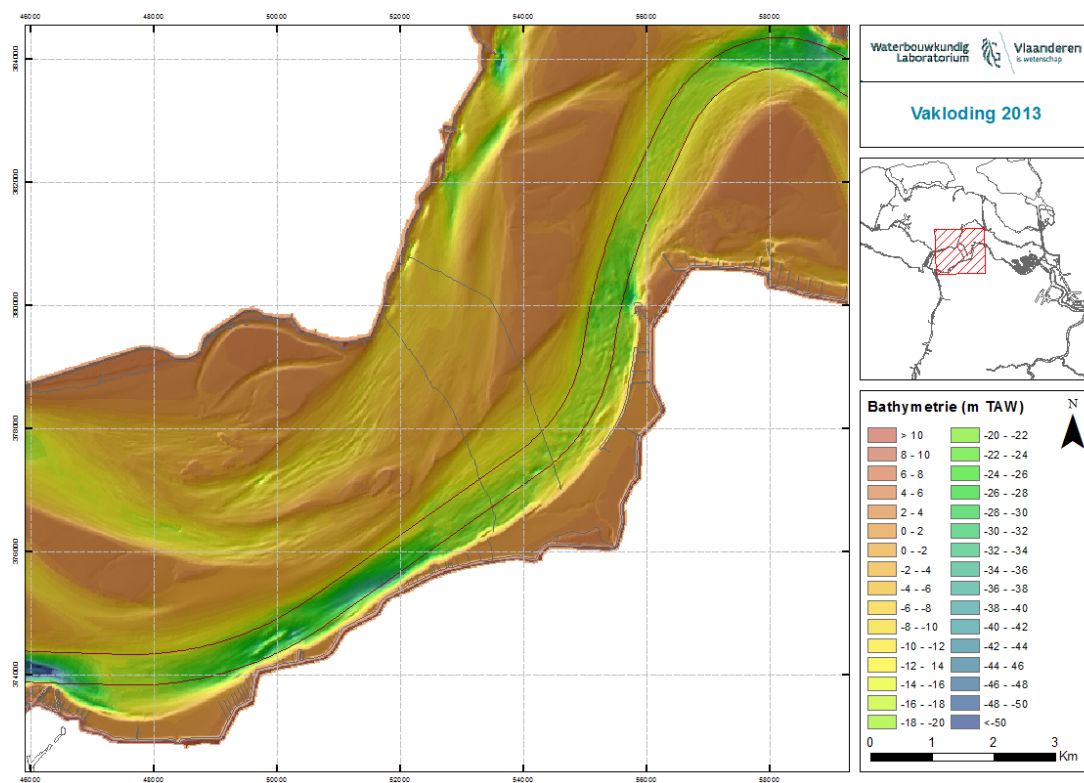
9 Bijlage A – dieptekaarten



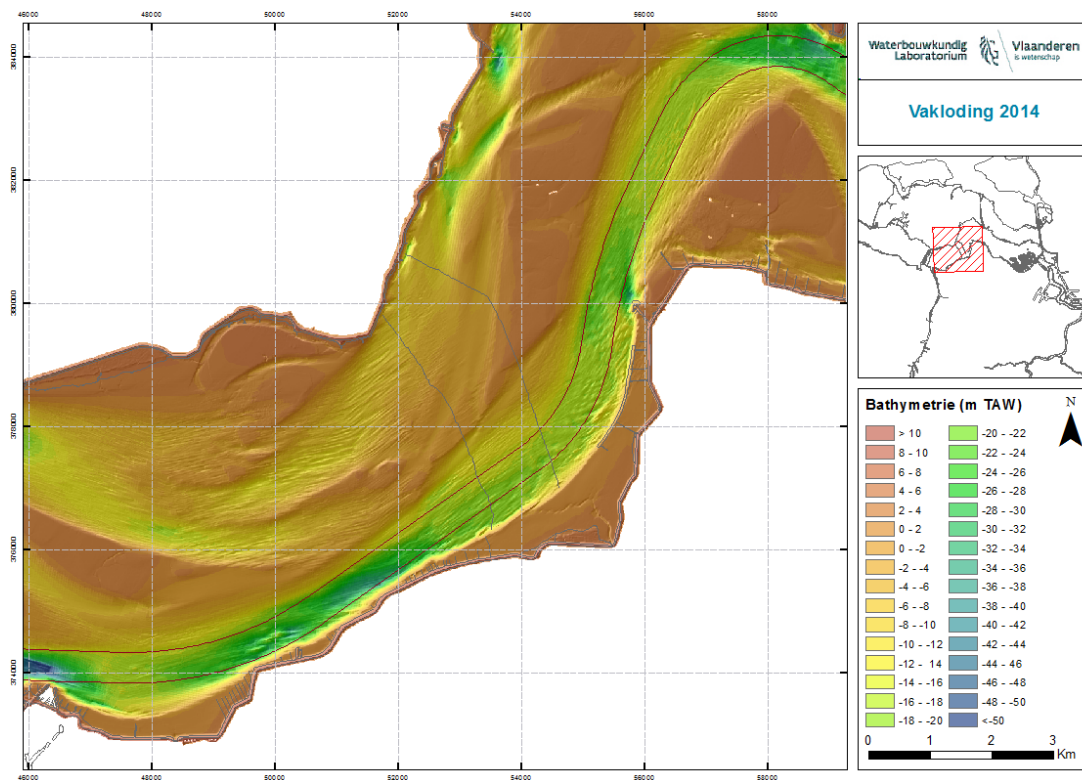
Figuur 26: Vakloding 2011



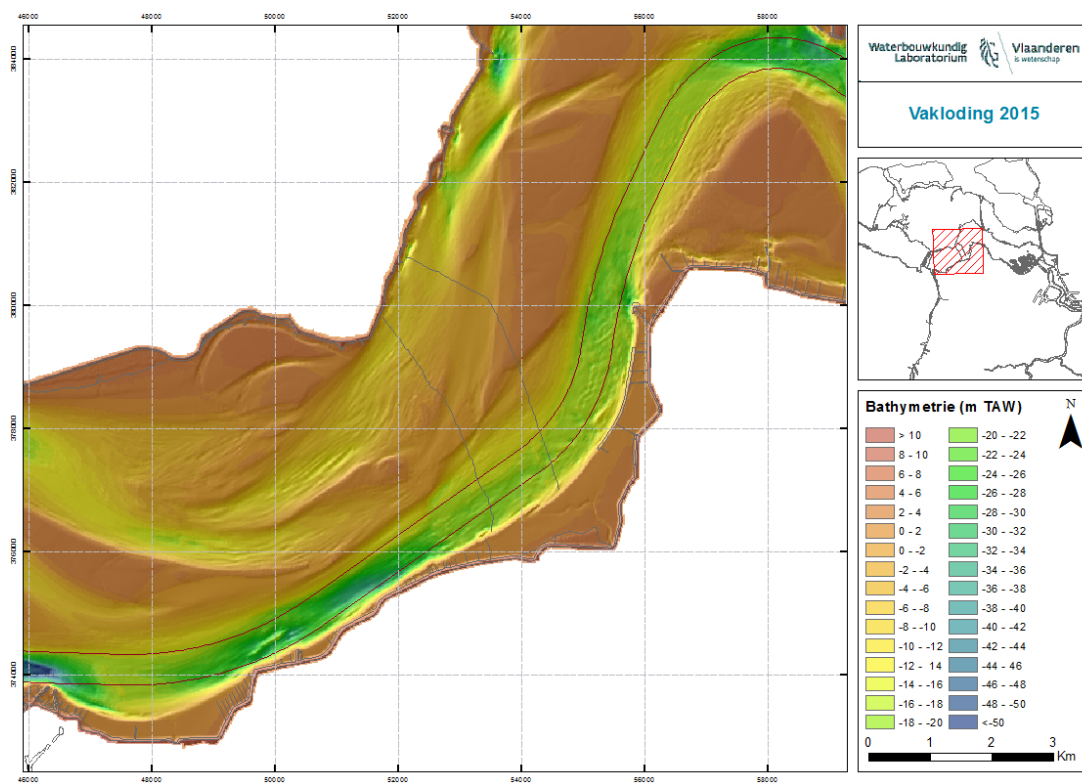
Figuur 27: Vakloding 2012



Figuur 28: Vakloding 2013

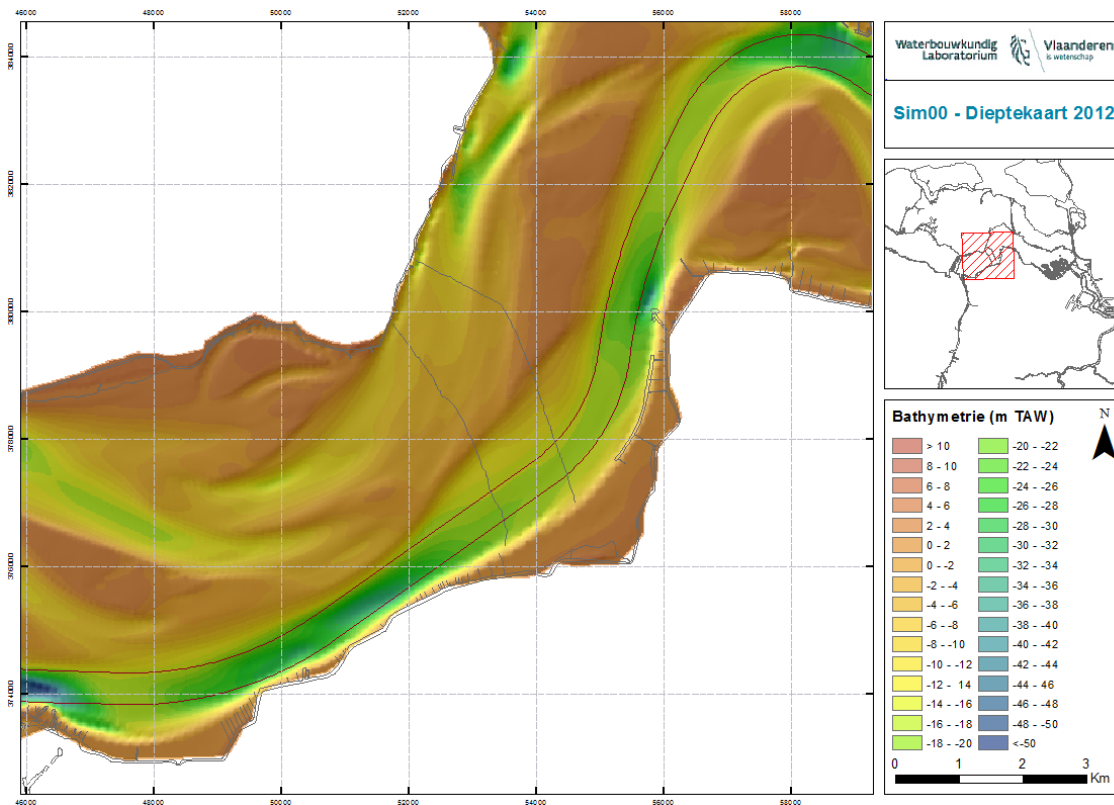


Figuur 29: Vakloding 2014

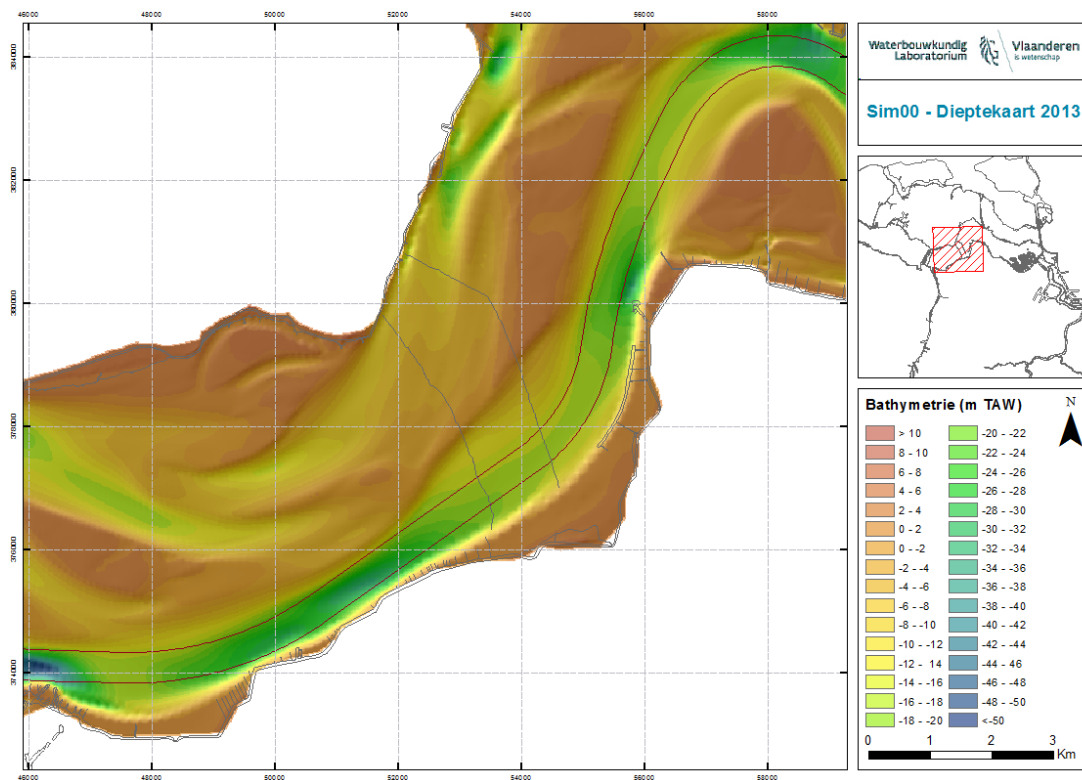


Figuur 30: Vakloding 2015

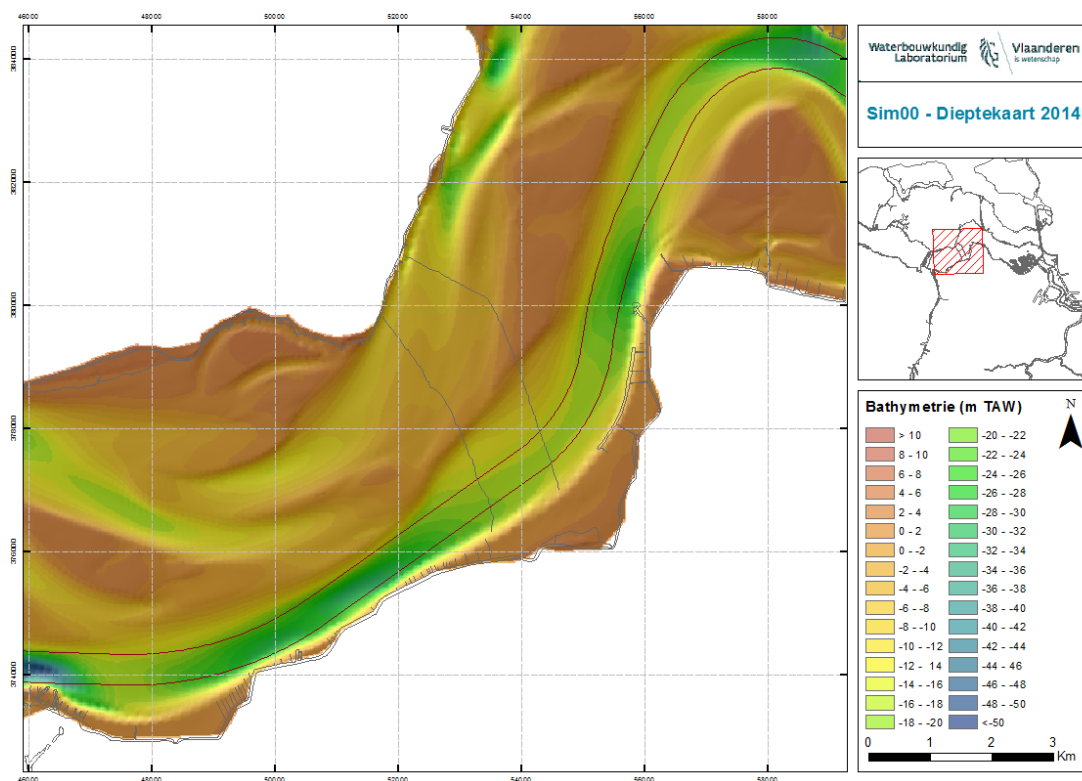
10 Bijlage B – Gemodelleerde morfologie



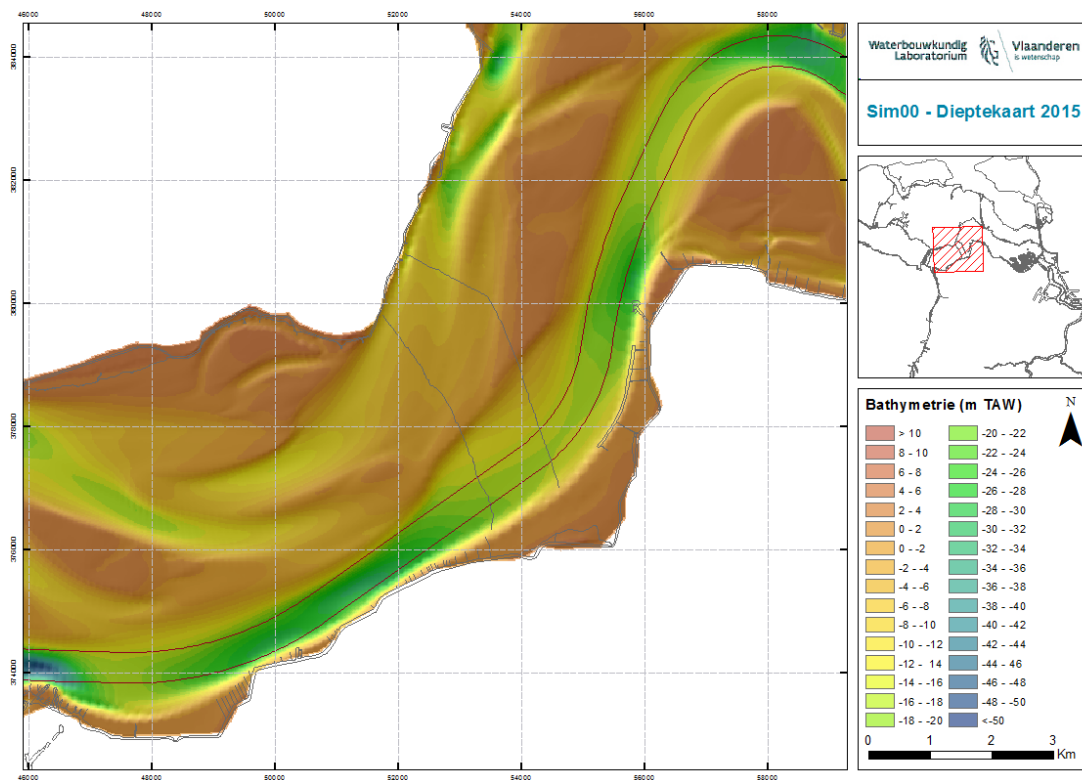
Figuur 31: Gemodelleerde diepte kaart voor het jaar 2012 – Simulatie 00



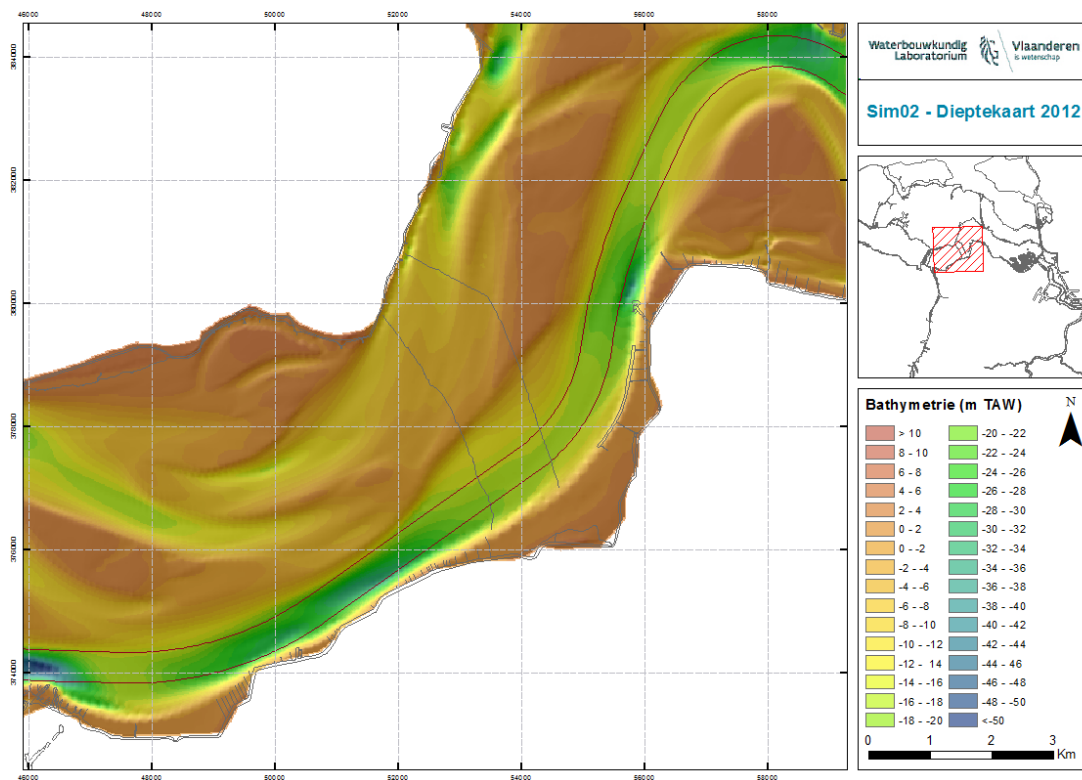
Figuur 32: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 00



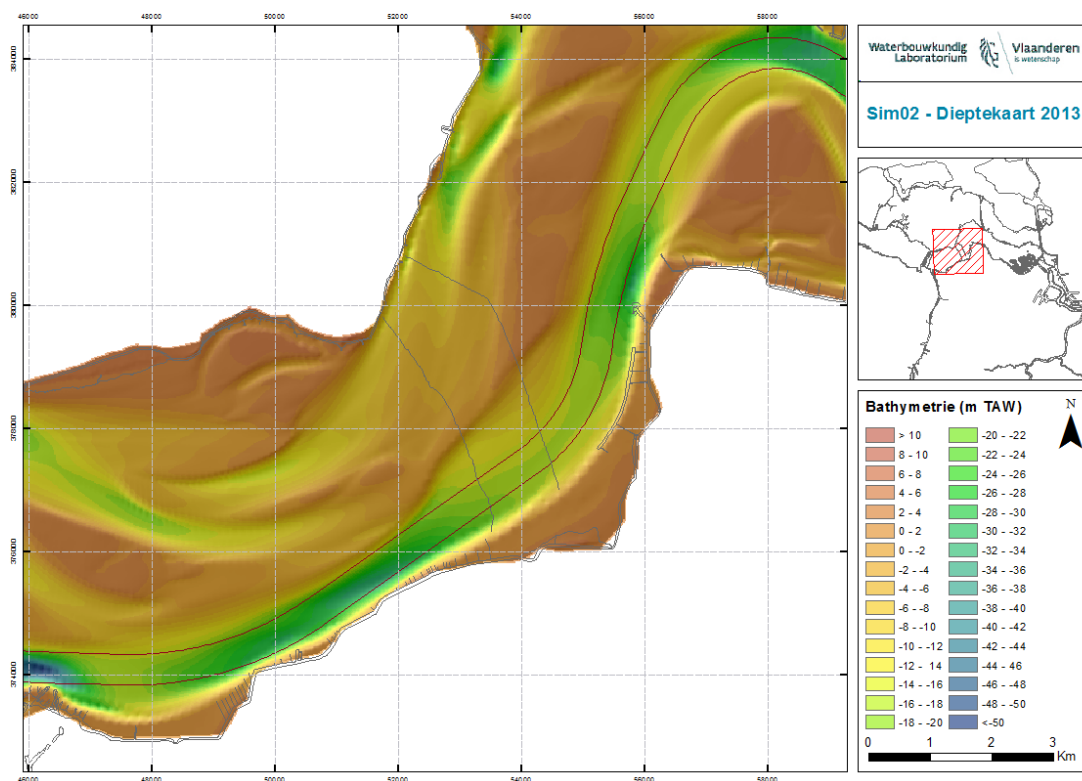
Figuur 33: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 00



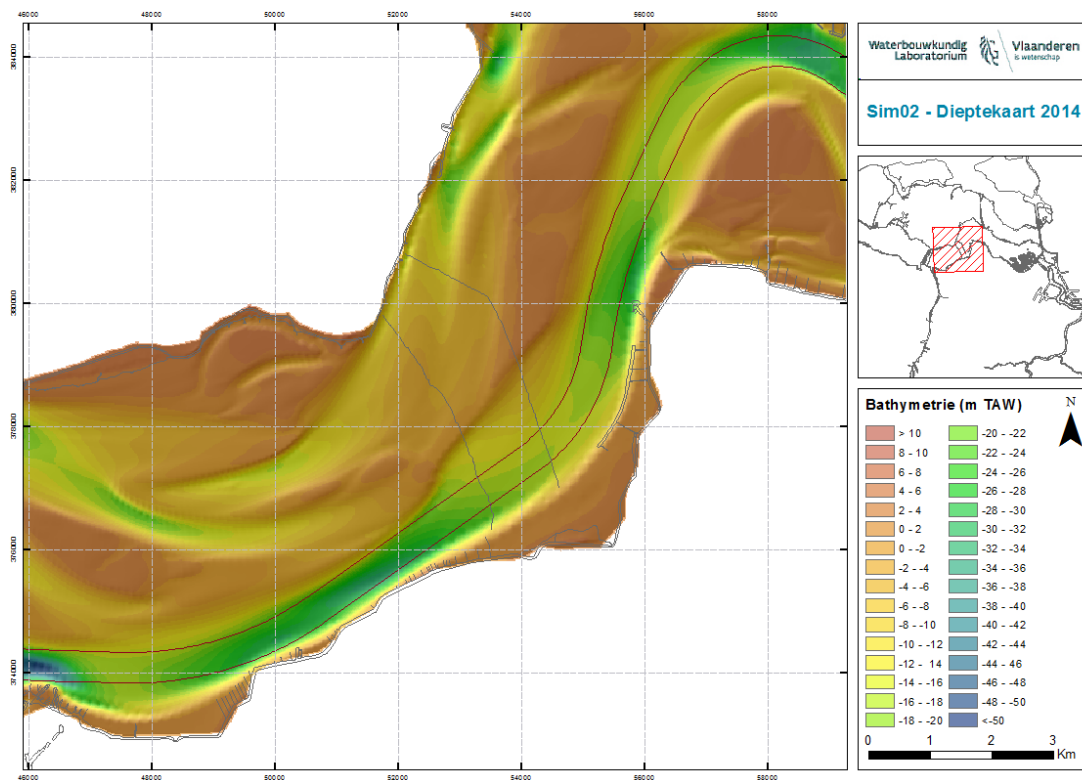
Figuur 34: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 00



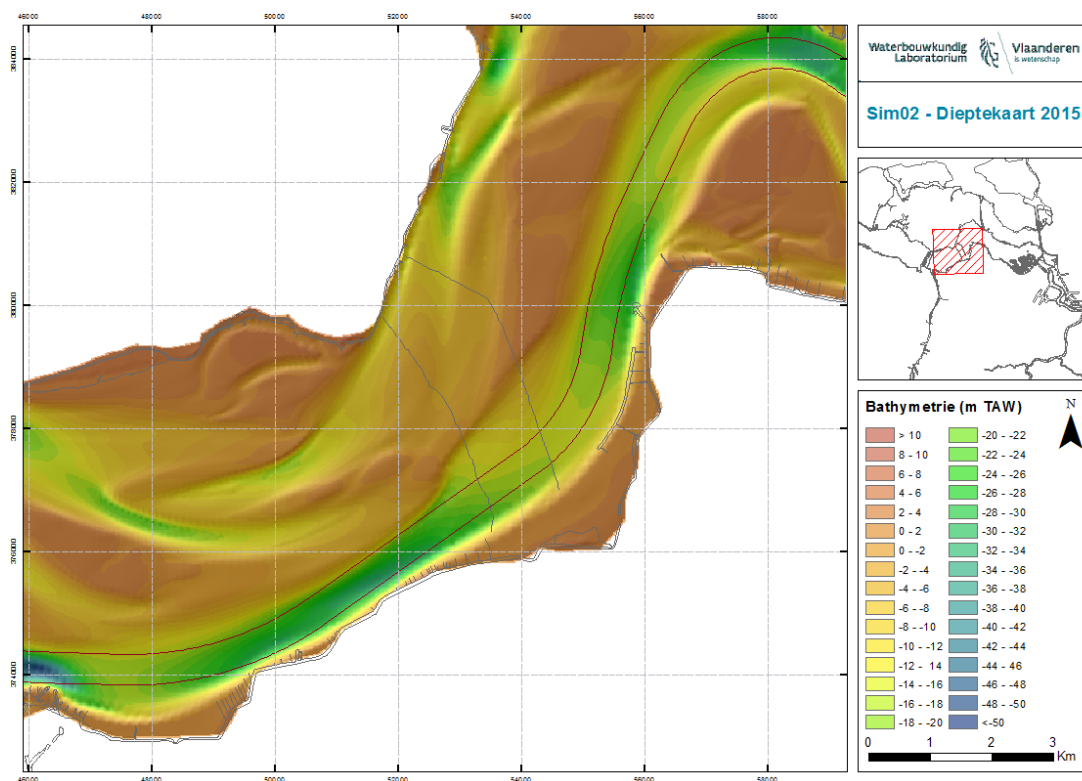
Figuur 35: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie O2



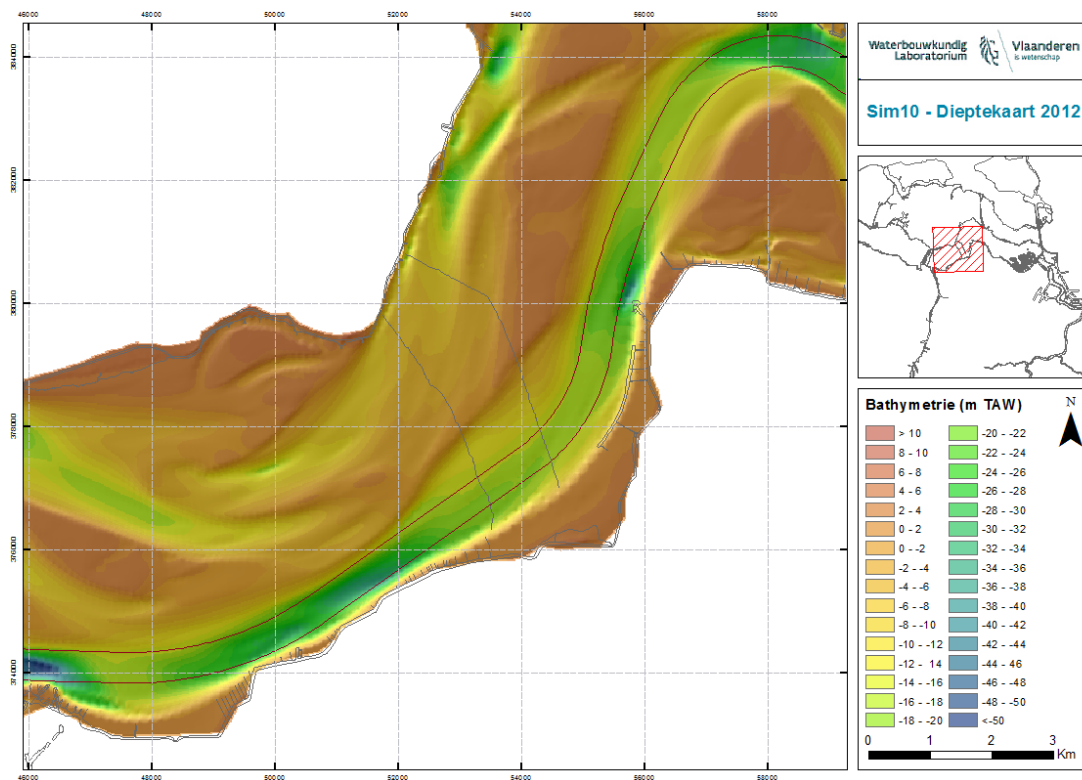
Figuur 36: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie O2



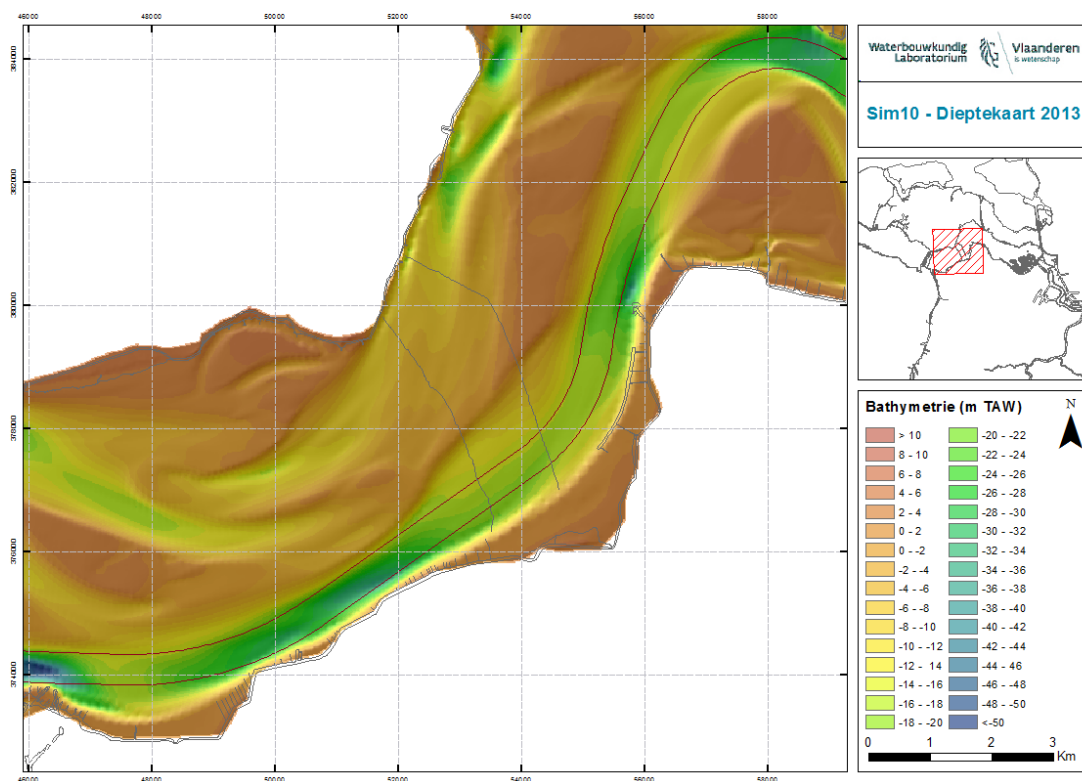
Figuur 37: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 02



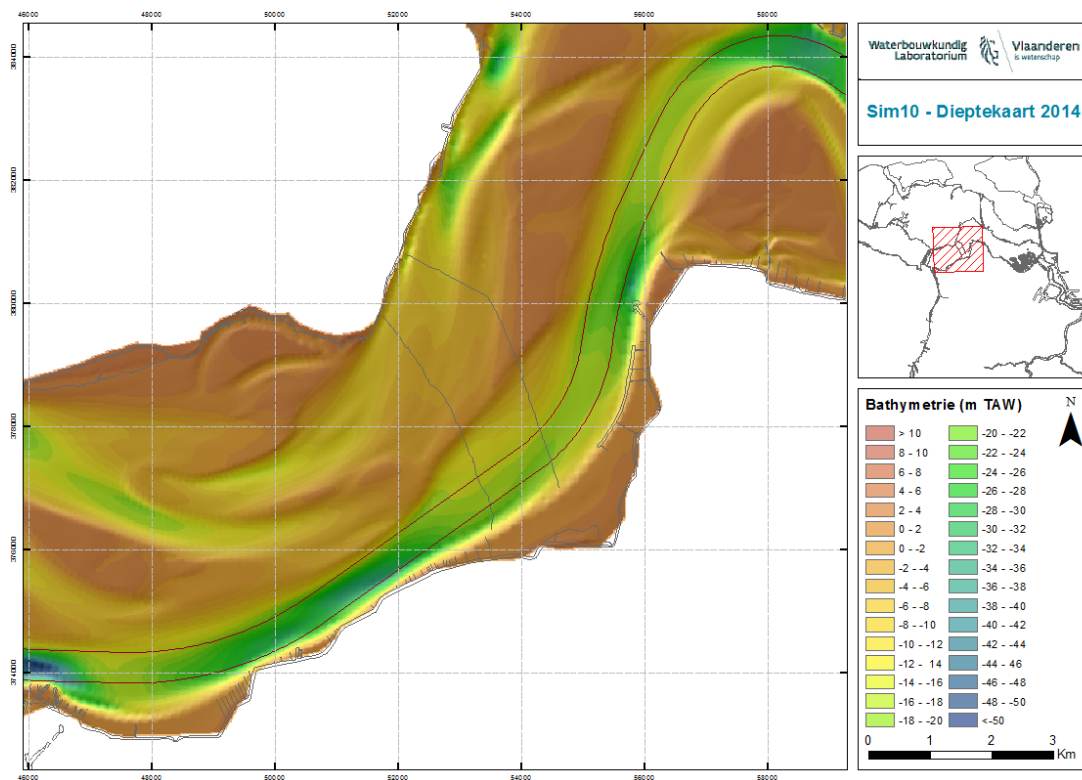
Figuur 38: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 02



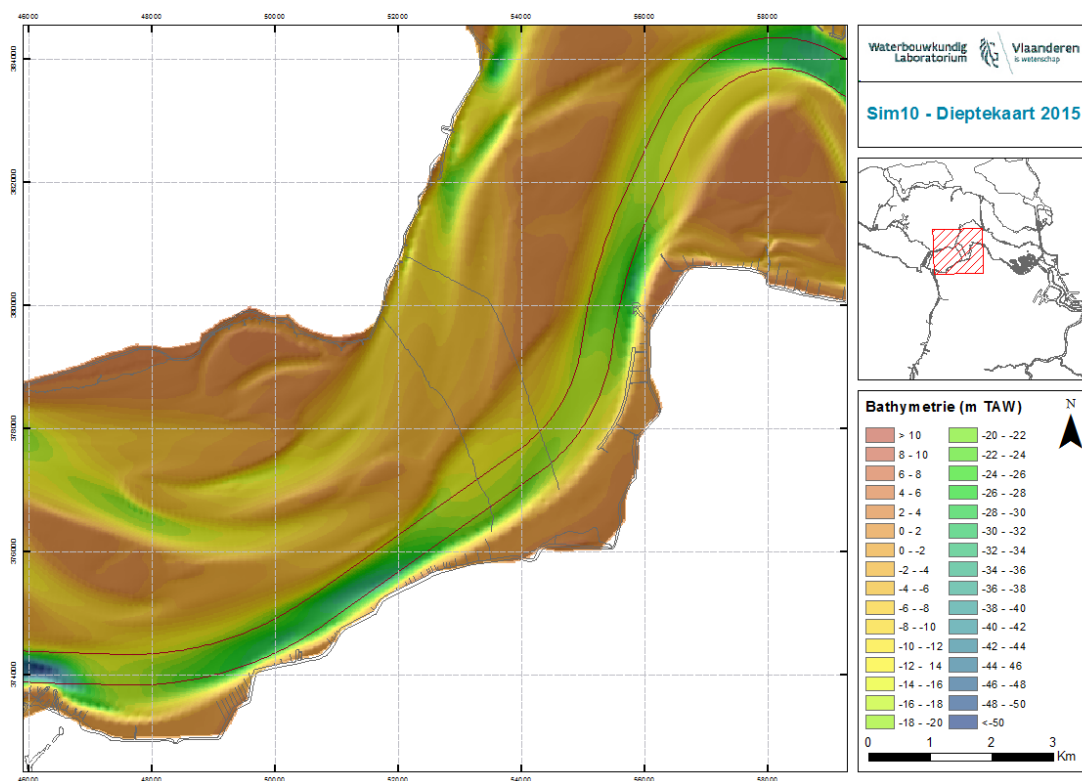
Figuur 39: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 10



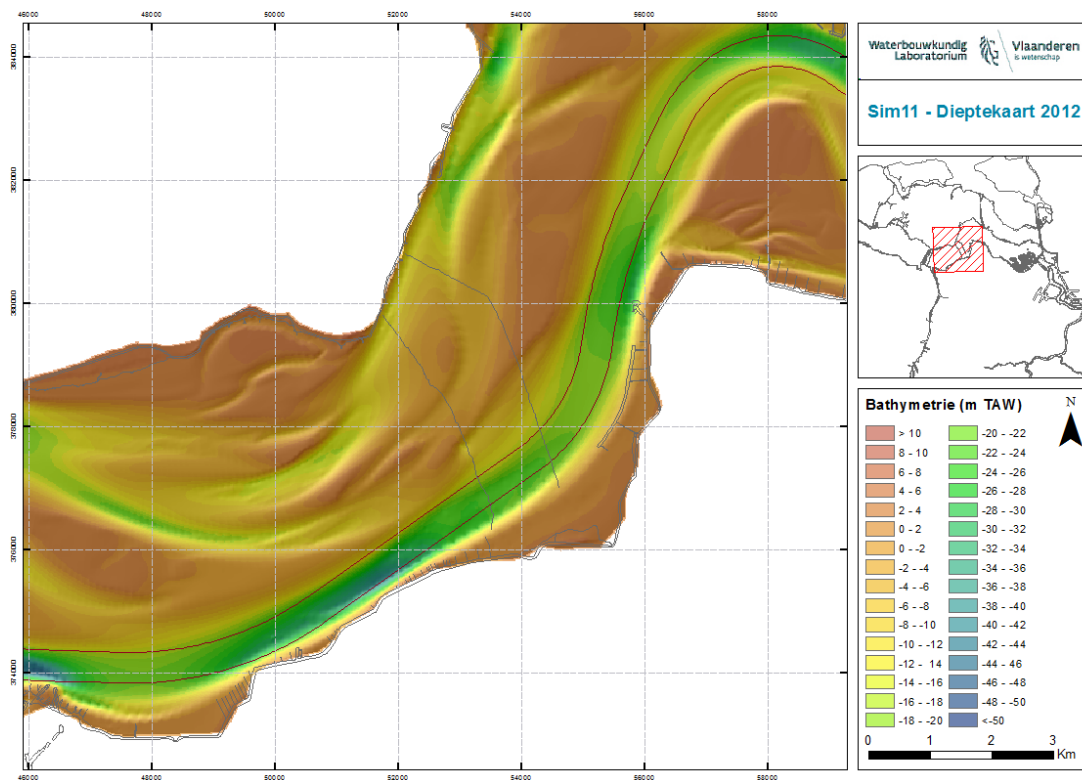
Figuur 40: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 10



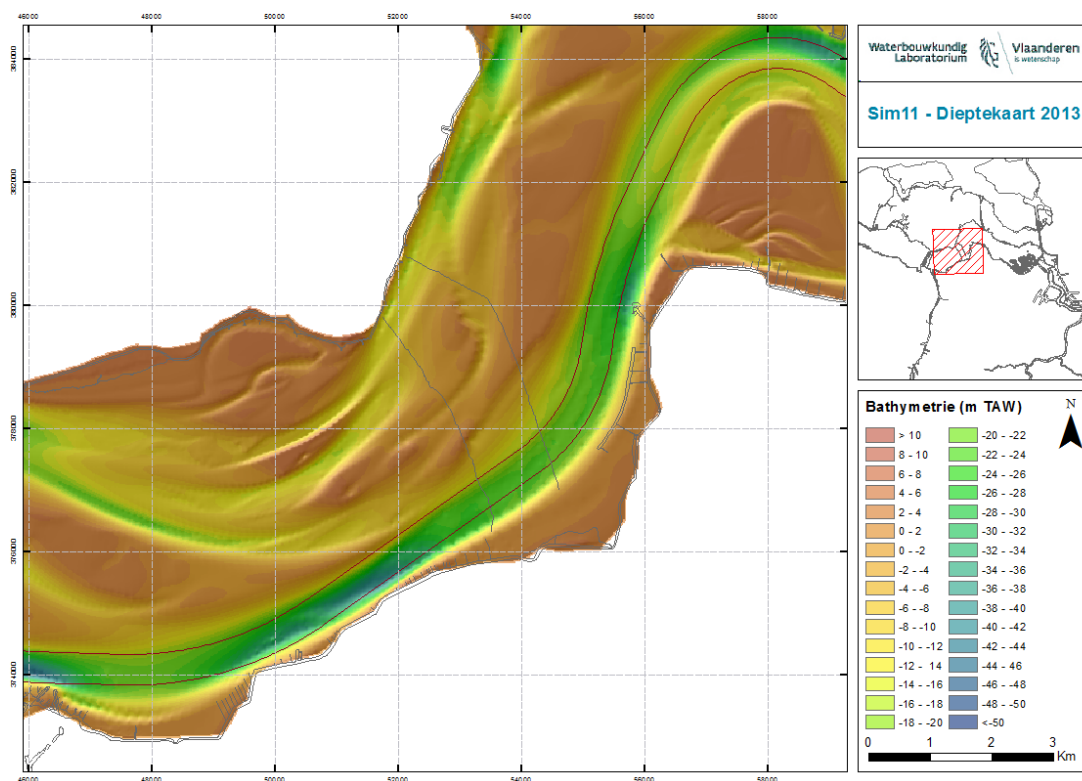
Figuur 41: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 10



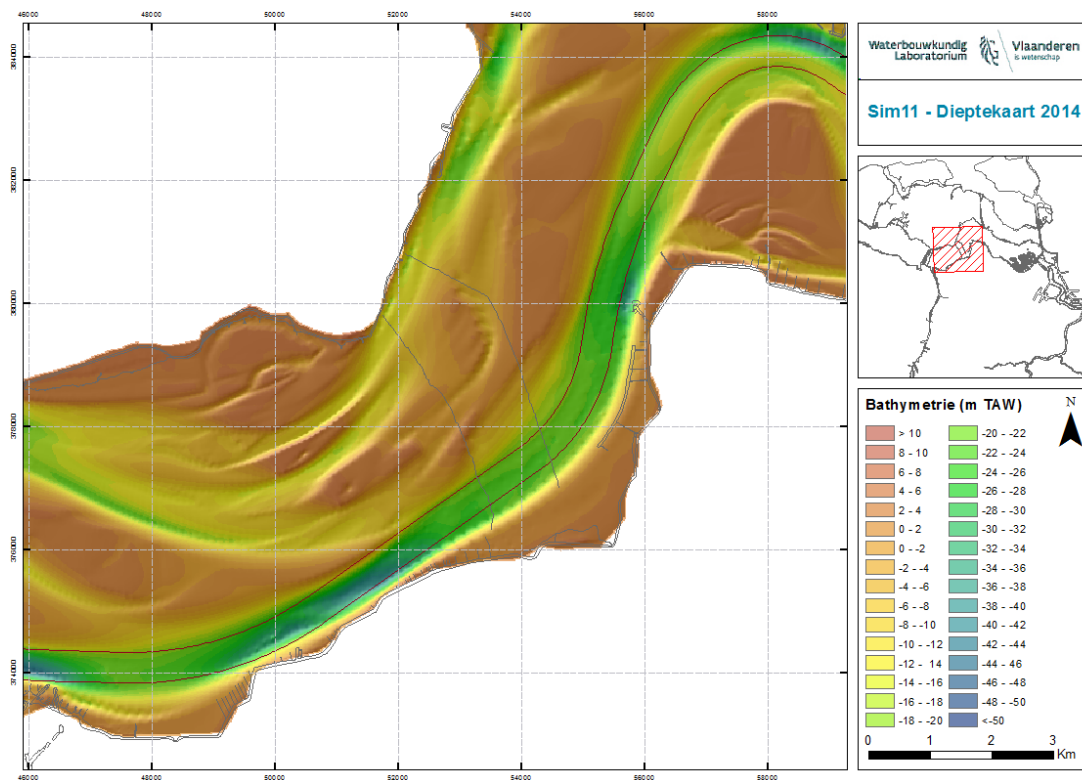
Figuur 42: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 10



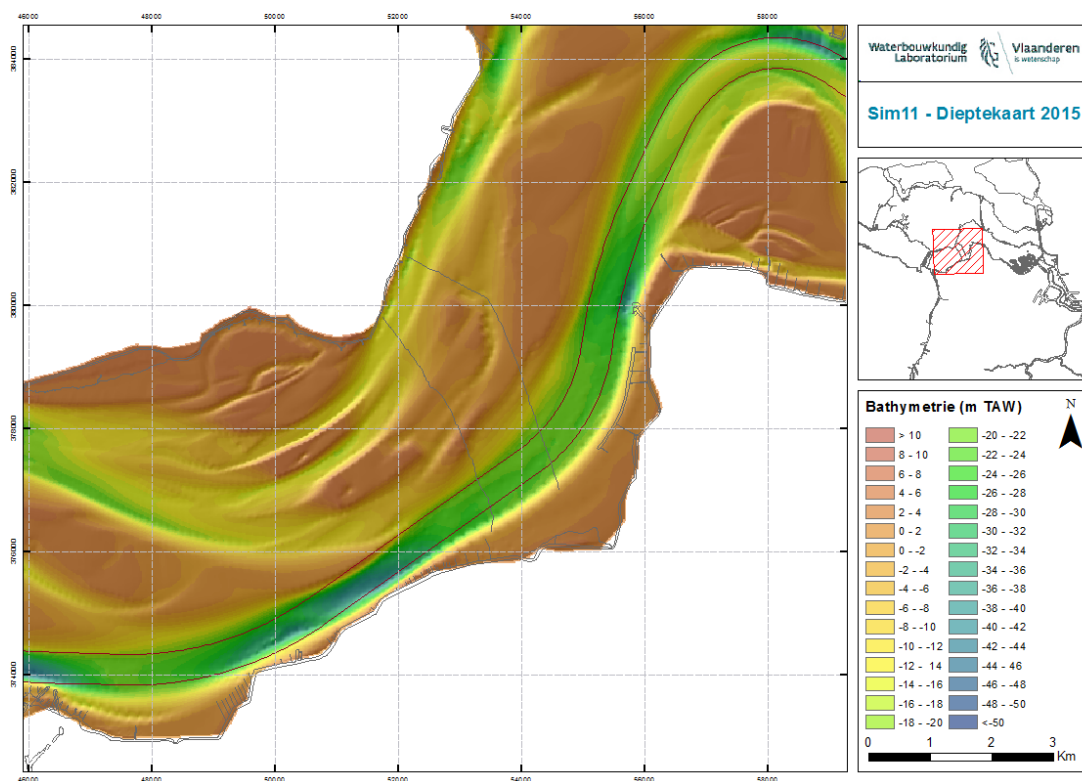
Figuur 43: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 11



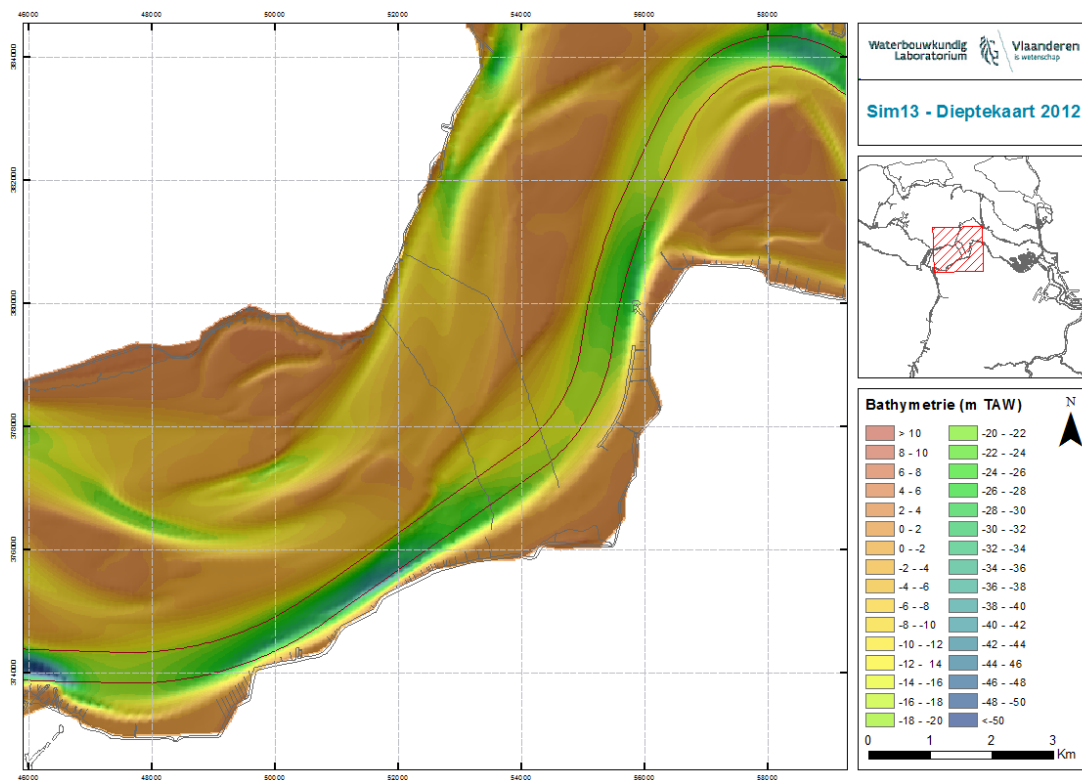
Figuur 44: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 11



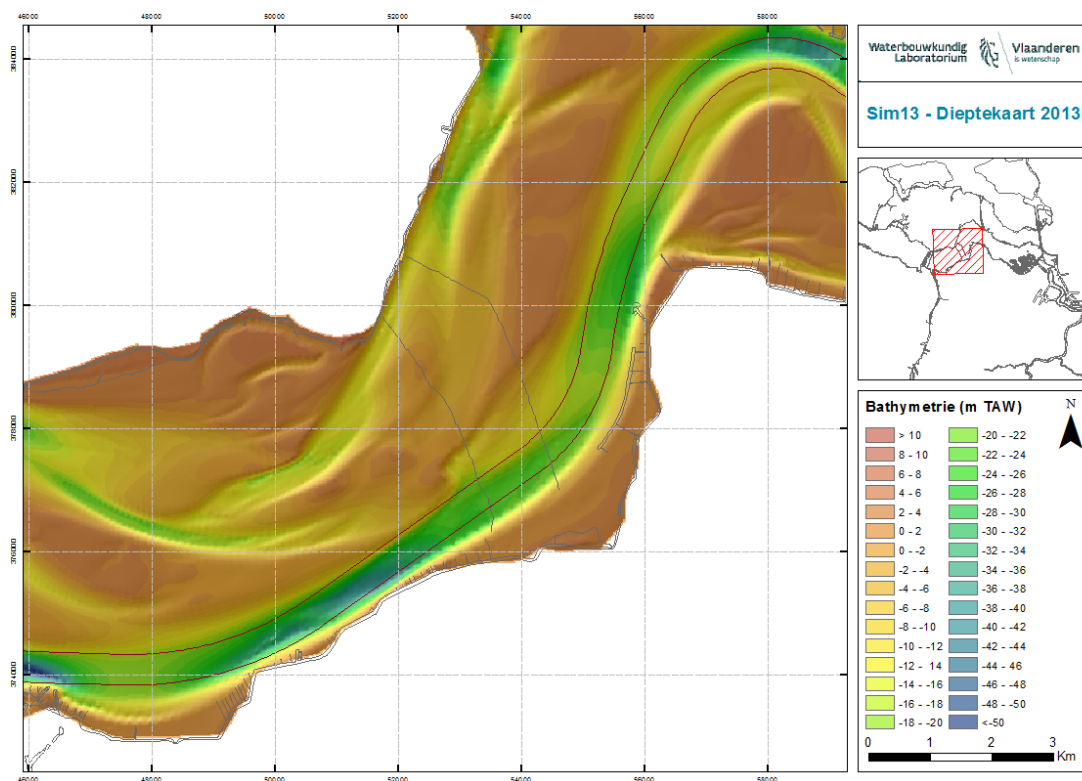
Figuur 45: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 11



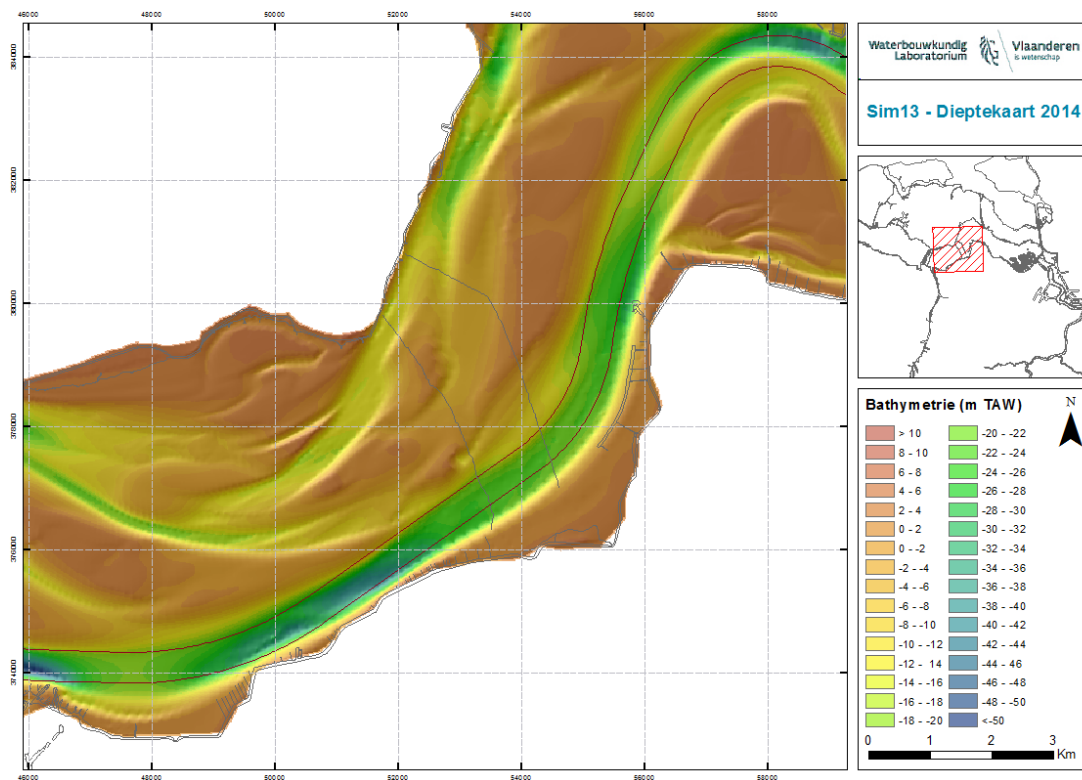
Figuur 46: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 11



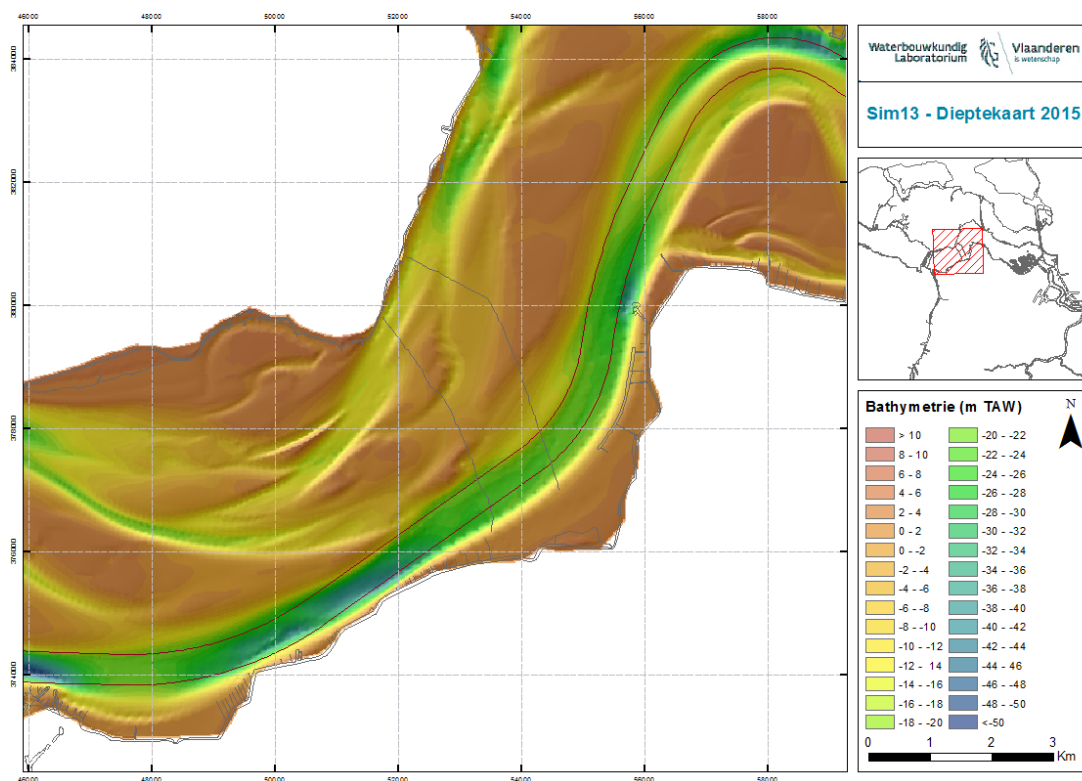
Figuur 47: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 13



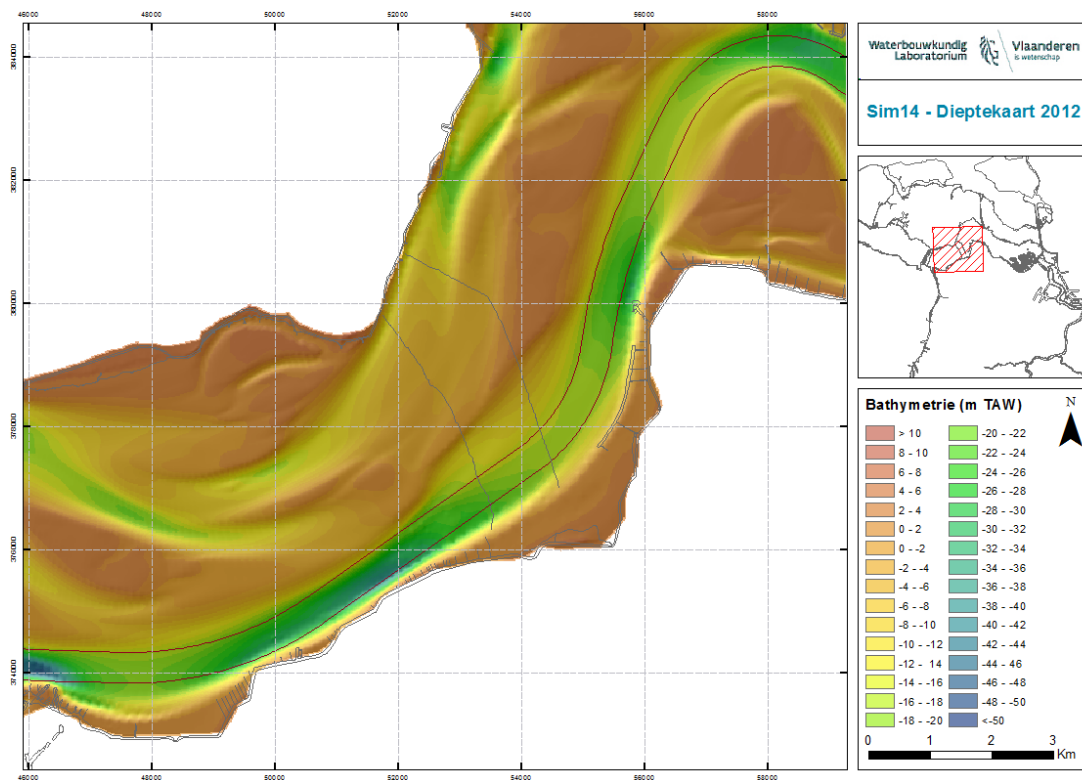
Figuur 48: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 13



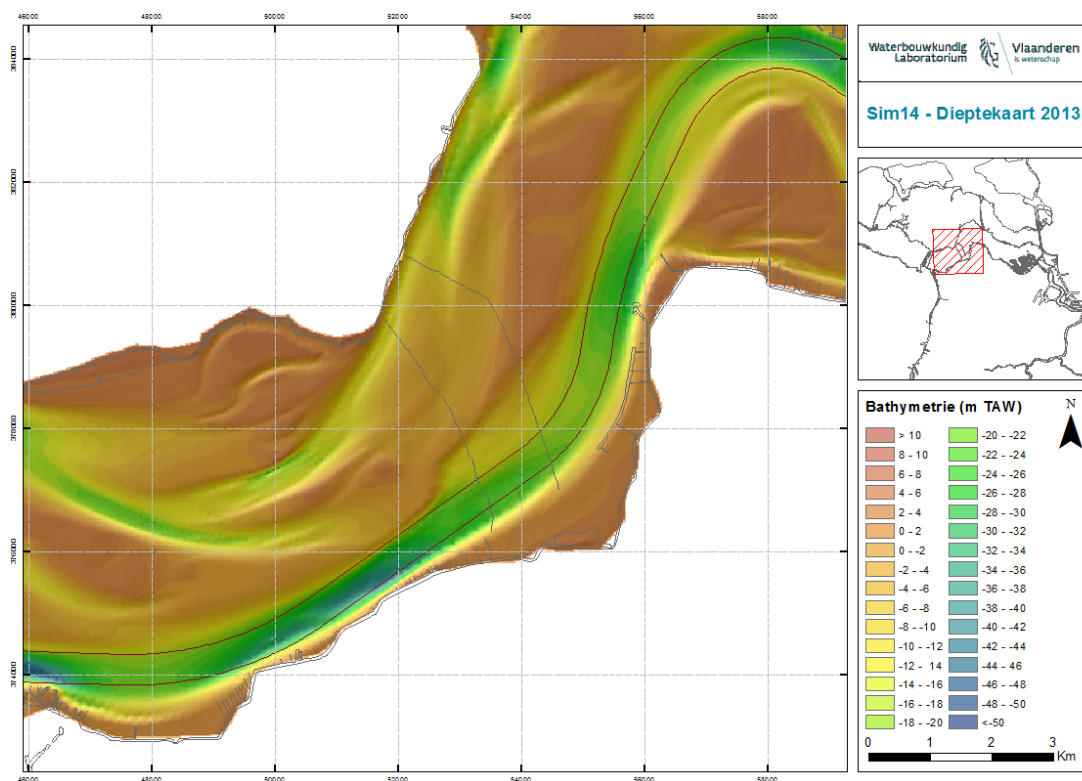
Figuur 49: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 13



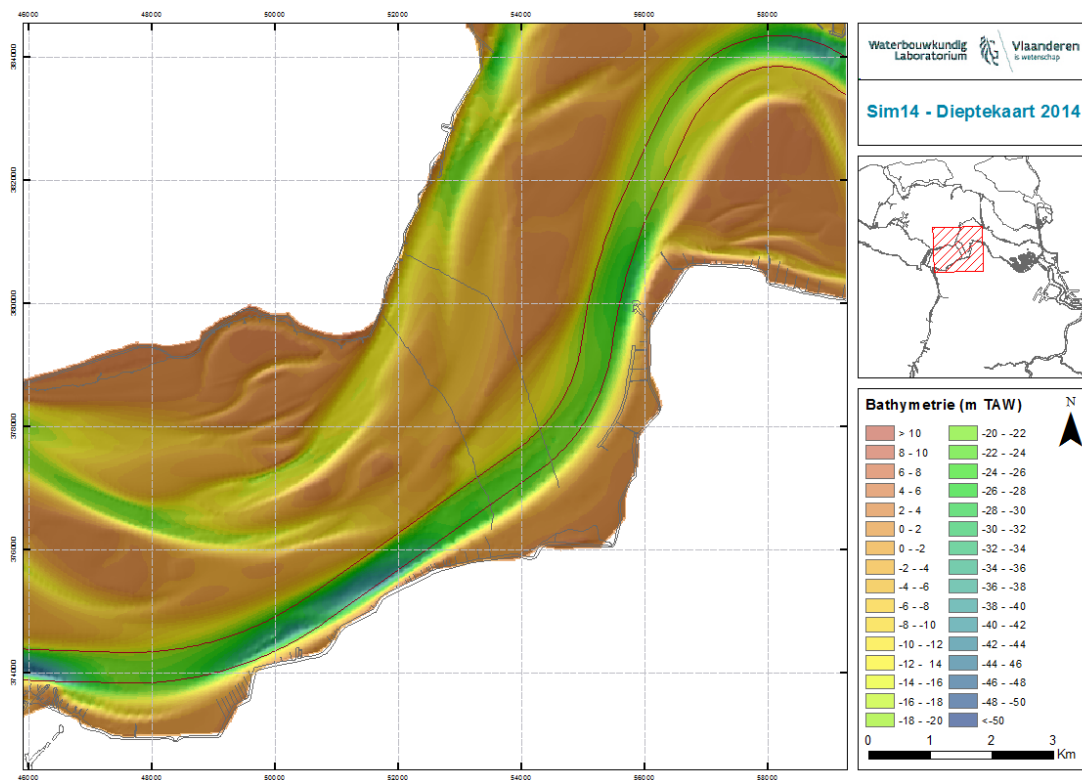
Figuur 50: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 13



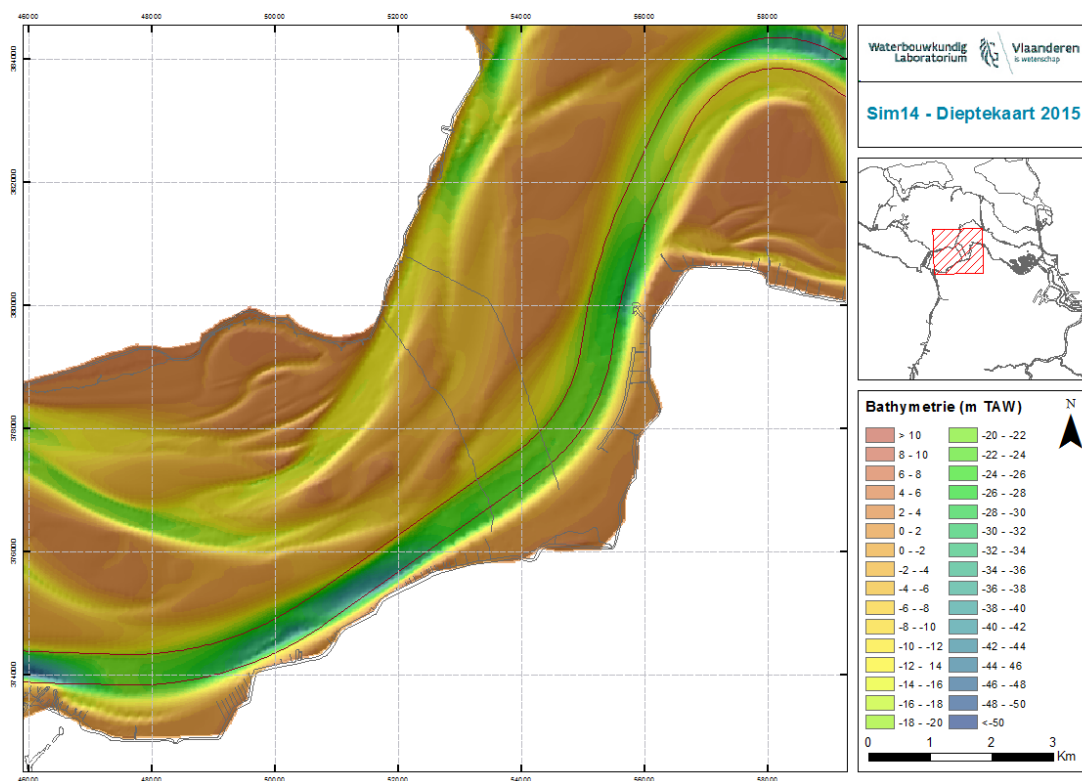
Figuur 51: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 14



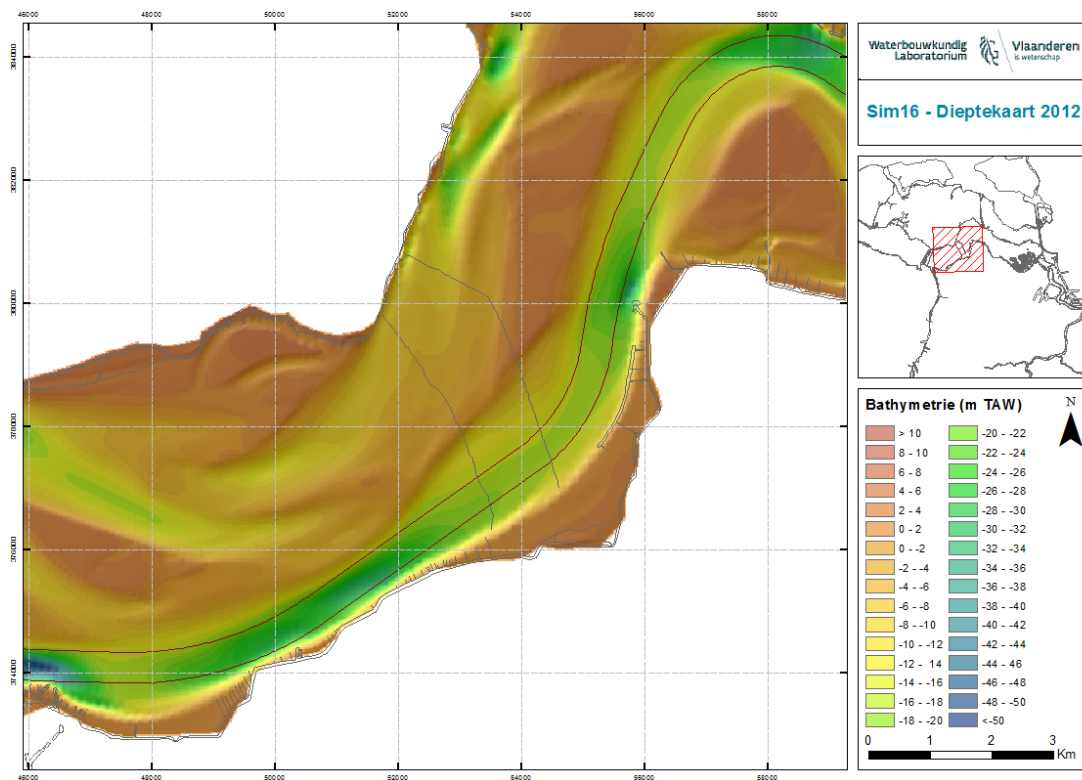
Figuur 52: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 14



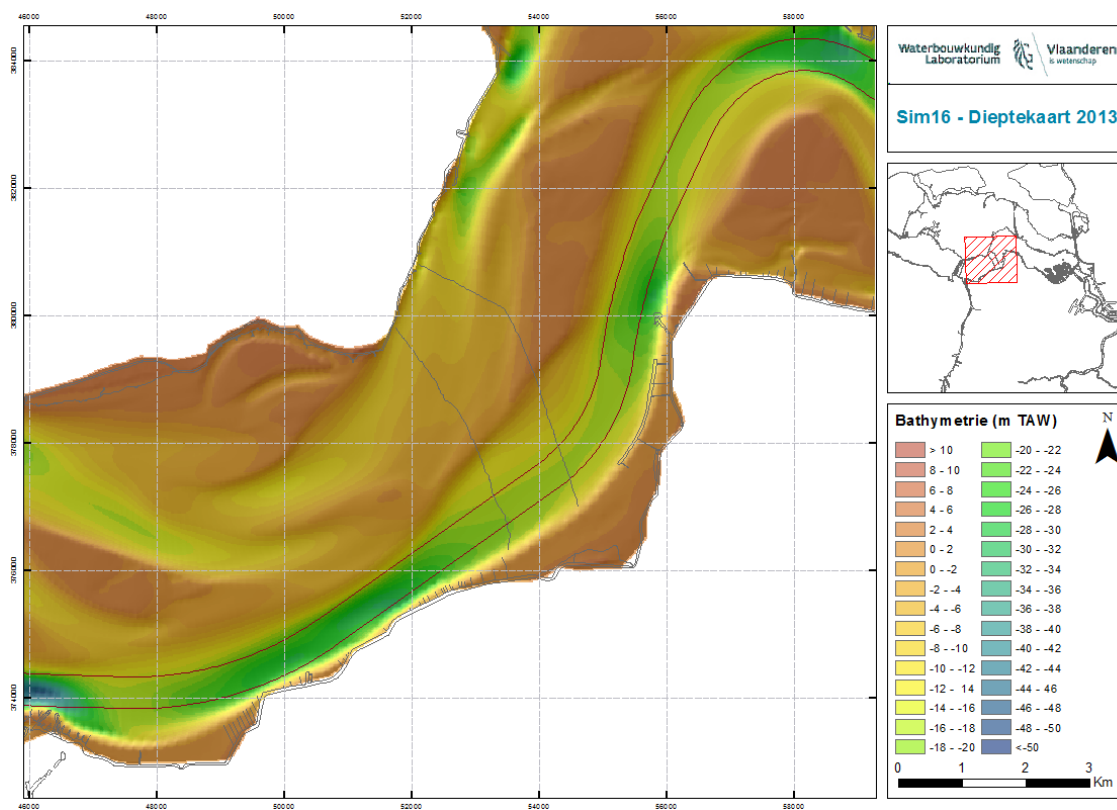
Figuur 53: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 14



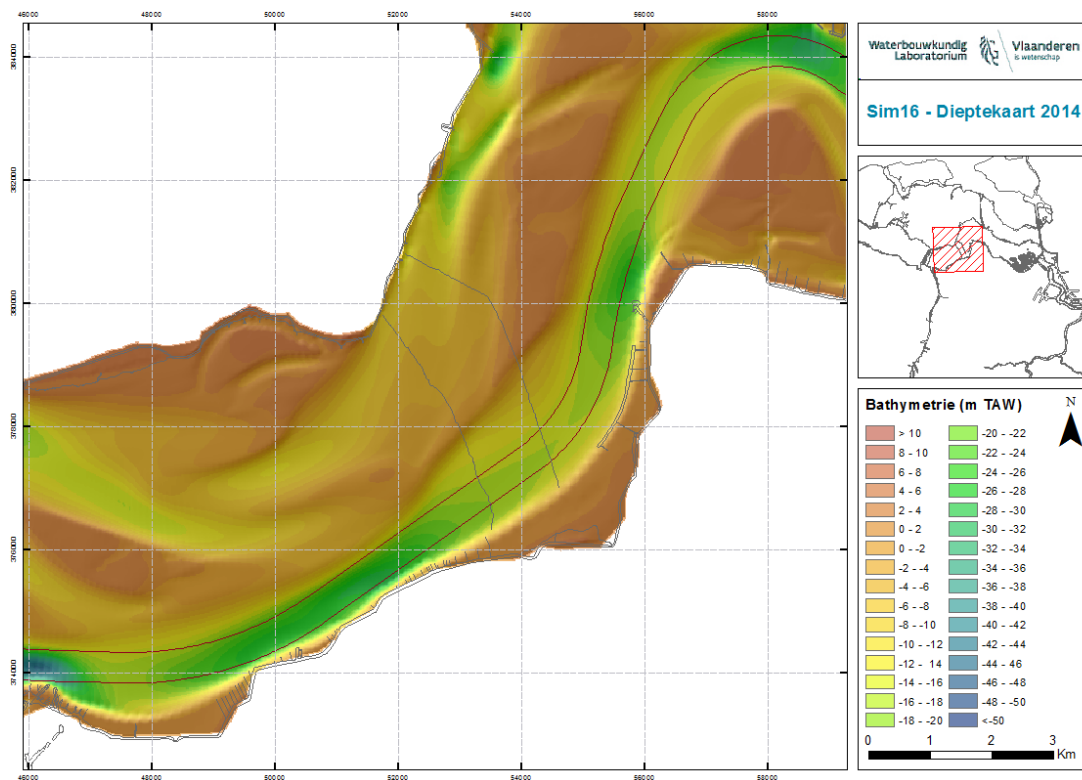
Figuur 54: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 14



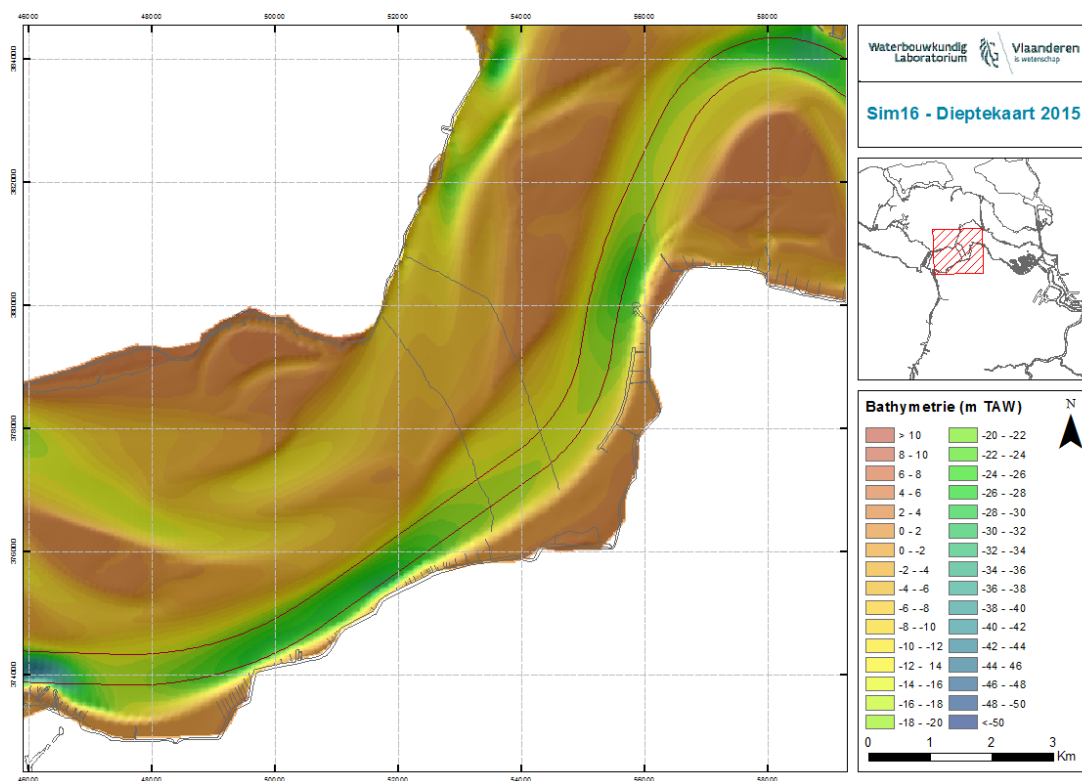
Figuur 55: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 16



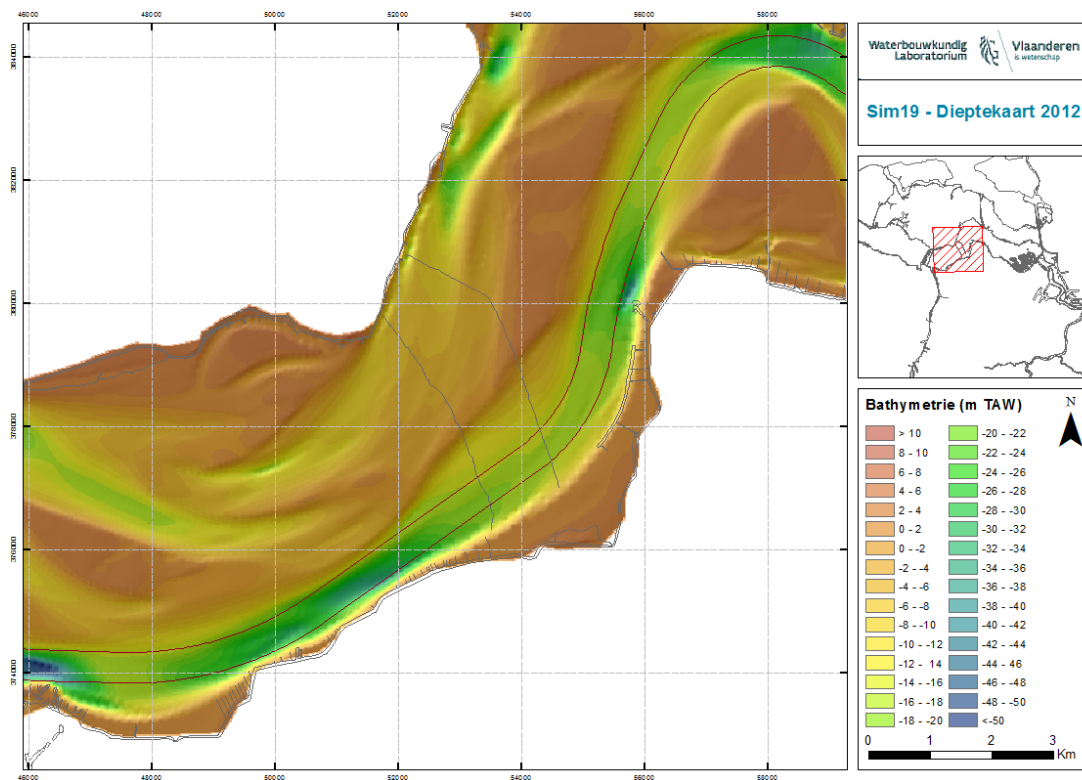
Figuur 56: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 16



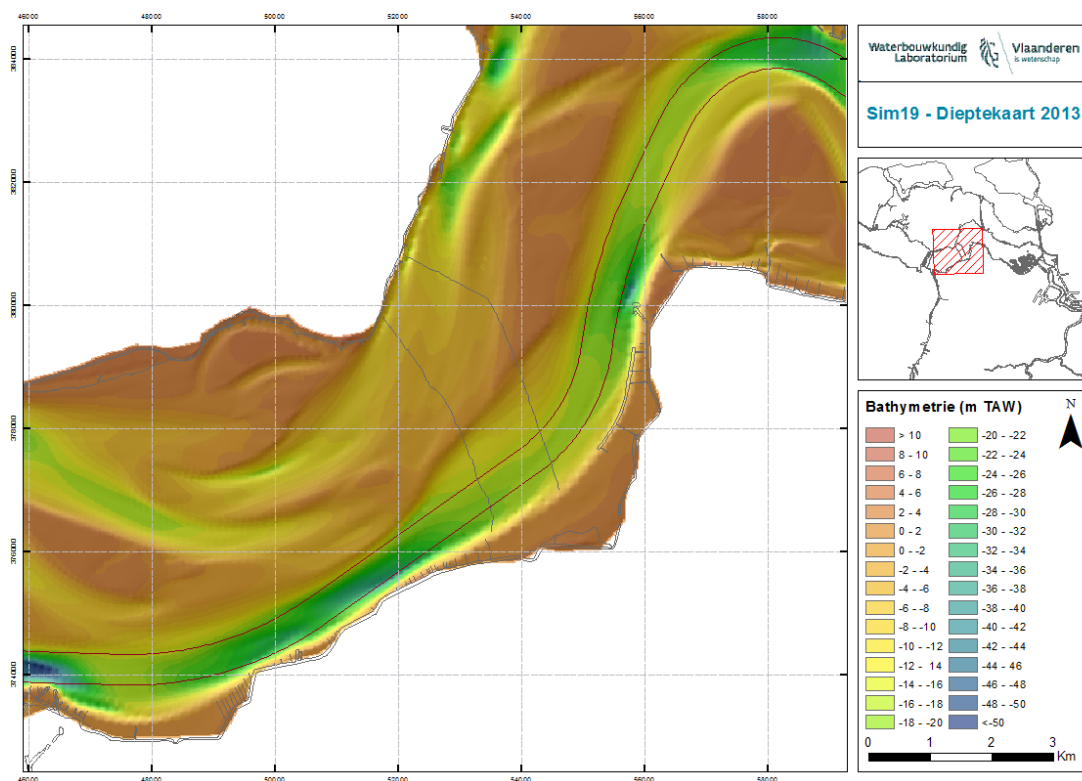
Figuur 57: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 16



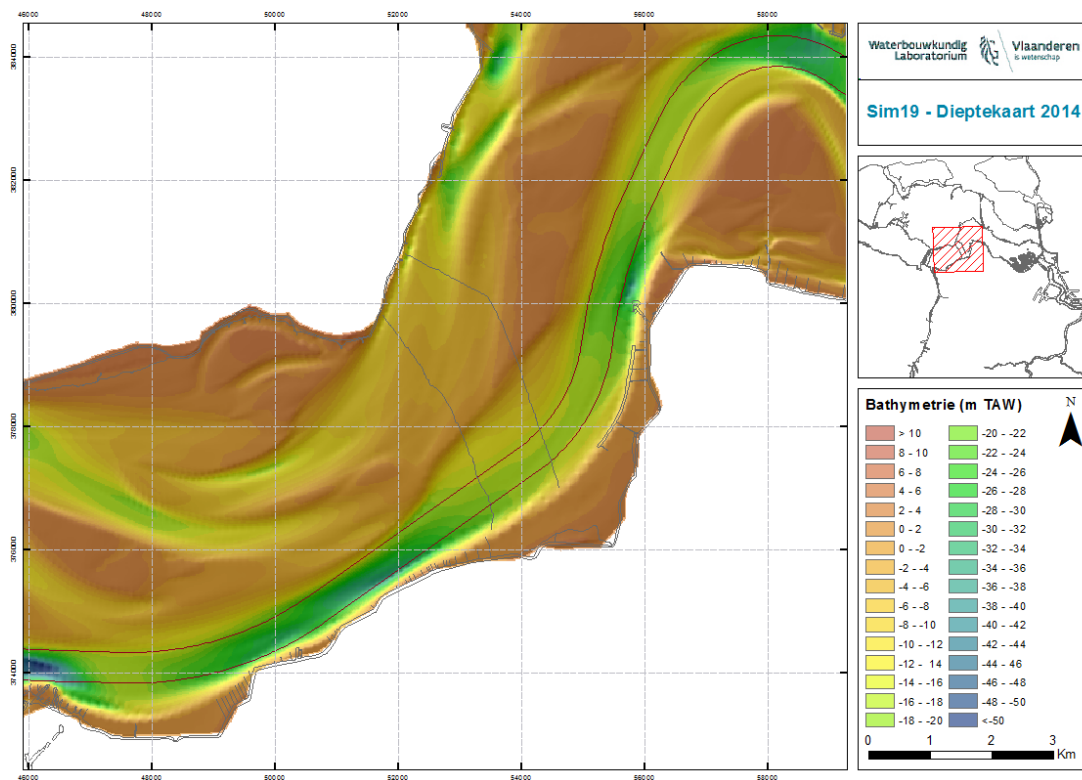
Figuur 58: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 16



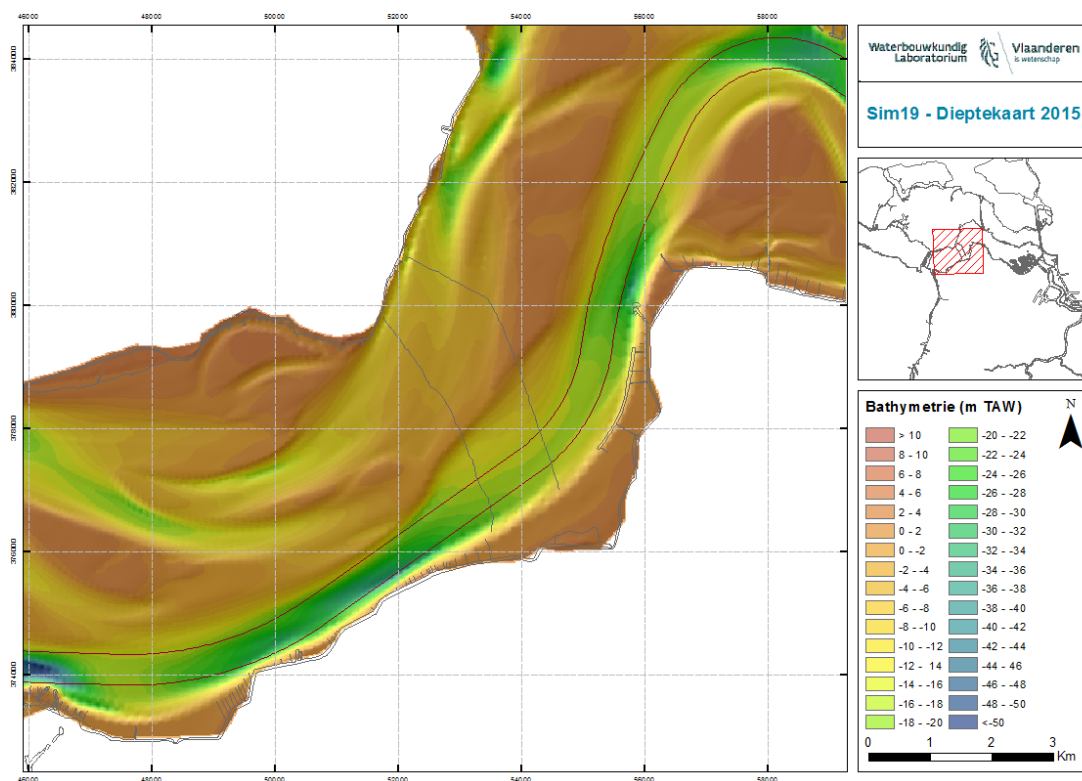
Figuur 59: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2012 – Simulatie 19



Figuur 60: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2013 – Simulatie 19

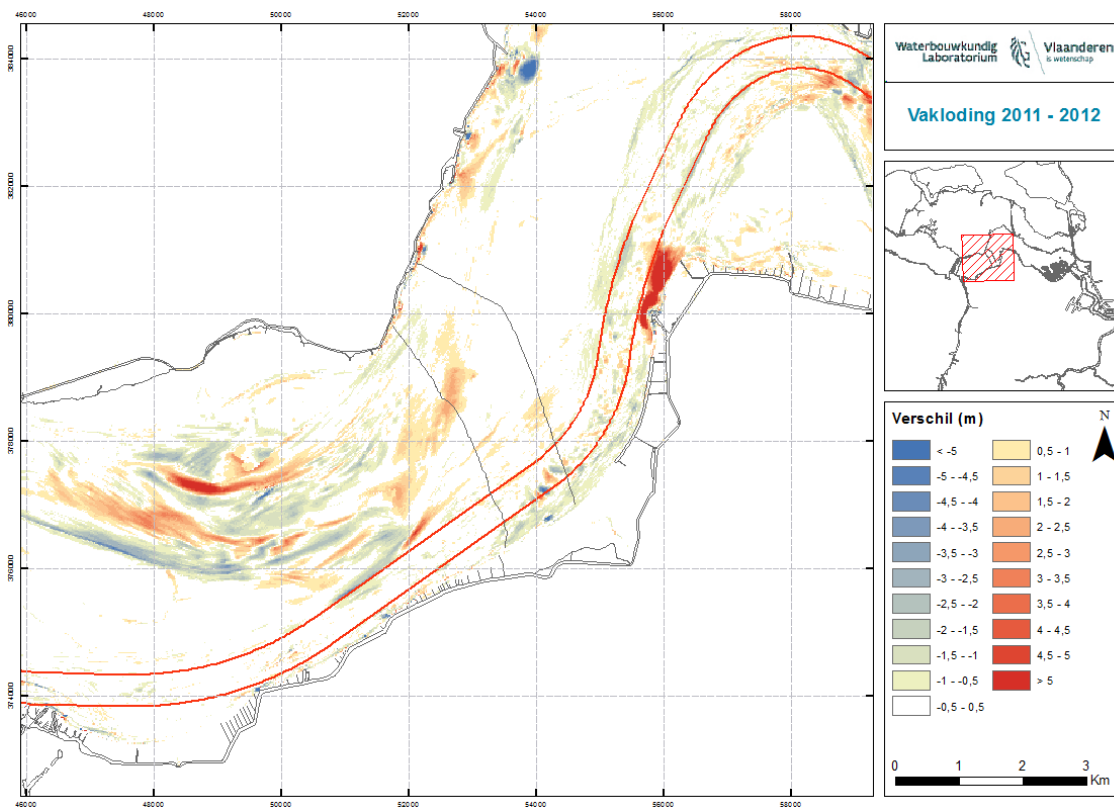


Figuur 61: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2014 – Simulatie 19

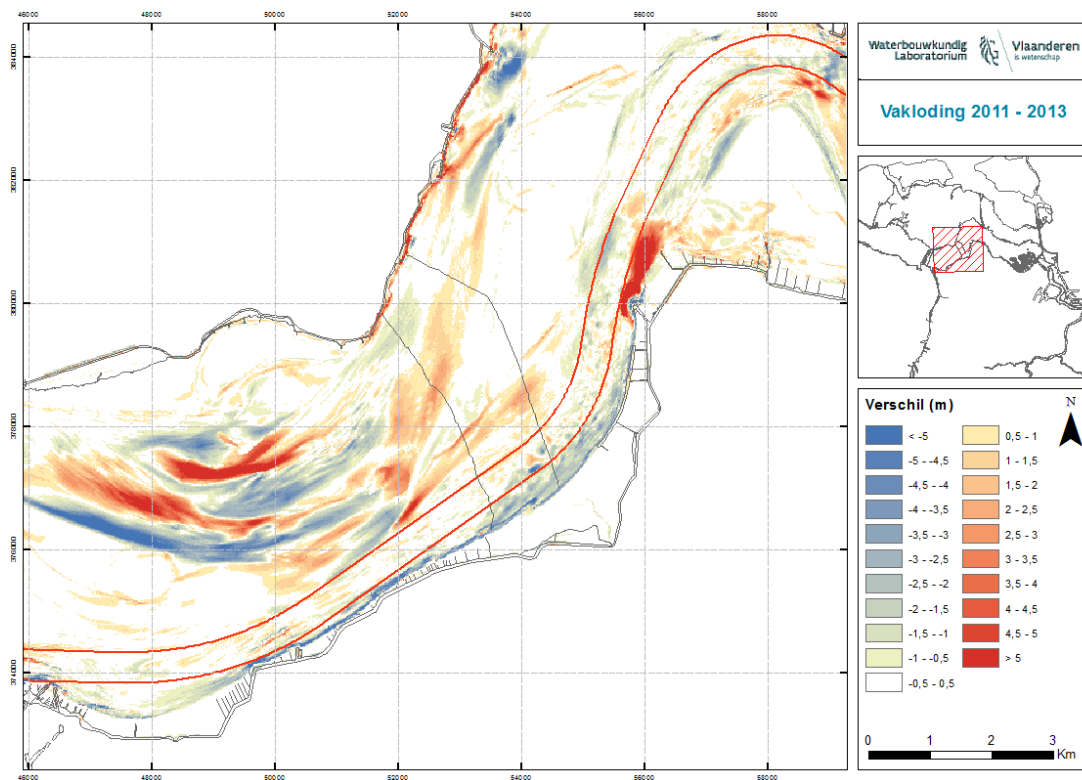


Figuur 62: Gemodelleerde dieptekaart voor het jaar 2015 – Simulatie 19

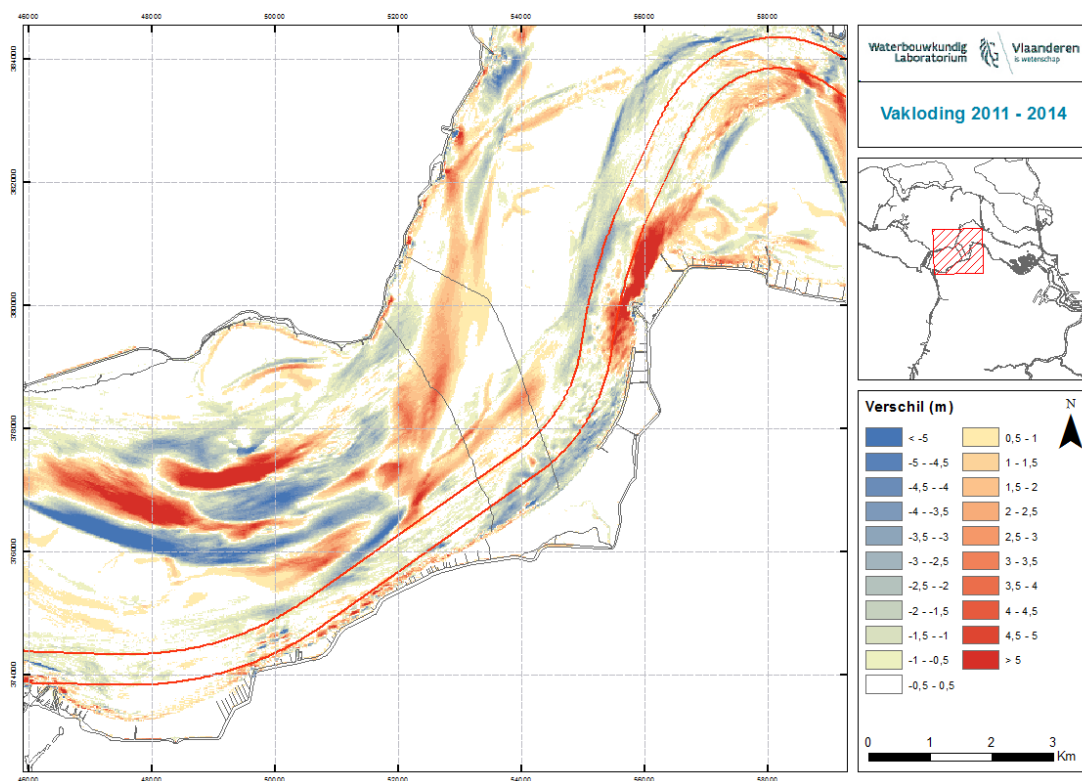
11 Bijlage C – Verschilkaarten vaklodingen



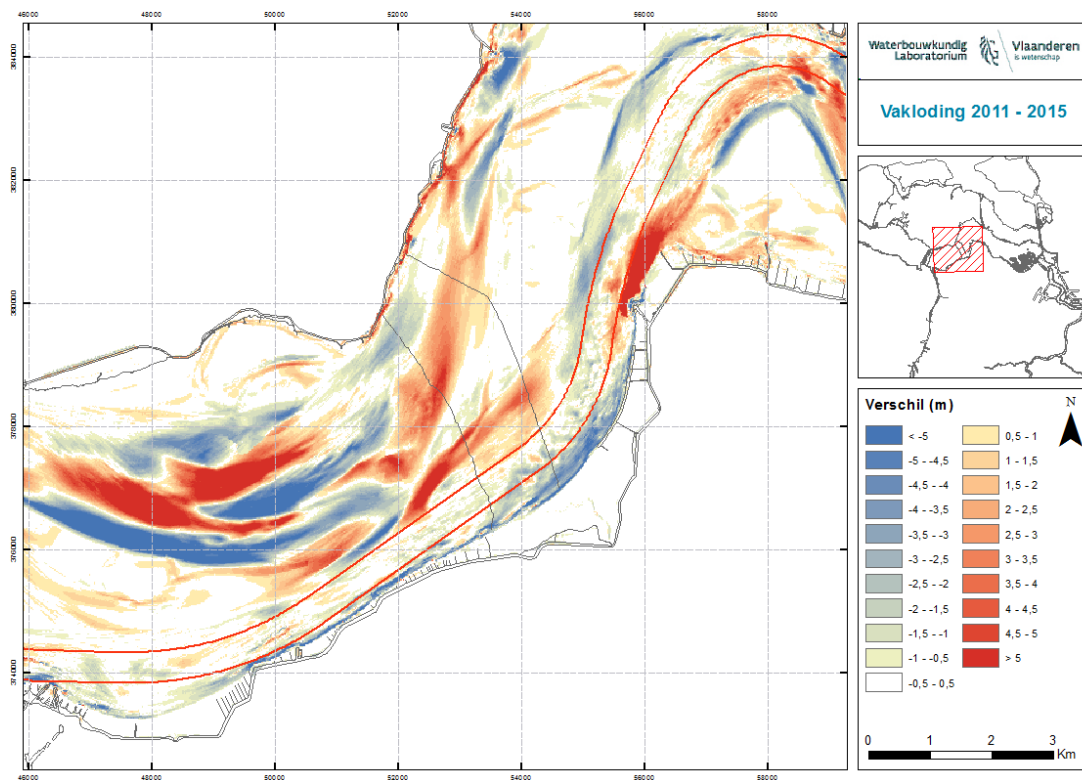
Figuur 63: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2012



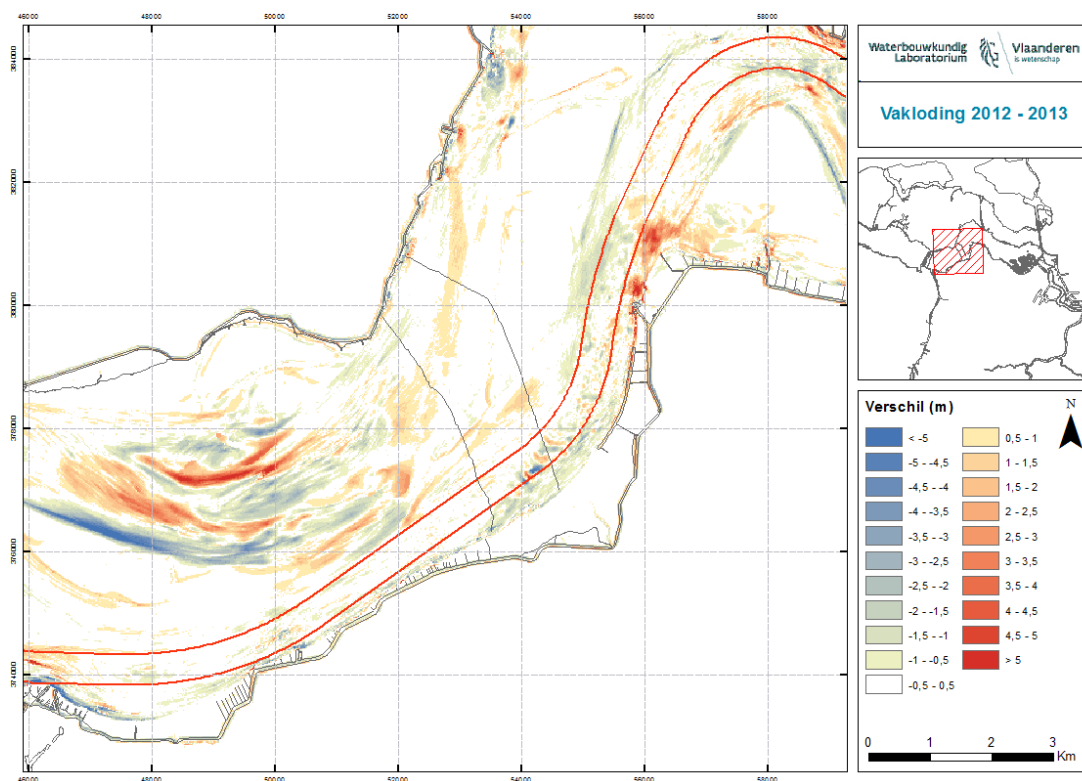
Figuur 64: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2013



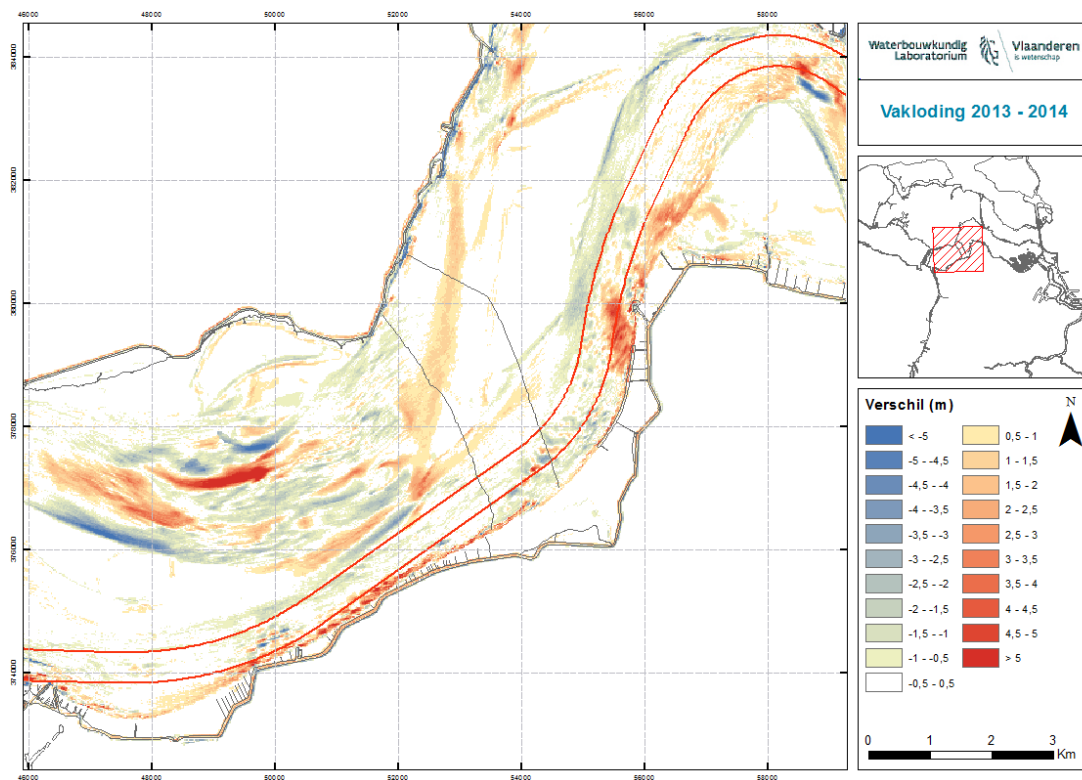
Figuur 65: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2014



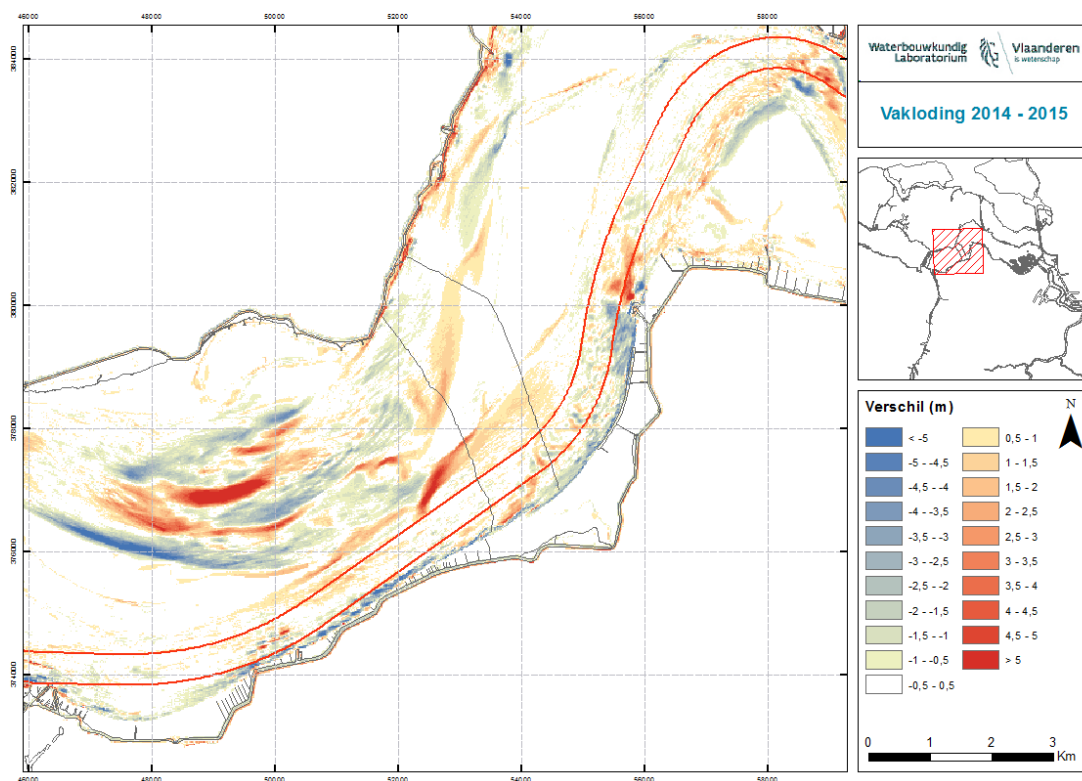
Figuur 66: Verschilkaart vakloding 2011 en vakloding 2015



Figuur 67: Verschilkaart vakloding 2012 en vakloding 2013

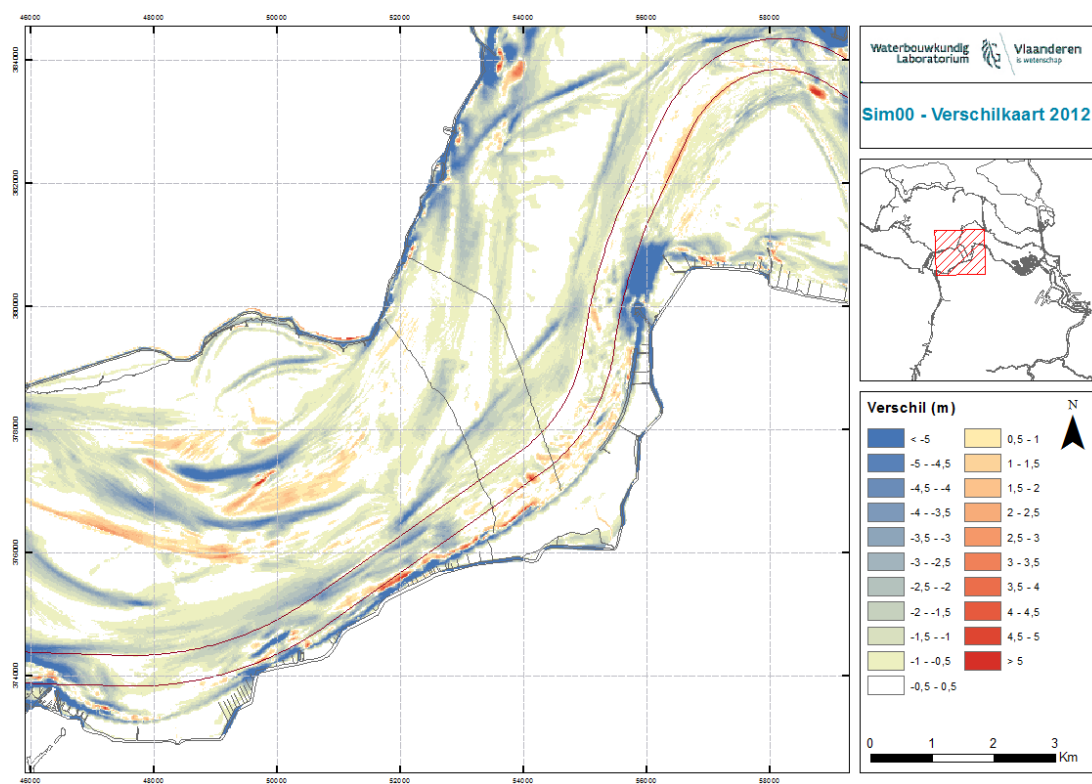


Figuur 68: Verschilkaart vakloding 2013 en vakloding 2014

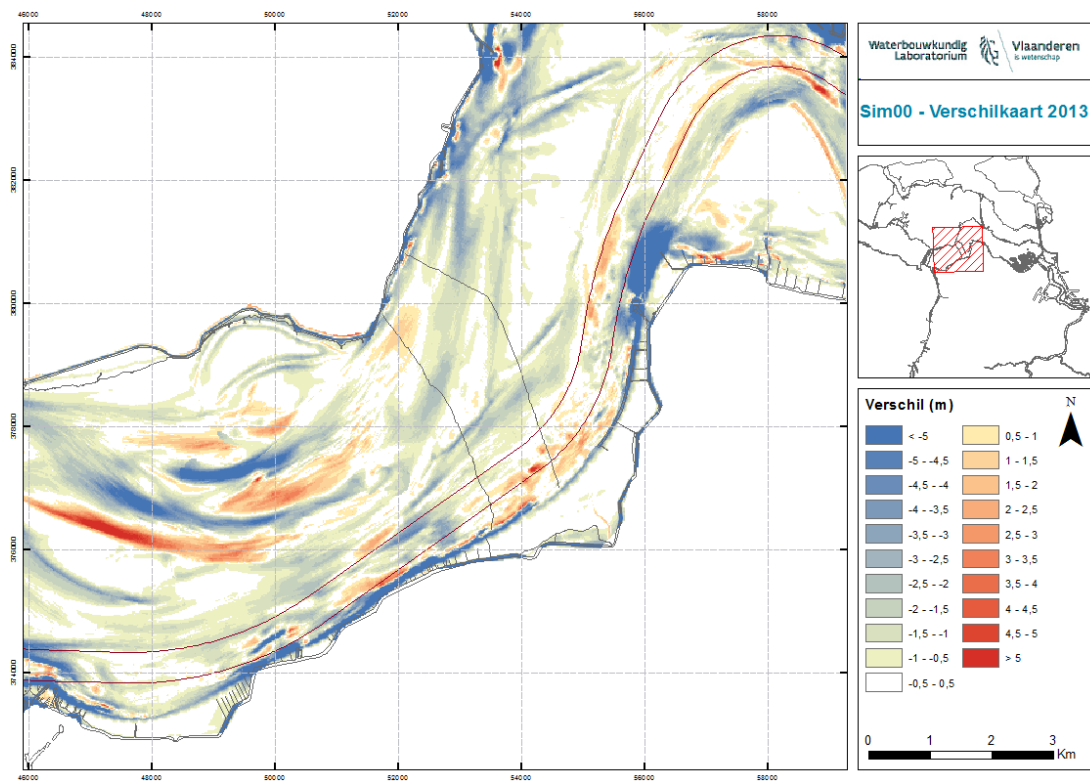


Figuur 69: Verschilkaart vakloding 2014 en vakloding 2015

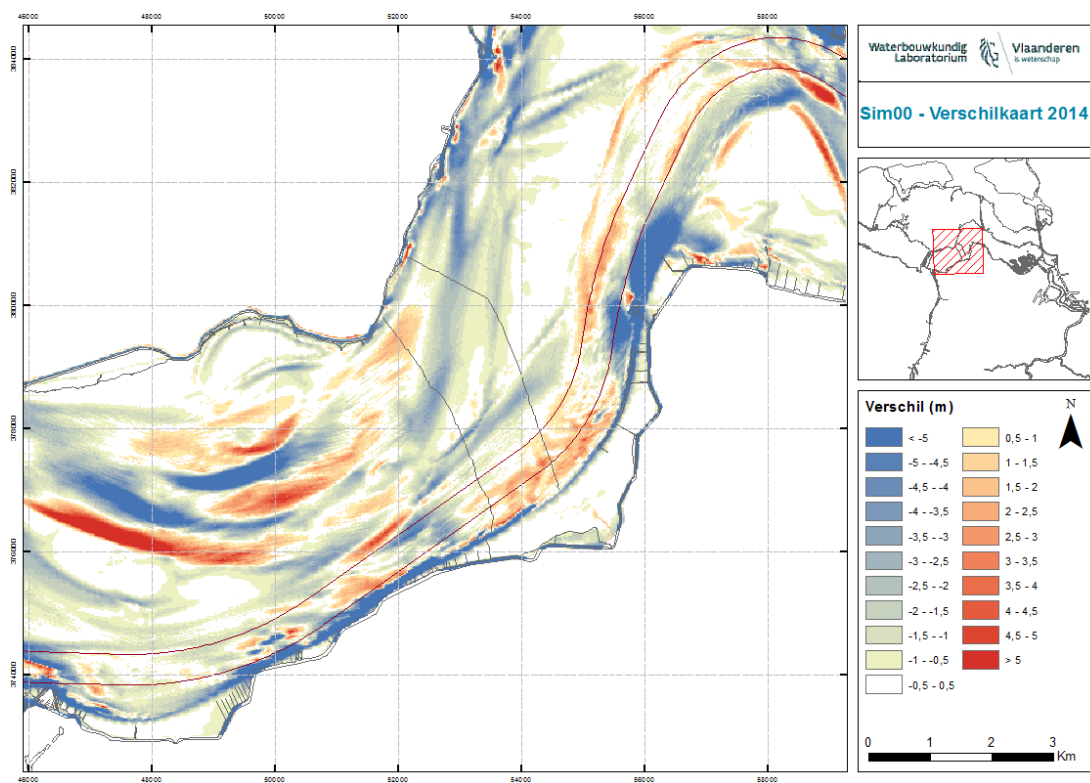
12 Bijlage D – Verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie - vakloding



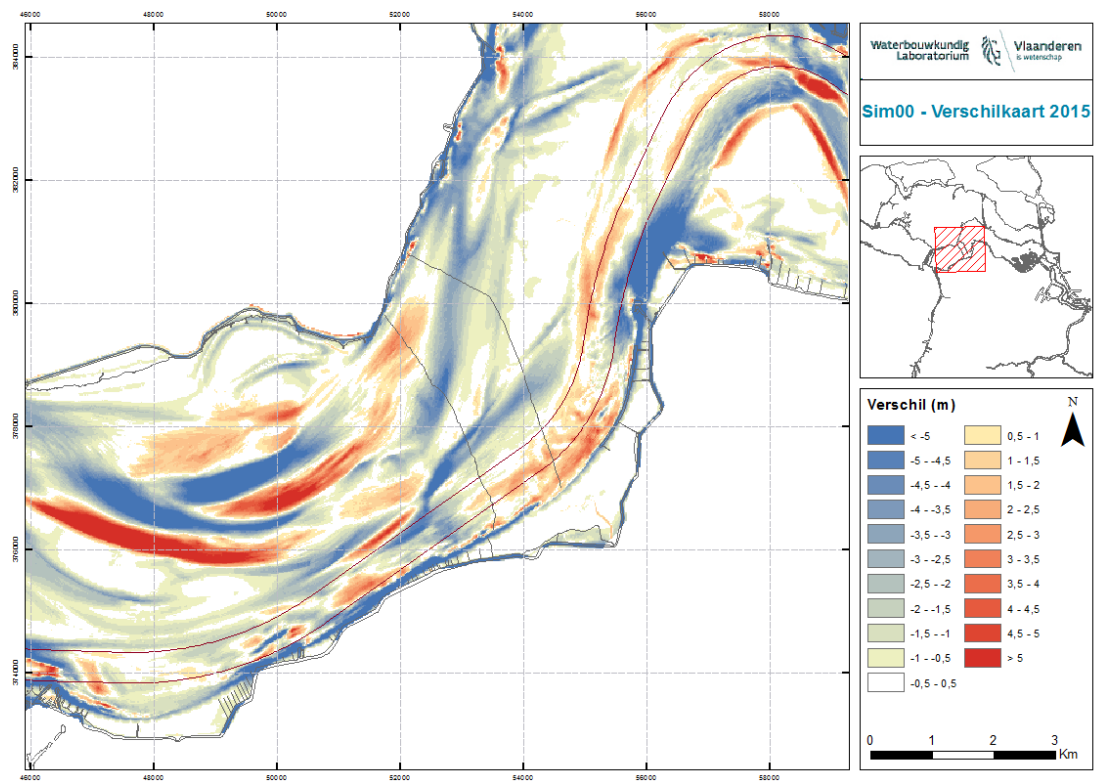
Figuur 70: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 00



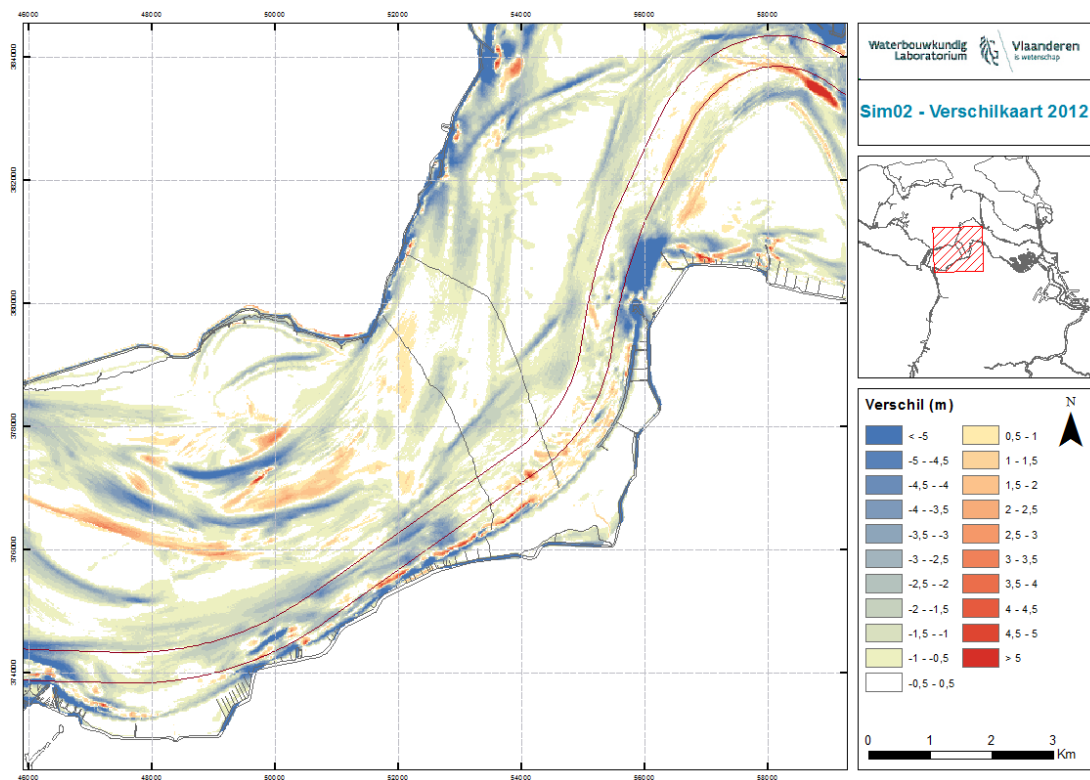
Figuur 71: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 00



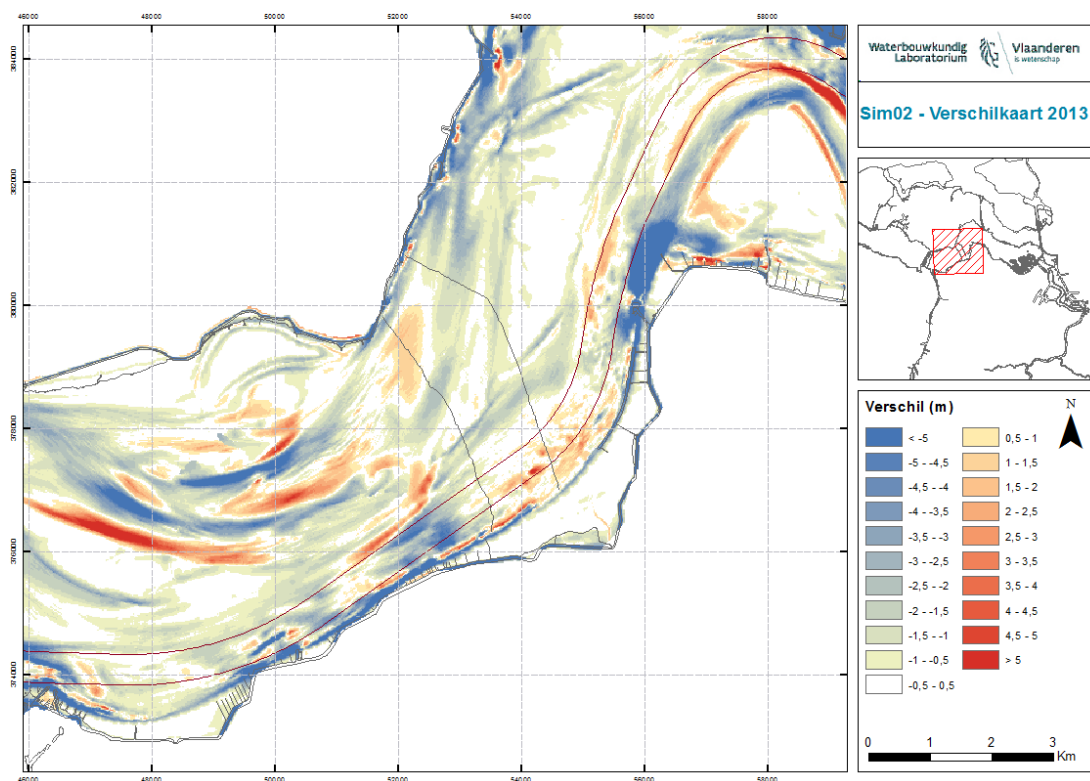
Figuur 72: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 00



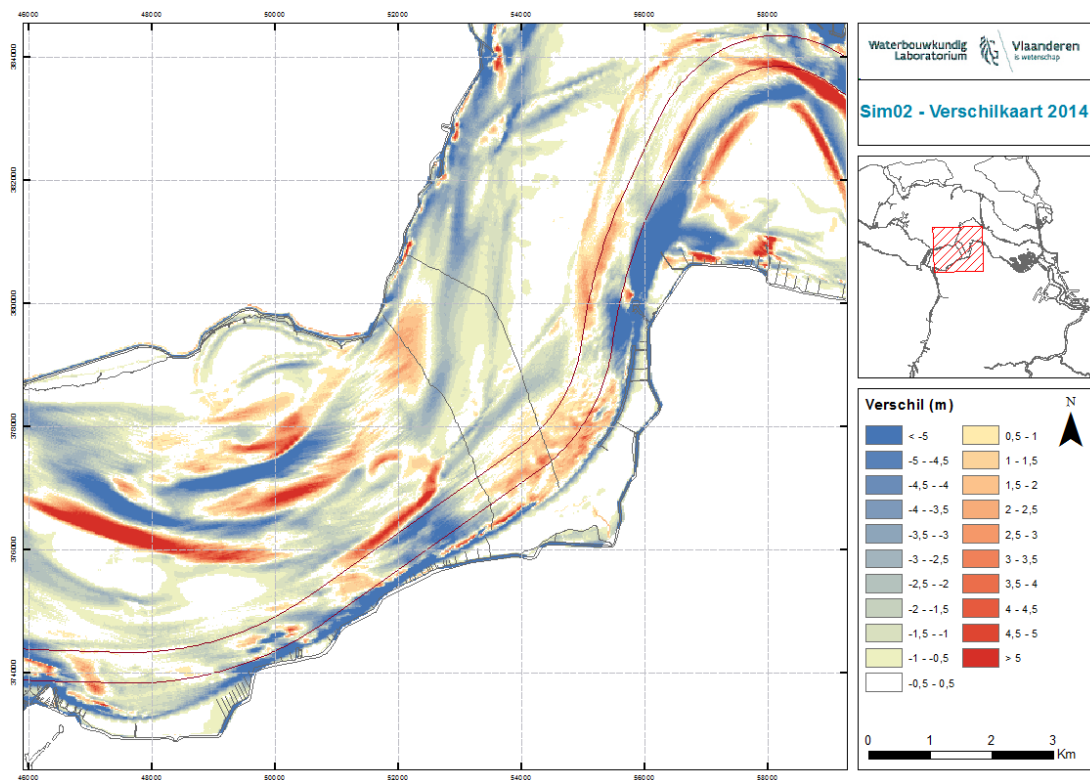
Figuur 73: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 00



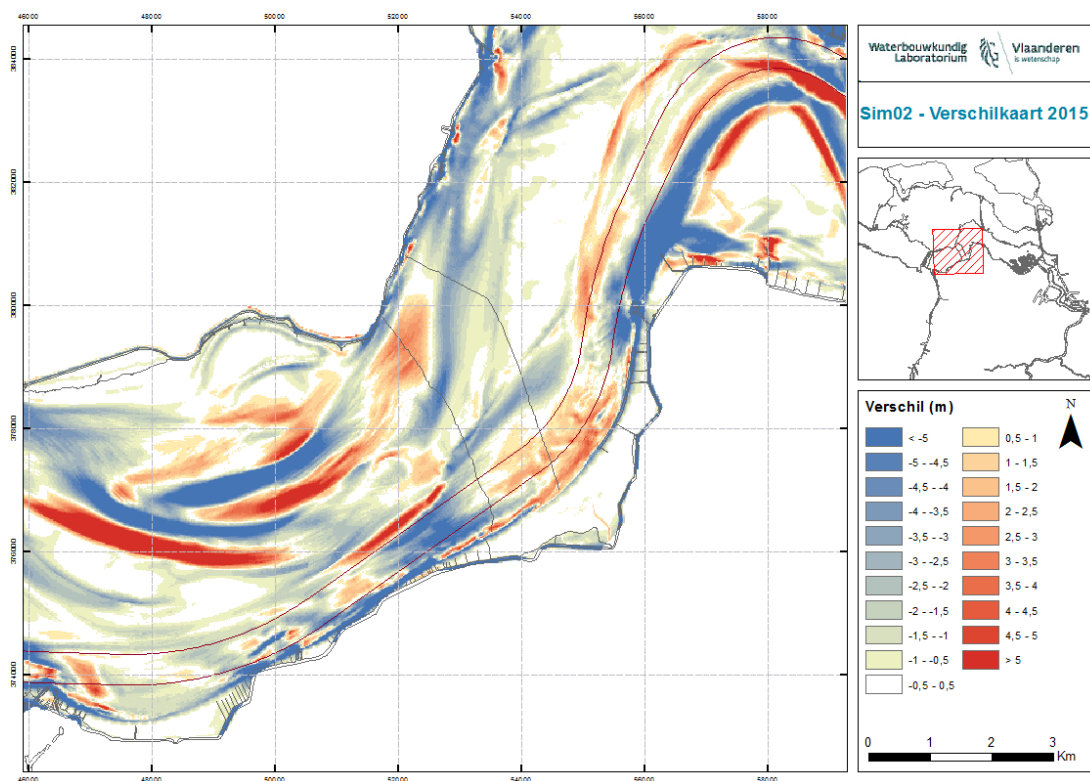
Figuur 74: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 02



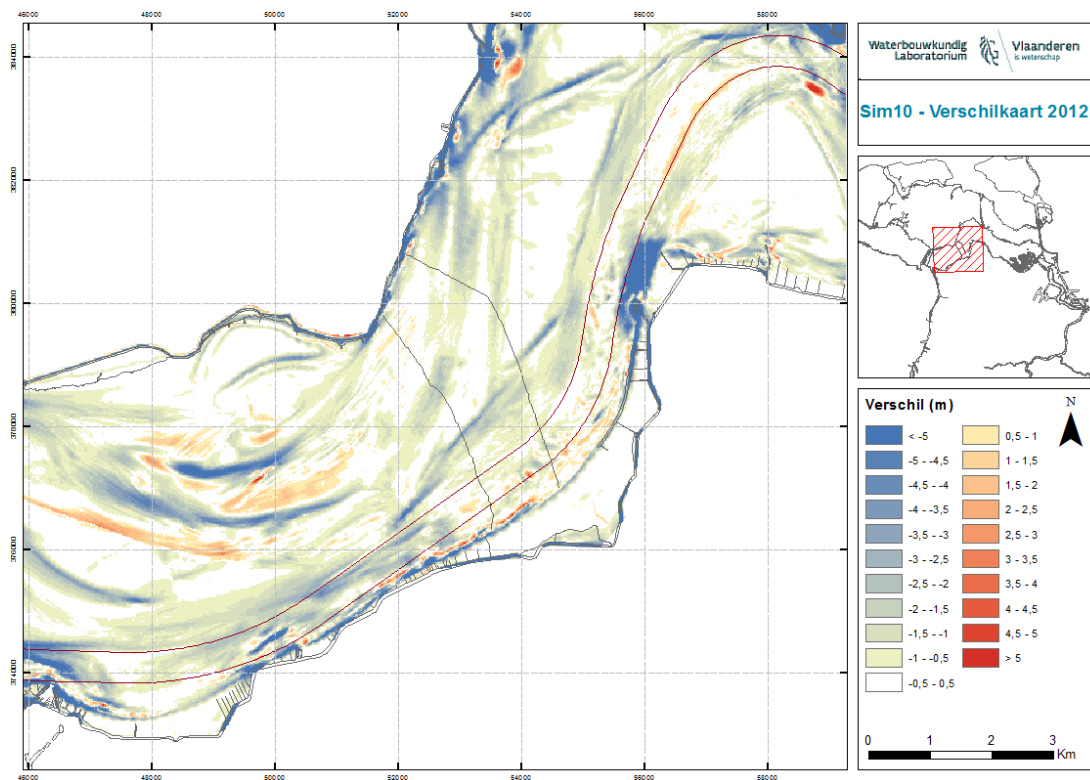
Figuur 75: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 02



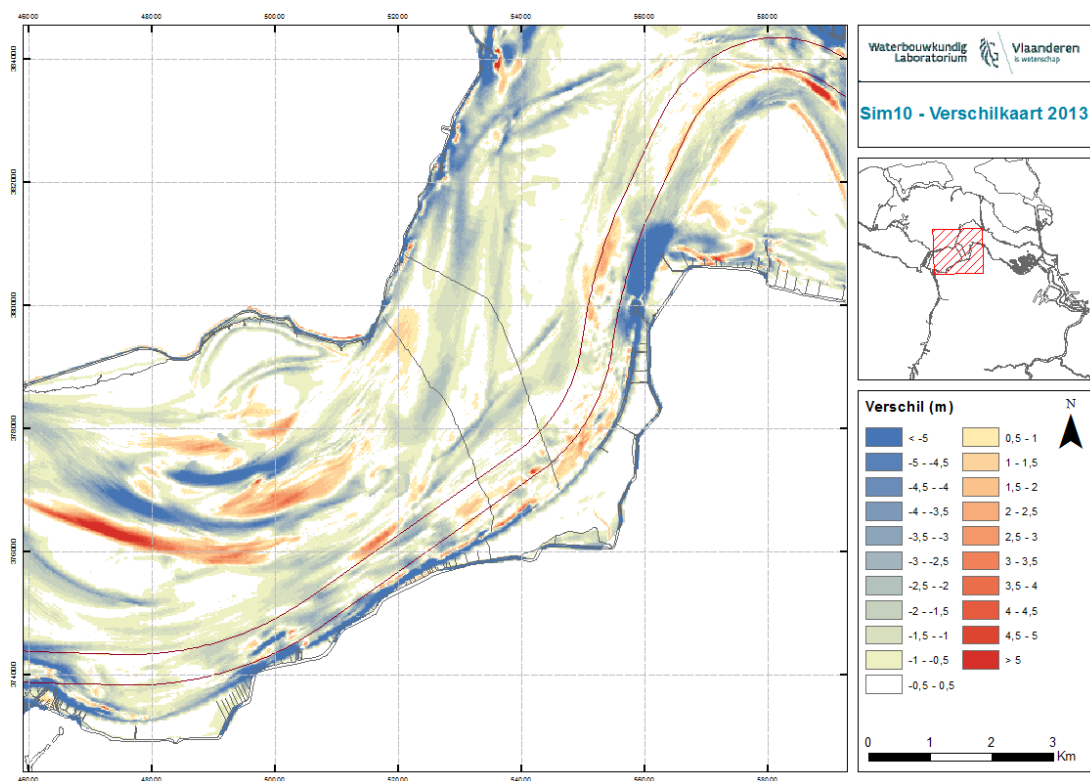
Figuur 76: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 02



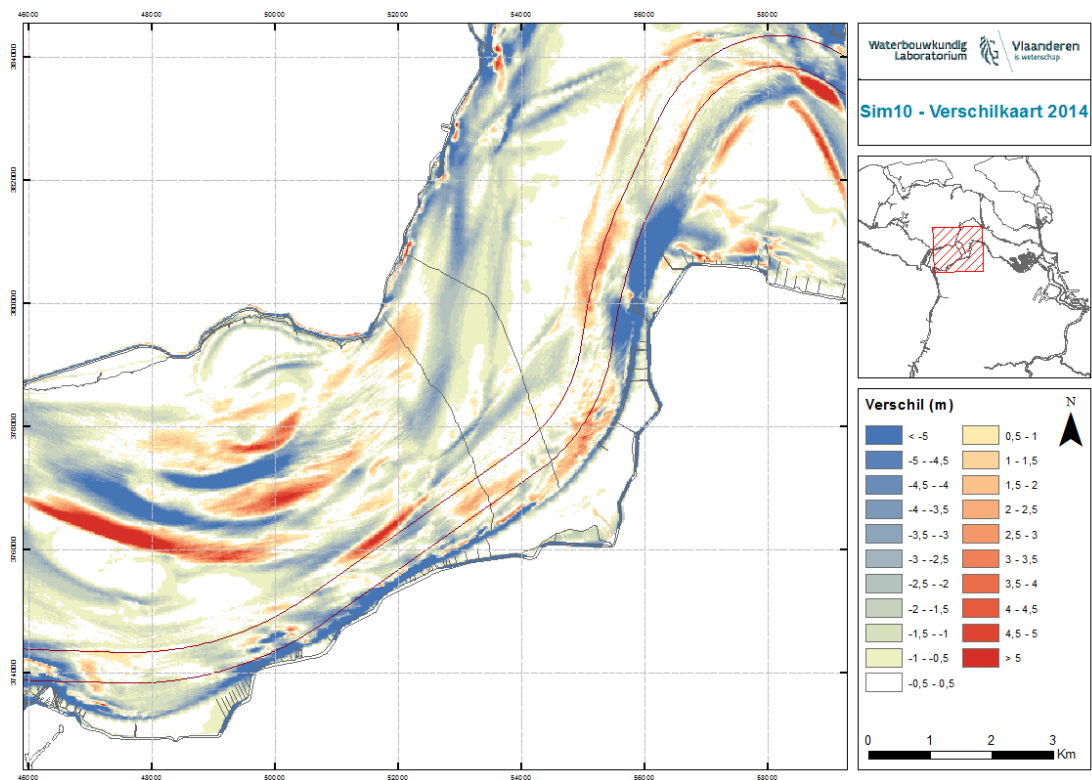
Figuur 77: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 02



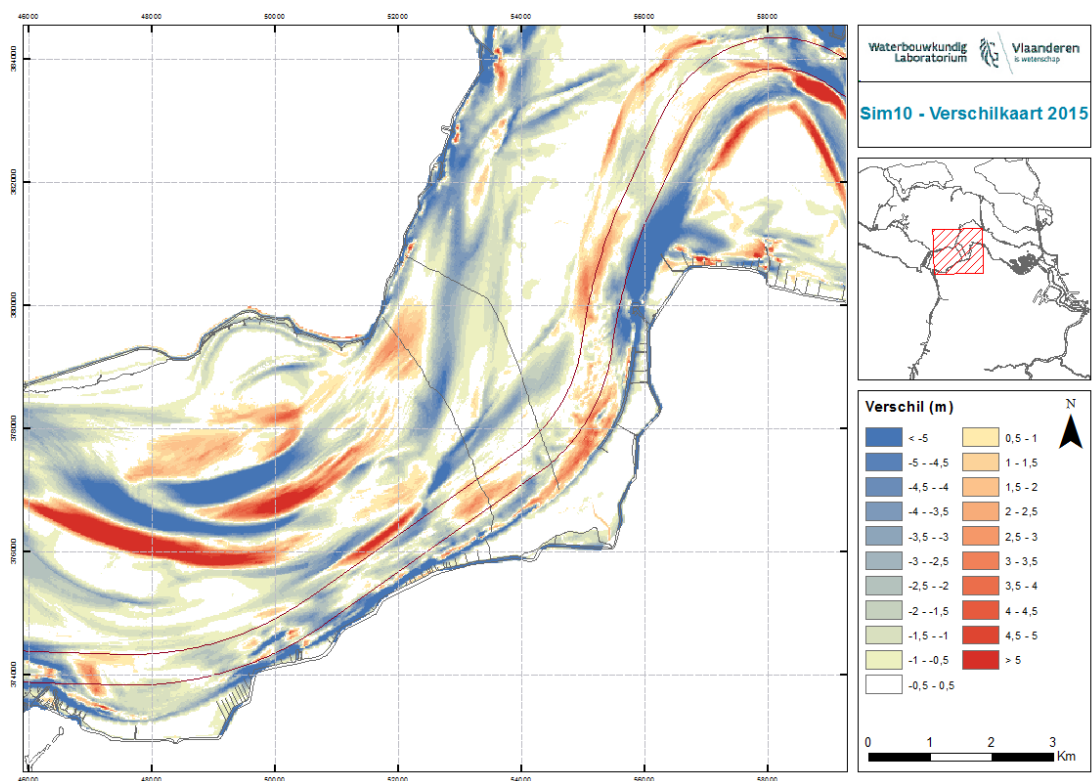
Figuur 78: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 10



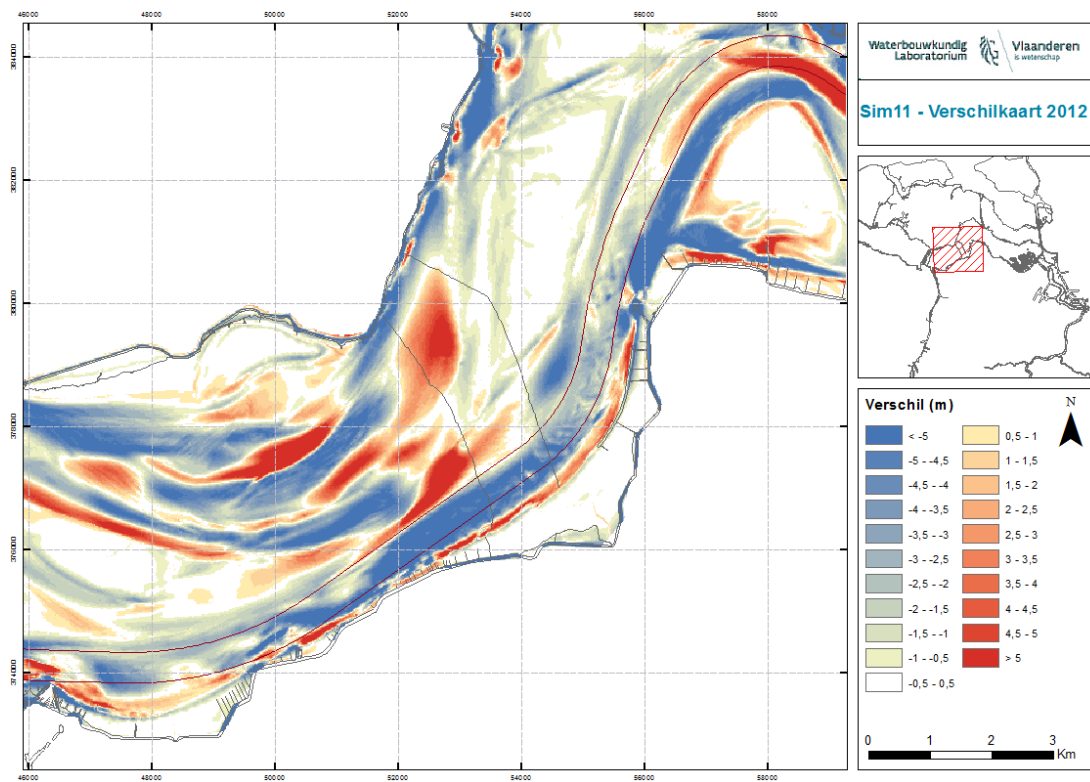
Figuur 79: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 10



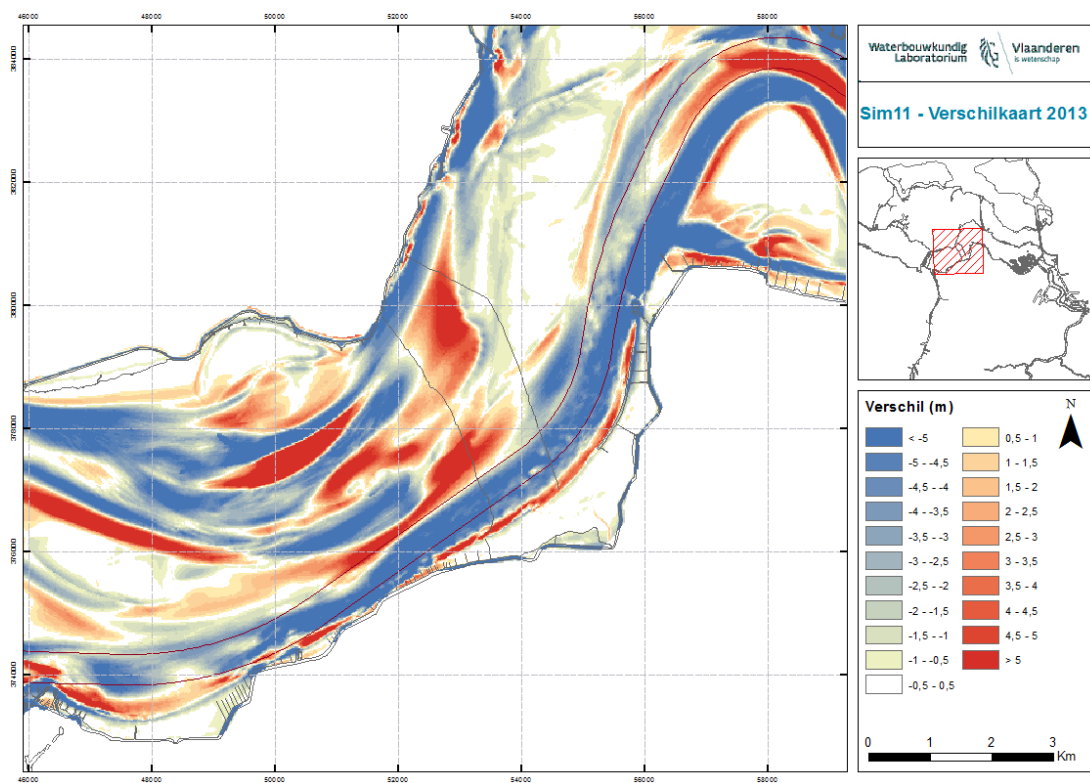
Figuur 80: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 10



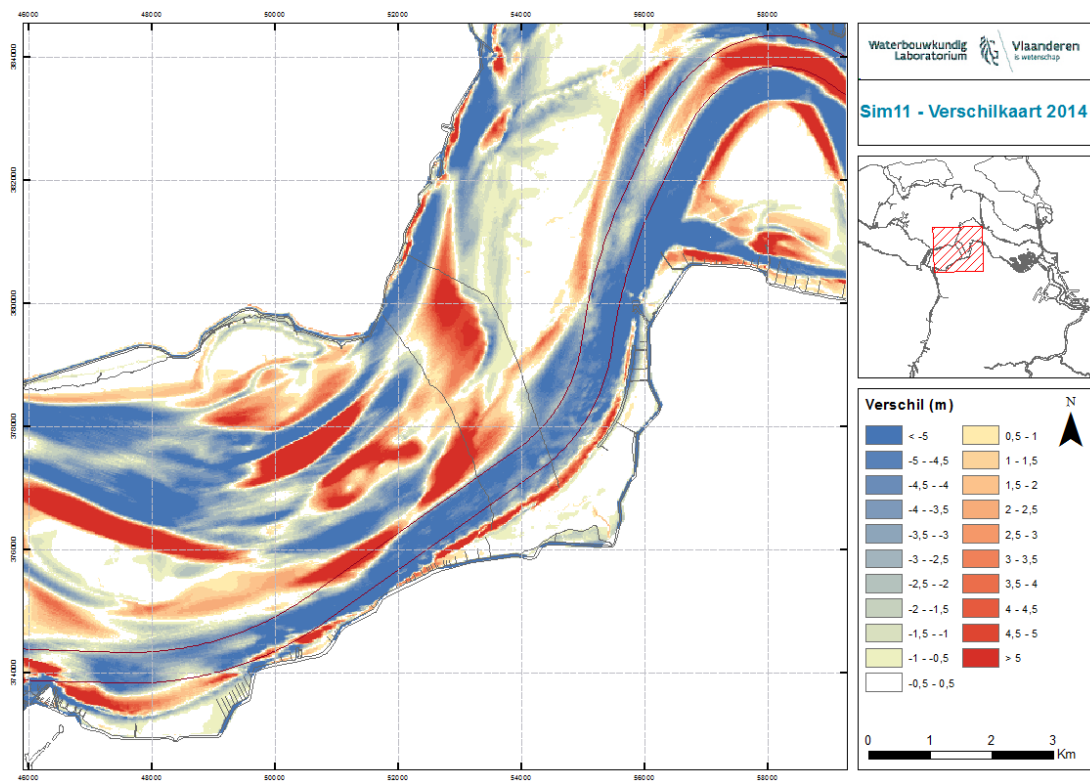
Figuur 81: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 10



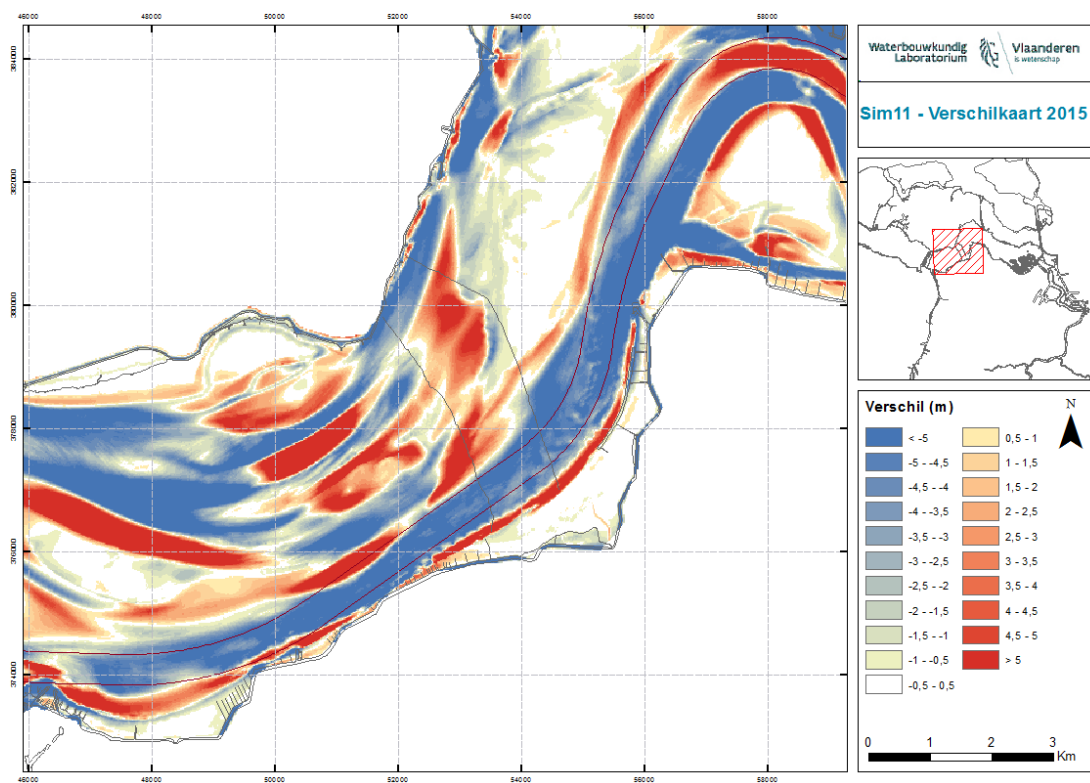
Figuur 82: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 11



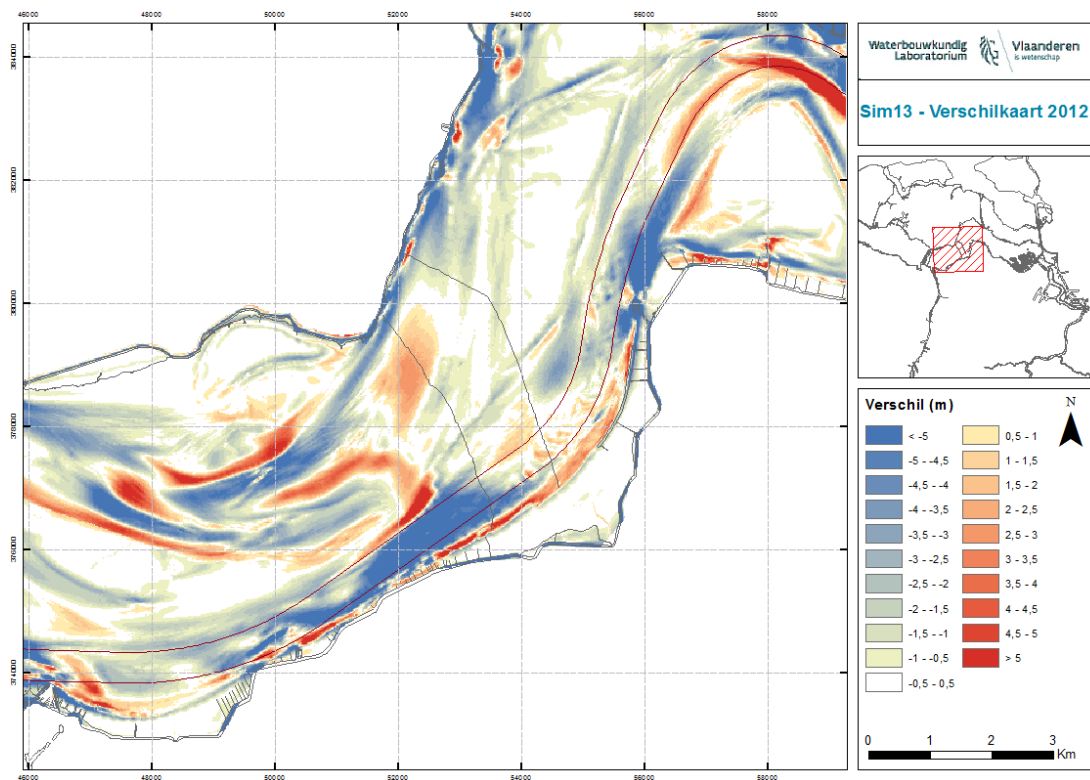
Figuur 83: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 11



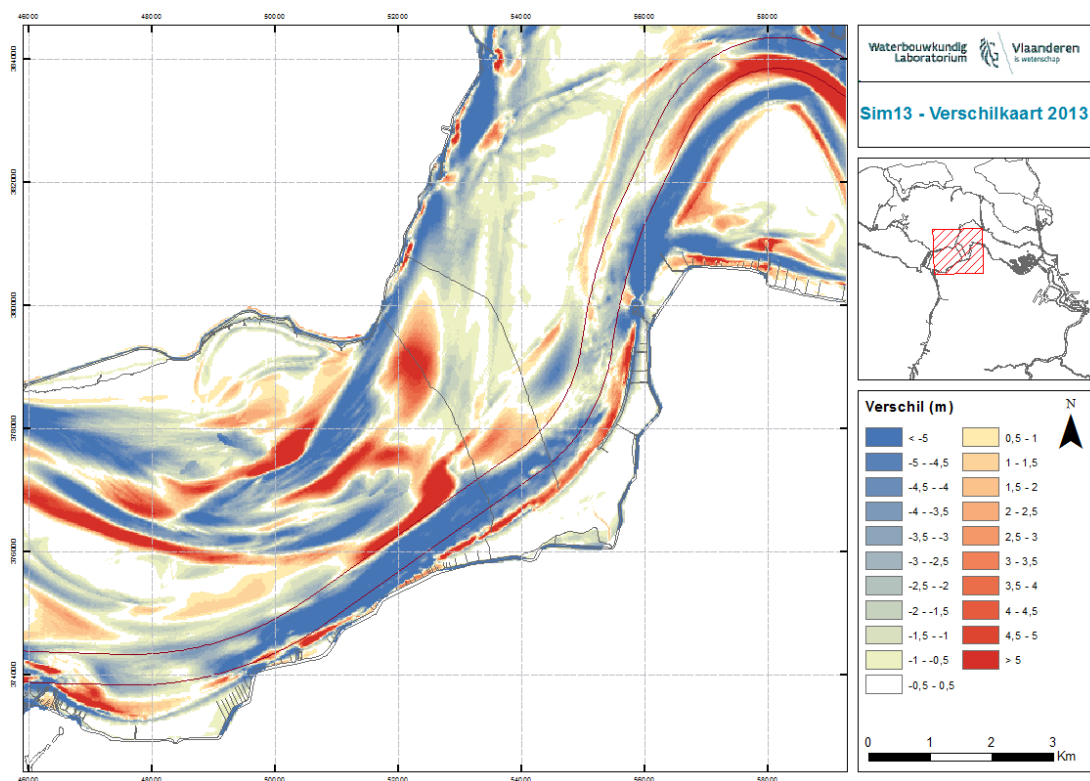
Figuur 84: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 11



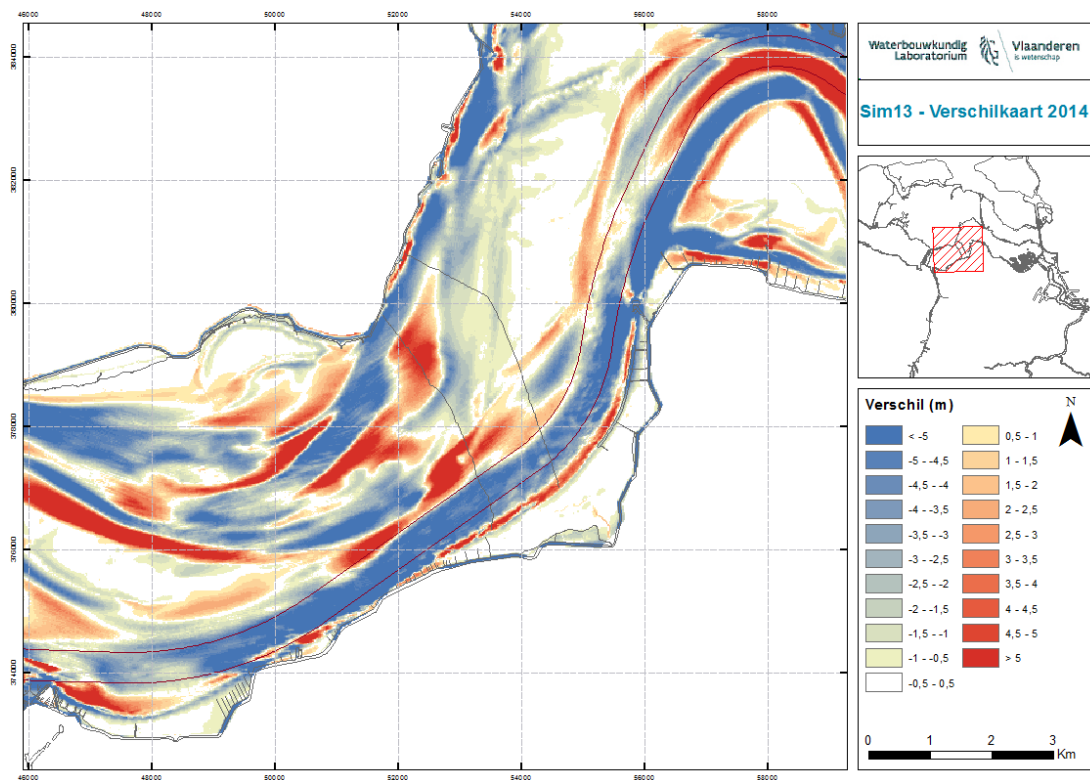
Figuur 85: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 11



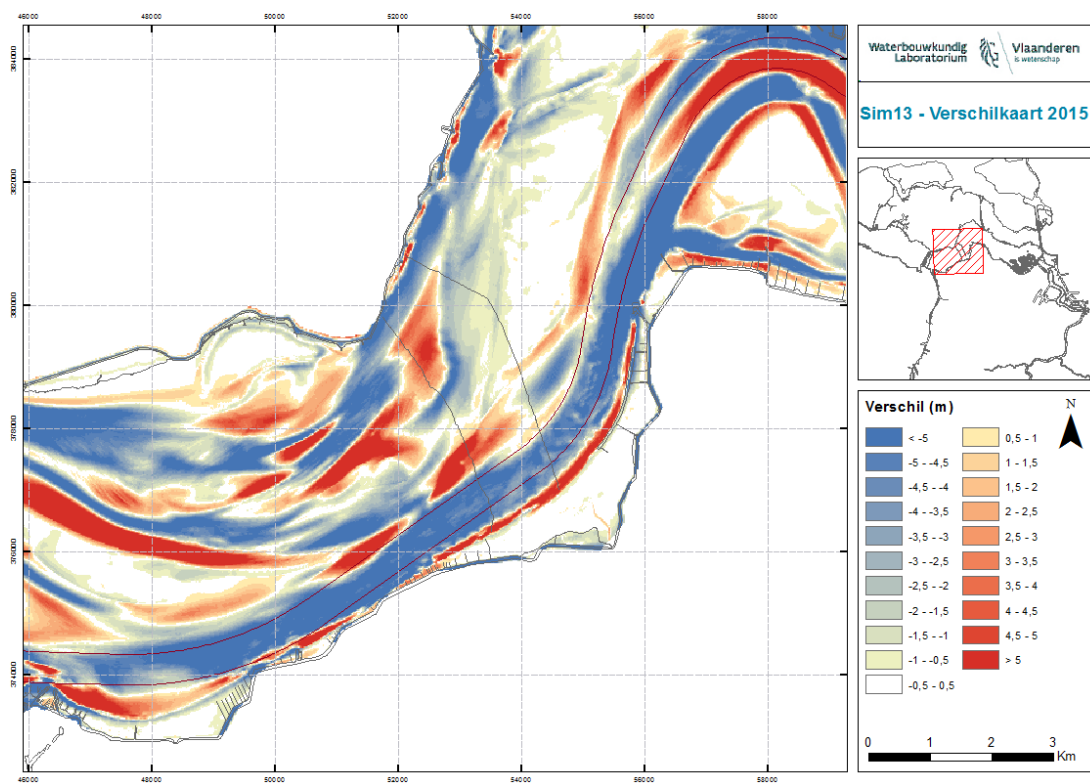
Figuur 86: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 13



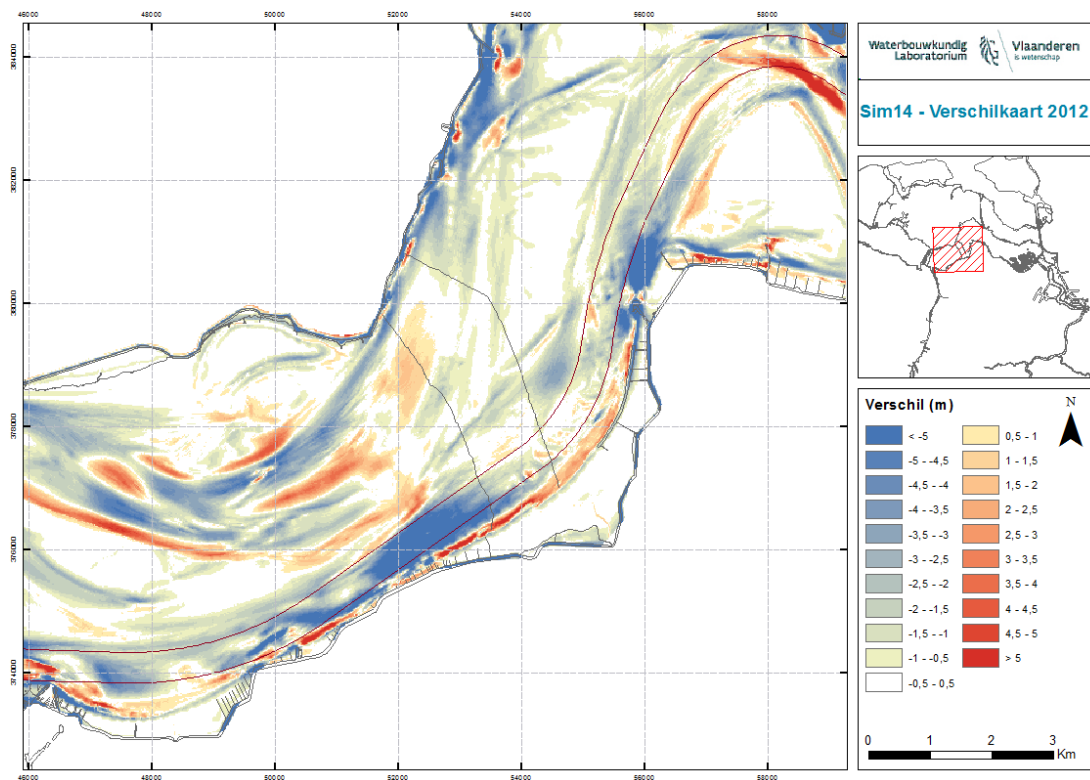
Figuur 87: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 13



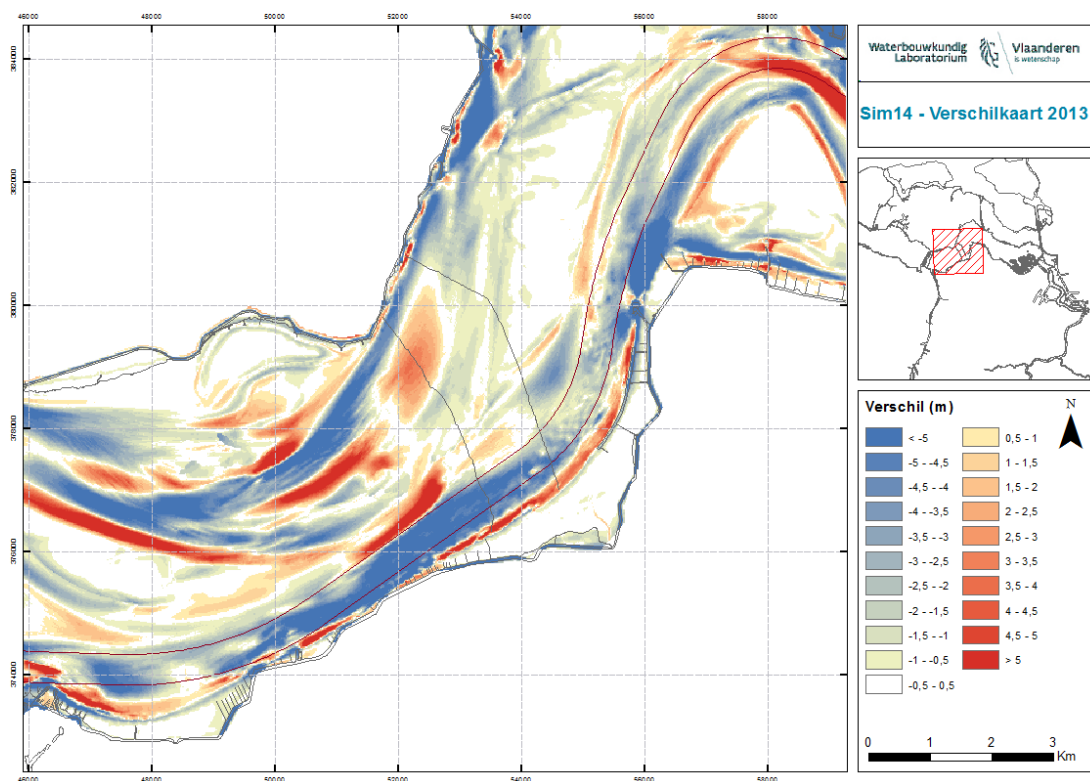
Figuur 88: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 13



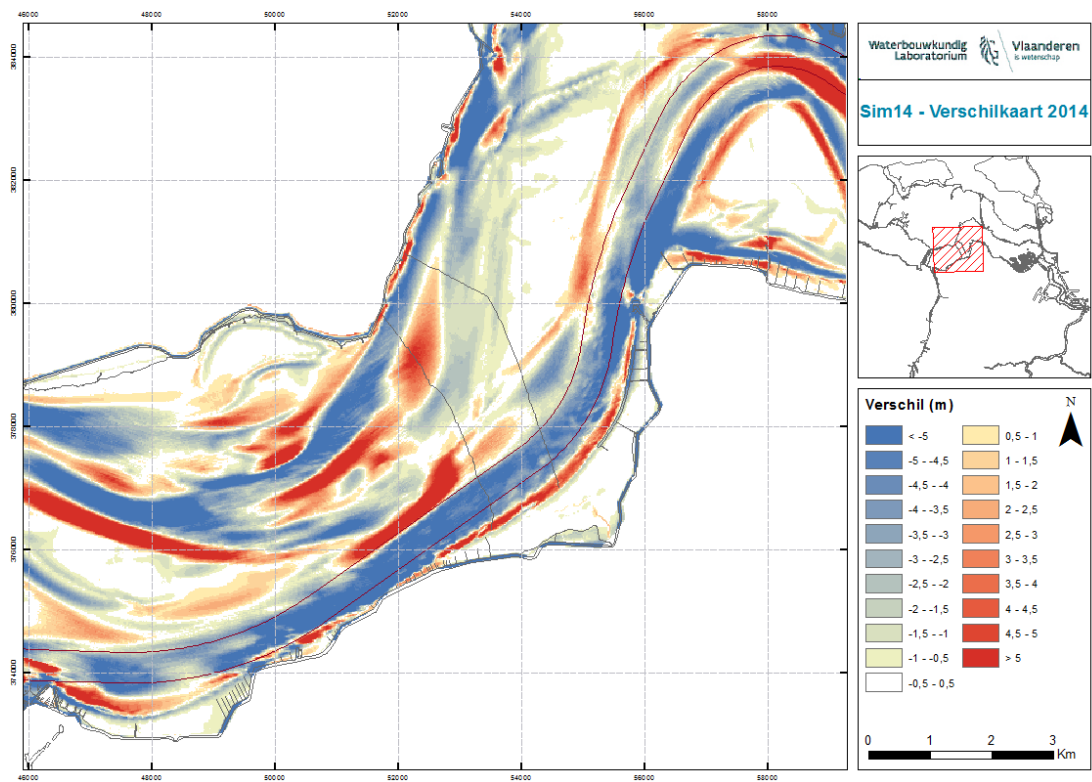
Figuur 89: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 13



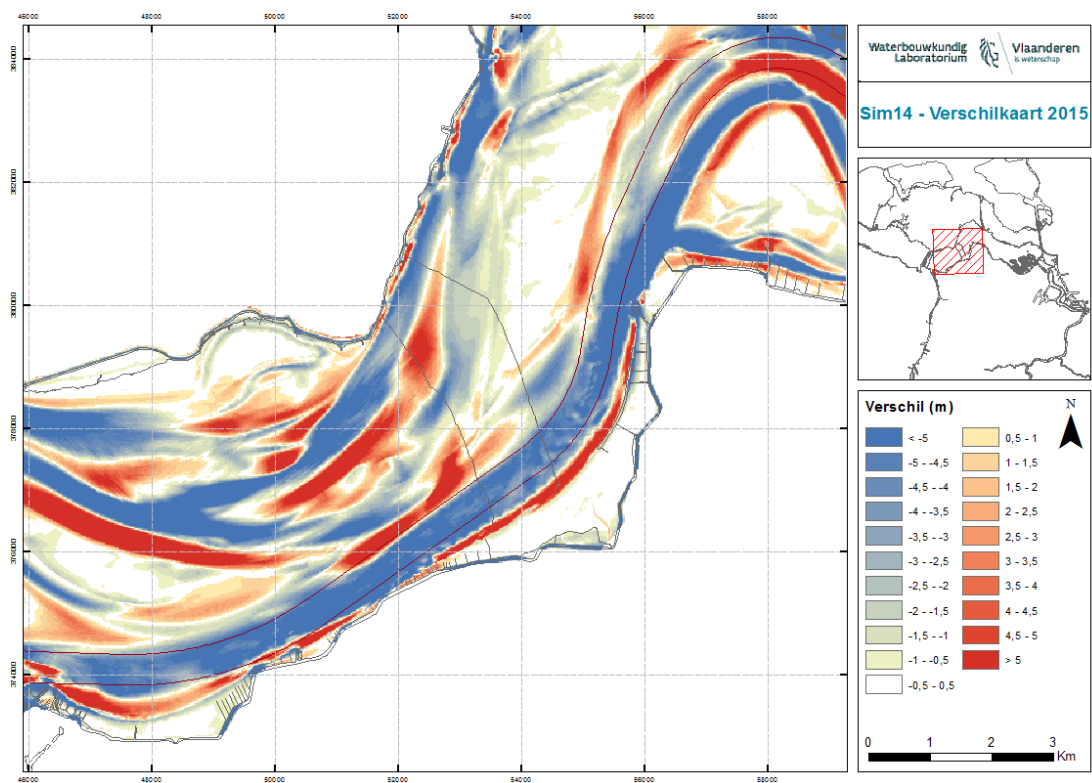
Figuur 90: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 14



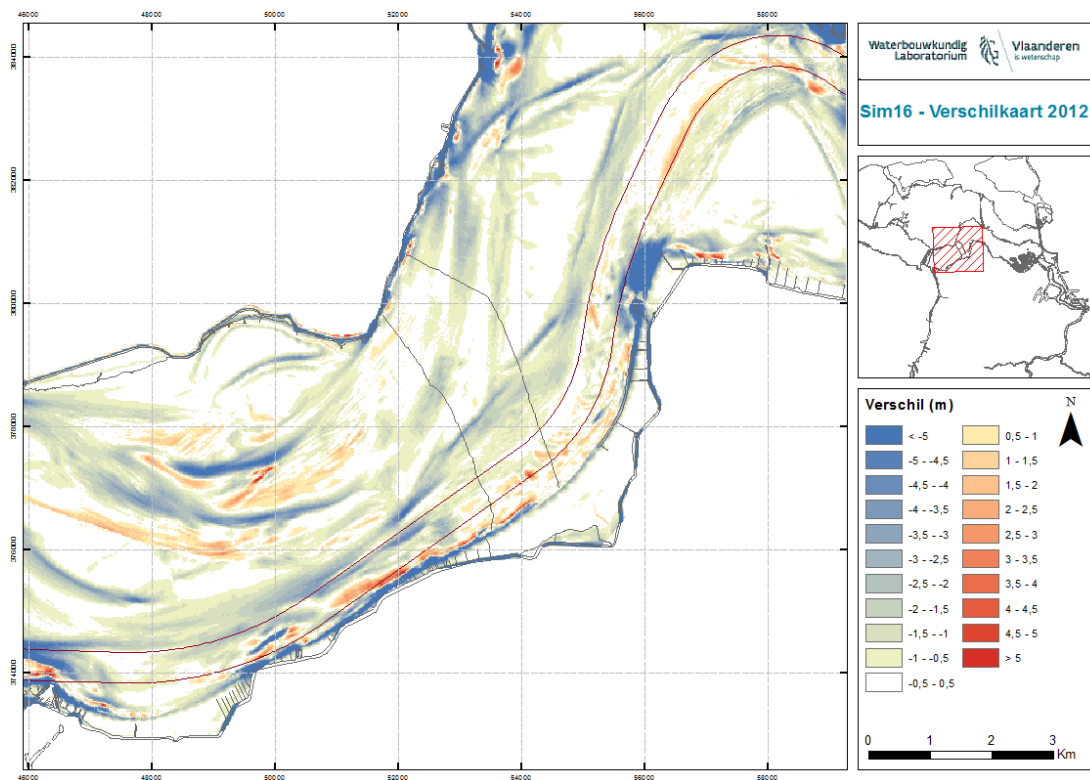
Figuur 91: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 14



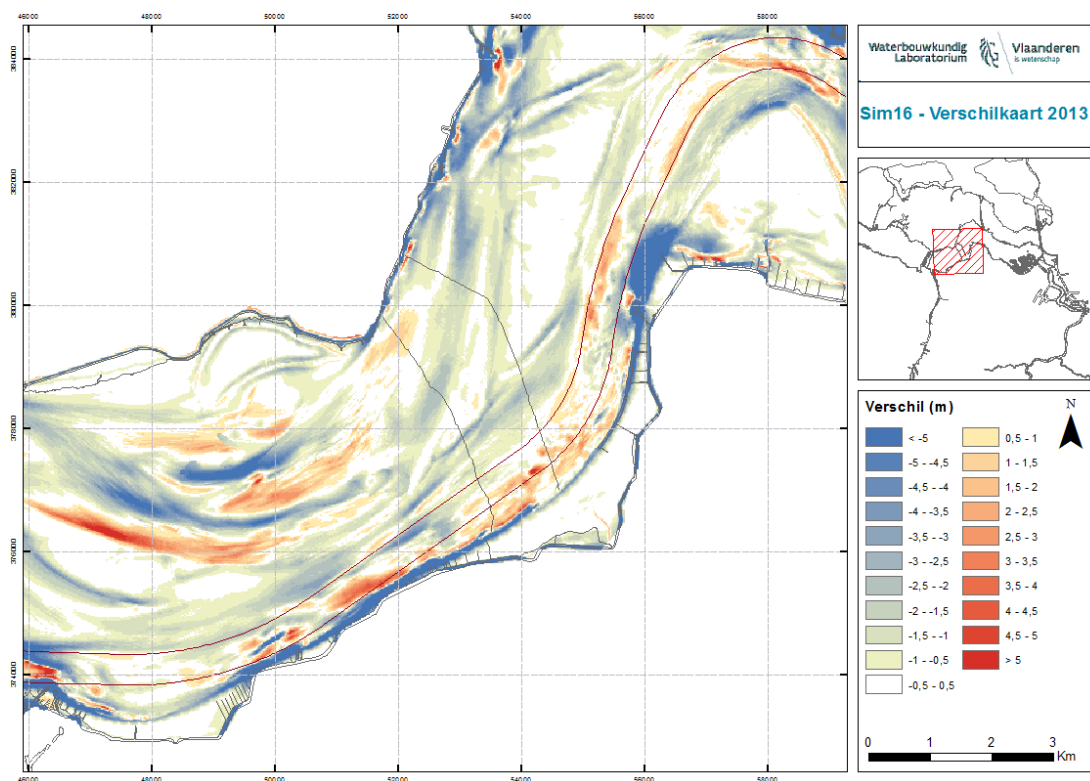
Figuur 92: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 14



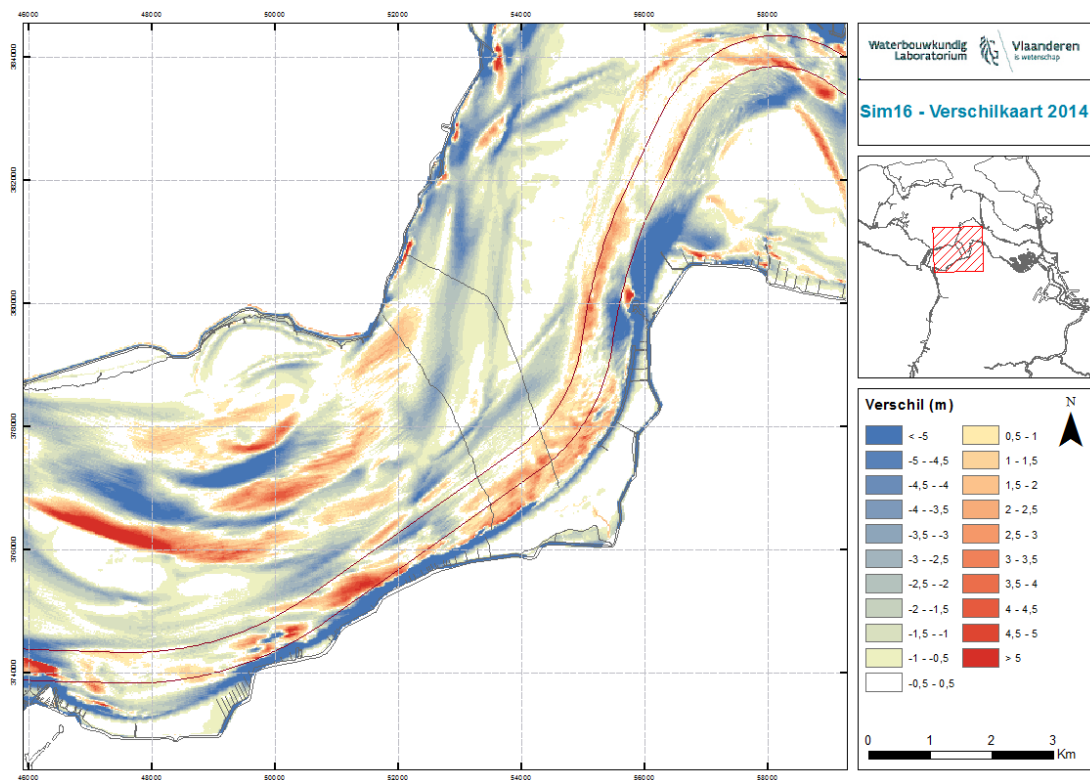
Figuur 93: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 14



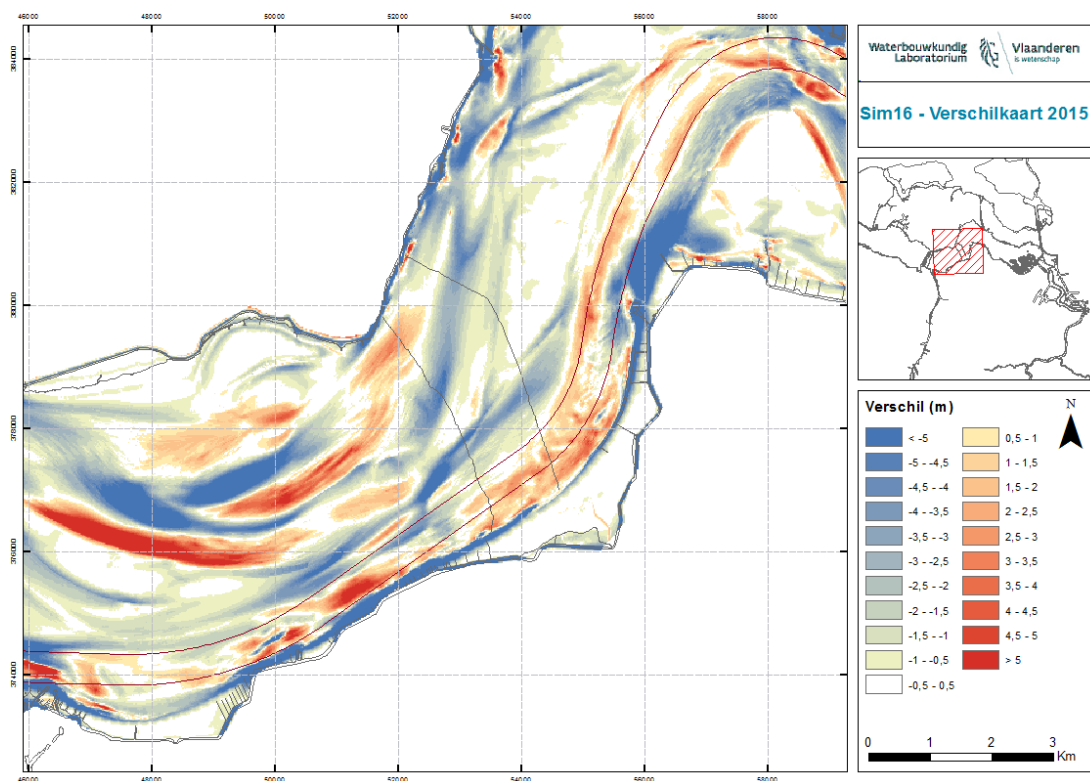
Figuur 94: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 16



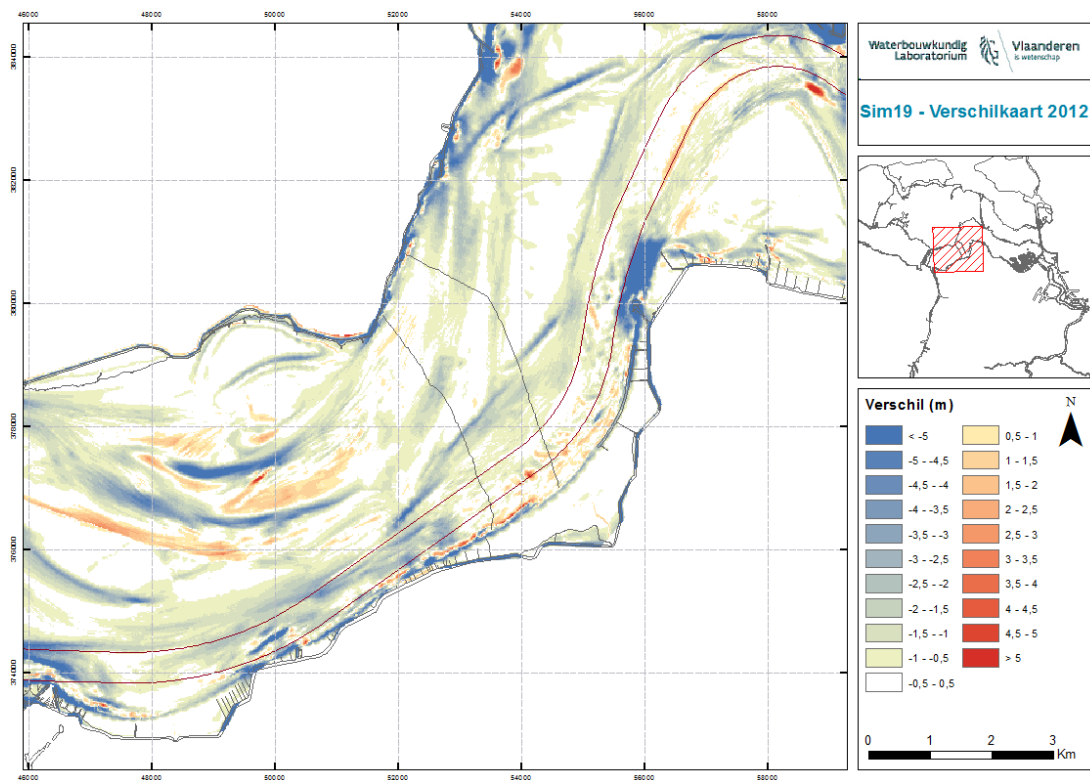
Figuur 95: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 16



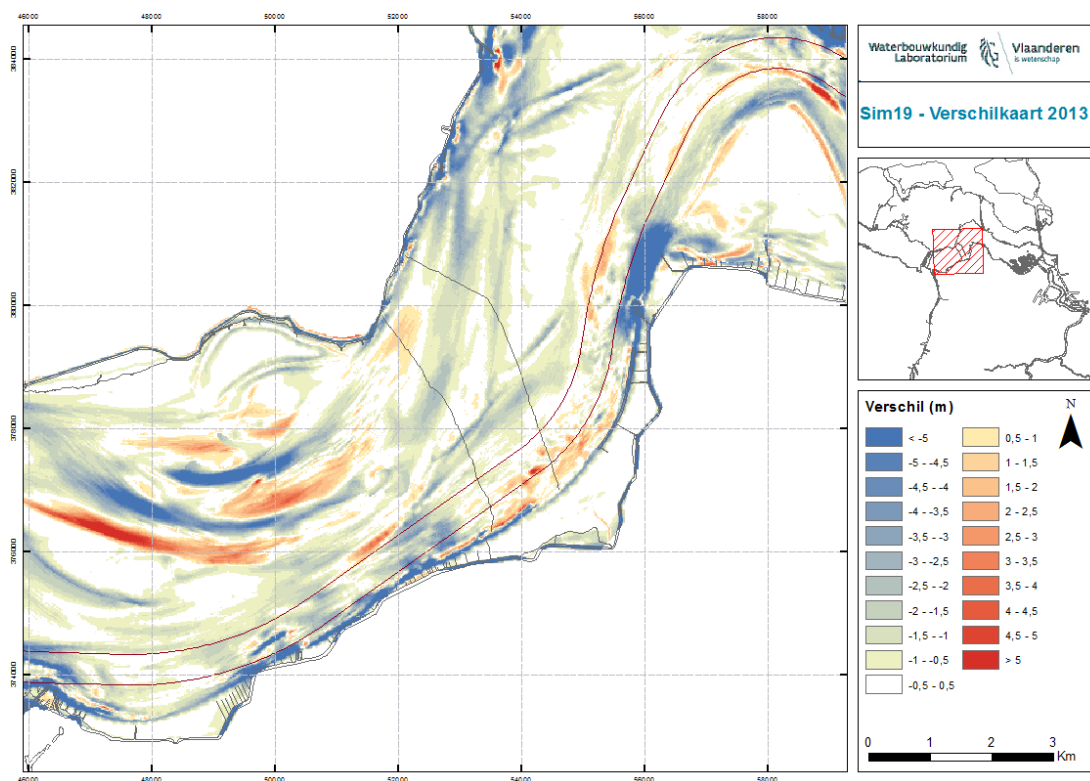
Figuur 96: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 16



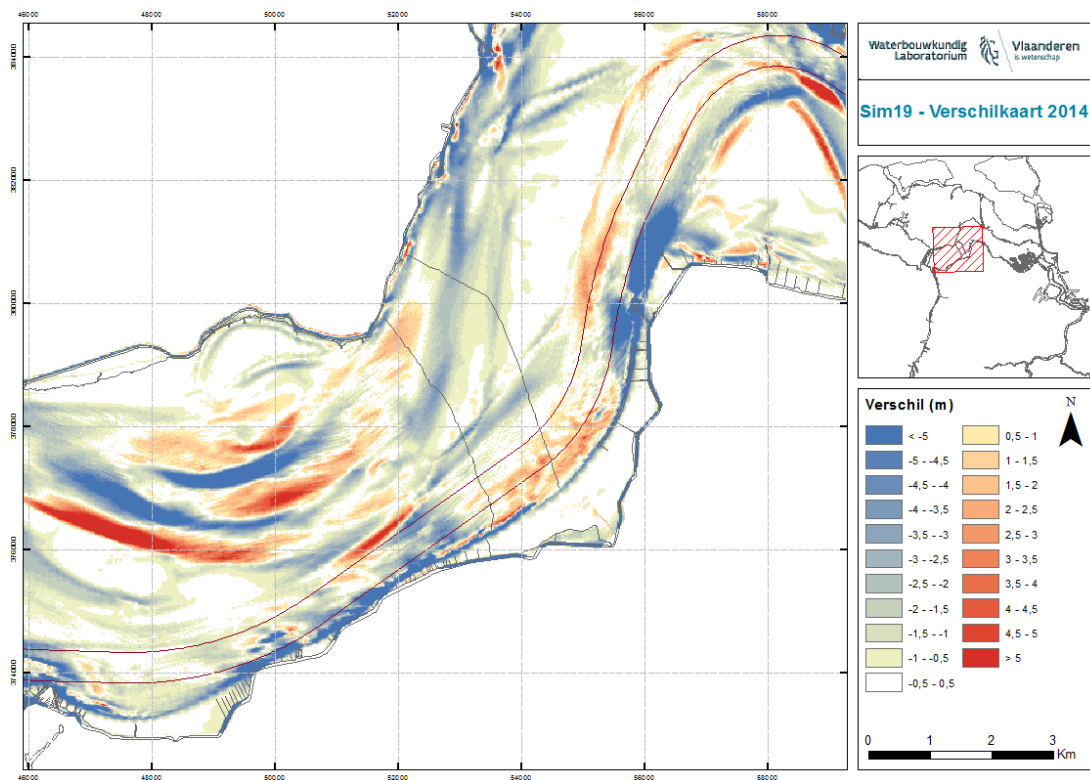
Figuur 97: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 16



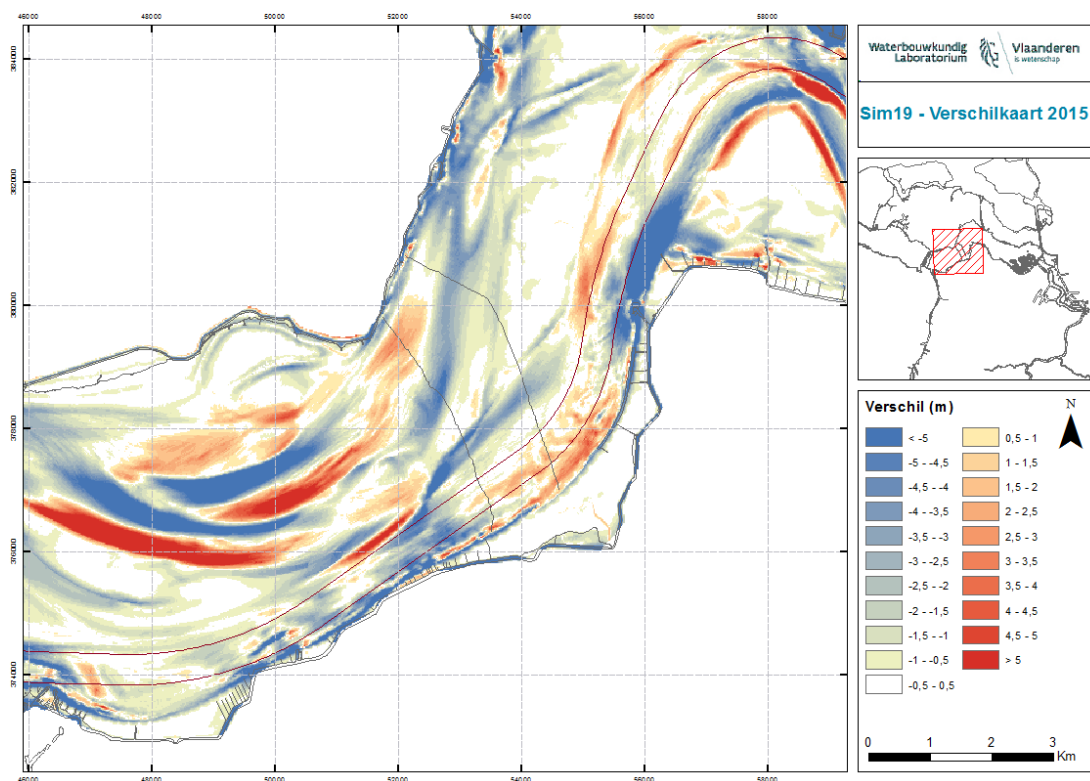
Figuur 98: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2012 – Simulatie 19



Figuur 99: Verschilkaart vakloding en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2013 – Simulatie 19

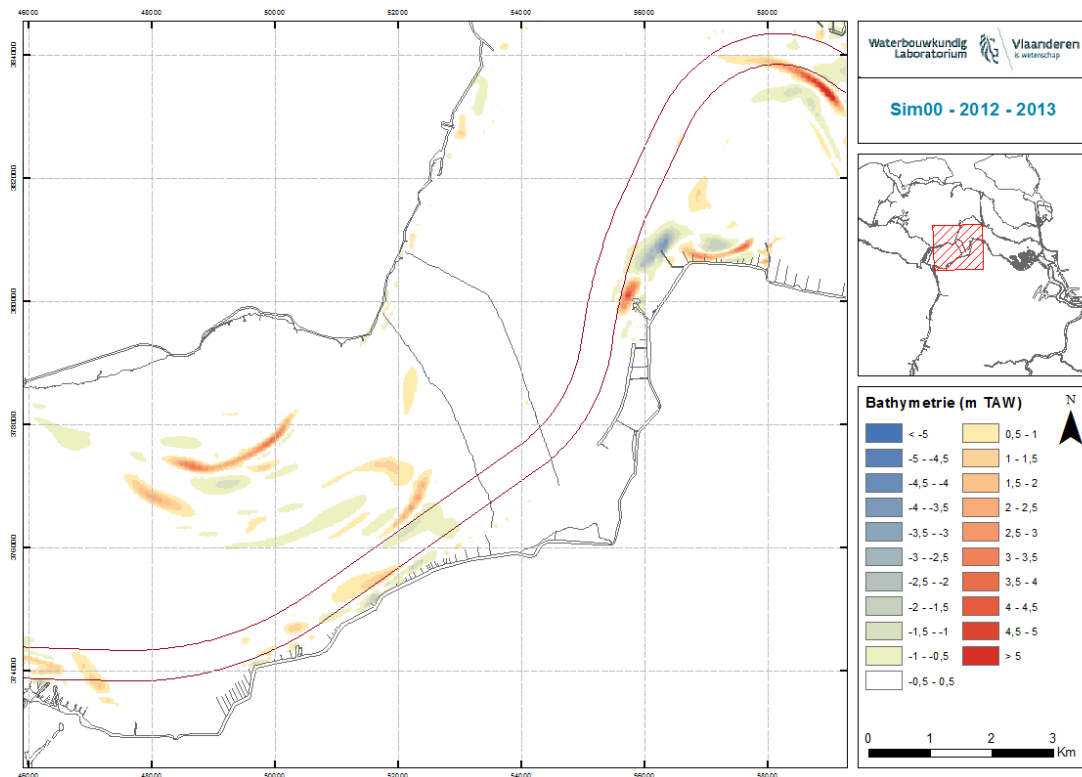


Figuur 100: Verschilkaart vaklodging en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2014 – Simulatie 19

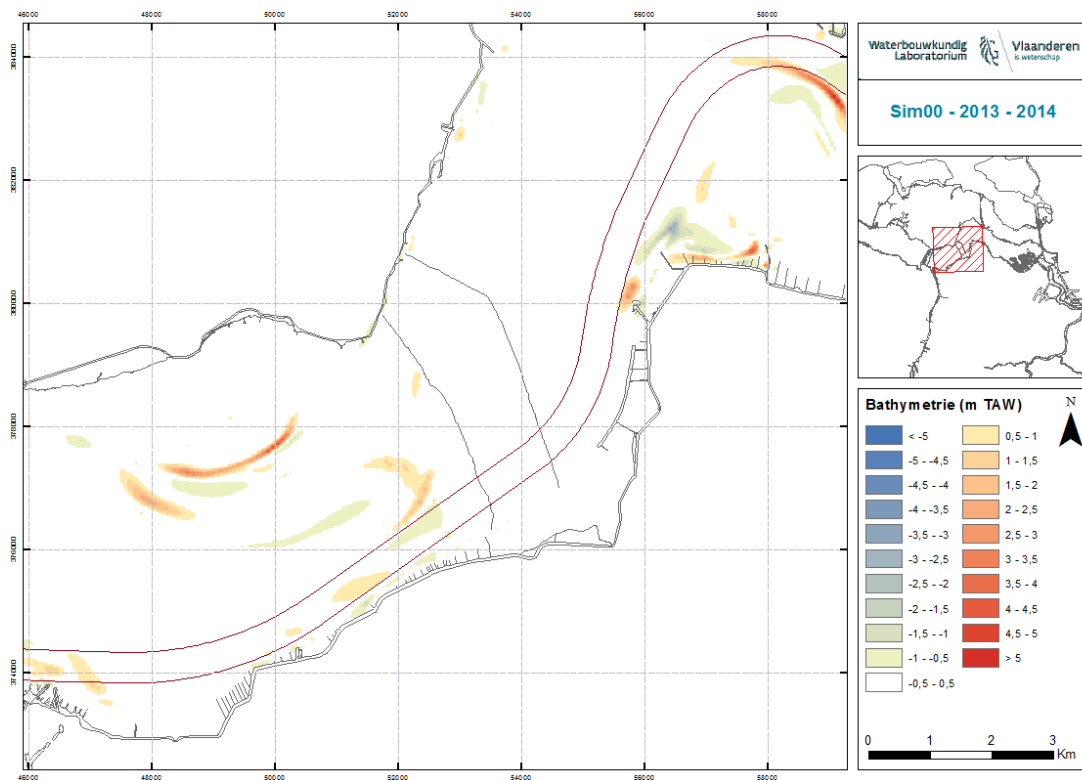


Figuur 101: Verschilkaart vaklodging en gemodelleerde bathymetrie voor het jaar 2015 – Simulatie 19

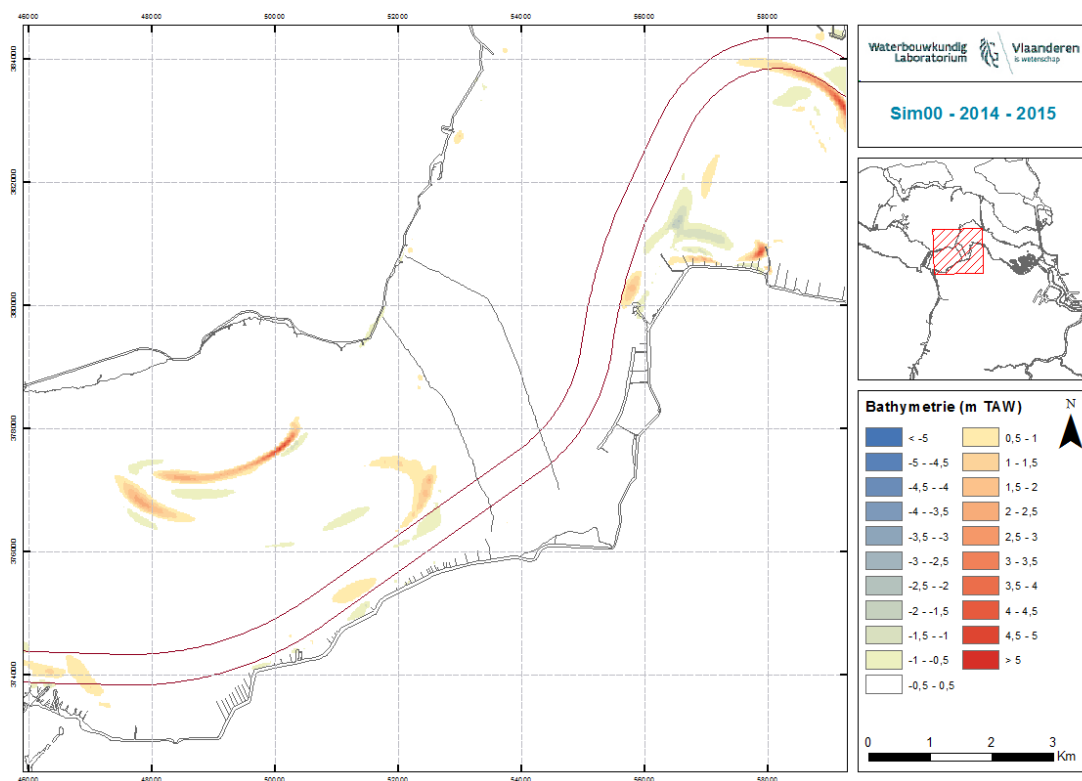
13 Bijlage E – Jaarlijkse verschilkaarten gemodelleerde bathymetrie



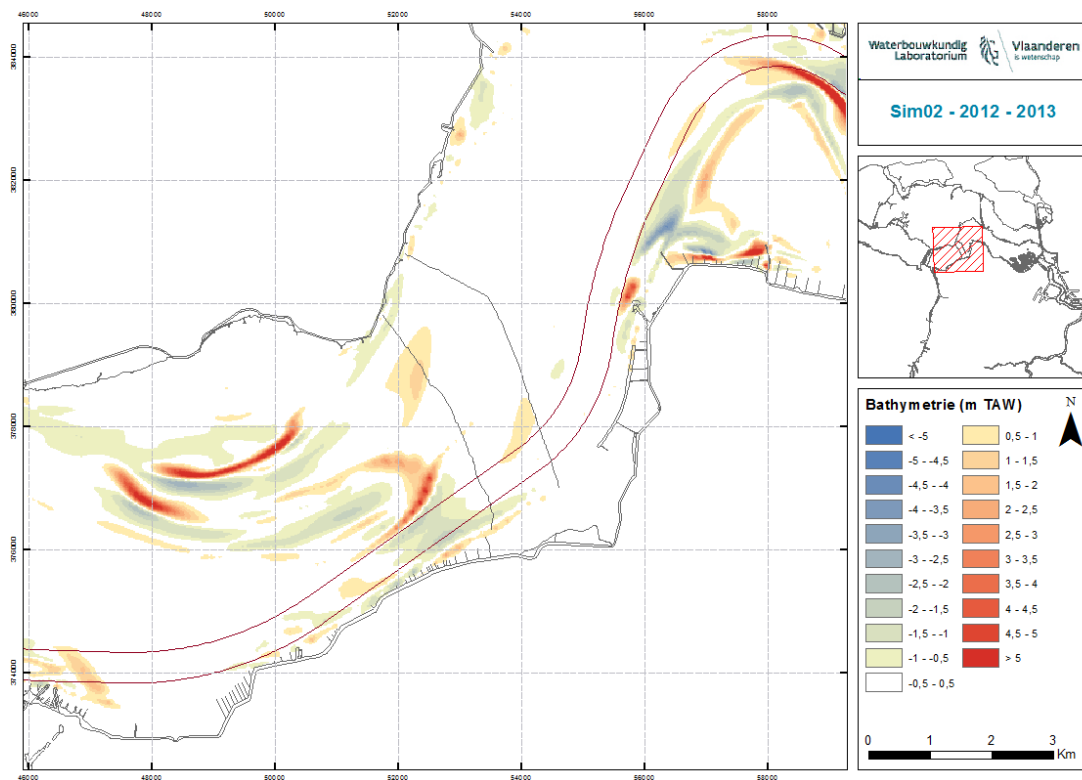
Figuur 102: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 00



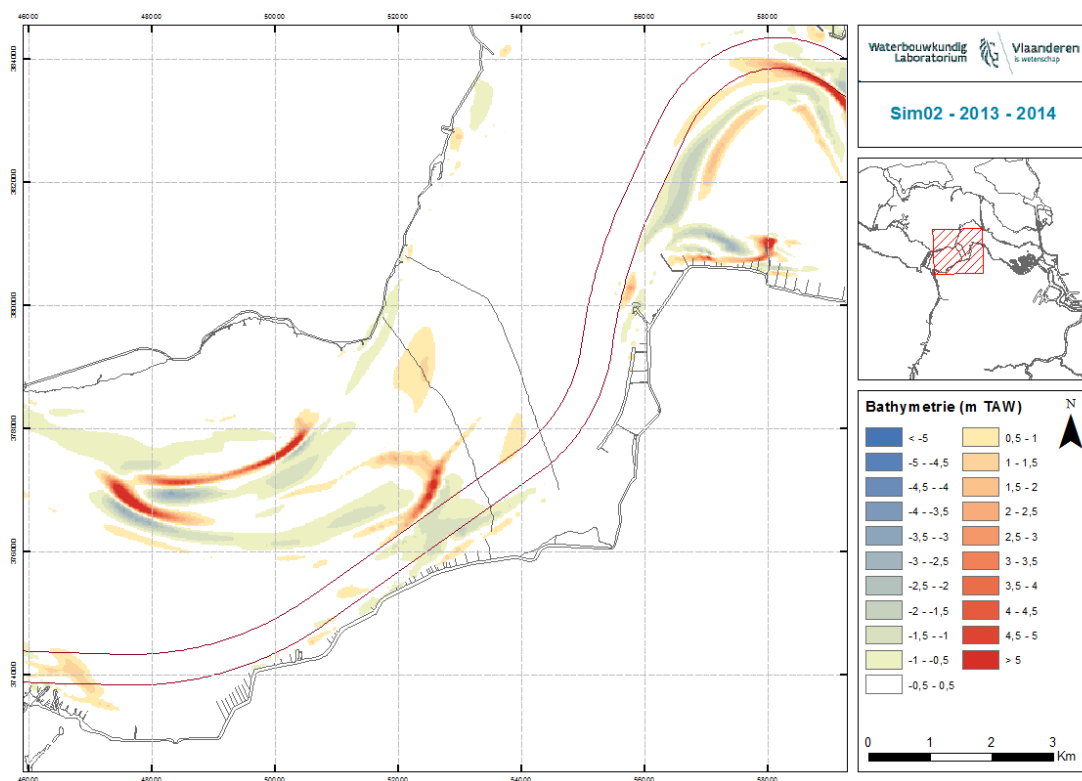
Figuur 103: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 00



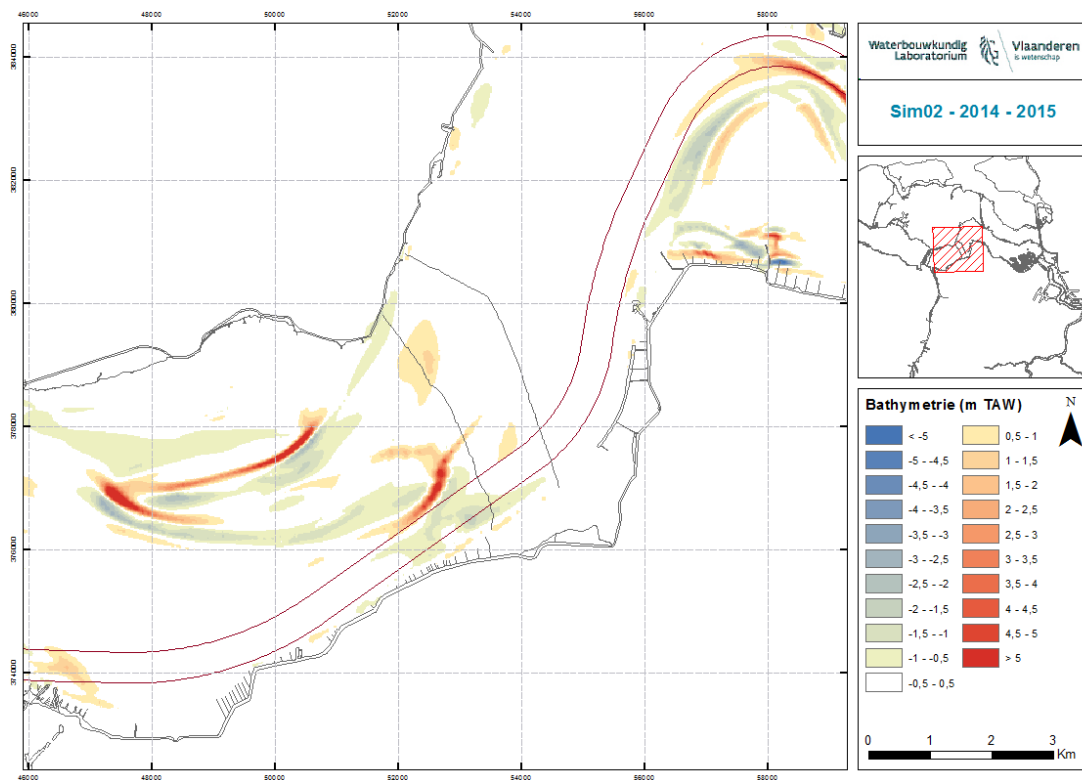
Figuur 104: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 00



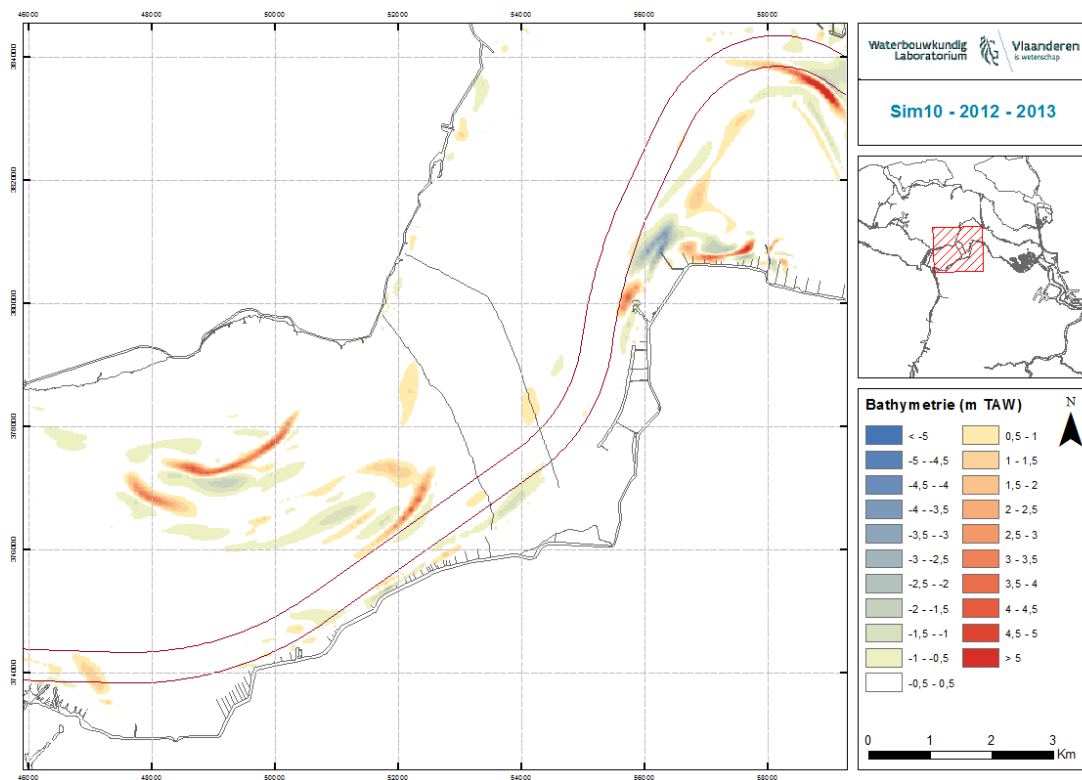
Figuur 105: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 02



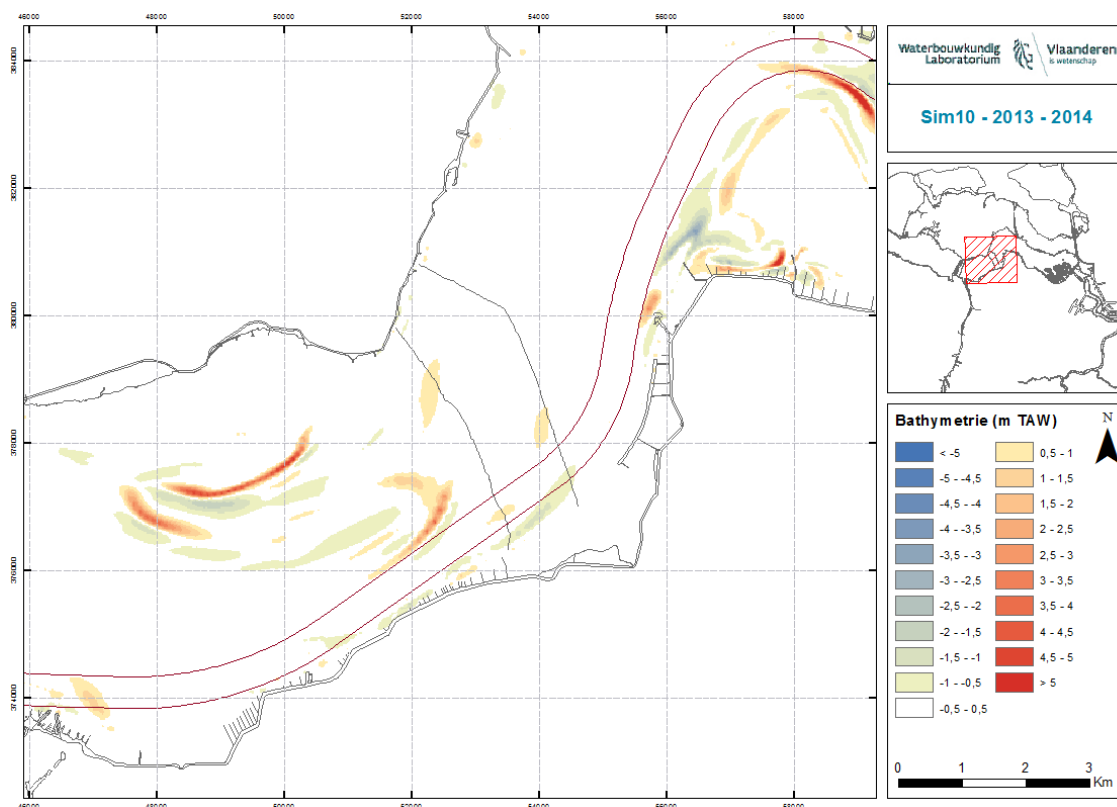
Figuur 106: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 02



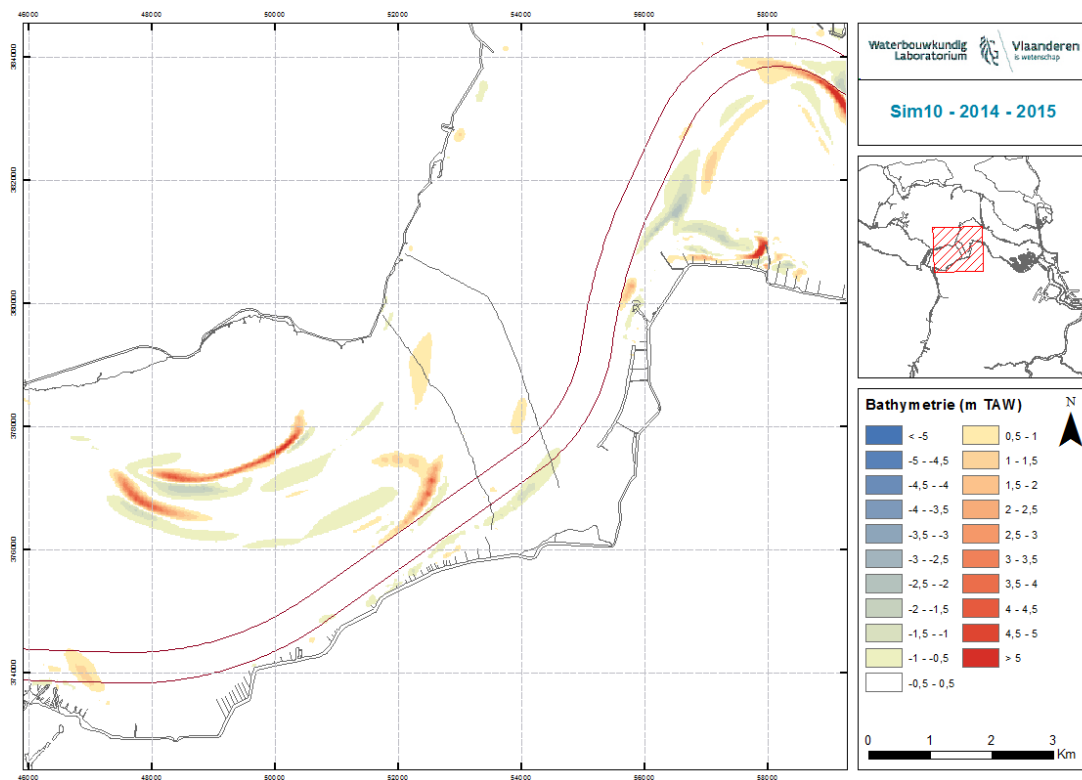
Figuur 107: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 02



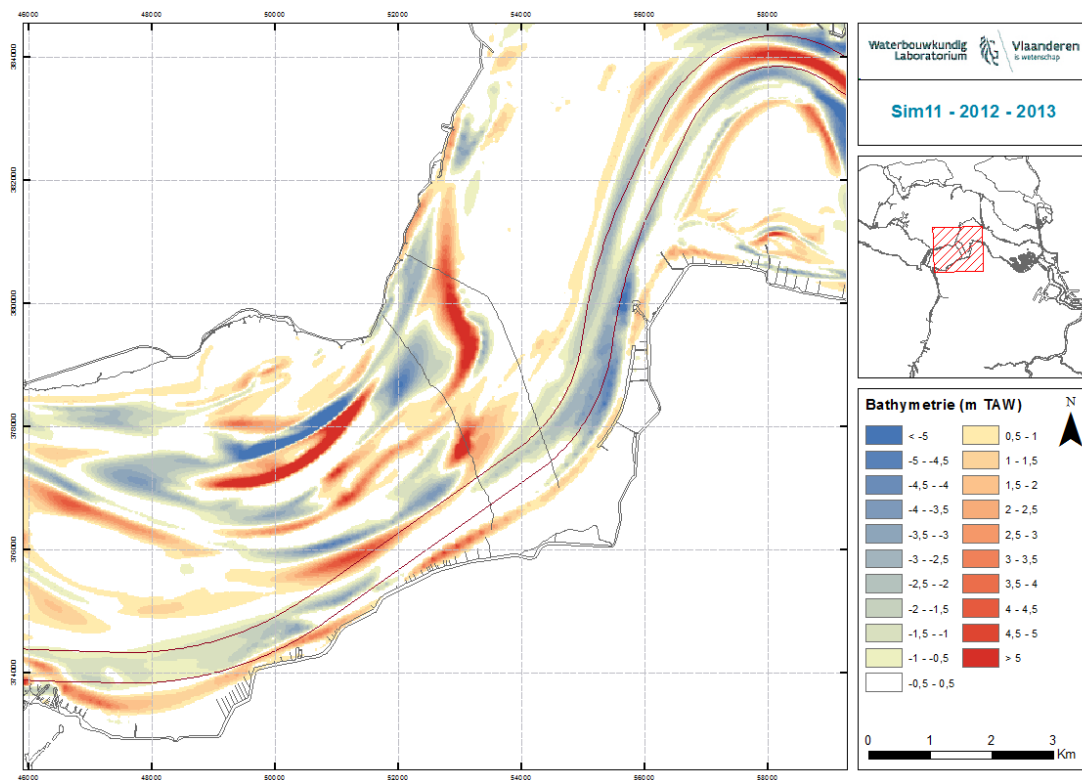
Figuur 108: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 10



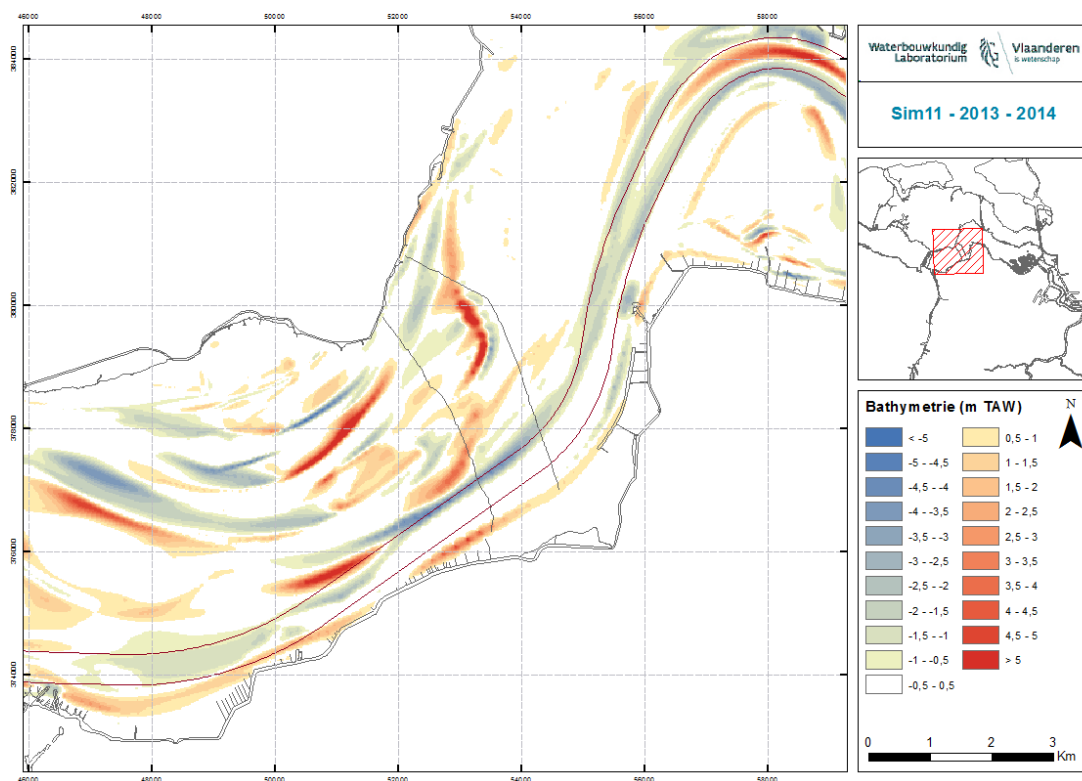
Figuur 109: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 10



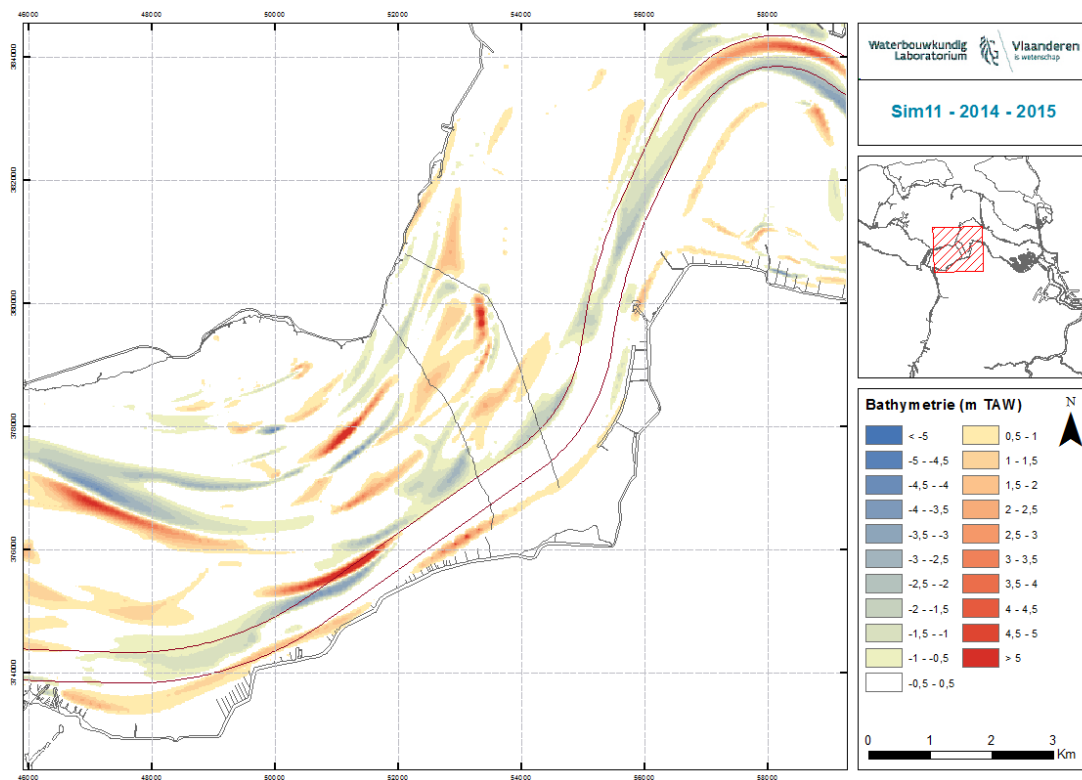
Figuur 110: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 10



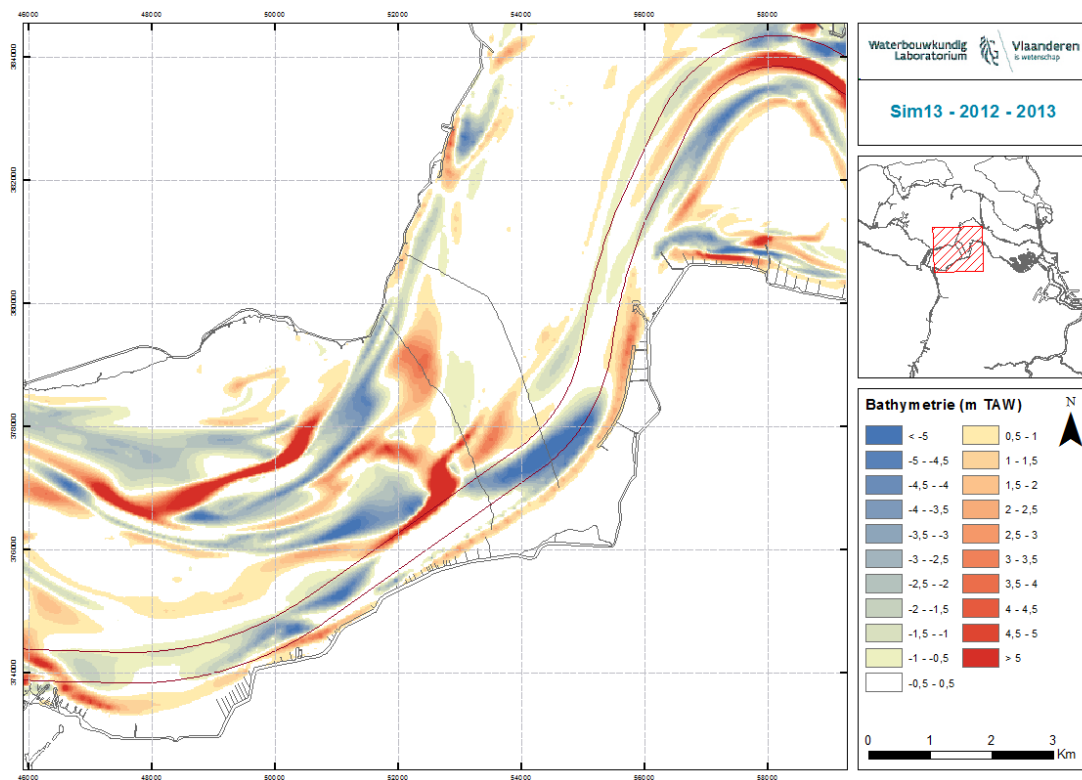
Figuur 111: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 11



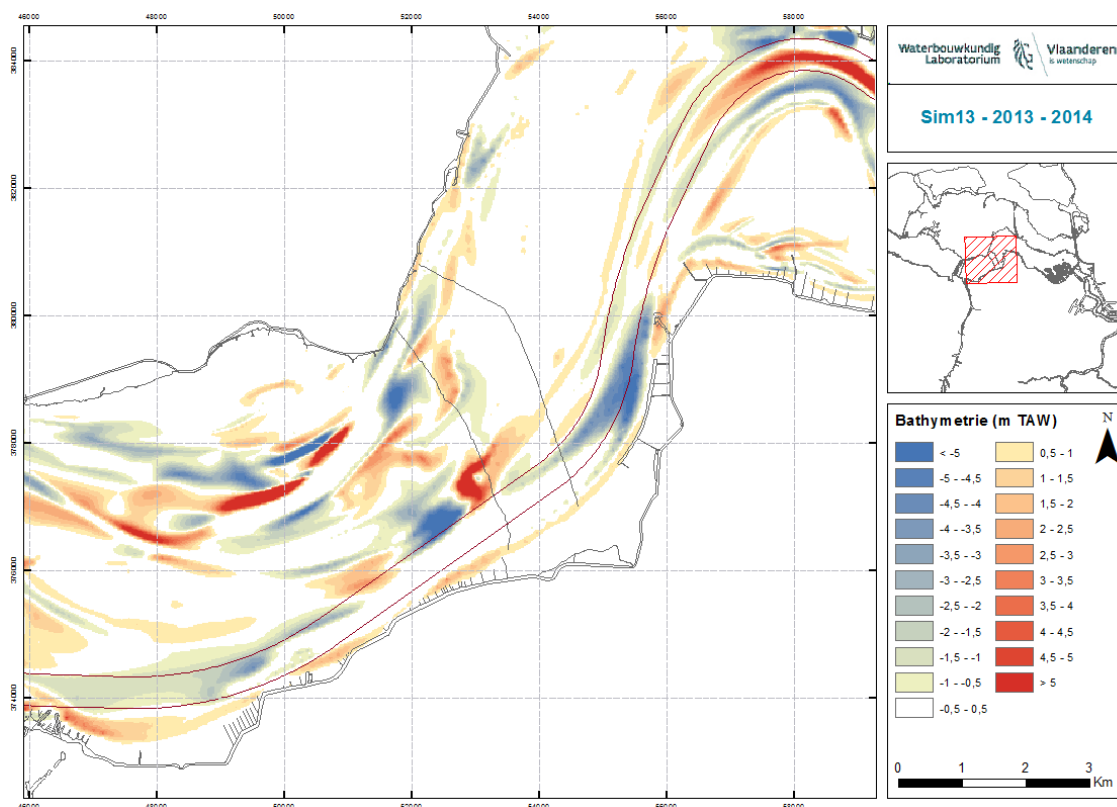
Figuur 112: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 11



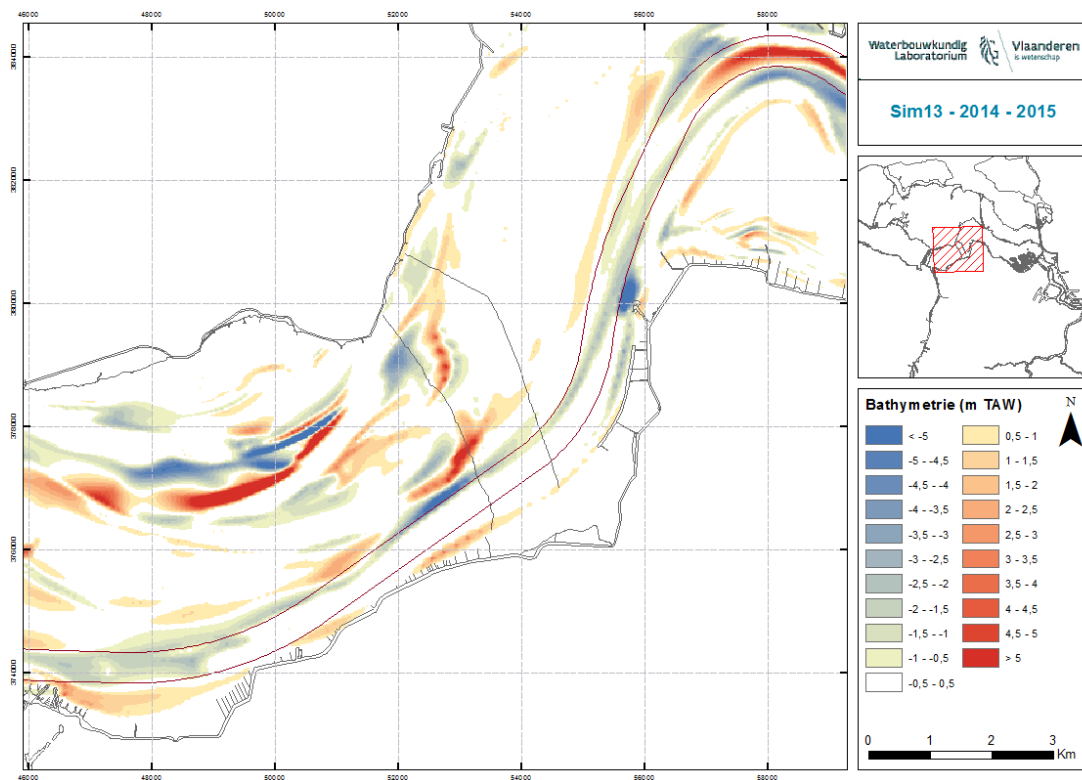
Figuur 113: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 11



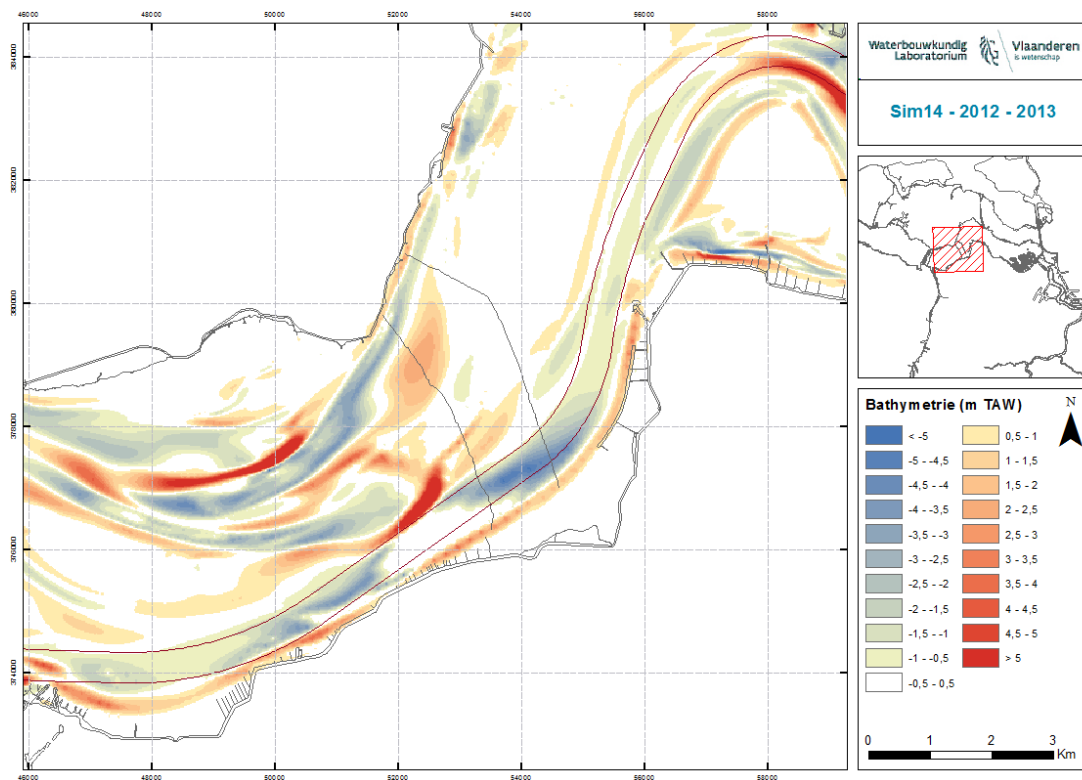
Figuur 114: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 13



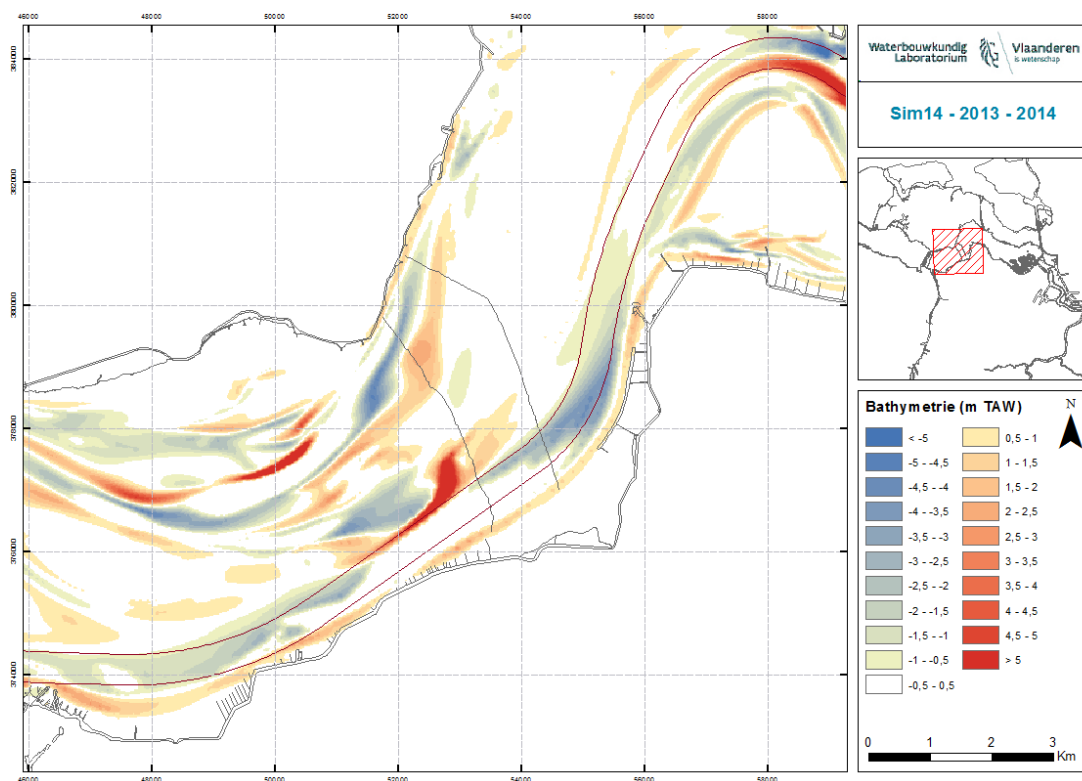
Figuur 115: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 13



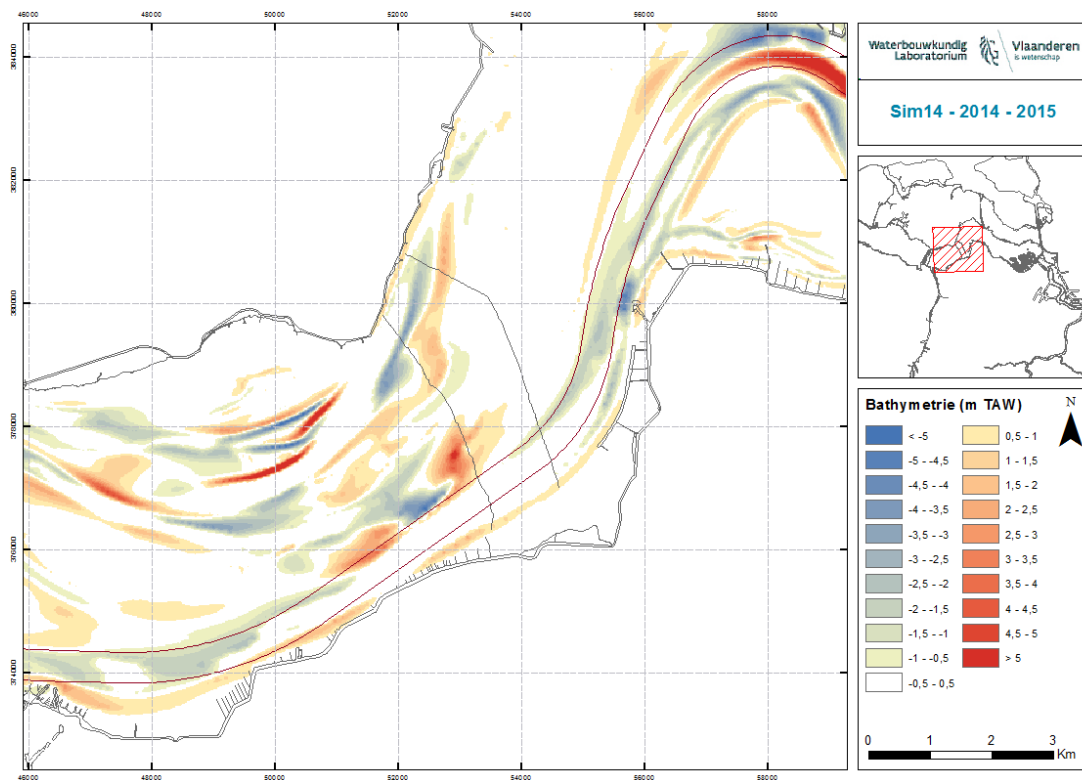
Figuur 116: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 13



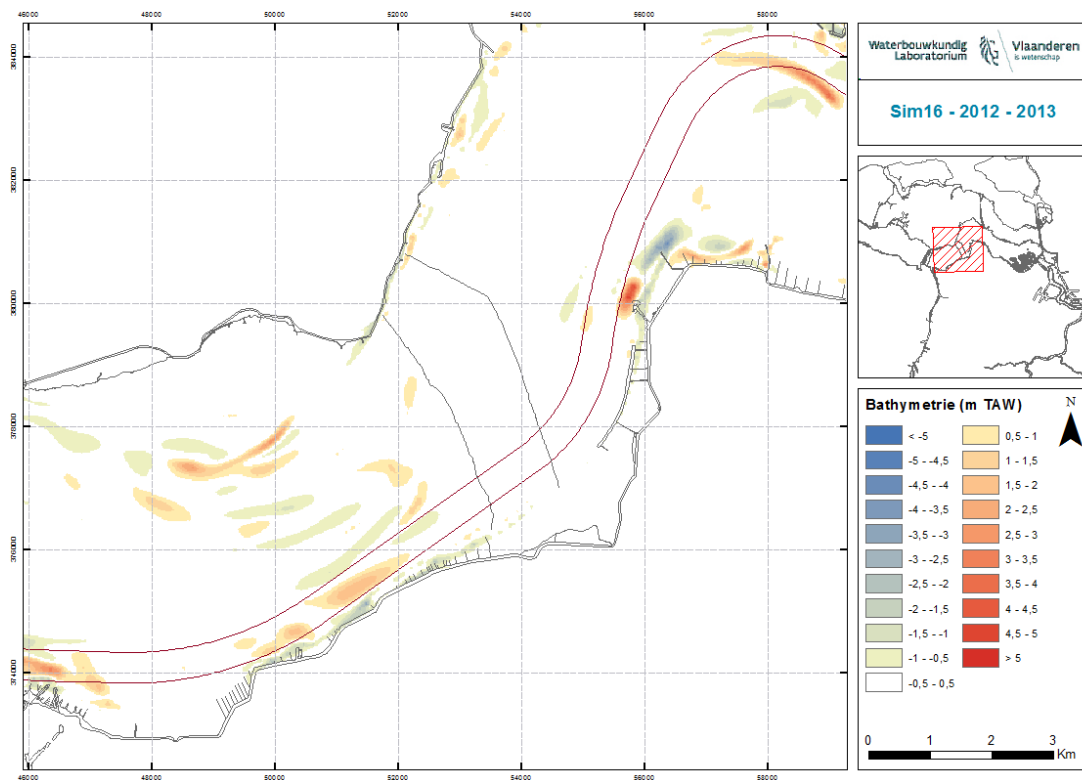
Figuur 117: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 14



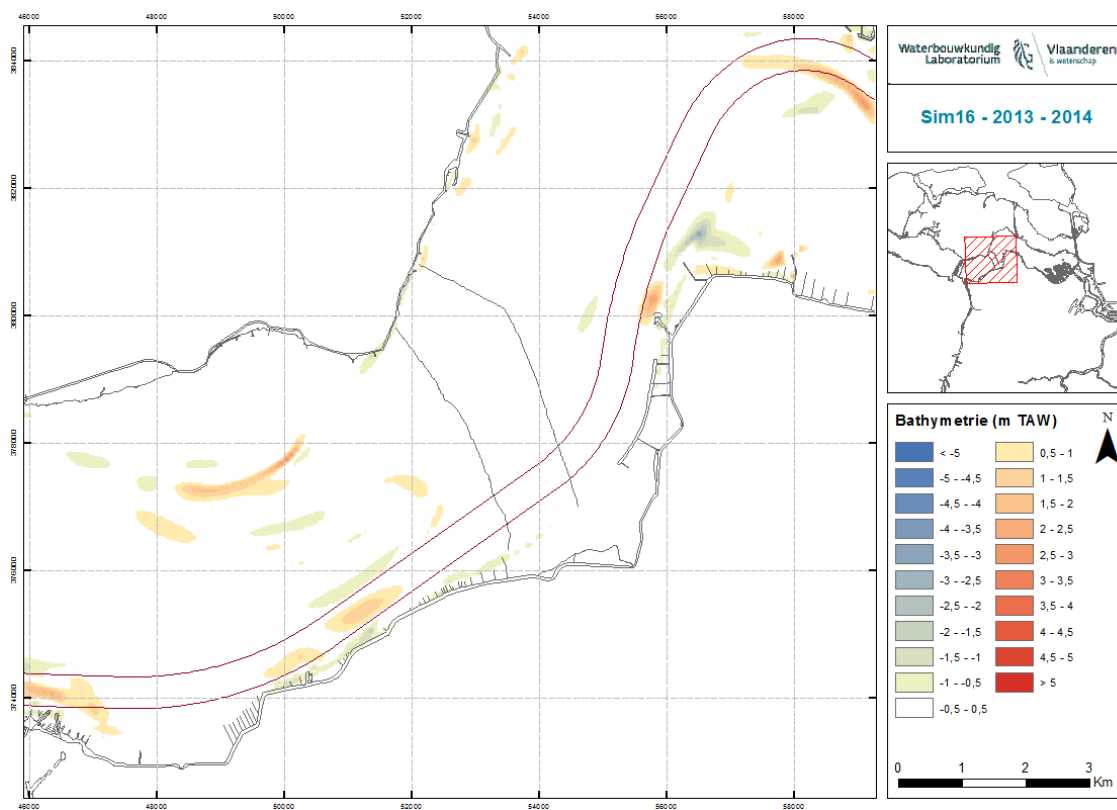
Figuur 118: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 14



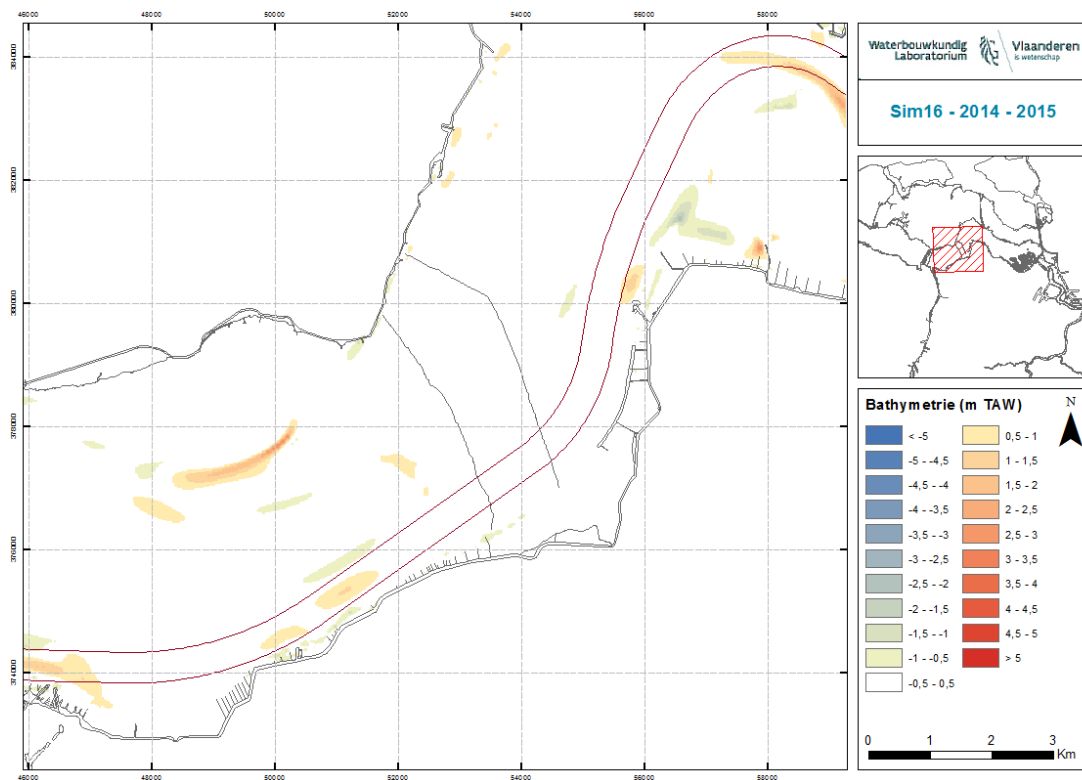
Figuur 119: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 14



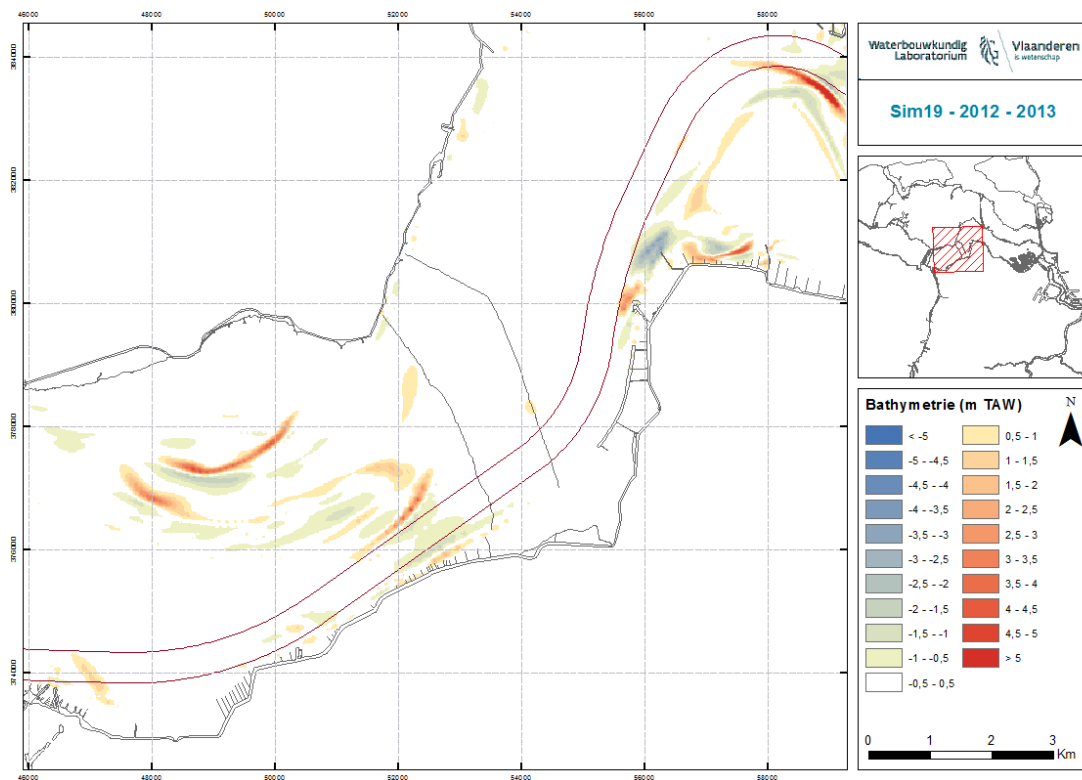
Figuur 120: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 16



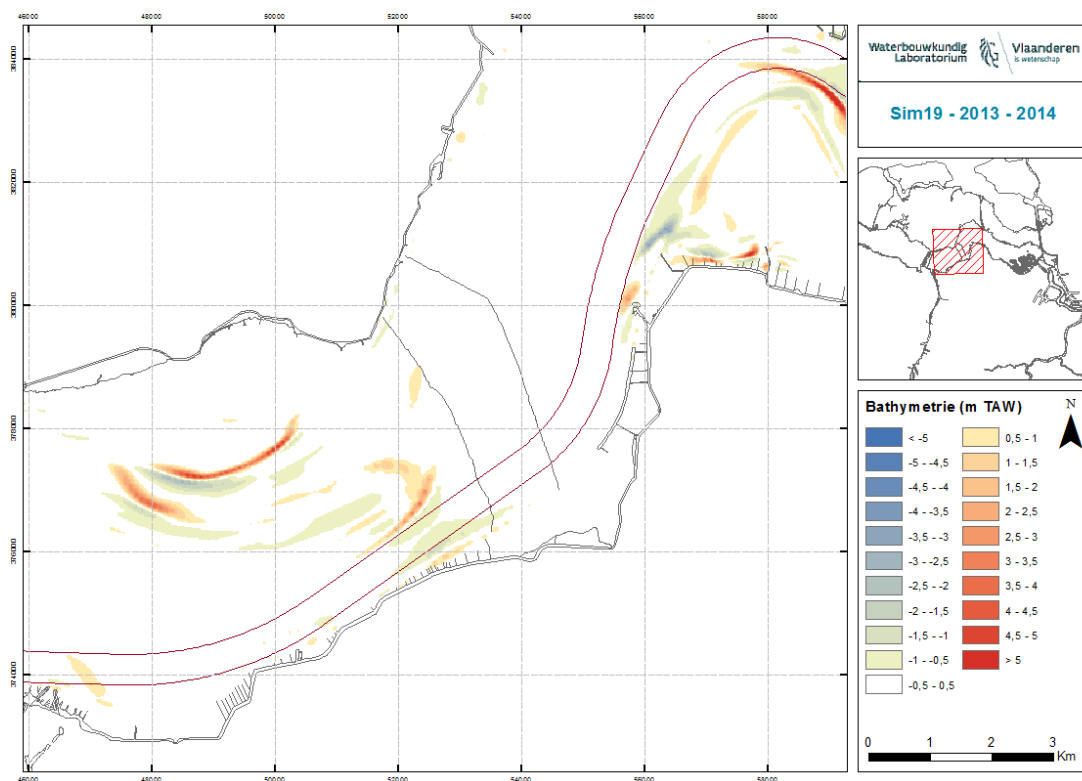
Figuur 121: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 16



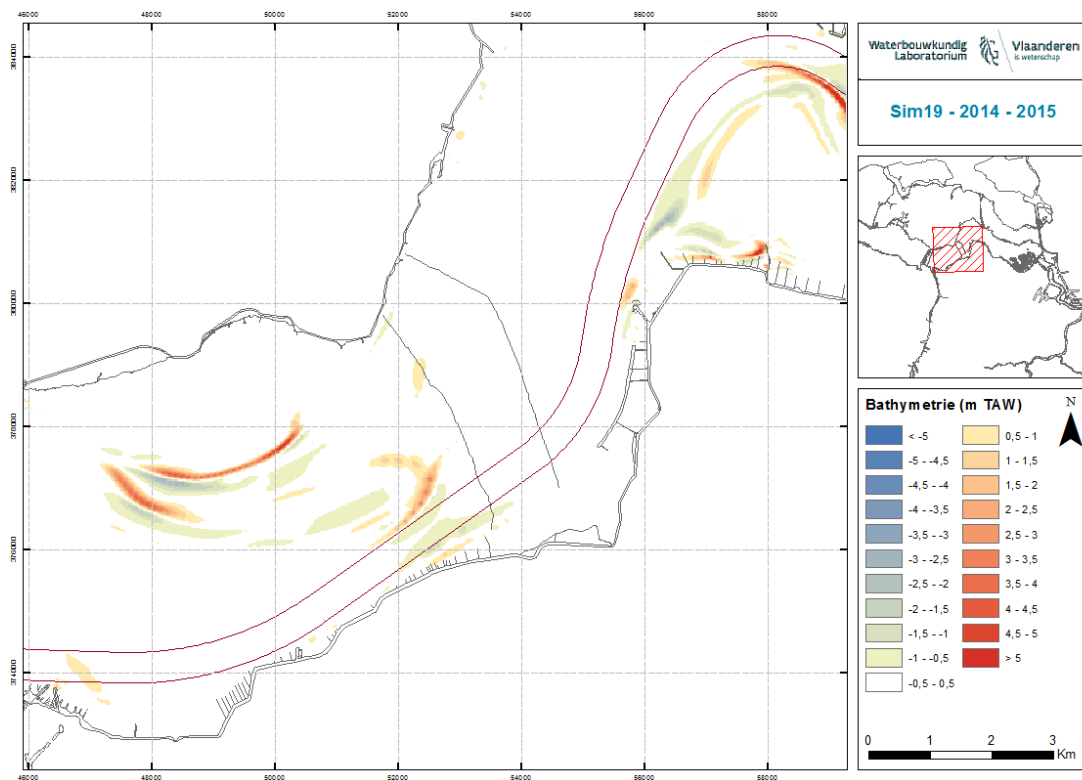
Figuur 122: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 16



Figuur 123: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2012 – gemodelleerde bathymetrie 2013 – Simulatie 19



Figuur 124: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2013 – gemodelleerde bathymetrie 2014 – Simulatie 19



Figuur 125: Verschilkaart gemodelleerde bathymetrie 2014 – gemodelleerde bathymetrie 2015 – Simulatie 19

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