



Vlaanderen
is wetenschap

PA016_3
WL rapporten

Actualisatie Delft3D-NeVla model

Implementatie van bodemligging uit 2019

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Actualisatie Delft3D-NeVla model

Implementatie van bodemligging uit 2019

Stark, J.; Vanlede, J.

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/2023/3241/082

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Stark, J.; Vanlede, J. (2023). Actualisatie Delft3D-NeVla model: Implementatie van bodemligging uit 2019. Versie 3.0. WL Rapporten, PA016_3. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

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

Documentidentificatie

Oprachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2023RPA016_3
Trefwoorden (3-5):	NeVla; Delft3D; bathymetrie; actualisatie		
Kennisdomeinen:	Hydraulica en sediment > Hydrodynamica > Waterstanden > Numerieke modellering		
Tekst (p.):	21	Bijlagen (p.):	11
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Stark, J.
------------	-----------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vanlede, J.	
Projectleider:	Vanlede, J.	Getekend door: Joris Vanlede (Signature) Getekend op: 2023-05-04 15:39:50 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed 

Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sig) Getekend op: 2023-05-04 10:55:26 +02:00 Reden: Ik keur dit document goed 
-----------------	---------------	---



Abstract

In dit rapport wordt een actualisatie van het Delft3D-NeVla model gepresenteerd, waarbij de bodemligging van het model is geüpdatet van 2011 naar 2019. Er zijn validatieruns uitgevoerd met het Delft3D-NeVla model vóór en na de update van de bodemligging werden en met twee configuraties (i.e., volledig NeVla model genest in DCSM-ZUNO en afgeknipt NeVla model geforceerd met geobserveerde waterstanden). Uit de modelresultaten blijkt dat de update van de bodemligging nauwelijks invloed heeft op de afwijking die het model heeft ten opzichte van de waterstandsmetingen. Het NeVla model representeert het waterstandsverloop goed in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde, maar in de Boven-Zeeschelde wordt de getijslag in opwaartse richting sterk overschat.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Het NeVla model.....	1
1.2 Voorgaande update en actualisatie NeVla	2
1.3 Doelstelling	3
1.4 Leeswijzer	3
2 Beschikbare data	4
2.1 Bathymetrische data	4
2.2 Afvoergegevens	4
2.3 Waterstandsgegevens	4
3 Methodiek	6
3.1 Validatieruns.....	6
3.2 Ruwheidsveld	6
3.3 Selectie van simulatieperiode	7
3.4 Randvoorwaarden	8
3.4.1 Opwaartse randvoorwaarden	8
3.4.2 Afwaartse randvoorwaarden.....	8
3.4.3 Randvoorwaarden voor saliniteit	9
3.5 Overige modelinstellingen.....	9
3.6 Methodiek voor analyse modelprestatie	10
4 Resultaten.....	11
4.1 Representatie waterstandsverloop.....	11
4.2 Representatie hoog- en laagwaters	11
4.3 Harmonische componentenanalyse.....	17
5 Conclusies	19
5.1 Aanbevelingen	19
Referenties	20
Bijlage A – Overzicht modelprestatie	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht modelconfiguraties.....	6
Tabel 2 – Basisinstellingen Delft3D-NeVla model	10
Tabel 3 – Kleurcodes voor indicatie modelprestatie.....	B1
Tabel 4 – Kleurcodes voor indicatie modelprestatie voor analyse harmonische componenten.....	B1
Tabel 5 – Modelprestatie van NeVla 2011 model genest in DCSM-ZUNO.....	B2
Tabel 6 – Modelprestatie van NeVla 2011 model geforceerd bij Westkapelle-Cadzand.....	B3
Tabel 7 – Modelprestatie van NeVla 2019 model genest in DCSM-ZUNO.....	B4
Tabel 8 – Modelprestatie van NeVla 2019 model geforceerd bij Westkapelle-Cadzand.....	B5
Tabel 9 – Representatie amplitude M2 getij (A_{M2}) in verschillende modelconfiguraties.	B6
Tabel 10 – Representatie faseverschil M2 getij (ϕ_{M2}) in verschillende modelconfiguraties.....	B7
Tabel 11 – Representatie amplitude M4 getij (A_{M4}) in verschillende modelconfiguraties.	B8
Tabel 12 – Representatie faseverschil M4 getij (ϕ_{M4}) in verschillende modelconfiguraties.....	B9
Tabel 13 – Representatie amplitude ratio M4/M2 ($R_{M4/M2}$) in verschillende modelconfiguraties.....	B10
Tabel 14 – Representatie faseverschil 2M2-M4 ($2\phi_{M2} - \phi_{M4}$) in verschillende modelconfiguraties.....	B11

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Illustratie van het Delft3D-NeVla rooster met locatie van de afgeknipte rand bij Westkapelle-Cadzand (witte lijn).....	1
Figuur 2 – Toevoeging van GOG/GGG's aan het NeVla grid door Chu et al. (2016).....	2
Figuur 3 – Locaties meetstations waterstanden	5
Figuur 4 – Ruwheidsveld <i>T31Ch_1x1.rgh</i> (Delft3D).....	7
Figuur 5 – Geobserveerde opzet te Vlissingen (boven) en gemeten windsnelheid te Hansweert (onder) voor 2019. De blokken tussen de groene lijnen geven de gekozen simulatieperiode aan voor kalme condities....	7
Figuur 6 – Omvang van de modelroosters DCSM, ZUNO en NeVla.....	9
Figuur 7 – BIAS voor de gemodelleerde complete tijdseries van het waterstandsverloop langs de Schelde.	12
Figuur 8 – RMSE voor de gemodelleerde complete tijdseries van het waterstandsverloop langs de Schelde.	13
Figuur 9 – BIAS voor de gemodelleerde hoogwaterstanden langs de Schelde.....	13
Figuur 10 – RMSE voor de gemodelleerde hoogwaterstanden langs de Schelde.....	14
Figuur 11 – BIAS voor de gemodelleerde laagwaterstanden langs de Schelde.	14
Figuur 12 – RMSE voor de gemodelleerde laagwaterstanden langs de Schelde.	15
Figuur 13 – BIAS voor de gemodelleerde tijdstippen van de hoogwaters langs de Schelde.	15
Figuur 14 – RMSE voor de gemodelleerde tijdstippen van de hoogwaters langs de Schelde.	16
Figuur 15 – BIAS voor de gemodelleerde tijdstippen van de laagwaters langs de Schelde.....	16
Figuur 16 – RMSE voor de gemodelleerde tijdstippen van de laagwaters langs de Schelde.....	17

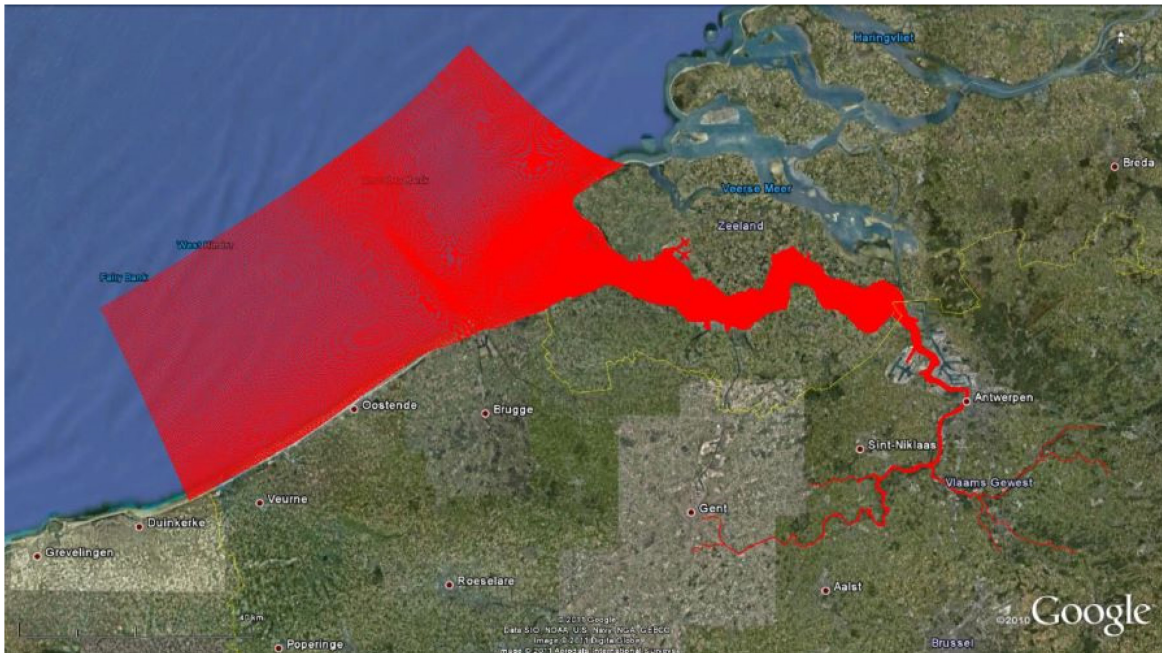
1 Inleiding

1.1 Het NeVla model

Door het Waterbouwkundig Laboratorium werd in 2004 een hydrodynamisch model – NeVla– gebouwd van het Schelde-estuarium en alle, via de Zeeschelde, aangesloten getij-afhankelijke zijrivieren. Het oorspronkelijke NeVla model wordt besproken in (Hartsuiker & van Banning, 2004). Het model werd opgebouwd in de Simona-software (Rijkswaterstaat, Nederland) en omvat een ruim zeegebied evenals alle Vlaamse getijrivieren: Schelde, Durme, Rupel, Nete (Beneden, Grote en Kleine), Dijle en Zenne (Figuur 1). Deze rivieren zijn allen tot aan hun getijgrens opgenomen in het model.

Het NeVla model werd ingebouwd in het VSSKS voorspellingsysteem. Dit is een operationeel (2D) hydrodynamisch voorspellingsysteem dat bestaat uit meerdere geneste Simona (Waqu) modellen die automatisch en op vaste tijdstippen draaien met de meest recent beschikbare randvoorwaarden (bovenafvoeren, windvelden).

Naast een operationele toepassing wordt het NeVla model vooral gebruikt voor studies naar de getijhydrodynamica in het estuarium; modelonderzoek naar complexe stromingspatronen zoals de neervorming en dwarsstromingen nabij Ossenisse (e.g. Decrop *et al.*, 2009; Stark *et al.*, 2020, 2022b) of het simuleren van stroomvelden voor de evaluatiemethodiek Schelde-estuarium – bevaarbaarheid (Verwilligen *et al.*, 2022); onderzoek naar transportpatronen op meso-schaal (e.g. Stark *et al.*, 2019); studies in het kader van de slibhuishouding (e.g. Stark *et al.*, 2021a; b, 2022a); modelonderzoek naar stortstrategieën waaronder Flexibel storten (Vos *et al.*, 2012), storten in diepe putten (Stark *et al.*, 2020a) of de stortstrategie Beneden-Zeeschelde (Coen *et al.*, 2016a; b; Vos *et al.*, 2016a; b); alsmede morfologisch modelonderzoek (e.g. Meire *et al.*, 2019). Voor onderzoeksdoeleinden wordt in het algemeen gebruik gemaakt van de Delft3D versie van het NeVla model.

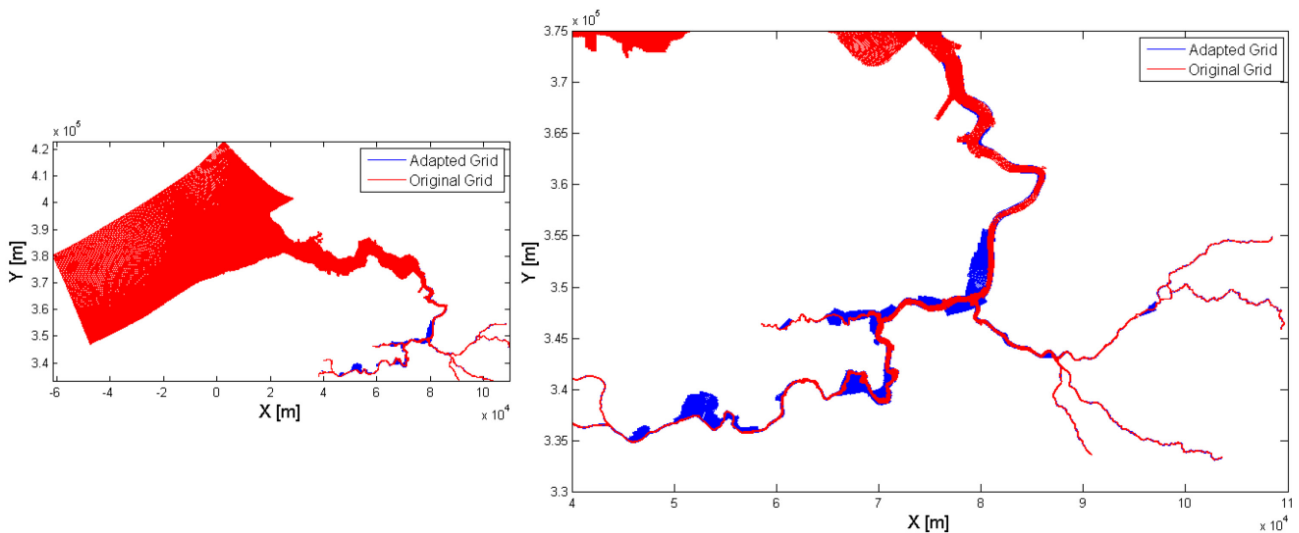


Figuur 1 – Illustratie van het Delft3D-NeVla rooster met locatie van de afgeknipte rand bij Westkapelle-Cadzand (witte lijn).

1.2 Voorgaande update en actualisatie NeVla

Het operationeel 2D NEVLA-model in Simona werd door Chu *et al.* (2016) geüpdatet en uitgebreid met GOG- en GGG-functionaliteit. Het grid van het NEVLA-model werd uitgebreid met de gecontroleerde overstromingsgebieden en gereduceerde getijgebieden van zoals voorzien in het Sigmaplan (zie Figuur 2). Bovendien werd voor de Westerschelde en Zeeschelde de bathymetrie van 2013 geïmplementeerd (Jespers *et al.*, 2014). Daarnaast werd door Chu *et al.* (2016) een herkalibratie van het ruwheidsveld uitgevoerd.

De GOG/GGG's zijn vooralsnog niet geïmplementeerd in de Delft3D versie van het NeVla model.



Figuur 2 – Toevoeging van GOG/GGG's aan het NeVla grid door Chu *et al.* (2016).

Actualisatie bathymetrie door Jespers *et al.* (2014)

Door Jespers *et al.* (2014) werd de laatste actualisatie van de bodemligging doorgevoerd voor het NeVla 2D model in Simona binnen het VSSKS voorspellingsstelsel. De bodem van het NeVla model werd hierbij geactualiseerd met bathymetrische opmetingen van 2013 voor Westerschelde en Zeeschelde. De overige delen van het model werden niet aangepast. Dit wil zeggen dat de bodemligging van het NeVla 2D model in het voorspellingsstelsel in de kustzone en getijgebonden zijrivieren afkomstig is uit de periode 2001-2006 (Vanlede *et al.*, 2009).

Actualisatie bathymetrie voor numeriek onderzoek op projectbasis

In modelonderzoek met Delft3D-NeVla wordt vaak gerekend met de samengestelde bodemligging "Bathymetry_2011_TAW_1x1.dep". Deze bathymetrie bevat data uit 2011 voor het mondingsgebied, de Westerschelde en de Zeeschelde. Voor de getijgebonden zijrivieren Rupel, Beneden-Nete, Zenne en Dijle is data uit de periode 2006-2009 geïmplementeerd, overeenkomstig de actualisatie van NeVla3D door Vanlede *et al.* (2015). De overige delen van het estuarium en de kustzone bestaan uit dezelfde data als het operationele model.

Omdat de hierboven omschreven bathymetrie voor modelonderzoek binnen WL-projecten niet recent genoeg is wordt naar gelang de behoeftes binnen een project meestal een lokale update uitgevoerd van de bodemligging. Dit is bijvoorbeeld gebeurd binnen het AvdT-onderzoek naar sedimenttransport op mesoschaal, waarbij de bodemligging van 2015/2016 in de Westerschelde werd geïmplementeerd (Meire *et al.*, 2020; Stark *et al.*, 2019). Voor de validatie van het NeVla model voor de representatie van dwarsstromingen nabij de Platen van Ossensisse werden zelfs meerdere bodemliggingen voor de Westerschelde geïmplementeerd voor de periode 2014-2020 (Stark *et al.*, in voorbereiding).

Recent werd de bodemligging van 2019 ook geïmplementeerd voor de Zeeschelde in de Delft3D-versie van NeVla in het kader van onderzoek naar seizoenale effecten in de slibhuishouding (Plancke *et al.*, 2021). Hoewel er in deze studie een invloed op de verdeling van sedimentconcentraties werd gemodelleerd heeft er nog geen hydrodynamische validatie van het NeVla model met deze bodemligging plaatsgevonden.

De invloed van dergelijke bathy-updates op de representatie van het getij in met name de Zeeschelde, alsmede de kwaliteit van het model na actualisatie van de bodemligging zijn dus nog onbekend.

Samenvattend zijn de recente updates van de bodemligging van het NeVla model die in het kader van projecten werden doorgevoerd waren veelal incidenteel, lokaal en zonder volledige validatie op estuarium-schaal.

1.3 Doelstelling

De doelstelling van dit project is het in beeld brengen van de modelkwaliteit (verificatie) van het NeVla-2D model met betrekking tot de representatie van de getijvoortplanting voor een recente situatie.

De actualisatie van het NeVla model zal hoofdzakelijk uit twee stappen bestaan:

- Implementatie van de bodemligging van 2019 in de bathymetrie van het model (i.e., in Delft3D en Simona *.dep* files).
- Verificatie van de modelprestatie vóór en ná implementatie van de recente bodemligging.

Hiervoor zal gebruik worden gemaakt van de gegevens en kennis die beschikbaar zijn uit de recente update van het Scaldis model naar Scaldis2019 (Vanlede *et al.*, 2020b).

Voorlopig zal enkel een verificatie van de modelprestatie plaatsvinden voor het verticaal getij. De verificatie van de modelprestatie is daarmee gelijkaardig aan de validatie-oefening die eerder werd uitgevoerd bij actualisatie bodemligging 2013 door Jespers *et al.* (2014).

Er wordt binnen dit projectplan nog geen herkalibratie voorzien. Een beslissing daarover kan pas genomen worden na analyse en bespreking van de huidige verificatie-oefening.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt ingedeeld:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de data die wordt gebruikt voor deze kalibratieoefening. Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de modelopzet en de modelruns beschreven. Hoofdstuk 4 bevat de modelresultaten en Hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies en enkele aanbevelingen.

2 Beschikbare data

2.1 Bathymetrische data

De bodemligging van het NeVla model wordt geüpdatet in de kustzone en in het Schelde-estuarium van de monding tot en met de opwaartse grenzen van de Rupel, Durme en Zeeschelde (i.e., tot Merelbeke). De bathymetrische data in de overige delen van het estuarium waaronder de getijgebonden zijrivieren wordt niet geüpdatet.

De implementatie van de bodemligging van 2019 kan gebeuren met data die werd samengesteld in het kader van de opmaak van de Sedimentbalansen 2011-2016 en 2016-2019 (Vos *et al.*, in voorbereiding). Hiervoor werden combigrids (i.e., LIDAR data en bathymetrische data) samengesteld voor de bodemligging van 2019 in de Westerschelde, Beneden-Zeeschelde en Boven-Zeeschelde.

Voor de kustzone kan eveneens gebruik worden gemaakt van data die werd verzameld in het kader van de Scaldis update. De data voor de kustzone is samengesteld uit vaklodgingen uit de periode 2004-2016 voor de Belgische kustzone en uit 2018 voor de Nederlandse kustzone (Vanlede *et al.*, 2020b).

De bathymetrische data is beschikbaar in onderstaande folder.

```
P:\PA016-Ondrhd2D3Dmdl\2_Input_gegevens\Scaldis2019\Update Scaldis 2019\Bathy Combigrd\
```

Implementatie

De implementatie van bathymetrische data is gedaan in QUICKIN middels triangulatie. Voor eventueel gebruik met de Simona-versie van het NeVla model worden de *.dep* files nog omgezet naar het juiste format.

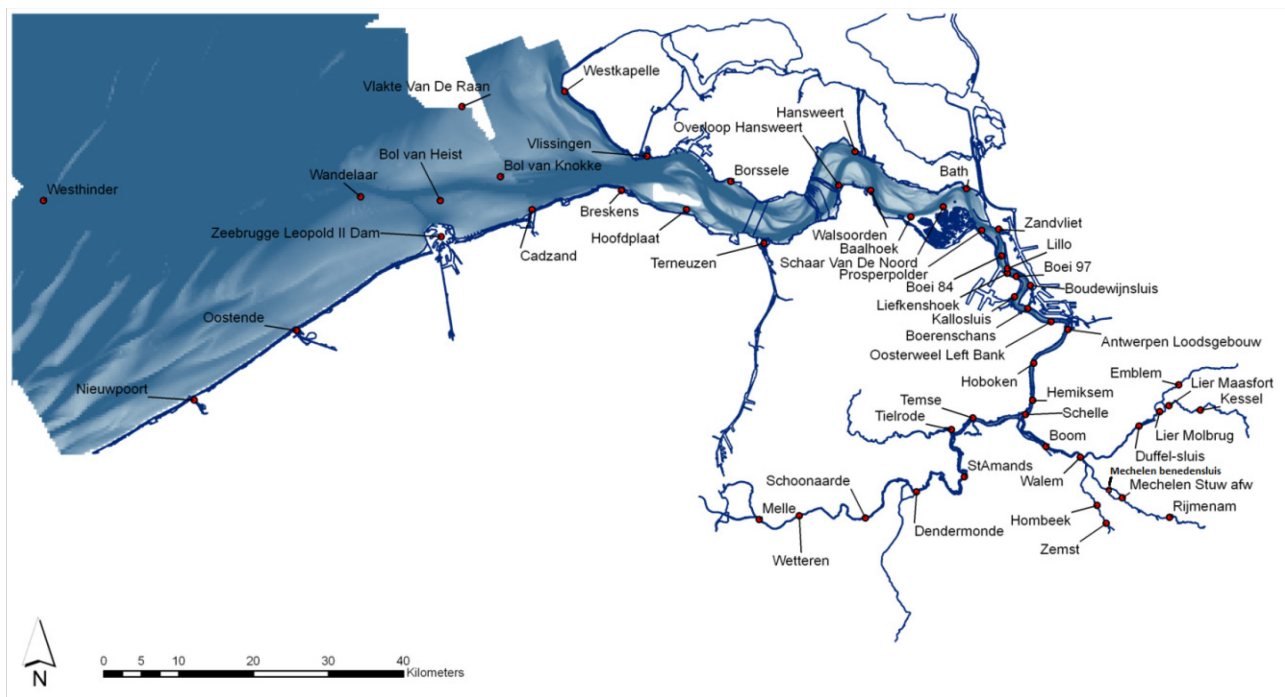
2.2 Afvoergegevens

De afvoergegevens uit 2019 zijn beschikbaar in onderstaande folder.

```
P:\PA016-Ondrhd2D3Dmdl\2_Input_gegevens\Scaldis2019\Discharge\
```

2.3 Waterstandsgegevens

De verificatie van de modelprestatie voor de representatie van het verticaal getij gebeurt op basis van geobserveerde waterstanden van getijstations langs het estuarium en in de kustzone (Figuur 3). Deze stations werden ook gebruikt bij de kalibratie-validatie van het Scaldis2019 model in Telemac-3D. In dit geval worden niet alle stations uit Figuur 3 gebruikt.



Figuur 3 – Locaties meetstations waterstanden

De waterstandsgegevens uit 2019 zijn beschikbaar en reeds geïmplementeerd in de VIMM datasets:

`W:\SPNumMod\VIMM Datablokken\VIMM datablok waterstanden 2019\`

3 Methodiek

De modelprestatie zal worden gevalideerd aan de hand van een aantal vooraf gedefinieerde validatieruns. Uitgangspunt hierbij is om de getijvoortplanting in 2019 te gebruiken als validatie dataset.

3.1 Validatieruns

Er wordt rekening gehouden met de verschillende configuraties waarmee het NeVla model wordt ingezet. Daarom wordt de invloed van de afwaartse rand beknopt onderzocht door ook een validatierun uit te voeren waarbij het model wordt afgeknipt in de monding ter hoogte van de lijn Westkapelle-Cadzand. De modelprestatie wordt geanalyseerd voor een modelconfiguratie vóór en na de actualisatie van de bathymetrie naar 2019. Aangezien het niet de bedoeling is om de update van de bodemligging door te voeren in de operationele Waqua/SIMONA versie van het model wordt de verificatie enkel uitgevoerd voor de Delft3D-versie van NeVla.

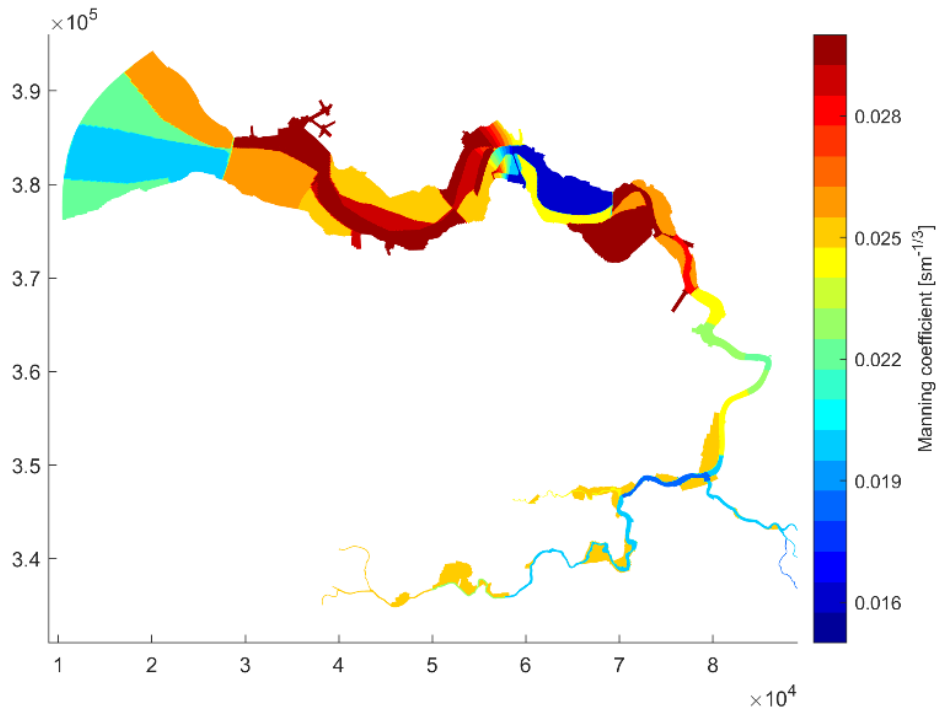
Tabel 1 geeft een overzicht van de voorgestelde validatieruns.

Tabel 1 – Overzicht modelconfiguraties.

Run	Software	Bodemligging (WS; BEZ; BOZ)	Ruwheidsveld	Afwaartse rand
#01	Delft3D	2011	<i>T31Ch_1x1.rgh</i>	DCSMv6-ZUNOV4
#02	Delft3D	2019	<i>T31Ch_1x1.rgh</i>	DCSMv6-ZUNOV4
#03	Delft3D	2011	<i>T31Ch_1x1.rgh</i>	WKAP-CADZ
#04	Delft3D	2019	<i>T31Ch_1x1.rgh</i>	WKAP-CADZ

3.2 Ruwheidsveld

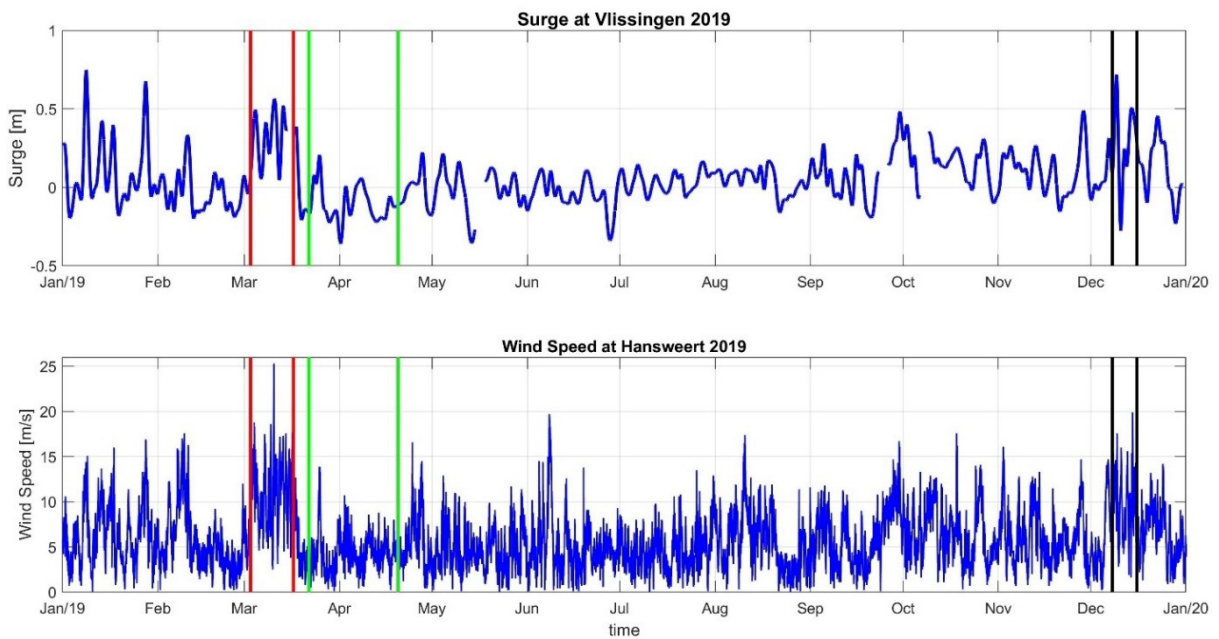
Er wordt een bodemruwheidsveld gebruikt uit de eerdere modelkalibratie van het NeVla model (Vanlede *et al.*, 2009). Het desbetreffende ruwheidsveld wordt weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 – Ruwheidsveld T31Ch_1x1.rgh (Delft3D).

3.3 Selectie van simulatieperiode

De simulatieperiode is identiek aan de simulatieperiode van de kalibratie-validatie oefening voor Scaldis2019 tijdens kalme condities: 22-Mar-2019 tot 20-April-2019.



Figuur 5 – Geobserveerde opzet te Vlissingen (boven) en gemeten windsnelheid te Hansweert (onder) voor 2019. De blokken tussen de groene lijnen geven de gekozen simulatieperiode aan voor kalme condities..

3.4 Randvoorwaarden

3.4.1 Opwaartse randvoorwaarden

Aan de opwaartse randen worden gemeten (daggemiddelde en uurgemiddelde) debietreeksen uit het jaar 2019 opgelegd.

3.4.2 Afwaartse randvoorwaarden

De afwaartse rand van het NeVla model is genest in de CSM-ZUNO modeltrein (Figuur 6).

Voor sommige toepassingen wordt de rand echter afgesneden ter hoogte van de lijn Westkapelle-Cadzand (Figuur 1) zodat daar geobserveerde waterstanden kunnen worden opgelegd. In de huidige set validatieruns worden beide randvoorwaarden getest.

DCSM-ZUNO

De modellen die op het VSSKS draaien voor de generatie van randvoorwaarden van het NeVla-model zijn (van grof naar fijner) het Dutch Continental Shelf model (DCSM) en het Zuidelijke Noordzee model (ZUNO). Deze modellen zijn door Deltares ontwikkeld. Voor meer informatie over het DCSM-model en het ZUNO model wordt verwezen naar: Leyssen *et al.* (2011) en Chu *et al.* (2020).

Het ruimste model, DCSM, wordt aangestuurd door een harmonische getijrand. Het is een rechtlijnig model op de bol (in bolcoördinaten). Hirlam windvelden (bron: KNMI) worden gebruikt als bron voor het genereren van opzet bovenop het astronomisch getij.

ZUNO is genest in het DCSM model met gebruik van twee waterstandsranden bij (1) de lijn Cherbourg (F) – Bournemouth (UK) en (2) de lijn Aberdeen (UK) – Løkken (DK). Het ZUNO model is een kromlijnig model dat de zuidelijke Noordzee en het Kanaal bevat, met inbegrip van onder meer de Westerschelde. De resolutie bedraagt ongeveer een tweetal kilometer voor de Belgische kust. De Hirlam windvelden worden ook in het ZUNO model gebruikt voor het aandrijven van de opzet.

In het kader van deze modeloefening zal een nieuwe DCSM-ZUNO run worden uitgevoerd voor het jaar 2019. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de versies DCSMv6 en ZUNOV4.

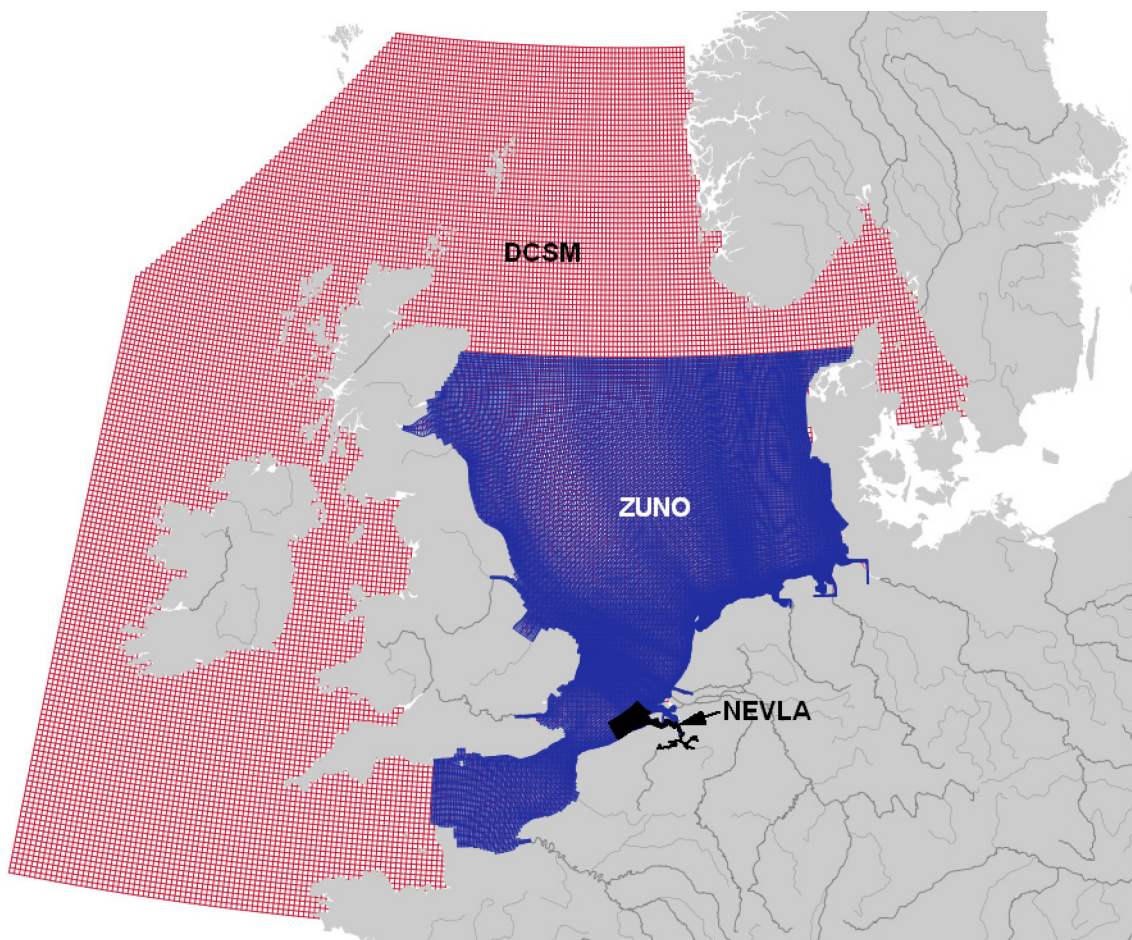
Geobserveerde waterstanden: Westkapelle-Cadzand

Het afgeknipt model ter hoogte van de lijn Westkapelle-Cadzand wordt voornamelijk gebruikt in D3D-toepassingen van het NeVla model. Daarom wordt deze randvoorwaarde enkel met Delft3D doorgerekend in de set aan validatieruns.

In overeenstemming met bevindingen van Vanlede *et al.* (2009) en Maximova *et al.* (2009) wordt een faseverschuiving van +10 minuten toegepast op de gemeten waterstanden te Cadzand. Deze correctie is noodzakelijk in verband met een locatieverschil van ongeveer 5200 m tussen het werkelijke meetpunt Cadzand en de afwaartse rand van de modellen waar de in Cadzand gemeten waterstanden worden opgelegd.

3.4.3 Randvoorwaarden voor saliniteit

In het Delft3D model wordt rekening gehouden met de invloed van saliniteit. Aan de afwaartse rand (Westkapelle-Cadzand) wordt een constante saliniteitswaarde van 31 PSU opgelegd. Aan de bovenstroomse zijrivieren wordt een saliniteitswaarde van 0 PSU opgelegd (i.e., gelijkaardig aan zoetwater).



Figuur 6 – Omvang van de modelroosters DCSM, ZUNO en NeVla.

3.5 Overige modelinstellingen

De algemene modelinstellingen voor het tweedimensionale Delft3D-NeVla model zijn opgesomd in Tabel 2.

Tabel 2 – Basisinstellingen Delft3D-NeVla model

Parameter	Waarde
Time step	0,05 min
Salinity	True
Sediment	True
Secondary Flow	True
Feedback of secondary flow onto main flow	False
Gravity	9,81 m/s ²
Water density	1023 kg/m ³
Air density	1 kg/m ³
Temperature	15 °C
Wall roughness	Free
Horizontal eddy viscosity	1 m ² /s
Horizontal eddy diffusivity	10 m ² /s
Drying and flooding	Centres and faces
Depth specified at	Grid cell corners
Depth at centre	Max
Depth at faces	Mor
Threshold depth	0,05 m
Marginal depth	0,05 m
Smoothing time	120 min
Advection scheme for momentum	cyclic
Advection scheme for Transport	cyclic
Horizontal Forester filter	True
Map results Interval	30 min
History output interval	10 min

3.6 Methodiek voor analyse modelprestatie

Met behulp van de door het WL ontwikkelde VIMM toolbox (Vanlede *et al.*, 2020a) worden per simulatie de RMSE en BIAS waarden voor het volledige gemodelleerde waterstandsverloop en voor de hoog- en laagwaters specifiek berekend. Deze waarden kunnen onderling worden vergeleken.

Tevens kan met behulp van deze toolbox de representatie van getijcomponenten worden geanalyseerd. De amplitude en fase van de M2, S2 en M4 getijcomponenten worden meegenomen.

4 Resultaten

Onderstaande figuren geven een overzicht van de verificatie van de modelprestatie bij 'kalme condities' voor de verschillende modelconfiguraties. Figuur 7 en Figuur 8 tonen de BIAS en RMSE voor het volledige waterstandsverloop. Figuur 9 - Figuur 12 tonen de BIAS en RMSE voor respectievelijk de hoogwaters en de laagwaters. In Figuur 13 – Figuur 16 worden de BIAS en RMSE getoond voor de tijdstippen van de hoog- en laagwaters.

Aanvullend worden in *Bijlage A – Overzicht modelprestatie* tabellen getoond met de BIAS en RMSE waarden per simulatie (Tabel 5 - Tabel 8). De getoonde waarden in deze tabellen zijn voorzien van een kleurenschaal die als indicatief kunnen worden beschouwd voor de kwaliteit van de modellen (zie Tabel 3 voor de gebruikte kleurcodering per parameter). De tabellen tonen ook een gemiddelde waarde per zone in het estuarium: Westerschelde, beneden-Zeeschelde en Boven-Zeeschelde.

4.1 Representatie waterstandsverloop

Voor wat betreft het volledige waterstandsverloop blijkt dat de simulaties met geobserveerde waterstanden als afwaartse randvoorwaarden een betere representatie leiden dan het genest model. Dit is een verwacht resultaat, aangezien in de run met geobserveerde randvoorwaarden er geen modelfout op de rand wordt geïmporteerd.

De verschillen tussen de 2011 en 2019 runs zijn met name in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde zeer beperkt. In de zone Tielrode tot Dendermonde is het verschil tussen simulaties met de bodemligging van 2011 en 2019 iets groter, maar nog steeds beperkt tot maximaal 2 á 3 cm.

Voor de 2019 run die bij Westkapelle-Cadzand wordt geforceerd met geobserveerde waterstanden is de gemiddelde afwijking -1 cm in de Westerschelde en resp. +3 en -1 cm in de Beneden-Zeeschelde en Boven-Zeeschelde. De gemiddelde RMSE-waarden zijn 7 cm in de Westerschelde, 9 cm in de Benden-Zeeschelde en 30 cm in de Boven-Zeeschelde, waar de modelprestatie beduidend minder is opwaarts van Tielrode. In de modelsimulatie met randvoorwaarden uit het DSCM-ZUNO model is de modelkwaliteit in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde minder. De gemiddelde BIAS voor de Westerschelde, Beneden-Zeeschelde en Boven-Zeeschelde is resp. +1 cm, +4 cm en -1 cm, terwijl de gemiddelde RMSE-waarden voor deze delen van het estuarium 13 cm, 16 cm en 29 cm bedragen. Ook voor het genest model geldt overigens dat het verschil tussen de simulaties met een 2011 en een 2019 bodemligging gering is.

4.2 Representatie hoog- en laagwaters

De gemiddelde afwijking van de hoogwaters in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde in de NeVla 2019 runs bedraagt -4 cm in de simulatie die bij Westkapelle-Cadzand wordt geforceerd met geobserveerde waterstanden en -8 cm in het genest model. De RMSE-waarden voor de hoogwaters in dit deel van het estuarium zijn <10 cm voor het afgeknipt model en <15 cm voor het genest model. In de Boven-Zeeschelde wijzigt de gemiddelde afwijking geleidelijk van licht negatief in de Beneden-Zeeschelde naar sterk positief helemaal opwaarts. Ook de RMSE waarden zijn hier beduidend hoger, met name in Wetteren en Melle.

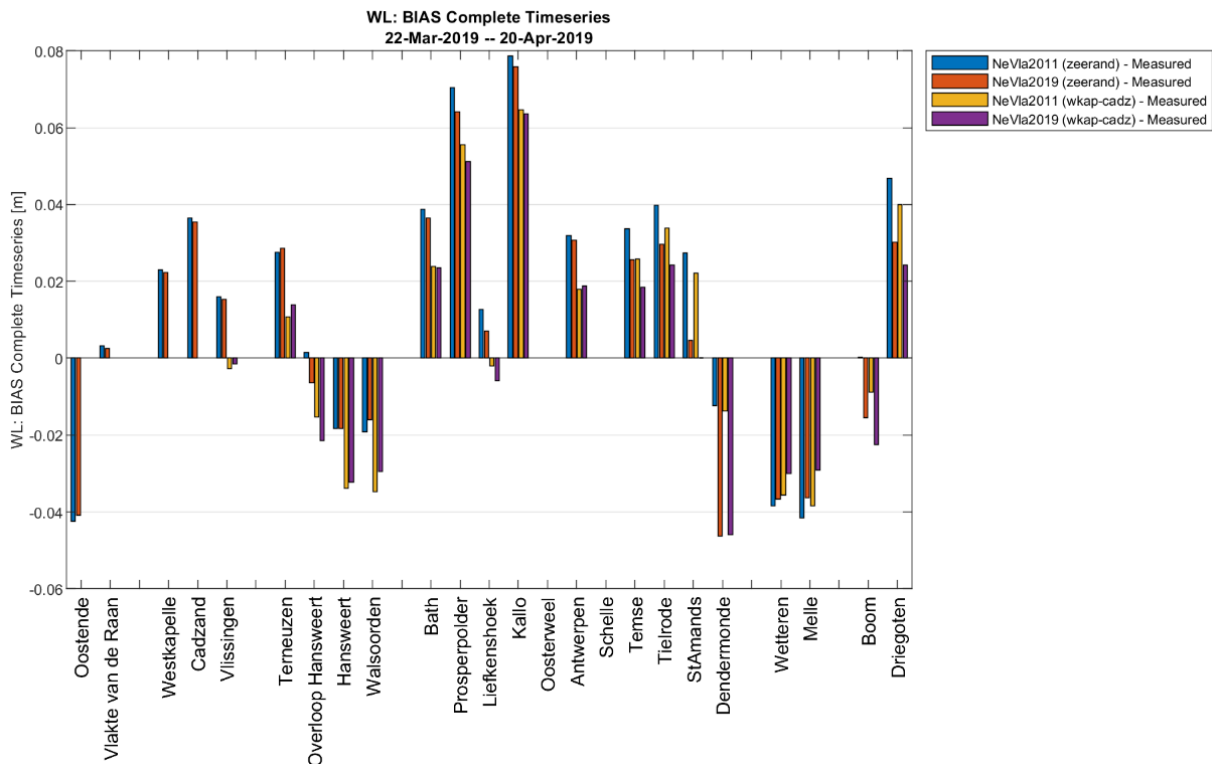
De gemiddelde afwijking van de laagwaters in het afgeknipt model en het genest model met de 2019 bodemligging bedragen ongeveer +6 cm in de Westerschelde, +10 cm in de Beneden-Zeeschelde en -40 cm in de Boven-Zeeschelde, waar de laagwaters opwaarts van Tielrode steeds meer worden onderschat.

In combinatie met de overschatting van de hoogwaters duidt dit op een overschatting van de getij-amplitude in de Boven-Zeeschelde. De gemiddelde RMSE-waarden in deze runs zijn 5-10 cm in de Westerschelde, 10-15 cm in de Beneden-Zeeschelde en tot >40 cm in de Boven-Zeeschelde.

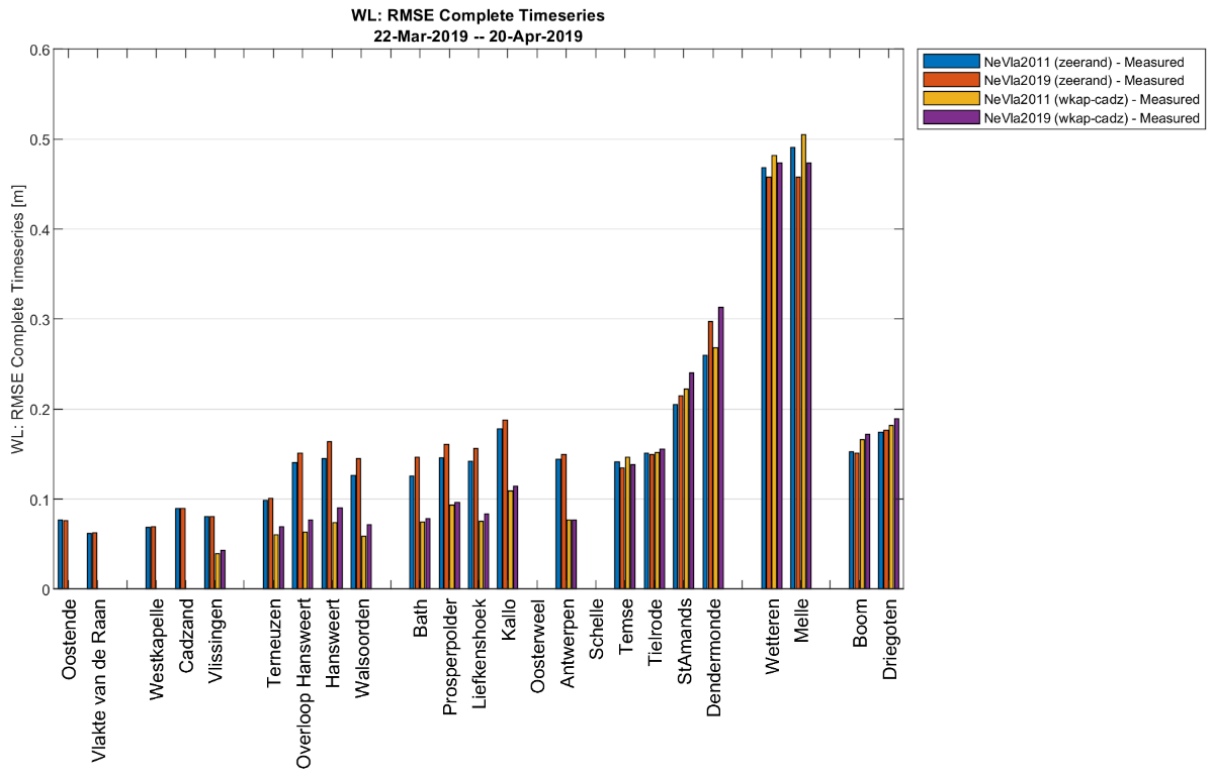
Ook voor de BIAS en RMSE van de hoog- en laagwaters geldt dat deze nauwelijks verschillen tussen simulaties met een bodemligging uit 2011 of een bodemligging uit 2019. Deze verschillen blijven beperkt tot maximaal 5 cm in delen van de Boven-Zeeschelde.

Tijdstippen hoog- en laagwaters

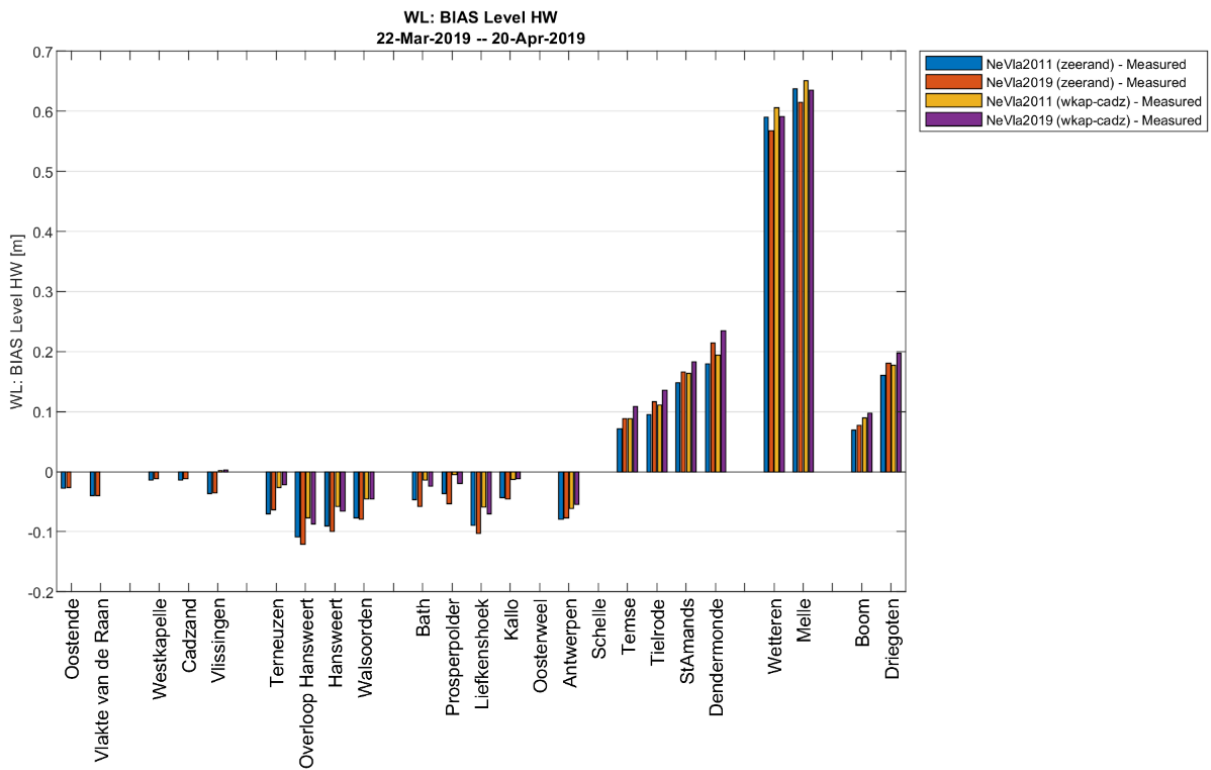
De kwaliteit van de representatie van de tijdstippen van de hoogwaters en laagwaters vertoont eenzelfde beeld. In de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde is de gemiddelde afwijking kleiner dan 5 minuten, ongeacht de ligging van de afwaartse rand of welke bodemligging is geïmplementeerd. De RMSE-waarden zijn voor de 2019 runs overall lager dan 10 minuten in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. De afwijking van de tijdstippen van hoog- en laagwater zijn wederom groter in de Boven-Zeeschelde. Hier neemt de gemiddelde afwijking geleidelijk toe naar ongeveer -15 minuten voor de hoogwaters en -25 minuten voor de laagwaters aan de opwaartse rand van het estuarium. Dit duidt op een snellere getijvoortplanting in de modelsimulaties in vergelijking met de realiteit. Naast de grootte van de getijslag wordt dus ook de snelheid van de getij-indringing wordt overschat in het opwaartse deel van het estuarium. De verschillen in modelkwaliteit tussen runs met de bodemligging van 2011 of 2019 zijn ook als het om de tijdstippen van hoog- en laagwaters gaat zeer gering en beperkt tot een afwijking van maximaal 5 minuten in het gehele estuarium.



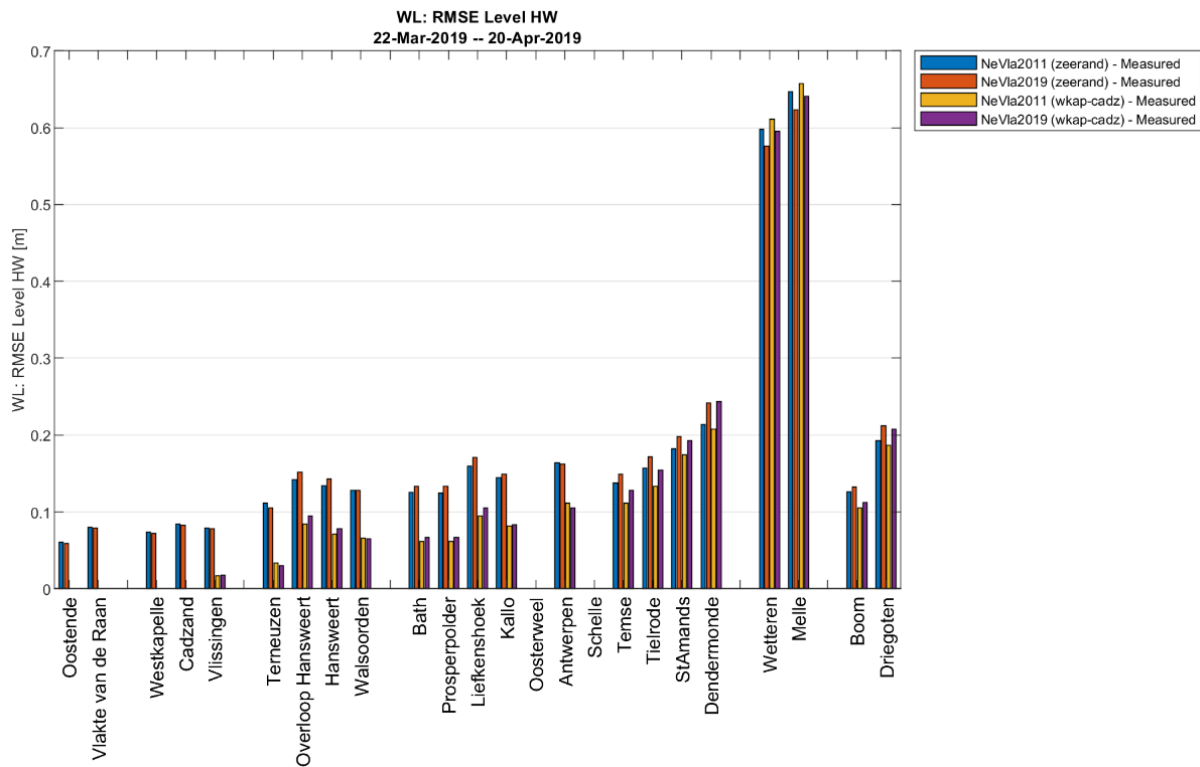
Figuur 7 – BIAS voor de gemodelleerde complete tijdsreeksen van het waterstandsverloop langs de Schelde.



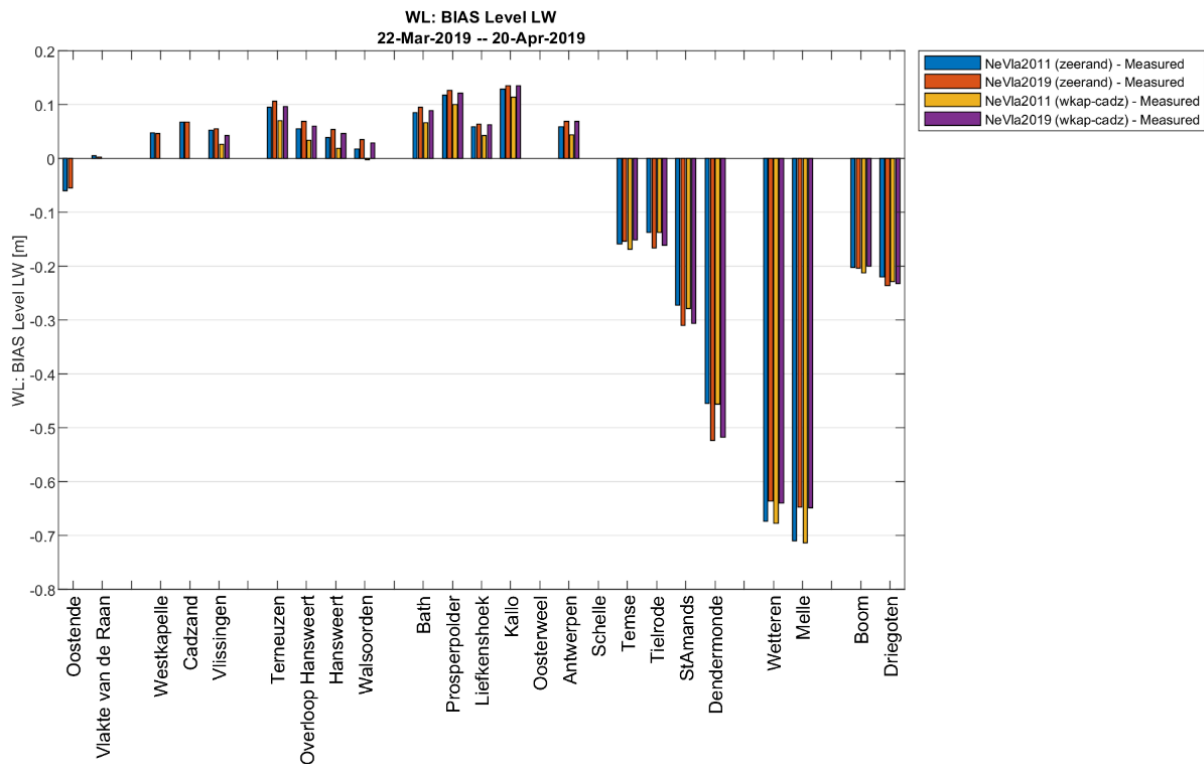
Figuur 8 – RMSE voor de gemodelleerde complete tijdseries van het waterstandsverloop langs de Schelde.



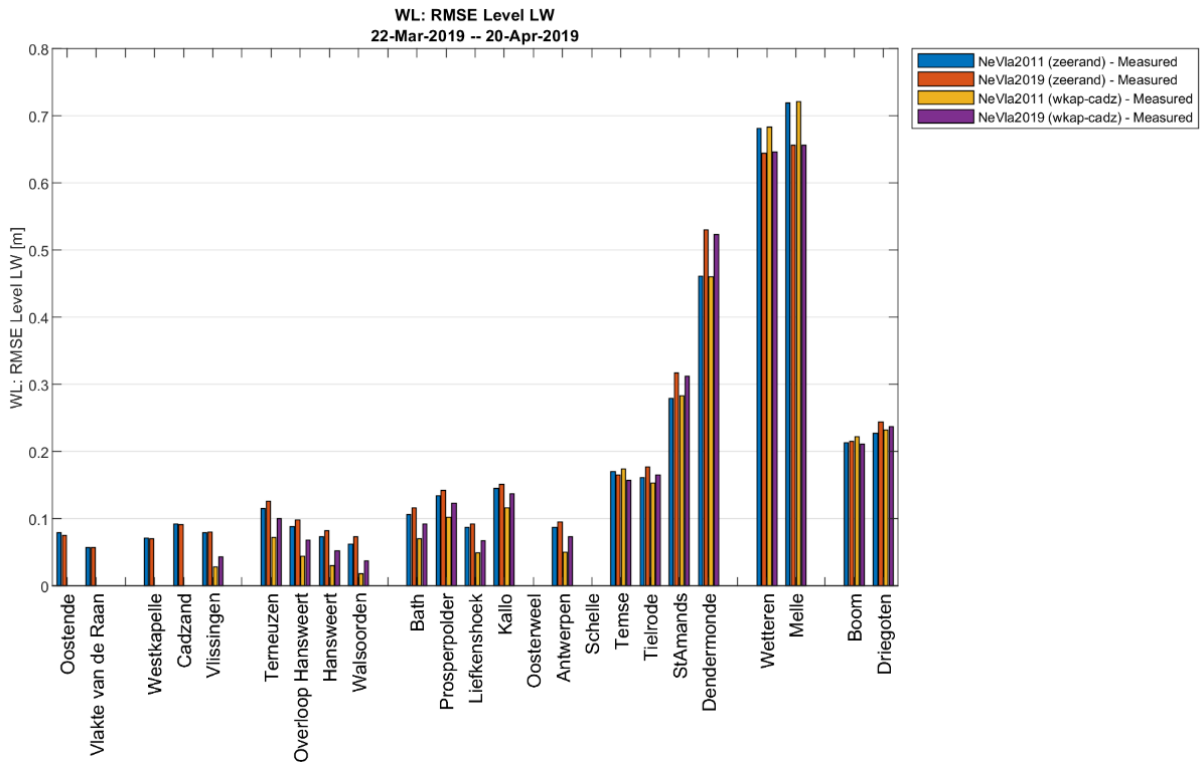
Figuur 9 – BIAS voor de gemodelleerde hoogwaterstanden langs de Schelde.



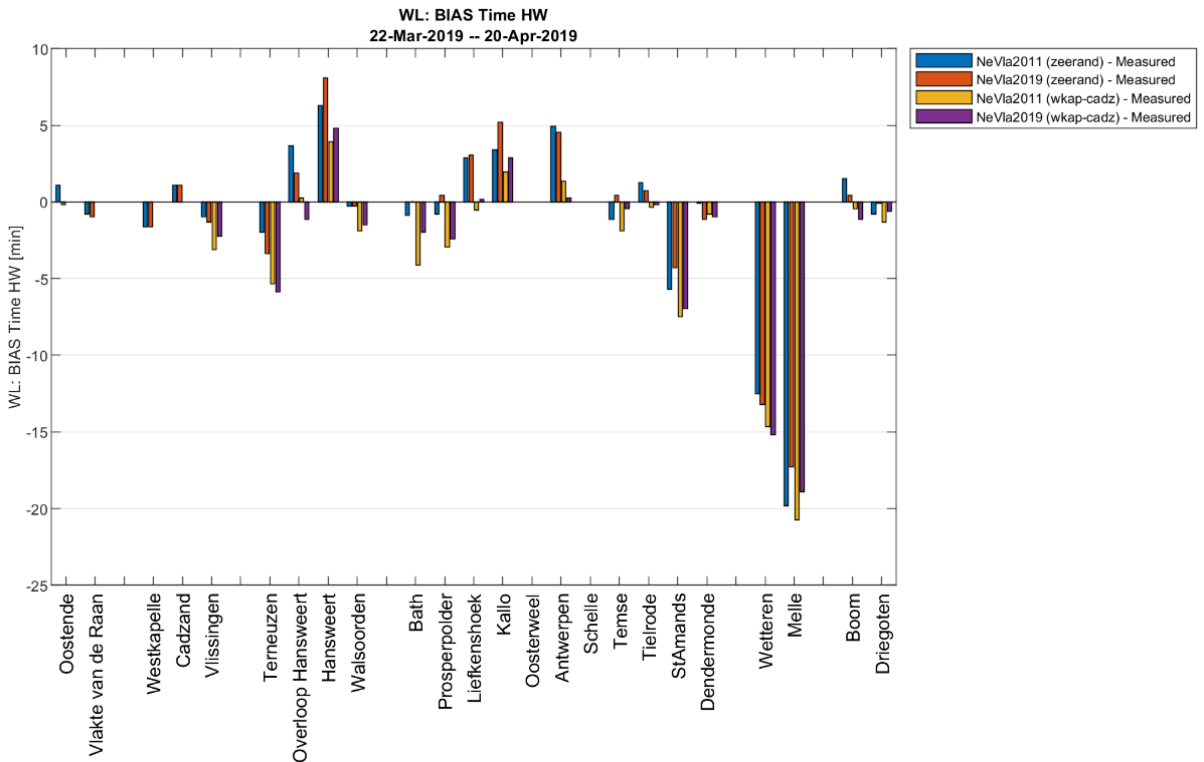
Figuur 10 – RMSE voor de gemodelleerde hoogwaterstanden langs de Schelde.



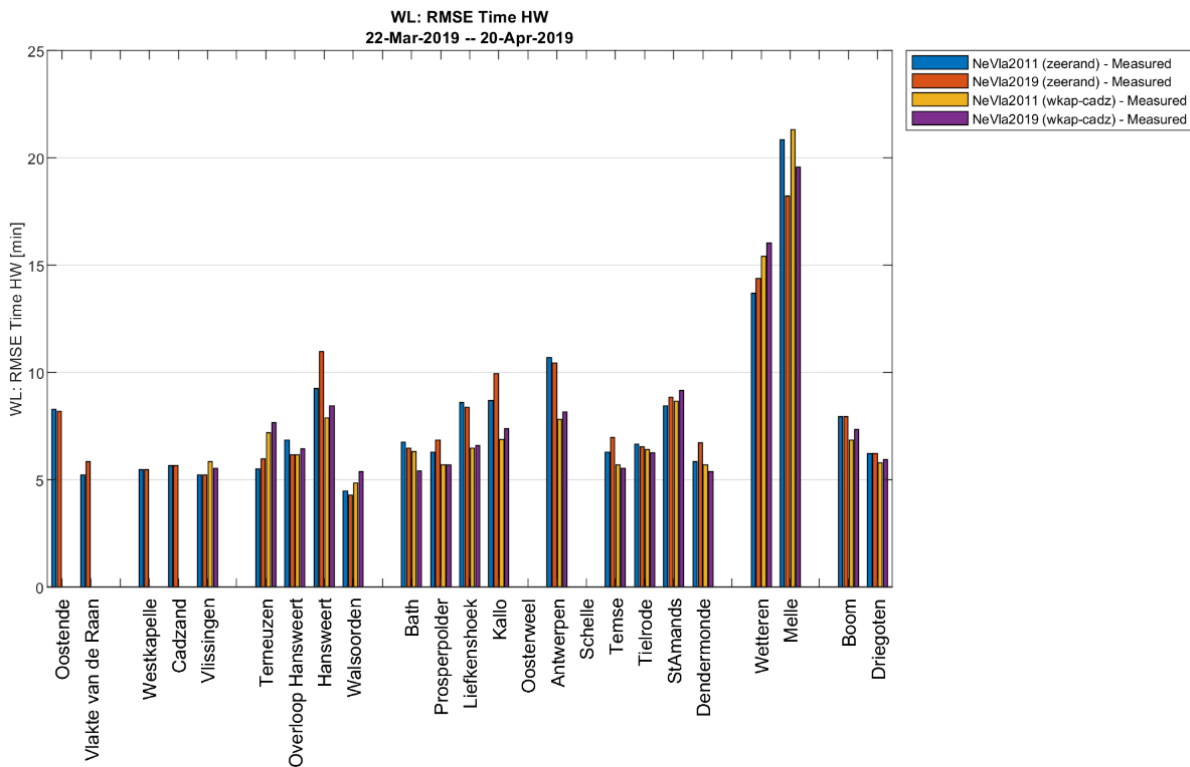
Figuur 11 – BIAS voor de gemodelleerde laagwaterstanden langs de Schelde.



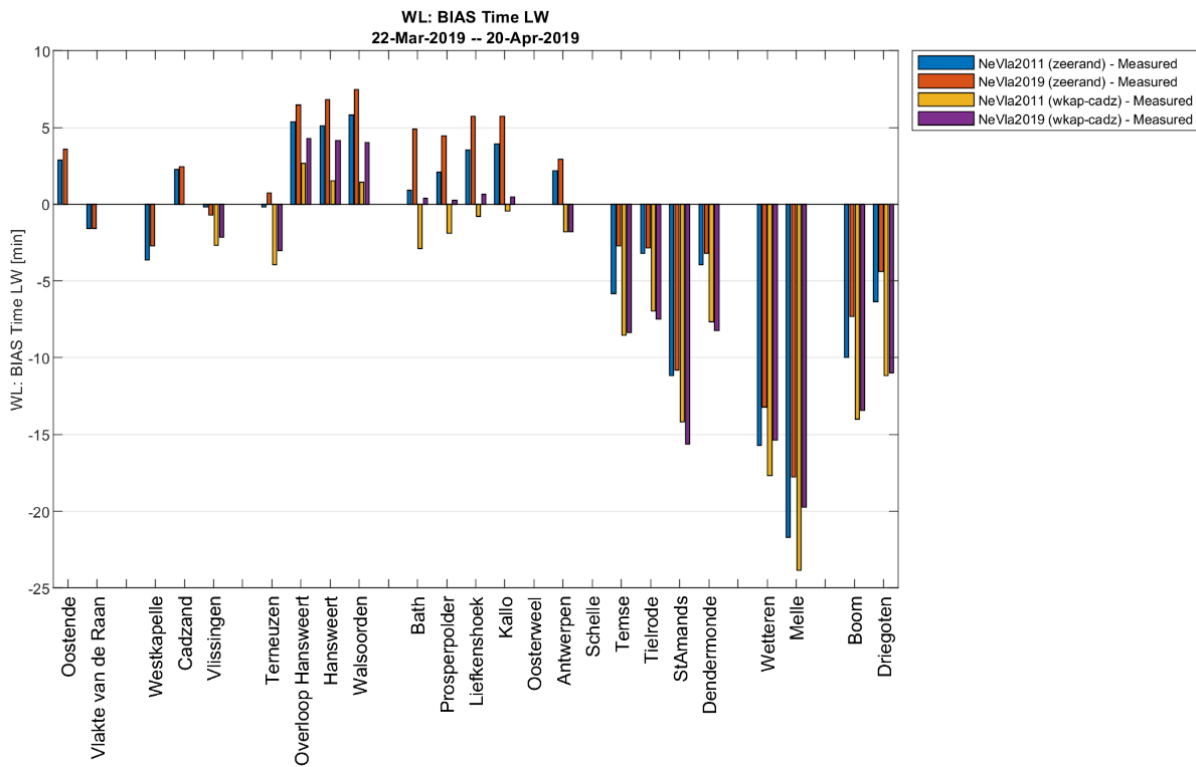
Figuur 12 – RMSE voor de gemodelleerde laagwaterstanden langs de Schelde.



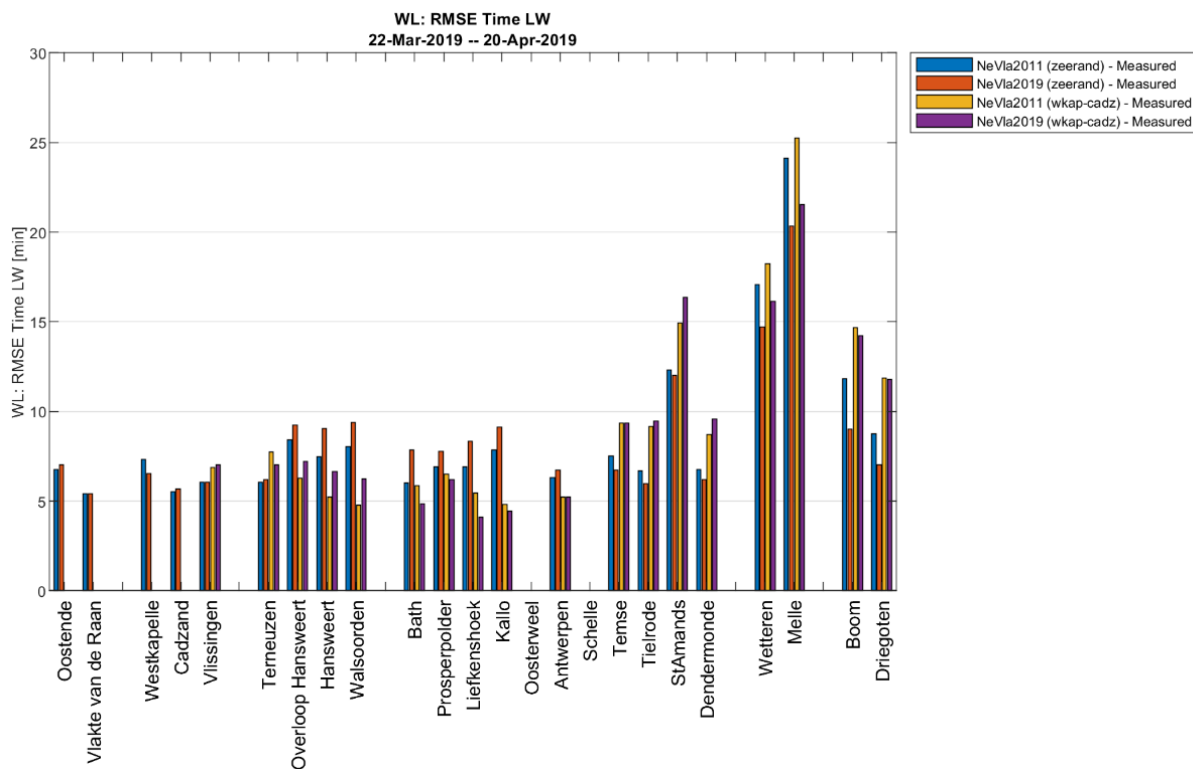
Figuur 13 – BIAS voor de gemodelleerde tijdstippen van de hoogwaters langs de Schelde.



Figuur 14 – RMSE voor de gemodelleerde tijdstippen van de hoogwaters langs de Schelde.



Figuur 15 – BIAS voor de gemodelleerde tijdstippen van de laagwaters langs de Schelde.



Figuur 16 – RMSE voor de gemodelleerde tijdstippen van de laagwaters langs de Schelde.

4.3 Harmonische componentenanalyse

De resultaten van de harmonische componentenanalyse worden getoond in Bijlage A – Overzicht modelprestatie (Tabel 9 - Tabel 14). De tabellen tonen per simulatie de afwijking van de amplitude en de fase van de M2 en M4 componenten ten opzichte van de geobserveerde waarden. De geobserveerde waarden zijn overigens eveneens berekend vanuit gemeten waterstandstijdseries. Aanvullend worden nog de afwijkingen getoond van de M4/M2 amplitude ratio ($R_{M4/M2}$) en het 2M2-M4 faseverschil ($2\phi_{M2}-\phi_{M4}$). Deze twee parameters zijn indicatoren voor respectievelijk de sterkte en het type asymmetrie van de getijcurve. De getoonde waarden in deze tabellen zijn wederom voorzien van een kleurenschaal die als indicatief kunnen worden beschouwd voor de kwaliteit van de representatie (zie Tabel 4 voor de gebruikte kleurcodering per parameter).

De representatie van de amplitude van het M2-getij (Tabel 9) is voor alle modelconfiguraties goed in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde met afwijkingen <10 cm. De verschillen tussen de modelconfiguraties zijn klein, maar de afwijking ten opzichte van het M2-getij in de geobserveerde waterstandreeksen is wel iets kleiner in de 2011 simulaties en in de configuratie die bij Westkapelle-Cadzand wordt geforceerd. In de Boven-Zeeschelde wordt deze component overschat, duidend op een overschatting van de getijslag, waarbij de afwijking toeneemt in opwaartse richting tot maximaal 50 cm in Melle. De faseverschillen van het M2 getij tussen de modelruns en de geobserveerde waarden (Tabel 10) zijn voor alle modelconfiguraties gering van de monding tot Dendermonde. De snelheid van de getijvoortplanting wordt dus goed gerepresenteerd tot dit punt. Enkel in de meest opwaartse stations Wetteren en Melle ontstaat een significante afwijking.

De representatie van de amplitude van het M4 getij (Tabel 11) is eveneens goed in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. De afwijkingen van de M4 amplitude zijn hier ≤ 2 cm. In de Boven-Zeeschelde zijn de afwijkingen groter, tot maximaal 7 cm te Melle. Ook de M4 amplitude wordt overschat in de modelsimulaties. Er zijn nauwelijks verschillen modelprestatie tussen de verschillende configuraties. De fase van het M4 getij (Tabel 12) wordt minder goed gerepresenteerd dan die van het M2 getij. Enkel in de Westerschelde zijn de afwijkingen tussen de geobserveerde fases en de gemodelleerde fases grotendeels $< 5^\circ$. In het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde is de representatie minder goed met afwijkingen tot -16° . Tussen Antwerpen en Tielrode zijn de afwijkingen iets kleiner, maar verder opwaarts nemen de verschillen toe tot maximaal -27° in Melle. Er zijn weliswaar kleine verschillen tussen de 2011 en 2019 simulaties, maar deze zijn beperkt tot max 5° .

De ratio tussen de M4 en M2 amplitude (Tabel 13), een indicator voor de sterkte van de getij-asymmetrie, wordt goed gerepresenteerd in de Westerschelde en Beneden-Zeeschelde. In de Boven-Zeeschelde zijn de verschillen iets groter. Er zijn ook nauwelijks verschillen tussen de modelconfiguraties. Het faseverschil tussen de M2 en M4 componenten (i.e., $2\phi_{M2}-\phi_{M4}$), een indicator voor het type getij-asymmetrie, wordt met name in de Beneden-Zeeschelde minder goed gerepresenteerd (Tabel 14). In de Westerschelde (i.e., afwaarts van Bath) en in de Boven-Zeeschelde wordt het faseverschil $2\phi_{M2}-\phi_{M4}$ en dus de mate van vloed- of ebdominantie wel goed gerepresenteerd in alle modelconfiguraties. De verschillen tussen de 2011 en 2019 runs zijn ook voor deze parameter relatief klein.

5 Conclusies

In dit rapport is een actualisatie van het Delft3D-NeVla model uitgevoerd, waarbij de bodemligging van het model is geüpdatet van 2011 naar 2019. De invloed van deze aanpassing op de globale modelprestatie is vervolgens onderzocht aan de hand van enkele validatieruns. De modelresultaten van simulaties met het Delft3D-NeVla model vóór en na de update van de bodemligging werden voor twee configuraties (i.e., volledig NeVla model genest in DCSM-ZUNO en afgeknipt NeVla model geforceerd met geobserveerde waterstanden) vergeleken met waterstandsmetingen.

Uit deze modelvergelijking blijkt dat de update van de bodemligging van 2011 naar 2019 nauwelijks invloed heeft op de afwijking die het model heeft ten opzichte van de waterstandsmetingen. Wel blijkt dat de modelprestatie iets beter is als de simulatie wordt geforceerd met gemeten waterstandsreeksen voor Westkapelle en Cadzand dan wanneer het model wordt genest in de DCSM-ZUNO modeltrein. Ook blijkt dat de modelprestatie in de Boven-Zeeschelde, met name opwaarts van Tielrode, pover is en dat de getijslag in dit meest opwaartse deel significant wordt overschat. Daarnaast vertoont de representatie van de getij-asymmetrie in de Beneden-Zeeschelde ook afwijkingen ten opzichte van gemeten waterstandsreeksen.

5.1 Aanbevelingen

Op basis van de modelresultaten lijkt een modelverbetering van het NeVla model gewenst. Hierbij dient vooral aandacht uit te gaan naar de representatie van het getij in de Boven-Zeeschelde. In voorliggende modelvalidatie wordt de getij-amplitude opwaarts met ongeveer 1,2 m overschat. In de initiële kalibratieoefening door Maximova *et al.* (2009) was dat bijvoorbeeld slechts een onderschatting van ongeveer 10 cm voor een modelschematisering met randvoorwaarden en bathymetrie uit het jaar 2006. Dit suggereert dat er nog flink wat ruimte is voor modelverbetering vooraleer dit geüpdatete model met recentere bathymetrie en randvoorwaarden uit het jaar 2019 voor nieuwe onderzoeksdoeleinden in de Boven-Zeeschelde kan worden toegepast.

Ook de representatie van de getij-asymmetrie in de Beneden-Zeeschelde kan worden verbeterd. Dit is bijvoorbeeld van belang voor toepassingen van het Delft3D slibmodel (e.g. Stark *et al.*, 2021a; b, 2022a).

Het implementeren van de GOG en GGG overstromingsgebieden langs de Zeeschelde in de Delft3D versie van het NeVla model, zoals al is gebeurd voor de Simona versie (Chu *et al.* 2016), is een ander mogelijk verbeterpunt.

Bovenstaande verbeterpunten kunnen onderdeel vormen van een herkalibratie van het ruwheidsveld, maar met oog op de aanstaande ontwikkeling van een nieuw D-FM Scheldemodel (i.e., binnen WL project 22_048) is het waarschijnlijk meer opportuun om de tekortkomingen van het huidige NeVla model te ondervangen bij de ontwikkeling van het nieuwe model.

Referenties

Chu, K.; Buitrago, S.; Depreiter, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016). Ondersteuning en verbetering operationeel voorspellingscluster VSSKS: uitbreiding van het operationeel 2D Nevla model met GOG en GGG functionaliteit. version 4.. *FHR reports*, 13_133_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp

Chu, K.; Vanlede, J.; Decrop, B.; Mostaert, F. (2020). Validation of North Sea models: sub report 1. Validation and sensitivity analysis. Version3.0. *FHR reports*, 19_058_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=325253>

Coen, L.; De Maerschalk, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016a). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: deelrapport 1. Opzet en validatie slibmodel. Versie 4.0. *WL Rapporten*, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Coen, L.; De Maerschalk, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2016b). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: deelrapport 3. Slibscenario's. *WL Rapporten*, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Decrop, B.; De Clercq, B.; Vanlede, J.; Van Holland, G.; Ides, S.; Plancke, Y.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2009). Dwaarsstromingen Ossenisse-Zuidergat - Rapport numeriek modelonderzoek: Antwerp, Belgium. 115 pp.

Hartsuiker, G.; van Banning, G.K.F.M. (2004). 2Dh Nevla-Scheldemodel (SCALWEST 2000 met verbeterde Belgische roosterschematisatie): bouw en afregeling stromingsmodel. Waterbouwkundig Laboratorium/Alkyon: Borgerhout

Jespers, N.; Depreiter, D.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F. (2014). Ondersteuning en verbetering voorspellingscluster: actualisatie van de bodem in het 2d Nevla model. *WL Rapporten*, 00_044. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen

Leyssen, G.; Vanlede, J.; Mostaert, F. (2011). Modellentrein CSM-ZUNO: deelrapport 1: opzet en gevoeligheidsanalyse. *WL Rapporten*, 753_12. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen

Maximova, T.; Ides, S.; Vanlede, J.; De Mulder, T.; Mostaert, F. (2009). Verbetering 2D randvoorwaardenmodel: deelrapport 3. Kalibratie bovenlopen. *WL Rapporten*, 753_09. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Meire, D.; Plancke, Y.; De Maerschalk, 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

Meire, D.; Vereecken, H.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2020). Morfologie mesoschaal - metingen IGG Zeeschelde: deelrapport 4. Eerstelijnsanalyse van de uitgevoerde stromingsmetingen op de intergetijdengebieden in de Zeeschelde. Versie 2.0. *WL Rapporten*, 14_024_4. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=321524>

Plancke, Y.; Dupont, H.; Stark, J.; Kaptein, S. (2021). Sediment dynamics in the Schelde-estuary: Report 1 – Influence of fresh water discharge and tide on the ETM-dynamics in the Schelde-estuary using Delft3D. Version 3.0. *FHR Reports*, 19_060_1.: Antwerp. 24 pp.

Stark, J.; De Maerschalk, B.; Plancke, Y.; Mostaert, F. (2020a). Agenda v/d Toekomst – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: scenario's stortingen diepe delen. Versie 2.2. *WL Rapporten*, 17_088_12. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=324469>

- Stark, J.; Smolders, S.; Plancke, Y.** (2022a). IMMERSE Work Package 3.2: Model simulations for Scenario 4. Version 3.0. FHR Reports, 20_098_1. pp.25
- Stark, J.; Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2020b). Mitigatie dwarsstromingen Platen van Ossensisse: deelrapport 1. Scenario onderzoek. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 19_030_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Stark, J.; Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2021a). AvdT – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: Deelrapport 23 – Gevoeligheidsanalyse Delft3D slibmodel
- Stark, J.; Smolders, S.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2021b). AvdT – Sedimenttransport op verschillende tijdschalen: Deelrapport 24 – Stortscenario's met Delft3D slibmodel: Antwerpen. 29 pp.
- Stark, J.; Vandebrouwaene, W.; De Maerschallck, B.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2019). Morfologie mesoschaal – numerieke modellering drempels: deelrapport 7. Sedimentatie ter hoogte van drempels: validatie numeriek model. Versie 3.0. *WL Rapporten*, 14_024_7. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=318280>
- Stark, J.; Vanlede, J.; Plancke, Y.** (2022b). Operationele voorspelling dwarsstroming: Validatie NeVla model in Simona/Waqua en Delft3D voor representatie dwarsstromingen Ossensisse. Versie 1.0. *WL Rapporten*, 20_060_3.: Antwerpen. 47 pp.
- Vanlede, J.; Chu, K.; Fonias, E.** (2020a). Introducing the VIMM toolbox for the (re)calibration of the SCALDIS model, *in*: (2020a). *Online proceedings of the papers submitted to the 2020 TELEMAR-MASCARET User Conference*. IMDC. ISBN 9789464207194. pp.153–158. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=332091>
- Vanlede, J.; Chu, K.; Smolders, S.; Decrop, B.; Mostaert, F.** (2020b). Update SCALDIS 2019: a 3D hydrodynamic model of the Scheldt Estuary: calibration report. Version 3.. *FHR reports*, PA016_1. Flanders Hydraulics Research: Antwerp. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=334271>
- Vanlede, J.; De Clercq, B.; Decrop, B.; Ides, S.; van Holland, G.; De Mulder, T.; Mostaert, F.** (2009). Verbetering randvoorwaardenmodel: deelrapport 2. Afregelen van het 2D Scheldemodel. *WL Rapporten*, 753_09. Waterbouwkundig Laboratorium/IMDC: Antwerpen
- 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
- Verwilligen, J.; Eloot, K.; Plancke, Y.; Meire, D.** (2022). Actualisatie evaluatiemethodiek Schelde-Estuarium: deelrapport 2. Bevaarbaarheid. Versie 5.0. *WL Rapporten*, 19_065_2. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen. Available at: <http://documentatiecentrum.watlab.be/owa/imis.php?module=ref&refid=349541>
- Vos, G.; De Maerschallck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016a). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: deelrapport 2. Opzet en validatie zandmodel. *WL Rapporten*, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vos, G.; Meire, D.; De Maerschallck, B.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2016b). Sedimentstrategie Beneden-Zeeschelde: deelrapport 4. Zandscenario's. *WL Rapporten*, 14_025. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vos, G.; Meire, D.; Plancke, Y.; Bellafki, K.** (S.d.). Sedimentstrategie Schelde-estuarium: Deelrapport 6 – Sedimentbalans Zeeschelde, Rupel en Durme voor de periode 2016-2019: Antwerpen
- Vos, G.; Plancke, Y.; Mostaert, F.** (2012). Overleg flexibel storten: methodologie opvolging plaatrandstortingen. *WL Rapporten*, 00_031. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Bijlage A – Overzicht modelprestatie

Tabel 3 – Kleurcodes voor indicatie modelprestatie.

Kleurcode	WL / HW / LW		T_{HW} / T_{LW}	
	Bias [m]	RMSE [m]	Bias [min]	RMSE [min]
	0 - 0.10	0 - 0.10	0 - 5	0 - 5
	0,10 - 0,20	0,10 - 0,20	5 - 15	5 - 15
	> 0,20	> 0,20	> 15	> 15

Tabel 4 – Kleurcodes voor indicatie modelprestatie voor analyse harmonische componenten.

Kleurcode	Amplitudeverschil			Faseverschil		
	Bias A_{M2} [m]	Bias A_{M4} [m]	Bias $R_{M4/M2}$ [-]	$\Delta\phi_{M2}$ [°]	$\Delta\phi_{M4}$ [°]	$\Delta(2\phi_{M2}-\phi_{M4})$ [°]
	0 - 0.10	0 - 0.05	0 - 0,02	0 - 5	0 - 5	0 - 5
	0,10 - 0,20	0,05 - 0,10	0,02 - 0,05	5 - 10	5 - 10	5 - 10
	> 0,20	> 0,10	> 0,05	> 10	> 10	> 10

Tabel 5 – Modelprestatie van NeVla 2011 model genest in DCSM-ZUNO.

	TOT		HW				LW			
	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]
<i>Oostende</i>	-0,04	0,08	-0,03	0,06	1	8	-0,06	0,08	3	7
<i>Vlakte van de Raan</i>	0,00	0,06	-0,04	0,08	-1	5	0,01	0,06	-2	5
<i>Westkapelle</i>	0,02	0,07	-0,01	0,07	-2	5	0,05	0,07	-4	7
<i>Cadzand</i>	0,04	0,09	-0,01	0,08	1	6	0,07	0,09	2	6
<i>Vlissingen</i>	0,02	0,08	-0,04	0,08	-1	5	0,05	0,08	0	6
<i>Terneuzen</i>	0,03	0,10	-0,07	0,11	-2	6	0,09	0,12	0	6
<i>Overloop Hansweert</i>	0,00	0,14	-0,11	0,14	4	7	0,06	0,09	5	8
<i>Hansweert</i>	-0,02	0,15	-0,09	0,13	6	9	0,04	0,07	5	7
<i>Walsoorden</i>	-0,02	0,13	-0,08	0,13	0	4	0,02	0,06	6	8
<i>Bath</i>	0,04	0,13	-0,05	0,13	-1	7	0,09	0,11	1	6
WESTERSCHELDE	0,01	0,12	-0,07	0,12	1	6	0,06	0,09	3	7
<i>Prosperpolder</i>	0,07	0,15	-0,04	0,12	-1	6	0,12	0,13	2	7
<i>Liefkenshoek</i>	0,01	0,14	-0,09	0,16	3	9	0,06	0,09	4	7
<i>Kallo</i>	0,08	0,18	-0,04	0,15	3	9	0,13	0,15	4	8
<i>Antwerpen</i>	0,03	0,14	-0,08	0,16	5	11	0,06	0,09	2	6
BEN.-ZEESCHELDE	0,05	0,15	-0,06	0,15	3	9	0,09	0,11	3	7
<i>Temse</i>	0,03	0,14	0,07	0,14	-1	6	-0,16	0,17	-6	8
<i>Tielrode</i>	0,04	0,15	0,10	0,16	1	7	-0,14	0,16	-3	7
<i>StAmands</i>	0,03	0,20	0,15	0,18	-6	8	-0,27	0,28	-11	12
<i>Dendermonde</i>	-0,01	0,26	0,18	0,21	0	6	-0,46	0,46	-4	7
<i>Wetteren</i>	-0,04	0,47	0,59	0,60	-12	14	-0,67	0,68	-16	17
<i>Melle</i>	-0,04	0,49	0,64	0,65	-20	21	-0,71	0,72	-22	24
BOV.-ZEESCHELDE	0,00	0,29	0,29	0,32	-6	10	-0,40	0,41	-10	12
<i>Boom</i>	0,00	0,15	0,07	0,13	2	8	-0,20	0,21	-10	12
<i>Driegoten</i>	0,05	0,17	0,16	0,19	-1	6	-0,22	0,23	-6	9

Tabel 6 – Modelprestatie van NeVla 2011 model geforceerd bij Westkapelle-Cadzand.

	TOT		HW				LW			
	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]
<i>Oostende</i>	/		/				/			
<i>Vlakte van de Raan</i>										
<i>Westkapelle</i>										
<i>Cadzand</i>										
<i>Vlissingen</i>	0,00	0,04	0,00	0,02	-3	6	0,03	0,03	-3	7
<i>Terneuzen</i>	0,01	0,06	-0,03	0,03	-5	7	0,07	0,07	-4	8
<i>Overloop Hansweert</i>	-0,02	0,06	-0,08	0,08	0	6	0,03	0,04	3	6
<i>Hansweert</i>	-0,03	0,07	-0,06	0,07	4	8	0,02	0,03	2	5
<i>Walsoorden</i>	-0,03	0,06	-0,05	0,07	-2	5	0,00	0,02	1	5
<i>Bath</i>	0,02	0,07	-0,01	0,06	-4	6	0,07	0,07	-3	6
WESTERSCHELDE	-0,01	0,06	-0,04	0,06	-2	6	0,04	0,04	-1	6
<i>Prosperpolder</i>	0,06	0,09	-0,01	0,06	-3	6	0,10	0,10	-2	7
<i>Liefkenshoek</i>	0,00	0,08	-0,06	0,10	-1	6	0,04	0,05	-1	5
<i>Kallo</i>	0,06	0,11	-0,01	0,08	2	7	0,11	0,12	0	5
<i>Antwerpen</i>	0,02	0,08	-0,06	0,11	1	8	0,04	0,05	-2	5
BEN.-ZEESCHELDE	0,03	0,09	-0,03	0,09	0	7	0,08	0,08	-1	5
<i>Temse</i>	0,03	0,15	0,09	0,11	-2	6	-0,17	0,17	-9	9
<i>Tielrode</i>	0,03	0,15	0,11	0,13	0	6	-0,14	0,15	-7	9
<i>StAmands</i>	0,02	0,22	0,16	0,17	-7	9	-0,28	0,28	-14	15
<i>Dendermonde</i>	-0,01	0,27	0,19	0,21	-1	6	-0,46	0,46	-8	9
<i>Wetteren</i>	-0,04	0,48	0,61	0,61	-15	15	-0,68	0,68	-18	18
<i>Melle</i>	-0,04	0,50	0,65	0,66	-21	21	-0,71	0,72	-24	25
BOV.-ZEESCHELDE	0,00	0,30	0,30	0,32	-8	11	-0,40	0,41	-13	14
<i>Boom</i>	-0,01	0,17	0,09	0,11	0	7	-0,21	0,22	-14	15
<i>Driegoten</i>	0,04	0,18	0,18	0,19	-1	6	-0,23	0,23	-11	12

Tabel 7 – Modelprestatie van NeVla 2019 model genest in DCSM-ZUNO.

	TOT		HW				LW			
	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]
<i>Oostende</i>	-0,04	0,08	-0,03	0,06	0	8	-0,05	0,08	4	7
<i>Vlakte van de Raan</i>	0,00	0,06	-0,04	0,08	-1	6	0,00	0,06	-2	5
<i>Westkapelle</i>	0,02	0,07	-0,01	0,07	-2	5	0,05	0,07	-3	7
<i>Cadzand</i>	0,04	0,09	-0,01	0,08	1	6	0,07	0,09	2	6
<i>Vlissingen</i>	0,02	0,08	-0,04	0,08	-1	5	0,05	0,08	-1	6
<i>Terneuzen</i>	0,03	0,10	-0,06	0,11	-3	6	0,11	0,13	1	6
<i>Overloop Hansweert</i>	-0,01	0,15	-0,12	0,15	2	6	0,07	0,10	6	9
<i>Hansweert</i>	-0,02	0,16	-0,10	0,14	8	11	0,05	0,08	7	9
<i>Walsoorden</i>	-0,02	0,15	-0,08	0,13	0	4	0,04	0,07	7	9
<i>Bath</i>	0,04	0,15	-0,06	0,13	0	6	0,10	0,12	5	8
WESTERSCHELDE	0,01	0,13	-0,08	0,12	1	7	0,07	0,10	4	8
<i>Prosperpolder</i>	0,06	0,16	-0,05	0,13	0	7	0,13	0,14	4	8
<i>Liefkenshoek</i>	0,01	0,16	-0,10	0,17	3	8	0,06	0,09	6	8
<i>Kallo</i>	0,08	0,19	-0,05	0,15	5	10	0,14	0,15	6	9
<i>Antwerpen</i>	0,03	0,15	-0,08	0,16	5	10	0,07	0,10	3	7
BEN.-ZEESCHELDE	0,04	0,16	-0,07	0,15	3	9	0,10	0,12	5	8
<i>Temse</i>	0,03	0,13	0,09	0,15	0	7	-0,15	0,17	-3	7
<i>Tielrode</i>	0,03	0,15	0,12	0,17	1	7	-0,17	0,18	-3	6
<i>StAmands</i>	0,00	0,22	0,17	0,20	-4	9	-0,31	0,32	-11	12
<i>Dendermonde</i>	-0,05	0,30	0,21	0,24	-1	7	-0,52	0,53	-3	6
<i>Wetteren</i>	-0,04	0,46	0,57	0,58	-13	14	-0,64	0,64	-13	15
<i>Melle</i>	-0,04	0,46	0,61	0,62	-17	18	-0,65	0,66	-18	20
BOV.-ZEESCHELDE	-0,01	0,29	0,29	0,33	-6	10	-0,41	0,42	-8	11
<i>Boom</i>	-0,02	0,15	0,08	0,13	0	8	-0,20	0,21	-7	9
<i>Driegoten</i>	0,03	0,18	0,18	0,21	0	6	-0,24	0,24	-4	7

Tabel 8 – Modelprestatie van NeVla 2019 model geforceerd bij Westkapelle-Cadzand.

	TOT		HW				LW			
	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]	BIAS [m]	RMSE [m]	BIAS [min]	RMSE [min]
<i>Oostende</i>	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>										
<i>Westkapelle</i>										
<i>Cadzand</i>										
<i>Vlissingen</i>	0,00	0,04	0,00	0,02	-2	6	0,04	0,04	-2	7
<i>Terneuzen</i>	0,01	0,07	-0,02	0,03	-6	8	0,10	0,10	-3	7
<i>Overloop Hansweert</i>	-0,02	0,08	-0,09	0,09	-1	6	0,06	0,07	4	7
<i>Hansweert</i>	-0,03	0,09	-0,07	0,08	5	8	0,05	0,05	4	7
<i>Walsoorden</i>	-0,03	0,07	-0,05	0,07	-2	5	0,03	0,04	4	6
<i>Bath</i>	0,02	0,08	-0,02	0,07	-2	5	0,09	0,09	0	5
WESTERSCHELDE	-0,01	0,07	-0,04	0,06	-1	6	0,06	0,07	1	7
<i>Prosperpolder</i>	0,05	0,10	-0,02	0,07	-2	6	0,12	0,12	0	6
<i>Liefkenshoek</i>	-0,01	0,08	-0,07	0,11	0	7	0,06	0,07	1	4
<i>Kallo</i>	0,06	0,11	-0,01	0,08	3	7	0,14	0,14	0	4
<i>Antwerpen</i>	0,02	0,08	-0,05	0,11	0	8	0,07	0,07	-2	5
BEN.-ZEESCHELDE	0,03	0,09	-0,04	0,09	0	7	0,10	0,10	0	5
<i>Temse</i>	0,02	0,14	0,11	0,13	0	6	-0,15	0,16	-8	9
<i>Tielrode</i>	0,02	0,16	0,14	0,15	0	6	-0,16	0,17	-7	9
<i>StAmands</i>	0,00	0,24	0,18	0,19	-7	9	-0,31	0,31	-16	16
<i>Dendermonde</i>	-0,05	0,31	0,23	0,24	-1	5	-0,52	0,52	-8	10
<i>Wetteren</i>	-0,03	0,47	0,59	0,60	-15	16	-0,64	0,65	-15	16
<i>Melle</i>	-0,03	0,47	0,63	0,64	-19	20	-0,65	0,66	-20	22
BOV.-ZEESCHELDE	-0,01	0,30	0,31	0,33	-7	10	-0,40	0,41	-12	14
<i>Boom</i>	-0,02	0,17	0,10	0,11	-1	7	-0,20	0,21	-13	14
<i>Driegoten</i>	0,02	0,19	0,20	0,21	-1	6	-0,23	0,24	-11	12

Tabel 9 – Representatie amplitude M2 getij (A_{M2}) in verschillende modelconfiguraties.

Amplitude M2	Meting	NeVla2011 (zeerland)		NeVla2019 (zeerland)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	A_{M2} [m]	A_{M2} [m]	ΔA_{M2} [m]	A_{M2} [m]	ΔA_{M2} [m]	A_{M2} [m]	ΔA_{M2} [m]	A_{M2} [m]	ΔA_{M2} [m]
<i>Oostende</i>	1,80	1,83	0,03	1,83	0,03	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>	1,47	1,47	-0,01	1,47	0,00				
<i>Westkapelle</i>	1,51	1,50	-0,01	1,50	-0,01				
<i>Cadzand</i>	1,65	1,63	-0,03	1,62	-0,03				
<i>Vlissingen</i>	1,73	1,70	-0,03	1,69	-0,03	1,71	-0,01	1,71	-0,02
<i>Terneuzen</i>	1,85	1,79	-0,06	1,78	-0,07	1,81	-0,04	1,80	-0,05
<i>Overloop Hansweert</i>	1,94	1,87	-0,07	1,86	-0,08	1,89	-0,05	1,87	-0,07
<i>Hansweert</i>	1,98	1,91	-0,06	1,90	-0,08	1,93	-0,05	1,91	-0,06
<i>Walsoorden</i>	2,02	1,96	-0,05	1,95	-0,06	1,98	-0,04	1,97	-0,05
<i>Bath</i>	2,12	2,05	-0,08	2,04	-0,09	2,06	-0,06	2,05	-0,07
<i>Prosperpolder</i>	2,15	2,07	-0,08	2,06	-0,10	2,08	-0,07	2,07	-0,08
<i>Liefkenshoek</i>	2,19	2,11	-0,08	2,11	-0,09	2,13	-0,06	2,12	-0,07
<i>Kallo</i>	2,23	2,15	-0,09	2,14	-0,09	2,16	-0,07	2,16	-0,07
<i>Antwerpen</i>	2,24	2,18	-0,06	2,18	-0,06	2,19	-0,05	2,19	-0,05
<i>Temse</i>	2,23	2,32	0,10	2,33	0,10	2,34	0,11	2,34	0,12
<i>Tielrode</i>	2,21	2,32	0,11	2,33	0,12	2,33	0,12	2,35	0,14
<i>StAmands</i>	2,09	2,27	0,17	2,30	0,20	2,28	0,18	2,31	0,22
<i>Dendermonde</i>	1,69	1,98	0,28	2,02	0,33	1,98	0,29	2,03	0,34
<i>Wetteren</i>	1,11	1,60	0,49	1,59	0,48	1,60	0,49	1,59	0,48
<i>Melle</i>	1,08	1,58	0,50	1,56	0,48	1,59	0,50	1,56	0,48
<i>Boom</i>	2,20	2,31	0,10	2,32	0,11	2,32	0,11	2,33	0,13
<i>Driegoten</i>	2,16	2,32	0,15	2,34	0,17	2,33	0,17	2,35	0,19

Tabel 10 – Representatie faseverschil M2 getij (ϕ_{M2}) in verschillende modelconfiguraties.

Fase M2	Meting	NeVla2011 (zeerland)		NeVla2019 (zeerland)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	ϕ_{M2} [°]	ϕ_{M2} [°]	$\Delta\phi_{M2}$ [°]	ϕ_{M2} [°]	$\Delta\phi_{M2}$ [°]	ϕ_{M2} [°]	$\Delta\phi_{M2}$ [°]	ϕ_{M2} [°]	$\Delta\phi_{M2}$ [°]
<i>Oostende</i>	35	35	1	35	1	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>	47	48	1	48	1				
<i>Westkapelle</i>	54	55	1	55	1				
<i>Cadzand</i>	50	52	2	52	2				
<i>Vlissingen</i>	61	62	1	62	1	59	-1	59	-1
<i>Terneuzen</i>	72	73	1	73	1	70	-2	70	-2
<i>Overloop Hansweert</i>	79	82	4	83	4	80	1	80	2
<i>Hansweert</i>	82	85	4	86	4	83	1	84	2
<i>Walsoorden</i>	84	87	3	88	4	85	0	86	1
<i>Bath</i>	93	94	1	95	3	92	-1	93	0
<i>Prosperpolder</i>	95	97	2	98	3	94	-1	95	0
<i>Liefkenshoek</i>	97	100	2	101	3	98	0	98	1
<i>Kallo</i>	100	103	3	103	4	101	1	101	1
<i>Antwerpen</i>	106	109	2	109	3	107	0	107	1
<i>Temse</i>	126	125	-1	125	-1	123	-3	124	-2
<i>Tielrode</i>	130	129	-1	129	-1	127	-3	127	-3
<i>StAmands</i>	135	133	-3	133	-3	131	-4	131	-4
<i>Dendermonde</i>	155	152	-2	151	-3	151	-4	150	-5
<i>Wetteren</i>	208	195	-14	195	-13	194	-15	193	-15
<i>Melle</i>	220	205	-14	207	-13	204	-16	205	-14
<i>Boom</i>	128	126	-2	126	-2	125	-3	124	-4
<i>Driegoten</i>	130	129	-1	129	-1	127	-3	127	-3

Tabel 11 – Representatie amplitude M4 getij (A_{M4}) in verschillende modelconfiguraties.

Amplitude M4	Meting	NeVla2011 (zeerand)		NeVla2019 (zeerand)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	A_{M4} [m]	A_{M4} [m]	ΔA_{M4} [m]	A_{M4} [m]	ΔA_{M4} [m]	A_{M4} [m]	ΔA_{M4} [m]	A_{M4} [m]	ΔA_{M4} [m]
<i>Oostende</i>	0,11	0,11	0,00	0,12	0,00	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>	0,13	0,12	-0,01	0,12	-0,01				
<i>Westkapelle</i>	0,14	0,14	0,00	0,14	0,00				
<i>Cadzand</i>	0,13	0,12	-0,01	0,12	-0,01				
<i>Vlissingen</i>	0,13	0,13	-0,01	0,13	-0,01	0,14	0,01	0,14	0,01
<i>Terneuzen</i>	0,12	0,11	-0,01	0,12	0,00	0,13	0,00	0,13	0,01
<i>Overloop Hansweert</i>	0,14	0,11	-0,02	0,12	-0,02	0,12	-0,01	0,13	-0,01
<i>Hansweert</i>	0,12	0,10	-0,01	0,10	-0,01	0,11	0,00	0,12	0,00
<i>Walsoorden</i>	0,13	0,11	-0,02	0,11	-0,02	0,12	-0,01	0,12	0,00
<i>Bath</i>	0,11	0,10	-0,01	0,10	-0,01	0,11	-0,01	0,11	0,00
<i>Prosperpolder</i>	0,12	0,09	-0,02	0,10	-0,02	0,10	-0,02	0,11	-0,01
<i>Liefkenshoek</i>	0,11	0,09	-0,02	0,10	-0,02	0,10	-0,01	0,11	-0,01
<i>Kallo</i>	0,11	0,09	-0,02	0,09	-0,02	0,10	-0,02	0,10	-0,01
<i>Antwerpen</i>	0,11	0,08	-0,03	0,09	-0,02	0,09	-0,02	0,10	-0,02
<i>Temse</i>	0,16	0,11	-0,05	0,12	-0,04	0,11	-0,05	0,12	-0,04
<i>Tielrode</i>	0,19	0,13	-0,06	0,14	-0,04	0,13	-0,06	0,14	-0,04
<i>StAmands</i>	0,22	0,16	-0,06	0,17	-0,05	0,16	-0,06	0,17	-0,05
<i>Dendermonde</i>	0,24	0,18	-0,06	0,19	-0,05	0,18	-0,06	0,19	-0,05
<i>Wetteren</i>	0,18	0,24	0,06	0,25	0,06	0,24	0,06	0,25	0,06
<i>Melle</i>	0,19	0,26	0,06	0,26	0,07	0,26	0,06	0,26	0,07
<i>Boom</i>	0,17	0,11	-0,06	0,13	-0,04	0,11	-0,06	0,12	-0,05
<i>Driegoten</i>	0,18	0,13	-0,05	0,14	-0,04	0,12	-0,06	0,13	-0,04

Tabel 12 – Representatie faseverschil M4 getij (ϕ_{M4}) in verschillende modelconfiguraties.

Fase M4	Meting	NeVla2011 (zeerland)		NeVla2019 (zeerland)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	ϕ_{M4} [°]	ϕ_{M4} [°]	$\Delta\phi_{M4}$ [°]	ϕ_{M4} [°]	$\Delta\phi_{M4}$ [°]	ϕ_{M4} [°]	$\Delta\phi_{M4}$ [°]	ϕ_{M4} [°]	$\Delta\phi_{M4}$ [°]
<i>Oostende</i>	39	35	-4	35	-5	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>	95	96	1	96	1				
<i>Westkapelle</i>	103	103	0	102	-1				
<i>Cadzand</i>	96	93	-3	94	-3				
<i>Vlissingen</i>	123	123	0	122	-1	119	-4	118	-5
<i>Terneuzen</i>	137	137	-1	135	-3	133	-4	131	-6
<i>Overloop Hansweert</i>	167	170	3	167	1	166	-1	164	-3
<i>Hansweert</i>	164	169	5	167	3	167	2	165	1
<i>Walsoorden</i>	175	174	-1	169	-6	172	-3	167	-8
<i>Bath</i>	183	172	-11	167	-16	171	-12	167	-16
<i>Prosperpolder</i>	189	175	-13	172	-17	175	-14	173	-16
<i>Liefkenshoek</i>	191	180	-11	178	-13	179	-11	178	-13
<i>Kallo</i>	194	182	-12	181	-13	182	-12	182	-12
<i>Antwerpen</i>	200	194	-7	193	-7	194	-6	195	-5
<i>Temse</i>	216	206	-10	208	-7	207	-8	211	-5
<i>Tielrode</i>	220	212	-8	214	-6	213	-7	216	-4
<i>StAmands</i>	228	215	-13	217	-11	215	-13	217	-11
<i>Dendermonde</i>	254	241	-13	242	-12	240	-14	241	-13
<i>Wetteren</i>	344	325	-20	325	-19	323	-21	324	-21
<i>Melle</i>	12	347	-25	351	-21	345	-27	349	-23
<i>Boom</i>	217	206	-10	207	-10	208	-9	209	-8
<i>Driegoten</i>	221	210	-11	213	-7	211	-9	215	-6

Tabel 13 – Representatie amplitude ratio M4/M2 ($R_{M4/M2}$) in verschillende modelconfiguraties.

Amplitude ratio M4/M2	Meting	NeVla2011 (zeerand)		NeVla2019 (zeerand)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	$R_{M4/M2}$ [-]	$R_{M4/M2}$ [-]	$\Delta R_{M4/M2}$ [-]	$R_{M4/M2}$ [-]	$\Delta R_{M4/M2}$ [-]	$R_{M4/M2}$ [-]	$\Delta R_{M4/M2}$ [-]	$R_{M4/M2}$ [-]	$\Delta R_{M4/M2}$ [-]
<i>Oostende</i>	0,06	0,06	0,00	0,06	0,00	/	/	/	/
<i>Vlakte van de Raan</i>	0,09	0,08	-0,01	0,08	-0,01				
<i>Westkapelle</i>	0,09	0,09	0,00	0,09	0,00				
<i>Cadzand</i>	0,08	0,07	0,00	0,07	0,00				
<i> Vlissingen</i>	0,08	0,07	0,00	0,08	0,00	0,08	0,01	0,08	0,01
<i>Terneuzen</i>	0,07	0,06	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,01
<i>Overloop Hansweert</i>	0,07	0,06	-0,01	0,06	-0,01	0,06	-0,01	0,07	0,00
<i>Hansweert</i>	0,06	0,05	-0,01	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
<i>Walsoorden</i>	0,06	0,06	-0,01	0,06	-0,01	0,06	0,00	0,06	0,00
<i>Bath</i>	0,05	0,05	-0,01	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
<i>Prosperpolder</i>	0,05	0,04	-0,01	0,05	-0,01	0,05	-0,01	0,05	0,00
<i>Liefkenshoek</i>	0,05	0,04	-0,01	0,05	-0,01	0,05	0,00	0,05	0,00
<i>Kallo</i>	0,05	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,05	0,00
<i>Antwerpen</i>	0,05	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,01
<i>Temse</i>	0,07	0,05	-0,03	0,05	-0,02	0,05	-0,03	0,05	-0,02
<i>Tielrode</i>	0,08	0,06	-0,03	0,06	-0,02	0,05	-0,03	0,06	-0,02
<i>StAmands</i>	0,11	0,07	-0,03	0,07	-0,03	0,07	-0,04	0,07	-0,03
<i>Dendermonde</i>	0,14	0,09	-0,05	0,10	-0,05	0,09	-0,05	0,09	-0,05
<i>Wetteren</i>	0,16	0,15	-0,01	0,16	-0,01	0,15	-0,01	0,15	-0,01
<i>Melle</i>	0,18	0,16	-0,02	0,17	-0,01	0,16	-0,02	0,17	-0,01
<i>Boom</i>	0,08	0,05	-0,03	0,05	-0,02	0,05	-0,03	0,05	-0,02
<i>Driegoten</i>	0,08	0,05	-0,03	0,06	-0,02	0,05	-0,03	0,06	-0,03

Tabel 14 – Representatie faseverschil 2M2-M4 ($2\phi_{M2} - \phi_{M4}$) in verschillende modelconfiguraties.

Faseverschil 2M2-M4	Meting	NeVla2011 (zeerand)		NeVla2019 (zeerand)		NeVla2011 (afgeknipt)		NeVla2019 (afgeknipt)	
	$2\phi_{M2} - \phi_{M4}$ [°]	$2\phi_{M2} - \phi_{M4}$ [°]	$\Delta\phi_{M2-M4}$ [°]	$2\phi_{M2} - \phi_{M4}$ [°]	$\Delta\phi_{M2-M4}$ [°]	$2\phi_{M2} - \phi_{M4}$ [°]	$\Delta\phi_{M2-M4}$ [°]	$2\phi_{M2} - \phi_{M4}$ [°]	$\Delta\phi_{M2-M4}$ [°]
Oostende	30	36	6	36	6	/	/	/	/
Vlakte van de Raan	-1	0	1	0	1				
Westkapelle	6	7	1	9	3				
Cadzand	4	10	6	10	6				
Vlissingen	-1	1	3	2	3	0	2	1	2
Terneuzen	6	9	3	10	4	7	1	8	2
Overloop Hansweert	-10	-5	5	-2	8	-6	4	-3	6
Hansweert	-1	2	2	5	6	-1	0	2	3
Walsoorden	-6	0	6	7	13	-2	4	4	10
Bath	2	16	14	24	22	12	10	19	16
Prosperpolder	2	18	16	23	22	14	12	18	17
Liefkenshoek	4	20	16	24	20	16	12	18	14
Kallo	6	23	18	26	20	19	14	20	15
Antwerpen	13	24	11	25	12	19	6	19	6
Temse	36	44	8	42	6	39	3	37	0
Tielrode	39	46	6	44	4	41	1	38	-1
StAmands	43	51	8	48	6	48	5	45	2
Dendermonde	56	64	8	61	5	62	6	59	3
Wetteren	72	65	-8	64	-8	64	-8	63	-9
Melle	67	63	-4	62	-5	63	-4	62	-5
Boom	39	46	7	45	6	42	2	40	1
Driegoten	39	48	8	45	5	44	4	40	0

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