

Memo




Aan

de heer M. Scholten

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
15 december 2020	11205259-004-ZKS-0002	1 van 10
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Stendert Laan	+31(0)88 335 7976	Stendert.Laan@deltares.nl
Firmijn Zijl	+31(0)88 335 8381	Firmijn.Zijl@deltares.nl

Onderwerp

Vergelijking van bathymetrie uit EMODnet 2016 en 2018

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
v1.0	15 dec. 2020	Stendert Laan		Julien Groenenboom		Toon Segeren	
		Firmijn Zijl					

Binnen KPP Hydraulica Schematisaties – Zout, deelproject Noordzee (11205259-004), is een activiteit opgenomen om de 2D grove en fijne modellen van de Noordzee in D-HYDRO, DCSM-FM 0.5nm en DCSM-FM 100m, te actualiseren met Baselineboom *baseline-nederland-j19_6-v1*. Door Lievense is hiervoor gewerkt aan het opzetten van een eerste versie van Baseline-NL-Zee in sferische coördinaten. Deze versie van de Baselinedatabase omvat, in combinatie met Baseline-NL-Land, het volledige modeldomein van DCSM-FM van lengtegraad -15° tot 13° en breedtegraad 43° tot 64°. De bathymetrie buiten de Nederlandse kustwateren komt uit EMODnet 2018. De via de nieuwe Baselinedatabase afgeleide modelbathymetrie verschilt buiten de Nederlandse kustwateren op de volgende twee punten van de modelbathymetrie van de bestaande modellen:

- Gebruik van EMODnet 2018 i.p.v. EMODnet 2016 bathymetrie
- Interpolatie via Baseline (bilineaire interpolatie) i.p.v. via D-Flow FM (optie: gridcell averaging)

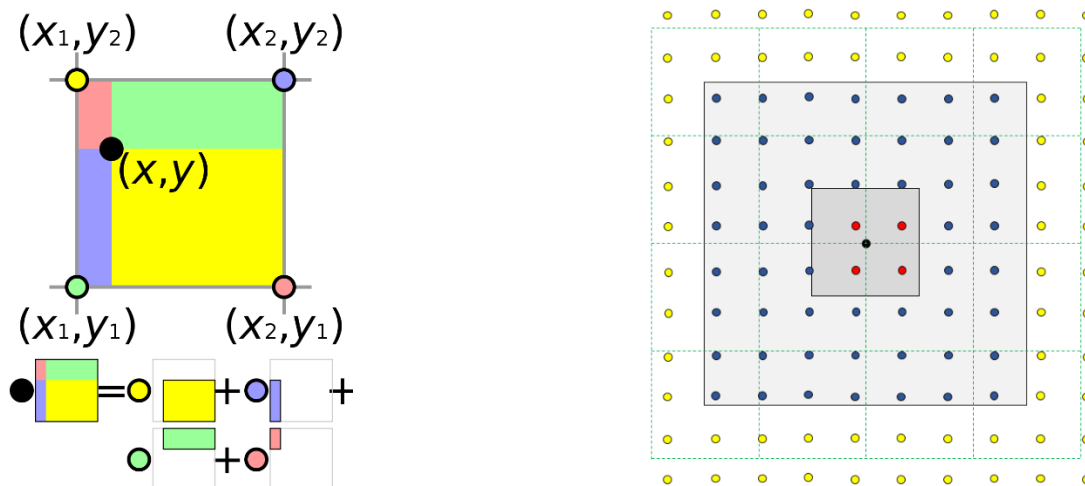
In dit memo wordt een vergelijking van deze nieuwe bathymetrie met de eerder opgeleverde bathymetrie gepresenteerd. Vervolgens wordt het effect van de verandering in de modelbathymetrie op de berekende waterstand getoond en beschreven. Aangezien de implementatie van de nieuwe bodem en de impact op de waterstanden voor beide modelvarianten sterk overeenkomt, wordt hier geen verdere uitsplitsing van gemaakt.

1 Verschilkaart van bathymetrie

De eerder opgeleverde modellen DCSM-FM 0.5nm en DCSM-FM 100m bevatten buiten de Nederlandse kustwateren de bathymetrie uit EMODnet 2016. In het gedeelte langs de Nederlandse kust is voor DCSM-FM 0.5nm gebruik gemaakt van een interpolatie van de beschikbare bathymetrische gegevens uit Baseline. Voor DCSM-FM 100m is voor de Nederlandse kust een projectie met Baseline *baseline-nederland-j16_6-w4* gemaakt. De EMODnet 2016 gegevens zijn tijdens de modelontwikkeling opgehaald uit het online portaal van EMODnet-Bathymetry (<https://portal.emodnet-bathymetry.eu/>). Deze is toentertijd geïnterpoleerd op vier deelroosters met eenzelfde resolutie als de originele data (1/8 boogminuut of 100 tot 170 meter), wat leidde tot een totaal aantal van ongeveer 108 miljoen datapunten. Deze gegevens waren enkel beschikbaar ten opzichte van LAT. Voor het gebruik van deze gegevens in de modellen, is deze bodem omgezet naar MSL op basis van een LAT-MSL-relatiematrix uit een 19-jaar lange berekening met DCSMv6.

Verdere details hierover en over de oorspronkelijke modelopzet staan beschreven in Zijl en Groenenboom (2019).

De nieuw beschikbare bathymetrie uit EMODnet 2018 – ditmaal ten opzichte van MSL – is op twee manieren op het rooster geprojecteerd, namelijk met een projectie uit Baseline en met een interpolatie door D-Flow FM. De onderliggende datapunten uit Baseline-NL-Zee liggen op een rooster met een resolutie van 1/16 boogminuut (50 tot 85 meter). De eerste projectie komt uit Baseline, waarbij datapunten in het rooster ‘gepikt’ worden via een bilineaire interpolatie. Bij deze techniek wordt een gewogen gemiddelde gebruikt van de vier dichtstbijzijnde datapunten. Een schematisatie van deze methode staat in Figuur 1.1 (links). De tweede projectie volgt de interpolatiemethode met D-Flow FM, zoals eerder gebruikt voor de bathymetrie uit EMODnet 2016. Hierbij wordt een (ongewogen) gemiddelde genomen van de datapunten binnen een zoekbereik die afhankelijk is van de grootte van de betreffende rekencel en een opgegeven factor. Rondom het bodempunt (zwart) waarvoor de lokale bodemligging bepaald gaat worden, wordt eerst het gemiddelde genomen van datapunten binnen het zoekgebied dat wordt gevormd door de middelpunten en punten halverwege de randen van de eerste cellen rondom de knoop (grijs gearceerde gebied met daarin de rode punten in Figuur 1.1, rechts). Na een volledige interpolatie van het rooster volgt een tweede stap, waarbij de punten waarvoor in de eerste stap geen bodemligging bepaald kon worden opgevuld met het gemiddelde van de datapunten binnen het gebied binnen de middelpunten en punten halverwege de randen van de tweede cellen (*relative search cell size* = 2) rondom de knoop (rode en blauwe punten in Figuur 1.1, rechts).



Figuur 1.1 Bilineaire interpolatiemethode (links, bron: Wikipedia) en grid cell averaging in D-Flow FM (rechts)

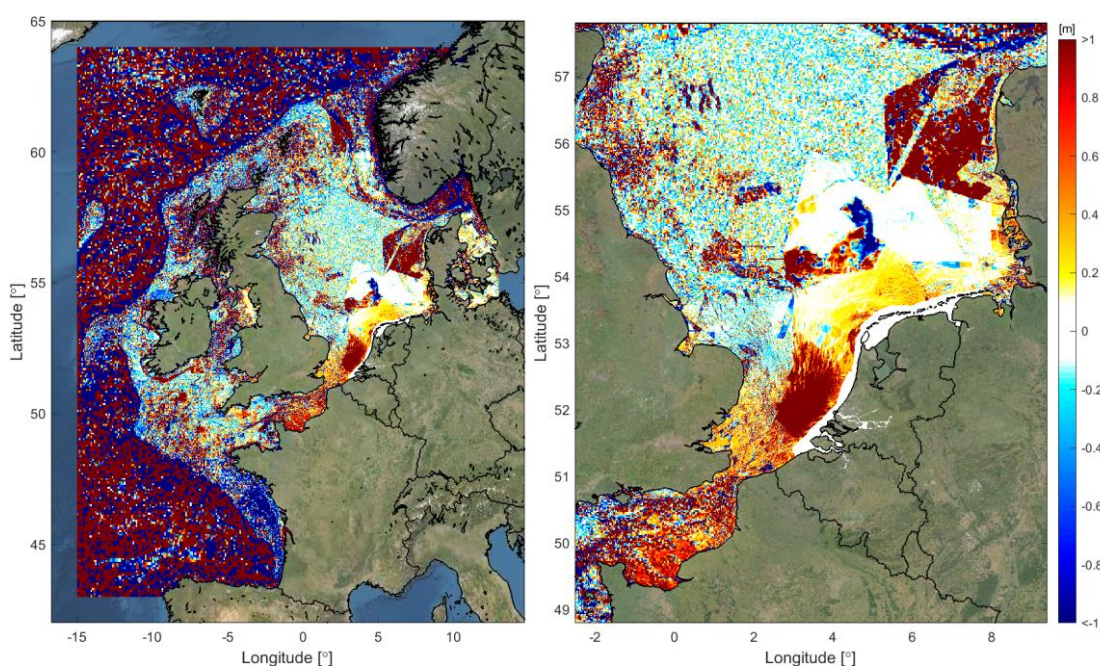
Binnen de aangeleverde projectie van Baseline-NL-Land is de resolutie van de bathymetrie met 70 meter relatief grof langs de Nederlandse kust, doordat bij de projectiemethode de resolutie van EMODnet 2018 uit Baseline-NL-Zee gehanteerd wordt. Bij het bepalen van de modelbathymetrie in de huidige modellen zijn de ruwe bodemgegevens direct gebruikt en dit leidt tot een veel hogere resolutie. De interpolatiemethode in Baseline-NL-Land zal (bij gelijktijdig gebruik van Baseline-NL-Zee) in de toekomst verbeterd worden, zodat de hogere resolutie van bijvoorbeeld vakkolingen behouden blijft (5 tot 25 meter). Vanwege de toekomstige verbeteringen in methode zijn veranderingen in modelbathymetrie in de Nederlandse kustwateren in deze analyse buiten beschouwing gelaten. De modelbathymetrie langs de Nederlandse kust is overgenomen uit de eerder opgeleverde modellen. In Figuur 1.2 en Figuur 1.3 is zichtbaar dat het bodemverschil tussen beiden in dit gebied wit is aangezien het dus langs de Nederlandse kust dezelfde modelbathymetrie bevat.

1.1 EMODnet 2016 tegen EMODnet 2018 uit Baseline-NL-Zee 6.2

Figuur 1.2 laat het verschil in modelbathymetrie zien tussen EMODnet 2016 in het opgeleverde DCSM-FM 100m en de Baselineprojectie door middel van een bilineaire interpolatie met EMODnet 2018. Hierbij staat een rode (blauwe) kleur voor een verdieping (verhoging) met EMODnet 2018 ten opzichte van EMODnet 2016.

De hier gepresenteerde verschillen kunnen zowel door verschil in onderliggende bathymetriegegevens als interpolatiemethode veroorzaakt worden. Het gevlekte patroon (in bijvoorbeeld de Centrale/Noordelijke Noordzee) wordt veroorzaakt door het verschil in de projectiemethode, waardoor cellen om en om hoger of lager uit kunnen vallen. Met name in de diepere delen kan het verschil oplopen van zo'n 10 m tot meer dan 100 m op de continentale marge.

Los van de verschillen in projectiemethode is zichtbaar dat het Kanaal en de zuidelijke Noordzee verdiepen in de nieuwe bodem. Hetzelfde geldt voor het deel ten zuiden van de Doggerbank en het grootste gedeelte van de Deense Noordzeewateren.



Figuur 1.2 Verschil in modelbathymetrie bij het gebruik van het geïnterpoleerde veld van EMODnet 2016 en het 'geprikte' (bilineaire interpolatie)veld van EMODnet 2018 volgens de projectie uit Baseline-NL-Zee 6.2

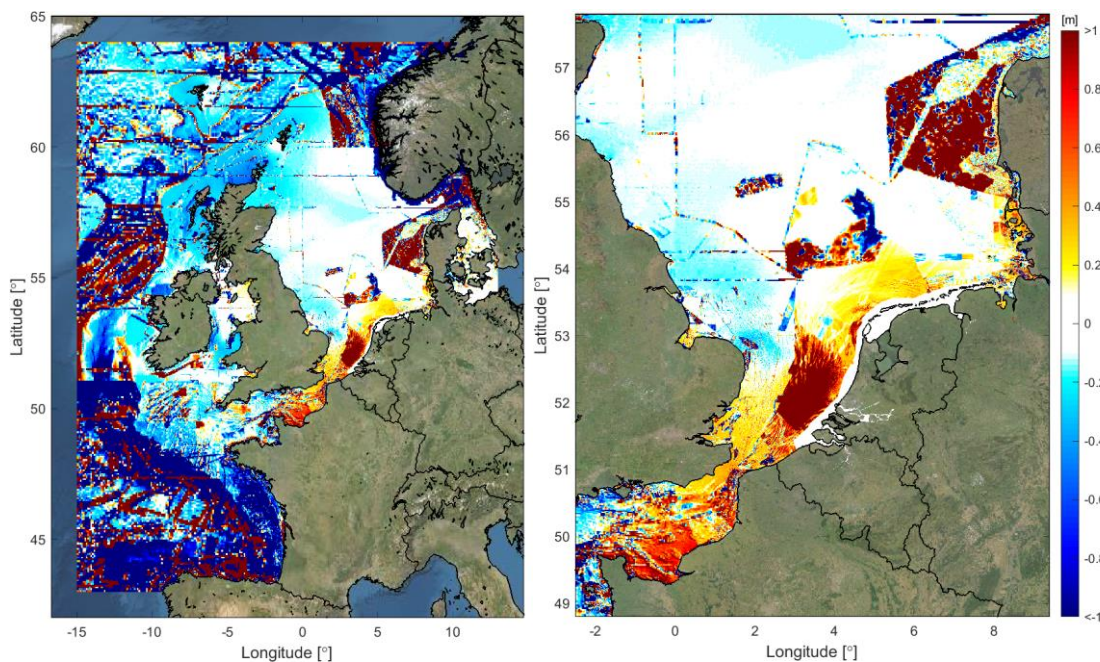
1.2 EMODnet 2016 tegen EMODnet 2018 met D-Flow FM interpolatie

Figuur 1.3 geeft de verschilkaart tussen de modelbathymetrie met EMODnet 2016 in het opgeleverde DCSM-FM 100m en met EMODnet 2018 volgens *dezelfde* projectiemethode. Hierin staat wederom rood voor een verdieping met EMODnet 2018 ten opzichte van EMODnet 2016 (en dus blauw voor een verhoging). In deze figuur is het verschil tussen beide bodems vloeiender doordat er geen verschil in de interpolatiemethodiek zit.

De overzichtsfiguur laat verschillende horizontale strepen zien. Deze strepen ontstaan door het gebruik van opgesplitste samplebestanden, waarbij opvolgende bestanden een deel van de al gevulde cellen kunnen overschrijven. Voor de cellen op deze randen wordt geen gebruik gemaakt van de alle beschikbare datapunten binnen het zoekbereik, maar slechts van een selectie die beschikbaar is in het opgesplitste samplebestand. Door de grote hoeveelheid aan data (meer dan 326 miljoen datapunten) is het niet mogelijk om D-Flow FM een interpolatie uit te laten voeren op

basis van één enkel bestand (het is niet bekend of de beperking software- of hardware-gerelateerd is). Voor EMODnet 2016 is eerder gebruik gemaakt van vier blokken met op een gestructureerd rooster geprojecteerde data. Deze vier blokken zijn in mindere mate af te lezen als een kruis in de verschilkaart met een horizontale lijn op breedtegraad 54,25° en een verticale lijn op lengtegraad -2,75°. Door de toegenomen resolutie in EMODnet 2018 is het noodzakelijk om de datapunten in meer dan vier blokken op te splitsen. Waarschijnlijk is het artificiële patroon te minimaliseren door de samplebestanden zo op te splitsen dat er geen overlap ontstaat tussen roostercellen – een opsplitsing precies langs de grenzen van de zoekgebieden voor de optie 'gridcell averaging'. Dit is echter niet triviaal doordat de zoekgebieden afhankelijk zijn van de roosterresolutie en het grid uit rekcellen met verschillende resoluties bestaat.

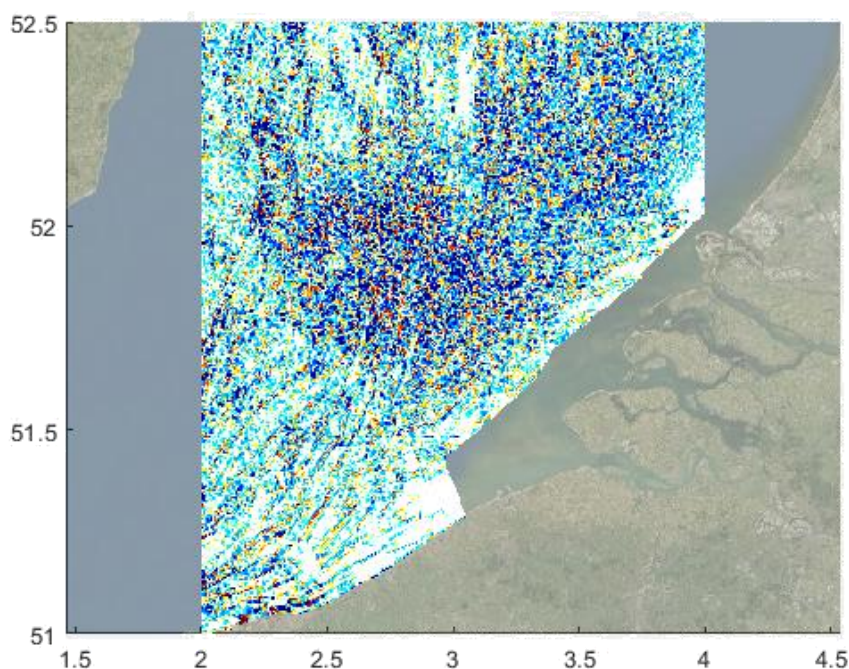
In de projectie zijn op de Noordzee dezelfde verschilpatronen zichtbaar met diepere delen voor onder andere de Nederlandse kust. Verder valt het noordelijke deel van de Noordzee en het diepere noordelijke deel buiten het continentaal plat iets ondieper uit. Dit zou kunnen komen door een verschil in het gebruikte MSL-LAT-reductievlak. Buiten de Noorse kustwateren en ten noordwesten van Ierland is de nieuwe bathymetrie dieper. De diepere delen in en ten westen van de Golf van Biskaje zijn over het algemeen ondieper met enkele dieper geworden stukken.



Figuur 1.3 Verskil in modelbathymetrie bij het gebruik van het geïnterpoleerde veld van EMODnet 2016 en het geïnterpoleerde veld van EMODnet 2018

1.3 Systematische verschillen door interpolatiemethode

Een vergelijking tussen beide interpolatiemethoden laat een systematische afwijking in de modelbathymetrie zien. In Figuur 1.4 is ingezoomd op een deel voor de zuidelijke Nederlandse kust waar deze afwijking het grootst lijkt. Hierin staat blauw voor een diepere bodem met de 'geprikte' Baselineprojectie t.o.v. de geïnterpoleerde bodem uit D-Flow FM. In het weergegeven gebied ligt de bodem gemiddeld 15 cm lager in de Baselineprojectie. Waar dit verschil vandaan komt en hoe dit verband houdt met de verschillende interpolatiemethoden zal verder uitgezocht moeten worden.



Figuur 1.4 Verschil in modelbathymetrie voor de zuidelijke Nederlandse kust door gebruik van verschillende interpolatiemethoden.

2 Effect op berekende waterstand

Met beide varianten van de nieuwe bathymetrie uit EMODnet 2018 zijn modelsimulaties uitgevoerd. De berekende waterstanden zijn vergeleken met meetdata, waarbij het waterstandssignaal met behulp van een harmonische analyse met t_{tide} (Pawlowicz et al., 2002) is opgesplitst in een getijdedeel en een opzetsignaal (totale waterstand minus het getij). In Tabel 2.1 staat de stations-gemiddelde (13 stations langs de Nederlandse kust) root-mean-square error (RMSE) voor DCSM-FM 100m en DCSM-FM 0.5nm. Deze is gegeven voor zowel de validatie- (2013-2017) als de kalibratieperiode (2017). Tevens is in deze tabel ter vergelijking het originele model met een bathymetrie uit EMODnet 2016 gegeven. Hierin is zichtbaar dat de getijdedefout toeneemt voor beide varianten met EMODnet 2018, waarbij de Baselineprojectie de geringste toename laat zien. De resultaten voor elk individueel station uit de analyseset van stations langs de Nederlandse kust staan in de tabellen in Bijlage A.1.

Tabel 2.1 Gemiddelde root-mean-square errors (RMSE) in cm voor getij, opzet en totale waterstand bij 13 stations langs de Nederlandse kust

model → simulatie ↓	EMODnet 2016 opgeleverd			EMODnet 2018 Baselineprojectie			EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal
100m (2013-2017)	4.7	5.5	7.2	6.4	5.5	8.4	6.9	5.6	8.8
100m (2017)	4.3	4.9	6.5	5.8	5.0	7.6	6.3	5.0	8.0
0.5nm (2013-2017)	5.0	5.5	7.4	6.1	5.6	8.3	6.6	5.6	8.6
0.5nm (2017)	4.6	5.0	6.7	5.6	5.1	7.5	6.0	5.1	7.8

2.1 Getij

Voor een verdere analyse van de verandering in getij ten gevolge van de aangepaste bodem staan de gemiddelde M2-amplitudedefout, -fasefout en relatieve -amplitudedefout per modelvariant gegeven in

Tabel 2.2 voor DCSM-FM 100m en DCSM-FM 0.5nm. Resultaten voor de 13 geanalyseerde stations langs de Nederlandse kust afzonderlijk staan in de tabellen in Bijlage A.2. Hieruit valt af te lezen dat er een impact is van de nieuwe bodem. De amplitude neemt met de nieuwe projectie toe (met 1-2 cm) en de fase neemt af (met ongeveer 3°, wat voor M2 overeenkomt met een vervroeging van ~6 min.). Deze resultaten zijn consistent met de verdieping voor de Nederlandse kust, zoals te zien in het rode vlak in Figuur 1.2 en Figuur 1.3.

Uit de resultaten valt op te merken dat de impact van het verschil in interpolatiemethode kleiner is dan de impact van de nieuwe bodem. De verwachting is dat de resultaten van beide interpolatiemethoden dicht bij elkaar liggen wanneer de interpolatieartefacten uit de D-Flow FM-interpolatie verwijderd zijn. Deze strepen hebben waarschijnlijk een effect op de getijdevoortplanting.

Tabel 2.2 Gemiddelde amplitudefout in cm (Hc-Ho), gemiddelde fasefout in ° (Gc-Go) en gemiddelde relatieve amplitudefout (Hc/Ho) voor M2-getij bij 13 stations langs de Nederlandse kust

model → simulatie ↓	EMODnet 2016 opgeleverd			EMODnet 2018 Baselineprojectie			EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho
100m (2013-2017)	-1.2	-0.4	0.99	0.1	-3.5	1.01	0.4	-3.9	1.01
100m (2017)	-0.8	-0.1	0.99	0.5	-3.0	1.01	0.8	-3.3	1.01
0.5nm (2013-2017)	-1.6	-0.1	0.99	-0.5	-3.0	1.00	-0.1	-3.4	1.00
0.5nm (2017)	-1.3	0.2	0.99	-0.2	-2.5	1.00	0.2	-2.9	1.01

2.2 Opzet

Volgens de verwachting heeft een aanpassing van de bodem nauwelijks effect op de gemodelleerde opzet. In Tabel 2.1 en de tabellen in Bijlage A.1 is in de middelste kolom per modelvariant de root-mean-square error van de opzet gegeven. Hieruit valt op te maken dat er nauwelijks verandering van de nauwkeurigheid optreedt met een minimale toename van de stationsgemiddelde RMSE met 1 mm.

3 Conclusie

Concluderend valt het volgende te zeggen over de interpolatie van de nieuwe bathymetrie op het rekenrooster:

- Er zijn verschillen tussen de huidige modelbathymetrie en de modelbathymetrie die volgt uit de nieuwe projecties uit Baseline en met D-Flow FM. Deze verschillen worden veroorzaakt door het gebruik van andere onderliggende bodemgegevens en (in mindere mate) door een verschil in interpolatiemethode. De wateren voor de Zeeuwse kust en Deense Noordzeekust zijn, t.o.v. de lokale bodemligging, significant (>1 m) dieper geworden.
- Aangezien het aantal datapunten in EMODnet 2018 is toegenomen moet de interpolatie in D-Flow FM in serie op basis van meerdere bestanden uitgevoerd worden. Dit geeft ongewenste interpolatieartefacten op de randen van deze opgesplitste domeinen, waar de bodem door het opvolgende bestand wordt overschreven. Om dit op te lossen zal pre-processing nodig zijn om een betere opsplitsing van de samples te maken.
- Er lijkt een systematische verschil te ontstaan in de bodem uit de twee interpolatiemethoden. Voor de zuidelijke Nederlandse kust ligt de bodem uit de Baselineprojectie gemiddeld 15 cm lager dan die uit de interpolatie met D-Flow FM. Een verdere analyse is nodig om dit verschil te verklaren.
- De impact van de nieuwe bathymetrie is vergelijkbaar voor het 0.5nm model en het 100m model. Voor beide modelvarianten is een toename in de berekende RMSE voor getij te zien en neemt voor M2-getij de fasefout toe en de amplitudefout af.

Met de nieuwe bodems zijn modelsimulaties uitgevoerd om verschillen in waterstanden voor de Nederlandse kust te analyseren. Hierin valt het volgende op:

- Over het algemeen is de zuidelijke Noordzee dieper met de nieuwe gegevens uit EMODnet 2018. Dit resulteert in een toenemende M2-amplitude (~1 cm) en een afnemende M2 fase (~3°, wat voor M2 overeenkomt met een vervroeging van ~6 min). Deze verandering veroorzaakt een toename van de root-mean-square error voor het getijdedeel van de berekende waterstand van 34 - 45% voor DCSM-FM 100m.
- De nauwkeurigheid van de berekende opzet wordt nauwelijks beïnvloed door de nieuwe modelbodem. De root-mean-square error voor de opzet blijft voor de verschillende bodems nagenoeg gelijk.

Literatuur

Pawlowicz, R, Beardsley, B. and Lentz, S. (2002). *Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE*, Computers and Geosciences 28, 929-937.

Zijl, F. en Groenenboom, J. (2019). *Development of a sixth generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 0.5nm) – Model setup, calibration and validation*. Deltares, report 11203715-004-ZKS-0003.

A Bijlage: Tabellen

A.1 RMSE van waterstanden

model → station ↓	100m EMODnet 2016 opgeleverd			100m EMODnet 2018 Baselineprojectie			100m EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal
CADZD	5.5	5.6	7.8	7.5	5.6	9.4	8.1	5.6	9.8
WESTKPLE	5.2	5.1	7.3	7.6	5.1	9.2	8.2	5.2	9.7
ROOMPBTN	3.6	4.9	6.1	5.7	5.0	7.6	6.4	5.0	8.1
BROUWHVSGT08	4.8	6.0	7.5	5.9	6.1	8.4	6.5	6.2	8.9
HARVT10	4.2	5.4	6.8	5.2	5.4	7.5	5.8	5.5	8.0
HOEKVHLD	4.6	5.4	7.1	5.8	5.4	7.9	6.4	5.4	8.4
SCHEVNGN	4.6	5.5	7.1	5.7	5.6	8.0	6.3	5.6	8.4
IJMDBTHVN	4.8	5.7	7.5	6.5	5.8	8.8	7.1	5.9	9.2
PETTZD	5.2	6.2	7.9	8.0	6.3	9.9	8.5	6.4	10.4
K13APFM	4.2	4.3	6.0	4.7	4.3	6.3	4.8	4.3	6.4
TERSLNZE	4.6	5.7	7.3	5.8	5.7	8.1	6.0	5.8	8.2
WIERMGDN	4.9	5.5	7.2	6.5	5.5	8.5	6.9	5.6	8.7
HUIBGT	5.4	5.7	7.6	7.8	5.8	9.5	8.2	5.9	9.8
gemiddeld	4.7	5.5	7.2	6.4	5.5	8.4	6.9	5.6	8.8

Tabel A.1 Root-mean-square errors (RMSE) in cm voor waterstanden van getij, opzet en totaal in DCSM-FM 100m in 2013 t/m 2017 (validatieperiode) voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust

model → station ↓	0.5nm EMODnet 2016 opgeleverd			0.5nm EMODnet 2018 Baselineprojectie			0.5nm EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal
CADZD	5.8	5.7	8.1	7.1	5.7	9.1	7.3	5.7	9.3
WESTKPLE	6.3	5.1	8.1	8.3	5.2	9.8	8.6	5.2	10.1
ROOMPBTN	3.8	5.0	6.3	5.0	5.1	7.1	5.5	5.1	7.5
BROUWHVSGT08	6.1	6.1	8.5	5.9	6.2	8.5	6.1	6.2	8.6
HARVT10	4.3	5.4	6.9	4.3	5.4	6.9	4.8	5.4	7.3
HOEKVHLD	4.4	5.8	7.3	7.1	5.9	9.3	7.8	6.0	9.8
SCHEVNGN	4.5	5.6	7.1	5.3	5.6	7.7	5.8	5.7	8.1
IJMDBTHVN	5.4	5.8	7.9	5.7	5.9	8.2	6.2	5.9	8.6
PETTZD	5.2	6.2	7.8	7.8	6.3	9.8	8.4	6.3	10.3
K13APFM	4.3	4.4	6.1	4.9	4.4	6.6	5.0	4.4	6.6
TERSLNZE	4.4	5.6	7.1	5.3	5.7	7.7	5.5	5.7	7.9
WIERMGDN	4.8	5.5	7.2	6.2	5.5	8.2	6.6	5.5	8.5
HUIBGT	5.2	5.7	7.5	6.9	5.8	8.8	7.4	5.8	9.2
gemiddeld	5.0	5.5	7.4	6.1	5.6	8.3	6.6	5.6	8.6

Tabel A.2 Root-mean-square errors (RMSE) in cm voor waterstanden van getij, opzet en totaal in DCSM-FM 0.5nm in 2013 t/m 2017 (validatieperiode) voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust

model → station ↓	100m EMODnet 2016 opgeleverd			100m EMODnet 2018 Baselineprojectie			100m EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal
CADZD	4.5	4.7	6.6	6.3	4.8	7.9	6.9	4.8	8.4
WESTKPLE	4.2	4.5	6.2	6.6	4.5	8.0	7.2	4.5	8.5
ROOMPBTN	3.2	4.5	5.5	5.1	4.5	6.8	5.8	4.6	7.4
BROUWHVSGT08	3.9	4.9	6.2	5.2	5.0	7.2	5.9	5.1	7.8
HARVT10	4.0	5.0	6.4	5.0	5.0	7.0	5.6	5.0	7.5
HOEKVHLD	4.6	4.8	6.7	5.3	4.9	7.2	5.9	4.9	7.7
SCHEVNGN	4.0	5.0	6.4	5.8	5.1	7.7	6.4	5.1	8.2
IJMDBTHVN	4.5	5.1	6.8	6.2	5.2	8.1	6.9	5.3	8.6
PETTZD	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	9.1
K13APFM	3.9	3.8	5.4	4.2	3.8	5.6	4.3	3.8	5.7
TERSLNZE	4.6	5.3	6.7	5.6	5.3	7.4	5.7	5.3	7.5
WIERMGDN	4.6	5.3	6.7	6.1	5.4	7.8	6.3	5.4	8.0
HUIBGT	5.8	6.5	7.5	7.9	6.5	9.2	8.2	6.5	9.5
gemiddeld	4.3	4.9	6.5	5.8	5.0	7.6	6.3	5.0	8.0

Tabel A.3 Root-mean-square errors (RMSE) in cm voor waterstanden van getij, opzet en totaal in DCSM-FM 100m in 2017 (kalibratieperiode) voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust

model → station ↓	0.5nm EMODnet 2016 opgeleverd			0.5nm EMODnet 2018 Baselineprojectie			0.5nm EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal	getij	opzet	totaal
CADZD	5.2	4.8	7.1	6.1	4.9	7.8	6.3	4.9	8.0
WESTKPLE	5.3	4.5	6.9	7.2	4.6	8.5	7.5	4.6	8.8
ROOMPBTN	3.3	4.6	5.6	4.3	4.6	6.3	5.0	4.6	6.7
BROUWHVSGT08	5.2	5.0	7.2	4.9	5.1	7.1	5.2	5.1	7.3
HARVT10	4.2	5.0	6.5	4.1	5.0	6.4	4.6	5.0	6.8
HOEKVHLD	4.2	5.3	6.8	6.6	5.4	8.6	7.3	5.5	9.1
SCHEVNGN	4.0	5.0	6.4	5.4	5.1	7.4	6.0	5.1	7.9
IJMDBTHVN	5.1	5.2	7.3	5.4	5.2	7.5	6.0	5.3	7.9
PETTZD	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	8.4	0.0	0.0	8.9
K13APFM	4.0	3.8	5.4	4.5	3.8	5.8	4.6	3.8	5.9
TERSLNZE	4.4	5.3	6.5	5.1	5.3	7.1	5.3	5.3	7.2
WIERMGDN	4.6	5.3	6.7	5.8	5.4	7.5	6.2	5.4	7.8
HUIBGT	5.6	6.5	7.3	7.1	6.5	8.6	7.5	6.5	8.9
gemiddeld	4.6	5.0	6.7	5.6	5.1	7.5	6.0	5.1	7.8

Tabel A.4 Root-mean-square errors (RMSE) in cm voor waterstanden van getij, opzet en totaal in DCSM-FM 0.5nm in 2017 (kalibratieperiode) voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust

A.2 Amplitude- en fasefout van M2-getij

model → station ↓	100m EMODnet 2016 opgeleverd			100m EMODnet 2018 Baselineprojectie			100m EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho
CADZD	-3.1	-1.2	0.98	-3.6	-2.5	0.98	-3.1	-2.8	0.98
WESTKPLE	-2.3	-1.5	0.98	-2.8	-3.0	0.98	-2.3	-3.3	0.98
ROOMPBTN	-0.2	-0.7	1.00	0.0	-2.6	1.00	0.5	-3.0	1.00
BROUWHVSGT08	-2.5	-0.5	0.98	-0.5	-2.9	1.00	0.0	-3.3	1.00
HARVT10	-2.4	-0.2	0.97	0.9	-3.0	1.01	1.5	-3.4	1.02
HOEKVHLD	0.4	2.0	1.00	4.6	-1.8	1.06	5.1	-2.2	1.07
SCHEVNGN	-2.3	0.7	0.97	2.0	-4.0	1.03	2.5	-4.5	1.03
IJMDBTHVN	-0.8	1.4	0.99	2.1	-4.9	1.03	2.3	-5.5	1.04
PETTZD	0.6	0.0	1.01	1.5	-6.2	1.02	1.5	-6.7	1.02
K13APFM	1.9	-1.5	1.04	-0.7	-3.6	0.99	-0.9	-3.7	0.98
TERSLNZE	-2.0	0.1	0.98	-1.6	-2.5	0.98	-1.7	-2.8	0.98
WIERMGDN	-1.6	-1.4	0.98	-0.6	-3.7	0.99	-0.7	-4.0	0.99
HUIBGT	-0.9	-2.2	0.99	0.4	-4.6	1.00	0.2	-5.0	1.00
gemiddeld	-1.2	-0.4	0.99	0.1	-3.5	1.01	0.4	-3.9	1.01

Tabel A.5 Amplitudedefout in cm (Hc-Ho), fasefout in ° (Gc-Go) en relatieve amplitudedefout (Hc/Ho) voor M2-getij in DCSM-FM 100m voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust

model → station ↓	0.5nm EMODnet 2016 opgeleverd			0.5nm EMODnet 2018 Baselineprojectie			0.5nm EMODnet 2018 DFM-interpolatie		
	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho	Hc-Ho	Gc-Go	Hc/Ho
CADZD	-4.0	-0.5	0.98	-4.8	-1.6	0.97	-3.9	-1.9	0.98
WESTKPLE	-4.8	-1.5	0.97	-5.6	-2.8	0.96	-4.7	-3.2	0.97
ROOMPBTN	-1.2	-0.4	0.99	-1.3	-2.1	0.99	-0.3	-2.6	1.00
BROUWHVSGT08	-5.1	0.2	0.95	-3.2	-2.1	0.97	-2.6	-2.5	0.98
HARVT10	-2.5	0.6	0.97	0.6	-2.1	1.01	1.1	-2.5	1.01
HOEKVHLD	-0.1	0.4	1.00	3.9	-3.3	1.05	4.4	-3.7	1.06
SCHEVNGN	-1.5	1.4	0.98	2.4	-3.1	1.03	2.9	-3.6	1.04
IJMDBTHVN	-0.2	2.9	1.00	2.4	-3.2	1.04	2.7	-3.8	1.04
PETTZD	1.2	0.0	1.02	2.0	-5.9	1.03	2.1	-6.5	1.03
K13APFM	1.5	-1.9	1.03	-1.2	-3.9	0.98	-1.2	-4.0	0.98
TERSLNZE	-1.6	0.3	0.98	-1.3	-2.0	0.99	-1.3	-2.5	0.98
WIERMGDN	-1.1	-1.1	0.99	-0.1	-3.2	1.00	-0.3	-3.7	1.00
HUIBGT	-1.3	-1.5	0.99	0.1	-3.7	1.00	-0.2	-4.2	1.00
gemiddeld	-1.6	-0.1	0.99	-0.5	-3.0	1.00	-0.1	-3.4	1.00

Tabel A.6 Amplitudedefout in cm (Hc-Ho), fasefout in ° (Gc-Go) en relatieve amplitudedefout (Hc/Ho) voor M2-getij in DCSM-FM 0.5nm voor meerdere locatie langs de Nederlandse kust