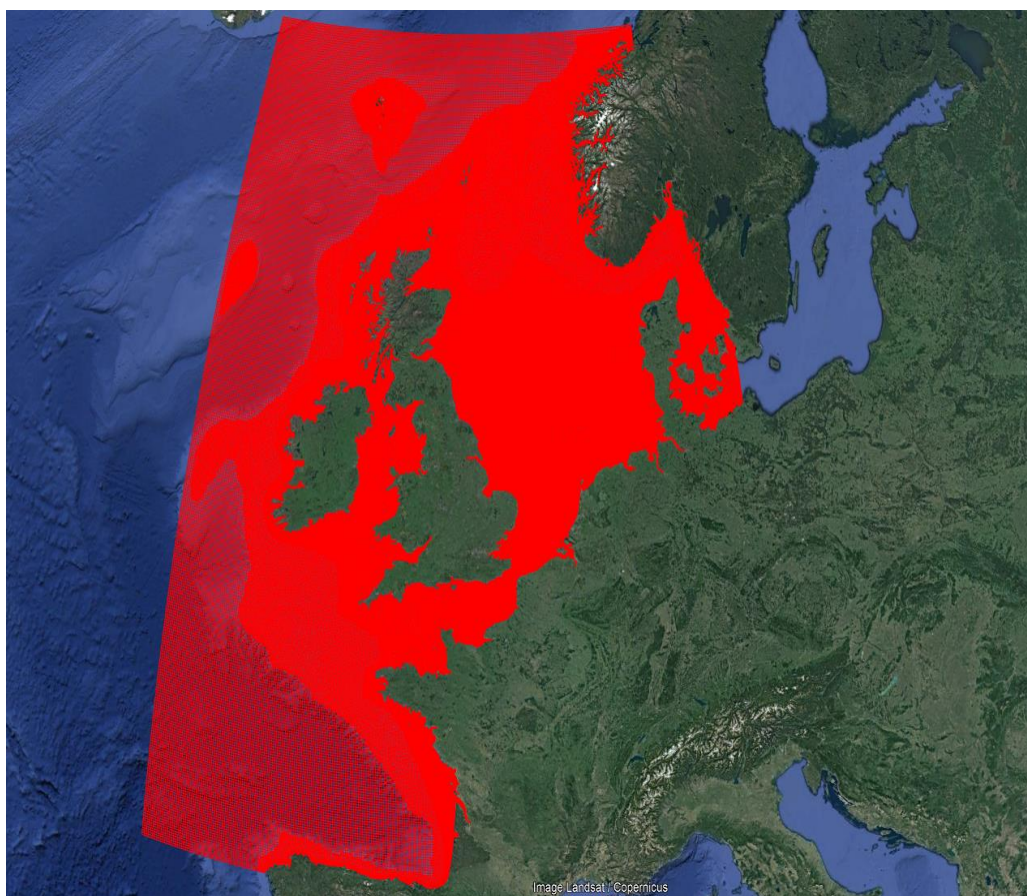


D-Flow FM 2D Noordzee



Modelschematisaties zijn numerieke wiskundige modellen van het watersysteem. Voor de uitvoering van haar kerntaken rondom de Nederlandse hoofdwatersystemen gebruikt en ontwikkelt Rijkswaterstaat modelschematisaties.

De ontwikkeling van de nieuwe, zesde generatie, modelschematisaties van de door Rijkswaterstaat beheerde watersystemen resulteert in een set schematisaties voor alle Rijkswateren en een aantal aangrenzende gebieden.

De modelschematisaties van deze watersystemen sluiten naadloos op elkaar aan. Daarmee wordt het mogelijk om op termijn één model voor het gehele hoofdwatersysteem te ontwikkelen.

De modelschematisaties zijn gebaseerd op de D-HYDRO Suite software, waarmee Rijkswaterstaat haar modellen op de laatste stand van de techniek baseert.

Contactgegevens:

Voor vragen n.a.v. deze publicatie kunt u terecht bij het Informatiepunt Leefomgeving: iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/

Leeswijzer

Deze factsheet geeft een kort en bondig overzicht van een bestaande modelschematisatie(s) (modelinvoer) en de bijbehorende gebiedsschematisatie(s) voor het betreffende watersysteem.

Elke factsheet start met een algemene inleiding en wordt gevolgd door paragrafen waarin meer details staan over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen van Rijkswaterstaat. De algemene inleiding geeft in vier paragrafen informatie over de rol van hydrodynamische modellen bij Rijkswaterstaat, over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Deze informatie is vooral bedoeld voor een bredere groep van geïnteresseerden.

Vanaf paragraaf “rekenrooster”, is de factsheet vooral bedoeld voor mensen die beschikken over een modelleerachtergrond. De opvolgende paragrafen bevatten informatie over de beschikbare modellen en de onderliggende uitgangspunten en modelleerkeuzes. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf “Referenties”.

De factsheets zijn conform een uniform template opgezet. Dit met als doel dat de lezer eenvoudig zijn weg kan vinden in de beschrijven voor de verschillende gebieden en deze onderling ook kan vergelijken.

Introductie

Rijkswaterstaat maakt ten behoeve van haar kerntaken gebruik van verschillende modelschematisaties van de rijkswateren en het hoofdwatersysteem. Deze modelschematisaties worden door RWS ingezet voor toepassing bij het opstellen van operationele verwachtingen, vergunningverlening, planstudies en het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium (BOI). Afhankelijk van het type modelschematisatie kunnen deze worden gebruikt voor het berekenen van waterbeweging (waterstanden en stroming), golven, morfologie, waterkwaliteit en ecologie.

In deze factsheet wordt een beschrijving gegeven van twee versies van het Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (DCSM-FM). Deze 2D hydrodynamische D-HYDRO-modellen omvatten de gehele Noordzee inclusief het Nederlands Continentaal Plat. De modelschematisaties zijn onderdeel van de zesde-generatie modellen. De twee versies van het 2D hydrodynamische DCSM-FM:

- *DCSM-FM 0.5nm*: Een relatief grove schematisatie met een fijnste resolutie van ongeveer 0,5 nautische mijl (nm; 0,5 nm is grofweg 900 m) langs alle kustgebieden (Zijl et al., 2022a).
- *DCSM-FM 100m*: Gebaseerd op DCSM-FM 0.5nm, maar met verdere verfijning in de zuidelijke Noordzee, tot een resolutie van ongeveer 100 m in de Nederlandse kustwateren (Zijl et al., 2022b).

In 2022 is een nieuwe release van deze modellen uitgebracht. Deze 2022 release van beide modellen wordt in deze factsheet beschreven.

Geografische ligging

DCSM-FM omvat het grootste gedeelte van het Noordwest-Europese Continentaal Plat, specifiek het gebied van 15° W tot 13° O en 43° N tot 64° N, inclusief de gehele Noordzee en Waddenzee.

Toepassingen

Deze modelschematisatie is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Operationele waterstandsverwachtingen

Deze modelschematisatie is niet ontwikkeld voor onderstaande toepassingen en er wordt zodoende een voorbehoud gemaakt ten aanzien van de inzet van de modelschematisatie voor het volgende:

1. morfologische studies,
2. scheepvaartbegeleiding,
3. inundatieberekeningen,
4. stofverspreiding-, zoutindringing- en temperatuurstudies.

RWS heeft daarom, rekening houdend met het bovenstaande, deze modelschematisatie vrijgegeven voor gebruik binnen de volgende kerntaken bij Rijkswaterstaat:

1. Watermanagement,
2. Operationele waterstandverwachtingen.

Geografische brongegevens

De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisaties van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een speciale ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de factsheet van Baseline NL (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021).

Binnen de Nederlandse kustwateren en delen van de Vlaamse en Duitse wateren zijn de droge punten, dunne dammen en de overlaten gebaseerd op gegevens uit de Baseline-NL database. Voor deze bathymetrie geldt dat deze in het gehele modeldomein op Baseline database gebaseerd zijn. Er is gebruik gemaakt van een combinatie van *baseline-nl_land-j22_6-w1* en *baseline-nl_zee-j22_6-w1*.

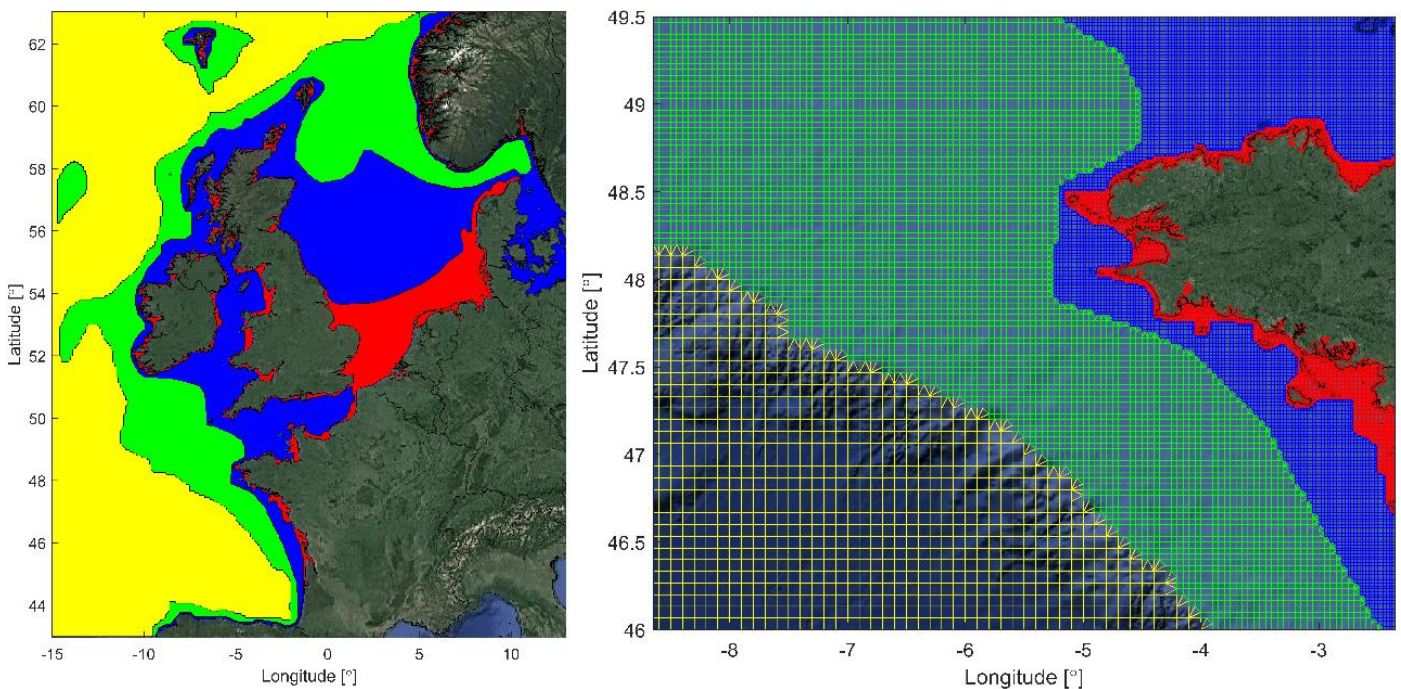
Voor het verticale referentieniveau wordt gebruik gemaakt van NAP/EVRF.

Rekenrooster

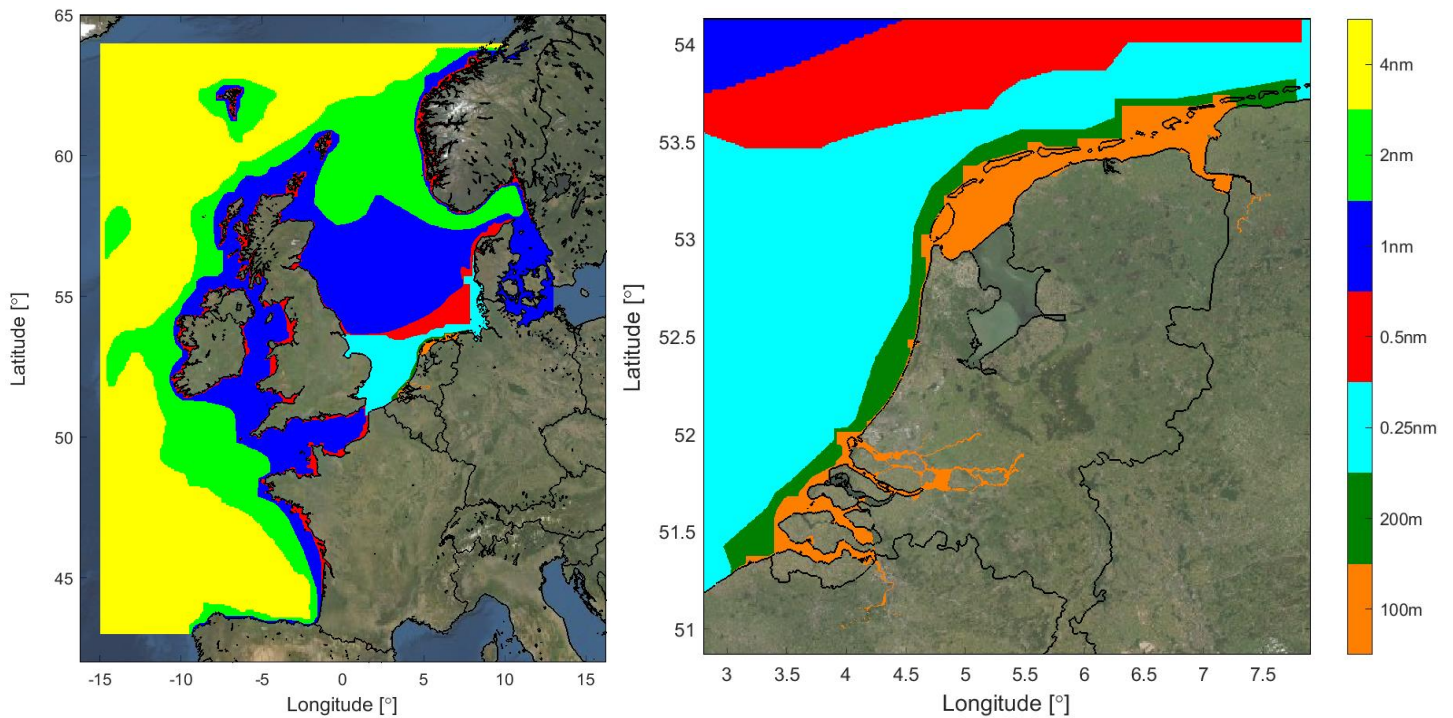
Startpunt voor het rooster is een regelmatig uniform vierhoekig rooster met cellen van $1/10^\circ$ in de oost-west richting en $1/15^\circ$ in de noord-zuid richting, waarbij in drie stappen op lijnen met gelijke dieptes wordt verfijnd (zie Figuur 1). De gehanteerde lijnen van gelijke dieptes zijn 800 m, 200 m en 50 m. Voor het nauwkeurig berekenen van waterstanden langs de Nederlandse kust bevat DCSM-FM 100m nog een aantal extra verfijningen (t.o.v. DCSM-FM 0.5nm) in de zuidelijke Noordzee naar een resolutie van 0,25 nm, 200 m en 100 m. De gebieden met verschillende resolutie worden met behulp van driehoekige cellen met elkaar verbonden. Het rooster is zo ontworpen dat het een toenemende resolutie heeft bij afnemende waterdiepte:

- De grootste cellen hebben een grootte van $1/10^\circ$ in de oost-west richting en $1/15^\circ$ in de noord-zuid richting – hetgeen overeenkomt met 4 x 4 nautische mijlen of 4,9-8,1 km bij 7,4 km afhankelijk van de latitude.
- De kleinste cellen in DCSM-FM 0.5nm (Figuur 1) komen overeen met 0,5 nm x 0,5 nm of 840 m x 930 m in de nabijheid van de Nederlandse wateren (rode gebied).
- In DCSM-FM 100m (Figuur 2) wordt in de estuaria in de Zuidwestelijke Delta, langs de gehele Nederlandse kust en in de Waddenzee de fijnste resolutie van ca. 100 m toegepast (oranje gebied in Figuur 2).

Het rekenrooster van DCSM-FM is gespecificeerd in geografische coördinaten (WGS 84). DCSM-FM 0.5nm bestaat in totaal uit ongeveer 630.000 *nodes*, terwijl DCSM-FM 100m uit 1.600.000 *nodes* bestaat.



Figuur 1 Overzicht (links) and detail (rechts) van het DCSM-FM 0.5nm netwerk, waarbij de kleuren de celgrootte aangeven (geel: ~4 nm; groen: ~2 nm; blauw: ~1 nm; rood: ~0,5 nm).



Figuur 2 Overzicht (links) and ingezoomd op Nederland (rechts) van het DCSM-FM 100m netwerk, waarbij de kleuren de celgrootte aangeven (geel: ~4 nm; lichtgroen: ~2 nm; donkerblauw: ~1 nm; rood: ~0,5 nm; lichtblauw: ~0,25 nm; donkdergroen: ~200 m en oranje: 100 m).

Schematisatie-elementen

Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigen. In de D-HYDRO-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

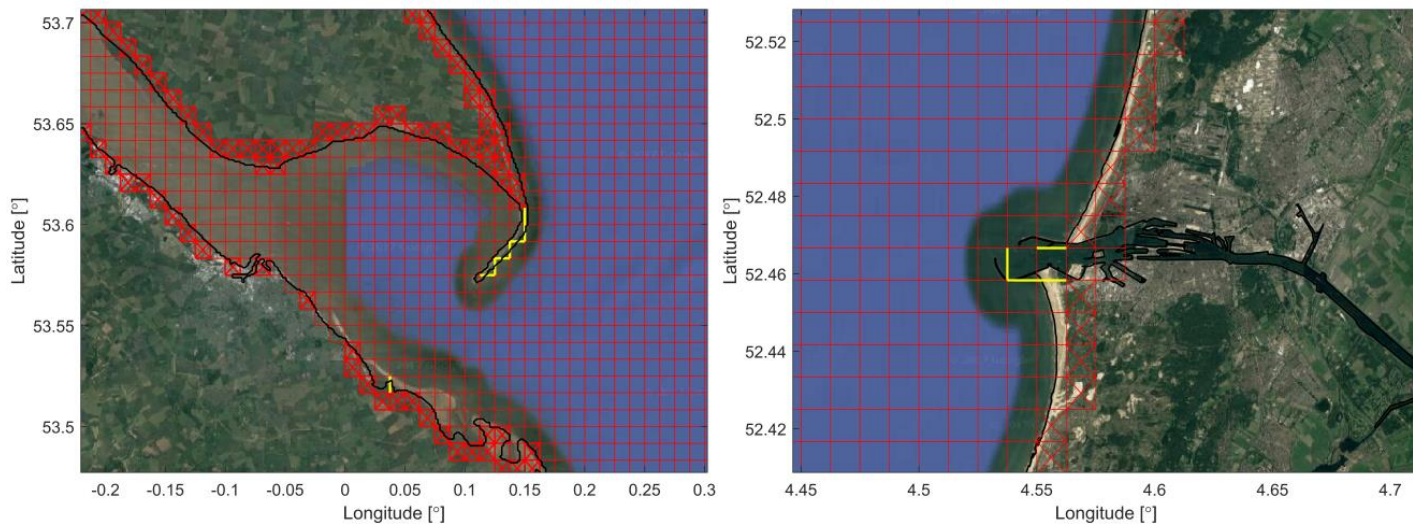
- De bodemhoogte is voornamelijk gebaseerd op gegevens van het European Marine Observation and Data Network (EMODnet¹, versie december 2020). De reductiematrix die gebruikt is voor het omzetten van deze gegevens van MSL naar NAP/EVRF is gebaseerd op een berekening met 3D DCSM-FM (Zijl & Groenenboom, 2021) voor de jaren 2013-2016.

Droge punten, dunne dammen en overlaten

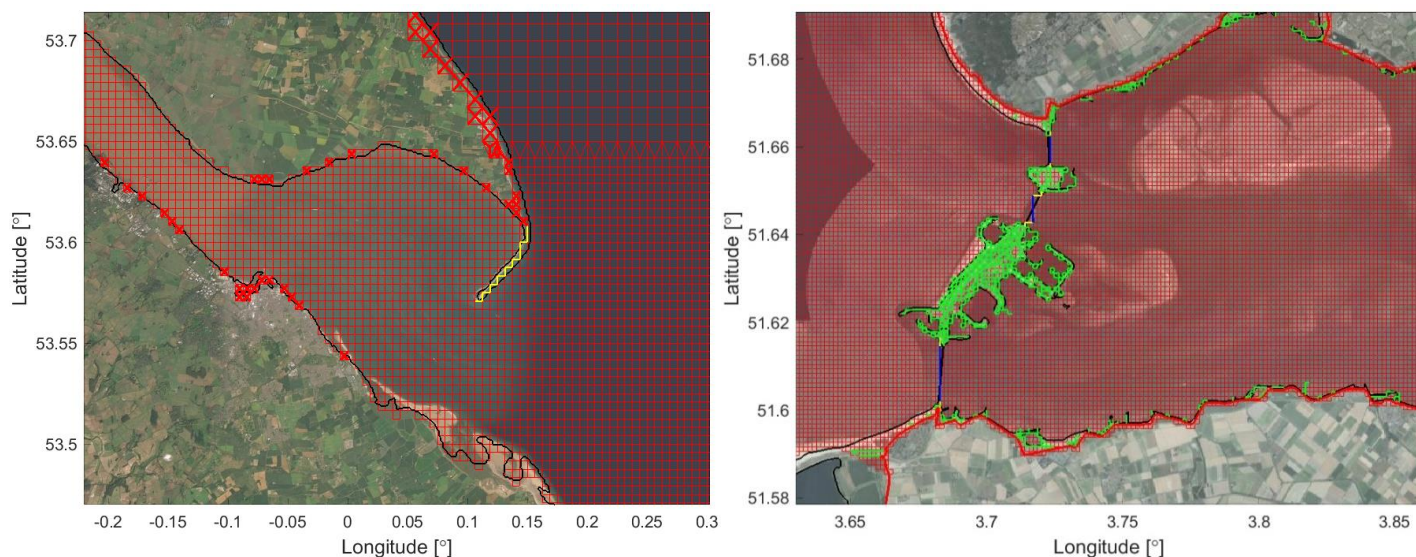
Cellen die op land liggen zijn verwijderd uit het rekendomein met behulp van droge punten. Dit is gedaan op basis van een land-zee begrenzing die grotendeels is afgeleid van de World Vector Shoreline², behalve in gebieden waar Baseline-gegevens beschikbaar waren (Nederland en aangrenzende gebieden in België en Duitsland). Daarnaast zijn stromingsblokkerende elementen, die klein zijn ten opzichte van een rekencel, geschematiseerd door het plaatsen van dunne dammen. Deze dunne dammen verhinderen de stroming tussen twee naastgelegen rekencellen (zie bijv. de schematisatie van de strekdammen nabij het Humber-Estuarium en de haven van IJmuiden van DCSM-FM 0.5nm in Figuur 3). DCSM-FM 0.5nm bevat geen overlaten. In DCSM-FM 100m zijn de overlaten (fixed weirs) overgenomen uit de Baselineprojectie (zie groene lijnen in het rechter paneel van Figuur 4).

¹ Data/information used in this model was made available by the EMODnet Bathymetry project, www.emodnet-bathymetry.eu, funded by the European Commission Directorate general for Maritime Affairs and Fisheries.

² Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Geography, GSHHG is released under the GNU Lesser General Public license, and is developed and maintained by Dr. Paul Wessel, SOEST, University of Hawai'i, and Dr. Walter H. F. Smith, NOAA Laboratory for Satellite Altimetry. For further contributions please read <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/shorelines/data/gshhg/latest/readme.txt>



Figuur 3 DCSM-FM 0.5nm: Het rekenrooster (rood), de land-zee begrenzing (zwart), droge punten (rode kruizen) en dunne dammen (geel) in het Humber Estuarium (links) en rond de haven van IJmuiden (rechts).



Figuur 4 DCSM-FM 100m: Het rekenrooster (rood), de land-zee begrenzing (zwart), droge punten (rode kruizen), dunne dammen (geel) overlaten (groen) en kunstwerken/'general structures' (blauw) in het Humber Estuarium (links) en rond de Oosterscheldekering (rechts).

Landgebruik en bodemruwheid

- De bodemruwheid (meer details staan onder 'Kalibratie') wordt gespecificeerd als Manning ruwheidscoëfficiënt, waarbij een opdeling is gemaakt in 61 (DCSM-FM 0.5nm) of 67 (DCSM-FM 100m) verschillende vakken waartussen bi-linear geïnterpoleerd wordt.
- In beide versies van DCSM-FM wordt geen aanvullende, uit Baseline afkomstige parameterisatie van vegetatieruwheden gebruikt.

Kunstwerken

- De Oosterscheldekering: Deze is verdeeld over drie secties met een gemiddelde drempelhoogte per sectie. Alle schuiven worden oneindig hoog verondersteld. In DCSM-FM 0.5nm is de Oosterscheldekering geschematiseerd in noord-zuid richting over drie cellen. In DCSM-FM 100m is de Oosterscheldekering geschematiseerd in noord-zuid richting over meerdere roostercellen. De kering is niet zoals de werkelijke ligging diagonaal over het rooster geschematiseerd, aangezien in D-HYDRO Suite keringen diagonaal over het rekenrooster niet zijn toegestaan. Bij de aansturing wordt rekening gehouden met lekkage van de keringssecties Hammen, Schaar en Roompot en de beperkte doorstromingshoogte ten gevolge van de aanwezigheid van horizontale betonnen balken in deze drie secties.
- Daarbovenop zijn in DCSM-FM 100m ook de Hartelkering, Maeslantkering en de Eemskering (Emssperrwerk) in de modelschematisatie opgenomen.

Modelkarakteristieken

Open randen

Op 209 steunpunten op de open randen in het noorden, westen en zuiden van het domein worden waterstanden opgedrukt. Deze bestaan uit:

- *Getij-component*. Verspreid over de open randen in het noorden, westen en zuiden van het modeldomein wordt op 209 locaties de waterstand opgelegd op basis van 39 harmonische componenten. Deze zijn overgenomen uit het globale bronnen FES2014³ (Lyard, et al., 2021), GTSMv4.1 (Muis et al., 2016) en EOT20 (Hart-Davis et al., 2021). Daarnaast is de jaarlijkse component Sa toegevoegd aan de randvoorwaarden, waarvan de waarden overgenomen zijn uit het vijfde-generatie model DCSMv6. Deze component wordt in werkelijkheid nauwelijks door de zwaartekracht opgewekt en heeft voornamelijk een meteorologisch en dichtheidsgedreven karakter. Omdat de invloed van variatie in dichtheden (t.g.v. zout en temperatuur) ontbreekt in dit model, is het toevoegen van een barotrope Sa component noodzakelijk om de jaarlijkse variatie in waterstand te representeren.
- *Opzet-component*. De windopzet langs het grootste deel van de open rand kan verwaarloosd worden vanwege de grote diepte ter plaatse. Dit geldt echter niet voor het effect van de lokale luchtdruk. De opzet op de open randen wordt daarom benaderd met een zogenaamde Inverse Barometer Correctie, die een functie is van de tijd- en ruimtelijke variërende lokale luchtdruk.

Lozingen en onttrekkingen

N.v.t.

Meteo

- Bij de ontwikkeling van het model is gebruik gemaakt van tijd- en ruimteafhankelijke windsnelheden (op 10 m hoogte), luchtdruk (op MSL niveau) en Charnock coëfficiënt, afkomstig van het Integrated Forecasting System (IFS) van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF). Het tijdsinterval van deze gegevens is 1 uur. De lokale windsnelheids- afhankelijke windschuifspanningscoëfficiënt wordt berekend met een Charnock-formulering. Daarbij wordt de windsnelheid ten opzichte van de stroomsnelheid beschouwd bij het bepalen van de windschuifspanning (relatieve windeffect).

Zout en temperatuur

- In deze 2D-modellen wordt geen (transport van) zout en temperatuur berekend. De dichtheid is constant verondersteld.

Kunstwerken

- Voor de Oosterscheldekering worden de gemeten (en voor de lekopening-gecorrigeerde) schuifstanden opgelegd.

³ Generated using AVISO+ Products. <https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/auxiliary-products/global-tide-fes/description-fes2012.html>

- Aangezien de Maeslantkering zowel in horizontale als verticale richting kan bewegen, worden de horizontale opening en verticale positie van de twee schuiven met tijdseries beschreven.
- Ook de sluiting van de Hartelkering en de Eemskering worden met tijdseries aangestuurd. Verder wordt bij het berekenen van de stroming t.p.v. deze kunstwerken rekening gehouden met karakteristieken als de drempelhoogte, stroomvoerende breedte en de hoogte van de schuif.

Overige fysica

- De energiedissipatie ten gevolge van het opwekken van interne golven op de helling van de continentale plaat wordt geparаметriseerd meegenomen in het model.
- Aangezien het DCSM-FM een groot modeldomein omvat, wordt via de optie *TidalForcing* de opwekking van getij door getijopwekkende krachten binnen het modeldomein gesimuleerd.
- In de 2D DCSM-FM modellen wordt de dichtheid uniform verondersteld, terwijl in werkelijkheid variaties hierin invloed hebben op de (gemiddelde) waterstand. Daarom wordt de ontbrekende bijdragen aan de gemiddelde waterstand toegevoegd als een pseudo-drukveld, dat gebaseerd is op het verschil in gemiddelde waterstand in de periode 2013-2017 een berekening met DCSM-FM 0.5nm en 3D DCSM-FM (dat wel een variabele dichtheid bevat).

Numerieke en fysische instellingen

- De modelopzet van dit zesde-generatie Rijkswaterstaatmodel is gebaseerd op de generieke technische en functionele specificaties zoals beschreven in Minns et al. (2022). Op onderstaande uitzonderingen na (Tabel 1), worden de standaardinstellingen voor de zesde-generatie D-HYDRO-modellen gebruikt.

Parameter	Standaardinstelling	DCSM-FM 0.5nm	DCSM-FM 100m
Dxwuimin2D	0	0.1	0.1
BedlevUni	-5	5	5
OpenBoundaryTolerance	3	0,1	0,1
Izbnpos	0	1	1
Tlfsmo	0	86400	86400
Rhomean	1000	1023	1023
TidalForcing	0	1	1
ICdtyp	2 (Smith and Banke)	4 (Charnock)	4 (Charnock)
Relativewind	0	0,6	0,6
Rhoair	1,205	1,2265	1,2265
PavBnd	0	101330	101330
DtUser	300	600	600
DtMax	30	120	50
DtInit	1	30	30

Kalibratie

Methodiek

Tijdens de kalibratie is de ruimtelijk-varierende bodemruwheid zodanig bijgesteld dat een optimale waterstandsrepresentatie verkregen wordt.

De kalibratie van DCSM-FM 0.5nm heeft plaatsgevonden voor 61 vakken met behulp van de open-source data assimilatie toolbox OpenDA-DUD. Hiervoor zijn metingen van 194 meetlocaties verspreid over het gehele continentale plat, en gedurende het gehele jaar 2017, gebruikt. De gekalibreerde ruwheidswaarden zijn begrensd tussen $0,012 \text{ s/m}^{1/3}$ en $0,050 \text{ s/m}^{1/3}$. Voor details wordt verwezen naar de rapportage (Zijl et al., 2022a).

Om de consistentie van DCSM-FM 100m met de grovere versie (DCSM-FM 0.5nm) te garanderen, zijn de bodemruwheden buiten de zuidelijke Noordzee (daar waar het rekenrooster exact hetzelfde is) niet gewijzigd tijdens de kalibratie van het fijnere model. Omdat DCSM-FM 100m een hogere resolutie heeft in de Nederlandse wateren, zijn er t.o.v. de kalibratie van het grove model extra vakken in de zuidelijke Noordzee toegevoegd.

De kalibratie van DCSM-FM 100m heeft plaatsgevonden voor 42 vakken in de zuidelijke Noordzee. Hiervoor zijn metingen van 211 meetlocaties verspreid over het gehele continentale plat, en gedurende het gehele jaar 2017, gebruikt. Voor details wordt verwezen naar de rapportage (Zijl et al., 2022b).

Validatie

Methodiek

Het gekalibreerde model is gevalideerd tegen metingen van waterstanden voor de periode 2013-2017. Ook afgeleide parameters, zoals de scheve opzet en de representatie van de getij hoogwaters en laagwaters, zijn gevalideerd.

Resultaten

De gemiddelde kwaliteit van getij, opzet en totale waterstand over alle stations op de Continental Shelf voor beide modellen is hieronder weergegeven:

Validatie Waterstanden 2013-2017			
Shelf-wide	RMSE tide (cm)	RMSE surge (cm)	RMSE water level (cm)
DCSM-FM 0.5nm	8.2	6.0	10.7
DCSM-FM 100m	7.8	6.0	10.4

De gemiddelde kwaliteit van getij en opzet en totale waterstand over alle Nederlandse stations voor beide modellen is hieronder weergegeven:

Validatie Waterstanden 2013-2017						
Station	DCSM-FM 0.5nm			DCSM-FM 100m		
	RMSE tide (cm)	RMSE surge (cm)	RMSE water level (cm)	RMSE tide (cm)	RMSE surge (cm)	RMSE water level (cm)
Wandelaar	4.7	4.9	6.4	4.5	4.9	6.3
Bol_Van_Heist	4.2	4.9	6.5	4.3	4.9	6.5
Scheur_Wielingen_Bo.	4.8	5.0	6.8	5.0	5.0	6.9
CADZD	4.8	5.2	7.1	5.1	5.2	7.3
WESTKPLE	5.3	4.7	7.1	4.6	4.7	6.6
EURPFM	3.5	4.4	5.4	3.5	4.3	5.5
VLISSGN	5.2	5.1	7.3	5.2	5.1	7.3
ROOMBTN	3.7	4.7	6.0	3.4	4.7	5.8
LICHTELGRE	3.9	4.4	5.9	4.0	4.4	5.9
BROUWHVSGT08	5.8	5.8	8.1	4.3	5.7	7.0
TERNZN	5.5	5.8	7.9	5.6	5.6	7.9
HARVT10	3.7	5.0	6.2	3.9	5.0	6.4
HANSWT	4.1	4.7	6.2	3.6	4.5	5.7
ROOMBNN	17.1	6.8	18.4	5.6	5.9	8.1
HOEKVHLD	4.5	5.3	7.0	4.1	5.0	6.5
STAVNSE	5.7	5.1	7.7	3.7	4.8	6.1
BERGSDSWT	12.9	5.7	14.1	6.2	6.3	8.8
KRAMMSZWT	9.4	6.1	11.2	4.2	5.4	6.8
BATH				6.3	6.3	8.9
Prosperpolder_tij.				6.5	6.5	9.2
LIEFKENSHOEK				7.4	7.0	10.2
SCHEVNGN	3.8	5.2	6.5	4.2	5.2	6.6
KALLO				7.8	7.4	10.8
MAASSS				6.8	5.1	8.5
Antwerpen_tij_Ze.				7.4	7.6	10.7
VLAARDGN				7.5	5.2	9.1
SPIJKNSE				8.5	4.9	9.8

ROTTDM				9.2	5.7	10.9
GOIDSOD				10.0	5.2	11.3
IJMDBTHVN	4.3	5.4	6.9	4.1	5.4	6.8
Q1	4.0	4.4	5.9	3.7	4.3	5.7
DENHDR	4.5	5.0	6.7	4.0	5.0	6.4
TEXNZE	5.0	5.4	7.2	4.7	5.4	7.0
K13APFM	3.5	4.1	5.4	3.3	4.1	5.3
F16	3.1	4.0	5.1	3.1	4.0	5.0
OUUSD	5.0	4.6	6.8	4.1	4.5	6.1
DENOVBTN	6.8	6.5	9.4	6.4	5.9	8.7
TERSLNZE	3.9	5.4	6.6	4.4	5.4	6.9
VLIELHVN	8.3	4.8	9.6	5.8	4.8	7.6
WESTTSLG	5.6	5.4	7.7	7.0	5.0	8.6
KORNWDZBTN	3.8	5.3	6.5	3.9	5.2	6.5
WIERMGDN	4.4	5.1	6.7	4.5	5.2	6.7
HUIBGT	4.7	5.3	6.9	4.9	5.4	7.0
HARLGN	6.3	6.2	8.9	5.0	5.7	7.6
NES	15.1	7.9	17.0	5.2	6.1	8.0
LAUWOG	8.1	7.4	11.0	6.7	6.9	9.6
SCHIERMNOG	18.9	9.9	21.4	5.3	6.5	8.3
BORKUM_Sudstrand	6.6	5.8	8.8	5.9	5.7	8.1
BorkumFischerbalje	6.4	5.6	8.5	4.7	5.5	7.2
EMSHORN	5.9	6.2	8.6	5.4	6.0	8.1
EEMSHVN	6.6	6.1	9.0	5.6	6.0	8.3
DUKEGAT	6.4	6.8	8.9	6.2	6.7	8.7
DELFLZL	9.2	7.8	12.1	6.0	7.2	9.4
KNOCK	9.3	7.7	12.0	6.2	7.1	9.4
EMDEN_Neue_S.				7.7	7.6	10.8
POGUM				9.4	8.2	12.5
Average (total)	6.3	5.6	8.5	4.8	5.4	7.2
Average (offshore)	3.6	4.3	5.5	3.5	4.2	5.5
Average (coast)	4.5	5.2	6.8	4.4	5.1	6.7
Average (SWD)	8.6	5.6	10.4	4.8	5.4	7.3
Average (Wad. S.)	8.0	6.5	10.4	5.6	5.9	8.1

De gemiddelde kwaliteit van de scheve opzet voor drie klassen van events voor alle Nederlandse kuststations is hieronder weergegeven:

Validatie scheve opzet 2013-2017							
Kuststations	<99.0% skew surges		99.0% - 99.8%		>99.8% skew surges		
	bias (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)
DCSM-FM 0.5nm	-1.0	5.5	-0.5	10.5	-8.1	10.1	13.7
DCSM-FM 100m	-0.6	5.4	-0.7	10.3	-8.0	10.0	13.5

Stroomsnelheden - validatie:

De vorige release van deze modellen van de Noordzee zijn tevens gevalideerd voor stroomsnelheden langs de Nederlandse kust bij de IJgeul en de windmolenparken Noord Hollandse Kust Noord, Noord Hollandse Kust Zuid en ten Noorden van de Wadden (Laan et al., 2020). Nabij de Kust, dichtbij de havenmonding van IJmuiden, is DCSM-FM 0.5nm niet in staat om de stroming nauwkeurig te berekenen. Iets verder van de kust is dit grove model wel in staat om de *diepte-gemiddelde* stroming te representeren.

DCSM-FM 100m is goed in staat de diepte-gemiddelde stroming te berekenen. De reproductie van de stroming verder uit de kust is beter dan nabij de havenmonding van IJmuiden. Het fijnere model heeft een

grotere nauwkeurigheid in het berekenen van de diepte-gemiddelde stromingsmagnitude dan het grovere DCSM-FM 0.5nm. Voor het berekenen van oppervlaktesnelheden zijn deze 2D-modellen niet geschikt.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Het model voor de Noordzee is gekalibreerd en gevalideerd op waterstanden, hoog- en laagwaters en opzet. Er is niet gekalibreerd op stroomsnelheden, wel gevalideerd.

Modelgebruik

Wat mag er wel of niet worden gewijzigd in de modelschematisatie:

- *Gebiedsinformatie*: Aanpassing aan gebiedsinformatie binnen het domein van Baseline-NL in principe enkel en alleen aanpassen in de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (Dienstspecificaties Invoer Baseline). Voor snelle tests naar mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de D-HYDRO GUI.
- *Rooster*: Bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan het rooster worden gedaan. Dit is wel toegestaan in het kader van onderzoeksvragen.
- *Randvoorwaarden*: Deze kunnen (en moeten) worden aangepast naar de gewenste situatie (dit geldt o.a. voor open randen, lateralen, sturing kunstwerken en meteo-informatie). Hiervoor zijn een aantal standaard randvoorwaarden sets beschikbaar bij het model. *Randvoorwaarden afkomstig van derden (o.a. KNMI, ECMWF) kunnen niet zondermeer worden uitgeleverd bij deze modelschematisaties.*
- *Uitvoerlocaties*: Er kunnen, indien gewenst, uitvoerlocaties (afvoerraaien en/of uitvoerpunten) worden toegevoegd.
- *Numerieke instellingen*: Bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan de numerieke instellingen worden gedaan. Dit is wel toegestaan in het kader van onderzoeksvragen.

Te verwachten rekentijden

De rekentijd van DCSM-FM 0.5nm bedraagt op 5 nodes met 4 cores (dus 20 partities) op een Linux rekencluster met e3-nodes ca. 9,4 uur/simulatiejaar (oftewel 1,5 min/simulatiedag). Met dezelfde configuratie (20 partities op e3-nodes), bedraagt de rekentijd van DCSM-FM 100m ca. 3,0 dagen/simulatiejaar (oftewel 11,8 min/simulatiedag).

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Zoals beschreven in deze factsheet is er een nauw verband tussen DCSM-FM 0.5nm en DCSM-FM 100m. Buiten de zuidelijke Noordzee zijn deze modellen aan elkaar gelijk.
- DCSM-FM 0.5nm vormt de basis voor de 3D modelschematisatie van hetzelfde gebied (3D DCSM-FM) met dezelfde resolutie.
- In het D-HYDRO Waddenzeemodel gebruik gemaakt van de bodemruwheden uit DCSM-FM 100m (en randvoorwaarden van 3D DCSM-FM).

Praktisch gebruik van het model

Informatie over D-Flow FM software (hydrodynamische module van D-HYDRO) is te vinden via de online User Manual:

https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf

De mappenstructuur van het D-HYDRO-model is uitgelijnd met de generieke mappenstructuur voor D-HYDRO-modelschematisaties (de Jong, 2020). Hierdoor is het mogelijk om het model eenvoudig aan te sluiten op de Sommengenerator Watermodellen (SGWM).

De meteorologische gegevens zijn afkomstig van KNMI's meteorologisch model HiRLAM en worden niet bij het model mee uitgeleverd.

Beschikbare versies

Modelschematisaties

Onder de kop Release Notes is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm2d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1	2020	-	D-Flow FM versie 1.2.54.64101 (12 juni 2019)
dflowfm2d-noordzee_100m-j17_6-v1	2020	-	D-HYDRO Suite 2023.01
dflowfm2d-noordzee_0_5nm-j22_6-v1a	2022		D-Flow FM versie 2.21.10.76437 (18 aug 2022)
dflowfm2d-noordzee_100m-j22_6-v1a	2022		D-HYDRO Suite 2023.01

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving. De dik gedrukte schematisaties zijn de vigerende versies van het totaalmodel. De 'normaal' gedrukte versies betreffen deelmodellen van het totale systeem. In grijs zijn de schematisaties aangegeven die intussen zijn vervangen door een nieuwere versie.

- De kolom '**modelschematisatie**' verwijst naar de naam van de modelschematisatie: Hieraan is te zien welke geometrie de schematisatie het beste representeert. De schematisatie van het jaar 20XX wordt het best gerepresenteerd door het jXX model.
- De kolom '**jaar**' verwijst naar het jaar waarin de modelschematisatie is opgeleverd.
- De kolom '**software**' verwijst naar de versies waarmee de modelschematisatie is opgebouwd en getest.

Randvoorwaardensets

De volgende randvoorwaardensets zijn beschikbaar voor de zesde-generatie 2D Noordzee-modellen.

Naam	Type	Beschrijving	Karakteristiek	Referentie
2013-2017	hist	periode 2013-2017		Zijl et al. (2019, 2020, 2022)

Release notes

Hieronder wordt chronologisch weergegeven welke veranderingen er zijn doorgevoerd tussen de verschillende beschikbare modelschematisaties.

j17_6-v1

De j17_6-v1 is het uitgangspunt voor de toekomstige D-Flow FM schematisaties voor dit gebied. Van toepassing voor zowel het D-Flow FM Noordzee 100m model als het D-Flow-FM Noordzee 0.5 nm model.

j22_6-v1a

De j22_6-v1a is het uitgangspunt voor de toekomstige D-Flow FM schematisaties voor dit gebied. Van toepassing voor zowel het D-Flow FM Noordzee 100m model als het D-Flow-FM Noordzee 0.5 nm model. De belangrijkste veranderingen ten opzichte van de vorige j17_6-v1 release zijn:

- De modelbathymetrie buiten de Nederlandse kustzone is in de laatste release gebaseerd op de EMODnet 2020 bathymetry in plaats van de 2016 versie hiervan. Deze update veroorzaakt grote verschillen in de centrale en Deense Noordzee. In een groot gebied buiten de kust van Zeeland is het bodemniveau ongeveer 2 m verhoogd.
- De bijdrage van de in werkelijkheid ruimtelijk variërende dichtheid aan de gemiddelde waterstand is aan de modellen toegevoegd.
- De vorige versie van DCSM-FM maakten voor de laterale randvoorwaarden gebruik van FES2012 getijcomponenten. Een aantal van deze componenten zijn vervangen door FES2014; andere zijn vervangen door GTSMv4.1 and EOT20 waarden. Ook zijn een aantal getijcomponenten toegevoegd, waardoor het totaal aantal componenten toegenomen is van 32 naar 39.
- De numerieke instelling gerelateerd aan de implementatie van Coriolis zijn aangepast zodat ze gelijk zijn aan de nieuwe standaard voor zesde generatie modellen en de instellingen van 3D DCSM-FM. Dit heeft invloed op de getijpropagatie in de modellen.
- De standaard meteorologische aansturing die gebruikt is voor kalibratie en validatie is afkomstig van ECMWF IFS. Eerder werd Hirlam gebruikt.

Referenties

- de Jong, J. (2020): *Toepassing van D-HYDRO: Mappenstructuur en sommengenerator water modellen (SGWM)*. Deltares, memo 11205259-002-ZKS-0004.
- Hart-Davis, M. G., Piccioni, G., Dettmering, D., Schwatke, C., Passaro, M., & Seitz, F. (2021). *EOT20: a global ocean tide model from multi-mission satellite altimetry*. *Earth System Science Data*, 13(8), 3869-3884.
- Laan et al. (2020): *Stromingsvalidatie dieptegemiddelde Noordzee modellen*. Deltares, rapport 11203715-004-ZKS-0002_v0.2, Versie 1.0
- Lyard, F., D. Allain, M. Cancet, L. Carrere, N. Picot (2021). *FES2014 global ocean tides atlas: design and performances*. *Ocean Science* 17, 3, 615-649.
- Minns, T., A. Spruyt & D. Kerkhoven (2022): *Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO - Generieke technische en functionele specificaties*. Voorlopig Deltares rapport 11203714-013-ZWS-0001.
- Muis, S., M. Verlaan, H.C. Winsemius, J.C.J.H. Aerts, P.J. Ward (2016). *A global reanalysis of storm surges and extreme sea levels*. *Nature Communications* 7, 11969.
- Zijl et al. (2019): *Development of a sixth generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 0.5nm)*, Deltares, 11203715-004-ZKS-0003.
- Zijl et al. (2020): *Development of a sixth-generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 100m)*, Deltares, 11205259-004-ZKS-0001.
- Zijl, F., Groenenboom, J. (2021). *3D DCSM-FM Consolidatie z-sigma versie en uitlijnen met standaard settings*. Deltares, memo 11206814-004-ZKS-0007, Delft.
- Zijl et al. (2022a): *DCSM-FM 0.5nm: a sixth-generation model for the NW European Shelf*, Deltares, 11208054-000-ZKS-0010.
- Zijl et al. (2022b): *DCSM-FM 100m: a sixth-generation model for the NW European Shelf*, Deltares, 11205259-004-ZKS-0002.



Deltares

DISCLAIMER:

Bij gebruik van de modelschematisatie met de meest recente software-releases, kunnen de resultaten enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage van de betreffende modelschematisatie. Overige verschillen kunnen veroorzaakt worden door het gebruik van andere hardware.

Hoewel de informatie in dit document met de nodige zorgvuldigheid is samengesteld, aanvaarden RWS en Deltares geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onnauwkeurigheden in deze informatie en ten gevolge van het gebruik van deze informatie.

Deltares en RWS behouden zich het recht voor om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.

