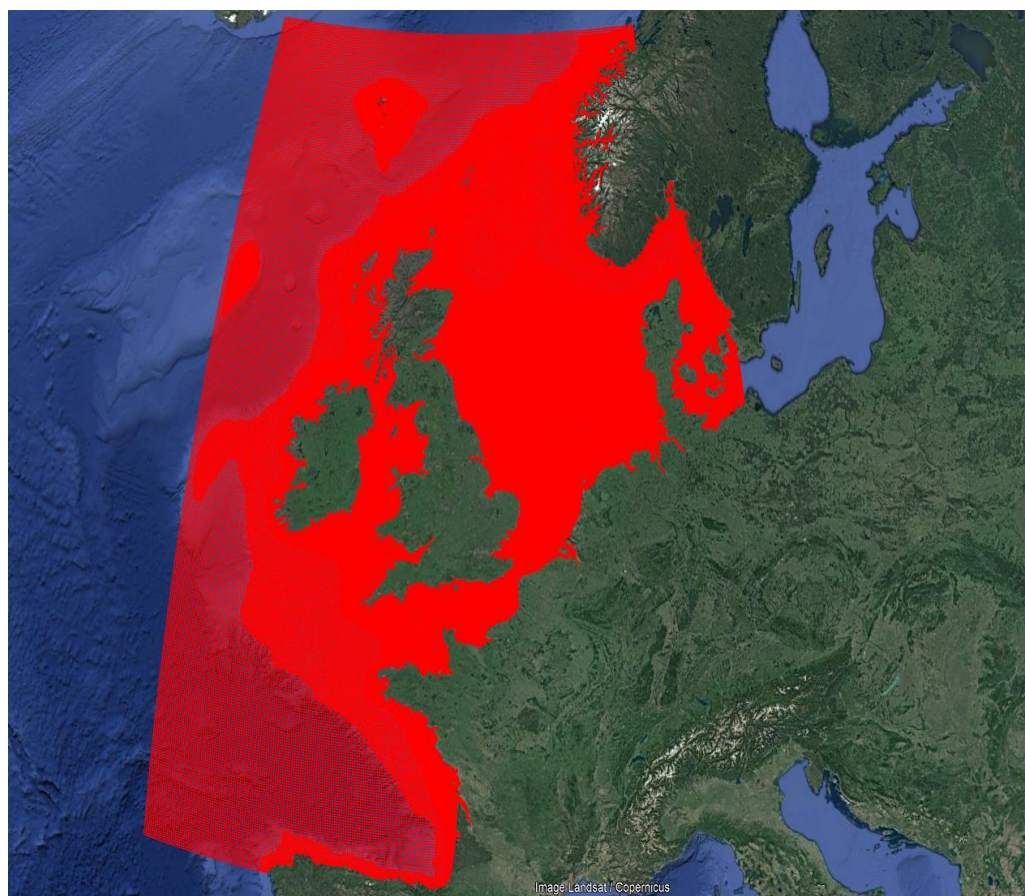


# D-Flow FM 3D Noordzee



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/](http://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 drie-dimensionaal Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM-FM). Dit D-HYDRO-model omvat de gehele Noordzee inclusief het Nederlands Continentaal Plat. De modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen. Naast dit 3D model bestaan er twee diepte-gemiddelde (2D) versies van het 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).

De 2022 release van 3D DCSM-FM wordt in deze factsheet beschreven. Een uitgebreidere beschrijving is te vinden in Zijl et al. (2023).

## 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. Watermanagement,
2. Operationele waterstandsvoorspelling
3. stofverspreiding-, zoutindringing- en temperatuurstudies

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,

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

4. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit WaterManagement Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over waterstanden, overstromingsdreiging, watertekorten en berekening van stoftransport, olieverspreiding, oppervlaktestroming.
5. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS.
6. Beleidsondersteuning en verkenning, zijnde o.a. doorrekenen van klimaatscenario's, bepalen waterstanden voor toetsen en ontwerpen van dijken en aanpassing stuwprogramma's.

## 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, 2022).

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*.

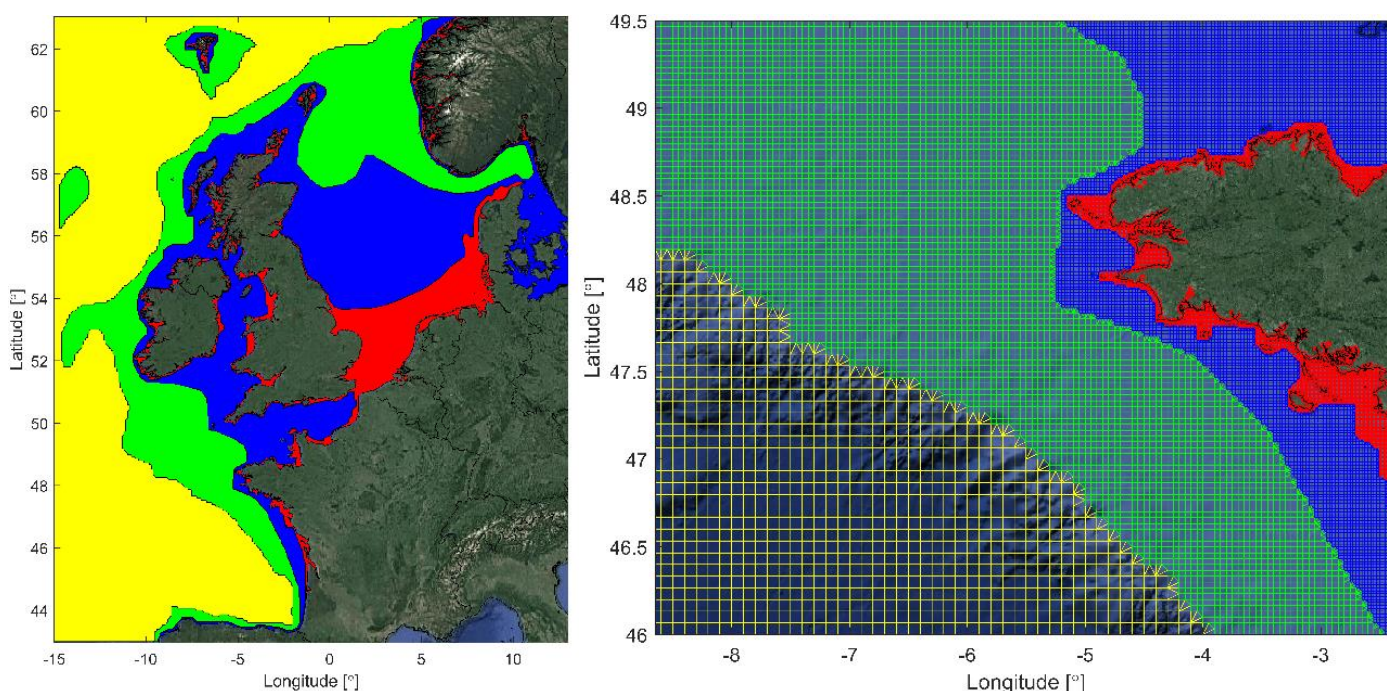
Voor het verticale referentieniveau wordt gebruik gemaakt van NAP/EVRF.

### 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. 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 overeenkomst met  $4 \times 4$  nautische mijlen of 4,9-8,1 km bij 7,4 km afhankelijk van de latitude.
- De kleinste cellen 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).

Het rekenrooster is gespecificeerd in geografische coördinaten (WGS 84) en bestaat uit ongeveer 630.000 *nodes*.



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

### Vertikale laagverdeling

Voor de verticale laagverdeling wordt een combinatie van strikt horizontale z-lagen en tereinvolgende sigma-lagen gebruikt. In gebieden ondieper dan 100 m worden 20 equidistante sigma-lagen gebruikt. In diepere gebieden worden daaronder maximaal 30 z-lagen met in neerwaartse richting toenemende laagdikte toegevoegd. In totaal worden maximaal 50 lagen in de vertikaal gebruikt, afhankelijk van de lokale bodemdiepte.

### Schematisatie-elementen

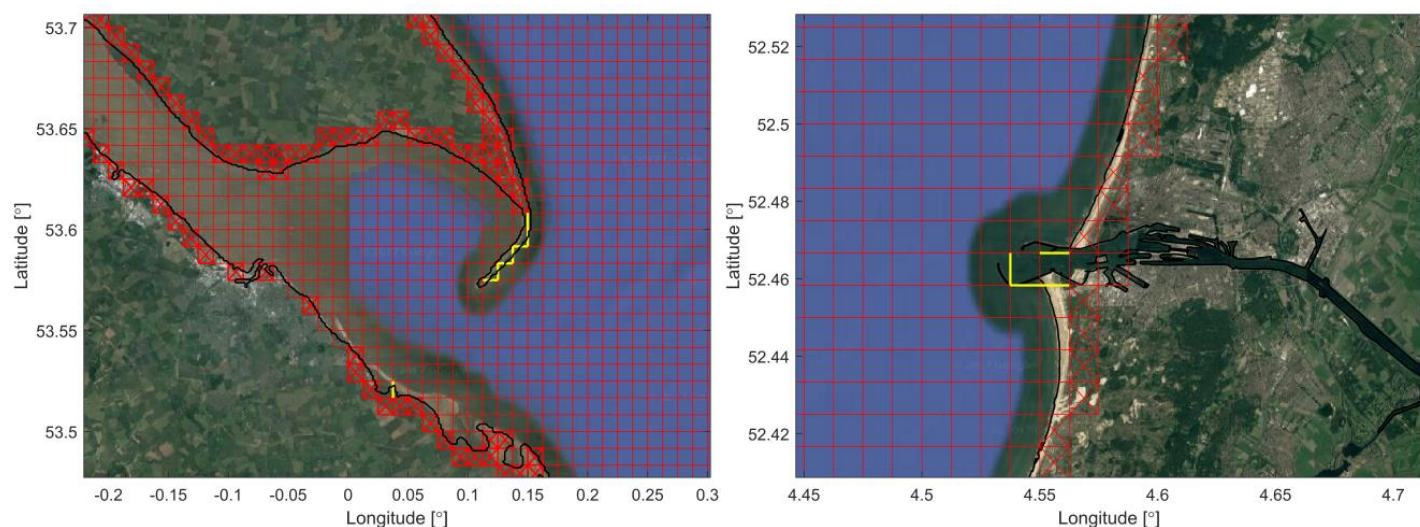
Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigen. In de D-HYDRO-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

### Bodemhoogte

- De bodemhoogte is voornamelijk gebaseerd op gegevens van het European Marine Observation and Data Network (EMODnet<sup>1</sup>, 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 een tussenversie van 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 Shoreline<sup>2</sup>, 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 in Figuur 2). DCSM-FM 0.5nm bevat geen overlaten.



Figuur 2 *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).

#### Overlaten

- N.v.t.

#### Landgebruik en bodemruwheid

- De bodemruwheid (meer details staan onder 'Kalibratie') wordt gespecificeerd als Manning ruwheidscoëfficiënt, waarbij een opdeling is gemaakt in 61 verschillende vakken waartussen bi-linear geïnterpoleerd wordt.
- Er wordt geen aanvullende 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.
- Overige kunstwerken: Het Emsperwerk, de Thames barrier, de Haringvlietsluizen en de Maeslant- en Hartelkering zijn niet in het model opgenomen.

### Modelkarakteristieken

#### Open randen

<sup>1</sup> Data/information used in this model was made available by the EMODnet Bathymetry project, [www.emodnet-bathymetry.eu](http://www.emodnet-bathymetry.eu), funded by the European Commission Directorate general for Maritime Affairs and Fisheries.

<sup>2</sup> 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>

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 FES2014<sup>3</sup> (Lyard, et al., 2021), GTSMv4.1 (Muis et al., 2016) en EOT20 (Hart-Davis et al., 2021).
- *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.
- De barocliene bijdrage aan de waterstand wordt opgelegd aan de hand van tijdseries van het dagelijkse zeeniveau uit de heranalyse van de Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS<sup>4</sup>) met het globale model GLORYS12v1<sup>5</sup>.

Voor het 3D model worden op deze steunpunten tevens dagelijkse zout-, temperatuur-, en snelheidsprofielen afkomstig uit het GLORYS12v1 product van CMEMS opgedrukt. Deze profielen beslaan de gehele modeldiepte, bestaande uit 50 lagen met een niet-uniforme verdeling. De lagen hebben een dikte van 1 m aan het wateroppervlak en de laagdikte neemt toe tot 450 m op 5,7 km diepte. De waarden worden door D-Flow FM naar de laagverdeling van 3D DCSM-FM geïnterpoleerd:

#### Lozingen en onttrekkingen

- Langs de volledige kustlijn in het model zijn 847 rivierafvoerlocaties toegevoegd als klimatologische maandgemiddelden uit de E-HYPE heranalyse van het Zweedse SMHI.
- Voor de Nederlandse afvoeren is gebruik gemaakt van een combinatie van dagelijkse en 10-minuuts meetgegevens. Dit betreft de spuidebieten bij IJmuiden, de Haringvlietsluizen, Den Oever, Kornwerderzand en de Cleveringsluizen<sup>6</sup>. Verder zijn de afvoeren van de Nieuwe Waterweg en Schelde in het model opgenomen.

#### Meteo

- *Impulsflux*: Bij de ontwikkeling van het model is gebruik gemaakt van tijd- en ruimteafhankelijke windsnelheden (op 10 m hoogte) en luchtdruk (op MSL) afkomstig van het meteorologische model ERA5<sup>7</sup> van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF<sup>8</sup>). Het tijdsinterval van deze gegevens is 1 uur. In de modellering wordt de windsnelheid ten opzichte van de stroomsnelheid beschouwd bij het bepalen van de windschuifspanning (relatieve windeffect). De lokale windsnelheidsafhankelijke windschuifspanningscoëfficiënt wordt berekend met een Charnock-formulering. De dimensieloze Charnock-coëfficiënt is overgenomen uit ERA5, zodat deze waarde en formulering consistent zijn met wat in het meteorologisch model gebruikt wordt om de windsnelheid op 10 m hoogte af te leiden.
- *Warmteflux*: Om de warmte-uitwisseling tussen het water en de atmosfeer te modelleren wordt een warmtefluxmodel gebruikt. Voor dit model worden tijd- en ruimteafhankelijke zoninstraling (korte golf) en neerwaartse atmosferische straling (lange golf) opgelegd vanuit ERA5. Warmteuitwisseling door het lucht-water oppervlak door verdamping en convectie wordt berekend op basis van luchttemperatuur en dauwpunttemperatuur op 2m hoogte en windsnelheid uit ERA5.
- *Massaflux*: De massaflux door het lucht-water oppervlak wordt opgelegd met tijd- en ruimteafhankelijke neerslag en verdamping uit ERA5.

#### Zout en temperatuur

- Transport van saliniteit en temperatuur wordt meegenomen in de modelberekening.

#### Kunstwerken

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

<sup>4</sup> This model encloses and is generated using E.U. Copernicus Marine Service Information. <https://marine.copernicus.eu/>

<sup>5</sup> [https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL\\_MULTIYEAR\\_PHY\\_001\\_030/](https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/)

<sup>6</sup> Gebaseerd op data aangeleverd door Waterschap Noorderzijlvest (7-9-2018).

<sup>7</sup> <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

<sup>8</sup> This model schematization contains modified Copernicus Atmosphere Monitoring Service information. Neither the European Commission nor ECMWF is responsible for any use that may be made of the Copernicus information or data it contains.



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

#### Overige fysica

- Aangezien het DCSM-FM een groot modeldomein omvat, wordt via de optie *TidalForcing* de opwekking van getij door getijopwekkende krachten binnen het modeldomein gesimuleerd.
- Verticale turbulentie wordt berekend op basis van het in D-Flow FM geïmplementeerde k-ε-model.

#### 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, worden de standaardinstellingen voor de zesde-generatie D-HYDRO-modellen gebruikt.

Parameter	Standaardinstelling	3D DCSM-FM
Dxwumin2D	0	0.1
BedlevUni	-5	5
OpenBoundaryTolerance	3	0,1
Izbnpos	0	1
Tlfsmo	0	86400
Rhomean	1000	1023
TidalForcing	0	1
Barocponbnd	0	1
DtUser	300	600
DtMax	30	100
DtInit	1	60
Secchi depth	2	4 (1 in Wadden Sea)
Stanton	-1	0.0013
Dalton	-1	0.0013
ICdtyp	2 (Smith and Banke)	4 (Charnock)
Relativewind	0	1
Rhoair	1.205	1.2265
PavBnd	0	101330
Soiltempthick	1	0
RhoairRhowater	0	1
Jadelvappos	1	0
vicoww	5E-5	1.0E-4
dicoww	5E-5	1.4E-5

## Kalibratie

### Methodiek

De bodemruwheid is direct overgenomen uit DCSM-FM 0.5nm (Zijl et al., 2022a). De achtergrondswaarden van de verticale eddy viscositeit en diffusiviteit zijn bijgesteld om een goede representatie van de gemiddelde temperatuurstratificatie op de centrale Noordzee te krijgen. De gemiddelde waterstand die op de rand wordt opgedrukt is zodanig bijgesteld dat de systematische afwijking met NAP-gerefereerde waterstandmetingen voor de Nederlandse kust minimaal is.

## Validatie

### Methodiek

Het 3D-model is gevalideerd tegen metingen van waterstanden voor de periode 2013-2017. Ook afgeleide parameters zoals getij en opzet zijn gevalideerd. Verder is het model getoetst op de reproductie van saliniteit en temperatuur. Hiervoor is een data-model-vergelijking gemaakt voor de periode 2006-2015.

### Resultaten

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

Validatie Waterstanden 2013-2017			
	RMSE tide (cm)	RMSE surge (cm)	RMSE water level (cm)
Shelf-wide	7.5	4.8	10.0

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	RMSE tide (cm)	RMSE surge (cm)	RMSE water level (cm)
Bol_Van_Heist	4.8	5.6	13.6
Scheur_Wielinge.	5.0	4.5	6.0
CADZD	4.1	4.8	6.5
WESTKPLE	4.3	3.7	5.5
EURPFM	4.2	4.4	5.5
VLISSGN	5.4	4.8	7.1
ROOMPBTN	5.2	3.4	4.4
LICHTELGRE	3.3	3.2	3.8
BROUWHVSGT08	4.0	3.9	5.1
TERNZN	6.3	6.5	7.8
HARVT10	3.9	4.7	5.7
HANSWT	16.7	4.2	10.2
ROOMPBNN	6.1	4.9	6.6
HOEKVHLD	6.1	4.9	6.4
STAVNSE	8.9	4.4	6.0
BERGSDSWT	15.9	4.8	6.2
KRAMMSZWT	12.4	5.8	7.7
SCHEVNGN	3.9	7.5	14.8
IJMDBTHVN	4.3	7.1	9.9
Q1	4.1	9.5	20.0
DENHDR	3.3	5.4	7.8
TEXNZE	5.4	4.8	8.3
K13APFM	2.8	5.5	7.2
F16	2.2	5.4	8.9
OUUSD	3.2	6.1	8.6
DENOVBTN	4.4	6.9	10.1
TERSLNZE	3.5	6.8	9.4
VLIELHVN	9.3	5.6	13.6
WESTTSLG	4.4	4.5	6.0
KORNWDZBTN	4.1	4.8	6.5
WIERMGDN	4.2	3.7	5.5
HUIBGT	4.2	4.4	5.5
HARLGN	5.1	4.8	7.1
NES	12.8	3.4	4.4
LAUWOG	7.0	3.2	3.8
SCHIERMNOG	17.6	3.9	5.1
BORKUM_Sudstr.	5.7	6.5	7.8
BorkumFischerb.	6.8	4.7	5.7
EMSHORN	4.7	4.2	10.2
EEMSHVN	7.1	4.9	6.6
DUKEGAT	6.6	4.9	6.4
DELZL	7.3	4.4	6.0
KNOCK	6.5	4.8	6.2
<b>Average (total)</b>	<b>6.2</b>	<b>5.0</b>	<b>8.1</b>
<b>Average (offsh.)</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>4.8</b>
<b>Average (coast)</b>	<b>4.4</b>	<b>4.5</b>	<b>6.3</b>
<b>Average (SWD)</b>	<b>10.2</b>	<b>5.1</b>	<b>11.5</b>
<b>Average (WS)</b>	<b>7.3</b>	<b>6.1</b>	<b>9.6</b>

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

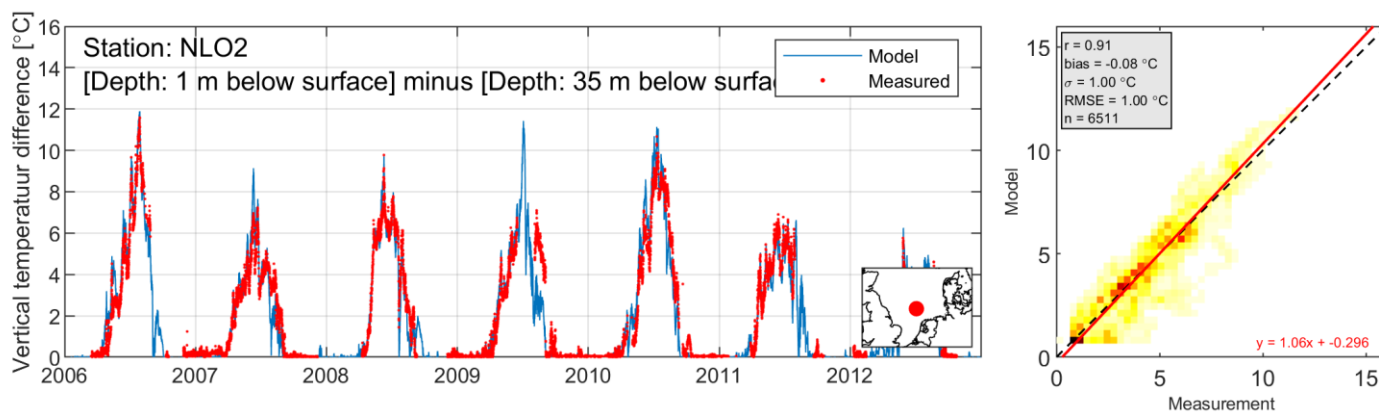
Validatie scheve opzet 2013-2017							
	<99.0% skew surges		99.0% - 99.8%		>99.8% skew surges		
	bias (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)
Kuststations	-1.1	4.4	-6.3	9.9	-9.9	6.2	11.9

### Watertemperatuur

De seizoensvariatie van de temperatuur wordt goed door het model gereproduceerd. Het model is ook in staat de ruimtelijke verdeling, een kleinere seizoensmatige variabiliteit offshore (Anasuria and Platform K13a) en een grotere variatie nabij de kust (bijv. Vlissingen), te vatten. De bias, standaarddeviatie en RMSE van de temperatuur op basis van de data-model-vergelijking voor de periode 2006-2012 zijn hieronder opgenomen:

Station	bias (°C)	std (°C)	RMSE (°C)
Anasuria	-0.29	0.46	0.54
Eierlandse Gat	-0.45	0.47	0.65
Europlatform	-0.39	0.34	0.52
Platform K13a	-0.13	0.41	0.43
Lichteiland Goeree	-0.32	0.37	0.49
Vlissingen	-0.15	0.34	0.37
Eemshaven	-0.40	0.28	0.49
<b>Gemiddelde</b>	<b>-0.30</b>	<b>0.38</b>	<b>0.50</b>

De berekende temperatuur in zowel de bodem- als oppervlaktelaag in de centrale Noordzee (meetlocatie NL02) komt goed overeen met de gemeten waarden (oppervlak: RMSE 0,50 °C; bodem: RMSE 0.74 °C). Het model is ook in staat de temperatuurstratificatie, inclusief de seizoensmatige variatie hiervan, te reproduceren. Dit is weergegeven in het figuur hieronder:



### Saliniteit

In onderstaande tabel worden de statistische kentallen (bias, standaarddeviatie en RMSE) getoond voor de Terschellingraai. Voor de Noordwijkraai is de gemiddelde RMSE 1,1 psu.

Station	bias (psu)	std (psu)	RMSE (psu)
Terschelling 10 km	0.0	0.7	0.7
Terschelling 50 km	0.0	0.5	0.5
Terschelling 100 km	-0.1	0.2	0.2
Terschelling 135 km	-0.1	0.3	0.3
Terschelling 175 km	-0.1	0.2	0.2
Terschelling 235 km	-0.1	0.2	0.3
<b>Gemiddelde</b>	<b>-0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>



Het model voor de Noordzee is gekalibreerd en gevalideerd op waterstanden, hoogwaters, opzet, saliniteit en temperatuur.

## 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 3D DCSM-FM bedraagt op 5 nodes met 4 cores (dus 20 partities) op een Linux rekencluster met e3-nodes ca. 6,6 dag/simulatiejaar (oftewel 26 min/simulatiedag).

### Koppelingen en relaties met andere modellen

De modelschematisatie is gebaseerd op het grove 2D model van de Noordzee (DCSM-FM 0.5nm). Naast 3D DCSM-FM bestaan er twee diepte-gemiddelde (2D) versies van DCSM-FM, die worden beschreven in de Factsheet D-Flow FM 2D Noordzee:

- Een relatief grove schematisatie met een fijnste resolutie van ongeveer 0,5 nautische mijl (nm; 0,5 nm is grofweg 900 m nabij de Nederlandse kust) langs alle kustgebieden (DCSM-FM 0.5nm, Zijl et al. (2022a))  
Een fijne versie waarbij de zuidelijke Noordzee verder verfijnd is tot een resolutie van ongeveer 100 m in de Nederlandse kustwateren (DCSM-FM 100m, Zijl et al. (2022b)).

### 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](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 ECMWF 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
Dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1	2020	-	D-Flow FM versie 1.2.100.66357 (10 apr 2020)
dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j22_6-v1a	2022	-	D-Flow FM versie 2.21.10.76437 (18 aug 2022)

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 (2012 voor inspelen)		Zijl et al. (2023)
2006-2015	hist	periode 2006-2015 (2005 voor inspelen)		Zijl et al. (2023)

### 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 3D D-Flow FM schematisaties voor dit gebied.

#### j22\_6-v1a

De j22\_6-v1a is het uitgangspunt voor de toekomstige D-Flow FM schematisaties voor dit gebied. 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 plaat 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 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 plaatsafhankelijke bodemruwheid is overgenomen van de 2022 release van DCSM-FM 0.5nm. Eerder werd de bodemruwheid uit de 2020 release van dat model gebruikt.
- De verticale laagverdeling is aangepast van 20 equidistante sigma-lagen in de vorige release naar een combinatie van (a) maximaal 30 z-lagen met in neerwaartse richting toenemende laagdikte en (b) daarboven 20 equidistante sigma-lagen. In totaal worden maximaal 50 lagen in de vertikaal gebruikt, afhankelijk van de lokale bodemdpte.

### 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.

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, F., Groenenboom, J. (2021). 3D DCSM-FM Consolidatie z-sigma versie en uitlijnen met standaard settings. Deltares, memo 11206814-004-ZKS-0007, Delft.

Zijl, F., Zijlker, T., Laan, S., Groenenboom, J. (2022a): DCSM-FM 0.5nm: a sixth-generation model for the NW European Shelf, Deltares, 11208054-000-ZKS-0010.

*Zijl, F., Groenenboom, J., Laan, S., Zijlker, T. (2022b): DCSM-FM 100m: a sixth-generation model for the NW European Shelf, Deltares, 11205259-004-ZKS-0002.*

*Zijl, F., Zijlker, T., Laan, S., Groenenboom, J. (2023): 3D DCSM-FM: a sixth-generation model for the NW European Shelf, Deltares, 11205259-004-ZKS-0003.*





Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

## 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.

