

D-Flow FM 3D Oosterschelde



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 “netwerk”, 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 factsheets 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 het driedimensionale hydrodynamische model van de Oosterschelde binnen de D-HYDRO Suite. Het startpunt voor de ontwikkeling van het huidige D-Flow FM Oosterscheldemodel is de bestaande schematisatie (*dflowfm2d-oosterschelde-j23_6-v1a*) die in eerste instantie enkel voor tweedimensionale (2D) toepassingen beschikbaar was. Vanuit RWS-ZD werd de wens uitgesproken een model te ontwikkelen die ook driedimensionale (3D) berekeningen mogelijk maakt.

De naamgeving van het model is conform de naamconventies van Rijkswaterstaat (RWS) en de schematisatie heeft de aanduiding *dflowfm3d-oosterschelde-j23_6-v1a* gekregen.

Geografische ligging

De Oosterschelde is een estuarium in de provincie Zeeland, dat omgeven wordt door de schiereilanden Schouwen-Duiveland, Tholen, Zuid-Beveland en Noord-Beveland.

Aan de noordzijde, bij de Krammersluizen en Bergse Diepsluis, grenst de Oosterschelde aan het Volkerak-Zoommeer. In het oosten vormen de compartimenteringsdammen de scheiding met het Schelde-Rijnkanaal. Ook is de Oosterschelde in het oosten van het domein, via een afsluitbare doorlaat, verbonden met de Rammegors. Aan de zuidzijde is de Oosterschelde via het kanaal van Zuid-Beveland gekoppeld aan de Westerschelde en via doorlaatmiddel Katse Heule gekoppeld aan het Veerse Meer. In het westen is de Oosterschelde, via de geulen Schaar, Roompot en Hammen verbonden met de Noordzee. Deze geulen kunnen met de Oosterscheldekering worden afgesloten bij dreigend hoogwater of calamiteiten met verontreiniging.

Toepassingen

Deze modelschematisatie is ontwikkeld om te kunnen worden ingezet voor de onderstaande toepassingen:

1. Waterloopkundige aanpassingen en -onderhoud in het beheergebied
2. Waterkwaliteitsstudies (in combinatie met het nog te ontwikkelen waterkwaliteitsmodel)
3. (Operationele) waterstandsverwachtingen/bepaling werkbaarheid rondom Oosterscheldekering: simulatie van waterbeweging en stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden
4. Morfologische studies

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

1. Scheepvaartbegeleiding-doeleinde
2. Inundatieberekeningen
3. Operationeel waterbeheer van sluizen en stuwen
4. Berekening van waterverdelingsstudies

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

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit Watermanagementcentrum Nederland (WMCN) ten aanzien van waterberichtgeving over waterstanden, stromingen, berekening van stoftransport.
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS. Het model is hierbij met name relevant voor de operationele bepaling van stromingen.
3. Beleidsondersteuning en verkenning.
4. Nieuwe aanlegprojecten, zijnde o.a. natuurontwikkelingsprojecten, inpoldering, aanleg strekdammen en havens, etc.
5. 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 aparte factsheet van Baseline NL (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021). Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstspecificaties Invoer Baseline. De belangrijkste bron voor de boven water liggende gegevens is het Digitaal Topografisch Bestand (DTB)-NAT van RWS-CIV. Voor de onderwatergegevens wordt gebruik gemaakt van lodingen van de Meetdienst van RWS-CIV. De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven.

De geografische gegevens in Baseline worden via een automatische procedure geprojecteerd op het netwerk van de modelschematisatie. Dit betreft de bodemligging, locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen.

Rekenrooster

Het rekenrooster/netwerk bestaat uit een combinatie van het curvi-lineaire netwerk van het WAQUA-ScalOost-model (*Simona-Scaloost-fijn-exvd-1996-v1*) en het driehoekige netwerk uit eerdere zesde-generatie Oosterscheldemodellen (zoals *dflowfm2d-oosterschelde-j19_6-v2a*). Het resulterende netwerk kenmerkt zich door de relatief fijne, driehoekige cellen langs de randen van het domein (waaronder in havens) en langwerpige cellen in het midden van het gebied. Ter plaatse van de Oosterscheldekering worden rechthoekige rekencellen gebruikt waarmee de kering is uitgelijnd. Verder is in het opstellen van het netwerk rekening gehouden met de aansluiting op andere zesde-generatie D-Flow FM modellen: de Westerschelde, het Veerse Meer en het Volkerak-Zoommeer.

Doordat er onder invloed van het getij in de Oosterschelde relatief veel verticale menging van saliniteit en temperatuur plaatsvindt, is bij dit netwerk voor het 3D model gebruik gemaakt van een verticaal grid bestaande uit tien sigma-lagen (waarbij de lagen elk 10% van de lokale waterdiepte dik zijn). Uit onderzoek is gebleken dat het toevoegen van extra lagen niet of nauwelijks invloed heeft op de resultaten (Veldhuizen en van der Kaaij, 2024).

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-Flow FM modelschematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

De bodemhoogte is geprikt uit het bodemhoogtemodel van Baseline op de hoekpunten van de roostercellen. De hoogte op de flow links (gebruikt voor doorstroomoppervlak) is het gemiddelde van de aangrenzende hoekpunten. De hoogte op de waterstandspunten (gebruikt voor de volume berekening) is het minimum van de aangrenzende flow links. De modelbodemligging is afgeleid met behulp van een Baselineprojectie (*baseline-oosterschelde-j23_6-v1*; een clip uit *baseline-nl_land-j23_6-v1*).

Overlaten

In het model zijn vele tienduizenden overlaten aanwezig voor de schematisatie van steile gradiënten in de bodem. Deze worden automatisch uit de Baseline-schematisatie afgeleid.

Landgebruik en bodemruwheid

De aanwezige vegetatie in het gebied is met de ecotopenkaarten van RWS-CIV beschreven. Deze zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie. De bodemruwheid wordt met Manning-ruwheidscoëfficiënten beschreven. In de gebieden waar geen ruwheidsinformatie beschikbaar is, wordt een uniforme basisruwheid toegepast (in combinatie met een kalibratiepolygoon).

Kunstwerken

In de monding van de Oosterschelde ligt de Oosterscheldekering. Deze kering bestaat uit in totaal 62 schuiven die 62 stroomgaten af kunnen sluiten in geval van een stormvloed. De kering heeft een grote invloed op het gehele hydrodynamische gedrag van de Oosterschelde. De doorstroomoppervlakken van de stroomgaten zijn aanmerkelijk kleiner dan de doorstroomoppervlakken van de drie oorspronkelijke getijgeulen Hammen, Schaar en Roompot. Dit resulteert in lokaal hoge stroomsnelheden, ook in geopende toestand, en een verkleining van de getijslag in het gehele estuarium. Deze kunstwerken zijn in D-Flow FM model gemodelleerd als *general structure*.

Brugpijlers

Niet van toepassing.

Hoogwatervrije gebieden

Niet van toepassing.

Modelgrenzen

De modelgrens is, overeenkomstig met andere zesde-generatie Rijkswaterstaatmodellen, gebaseerd op de bandijk uit Baseline.

Modelkarakteristieken

Open randen

De locatie van de open randen van het model (aan de zeezijde) is identiek aan die van het vierde-generatie WAQUA-ScalOost-model. De randvoorwaarden langs deze open rand, de zogenoemde randpalenlijn, zijn afgeleid door de verhouding van het M2-getij en -fase uit de meetlocaties OS11 en OS14 te verschuiven. De tijdseries van de waterstanden op vierentwintig locaties langs de open randen zijn verkregen van RWS-ZD en komen overeen met die van het WAQUA-ScalOost-model. Deze randdefinities zijn door RWS-ZD aangepast door het toevoegen van een aantal extra steunpunten op de noord-, zuid- en westrand. Deze nieuwe randdefinities zijn overgenomen in de huidige modelopzet. Tijdreeksen van saliniteit- en temperatuur (uniform over de diepte) op de open randen zijn gebaseerd op de meetgegevens van het nabij de modelrand gelegen station OS4.

Laterale lozingen en onttrekkingen

Debiettijdseries voor Krammersluizen, Katse Heule, Bergse Diepsluis en Flakkeese Spuisluis zijn voor verschillende perioden door RWS beschikbaar gesteld (Tabel 1). De tijdseries zijn voor de grotendeels overlappende periode 2013 - 2019 in het domein gebruikt als lozingen/onttrekkingen. Voor de Flakkeese Spuisluis zijn de debieten in de periode dat het kunstwerk (nog) niet in werking was op nul gezet. Voor de locaties Bergse Diepsluis en Krammersluizen zijn constante saliniteit- en temperatuurwaarden van respectievelijk 0,5 psu en 12 °C opgelegd. Bij Katse Heule en Flakkeese Spuisluis, respectievelijk gelegen in het zoutere Veerse Meer en Grevelingenmeer, is voor een representatieve jaargemiddelde zoutgehalte van 30,5 psu en een temperatuur van 8 °C gekozen.

Tabel 1 Overzicht perioden van beschikbare debietmetingen bij de vier kunstwerken.

Locatie	Periode
Krammersluizen	2013 - 2019
Katse Heule	2013 - 2021
Bergsediepsluis	2013 - 2021
Flakkeese Spuisluis	2017

Meteo

Voor de meteoaansturing worden uurswaarden voor de luchttemperatuur, de luchtvochtigheid en de bewolgingsgraad van meetstation Vlissingen gebruikt, afkomstig van het KNMI. Windsnelheid en richting zijn de gemeten waarden te Brouwershavense Gat 2 (BG2). De meteorologische aansturing wordt uniform over het modeloppervlak toegepast.

Voor overige parameters die van belang zijn voor de meteorologische aansturing, zijn de standaardinstellingen voor D-Flow FM modelschematisaties gebruikt. Verder zijn de windparameters en de luchtdichtheid binnen de zesde-generatie D-Flow FM-modelschematisaties geüniformeerd naar: knikpuntrelatie met winddrag-coëfficiënten $1,4E-3$ (bij 7,8 m/s) en $2,75E-3$ (bij 30,85 m/s), en een luchtdichtheid van $1,2265 \text{ kg/m}^3$.

Zout en temperatuur

Transport van saliniteit en temperatuur wordt meegenomen in de modelberekening.

Kunstwerk (sturing)

Naast enkele eigenschappen van de Oosterscheldekering (zoals de breedte en hoogte van de schuif), worden in het model tijdseries van de schuifstanden gebruikt om de kunstwerken aan te sturen. De schuifstanden zijn afkomstig van RWS-ZD. In geval van een sluiting van de kering zullen de schuiven in het model niet volledig dicht zitten: in de schuifstanden zijn namelijk lekverliezen door de kering verwerkt. Dit lek is een parametrisatie die geënt is op het verkrijgen van de juiste waterstandsproducties bij een gesloten kering. Door het gebruik van de tijdseries van schuifstanden en drempelhoogtes, wordt de lekopening (welke alle lekverliezen omvat) vanzelf in het D-Flow FM-model meegenomen. De grootte van de lekopening bedraagt 1251 m^2 . Het verwerken van alle lekverliezen van de kering in een lekopening heeft onrealistische stromingspatronen in gesloten toestand tot gevolg.

Overige fysica

Verticale turbulentie wordt berekend op basis van het k- ϵ -model in D-HYDRO Suite.

Numerieke instellingen

In de 3D D-Flow FM modelschematisaties worden voor de zesde-generatie modellering basisinstellingen, de zogenoemde generieke specificaties, gebruikt. Dit betreft zowel numerieke als fysische parameters. De instellingen voor het D-Flow-FM Oosterscheldemodel zijn gebaseerd op de generieke instellingen voor D-HYDRO-modellen (Minns et al. (2023)).

Kalibratie

Methodiek

De bodemruwheid is eerder afgeregeld op basis van een data-model-vergelijking met de getijamplitude en -fase in het modeldomein van de 2D-modelschematisatie (*dflowfm2d-oosterschelde-j23_6-v1a*). De resulterende uniforme Manning-bodemruwheid met een waarde van $0,027 \text{ sm}^{-1/3}$ wordt ook in het huidige 3D D-Flow-FM Oosterscheldemodel toegepast.

Er heeft verder geen kalibratie of gevoeligheidsonderzoek plaatsgevonden op basis van een data-model-vergelijking van saliniteit en temperatuur. De hier eventueel bij/af te regelen parameters zijn nu ingesteld op de standaardinstellingen.

Resultaten

Niet van toepassing

Validatie

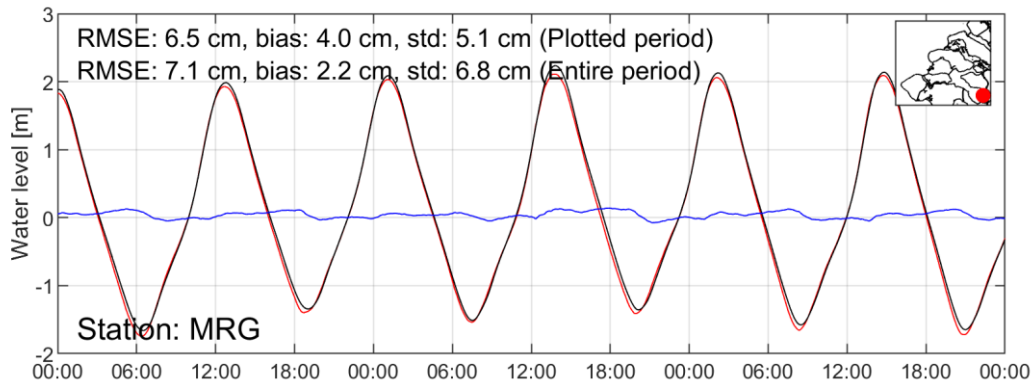
Methodiek

Het 3D model is naast validatie op waterstanden en op debieten ook getoetst op stroomsnelheden, saliniteit en temperatuur. Deze gegevens zijn voor een beperkte periode beschikbaar, waardoor is besloten om voor het D-Flow-FM Oosterscheldemodel een data-model-vergelijking te doen op basis van een jaarsom voor 2016.

Resultaten

Waterstanden

Ter illustratie is in Figuur 1 de berekende en gemeten waterstand in station Marollegat voor een willekeurige periode van drie dagen in 2016 weergegeven. In Tabel 2 wordt de nauwkeurigheid van het 3D D-Flow FM Oosterscheldemodel gepresenteerd op basis van de root-mean-square error (RMSE) bij diverse stations voor het hele jaar 2016. Deze is zowel berekend voor de gehele waterstand als voor het getij en de stormopzet. Met een gemiddelde RMSE van 6,1 cm voor de gehele waterstand kan het model de waterstanden over het hele domein goed berekenen.



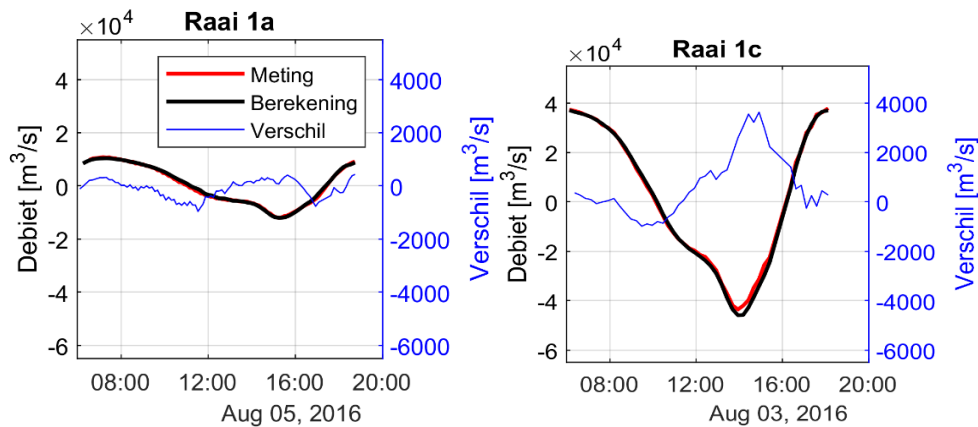
Figuur 1 Berekende (zwart) en gemeten (rood) waterstand in station Marollegat voor de periode 1-4 december 2016. De blauwe lijn geeft het verschil tussen het model en de meting weer.

Tabel 2 RMSE van waterstanden voor jaarsom 2016 met het 3D D-Flow FM Oosterscheldemodel met opsplitsing stormopzet, getij en totale waterstand.

Station	3D		
	Stormopzet [cm]	Getij [cm]	Totale waterstand [cm]
OS14	3,7	2,4	4,1
OS4	4,0	1,9	4,4
Roompot Buiten	3,0	2,2	3,7
Roompot Binnen	2,3	5,8	6,2
Stavenisse	4,8	4,1	6,3
Krammersluizen	5,5	4,7	6,8
Yerseke	4,1	5,6	6,9
Bergse Diepsluis West	6,5	6,3	8,9
Marollegat	4,1	6,3	7,1
Gemiddelde	4,2	4,4	6,1

Debieten

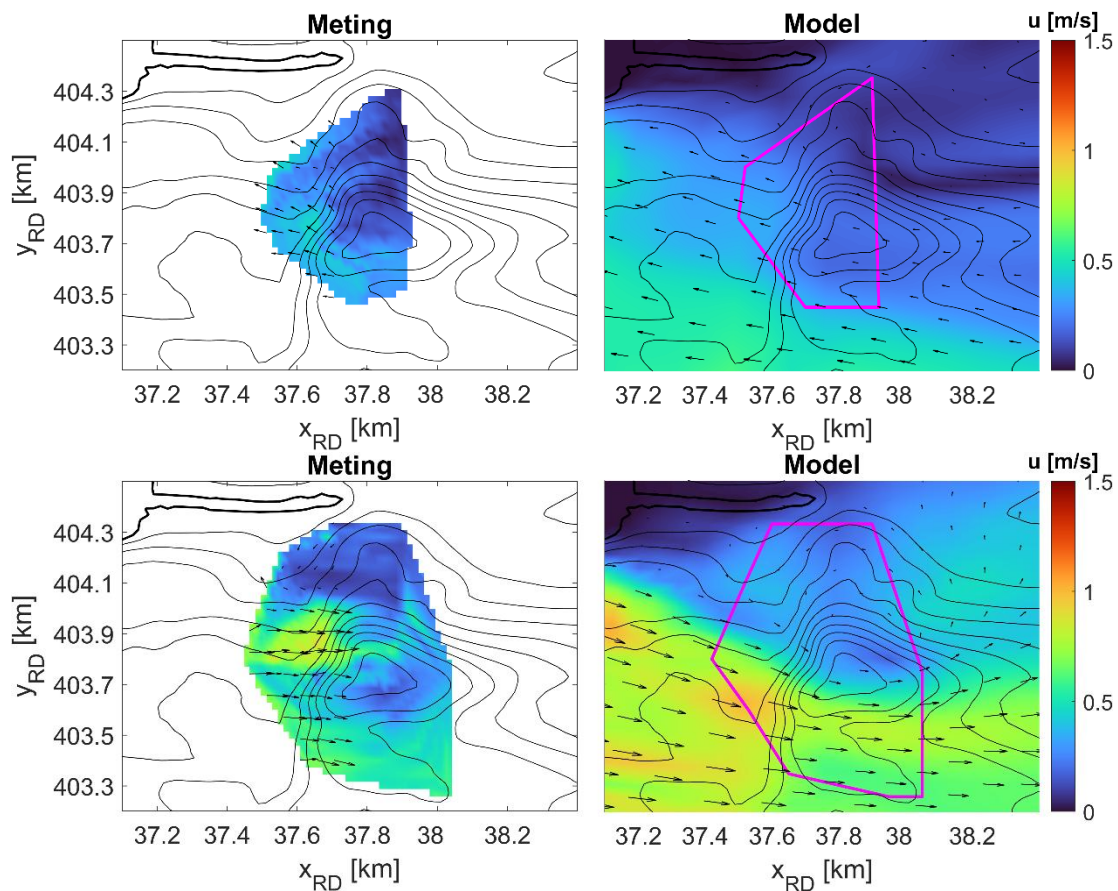
Figuur 2 toont twee voorbeelden (in de rapportage zijn meer figuren te vinden) van een debiettijdsreeks voor raai 1a (Hammen) en raai 1c (Roompot) in augustus 2016. Het 3D D-Flow FM Oosterscheldemodel kan de gemeten debieten goed reproduceren.

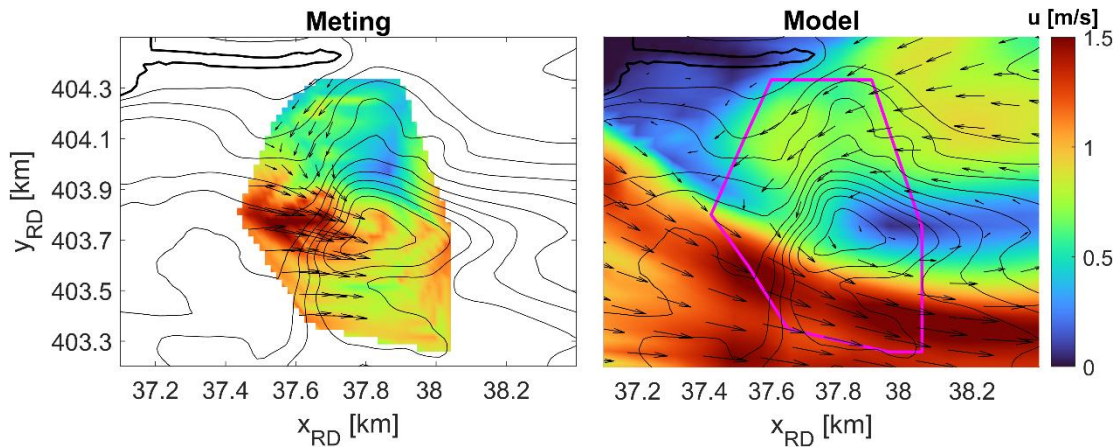


Figuur 2 Gemeten (rood) en berekende (zwart) debieten door raai 1a (nabij doorlaat Hammen) en raai 1c (nabij doorlaat Roompot)

Stroomsnelheden

Om het resultaat van de gemodelleerde stromingspatronen te kunnen toetsen, is een kwalitatieve vergelijking uitgevoerd tussen de gevaren ADCP-metingen ten oosten van de kering bij de Roompot en de modelresultaten uit het 3D D-Flow FM model. Om inzicht in deze stromingspatronen te krijgen zijn de meetgegevens geïnterpoleerd tussen de gevaren raaien. In Figuur 3 wordt een bovenaanzicht van de diepte-gemiddelde stroming gevisualiseerd voor drie tijdstippen op 22 juni 2016 tussen 10:00 uur en 16:00 uur. Over het algemeen laten de modelresultaten snelheden met een vergelijkbare order van grootte zien. De neer die zich ontwikkelt gedurende vloed en de bijbehorende snelheden worden goed door het model gerepresenteerd. De grootste afwijkingen ontstaan ter hoogte van het diepste deel van het gebied waar het verschil tussen de metingen en modelresultaten, tijdens opkomend water, toenemend groter worden.





Figuur 3 Vergelijking stroomsnelheden tussen varende ADCP-metingen (links) en het model (rechts) op 22 juni 2016 ten oosten van de Roompotkering op drie verschillende tijdstippen: 10:00 uur (bovenste figuur = laagwater), 13:00 uur (middelste figuur) en 16:00 uur (onderste figuur = hoogwater).

Saliniteit en temperatuur

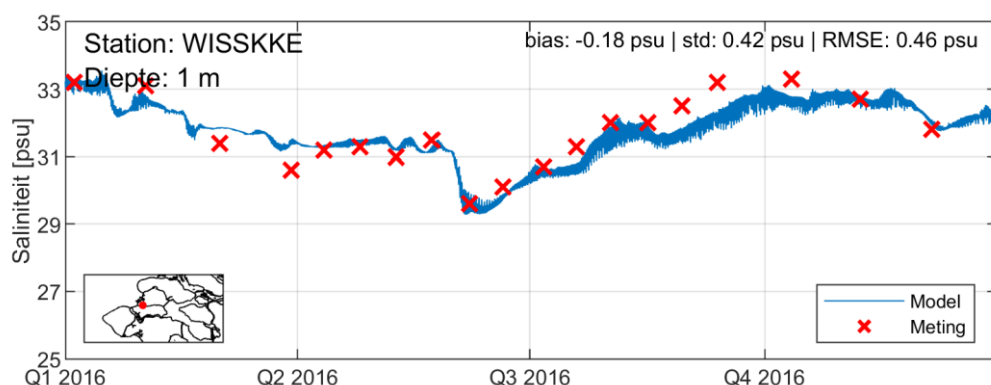
Met behulp van tijdseries en dwarsdoorsnedes zijn de berekende saliniteit en temperatuur voor jaarsom 2016 vergeleken met de beschikbare meetgegevens en -periodes. Deze vergelijking is zowel kwantitatief (bias, standaarddeviatie en RMSE) als kwalitatief uitgevoerd voor de locaties Wissenkerke, Zijpe, Plaat van Oude Tonge, Lodijsche Gat en Marollegat. Figuur 4 laat een voorbeeld van deze vergelijking zien bij station WISSKKE (Wissenkerke) op 1 m diepte. Voor de overige gegevens, figuren en statistiek wordt verwezen naar de rapportage (Veldhuizen en Kaaij, 2024).

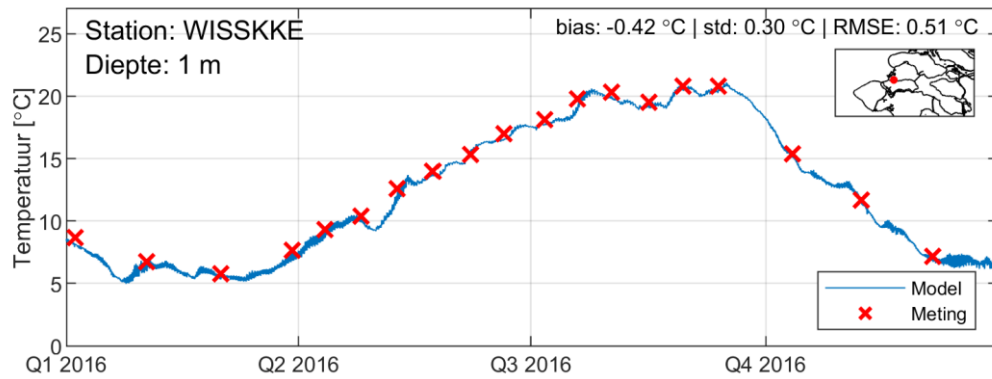
Uit de tijdreeks van de saliniteit blijkt dat bij Wissenkerke, Zijpe en Plaat van Oude-Tonge de magnitude en de seizoensvariatie over het algemeen goed door het model gereproduceerd worden (de gemiddelde bias over deze stations is voor de jaarsom 2016 -0.47 psu). De zoutere modelresultaten bij Lodijsche Gat en Marollegat suggereren dat een zoetwaterbron mist in de modelschematisatie. Onduidelijk is welke bron dit zou kunnen zijn. Door te starten met goede initiële condities, is een inspeeltijd van drie maanden voldoende gebleken.

Met een gemiddelde bias van -0.75 °C voor jaarsom 2016 is de overeenkomst tussen de gemeten en berekende oppervlaktetemperatuur over het algemeen goed. De oppervlaktetemperatuur wordt in de zomer iets onderschat door het model.

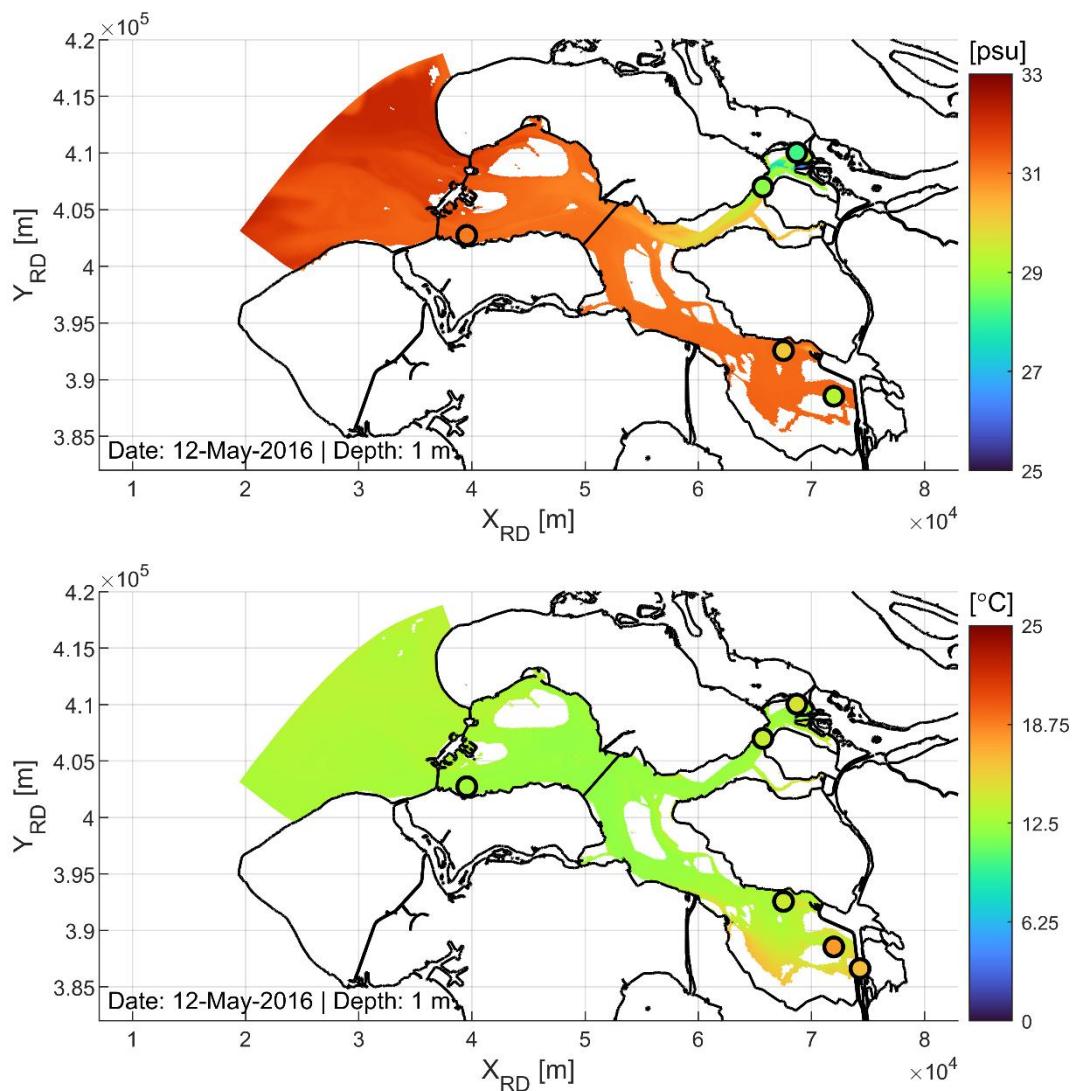
Tot slot worden in Figuur 5 bovenaanzichten van de Oosterschelde getoond van de saliniteit en de temperatuur in het modeldomein op een willekeurig moment in het jaar 2016 en voor een diepte van 1 m. In overeenstemming met de eerdere resultaten in deze paragraaf, zijn de verschillen in zoutgehalte en temperatuur tussen het model en de metingen groter in het oostelijk deel van het domein.

Daarnaast is uit een simulatie met een dubbel aantal verticale lagen (twintig in totaal) gebleken dat dit de gemodelleerde saliniteit en oppervlaktetemperaturen zeer beperkt beïnvloedt.





Figuur 4 Tijdseries van de berekende en gemeten saliniteit en temperatuur bij station WISSKKE (Wissenkerke) op 1 meter diepte.



Figuur 5 Bovenaanzicht van saliniteit (1 m onder het wateroppervlak) en temperatuur in het modeldomein op een willekeurig moment in het jaar 2016. De cirkels geven de gemeten waarden aan op de meetlocaties (van west naar oost): Wissenkerke, Zijpe, Lodijsche Gat, Plaat van Oude-Tonge en Marollegat.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Uit de data-model-vergelijking volgt dat het 3D D-Flow FM Oosterscheldemodel goed in staat is de waterstanden en debieten te reproduceren. Hierbij is uitgegaan van de randvoorwaarden zoals deze door RWS-ZD zijn aangeleverd. Het gemiddelde verschil tussen de gemeten en berekende waterstand (bias) is voor alle stations 1,5 cm, en de RMSE 6,1 cm. Deze kentallen zijn bepaald op basis van een simulatie voor het gehele jaar 2016.

De saliniteit- en temperatuurrandvoorwaarden zijn in het model gebaseerd op een nabijgelegen meetstation en daardoor uniform over de gehele zeerand. De waarden en seizoensvariatie van de gemodelleerde saliniteit komt over het algemeen goed overeen met de metingen: de gemiddelde bias over de meetstations is voor jaarsom 2016 -0,47 psu. De saliniteit bij stations Lodijsche Gat en Marollegat (welke zich in het oosten van de Oosterschelde bevinden) wordt door het model overschat. Mogelijk kunnen er meer nauwkeurige (meet)gegevens van saliniteit op worden gelegd, maar het is niet bekend of dit ook daadwerkelijk tot significant betere resultaten zal leiden. Met een gemiddelde onderschatting van 0,75 °C zijn ook de verschillen in de gemeten en berekende temperatuur klein. In de zomer wordt de oppervlaktetemperatuur iets onderschat.

Ook is gebleken dat het toevoegen van extra lagen in de verticaal niet of nauwelijks invloed had op de resultaten. Zo zijn voor de simulaties met tien en twintig lagen de statistische kengetallen van de totale waterstand voor jaarsom 2016 exact gelijk. Daarnaast is het verschil in bias van saliniteit en temperatuur tussen die twee simulaties erg klein.

Modelgebruik

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

- **Gebiedsinformatie:** Aanpassing aan gebiedsinformatie in principe enkel en alleen aanpassen in de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (zie Dienstspectificaties Invoer Baseline). Voor snelle tests naar mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de D-HYDRO GUI.
- **Netwerk:** bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan het netwerk 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 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.*
- **Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties (afvoerradien en/of uitvoerpunten) worden toegevoegd. Ten alle tijden dienen de reeds aanwezige uitvoerlocaties, die nodig zijn voor de correcte werking van het model, behouden te blijven (m.n. voor sturing kunstwerken en afvoerradien voor werking kalibratiefactoren).
- **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 simulaties zijn gedraaid op het Deltares h7-rekencluster¹. Op dit cluster bedraagt de gemiddelde tijdstap voor 3D berekeningen met het D-Flow FM-model 10,8 s met een rekentijd van 1,12 dagen per simulatiejaar.

Koppelingen en relaties met andere modellen

Bij het opstellen van het netwerk is rekening gehouden met de aansluiting op andere zesde-generatie D-Flow FM modellen: de Westerschelde, het Veerse Meer en het Volkerak-Zoommeer.

Praktisch gebruik van het model

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

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

¹ AlmaLinux 8, nodes met elk 48 kernen in 2 Intel Xeon Gold 6342 processoren, 384 GB geheugen per node, 2,8 GHz per kern, Gigabit Ethernet tussen nodes, node gelabeld als **Gold 6342 node**

De mappenstructuur van het D-Flow FM model is uitgelijnd met de generieke mappenstructuur voor D-HYDRO-modelschematisaties.

Beschikbare versies

Modelschematisaties

In de Release notes is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Modelschematisatie	Type	Jaar	Software	
			Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm3d-oosterschelde-j23_6-v1a	V/A	2024/ 2025	6.3	v2024.03

- 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 '**type**' model verwijst naar het gebruik van het model: K=kalibratie, V=validatie, A=actueel, B=beno, H=HR
- 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 het zesde-generatie 3D-Oosterscheldemodel.

Naam	Type	Beschrijving	Kenmerken	Referentie
Hindcast 2015-2019	hist	Randvoorwaarden voor de periode 2015-2019 Schuifstanden OSK voor gehele periode van 1990 – 2024 (Voor Lek gecorrigeerd)	- Waterstanden (t.p.v. de open rand) - Schuifstanden Oosterscheldekering - Meteo: Windsnelheid en -richting te BG2, Luchtvochtigheid, luchttemperatuur en bewolingsgraad te Vlissingen. - Debieten, saliniteit en temperatuur (Krammersluizen, Katse Heule, Bergse Diepsluis en Flakkeese Spuisluis) - Saliniteit en temperatuur open rand (op zee) o.b.v. OS4	Veldhuizen & Kaaij (2024)

Release notes

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

dflowfm3d-oosterschelde-j23_6-v1

In 2023/2024 is een nieuwe versie van het model (Veldhuizen & van der Kaaij, 2024) ontwikkeld. Er is gebruik gemaakt van een nieuw netwerk bestaande uit een combinatie van het grofmazige, curvi-lineaire netwerk van het WAQUA-ScalOost-model (*Simona-Scaloost-fijn-exvd-1996-v1*) en het fijnmazige, driehoekige netwerk uit de schematisatie *dflowfm2d-oosterschelde-j19_6-v2a*. Hierbij is zoveel mogelijk rekening gehouden met de eisen van diverse (eind)gebruikers van het model en de resultaten uit eerdere versies. Voor het verticale grid zijn tien sigma-lagen gebruikt. Er is tevens een simulatie met een dubbel aantal verticale lagen (twintig in totaal) uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat dit de gemodelleerde saliniteit en oppervlaktetemperaturen zeer beperkt beïnvloedt. Er is geen herkalibratie gedaan, maar wel een validatie middels een data-model-vergelijking voor 2016.

Referenties (alfabetisch)

Groenenboom, J., Plieger, R. (2022). *Release notes dflowfm2d-oosterschelde-j19_6-v2a*. Deltares, memo 11208054-007-ZKS-0001.

Minns, T., Spruyt, A., Kerkhoven, D. (2023). *Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO; Generieke technische en functionele specificaties (v1-2023)*. Deltares, rapport 11208053-012-ZWS-0002.

Rijkswaterstaat & Deltares (2021). *Factsheet Baseline-NL v2021-v1*.

Veldhuizen, R., van der Kaaij, T. (2024). *Ontwikkeling zesde-generatie Oosterscheldemodel (2D & 3D); Modelopzet en data-model-vergelijking*. Deltares, rapport 11210334-007-ZKS-0002



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.