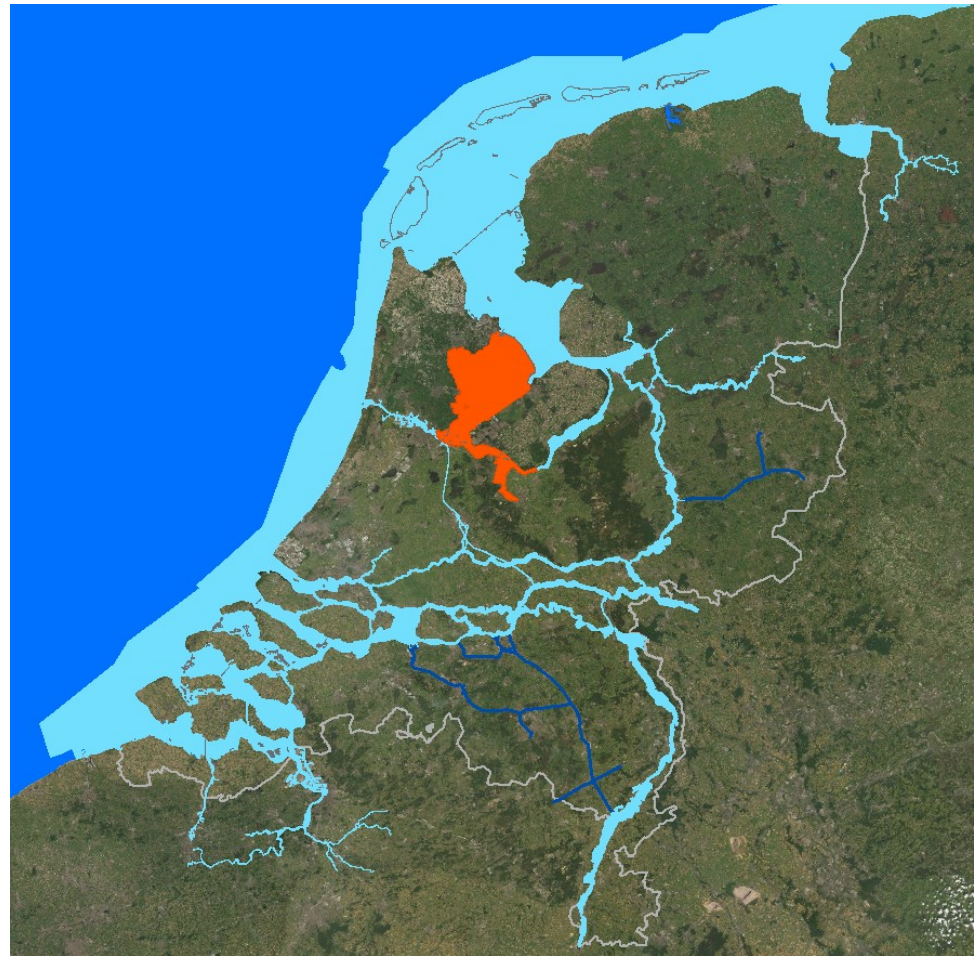




D-Flow FM 2D Markermeer 100m



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/

Introductie

Rijkswaterstaat maakt ten behoeve van haar kerntaken gebruik van verschillende modelschematisaties van de Rijkswateren en het Hoofdwatersysteem. Deze modelschematisaties worden o.a. ingezet voor de operationele verwachtingen, vergunningverlening, planstudies en het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium. Modelschematisaties omvatten toepassingen voor waterbeweging, golven, morfologie, waterkwaliteit en ecologie.

Deze factsheet geeft een kort en bondig overzicht van een bestaande modelschematisatie(s) (model-invoer) en de bijbehorende gebiedsschematisatie(s) voor het betreffende watersysteem. Elke factsheet start met een algemene inleiding voor een breder publiek met informatie over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Daarna volgen meer details over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen en is vooral bedoeld voor personen die beschikken over een modelleerachtergrond. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf "Referenties".

In deze factsheet wordt een beschrijving gegeven van het sneller 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamische model van het Markermeer binnen de D-HYDRO Suite. Dit sneller model is afgeleid van het 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamisch basis model voor het Markermeer door gebruik te maken van een minder fijnmazig rekenrooster. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie van het Markermeer omvat naast het Markermeer ook het IJmeer, de Gouwzee, het Gooimeer, het Eemmeer en rivier de Eem met zijn overloopgebied.

Het model grenst aan de volgende andere zesde generatie modellen:

- het D-HYDRO model van het Amsterdam Rijnkanaal / Noordzee kanaal bij het Oranjesluizencomplex in Amsterdam,
- de D-HYDRO modellen van het IJsselmeer en IJssel Vecht Delta bij de Houtribdijk waarin de Krabbersgatsluizen bij Enkhuizen en de Houtribsluizen bij Lelystad,
- het D-HYDRO model van de Veluwerandmeren bij Nijkerkersluis.

Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Toepassingen

De snellere 2D D-HYDRO modelschematisatie van het Markermeer is ontwikkeld voor onderstaande toepassing:

- ensemble berekeningen ten behoeve van operationele hoogwatervoorspelling.

De snellere 2D 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. Waterloopkundige aanpassingen in het beheergebied
2. Simulatie van dieptegemiddelde waterbeweging en dieptegemiddelde stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden
3. Morfologische en slib studies
4. Scheepvaartbegeleiding-doeleinden
5. Inundatieberekeningen
6. Operationeel waterbeheer van sluizen en stuwen (sturing van sluizen/stuwen op basis van waterstanden / stroming)
7. Berekening van waterverdelingsstudies
8. Gedetailleerde stofverspreidingsstudies waaronder temperatuur en zout/chloride

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

1. Watermanagement, waaronder de werkzaamheden vanuit WaterManagement Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over waterstanden, overstromingsdreiging (niet vrijgegeven voor berekening van stoftransport, olieverspreiding, oppervlaktestroming), met inachtneming dat de resultaten van het model sterk afhankelijk zijn van een juiste representatie van de wind.
2. Operationele toepassingen, zijnde het gebruik binnen de operationele systemen van RWS, het 2D model is hierbij met name relevant voor de operationele bepaling van waterstanden.

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. Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstspecificatie 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 rekenrooster van de modelschematisatie. Dit betreft de bodemligging, locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen.

Rekenrooster

Er is een uniform rekenrooster gebruikt met vierkante rekencellen van 100 m bij 100 m.

De modelschematisatie is een 2Dh weergave van het systeem en beschrijft de processen diepte gemiddeld. Er is daarmee slechts sprake van 1 verticale laag over de diepte. Het horizontale rekenrooster bestaat in totaal uit 81968 rekencellen.

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 geprikt uit het bodemhoogtemodel van Baseline op de hoekpunten van de roosterzellen. 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.

Overlaten

- In het model zijn vele 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 wordt met de ecotopenkaarten van RWS-CIV beschreven. Deze zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie.
- Voor de ruwheid van het Markermeer, IJmeer en de randmeren wordt een Manning ruwheid met een constante waarde van $0.0263 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gebruikt. Dit is een standaard waarde die aan meren wordt toegekend en komt overeen met de ruwheid die in het Onafhankelijk Onderzoek Markermeer (Waterloopkundig Laboratorium 1997) is gebruikt. De Eem krijgt een aparte ruwheid. Hiervoor wordt een Nikuradse ruwheid opgelegd met een standaardwaarde van 0.05. Deze waarde komt overeen met de waarde die in het WAQUA-model uit 2005 (Alkyon 2005) wordt gebruikt.

Kunstwerken

Er zijn geen kunstwerken in het gebied zelf opgenomen in het model (kunstwerken zoals de sluisen in de eilanden van IJburg zijn niet opgenomen omdat deze vrij kleinschalig zijn in verhouding tot het gehele gebied en de beoogde modeltoepassingen).

Brugpijlers

Brugpijlers worden in de modelschematisatie weergegeven door een lokaal verhoogde weerstand en zijn overgenomen uit de Baseline-database.

Hoogwatervrije gebieden

Er zijn geen hoogwatervrije gebieden aanwezig in het model. .

Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken.

Modelkarakteristieken

Open randen

Er zijn geen open randen.

Laterale lozingen en onttrekkingen

Op een aantal locaties wordt via spui- en schutsluisen water onttrokken of toegevoegd aan het watersysteem. Deze zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen.

Randvoorwaarden

Er zijn verschillende randvoorwaarden opgelegd.

Voor de validatie op waterstanden zijn dat:

- gemeten afvoeren voor bovenstroomse rand bij Eem afkomstig van het Waterschap Vallei & Veluwe,

- bij de vier (spui)sluizen in het Markermeer gebied (Nijkerkersluis, Oranjesluizen, Krabbersgatsluis en Houtribspuisluis) zijn afvoeren opgelegd zoals geleverd door RWS-CIV en Rijkswaterstaat West-Nederland Noord (RWS-WNN).

Meteo

Voor de de windforcering (richting en snelheid) zijn ruimtelijk variërende windvelden van het KNMI HARMONIE model gebruikt.

Zout en temperatuur

De invloed van temperatuur en zoutgehalte op de dichtheid van water wordt niet meegenomen in het model.

Kunstwerken (sturing)

Niet van toepassing.

Overige fysica

Niet van toepassing.

Numerieke instellingen

Er is voor het 2DH model afgeweken van de generieke instellingen (Minns ea. 2021) voor de zesde-generatie modelschematisaties: Windhuorzwsbased = 0 en Windpartialdry = 0, deze twee parameterinstellingen zijn specifiek van belang voor de Veluwerandmeren en zijn vanwege consistentie en aansluiting op de Veluwerandmeren overgenomen voor het Markermeer. Alle instellingen zijn hierbij hetzelfde als het 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamisch basis model voor het Markermeer (versie dflowfm2d-markermeer-j19_6-v2a) waar dit sneller model van afgeleid is behalve DtUser en DtMax. Om ook qua tijdstap sneller te kunnen rekenen op het minder fijnmazige rekenrooster zijn DtUser en DtMax ingesteld op 600 s.

Kalibratie

Het model is niet gekalibreerd, alleen gevalideerd.

Validatie en verificatie

Waterstanden - methodiek

Het sneller 2DH model is geverifieerd op waterstanden. Hierbij is een vergelijking gemaakt met gemeten waterstanden en met waterstanden berekend door het basismodel. De verificatie is uitgevoerd voor een stormperiode in januari 2018. Vanwege de dominante invloed van de wind in dit gebied, moet er in acht genomen worden dat de resultaten van het model sterk afhankelijk zijn van een juiste representatie van de wind in ruimte en tijd.

Waterstanden - resultaten

Uit de verificatie is gebleken dat de RMSE tussen berekende waterstand door het sneller model met minder fijnmazig rekenrooster en die door het basis model met fijnmazige rekenrooster gemiddeld over 53 uitvoerpunten van RWsOS Meren een waarde heeft van 0,9 cm.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Zie allereerst de voorgaande beschrijving. Voor waterstanden is getracht met de gebruikte historische stormperiode het sneller model te toetsen door verificatie op typisch te verwachten "normale" condities (en niet op extreme condities zoals binnen BOI).

Omdat nu maar één stormperiode is gebruikt voor de kwaliteitsbeoordeling wordt sterk aanbevolen meer praktische ervaring op te doen door dit snelle D-HYDRO model schaduw te draaien binnen een operationele setting van RWsOS Meren.

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. 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 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 snelle D-HYDRO modelschematisatie is zo'n 10 keer sneller dan het basismodel. Rekening op 1 core is zo'n 1,5 minuut voor het simuleren van 1 dag.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Dit sneller model is afgeleid van het 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamisch basis model voor het Markermeer (versie dflowfm2d-markermeer-j19_6-v2a).
- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van het Markermeer hieruit aangemaakt).
- Van het Markermeer is ook een 3D schematisatie beschikbaar (zie aparte factsheet).

Beschikbare versies

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm2d-markermeer_100m-j19_6-v2a	2022	6.3.0	2022.01_patch1

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

Hieronder volgt een overzicht van de beschikbare randvoorwaardensets:

Type	Naam	Beschrijving	Karakteristieke Wijdene	Referentie
hist	jan2018	Storm januari 2018 (2 dagen)	max 30 m/s (ZW → NW)	Genseberger (2022)

Release notes

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

dflowfm2d-markermeer_100m-j19_6-v2a

De basis voor deze modelschematisatie wordt gevormd door baseline-markermeer-j19_6-v2 (zie de factsheet van het zesde generatie (basis) model dflowfm2d-markermeer-j19_6-v2a van het Markermeer) en omschrijft zo goed mogelijk de situatie rond 2019. Uit deze Baseline 6 schematisatie is vervolgens de modelschematisatie afgeleid.

Referenties (alfabetisch)

Eijsberg – Bak, C. en Genseberger, M. (2021): *validatie D-HYDRO modelschematisaties Markermeer en Veluwerandmeren voor recentere perioden met HARMONIE*, Deltares memo 11206813-012-ZWS-0006.

Genseberger, M., C. Eijsberg-Bak, A. Fujisaki & C. Thiange (2019): *Ontwikkeling Zesde generatie Markermeer en Veluwerandmeren model*, Deltares rapport 11200569-009-ZWS-0013 (versie 3.1).

Genseberger, M. (2020): verbeteringen zesde-generatie D-Flow FM model Markermeer, Deltares memo 11205258-009-ZWS-0006.

Genseberger, M. (2021): Uniformering modelinvoer D-HYDRO modelschematisatie Markermeer, Deltares memo 11206813-012-ZWS-0004.

Genseberger, M (2022): Sneller 2DH D-HYDRO model Markermeer, Deltares rapport 11208053-007-ZWS-0003.

Minns, T., A. Spruyt & D. Kerkhoven (2021): Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO - Generieke technische en functionele specificaties. Deltares rapport 11206813-018-ZWS-0004.



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.