

# D-Flow FM 2D IJsselmeer IJssel-Vechtdelta 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:

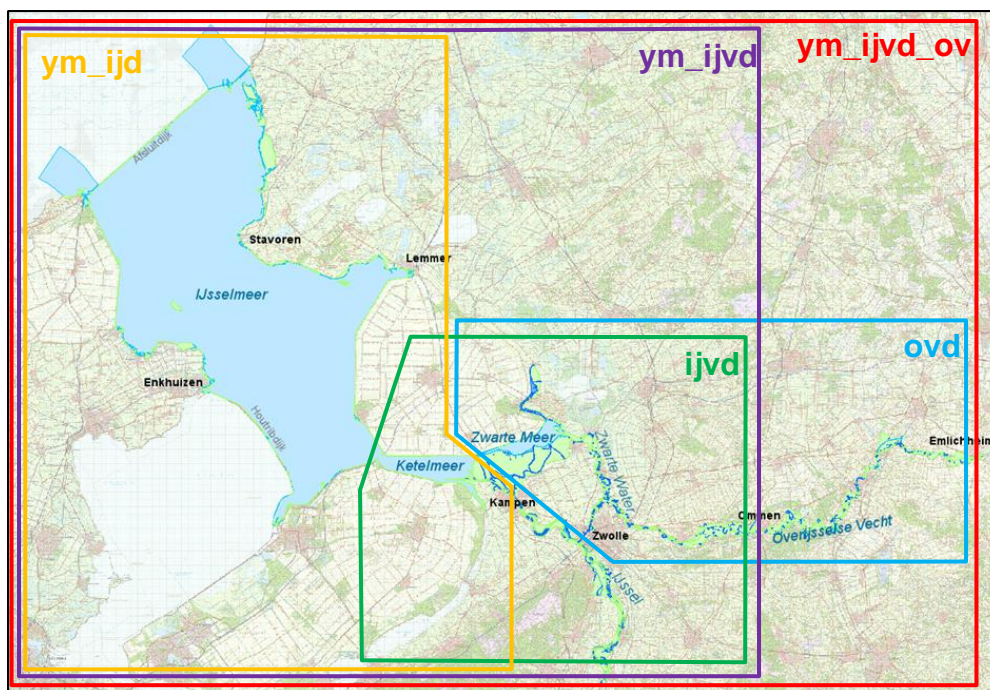
Voor vragen n.a.v. deze publicatie kunt u terecht bij het Informatiepunt Leefomgeving: [iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/](http://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/)

## 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 IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta (YM-IJVD) binnen de D-HYDRO Suite. Dit sneller model is afgeleid van het 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamisch basis model voor IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta (YM-IJVD) door gebruik te maken van een minder fijnmazig rekenrooster. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.



Figuur 1 Naamgeving van het IJsselmeer IJssel-Vechtdelta gebied

### Geografische ligging

De modelschematisatie van het **ym-ijvd** (Figuur 1) omvat het IJsselmeer, het Ketelmeer, het Vossemeer, het Reevemeer (het gedeelte van het oorspronkelijke Drontermeer ten noorden van de Reevesluis), het Zwarte Meer, het Vollenhovermeer, het Zwarte Water, de rivieren IJssel tussen Ketelmeer en Olst), de Overijsselse Vecht tussen Zwarte Water en Ommen en het Meppelerdiep.

Het model grenst aan de volgende andere zesde generatie modellen:

- het D-HYDRO model van de Rijntakken bij Olst (tussen Ketelbrug, Ramspolbrug en Olst is er overlap met het D-HYDRO model van de Rijntakken),
- het D-HYDRO model van de Overijsselse Vechtdelta bij Ommen (tussen Ramspolbrug en Ommen is er overlap met het D-HYDRO model van de Overijsselse Vechtdelta),
- het D-HYDRO model van het Markermeer bij de Houtribdijk waarin doorgangen via de Krabbersgatluizen bij Enkhuizen en de Houtribsluizen bij Lelystad,
- het D-HYDRO model van de Veluwerandmeren vanaf het Drontermeer bij de Reevesluis.

In het noorden, bij de Afsluitdijk grenst het model aan D-HYDRO modellen van de Noordzee en de Waddenzee. 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 YM-IJVD is ontwikkeld voor onderstaande toepassing:

- ensemble berekeningen ten behoeve van de 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 sluisen en stuwen (sturing van sluisen/stuwen op basis van waterstanden / stroming)
7. 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, de IJssel- en Overijsselse Vechtafvoer en de afvoer door de spuisluisen in de Afsluitdijk.
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 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, begrenzingen, ecotopenkartering, lijnelementen, kunstwerken en lateralen, uitvoerpunten en debietraaien.

### Rekenrooster

Voor het IJsselmeer is een uniform rekenrooster gebruikt met vierkante rekencellen van 100 m bij 100 m. Voor het andere gedeelte, ten oosten van de Ketelbrug is een minder fijnmazig rekenrooster verkregen door het fijnmazige, voornamelijk curvilineaire rekenrooster van het basis model te vergroven (met ca. een factor 2). Het horizontale rekenrooster bestaat in totaal uit 222.085 elementen (rekencellen) en 179.960 nodes (hoekpunten).

### 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 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.

#### Overlaten

- In het model zijn vele overlaten aanwezig voor de schematisatie van steile gradienten in de bodem. Deze worden automatisch uit de Baseline-schematisatie afgeleid maar moesten nog wel handmatig nagelopen en aangepast worden.



### Landgebruik en bodemruwheid

- De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaarten van RWS-CIV beschreven. Deze zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie.
- Het zomerbed van de rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in trajecten ingedeeld, waarbij de trajectgrenzen gevormd worden door overgangen in de samenstelling van het bodemmateriaal.
- Voor de ruwheid van het IJsselmeer wordt een Manning ruwheid met een constante waarde van 0.022 m<sup>1/2</sup>/s gebruikt. Voor de rest van de meren wordt een andere constante waarde van 0.0263 m<sup>1/2</sup>/s gebruikt. Dit is een standaard waarde die aan meren wordt toegekend en komt overeen met de ruwheid die in het Onafhankelijk Onderzoek YM-IJVD (Waterloopkundig Laboratorium 1997, zie ook E.1.7 in Genseberger, Eijsberg-Bak, Fujisaki & Thiange 2019) is gebruikt.

### Kunstwerken

- Drie stuwen op de Overijsselse Vecht (Vilsteren, Plaggenmars en Vechterweerd) zijn gemodelleerd als regelbare kunstwerken in het basis model met meer fijnmazig rekenrooster. Door lokaal een te hoge vereiste resolutie voor de sturing zijn Plaggenmars en Vechterweerd niet meegenomen in het sneller model.
- De Kadoelerkeersluis en de Meppelerdiepsluis worden bij hoge waterstanden gesloten. Gemaal Zedemuden is als pomp opgenomen direct naast de Meppelerdiepsluis.
- Stormvloedkering Ramspol sluit het Zwarte Meer af van het Ketelmeer bij hoogwater en een sterke noordwestenwind. Vanaf de dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2c is de sturing hiervan conform het standaard model (dflowfm2d-ym\_ijvd-j19\_6-v2b).
- Voor de Stevin sluizen en de Lorentzsluizen naar de Waddenzee bij de Afsluitdijk zijn vanaf de dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2b sturingsregels meegenomen. De spuidebieten worden in D-RTC berekend en vervolgens aan het hydraulische (flow) model opgelegd (Domhof, 2023).
- De Krabbersgatsluis en de Houtribsluizen bij de Houtribdijk naar het Markermeer, de Reevesluis naar het Drontermeer en de Spoldersluis aan het Zwolle-IJsselkanaal liggen op de rand van het model en zijn daarom niet als regelbare kunstwerken in de modellering meegenomen.

### Brugpijlers

De energieverliezen door brugpijlers worden gemodelleerd met een lokale weerstand.

### Hoogwatervrije gebieden

Hoogwatervrije lijnen en vlakken kunnen worden gebruikt om gebouwen in uiterwaarden te schematiseren en voor vergunningsvrije gebieden.

### Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken.

## **Modelkarakteristieken**

### Open randen

Er liggen bovenranden op de IJssel bij Olst, op de Overijsselse Vecht bij Ommen en op het Meppelerdiep bij Meppel. Hier worden afvoertijdreeksen (uurwaarden) toegepast.

### Laterale lozingen en onttrekkingen

Per groep van spuikokers wordt water onttrokken nabij de Stevin sluizen en de Lorentzsluizen op de Afsluitdijk. Hiervoor zijn voor de historische periodes metingen beschikbaar.

### Meteo

Voor 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.

### Overige fysica

- **Infiltratie:** om het leeglopen van de uiterwaarden te faciliteren in operationeel gebruik wordt er een infiltratie functionaliteit gebruikt. De infiltratie vindt plaats in een bepaald deel van het winterbed met een constante infiltratiesnelheid van 100 mm/dag (Fujisaki, 2023b).

#### 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 IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta. Alle instellingen zijn hierbij hetzelfde als het 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamisch basis model voor het IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta (versie dflowfm2d-ym\_ijvd-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 sneller model is afgeleid van het basis IJVD model met een meer fijnmazig rekenrooster. Dit (fijnere) basismodel is samengesteld uit een deel van het Rijntakken model (Olst-Ketelbrug) en een deel van het OVD model (Ommen-Ramspol). Deze delen zijn gekalibreerd en gevalideerd voor verschillende afvoerstandigheden. De resulterende kalibratie waarden zijn uit het Rijntakken en OVD model overgenomen in het IJVD model.

#### **Validatie**

##### 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 60 uitvoerpunten van RWsOS Meren een waarde heeft van 8,0 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:** Aanpassingen aan de gebiedsinformatie mogen in principe enkel en alleen verricht worden in de gebiedsschematisatie via Baseline. Dit m.b.v. Baseline maatregelen en dan door een projectie vanuit Baseline naar de invoer voor de modelschematisatie. Voor snelle tests naar een mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de D-HYDRO GUI (versie voor 2D3D).
- **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 (afvoerraaian 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 de sturing van kunstwerken en de afvoerraaian voor de 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. Rekentijd op 1 core is zo'n 30 minuten 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 IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta (versie dflowfm2d-ym\_ijvd-j19\_6-v2a
- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van het YM-IJVD hieruit aangemaakt).
- Van het IJsselmeer tot aan Roggebotsluis en Zwarte Water is een 3D schematisatie met zout beschikbaar.

#### Praktisch gebruik van het model

- Het model kan gerund worden via de opgeleverde DIMR-versie (Windows of Linux). Het runnen via de (2D3D) GUI van D-HYDRO is (praktisch) niet mogelijk. Het is wel mogelijk om het model in de 2D3D GUI te openen, maar daar worden nog niet alle functionaliteiten ondersteund.

### Beschikbare versies

Modelschematisatie	Type	Jaar	Software	
			Baseline	D-HYDRO Suite
<b>dflowfm2d-ym_ijvd_100m-j19_6-v2a</b>	A	2022	6.3.0	2022.02
<b>dflowfm2d-ym_ijvd_100m-j19_6-v2b</b>	A	2023	6.3.0	2023.01
<b>dflowfm2d-ym_ijvd_100m-j19_6-v2c</b>	A	2024	6.3.0	2024.03

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving. De dik gedrukte schematisaties zijn de vigerende versies. 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 '**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

Hieronder volgt een overzicht van de beschikbare randvoorwaardensets:

Type	Naam	Beschrijving	Karakteristieken Wijdenes
hist	jan2018	Storm januari 2018 (7 dagen)	max 24 m/s (NW) bij Rotterdamse Hoek

### Release notes

#### **dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2a**

De basis voor deze modelschematisatie wordt gevormd door baseline-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2 (zie de factsheet van het zesde generatie (basis) model dflowfm2d-ym\_ijvd-j19\_6-v2a van het IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta) en omschrijft zo goed mogelijk de situatie rond 2019. Uit deze Baseline 6 schematisatie is vervolgens de modelschematisatie afgeleid.

#### **dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2b**

In vergelijking met dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2a-versie heeft de v2b-versie:

- (1) vier sets initiële conditiebestanden voor waterstand, x- en y-snelheden (Fujisaki, 2023a),
- (2) infiltratiefunctie (Fujisaki, 2023b) en
- (3) nieuwe regeling op de laterale uitvoer (spuiranden) van de Afsluitdijk (Domhof, 2023).

Door het meenemen van infiltratie worden ook de piekwaterstanden op de LMW-meetstations lager. In het gedeelte van het model waar meerpeilcorrectie wordt toegepast, zal in operationele toepassing het ontbrekende watervolume naar verwachting worden gecompenseerd (door de meerpeilcorrectie).

### **dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2c**

In vergelijking met dflowfm2d-ym\_ijvd\_100m-j19\_6-v2b-versie heeft de v2c-versie een verbeterde sturing van de Ramspolkering. De sturing hiervan is nu conform het standaard model (dflowfm2d-ym\_ijvd-j19\_6-v2b).

### **Referenties (alfabetisch)**

*Alkyon. (2005): Uitbreiding WAQUA schematisatie Markermeer, fase 2.*

*Bak, C., Fujisaki, A. & Genseberger, M. (2022): D-HYDRO modelschematisatie IJVD. Modelopzet en eerst validatie. Deltares rapport 11206813-009-ZWS-0029\_v1.1*

*Bak, C., & Vlag, D. (1997): Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied, deel 5 WAQUA modellering, concept n24.*

*Domhof, B. (2023). Implementatie D-RTC Afsluitdijk IJsselmeer D-HYDRO modellen. Deltares memo 11209230-022-ZWS-0001.*

*Fujisaki, A. (2023a). Generating the standard initial condition for the IJVD D-HYDRO operational model. Deltares memo 11209233-007-ZWS-0009.*

*Fujisaki, A. (2023b). D-HYDRO testing of the infiltration feature with the IJVD model Version 2. Deltares memo 11209278-013-ZKS-0004.*

*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 (2022): Sneller 2DH D-HYDRO model IJsselmeer en IJVD, Deltares rapport 11208053-006-ZWS-0012.*

*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.*





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.

