

D-Flow FM 3D Markermeer



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: ipb.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 3D (driedimensionaal) hydrodynamische model van het Markermeer binnen de D-HYDRO Suite¹. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

¹ Op basis van de software module D-Flow FM 3D. Deze module heeft nog de beta status en daarmee heeft de modelschematisatie ook de beta status. Enige voorzichtigheid met de beoordeling van de resultaten is geboden.

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 (en sluit daar ook naadloos aan op) 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 3D D-HYDRO modelschematisatie van het Markermeer is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Waterloopkundige aanpassingen in het beheergebied
2. Simulatie van dieptegemiddelde waterbeweging en dieptegemiddelde stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden

De 3D 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 en slib studies
2. Scheepvaartbegeleiding-doeleinden
3. Inundatieberekeningen
4. Operationeel waterbeheer van sluizen en stuwen (sturing van sluizen/stuwen op basis van waterstanden / stroming)
5. Berekening van waterverdelingsstudies
6. 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, oppervlaktstroming), 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.
3. Beleidsondersteuning en verkenning, waaronder het bepalen van waterstanden voor het toetsen en het ontwerpen van dijken.
4. Effectbepaling van maatregelen, bijvoorbeeld waterloopkundige aanpassingen in het gebied zoals bijvoorbeeld verruiming/verdieping, dijkverlegging, aanpassing strekdammen.
5. Nieuwe aanleg projecten, zoals natuurontwikkelingsprojecten, inpoldering, aanleg strekdammen en havens, etc.

snellheden, tracers en temperatuur

Voor toepassingen waarbij het om orde grootte effecten gaat en in het open water op delen van het Markermeer met weinig diepte variatie is het geschikt om in te zetten, denk daarbij aan tracer studies voor verblijftijden en modellering van de natuurlijke watertemperatuur.

Voor andere toepassingen zal het D-HYDRO model eerst verder verbeterd en of uitgebreid moeten worden. Een dergelijke verbetering valt of staat met de forcering van het waterbewegingsmodel: hiervoor zijn betere gegevens nodig van de wind, met voldoende spatiele en temporele resolutie.

Specifiek voor toepassingen met slib en waterkwaliteit zal dit model in 3D verder uitgebreid en gevalideerd moeten worden met stoftransport en golven. Daartoe zal het voorspellend vermogen van het model voor transportverschijnselen op het Markermeer verder nagegaan moeten worden, hierbij kan remote sensing van toegevoegde waarde zijn voor het beoordelen van verspreidingspatronen.

Voor toepassingen in diepere putten en/of vaargeulen zal het model in 3D specifiek verder aangepast/verbeterd moeten worden (afhankelijk van processen die daarvoor van belang zijn zoals microstratificatie en dichtheidsstromingen).

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 (zie ook links in Figuur 1), locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen.

Rekenrooster

Voor de roostergeneratie is een aanpak gehanteerd die rekening houdt met belangrijke aspecten: vereiste resolutie bij de kust en het verminderen van het aantal rekencellen met behoud van nauwkeurigheid en gebruik van driehoekige rekencellen voor modelleerflexibiliteit (zie ook rechts in Figuur 1). Ondermeer door het volgen met het rekenrooster van de onregelmatige kustlijn, een zogenaamd boundary fitted rekenrooster, waarbij maatregelen zoals Marker Wadden een hogere resolutie meekrijgen en er een geleidelijke overgang tussen roostercellen is van 50 m resolutie bij de rand naar 400 m in het midden van het Markermeer. Het zomerbed van de rivier de Eem wordt gevolgd door langgerekte curvilineaire rekencellen (met een lengte van 50 m) die ingebed zijn in de driehoekige rekencellen.

De modelschematisatie is een 3D weergave van het systeem en beschrijft de processen diepte-afhankelijk. In verticale richting wordt het rekenrooster beschreven door 7 sigma-lagen. In (Genseberger & Bijlsma 2020) zijn ook andere laagverdelingen in de verticaal beschouwd (zowel aantal lagen als de soort, sigma en z-sigma lagen). Het horizontale rekenrooster bestaat in totaal uit 335141 elementen (rekencellen) en 171000 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 (zie ook links in [Figuur 1](#))

- 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

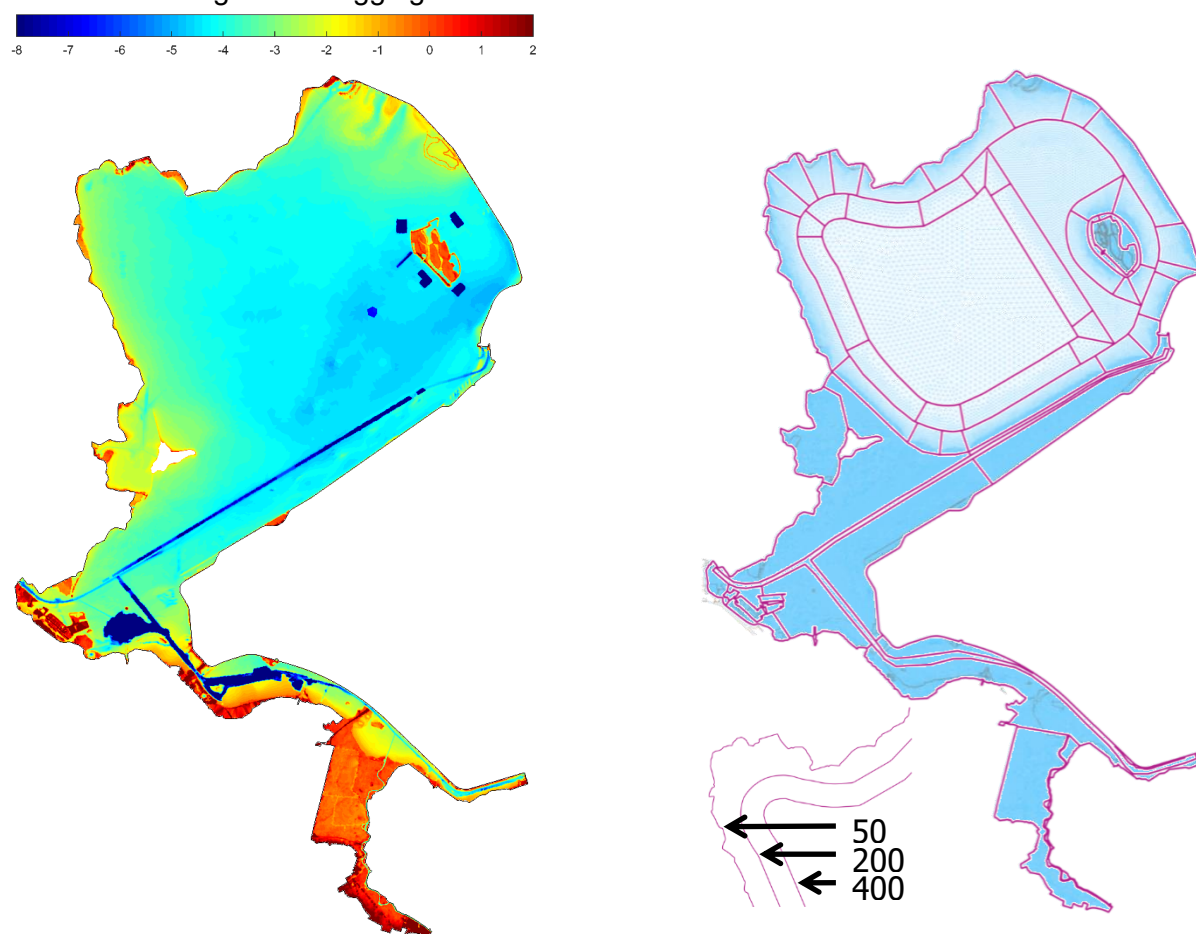
- In het model zijn vele overlaten aanwezig voor de schematisatie van steile gradienten in de bodem. Deze worden automatisch uit de Baseline-schematisatie afgeleid.

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). Wel zijn er kunstwerken uitgelijnd met het rooster op de randen van het modelgebied (maar zonder sturingsmechanismen vanuit het model), zie daarvoor aan het einde bij onderdeel "Geografische ligging".



Figuur 1 Bodemhoogte in m +NAP voor modelversie dflowfm2d-markermeer-j19_6-v1b (links) en rekenrooster met in roze de lijnen waarmee de rekencellen zijn uitgelijnd met onderaan voorbeeld (voor gebied Hoornse Hop bij Hoorn) van de lokale resolutie van de rekencellen (rechts).

Brugpijlers

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

Hoogwatervrije gebieden

Het model bevat geen hoogwatervrije gebieden.

Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken.

Modelkarakteristieken

Open randen

Het model bevat geen open randen.

Laterale lozingen en onttrekkingen

Op een aantal locaties wordt via spui- en schutsluizen 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, Krabbersgat sluis 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) invoer gebruikt op basis van uniforme tijdreeksen van KNMI meetstation Houtribdijk (uniform over het hele oppervlak)

Voor de verificatie op stroomsnelheden zijn windgegevens gebruikt zoals gemeten op meetpaal FL42.

Zout en temperatuur

Voor de verificatie op temperatuur zijn etmaal gemiddelde gegevens van het KNMI gebruikt voor Schiphol voor de grenslaag tussen atmosfeer en water (relatieve luchtvochtigheid, temperatuur in de lucht en wolkbedekking).

Kunstwerken (sturing)

Niet van toepassing.

Overige fysica

Niet van toepassing.

Numerieke instellingen

Er is voor het 3D model afgeweken van de generieke instellingen (Minns ea. 2021) voor de zesde-generatie modelschematisaties. De belangrijkste afwijking is voor de beschrijving van de wind op het grensvlak tussen atmosfeer en wateroppervlak. Hiervoor wordt een trapjeslijnformulering (Bak & Vlag 1997) gehanteerd die is gedefinieerd door $C_{dbreakpoints} = [0.00136673, 0.0039]$ en $Windspeedbreakpoints = [7.77886 \text{ m/s}, 50 \text{ m/s}]$ (afwijkend van generieke instellingen maar wel hetzelfde als voorheen gebruikt voor WAQUA model voor Markermeer).

Er is een 3D model met 2020 modelinstellingen ("f20") beschouwd: dit model is gebaseerd op de modelinstellingen van het hierboven dieptegemiddelde 2Dh model. Dit is in (Genseberger & Bijlsma 2020) vergeleken met een 3D model met 2012 modelinstellingen ("f12"): dat model is gebaseerd op de modelinstellingen zoals gebruikt in Delft3D-FLOW voor het Markermeer slibmodel (van Kessel ea. 2009).

Validatie en verificatie

Stroomsnelheden en waterstanden - methodiek

Het model is in 3D geverifieerd op waterstanden en stroomsnelheden. Voor de waterstanden is gebruik gemaakt van de stormperiode in januari 2007 (zoals ook gebruikt voor het model in dieptegemiddelde mode). Voor de stroomsnelheden is vergeleken met veldmetingen door ADCP's op meetpalen FL42, FL50, FL52 en FL54 tijdens het luwte experiment bij Warder uit 2011.

Stroomsnelheden en waterstanden - resultaten

Bij de verificatie in 3D op waterstanden en stroomsnelheden is het volgende gebleken:

- De waterstanden zoals berekend door het nieuwe 3D D-HYDRO model met de 2012 modelinstellingen liggen het dichtst bij de gemeten waarden. Naar alle waarschijnlijkheid omdat de windschuifspanningscoëfficiënt hiervoor gekalibreerd is (in combinatie met de gehanteerde

bodemruwheid). De respons in 3D met 2020 modelinstellingen is wat minder goed dan met de 2012 modelinstellingen maar wel een verbetering op het D-HYDRO model in diepte gemiddelde mode.

- Ook voor snelheden geeft het nieuwe 3D D-HYDRO model met de 2012 modelinstellingen de beste resultaten. Dit komt door de gehanteerde windschuifspanningscoëfficiënt en bodemruwheid. Voor de beschouwde locaties, op open water op delen van het Markermeer met weinig diepte variatie, doet de verticale laagverdeling er niet zo heel veel toe en kan volstaan worden voor het 3D gedrag met 7 sigma lagen. De belangrijkste openstaande vraag daarbij is hoe met een ruimtelijke variërende windforcering, die beter overeenkomt met de werkelijke situatie, de gemodelleerde stroombeelden eruitzien.

Temperatuur - methodiek

Het model is in 3D geverifieerd op temperatuur. Aan de twee meetreeksen op verschillende diepten is echter te zien dat de temperatuur in de verticaal weinig varieert bij meetpaal FL42 waar gemeten is: er is weinig gelaagdheid.

Temperatuur - resultaten

Door de verificatie op temperatuur is het volgende gebleken: het D-Flow FM model is zonder verdere aanpassing geschikt voor modellering van de natuurlijke watertemperatuur in het Markermeer in 3D.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Zie allereerst de voorgaande beschrijving. Voor waterstanden is getracht met de drie gebruikte historische stormperiodes het model te toetsen door validatie op typisch te verwachten “normale” condities (en niet op extreme condities zoals binnen BOI).

In het algemeen wordt daarom aanbevolen ter verdere toetsing en verbetering van nauwkeurigheid en modelonzekerheid om

- voor een aantal deelgebieden (waaronder die rondom IJburg, Marker Wadden, vaargeul van Amsterdam naar Lelystad en zandwinputten) geregeld actualisaties van het model uit te voeren omdat deze deelgebieden sterk in ontwikkeling zijn,
- te zorgen voor goede gegevens om het gebied rondom de Eem te kunnen actualiseren en valideren (dit is nog niet eerder gedaan) en
- de lokale geometrie (inclusief bodemhoogte) vlakbij de oeverlijn (waaronder De Blocq van Kuffeler) meer in detail na te lopen.

Specifiek voor toepassingen in driedimensies 3D met slib en waterkwaliteit zal dit model verder uitgebreid en gevalideerd moeten worden met stoftransport en golven.

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 (afvoerraaien 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 afvoerraaien 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

Voor het model in 3D met 7 σ -lagen is dit zo'n 12 minuten voor een dag simulatie binnen een langere simulatieperiode.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van het Markermeer hieruit aangemaakt).
- Het rooster van het Markermeer sluit aan op het rooster van de Veluwerandmeren (Nijkerkersluis), het IJsselmeer (Houtribdijk) en het Noordzeekanaal – Amsterdamrijnkanaal (Oranjesluizen).
- Van het Markermeer is ook een 2D schematisatie beschikbaar (zie aparte Factsheet).

Beschikbare versies

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i12	2020	5.3.0	2020.04
dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i20	2020	5.3.0	2020.04

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	okt2006	Storm oktober 2006 (7 dagen)	max 14 m/s (NNW)	Genseberger et al (2019)
hist	jan2007	Storm januari 2007 (4 dagen)	max 20 m/s (Z → W)	Genseberger et al (2019)
hist	dec2011	Storm december 2011 (7 dagen)	max 18 m/s (Z → W)	Genseberger et al (2019)

Release notes

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

dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i12 en dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i20

De basis voor deze modelschematisaties wordt gevormd door dflowfm2d-markermeer-j19_6-v1a en beschrijft zo goed mogelijk de situatie van 2019. In deze schematisaties zijn nieuwe gebiedsgegevens (volgens het reguliere pad zoals beschreven bij "Geografische brongegevens") meegenomen van ondermeer IJburg, Marker Wadden en Trintelzand.

Er is een 3D model met 2020 modelinstellingen (dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i20): dit model is gebaseerd op de modelinstellingen van het hierboven genoemde dieptegemiddelde 2Dh model. Dit is in (Genseberger & Bijlsma 2020) vergeleken met een 3D model met 2012 modelinstellingen (dflowfm3d-markermeer-j19_6-v1a_i12): dat model is gebaseerd op de modelinstellingen zoals gebruikt in Delft3D-FLOW voor het Markermeer slibmodel (van Kessel ea. 2009).

Referenties (alfabetisch)

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

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

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. & A. Bijlsma (2020): D-HYDRO model Markermeer - 3D hydrodynamica: modelopzet en verificatie, Deltares rapport 11205258-015-ZWS-0007.

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.

van der Mheen, M. (2013): Markermeer WAQUA model 5de generatie – Modelopzet en validatie, Deltares rapport 1207880-009-ZWS-0007.

van Kessel, T., G. de Boer & P. Boderie (2009): Calibration suspended sediment model Markermeer, Deltares report 1200148.

Waterloopkundig Laboratorium (1997): Onafhankelijk onderzoek Markermeer, fase 1b-2 - Bouw Delft2D systeem.



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.