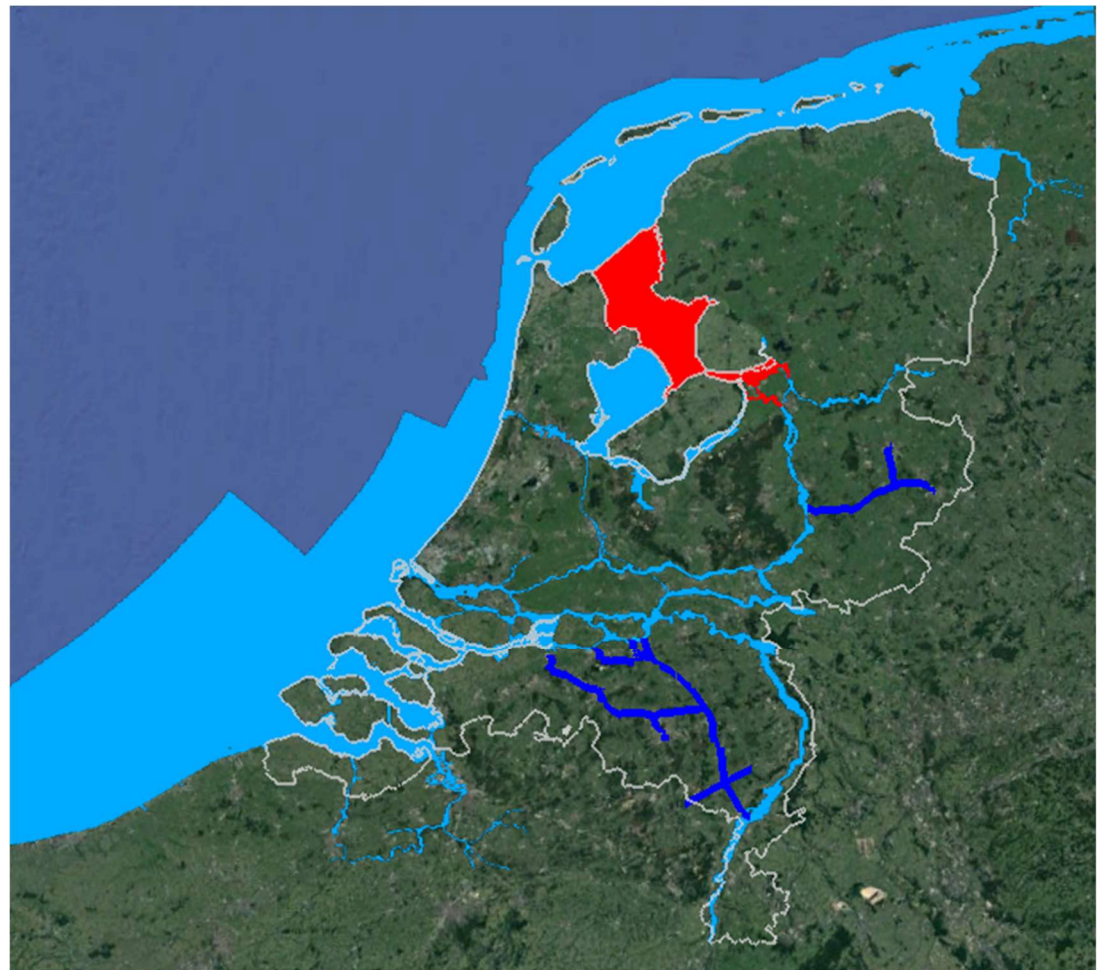


SWAN-IJsselmeer-IJsselvechtdelta-Reevediep



Modelschematisaties zijn numerieke wiskundige modellen van het watersysteem. Voor de uitvoering van haar kerntaken rondom de Nederlandse hoofdwatersystemen gebruikt en ontwikkelt Rijkswaterstaat modelschematisaties, voor onder andere waterbeweging (hydrodynamica) en golven.

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 golfmodellen zijn gebaseerd op SWAN (Simulating Waves Nearshore), de spectrale rekensoftware voor het berekenen van windgedreven golven in kustgebieden, estuaria, meren en rivieren.

Contactgegevens:

Voor vragen n.a.v. deze publicatie kunt u terecht bij IPLO, het informatiepunt leefomgeving:
<https://www.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 SWAN-golfmodel van het IJsselmeer, IJsselvechtdelta en het Reevediep dat ingezet kan worden voor operationele verwachtingen. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie bevat het IJsselmeer, Ketelmeer, Vossemeer, Reevediep, Zwartemeer en delen van de IJssel (benedenstrooms van Spooldersluis, Zwolle) en het Zwarte water (benedenstrooms van de brug bij Hasselt). Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Toepassingen

De SWAN modelschematisatie is ontwikkeld voor onderstaande toepassing:

1. Voor operationele toepassing om bij zwaar weer en/of hoog water verwachtingen van golfoploop af te kunnen geven.

De SWAN-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 slibstudies
2. Scheepvaartbegeleiding/adviserings doeleinden
3. Golfberekeningen in havens (SWAN is niet geschikt om diffractie van de golven te berekenen)

RWS heeft daarom, rekening houdend met het bovenstaande, deze actuele (jxx) modelschematisatie vrijgegeven voor gebruik voor operationele toepassingen binnen de volgende kerntaken bij Rijkswaterstaat:

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit WaterManagement Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over golven en golfoploop.
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS.

Geografische brongegevens

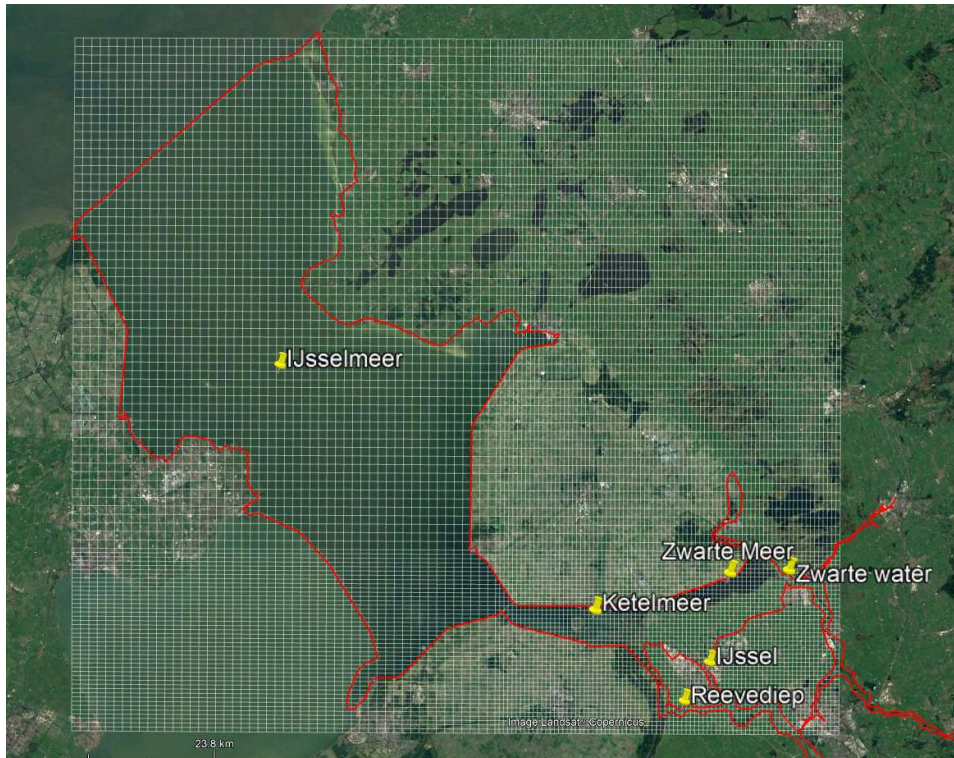
De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisatie van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een speciale ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de aparte factsheet van Baseline NL (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021). Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de 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, obstakels, locaties van uitvoerpunten, en begrenzingen.

Rekenrooster

Operationele toepassing

Het rekenrooster heeft een ruimtelijke resolutie van 80 m op het grootste deel van het IJsselmeer en 40 m op de rest van het gebied. Het rooster is niet geroteerd ten opzichte van de startcoördinaten (131440, 502320 in RD coördinaten) en heeft 1317 x 1040 cellen waarvan 293875 actieve roosterpunten. Vanwege de ruimtelijk variërende resolutie is het rekenrooster als kromlijng rooster gedefinieerd.



Figuur 1 Rekenrooster swan-ym_ijv_rd, elke 10e roosterlijn

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 SWAN-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

- De bodemhoogte is geprikt uit het bodemhoogtemodel van Baseline op de hoekpunten van de roostercellen.

Obstakels

- In het model zijn 933 obstakels aanwezig voor de schematisatie van steile gradienten in de bodem. Dit is een handmatige selectie op basis van ingeschatte relevantie, uitgaande van het te grote (orde 23.000 obstakels) obstakelbestand dat automatisch uit de Baseline-schematisatie wordt afgeleid.

Landgebruik en bodemruwheid

- Voor de SWAN modelschematisatie wordt geen rekening gehouden met landgebruik.
- De bodemruwheid heeft een uniforme waarde voor de JONSWAP wrijvingscoëfficiënt van $C_f=0.038 \text{ m}^2/\text{s}^3$.

Kunstwerken

Er zijn geen kunstwerken in het gebied zelf opgenomen in het model. Om de Ramspolkering in gesloten toestand te schematiseren moet een alternatief obstakelbestand toegepast worden dat ook meegeleverd is met de modelschematisatie. Het heet 'swan-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_rwsos_v2_ramspoldicht.fwx'. Het is aan RWSOS om een trigger in te bouwen om het juiste obstakelbestand toe te passen.

Brugpijlers

Er zijn geen brugpijlers meegenomen in de SWAN-modelschematisatie.

Hoogwatervrije gebieden

- Hoogwatervrije gebieden worden meegenomen in de bodemhoogte.

Modelgrenzen

- De gesloten modelranden worden gevormd door banddijken.

Modelkarakteristieken

Open randen/ Golfrandvoorwaarden

Er worden geen spectrale golfrandvoorwaarden opgelegd, dus ook niet op de open randen van het model op de IJssel (ter hoogte van Zwolle enkele honderden meters benedenstrooms van de A28) en het Zwarte Water (ter hoogte van de brug bij Hasselt).

Laterale lozingen en onttrekkingen

SWAN maakt geen gebruik van lozingen en onttrekkingen.

Meteo

- *Operationele toepassing:* Voor operationeel gebruik binnen RWsOS wordt gebruik gemaakt van ruimtelijke en tijds-afhankelijke windvelden in netcdf formaat, gebaseerd op KNMI's meteorologisch model HARMONIE maar aangepast naar pseudowind om rekening te houden met de winddrag formulering van SWAN (Wu met afkapping bij 30 m/s).

Waterstanden

- *Operationele toepassing:* Waterstanden zijn afkomstig uit het operationele waterbewegingsmodel (WAQUA of D-HYDRO).

Stroming

- De invloed van stroming wordt niet meegenomen in de modelschematisaties.

Zout en temperatuur

- Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisaties.

Kunstwerken (sturing)

- Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisaties

Overige fysica

- Er wordt rekening gehouden met golfvoortplanting, golfgroei, refractie, diepte-geïnduceerd breken, whitecapping, bodemwrijving en drie-golf en vier-golf wisselwerkingen (Deltares, 2021b).
- *Operationele toepassing:* quasi-stationair, 0.08 – 2.0 Hz, 10° bins, van der Westhuysen whitecapping en breken; winddrag volgens afgekapte Wu (> 30 m/s).

Numerieke instellingen

- Er wordt gebruik gemaakt van de instellingen zoals vastgesteld in (Deltares, 2021).

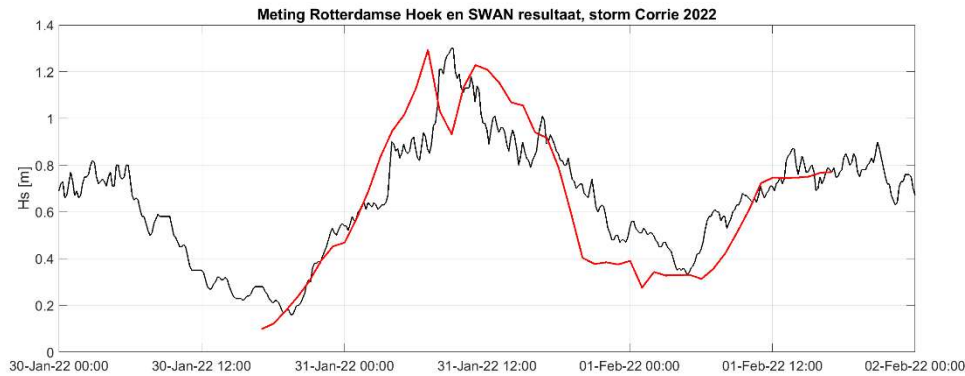
Kalibratie

Het model is niet gekalibreerd. Wel is aan de hand van diverse gevoeligheidsberekeningen de ruimtelijke resolutie (combinatie van 40 m x 40 m in IJVD gebied en 80 m x 80 m op het IJsselmeer) geselecteerd.

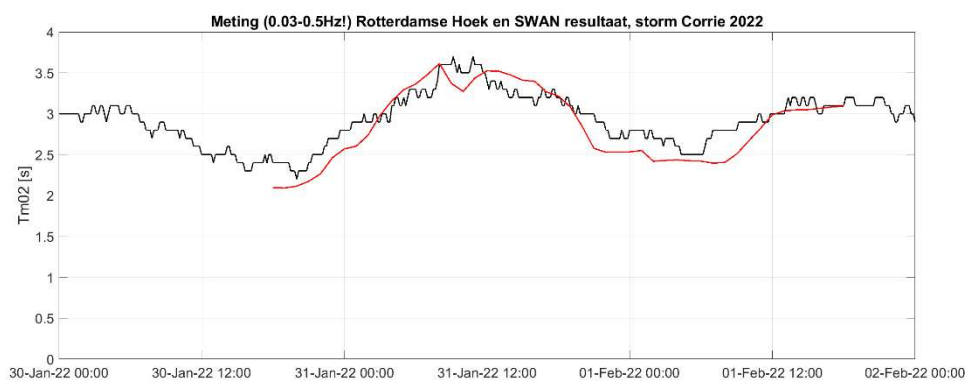
Validatie en verificatie

Golven - methodiek

Als validatie is de storm Corrie van 31 januari tot en met 1 februari 2022 gesimuleerd en de modeluitkomsten zijn vergeleken met de enige beschikbare golfmeting op het IJsselmeer, te weten Rotterdamse Hoek. Figuur 2 en Figuur 3 geven de vergelijking tussen respectievelijk de berekende en gemeten golfhoogte en -periode. De waarden komen relatief goed overeen voor zowel de golfhoogte als de golfperiode. De meetdata is te beperkt om nauwkeurig het model te valideren, maar deze vergelijking geeft een inschatting van de nauwkeurigheid.



Figuur 2 Verificatie berekende golfhoogte (rode lijn) met de golfmeting (zwarte lijn) op Rotterdamse Hoek.



Figuur 3 Verificatie berekende golfperiode (rode lijn) met de golfmeting (zwarte lijn) op Rotterdamse Hoek.

Vanwege het ontbreken van metingen als verificatiemateriaal zijn de ruimtelijke modelresultaten en tijdseries voor storm Corrie slechts kwalitatief gecheckt op realiteitsgehalte, waarbij extra aandacht besteed is aan de IJssel-Vechtdelta. De resultaten van deze simulatie zien er realistisch uit.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Er is geen onderzoek uitgevoerd naar modelonzekerheden uitgevoerd. Wel is gekeken naar de effecten van een andere resolutie in ruimte (20 m, 40 m, 80 m), richtingen en frequenties, het meenemen van stroming en het aantal iteraties.

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 (Rijkswaterstaat, 2021b).
- **Rooster:** bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen 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 waterstanden en meteo-informatie). *Randvoorwaarden afkomstig van derden (o.a. KNMI, ECMWF) kunnen niet zondermeer worden uitgeleverd.*
- **Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties worden toegevoegd.
- **Numerieke instellingen:** bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan de numerieke instellingen worden gedaan. Dit is wel toegestaan in het kader van onderzoeksvragen. Er zijn twee opties gegeven voor de numerieke instellingen waar de gebruiker uit kan kiezen, zie de volgende alinea over de rekentijden. Voor operationele toepassing wordt optie 2 gehanteerd vanwege de reductie in rekentijd. Optie 2 kan ten koste gaan van de nauwkeurigheid.

Te verwachten rekentijden

De rekentijd van het model voor het doorrekenen van een quasi-niet-stationaire golfberekening van 48 uur op 1 node met 4 cores (8 threads, 4 partities) op een Linux rekencluster (hardware Deltares h6-c7 met Intel quad-core Xeon CPU E5-2670 v3 @ 3.60GHz) met OpenMP bedraagt ca. 3 uur.

optie	numerieke instellingen	tijdstap	rekentijd voor 48 uur
1	curvat = 0.005, npnts = 99.5%	1 uur	3:09'
2	curvat = 0.1, npnts = 98%	1 uur	2:37'

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL

Praktisch gebruik van het model

- De bodem en obstakels zijn gemaakt met Bas2SWAN versie 2.51 resp 2.50.
- Er is gewerkt met Baseline 6.2.0 (2020) – versie 6.2.0.2247 – special met Bas2SWAN.
- SWAN software (versie 41.31A.1) betreft een special door Deltares gecompileerde Linux-versie, 64 bit, OpenMP
- Het model is opgezet zonder Ramspolkering, ofwel met de Ramspolkering in geopende toestand. Indien de Ramspolkering gesloten is dan dient het obstakelbestand vervangen te worden door 'swan-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_rwsos_v2_ramspoldicht.fxw' zodat in het model ter plaatse van de Ramspolkering obstakels voorkomen dat de golven de Ramspolkering passeren. Het is aan RWsOS om een trigger in te bouwen om het juiste obstakelbestand toe te passen.

Beschikbare versie

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	SWAN
swan-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_rwsos	2022	6.2.0 (WSP-versie 6.2.0.2247)	41.31A.1 (Deltares-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. (zie ook Rijkswaterstaat, 2021a).
- De kolom '**jaar**' verwijst naar het jaar waarin de modelschematisatie is opgeleverd.
- De kolom '**software**' verwijst naar de versies waarmee de modelschematisatie is opgebouwd en getest.

Randvoorwaardensets

De volgende randvoorwaardensets zijn beschikbaar voor de zesde-generatie SWAN-modelschematisaties van IJsselmeer-IJssel-Vechtdelta-Reevediep:

Naam	Type	Beschrijving	Scenario's	Referentie
RWosOS	hist	Storm Corrie 30 jan – 2 feb 2022	-	(2022)

Release notes

swan-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_rwsos

De j19_6 schematisatie is gebaseerd op baseline-ym_ijvd_rd-j19_6-v2, die is afgeleid van baseline-nl_land-j19_6-v2 uitgebreid met het Reevediep. De baseline-nl_land-j19_6-v2 bevat zo goed mogelijk de actuele geometrie van 2019. De keersluis in de Reevedam is bij hoogwater op de IJssel gesloten zodat het IJsselwater via het Reevediep en Vossemeer naar het IJsselmeer wordt afgevoerd en niet het Drontermeer zal bereiken. Voor het SWAN-model schematiseren we de Reevedam als gesloten.

Referenties (alfabetisch)

- Deltares (2021). *Instellingen voor SWAN modellen meren en benedenrivieren*, Deltares report 11206818-025-GEO-0001, 29 March 2021.
- Deltares (2022). *SWAN model IJsselmeer en IJssel-Vecht delta t.b.v. RWsOS*. Deltares rapport 11208053-008-ZWS-0002 dd 21 september 2022., Gautier, C., van Nieuwkoop, J.
- Rijkswaterstaat & Deltares (2021). *Factsheet Baseline-NL v2021-v1*.
- Rijkswaterstaat (2021a) *Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat Versie 2.0*.
- Rijkswaterstaat (2021b) *Dienstspecificaties*.



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.