

SWAN Haringvliet-Biesbosch



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 gebied Haringvliet-Biesbosch. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie omvat het gebied Haringvliet – Hollands Diep – Biesbosch, de rivieren de Amer, de Nieuwe Merwede en de Beneden Merwede. De Haringvlietdam en Haringvlietsluizen vormen de meest westelijke begrenzing met de Noordzee. Naast de Biesbosch inclusief de vele geulen, maken ook drie zoetwater reservoirs en de Noordwaardpolder, gelegen tussen de Nieuwe Merwede in het noorden en de Amer in het zuiden, onderdeel uit van de modelschematisatie.

De Volkeraksluizen in het zuiden vormen de verbinding tussen het Hollands Diep en het Volkerakmeer, maar voor de modelschematisatie gelden de sluizen als gesloten rand. Ook de Haringvlietsluizen gelden in het model als gesloten rand waar geen golven doorheen komen.

Toepassingen

De SWAN modelschematisatie is ontwikkeld voor onderstaande toepassing:

1. Voor de berekening van golven in het beoordelings- en ontwerpinstrumentarium – BOI2023

Deze 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)
4. Operationele voorspellingen om bij zwaar weer en/of hoog water verwachtingen van golfoploop af te kunnen geven.

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

1. Beheer en onderhoud van het beheergebied, zijnde o.a. op diepte houden, bestortingen van vooroevers.
2. Effectbepaling van maatregelen, zijnde o.a. waterloopkundige aanpassingen in het gebied zoals bijvoorbeeld verruiming/verdieping van de rivieren, dijkverlegging, aanpassing strekdammen, natuurontwikkeling, etc.
3. Nieuwe aanleg projecten, zijnde o.a. natuurontwikkelingsprojecten, inpoldering, aanleg strekdammen en havens, etc.
4. Beleidsondersteuning en verkenning, zijnde o.a. doorrekenen van klimaatscenario's, bepalen golven en golfoploop voor toetsen en ontwerpen van dijken.

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 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, obstakels, locaties van uitvoerpunten, en begrenzingen.

Rekenrooster

Het rekenrooster is kromlijinig met een ruimtelijke resolutie die varieert van 5 tot 34 m. Het rooster heeft 908 x 3425 roostercellen in X- en Y- richting. Er zijn 1168922 actieve roosterpunten. Het rekenrooster wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is het Normaal Amsterdams Peil (NAP).



Figuur 1 Rekenrooster swan-hvbb (elke 10e roosterlijn van het rekenrooster is zichtbaar)

Schematisatie-elementen

Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigt. 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

Obstakels zijn elementen in de SWAN-schematisatie waarmee golftransmissie (en eventueel reflectie) kan worden uitgerekend voor elementen die te klein zijn om in de bodem te schematiseren, zoals kades en kribben.

In het model zijn orde 31000 obstakels aanwezig voor de schematisatie van steile gradienten in de bodem. Deze worden automatisch uit de Baseline-schematisatie afgeleid.

Landgebruik en bodemruwheid

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

Kunstwerken

Er zijn geen kunstwerken opgenomen in het model. Wel zijn er kunstwerken uitgelijnd met het rooster op de randen van het modelgebied. Er zijn geen sturingsmechanismen voor kunstwerken aanwezig.

Brugpijlers

Er zijn geen brugpijlers meegenomen in de SWAN-modelschematisatie.

Hoogwatervrije gebieden

Er zijn geen hoogwatervrije gebieden ('flow blocking polygons') aanwezig in het modelgebied.

Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken. Daar waar bandijken ontbreken wordt de modelgrens gevormd door hoge gronden. Op enkele plaatsen doorsnijden de modelgrenzen de rivieren, te weten: 1) in het noordoosten op de splitsing van Boven Merwede, Nieuwe Merwede en Beneden Merwede nabij kilometer 961; 2&3) waar de Benenden Merwede overgaat in de Noord en Oude Maas, beide nabij

kilometer 977; 4) Op het Spui bij kilometer 1009; 5) In het zuidoosten, op de grens van Bergsche Maas en Amer nabij kilometer 249.

Modelkarakteristieken

Open randen/ Golfrandvoorwaarden

Het model kent geen open zeeranden dus er worden geen spectrale golfrandvoorwaarden gebruikt. De sluizen van het Haringvliet en Volkerak zijn gesloten voor golfdoordringing. Ook worden er geen golfrandvoorwaarden toegepast op de modelranden zoals op de Bovenmerwede (noordoostelijk einde van het model) en op de grens van Amer/Bergsche Maas (zuidoostelijk einde van het model). De onderschatting die dit bij oosten wind wellicht oplevert is naar verwachting klein en slechts heel lokaal.

Laterale lozingen en onttrekkingen

SWAN maakt geen gebruik van lozingen en onttrekkingen.

Meteo

Beleidsmatige toepassing: Er wordt een ruimtelijk uniform windveld opgelegd in het model en omdat de berekeningen stationair zijn, is er geen variatie in tijd. SWAN interpreteert de opgelegde windsnelheid als U10, de gebruiker dient een eventueel andere windinvoer om te rekenen naar U10. Voor de winddrag wordt de Wu-formulering gebruikt, afgekapt op $C_d = 2,75 \cdot 10^{-3}$ bij een windsnelheid van $U_{10} = 30$ m/s (Deltares, 2022).

Waterstanden

Beleidsmatige toepassing: Er wordt een uniform waterstandsveld opgelegd in het model.

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, 2022).
- De berekeningen zijn stationair, het frequentiebereik is 0.06 – 2.4 Hz, de richtingsresolutie 5° bins, en belangrijke instellingen zijn Van der Westhuysen whitecapping en breken; winddrag volgens afgekapte Wu-formulering (> 30 m/s).

Numerieke instellingen

Er is gebruik gemaakt van de instellingen zoals vastgesteld in (Deltares, 2022).

Kalibratie

Het model is niet gekalibreerd.

Validatie en verificatie

Het model is niet gekalibreerd of gevalideerd, aangezien er geen golfmetingen voor dit gebied aanwezig zijn. Wel zijn er, in het kader van een hoekpuntenanalyse ten behoeve van BOI2023, proefberekeningen uitgevoerd voor zestien combinaties van hoge en lage windsnelheden (10 en 47 m/s bij windrichtingen 67.5, 202.5, 270 en 315°N) en hoge en lage waterstanden (-1.0 m+NAP en 7.0 m+NAP). Met deze hoekpuntenanalyse is gecontroleerd of het model voldoet voor de uitersten van de basisstochastwaarden (en resulterende waterstanden), die in de productiesommen van BOI2023 gemodelleerd zijn. De resultaten van de hoekpuntenanalyse zijn zoals verwacht, er zijn geen ernstige onvolkomenheden aan het licht gekomen. Daarnaast zijn de resultaten van het model voor één conditie kwalitatief vergeleken met die van het model dat voor WBI2017 is gebruikt (Deltares, 2016) en de overeenkomsten zijn goed.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Er is geen onderzoek uitgevoerd naar modelonzekerheden.

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.
- **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.

Te verwachten rekentijden

De rekentijd voor één stationaire berekening bedraagt orde 24 uur. Hierbij is serieel gerekend op 1 node op een Linux rekencluster (hardware Deltares h6-c7 met Intel quad-core Xeon E5-2667 v3 nodes, 3.2 GHz core) omdat parallelle berekeningen niet lukten.

Koppelingen en relaties met andere modellen

Baseline NL via clipcontouren wordt de deelschematisatie van Haringvliet-Biesbosch hieruit aangemaakt.

Praktisch gebruik van het model

- De bodem en obstakels zijn gemaakt met Bas2SWAN versie 2.51.
- 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 door Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat gecompileerde Linux-versie, 64 bit, OpenMP

Beschikbare versies

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	SWAN
swan-hvbb-hr2023_6-v1a	2022	6.2.0 (WSP-versie 6.2.0.2247)	41.31A.1 (Deltares-versie)

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving.

- o 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.
- o 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 Haringvliet-Biesbosch.

Naam	Type	Beschrijving	Scenario's	Referentie
Hoekpuntenanalyse t.b.v. BOI	hr2023	Set van 16 scenario's van windsnelheid, windrichting en waterstand:	U10D068ZZ100, U10D068Zp700, U10D203Zm100, U10D203Zp700, U10D270Zm100, U10D270Zp700, U10D315Zm100, U10D315Zp700, U47D068Zm100, U47D068Zp700, U47D203Zm100, U47D203Zp700, U47D270Zm100, U47D270Zp700, U47D315Zm100, U47D315Zp700,	Deltares (2022)

Release notes

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

hr2023-v1a (t.b.v. BOI)

In het model zijn de gegevens van het gebied opgenomen die aanwezig zijn in de baseline-rmm_vzm-hr2023_6-v1 schematisatie inclusief de BOI uitvoerlocaties zoals deze in opdracht van het BOI2023-project zijn gemaakt. Vervolgens zijn handmatig zijn in de SWAN schematisatie enkele bodem- en obstakelaanpassingen uitgevoerd op advies van Rijkswaterstaat (2022), te weten: 1) enkele ontbrekende stukken bodem van de Noordwaard zijn toegevoegd; 2) bodemligging van het bekken 'Petrusplaat' is aangepast van NAP-1.5 m naar NAP-16 m; 3) bodemligging van bekken 'Grote Rug' aangepast van NAP+2.5 m naar NAP-16 m; 4) obstakelhoogte rond te bekkens uniform op NAP+9 m gezet.

Er wordt gebruik gemaakt van de SWAN-instellingen voor BOI (Deltares, 2021).

Referenties (alfabetisch)

Deltares (2016). SWAN productieberekeningen Rijn-Maasmonding WBI2017 dd 27 juni 2016. Ref 1220082-001-HYE-0011 (M.D.Klein en M.Westra).

Deltares (2021). Instellingen voor SWAN modellen meren en benedenrivieren, Deltares report 11206818-025-GEO-0001, 29 March 2021.

Deltares (2022). SWAN-model Haringvliet-Biesbosch for BOI2023, Deltares report 11208058-037-GEO-0001, 30 March 2022 (M. Irias Mata en C. Gautier)

Rijkswaterstaat (2022). Instellingen en controles SWAN Haringvliet-Biesbosch t.b.v. de productieberekeningen Rijn- en Maasmonding BOI2023 dd 19 januari 2022. Versie V1.1 (P.Oosterlo).

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



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.