

# SWAN-Noordzee



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 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 SWAN golfmodel van de Noordzee. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen.

### Geografische ligging

SWAN-Noordzee bevat het grootste gedeelte van het Noordwest-Europese Continentaal Plat, specifiek het gebied van 12° W tot 9° O en 48° N tot 64° N, inclusief de gehele Noordzee en Waddenzee. Het beslaat het gebied tussen Trondheim (Noorwegen) in het noorden tot Brest (Frankrijk) in het zuiden. De oostelijke begrenzing ligt ter hoogte van Malmö. Het gebied wordt weergegeven in het WGS84 coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

### Toepassingen

SWAN-Noordzee is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Voor operationele toepassing om golfverwachtingen af te kunnen geven.
2. Voor de scheepvaartbegeleiding.

Deze SWAN-modelschematisaties zijn 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. Golfberekeningen in havens (SWAN is niet geschikt om diffractie van de golven te berekenen)

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

De actuele (j22) modelschematisatie voor operationele toepassingen:

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit Watermanagementcentrum Nederland (WMCN) ten aanzien van waterberichtgeving over golven en golfploop.
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS.

### 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 Dienstspecificaties 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

SWAN-Noordzee bestaat uit een rechthoekig rekenrooster. Het rekenrooster is gebaseerd op het rechthoekige WAQUA-DCSMv6-grid, maar beslaat een iets kleiner gebied dan dit waterbewegingsmodel. Bovendien heeft het SWAN rooster een resolutie van 1/20° x 1/30° (circa 3.6 km x 3.6 km) in plaats van het vier keer zo fijne rooster van WAQUA-DCSMv6. Om de convergentie te bevorderen en dus rekentijd te besparen, zijn gebieden, die naar verwachting geen of zeer geringe invloed hebben op de golven binnen het interessegebied, verwijderd uit het SWAN-rooster. Dat zijn enkele Noorse fjorden en de rivieren

### 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 gebaseerd op de ruwe bodemgegevens uit de Baselineboom en is vertaald naar de hoekpunten van de roostercellen.

### Obstakels

Er zijn geen obstakels in de SWAN-modelschematisatie opgenomen.

### Landgebruik en bodemruwheid

- Voor de SWAN modelschematisatie wordt geen rekening gehouden met landgebruik.
- De bodemruwheid heeft een uniforme waarde voor de JONSWAP wrijvingscoëfficiënt.

### Kunstwerken

Er zijn geen kunstwerken meegenomen in de SWAN-modelschematisatie.

### Brugpijlers

Er zijn geen brugpijlers meegenomen in de SWAN-modelschematisatie.

### Hoogwatervrije gebieden

Deze modelschematisatie bevat geen hoogwatervrije gebieden.

### Modelgrenzen

Het model wordt aan de landzijde (Nederland, België, Frankrijk, Groot-Brittannië, Ierland, Noorwegen, Denemarken) begrensd door banddijken/duinen/kliffen/fjorden. Aan de zeezijde is een open rand waarbij het model aan de zuid-, west- en noordzijde door de Atlantische Ocean en aan de oostzijde door het Skagerrak begrensd wordt. Op deze randen worden golfrandvoorwaarden opgelegd.

## **Modelkarakteristieken**

### Open randen

De golfrandvoorwaarden, in de vorm van 3-uurlijkse 2d spectra op 22 locaties langs de modelrand, zijn afkomstig van het regionale ECMWF-WAM model (2° resolutie).

### 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 tijdsafhankelijke 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 (Hwang met afkapping bij 30 m/s).

### Waterstanden

Operationele toepassing: Waterstanden zijn afkomstig uit het operationele 2D waterbewegingsmodel (D-HYDRO DCSM-FM 100m). De modellen worden offline gekoppeld.

### Stroming

Operationele toepassing: Er wordt geen gebruik gemaakt van stroming.

### Zout en temperatuur

Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisatie.

### Kunstwerken (sturing)

Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisatie

### Overige fysica

- Er wordt rekening gehouden met golfvoortplanting, golfgroei, refractie, diepte-geïnduceerd breken, whitcapping, bodemwrijving en vier-golf wisselwerkingen (Deltares, 2021).
- De berekeningen zijn niet-stationair, het frequentiebereik is 0.03 – 0.6 Hz, de richtingsresolutie 8°, en belangrijke instellingen zijn ST6 whitcapping en Battjes-Janssen (1978) breken; winddrag volgens afgekapte Hwang-formulering (2011), waarbij de winddrag boven 30 m/s wordt afgekapt.

### Numerieke instellingen

- Gebruik is gemaakt van de instellingen zoals vastgesteld in (Deltares, 2021). Er worden maximaal 20 iteraties uitgevoerd.

### **Kalibratie**

#### Methodiek

Door Deltares (2021) is een gevoeligheidsanalyse voor SWAN-Noordzee uitgevoerd op basis van drie stormen om nieuwe instellingen te kiezen. Vervolgens zijn in Deltares (2023) sommen met dezelfde instellingen opnieuw gedraaid, maar dan op basis van een geactualiseerde bodem en andere perioden. De perioden zijn gepresenteerd in Tabel 1.

Voor de kalibratie zijn verschillende fysica instellingen gevarieerd in een gevoeligheidsanalyse. De volgende varianten zijn gedraaid voor Deltares (2023):

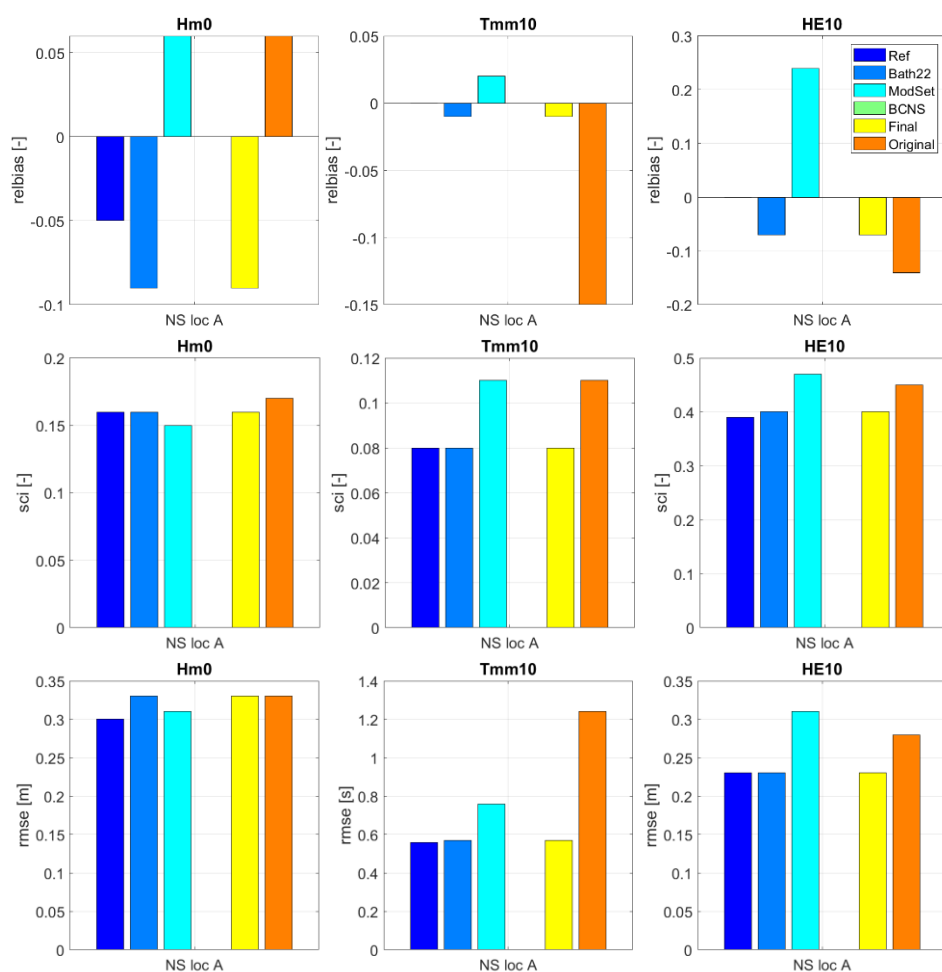
- |             |                          |  |
|-------------|--------------------------|--|
| • Ref)      | Referentie instellingen  | Model instellingen zoals gekozen in Deltares (2021)<br>Bodem j13-v1                                      |
| • Bath22)   | Geactualiseerde bodem    | Als Ref) maar dan met een geactualiseerde bodem  |
| • ModSet)   | Model instellingenRogers | Als Ref) maar dan met de whitcapping formulering volgens Rogers (2012)                                   |
| • BCNS)     | Golfrandvoorwaarden      | Niet relevant voor SWAN-NS   |
| • Final)    | Uiteindelijke combinatie | De op alle punten geüpdatet modelschematisatie (geactualiseerde bodem en model instellingen volgens Ref) |
| • Original) | Basis Case               | De oude modelschematisatie (j15-v1)  |

Tabel 1 Gebruikte perioden voor de gevoeligheidsanalyses.

Studie	Periode	Naamgeving stormen
Deltares (2021)	7-11 februari 2016	Storm 1
	10-16 januari 2017	Storm 2
	27 okt – 1 nov 2017	Storm 3
Deltares (2023)	26 nov – 5 dec 2021	Anonymous
	30 jan – 3 feb 2022	Corrie
	18 – 23 februari 2022	Eunice
	28 jan – 28 feb 2023	Feb2023

### Resultaten

Figuur 1 toont de prestaties van de verschillende varianten door middel van de statistische parameters relatieve bias, scatter index en root-mean-square error, die berekend zijn op basis van de vergelijking van de modelresultaten met de metingen op 6 locaties over de vier hindcast periodes van Deltares (2023). Op basis van deze vergelijking is gekozen om de nieuwe bodem en de modelinstellingen volgens *Ref)* te gebruiken in de uiteindelijke modelschematisatie *Final)*.



Figuur 1 Overzicht van de prestaties van de varianten door middel van statistische parameters, berekend over de vier storm periodes en locatie set A (van boven naar beneden: relatieve bias, scatter index, root-mean-square error rmse). Van links naar rechts significante golfhoogte  $H_{m0}$ , golfperiode  $T_{m-1,0}$  en laagfrequente golfhoogte HE10.

## Validatie

### Methodiek

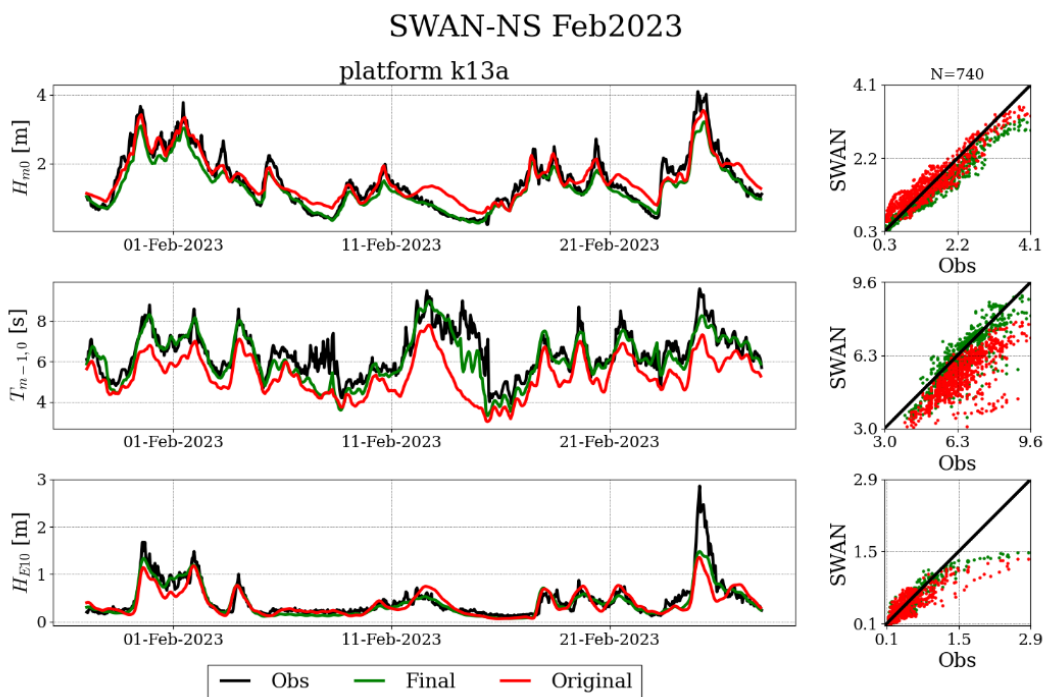
Voor de periodes uit Deltares (2023), zie Tabel 1, zijn de swan-noordzee-j22\_6-v1a resultaten vergeleken met metingen. Voor validatie van resultaten van SWAN-Noordzee is de statistiek gebaseerd op 6 locaties (locatie set A), die op dieper water liggen, op enige afstand van de Nederlandse kust.

### Resultaten

In Tabel 2 zijn de resultaten voor de validatievensters opgenomen voor de belangrijkste parameters significante golfhoogte, golfperiode en deining. Het gaat hier om de statistiek over alle hindcast periodes en voor de locaties uit locatie set A (locaties op de Noordzee). Daarnaast is in Figuur 2 de tijdserie voor Platform K13 van de belangrijkste golfparameters gegeven voor de hindcast periode Feb2023.

Tabel 2 Verschil in golfcondities tussen model en meting, voor golfhoogte  $H_{m0}$ , golfperiode  $T_{m-1,0}$  en laag-frequente golfhoogte HE10.

	$H_{m0}$			$T_{m-1,0}$			HE10		
	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [m]	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [s]	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [m]
locatie set A	0.16	-0.09	0.33	0.08	-0.01	0.57	0.4	-0.07	0.23



Figuur 2 Resultaten voor Platform K13 voor de hindcast periode Feb2023 (29 januari – 28 februari 2023), waarbij de nieuwe modelschematisatie ('Final') vergeleken is met de oude modelschematisatie ('Original').

## 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, 2021).
- **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 van het model voor het doorrekenen van 24 uur niet-stationair met 1 node met 4 cores (dus 4 partities) op een Linux rekencluster (hardware Deltares Linux cluster normal-e3-c7 met Intel quad-core Xeon CPU Er-1276 v3 @ 3.60GHz) met OpenMP bedraagt ca. 23 minuten.

### Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de schematisatie van SWAN-Noordzee aangemaakt).

### Praktisch gebruik van het model

- De bodem is gemaakt met Bas2SWAN versie 2.68.
- Voor de bodem is er gewerkt met Baseline 6.3.2.
- SWAN software (versie 41.31A.1) betreft een special door Deltares gecompileerde Linux-versie, 64 bit, OpenMP

## Beschikbare versies

### Modelschematisaties

In de Release notes is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	SWAN
swan-dcsm-j13_5-v1	2013	-	40.91AB.3 (Deltares-versie)
swan-dcsm-j15-5_v1	2015	-	40.91AB.3 (Deltares-versie)
swan-noordzee-j22_6-v1a	2023	6.3.2	41.31A.1 (Deltares-versie)

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

- 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 SWAN-Kuststrook.

Naam	Type	Beschrijving	Scenario's	Referentie
Anonymous	hist	26 nov – 5 dec 2021	Final, original, reference, Bath22, ModSet	swan-noordzee-j22_6-v1a Deltares (2023)
Corrie	hist	30 jan – 3 feb 2022	Final, original, reference, Bath22, ModSet	swan-noordzee-j22_6-v1a Deltares (2023)
Eunice	hist	18 – 23 februari 2022	Final, original, reference, Bath22, ModSet	swan-noordzee-j22_6-v1a Deltares (2023)
Feb2023	hist	28 jan – 28 feb 2023	Final, original, reference, Bath22, ModSet	swan-noordzee-j22_6-v1a Deltares (2023)
Storm 1	hist	7 – 11 februari 2016	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2021)
Storm 2	hist	10 – 16 januari 2017	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2021)
Storm 3	hist	27 okt – 1 nov 2017	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2021)
Periode C	hist	26 nov – 5 dec 2013	Bodemwrijving, iquad, max freq., stroming, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2015)
Periode D	hist	3 – 17 februari 2014	Bodemwrijving, iquad, max freq., stroming, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2015)
Periode E	hist	21 dec 2013 – 13 jan 2014	Bodemwrijving, iquad, max freq., stroming, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2015)
Periode F	hist	10 – 21 april 2014	Bodemwrijving, iquad, max freq., stroming, Final	swan-dcsm-j15-5_v1 Deltares (2015)

### Release notes

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

#### **j13-v1**

De eerste modelversie met de bodem van j13-v1. Er komen geen obstakels in de schematisatie voor. Whitecapping op basis van Komen ( $\delta=0$ ), bodemwrijving JONSWAP ( $C_f=0.038 \text{ m}^2/\text{s}^3$ ).

#### **j15-v1**

De basis van deze schematisatie is j13-v1, alleen in de fysische modelinstellingen verschilt de SWAN Noordzee j15-versie van de j13-versie, en dus niet in bodem of rooster. De verschillen t.o.v. j13 betreffen instellingen voor bodemwrijving ( $C_f=0.02 \text{ m}^2/\text{s}^3$ ) en quadruplets (iquad = 3 i.p.v. iquad = 2).

**j22\_6-v1a**

De basis van deze schematisatie is j15-v1, waarop twee wijzigingen zijn doorgevoerd: (1) de bodem is geactualiseerd naar Baseline-NL j22\_6-v1 en (2) er zijn wijzigingen doorgevoerd in de fysische instellingen (whitecapping formulering ST6, winddrag, bodemwrijving ( $C_f=0.038 \text{ m}^2/\text{s}^3$ ), maximering van de winddrag voor windsnelheden groter dan 30 m/s).

**Referenties (alfabetisch)**

*Deltares (2015). Voorstel instellingen SWAN-Noordzee release 2015, d.d. 29 juni 2015. Deltares rapport 1220073-004-ZKS-0003.*

*Deltares (2021). Update of SWAN-DCSM and SWAN-Kuststrook and validation of the new settings. Deltares rapport 11206814-005-ZKS-0004, d.d. 15 December 2021.*

*Deltares (2023). Actualization and validation of SWAN-North Sea and SWAN-Kuststrook models. Deltares rapport 11209278-005-ZKS-0005, d.d. 5 July 2023. (Concept)*

*Rijkswaterstaat (2021) Dienstspecificaties. Deze variant voor Baseline 6 is nog in voorbereiding*

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





## 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.