

D-Flow FM 3D Kanaal Gent-Terneuzen



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/

Leeswijzer

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 en wordt gevolgd door paragrafen waarin meer details staan over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen van Rijkswaterstaat. De algemene inleiding geeft in vier paragrafen informatie over de rol van hydrodynamische modellen bij Rijkswaterstaat, over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Deze informatie is vooral bedoeld voor een bredere groep van geïnteresseerden.

Vanaf paragraaf “rekenrooster”, is de factsheet vooral bedoeld voor mensen die beschikken over een modelleerachtergrond. De opvolgende paragrafen bevatten informatie over de beschikbare modellen en de onderliggende uitgangspunten en modelleerkeuzes. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf “Referenties”.

De factsheets zijn conform een uniform template opgezet. Dit met als doel dat de lezer eenvoudig zijn weg kan vinden in de beschrijvingen voor de verschillende gebieden en deze onderling ook kan vergelijken.

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 hydrodynamische model van het Kanaal Gent-Terneuzen (KGT) binnen de D-HYDRO Suite. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie van het Kanaal Gent-Terneuzen loopt vanaf het centrum van Gent tot aan het sluisen-complex bij Terneuzen en omvat de aanliggende zijvaarten zoals de Moervaart, Zuidlede, Avrijevaart en de Ringvaart tot aan Sluis Evergem. Het model is voornamelijk begrensd op de oevers van het kanaal. 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-Flow FM modelschematisaties van het Kanaal Gent-Terneuzen is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Berekenen van relatieve effecten van ingrepen/maatregelen op zout(indringing)
2. Simulatie van 3D waterbeweging onder verschillende hydrologische omstandigheden

Het ontwikkelde 3D-model is in staat de globale trends, horizontale variaties en verticale variaties van het zoutgehalte in het kanaal te reproduceren. Daarnaast laat het model een vergelijkbare gelaagdheid zien ten opzichte van metingen. Voor berekeningen waarbij de absolute waarde van zoutgehalte van belang is, zijn aanvullende validatieberekeningen nodig. Momenteel loopt nader onderzoek om hier meer grip op te krijgen en waar mogelijk de benodigde aanpassing van de zoutlast te verkleinen. Dit onderzoek heeft echter meer betrekking op de ZSF dan op D-Flow FM.

Deze 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 studies (waarin o.a. de bodemligging dynamisch varieert),
2. scheepvaartbegeleiding (waarin o.a. diepte-variërende stroming en dwarsstroming een rol speelt),
3. inundatieberekeningen
4. operationeel waterbeheer van sluisen en stuwen (sturing van sluisen/stuwen op basis van waterstanden/stroming)

De berekende watertemperatuur is niet geverifieerd met metingen omdat dit een secundair effect is bij verzilting. Industriële lozingen en onttrekkingen ontbreken en de watertemperatuur op de bovenrand bij de Ringvaart is gebaseerd op de temperatuur in het KGT. Het model simuleert echter wel de juiste processen en kan in principe worden gebruikt om het effect van thermische lozingen te bepalen.

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

1. Aanleg en onderhoud, zijnde o.a. het effect van maatregelen/ontwikkelingen op de zoutindringing.
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik (op termijn) binnen operationele en BOS systemen.
3. Kennis en netwerkkwaliteit, zijnde o.a. verkennen van effect, onderzoeken systeemgedrag, etc.

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 databronnen 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 locaties van de Meetdienst van RWS-CIV, voor het Vlaamse deel is dit afkomstig van het Departement Mobiliteit en Openbare Werken (MOW) van de Vlaamse overheid. De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven.

Merk op: De geografische gegevens in Baseline zijn via de Baseline-toolbox 'Create Special Elevation model' geprojecteerd op het rekenrooster van de modelschematisatie. Deze werkwijze wijkt af van de standaard procedure voor de opbouw van zesde-generatie modelschematisaties. Met het aangepaste hoogtemodel is een realistischere doorstroomoppervlakte geprojecteerd op het rekenrooster. Hierbij zijn de terrain jump en de elevated lines niet meegenomen in de bepaling van het hoogtemodel. De overige gegevens zijn wel via de automatische procedure vanuit Baseline geprojecteerd op het rekenrooster van de modelschematisatie. Dit betreft de locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen.

Rekenrooster

Het ongestructureerde rekenrooster, inclusief de Nieuwe Sluis Terneuzen (NST) is zoveel mogelijk uitgelijnd met stroombanen, waar vierhoekige roostercellen de voorkeur hebben boven driehoeken. Het rooster is opgezet voor de huidige en de nieuwe situatie, dus vóór en na aanleg van de NST. Het rooster van vóór aanleg is toegepast bij het kalibreren en valideren van het model met meetgegevens. De volgende resolutie van het rekenrooster is toegepast:

- Over het gehele kanaal zijn minimaal 6 cellen over de breedte gelegd, wat bepalend is voor de breedte van de cellen. De lengte van de cellen is gemaximaliseerd op basis van de aspect ratio van 1:4. Een roostercel is gemiddeld 55x22 m.

Voor de verticale laagverdeling over de waterdiepte is gebruik gemaakt van Z-lagen. De maximale laagdikte is 1 m. De laagdikte in de bovenste vier Z-lagen is 0,5 m, zodat ook in ondiepe zijtakken zoals de Moervaart minimaal twee lagen aanwezig zijn. De laagdikte neemt onder de vier bovenste lagen geleidelijk toe naar 1 m. Er worden maximaal 25 Z-lagen (op de diepste locaties binnen het modeldomein) gebruikt.

Specifieke eigenschappen:

- In het havengebied bij Terneuzen is lokaal het rooster met een factor 2 verfijnd om de vertakkingen op elkaar aan te laten sluiten en de zoutvang nabij de Westsluis goed weer te geven.
- De sluiskolken zelf zijn niet opgenomen in het rooster omdat deze stroming in de sluiskolken als randvoorwaarden aan het model worden opgelegd.
- De zijtakken die uitstromen op het KGT, zoals de Moervaart en Zuidlede, zijn met 1 roostercel over de breedte uitgevoerd. Doordat de Zuidlede sterk meandert, zijn ten behoeve van de orthogonaliteit en smoothness van het rooster bochten afgesneden.

Het rekenrooster bestaat in totaal uit 8990 rekencellen en 16038 flow links.

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-Flow FM schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

- De bodemhoogte is geprikt uit het aangepaste bodemhoogtemodel van Baseline gegenereerd via de Baseline-toolbox 'Create Special Elevation model (zie eerdere opmerking) op de hoekpunten van de rooster-cellen. De bodemhoogte is vervolgens in het model aangepast bij de sluizen van Terneuzen om te garanderen dat de randvoorwaarden correct worden meegenomen in het model. Hierbij is ook de Nieuwe Sluis Terneuzen geïmplementeerd waarbij de bodemhoogte is aangesloten op de huidige zoutvang.

Overlaten

- Op basis van Baseline kunnen fixed weirs (overlaten) worden gespecificeerd. Deze fixed weirs zullen dan voornamelijk dijken en de verticale wanden rondom het KGT representeren. Aangezien het netwerk vrijwel overal de oevers volgt, is besloten om geen overlaten uit Baseline op te nemen. Op dit moment worden er namelijk (nog) geen modeltoepassingen voorzien, waarbij overstroming over de dijken gemodelleerd moet 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. In het zomerbed van het KGT model is een Nikuradse ruwheidshoogte van 0,15 m gespecificeerd. Ruwheidscode 3400 is toegevoegd aan rougcombination.ttd.

Kunstwerken

- Het KGT-model wordt op een aantal locaties afgebakend door scheepvaartsluizen (Westsluis, Oostsluis, Nieuwe Sluis Terneuzen en Sluis Evergem). De sluiskolken zelf zijn niet opgenomen in het model omdat de uitwisseling van water en zout tussen sluiskolken en kanaal als randvoorwaarden aan het model worden opgelegd op basis van een berekening met de zeesluisformulering (ZSF). Het actieve gedeelte van het model begint dus bij de binnendeuren.

Brugpijlers

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

Hoogwatervrije gebieden

- Voor de implementatie van de Nieuwe Sluis Terneuzen in het model is de te vervallen Middensluis met een hoogwatervrij vlak afgesloten.

Modelgrenzen

- De gesloten modelrand wordt gevormd door het rooster zelf – er is geen gebruik gemaakt van de bandijken uit Baseline.

Modelkarakteristieken

Open randen

Niet van toepassing.

Laterale lozingen en onttrekkingen

Bij de Westsluis, Nieuwe Sluis Terneuzen, Oostsluis, Ringvaart, Avrijevaart, Moervaart, Zuidlede en in de Tolhuisstuw in Gent wordt water toegevoegd of onttrokken aan het watersysteem. Hieronder samengevat:

- De wateraanvoer verloopt voornamelijk via de stuw bij Evergem in de Ringvaart. Daarnaast zijn er kleine bijdragen van de Tolhuisstuw in Gent, de Moervaart, Avrijevaart en de schutsluizen bij Evergem.
- Op basis van berekeningen met de zeeluisformulering zijn de uitwisselingsdebieten en nivelleerdebiëten bij de sluizen bepaald. Bij het schutten stroomt kanaalwater van het KGT naar de Westerschelde. Alleen bij zeer hoge hoogwaters op de Westerschelde kan netto water van de Westerschelde naar het KGT stromen, maar daggemiddeld is er altijd netto een waterverplaatsing van het KGT naar de Westerschelde.
- Bij hoge bovenafvoer wordt er gespuid bij Terneuzen via de riolen en eventueel de deuren van gestremde sluiscolken.

Meteo

De meteorandvoorwaarden (wind, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en bewolgingsgraad) zijn gebaseerd op meetgegevens bij meetpunt Westdorpe. Deze gegevens zijn variërend in de tijd en uniform in de ruimte opgelegd. Door middel van het toepassen van de Ocean Heat flux in het model wordt, in combinatie met de opgelegde meteorandvoorwaarden, de temperatuurverandering van het water bepaald.

Zoutgehalte en watertemperatuur

- Zowel zoutgehalte als watertemperatuur worden door het model berekend. Zout water komt het KGT binnen via de sluizen bij Terneuzen, zoals hierboven beschreven. Voor de overige debietrandvoorwaarden is een zoutgehalte van 0,27 psu aangehouden.
- Bij de bovenstroomse afvoeren is de watertemperatuur van meetlocatie Sas van Gent op het KGT gehanteerd (bij gebrek aan meetgegevens van de watertemperatuur op het Groot Pand) en voor de benedenstroomse afvoeren (uitvoer van de zeeluisformulering en spuidebiëten) de watertemperatuur in de buitenhaven bij meetlocatie Terneuzen Westsluis.

Overige fysica

- Niet van toepassing

Numerieke instellingen

De modelspecificaties van het zesde-generatie 3D D-Flow FM-model voor het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal (NZK/ARK) (Deltares, 2020) zijn het uitgangspunt geweest voor de instellingen in het model van het KGT. Op basis van een kalibratie- en validatiestudie is geconcludeerd dat aanpassingen van de modelinstellingen van NZK/ARK geen significante verbeteringen van het model opleverden. Verdere aanpassingen zijn achterwege gelaten. Verder is ook aangesloten bij de instellingen zoals vastgesteld in generieke specificaties (Minns et al., 2021).

In de eerste twee cellen op de rand van het model bij de drie sluiscolken in Terneuzen is de horizontale viscositeit verhoogd (van 0,1 m²/s naar 100 m²/s). Dit voor mitigatie van numerieke instabiliteit ten gevolge van de grote stroomsnelheid bij de sluizen en variaties daarvan over de diepte.

Kalibratie

Methodiek

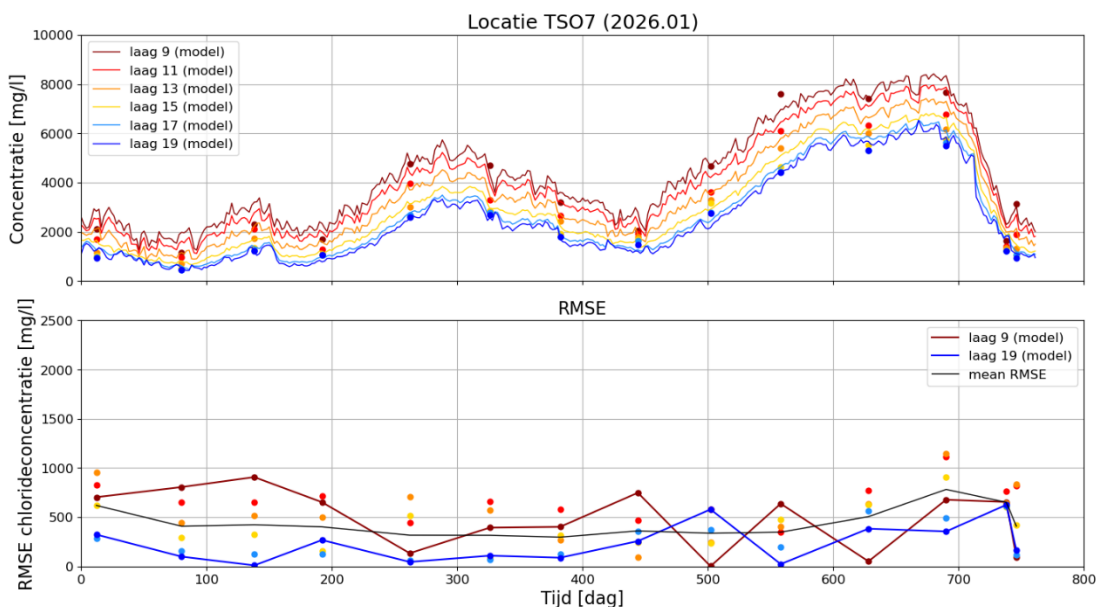
De kalibratie is uitgevoerd voor de periode 1 januari 2016 t/m 31 januari 2018 door de modelresultaten te vergelijken met de TSO-metingen (TSO=Temperature Salinity Oxygen). TSO-metingen worden periodiek uitgevoerd op 11 locaties langs het kanaal. Hierbij worden de watertemperatuur, het zoutgehalte en het zuurstofgehalte gemeten over de diepte met stappen van 1 m. Deze metingen geven een gedetailleerd beeld van de

chlorideconcentratie over de diepte en lengte van het kanaal. Andere meetlocaties zijn niet meegenomen omdat deze geen gedetailleerde informatie geven over het zoutgehalte over de diepte.

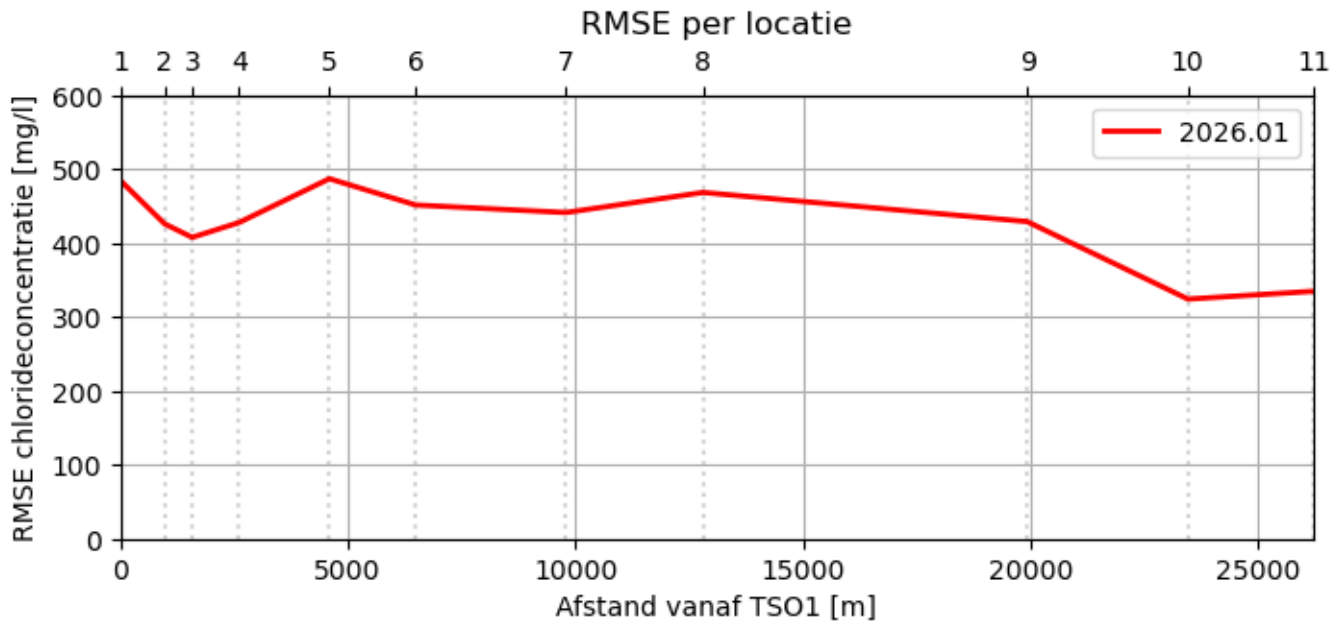
In de kalibratie is de chlorideconcentratie in het model vergeleken met de chlorideconcentratie in de TSO-metingen. Voor het omzetten van chlorideconcentraties (g/l) in saliniteit (ppt of psu) is vermenigvuldigd met een standaardfactor 1,807. Bij de kalibratie is de verticale viscositeit aangepast om de gelaagdheid te vergroten en de zoutindringing te beperken. Het verhogen van verticale viscositeit zorgt voor kleinere verticale stroomsnelheidsverschillen over de diepte en hierdoor minder menging (ofwel meer gelaagdheid). Daarnaast zorgen deze kleinere verticale stroomsnelheidsverschillen voor meer tegendruk van de bovenstroomse afvoer wat de zoutindringing beperkt. Vanwege het effect van de verticale viscositeit op de stroomsnelheden is ook een kwalitatieve vergelijking tussen berekende stroomsnelheden en gemeten stroomsnelheden uitgevoerd. Een verhoging van de verticale diffusie is ongewenst omdat dit juist tot minder gelaagdheid leidt.

Resultaten

Figuur 1 geeft de chlorideconcentratie weer op TSO-locatie 7 ongeveer 10 km bovenstrooms van het sluizencomplex (laag 9 is bij de bodem en laag 19 bij het wateroppervlak). De verticale viscositeit (vicoww) is in deze berekening met een factor 10 vergroot ($5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$) ten opzichte van de standaardwaarde. De modelresultaten volgen de metingen redelijk goed en de RMSE is redelijk constant in tijd en over de diepte. De chlorideconcentratie bij het wateroppervlak wordt iets onderschat en de concentratie bij de bodem overschat. Figuur 2 geeft de RMSE weer langs het kanaal. De fout is min of meer constant rond 450 mg/l tot aan TSO-locatie 9. De fout neemt daarna af omdat het kanaal hier veel minder zout is.



Figuur 1: De chlorideconcentratie in de tijd (viscositeitscoëfficiënt factor 10) op verschillende dieptes op TSO-locatie 7 met daarbij de RMSE in tijd op deze locatie voor laag 9 (bodem) en laag 19 (wateroppervlak).



Figuur 2: Root Mean Squared Error (RMSE) van de chlorideconcentratie over de lengte van het kanaal.

De berekende stroomsnelheden en gemeten stroomsnelheden laten nagenoeg voor alle locaties een vergelijkbare trend zien (zie voor meer detail Bijlage F van HKV (2024a)). Ondanks enerzijds de onzekerheden in de ADCP-meting (één moment op de dag, effect van scheepvaart en andere factoren) en anderzijds de onzekerheden in het model, geeft deze vergelijking een goed beeld van de prestatie van het model. Het verhogen van de viscositeit in de kalibratie zorgt niet voor ongewenste effecten, het model simuleert stroomsnelheden vergelijkbaar met de metingen.

Het ontwikkelde model is in staat de globale trends, horizontale variaties en verticale variaties in de chlorideconcentratie in het kanaal te reproduceren. Het model laat echter ook nog verschillen zien ten opzichte van metingen, waar gebruikers rekening mee moeten houden bij het interpreteren van modelresultaten.

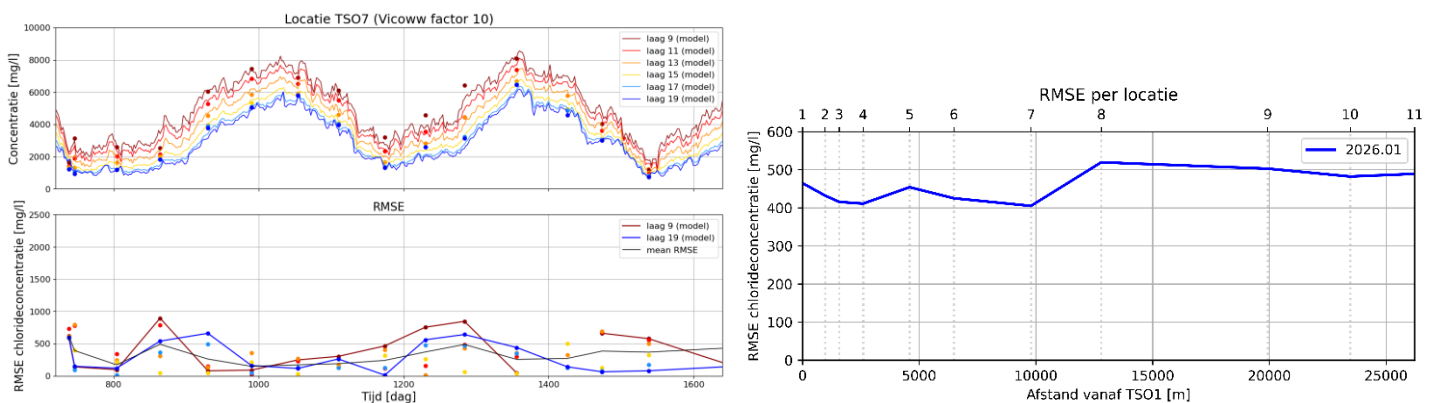
Validatie

Methodiek

De validatie is uitgevoerd door voor de periode 31 januari 2018 t/m 31 december 2020 de modelresultaten te vergelijken met de TSO-metingen.

Resultaten

Het resultaat volgt de trend van de chlorideconcentratie behoorlijk goed (Figuur 3). In droge periodes is het model iets te zoet. Net als in de kalibratieberekening lijkt het model bij een plotselinge toename in chlorideconcentratie trager te reageren dan de metingen. In een natte periode is de gemeten zouttong vergelijkbaar met het model, maar het gesimuleerde oppervlaktewater is wel wat zoeter. In een droge periode is de locatie van de zouttong tussen metingen en het model ook vergelijkbaar. Het model is wel wat zouter in het midden van de waterkolom. De resultaten laten zien dat het model geschikt is om de trends en gelaagdheid na te bootsen en daarom geschikt is voor effectenstudies. De gemiddelde onnauwkeurigheid van het model is ongeveer 500 mg/l (RMSE, Figuur 3). Dit is in lijn met de kwaliteit van het NZK/ARK (Deltares, 2020). Seizoengemiddeld is deze onnauwkeurigheid waarschijnlijk kleiner, onder andere doordat de RMSE geen rekening houdt met de vertraging van het model ten opzichte van de metingen.



Figuur 3: Links, de chlorideconcentratie in tijd op verschillende dieptes voor TSO-locatie 7 met daarbij de RMSE in tijd op deze locatie. Rechts, de RMSE in de validatieperiode over de lengte van het kanaal. Deze berekening is uitgevoerd met een $\text{vicoww} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

- De grootste onzekerheid voor het model is de randvoorwaarde voor zout. Dit is geen kenmerk van het D-Flow FM-model, maar beïnvloedt wel de betrouwbaarheid van de meegeleverde randvoorwaarden. Hiervoor zijn verschillende mogelijke oorzaken:
 - De zoutlast is gevoelig voor deuropentijden van de sluisdeuren. Hier is weinig tot geen informatie over beschikbaar. Voor de NST is het daarom van belang dat deze goed worden geregistreerd zodat toekomstige modellen gemeten waarden kunnen gebruiken.
 - De ZSF moet in principe iteratief worden toegepast omdat de zoutuitwisseling afhankelijk is van de chlorideconcentratie in het kanaal. Dit is nu niet gedaan omdat met TSO-locatie 1 de zoutconcentratie dicht bij de sluis bekend is, wat de fout beperkt.
 - De chlorideconcentratie in de buitenhaven (Terneuzen Westsluis) is een gevoelige parameter in de zeesluisformulering. Door het spuien kan lokaal voor de sluisdeuren de chlorideconcentratie lager worden. De gemeten concentratie is hiervoor gecorrigeerd.
- Een tweede onzekerheid in het model is de verspreiding van het zout in het kanaal. Dit is afhankelijk van de zoutlast bij het sluisencomplex, de uitwisseling van zout tussen het kanaal en de zoutvang, de menging als gevolg van scheepvaart en stroming, en de bovenstroomse aanvoer van zoetwater. Deze elementen zijn, met uitzondering van scheepvaart, zo goed mogelijk geschematiseerd. Doordat D-Flow FM deze mechanismen niet volledig kan oplossen, ontstaan er afwijkingen met de metingen die door kalibratie kunnen worden verkleind. De kalibratie laat echter zien dat gedurende droge perioden andere coëfficiënten optimaal zijn dan in natte perioden. De mate waarin de verschillende mechanismen tot een afwijking leiden ten opzichte van de metingen is daarom waarschijnlijk variabel in ruimte en tijd.
- De initiële conditie uit het gekalibreerde en gevalideerde model (dflowfm3d-kgt-j22_6-v1) sluit niet goed aan bij de randvoorwaardeset (Q3_SIVAK_NST¹), die is bedoeld voor testdoeleinden, van het model met de Nieuwe Sluis Terneuzen (dflowfm3d-kgt-j22_6-v1b), maar na 100 dagen is het model voldoende ingespeeld. De chlorideconcentratie ligt met aanleg van de NST (model: dflowfm3d-kgt-j22_6-v1b) een stuk hoger dan bij berekeningen zonder NST (model: dflowfm3d-kgt-j22_6-v1). De trend die het 3D-model laat zien komt redelijk overeen met de resultaten van het 1D SOBEK-model (HKV, 2023c) en laat vergelijkbare zoutgehalten zien.

¹ De randvoorwaardeset Q3_SIVAK_NST is gebaseerd op het Q3-scenario uit HKV (2023c), waarbij de schut-tijdstoppen volgen uit SIVAK-simulaties. Dit scenario betreft een droge zomer in het huidige klimaat. De randvoorwaarden zijn hierbij gebaseerd op de winter 2018-2019 (6 november 2018 tot 5 mei 2019) en daarna zomer 2017. Deze randvoorwaardeset, Q3_SIVAK_NST, is bedoeld voor testdoeleinden en representeert een opeenvolging van een droge winter en een droge zomer.

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). 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 debieten, zoutuitwisseling en meteo-informatie). De standaard sets randvoorwaarden bij het uitgeleverde model zijn alleen bedoeld voor testdoeleinden. *Randvoorwaarden afkomstig van derden (o.a. KNMI, ECMWF) kunnen niet zondermeer worden uitgeleverd.*
- **Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties (afvoerradien 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 afvoerradien voor werking kalibratiefactoren).
- **Numerieke instellingen:** bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen 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 1 jaar op 1 node met 8 cores (dus 8 partities) op een Linux rekencluster (hardware Intel Xeon Gold 6136 CPU, 3.00 GHz per core) bedraagt ca. 48 uur.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL. Het deelgebied KGT is vastgesteld door middel van clipcontour clip_contour-kgt-j22_6-v1 in combinatie met baseline-nl_land schematisatie (baseline-nl_land-j22_6-v1). De definitieve Baseline-schematisatie is verkregen door het inmixen van het wijzigingsbestand kg_uitb_a1, voor meer detail zie HKV (2024a) en HKV (2023b).
- Aan de benedenstroomse zijde van het model is de zeesluisformulering (ZSF) toegepast om de schutverliezen en de zoutuitwisseling te bepalen, welke vervolgens in randvoorwaarden zijn opgenomen. De methodiek is in meer detail beschreven en ook toegepast voor het KGT in het 1D SOBEK-model (HKV, 2023c). Voor de verbetering van de zoutlast is daarnaast een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd (HKV, 2024b). Het resultaat hiervan is in deze versie van het model verwerkt.
- Rooster is uitgelijnd met D-Flow FM model van het Schelde-Estuarium. Dat model (Vanlede et al., 2024) was destijds nog in ontwikkeling.

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.
- Voor vragen bij het gebruik van het model wordt in eerste instantie verwezen naar de D-HYDRO manual (Deltares, 2025).

Beschikbare versies

Modelschematisaties

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

Modelschematisatie	Type	Jaar	Software	
			Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm3d-kgt-j22_6-v1	K/V	2024	6.3.2 build 2739	2023.01
dflowfm3d-kgt-j22_6-v1b	NST	2024	6.3.2 build 2739	2023.01
dflowfm3d-kgt-j22_6-v1c	K/V	2025	6.3.2 build 2739	2026.01
dflowfm3d-kgt-j22_6-v1d	NST	2025	6.3.2 build 2739	2026.01

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. (zie ook Rijkswaterstaat, 2021a).
- De kolom 'type' model verwijst naar het gebruik van het model: K=kalibratie, V=validatie, A=actueel, B=beno, H=HR, NST = Nieuwe Sluis Terneuzen
- 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 KGT-model.

Naam	Type	Beschrijving	Referentie
2016_2017	hist	Randvoorwaardeset van de periode 1 jan 2016 – 31 dec 2017 welke gebruik is bij de kalibratie van het model (huidige situatie, dus met Middensluis en zonder NST): dflowfm3d-kgt-j22_6-v1c.	HKV (2024a)
2018_2020	hist	Randvoorwaardeset van de periode 1 jan 2018 – 31 dec 2020 welke gebruik is bij de validatie van het model (huidige situatie, dus met Middensluis en zonder NST): dflowfm3d-kgt-j22_6-v1c.	HKV (2024a)
Q3_SIVAK_NST	test	Het Q3-scenario uit HKV (2023c), waarbij de schuttijdstoppen volgen uit SIVAK-simulaties (Witteveen & Bos, 2023), is te gebruiken voor testdoeleinden bij het model met de NST: dflowfm3d-kgt-j22_6-v1d	HKV (2024a)

Release notes

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

j22_6-v1c

Dit is de 3D D-Flow FM schematisatie van het KGT die specifiek gebruikt is voor de kalibratie en validatie. De schematisatie geeft de huidige situatie weer, dus met de Middensluis maar zonder de nieuwe Nieuwe Sluis Terneuzen. De gebruikte schematisatie is vastgesteld door middel van clipcontour clip_contour-kgt-j22_6-v1 in combinatie met baseline-nl_land schematisatie (baseline-nl_land-j22_6-v1). De bodemhoogte is vervolgens in het model aangepast bij de sluizen van Terneuzen om te garanderen dat de randvoorwaarden correct worden meegenomen in het model. Voor deze modelschematisatie zijn randvoorwaarden van januari 2016 t/m december 2020 beschikbaar. Bij deze versie van het model hoort specifiek D-HYDRO Suite 2026.01. Dit is de directe opvolger van j22_6-v1 – deze eerdere variant dient niet meer toegepast te worden.

j22_6-v1d

Dit is de 3D D-Flow FM schematisatie van het KGT die specifiek ontwikkeld is in opdracht van de Werkgroep Droogte van de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie. Het 3D-model is opgezet om de zoutindringing, bij het sluizencomplex van Terneuzen na realisatie van de Nieuwe Sluis Terneuzen, en de verspreiding van zout binnen het KGT te kunnen modelleren. De schematisatie geeft de nieuwe situatie weer, dus zonder de Middensluis maar met de nieuwe Nieuwe Sluis Terneuzen. Deze variant van het model is niet gevalideerd. De gebruikte schematisatie is vastgesteld door middel van clipcontour clip_contour-kgt-j22_6-v1 in combinatie met

baseline-nl_land schematisatie (baseline-nl_land-j22_6-v1) en het ingemixte wijzigingsbestand kg_uitb_a1. De bodemhoogte is vervolgens in het model aangepast bij de sluisen van Terneuzen om te garanderen dat de randvoorwaarden correct worden meegenomen in het model. Voor deze modelschematisatie is een set met testrandvoorwaarden beschikbaar. Bij het toepassen van het model zullen deze randvoorwaarden specifiek moeten worden aangepast naar de gewenste situatie. Het gebruikte rooster is kgt-j22_6-v1_org_corr2_inclINST_net.nc. Bij deze versie van het model hoort specifiek D-HYDRO Suite 2026.01. Dit is de directe opvolger van j22_6-v1b – deze eerdere variant dient niet meer toegepast te worden.

Referenties (alfabetisch)

Deltares (2025). D-HYDRO Suite 2026.01. 27 oktober 2025

HKV (2023a). Ontwikkeling 3D-model Kanaal Gent-Terneuzen. Rapportage modelopzet, kalibratie en validatie. Auteurs: Pepijn van Denderen, Jan-Willem van Lente, Paula Lambregts en Vincent Vuik. Versie december 2023. In opdracht van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie. Referentie: PR4728.20

HKV (2023b). Metadata document Baseline-maatregel kg_uitb_a1. Auteurs: Jan-Willem van Lente en Joana Vieira da Silva. In opdracht van Deltares. Referentie: PR5018.20

HKV (2023c). Verzilting Kanaal Gent-Terneuzen: Rapportage oppervlaktewatermodellering. Auteurs: Vincent Vuik en Paula Lambregts. In opdracht van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie. Referentie: PR4728.10

HKV (2024a). Ontwikkeling 3D-model Kanaal Gent-Terneuzen. Rapportage modelopzet, kalibratie en validatie. Auteurs: Pepijn van Denderen, Jan-Willem van Lente, Paula Lambregts en Vincent Vuik. Versie juni 2024. In opdracht van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie. Referentie: PR4728.20.

HKV (2024b). Memo nader onderzoek zoutlast sluisen Terneuzen. Auteurs: Paula Lambregts en Vincent Vuik. In opdracht van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie. Referentie: PR4728.33.

HKV (2025). Oplevering D-Flow FM model KGT. Memo met beschrijving van inhoud mappen opgeleverd model van HKV (2024a). Auteurs: Jan-Willem van Lente. Referentie: PR4728.20.

HKV (2025a). Oplevering 3D D-Flow FM KGT-modelschematisaties: overgang van 2023.01 naar 2026.01). Auteurs: Pepijn van Denderen. Referentie: PR5018.40.

Minns, T., Spruyt, A.S. en Kerkhoven, D. (2021). Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO: Generieke technische en functionele specificaties (v2-2021). Deltares rapport 11206813-018-ZWS-0004 d.d. 23-12-2021.

Rijkswaterstaat (2021a) Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat Versie 2.0. In voorbereiding

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

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

Vanlede, J., Zijlker, T., Nazarali, M., Van der Kaaij, T., Sumihar, J. (2024): Development of a sixth generation Scheldt estuary model: Model setup, calibration and validation, Deltares rapport 11210334-006-ZKS-0001

Witteveen & Bos (2023). Effect sluisstremmingen sluisencomplex Terneuzen. Auteurs: I. Koevoets. In opdracht van de Vlaams Nederlandse Schelde Commissie. Referentie: 133870/23-003.446.



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.