

MODEL	IJsselmeer IJssel-Vecht-delta en Overijsselse Vecht
VERSIE	5 ^e generatie schematisaties
SOFTWARE	<p><u>2016</u> SIMONA 2015 Baseline 5.2.4 resp. 5.3.0.1207 SOBEK 3.4.1 SWAN Deltares versie 40.91AB.8.</p> <p><u>2015</u> SIMONA 2014 Baseline 5.2.4 SOBEK 3.3.1</p> <p><u>2014</u> SIMONA 2012 Baseline-5.2.1</p> <p><u>2013</u> Baseline 5.2.1, SIMONA 2011- patch 8, Linux, 32 bits, single precision;</p>
RELEASES	<p><u>2016</u> baseline-ym_ijvd_ov-j16_5-v1 waqua-ym_ijvd_ov-j16_5-v1 waqua-ym_ijvd-j16_5-v1 sobek-ym_ijd-j16_5-v1 sobek-ovd_dv-j14_5-v1 swan-ijsselmeer-j16_5-v1 swan-ketelmeer-j16_5-v1 swan-zwartemeer-j16_5-v1</p> <p><u>2015</u> baseline-ym_ijvd_ov-beno15_5-v1, waqua-ijvd-beno15_5-v1</p> <p>sobek-ovd-j98_5-v1 sobek-ovd-j07_5-v1 sobek-ovd-j14_5-v1</p> <p>sobek-ym_ijd-j07_5-v1</p> <p><u>2014</u> baseline-ym_ijvd_ov-j98_5-v3 waqua-ovd-j98_5-v1, waqua-ovd-j98_5-v2</p> <p>baseline-ym_ijvd_ov-j07_5-v1 waqua-ym_ijvd_ov-j07_5-v1, waqua-ym_ijvd_ov-j07_5-v2 waqua-ym_ijvd-j07_5-v1, waqua-ym_ijvd-j07_5-v2</p> <p>baseline-ym_ijvd_ov-j14_5-v1 waqua-ym_ijvd_ov-j14_5-v1, waqua-ym_ijvd_ov-j14_5-v2 waqua-ym_ijvd-j14_5-v1, waqua-ym_ijvd-j14_5-v2 waqua-ovd-j14_5-v1, waqua-ovd-j14_5-v2</p> <p>baseline-ym_ijvd_ov-beno14_5-v1 baseline-ym_ijvd_ov-hr2017_5-v1 baseline-ym_ijvd_ov-hr2017_5-v2</p>

baseline-ym_ijvd_ov-hr2017_5-v3
waqua-ym_ijvd-hr2017_5-v1
waqua-ym_ijvd-hr2017_5-v2
waqua-ym_ijvd-hr2017_5-v3

In 2014 zijn enkele WAQUA-modellen opgeleverd onder de gebiedsnaam "ijvd". Omdat deze modellen de regio "ym_ijvd" beschrijven, is dit in bovenstaande overzicht aangepast.

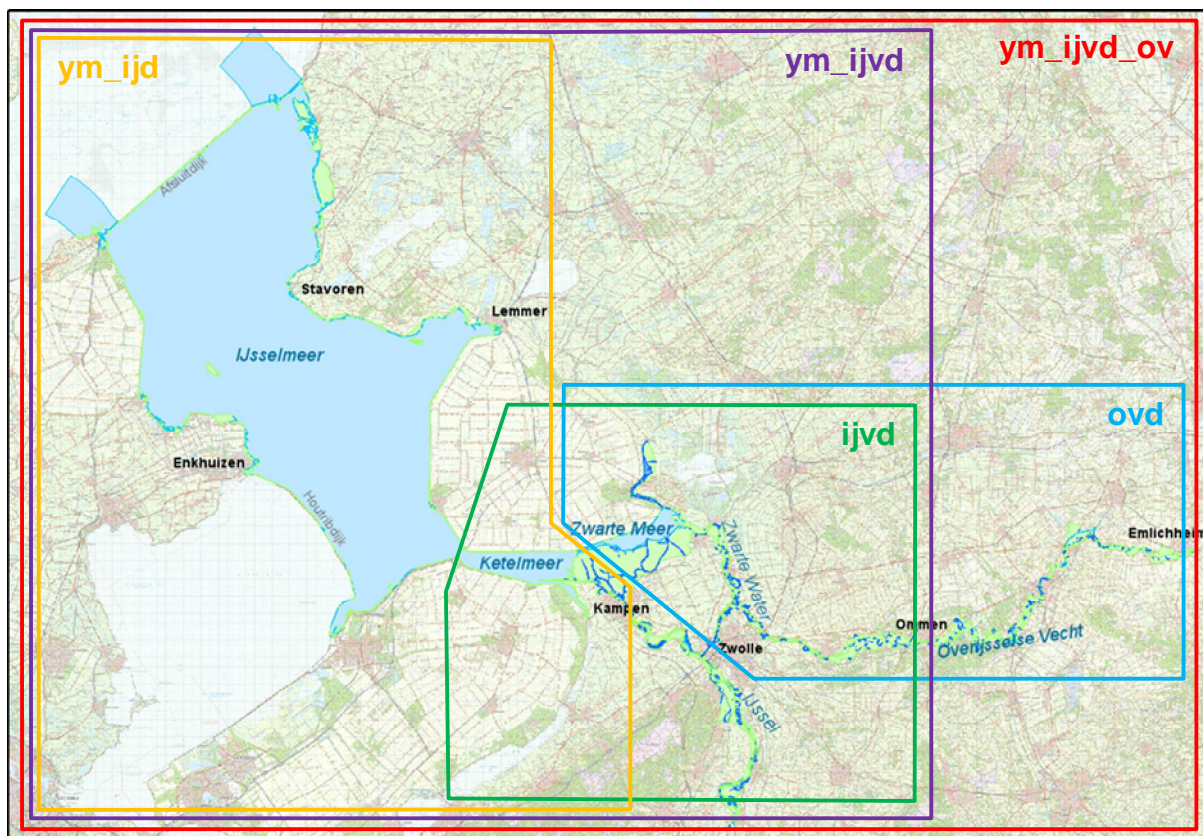
Binnen de 5de generatie-modellen zijn ook de onderstaande modellen ontwikkeld. Deze zijn echter gebaseerd op een oudere naamgeving en oudere kalibratie en worden daarom niet verder behandeld in dit document.

2012/2013

baseline-ijvd-j98_5-v2, waqua-ijvd-j98_5-v2;
baseline-ijvd-j12_5-v1, waqua-ijvd-j12_5-v1;
baseline-ijvd-beno12_5-v1, waqua-ijvd-beno12_5-v1;

2009/2010

baseline-ijvd-j98_5-v1_hr2011, waqua-ijvd-j98_5-v1_hr2011;
baseline-ijvd-j09_5-v1_hr2011, waqua-ijvd-j09_5-v1_hr2011;



geografische ligging

Het beschreven gebied bevat:

- Overijsselse Vecht (van Emlichheim tot Ommen)
- Vechtdelta (de Vecht vanaf Ommen, Zwarte Water, Zwarte Meer, Kadoelermeer, Vollehovermeer)
- IJsseldelta (de IJssel vanaf Olst, Ketelmeer, Vossemeer)
- IJsselmeer

- **ovd** (voor WAQUA-beno-modellen).
Overijsselse Vecht-delta
(voor WAQUA- en SOBEK-schematisaties)
- **ovd_dv** **Overijsselse Vecht-delta & Duitse Vecht**
(voor SOBEK-schematisaties)
- **ym_ijd** **IJsselmeer & IJssel-delta**
(voor SOBEK-schematisaties)

De IJsseldelta en de Vechtdelta vormen beiden een overgangsgebied tussen een riviersituatie en meersituatie. Beide rivieren monden uiteindelijk uit in het IJsselmeer, dat via de spuisluizen in de Afsluitdijk (Kornwerderzand en Den Oever) op de Waddenzee loost.

Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP). De bandijk vormt de grens van het model.

Van het gebied wordt onderscheidt gemaakt tussen verschillende (deel)modellen (met beschrijving van de toepassing):

- **ym_ijvd_ov** **IJsselmeer & IJsselVecht-delta & Overijsselse Vecht**
(voor alle Baseline-schematisaties en enkele WAQUA-modellen)
- **ym_ijvd** **IJsselmeer & IJsselVecht-delta**
(voor WAQUA-schematisaties van actuele jaren en tbv WTI)
- **ijvd** **IJsselVecht-delta.**

BASELINE

j98

Het uitgangspunt voor alle modellen is de Baseline-schematisatie van het jaar 1998. De v3-versie van deze schematisatie is gebruikt als basisjaar voor andere modellen en gebruikt voor kalibratie van de modellen van de Overijsselse Vecht (Van der Mheen, 2014).

Onder deze Baseline-schematisatie is in een tweede versie van het WAQUA-model de luchtdichtheid aangepast naar 1.2265 kg/m^3 .

j07

De j07_5 Baseline-schematisatie is een kopie van j98_5 waarin 18 actualisatie maatregelen zijn opgenomen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1998 en 2007 beschrijven. Dit resulteert in onder meer de volgende aanpassingen (Van der Mheen, 2014):

- Ramspolkering op het Zwarte Meer
- Noodretentie van Noord en Zuid Meene langs de Vecht
- Nevengeul Loozensche Linie langs de Vecht
- Nevengeul Möhlmarsch langs de Vecht
- Naviduct bij Enkhuizen

In v2 van het WAQUA-model is de luchtdichtheid aangepast naar 1.2265 kg/m^3 .

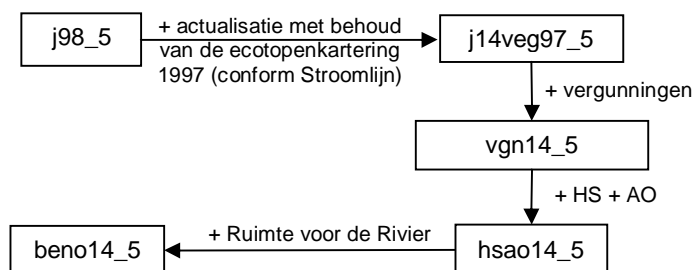
j14

Het model is opgebouwd vanuit j98 met behulp van 44 maatregelen die de beschikbare veranderingen in het gebied tussen 1995 en 2014 beschrijven. (Becker, Van der Mheen, Plieger, 2015)

In v2 van het WAQUA-model is de luchtdichtheid aangepast naar 1.2265 kg/m^3 .

beno14

Het beno14-model is opgebouwd vanaf het j98 model met behulp van de volgende tussenstappen (Becker, Van der Mheen, Plieger, 2015):



Het model is dus geactualiseerd naar de situatie 2014, met behoud van de ecotopenkartering na 1997 (conform de aanname in het project Stroomlijn). Vervolgens zijn reeds verleende vergunningen opgenomen. Daarna zijn HSAO-maatregelen op basis van pakkettoets 2014-I meegenomen en zijn de Ruimte voor de Rivier maatregelen ingemixt. Tenslotte zijn nog een aantal overige maatregelen opgenomen.

In totaal zijn hierbij (44+52+4+13=) 113 maatregelen ingemixt. Naast de veranderingen op IJssel (reeds besproken in de documentatie van Rijntakken) zijn er de volgende grote aanpassingen:

- Toevoeging bypass kampen
- Bodemhoogtes in het Zwarte Water en Zwarte Meer blijven gelijk aan j98
- Op de Vecht zijn zomerbedpeilingen uit 2008 opgenomen

hr2017

De basis van dit model is het beno14 model, waarop enkele aanpassingen gedaan voor de toepassing binnen WTI2017.

- De Vecht is afgeknipt bovenstrooms van Ommen
- Op de afsluitdijk liggen afvoerrandvoorwaarden en zijn hier geen "bakjes Waddenzee" meer (Becker, Van der Mheen, Plieger, 2015)

In v2 zijn de volgende aanpassingen gedaan:

- De locatie van de onttrekking voor Bypass Kampen is verplaatst naar de rand van de hoofdgeul om droogval te voorkomen.
- De uitvoerlocaties langs de dijk zijn aangepast, zodanig dat ze voldoen aan de uitgangspunten.
- De stuwsturing van keersluis Kadoelen, stuw Vilsteren en stuw Vechterweerd is verbeterd.

In v3 zijn de volgende aanpassingen gedaan:

- Verandering van de luchtdichtheid naar 1.2265 kg/m^3
- Hernoeming van enkele uitvoerlocaties

beno15

De gebiedsschematisatie is gebaseerd op de ym_ijvd_ov-beno14_5-v1 schematisatie. Hierin is de nieuwe ecotopenkartering van 2012 met een resolutie van 5x5 meter toegevoegd en de daarop gebaseerde vegetatielegger (in leggereenheden in plaats van handboekeenheden) en het eindbeeld van het project Stroomlijn. Daarnaast is het overlappende deel met de Rijntakken integraal overgenomen uit de rijnt-beno15_5-v1 schematisatie.

Voor details wordt verwezen naar de rapportage Pol, de Jong en da Silva (2015) en Da Silva en Pol (2015).

j16

Het model is opgebouwd vanuit j98 met alle beschikbare veranderingen t/m 2016 (Bak, 2016). Deze gebiedsveranderingen betreffen o.a. meest recente Ruimte voor de Rivier maatregelen die eind 2016 gereed worden verwacht zoals Zomerbedverlaging Beneden-IJssel, Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, Uiterwaardvergraving Scheller en Oldeneler Buitenwaarden en de Dijkverlegging Westenholte.

WAQUA

De modelopzet in WAQUA staat beschreven in Van der Mheen (2014).

roosterafmetingen

Bij de kalibratie van het WAQUA-model is gebruik gemaakt van het rooster ijvd40m_5-v1. Hoewel er geen aanpassingen aan het rooster zijn gedaan, is voor de nieuwste modellen j16 gebruik gemaakt van ym_ijvd_ov40m_5-v6, zodat versienummering overeen komt met de Rijntakken. In het Vecht gedeelte heeft dit rooster een resolutie van ongeveer 20 meter lengte en 5 meter breedte in het zomerbed. In het winterbed en bij het Zwarte Meer heeft het rooster een kleinere resolutie, lokaal neemt dit af tot ongeveer 60 meter lengte en 40 meter breedte. Dit rooster sluit aan op de roosters van het Markermeer gebied en de Veluwerandmeren. Op het IJsselmeer neemt de resolutie toe tot ruim 200 meter.

schematisatie

In de volledige WAQUA-schematisatie (ym_ijvd_ov) zijn de volgende elementen meegenomen:

- De IJssel vanaf Olst tot de monding in het Ketelmeer is afkomstig van het Rijntakken model.
- Zes stuwen op de Overijsselsche Vecht (de Haandrik, Hardenberg, Marienberg, Junne, Vilsteren, Vechterweerd) zijn gemodelleerd als regelbare drempels met een afvoercoëfficiënt van 1.0. In de modellen j98_5 en j07_5 is bij kalibratie en verificatie gestuurd op de bovenstrooms gemeten waterstanden. In de overige schematisaties wordt gestuurd op het operationele stuwprogramma.
- In het model zijn 2 keringen aanwezig: De Kadoelerkeersluis bij Kadoelen en de Ramspolkering op de grens tussen het Zwarte Meer en Ketelmeer.
- Vanaf het j16_5 model is de kering bij Veessen-Wapenveld ook in de actuele modellen opgenomen conform de pakkettoets 2015-I.
- De spuisluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand worden gestuurd op het operationele stuwprogramma. Ten behoeve hiervan zijn twee 'bakjes' op de Waddenzee geschematiseerd.
- In het model zijn vele tienduizenden overlagen aanwezig.
- Op bijna 30 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het systeem. De zijriviertjes, beken en kanalen zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn in veel gevallen met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen.
- De invloed van zoutindringing wordt niet meegenomen in het model.

Er zijn diverse data bronnen gebruikt 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.

Voor de meest recente gebiedsgegevens geldt dat voor het IJsselmeer de kaart met het Meren Ecotopen Stelsel is gebruikt. Voor Ketelmeer, IJssel en Zwarte Water is het Rivier Ecotopen Stelsel gebruikt. Voor de Vecht is een Landgebruikerskaart gebruikt. De meest recente data van IJssel, Ketelmeer, Zwarte Water is van de kaart van 2012 met een verfijnde resolutie (5x5 m) ten opzichte van eerdere kaarten. Deze opname heeft geleid tot een herkalibratie (zie modelkarakteristieken).

Modelkarakteristieken

De aansturing verschilt per deelmodel:

ym_ijvd_ov

Het model wordt aangestuurd op de bovenranden bij Emlichheim en Olst met een afvoertijdreeks. Op de benedenranden op de Waddenzee worden tijdseries van waterstanden opgelegd.

ym_ijvd

Het model wordt aangestuurd op de bovenranden bij Ommen en Olst met een afvoertijdreeks. Op de benedenranden op de Waddenzee worden tijdseries van waterstanden opgelegd.

Ten behoeve van WTI worden er in plaats van waterstanden debieten opgelegd bij sluisen van Den Oever en Kornwerderzand. Hiervoor zijn ook de beschikbare openingen bij de spuisluizen vergroot.

ijvd

Het model wordt aangestuurd op de bovenranden bij Ommen en Olst met een afvoertijdreeks. Op de benedenrand bij de Ketelbrug wordt een tijdserie van waterstanden opgelegd.

ovd

Het model wordt aangestuurd op de bovenrand bij Emlichheim met een afvoertijdreeks. Op de benedenrand bij de Ramspolkering wordt een tijdserie van waterstanden opgelegd.

De modellen worden alleen in 2D (WAQUA) gedraaid. Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

Parameter	Waarde	
EDDYviscositycoeff	1.0 m ² s ⁻¹	turbulentieviscositeit
	0.5 m ² s ⁻¹	(waarde in de Overijsselse Vecht)
WIND_CdA	7.77886 ms ⁻¹	Coefficiënten voor berekening van windsnelheidsafhankelijke Cd-coëfficiënt:
WIND_CdB	50.0 ms ⁻¹	
CdA	1.36673·10 ⁻³	windsnelheid < WIND_CdA: Cd = CdA
CdB	3.90·10 ⁻³	windsnelheid > WIND_CdB: Cd = CdB
GRAVITY	9.8130 ms ⁻²	gravitatieversnelling
WATDENSITY	1000.0 kgm ⁻³	dichtheid water
AIRDENSITY ¹	1.2265 kgm ⁻³	dichtheid lucht
TSTEP	0.25 min	tijdstap
ITERCON	20	maximaal aantal iteraties voor de continuïteitsvergelijking
ITERMOM	8	maximum aantal iteraties voor de impulsbalansvergelijking
CHECKCONT	WL	convergentiecriteria: verschil in waterstanden < 0,0005 m
ITERACCURWL	0.0005 m	
THETAC	0.6	energieverlies bij overlagen = 40% van de actuele tijdstap en 60% van de voorgaande tijdstap
DPD GIVEN	-	bodemhoogte gedefinieerd in de hoekpunten van een roostercel: $D_i, i = 1...4$
METH_DPS	MAX_DPUV	$D = \max\left\{\frac{D_1+D_2}{2}, \frac{D_2+D_4}{2}, \frac{D_4+D_3}{2}, \frac{D_3+D_1}{2}\right\}$
GROYNEs_redu	1,0	reductiefactor voor het energieverlies over kribben
OTHERS_reduc	1,0	reductiefactor voor het energieverlies over andere overlagen dan kribben

¹ Tijdens de kalibratie stond deze waarde nog op 1.2050. Dit is later aangepast en verwerkt in een nieuwe versie van de WAQUA-modellen

- Ruwheid: Voor de ruwheden van het winterbed is uitgegaan van de formuleringen zoals beschreven in het handboek "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden" (Velzen et al., 2003a en 2003b). De winterbedruwheden worden niet gevarieerd, ondanks de grote onzekerheden.
- Een aantal typen ruwheden (zoals plassen en bebouwde/verharde terreinen) worden weergegeven met een vaste k-Nikuradse waarde.
- Het grootste deel van de vegetatie (grassen, bossen, ruigtes) worden met de formulering van door- en overstroomde vegetatie weergegeven.
- De aanwezige gebouwen en de brugpijlers worden in de ruwheid opgenomen met behulp van de formulering voor gebouwen.
- In het gebied zijn vele heggen aanwezig, welke een ruwheid krijgen door de formulering voor heggen.
- De roughcombination-methode maakt het mogelijk om verschillende types ruwheden in één WAQUA-roostercel te combineren.
- Nieuwe ruwheidscodes moeten aangevraagd worden bij RWS-WVL. Dit is belangrijk voor het versiebeheer van de ruwheidsdefinities (roughcombination-bestanden).
- De ruwheidsdefinities zijn opgesplitst in drie roughcombination-bestanden: een vast onderdeel dat voor alle Nederlandse riviergebieden geldt, een deel dat de afvoerafhankelijke zomerbedruwheden van de Rijn bevat en een deel dat de (afvoerafhankelijke) zomerbedruwheden van de IJsselmeer IJssel-Vecht-

delta en Overijsselse Vecht bevat. Het deel met de ruwheden van de Rijntakken wordt daarbij één-op- één overgenomen uit het Rijntakken model.

- De windvelden zijn op basis van een downscaling van HIRLAM-11 windvelden. Dit is een weermodel van het KNMI met een resolutie van 11 kilometer. Dit wordt met de downscaling verhoogd naar 500 meter.
- Vanaf model j16 zijn de gedownscalde windvelden voor stormperiodes 2011 en 2013 verbeterd.
- Voor de gebruikte software versies wordt verwezen naar de eerste pagina.

Het zomerbed van de rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in trajecten ingedeeld, waarbij de trajectgrenzen gevormd worden door de locatie van meetstations. In de 5e-generatie-modellen verschillen de alpha-waarden in de hierboven genoemde formulering voor verschillende afvoerniveaus (hoog, midden en laag). Bij benadering zijn de bijbehorende topafvoeren voor de Vecht bij Emlichheim (19, 65 en 200 m³/s). Door laterale instromingen op de Vecht en het Zwarte Water, neemt dit toe.

Vanaf beno15_5 en j16 model is de ecotopenkartering van 2012 meegenomen. Vanwege de overgang naar een ecotopenkartering met een fijnere resolutie (van 5x5 meter in plaats van 20x20 meter) zijn de zomerbedruwheden van zowel het WAQUA- als SOBEK 3-model van de Rijntakken zodanig gekalibreerd dat voor het effect van deze trendbreuk wordt gecompenseerd (Spruyt, 2015). Deze waarden zijn op de IJssel overgenomen in het ym_ijvd_ov- en ym_ijvd-model.

nauwkeurigheid

Het ovd-model is gekalibreerd op waterstanden. De afvoerdeling tussen zomer- en winterbed is niet bekeken. Voor de Overijsselse Vecht, het Zwarte Water en het Zwarte Meer is een kalibratie uitgevoerd op drie verschillende afvoerniveaus. In de onderstaande tabel staat voor de drie periodes het afvoerbereik boven- en benedenstrooms van het kalibratiegebied en de periode waarop is gekalibreerd.

	Afvoerbereik		Tijd	
	Boven	Beneden	Start	Eind
Laag	19±10	50±30	01-12-98	07-12-98
Midden	65±15	200±40	16-12-98	18-12-98
Hoog	200±40	550±70	30-10-98	04-11-98

Dit resulteerde in de modelresultaten gemiddeld over alle stations zoals te zien in de onderstaande tabel (in meters).

Periode	RMSE	GV	σ	$\Delta\zeta_{\max}$
1998 (OVD)	0.132	0.044	0.091	-0.019
2007 (alles)	0.239	0.157	0.176	0.198

Het IJsselmeer en Ketelmeer zijn niet gekalibreerd en zijn enkel gevalideerd op stormen uit 2006, 2011 en 2013. Dit resulteerde in onderstaande resultaten gemiddeld over alle stations (in meters).

Storm	RMSE	GV	σ	$\Delta\zeta_{\max}$
Storm 2006	0.095	0.054	0.07	0.108
Storm 2011	0.109	0.072	0.069	0.075
Storm 2013	0.074	0.041	0.057	0.044

Stormpiek	RMSE	GV	σ	$\Delta\zeta_{\max}$
Storm 2006	0.126	0.08	0.093	0.113
Storm 2011	0.097	0.066	0.064	0.093
Storm 2013	0.079	0.063	0.036	0.063

Uit de resultaten is het volgende geconcludeerd:

De kalibratie van het Vecht gedeelte van het WAQUA-model is niet succesvol. Hiertoe worden meerdere mogelijke oorzaken genoemd:

- De verificatie van het Vecht gedeelte van het WAQUA-model voor de volledige periode van oktober 1998 tot en met december 1998 bevestigt de niet succesvolle kalibratie.

- Uit de resultaten van de validatie van het IJsselmeer gedeelte van het WAQUA-model blijkt dat over het algemeen het verloop van de berekende waterstanden goed overeenkomt met de metingen. Gemiddeld over alle stormperiodes en over alle stations wordt het acceptatiecriterium van $\Delta\zeta_{\max} \leq 20$ cm ruim gehaald.

- De verificatie van het volledige WAQUA YM_IJVD_OV model voor januari 2007 laat een overschatting van de waterstanden op de Vecht en de IJssel zien. Vooral op de Overijsselse Vecht worden de waterstanden sterk overschat. De verificatie bevestigt wederom dat de kalibratie van het Vecht gedeelte van het WAQUA-model niet succesvol en niet representatief is.

- De verificatie van het volledige WAQUA YM_IJVD_OV model voor januari 2007 laat op het IJsselmeer zien dat de pieken in waterstand door het model worden onderschat. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de schematisatie van de wind.

SOBEK (ym_ijd)

De regio ym_ijvd_ov is voor de SOBEK-modellen opgesplitst in twee modellen. Dit hoofdstuk beschrijft het model van ym_ijd. IJsselmeer en Ketelmeer (Horváth, 2015, 2016). Hierin is de IJssel overgenomen uit het Rijntakken model tot aan Kampen.

rekenrooster

De knopen-takken structuur van de SOBEK-schematisatie is gebaseerd op de ligging van de vaargeulen en de toepassing van de wagenwiel-structuur op de meren. De locaties van de knopen zijn gebaseerd op een inschatting van toekomstig gebruik voor LSM.

Het rekenrooster heeft een afstand van ongeveer 500 meter in het riviergedeelte, conform het huidige SOBEK2-model en de overige SOBEK3-modellen. In het overlappende gedeelte met de Rijntakken is de structuur van het model overgenomen uit het Rijntakkenmodel. De SOBEK-vakken zijn op de meren opgezet conform de zogeheten wagenwiel-structuur en zijn daar relatief groot. Een SOBEK-vak kan hierdoor meerdere rekenpunten hebben.

schematisatie

De dwarsprofielen en winterbedruwheden van de takken zijn gebaseerd op de overeenkomstige Baseline- en WAQUA-schematisaties (*baseline-ym_ijvd_ov-j07_5-v1* en *waqua-ym_ijvd-j07_5-v1*) door middel van de vertaling naar SOBEK-profielen via het programma WAQ2PROF.

In de schematisatie zijn verder de volgende elementen meegenomen:

- De spuisluizen in de Afsluitdijk bij Den Oever en Kornwerderzand worden gestuurd op het operationele stuwprogramma. Ten behoeve hiervan zijn twee 'bakjes' op de Waddenzee geschematiseerd.
- De spuisluizen in de houtribdijk en de spuisluis bij Roggebotsluis zijn als open rand gemodelleerd.
- Op 13 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het systeem.

modelkarakteristieken

Het zomerbed is in dezelfde ruwheidstrajecten verdeeld als in het WAQUA-model.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

parameter	waarde	beschrijving
limtyphu1D	1	De waterstand op een snelheidspunt wordt geschat upwind in de omliggende profielen.
iadvec1D	2	Moment- en energiebehoud wordt gewogen gemiddeld bij vernauwing en verbreding.
MomDilution1D	1	Advectie controle Volume gebaseerd op gehele oppervlakte.
TransitionheightSD	0.75 m	De hoogte waarover het volume achter de zomerdijken beschikbaar komt bij een stijgende waterspiegel
Timestep	10 min	Maximale tijdstap
Interpolation	Linear	Als een observatiepunt niet op een rekenpunt ligt, moet er geïnterpoleerd worden. Bij default staat deze parameter op 'Nearest', dan wordt er niet geïnterpoleerd, maar wordt de waarde van het dichtbijzijnde rekenpunt gegeven. Met 'Linear' wordt lineair geïnterpoleerd.

Het model wordt aangestuurd op de bovenranden bij Ramspol en Kampen met een afvoertijdreeks. Op de benedenranden op de Waddenzee worden tijdseries van waterstanden opgelegd.

De randvoorwaarden voor verificatie zijn afkomstig van verschillende bronnen. Waterstandsrandvoorwaarden zijn afkomstig van metingen. Afvoerrandvoorwaarden zijn overgenomen uit de kalibratie van het WAQUA model. Windrandvoorwaarden zijn bepaald door middel van een gewogen gemiddelde van KNMI-stations ($0,804 * Stavoren + 0,115 * Lelystad + 0,081 * Marknesse$).

nauwkeurigheid

In de rapportage (Horváth, 2015) is het SOBEK 3-model vergeleken met waterstandsmetingen voor verschillende stormperiodes. De waterstandspieken tijdens de doorgerekende stormperiodes worden in de meeste stations correct gerepresenteerd, zowel in ruimte als tijd. De afwijking ten opzichte van de meting is over het algemeen minder dan 20 cm, behalve voor de stormperiode van 2007. De afwijkingen die worden gevonden tussen modelresultaten en metingen zijn in de meeste gevallen consistent met wat voor het WAQUA-model van hetzelfde gebied (Mheen, 2014) is gevonden. De resultaten zijn, net als voor het WAQUA-model, sterk afhankelijk van een juiste schematisatie van de wind. Verbeteringen hierin zullen leiden tot verbeterde resultaten.

Onderstaande tabellen tonen de modelresultaten gemiddeld over alle stations voor zowel de gehele storm, als de periode rond het maximum (de stormpiek) (in meters) voor j07.

Storm	GV	RMSE	σ
Storm 2006	-0.028	0.063	0.067
Storm 2007	-0.001	0.100	0.096
Storm 2011	-0.014	0.077	0.068
Storm 2013	0.042	0.091	0.049

Stormpiek	GV	RMSE	σ	$\Delta\zeta_{max}$
Storm 2006	-0.032	0.117	0.073	-0.014
Storm 2007	-0.008	0.187	0.155	-0.094
Storm 2011	-0.022	0.110	0.074	-0.041
Storm 2013	0.059	0.117	0.032	0.086

SOBEK (ovd)

De regio ym_ijvd_ov is voor de SOBEK-modellen opgesplitst in twee modellen. Dit hoofdstuk beschrijft het model van ovd: Overijsselse Vecht, Zwarte Water en Zwarte Meer (Van der Mheen, Keizer, De Jong, 2015).

rekenrooster

In SOBEK zijn de dwarsprofielen en het rekenrooster nauw aan elkaar verwant. Het rekenrooster bestaat uit een verzameling rekenpunten op de rivier-as. De rekenpunten worden gedefinieerd aan het begin en eind van elke tak, op elk dwarsprofiel en op 10 meter afstand van een kunstwerk. Als uitgangspunt wordt op iedere 500 meter een dwarsprofiel en dus een rekenpunt gelegd. Dit uitgangspunt geldt voor alle SOBEK3 modellen.

schematisatie

Dit model is opgebouwd op basis van de Baseline- en WAQUA-modellen. Gebieden die niet opgenomen zijn in Baseline zijn overgenomen uit eerdere SOBEK-modellen. Dit is gedaan bij de Duitse Vecht (dit is nog niet gekoppeld aan het OVD-model) en de Regge (voor een deel opgenomen in het OVD-model).

In de schematisatie zijn verder de volgende elementen meegenomen:

- De 6 stuwen stuwen op de Overijsselsche Vecht (de Haandrik, Hardenberg, Marienberg, Junne, Vilsteren, Vechterweerd).
- Kampereiland is geschematiseerd met behulp van vier retentiegebieden. Deze worden van elkaar gescheiden door de Ganzendiep, Goot en Veneriete.
- Vanaf 2007 zijn in de modellen ook retentiegebieden in het model opgenomen van Noord en Zuid Meene.
- Op circa 10 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het systeem.

Voor alle modellen worden de dwarsprofielen en winterbedruwheden afgeleid met behulp WAQ2PROF uit Baseline- en WAQUA-schematisaties. Deze schematisaties zijn al eerder opgeleverd en beschrijven de bijbehorende jaren 1998 en 2007 (Van der Mheen, 2014) en 2014 (Becker en Van der Mheen, 2014). In de genoemde rapportages is meer informatie over de achtergronddata te vinden.

modelkarakteristieken

Het zomerbed is in dezelfde ruwheidstrajecten verdeeld als in het WAQUA-model. Ook worden dezelfde afvoerniveaus gebruikt.

Het model kan gekoppeld worden met de Duitse Vecht (Van der Veen, 2015; De Jong, 2016). Dit gekoppelde model beschrijft hetzelfde gebied als het SOBEK-RE model dat gebruikt wordt binnen FEWS Vecht en loopt bovenstrooms tot Ohne.

Voor het draaien van het model worden de volgende instellingen aangehouden:

parameter	waarde	beschrijving
limtyphu1D	1	De waterstand op een snelheidspunt wordt geschat opwind in de omliggende profielen.
iadvec1D	2	Moment- en energiebehoud wordt gewogen gemiddeld bij vernauwing en verbreding.

MomDilution1D	1	Advectie controle Volume gebaseerd op gehele oppervlakte.
TransitionheightSD	0.75 m	De hoogte waarover het volume achter de zomerrijken beschikbaar komt bij een stijgende waterspiegel
Timestep	10 min	Maximale tijdstap
Interpolation	Linear	Als een observatiepunt niet op een rekenpunt ligt, moet er geïnterpoleerd worden. Bij default staat deze parameter op 'Nearest', dan wordt er niet geïnterpoleerd, maar wordt de waarde van het dichtbijzijnde rekenpunt gegeven. Met 'Linear' wordt lineair geïnterpoleerd.

Het model wordt aangestuurd op de bovenrand bij Emlichheim met een afvoertijdreeks. Op de benedenrand bij de Ramspolkering wordt een tijdserie van waterstanden opgelegd.

Windrandvoorwaarden zijn bepaald door middel van een gewogen gemiddelde van KNMI-stations ($0,804 * Stavoren + 0,115 * Lelystad + 0,081 * Marknesse$).

nauwkeurigheid

De volgende periodes zijn gebruikt bij de opzet van de nieuwe modellen. Hierbij zijn randvoorwaarden gedefinieerd bij Emlichheim en diverse lateralen.

- Voor de kalibratie (j98) is gebruik gemaakt van het hoogwater 1998. Dit is gelijk aan de kalibratie van het WAQUA-model van de Overijsselse Vecht (Van der Mheen, 2014).
- Voor de verificatie (j07) is gebruik gemaakt van het hoogwater 2007. Ook dit is gelijk aan de verificatie van het WAQUA-model van de Overijsselse Vecht (Van der Mheen, 2014).
- Voor de actualisatie is nogmaals gebruik gemaakt van het hoogwater 1998 en is gekeken naar het verschil in modelresultaten tussen 2014 en 2007.

De kalibratie is uitgevoerd op de ruwheden van het zomerbed in het model van 1998 op basis van de randvoorwaarden en waterstandsmetingen van 1998. De kalibratie bestaat uit twee stappen. Allereerst de handmatige kalibratie van de Regge. Daarna volgt de automatische kalibratie van de Vecht en het Zwarte Water.

In deze laatste stap is gebruik gemaakt van de programmatuur OpenDA om op basis van ingegeven waterstandsmetingen de ruwheid van het zomerbed aan te passen tot de modelresultaten zo goed mogelijk op de metingen liggen. Hierbij is gekozen voor de toepassing van drie afvoerniveaus: laag, midden en hoog. De afvoer behorende bij ieder niveau wisselt per meetstation. De aanpak is waar mogelijk gelijk aan de aanpak voor het WAQUA-model.

Na kalibratie is dezelfde zomerbedruwheid gebruikt in het model van 2007 voor een verificatie op het hoogwater 2007.

Resultaten van zowel kalibratie als verificatie laten zien dat het model over het geheel verbeterd is door de kalibratie ten opzichte van het model voor de kalibratie. Op sommige locaties is echter ook een verslechtering te zien. De oorzaak hiervan ligt

mogelijk in de gebruikte randvoorwaarde bij Emlichheim.

Onderstaande tabel toont de modelresultaten vergeleken met metingen, gemiddeld over alle stations (in meters).

	GV	RMSE	σ
Kalibratie (1998)	-0.001	0.016	0.018
Verificatie (2007)	0.227	0.292	0.176

In 2016 is de koppeling gemaakt tussen het Nederlandse en Duitse deel van de Vecht (ovd_dv, zie Jong, 2016).

SWAN

Voor IJsselmeer, Ketelmeer en Vossemeer, Zwartemeer zijn golfmodellen met SWAN gemaakt (Morris, 2016).

rekenrooster

De roosters van de 3 schematisaties zijn rechthoekig met de afmeting 20x200m voor IJsselmeer en 60x60 m voor Ketelmeer en Zwartemeer.

schematisatie

De topografische gegevens (bodem en obstakels) voor deze modellen zijn gegenereerd uit *baseline-ym_ijvd_ov-j16_5-v1*. Daarnaast zijn er waterstandsvelden nodig, deze worden via *waqua-ym_ijvd-j16_5-v1* verkregen. De windforcering is dezelfde als die voor *waqua-ym_ijvd-j16_5-v1*, dus Hirlam11 gedownscaled naar 500x500m.

modelkarakteristieken

De belangrijkste modelinstellingen zijn als volgt (situatie met hoge windsnelheden, voor lage windsnelheden gelden andere instellingen):

```
GEN3 WESTH
WCAP WESTH cds2=5.0e-05 br=0.00175 p0=4.0 powst=0.0
powk=0.0 &
nidisp=0.0 cds3=0.8 powfsh=1.0
QUAD iquad=2 lambda=0.25 Cnl4=3.0e+07
LIMITER ursell=10.0 qb=1.0
FRIC JONSWAP cfjon=0.0380000
BREA WESTH alpha=0.96 pown=2.5 bref=-1.39630 shfac=500.0
TRIAD trfac=0.1 cutfr=2.
```

nauwkeurigheid

Er zijn validaties gedaan voor de stormen in december 2011 en maart 2013. Resultaten zijn vergelijkbaar met de voorgaande modellen.

literatuur

1. Da Silva, J.V., Pol, J. (2015). Ontwikkeling Beno15 model IJVD, HKV rapport PR3127.10
2. Pol, J., de Jong, A.K., da Silva, J.R. (2015). Analyse nieuwe vegetatie IJVD. HKV memo PR3127.10
3. Horváth, K. (2015). Development of a SOBEK 3 model of the IJsselmeer and Ketelmeer. Deltares rapport 1220072-007-ZWS-0004
4. Van der Mheen, M., Keizer, A., De Jong, J.S. (2015): SOBEK 3-model van de Overijsselse Vecht: Modelbouw,

kalibratie en verificatie. Deltares rapport 1220072-006-ZWS-0008

5. Van der Mheen, M. (2014). 5de generatie IJVD WAQUA model: Bouw, kalibratie en verificatie. Deltares rapport 1209449-007-ZWS-0008-v3
6. Becker, A., Van der Mheen, M., Plieger, R. (2015). Modelschematisaties IJsselmeer-Vecht-IJsseldelta: B&O-model 2014, WT12017-model en actueel model. Deltares rapport 1209449-007-ZWS-0004-v2
7. Van der Veen, R. (2015): Modellerings Duitse Vecht in SOBEK3. Rura-Arnhem rapport P150526R
8. De Jong, J.S. (2016). Samenvoegen modellen Overijsselse Vecht en de Duitse Vecht. Deltares memo 1220072-006-ZWS-0010
9. Bak-Eijsberg, C.I. (2016): Actualisatie IJsselmeer en IJsselVechtdelta model 2016. Deltares rapport 1230071-005-ZWS-0012.
10. Horváth, K. (2016): SOBEK 3 model of the IJsselmeer and Ketelmeer "ym_ijd-j16_5-v1". Deltares rapport 1230071-005-ZWS-0008.
11. Morris, J. (2016): SWAN Model Updates for IJsselmeer, Ketel and Vossemeer, and Zwarte Meer. Deltares rapport 1230071-000-ZWS-0042.

DISCLAIMER:

De schematisaties zijn opgezet en gekalibreerd met de eerder genoemde softwareversies. Hierbij waren de software versies nog in ontwikkeling en is dus niet gebruik gemaakt van een officiële software-release. Voor uitlevering van de schematisaties wordt gebruik gemaakt van officiële software-releases van Baseline, SIMONA en SobekRe/3. De resultaten van de kalibratie-som kunnen hierdoor enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage over de modelopzet en de kalibratie. 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 daarin of het gebruik ervan door derden. Deltares en RWS behouden zich het recht voor

om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 17
8200 AA Lelystad
T+31 (0)320 298 411
www.rijkswaterstaat.nl

Deltares

Postbus 177
2600 MH Delft
T+31 (0)15 285 85 85
info@deltares.nl
www.deltares.nl