

Overstromingsmodellering voor dijkkring 48 met D-HYDRO 1D2D

RINSKE HUTTEN, GERT VAN DEN HOUTEN EN GEERT PRINSEN

Waterschap Rijn en IJssel is sinds 2018 verantwoordelijk voor het maken van overstromingsscenario's voor zijn beheersgebied. Om deze scenario's te genereren worden nieuwe overstromingsmodellen voor alle dijkkringen gemaakt. Als eerste stap heeft het waterschap samen met Deltares een pilot-project uitgevoerd waarin voor de grootste en grensoverschrijdende dijkkring 48 een 1D2D model is opgezet in de D-HYDRO Suite 1D2D. Hierbij zijn de Nederlandse Rijntakken en de grote watergangen binnen de dijkkring in 1D gemodelleerd en de rest van de dijkkring in 2D. Het model is getest voor dijkdoorbraken in Duitsland en in Nederland en resultaten zijn op diverse manieren gevisualiseerd. Het globale overstromingsbeeld uit de simulaties is herkenbaar voor het waterschap. Uit de studie blijkt dat de gesimuleerde overstromingen gevoelig zijn voor de gekozen schematisatie van de bres- en de bresgroeiparameters, maar nauwelijks voor de ruwheid van het maaiveld. Het gesimuleerde overstromingspatroon wordt beïnvloed door het mogelijk bezwijken van barrières in het landschap, zoals oude dijken en verhoogde snelwegen. Het waterschap zal met het 1D2D model een groot aantal scenario's laten opstellen om inzicht te krijgen in het systeemgedrag bij dijkdoorbraken op verschillende locaties en met verschillende parameters. Dit als voorbereiding op eventuele overstromingen vanuit de grote rivieren.

Artikel

Inleiding

Voorheen was de provincie Gelderland 'bronhouder' van de overstromingsscenario's en beheerder van een grootschalig overstromingsmodel voor de provincie. Dit model was gemaakt met de inmiddels verouderde software module Delft-FLS en bleek niet meer bruikbaar. Toen het Waterschap Rijn en IJssel (WRIJ) in 2018 de verantwoordelijkheid voor de overstromingsmodellen en -scenario's voor zijn beheergebied overnam, heeft het waterschap besloten nieuwe en meer gedetailleerdere modellen te maken. Hierbij is een afweging gemaakt over de te gebruiken software en is besloten om verder te gaan met de Deltares D-HYDRO Suite 1D2D. Deze keuze is onder andere gemaakt vanwege de robuustheid en mogelijkheden van de nieuwe rekenkern, en het gebruik van de software door Rijkswaterstaat en verschillende buurwaterschappen.

Als eerste te modelleren gebied is de grensoverschrijdende dijkkring 48 gekozen, omdat de behoefte aan nieuwe scenario's voor deze dijkkring het grootst is. Dit komt omdat de impact van overstromingen in deze dijkkring aanzienlijk is en omdat de actuele faalkansen van dijktrajecten in deze dijkkring van met name de Duitse keringen relatief groot zijn.

De informatiebehoefte van het waterschap ligt primair bij de ontwikkeling van overstromingsscenario's voor calamiteiten en het onderzoeken van mogelijke maatregelen om de gevolgen van overstromingen te verkleinen. Daarnaast worden de op termijn gegenereerde overstromingsscenario's aangeboden aan de landelijke database van overstromingen (LDO). Voor het genereren van overstromingsscenario's voor Duitse breslocaties wordt de samenwerking gezocht met Duitse partners. In het kader van zowel de communicatie binnen het waterschap als de communicatie met de buitenwereld is aandacht besteed aan visualisatie.

Dit artikel licht het proces toe van modelbouw, modelverificatie en visualisatie van het dijkkring 48 model met de D-HYDRO Suite 1D2D.

Gebiedsbeschrijving

Dijkkring 48 is een grensoverschrijdende dijkkring in het beheersgebied van WRIJ. De dijkkring wordt aan de westzijde begrensd door de dijken langs de Rijn in Duitsland vanaf Bislich (bij Wesel) en dijken langs de Bovenrijn en Pannerdens Kanaal, aan de noordzijde door de dijken langs de IJssel tot bij Doesburg, en aan de noordoostzijde door dijken langs de Oude IJssel tussen Doesburg en Doetinchem (zie afbeelding 1). Ten oosten van Doetinchem stopt de bedijking langs de Oude IJssel en vormt het steeds hoger wordende achterland de begrenzing van de dijkkring.

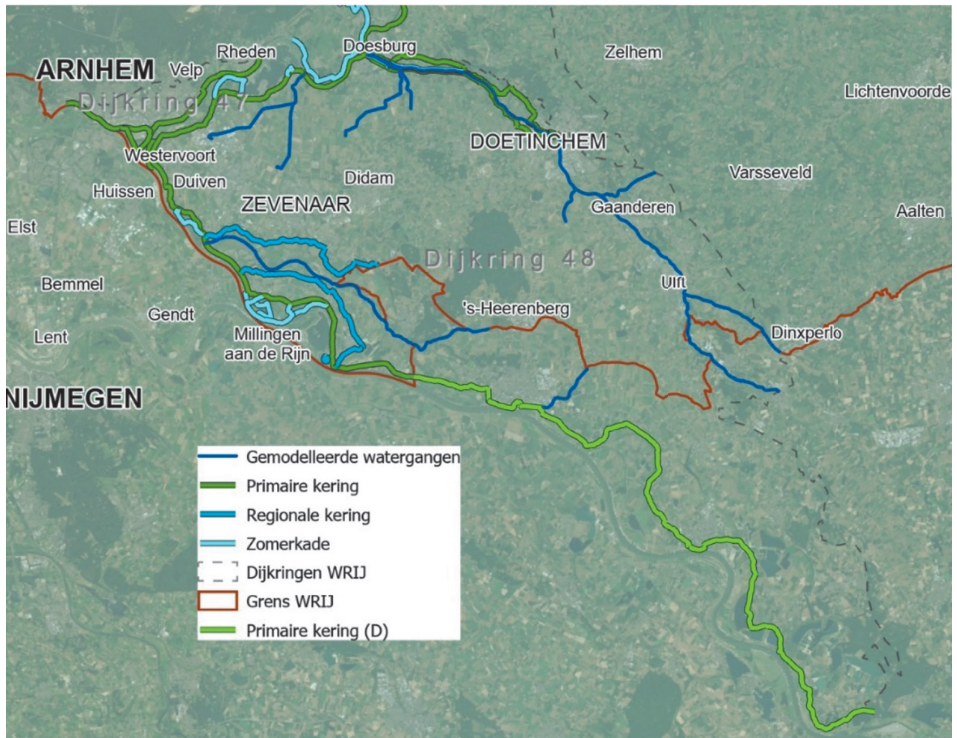
De belangrijkste watergangen binnen dijkkring 48 zijn:

- De Oude IJssel, met zijrivieren het Waalse Water en de Aa-strang. De Oude IJssel ontspringt in Duitsland, stroomt langs Ulft en Doetinchem en mondt uiteindelijk uit in de IJssel bij Doesburg. In de Oude IJssel en Aa-strang zijn naast een vaste stuw in Duitsland nog enkele stuurbare stuwen in Nederland bij Voorst, Ulft, de Pol en bij de monding in de IJssel bij Doesburg.
- De Didamse Leigraaf, Didamse Wetering, Wehlsebeek en Hoge Leiding; deze lozen onder vrij verval of via het gemaal Bevermeer op de IJssel bij Doesburg.
- De Wijde Wetering, Zevenaarse Wetering en de Zwalm; deze lozen onder vrij verval of via het gemaal Liemers bij Giesbeek op de IJssel tussen Rheden en Doesburg.
- Het Grenskanaal, Oude Rijn en Rijnstrangen. Deze lozen bij het gemaal Kandia op het Pannerdens kanaal. Een deel van het Duitse gebied loost bij Emmerich op de Rijn.

Dijkkring 48 heeft circa 98 km aan primaire waterkeringen, waarvan 53 km in Nederland (Arends, 2014). De dijkkring beslaat in totaal 566 km². Het landgebruik in dijkkring 48 is overwegend agrarisch en het stedelijk gebied is geconcentreerd langs de lijn Arnhem-Zevenaar-Doetinchem. Binnen de dijkkring zijn het Rijnstrangengebied en het hooggelegen Montferland waardevolle natuurgebieden. Belangrijke infrastructuur binnen de dijkkring zijn de snelwegen A12 en A18, de spoorwegen Arnhem-Emmerich-Oberhausen, de Betuwelijn tot Zevenaar en de lokale spoorweg Zevenaar-Didam-Doetinchem.

In het verleden zijn in dijkkring 48 meerdere malen overstromingen geweest, voor het laatst in 1926. Destijds was de Spijkse overlaat nog operationeel en

brak een regionale kering langs de Oude Rijn bij Pannerden door. Hierdoor over- stroomde een gebied ten zuiden van Zevenaar. Ook regionale beken en rivieren, zoals de Oude IJssel, traden in het verleden diverse keren buiten hun oevers (Slomp, 2012, en Ver Loren van Themaat, 1966).



Afbeelding 1 Dijkkring 48 inclusief gemodelleerde watergangen, belangrijke keringen en kades.

Modelbouw

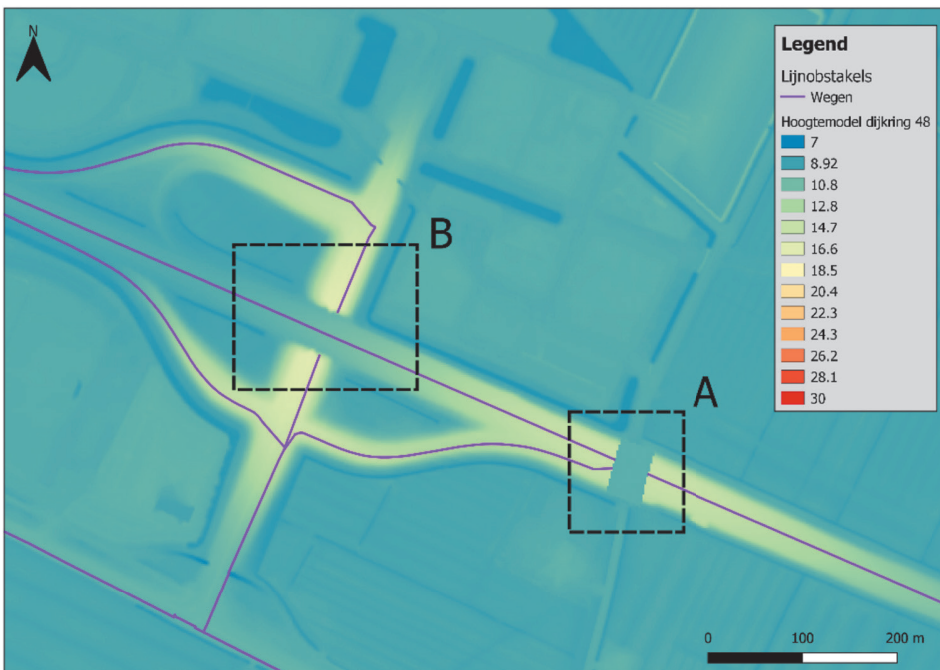
In de beginfase van het project hebben we onderzocht of hoofdwatgangen binnen de dijkkring in 2D geschematiseerd kunnen worden, in plaats van in 1D. Dit blijkt echter veel langere rekentijden op te leveren, waarna we hebben besloten om de belangrijkste watergangen in 1D te schematiseren. Ook was het idee bij aanvang van het project om een snelle, minder gedetailleerde versie van het model te maken, om bij calamiteiten binnen 1 uur ad hoc simulaties te kunnen uitvoeren. In het project is besloten daar voorlopig van af te zien, omdat WRJ zich eerst wil richten op het maken van een grote dataset van mogelijk- ke overstromingen die toepasbaar is bij calamiteiten en oefeningen.

Tijdens de modelbouw zijn er extra uitdagingen geweest, omdat de dijkkring voor een deel in Duitsland ligt. Alle basisdata zijn daarom afkomstig uit Nederlandse en Duitse bronnen, die niet altijd op dezelfde manier zijn georganiseerd. De data is door het waterschap geleverd of verzameld via de vrije toegankelijke dataportalen <https://www.pdok.nl> (Publieke Dienstverlening op de Kaart) en <https://www.geoportal.nrw>. Het gaat bij de basisdata voornamelijk om maaiveld- hoogtes, verhoogde lijnelementen, landgebruik, waterlopen en locaties van we-

gen en spoorwegen, tunnels en viaducten. Verder zijn beschikbare SOBEK2 1D modellen van de belangrijkste watergangen binnen dijkkring 48 en het SOBEK3 model van Nederlandse Rijntakken gebruikt. De basisdata en de voorberekkingen voor de modelschematisatie zijn hieronder verder toegelicht.

Hoogtemodel

Het waterschap stelde AHN3 data met een resolutie van 0,5x0,5m en een DTM met resolutie van 1x1m (DGM1) beschikbaar voor het hoogtemodel van respectievelijk het Nederlandse deel en Duitse deel van de dijkkring. Deze hoogtegegevens zijn gecombineerd en bij de landsgrens op elkaar aangesloten. Gaten bij de landgrens zijn dicht geïnterpoleerd. Vervolgens is het hoogtemodel via interpolatie compleet gevuld bij niet-maaiveld objecten, waterlopen en watervlaktes. De niveaus van grote wateroppervlaktes zijn verlaagd van waterniveau naar bodemniveau. Hierbij is informatie uit de Basis Grootschalige Topografie (BGT) van de website <https://www.pdok.nl> en informatie van de Duitse Basis-karte-D gebruikt. Gezien de grote omvang van de databestanden is vervolgens een basis-hoogtemodel van 2x2m afgeleid als modelinvoer. Hierbij is als laatste stap in nauw overleg tussen Deltares en WRJ het hoogtemodel gecorrigeerd bij belangrijke tunnels en viaducten om te zorgen dat het water daar kan doorstromen, zie een voorbeeld in afbeelding 2.

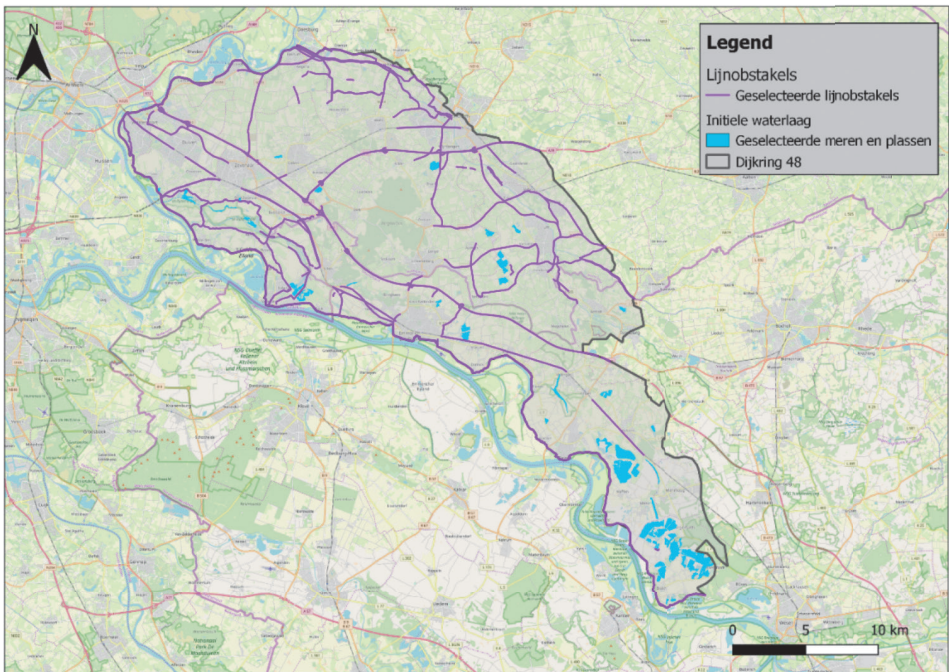


Afbeelding 2 Lijnobstakels bij in het hoogtemodel gebrante onderdoorgang (A) en ongelijke vloerse kruising (B).

Lijnobstakels

Behalve het 2D hoogtemodel zijn keringen en hoger gelegen infrastructuur zoals spoorwegen en wegen van groot belang voor het verloop van overstromin-

gen. Om deze obstakels goed te modelleren worden ze als aparte lijnelementen verwerkt in de schematisatie. Hierdoor blijven ze als afzonderlijk obstakel zichtbaar en worden ze niet uitgefilterd bij interpolatie van het hoogtemodel naar het rekengrid. Van keringen, wegen en spoorwegen is verondersteld dat deze standzeker zijn en niet bezwijken als er water tegen staat of overheen stroomt. Voor de geluidsschermen langs de Betuwelijn is in overleg met het waterschap aangenomen dat deze blijven keren tot een hoogte van 1,5m. Ze zijn weliswaar hoger, maar zullen bij hogere waterstanden waarschijnlijk bezwijken. Eventueel zou het bezwijken van een lijnelement via RTC sturing afhankelijk gemaakt kunnen worden van de lokale waterstand voor het kerende element, maar dat viel buiten het project. De in het model opgenomen lijnobstakels en grote wateroppervlakken zijn zichtbaar in afbeelding 3.

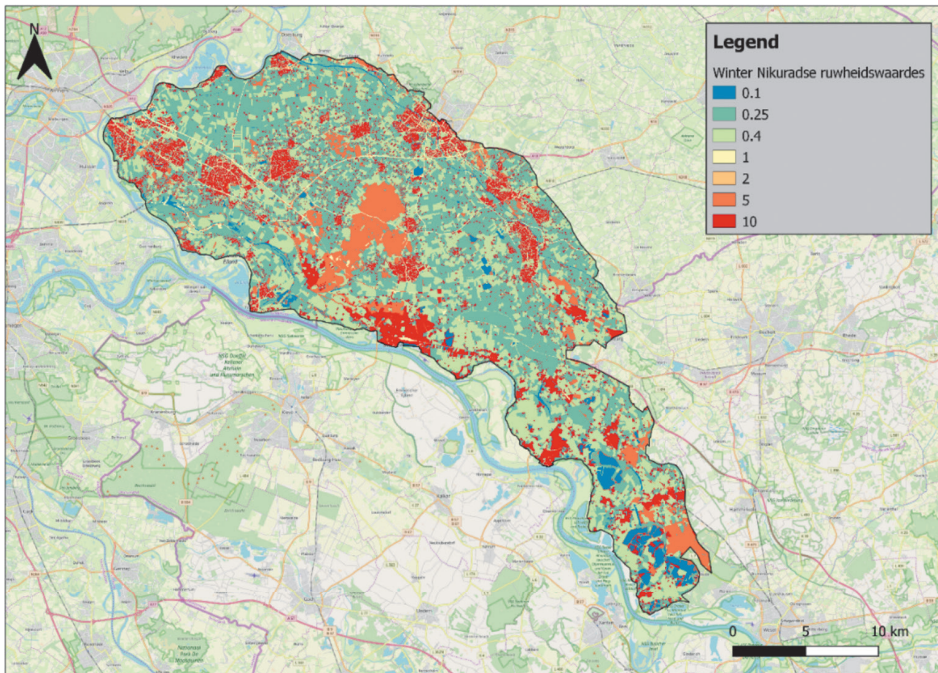


Afbeelding 3 Geselecteerde lijnobstakels en grote wateroppervlakken.

Landgebruik en ruwheid

Conform de Leidraad overstromingssimulaties (De Bruijn e.a., 2018) is de invoer van de ruwheid gebaseerd op landgebruikskarten. Voor Nederland is de landgebruiksendeling volgens LGN7 (Hazeu e.a., 2014) op een raster van 25x25m aangeleverd door het waterschap. Voor het Duitse deel van de dijkkring is de basis-DLM kaart met de Duitse landgebruiksendeling volgens ATKIS aangeleverd als polygonenbestand. De hierin voorkomende categorieën zijn gekoppeld aan LGN7 landgebruikscategorieën. Op deze manier hebben we een gecombineerde rasterkaart met het landgebruik voor de hele dijkkring opgesteld. In conversietabel 5.2 uit de Leidraad overstromingssimulaties is voor elke LGN4 landgebruiksklasse een Nikuradse ruwheid gegeven. Door de LGN7 landgebruiksklassen te koppelen aan LGN4 landgebruiksklassen hebben we vervolgens met deze tabel

een ruwheidskaart met resolutie 25x25m afgeleid. Er is een ruwheidskaart bepaald voor de wintersituatie en voor de zomersituatie, de laatste met een hogere ruwheid. Afbeelding 4 toont de uiteindelijke ruwheidskaart voor de wintersituatie.



Afbeelding 4 2D ruwheidskaart

1D modellen

Rijkswaterstaat is voor de grote rivieren bezig met de ontwikkeling van 2D D-HYDRO modellen, maar bij aanvang van het project in 2019 was het 2D model voor de Rijntakken nog niet klaar. Daarom is door Rijkswaterstaat het SOBEK3 1D model van de Rijntakken, versie Sobek-Rijn-J17_5-v3, beschikbaar gesteld en voor deze studie gebruikt. Binnen de looptijd van het project bleek het niet realiseerbaar om een 1D model te gebruiken waarin ook het Duitse deel van de Rijn langs dijkkring 48 was opgenomen. Dit zal in de nabije toekomst waarschijnlijk wel gebeuren. Daarnaast heeft het waterschap voor de belangrijkste watergangen binnen de dijkkring de beschikbare SOBEK2 1D modellen aangeleverd.

Als eerste stap zijn de beschikbare 1D modellen gecontroleerd. Voor het SOBEK3 Rijntakken model, dat loopt van Lobith tot het Keteldiep, Krimpen aan de Lek en Hardinxveld, is het hele geografische bereik meegenomen. Omdat we alleen geïnteresseerd zijn in de situatie met hoge tot extreem hoge afvoeren, zijn de stuwen op de Nederrijn in het Rijntakkenmodel qua sturing vereenvoudigd weergegeven en staan ze helemaal open. De SOBEK2 1D modellen van de watergangen binnen de dijkkring zijn eerst opgeschoond en geoptimaliseerd in SOBEK2. Vervolgens zijn zowel de SOBEK2 als SOBEK3 modellen geconverteerd

naar D-HYDRO 1D modellen. We hebben geverifieerd dat de resultaten van de geconverteerde modellen vergelijkbaar zijn met de resultaten van de originele modellen. Zo is voor het 1D Rijntakkenmodel geverifieerd dat een afvoergolf met herhalingstijd 1000 jaar in het SOBEK3 model en in het D-HYDRO model vergelijkbare resultaten geeft.

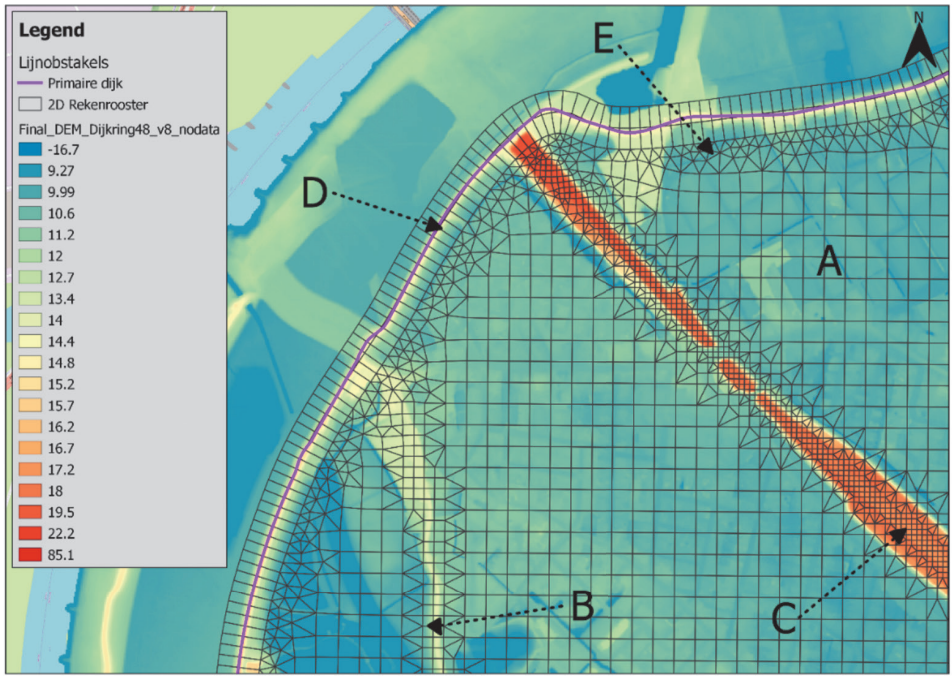
Daarna hebben we de modellen gecombineerd in één D-HYDRO 1D model en is opnieuw geverifieerd dat dit model correct werkt. Tenslotte is het D-HYDRO 1D model gecombineerd met het rekengrid van het 2D model.

Rekengrid

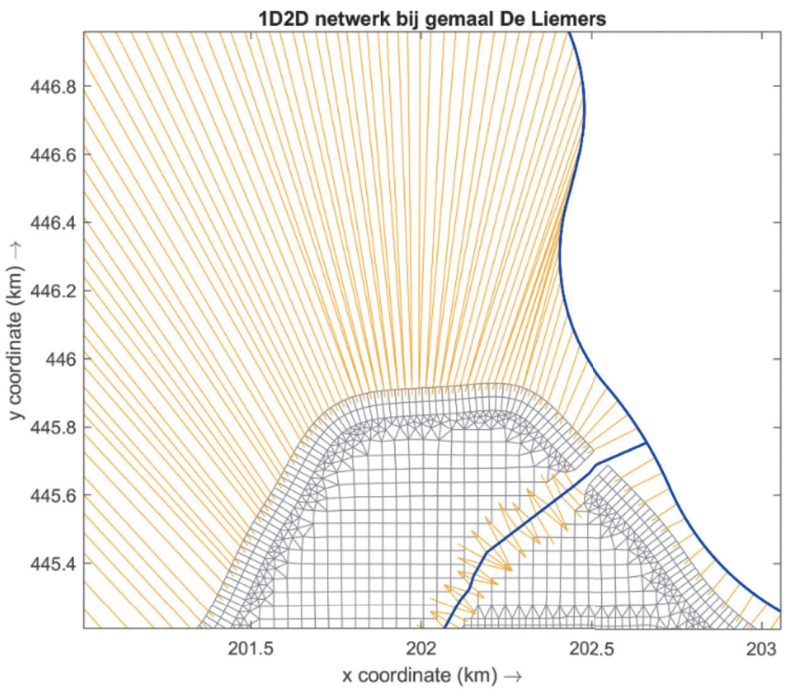
Voor het 2D deel van het model is gewerkt met flexibele roosters zoals de flexible mesh (FM) rekenkern aan kan. We hebben hierbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt van rechthoekige gridcellen. Alleen voor de cellen langs de primaire keringen hebben we een aantal curvilineaire cellen gebruikt, zodat het grid hier netjes op de dijk aansluit. Dit is gedaan voor de hele primaire kering in Nederland en Duitsland langs dijkkring 48, zodat we later eenvoudig breslocaties kunnen toevoegen. Bij kerende elementen zoals wegen en spoorwegen is een fijner rechthoekig grid gebruikt. Uiteindelijk hebben we gridcellen met typische afmetingen van 10x10 tot 40x40m² gebruikt. We gebruiken driehoekige rekencellen als aansluiting tussen de rechthoekige cellen met verschillende resolutie en bij de aansluiting van het curvilineaire grid op het rechthoekige grid. Hiermee wordt een nette aansluiting gerealiseerd. Tussen de 1D en 2D rekencellen liggen 1D2D takken. Er is gebruik gemaakt van de zogenaamde 'laterale koppeling' waarbij de cellen van in 1D gemodelleerde lokale watergangen uit het 2D grid zijn gesneden, zodat er geen overlap van volumes tussen 1D en 2D is. Afbeeldingen 5 en 6 tonen enkele details van het rekengrid en hoogtemodel.

Dijkdoorbraaklocaties en bresgroei

Het waterschap heeft 20 locaties van mogelijke dijkdoorbraken geïdentificeerd voor de nog te definiëren simulaties voor LDO, waarvan 11 in Nederland. In het model zijn deze locaties opgenomen. De dijkdoorbraaklocatie wordt gekarakteriseerd door een lijnstuk waarover de dijk kan doorbreken en de locatie waar de dijkdoorbraak begint; deze ligt typisch in het midden van het lijnstuk. Een dijkdoorbraak wordt in D-HYDRO doorgerekend met de Verheij-van der Knaap bresformulering (Verheij, 2003) zoals aanbevolen in de Leidraad overstromings-simulaties (de Bruijn e.a., 2018). Bij deze formulering worden twee fasen onderscheiden. In de eerste fase ontstaat de bres over een initiële bresbreedte en slijt deze in een meestal vrij korte periode in de diepte uit, tot een opgegeven bodemniveau. Daarna begint de tweede fase waarin de bres in de breedte kan groeien, afhankelijk van het type dijk, dijkparameters en de lokale stroomsnelheden door de bres. Op het moment van uitvoering van het project was alleen nog een dijkdoorbraakformulering tussen 2D cellen mogelijk, daarom is ook bewust het curvilineaire grid langs de rivier aan weerszijden van de primaire dijk gelegd. Inmiddels is het ook mogelijk om de dijkdoorbraak-formulering in D-HYDRO toe te passen tussen een 1D rekenpunt en een 2D rekencel. Voor de laatste informatie over de technische mogelijkheden en bestandstypes wordt verwezen naar de D-Flow FM user manual (Deltares, 2020).



Afbeelding 5 2D rekengrid bij A = 40x40m², B,C: verfijningen tot 20x20 of 10x10, D=curvilineair grid langs primaire kering, E = overgang curvilineair-carthesisch grid met driehoeken.

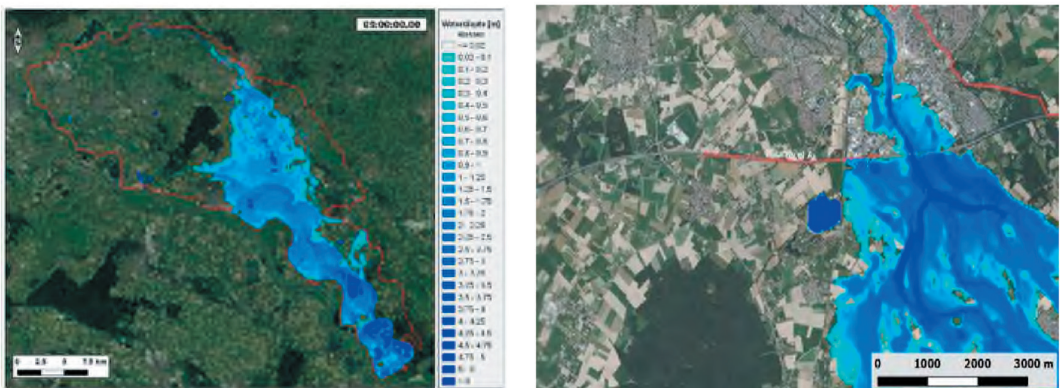


Afbeelding 6 Detail rekengrid met 1D takken (blauw), 2D cellen (grijs) en 1D2D koppelingen (oranje).

Modelverificatie en gevoeligheidsanalyse

Vrij snel na de beginfase van het project is met een volledig 2D model een verificatieberekening gedaan voor een dijkdoorbraak bij de meest bovenstrooms liggende breslocatie langs de Rijn: Bislich in Duitsland. De dijkdoorbraak is hierbij opgelegd als een tijdreeks van instromende debieten met een piekdebiet van 1450 m³/s op basis van oude Delft-FLS berekeningen, dus nog niet via de Verheij-van der Knaap formulering (Verheij, 2003). De 1D-watergangen in de dijkkring en ook de Rijntakken waren nog niet in het model opgenomen. Deze berekening is dus vooral een test geweest of een dijkdoorbraak in Duitsland met het nieuwe 2D hoogtemodel en de opgelegde ruwheid tot aannemelijke resultaten leidt.

De resultaten van deze testberekening zien er goed uit. De resultaten zijn globaal in lijn met de oude Delft-FLS berekeningen, maar met een veel hogere resolutie. Dat komt uiteraard door een fijner rekengrid met als grootste cel 40x40m, terwijl in het oude FLS model overall 100x100m was gebruikt, maar ook door een gedetailleerder onderliggend hoogtemodel met extra correcties voor tunnels, onderdoorgangen en kerende lijnelementen. Van deze en andere simulaties zijn visualisaties zoals in afbeelding 7 gemaakt in QGIS, zowel statische beelden als animaties. Ook zijn simulaties gemaakt van een dijkdoorbraak bij Spijk en zijn simulaties gemaakt van maatregelen zoals het ophogen van snelwegtrajecten om de overstroming te vertragen.



Afbeelding 7 QGIS visualisatie.

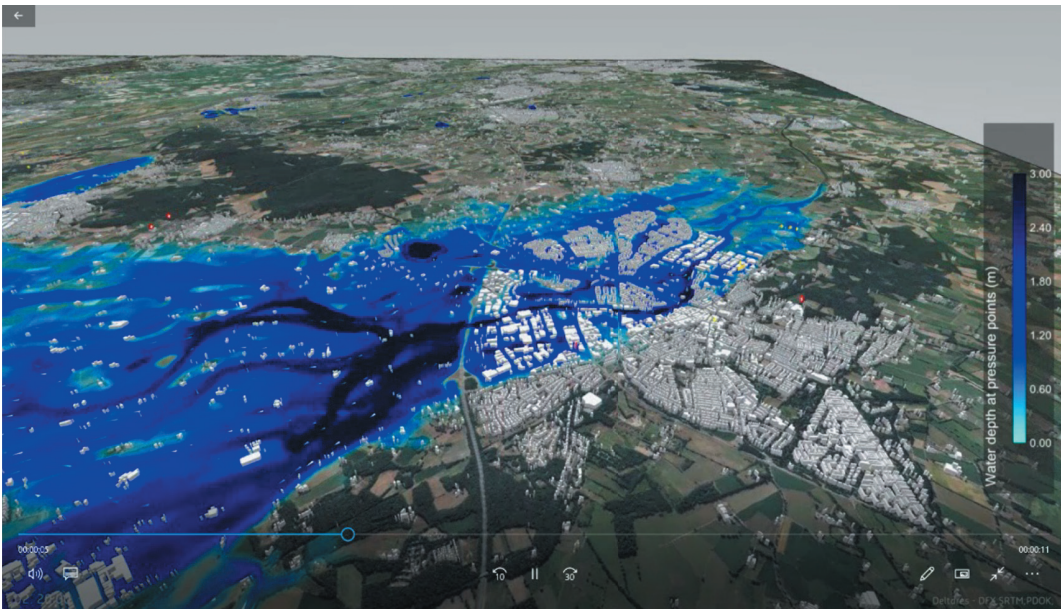
Het ontwikkelde 1D2D model is uitvoerig getest en geverifieerd tijdens diverse stappen in de modelbouw. We hebben met het definitieve model een aantal simulaties uitgevoerd om gevoeligheden te onderzoeken. Hierbij is gevarieerd met de locatie van de dijkdoorbraak, de doorbraakparameters, de afvoergolf op de Rijn en de ruwheid van het maaiveld. Ook is een simulatie gemaakt met een bijzonder extreme afvoergolf zonder dijkdoorbraak, waarbij alleen overloop over de dijk optrad. De resultaten zijn gevisualiseerd met QGIS (zie afbeelding 7) en met de DFX tool (zie afbeelding 8).

Een interessante observatie is dat de rekentijd en modelresultaten zoals maximum overstroomd oppervlak, maximum bresbreedte en totaal instromend volume sterk variëren, afhankelijk van de dijkdoorbraaklocatie en bresparameters.

Voor de hand liggend is dat een kleiner overstroomd oppervlak een kortere rekentijd betekent. De rekentijden met de december 2019 versie van D-HYDRO variëren tussen de 25 en 69 uur voor een simulatieperiode van 30 dagen, waarbij de dijkdoorbraak startte op het moment van de afvoerpiek bij Lobith.

Het verschil tussen een dijkdoorbraak in een zanddijk of kleidijk, met andere kritieke snelheid voor bresgroei, is getest voor een dijkdoorbraak bij Loo. Bij verder identieke condities bleek dat voor een zanddijk een grotere maximale bresbreedte werd berekend (72 m) dan voor een kleidijk (58 m). Dat betekent logischerwijs ook een groter maximum bresdebiet, totaal instroomvolume en als bijkomstigheid een langere rekentijd. Vergeleken met de oude Delft FLS berekeningen, waarin een vaste bresgroei-curve was opgenomen met een eindbreedte van 200 m, bleven in D-HYDRO de bresbreedtes in de simulaties duidelijk kleiner. Een minder diepe bres leidde echter tot een duidelijk groter maximum bresbreedte (83 m in plaats van 72 m) en een groter maximum debiet, totaal instroomvolume en geïnundeerd oppervlak.

Voor de ruwheid bleek het verschil tussen gebruik van winterruwheid of zomerruwheid vrij gering: zoals verwacht was met de hogere zomerruwheid het totale instroomvolume en geïnundeerd oppervlak iets kleiner, maar de rekentijd was niet korter en ook de maximum bresbreedte verschilde niet of nauwelijks.



Afbeelding 8 DFX visualisatie.

Discussie

In het dijkkring 48 model zijn de Nederlandse Rijntakken in 1D opgenomen, op basis van het Rijkswaterstaat 1D SOBEK3 model. Op het moment van uitvoering van het project werd door Rijkswaterstaat gewerkt aan een 2D model van de Rijntakken. Deze kan in de toekomst aan het Dijkkring 48 model worden gekop-

peld, als vervanging van het 1D-Rijntakken model. Hierdoor wordt de stroming door de rivier en uiterwaarden in meer detail gesimuleerd en wordt de toestroom van water door de uiterwaarden naar een bres naar verwachting nauwkeuriger gesimuleerd. Het is echter nog onzeker of dit een significant effect heeft op de gesimuleerde bresbreedtes en overstroming en of het de extra rekentijd waard is. Dit verdient nader onderzoek.

Het dijkkring 48 model bevat het naar D-HYDRO geconverteerde SOBEK3 Rijntakken model van Rijkswaterstaat. In het D-HYDRO model zijn de maximale waterstanden tot ordegrootte 10 cm lager dan in het SOBEK3 model. Voor de toepassing van het dijkkring 48 model is dat acceptabel voor het waterschap. Het verschil in maximale waterstand wordt verklaard door enerzijds het verschil in rekencode en rekenschema en anderzijds door het gebruik van de zogenaamde 'extra resistance' functionaliteit in het SOBEK3-Rijntakken model, want deze functionaliteit is nog niet in D-HYDRO beschikbaar. Het verschil kan in principe opgelost worden met het volledig gereed komen van D-HYDRO en een nieuwe modelkalibratie, maar de synchronisatie tussen het Rijntakken model en het dijkkringmodel blijft een aandachtspunt.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de uitkomsten erg gevoelig zijn voor enkele bresgroeiparameters. Ook de aanname van standzekerheid van lijnvormige kerende elementen kan in werkelijkheid anders uitpakken. Het is daarom gewenst om meer ervaring te krijgen met deze parameterkeuzes en aannames door middel van extra onderzoek.

Het waterschap heeft nu een overstromingsmodel voor dijkkring 48 beschikbaar en zal in de nabije toekomst ook modellen gaan maken van de andere dijkkringen. Overstromingen blijven echter niet altijd beperkt tot één dijkkring. Ze kunnen dijkkring-overschrijdend zijn, bijvoorbeeld wanneer er op meerdere plaatsen in verschillende dijkkringen tegelijk bressen ontstaan, of door het overstromen van de ene dijkkring naar de andere. Simulatie van dijkkring-overschrijdende overstromingen vraagt een model dat de Rijntakken en alle aanliggende dijkkringen omvat. Dat vergt een goede samenwerking tussen de waterschappen. Dit wordt momenteel gecoördineerd in de PCMWN, een samenwerkingsverband van Midden- en Oost Nederlandse waterschappen en veiligheidsregio's.

Rekentijden zullen in nieuwere versies van D-HYDRO kleiner zijn. Deltares heeft najaar 2020 een eerste analyse uitgevoerd naar de performance van modellen en dit heeft al geleid tot een eerste optimalisatie van reketijden. Verder zal in 2021 de D-HYDRO 1D code geschikt worden gemaakt voor parallelisatie.

De resultaten van het D-HYDRO model bieden veel meer ruimtelijk detail dan de oude Delft-FLS berekeningen. Dit komt doordat we nu gebruik maken van een fijnere resolutie van het rekengrid, het gebruik van de mogelijkheden van een zogenaamd flexibel rekengrid met variabele resolutie en gedetailleerdere onderliggende hoogtedata, met een betere representatie van tunnels, onderdoorgangen en kerende elementen zoals wegen en spoorwegen.

De D-HYDRO resultaten kunnen worden gebruikt als invoer voor de schade- en

slachtoffermodule om de economische schade van de overstromingen te berekenen. Als voorbeeld is voor de simulatie met een T=1000 afvoer bij Lobith en een dijkdoorbraak bij Loo een berekening gemaakt. Hierbij wordt de schade geschat op bijna 7,5 miljard euro, zonder evacuatie bijna 500 slachtoffers en ruim 95000 getroffen mensen.

Conclusies en vooruitblik

Met de bouw van het Dijkkring 48 model is Waterschap Rijn en IJssel in staat om overstromingsscenario's op te stellen. De ervaringen in dit project hebben bijgedragen aan de D-HYDRO ontwikkelingen en hebben geresulteerd in een stappenplan voor de bouw van D-HYDRO modellen voor andere dijkringen binnen het waterschap. Hiermee heeft het project een goede basis gelegd voor vervolprojecten. De berekeningen hebben laten zien dat het nodig is om diverse gevoeligheidsberekeningen te doen, met name naar de bresgroei-parameters en de standzekerheid van kerende elementen in het landschap. De visualisatiemogelijkheden in 2D en 3D via QGIS en DFX zijn erg geschikt voor het aansprekend en begrijpelijk presenteren van de gesimuleerde overstromingen.

Literatuur

- Arends, M. (2014)** Veiligheid Nederland in Kaart 2, Overstromingsrisico Dijkkring 48 Rijn en IJssel; Projectbureau VNK2.
- De Bruijn, K.M. en K. Slager, i.s.m. R. Piek, D. Riedstra, R. Slomp** (2018) Leidraad voor het maken van overstromingssimulaties; Deltares rapport 11200537-002, Delft.
- Deltares** (2020) D-Flow FM User Manual. Actuele versie: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf
- Hazeu, G.W., C. Schuiling, G.J. Dorland, G.J., Roerink, H.S.D. Naeff en R.A. Smidt** (2014) Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 7 (LGN7); Alterra Wageningen UR.
- Slomp, R.** (2012) Overstromingsrisico en waterbeheer in Nederland – de stand van zaken in 2012; Rijkwaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Verheij, H.J.** (2003) Aanpassen van het bresgroeimodel binnen HIS-OM; WL|Delft Hydraulics rapport Q3299, Delft.
- Ver Loren van Themaat, R.** (1966) De Oude IJssel, de veelzijdige rol van het water; Misset, Doetinchem. <http://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/a63/binarywriterservlet?imgUid=9201016e-7efa-8461-e336-b6951fa2e0c9&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111> (ATKIS Objectkarenkatalog Basis-DLM, GeoInfoDok)
https://www.geoportal.nrw/geodata/van_Nordrhein-Westfalen
<https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads> (Publieke Dienstverlening op de Kaart)
<https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland/Versies-bestanden/LGN7.htm> (LGN7 info van WUR)

Summary Flood modelling of dike ring 48 using Delft3D FM Suite 1D2D

Since 2018, the regional water authority of Rijn and IJssel is responsible for flooding scenarios for their management area. They have decided to develop new 1D2D flood models for all dike rings. In cooperation with Deltares, the large border-crossing dike ring 48 area along the Rhine River is modelled using the Delft3D FM Suite 1D2D. The model contains 1D representations of the Rhine River branches and the main watercourses within dike ring 48, and a 2D representation of the remaining area within the dike ring. This model is used for analyses of dike breaches in Germany and the Netherlands. The global flooding pattern after dike breaches is recognized by the water authority, but the new model provides much more detailed results and insights than the previous models, developed by the province of Gelderland some 15 years ago. The schematisation of dike breaches and dike breach parameters, as well as the proper schematisation of elevated roads and railways, former river dikes, tunnels and underpasses are relevant for the inundation pattern. Using the newly developed model, the water authority will analyse a large number of dike breach scenarios for different locations and parameters, to get a better system understanding and to be prepared for possible calamities after dike breaches along the Rhine River.

Auteurs

RINSKE HUTTEN
Deltares
Rinske.Hutten@deltares.nl

GERT VAN DEN HOUTEN
Waterschap Rijn en IJssel
g.vandenhouten@wrij.nl

GEERT PRINSEN
Deltares
Geert.Prinsen@deltares.nl

