

De bruikbaarheid van 3Di als ad hoc-overstromingscalamiteitenmodel

Alexander Hoff (Nelen & Schuurmans), Gert van den Houten (Waterschap Rijn en IJssel), Thijs Lieveerse (Arcadis)

Modelsoftwarepakket 3Di van Nelen & Schuurmans claimt onder andere sneller te rekenen dan conventionele modelsoftware. Dat zou de software geschikt kunnen maken voor calamiteitsituaties waarin weinig tijd is voor het uitvoeren van simulaties. Waterschap Rijn en IJssel heeft Arcadis ingeschakeld voor een ‘neutrale’ beoordeling van 3Di [2], aan de hand van een casestudy voor dijkkring 49. In dit artikel wordt een antwoord gegeven op de onderzoeksvraag: hoe geschikt is 3Di om binnen één uur een overstromingsscenario te configureren, te berekenen, en de resultaten te delen binnen de crisisorganisatie?

Waterschap Rijn en IJssel investeert in actueel inzicht in de mogelijke gevolgen van doorbraken van de rivierdijken. Zij ontwikkelen nieuwe overstromingsmodellen in softwarepakket D-Hydro voor de vijf dijkringen in het beheergebied. Deze modellen zijn zogeheten beleidsmodellen, wat inhoudt dat het doel is om er beleidsmatige beslissingen mee te onderbouwen. Om deze reden ligt bij deze modellen de nadruk op de nauwkeurigheid van de simulatie. Een acceptabel gevolg van deze keuze is dat de rekensnelheid ondergeschikt is.

Met deze beleidsmodellen worden honderden overstromingsbeelden voor allerlei scenario's berekend. Zo zijn er tientallen locaties langs de Rijn en de IJssel geselecteerd van waaruit een potentiële dijkdoorbraak wordt gesimuleerd. Voor elke doorbraaklocatie worden vervolgens meerdere scenario's doorgerekend, bijvoorbeeld met verschillende rivierwaterstanden. Zo ontstaat een groot archief met potentiële overstromingsscenario's. Op basis van deze informatie worden beleidskeuzes gemaakt ten aanzien van bijvoorbeeld dijkversterking, inrichting van het landschap (denk aan woningbouwlocaties) en het opstellen calamiteitenplannen.

Behoeftte aan een snel calamiteitenmodel

Ondanks de vele scenario's is het onmogelijk om op alle situaties voorbereid te zijn. Ten eerste doordat er een oneindig aantal combinaties van factoren mogelijk is. Rijn en IJssel beheert bijna 150 kilometer aan primaire keringen en op het overgrote deel van de trajecten is een doorbraak theoretisch mogelijk. Daarbij is er veel onzekerheid over de wijze en snelheid waarop een dijk doorbreekt. Vervolgens zijn voor al deze locaties veel verschillende rivierwaterstanden mogelijk. Naast de waterstand waarbij de dijk door zou breken, is ook het verdere verloop van de afvoergolf een belangrijke factor voor de ontwikkeling van het overstromingsbeeld. Hoewel niet alle factoren direct voor een totaal ander overstromingsbeeld zorgen, maakt dit wel dat een werkelijke overstroming altijd wat anders zal verlopen dan de voorbereide scenario's.

Ten tweede is er het handelingsperspectief bij een (dreigende) doorbraak. Zo wordt vaak met mobiele keringen gewerkt die de verspreiding van het water bij een dijkdoorbraak vertragen of sturen. Een ander voorbeeld zijn de, soms creatieve, maatregelen die in een crisissituatie verzonden kunnen worden. Een voorbeeld is 'kunnen we een schip in de bres varen om deze te dichten?'. Dan ontstaat de behoefte aan 'live' rekenen, om inzicht te krijgen van het effect van dit soort maatregelen op het beperken of afremmen van de overstroming.

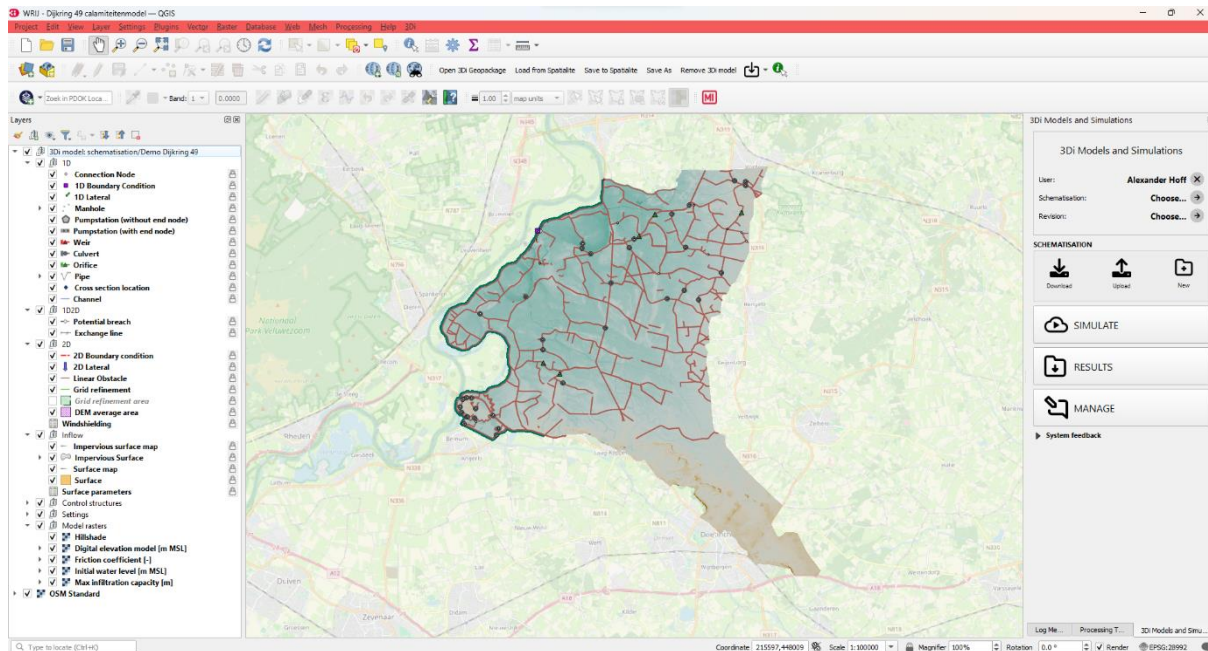
Omdat het dus onmogelijk is de exacte dreigingssituatie en alle mogelijke maatregelen op dat moment te voorspellen, is er behoefte aan een 'ad hoc'-overstromingscalamiteitenmodel. Met zo'n model kunnen overstromingssimulaties snel uitgevoerd kunnen worden. Modelsoftwarepakket 3Di van Nelen & Schuurmans is vaker door onafhankelijke experts onderzocht, zoals in de Benchmark Inundatiemodellen [3]. Er wordt echter volop doorontwikkeld aan de software, met zowel verbeteringen als nieuwe features. Dit rechtvaardigt een nieuw onderzoek naar de prestaties en functionaliteiten van 3Di voor toepassing als ad hocmodel in 2024.

Het calamiteitenmodel moet gebruikt kunnen worden om onder tijdsdruk snel nieuwe overstromingsinformatie te kunnen leveren. In de praktijk is dit op te delen in drie fases: 1) het vertalen van de informatiebehoefte naar een modelscenario en deze informatiebehoefte schematiseren in de software, 2) het starten en doorrekenen van een simulatie, 3) het verwerken van de resultaten en het verspreiden van toepasbare informatie naar de crisisorganisatie.

Om inzicht te krijgen in het gebruik van 3Di in deze drie fases zijn er drie onderzoeksvragen opgesteld:

- hoe makkelijk is het om snel een scenario te configureren?
- is de berekening voldoende snel, zonder dat de nauwkeurigheid te laag wordt?
- lukt het om de resultaten om te zetten in informatie en deze snel te delen?

Deze onderzoeksvragen zijn beantwoord in een casestudy voor dijkkring 49 van het waterschap. Dijkkring 49 'IJsselland' bevindt zich ten oosten van de IJssel en is grofweg 10 bij 10 kilometer groot. Binnen de dijkkring ligt een aantal steden, waaronder Doetinchem en Doesburg.



Afbeelding 1. Het 3Di-calamiteitenmodel van dijkkring 49 geopend in de 3Di Modeller Interface

Vorbereiding: Het configureren van een overstromingsscenario

In de situatie van Waterschap Rijn en IJssel komt de informatie vraag terecht bij een van de hydrologen. Zij zijn de model experts die de informatie behoefte vertalen naar het overstromingsscenario, de zogeheten modelschematisatie.

3Di biedt voor het schematiseren van een overstromingsscenario een open source desktopapplicatie, de '3Di Modeller Interface'. Deze applicatie is aangepaste variant van QGIS, de meest gebruikte geoinformatie- (GIS)- software wereldwijd en eveneens open source. De gedachte hierachter is dat het maken van hydrodynamische modellen meestal al in een GIS-programma gebeurt, waarna het wordt omgezet naar de benodigde modelbestanden. 3Di slaat deze stap over door de gebruiker direct een model te laten maken in de GIS-omgeving.

Bij het maken van het calamiteitenmodel voor dijkkring 49 bood het modelleren in GIS diverse voordelen. Het hoogtemodel kan in rasterformaat (GeoTiff) ingeladen worden. 3Di kan daarin omgaan met de oorspronkelijke resolutie van de Actuele Hoogtekaart Nederland (AHN) van 0,5 bij 0,5 meter. Met de subgridtechnologie kan de variatie in reliëf (en watergangen) gedetailleerd meegenomen worden, ondanks het grovere rekengrid (variërend van 20 x 20 tot 80 x 80 m).

Een andere praktische toepassing van GIS bij het maken van het overstromingsmodel is het opgeven van verhoogde lijnelementen. Net als bij D-Hydro kan in 3Di met behulp van 'obstacle lines' expliciet worden aangegeven waar hooggelegen elementen in het landschap liggen. Dit vergroot de nauwkeurigheid van de overstromingssimulatie zonder dat extra rekencellen (en dus rekentijd) nodig zijn. Deze lijnen kunnen worden overgenomen uit andere GIS-bestanden, zoals wegenbestanden en kruinlijnen van keringen. Door de functionaliteiten van het onderliggende QGIS is het bronbestand eenvoudig te kopiëren naar het model.

Voor het calamiteitenmodel voor Waterschap Rijn en IJssel kan het wenselijk zijn (nood)maatregelen te schematiseren, om het effect ervan in beeld te brengen. Een praktisch voorbeeld hiervan is om doorgangen dicht te maken of hoger liggende wegen op te hogen die buiten een straal van 5 kilometer

van de bres liggen. Dergelijke ruimtelijke modelaanpassingen zijn eenvoudig te realiseren met de standaard GIS-functionaliteiten binnen de 3Di Modeller Interface.

Complexiteit

Aan de uitgebreide mogelijkheden die het modelleren in GIS biedt, kleeft ook het nadeel van complexiteit. Door de vele mogelijkheden kan het soms zoeken zijn naar functies. Het vraagt daarom tijd van de modelleur om bekend te raken met de programmatuur. De leercurve kan steil zijn, al bleek deze in de casestudy niet steiler dan bij andere modelsoftware.

Op een aantal aspecten is het schematiseren in 3Di explicieter dan in andere modelsoftware. Een voorbeeld hiervan is het schematiseren van een stuw. Deze bestaat in 3Di uit een verbinding tussen twee rekenpunten (één voor de stuw en één achter de stuw). In andere rekensoftware is dit simpeler weergegeven in de vorm van een enkele punt op de watergang. De expliciete schematisatie in 3Di heeft het voordeel dat de modelleur meer controle heeft over het gedrag van het model bij een overstromingssituatie. Tegelijkertijd heeft de expliciete modelbouw tot gevolg dat invoer complexer wordt. Dit kan het voor een ongeofende modelleur uitdagend maken om de juiste schematisatie te kiezen, met kans op fouten als gevolg.

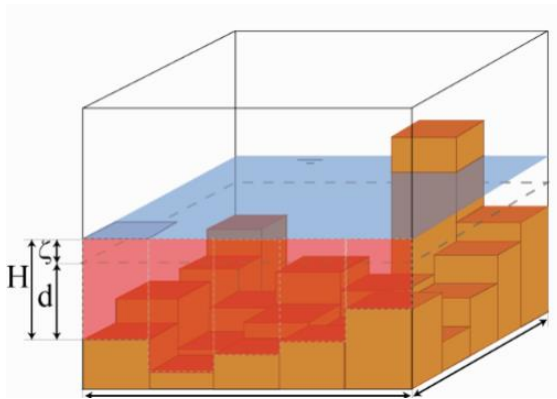
Uit de casestudy is uiteindelijk naar voren gekomen dat de meest wenselijke situatie is dat bij een calamiteit zo min mogelijk zaken hoeven worden aangepast. Dat betekent dat een 'basismodel' gemaakt dient te worden, waarin alle nodige zaken in zijn opgenomen, zoals breslocaties. Bij een calamiteit hoeft dan alleen nog maar de betreffende bres 'opengezet' te worden en voorzien van een buitenwaterstand. Deze aanpassingen kan een geofende modelleur binnen enkele minuten doorvoeren.

Het rekenen: korte rekestijden met voldoende nauwkeurigheid

Om het 3Di-calamiteitenmodel voor Dijkkring 49 te kunnen inzetten in een crisissituatie, is de eis gesteld dat het hele proces van schematiseren, berekenen en verspreiden van overstromingsinformatie maximaal 1 uur mag duren. Dat stelt hoge eisen aan de rekestijd van het model. Bij het beleidsmodel is dit geen issue; nauwkeurigheid staat daarin voorop. De rekestijden van het beleidsmodel voor dijkkring 49 lopen op tot 2 á 4 uur (voor 31 dagen simulatietijd). Voor grotere dijkringen is dat zelfs enkele dagen.

Vooraf was de verwachting dat het 3Di-calamiteitenmodel sneller zou rekenen dan het beleidsmodel in D-HYDRO, met name vanwege een efficiëntere berekening voor 2D-stroming. 3Di gebruikt een combinatie van twee technieken: subgrid en quadtree [3]. Deze combinatie zorgt voor een efficiënte 2D-berekening met weinig verlies aan nauwkeurigheid. Door het subgrid kunnen grotere rekencellen gekozen worden. Daardoor neemt het totaal aantal rekencellen af en neemt de rekensnelheid toe. Het onderliggende fijnere subgrid zorgt dat de nauwkeurigheid grotendeels behouden blijft. Op locaties met veel variatie in de maaiveldhoogtes kan het wel nodig zijn kleinere rekencellen te kiezen. Een voorbeeld hiervan zijn locaties waar de watergangen liggen.

In de casestudy bleek het haalbaar de rekestijd van een simulatie van 9 dagen ruim binnen de gestelde tijd van 1 uur uit te voeren. Daarbij is het wel belangrijk slimme keuzes te maken in het rekestijdsgrid. Het toepassen van de juiste verfijning van rekencellen op de juiste locaties vraagt kennis en ervaring van de modelleur, waarbij de combinatie subgrid-quadtree wat complexer is dan met de klassieke rekencel, met één vaste gridresolutie en één maaiveldhoogte per cel.

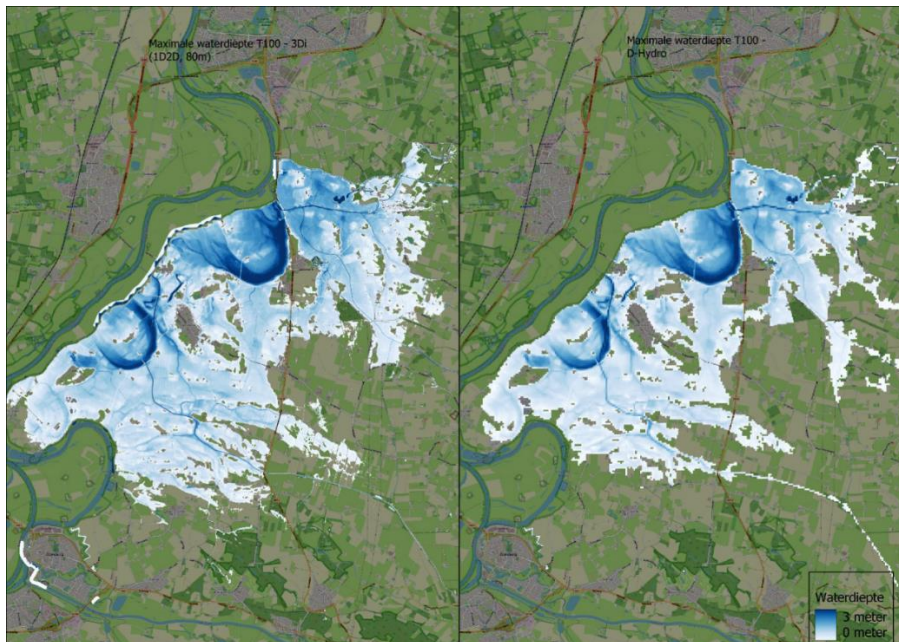


Afbeelding 2. Schematische weergave van de werking van de subgridtechniek binnen een rekencel

In de casestudy is naast de rekensnelheid is ook de nauwkeurigheid van de berekening onderzocht. De basisprincipes zijn hetzelfde als in de beleidsmodellen. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat 3Di op fundamentele punten aan nauwkeurigheid tekort komt. Wel is het aan de modelleur om de juiste schematisatiekeuzes te maken om tot betrouwbare resultaten te komen.

Voor overstromingsmodellen hebben de bresgroei en het bresdebiet belangrijke invloed op de resultaten. De wijze waarop 3Di dit berekent wordt duidelijk beschreven in de documentatie en is te controleren met een analytische (stuw)formule. Overigens bevestigt deze studie de invloed en gevoeligheid van bresgroeischematisatie en -berekening. Zo gebruiken 3Di, D-HYDRO en Tygron dezelfde bresgroei-formulering, namelijk de formule van Verheij van der Knaap [4]. De uitkomsten zijn over het algemeen ook vergelijkbaar, maar verschillen soms wel iets. Dit komt doordat 3Di sommige punten net anders aanpakt, zoals het gebruik van subgrid in de rekencel waar de bres uitkomt. Dit vraagt aan de modelleur om hiervoor aandacht te hebben bij de overstromingsberekeningen.

Het resulterende overstromingsverloop en eindbeeld uit het 3Di-calamiteitenmodel voor dijkkring 49 is vergelijkbaar met de uitkomsten van het D-HYDRO-calamiteitenmodel. In onderstaande afbeelding staan de eindbeelden naast elkaar weergegeven. Daarbij moet opgemerkt worden dat in het beleidsmodel het watersysteem aanvullend in 1D is gemodelleerd. In het calamiteitenmodel zijn de watergangen onderdeel van het subgrid. Dit zorgt voor een iets andere verspreiding van het water over het achterland. De overige verschillen zijn met name te verklaren door het iets andere verloop en totaalvolume van het bresdebiet.



Afbeelding 3. Links het eindbeeld van het 3Di-calamiteitenmodel. Rechts het eindbeeld van het beleidsmodel ter referentie

Na de berekening: genereren en verspreiden van informatie

Een groot voordeel van 3Di voor ad hoc-calamiteitenmodellen is dat het verloop van de overstroming al tijdens de berekening inzichtelijk wordt. Bij veel andere pakketten kunnen de tussentijdse resultaten wel worden ingezien tijdens de simulatie, maar 3Di presenteert dit meteen online op de 3Di Live-website. Deze functionaliteit is getest in een werksessie met het calamiteitenmodel voor Dijkkring 49. De modelleur startte de berekening, waarna de deelnemers deze konden volgen. Daarvoor konden ze op hun eigen laptop naar de 3Di Live-website gaan, inloggen en de berekening volgen. Dit geeft de modelleur de mogelijkheid vroegtijdig het systeemgedrag te analyseren en ook tussentijds het model aan te passen om bijvoorbeeld noodmaatregelen mee te nemen. In crisissituaties waarin de beschikbare tijd beperkt is, kan dit van grote toegevoegde waarde zijn.

De 3Di Live -website heeft ook de mogelijkheid om 'interactief' te rekenen, wat inhoudt dat een berekening gepauzeerd kan worden om aanpassingen door te voeren, om daarna de berekening weer te vervolgen. In de werksessie is deze functionaliteit ingezet om de effectiviteit van tijdelijke keringen te testen. Nadat de modelleur de simulatie gestart had, konden de deelnemers de verspreiding van de overstromingen volgen op hun eigen scherm. Na een korte rekenperiode werd de simulatie stopgezet en ging de groep in discussie over geschikte locaties voor zandzakken. Op de gekozen locatie voor de zandzakken zijn deze geschematiseerd met de functie 'flood barrier'. Daarmee kan de gebruiker een lijn tekenen waar het water gekeerd moet worden. Daarna kan de berekening vervolgd worden om het effect van de zandzakken op de verspreiding van het water te simuleren.

Als de overstromingssimulatie afgerond is, kunnen de resultaten worden opgeslagen, naverwerkt en verspreid. De cloud-omgeving van 3Di biedt hiervoor diverse faciliteiten. Zo staan alle modellen standaard in een 'modellendatabank', waarin ze gestructureerd opgeslagen kunnen worden, waar nodig aangevuld met metadata.

In de cloud-omgeving van 3Di kunnen ook de modelresultaten opgeslagen worden. Voor calamiteiten is een aantal functionaliteiten beschikbaar die de overstromingsbeelden vertalen in andere bruikbare

informatieproducten. Voor de doorgerkende scenario's voor Dijkkring 49 zijn de volgende kaarten gemaakt:

- maximale waterdiepte
- maximale stroomsnelheid
- aankomsttijden
- stijgsnelheid
- geschatte schade

In de casestudy is ervaren dat deze automatische naverwerking goed werkt. Na de berekening worden deze kaarten automatisch geproduceerd. De gebruiker krijgt vervolgens een melding zodra deze gereed zijn.

Als de kaarten klaar zijn biedt 3Di een aantal opties om deze te verspreiden binnen de crisisorganisatie. Ten eerste biedt 3Di een webportal waarin overstromingsscenario's overzichtelijk gepresenteerd kunnen worden. Naast de statische kaarten kunnen gebruikers ook een animatie afspelen van de overstroming.

Voor geavanceerde toepassingen kunnen de informatieproducten ook gekoppeld worden door middel van een API. Een concrete toepassing hiervan is om kaarten direct te ontsluiten in het Landelijk Crisis Management Systeem (LCMS).

Conclusies

Het doel van het onderzoek was om te bepalen hoe geschikt 3Di is als overstromingscalamiteitenmodel voor 'ad hoc'-gebruik in crisissituaties. Gebleken is dat 3Di een specialistisch instrument kan zijn, maar wel altijd herleidbare resultaten produceert. De nauwkeurigheid doet nauwelijks onder voor andere instrumenten, met wél snellere reketijden dan het beleidsmodel. De automatische naverwerking van rekenresultaten en presentatie van begrijpbare kaartinformatie (onder andere stroomsnelheid en aankomsttijden) in de webportal biedt veel toegevoegde waarde voor crisisorganisaties waarin een snelle beeldvorming een grote rol speelt.

Referenties

1. 3Di – Water Management (z.d.). <https://3diwatermanagement.com/>.
2. Lieveerse, T. (2023). *Overstromingsstudie 3Di - Dijkkring 49*. <https://edepot.wur.nl/641158>
3. STOWA (2017). *Benchmark Inundatiemodellen*.
4. Stelling, G. (2012). *Quadtree flood simulations with sub-grid digital elevation models*.
5. Verheij, H. (2003). *Aanpassen van het bresgroeimodel binnen HIS-OM*.
6. Actuele Hoogtekaart Nederland (z.d.). <https://www.ahn.nl/producten>