

Kansverwachtingen in het regionaal waterbeheer

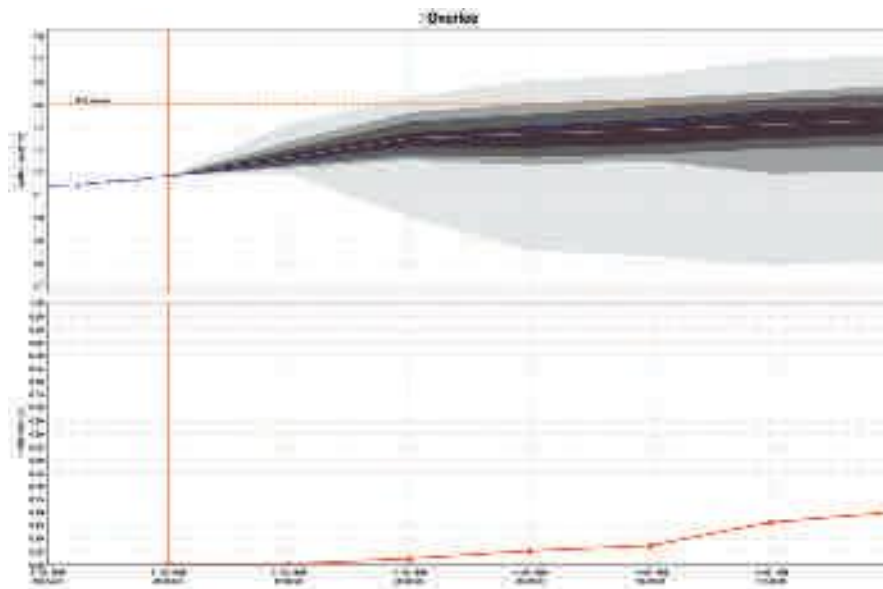
Grand Forks, North Dakota, april 1997. Onverwacht en tot ontsteltenis van inwoners en stadsbestuur overstroomden de dijken die de stad moeten beschermen tegen overstromingen vanuit de Red River. Uiteindelijk staat zo'n 80 procent van de stad onder water. De gemeentelijke crisismanagers zijn steeds uitgegaan van de door hydrologen voorspelde maximale waterstand van 14,94 meter. Omdat de dijken opgehoogd zijn tot 15,24 meter, achten zij extra maatregelen niet nodig. De waterstand stijgt echter tot ruim 16,5 meter. De crisismanagers geven aan dat ze, indien ze dat vooraf geweten zouden hebben, de stad daartegen hadden kunnen beschermen.

De toekomstige waarde van hydrologische variabelen is, zo bleek maar weer eens, onzeker. Die onzekerheid wordt weliswaar verkleind door het maken van verwachtingen of voorspellingen, maar is nooit volledig te elimineren. In het waterbeheer wordt veel gebruik gemaakt van puntverwachtingen, waarbij één beste schatting van de toekomstige waarde van de beschouwde variabele gemaakt wordt. Het gevaar daarvan is dat een zekerheid gesuggereerd wordt die er niet is. Een alternatief is de onzekerheid over toekomstige waterstanden, afvoeren etc. expliciet te maken, oftewel om een verwachting uit te drukken in een kansverdeling.

Kansverdeling

Die kansverdeling is bijvoorbeeld te gebruiken om de kans op hoogwater te bepalen: 'Morgenmiddag om 12.00 uur is er 25 procent kans op overschrijding van het waarschuwingspeil op locatie X'.

De grafiek toont hoe een kansverwachting gevisualiseerd kan worden. In het bovenste paneel wordt een (gediscretiseerde) kansverdeling getoond voor een periode van zes uur na het maken van de verwachting (t_0 , aangegeven door de verticale rode lijn). De betrouwbaarheidsintervallen worden gevormd door (van buiten naar binnen) de 1-99 procent, 5-95 procent, 10-90 procent en de 25-75 procent overschrijdingskansen. De witte lijn in het middelste vlak is de lijn die zowel een 50 procent kans op onder-schrijding als een 50 procent kans op



Afb. 1: Voorbeeld van een kansverwachting: de kansverdeling (boven) en de kans op overschrijding van het overstromingsniveau (onder).

overschrijding heeft. In het paneel eronder is die kansverdeling vertaald naar de kans op hoogwater (in dit geval de kans op overschrijding van het overstromingsniveau op $h=1,5$ meter). Te zien is dat die kans oploopt van nul procent op t_0 naar 20 procent op zes uur daarna. In de figuur zijn ook de waarnemingen geprojecteerd (blauwe punten) die zijn gedaan in de periode na het maken van de verwachting (t_0). De waarnemingen laten zien dat het

kritieke peil op zes uur na t_0 overschreden wordt.

Waarom kansverwachtingen?

Grofweg zijn er drie redenen om verwachtingen uit te drukken in kansen. Kansverwachtingen, in tegenstelling tot puntverwachtingen, maken de inherente onzekerheden in de verwachting zichtbaar. Verder maken kansverwachtingen het mogelijk risicoafwegingen mee te nemen bij het nemen van beslissingen. Ten slotte zijn de verantwoordelijkheden van hydrologen en crisismanagers beter te scheiden.

Grand Forks, april 1997. De overstroming uit de Red River resulteert in zo'n 1 miljard schade, maar was niet voorspeld.



Inherente onzekerheden worden expliciet gemaakt

De toekomstige waarde van hydrologische variabelen is onbekend. Met rekenmodellen kunnen we een schatting van deze waarde maken. Onbekende begincondities, onvolledige schematisaties van hydrologische processen, inexacte schattingen van gebruikte modelparameters en, niet in de laatste plaats, onzekere schattingen van toekomstige neerslag hebben echter tot gevolg dat die schattingen meestal niet exact zullen zijn. Het is daarom eerlijker om een verwachting af te geven die expliciet laat zien dat sprake is van onzekerheid. Een kansverwachting kan ook helpen bij het achteraf evalueren van een beslissing. Denk bijvoorbeeld aan de dijkbewaking die 'voor niets' op zondagavond laat wordt ingesteld. Als vooraf duidelijk was dat mogelijk extreme condities zouden optreden, zullen de

kans op hoogwater (1)	maatregelen (2)	schade bij hoogwater (3)	kosten van maatregel (4)	verwachte schade/kosten (5)=(1)*(3)+(4)
25%	nee	1.000.000 euro	0 euro	250.000 euro
25%	ja	800.000 euro	25.000 euro	225.000 euro

Verwachtingswaarde van een beslissing.

gevolgen van de 'foute' beslissing door de betrokkenen makkelijker geaccepteerd worden.

Kansverwachtingen maken risicobeslissingen mogelijk

Een kansverwachting biedt de mogelijkheid om de verwachtingswaarde van een beslissing te bepalen en dit risico mee te nemen in de afweging. Een eenvoudig voorbeeld: stel dat er 25 procent kans is op een waterstand die een miljoen euro schade tot gevolg heeft. Door tijdig maatregelen te nemen, is de schade te beperken tot 800.000 euro. Die schadebeperking kost 25.000 euro. Een gebruiker moet nu beslissen om al dan niet over te gaan tot actie.

Doet hij of zij dat niet, dan is de verwachte schade 25 procent van een miljoen euro, oftewel 250.000 euro. Worden wél maatregelen genomen, dan is het totaal van de verwachte schade en kosten 25 procent van 800.000 euro plus 25.000 euro, oftewel 225.000 euro (zie tabel). Het loont in dit geval dus om actie te ondernemen.

De crisismanager, niet de hydroloog, beslist

Een kansverwachting biedt de mogelijkheid de verantwoordelijkheden van de hydroloog - die de verwachting opstelt - te scheiden van degene die een maatregel moet nemen. Wordt een beslissing enkel en alleen genomen op basis van een gemaakte verwachting, dan wordt die in het geval van puntverwachtingen eigenlijk al genomen door het rekenmodel en daarmee door de hydroloog. In het geval van kansverwachtingen wordt door de hydroloog een kansverdeling gemaakt, op basis waarvan door een verantwoordelijke crisismanager besloten kan worden tot het al dan niet nemen van een maatregel.

De verwachtingswaarde van een beslissing is afhankelijk van de kans op hoogwater, de potentiële schade, de mogelijkheid tot het reduceren daarvan en de kosten die daarvoor gemaakt moeten worden. De verhouding van de genoemde schades en kosten zullen voor elke gebruiker van de verwachtingen anders zijn. Kansverwachtingen maken het dan mogelijk verschillende gebruikers zelf te laten beslissen, om al dan niet te anticiperen op een dreigend hoogwater. Stel dat er in het eerder gegeven voorbeeld een tweede gebruiker is, waarvoor de schadebeperkende maatregelen niet 25.000 maar 75.000 euro kosten. Voor die gebruiker is de verwachtingswaarde dan 275.000 euro en loont het dan niet om maatregelen te nemen.

Het maken en evalueren van kansverwachtingen

In de hydrologie is voor het maken van kansverwachtingen het gebruik van ensembles populair. De spreiding van

hydro-meteorologische ensembles - het gevolg van onzekere begincondities in het gebruikte meteorologische model - is een maat voor de onzekerheid van een modelverwachting. Onzekerheden uit andere bronnen zijn te karakteriseren middels *post-processors*. Momenteel wordt onderzocht wat de beste manier is om beide methodes te combineren.

Uiteindelijk is het doel om een kansverwachting te maken die, gegeven betrouwbaarheid, scherp is. Betrouwbaar betekent dat de voorspelde kansen overeenkomen met waargenomen relatieve frequenties. Scherp betekent dat de voorspelde intervallen niet te breed zijn. Hoe smaller de intervallen, hoe makkelijker het is een beslissing te nemen.

De betrouwbaarheid van één enkele kansverwachting is niet te bepalen. De verwachting dat er 50 procent kans op neerslag is, wordt immers bewezen noch weerlegd door een droge dag. Door een groot aantal verwachtingen te vergelijken met bijbehorende waarnemingen, is de kwaliteit van de verwachtingen te meten. Daar is een groot aantal statistieken, vaardigheidsscores en grafische methoden voor beschikbaar.

Gereed voor toepassing in regionaal waterbeheer

De technieken om betrouwbare kansverwachtingen in de hydrologie te maken, zijn beschikbaar. Voor beide genoemde methoden zijn *best practices* ontwikkeld die in operationele systemen gebruikt worden. Bij Deltares is en wordt onderzoek gedaan naar het gebruik van het *Bayesian Forecasting System*, *Quantile Regression* en *Bayesian Model Averaging* in het voorspellen van rivierafvoeren en zee- en rivierwaterstanden. Deze *post-processors* zijn klaar om ook in het regionaal waterbeheer toegepast te worden.

Er zijn veel toepassingen denkbaar, waaronder kansverwachtingen van boezempeil, rivierafvoer, waterkwaliteit, buitenwaterstanden, grondwaterstanden. Het is de bedoeling om in het kader van Flood Control 2015 binnenkort enkele proefprojecten te beginnen. Daarnaast is het nodig pilots te ontwikkelen voor het implementeren van kansverwachtingen in operationele procedures: wie maakt de verwachting, hoe wordt die gevisualiseerd en gecommuniceerd, wie beslist en waarover, wat zijn de beslisseregels en hoe bepaal je de verwachtingswaarde van een beslissing? Ook een bijdrage aan het antwoord op deze vragen hopen we in Flood Control 2015 te kunnen leveren.

NOTEN

- 1) Glassheim E. (1997). Fear and loathing in North Dakota. *Natural Hazards Observer* nr. 6.
- 2) Krzysztofowicz R. (2001). The case for probabilistic forecasting in hydrology. *Journal of Hydrology* 1-4, pag. 2-9.
- 3) Pappenberger F. en K. Beven (2006). Ignorance is bliss: Or seven reasons not to use uncertainty analysis. *Water Resources Research* nr. 5.
- 4) Pielke R. (1999). Who decides? Forecasts and responsibilities in the 1997 Red River flood. *Applied Behavioral Science Review* nr. 2, pag. 83-101.
- 5) Reggiani P., M. Renner, A. Weerts en P. van Gelder (2009). Uncertainty assessment via Bayesian revision of ensemble streamflow predictions in the operational river Rhine forecasting system. *Water Resources Research* nr. 2.
- 6) Reggiani P. en A. Weerts (2008). A Bayesian approach to decision-making under uncertainty: An application to real-time forecasting in the river Rhine. *Journal of Hydrology* 1-2, pag. 56-69.
- 7) Todini E. (2004). Role and treatment of uncertainty in real-time flood forecasting. *Hydrological Processes* nr. 14.
- 8) Verkade J. en M. Werner (2011). Estimating the benefits of probability forecasting for flood warning. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 8, pag. 6639-6681.
- 9) Weerts A., H. Winsemius en J. Verkade (2011). Estimation of predictive hydrological uncertainty using Quantile Regression: examples from the National Flood Forecasting System (England and Wales). *Hydrol. Earth Syst. Sci. nr.* 15, pag. 255-265.

Jan Verkade (Deltares / TU Delft)
Arnejan van Loenen, Joost Beckers,
Albrecht Weerts en Elgard van Leeuwen
(Deltares)

Aanleveren van artikelen

Het gebeurt helaas regelmatig dat artikelen aangeleverd worden die niet compleet blijken te zijn of waarvan niet de definitieve versie verstuurd wordt. Dat zorgt voor onnodig tijdverlies (als de redactie reeds begint met de beoordeling en verwerking van deze verhalen). Een vriendelijk verzoek daarom uw bijdrage pas te sturen als deze voor u definitief is en voorzien van eventuele illustraties conform de voorwaarden die de redactie hieraan stelt (hoge resolutie oftewel 300 dpi en een formaat van 10 x 15 cm bij een liggende foto). De meeste illustraties worden op 2 kolommen afgedrukt. Let hierop bij grafieken. Ze moeten dan nog leesbaar zijn. Uiteraard dienen foto's en andersoortige illustraties - wanneer zij digitaal verstuurd worden - niet in een tekstbestand te zitten, maar in een los grafisch bestand (bij voorkeur jpg-bestanden voor foto's en excel-bestanden voor grafieken).