



RIJN-OVERSTROMINGEN VANAF 14E EEUW: NUTTIGE DATA VOOR VANDAAG

Waterstandspijlen nabij Rees, circa 25 km stroomopwaarts van Lobith

Foto Anouk Bomers

Voor het ontwerpen van waterkeringen worden datareeksen van maximale waterafvoeren gebruikt. De onzekerheidsmarges in de daarmee berekende overstromingsfrequenties zijn echter nogal groot. Dat kan beter. Voorbeeld: de Rijn bij Lobith.

De afvoer van de Rijn bij Lobith wordt al gemeten sinds 1901. Dat leverde een 118-jarige datareeks op van jaarlijkse maximale afvoeren. Dergelijke datareeksen zijn de basis voor overstromingsfrequentieanalyses, die weer gebruikt worden voor het ontwerpen van waterkeringen.

De veiligheidsnormen die we hanteren voor onze dijken gaan vaak uit van overstromingsfrequenties (herhalings-tijden) van bijvoorbeeld eens in de 1.250 of 10.000 jaar. De beschikbare meetreeksen zijn echter relatief kort – 118 jaar voor de Rijn bij Lobith – dus voor het afleiden van de aanvaardbaar geachte herhalings-tijden is extrapolatie van de meetgegevens nodig. Dit gaat gepaard met grote onzekerheden. Hoe langer de datareeksen, hoe kleiner de onzekerheid.

Historische overstromingen

Metingen van de Rijnafvoer bij Lobith zijn er sinds 1901. Maar de waterstanden worden er al langer gemeten, namelijk sinds 1866. Van de naburige meetlocaties Emmerik, Pannerden en Nijmegen zijn waterstandsmetingen zelfs beschikbaar vanaf 1772. Met lineaire regressie is door anderen met al deze meetgegevens een continue reeks afgeleid van waterafvoeren bij Lobith voor de periode 1772-2018. Dat is bijna 250 jaar.

En we kunnen nog verder terug. Historische bronnen, zoals krantenartikelen, schilderijen en dagboeken, geven informatie over *overstromingen* van de Rijn. Vooral over enkele grote overstromingen bij Keulen (1342 en 1374) hebben we veel historische informatie en de daaruit afgeleide waterstanden en piekafvoeren van toen. Rekening houdend met het dwarsprofiel (de bathymetrie) en de bodemruwheid van de rivier hebben onderzoekers uit deze bronnen voor de periode 1342-1772 twaalf overstromingen gereconstrueerd, met de bijbehorende afvoerpiek bij Keulen.

Vertaling van toen naar nu

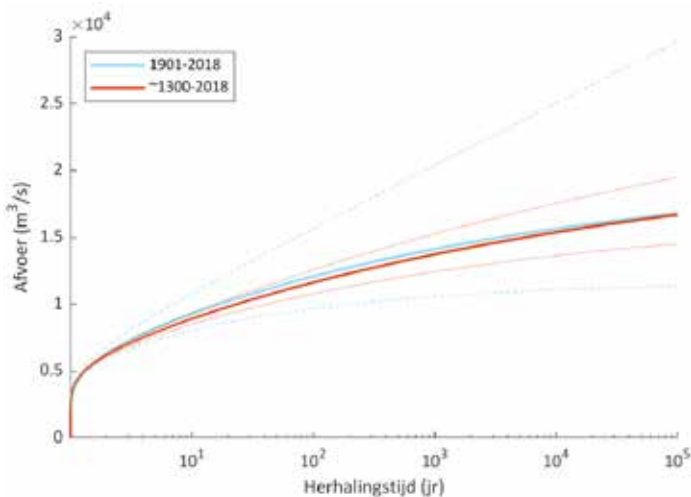
Maar we zijn niet geïnteresseerd in de historische maximale afvoeren bij Lobith, maar in de maximale afvoer die *op dit moment* zou optreden als bij Keulen een hoogwater optreedt van dezelfde omvang als van een historische gebeurtenis. Dat is ingewikkeld, omdat het riviersysteem erg veranderd is in de afgelopen eeuwen. Zo zijn de dijken langs de Niederrhein aanzienlijk verhoogd, waardoor er meer water richting Lobith kan stromen.

We maakten daarom een hydraulisch model van de huidige situatie. Hierin zijn het zomer- en winterbed geschematiseerd met 1D-profielen en de bedijkte gebieden met een 2D-grid. Een 2D-grid is nodig om de overstromingspatronen in het achterland correct te simuleren. (afbeelding 1)

Om een groot scala aan potentiële overstromingsscenario's door te kunnen rekenen, inclusief potentiële dijkdoorbaken, is in het model een zogeheten Monte Carlo-analyse uitgevoerd. Bij zo'n analyse worden verschillende scenario's doorgerekend, elk met andere startcondities. Hiervoor



Afbeelding 1. In geel gearceerd het gebied van het hydraulisch studiemodel



Afbeelding 2. Overstromingsfrequentiecurves voor de dataset van gemeten jaarlijkse maximale afvoeren (1901-2018) en voor de uitgebreide dataset met historische overstromingen (ca.1300-2018). De stippellijnen geven de corresponderende 95%-betrouwbaarheidsintervallen aan

varieerden we vijf onzekere parameters: twee hydraulische (maximale afvoer bij Keulen en vorm van de afvoergolf) en drie voor dijkdoorbraken (kritieke waterstand, dijkdoorbraakbreedte en duur van de dijkdoorbraak). Voor de kritieke waterstand focusten we op 33 dijkdoorbraaklocaties die tot grote overstromingen leiden. Deze zorgen namelijk voor een grote afname van de afvoer in benedenstroomse richting.

Voor elk van de twaalf gereconstrueerde historische overstromingen resulteert de Monte Carlo-analyse in een afvoer bij Lobith en bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Met de zo 'geactualiseerde' historische overstromingsgegevens hebben we nog geen continue reeks. Die is wel nodig voor een traditionele overstromingsfrequentie-analyse. Daarom werd voor elk ontbrekend jaar in de reeks willekeurig een afvoer getrokken (volgens de 'bootstrap-

methode') uit de dataset 1772-2018, waarbij de getrokken afvoer lager is dan de perceptiedrempel. Wij hanteerden als perceptiedrempel de laagste maximale afvoer van de twaalf historische overstromingen. Het is immers aannemelijk dat, als er een ernstiger hoogwater was opgetreden, hierover informatie beschikbaar zou zijn.

Resultaten

Na dit voorwerk hebben we twee overstromingsfrequentieanalyses uitgevoerd: een met de oorspronkelijke dataset van gemeten jaarlijkse maximale afvoeren (1901-2018), en een met de uitgebreide dataset (1342-2018). De curves voor beide datasets en bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsintervallen zijn weergegeven in afbeelding 2.

De ligging van beide overstromingsfrequentiecurves is nagenoeg hetzelfde. De onzekerheidsbanden verschillen echter aanzienlijk. De breedte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval neemt flink af voor de langere datareeks. Dit geldt vooral voor de afvoeren behorende bij extreem hoge herhalingstijden. Voor een herhalingstijd van 1/100.000 jaar neemt het onzekerheidsinterval van de afvoer af met maar liefst met 72 procent. Bij het ontwerpen van waterkeringen hoeft dus met minder hoge afvoeren te worden gerekend.

Anouk Bomers (*Universiteit Twente*), Ralph Schielen (*Rijkswaterstaat en Universiteit Twente, nu Rijkswaterstaat en TU Delft*), Suzanne Hulscher (*Universiteit Twente*)

Een uitgebreide versie van dit artikel is te vinden op H₂O-Online. Het is te lezen door gebruik te maken van de QR-code of te kijken op www.h2owaternetwerk.nl (onder H₂O-vakartikelen).



SAMENVATTING

Bij Lobith wordt de afvoer van de Rijn gemeten sinds 1901. Hieruit worden veiligheidsnormen (overstromingsfrequenties) afgeleid voor de dijken. Deze studie laat zien dat de onzekerheid in overstromingsfrequenties aanzienlijk kleiner wordt als de datareeks wordt uitgebreid aan de hand van historische data van overstromingen vanaf de veertiende eeuw. Vooral de bovenrand van het 95%-betrouwbaarheidsinterval is kleiner geworden. Dit is van grote waarde voor beleidsmakers, aangezien er dus met minder hoge afvoeren rekening hoeft te worden gehouden.