

1 Systeemwerking

Rivieren zijn dynamische systemen met in ruimte en tijd op verschillende schalen samenhangend gedrag. Dit betekent dat wanneer ergens langs de rivier iets verandert, dit elders langs de rivier en/of op een ander tijdstip gevolgen kan hebben. Dit geldt ook voor hoogwaters. Wanneer ergens een overstroming plaatsvindt, zullen de waterstanden - vooral ter plaatse en stroomafwaarts - lager worden. Dit wordt positieve (hydrodynamische) systeemwerking genoemd.

Het riviersysteem omvat echter meer elementen dan een bedding met oevers en eventueel waterkeringen. Laaglandrivieren stromen in hun eigen sediment en zijn dus morfologisch actief. Als de rivier zich splitst, kunnen splitsingspunten (en daarmee de debietverdeling) door morfologische veranderingen instabiel worden. Verder wordt het gedrag van een rivier beïnvloed door vegetatie en dus mogelijk door de wijze van beheer. Al die elementen hebben een onderlinge wisselwerking en leiden ook tot systeemgedrag, dat echter van een andere aard is dan hierboven genoemd.

In relatie tot overstromingen is er nog een ander type systeemwerking. Als dijkringen achter elkaar liggen ten opzichte van een bres in de primaire waterkering, kan een overstroming in de eerst overstroome dijkring leiden tot overstroming in de erachter gelegen dijkringen. Dit wordt negatieve systeemwerking genoemd, of ook wel cascade-effect of domino-effect.

2 Probleemstelling

Tot voor kort ging de aandacht in het waterveiligheidsbeleid vooral uit naar het beheersen van hoogwaterstanden, bijvoorbeeld via retentie, rivierverruiming of noodoverloop. Met de invoering van de risicobenadering is er meer aandacht gekomen voor de (sterkte van de) waterkeringen, ook omdat daar de grootste kennisleemten en onzekerheden liggen. Een neveneffect is echter dat de aandacht voor de werking van het watersysteem op grotere schaal lijkt af te nemen, terwijl overstromingsrisico's toch alles te maken hebben met hoogwaterstanden, en die weer met interacties en systeemwerking op grote schaal. Het onderzoek rond GRADE heeft laten zien dat hydrodynamische systeemwerking in Duitsland in belangrijke mate bepalend is voor het maximale debiet bij Lobith. Niettemin wordt systeemwerking binnen Nederland momenteel buiten beschouwing gelaten. Dit zou kunnen leiden tot onrealistisch hoge hydraulische randvoorwaarden op een aantal rivieren met grote verschillen in normklassen, zoals de Maas, de Overijsselse Vecht en mogelijk de IJssel. Nader inzicht in deze materie is nodig om de overstromings-kansen overal goed te kunnen beoordelen en de waterkeringen te kunnen (her)ontwerpen met realistische randvoorwaarden, passend bij de nieuwe, gedifferentieerde normen en de reële geometrie van rivierbed en waterkeringen.

Omdat de overheid, met name Rijkswaterstaat en de waterschappen, de verantwoordelijkheid draagt voor de werking van het hele hoogwaterbeschermingssysteem, inclusief de interacties in het riviersysteem, adviseert het ENW om de aandacht voor de interacties op systeemniveau te intensiveren.

3 Inperking

Dit advies beperkt zich tot de positieve hydraulische systeemwerking en de morfologische stabiliteit van splitsingspunten in relatie tot hoogwater. Andere vormen van systeeminteractie vallen buiten het werkgebied van het ENW, zijn al meegenomen in de waterveiligheidsnormen (negatieve systeemwerking) of krijgen inmiddels voldoende aandacht in lopend onderzoek.

De focus ligt verder op dat deel van het systeem waar de rivierafvoer belangrijk is voor de hydraulische randvoorwaarden, dus de bovenrivieren en de overgangsgebieden. Het ENW realiseert zich dat systeemwerking ook elders in het hoofdwatersysteem en in interactie met regionale systemen relevant is, maar beperkt zich in dit advies tot de genoemde gebieden om het aantal onzekerheidsbronnen (stochasten) in eerste instantie te beperken.

4 Beschouwing van systeemwerking

Dit advies gaat over hydrodynamische systeemwerking met implicaties voor waterveiligheid, dus over hoe waterstanden worden beïnvloed door:

- a) systeemwerking in de bestaande situatie: interacties langs de Maas, de Overijsselse Vecht en de IJssel.
- b) interacties die samenhangen met ingrepen voortvloeiend uit de nieuwe normering. Bijvoorbeeld dijkversterkingen in relatie tot de gedifferentieerde normen (inclusief mogelijke effecten van de volgorde van uitvoeren), rivierverruiming en/of het inrichten van retentiegebieden. Het gaat hierbij niet alleen om boven- of benedenstroomse effecten in de rivier, maar ook om de invloed op het overstromingsrisico in boven-/benedenstrooms langs de rivier of aan de overzijde gelegen gebieden.
- c) de feitelijke afvoerverdeling op de splitsingspunten tijdens hoogwater. Door de instelling van een regelwerk of door morfologische instabiliteit kan een van de takken een afvoer te verwerken krijgen waarop de waterkeringen niet zijn ontworpen.

Met positieve systeemwerking wordt in Nederland alleen rekening gehouden door de invloed van overstromingen in het buitenland (Duitsland en België) op de afvoerstatistiek te verdisconteren in de hydraulische belastingniveaus langs de rivieren. Een voorbeeld is de maximering van de afvoer bij Lobith op 18.000 m³/s in recente beleidsstudies (zie ook ENW-rapport 'Heeft de Rijnafvoer bij Lobith een maximum?'). Verkennende studies (zie bijvoorbeeld de Bruijn et al., 2016) laten zien dat ook binnen Nederland een reductie van de hydraulische belasting door systeemwerking zou kunnen optreden. Daardoor zou de kans op dijkfalen en overstroming aan de overzijde van de rivier en/of meer stroomafwaarts kleiner kunnen zijn dan nu berekend.

Specifiek langs de Limburgse Maas geldt dat niet alleen het overlopen en eventueel bezwijken van waterkeringen tot topvervlakking zal leiden, maar dat dit ook het gevolg is van de natuurlijke geomorfologie. Door de Maasplassen is het rivierbed uitgestrekt en in de (onbedijkte) Maasvallei is de waterstand afhankelijk van de berging in het rivierbed. Daarbij worden vorm, volume en hoogte van afvoergolven zodanig beïnvloed, dat de hydraulische belastingniveaus langs de bedijkte Maas mogelijk aanmerkelijk lager worden dan waarop nu wordt gedimensioneerd (op basis van modelberekeningen met vaste zijdelingse begrenzingen). Dat kan tot ondoelmatige investeringen leiden en vraagt ons inziens dan ook om zorgvuldige analyse.

Een belangrijk aspect van systeemwerking is dat deze altijd moet worden gezien in het licht van de vele onzekerheden die een rol spelen. Onzekerheden over de feitelijk optredende rivierafvoeren en de golfvorm, dijkhoogten, momenten van falen en faalgedrag, noodmaatregelen, de invloed op debiet en waterstanden in de rivier etc. Men moet dus niet alleen rekening houden met systeemwerking, maar ook met de onzekerheden daarin. Dat betekent ook dat een goede – nieuwe – balans moet worden gevonden tussen de systeembenadering en de risicobenadering. Alleen dan kan men zich een evenwichtig oordeel vormen over de wenselijkheid van retentie, rivierversuiming en na te streven dijkhoogten en -sterkten.

Door het meenemen van positieve systeemwerking neemt de onderlinge afhankelijkheid van de dimensionering van de waterkeringen toe, waardoor de complexiteit en verwevenheid van het veiligheidssysteem als geheel toeneemt. Dit betekent ook dat de volgorde van uitvoering van versterkings- of verruimingsmaatregelen belangrijker wordt. De noodzaak om tot een samenhangend pakket te komen langs grote delen van de rivier impliceert verder een grotere bestuurlijke complexiteit.

5 Leren van het buitenland

Uit het buitenland zijn voorbeelden bekend van zowel van het veronachtzamen van systeemwerking als van het bewust gebruiken ervan. In Duitsland zijn na de overstromingen van de Elbe in 2002 op grote schaal dijkversterkingen uitgevoerd op het traject Dresden-Magdeburg. Dat leidde bij een volgend hoogwater tot extra problemen stroomafwaarts, omdat bovenstrooms geen overstroming meer optrad. Dit voorbeeld illustreert hoe het niet meenemen van systeemwerking kan leiden tot afwenteling naar benedenstrooms.

In de VS heeft men langs de Mississippi nabij de delta een aantal bypasses ('floodways') gebouwd, die als rivierversuiming kunnen worden beschouwd en meer bovenstrooms een aantal hoofdzakelijk agrarische polders aangemerkt als 'prioritair te inunderen' (door dijken op te blazen) om grote stedelijke gebieden verder benedenstrooms te ontlasten. Beide maatregelen beogen de hydrodynamische werking van het systeem bewust te beïnvloeden en zo de waterstand enkele decimeters te doen dalen. Na het hoogwater in de Mississippi in 2011, werd geoordeeld dat door het opblazen van enkele daartoe aangewezen dijken 'het systeem werkte zoals bedoeld'. Dit voorbeeld laat zien hoe inspelen op systeemwerking kan leiden tot een hogere veiligheid stroomafwaarts.

6 Leren van metingen

Overstromingen komen in Nederland gelukkig zelden voor, maar de inzet van retentiegebieden is mogelijk vaker aan de orde. Als retentiegebieden worden ingezet, zouden de precieze hydraulische effecten op de vorm van de afvoergolf en de waterstanden ook gemeten moeten worden. Mocht het vigerende meetprogramma voor hoogwatersituaties hierin niet voorzien, dan zou een dergelijk meetprogramma ontworpen moeten worden om door een 'Rapid Action Force' te worden uitgevoerd als het hoogwater zich aandient (zie ook thema-advies 'Beter Leren Keren').

Daarnaast verdient het de overweging om overstromingen van laaglandrivieren in het buitenland te analyseren, bij voorkeur door ter plaatse te gaan kijken en informatie te verzamelen (zie ook punt 5).

7 Advies

Hoofdadvis: Onderzoek de effecten van positieve systeemwerking langs de Maas, Overijsselse Vecht en IJssel ten behoeve van de mogelijke consequenties voor dijkontwerpen, ontwerpen van rivierversuimingsmaatregelen en de volgorde van uitvoering van deze maatregelen in het licht van de nieuwe normering. Hoe sneller er betrouwbare resultaten beschikbaar zijn, hoe beter hiermee kan worden omgegaan bij de bepaling van noodzakelijke hoogwaterbeschermingsmaatregelen en de kosten daarvan.

Daarvoor zijn de volgende zaken nodig:

- Als eerste, het aantonen en kwantitatief illustreren van belang en urgentie aan de hand van een aantal aansprekende voorbeelden. Het ENW heeft al eerder gepleit voor het meenemen van overstromingen (met een modellentrein à la GRADE) in de Maasvallei bij het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden voor de Bedijkte Maas, alsmede voor het toepassen van GRADE met overstromingen voor de Overijsselse Vecht (zie ENW-15-04 Advies GRADE). Voor de Rijntakken ontbreekt het vooralsnog aan adequate voorbeelden. Een uitzondering hierop is de IJssel waar nu sterk gedifferentieerde normen gelden.
- Ten tweede, toetsing van het waterbewegingsmodel in deze modellentrein (GRADE werkt immers met een 1D-waterbewegingsmodel) voor de Maasvallei aan de hand van een aantal 2D-berekeningen met de werkelijke geometrie van zowel de waterkeringen als de vallei (dus zonder kunstmatige verticale begrenzingen in het watervoerende deel van het model). Dit laatste is vooral van belang bij de zeer hoge afvoeren (tot 1/40.000) waarmee moet worden gerekend voor de Bedijkte Maas.
- Daarna, uitbreiding van GRADE naar de IJssel met sterk gedifferentieerde normen. Ook daar zullen gebieden als gevolg van de normdifferentiatie bij verschillende condities instromen, met als gevolg topvervlakking en een kleinere kans op overstroming benedenstrooms.
- Kennis van (de onzekerheden in) de feitelijke debietverdeling op de splitsingspunten bij Pannerden en de IJsselkop tijdens extreem hoogwater, gegeven de instelling van de regelwerken en mogelijke morfologische instabiliteit.
- Inventarisatie van dijktrajecten die zo cruciaal zijn voor een beheersbare werking van het (rivier)systeem onder extreme condities, dat deze als systeemdig kunnen worden aangemerkt. Dit zou kunnen leiden tot aanvullende eisen met betrekking tot het faalgedrag van deze dijken (bijvoorbeeld overstroombaarheid zonder te bezwijken).

Hieruit moet blijken in hoeverre positieve systeemwerking van belang is voor de veiligheid tegen overstroming langs de Nederlandse rivieren. Waar dit het geval blijkt te zijn, zou positieve systeemwerking moeten worden meegenomen in het ontwerp van waterkeringen en rivierverruimingsmaatregelen. Te beginnen bij de Maas, waar het grootste rendement te verwachten is, vervolgens ook voor de Vecht en mogelijk de IJssel. Reken daarbij tweedimensionaal met meerdere afvoergolven, de reële geometrie en met de inzet van retentie (zie ENW-advies 14-07 Veiligheidssysteem Maas).

Tegelijkertijd moet dit een bruikbare methode opleveren voor het analyseren van de systeemeffecten (niet-lokale hydraulische effecten) van ingrepen. Op termijn kan hiermee ieder voornemen tot een dijkverzwaring- of rivierverruimingsproject worden beoordeeld op zijn systeemconsequenties, om onbedoelde afwenteling te voorkomen. Daarbij spelen de beoogde levensduur (dimensionering) van een maatregel en de volgorde van uitvoering van projecten een belangrijke rol.

Bijlage: Ondergrens primaire keringen



Colofon

Uitgave van het Expertise Netwerk Waterveiligheid
© 2017

Contactgegevens

Expertise Netwerk Waterveiligheid
p/a Rijkswaterstaat WVL, afdeling Waterkeringen
t.a.v. ir. D. de Bake
Postbus 2232, 3500 GE Utrecht

E enwsecretariaat@rws.nl
I www.enwinfo.nl