



INHOUD

- INLEIDING
- GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
- SYSTEEMROBUUSTHEID
- BESLISROBUUSTHEID
- RELATIE MET MEERLAAGSVEILIGHEID
- PRAKTIJKERVERVARING
- LOPEND ONDERZOEK
- KENNISLEEMTES
- LITERATUUR EN LINKS
- DISCLAIMER

INLEIDING

Systeemrobustheid en beslisrobustheid

Robuustheid is een populaire term in het waterbeheer. Het heeft de associatie van stevig en ongevoelig; als iets robuust is dan zal het niet snel stuk gaan. Mede daarom wordt het begrip op allerlei manieren en in allerlei contexten gebruikt. Het Nationaal Waterplan (2009) formuleert het zo:

'Een robuust watersysteem of robuuste ruimtelijke inrichting is in het algemeen bestand tegen extreme gebeurtenissen en voldoet bij verschillende mogelijke toekomstige ontwikkelingen'. Het gaat hier om zowel natuurlijke variabiliteit ('extreme gebeurtenissen') als veranderingen ('toekomstige ontwikkelingen'). Robuust zijn voor extreme gebeurtenissen vraagt andere aanpassingen dan robuust zijn voor toekomstige ontwikkelingen. Deze factsheet maakt daarom onderscheid in systeemrobustheid (omgaan met natuurlijke variabiliteit) en beslisrobustheid (omgaan met onzekerheid over toekomstige ontwikkelingen).



Het begrip *systeemrobustheid* is uitgebreid onderzocht in het Kennis voor Klimaatprogramma, resulterend in het proefschrift 'System Robustness Analysis in support of flood and drought risk management' (Mens, 2015). Dit proefschrift beschrijft en test een methode om systeemrobustheid te analyseren voor gebieden die te maken hebben met overstromingen en droogte. Dit robuustheidsperspectief ondersteunt beleidsmakers in het verkennen van kleine-kans-gebeurtenissen en het bediscussiëren of de gevolgen hiervan nog acceptabel zijn. Het kwantificeren van robuustheidscriteria is een middel om inzicht te krijgen in systeemeigenschappen die ervoor zorgen dat gevolgen beperkt blijven zodat rampen worden voorkomen.

Het begrip *beslisrobustheid* in de context van waterbeheer is onder andere gebruikt in het proefschrift 'Anticipating Change: Sustainable Water Policy Pathways for an Uncertain Future' (Haasnoot, 2013). Hier zijn beslisrobustheid samen met flexibiliteit aanvullende criteria voor het beoordelen van adaptatiemaatregelen en adaptatiepaden. Een maatregel is robuust als het een gewenst effect heeft bij uiteenlopende toekomstige ontwikkelingen.

Onzekerheden in waterbeheer

In het waterbeheer is niet alleen sprake van natuurlijke variabiliteit (bijvoorbeeld neerslag, afvoer), maar ook van ontbrekende kennis (bijvoorbeeld waardoor breekt een dijk) en verschillen in maatschappelijke voorkeuren. Voor investeringen die lang mee moeten gaan, zoals infrastructuur voor waterbeheer, komt hier de toekomstonzekerheid nog bij: klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling. Onzekerheden willen we het liefst reduceren door meer onderzoek te doen, bijvoorbeeld meer meten en modellen verfijnen. Sommige onzekerheden zijn echter niet te verkleinen. Sterker nog, door meer kennis te vergaren kan het zijn dat onzekerheid toeneemt (denk aan kennis over het piping-mechanisme bij dijken, waardoor onzekerheid over falen is toegenomen). We zijn ons steeds meer bewust van het feit dat onzekerheid altijd zal blijven bestaan. Daarom zijn we ook op zoek naar methoden om inzichtelijk te maken hoe gevoelig systemen zijn voor onzekerheden, om vervolgens deze gevoeligheid of kwetsbaarheid te reduceren. Het concept van robuustheid past goed in deze ontwikkeling.

Vragen die een rol spelen bij de analyse van robuustheid zijn bijvoorbeeld:

- **Systeemrobuustheid:** Is ons huidige watersysteem robuust voor zeldzame gebeurtenissen (verstoringen), zoals een extreme afvoer? Met welke maatregelen kunnen we ons systeem beter voorbereiden op deze verstoringen?
- **Beslisrobuustheid:** Met welke maatregel(en) kunnen we ook in de toekomst - als klimaat, landgebruik of waarden veranderen - onze doelen behalen? Gegeven de onzekerheden over de toekomst en de werking van het systeem, welke strategie stelt ons in staat om met vertrouwen de toekomst tegemoet te treden?

Relatie met andere begrippen

Zodra er naar veranderingen op de lange termijn wordt gekeken, komen ook de begrippen flexibiliteit en aanpasbaarheid van pas. Kunnen omgaan met veranderingen betekent dat een systeem, object of strategie eenvoudig aangepast kan worden, en/of dat eenvoudig overgestapt kan worden naar ander beleid. Met eenvoudig wordt bedoeld dat weinig extra kosten worden gemaakt en dat er weinig maatschappelijke weerstand zal zijn. Essentieel hierbij is dat ook het bestuurlijke systeem het vermogen heeft om aanpassingen te plannen, voor te bereiden, te faciliteren en te implementeren ('governance'). Dit laatste wordt ook wel 'adaptief vermogen' genoemd (zie [Mens et al., 2012](#)).

GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

Trefwoorden: overstromingsrisico, droogterisico, kwetsbaarheid, adaptatiepaden, onzekerheid
Deltafacts: [Vitale infrastructuur](#), [Compartmenteren](#)

SYSTEEMROBUUSTHEID

Definitie

Met systeemrobuustheid doelen we op de robuustheid van een sociaaleconomisch en fysisch systeem (*van wat*) in relatie tot externe verstoringen (*voor wat*). Een verstoring is bijvoorbeeld een droogte of een hoogwater. Een systeem is robuust als het kan blijven functioneren tijdens een range aan (externe) verstoringen (Mens et al., 2011). Deze benadering van robuustheid is ontleend aan de vakgebieden biologie, engineering, transport, computerwetenschappen, waarbij een systeem of netwerk zo ontworpen wordt dat falen van een element niet leidt tot falen van het hele systeem. Dat betekent niet per se dat de verstoring buiten het systeem wordt gehouden. Er kunnen ook mechanismen zijn om een verstoring op te vangen in het systeem zonder dat al teveel schade wordt aangericht. Bijvoorbeeld een robuust spoorwegennet, waarbij een bevroren wissel niet tot grote ontregeling leidt.

In het waterbeheer is de robuustheidsbenadering een vervolg op de veerkrachtbenadering van De Bruijn (2005). Zij maakte al onderscheid tussen het vermogen om verstoringen buiten het systeem te houden (weerstand) en het vermogen om verstoringen op te vangen en snel ervan te herstellen (veerkracht). Voor riviervalleien betekent weerstand de aanwezigheid van dijken en voldoende ruimte voor de rivier, zodat een hoge afvoer niet meteen tot kritieke waterstanden leidt. Bij veerkracht kun je denken aan compartimenteringsdijken, noodoverloopgebieden, maar ook verhoogde vluchtwegen, distributiecentra, ziekenhuizen, etc. Een robuust systeem heeft een combinatie van weerstand- en veerkracht-eigenschappen om met onzekere verstoringen om te kunnen gaan; weerstand tegen regelmatig terugkerende verstoringen en veerkracht voor extremere gebeurtenissen.

Robuustheid kwantificeren

Robuustheid kan geanalyseerd worden door middel van drie robuustheidscriteria ([Mens, 2015](#)). De volgende criteria helpen de reactie van een systeem op een verstoring te beschrijven:

1. Weerstand: de 'reactiedrempel' van het systeem;
2. Proportionaliteit: de mate waarin gevolgen geleidelijk optreden;
3. Beheersbaarheid: de mate waarin de gevolgen onder een kritische herstelgrens blijven.

Het eerste criterium verwijst naar de kleinste verstoring die tot significante schade leidt. Bij overstromingen is dit bijvoorbeeld de laagste afvoer die schade veroorzaakt. Dit wordt vooral bepaald door het beschermingsniveau tegen overstromingen. Bij droogte is de verstoring bijvoorbeeld neerslagtekort. Weerstand kan dan uitgedrukt worden in de kleinste hoeveelheid neerslagtekort die schade veroorzaakt.

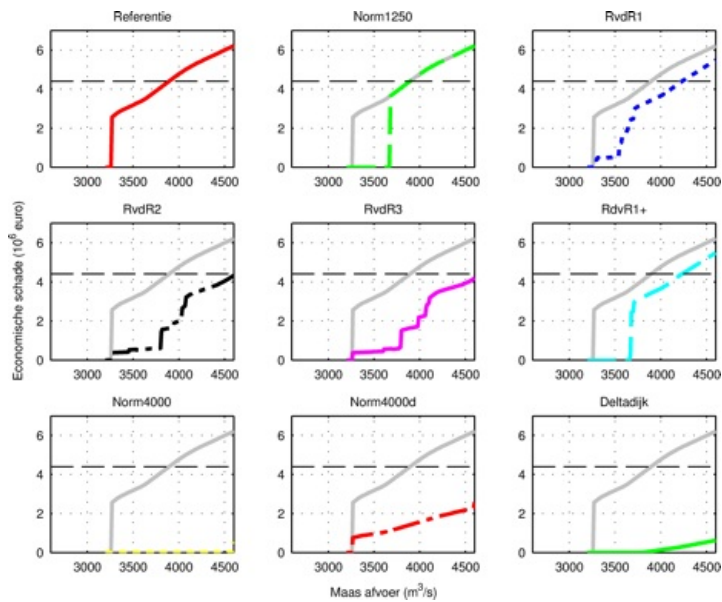
Het tweede criterium komt voort uit het plotselinge karakter van een overstroming bijvoorbeeld als een dijk doorbreekt. Een kleine toename van de afvoer leidt dan ineens tot een grote overstroming. Het uitgangspunt is dat plotselinge gebeurtenissen meer impact hebben, omdat mensen zich daar niet op voor kunnen bereiden. In een robuust systeem moeten plotselinge overstromingen en droogte dus vermeden worden.

Het derde criterium vergelijkt de gevolgen met een kritische herstelgrens. Deze herstelgrens verwijst naar de fysieke en sociaaleconomische capaciteit van een gebied om zich te herstellen van de gevolgen van een overstroming of droogte. Als de gevolgen groot zijn ten opzichte van de herstelcapaciteit dan zal het lang duren voordat een gebied weer kan functioneren zoals voor de overstroming of droogte. Hoe langer de hersteltijd hoe groter de gevolgen op de lange termijn. Door een kritische grens te trekken wordt het mogelijk om te beoordelen of de gevolgen nog acceptabel zijn en onder welke omstandigheden deze kritische grens wordt overschreden.

Voorbeeld: reactiecurve van de bedijkte Maas

Een hulpmiddel bij het kwantificeren van systeemrobuustheid is een reactiecurve, die het verband laat zien tussen de mate van verstoring (in dit geval de piekafvoer in de rivier) en de (economische) gevolgen van deze verstoring. Figuur 2 laat

zien hoe de reactiecurve gebruikt kan worden om het effect van maatregelen te visualiseren. Dijken verhogen (Norm1250, Norm4000) zorgt voor een hogere reactiedrempel; er ontstaat pas schade bij een hogere afvoer. Ruimte voor de rivier (RvdR1, RvdR2, RvdR3 en RvdR1+) verhoogt ook de reactiedrempel, maar door verlaging van de waterstanden zijn de gevolgen ook kleiner. Overstroombare dijken die niet falen bij hogere dan maatgevende waterstand (Deltadijk) zorgen voor een grotere proportionaliteit en minder grote gevolgen. De figuren laten tevens zien dat de grens van onherstelbare schade (horizontale stippellijn) pas bij een hogere afvoer bereikt wordt als de schade proportioneel toeneemt met de afvoer.



Figuur 1 Reactiecurven van de bedijkte Maas, voor verschillende systeemconfiguraties (Klijn et al., 2015)

BESLIJROBUUSTHEID

Definitie

Bij beslisrobuustheid gaat het om de keuze tussen maatregelen die ontworpen zijn met een bepaald doel voor ogen. Dus: robuustheid van een beslissing ('van wat') voor de toekomst ('voor wat'). Beslissingen ten behoeve van het waterbeheer gaan vaak om grote investeringen met grote maatschappelijke gevolgen. Daarom willen we beslissingen nemen waarop je niet hoeft terug te komen als de toekomst anders uitpakt dan verwacht. De vraag is wat de toekomst zou kunnen brengen, en wat we nu het beste kunnen doen om onze doelen zo goed mogelijk binnen bereik te houden. Dit wordt robuust beslissen genoemd en is onder andere uitgewerkt door RAND (Lempert et al., 2003).

Scorekaarten

Een manier om beslisrobuustheid te bepalen in een toekomstverkenning is het gebruik van een scorekaart. Een scorekaart geeft aan hoe een maatregel of maatregelpakket scoort op relevante criteria in elk toekomstscenario. Voor elk relevant beslis criterium (kosten, effectiviteit) wordt geanalyseerd hoe deze varieert over de geanalyseerde scenario's. Een keuze voor een maatregel is robuust als de kosteneffectiviteit hoog is in alle scenario's in combinatie met de minste variatie hierin.

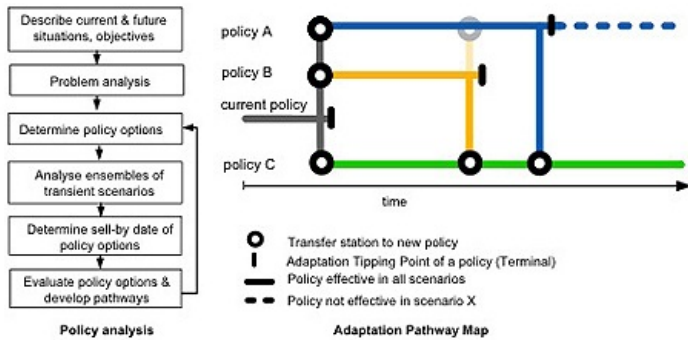
		Scenario		
		A	B	C
Maatregel	X	+	-	-
	Y	+	+	+
	Z	-	-	-

Figuur 2 Voorbeeld van een scorekaart voor twee maatregelen (Y en Z) en het huidige beleid (X), in drie toekomstscenario's (A, B, C). Maatregel 'Y' is de meest robuuste keuze.

Adaptatiepaden

Met een scenario-aanpak wordt een maatregel geëvalueerd op een paar momenten in de tijd, bijvoorbeeld voor 2050 en/of 2100. Echter, tussen nu en deze projectiejaren kan er veel veranderen. Het is denkbaar dat we leren, veranderen en ons aanpassen, bijvoorbeeld in reactie op hoog of laag water en na evaluatie van nieuwe meetgegevens. Bovendien moeten analyses soms opnieuw gedaan worden als er nieuwe scenario's verschijnen. Dit heeft geleid tot een andere aanpak: knikpunten en adaptatiepaden (Kwadijk et al., 2010; Haasnoot et al., 2012).

De adaptatiepadenmethode is samengevat in Figuur 2. Deze toont de stappen in een beleidsanalyse met toevoeging van knikpuntenanalyse, en een adaptatiepadenkaart. Een adaptatiepadenkaart geeft aan welke keuze voor maatregelen robuust is, in de zin dat in alle verkende mogelijke toekomstten de gestelde doelen worden gehaald. Sommige maatregelen zijn flexibel: het is dan mogelijk om over te stappen op een andere maatregel. Soms kan overstappen lastig of zelfs onmogelijk zijn. Dat noemen we een doodlopende weg of 'lock-in'.



Figuur 3 Stappenplan voor het maken van adaptatiepaden (links) en een voorbeeld van adaptatiepaden (rechts) (naar Haasnoot et al., 2012).

RELATIE MET MEERLAAGSVEILIGHEID

Meerlaagsveiligheid is het combineren van verschillende soorten maatregelen die samen zorgen voor de bescherming van een gebied tegen overstromingsrampen. De eerste laag is het voorkomen van overstromingen, de tweede laag is ruimtelijke inrichting zodanig dat gevolgen van een overstroming worden beperkt, en de derde laag is het beperken van slachtoffers door rampenbestrijding.

Maatregelen in alle lagen van meerlaagsveiligheid kunnen geëvalueerd worden op hun robuustheid voor onzekerheden en veranderingen. Bij een analyse van systeemrobuustheid kan worden gekeken hoe combinaties van maatregelen de robuustheid van het systeem voor afvoergolven vergroten. Er wordt dan niet alleen in beeld gebracht wat de kans op overstroom is, maar ook hoe groot de gevolgen zijn van het overschrijden van het beschermingsniveau. Bij een analyse van de beslisrobuustheid voor toekomstonzekerheden, kan worden gekeken naar de effectiviteit van de maatregelpakketten bij toekomstige afvoeren, normen en landgebruik.

PRAKTIJKERVARING

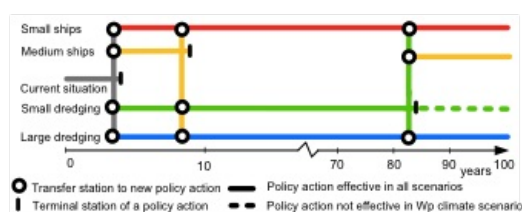
Het concept van robuustheid is nog heel nieuw en er is weinig ervaring mee. Het sluit echter aan bij ontwikkelingen en methodes waar wel ervaring mee is, zoals overstromingsrisicoanalyse en de knikpuntenmethode. Hieronder volgen een aantal voorbeelden van de toepassing van robuustheid in wetenschappelijk onderzoek.

Robuuste IJsselvallei

Binnen Kennis voor Klimaat is, in samenwerking met het Deltaprogramma|Rivieren, de systeemrobuustheid van de IJssel onderzocht voor hoge afvoeren (Mens, 2012). Nog los van de verwachte toename in de frequentie van extreme afvoeren door klimaatverandering, zijn extreme IJsselaafvoeren moeilijk te voorspellen door onzekerheid over de afvoerverdeling over de splitsingpunten (Rijnà Waal/Pannerdensch kanaal en Pannerdensch kanaalà Nederrijn/IJssel). Daarnaast is de locatie van een dijkdoorbraak en de duur van een afvoergolf onzeker. De gevolgen van overstroom hebben hierdoor een grote bandbreedte. In deze studie is de schade door overstroom berekend voor uiteenlopende gebeurtenissen (afvoergolven met verschillende piek en duur, en aantal (combinaties van) doorbraaklocaties). Hieruit bleek bijvoorbeeld dat ruimte voor de rivier een positiever effect heeft op de systeemrobuustheid dan dijken verhogen, hoewel ze beiden het overstromingsrisico reduceren. Dit komt omdat rivierverruiming de overstromingsschade reduceert, omdat er simpelweg minder water het gebied instroomt. Met Ruimte voor de Riviermaatregelen kan dus de weerstand van het systeem verhoogd worden zonder dat de gevolgen van overstroom toenemen. Verder bleek dat overstroombare dijken in potentie de systeemrobuustheid vergroten, doordat ze de onzekerheid over dijkfalen wegnemen. Hierdoor is het beter bekend waar een overstroming plaats zal vinden, en is de overstromingsschade minder groot.

Robuuste keuze voor scheepvaartmaatregelen

Analyse van beslisrobuustheid helpt bij het uitstippelen van maatregelpakketten in de tijd. Hierbij zijn toekomstscenario's nodig, over bijvoorbeeld zeespiegelstijging en landgebruiksveranderingen. Het verkennen van adaptatiepaden is uitgebreid beschreven voor een hypothetische rivierdelta gebaseerd op de rivier de Waal (Haasnoot et al., in pub.). Het doel was in dit geval om scheepvaart te garanderen. Om dit doel te bereiken zijn verschillende maatregelen bedacht, waaronder kleinere schepen en baggeren. Deze maatregelen zijn vervolgens doorgerekend voor 30 scenario's. Het resultaat staat in Figuur 4. Als indicator voor scheepvaart werd de onbevaarbaarheid in tijd gebruikt. Met de opties kleinere schepen (small ships) en grootschalige baggerwerkzaamheden (large-scale dredging) worden de doelen in alle scenario's bereikt. Kleinschalige baggerwerkzaamheden (small-scale dredging) is geen robuuste keuze, omdat in de meest extreme klimaatscenario's de doelen niet bereikt worden.



Waterrobuust bouwen

Het concept van robuustheid wordt ook gebruikt in relatie tot stedelijke gebiedsinrichting en het omgaan met klimaatonzekerheden, onder de noemer 'Waterrobuust bouwen'. Hieronder wordt verstaan 'het op zodanige wijze inrichten van stedelijk gebied dat dit beter opgewassen is tegen een overschot en een tekort aan water' (Van de Ven et al., 2009). In dit geval worden twee soorten verstoringen samengepakt: watertekort en wateroverschot. De volgende elementen van systeemrobuustheid komen terug: schade voorkomen, schade beperken en snel herstellen.

Robuuste dijken

Robuustheid wordt ook toegepast op het technische ontwerp van fysieke objecten, zoals waterkeringen. In de [leidraad Rivieren](#) wordt robuust dijkontwerp als volgt uitgelegd:

"...in het ontwerp rekening houden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de planperiode blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn, en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is."

Met onzekerheden wordt hier bedoeld dat de hydraulische randvoorwaarden, dus welke waterstanden en golfhoogtes de dijk moet kunnen keren, niet exact te berekenen zijn (kennisonzekerheid). Om hiermee om te gaan worden in een robuust dijkontwerp veiligheidsfactoren ingebouwd ('robuustheidstoeslag'). Met uitbreidbaarheid (ook wel aanpasbaarheid of flexibiliteit) wordt de mogelijkheid bedoeld om het ontwerp goedkoop aan te passen in de toekomst. Meestal vraagt dat nu een extra investering om de dijk bijvoorbeeld een iets bredere basis te geven, zodat het extra versterken in de toekomst goedkoper en minder ingrijpend zal zijn.

Robuustheid wordt hier toegepast op een fysiek systeem (dijk) en voor toekomstige veranderingen en kennisonzekerheden, maar niet zozeer voor natuurlijke variabiliteit. Je zou ook kunnen zeggen dat een robuuste dijk altijd blijft staan, ook al worden ontwerpuitgangspunten overschreden. Dit laatste wordt onderzocht in het STW-project [Multifunctional Flood Defences](#).

LOPEND ONDERZOEK

In het door NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) gefinancierde onderzoeksproject 'Flood and drought risk management under climate change: methods for strategy evaluation and cost optimization' werken Deltares en het South Florida Water Management District (SFWMD) aan een toepassing van System Robustness Analysis op zoetwatervoorziening tijdens droogte in Florida (USA). Meer informatie via marjolein.mens@deltares.nl.

KENNISLEEMTES

Inzicht in systeemwerking. Om de robuustheid van een systeem te vergroten, is het essentieel om de samenhang in het systeem te gebruiken. Denk bijvoorbeeld aan het effect van een dijkdoorbraak op de benedenstroomse waterstand. Er wordt nu meestal gedacht vanuit deelsystemen (dijkringdelen, dijkringen). Ook bij droogte kan de wisselwerking tussen systeemcomponenten gebruikt kunnen worden om robuustheid te vergroten.

Robuustheid van kustgebieden en overgangsgebieden. Tot nu toe is alleen gekeken naar robuustheid van riviergebieden, waar hoge afvoeren de belangrijkste verstoring is. In overgangsgebieden speelt ook de zee een rol en gaat het om robuustheid voor hoge waterstanden door combinatiegebeurtenissen (storm op zee in combinatie met hoge afvoer). Bij kustgebieden gaat het om de robuustheid voor stormopzet. Hoe dit uitpakt in een robuustheidsanalyse moet nog onderzocht worden.

Kwantitatieve definitie van de ernst van droogte. Omdat gevolgen van droogte vaak afhangen van zowel het volume watertekort als de duur van de droogte, wordt de analyse van robuustheid snel meerdimensionaal (schade als functie van zowel volume als droogte). Het afleiden van robuustheidscriteria onder deze omstandigheden moet nog onderzocht worden.

Kwantificeren van de gevolgen van droogte. Dit is een voorwaarde voor het beoordelen van zowel systeemrobuustheid als beslisrobuustheid. Het ontbreekt nog aan een methode om droogteschade economisch te kwantificeren.

Ruimtelijke ordening in relatie tot gevolgenbeperking en herstelcapaciteit. Zowel bij droogte als bij overstromingen kan ruimtelijke ordening een rol spelen bij het reduceren van de gevolgen. Denk bij overstromingen bijvoorbeeld aan locatiekeuze voor en het slim ontwerpen van kritieke infrastructuur. Bij droogte kun je denken aan gewaskeuze en ruimtelijke spreiding van gewastypes. Welke maatregelen zijn mogelijk en wat voor effect heeft dit op de robuustheid?

LITERATUUR EN LINKS

- De Bruijn, K.M. (2005) [Resilience and flood risk management: a systems approach applied to lowland rivers](#). PhD thesis. TU Delft.
- Haasnoot, M. (2013) [Anticipating change: Sustainable Water Policy Pathways for an Uncertain Future](#). PhD thesis. Twente University
- Haasnoot M., H. Middelkoop, A. Offermans, E. van Beek, W.P.A. van Deursen (2012). Exploring pathways for sustainable

water management in river deltas in a changing environment. *Climatic Change*. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-012-0444-2>

- Klijn F, Mens MJP, Asselman NEM (2015). Flood risk management for an uncertain future: economic efficiency and system robustness perspectives compared for the Meuse River (Netherlands). *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*: 1-16.
- Kwadijk, J., Klijn, F. & Van Drunen, M. (2006). **Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting**. Routeplanner deelproject 1. WL | Delft Hydraulics rapport Q4183
- Kwadijk, J.C.J., M. Haasnoot, J.P.M. Mulder, M. Hoogvliet, A. Jeuken, R. van der Krogt, N.G.C. van Oostrom, H.A. Schelfhout, E.H. van Velzen, H. van Waveren, M.J.M. de Wit. (2010). Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. *Interdisciplinary reviews: Climate Change*
- Lempert, Popper, Bankes (2003) **Shaping the next one hundred years**. RAND
- Mens, M. (2012). **Analyse van systeemrobustheid**; een toepassing op de IJssel, rapportage KvK Thema 1
- Mens, M.J.P. (2015). **System robustness analysis in support of flood and drought risk management**. PhD thesis, Twente University, IOS Press
- Mens, M. J. P., Klijn, F., de Bruijn, K. M., & van Beek, E. (2011). **The meaning of system robustness for flood risk management**. *Environmental Science & Policy*, 14(8), 1121-1131.
- Mens, M. J. P., Kwakkel, J. H., Jong, A. d., Wardekker, J. A., Thissen, W. A. H., & Sluijs, J. P. v. d. (2012). Begrippen rondom onzekerheid. **Kennis voor Klimaat Thema 2**.
- Nationaal Waterplan (2009) **Nationaal Waterplan 2009-2015**.
- Van de Ven, F., E. Luyendijk, M. de Gunst, E. Tromp, M. Schilt, B. Gersonius, C. Vlaming, L. Valkenburg, R. Peeters (2009). **Waterrobuust bouwen**: de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp. Beter Bouwen Beter Wonen/ CUR Bouw & Infra.

Deze Deltafact is opgesteld door Deltares, oktober 2012 en laatst geactualiseerd in januari 2018.

Auteurs: Marjolein Mens en Marjolijn Haasnoot

Deze Deltafact is tot stand gekomen door een bijdrage van Kennis voor Klimaat. We danken Pieter Bloemen (Deltacommissariaat) voor zijn waardevolle opmerkingen bij eerdere versies van deze Deltafact.

DISCLAIMER

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.