

Risicobenadering voor droogte: lessen uit 4 jaar onderzoek

Femke Schasfoort, Marjolein Mens, Joost Delsman, Marnix van der Vat (Deltares), Susanne Groot (HKV), Saskia van Vuren (Rijkswaterstaat)

De afgelopen jaren is een risicobenadering voor droogte ontwikkeld. Hiermee is invulling gegeven aan de wens om net als voor waterveiligheid, ook voor zoetwatervoorziening beslissingen te baseren op informatie over het risico. De risicobenadering kwantificeert zowel de variabiliteit van de droogtecondities (neerslagtekort en afvoertekort) als het economisch effect van droogte op de belangrijkste watergebruikers. Op basis van de inzichten uit de toepassingen concluderen we dat de risicobenadering meerwaarde biedt door de gestructureerde manier waarop de gevolgen van droogte voor verschillende gebruiksfuncties en gebieden worden afgewogen.

Het jaar 2018 gaat de boeken in als een extreem droog jaar met nadelige effecten op de natuur, landbouw, scheepvaart en infrastructuur. Verschillende partijen overwegen maatregelen om de effecten van droogte in de toekomst te beperken, waarbij de vraag is of de baten van de maatregelen opwegen tegen de kosten.

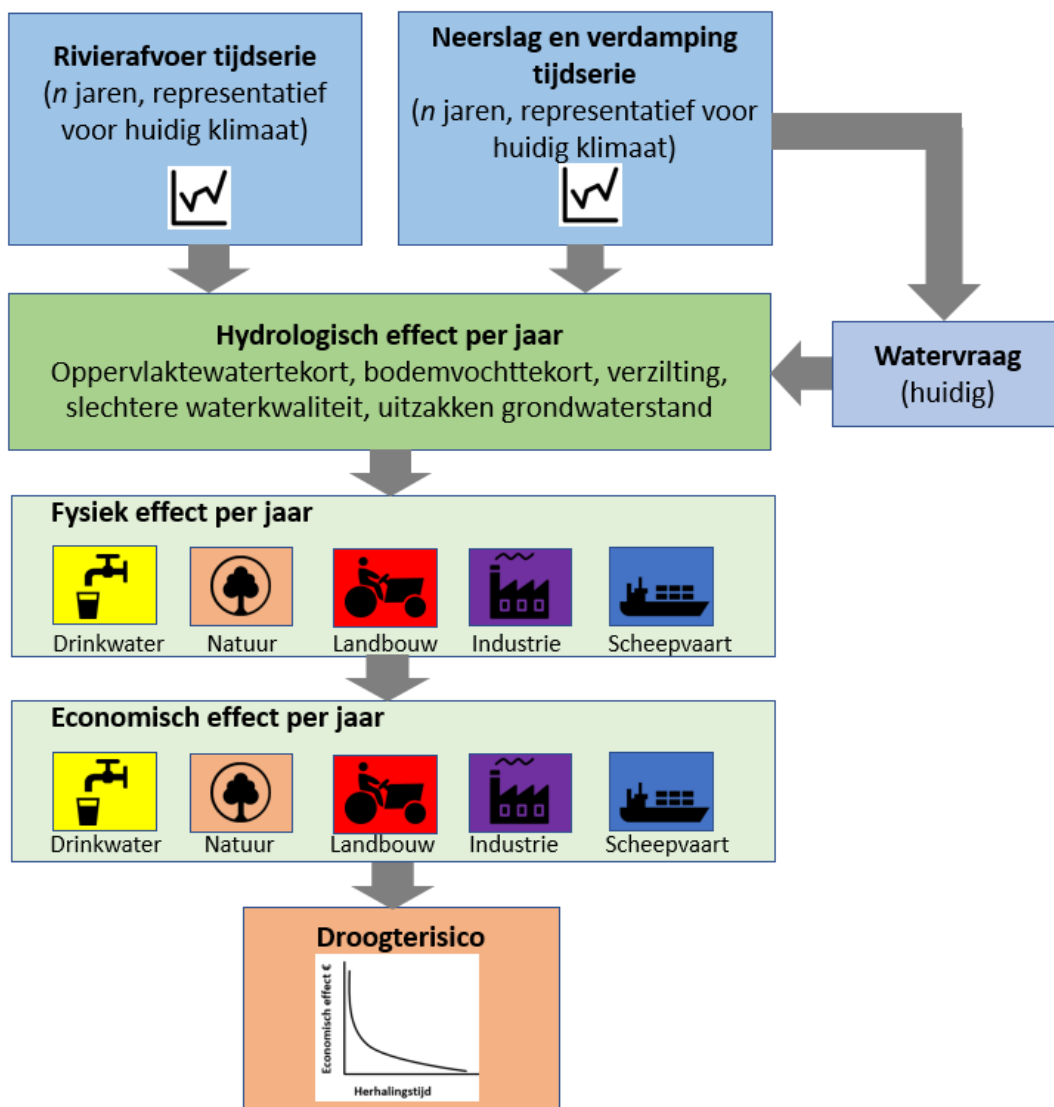
Om maatregelen tegen elkaar af te wegen is een maat nodig die rekening houdt met de kans dat droogte optreedt en waarbij de gevolgen voor de verschillende sectoren op dezelfde manier worden uitgedrukt. In het waterveiligheidsdomein wordt al langer gewerkt met een zogeheten risicobenadering. Hierbij worden de effecten van maatregelen uitgedrukt in termen van de verandering van het overstromingsrisico (kans*gevolg) in euro per jaar. Voor droogte was toepassing van een risicobenadering tot een paar jaar geleden nog niet mogelijk, onder meer door een gebrek aan kennis over de economische effecten van droogte. In de afgelopen vier jaar is de risicobenadering voor droogte daarom verder ontwikkeld in twee grote projecten: het Europese onderzoeksprogramma IMPREX (IMproving PRedictions and management of hydrological EXtremes) en het Deltaprogramma Zoetwater.

In dit artikel wordt de methode gepresenteerd en inzichten uit twee regionale toepassingen gedeeld. Daarnaast wordt een aanpak om de kans op extreme gebeurtenissen te kwantificeren beschreven. Voor het eerst is de gehele 'trein' van meteorologie via hydrologie naar economische effecten doorlopen in de context van een aantal actuele beleidsvragen ten aanzien van het omgaan met droogte. Hieruit blijkt dat een risicobenadering voor droogte mogelijk is en meerwaarde biedt in een beleidsproces.

Wat verstaan we onder een risicobenadering voor droogte?

Met een risicobenadering wordt bedoeld dat rekening wordt gehouden met de kans op droogte én de gevolgen van droogte voor de maatschappij. Hiervoor wordt zowel de variabiliteit van droogtecondities (waaronder neerslagtekort, afvoertekort, de combinatie daarvan en verloop in de tijd) als de impact van droogte op de belangrijkste watergebruikers gekwantificeerd en zo mogelijk vertaald naar een economisch effect (zie afbeelding 1). Het droogterisico is gedefinieerd als de verwachtingswaarde van de (economische) gevolgen van droogte berekend over een wijde *range* aan droogtecondities.

Met de benadering kan het droogterisico in de huidige situatie en de toekomst worden bepaald, maar ook het droogterisico met en zonder maatregelen. De risicobenadering is hierdoor zeer geschikt om te gebruiken in een maatschappelijke kosten-batenanalyse [1], [2].



Afbeelding 1. Voorbeeldberekening huidige droogterisico. Fysieke effecten zijn effecten op gebruikers van water, zoals minder vaardiepte voor de scheepvaart en opbrengstderving in de landbouw

Stappen in de risicobenadering

Bij de risicobenadering worden systematisch en stapsgewijs met alle watergebruikers en -beheerders de mogelijke gevolgen van droogte in beeld gebracht. Daartoe worden de volgende vijf stappen doorlopen:

1. Bepalen doel en afbakening
2. Potentiele effecten van droogte en maatregelen identificeren
3. Doorrekenen langjarige neerslag- en afvoerreeks met hydrologisch model
4. Doorrekenen fysieke en economische effecten met effectmodules
5. Resultaten analyseren en duiden, eventueel gebruik in maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA)

De eerste stap is de bepaling van het doel van de analyse en de afbakening. Met de risicobenadering kan (1) het huidige risico worden bepaald, (2) het toekomstig risico op basis van scenario's en (3) de baten van maatregelen. De geografische afbakening van de analyse is essentieel om het juiste instrumentarium te kiezen (bv. regionaal grondwatermodel versus Nationaal Water Model), alsmede rekening te kunnen houden met eventuele economische effecten buiten het analysegebied.

In de tweede stap worden samen met belanghebbenden potentiële effecten van droogte en/of maatregelen geïdentificeerd. Het gezamenlijk systematisch doorlopen van de effecten maakt het mogelijk om een eerste inschatting te maken van wat de grootste effecten zijn en waar tegengestelde belangen zijn of kunnen ontstaan.

De derde en vierde stap bestaan uit het berekenen van het hydrologisch effect met een hydrologisch model op basis van meteorologische en afvoergegevens. Als grondwater een rol speelt, is gebruik van een gekoppeld grondwater-oppervlaktewatermodel meestal noodzakelijk. Op basis van de resultaten van het hydrologisch model kunnen effectmodules voor landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur worden gedraaid. Voor landbouw wordt gebruik gemaakt van Agricom [4] in combinatie met de door WecR ontwikkelde Prijsstool Landbouw [5]. Scheepvaarteffecten kunnen worden bepaald met het scheepvaartsimulatiemodel BIVAS [6] in combinatie met een economische module [7], [8]. Voor effecten op grondwaterafhankelijke natuur is de Waterwijzer Natuur beschikbaar [9]. Voor natuur in en langs de grote rivieren worden kennisregels van de KRW-Verkenner toegepast [10]. Om een eerste selectie van kansrijke maatregelen te maken is een vereenvoudigd instrumentarium, waarbij de hydrologische en economische effecten op een eenvoudige (en snelle) manier worden berekend, vaak voldoende.

De laatste stap is het analyseren van de resultaten samen met de belanghebbenden. De resultaten geven inzicht in het droogterisico, zowel in extremen als het gemiddelde, per gebied en per gebruiksfunctie. Het hydrologisch effect, fysieke effect en daaropvolgende economische effect geven gezamenlijk een inzicht in de werking van het hele systeem. In de kaders worden twee cases besproken waarbij dit proces is doorlopen. Hieruit blijkt onder meer dat het samen bespreken van de resultaten leidt tot een gezamenlijk leerproces. Voor de Berkel werd in eerste instantie gedacht dat de gebruiksfuncties natuur, drinkwater en landbouw grote tegengestelde belangen hebben. Na de analyse bleek dat de landbouw de enige functie is waarop maatregelen significant effect hebben. De andere functies werden niet negatief beïnvloed. De effecten bleken dus minder groot dan verwacht.

IMPREX-casestudie Amsterdam Rijnkanaal – Noordzeekanaal

Het Amsterdam Rijnkanaal (ARK) kan in tijden van droogte verzilten vanuit het Noordzeekanaal (NZK). De hypothese is dat extra doorspoeling van het kanaal de verzilting doet afnemen. Hier profiteren o.a. de gebruiksfuncties natuur en drinkwater, terwijl dit ten koste gaat van de landbouwberegening in het gebied. De risicobenadering is toegepast om deze hypothese te toetsen. Hiervoor is een 100-jarige meteorologische reeks (neerslagtekort & rivierafvoeren) gebruikt voor de huidige situatie en het deltasceario Warm voor een lage prioriteit doorspoeling, waarbij andere watervragers, zoals beregening, voorrang hebben op de doorspoelvraag van het ARK, en hoge prioriteit doorspoeling waarbij de doorspoelvraag voorrang heeft op andere vragen. Hierbij is als randvoorwaarde gesteld dat er geen extra water aan de Waal wordt onttrokken.

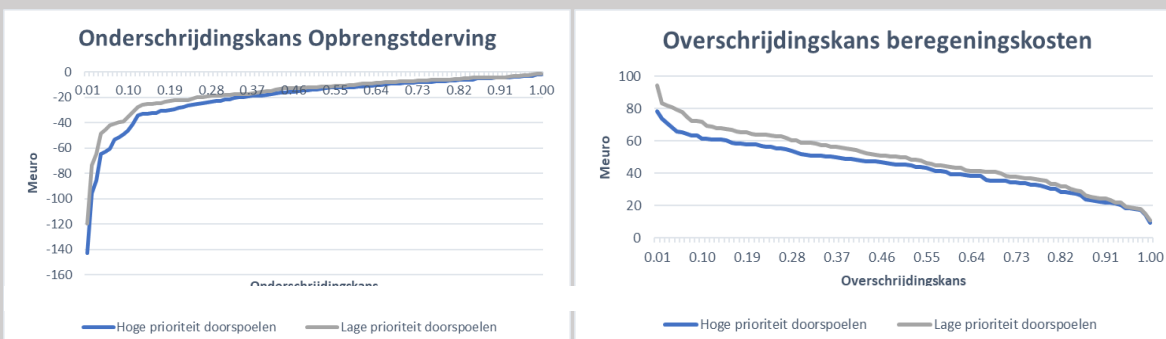


Het effect op de functie drinkwater bleek beperkt. Bij innamepunt Nieuwegein treden geen verhoogde zoutconcentraties op (in zowel huidige als toekomstige situatie). Verhoogde zoutconcentraties kunnen mogelijk wel innamepunt Nieuwersluis bereiken. Dit innamepunt wordt echter alleen als reserve gebruikt en is derhalve niet kritisch.

De natuur in plassen aangrenzend aan het Amsterdam-Rijnkanaal bij Nigtevecht kan in ongunstige omstandigheden wel schade ondervinden van verhoogde chlorideconcentraties. Zowel de waterkwaliteitsscore voor de KRW (EKR-score) als de condities voor waterplanten nemen sterk af bij chloridegehalten tussen 150 en 300 mg/l. Bij een hoge prioriteit doorspoeling is de achteruitgang maximaal 20%, terwijl dit bij een lage prioriteit kan oplopen tot 60%. De gemiddelde EKR-scores verschillen daarentegen weinig tussen de twee prioriteiten.

De effecten van droogte op landbouw zijn kwantitatief doorgerekend en laten de maatschappelijke kosten van opbrengstderving en hogere beregeningskosten zien. De totale kosten voor de maatschappij zijn €63,9 miljoen per jaar bij een hoge prioriteit voor doorspoeling, en worden nog iets hoger (€65,2 miljoen/jaar) bij een lage prioriteit. Zoals verwacht is de opbrengstderving groter bij hoge doorspoeling, maar de beregeningskosten bij een lage prioriteit doorspoeling zijn dermate veel hoger dat de totale kosten voor de maatschappij in zo'n geval groter zijn (afbeelding 3).

Op basis van deze analyse lijkt het of er geen afweging hoeft te worden gemaakt tussen landbouw en natuur, omdat beide baat lijken te hebben bij een hogere prioriteit doorspoeling (zie tabel 1). Hierbij wordt opgemerkt dat het verschil in effect voor landbouw tussen lage- en hoge prioriteit doorspoeling relatief klein is.



Afbeelding 3. Overschrijdingskans opbrengstderving in miljoenen euro's en overschrijdingskans beregeningskosten voor een hoge prioriteit van doorspoeling en een lage prioriteit. Opbrengstderving en beregeningskosten samen is het totaal negatief economisch effect

Tabel 1. De effecten van lage en hoge prioriteit doorspoeling voor landbouw, natuur en drinkwater

	Eenheid	Lage prioriteit doorspoeling	Hoge prioriteit doorspoeling
Landbouw	€/jaar	65,2	63,9
Natuur	EKR score/jaar	Waterplanten: 0.97 (Achteruitgang waterplanten max 60%)	Waterplanten 0.98 (Achteruitgang waterplanten max 20%)
Drinkwater	€/jaar	Geen effect	Geen effect

Deze casestudie is uitgebreider beschreven in [11].

IMPRESX-casestudie Stroomgebied Berkel

De Berkel is een beek in Overijssel die ontspringt in Duitsland en bij Zutphen uitmondt in de IJssel. In de huidige situatie voldoet de beek niet aan de KRW-doelstellingen. Een van de beoogde maatregelen om aan deze doelstellingen te voldoen is het stopzetten van de inlaat Hanninkgoot, die oorspronkelijk is ingericht ter compensatie van de grondwateronttrekking voor drinkwater. Met waterschap, provincie en gemeente is de risicobenadering gebruikt om meer te weten te komen over het effect van de inlaatstop in combinatie met eventuele compensatiemaatregelen. Hierbij is gekeken naar het effect van de maatregelen op:



- landbouw (opbrengstderving als gevolg van zowel wateroverlast als watertekort)
- KRW-doelen van de Berkel als indicator voor de natuur in het gebied
- drinkwater

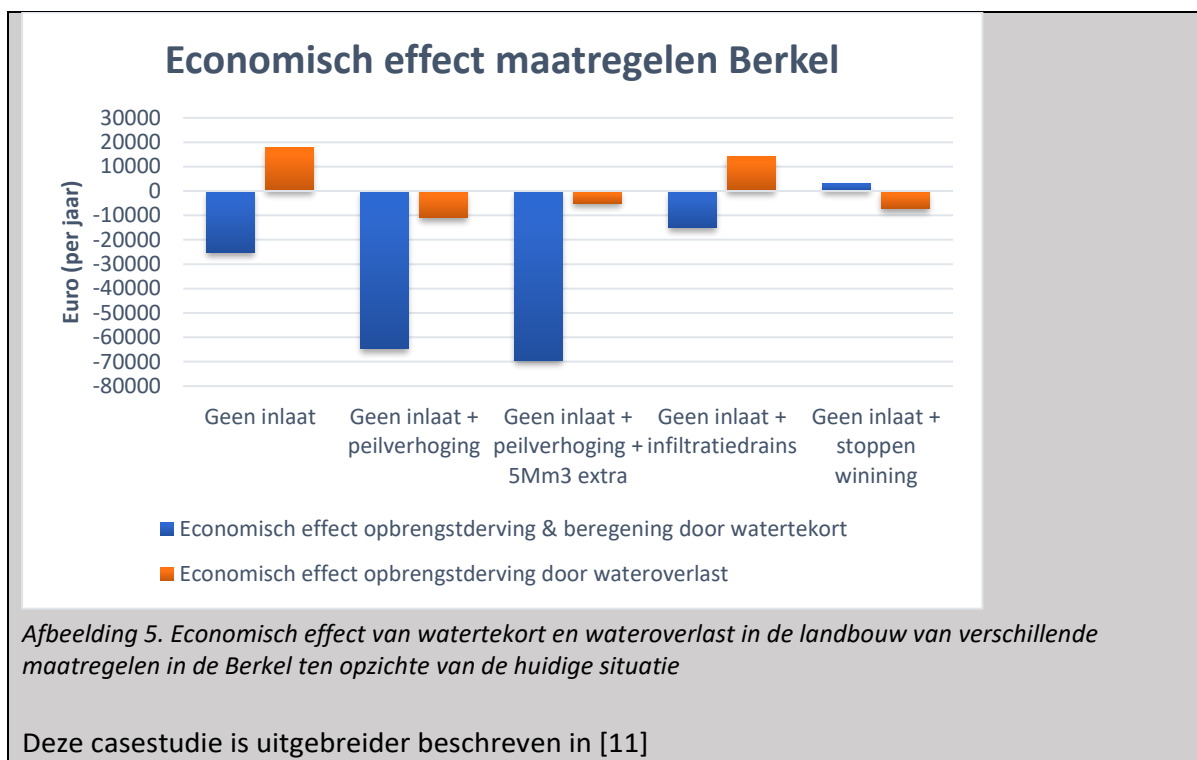
Voor landbouw is het model AMIGO-MetaSWAP gebruikt, in combinatie met Agricom en de Prijsstool landbouw, om het economisch effect van watertekort op de landbouw te berekenen. Tevens is met de WaterSchadeSchatter de te verwachten schade als gevolg van inundatie aan gewassen en de woonomgeving bepaald. Vervolgens is met een stromingsmodel het effect op de KRW-doelen bepaald. Het effect op de drinkwatervoorziening is gebaseerd op interviews met medewerkers van Vitens. De analyse is uitgevoerd op basis van een reeks meetgegevens van 30 jaar, zowel voor de huidige situatie als voor Deltascenario Warm in 2050.

De maatregel 'Hanninkgoot inlaat stopzetten' is geanalyseerd, zowel individueel als in combinatie met onder andere de volgende maatregelen:

1. Peilverhoging
2. Peilverhoging en ander debiet drinkwateronttrekking
3. Installeren van infiltratiedrains
4. Stopzetten drinkwatervoorziening

Het resultaat laat zien dat het stopzetten van de inlaat in totaal (wateroverlast en droogte) een klein negatief effect heeft op de landbouw (zie afbeelding 5). In combinatie met peilverhoging (en extra onttrekking) leidt een inlaatstop tot een negatief effect op de landbouw vanwege de hogere waterstanden. De beoogde compensatiemaatregelen infiltratiedrains en het stoppen van de drinkwaterwinning mitigeren (deels) het negatieve effect van het stoppen van de inlaat. Ten opzichte van de huidige situatie (met inlaat) zijn deze maatregelen redelijk neutraal. Het blijkt verder dat de maatregel inlaat stopzetten een klein positief effect heeft op de KRW-doelstellingen. De drinkwatervoorziening ondervindt geen effect, behalve wanneer de winning wordt gestopt (hiervan zijn de kosten overigens niet meegenomen). Alle effecten nemen ongeveer met 30 procent toe onder een Warm scenario in 2050.

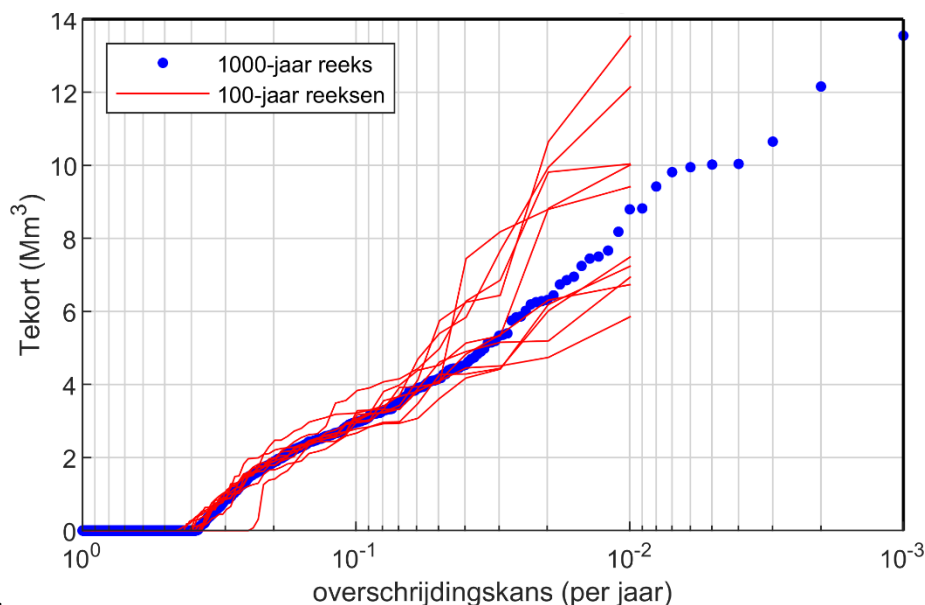
De resultaten wijken duidelijk af van de verwachtingen die de belanghebbenden vooraf hadden. Zij hadden voornamelijk een groter positief effect verwacht van de compensatiemaatregelen. De stapsgewijze aanpak van de risicobenadering heeft zo tot meer inzicht in het watersysteem geleid en levert input voor de beslissing om de inlaat wel of niet te sluiten.



Extremen in de risicobenadering

Binnen het programma IMPREX is aanvullend verkend wat de meerwaarde is van werken met een langere hydrologische reeks. Met de 100-jarige reeks zijn kansen tot 1/30 per jaar redelijk betrouwbaar. De reeks is echter nog niet lang genoeg om de kans op extremere droogte in te schatten. Om meer grip te krijgen op watertekort met een kans kleiner dan 1/30 per jaar is daarom een analyse gedaan met lange tijdreeksen (800 tot 1000 jaar). Dit is gedaan met het klimaatmodel (RACMO) en met het stochastisch model (ARMA) die zijn ontwikkeld op basis van gemeten Rijnaafvoer (bij Lobith) en neerslag/verdamping van Nederland. De eerste belangrijke constatering is dat de mate van persistentie (de kans dat relatief droge dagen/weken/maanden elkaar opvolgen) groter is dan eerder gedacht. Dit is een belangrijke constatering omdat deze persistentie de kans vergroot op extreme droogteperioden zoals in 1976 en 2018.

Het stochastisch model kan worden gebruikt om het watertekort en economische effect in extreem droge jaren door te rekenen. Afbeelding 6 vergelijkt kansverdelingen van berekende watertekorten: één is gebaseerd op de synthetische reeks van 1000 jaar en de anderen op 10 deelreeksen van 100 jaar. Dit laat zien dat een reeks van 1000 jaar de onzekerheid over impact van droogte kan reduceren [3].



Afbeelding 6. Voorbeeldresultaat van een analyse voor watertekort met een synthetische reeks van 1.000 jaar (blauw), vergeleken met 10 deelreeksen van 100 jaar (rood)

Wat hebben we geleerd?

De afgelopen jaren hebben IMPREX en Deltaprogramma Zoetwater de risicobenadering voor droogte ontwikkeld en ervaring opgedaan met het toepassen van de risicobenadering. Hierdoor staan nu de effectmodules voor landbouw, scheepvaart, drinkwater, industrie en natuur tot de beschikking van waterbeheerders en andere betrokkenen. Deze modules kunnen aangesloten worden op zowel landelijke als regionale modellen. Op basis van de inzichten uit de toepassingen wordt geconcludeerd dat het mogelijk is om een risicobenadering voor droogte te ontwikkelen en dat deze meerwaarde biedt door de gestructureerde manier waarmee de gevolgen van droogte voor verschillende gebruiksfuncties en gebieden in beeld worden gebracht. Het rationaliseert effecten door ze te concretiseren en te kwantificeren. Belanghebbenden in de regionale cases gaven als belangrijkste meerwaarde aan dat de stapsgewijze aanpak een gesprek op gang brengt tussen belanghebbenden over de gevolgen van droogte en het effect van zoetwatermaatregelen. In beide casestudies bleek het effect van een voorgestelde maatregel veel kleiner dan vooraf gedacht. Sommige sectoren die vooraf door belanghebbenden als kwetsbaar werden aangemerkt vielen na de analyse zelfs helemaal weg. Daarnaast heeft het onderzoek meer inzicht opgeleverd in de kans op extreme droogte. Door persistentie in het systeem blijkt de kans op extreme droogteperioden, zoals in 1976 en 2018, groter dan eerder gedacht. Droogte zoals in 1976 heeft mogelijk dus een grotere kans van voorkomen dan eens in de 100 jaar.

Aanbevelingen

Voor de verdere ontwikkeling van de droogterisicobenadering bevelen we het volgende aan:

1: Definieer plausibele droogtegebeurtenissen die nog niet eerder zijn voorgekomen en voer daarmee een stresstest uit van het systeem. Bij IMPREX is een oneindig lange stochastische reeks van samenhangende rivierafvoer, neerslag en verdamping ontwikkeld die een goede basis is voor analyses van droogtes met een kleine kans van voorkomen (minder dan eens in de 50 jaar).

2. Onderzoek de effecten van meerjarige droogte. Momenteel wordt elk jaar in de 100-jarige reeks onafhankelijk verondersteld. Het droge jaar 2018 heeft laten zien dat grondwater zich niet overal in één winterseizoen herstelt. Daarnaast kunnen sectoren te maken hebben met cumulatieve effecten, bijvoorbeeld: aan het einde van een droog jaar is een agrariër voor het grootste deel door het ruwvoer voor zijn vee heen. Wanneer het jaar erop weer droog is kan de agrariër onvoldoende voer hebben om zijn vee te voeden.

3. Verdere ontwikkeling van regionale modellen waarin grond- en oppervlaktewater gekoppeld zijn en waarin droogtemaatregelen gemodelleerd kunnen worden. Voor een kwantitatieve modellering van droogterisico's op regionale schaal zijn hydrologische modellen nodig. Gekoppelde grond- en oppervlaktewatermodellen zijn niet altijd beschikbaar voor regio's die kwetsbaar zijn voor grondwaterdroogte. Het is dan niet mogelijk om betrouwbare uitspraken te doen over de effecten van droogte op grondwaterafhankelijke functies. Ook zijn kleinschalige maatregelen niet altijd goed te modelleren met het bestaande modelinstrumentarium.

4. Verdere ontwikkeling van de effectmodules. Een belangrijke meerwaarde van de risicobenadering is de doorvertaling van hydrologische naar economische effecten. De ontwikkelde effectmodules maken het mogelijk om watertekorten door te vertalen naar een potentiële economische effecten. Hierdoor is het voor het eerst mogelijk om de afweging tussen functies in beeld te brengen. De effectmodules zijn echter nog niet gevalideerd. We bevelen daarom aan om de effectmodules verder te ontwikkelen door ze te valideren aan de droogte van 2018 en uit te breiden met recente kennis uit andere trajecten, zoals de Waterwijzer Landbouw. Uit de cases is ook duidelijk geworden dat de effectmodule voor natuur verder ontwikkeld dient te worden. In de casestudies is een belangrijke afweging die tussen landbouw en natuur. Deze kan nu onvoldoende expliciet gemaakt worden bij gebrek aan kennis over natuureffecten. Daarom bevelen we aan om de effectmodule natuur, waaronder de Waterwijzer Natuur, verder te ontwikkelen.

5. Onderzoek het adaptatiegedrag van watergebruikers. Boeren baseren de aanschaf van een beregeningsinstallatie bijvoorbeeld meestal niet op een puur rationele kosten-batenafweging. Factoren als leveringszekerheid, intensiteit van de droogte en de sociale omgeving van de boer hebben hier ook effect op. De ARK/NZK-case liet zien dat berekening en de resulterende kosten een groot onderdeel uitmaken van het economisch effect. Beter begrip van de beslissingen van boeren helpt om realistischere inschattingen te maken van voornamelijk de watervraag voor berekening en onomkeerbare en/of ontwrichtende effecten van berekeningstekort.

Dit onderzoek is medegefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, STOWA, Hoogheemraadschap Rijnland, waterschappen uit de projectgroep ZON, Deltares en HKV en de Europese Unie. IMPREX heeft financiering ontvangen van de Europese Unie onder de HORIZON 2020-Subsidieovereenkomst 641811.

Referenties

1. Deltares, Stratelligence & LEI (2015). *Syntheserapport: Economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland. Ontwikkeling van een economisch instrumentarium om de risico's van watertekorten te bepalen.*
2. Vat, M. van der et al. (2016). *Risicobenadering voor de Nederlandse zoetwatervoorziening, Methode ontwikkeling en toepassing op casestudies in Nederland.* Deltares, Delft.

3. Deltares & HKV (2019). *IMPRES risicobenadering zoetwater – synthesesdocument*.
4. Mulder, H.H. en Veldhuizen, A.A. (2017). *AGRICOM 2.04; Theorie en gebruikershandleiding*. Alterra, Alterra-rapport 2576c, Wageningen.
5. Polman, N., Peerlings, J., Vat, M. van der (2019). *Economische effecten van droogte voor de landbouw in Nederland: samenvatting*. WEcR, Den Haag.
6. Prins, J.M.W. (2017). *The inland navigation analysis system BIVAS; Analysis, validation and recommendations for improvement*. MSc. Thesis, TU Delft
7. Schasfoort, F., Jong, J. de, Meijers, E. (2019). *Effectmodules in het Deltaprogramma Zoetwater*. Deltares, Delft.
8. Ecorys (2018). *Kosten en effecten van droogte voor de scheepvaart*. Ecorys, Rotterdam
9. Witte, J.P.M. et al. (2018). *De waterwijzer natuur: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op terrestrische natuur*. Stowa, Amersfoort
10. <https://publicwiki.deltares.nl/display/KRWV/KRW-Verkenner>
11. Honingh, D. et al. (in voorbereiding). 'Toepassing van de risicobenadering voor droogte'. In voorbereiding voor vakblad *Stromingen*