

A close-up, vertical shot of a waterfall. The water is cascading down, creating a series of white, frothy rapids. The background is a lush green forest, with sunlight filtering through the trees, creating a bokeh effect of bright green and yellow spots. The overall mood is fresh and natural.

BTO 2019.018 | Mei 2019

BTO rapport

Verkenning effecten
droogte op de
drinkwaterlevering

BTO

Verkenning effecten droogte drinkwaterlevering

BTO 2019.018 | Mei 2019

Opdrachtnummer

402045

Projectmanager

dr. G.J. (Geertje) Pronk

Opdrachtgever

BTO - Verkennend onderzoek

Kwaliteitsborger(s)

Prof. dr. C.J. (Kees) van Leeuwen

Auteur(s)

dr. J. (Jozanneke) van Vossen- van den Berg, dr. G.J. (Geertje) Pronk en dr. ir. A.M. (Anthony) Verschoor

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie

2019

Meer informatie

dr. J. (Jozanneke) van Vossen

T +31-30-606598

E Jozanneke.van.Vossen@kwrwater.nl

Keywords

droogte, zoetwatertekort, klimaat, verkennend onderzoek

Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511

F +31 (0)30 60 61 165

E info@kwrwater.nl

I www.kwrwater.nl



BTO 2019.018 | Mei 2019 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

BTO Managementsamenvatting

De extreme droogte van 2018 is operationeel goed opgevangen, maar er zijn structurele oplossingen nodig voor de lange termijn

Auteur(s) dr. J. (Jojanneke) van Vossen- van den Berg, dr. G.J. (Geertje) Pronk en dr. ir. A.M. (Anthony) Verschoor

De droogte van 2018 had een geschatte herhalingsjijd van 40-50 jaar in het huidige klimaat, maar kan rond 2050 om de 15 tot 25 jaar voorkomen. Daarmee was de zomer van 2018 extreem, maar wel een situatie die de drinkwaterbedrijven realistisch moeten kunnen hanteren. De drinkwaterbedrijven hebben gedurende de gehele zomer aan de drinkwatervraag kunnen voldoen. Wel waren er een aantal kwesties die om aandacht vragen. Zo heeft een aantal drinkwaterbedrijven drinkwater met lagere druk geleverd of opgeroepen tot waterbesparing. Bij een aantal winningen werd meer onttrokken dan de maandlimiet in een situatie met toch al lage grondwaterstanden. Voorts was er sprake van verzilting van het oppervlaktewater, hoge drinkwatertemperaturen en een toename van het aantal storingen. De zomer van 2018 heeft duidelijk gemaakt dat de drinkwatersector maar één van de vele stakeholders is in het integrale waterbeheer. De drinkwaterbedrijven moeten verstandige beleidskeuzes maken, die om goede kennisonderbouwing vragen. Hiervoor is het nodig om een overkoepelende integrale kennisstrategie te formuleren voor ondersteuning van de drinkwaterbelangen in het waterbeheer.



Belang: ideeën over de gevolgen van klimaatverandering toetsen aan de realiteit
Klimaatscenario's schetsen een toekomst met een toename van de gemiddelde temperatuur, meer warme dagen, meer kans op droogte en wateroverlast en vooral ook meer kans op extreme klimatologische omstandigheden. Uit onderzoek was al duidelijk dat dit gevolgen heeft voor de drinkwatervoorziening en de zomer van 2018 heeft dit nogmaals duidelijk gemaakt. Het is belangrijk om te weten of de

zomer van 2018 representatief genoeg is om te onderzoeken welke gevolgen warmte en droogte nu, en in het licht van klimaatverandering verder kunnen hebben voor de drinkwatervoorziening. Ook is het belangrijk de beschikbare kennis over gevolgen van klimaatverandering te vergelijken met de realiteit van een zomer als 2018.

Aanpak: omstandigheden vergelijken en effecten benoemen

De omstandigheden van de zomer van 2018 zijn geanalyseerd aan de hand van neerslag, temperatuur, grondwaterstanden en rivierafvoeren. Deze zijn vergeleken met gegevens van andere jaren om een herhalingstijd te schatten en om duidelijk te krijgen hoe extreem 2018 nu eigenlijk was.

De gevolgen van deze omstandigheden zijn geanalyseerd voor een aantal casussen uit eerdere risicoanalyses waarvoor drinkwaterbedrijven gegevens konden aanleveren. Waar geen gegevens beschikbaar waren, zijn de casussen aangevuld met ervaringen uit de praktijk die zijn verzameld in interviews bij een aantal drinkwaterbedrijven.

Resultaten: extreme omstandigheden zijn goed opgevangen, maar er blijven aandachtspunten

De droogte in 2018 had een herhalingstijd van zo'n 40 tot 50 jaar in het huidige klimaat. De neerslagtekorten waren extremer dan de lage rivierafvoeren. Herhalingstijden kunnen rond 2050 toenemen naar 15 tot 25 jaar. Uitgaand van levensduren van 30 tot 100 jaar voor assets, betekent dit dat assets nu gemiddeld 1 tot 3 keer dergelijke omstandigheden mee zullen maken en rond 2050 1 tot 6 keer. Daarmee is de zomer van 2018 extreem, maar wel een situatie die de drinkwaterbedrijven realistisch moeten kunnen hanteren.

De drinkwaterbedrijven hebben gedurende de gehele zomer van 2018 aan de drinkwatervraag kunnen voldoen. De uitgewerkte casussen brachten een aantal aandachtspunten naar voren, zoals hoge drinkwatertemperaturen, een toename van storingen, lage grondwaterstanden en verzilting van oppervlaktewater. De schade voor natuur en landbouw is nog onduidelijk.

Opvallend was de grote toename in drinkwaterverbruik gedurende een lange periode die operationeel kon worden opgevangen, maar als dit vaker optreedt wel effect kan hebben op de bedrijfsvoering. Diverse drinkwaterbedrijven hebben opgeroepen om minder of verspreid over de dag drinkwater te gebruiken. Dit was geen nationale oproep en is gecoördineerd via Vewin.

Implementatie: voor lange termijn zijn structurele oplossingen nodig

De zomer van 2018 heeft laten zien dat de drinkwatersector slechts één van de stakeholders is in het integrale waterbeheer en dat de prioriteit van drinkwater niet altijd meer vanzelfsprekend is. Dit dwingt tot keuzes, zoals ook blijkt uit de recente afspraken tussen de Provincie Noord-Brabant en Brabant Water over waterbesparing en het niet uitbreiden van de winningsvergunning. Er is een overkoepelende, integrale kennisstrategie nodig: om de drinkwaterbelangen in het waterbeheer te ondersteunen, om de drinkwaterbedrijven te helpen bij het maken van beleidskeuzes en om meer synergie te creëren tussen onderzoeksprojecten. In deze kennisstrategie moet in elk geval aandacht zijn voor onderwerpen, zoals het samenstellen van integrale scenario's voor extreme omstandigheden, waterbesparing en alternatieve en robuuste bronnen. Een deel van deze kennisvragen is al belegd in onderzoek, een deel nog niet.

Rapport

Dit onderzoek is beschreven in het rapport *Verkenning effecten droogte op de drinkwaterlevering* (BTO 2019.018).

Inhoud

Inhoud	2
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding en doel	4
1.2 Aanpak	5
1.3 Leeswijzer	6
2 Omstandigheden zomer 2018	8
2.1 Warm én droog	8
2.2 Warmte zomer 2018	8
2.3 Waterbalans van Nederland	9
2.4 Herhalingstijden	13
2.5 Situatie in Vlaanderen	14
2.6 Samenvatting verwachtingen rond droogte, grote droogte of droogteperioden in de toekomst	16
3 Resultaten gevolgen omstandigheden zomer 2018 op drinkwatervoorziening	17
3.1 Casus gevolgen van warmte en droogte op asset management van het leidingnet	17
3.2 Casus gevolgen van warmte en droogte voor temperatuur van het drinkwater	20
3.3 Casus gevolgen van warmte en droogte op de inname van oppervlaktewater	24
3.4 Casus effect lage grondwaterstanden	28
3.5 Casus gevolgen van warmte en droogte voor de klant	32
4 Conclusies en kennis KWR	34
4.1 Conclusies	34
4.2 Kennisstand KWR	37
5 Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek	39
5.1 Synthese	39
5.2 Benodigde kennisopbouw	40
5.3 Kennisuitwisseling	41
6 Referenties	43
Bijlage I Aan droogte en drinkwater gerelateerde berichten in media, vakbladen en actuele ontwikkelingen (juni - december 2018)	47
Bijlage II Droogte in de toekomst	51

Bijlage III Kennisstand KWR en gerelateerde recente projecten	56
Bijlage IV Relatie storingen met droogte en temperatuur	60
Bijlage V Interview met de Watergroep	66
Bijlage VI Interview met Evides	73

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Het klimaat verandert; de wereldgemiddelde temperatuur is de afgelopen 130 jaar met bijna 1 °C gestegen (in Nederland zelfs met zo'n 1,5 °C) en de laatste 30 jaar was de warmste periode in 1400 jaar (IPCC, 2018). De komende eeuw wordt een verdere stijging van de gemiddelde temperatuur voorzien, hoeveel hangt o.a. af van de toekomstige uitstoot van broeikasgassen. Klimaatverandering heeft naast temperatuur ook invloed op regionale kans op extreme omstandigheden, zoals bijvoorbeeld droogte of kans op extreme neerslag. Het KNMI heeft een vertaling gemaakt van de wereldwijde voorspelde toekomstige klimaatverandering naar plausibele scenario's voor Nederland (Klein Tank et al., 2015). Deze scenario's schetsen een toekomst met zichtjaren rond 2050 en 2085 met een toename van de gemiddelde temperatuur, warme dagen, toename van kans op droogte en wateroverlast en vooral ook toename van de kans op extreme situaties.

Om gevolgen te doorgronden van deze klimaatveranderingen voor de drinkwatervoorziening, en om te bepalen of en welke maatregelen noodzakelijk zijn, is een goede risicoanalyse nodig. Hiervoor hebben de drinkwaterbedrijven informatie nodig over de te verwachten omstandigheden, zoals de ontwikkelingen in temperatuur en waterbeschikbaarheid in gemiddelde en vooral in extreme jaren. Gevolgen van klimaatverandering met eventuele risico's voor de drinkwatervoorziening zijn de afgelopen jaren onderzocht, o.a. binnen het BTO thema Klimaatbestendige Watersector. Zo heeft klimaatverandering invloed op de watervraag vanuit landbouw, industrie en consumenten, de grondwaterstanden en de kwaliteit van het grondwater, de beschikbaarheid en de kwaliteit van het oppervlaktewater, het rendement van zuiveringsprocessen, de microbiologische waterkwaliteit en de fysieke toestand van het leidingnet (Zwolsman et al., 2014). De omvang van de effecten verschilt tussen de scenario's, waardoor drinkwaterbedrijven rekening moeten houden met een bandbreedte van mogelijkheden variërend van vrijwel geen tot aanzienlijke gevolgen voor de drinkwatervoorziening (Klijn et al., 2012; Zwolsman et al., 2014).

Om de effecten van klimaatverandering in te schatten worden vaak extreme jaren als ijkjaren gebruikt. Deze ijkjaren worden ook gebruikt om het effect van maatregelen te bepalen. De droogte van 1976 wordt vaak gebruikt als ijkjaar voor een extreme droogte. Het jaar 1976 staat te boek als het meest extreem droge jaar in de recente hydrologische geschiedenis met zowel een hoog neerslagtekort als lage rivierafvoeren gedurende een groot deel van de hydrologische zomer. Sinds 1976 is er echter veel veranderd, zoals de omvang van de bevolking, de watervraag uit de landbouw, de inrichting van het waterbeheer, maar ook de beschikbare gegevens. Zo wordt er tegenwoordig veel meer, en meer gestructureerd, gemonitord dan in 1976. De vraag is daarom of 1976 nog wel een representatief ijkjaar is. De zomer van 2018 wordt gezien als de meest extreem droge zomer sinds 1976 en de warmste zomer in minimaal drie eeuwen en zou daarom mogelijk 1976 als ijkjaar kunnen vervangen.

De droogte van 2018 heeft veel media-aandacht gegenereerd en ook de drinkwatervoorziening is veel in het nieuws geweest, zie Bijlage I. De omstandigheden in zomer van 2018 zijn in de media omschreven als het 'nieuwe normaal' in het licht

van klimaatverandering. Bijvoorbeeld door Henk Ovink, watergezant van de Nederlandse overheid¹, G.J. van Oldenborgh (klimaatwetenschapper)² en T. Klip (dijkgraaf Waterschap Vallei en Veluwe)³. Het doel van het voorliggende onderzoek is daarom om te onderzoeken in hoeverre 2018 representatief is als ijkjaar voor studies naar effecten van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening en het bepalen van adaptieve maatregelen. Daarnaast willen we onderzoeken in hoeverre er voldoende kennis aanwezig is over de gevolgen van extreme droogte en warmte voor de drinkwatervoorziening om eventueel benodigde adaptieve maatregelen te bepalen. Dit willen we doen door in deze rapportage de volgende vragen te beantwoorden:

1. Hoe extreem was de droogte en warmte van 2018 en hoe extreem zijn deze omstandigheden in het licht van klimaatverandering in de toekomst?
2. Wat waren de gevolgen voor de drinkwatervoorziening?
3. Komen die gevolgen overeen met de verwachtingen vanuit eerdere risicoanalyses naar effecten van klimaatverandering?
4. Zijn er nieuwe inzichten ontstaan en missen we nog kennis?

1.2 Aanpak

Om te bepalen hoe extreem de warmte en droogte van 2018 waren (onderzoeksvraag 1) vergelijken we de omstandigheden in 2018 met andere normale en extreme jaren voor alle waterstromen van de waterbalans van Nederland, d.w.z. neerslagtekort, grondwaterstanden en rivierafvoer aan de hand van gegevens van RIWA en Rijkswaterstaat. Zodoende kan de zomer van 2018 beter in historisch perspectief geplaatst worden en kunnen we een inschatting maken van de herhalingstijd. Ook wordt onderzocht wat de gevolgen van klimaatverandering voor deze herhalingstijd kunnen zijn. De analyses in dit hoofdstuk zijn afgestemd met het KNMI.

In hoofdstuk 1.1 is geschetst dat klimaatverandering, waaronder droogte, effecten heeft op vrijwel alle elementen van de drinkwatervoorziening. Om de gevolgen van de warmte en droogte in 2018 voor de drinkwatervoorziening te beschouwen (onderzoeksvraag 2) zijn de risico's die in eerder onderzoek zijn benoemd als uitgangspunt gebruikt (Zwolsman et al., 2014). In dit onderzoek kan niet de gehele drinkwatervoorziening worden beschouwd; daarom is een keuze gemaakt voor vijf casussen. Deze zijn geselecteerd op basis van (i) de verwachting dat de droogte effect heeft op de betreffende casus en (ii) de verwachting dat voldoende informatie beschikbaar was voor een zinvolle analyse binnen de looptijd voor het onderzoek. Op basis hiervan zijn de volgende casussen gekozen:

- Gevolgen van warmte en droogte voor assetmanagement van het leidingnet; in deze casus is het voorkomen van storingen gebruikt als indicatieparameter voor vervanging. Eerdere studies hebben een relatie laten zien tussen droogte en warmte en de storingsfrequentie. In deze casus is op basis van storingsgegevens van één drinkwaterbedrijf het storingsgedrag van de zomer van 2018 geanalyseerd aangevuld met bevindingen van experts van drie andere drinkwaterbedrijven.⁴

¹ <https://www.tijd.be/dossier/krant/extreem-weer-dit-is-het-nieuwe-normaal/10027060.html>, geraadpleegd 7-3-2019

² <https://www.nu.nl/weekend/5397083/droogte-toekomst-pas-in-2060-zomer-als-normaal.html>, geraadpleegd 7-3-2018

³ <https://nos.nl/artikel/2261249-aanhoudende-lage-waterstanden-door-droogte-200-dagen-regen-nodig.html>, geraadpleegd 7-3-2019

⁴ Bij de meeste drinkwaterbedrijven waren nog geen gevalideerde storingsgegevens van de zomer van 2018 beschikbaar. De tekst van de casus is afgestemd met de bevroegde drinkwaterbedrijven (het deel

- Gevolgen van warmte voor temperatuur van het drinkwater; in eerdere studies (Agudelo-Vera and Fujita, 2017; Blokker and Pieterse-Quirijns, 2012) is duidelijk geworden dat bij klimaatverandering er een risico bestaat dat drinkwatertemperaturen boven de wettelijke eis van 25 °C uit komen. In deze casus is met temperatuurgegevens van 2018 van één drinkwaterbedrijf een analyse gemaakt om te zien of de zomer van 2018 gebruikt kan worden om het huidige kennisniveau te toetsen. De bevindingen van twee andere drinkwaterbedrijven zijn kwalitatief meegenomen.⁵
- Gevolgen van warmte en droogte voor de mogelijkheden voor inname van oppervlaktewater als bron voor drinkwater⁶; één van de risico's van klimaatverandering voor de drinkwatervoorziening is verslechterde kwaliteit van oppervlaktewater, waardoor mogelijk vaker innamestops worden voorzien (Zwolsman et al., 2014). In deze casus is met historische data van Rijkswaterstaat en RWA-Maas (met dank aan dhr. Van der Ploeg) en een interview met H. Ketelaars van Evides een analyse gemaakt voor de zomer van 2018. Waterkwaliteitsdata voor de zomer van 2018 waren nog niet beschikbaar.
- Effecten van lage grondwaterstanden op de drinkwatervoorziening; op de zandgronden zijn agrariërs, drinkwaterbedrijven en natuur sterk afhankelijk van het grondwatersysteem. Door de grondwateronttrekkingen en geringe (natuurlijke) aanvulling van het grondwater in droge perioden kan het grondwatersysteem uit balans raken. Met behulp van literatuuronderzoek en expertise van KWR onderzoekers is een analyse gemaakt van de gevolgen van de droogte in 2018 op de grondwaterstanden en de daarbij opgekomen kennisvragen. Daarnaast is bij de leden van de BTO contactgroep Ecohydrologie gevraagd naar effecten van de droogte op de natuurlijke vegetatie zoals deze in december 2018 konden worden bepaald.
- Gevolgen van warmte en droogte voor de drinkwaterklant. Met behulp van literatuuranalyse en expertise van KWR onderzoekers is een inventarisatie gemaakt van de relevante aspecten van droogte voor communicatie met de klant. Daarnaast is een analyse gemaakt van de verschillen in regelingen rond het oproepen tot waterbesparing tussen Nederland en Vlaanderen, op basis van literatuur onderzoek en een interview met medewerkers van de Watergroep (Bijlage V).

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat de beschouwing op de omstandigheden van de zomer van 2018 in relatie met eerdere extreme jaren en in relatie met toekomstige klimaatveranderingen.

In hoofdstuk 3 staat de beschrijving van de casussen en de effecten op de drinkwatervoorziening en worden resultaten gerelateerd aan eerdere risicoanalyses en het huidige kennisniveau.

Hoofdstuk 4 bevat de conclusies, opgekomen kennisvragen en kennisstand van KWR.

dat relevant was voor hun inbreng) en akkoord bevonden. Het hoofdstuk is conform de wens van de drinkwaterbedrijven geanonimiseerd.

⁵ De temperatuurgegevens van het drinkwaterbedrijf zijn geanonimiseerd verwerkt, de resultaten zijn afgestemd met het betreffende drinkwaterbedrijf. Het hoofdstuk is daarnaast afgestemd met de andere bedrijven waar gegevens van zijn gebruikt.

⁶ De verzilting van het IJsselmeer bij de innameplaats Andijk was een groot nieuwsitem voor de drinkwatersector. Deze verzilting had ontegenzeggelijk een relatie met de droogte. Deze situatie is onderdeel van lopende onderzoeken (status oplevering eerste kwartaal 2019). De situatie vormt daarom geen onderdeel van de casus.

In hoofdstuk 5 worden op basis van deze bevindingen een aantal aanbevelingen gedaan voor toekomstig onderzoek.

In Bijlage I is een selectie te vinden van vakartikelen over de warmte en droogte van 2018 uit de Nederlandstalige media. In Bijlage II staat een analyse van herhalingstijden van neerslagtekorten en lage rivierafvoeren in de toekomst. In bijlage III is een lijst van aan het onderwerp gerelateerde recente KWR projecten te vinden. Daarnaast bevindt zich achtergrondinformatie over de relatie tussen storingen en temperatuur in Bijlage IV. De bijdragen van De Watergroep en een verslag van het interview met Evides zijn te vinden in Bijlagen V en VI.

2 Omstandigheden zomer 2018

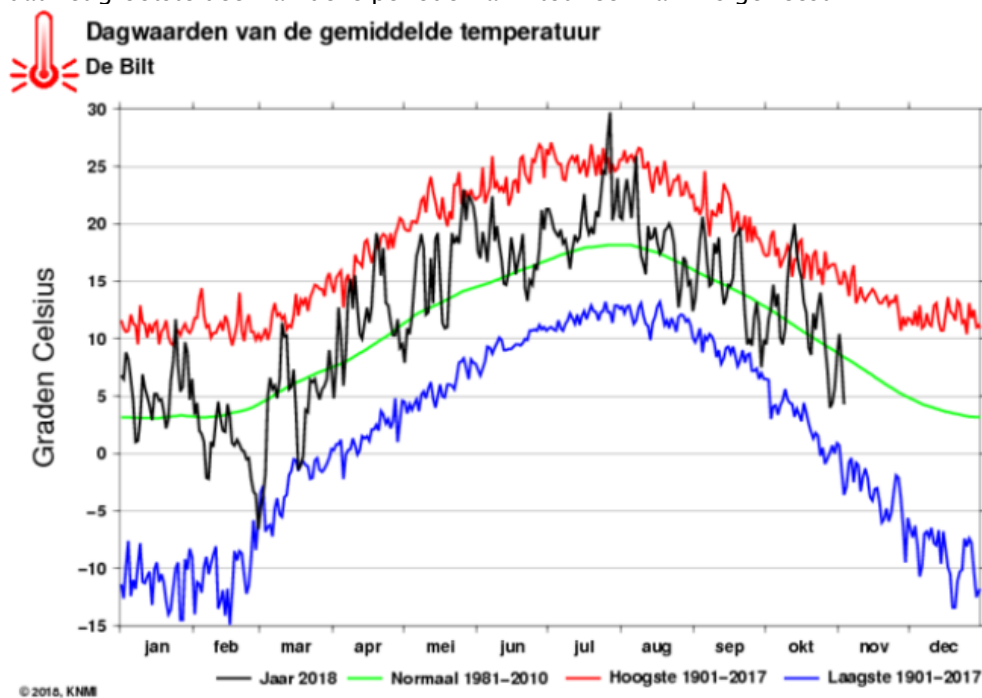
2.1 Warm én droog

De zomer van 2018 was in twee opzichten uitzonderlijk: het was zowel extreem droog als warm. Beide aspecten van de omstandigheden worden in dit hoofdstuk besproken en hadden effect op de casussen (Hoofdstuk 3).

2.2 Warmte zomer 2018

De zomer van 2018 was uitzonderlijk warm, met een gemiddelde van 18,9 °C tegen normaal 17,0 °C. In de maanden juni, juli en augustus was de zomer van 2018 zelfs de warmste zomer sinds 1706. In de maand juni was de gemiddelde temperatuur relatief hoog, maar kwamen uitschieters boven de 30 °C nog niet veel voor. De maand juli was zeer warm met zowel hoge gemiddelde dagtemperaturen als veel tropische dagen met temperaturen boven 30 °C en zelfs boven 35 °C. Op 27 juli werd zelfs op een aantal meetlocaties een daggemiddelde temperatuur gemeten van meer dan 30 °C. In augustus zette dit patroon zich in eerste instantie door, waarna de tweede helft normaliseerde wat betreft temperatuur (Bron: KNMI).

In Figuur 2-1 staat de daggemiddelde temperatuur in het jaar 2018 t.o.v. het langjarig gemiddelde. Het jaar 2018 wordt gekenmerkt door een afwisseling van een aantal warme en koude periodes, maar vanaf de start van de hydrologische zomer is te zien dat het grootste deel van deze periode warm tot zeer warm is geweest.



Figuur 2-1 Daggemiddelde temperatuur in 2018 t.o.v. klimatologie (Bron: KNMI

<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie-metingen-en-waarnemingen>, geraadpleegd 5-11-2018).

2.3 Waterbalans van Nederland

In Nederland komt via verschillende routes water het land binnen, met als voornaamste bronnen de grote rivieren (Rijn en Maas) en neerslag. De balans bestaat uit een "horizontale" balans van inkomend en uitgaand oppervlaktewater en een "verticale" balans van neerslag en verdamping. In die balans hoort ook nog het grondwaterreservoir, maar de grondwaterbalans is niet meegenomen vanwege grote onzekerheden. Dit komt neer op de aanname dat de grondwaterstand jaarlijks in balans is. Dit is niet helemaal correct (Graveland et al., 2017), maar deze hoeveelheid is relatief klein (Ter illustratie Graveland et al. (2017) schatten deze hoeveelheid voor het jaar 2014 op minder dan 1% van de totale balans, overigens is de kans groot dat juist in een zeer droog jaar de afwijking t.o.v. balans groter is) en valt binnen de onzekerheden en jaarlijkse variaties in de overige termen. In een gemiddeld jaar wordt de balans voor ongeveer 75% bepaald door aanvoer via de rivieren en voor ongeveer 25% door neerslag. Daarmee is de hoeveelheid water waarover we kunnen beschikken niet alleen gevoelig voor de lokale neerslag en verdamping, maar ook voor de neerslag en verdamping in het stroomgebied van Maas en Rijn, d.w.z. België, Frankrijk, Luxemburg, Duitsland en Zwitserland. In een extreem droog jaar, zoals 1976 is de aanvoer zo'n 40% lager. Voor 2018 waren deze gegevens nog niet bekend bij het moment van schrijven.

Zelfs als landelijk gezien voldoende zoet water beschikbaar is voor al het verbruik zijn er nog steeds grote regionale verschillen in waterbeschikbaarheid. Met name gebieden in Zuid- en Oost-Nederland die geen beschikking hebben over water uit de grote rivieren en afhankelijk zijn van neerslag en grondwater zijn gevoelig voor droogte. Een groot deel van West-Nederland kan door de rivieren van water worden voorzien, maar is weer gevoeliger voor schade aan keringen en verzilting. Het grootste deel van het aangevoerde water wordt gebruikt om verzilting tegen te gaan in West-Nederland, vooral vanuit de Nieuwe Waterweg en het Noordzeekanaal. Zelfs in een extreem droog jaar, zoals 1976, stroomt zo'n 50% van de beschikbare hoeveelheid water naar zee.

Zowel oppervlaktewater als grondwater worden als bron gebruikt door de drinkwaterbedrijven, een aantal drinkwaterbedrijven heeft de mogelijkheid om beide bronnen te gebruiken. Voor een analyse van de waterbeschikbaarheid is inzicht in alle waterstromen van de waterbalans daarom van belang. In onderstaande paragrafen worden daarom achtereenvolgens neerslag en verdamping van Nederland, rivierafvoeren en grondwater behandeld.

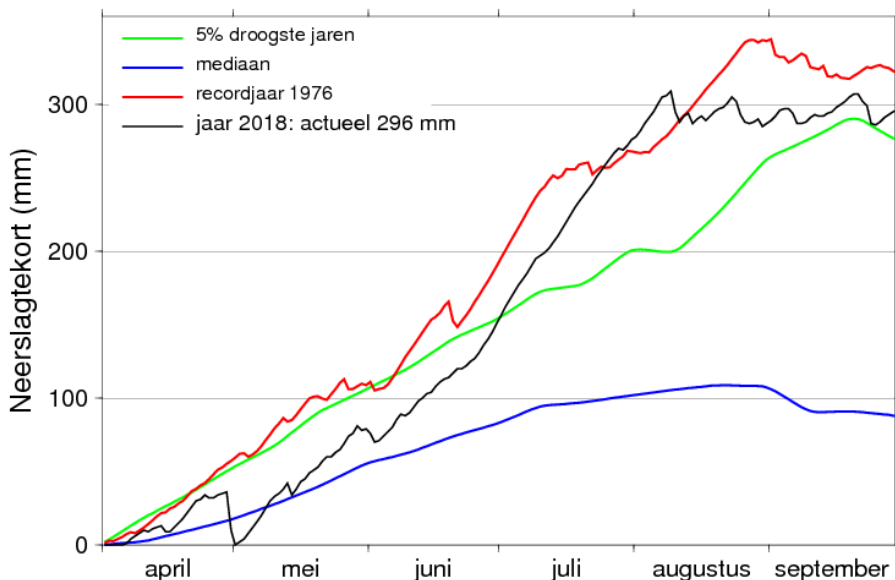
2.3.1 Neerslag en verdamping Nederland

Figuur 2-2 laat het landelijk neerslagtekort zien (berekend als de cumulatieve optelsom van het verschil tussen de potentiële verdamping en de gevallen neerslag in de hydrologische zomer). Dit is een gemiddelde over 13 stations in Nederland (Bron: KNMI). De verschillende lijnen laten de mediaan zien (blauw), de 5% droogste jaren (groen), het recordjaar 1976 (rood) en het huidige jaar (zwart). Te zien is dat vanaf juli 2018 het neerslagtekort groter is dan in de 5% droogste jaren en dat in de periode juli-augustus het neerslagtekort zelfs een periode groter is dan het neerslagtekort in dezelfde periode in 1976. Het is gebruikelijk om droogte te beschouwen over de hydrologische zomer, omdat (i) dit de periode van belang is voor de landbouwgewassen en (ii) omdat in het najaar de verdamping sterk afneemt, waardoor het neerslagtekort in praktijk niet verder oploopt. Ook het najaar van 2018 is relatief droog verlopen met consequenties voor verschillende sectoren. Er zijn echter wel aanzienlijke regionale verschillen, het oosten en zuiden waren het droogst met tekorten van ruim meer dan 300 mm. Sommige delen van het land hadden slechts een tekort van rond 200 mm.

Het maximum mogelijke neerslagtekort ligt rond 600 mm (dit zou echter wel uitzonderlijk zijn, als er de gehele zomer geen neerslag zou vallen bij hoge temperaturen) (Beersma and Buishand, 2002).

Neerslagtekort in Nederland in 2018

Landelijk gemiddelde over 13 stations



(c) KNMI, bijgewerkt 2018-10-11, 17:19 UT

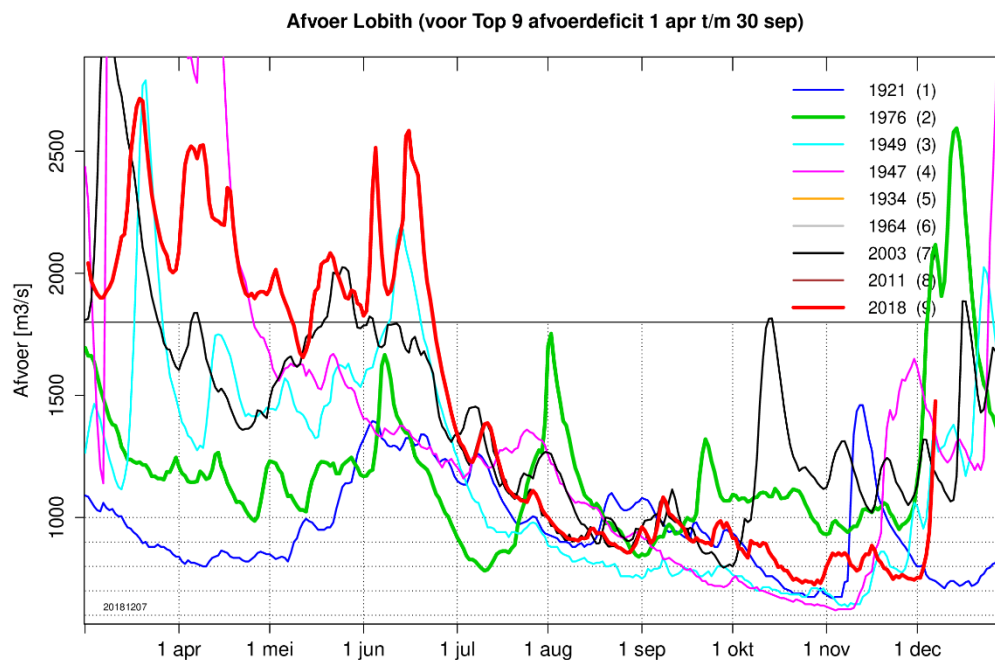
Figuur 2-2 Neerslagtekort cumulatief door de zomer van 2018 (Bron: KNMI).

2.3.2 Rivierafvoeren

In de totale waterbalans van Nederland is het aangevoerde oppervlaktewater de belangrijkste term.

Figuur 2-3 laat de daggemiddelde afvoer van de Rijn zien voor een aantal karakteristieke jaren. Te zien is dat zeker de tweede helft van de zomer de afvoer van de Rijn goed te vergelijken was met deze extreme jaren. Bijzonder aan 2018 is dat de droogte zeer lang aanhield, tot en met november. Te zien is dat pas in december de afvoer weer omhoog gaat door neerslag in het stroomgebied. Ook de neerslag in Nederland in het najaar is beperkt geweest, waardoor de grondwaterstanden beperkt konden herstellen.

Een maat voor het tekort aan oppervlaktewater is het afvoerdeficit in de Rijn. Dit is het verschil tussen een drempelwaarde en de decadedegemiddelde afvoer gesommeerd over het zomerhalfjaar (een decade is 10 dagen). Alleen de decaden waar het decadedegemiddelde onder de drempelwaarde komt, tellen mee. De drempelwaarde is een afvoer 1800 m³/s bij Lobith. Het afvoerdeficit van het zomerhalfjaar van 2018 is 6,9 10⁹ m³.



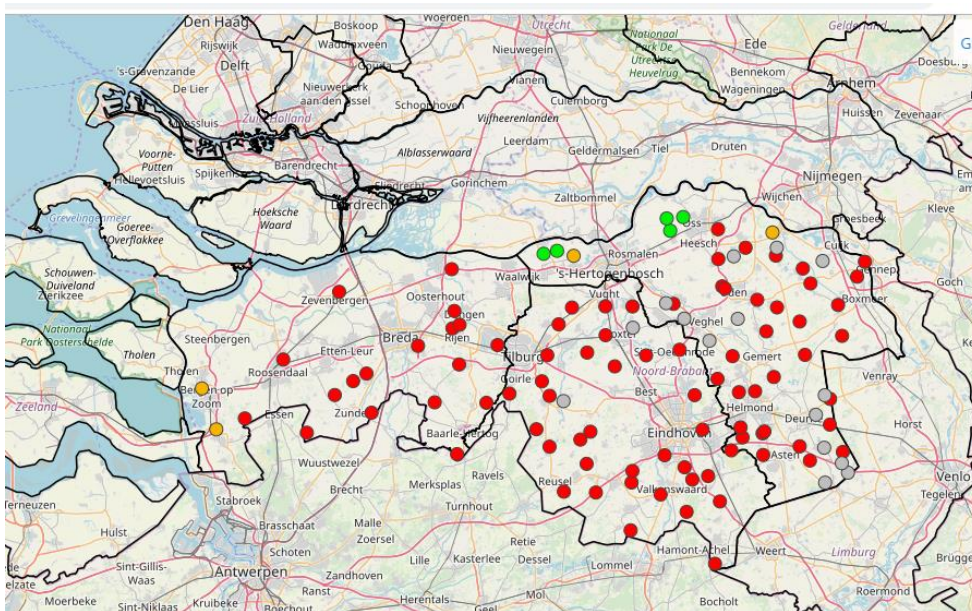
Figuur 2-3 Afvoer bij Lobith voor een aantal jaren (Bron: Jules Beersma, KNMI).

Voor de Maas waren op het moment van schrijven nog onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar. Omdat in het brongebied van de Maas (Noord-Frankrijk) geen sprake was van extreme droogte, lijkt het erop dat de afvoer van de Maas in de eerste helft van 2018 redelijk op peil is gebleven. In de loop van de zomer van 2018 nam het debiet snel af, en bereikte pas in december 2018 weer enigszins normale afvoerwaarden.

2.3.3 Grondwater

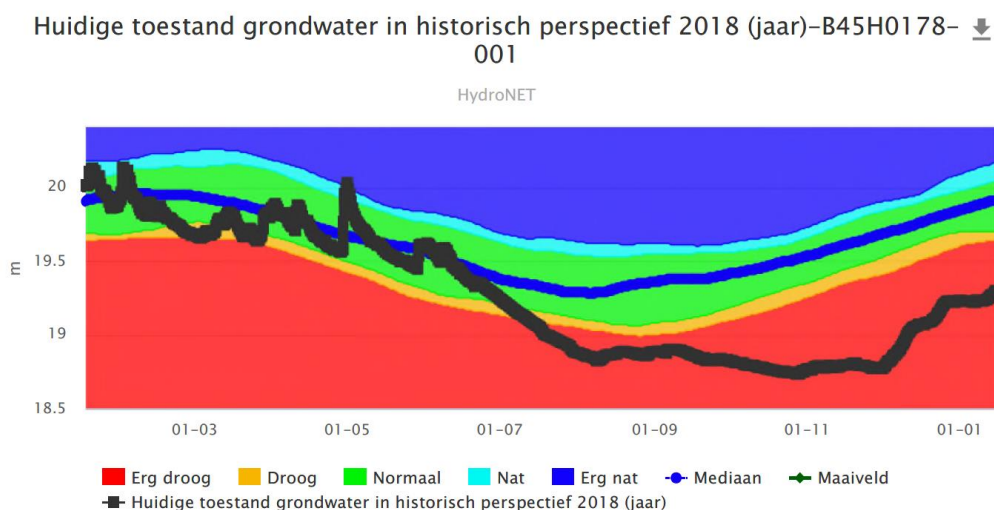
Het neerslagtekort uitte zich direct in de grondwaterstanden. Deze waren laag tot zeer laag gedurende de zomer en waren dat in december nog steeds op veel plaatsen. Het Waterschap Rijn en IJssel heeft laten uitrekenen dat een neerslagsom van zo'n 500-700 mm nodig is om de grondwaterstanden te herstellen voor het voorjaar van 2019 (<http://wrij.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=82cacb64a02e4e60aad66d30e7127c4?>). Grote hoeveelheden neerslag tegelijk helpen niet, omdat deze voor een groot deel direct afvoeren. Het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI) voorspelt dat ook bij een natte winter in 2019 een hoger risico is op watertekorten doordat de grondwaterstand niet op tijd kan herstellen (H2O, 28-11-2018, <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/nhi-in-2019-hoger-risico-op-watertekorten>).

In 2-4 staan de gemeten grondwaterstanden in peilbuizen in Noord-Brabant weergegeven met kleuren, waarbij groen staat voor gemiddeld, oranje voor lager dan normaal en rood veel lager dan normaal. Het waterschap Aa en Maas noteert bij deze kaart dat als meer dan de helft van de putten oranje aangeeft er sprake is van grote droogte. Volgens die definitie mag duidelijk zijn dat er nog altijd sprake is van zeer grote droogte in dit gebied. Alleen nabij de grote rivieren zijn er een paar locaties waar de grondwaterstand niet extreem laag is voor de tijd van het jaar.



Figuur 2-4 Overzicht grondwaterstanden in Noord-Brabant eind oktober 2018 (Bron: Hydronet).

Het waterschap Aa en Maas geeft per peilbuis de toestand van het grondwater vergeleken met de afgelopen 20 jaar (website <https://aaenmaas.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=b13a72856a36497fa11704de7290c442>). In de gemeten grondwaterstand (Figuur 2-5) is goed te zien hoe extreem laag de grondwaterstanden waren en eind oktober nog steeds zijn als gevolg van het neerslagtekort in 2018. In de zomer ontstaat een laag peil, en dit wordt ook later in het jaar niet meer aangevuld. Niet alleen in Noord-Brabant kwamen lage grondwaterstanden voor, maar in alle gebieden zonder directe wateraanvoer (met name de hoge zandgronden) waren en zijn de grondwaterstanden erg laag.



Figuur 2-5 Voorbeeld van het verloop in grondwaterstand in 2018 vergeleken met de afgelopen 20 jaar voor een peilbuis in Noord-Brabant.

2.4 Herhalingstijden

Tabel 2-1 geeft een totaaloverzicht van de geschatte herhalingstijd in het huidige klimaat voor het afzonderlijk en simultaan optreden van neerslagtekort en afvoerdeficit voor een aantal karakteristieke schadepjaren (Beersma and Buishand, 2004). Het jaar 2018 komt qua karakteristieken redelijk overeen met het jaar 1947, het neerslagtekort in 2018 was iets groter, het afvoerdeficit iets lager. De herhalingstijd van de droogte in de zomer van 2018 komt daarmee naar schatting uit rond 40 tot 50 jaar (aannee hierbij is dat er dezelfde relatie is tussen droogte in Nederland en lage rivierafvoer als in 1947, dit hoeft niet het geval te zijn, dit is daarom slechts een grove schatting). Recent is een rapport verschenen van het KNMI dat een schatting geeft van de herhalingstijd van het neerslagtekort van 30 jaar, wat redelijk overeenkomt met de in het voorliggende rapport gegeven schatting. Dat betekent dat de droogte in 2018 voor de drinkwatervoorziening zeker extreem mag worden genoemd, maar dat de droogte zeker niet zo extreem was als in 1976. Uitgaand van een gemiddelde levensduur van assets van 30 tot 100 jaar betekent dit dat een vervangingsstrategie rekening moet houden in het huidige klimaat met één tot drie dergelijke zomers.

Duidelijk is dat een neerslagtekort van meer dan 300 mm een herhalingstijd van enige tientallen jaren heeft en dat een kleine toename in neerslagtekort een sterke toename in herhalingstijd geeft, wat samenhangt met de toenemende extremiteit van de gebeurtenis.

Het afvoerdeficit is in eerdere studies berekend voor de Rijn, gezien de grotere afvoer is deze rivier voor het waterbeheer in Nederland veel belangrijker dan de Maas. Echter, voor de drinkwatervoorziening is de Maas net zo belangrijk.

Tabel 2-1 Geschatte herhalingstijd van landelijk neerslagtekort en afvoerdeficit van de Rijn voor een aantal karakteristieke droogtejaren (Beersma and Buishand, 2004) en (Beersma, 2018). Rode cijfers geven neerslagtekorten en afvoertekorten aan met bijbehorende herhalingstijden voor de jaren waarin deze waarden hoger waren dan in 2018. In geel staat het jaar aangegeven dat het meest overeenkomt met 2018.*eigen berekening in voorliggende studie.

Jaar	Beersma (2018)		Beersma en Buishand (2004)			Totale herhalings-tijd [jaar]
	Neerslag-tekort [mm]	Herhalings-tijd [jaar]	Neerslag-tekort [mm]	Herhalings-tijd [jaar]	Afvoer-deficit [10^9 m ³]	
1911	328	45	328.1	42.7	4.7	49
1921	321	40	321.6	38.2	12.1	99
1947	296	30	296.1	26.6	7.8	46
1949			226.7	11.7	9.2	25
1959	352	70	351.7	70.9	5.1	67
1967			151.0	2.5	0.3	2.2
1974			167.8	3.4	4.2	5.2
1976	361	90	361.1	89.4	10.7	178
1985			36.0	1.0	0.6	1.0
1995			199.9	6.8	0.6	5.3
1996			199.2	6.7	4.8	11
2003	234	10	217.1	9.7	7.3	19
2018	309	30			6,9*	

2.5 Situatie in Vlaanderen

In Vlaanderen was 2018 voor juni en juli zeer droog. Voor augustus vielen voor de tijd van het jaar normale neerslaghoeveelheden. Op 22 juni 2018 is de Vlaamse droogtecommissie geïnstalleerd, bestaande uit CIW-leden, de kabinetten van de ministers van Mobiliteit en Omgeving en het Vlaams Crisiscentrum CCVO. Vanaf 26 juni was voor geheel Vlaanderen een waaktoestand actief (code geel). Vanaf 24 juli tot 17 augustus gold voor heel Vlaanderen de alarmtoestand (code oranje) en werd opgeroepen tot waterbesparing. Daarnaast oordeelde de droogtecommissie op 13 september 2018 dat het algemeen captatieverbod (verbod op het oppompen (capteren) van water uit onbevaarbare waterlopen) opgeheven kon worden. Een plaatselijk verbod werd in stand gehouden voor een aantal waterlopen omwille van o.a. het borgen van de drinkwaterproductie of bij problemen met de waterkwaliteit door blauwalgenbloei (bron: coördinatiecommissie integraal waterbeleid). Volgens het laatste rapport van de droogtecommissie (25 oktober 2018) is het vooral in Oost Vlaanderen nog steeds droog tot zeer droog en geldt de code oranje (erg droog). Rivier en grondwaterniveaus zijn zeer laag. Gemeten waarden behoren deels tot de historisch laagst gemeten waarden voor de tijd van het jaar (< 1 percentiële niveau) (bron: Waterinfo.be).

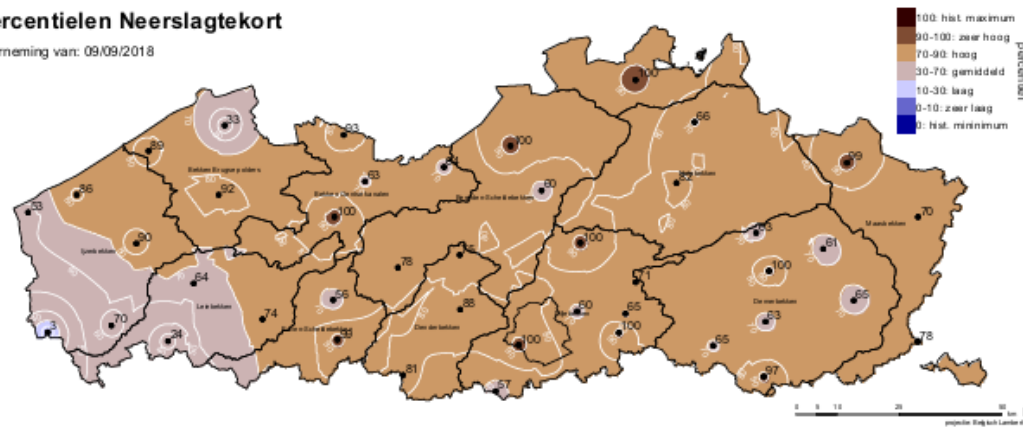
De CIW (commissie integraal waterbeleid) heeft een evaluatierapport uitgebracht over de droogte 2017. Daarnaast wordt op het moment van schrijven van dit rapport nog gewerkt aan een evaluatie van de droogte van 2018. Uit het interview (Bijlage V) met medewerkers van de Watergroep blijkt dat voor Vlaanderen het jaar 2017 uitzonderlijker was dan 2018. Hiermee was de situatie dus anders dan in Nederland. Wel was er sprake van een cumulatief effect, waarbij grondwaterpeilen en normaalafvoer van bepaalde rivieren in 2018 nog niet volledig hersteld waren van het droge jaar 2017. Uit Bijlage V, Figuur V-6, blijkt dat er een opbouwend effect merkbaar is op de afname van het peil van grondwaterputten. Zonder een duidelijke herstelperiode zal dit effect zich in 2019 waarschijnlijk verder uitbreiden.

2.5.1 Klimaatscenario's Vlaanderen

Klimaatscenario's voor Vlaanderen laten een evolutie zien naar meer extreme weersomstandigheden met zowel meer intense regenval maar ook langere droge periodes (Ntegeka et al., 2017; Tabari et al., 2015). Let op, klimaatscenario's worden in ieder land verschillend opgesteld, de Vlaamse klimaatscenario's kunnen andere uitgangspunten hebben dan de Nederlandse. Daarbij is mogelijk dat rivierdebeten met meer dan 50% dalen tijdens laagwaterperiodes. Vlaanderen wordt gezien als een waterschaarste-regio door de hoge bevolkingsdichtheid en urbanisatiegraad. Het is dus mogelijk dat vergelijkbare situaties in de toekomst vaker zullen voorkomen.

Percentielen Neerslagtekort

waarneming van: 09/09/2018



Verwachting Percentielen Neerslagtekort

voorspelling van: 09/09/2018

voorspelling voor: 19/09/2018



Figuur 2-6 Neerslagtekort Vlaanderen April - September 2018. Bron: rapport toestand watersysteem september 2018, Waterinfo.be. Let op dat de berekening van verdamping en neerslagtekort in Vlaanderen kan verschillen met de Nederlandse aanpak, getallen zijn daarom niet direct te vergelijken.

2.6 Samenvatting verwachtingen rond droogte, grote droogte of droogteperioden in de toekomst

In Bijlage II worden de toekomstige ontwikkelingen in neerslagtekorten en rivierafvoeren geanalyseerd. Voor neerslagtekorten wordt geschat dat een neerslagtekort dat nu eens in de 30 jaar voorkomt (zoals 2018) rond 2050 eens in de 15 tot 25 jaar voorkomt en in 2085 eens in de 10 tot 25 jaar. Dit is sterk afhankelijk van de verandering in luchtcirculatiepatronen. Als deze veranderen wordt de kans op een neerslagtekort aanzienlijk groter, terwijl in het andere geval niet veel verandert aan de kans op een neerslagtekort. Ook voor rivierafvoeren lopen de voorspellingen tussen de klimaatscenario's sterk uiteen van beperkte verandering tot 20% lagere afvoer in 2050. Alle scenario's voorspellen wel meer kans op drogere omstandigheden in de zomer in het stroomgebied van de Rijn en een afname van smeltwater in de zomer door hogere temperaturen (de smeltwaterpiek valt eerder in het jaar).

Opgeteld suggereert dit dat droogte tenminste even vaak zal gaan voorkomen als in het huidige klimaat, maar dat de kans aanwezig is dat droogte zoals in 2018 tot zo'n twee tot drie keer zo vaak voor komt. Voor een gemiddelde assetlevensduur van 30 tot 100 jaar zou dit betekenen in plaats van één tot drie dergelijke zomers nu één tot 10 keer blootstelling aan omstandigheden zoals in 2018. De kans zou dan ook toenemen dat er meerdere droge zomers na elkaar optreden. Waar de rivierafvoer binnen enkele dagen weer kan toenemen, duurt het herstel van grondwaterstanden langer. Verschillende waterschappen hebben al gecommuniceerd dat de verwachting is dat bij de start van de hydrologische zomer van 2019 (1 april) de grondwaterstanden nog niet volledig zijn hersteld. Het is interessant om de grondwaterstanden te blijven monitoren om te zien wat het cumulatieve effect van meerdere droge zomers na elkaar op de drinkwatervoorziening zou zijn.

Door de grote bandbreedte in klimaatscenario's is het nog moeilijk te voorspellen welke situatie het meest waarschijnlijk wordt. De volgende update van de klimaatscenario's door het KNMI staat gepland rond 2021, maar ook dan zal er een bandbreedte blijven bestaan.

De rivierafvoeren zijn in feite een netto effect van de neerslag bovenstrooms van de Nederlandse grens en het verbruik in het stroomgebied. In een knelpuntenanalyse voor de zoetwaterbeschikbaarheid in Nederland geeft Klijn aan dat er grote onzekerheden zitten aan het toekomstige bovenstrooms verbruik langs de rivieren (Klijn et al., 2012). Ook de neerslag in Nederland en de rest van het stroomgebied is niet volledig onafhankelijk. Dat betekent dat het voorkomen van droogte nu en in de toekomst idealiter integraal voor het gehele stroomgebied dient te worden onderzocht, wat internationale samenwerking vraagt. Er bestaan wel hydrologische studies naar neerslag, verdamping en afvoer, zie ook Bijlage II, maar hierin is geen gedetailleerde weergave gebruikt van het verbruik langs de rivieren.

3 Resultaten gevolgen omstandigheden zomer 2018 op drinkwatervoorziening

3.1 Casus gevolgen van warmte en droogte op asset management van het leidingnet

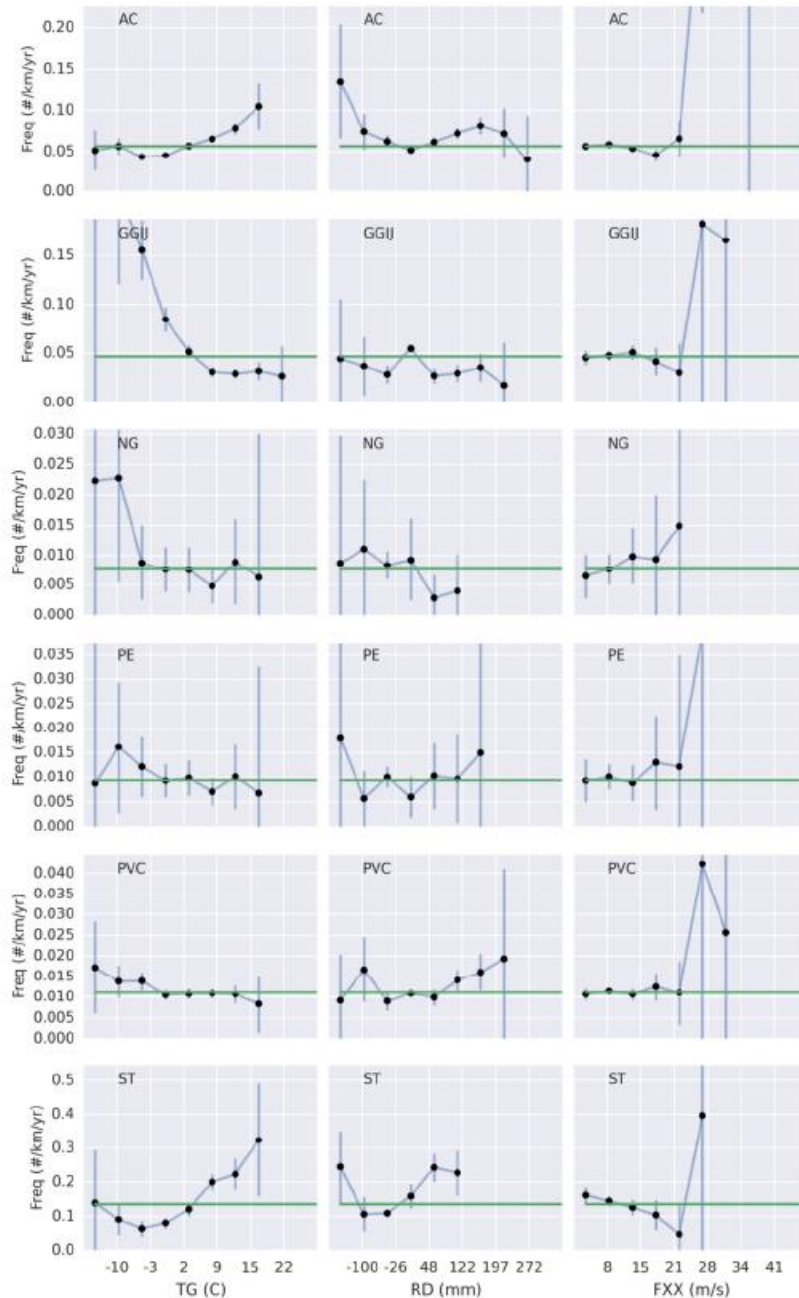
3.1.1 Achtergrond

Drinkwaterbedrijven worden zich de laatste jaren steeds meer bewust van de veroudering van hun leidingnetwerk, die een afname van de prestaties tot gevolg kan hebben. Er zijn investeringen nodig waarbij tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten de prestaties op peil blijven. Het conceptuele kader dat asset management biedt, geeft bedrijven richting in het inrichten van bedrijfsprocessen, waarbij de balans wordt gezocht tussen prestatie, risico en kosten, en een balans tussen de korte en lange termijn. Door het bedrijf aangenomen doelstellingen zijn daarbij leidend voor samenhangende bestedingen. De resulterende onderhouds- en vervangingsplannen zijn rechtstreeks gekoppeld aan investeringsbudgetten (CAPEX), operationele kosten (OPEX) en personele capaciteit.

Een belangrijke onderbouwing voor het vervangen van leidingen is de kans op spontane storingen (zijnde storingen die zijn te relateren aan eigenschappen van de leidingen en niet aan externe omstandigheden). De drinkwaterbedrijven registreren de storingen en proberen met deze gegevens te voorspellen hoe het optreden van storingen zal veranderen in de toekomst, bijvoorbeeld in relatie met materiaal, ouderdom of omgevingskenmerken. Zo registreren vanaf 2009 8 van de 10 Nederlandse drinkwaterbedrijven op uniforme wijze de storingen in USTORE (9 registreren uniform, 8 leveren data aan). In Wols et al. (2016) is met behulp van deze USTORE-gegevens het effect onderzocht van klimaatverandering op de storingsfrequenties van verschillende materialen, zie ook Figuur 3-1. Vooral voor de materialen asbestcement (AC) en grijs gietijzer (GGIJ) was er een relatie tussen temperatuur en storingsfrequentie. Ook voor droogte werd een relatie gevonden tussen storingen in (met name) AC in veen- en kleibodem. Ook bleek het aantal storingen hoger in zettingsgevoelig gebied. Met satellietgegevens zijn betere gegevens over zettingen te verkrijgen, ook hieruit volgt het beeld dat zettingsgevoelige gebieden kwetsbaarder zijn voor storingen.

Dit onderzoek liet echter nog grote onzekerheden zien. Dit kwam gedeeltelijk doordat in de dataset nog niet veel extreme omstandigheden aanwezig waren en er veel data nodig zijn voor het berekenen van betrouwbare storingsfrequenties (zie ook de x-assen in Figuur 3-1: die stoppen bij ongeveer 20 °C en een neerslagtekort van <150 mm). Daarnaast zijn de verschillende processen niet (altijd) onafhankelijk en treden vaak gelijktijdig op. Storingen treden op als de inwendige en uitwendige belastingen groter worden dan wat de leiding kan hanteren. Inwendige belastingen worden veroorzaakt door waterdruk, uitwendige belastingen worden veroorzaakt door belasting van de bodem, bijvoorbeeld door verschilzettingen of verkeer. Bij warm en droog weer kan het verbruik oplopen met gevolgen voor fluctuaties in interne druk, terwijl door verdroging van de bodem tegelijk zettingsverschillen kunnen ontstaan. Op een ander moment valt

een droogte mogelijk samen met een vakantieperiode, waardoor de piek in verbruik minder is of zelfs helemaal niet optreedt. Zettingsverschillen zijn zeer moeilijk te kwantificeren door de invloed van zeer lokale (bodem)processen, waar vaak geen gegevens van zijn.



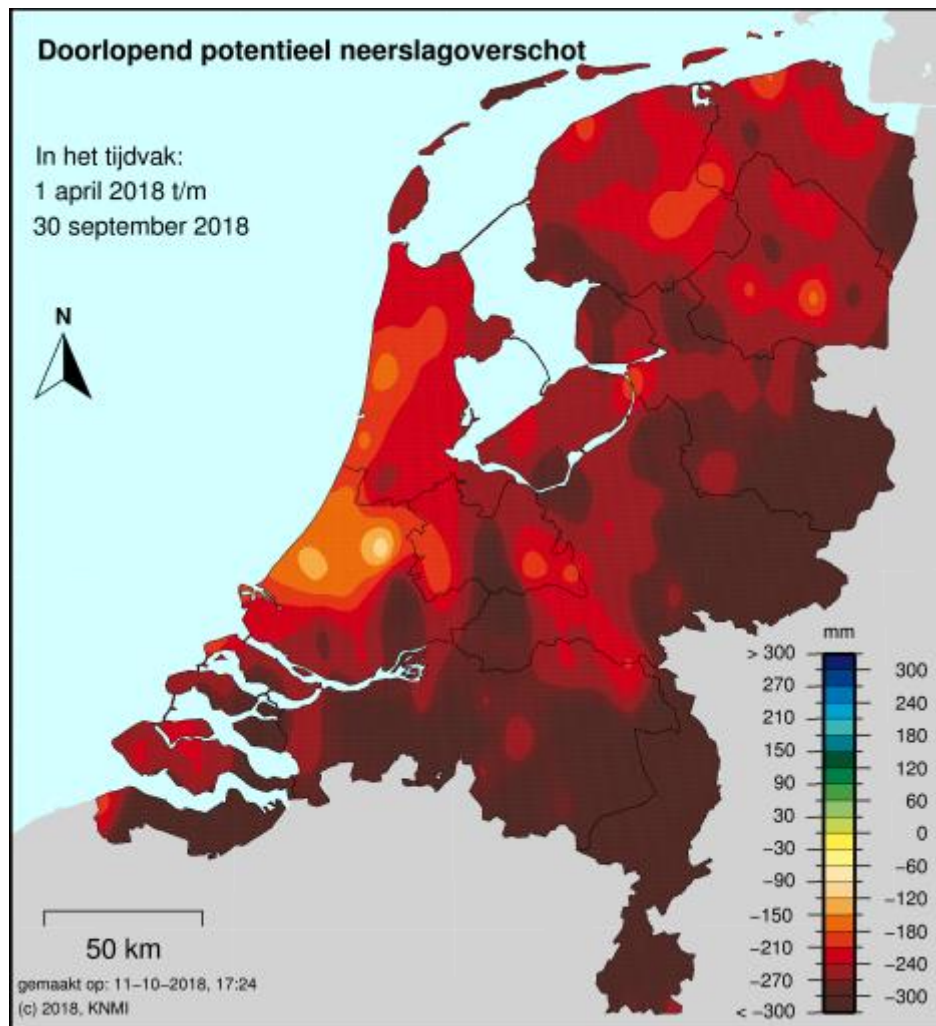
Figuur 3.3 Storingen voor de verschillende materialen: storingsfrequenties als functie van weerparameters (zwarte punten, blauwe verticale lijnen zijn de onzekerheidsmarges, groene lijn is de gemiddelde storingsfrequentie). Getallen op de x-as zijn afgerond op hele getallen.

Figuur 3-1 Figuur uit Wols et al. (2016): relatie tussen TG (gemiddelde dagtemperatuur) en RD (neerslagtekort) met storingsfrequenties op basis van USTORE gegevens. FXX staat voor

windsnelheid en is in het voorliggende onderzoek minder relevant. AC=asbestcement, GGJ=grijs gietijzer, NG=nodulair gietijzer, PE=polyethyleen, PVC=polyvinylchloride, ST=staal.

3.1.2 De gevolgen van de zomer van 2018 voor het optreden van storingen

Verscheidende drinkwaterbedrijven hebben aangegeven meer storingen dan gebruikelijk in de zomer te hebben geobserveerd. Dit geldt echter niet algemeen, bijvoorbeeld Oasen meldt niet substantieel meer storingen dan gebruikelijk te hebben geobserveerd. Er zijn dus regionale verschillen. Dit kan veroorzaakt worden door lokale verschillen in leidingmateriaal, maar ook aspecten als neerslagtekort en temperatuur laten aanzienlijke regionale verschillen zien, zie bijvoorbeeld Figuur 3-2.



Figuur 3-2 regionale verschillen in doorlopend potentieel neerslagoverschot.

Er waren ook verschillen tussen de verschillende leidingmaterialen tussen de drinkwaterbedrijven. De analyse van de storingsgegevens van één drinkwaterbedrijf liet een duidelijke toename in storingen zien voor zowel AC als PVC in de zomer van 2018, zie Bijlage IV. Een ander drinkwaterbedrijf gaf aan dat in hun beheergebied het aantal storingen in de zomermaanden juni, juli en augustus op AC in 2018 groter was dan in

andere jaren. Het aantal storingen voor PVC was vergelijkbaar en de storingen in GGJ lieten een afname zijn t.o.v. andere jaren.

Er is één aspect wat direct opvalt als de gegevens van 2018 worden vergeleken met eerder uitgevoerd onderzoek (Wols et al., 2016). In Figuur 3-1 gaat de as van de gemiddelde dagtemperatuur tot een graad of 20 °C en het neerslagtekort tot zo'n 120 mm. Met de data van 2018 (en 2017) zijn de curves te extrapoleren naar hogere temperaturen (>25 °C) en neerslagtekorten (>350 mm), waardoor veel duidelijker kan worden wat voor relaties er zijn tussen storingen en zomerse omstandigheden en de ontwikkeling van storingsfrequenties in een veranderend klimaat. Dit is zeer relevant voor besluitvorming in leidingvervangingsprogramma's.

Een aantal drinkwaterbedrijven heeft aangegeven dat ze juist aan het einde van de droogteperiode een toename in storingen verwachten, omdat ze in die periode meer verschuivingen verwachten (mogelijk door opzwellen van de (klei)bodem). Deze hypothese is niet te toetsen, doordat de droogte aanhield tot na de uitvraag van de gegevens voor deze studie. Het is echter wel interessant om deze analyse te doen als de gegevens beschikbaar zijn.

3.1.3 Inzichten en benodigde kennis

Het jaar 2018 vormt voor het voorspellen van storingsfrequenties door klimaatverandering een zeer waardevol ijkjaar, omdat dit het eerste extreme jaar is sinds het uniform en gestructureerd registreren van storingen door de drinkwaterbedrijven is gestart. De gegevens van 2018 bevestigen de huidige inzichten dat temperatuur en droogte invloed hebben op het voorkomen van storingen en dat is van belang voor het bepalen van toekomstige benodigde investeringsbudgetten en personele capaciteit.

De duiding van storingen blijkt echter complex, omdat veelgenoemde oorzaken als inwendige waterdruk bij piekverbruik en zetting veelal gelijktijdig optreden. Ook worden de relaties tussen temperatuur, droogte en lokale zetting nog niet volledig doorgrond. Daarnaast waren er nog geen gegevens beschikbaar over het optreden van storingen na de droogte.

3.2 Casus gevolgen van warmte en droogte voor temperatuur van het drinkwater

3.2.1 Achtergrond

In het Drinkwaterbesluit is vastgelegd dat de temperatuur van drinkwater op leveringspunten en aan de tap niet warmer mag zijn dan 25 °C. In een risicoanalyse van klimaatverandering (Zwolsman et al., 2014) is geconcludeerd dat temperatuur een belangrijk aspect is voor vermeerdering van de belangrijkste pathogenen voor de Nederlandse situatie. Voor *Legionella pneumophila* lijkt de kritische grens voor vermeerdering 28 °C te zijn, voor andere opportunistische pathogenen is dit nog niet duidelijk (Van Bel, 2017). Ook is nog niet duidelijk of deze pathogenen in staat zijn zich te vermeerderen in een dynamische omgeving met andere bacteriën, zoals in het leidingnet (van der Wielen, 2014).

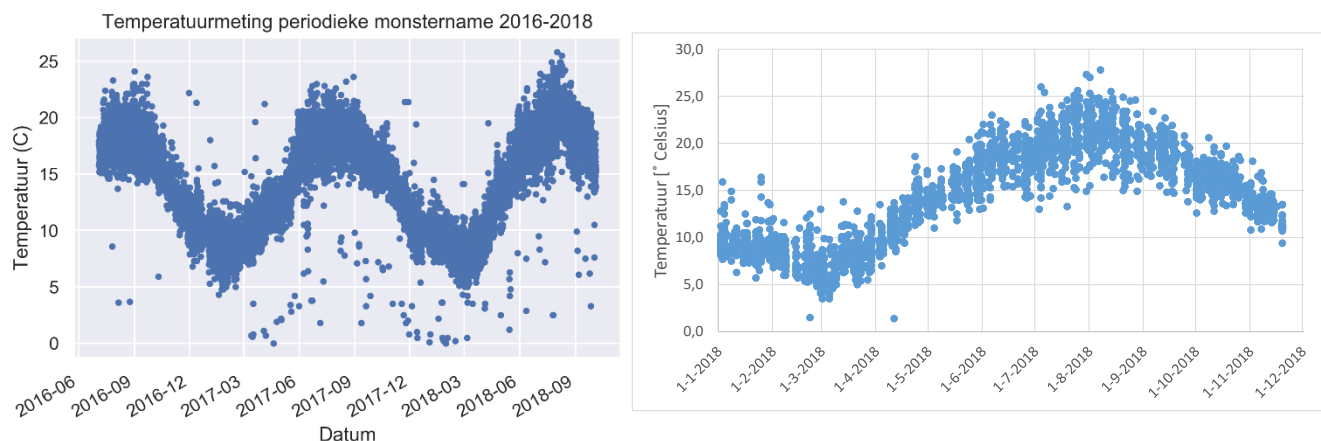
Een overschrijding van de wettelijke temperatuureis verandert doorgaans niet direct de soortensamenstelling van de biofilm in het distributienet (van der Wielen, 2014). Omdat in de klimaatscenario's wordt ingeschat dat overschrijdingen relatief kortdurend zullen

zijn, is geconcludeerd dat de risico's gering zijn door de temperatuurtoename zoals voorspeld door de KNMI klimaatscenario's. Van lokale hotspots is echter berekend dat de drinkwatertemperatuur hier door klimaatverandering langere tijd boven de wettelijke grens van 25 °C kan uitkomen (Agudelo-Vera and Fujita, 2017), maar wat het effect is op microbiologische risico's van deze hotspots binnen het totale drinkwaternet is nog niet bekend.

De temperatuur van drinkwater bij de tap wordt voor een belangrijk deel bepaald door de temperatuur van de bodem in het distributienet (Agudelo-Vera and Fujita, 2017).

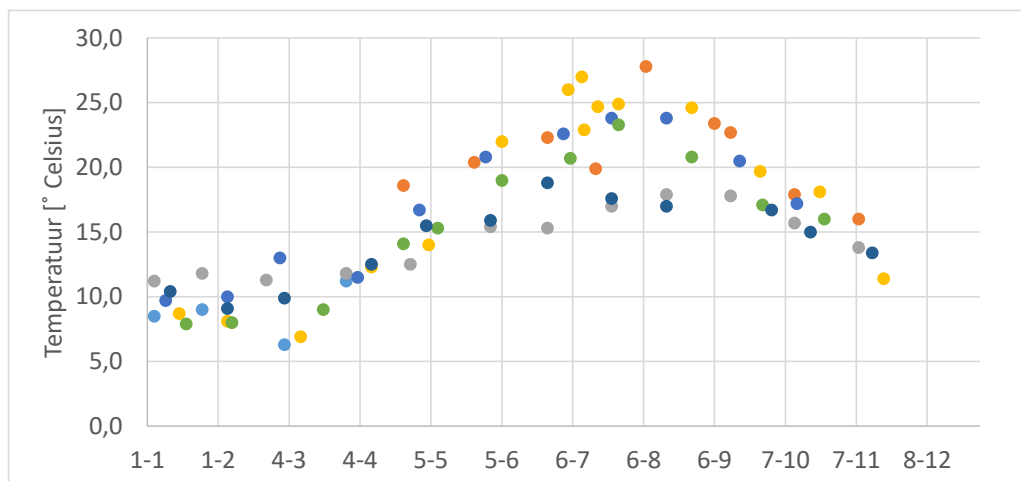
3.2.2 De gevolgen van de zomer van 2018 voor het optreden van temperaturen boven de wettelijke eis van 25 °C bij de tap

Uit interviews met medewerkers van verschillende drinkwaterbedrijven blijkt dat er in de zomer van 2018 een aantal reguliere monsters met temperaturen boven de wettelijke eis van 25 °C is gemeten. Als voorbeeld staan in Figuur 3-3 de metingen van twee drinkwaterbedrijven. Er waren bij deze bedrijven gecombineerd 11 metingen die hoger waren dan 25 °C en een aantal metingen vlak daaronder. Dit is substantieel vaker dan de afgelopen twee zomers (2016 en 2017). Ook deze zomers zijn als warm geclassificeerd met gemiddelde temperaturen van 17,7 °C (2016, 2017) t.o.v. 18,9 °C. Ter illustratie, voor 2018 stond het record van de warmste zomer op naam van 2003 met een gemiddelde temperatuur van 18,6 °C.



Figuur 3-3 Temperatuurmetingen reguliere tapmonsters van twee drinkwaterbedrijven.

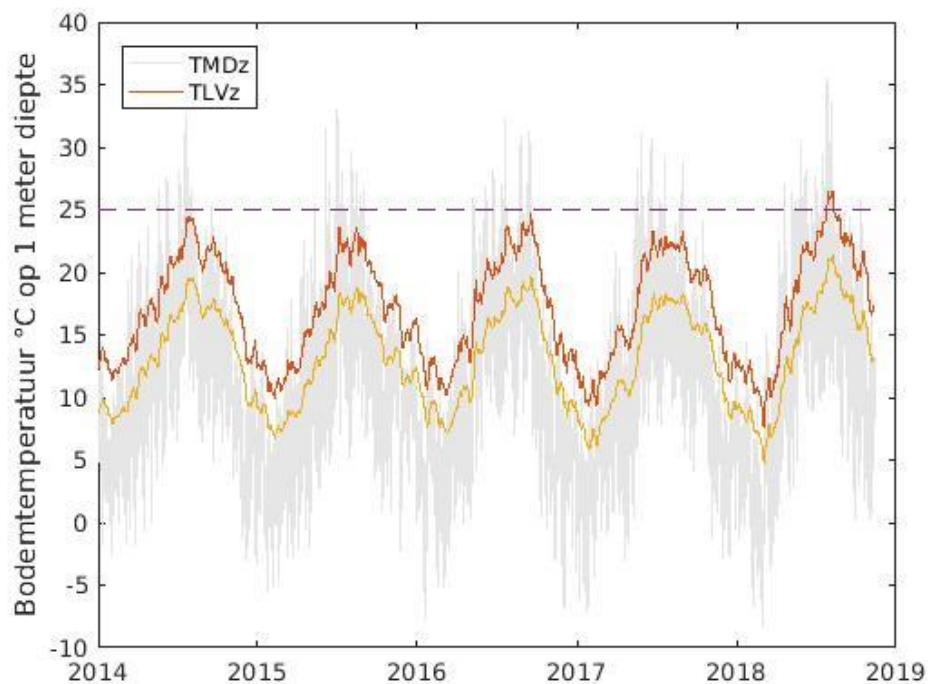
In Figuur 3-4 staan de temperatuurmetingen voor een aantal locaties binnen één gemeente weergegeven (inclusief herhalingsmetingen), iedere locatie heeft een specifieke kleur. Duidelijk is dat temperaturen flink kunnen verschillen, in dit geval geven metingen in dezelfde periode in juli-augustus verschillen van zo'n 10 graden tussen locaties. Ook is te zien dat het moment van de maximum temperatuur verschilt. Dit kan te maken hebben met verdroging van de bodem (vochtige bodem blijft koeler), bodemsoort (zand warmt sneller op dan bijvoorbeeld klei), maar kan ook te maken met lokale geometrie van het net in combinatie met het moment van monsternamen. Ook is het duidelijk dat een aantal metingen boven de grens van 25 °C kwam.



Figuur 3-4 Temperatuurreksen binnen een gemeente (inclusief herhalingsmetingen na een monster met hoge temperatuur). Iedere kleur representeert metingen op dezelfde locatie.

Ter illustratie zijn in Figuur 3-5 de resultaten van het bodemtemperatuurmodel (Agudelo-Vera, 2018; Agudelo-Vera and Fujita, 2017; Blokker and Pieterse-Quirijns, 2010) weergegeven voor de jaren 2014 tot en met 2018 voor een aantal situaties, namelijk een middenstedelijk gebied met verharding en droog zand en een laagstedelijk gebied met verharding en vochtig zand (beide zonder beschaduwing). Het figuur laat de berekende temperatuur zien op 1 meter diepte aangestuurd met de meteorologische gegevens in De Bilt. Zowel het feit dat er temperaturen boven 25 °C worden gemeten als het feit dat het er niet veel zijn is te verklaren. Door de lange aaneengesloten periode met hoge temperaturen is de temperatuur van de bodem gestegen, maar alleen in gebieden met veel verstedelijking, weinig schaduw en weinig tot geen vocht in de bodem, of in gebieden die te maken hebben met andere warmtebronnen loopt de temperatuur op tot hoge waarden.

Duidelijk is wel dat 2018 het eerste jaar is in de recente periode met potentieel voldoende tijd met hoge temperaturen voor metingen van drinkwatertemperatuur boven 25 °C, waarmee dit soort hotspots potentieel kunnen worden opgespoord uit reguliere metingen aan de tap.



Figuur 3-5 Gesimuleerde bodemtemperatuur op 1 meter diepte en oppervlaktetemperaturen in De Bilt (let op: de oppervlaktetemperatuur is slechts ter illustratie toegevoegd en is slechts één van de parameters van invloed op de bodemtemperatuur). TMDz staat voor een oppervlak met tegels (T) in midden stedelijk gebied (M) in droog zand (Dz), TLVz staat voor een oppervlak met tegels (T) in laag stedelijk gebied (L) met vochtig zand (Vz), voor meer informatie zie Agudelo-Vera et al. (2015). De stippellijn representeert de wettelijke eis van 25 °C.

3.2.3 Inzichten en benodigde kennis

De overschrijdingen van de wettelijke temperatuureis van 25 °C bevestigen de stand van de kennis op een aantal punten:

- In een warm jaar als 2018 kan de temperatuur van het drinkwater aan de tap in hotspots boven de wettelijke eis uit komen, ook gedurende langere perioden van meerdere weken;
- Zelfs binnen een gemeente kunnen de omstandigheden dusdanig verschillen dat grote verschillen ontstaan in de temperatuur van het drinkwater.

Op het gebied van kennis kunnen de volgende zaken worden benoemd:

- Er is nog onvoldoende bekend over de locaties in het distributiesysteem waar zich de grootste risico's op hoge temperatuur kunnen voordoen. Hiervoor loopt in 2019 een BTO project;
- Er is nog vrij weinig bekend over de effecten van hogere temperaturen (>25°C) op de activiteit van opportunistische ziekteverwekkers: kunnen hier –net als voor *Legionella pneumophila* ook nieuwe kritische temperatuurgrenzen gedefinieerd worden, zodat de risico's van korte of langer durende overschrijdingen van de 25-gradengrens beter kunnen worden beoordeeld?

3.3 Casus gevolgen van warmte en droogte op de inname van oppervlaktewater

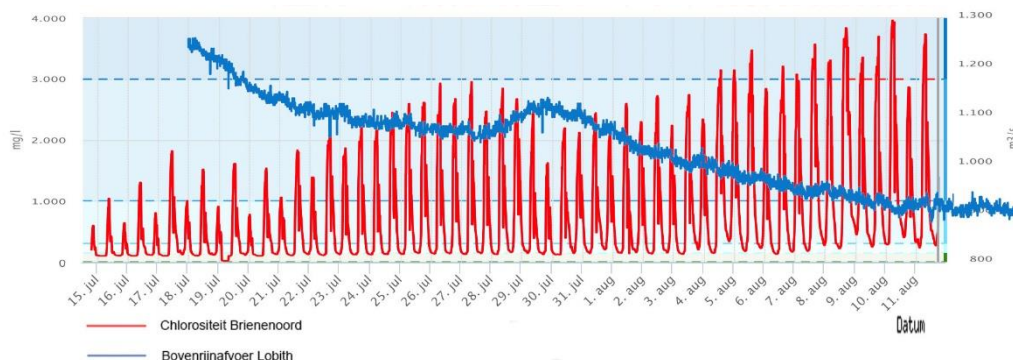
3.3.1 Achtergrond

Oppervlaktewater is een belangrijke bron van drinkwater voor de Nederlandse drinkwaterbedrijven. Zo'n 40% van het drinkwater wordt gewonnen uit oppervlaktewater. De belangrijkste bronnen van oppervlaktewater in Nederland zijn het IJsselmeer en de Maas. Innamestops kunnen worden veroorzaakt door zowel een waterkwaliteits- als een waterkwaliteitstekort. De voorliggende casus laat een watertekort door te weinig water buiten beschouwing (wat overigens niet wil zeggen dat dit niet belangrijk zou kunnen zijn).

Naast verslechterde waterkwaliteit door droogte en warmte, kan een innamestop door slechte waterkwaliteit ook een lozing als bron hebben (bv. pyrazool, (Baken et al. 2016)). Deze laten we in deze casus buiten beschouwing, maar het is interessant om na te denken wat er gebeurd zou zijn in 2018 als bovenop de heersende omstandigheden zich ook een lozingsincident had voorgedaan.

In twee knelpuntenanalyses (Klijn et al., 2012; Zwolsman et al., 2014) naar risico's van klimaatverandering voor de drinkwatersector komen de volgende zaken naar voren rond de kwaliteit van oppervlaktewater:

- Bij een klimaatscenario met sterke temperatuurverandering neemt de verzilting van de grote rivieren vanuit zee sterk toe. Daarmee neemt ook de kans toe op verzilting van de inlaatpunten en dan met name op die punten die ook in het huidige klimaat al een risico op overschrijding van de chloridenorm kennen. In Figuur 3-6 staat het chloridegehalte weergegeven in de Nieuwe Maas ter hoogte van de Van Brienoordbrug, samen met de gemeten afvoer van de Rijn. Bijvoorbeeld, de inname locatie bij Andijk wordt als knelpunt benoemd (o.a. Klijn et al. (2012));
- Eén van de kwaliteitsparameters die het meest direct aan klimaatverandering en verdroging gerelateerd is, is temperatuur. De temperatuur in het oppervlaktewater zou kunnen oplopen, waardoor er ook een risico is dat het hieruit bereide drinkwater te warm is.
- Risico op slechtere kwaliteit van het oppervlaktewater, o.a. door sterkere invloed van puntlozingen bij lage rivierafvoeren maar ook door toename van gebruik van bestrijdingsmiddelen en uitspoeling van nutriënten. Sjerps et al (2017) voorzien dat geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen vaker de signaleringswaarden zullen overschrijden, met name gedurende droge zomers. Hierdoor worden meer innamestops verwacht in de toekomst, met name door de vaker voorkomende periodes van lage afvoerdebieten. Door een lager debiet worden de in het water aanwezige stoffen minder verdund. Daarom wordt vaak een significante negatieve correlatie gevonden tussen de concentraties van opkomende stoffen en het debiet (Corrales-Duque, 2018). Bovendien wordt bij langdurige droogte meer rivierwater onttrokken voor lokale bestrijding van de gevolgen van droogte en verzilting. In combinatie met een toename van het lokale verbruik zou dit een potentieel probleem kunnen vormen.
- Risico op toename van de biologische activiteit, en daarmee verslechtering van de microbiologische kwaliteit van het oppervlaktewater.



Figuur 3-6 Door eb en vloed veroorzaakte pieken in het chloridegehalte in de Nieuwe Maas bij de Van Brienenoordbrug (Rotterdam) in relatie tot de verminderde afvoer van de Rijn in de zomer van 2018. Bron: waterpeilen.nl.

3.3.2 Gevolgen van de zomer van 2018 voor de beschikbaarheid van oppervlaktewater door inname

Temperatuur

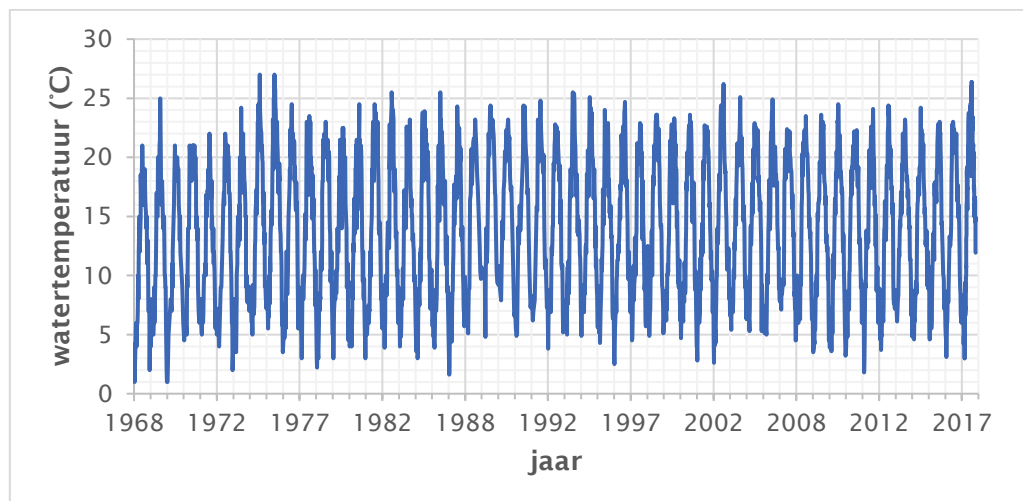
Over de afgelopen honderd jaar is de gemiddelde watertemperatuur van de rivieren Maas en Rijn met bijna drie graden toegenomen (Tabel 3-1). Naast een toename van de luchttemperatuur is deze stijging voor een belangrijk deel toe te schrijven aan lozingen van koelwater. Sinds 2000 blijft de jaargemiddelde watertemperatuur gelijk of daalt zelfs, wat te verklaard kan worden door een afname van de lozing van koelwater (CLO, 2018). In Tabel 3-1 is verder te zien dat het gemiddelde aantal dagen met een dagtemperatuur boven 25°C sterk is toegenomen: deze temperatuur is de bovengrens voor inname voor waterbedrijven die drinkwater produceren uit oppervlaktewater.

Tabel 3-1 Vergelijking van jaargemiddelde temperatuur in de Rijn bij Lobith en de Maas bij Eijsden en aantal dagen per jaar met een dagtemperatuur hoger dan 25°C in de perioden 1911-1920 en 2008-2017. Bron: CLO, 2019.

	Rijn bij Lobith		Maas bij Eijsden	
	1911-1920	2008-2017	1911-1920	2008-2017
Jaargemiddelde (°C)	11,0	13,8	11,8	14,0
Aantal dagen/jaar >20°C	22	86	32	81
Aantal dagen/jaar >25°C	0	3	1	2

Om beter zicht te krijgen in het verloop van de temperatuur van het oppervlaktewater van de Maas bij Eijsden over de periode 1967-2018 zijn twee databronnen gebruikt: die van Rijkswaterstaat en van RIWA-Maas. De RWS-data gaan historisch gezien het verst terug en bevatten ook de meest recente data, maar hierin missen enkele jaren; ter aanvulling hiervan zijn daarom tevens gegevens van RIWA-Maas gebruikt (Figuur 3-7). In deze figuur is te zien dat de temperatuur van de Maas in 2018 boven de 25°C uitkwam, maar ook dat er de afgelopen halve eeuw vaker zomers zijn geweest waarin dergelijke waarden bereikt werden: 1969, 1975, 1976, 1983, 1986, 1994, 2003, 2004 en 2018.

De gemiddelde dagtemperatuur kwam in de zomer van 2018 14 dagen boven 25°C, wat opvallend hoger is dan het jaargemiddelde uit het voorgaande decennium (Tabel 3-1). Wat de temperatuur van het oppervlaktewater betreft was de zomer van 2018 dus opvallend warm, en trad deze warmte pas vrij laat in het jaar op. In het geval dat ook de afvoer van de Maas lager zou zijn geweest had het rivierwater nog sterker beïnvloed kunnen worden door de warmte en hadden zich al eerder extreem hoge temperaturen kunnen voordoen in het water van de Maas.

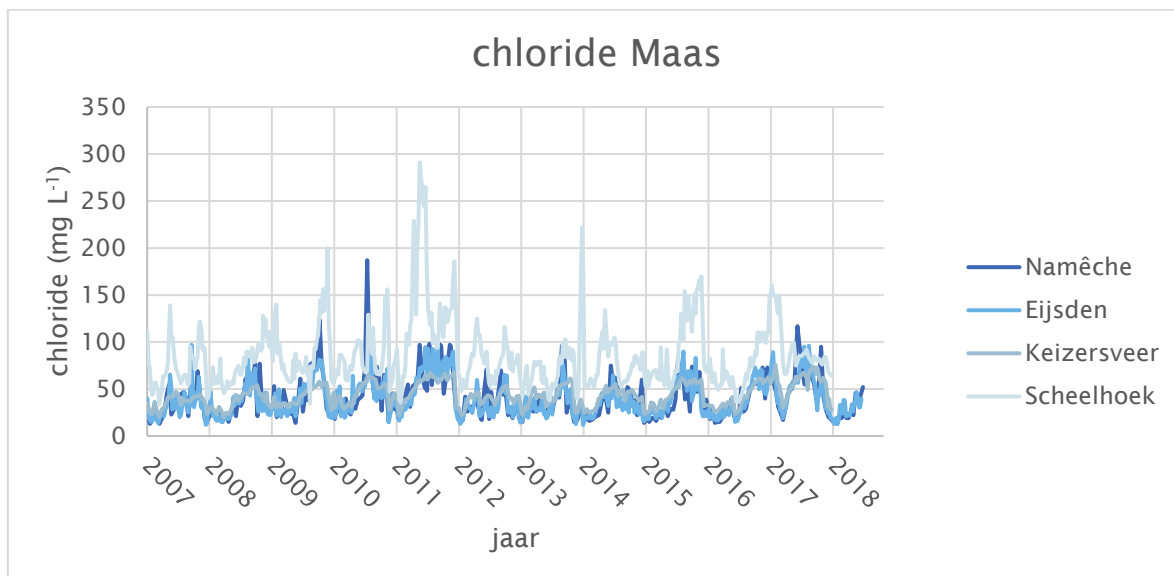


Figuur 3-7 Gemiddelde dagtemperatuur van het oppervlaktewater van de Maas bij Eijsden over de periode 1968-2018. Data: RWS, 2018 (1967 t/m 2012 en 2018), Data: RIWA database Nieuwegein 2018 (2013 t/m 2017).

Overige waterkwaliteitsparameters

Uit het interview met Evides, Bijlage VI, kwam naar voren dat de hogere zoutgehalten in de Rijn opvallend waren; er is hier tot 140 mg L⁻¹ chloride gemeten in het gedeelte dat niet onder invloed stond van zeewater. Aangezien de kwaliteitgrens ligt bij een gemiddeld chloridegehalte van 150 mg L⁻¹ heeft dit niet tot problemen geleid voor de drinkwatervoorziening maar het was wel iets wat men niet had voorzien. Het debiet van de Maas is tijdens de zomer van 2018 redelijk op peil gebleven, waardoor hier geen opvallende afwijkingen zijn geconstateerd ten aanzien van het zoutgehalte. In Figuur 3-8 staat het chloridegehalte weergegeven van de Maas op verschillende punten. Hier is te zien dat het chloridegehalte en het verloop hiervan over een groot deel van deze rivier in België en Nederland redelijk hetzelfde is. In het Haringvliet (Scheelhoek) is goed te zien dat dit gebied ook onder invloed staat van de zouttong: in eerdere jaren zijn hier vaker overschrijdingen geweest van de kwaliteitgrens van 150 mg L⁻¹. Helaas waren voor de zomer van 2018 nog geen chloridegegevens beschikbaar voor dit meetpunt, en zijn de chloridegegevens nog niet volledig.

Bij andere chemische en microbiologische waterkwaliteitsparameters zijn geen opvallende afwijkingen gemeten in de Maas, hoewel vermeld dient te worden dat een deel van deze gegevens bij het schrijven van dit rapport nog niet beschikbaar was.



Figuur 3-8 Chloridegehalte van het water in de Maas in België (Namêche), in Limburg (Eijsden), bij het innamepunt voor de spaarbekkens in de Biesbosch (Keizersveer) en bij Scheelhoek (Stellendam) aan het Haringvliet. Data: RIWA database Nieuwegein (2018).

3.3.3 Inzicht en benodigde kennis

- De waterkwaliteit in de Maas heeft in 2018 niet voor innamestops gezorgd.
- Ondanks dat de afvoer in de Maas niet extreem laag is geweest gedurende een deel van de zomer van 2018 (bv. in vergelijking met het jaar 1976), was de zomer van 2018 toch extreem, met name wat betreft temperatuur van het oppervlaktewater.
- Er zijn opvallende verschillen te zien tussen de stroomgebieden van de Rijn en de Maas: de eerste had te maken met sterk verlaagde afvoer, terwijl de Maas redelijk op peil bleef. Mede als gevolg hiervan trad in het stroomgebied van de Rijn verzilting van het oppervlaktewater op, terwijl hiervan geen sprake was in de Maas.
- De verzilting van het innamepunt bij Andijk was gerelateerd aan de droogte, zie ook Van Vossen et al. (2019) en Clevers et al. (2019) (gebrek aan doorspoeling, waardoor de zoutbellen zich konden verspreiden).
- De hogere concentraties chloride in de bovenstroomse Rijn waren verrassend.

In de zomer van 2018 hebben zich geen problemen voorgedaan door watertekorten of door een slechte kwaliteit van het oppervlaktewater. Desondanks vormen de omstandigheden een interessant startpunt voor scenarioanalyses om de robuustheid van de drinkwatervoorziening te toetsen:

- Wat was er gebeurd als er onder de heersende omstandigheden een lozing was opgetreden?
- Wat was er gebeurd als lage rivierafvoeren (zoals in 1976) tegelijkertijd met een vergelijkbaar neerslagtekort (herhalingstijd 30 jaar) op was getreden?
- Welke impact hadden dergelijke afvoeren op de waterkwaliteit gehad?

3.4 Casus effect lage grondwaterstanden

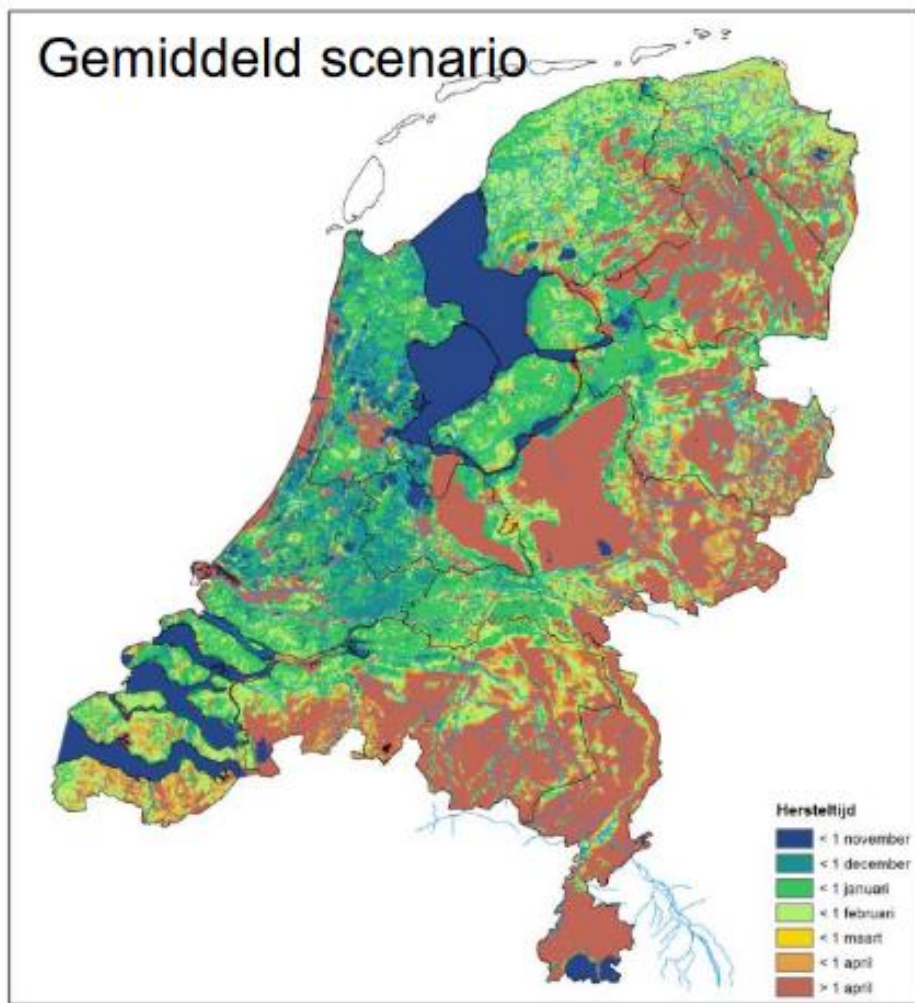
3.4.1 Achtergrond

Grondwater is een belangrijke bron voor drinkwater. Op de zandgronden zijn agrariërs, drinkwaterbedrijven en natuur sterk afhankelijk van het grondwatersysteem. Door de grondwateronttrekkingen en geringe (natuurlijke) aanvulling van het grondwater in droge perioden kan het grondwatersysteem uit balans raken. De vraag naar water is dan groter dan het aanbod. In natte perioden, waarbij het aanbod (neerslagoverschot) groter is dan de vraag, kan het grondwatersysteem zich langzaam weer herstellen en zal de grondwaterstand stijgen. Door de droge zomer 2018 is bij waterschappen en provincies veel aandacht voor het grondwater beheer (Bijlage I). Hierdoor komen ook de integrale aspecten van regionaal grondwaterbeheer, en de rol van de drinkwatersector hierin onder de aandacht.

3.4.2 Gevolgen van de lage grondwaterstanden in en na de zomer van 2018

De droogte heeft gezorgd voor lage tot zeer lage grondwaterstanden (zie hoofdstuk 2.3.3). Dit heeft geleid tot problemen voor landbouw en natuur (zie lijst media-artikelen, Bijlage I). Deels zijn door de droogte van deze zomer de maandelijks onttrekkingsvergunningen van grondwater overschreden bij verschillende drinkwaterbedrijven, waaronder de Watergroep (Bijlage V) en Vitens (<https://www.waterforum.net/vitens-overschrijdt-grondwateronttrekkingsvergunning-in-twente/>). Hoewel de gevolgen daarvan voor de drinkwaterbedrijven dit jaar te overzien waren, is nog niet duidelijk hoe dit zich op de lange termijn zal ontwikkelen.

Door het eveneens zeer droge najaar van 2018 zullen de grondwaterstanden zich niet overal hebben hersteld in het voorjaar van 2019 (Figuur 3-9). Er is dus een kans dat ook in 2019 problemen met lage grondwaterstanden zullen voorkomen, vergelijkbaar met de situatie in Vlaanderen begin 2018, na het droge jaar 2017. In bijvoorbeeld de provincie Noord-Brabant is de grondwaterstand op 1 april 2019 van belang voor het beregeningsverbod (<https://www.aenmaas.nl/nieuws/2018/november/persbericht---stuwen-historisch-hoog-natte-voeten-of-beregeningsverbod-in-2019.html>). Volgens de analyses met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) zullen de grondwaterstanden bij een gemiddelde winter in het voorjaar van 2019 niet overal hersteld zijn (Figuur 3-9). Zelfs bij een natte winter zal de grondwaterstand op de hoge zandgronden lager zijn dan normaal. Over het algemeen zijn de lange-termijnconsequenties van de lage grondwaterstanden nu (mei 2019) nog niet duidelijk. Hier zal vanaf zomer 2019 meer over bekend worden.



Figuur 3-9 Gesimuleerde herstel van grondwaterstanden met het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) door Deltares voor een gemiddelde winter. De donkerrode kleur geeft aan waar de grondwaterstand op 1 april 2019 nog niet terug is op het gemiddeld niveau. (Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (NHI), 2019)

3.4.2.1 Natuur

Er is bij leden van de BTO contactgroep Ecohydrologie gevraagd naar effecten van de droogte op de natuurlijke vegetatie. Er is door de respondenten (PWN, Evides, Waternet, Dunea) nog geen systematisch onderzoek gedaan naar de effecten van de droogte. De hieronder beschreven reacties zijn gebaseerd op anekdotische en persoonlijke ervaringen. In de duingebieden waren de effecten van de lange droogte tot nu toe niet zo extreem als in andere gevallen uit de afgelopen 30 jaar. Wel was er een duidelijk effect op de vegetatie. Hierbij is bladverlies en het bruin worden van bomen opgemerkt. Deze verschilden per boomsoort, en leken niet zo sterk als in andere droge jaren. Verder is op sommige locaties gezien dat vegetatie, ook op humus houdende bodems, volledig afgestorven was. De actuele verdamping in delen van het duingebied was tot nul gereduceerd omdat geen water in het hangwaterprofiel meer aanwezig was. Mogelijk kan dit worden verklaard door het relatief natte najaar van 2017 waardoor 2018 met een relatief hoge voorjaarswaterstand begonnen is. Een opgekomen kennisvraag op dit gebied is wat het effect is van de initiële hydrologische condities op

de vochtvoorziening gedurende het groeiseizoen. De effecten van droogte zijn over het algemeen kleiner na een natte winter.

Uit inventarisatie van Natuurmonumenten en waterschap Brabantse Delta (Waterschap Brabantse Delta, 2018) blijkt dat veel ecosystemen geleden hebben onder de droogte van 2018. Op veel plekken op de hoge zandgronden zijn beken en vennen drooggevallen, wat vissterfte tot gevolg had of verplaatsen van vissen noodzakelijk maakte. Op sommige locaties zijn hierdoor soorten verdwenen. Het droogvallen van vennen zou kunnen leiden tot onomkeerbare schade door aantasting van de bodem. Verder zijn de randzones binnen hoogveengebieden zwaar getroffen in 2018. Naast het watertekort dat voor problemen zorgt, zijn ook de chemische samenstelling van het grondwater en chemische processen in de bodem van belang voor de vegetatie. Door daling van de grondwaterstanden en het wegvallen van kwelfluxen kan verzuring van de bodem optreden. Kwelafhankelijke vegetatie is gevoelig voor deze verzuring. Verder kan door daling van de grondwaterstand onomkeerbare oxidatie van veen en daaraan verbonden natuurschade en bodemdaling veroorzaakt worden. Op het moment van schrijven was dit voor 2018 nog niet in kaart gebracht.

3.4.3 Inzicht en benodigde kennis

De zeer lage grondwaterstanden van de afgelopen periode laten de urgentie van meer onderzoek naar i) verdamping en grondwateraanvulling, ii) het effect van grondwateronttrekkingen op het verloop van een droogte en iii) naar mitigerende maatregelen duidelijk zien. Hierbij is het ook belangrijk om een beter inzicht te krijgen in het herstel van de grondwaterstanden en het effect op de waterbeschikbaarheid voor onder andere drinkwater, landbouw en natuur.

Voor de aanvulling en instandhouding van de grondwaterstand op de hoge zandgronden spelen meerdere factoren een belangrijke rol. Naast de verdamping en temperatuur is bijvoorbeeld ook het landgebruik en de aanwezigheid van afvoerkanalen belangrijk. Een vraag die hierbij ook naar voren komt is of het mogelijk is de gevolgen van grondwateronttrekking te kwantificeren (Van Loon en Van Lanen, 2013, Van Loon et al., 2016). Meer onttrekking van grondwater zal juist dan voorkomen als de grondwateraanvulling door droogte ook laag is. Door gebruik te maken van hydrologische modellen en waargenomen grondwaterstanden is het mogelijk om een indicatie te geven van de menselijke invloed op droogte (Van Loon en Van Lanen, 2013). In de praktijk blijkt echter vaak dat modellen niet betrouwbaar genoeg zijn, of dat onvoldoende gegevens beschikbaar zijn voor deze analyse. Daardoor is het moeilijk om de menselijke invloed te onderscheiden van natuurlijke processen. Er is dus nog meer onderzoek nodig om de effecten van droogte en wateronttrekking op de grondwaterstand te onderscheiden.

Daarnaast speelt verdamping een belangrijke rol tijdens perioden met watertekort. Vaak ontbreken nauwkeurige actuele verdampingsgegevens. Hiervoor doet KWR onder andere binnen het EU project BINGO onderzoek naar het kwantificeren van verdamping op onder andere de Hoge Veluwe. Daarbij wordt bijvoorbeeld gekeken hoe en of veranderingen in landgebruik effecten van klimaatverandering kunnen tegen gaan door bijvoorbeeld en lagere verdamping en daardoor een hogere grondwateraanvulling (Aus der Beek et al., 2018). Daarnaast worden de effecten van andere maatregelen, zoals bijvoorbeeld de aanleg van actieve infiltratiesystemen, op de waterbeschikbaarheid op de Veluwe gesimuleerd. Actieve infiltratie van oppervlakte water wordt door Vitens onder meer toegepast in het waterwingebied Schalterberg in Beekbergen.

Er zijn veel mogelijkheden om lokaal en regionaal infiltratie en (ondergrondse) wateropslag in te zetten, en daarmee de buffercapaciteit van het hele watersysteem te vergroten (Bijlage III). Actief grondwaterbeheer op de hoge zandgronden ((bijvoorbeeld door vegetatiebeheer, actieve infiltratie, vasthouden van water in de haarvaten en op percelen) kan helpen om vraag en aanbod gedurende het jaar in balans te brengen. Maatregelen als 'slimme stuwen' en 'klimaat adaptieve drainage' (KAD) zijn in de afgelopen circa tien jaar ontwikkeld om op landbouwpercelen water langer vast te kunnen houden en bodemvochtcondities in het groeiseizoen te verbeteren. Dit type maatregel kan op de zandgronden ook op gebiedsniveau worden ingezet om aanvulling van grondwater te bevorderen en de grondwaterstanden na droge jaren weer sneller omhoog te brengen. Als noodmaatregel doen waterschappen dit nu ook: met de inzet van duizenden stuwen houden ze de peilen zo hoog mogelijk. Agrariërs worden opgeroepen om water zoveel mogelijk vast te houden, bijvoorbeeld met 'duikerafsluiters' (H2O actueel, 2018)⁷. Binnen het programma Lumbricus (www.programmalumbricus.nl) en aansluitend daarop in WiCE Zuinig met Zoet wordt dit type maatregel in de praktijk getoetst, met aandacht ook voor effecten op regionale schaal. Voortbordurend op deze sturingsmodelijkheden (vegetatiebeheer, actieve infiltratie, slimme stuwen, KAD), pleiten Raat et al. (2019) voor een meer proactief grondwaterbeheer op de zandgronden. Zij stellen dat een meer duurzaam beheer van het grondwatersysteem noodzakelijk is om ook op de lange termijn de zoetwatervoorziening voor drinkwater landbouw en natuur veilig te stellen. Belangrijke vragen zijn hoe dit te organiseren: welke instantie neemt de regie en het initiatief?

De droogte wordt voor de duinvegetatie deels als positief gezien omdat hierdoor planten die beter aan extreme situaties zijn aangepast meer zullen gaan domineren. Helpt klimaatverandering het duin waardoor op termijn de verdamping vermindert door het afsterven van bomen en struiken die veel verdampen? Daarnaast is nog onduidelijk welke effecten de droogte en warmte hebben op bodemprocessen en bijvoorbeeld de activiteit van bacteriën en schimmels. Daarnaast is nog niet duidelijk hoe de duinvegetatie zich zal ontwikkelen als droogte in de toekomst vaker zal voorkomen. Verder is opgemerkt dat verdorring en afsterven van planten ook door verbranding (zonnestraling) veroorzaakt kan zijn. Hierbij is aangegeven dat niet duidelijk is in hoeverre naast een lage waterbeschikbaarheid voor de planten om te kunnen transpireren, ook luchtvochtigheid en temperatuur verdorring van planten beïnvloeden.

In de knelpuntanalyses van Deltares (Klijn et al., 2012) en in het BTO (Zwolsman et al., 2014) kwamen op het gebied van grondwater en ecohydrologie de volgende risico's naar voren:

- Bij een klimaatscenario STOOM met een grote toename van droogte en zowel een toename aan watervraag vanuit de landbouw als verdamping, laten voorspellingen voor grondwaterstanden een aanzienlijke daling zien, alsmede een verdroging van uiterwaarden (Klijn et al., 2012)
- Er wordt geconcludeerd dat een toename van drinkwaterverbruik van 30% (reëel volgens klimaatscenario's STOOM) substantiële gevolgen heeft voor de grondwaterstanden (Klijn et al., 2012)
- Kans op toename van gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw (Zwolsman et al., 2014)

⁷ H2O actueel (2018). Rijn en IJssel roept grondeigenaren op regenwater vast te houden. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/rijn-en-ijssel-roept-grondeigenaren-op-regenwater-vast-te-houden>

- Kans op toename van uitspoeling en afspoeling van nutriënten (Zwolsman et al., 2014)
- Toename van risico op behalen en behoud van natuurwaarde (Zwolsman et al., 2014)

Als we dit vergelijken met de gebeurtenissen in 2018, dan zien we sterk verlaagde grondwaterstanden met onttrekkingen boven de maandelijkse winvergunning van meerdere drinkwaterbedrijven. Wat dat betreft komen de gemelde effecten dus overeen met de knelpuntenanalyse; let wel het merendeel van de voorspelde knelpunten door Deltares wordt alleen voorspeld bij de meest extreme klimaatscenario's rond 2050 en daarna.

Het is echter nog te vroeg om een overzicht te kunnen geven van alle schade aan ecosystemen, omdat nog niet bekend is in hoeverre de natuur zich kan herstellen en of er sprake is van onomkeerbare schade aan de natuur. Dit is ook sterk afhankelijk van de aanvulling van het grondwater. Deels zullen de effecten van de droogte op de vegetatie daarom pas in 2019 zichtbaar worden. Daarnaast is er nog geen tijd geweest voor gedetailleerde inventarisaties van de gevolgen van de droogte op de natuur.

3.5 Casus gevolgen van warmte en droogte voor de klant

3.5.1 Achtergrond

Verschillende onderzoeken laten de relatie tussen warmte of droogte en verbruik zien (Vertommen and Blokker, 2016; Vertommen et al., 2018; Vertommen et al., 2016; Vonk et al., 2017). Vooral periodes waarin veel mensen thuis zijn tijdens het groeiseizoen zijn gevoelig voor hoog drinkwaterverbruik (bv. door het sproeien van tuinen).

Binnen het BTO wordt verkennend onderzoek gedaan op het gebied van de effectiviteit van beïnvloedingsmechanismen in relatie tot drinkwaterklanten, waaronder de relatie tussen gedragsbeïnvloeding en waterbesparing. Hierbij wordt met behulp van sociale psychologie gekeken op welke manier het meest effectief kan worden opgeroepen tot waterbesparing. Een onderzoeksvraag is of hiermee bijvoorbeeld het piekverbruik tijdens droge zomerperiodes effectief kan worden verlaagd.

3.5.2 Gevolgen zomer 2018

Verschillende drinkwaterbedrijven hebben (zowel via de media als vanuit de interviews) gemeld dat het drinkwaterverbruik aanzienlijk hoger lag dan gemiddeld tijdens de droge en warme periode. Een aantal bedrijven heeft via de media oproepen gedaan om het verbruik te spreiden en ook te verminderen. Wat betreft de perceptie van klanten was de berichtgeving richting publiek over de aan drinkwater gerelateerde aspecten van de droogte 2018 over het algemeen duidelijk en genuanceerd. Het vragen om piekverbruik en lage waterdruk te voorkomen heeft waarschijnlijk geholpen. Een eerste onderzoek bij Oasen ondersteunt dit, maar de details moeten nog verder worden onderzocht⁸.

3.5.3 Inzicht en benodigde kennis

Het is interessant om de gegevens van 2018 te gebruiken om zowel de modellen te toetsen voor voorspellingen van toekomstig waterverbruik bij klimaatverandering, als om de effecten van oproepen tot besparing te onderzoeken.

⁸ (<https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/klanten-oasen-douchen-korter-maar-wel-tijdens-de-piek>).

In relatie tot dit onderwerp komen ook nieuwe kennisvragen op over verschillende strategieën van communicatie. Een voorbeeld hiervan is het oproepen tot waterbesparing. In de zomer van 2018 is dit in Nederland o.a. door PWN en Vitens gedaan. Sectorbreed is echter nog geen gemeenschappelijk standpunt op dit onderwerp. Er zijn nog veel open vragen over de wenselijkheid van een dergelijke oproep, en het besparingspotentieel wat hiermee bereikt kan worden. Daarnaast is er zorg dat hierdoor de verschillen tussen de gemiddelde watervraag en pieken groter kunnen worden.

In Vlaanderen kan tijdens periodes van droogte vanaf code oranje (droogtecommissie integraalwaterbeleid.be) een waterverspillingsverbod worden ingesteld. Hieronder valt:

- Een verbod voor particulieren op het wassen van de wagen, het besproeien van gazon en tuinen, het vullen van zwembaden (>100l) en vijvers, etc.
- Een verbod voor publieke diensten voor het reinigen van voetpaden, besproeien van parken en sportterreinen en het vullen van vijvers en fonteinen, etc.

Het verbod geldt voor het gebruik van zowel leidingwater, regenwater als putwater. Het nemen van beperkende maatregelen zoals het waterverspillingsverbod, maar ook sproeiverboden voor landbouw en captatieverboden gebeurt op advies van de Vlaamse droogtecommissie, en wordt door de gouverneurs van de betrokken provincies ingesteld. Dit kan dus regionaal verschillend zijn. De indruk is dat het verspillingsverbod effectief is in het verminderen van het watergebruik, maar het is nog niet duidelijk of dit effect gekwantificeerd kan worden en of hiermee het wenselijke effect wordt bereikt. Er is veel potentieel om de Nederlandse en Vlaamse benadering op dit gebied verder met elkaar te vergelijken.

4 Conclusies en kennis KWR

4.1 Conclusies

In deze rapportage worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Hoe extreem was de droogte en warmte van 2018 en hoe extreem zijn deze omstandigheden in het licht van klimaatverandering in de toekomst?

De zomer van 2018 was de warmste in 3 eeuwen en was met een gemiddelde temperatuur van 18,9 °C representatief voor een gemiddelde zomer rond 2050 volgens het WL klimaatscenario van het KNMI. De droogte was redelijk vergelijkbaar met de zomer van 1947 en had een herhalingstijd van zo'n 40-50 jaar in het huidige klimaat. De neerslagtekorten waren extremer dan de lage rivierafvoeren. Herhalingstijden voor vergelijkbare droogte kunnen door klimaatverandering rond 2050 toenemen naar 15 tot 25 jaar. Uitgaand van levensduren van 30 tot 100 jaar voor assets van drinkwaterbedrijven, betekent dit dat assets gemiddeld nu 1 tot 3 keer dergelijke omstandigheden mee maken, en dat dit oploopt naar 1 tot 6 keer rond 2050. Daarmee is de zomer van 2018 extreem, maar wel een situatie die de drinkwaterbedrijven realistisch moeten kunnen hanteren. De zomer vormt daarmee een zeer representatief ijkjaar voor klimaatstudies.

2. Wat waren de gevolgen voor de drinkwatervoorziening?

De drinkwaterbedrijven hebben gedurende de gehele zomer aan de drinkwatervraag kunnen voldoen. Binnen de uitgewerkte casussen in deze studie kwamen een aantal opvallende zaken naar boven:

Temperatuur in het distributienet:

- Temperaturen boven 25 °C in tapmonsters bij klanten van meerdere drinkwaterbedrijven op meerdere locaties (substantieel meer dan gebruikelijk);

Storingen in het distributienet:

- Grote regionale verschillen in het optreden van storingen in leidingen, waarbij veel bedrijven hebben aangegeven meer storingen dan gemiddeld te hebben geobserveerd;
- Voor het eerst sinds de start van de centrale registratie omstandigheden die representatief zijn voor de situatie in de toekomst door klimaatverandering;
- De duiding van de oorzaken van storingen is moeilijk, omdat veel van de mogelijke oorzaken niet onafhankelijk zijn, en regelmatig tegelijk optreden. Ook zijn veel lokale omstandigheden slecht bekend. Desondanks is er wel een wens om de storingen beter te begrijpen en te voorspellen richting de toekomst.

Kwaliteit en beschikbaarheid oppervlaktewater:

- Verzilting IJsselmeer en zoutconcentraties in de Rijn die opliepen naar waarden richting de innamenorm (150 mg/l);

- Hoge temperaturen van het water in de Maas. Desondanks was er geen probleem met inname en gebruik van water uit de Maas;
- Het verschil in afvoerdebieten tussen Maas en Rijn was opvallend, door het verschil in droogte tussen België, Frankrijk en Duitsland.

Grondwater:

- Het optreden van zeer lage grondwaterstanden die zich richting de nieuwe hydrologische zomer van 2019 maar moeizaam lijken te herstellen;
- Meerdere drinkwaterbedrijven die over de maandelijkse (en zelfs jaarlijkse) winningsvergunning zijn heen gegaan;
- Het is nog onduidelijk in hoeverre de lage grondwaterstanden hebben geresulteerd in schade voor natuur en landbouw;

Klant:

- Een grote toename in drinkwaterverbruik gedurende een lange periode;
- Een aantal drinkwaterbedrijven heeft een oproep gedaan tot ofwel gespreid over de dag verbruiken ofwel het minder gebruiken van drinkwater. Dit was geen nationale oproep van alle bedrijven en is ook niet via de Vewin gecommuniceerd. Betrokken bedrijven hebben aangegeven dat de oproepen positieve gevolgen hadden. Het is niet te zeggen welk effect de oproepen tot waterbesparing hadden in gebieden waar het leverende waterbedrijf geen oproep had gedaan.

3. Komen die gevolgen overeen met de verwachtingen vanuit eerdere risicoanalyses naar effecten van klimaatverandering?

De belangrijkste benoemde knelpunten bij klimaatverandering waren:

- Verzilting van inlaatpunten;
- Risico op slechtere waterkwaliteit en hogere temperaturen, zowel bij inname als bij distributie;
- Toename in verbruik (zowel huishoudelijk als agrarisch);
- Grotere kans op storingen;
- Risico op veranderingen in de microbiologie zowel van oppervlaktewater als in het distributienet;
- Lage grondwaterstanden en verslechterende grondwaterkwaliteit.

De meeste van deze knelpunten zijn inderdaad in meer of mindere mate gesignaleerd. Veranderingen in de microbiologie zijn niet geconstateerd, maar hier is nog vrijwel geen onderzoek naar gedaan.

Naast de bekende knelpunten kwamen een aantal nieuwe zaken naar voren, zoals de praktische problematiek rond de winningsvergunningen, de grote mate van interactie van de drinkwatersector met de stakeholders in de omgeving (bv. Rijkswaterstaat, agrariërs, waterschappen, klanten), de snelle toename van het verbruik, en de discussie over de noodzaak en wenselijkheid van waterbesparing.

4. Zijn er nieuwe inzichten ontstaan en missen we nog kennis?

De inzichten in deze rapportage zijn voortgekomen uit de uitgewerkte casussen en vormen daarmee geen compleet beeld van alle mogelijke gevolgen van warmte en droogte voor de gehele drinkwatervoorziening. De ervaringen rond de droogte 2018 passen grotendeels in de kennisstand op dit gebied. Operationeel hadden de drinkwaterbedrijven voldoende mogelijkheden om problemen te voorkomen ofwel op te lossen. Desalniettemin zijn er een aantal nieuwe inzichten.

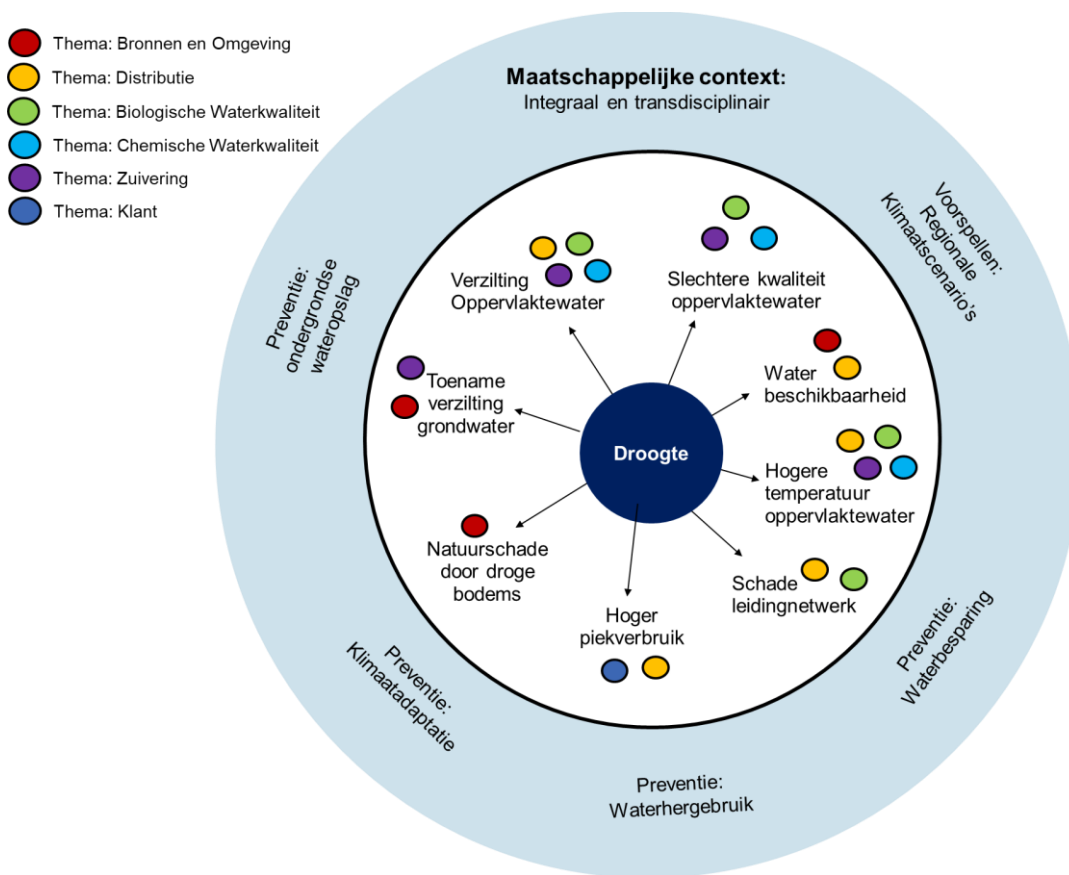
De interactie met stakeholders: de omstandigheden in 2018 lieten zien dat de drinkwatervoorziening een belangrijke stakeholder, maar ook één van de vele stakeholders is. Zo ligt bijvoorbeeld de winning van grondwater in gebieden met waterschaarste gevoelig ondanks de hoge prioriteit van drinkwater. Hieruit volgen onderwerpen als de mogelijkheden en wenselijkheid van waterbesparing (zelfs als er voldoende water aan de klant geleverd kan worden), en een duurzame winning voor de toekomst die is ingebed in een belangenafweging met alle stakeholders in een gebied. Ook de gevolgen van een langdurige periode met een zeer groot verbruik (zoals in de zomer van 2018 door bijvoorbeeld het sproeien van tuinen) zijn onduidelijk: een dergelijke periode kan effect hebben op de bedrijfsprestaties (bv. toename van storingen door voortdurend onder grote druk staan van leidingen), bedrijfsvoering (kennis en ervaring van operators), onderhouds- en vervangingsprogramma (is er nog tijd om op tijd filters te spoelen, de tijd voor inspecties en onderhoud wordt beperkt) en leveringszekerheid.

Verder werd duidelijk dat een aantal randvoorwaarden voor het gebruik en opdoen van kennis beperkt zijn geborgd:

- Ten eerste is relatief weinig bekend over de omstandigheden rond droogte in Nederland in het algemeen. In het onderzoek voor Nederland is veel meer nadruk gelegd op wateroverlast. Daardoor is nog veel onbekend over herhalingstijden, kans op samenvallen van neerslagtekort en lage afvoeren in Nederland, maar ook in de rest van het stroomgebied. Daardoor ontbreken volledige en bruikbare scenario's voor het integrale systeem van grond- en oppervlaktewater en verbruik. Dit is nodig om vragen te beantwoorden als:
 - In 2018 was de toevoer uit de Maas voldoende omdat het in het stroomgebied in Noord Frankrijk en België niet heel droog was. Hierdoor werden de grondwaterreserves minder aangesproken. Als een situatie voordoet waarbij zowel de Maas als de Rijn door lage debieten significante verslechtering van de waterkwaliteit plaatsvindt kunnen hier mogelijk wel problemen ontstaan.
 - Cumulatief grondwatertekort door opeenvolgende droge jaren: Uit de modellering van het LHM blijkt dat de grondwaterstanden zich voorjaar 2019 nog niet volledig hersteld hebben. Ook blijkt uit de opvolging van de droge jaren 2017 en 2018 in Vlaanderen een cumulatief watertekort te ontstaan (Bijlage V, Figuur V-4). Er is weinig bekend wat de gevolgen zijn van een cumulatief tekort op de watervoorziening.
- Veel beschikbare informatie is gericht op de werking van het hoofdwatersysteem, vanuit een hydrologisch perspectief. Door de dominantie van de Rijn in dat perspectief is er veel minder te vinden over de Maas. Ook de integrale visie met grondwater en verbruik is beperkt.

4.2 Kennisstand KWR

Figuur 4-1 geeft een beeld van de onderzoeksvelden gerelateerd aan het optreden van droogte en warmte en de relatie met de verschillende thema's binnen het BTO. Opvallend is dat op alle onderzoeksvelden BTO-themagroepen actief zijn. Er vindt binnen KWR veel onderzoek plaats gerelateerd aan effecten van klimaatverandering. Een groot deel van de opgekomen kennisvragen uit 4.1 kan hierbinnen mogelijk worden beantwoord. In het BTO programma 2013-2017 vormde klimaatadaptatie nog een apart thema, in het lopende BTO programma is het onderwerp versnipperd over alle thema's. Uit Figuur 4-1 is duidelijk te zien dat klimaat en droogte ingrijpt in alle aspecten van de drinkwatervoorziening, en dat het onderwerp daarmee uitermate multidisciplinair is. Dit is ook op te maken uit het feit dat bij de meeste onderzoeksvelden meerdere thema's tegelijk betrokken zijn.



Figuur 4-1 Kennisvragen en onderzoeksgebieden gerelateerd aan droogte (hierbij zijn zowel effecten van neerslagtekort als hoge temperatuur meegenomen)

Sinds 2018 is het nieuwe thema Integraal Assetmanagement actief, waarin vooral gekeken wordt naar de wijze van besluitvorming en de inrichting van integraal assetmanagement binnen de drinkwaterbedrijven. Effecten van klimaatverandering worden hier nog niet expliciet in meegenomen, wel wordt in een project over besluitvormingsprocessen gekeken hoe drinkwaterbedrijven in besluitvormingsprocessen omgaan met de veranderende vraag naar drinkwater (o.a. als gevolg van klimaatverandering). Via de themagroep distributie wordt wel aandacht aan dit onderwerp besteed, o.a. voor wat betreft hoger piekverbruik en schade aan het leidingnetwerk.

Er zijn meerdere kennisgebieden die gekenmerkt worden door hun integraliteit en verbinding aan de maatschappelijke context. Deze multidisciplinariteit wordt getoond in Figuur 4-1. Hieronder vallen bijvoorbeeld het verbeteren van de (regionale) klimaatscenario's en preventiemaatregelen op het gebied van waterbesparing en/of waterhergebruik, klimaatadaptatie en actieve aanvulling van grondwater. Vooral op deze gebieden wordt naast het BTO onderzoek ook veel klimaatgerelateerd onderzoek uitgevoerd binnen TKI projecten en het DPWE programma. Daarnaast wordt in verschillende EU projecten veel kennis ontwikkeld op het gebied van het verminderen van de onzekerheid in regionale klimaatscenario's, klimaatadaptatie, wateropslag en waterhergebruik (Bijlage III). Wat opvalt is dat klimaatadaptatie op dit moment geen project heeft binnen WICE, terwijl door de integraliteit en de verschillende stakeholders het onderwerp zich hier op het eerste gezicht zeer goed voor leent.

De complexiteit van het onderzoeksveld op deze gebieden wordt geïllustreerd door een groot en divers palet aan samenwerkingspartners en opdrachtgevers, zoals naast de drinkwaterbedrijven en Vewin, ook provincies, Rijkswaterstaat, waterschappen, gemeenten, marktpartijen en andere kennisinstituten, Ngo's zoals natuur- en sportvisserij organisaties, consumentenorganisaties, burgers, et cetera. De uitdaging is om binnen die diversiteit aan onderzoeksvelden de integrale visie en de uitwisseling van kennis te borgen, zeker nu een overkoepelende themagroep niet meer bestaat. Opvallend is dat sinds de zomer van 2018 de afstemming tussen verschillende onderzoekers en teams binnen KWR goed op gang is gekomen; er wordt in toenemende mate samengewerkt. Dit kwam mede op gang door interne nieuwsberichten. De vraag is nu hoe deze positieve ontwikkeling bestendig en geborgd kan worden binnen de organisatie zonder een toename aan programmamanagement. Daarnaast moeten de nieuw opgekomen onderzoeksvelden een plaats krijgen binnen KWR.

Dit verkennend onderzoek laat zien dat KWR een brede kennis heeft op het gebied van droogte-gerelateerde onderwerpen. Opvallend is daarbij wel dat de profilering van KWR in de media voornamelijk op wateropslag was gericht.

5 Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek

5.1 Synthese

Operationeel kan extreem weer zoals de droogte van 2018 worden opgevangen met het huidige kennisniveau. Op een aantal bedrijven na die tijdelijk water met lagere druk hebben gedistribueerd is er de gehele droge en warme periode voldoende en kwalitatief goed drinkwater geleverd. Hoe dat zich ontwikkelt als 2019 ook extreem droog wordt, weten we niet. Gezien de klimaatscenario's (Hoofdstuk 2) is het waarschijnlijk dat in de komende decennia de kans op warmte en droogte zal toenemen. De casussen hebben laten zien dat er in dat geval wel aandachtspunten zijn, zoals bijvoorbeeld hoge drinkwatertemperaturen, verzilting van het inlaatwater, optreden van storingen, overschrijding van de maandelijkse onttrekkingslimieten en de discussie over wel of niet oproepen tot waterbesparing. Een aantal van deze aandachtspunten is al belegd in huidig onderzoek of kan binnen het BTO programma worden opgenomen. Voor een aantal onderwerpen geldt dit niet of in mindere mate, zoals bijvoorbeeld het onderwerp waterbesparing dat relaties heeft met o.a. technische aspecten (Distributie), assetmanagement (IAM), governance, waarde in de keten en communicatie met de klant. Op dit moment is er veel aandacht voor afstemming en synergie tussen de verschillende onderzoeken gerelateerd aan klimaatverandering binnen de verschillende thema's, het is de uitdaging om dit structureel vast te houden.

De zomer van 2018 heeft laten zien dat de drinkwatersector slechts één van de stakeholders is in het integrale waterbeheer, en dat de prioriteit van drinkwater niet altijd meer vanzelfsprekend is. Dit dwingt tot keuzes. Een voorbeeld hiervan is het recente nieuwsbericht over de afspraken tussen de Provincie Noord-Brabant en Brabant Water over waterbesparing en het niet uitbreiden van de winningsvergunning. Deze keuzes vragen om onderbouwing met kennis.

Hiervoor is het nodig een overkoepelende integrale kennisstrategie te formuleren voor ondersteuning van de drinkwaterbelangen in het waterbeheer. Dit ondersteunt de drinkwaterbedrijven bij het maken van beleidskeuzes en leidt ook tot meer synergie tussen onderzoeksprojecten. Klimaatadaptatie is per definitie multidisciplinair, de onderstaande punten zijn daarom van belang:

1. Kennisuitwisseling: zowel tussen de drinkwaterbedrijven, met KWR en met andere partijen met relevante beleidsmatige, wetenschappelijke en praktische kennis;
2. Een platform waarin bedrijven kunnen bespreken wat belangrijk voor hen is;
3. Stelselmatige uitbouw van de kennis binnen KWR volgens een gedragen overkoepelende kennisstrategie;

5.2 Benodigde kennisopbouw

5.2.1 Aanpak randvoorwaarden

Er zijn verschillende scenario's voor klimaatverandering waar mee gewerkt wordt, zoals de huidige KNMI en deltasenario's. Hierin is echter weinig informatie beschikbaar over wat de omstandigheden zijn bij realistische extremen (bv. situaties die eens in de 10-20 jaar voorkomen). In het position paper over droogte en drinkwater van de Vewin van 12 februari 2019⁹ komt onder andere naar voren dat meer (inter)nationale afstemming nodig is over de waterbeschikbaarheid en waterkwaliteit van de Rijn en de Maas in tijden van droogte. Om de besluitvorming te ondersteunen is het belangrijk een geïntegreerd overzicht te hebben van de waterbeschikbaarheid, waterstromen, winning en lozing voor het gehele stroomgebied van Rijn en Maas. Daarnaast kunnen hiermee de gevolgen van bijvoorbeeld internationale ontwikkelingen onder verschillende klimaatscenario's beter worden ingeschat. Zo'n overzicht vraagt om systematische samenwerking met betrokken partijen en kennisinstituten (e.g. Deltares, KNMI en vergelijkbare Belgische, Duitse en Franse instituten) om de hydrologie, klimaatscenario's en gebruik met elkaar te verbinden. Daarnaast moet hiervoor ook verbinding worden gelegd naar equivalente internationale partijen in Vlaanderen en Frankrijk (Maas), Duitsland en Zwitserland (Rijn).

Hetzelfde geldt voor situaties waarbij extreme klimatologische omstandigheden samenvallen met een calamiteit, zoals bijvoorbeeld de pyrazool emissie in 2015, waardoor extra druk op het systeem ontstaat.

De beschikbaarheid, toegankelijkheid en kwaliteit van data is essentieel om snel tot wetenschappelijk onderbouwde aanbevelingen te komen. Voor de duiding van de intensiteit en gevolgen van de droogte is een groot aantal verschillende bronnen nodig. Belangrijke bronnen zijn bijvoorbeeld RWS Waterinfo, KNMI, RIVA en Hydronet. Het kost veel tijd om alle relevante informatie te verzamelen en om de data te controleren op kwaliteit. Het komt regelmatig voor dat reeksen onvolledig zijn en ook vertonen de data van verschillende bronnen soms inconsistenties, wat de interpretatie bemoeilijkt. Daarnaast komen veel data pas na een zekere periode beschikbaar, waardoor ten tijde van deze studie nog niet alle relevante informatie over de droogte beschikbaar was (bv. waterkwaliteitsdata Maas, beschikbaar in de loop van 2019, en effecten van droogte op natuur, verwacht voorjaar/zomer 2019). In 2018 loopt hierbij het bestuurlijke traject dus eigenlijk voor op de databeschikbaarheid.

5.2.2 Waterbesparing

In de zomer van 2018 was aanhoudend hoog verbruik voor een aantal drinkwaterbedrijven aanleiding om op te roepen tot waterbesparing. Hier lagen verschillende redenen aan ten grondslag, waaronder technische limieten en interactie met andere stakeholders. Andere drinkwaterbedrijven kozen er expliciet voor om niet op te roepen tot waterbesparing. In de toekomst worden dergelijke zomers naar alle waarschijnlijkheid frequenter en dat roept de volgende vragen op:

- Wat mogen we verwachten van toekomstig verbruik in het zomerhalfjaar, zowel piek als duur van huishoudelijk verbruik, industrie en de agrarische sector?
- Wat betekent dat voor het huidige systeem, zowel wat betreft prestaties, leveringszekerheid als bedrijfsvoering?

⁹ Droogte en Drinkwater, Vewin standpunt 12 februari 2019, http://www.vewin.nl/standpunten/paginas/Droogte_en_Drinkwater_181.aspx

- Welke opties zijn er om het systeem aan te passen op het gebied van afvlakken van pieken, netwerkontwerp en bedrijfsvoering?
- Wat zijn de voor- en nadelen (inclusief risico's) van deze opties?
- Wat zijn de (maatschappelijke) kosten en baten van deze opties?

Beantwoording van deze vragen biedt inzicht in de meest plausibele scenario's voor het omgaan met een toename van zowel hoogte als duur van piekverbruik. De drinkwaterbedrijven kunnen deze informatie o.a. gebruiken als onderbouwing van de bepaling van een sector breed standpunt over waterbesparing in de toekomst.

5.2.3 Alternatieve bronnen en robuuste watersystemen

Veel van de nu gebruikelijke bronnen worden kwetsbaarder in de toekomst door risico's op perioden met neerslagtekorten, lage rivierafvoeren, slechtere waterkwaliteit en toename van verbruik door meerdere stakeholders. Om deze kwetsbaarheid te verkleinen, zijn er diverse mogelijkheden, zoals:

- Diversificatie van bronnen en dan vooral nieuwe bronnen die robuust zijn bij klimaatverandering, zoals bronnen uit reststromen, ontzilting van zout of brak oppervlakte- of grondwater of regenwater;
- Gebruik maken van de buffercapaciteit van het systeem door (ondergrondse) opslag van water voor het opvangen van pieken;
- Vasthouden en infiltreren van regenwater in de ondergrond, zodat de grondwaterstanden sneller herstellen en stabiel blijven. Hierbij hoort ook dynamisch peilbeheer door agrariërs
- Lokale wateropslag (e.g. urban waterbuffer), groenblauwe daken, en het reduceren van verharding in bestaande en nieuwe stedenbouwkundige plannen kunnen helpen bij een sneller herstel van de grondwaterstand en bij voorkomen van hoge temperaturen in het leidingnetwerk.

Daarnaast is het beheer en governance van grondwater door de droogte 2018 sterk onder de aandacht gekomen. Door dat het grondwaterbeheer en verlening van onttrekkingsvergunningen bij verschillende regionale partijen ligt (e.g. waterschappen en provincies) is er geen duidelijke landelijke visie. Onder andere Vewin pleit voor een versterking van de governance op het gebied van grondwater, en een integrale gebiedsgerichte visievorming met alle betrokken overheden (Vewin, position paper, 12 februari). Dit sluit aan bij het pleidooi van Raat et al. (2019) voor meer regie op (en een proactief) grondwaterbeheer in Nederland. Om dit te ondersteunen is meer kennis nodig over de dynamiek van grondwater kwantiteit en kwaliteit, en de daarmee verbonden gevolgen voor landbouw en milieu (hoofdstuk 3.4.3). Er loopt veel onderzoek op dit gebied (Bijlage III), maar hier zal ook in de komende jaren zowel fundamenteel als toegepast onderzoek nodig blijven om deze vragen te kunnen beantwoorden.

5.3 Kennisuitwisseling

Een aantal kennisvragen over de omstandigheden gaat over zaken waar samenwerking moet worden gezocht met kennisinstellingen als Deltares, RIVM, KNMI en universiteiten. Het is aan te bevelen om de samenwerking met deze instituten op het gebied van droogte en klimaatadaptatie verder vorm te geven, bijvoorbeeld door het meer gezamenlijk uitvoeren van onderzoeksprojecten en het actief uitwisselen van kennis. Dit zorgt er dan ook voor dat het belang van drinkwater beter wordt meegenomen in deze studies. Daarnaast wordt internationaal veel onderzoek gedaan

op het gebied van droogte en klimaatadaptatie. Recent is bijvoorbeeld het Global Center on Adaptation (GCA) in Rotterdam en Groningen geopend. Hier wordt op initiatief van de VN een internationaal netwerk van leidende kennisinstituten, bedrijven, Ngo's, lokale en nationale overheden, internationale organisaties en de financiële sector opgezet op het gebied van klimaatadaptatie. Dit biedt kansen om hier actiever internationaal kennis uit te wisselen. Er is veel kennis opgebouwd in de verschillende in dit rapport genoemde EU projecten, die ook worden gebruikt binnen het BTO. Het is nodig om hierin actiever verbindingen te leggen en relevante kennis te communiceren. Ook tussen drinkwaterbedrijven, kennisinstituten en andere partijen blijft het nodig actief kennis uit te wisselen.

6 Referenties

Agudelo-Vera, C. M., 2018, Aanpak om de hotspots in het leidingnet terug te dringen KWR, Nieuwegein, BTO 2018.024, pp. 38.

Agudelo-Vera, C. M., and Fujita, Y., 2017, Hotspots in het leidingnet. KWR, Nieuwegein, BTO 2017.023, pp. 43.

Aus Der Beek, T. (Coordination); Alves, E.; Becker, R.; Bruggeman, A.; Fortunato, A.; Freire, P.; Gragne, A.; van Huijgevoort, M.H.J. ; Iacovides, A.; Iacovides, I.; Kristvik, E.; Locatelli, L.; Lorza, P.; Mouskoundis, M.; Muthanna, T.; Nottebohm, M.; Novo, E.; Oliveira, M.; Rijkema, S.; Rodrigues, M.; Rodrigues, R.; Russo, B.; Scheibel, M.; Sunyer, D.; Teneketzi, E.; Vayanou, P.; Viseu, T.; Voortman B.R.; Witte F. (2018). D3.4 - Model results for water and land use scenarios completed and analysed. Deliverable 3.4 of Project BINGO

Baggelaar, P. K., and Smits, A., 2003, Detecteren invloed gewijzigd spuibeheer, RIWA, Nieuwegein.

Baken, K., A. Kolkman, P. van Diepenbeek, H. Ketelaars & A.P. van Wezel. Signalering van 'overige antropogene stoffen', en dan? De pyrazool-casus. H2O online 2016.

Beersma, J., and Buishand, T. A., 2004, Droog, droger, droogst; bijdrage van het KNMI aan de eerste fase van de Droogtestudie Nederland, in: KNMI-publicatie 199-1, KNMI en RIZA.

Blokker, E. J. M., and Pieterse-Quirijns, I., 2010, Model voor de berekening van de watertemperatuur in het leidingnet, in: H2O, pp. 46-49.

Bonte, M., 2009, Drinkwaterfunctie Markermeer en verzilting IJsselmeergebied, KWR, Nieuwegein, BTO 2009.041 (s), pp. 59.

Clevers, S.H.P., E. Dorland, J. van Vossen, A.M. Verschoor en E. Emke (2019). Buffercapaciteit drinkwatervoorziening Nederland, KWR, Nieuwegein, BTO 2019.024.

CLO (Compendium voor de Leefomgeving), 2018.
<https://www.clo.nl/indicatoren/nl0566-temperatuur-oppervlaktewater>

Corrales-Duque, A., 2018. Relation of river discharge and precipitation with water intake stops: the Meuse case. MSc thesis Utrecht University.

Dufour, F. C., 1998, Geologie van Nederland, deel 3: Grondwater in Nederland, TNO, Delft.

Graveland, C., Baas, K., and Opperdoes, E., 2017, Physical water flow accounts with supply and use and water asset/water balance assessment NL, CBS, Den Haag.

H2O actueel, 2018, Rijn en IJssel roept grondeigenaren op regenwater vast te houden, H2O, 10 december 2018

Huisman, P., 2004, Water in The Netherlands, NHV, Utrecht.

Hurkmans, R., W. Terink, R. Uijlenhoet, P. Torps, D. Jacob, and Troch, P. A., 2010, Changes in streamflow dynamics in the Rhine basin under three high-resolution Journal of climate 23:679-699.

Klijn, F., Velzen, E. v., Maat, J. t., and Hunink, J., 2012, Zoetwatervoorziening in Nederland; aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21ste eeuw, Deltares.

KNMI, 2006, Klimaat in de 21ste eeuw- vier scenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, NL.

KNMI, 2009, Klimaatverandering in Nederland: Aanvullingen op de KNMI '06 scenario's (A.M.G. Klein Tank, and G. Lenderink, eds.), KNMI rapport 233.

Linden, E. C. v. d., Haarsma, R. J., and Schrier, G. v. d., 2019, Resolution-dependence of future European soil moisture droughts, Hydrol. Earth Syst. Sci. 23, 191-206.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2018. Aanvullende maatregel tegen verzilting drinkwaterinname bij Andijk. Brief aan de Tweede Kamer. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2018/09/13/aanvullende-maatregel-tegen-verzilting-drinkwaterinname-bij-andijk/aanvullende-maatregel-tegen-verzilting-drinkwaterinname-bij-andijk.pdf>

Ntegeka, V., Wolfs, V., Willems, P., 2017, 'Impact van klimaatverandering op meteorologische droogte', Studierapport voor Vlaamse Milieumaatschappij

Raat, K.J., Bartholomeus, R.P., Cirkel, G.C., Van Huijgevoort, M.H.J., Paalman, M.A.A., 2019. Actief grondwaterbeheer onvermijdelijk, maar wie voert de regie? H2O online, <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-podium/opinie/actief-grondwaterbeheer-onvermijdelijk-maar-wie-voert-de-regie>

Rijk, S. d., Keizer, O. d., Wit, M. d., and Ven, F. H. M. v. d., 2010, Invloed van steden en klimaatverandering op de Rijn en de Maas, Deltares, Delft.

RIWA (Vereniging van Rivierwaterbedrijven), 2018. RIWA-Maas database Nieuwegein.

RWS (Rijkswaterstaat), 2018. Waterinfo. <https://waterinfo.rws.nl/>

Sevellec, F., and Drijfhout, S., 2018, A novel probabilistic forecast system predicting anomalously warm 2018-2022 reinforcing the long-term global warming trend, Nature Communications 9:3024.

Sjerps, R.M.A., T.L. ter Laak & G.J.J.G. Zwolsman, 2017. Projected impact of climate change and chemical emissions in the water quality of the European rivers Rhine and Meuse: a drinking water perspective. Science of the Total Environment 601-602: 1682-1694. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.05.250>

- Sluiter, R., Plieger, M., Oldenborgh, G. J. v., Beersma, J., and Vries, H. d., 2018, De droogte van 2018: een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort, KNMI.
- Tabari, H., Taye, M.T., Willems, P., 2015, 'Water availability change in central Belgium for the late 21th century', *Global and Planetary Change*, 131, 115-123
- Tank, A. K., Beersma, J., Bessembinder, J., Hurk, B. v. d., and Lenderink, G., 2015, KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland (herziene uitgave 2015), KNMI.
- van Bel, N., 2017. Literatuuronderzoek naar de invloed van temperatuur op groei van opportunistische pathogenen in drinkwater. BTO 2017.024, KWR, Nieuwegein.
- van der Wielen, W. J. J., 2014, Rol van drinkwater, biofilm en temperatuur op groei van opportunistische pathogenen, KWR, Nieuwegein, BTO 2014.217(s), pp. 37.
- Van Loon, A. F., and H. A. J. Van Lanen, 2013, Making the distinction between water scarcity and drought using an observation - modeling framework, *Water Resour. Res.*, 49, 1483-1502, doi:10.1002/wrcr.20147.
- Van Loon, A. F., Stahl, K., Di Baldassarre, G., Clark, J., Rangelcroft, S., Wanders, N., Gleeson, T., Van Dijk, A. I. J. M., Tallaksen, L. M., Hannaford, J., Uijlenhoet, R., Teuling, A. J., Hannah, D. M., Sheffield, J., Svoboda, M., Verbeiren, B., Wagener, T., and Van Lanen, H. A. J., 2016: Drought in a human-modified world: reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 20, 3631-3650, <https://doi.org/10.5194/hess-20-3631-2016>.
- Van Vossen, J., D.G. Cirkel, N.J. Nijhuis, G.A.M. Mesman en H. Huiting, 2019, Achtergrond chloridenormering en analyse effecten van overschrijding van de norm. KWR, Nieuwegein, BTO 2019.014.
- Vertommen, I., and Blokker, E. J. M., 2016, Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik in DMA's, KWR, Nieuwegein, BTO 2016.004, pp. 44.
- Vertommen, I., Blokker, E. J. M., Albert, M., and Agudelo-Vera, C. M., 2018, Weers- en seizoensinvloeden op waterverbruik II, KWR, Nieuwegein, KWR 2018.043, pp. 91.
- Vertommen, I., Blokker, E. J. M., and Urbanus, J., 2016, Weers- en seizoensinvloeden op huishoudelijk waterverbruik in DMA's, in: H2O-Online.
- Vonk, E., Cirkel, D. G., and Leunk, I., 2017, De gevolgen van klimaatverandering en vakantiespreiding voor de drinkwatervraag, KWR, Nieuwegein, BTO 2017.043, pp. 59.
- Waterschap Brabantse Delta, 2018. Hoofdrapport evaluatie droogte 2018.
- Wols, B. A., van Summeren, J., Mesman, G. A., and Raterman, B., 2016, Fysieke kwetsbaarheid leidingnet voor klimaatverandering, KWR, Nieuwegein, BTO 2016.016, pp. 87.
- Zwolsman, G. J., Cirkel, D. G., Hofs, B., Kardinaal, E., Learbuch, K., Runhaar, H., van der Schans, M., Smeets, P., van Thienen, P., van der Wielen, P., Witte, F., and Wols, B., 2014,

Risico's van klimaatverandering voor de drinkwatersector, KWR, Nieuwegein, BTO 2014.027, pp. 144.

Bijlage I Aan droogte en drinkwater gerelateerde berichten in media, vakbladen en actuele ontwikkelingen (juni - december 2018)

De droogte in zomer/herfst 2018 vormt een aanleiding voor partijen om te evalueren wat de gevolgen van droogte zijn voor de Nederlandse watersector. Naast de evaluaties van de individuele waterbedrijven en VEWIN lopen momenteel initiatieven van het ministerie van I&W voor de Beleidstafel Droogte, en van verschillende provincies en waterschappen. Verder is kennis uitgewisseld op onder andere de kennisdag Zoetwater (georganiseerd door de STOWA op 27 november), binnen het deltaprogramma Zoetwater, in het kennisnetwerk Ontwikkeling & Beheer Natuurkwaliteit (OBN), tussen Nederlandse onderzoeksinstituten en universiteiten, en in Europees verband via het European Drought Centre.

In de media kwamen binnen de aan drinkwater gerelateerde berichten onder het thema droogte vele aspecten aan de orde. Deze worden samengevat in Tabel I-1. Van de aan KWR gerelateerde kennis was vooral veel aandacht voor het onderwerp wateropslag, wat onder meer werd gepubliceerd in AD, Volkskrant en EenVandaag. Daarnaast was er aandacht voor de verziltingsproblematiek in het IJsselmeer, de lage grondwaterstanden op de hoge zandgronden, en de oproepen tot regionale waterbesparing.

Tabel I-1 Overzicht nieuwsitems.

keyword	bron	link
<i>algemeen</i>	NOS	https://nos.nl/op3/artikel/2256743-nu-merken-we-pas-echt-hoe-gortdroog-de-zomer-was.html
<i>algemeen</i>	NRC	https://www.nrc.nl/nieuws/2018/08/09/deze-droogte-is-een-live-stresstest-a1612563
<i>algemeen</i>	KNMI	https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/hydrologische-droogte-zet-door
<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/2140-waterbeheer-gebaat-bij-satellietdata-over-droogte
<i>algemeen</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/ijsselmeer-s-zomers-flexibel-waterpeil-tegen-droogte/
<i>algemeen</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/vlaanderen-erkent-droogte-2018-als-ramp-voor-landbouw/
<i>algemeen</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/aftrap-beregeningsverbod-in-limburg/
<i>algemeen</i>	RTV oost	https://www.rtvooost.nl/nieuws/301391/Waterschap-Vechtstromen-trekt-onttrekingsverboden-in
<i>algemeen</i>	VTM.be	https://nieuws.vtm.be/binnenland/maatregelen-droogte-waren-onduidelijk-zegt-schauvliege?referer=https://www.inoreader.com/
<i>algemeen</i>	Metrotime.be	https://nl.metrotime.be/2018/08/17/news/gouverneur-briers-goede-waterhuishouding-is-een-van-onze-grootste-uitdagingen/
<i>algemeen</i>	NOS	https://nos.nl/artikel/2257692-bellenschermen-ijmuiden-uit-voor-trektocht-schieralen-naar-sargassozee.html
<i>algemeen</i>	de Gelderlander	https://www.gelderlander.nl/home/we-hebben-een-nieuwe-vijand-niet-hoog-water-maar-de-droogte~a7531383/?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=socialsharing_web

<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/nieuwe-reservoirs-leiden-juist-tot-groter-watertekort
<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/droogtemonitor-weinig-veranderd-in-droogtesituatie
<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/nhi-in-2019-hoger-risico-op-watertekorten
<i>algemeen</i>	Brabantse delta	https://www.brabantsedelta.nl/nieuws/2018/11/waterschap-evalueert-droogte-2018-tijd-voor-gezamenlijke-actie.html
<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/jelle-hannema-vitens-laten-wel-landelijk-eenduidig-communiseren-over-droogte-5
<i>algemeen</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-premium/leren-van-de-droogte
<i>algemeen</i>	waterforum	https://www.waterforum.net/weersomslag-maakt-einde-aan-maandenlange-droogte-en-lage-rivierafvoeren/
<i>algemeen</i>	UVW	https://www.uvw.nl/nog-steds-problemen-met-de-droogte-in-nederland/
<i>algemeen / waterverdeling</i>	HLN (BE)	https://www.hln.be/nieuws/binnenland/oost-vlaams-gouverneur-waarschuwt-voor-toekomstige-waternood-vlaanderen-bij-gevoeligste-regio-s-in-europa-voor-watertekort~aadcd6b3/?utm_medium=rss&utm_content=Binnenland&referer=https%3A%2F%2Fwww.inoreader.com%2F
<i>bronnen</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>bronnen</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>bronnen</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>Bronnen / governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>Bronnen / governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>distributie</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>distributie</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/2146-klanten-oasen-douchen-korter-maar-wel-tijdens-de-piek
<i>ecohydrologie</i>	Land en Water, 3 nov 2018	https://www.landenwater.nl/deze-maand-in-l-w/item/3006194-aandacht-nodig-voor-effect-mossen-op-grondwaterbalans
<i>governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>governance / grondwater</i>	AD	https://www.ad.nl/binnenland/huizen-scheuren-door-droogte-honderdduizenden-woningen-lopen-gevaar~ada8c6b7/
<i>grondwater</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>grondwater</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>grondwater</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>grondwater</i>	waterforum	https://www.waterforum.net/natuurmonumenten-pleit-voor-verhoging-grondwaterpeil/
<i>grondwater</i>	Gelrenieuws	https://www.gelrenieuws.nl/2018/10/grondwater-te-kort-nog-steds-300mm-sproeiverbod-verlengt.html
<i>grondwater</i>	de Limburger	https://www.limburger.nl/cnt/dmf20181004_00075444/nog-steds-zorgen-over-watertekort-grondwaterpeil-twee-meter-lager-dan-normaal

<i>grondwater</i>	nu.nl	https://www.nu.nl/binnenland/5540897/waterschap-voorziet-nieuwe-problemen-met-droogte-in-2019.html
<i>grondwater</i>	STOWA	https://www.stowa.nl/nieuws/waterwijzers-wijzen-de-weg
<i>grondwater</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/brabants-waterschap-gaat-stuwen-om-grondwaterpeil-te-verhogen/
<i>grondwater</i>	trouw	https://www.trouw.nl/groen/de-gevolgen-van-de-droge-zomer-lijken-volgend-jaar-nog-harder-aan-te-komen~a5b30376/
<i>grondwater</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/nhi-in-2019-hoger-risico-op-watertekorten
<i>grondwater</i>	EenVandaag	https://eenvandaag.avrotros.nl/item/waterschap-luidt-noodklok-over-extreme-droogte/
<i>Opslag / hergebruik</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>Opslag / hergebruik</i>	AD	https://www.ad.nl/binnenland/nat-nederland-is-blind-voor-droogte-drinkwater-loopt-gevaar~a2b2e676/
<i>Opslag / hergebruik</i>	Het Waterschap	https://www.vpdelta.nl/nl/delta-story/bodem-biedt-zee-aan-ruimte
<i>Opslag / hergebruik</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/industrieel-restwater-kan-watertekorten-landbouw-terugdringen
<i>Opslag / hergebruik</i>	Volkskrant	https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/sparen-voor-de-droogte-gebruik-de-bodem-als-watertank-~b173286d/
<i>verbruik</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verbruik</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verbruik</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verbruik</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verbruik</i>	omroep Flevoland	https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/162860/vitens-meer-capaciteit-nodig-voor-toekomst
<i>verbruik / klant</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/2146-klanten-oasen-douchen-korter-maar-wel-tijdens-de-piek http://www.standaard.be/cnt/dmf20180803_03646396
<i>verdeling / bronnen</i>	de Standaard	http://www.standaard.be/cnt/dmf20180803_03646396
<i>verzilting</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verzilting</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>verzilting</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/2366-waterstand-van-rijn-bereikt-nieuw-laagterecord
<i>verzilting</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/zoetwaterboten-voor-pwn-varen-voorlopig-nog-niet/
<i>verzilting</i>	H2O	https://www.waterforum.net/voorlopig-wint-nederland-de-strijd-tegen-het-zoute-water/
<i>verzilting</i>		https://www.waterforum.net/rijkswaterstaat-en-waterschappen-gestopt-met-aanvoer-extra-zoet-water-naar-west-nederland/
<i>verzilting</i>	Waterforum	https://www.waterforum.net/zoutindringing-vanuit-zee-is-nog-steeds-een-probleem/
<i>waterkwaliteit</i>	Waterspiegel, 3 sept 2023	
<i>watervedeling</i>	Omroep Flevoland	https://www.omroepflevoland.nl/nieuws/164537/ministerie-wil-zorgen-ito-over-ijssemeergebied-wegnemen

<i>waterverdeling</i>	Metrotime.be	https://nl.metrotime.be/2018/09/06/news/vlaamse-overheid-gaat-voorrangsregels-voor-waterverbruik-opleggen/
<i>waterverdeling / algemeen</i>	Nieuwe Oogst	https://www.nieuweoogst.nu/nieuws/2018/10/30/waterschappen-in-gesprek-over-afstemming-droogte
<i>waterkwaliteit</i>	H2O	https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-nieuws/2165-waterkwaliteit-ondanks-regen-verder-verslechterd
<i>WICE</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>WICE</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>WICE</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>WICE/ governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx
<i>WICE/ governance</i>	Waterspiegel, 3 sept 2018	http://www.vewin.nl/publicaties/waterspiegel/paginas/201803_39.aspx?source=%2fpublicaties%2fPaginas%2fdefault.aspx

Bijlage II Droogte in de toekomst

We maken onderscheid in de ontwikkelingen in de afgelopen decennia en de scenario's voor de toekomst.

II.1 Observaties neerslagtekorten afgelopen eeuw

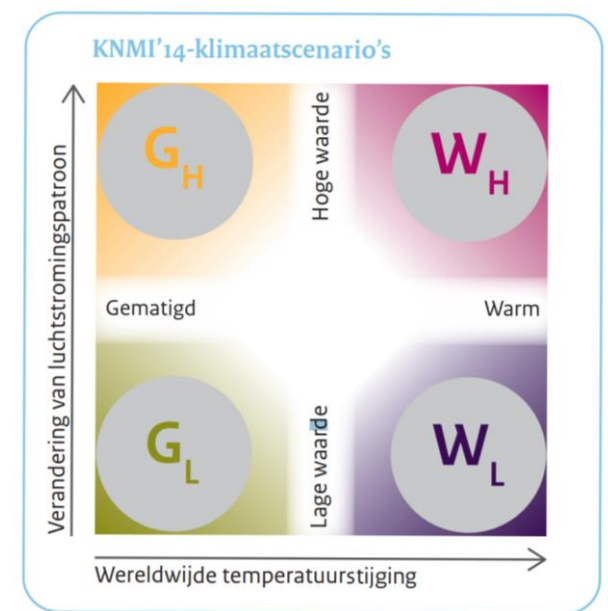
Een neerslagtekort ontstaat door een combinatie van hoeveelheid neerslag en verdamping. In de KNMI rapportage van Sluiter et al. (2018) is een analyse gemaakt voor deze grootheden in de afgelopen 100 jaar. Daaruit blijkt dat de waarnemingen een toename in de lente en zomerneerslag (de maanden mei en juni, juli laat dit niet zien) laten zien van zo'n 15-30%, vooral langs de kust, resulterend in een afname van de kans op een lage neerslagsom als in 2018 met een factor 2. De verdamping wordt beïnvloed door de temperatuur en de inkomende zonnestraling. De temperatuur is in Nederland de afgelopen 100 jaar toegenomen met 1,5-2 °C. De zonnestraling kende sinds de jaren '70 eerst een afname door luchtvervuiling en na de jaren '80 een toename door afname van de luchtvervuiling en mogelijk een afname in bewolking door drogere lucht vanuit het zuiden, veroorzaakt door een opwarming van het Middellandse Zeegebied. Sluiter et al. (2018) concludeert dat de trends van toename van neerslag en zomers met meer verdamping elkaar de afgelopen eeuw hebben gecompenseerd, waardoor de kans op een bepaald neerslagtekort in totaal niet is veranderd. Het is niet bekend of er regionale trends zijn. De actuele verdamping kan wel veranderd zijn door verschillen in landgebruik, dit wordt niet meegenomen in de berekening van het neerslagtekort (dit is gebaseerd op potentiële referentiegewasverdamping).

II.2 Toekomstprojecties neerslagtekorten

Verschillende klimaatmodellen laten andere uitkomsten zien, wat een bandbreedte in mogelijke toekomstscenario's geeft. Op basis hiervan genereert het KNMI eens in de 5-7 jaar voor Nederland plausible scenario's. De meest recente scenario's zijn opgesteld in 2014 (Klein Tank et al., 2015), er is een herziening voorzien rond 2021.

Figuur II-1 geeft een overzicht van de klimaatscenario's uit 2014. Er zijn vier scenario's die een ruimte van plausible scenario's representeren. In Van den Hurk et al (2014) worden de achtergronden van de scenario's toegelicht. Elk scenario bestaat uit 2 letters die de twee assen in het figuur representeren, namelijk:

- G of W: dit representeert een Gematigd (G) en een Warm (W) scenario van wereldwijde temperatuurstijgingen;
- L of H: dit representeert een Lage (L) of Hoge (H) verandering in patronen in luchtstromingen.



Figuur II-1 Overzicht van de KNMI klimaatscenario's 2014, figuur overgenomen uit de KNMI brochure.

Als het gaat over neerslagtekort, dan laten de vier scenario's het volgende zien, Tabel II-1. Een aantal zaken zijn duidelijk:

- Niet alle veranderingen verlopen lineair in tijd. Bijvoorbeeld, de temperatuurverandering t.o.v. de referentiesituatie is in 2085 voor de G scenario's niet heel anders dan in 2050. Hier is rekening gehouden met een afvlakking in wereldwijde temperatuurstijging door bv. afname van emissies door maatregelen.
- Voorspellingen in de ontwikkelingen in hoeveelheid zomerneerslag variëren tussen een lichte toename tot een sterke afname. Met name het WH scenario kent een sterke afname.
- Alle scenario's laten een toename van de verdamping zien.
- De voorspellingen voor het neerslagtekort laten voor 2050 een duidelijke tweedeling zien: beperkte veranderingen in de L-scenario's met beperkte verandering in luchtstromingspatronen en aanzienlijke veranderingen in de H-scenario's met grotere veranderingen in luchtstromingspatronen.
- De voorspellingen voor het neerslagtekort voor 2085 laten een opvallend beeld zien met maar één scenario dat beperkte verandering in neerslagtekort laat zien (GL), twee scenario's met aanzienlijke veranderingen (GH en WL) en één scenario met grote veranderingen (WH).

Op basis hiervan is geconcludeerd door Sluiter et al. (2018) dat de herhalingstijden van een neerslagtekort, zoals in 2018, kunnen veranderen van eens in de 30 jaar in het huidige klimaat naar eens in de 15 tot 25 jaar rond 2050 en eens in de 10 tot 25 jaar in 2085.

Tabel II-1 Overzicht veranderingen in de KNMI 2014 klimaatscenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085 t.o.v. de referentiesituatie (1981-2010). De zomerneerslag representeert de gemiddelde hoeveelheid neerslag in de maanden juni, juli en augustus. De zomerverdamping representeert de gemiddelde potentiële verdamping in de maanden juni, juli en augustus. Het neerslagtekort representeert de gemiddeld hoogste waarde tijdens het groeiseizoen. De zichtjaren representeren de klimatologie van een periode van 30 jaar.

Jaar	Gemiddelde zomerT [° C]				Zomerneerslag [%]				Zomerverdamping [%]				Neerslagtekort [%]			
	GL	GH	WL	WH	GL	GH	WL	WH	GL	GH	WL	WH	GL	GH	WL	WH
2050	+1,0	+1,4	+1,7	+2,3	+1,2	-8	+1,4	-13	+4	+7	+4	+11	+4,5	+20	+0,7	+30
2085	+1,2	+1,7	+3,2	+3,7	+1,0	-8	-5,0	-23	+3,5	+8,5	+9	+15	+1,0	+19	+14	+50

De KNMI klimaatscenario's dateren uit 2014 en de volgende worden pas rond 2021 gepubliceerd. Echter, er is een aantal recente onderzoeken die een interessant beeld geven.

Een studie van Sevellec and Drijfhout (2018) op basis van de interjaarlijkse variaties van temperatuur van de lucht en van het zeewater suggereert dat de kans groter is dan gemiddeld dat de komende drie jaar warmer en droger dan gemiddeld uitpakken. Deze studie zegt niets over klimaatverandering, maar suggereert wel iets over de komende drie jaar.

Een studie door Van der Linden et al. (2018) suggereert dat de nu gebruikelijke resolutie waarmee klimaatmodellen worden gesimuleerd de kans op droogte onderschat. Een simulatie met het klimaatmodel EC-Earth op 2 resoluties laat zien dat op de fijne resolutie zowel de luchtstromingspatronen als de feedback met lokaal bodemvocht beter wordt gerepresenteerd dan op de grovere resolutie. Dit model laat in vergelijking met de gebruikelijke resolutie een klimaat aan het einde van de 21^{ste} eeuw zien met lentes met meer verdamping en zomers met minder neerslag en bewolking, waardoor de kans op droge zomers aanzienlijk toeneemt. Ook laat dit model zien dat het grondwater tussen droge zomers niet altijd meer kan aanvullen. Opgemerkt moet worden dat dit slechts één klimaatmodel betreft met een beperkt aantal simulaties; het gaat in het artikel om het aantonen van het belang van resolutie, niet specifiek om het voorspellen van toekomstig klimaat. Andere klimaatmodellen kunnen een ander beeld laten zien, zoals klimaatmodellen ook op grovere resolutie onderling verschillende beelden laten zien. Daarom werken projecties van klimaatveranderingen altijd met ensembles van verschillende modelresultaten.

Het is lastig om één specifiek jaar te vergelijken met klimaatscenario's, maar opvallend is dat de droogte van 2018 een ander luchtstromingspatroon kent dan de droogte veroorzakende patronen in de klimaatscenario's. De langdurige droogte in Nederland in 2018 werd veroorzaakt door een zeer stabiel hogedrukgebied boven Scandinavië, waardoor in Nederland een noorden- of oostenwind domineerde en er minder vocht vanuit het westen werd aangevoerd. De voorspelde droogte in de KNMI klimaatscenario's hangt samen met de opwarming in het Middellandse Zeegebied. Het KNMI gaat er daarom vooralsnog van uit dat de zomer van 2018 een toevalstreffer was en niet direct het gevolg van klimaatverandering (Bron: KNMI website: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/waar-was-de-westenwind>). De effecten van

de droogte zijn echter wel een goede graadmeter voor vergelijkbare droogteperioden in de toekomst, zij het met een andere oorzaak.

II.3 Voorspellingen rivierafvoeren

De meeste studies naar rivierafvoeren in Nederland zijn gericht op projecties van extreem hoge rivierafvoeren. Van lage rivierafvoeren is veel minder bekend. In 2010 verscheen een studie van R. Hurkmans et al. (2010) die op basis van een hydrologisch model gevoed door uitkomsten van een regionaal klimaatmodel een voorspelling heeft gedaan tot het einde van de 21^{ste} eeuw voor het stroomgebied van de Rijn. De uitkomsten lieten een lichte toename in neerslag (de grootste toename in de winter) zien voor het noordelijk Rijngebied en een afname van zomerneerslag voor het zuidelijke Rijngebied. De smeltpiek verschoof naar vroeger in het jaar. De studie voorspelt dat een extreem lage afvoer die in het huidige klimaat eens in de 100 jaar voorkomt, in het klimaat rond 2050 eens in de 15 tot 50 jaar kan voorkomen en rond 2100 eens in de 3 tot 10 jaar. Hierbij wordt opgemerkt dat dit op de resultaten van slechts één klimaatmodel is gebaseerd en waarschijnlijk slechts één RCP.

Een studie van Rijk et al. (2010) op basis van historische neerslag- en temperatuurseries suggereert de volgende karakteristieken voor de afvoer in de Rijn bij Lobith, Tabel II-2, en in de Maas bij Borgharen, Tabel II-3. De gemiddelde zomerafvoer neemt in deze scenario's voor de Rijn tot 23% af rond 2050 en tot 40% rond 2100. De gemiddelde zomerafvoer van de Maas verandert van een toename van 5% tot een maximale afname van 19% rond 2050, naar een toename van 11% tot een maximale afname van 25% rond 2100. Hierbij wordt opgemerkt dat de genoemde klimaatscenario's W en W+ de KNMI klimaatscenario's uit 2006 betreft (KNMI, 2006, 2009).

Tabel II-2 Voorspelling lage Rijnafvoeren bij Borgharen, tabel overgenomen uit Deltares (2010).

Lage Rijnafvoeren bij Lobith [m ³ /s]	Huidige klimaat	2050		2100	
		W	W+	W	W+
5% percentiel jaarlijkse afvoer	1000	1051	735	1098	476
Gemiddelde juni, juli, augustus	2074	2077	1599	2093	1251
10% percentiel zomergemiddelde	1463	1465	1131	1475	889

Tabel II-3 Voorspelling lage Maasafvoeren bij Borgharen, tabel overgenomen uit Deltares (2010).

Lage Maasafvoeren bij Borgharen [m ³ /s]	Huidige klimaat	2050		2100	
		W	W+	W	W+
5% percentiel jaarlijkse afvoer	16	17	11	18	10
Gemiddelde juni, juli, augustus	96	101	78	107	72
10% percentiel zomergemiddelde	35	36	29	39	27

Op basis van de Deltascenario's 'RUST' en 'STOOM' is een projectie gemaakt door Rijkswaterstaat voor de periode 1967 tot en met 2007 van de gemiddelde dagafvoeren in de Rijn bij Lobith en de Maas bij Eijsden. Het scenario 'RUST' is een combinatie van het KNMI-scenario GL en beperkte groei van economie en bevolking, het scenario 'STOOM' is een combinatie van het KNMI-scenario WH en sterke groei van economie en bevolking. De projecties voor de jaren 1967, 1976 en 1989 voor de afvoer in de

hydrologische zomer (april tot en met september) voor het zichtjaar 2050 staan in Tabel II-4. Het jaar 1967 representeert een normaal hydrologisch jaar, 1989 een droog en 1976 een zeer droog jaar. Ook hier zijn veranderingen in afvoer te zien rond 2050 van een lichte toename in zomerafvoer tot afnames van rond 20%.

Tabel II-4 Overzicht van zomerafvoer (april-september) van Rijn en Maas in de Deltascenario's 'RUST' en 'STOOM'.

Aanvoer Eijsden/Lobith [km ³ /zomer]	Huidig klimaat		RUST		STOOM	
	Maas	Rijn	Maas	Rijn	Maas	Rijn
1967	1,3	28	1,3 (0%)	30 (+7%)	1,0 (-23%)	23 (-18%)
1989	1,7	21	1,7 (0%)	22 (+5%)	1,4 (-18%)	17 (-19%)
1976	0,5	15	0,5 (0%)	15 (0%)	0,4 (-20%)	12 (-20%)

Bijlage III Kennisstand KWR en gerelateerde recente projecten

III.1 Klimaatverandering en scenario ontwikkeling

In Europees verband is door KWR onderzoek gedaan naar de regionale gevolgen van klimaatverandering en mogelijke klimaatadaptatie binnen het EU project PREPARED (<http://www.prepared-fp7.eu/prepared-home2>) van 2010-2014. Klimaatbestendige maatregelen voor drink- en afvalwater dragen bij aan een duurzame stedelijke watersector. Het project PREPARED biedt een overzicht van maatregelen en strategieën om dichtbevolkte gebieden klimaatbestendig te maken. Op het gebied van droogte wordt hierbij bijvoorbeeld gekeken naar de mogelijkheden voor het gebruik van alternatieve bronnen, het verhogen van efficiënt watergebruik, de ondersteuning van oppervlakte- en grondwaterbronnen door bv. verhoogde infiltratie, water besparing en mogelijkheden voor waterhergebruik. Dit onderzoek wordt vervolgd binnen het EU project BINGO (<http://www.projectbingo.eu/>) dat van 2015-2019 loopt. Binnen deze projecten is onderzoek gedaan naar de risico analyse, management, mitigatie en klimaatadaptatie voor watertoevoer en sanitaire voorzieningen. Een van de risico's is een toename aan droogte en zoetwatertekorten. Er wordt gewerkt aan het verbeteren van modellen om de lokale effecten op de watertoevoer beter te voorspellen. Vooral voor grondwater is het nog steeds moeilijk om tot goede lokale en regionale voorspellingen te komen vanwege de hoge complexiteit van de natuurlijke processen die hierbij een rol spelen. BINGO richt zich op het verminderen van de onzekerheid van klimaatvoorspellingen op lokale en regionale schaal en het ontwikkelen van adequate responsstrategieën. Zo worden bijvoorbeeld metingen gedaan aan verdamping op de Hoge Veluwe, om met deze waardes de input voor modellen nauwkeuriger te maken. Daarnaast brengt het de effecten in beeld van een verhoogd publiek bewustzijn omtrent de effecten van klimaatverandering op overstromingen en droogte, en efficiënter beheer van Europese waterbronnen.

III.2 Grondwater en natuur

KWR doet in samenwerking met onder andere waterschappen, andere kennisinstututen en MKB onderzoek naar een klimaatrobuust bodem- en watersysteem in het programma Lumbricus (www.programmalumbricus.nl). KWR is ook betrokken bij de ontwikkeling van de Waterwijzer Natuur en Waterwijzer Landbouw (www.waterwijzer.nl). Met de waterwijzers kunnen effecten van klimaatverandering en waterhuishoudkundige maatregelen op de landbouw en natuur berekend worden.

Tabel III-6-2. Enkele relevante KWR projecten op het gebied van grondwater en droogte

Onderzoek	Betrokken partijen	Website
Waterwijzer natuur	Consortium / STOWA,	https://www.kwrwater.nl/tools-producten/waterwijzer-natuur/
Waterwijzer landbouw	Consortium / STOWA	https://www.kwrwater.nl/projecten/waterwijzer-landbouw/
Water en Vuur: hydrologische voorspellingen voor de	TKI watertechnologie	https://www.kwrwater.nl/projecten/water-en-vuur-hydrologische-voorspellingen-beheersing-natuurbranden/

beheersing van natuurbranden		
Groundwater for crops	TKI groundwater for crops	https://www.kwrwater.nl/projecten/groundwater-for-crops/
Quick scan grondwater in Nederland	Ministerie Verkeer en Waterstaat / RIZA	
Efficiënt (her)gebruik van water voor een robuuste zoetwatervoorziening	BTO-WiCE	https://www.kwrwater.nl/projecten/efficient-hergebruik-water-robuuste-zoetwatervoorziening/
Lumbricus	Consortium waterbedrijven	https://www.kwrwater.nl/projecten/efficient-hergebruik-water-robuuste-zoetwatervoorziening/
Prepared	Europese Commissie	http://www.prepared-fp7.eu/prepared-home2
Bingo	Europese Commissie	http://www.projectbingo.eu/

III.3 Ondergrondse waterberging

De laatste jaren hebben veel ontwikkelingen plaatsgevonden op het gebied van gebruik van de ondergrond voor een robuuste zoetwatervoorziening (Tabel III-6-3). Vanuit de drinkwaterbedrijven lopen op dit moment projecten bij PWN, Dunea, Evides, Oasen en de Watergroep rondom waterberging in de diepe ondergrond en gebruik van brak grondwater. Onderzoek en ontwikkeling in de afgelopen 10 jaar, vanuit KWR, andere kennisinstellingen, MKB en met name de (glas)tuinbouwsector hebben ondergrondse berging ook geschikt gemaakt voor toepassing in gebieden waar het grondwater van nature brak is. Ook voor drinkwaterbedrijven en in stedelijk waterbeheer kan opslag in tijden van droogte een extra buffer geven. Daarnaast kan wateropslag in de bodem worden gebruikt in combinatie met alternatieve bronnen (e.g. restwater van de voedingsmiddelenindustrie) om buffers op te bouwen voor periodes met hoge vraag en/of lage beschikbaarheid van water. Hieraan wordt onder andere gewerkt binnen het programma Lumbricus en WiCE Zuinig met Zoet.

Tabel III-6-3 Enkele relevante actuele KWR projecten op het gebied van wateropslag en hergebruik

Onderzoek	Betrokken partijen	Website
COASTAR: zout op afstand, zoet op voorraad	TKI watertechnologie, consortium	https://www.coastar.nl
SUBSOL - bringing coastal SUBsurface water SOLutions to the market	Europese Commissie	www.subsol.org
Urban Waterbuffer	TKI watertechnologie	https://www.kwrwater.nl/projecten/urban-waterbuffer/
Lumbricus	Consortium waterschappen, kennisinstellingen	https://www.programmalumbricus.nl/
Efficiënt (her)gebruik van water voor een robuuste zoetwatervoorziening	BTO-WiCE	https://www.kwrwater.nl/projecten/efficient-hergebruik-water-robuuste-zoetwatervoorziening/
Hergebruik van industrieel restwater voor de	TKI watertechnologie, Bavaria	https://www.tkiwatertechnologie.nl/project/hergebruik-van-industrieel-restwater-voor-de-watervoorziening-van-de-landbouw/

watervoorziening van de landbouw		
Nieuwe toepassingen van ondergrondse waterberging in de praktijk	BTO	https://www.kwrwater.nl/projecten/nieuwe-toepassingen-van-ondergrondse-waterberging-de-praktijk/

III.4 Distributie

Tabel III-6-4 Lopende en recent afgesloten projecten op het gebied van distributie

Onderzoek	Betrokken partijen	Website
Maatregelen tegen ongewenste opwarming van het leidingnet	BTO	
Effectiviteit maatregelen klimaatadaptatie	DPWE	
Warmteoverdracht drinkwaterleidingen	TKI consortium	https://www.tkiwatertechnologie.nl/project/warmteoverdracht-drinkwaterleidingen/
Maatregelen om hotspots terug te dringen in het leidingnet	BTO	
Toekomstige temperatuur drinkwater in het distributienet, onder invloed van verstedelijking en klimaatverandering	BTO	
Fysieke kwetsbaarheid van leidingen voor klimaatverandering	BTO	
Slimme watermeters helpen drinkwatertemperatuur in kaart te brengen	TKI	https://www.tkiwatertechnologie.nl/project/slimme-watermeters-helpen-drinkwatertemperaturen-in-kaart-te-brengen/
Warmte en koude uit drinkwater	TKI	https://www.tkiwatertechnologie.nl/project/warmte-en-koude-uit-drinkwater-wkd/
Calorics	TKI	https://www.tkiwatertechnologie.nl/project/calorics/

III.5 Klimaatadaptatie

In de context van de EU projecten BlueSCities en Power is een toetskader ontwikkeld om de governance capaciteit van steden voor het oplossen van water problematiek te evalueren. Deze wordt internationaal toegepast in e.g. Milton Keynes (VK), Sabadell (Spanje), Seoul (Zuid Korea) en Kaapstad (Zuid Afrika), en is in Nederland ook gebruikt voor Amsterdam, Rotterdam en Utrecht. In Sabadell is specifiek een analyse gemaakt van waterhergebruik i.v.m. de grote watertekorten en in het onderzoek in Kaapstad stond ook de droogte centraal. De methodiek is wereldwijd toepasbaar voor verschillende thema's rond water in de stad waaronder ook droogte, en kan duidelijk maken waar de belangrijkste beperkingen en uitdagingen liggen, en hoe deze zo

effectief mogelijk kunnen worden opgelost. De governance aspecten van situaties rond droogte kunnen verder worden uitgewerkt aan de hand van de ontwikkelde scenario's voor klimaatadaptatie. Hiermee kunnen bijvoorbeeld de gevolgen voor de strategische plannen van de drinkwatersector verder worden uitgewerkt. Er is nog veel onzekerheid binnen de klimaatscenario's (zie Hoofdstuk 2), daarom kan ook worden gedacht aan de ontwikkeling van tools voor de besluitvorming waarbij bijvoorbeeld afhankelijk van de situatie flexibel verschillende nieuwe/alternatieve bronnen worden ingezet. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid met grotere flexibiliteit op een veranderende situatie te reageren. Op kleinere schaal wordt dit uitgewerkt voor bijvoorbeeld de governance aspecten rond regenwateropslag in Waddinxveen (Super Local). Hierbij worden de criteria voor succes en de interacties tussen bv. wet- en regelgeving, stakeholders, randvoorwaarden en perceptie in kaart gebracht die nodig zijn voor een succesvolle strategie.

Tabel III-6-5 Actuele KWR projecten op het gebied van governance en klant

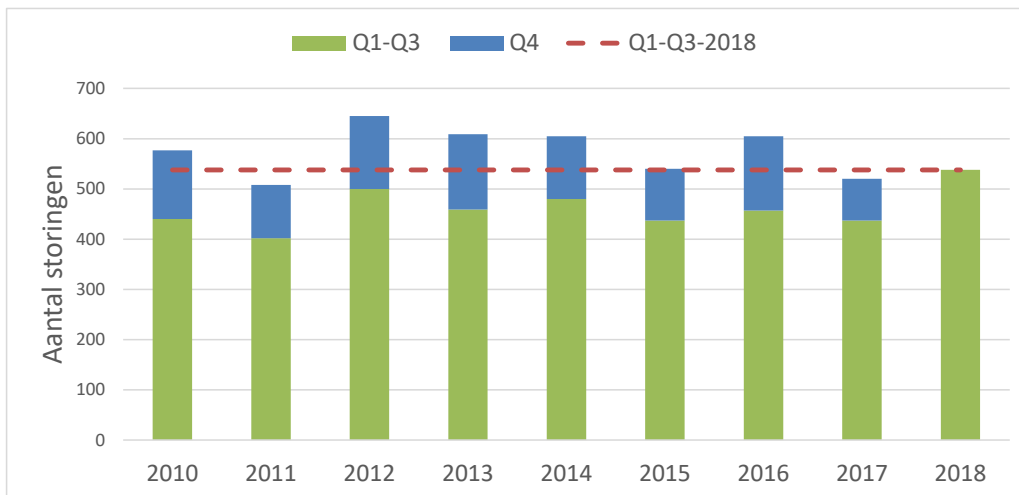
Onderzoek	Betrokken partijen	Website
BlueSCities	Europese Commissie	https://www.kwrwater.nl/projecten/bluescities/
Power	Europese Commissie	https://www.power-h2020.eu/
Prepared	Europese Commissie	http://www.prepared-fp7.eu/prepared-home2
Bingo	Europese Commissie	https://www.kwrwater.nl/projecten/bingo/
Effectiviteit van beïnvloedingsmechanismen i. r. t. drinkwaterklanten	BTO verkennend onderzoek	
De-gevolgen-van-klimaatverandering-en-vakantiespreiding-voor-de-drinkwatervraag	BTO	http://api.kwrwater.nl/uploads/2018/12/BTO-2017.043-De-gevolgen-van-klimaatverandering-en-vakantiespreiding-voor-de-drinkwatervraag.pdf
Toekomstig watergebruik en piekfactoren bij klimaatverandering	BTO	https://www.kwrwater.nl/projecten/toekomstig-watergebruik-en-piekfactoren-bij-klimaatverandering/
Fysieke kwetsbaarheid leidingen voor klimaatverandering	BTO	https://www.kwrwater.nl/projecten/nieuwe-toepassingen-van-ondergrondse-waterberging-de-praktijk/

Bijlage IV Relatie storingen met droogte en temperatuur

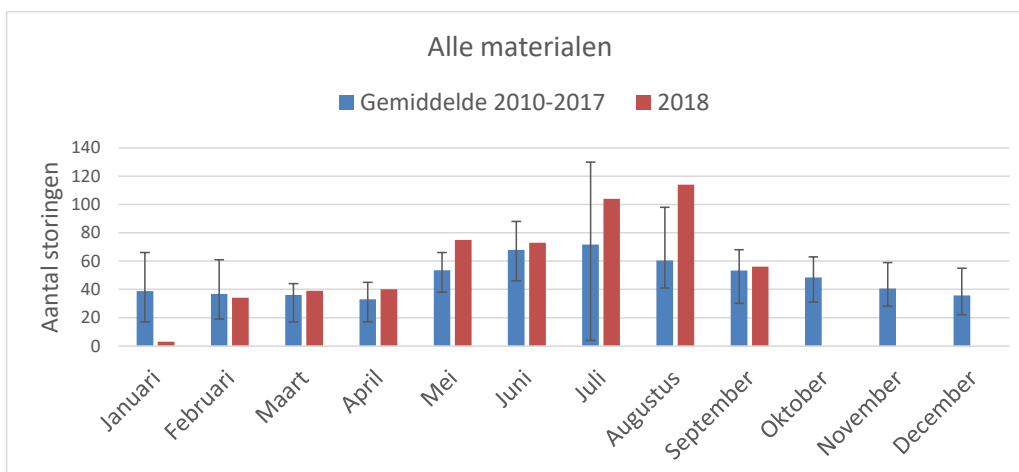
Verschillende drinkwaterbedrijven hebben aangegeven meer storingen dan gebruikelijk in de zomer te hebben geobserveerd. Dit geldt echter niet algemeen, bijvoorbeeld Oasen meldt niet substantieel meer storingen dan gebruikelijk te hebben geobserveerd.

Ter illustratie is een analyse gedaan op de storingsdatabase van een drinkwaterbedrijf voor de periode 2010 tot en met het derde kwartaal van 2018 (let wel, de storingen van 2018 zijn nog niet gevalideerd). Figuur IV-1 laat het aantal storingen zien per jaar in de periode 2010 tot en met het derde kwartaal van 2018. Duidelijk is dat het aantal storingen per jaar varieert, maar dat er geen duidelijke trend is naar meer of minder storingen. Ook duidelijk is dat het aantal storingen tot en met het derde kwartaal in 2018 meer is dan in alle andere jaren (2009 is niet meegenomen in de analyse, omdat in dit jaar de storingsregistratie in USTORE werd opgestart).

Figuur IV-2 laat per maand het gemiddelde aantal storingen zien over de periode 2010 tot en met 2017 met daarnaast het aantal storingen in 2018. Gemiddeld is het aantal storingen in de zomermaanden hoger dan het aantal storingen in de wintermaanden. Ook is te zien dat in de zomer van 2018 meer storingen voorkwamen. Alleen in mei en augustus kwam het geobserveerde aantal storingen uit boven het maximum uit de periode 2010 tot en met 2017. (Ter illustratie, het maximum in juli dateert uit 2010 met een zeer warme julimaand met een gemiddelde temperatuur van 19,9 graden Celsius, Bron: KNMI). Het aantal geobserveerde storingen lag daarmee hoger dan normaal, maar was niet extreem en conform het te verwachten aantal storingen voor een warmer dan normale zomer. Opvallend is wel dat het aantal storingen meerdere maanden na elkaar hoog bleef, terwijl de maxima per maand in de jaren 2010 tot en met 2017 in verschillende jaren vielen (voor de maand mei kwam het maximum in 2014, voor de maand juni in 2017, voor de maand juli de eerdergenoemde 2010 en voor de maand augustus viel het maximum in 2012). Het aantal storingen in januari 2018 is opvallend laag, deze data worden niet meegenomen in de interpretatie. Voor de maanden oktober, november en december zijn voor 2018 nog geen data beschikbaar.



Figuur IV-1 Aantal storingen per jaar voor een drinkwaterbedrijf, in groen het aantal storingen tot en met het derde kwartaal, in blauw het aantal storingen dat er in het vierde kwartaal nog bij komt. De rode lijn laat het aantal storingen in 2018 na het derde kwartaal zien.

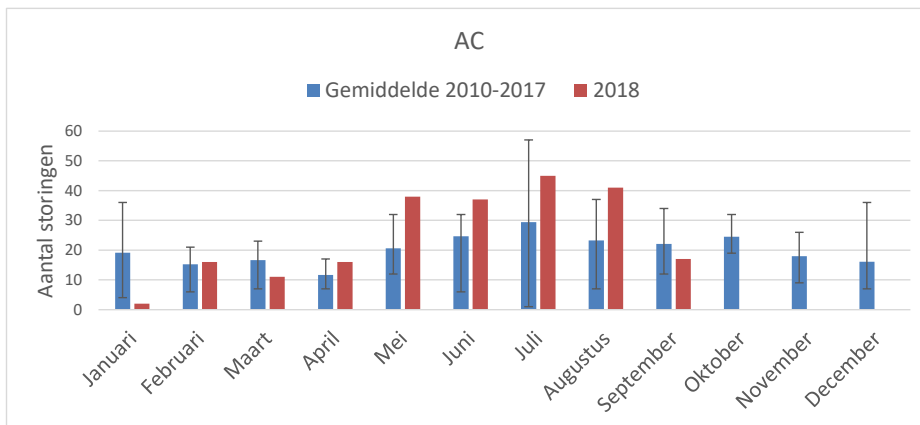


Figuur IV-2 Gemiddeld aantal storingen over de periode 2010-2017 en het aantal storingen in 2018 voor alle spontane storingen. In zwart is het minimum en maximum aantal storingen in de periode 2010 tot en met 2017 weergegeven.

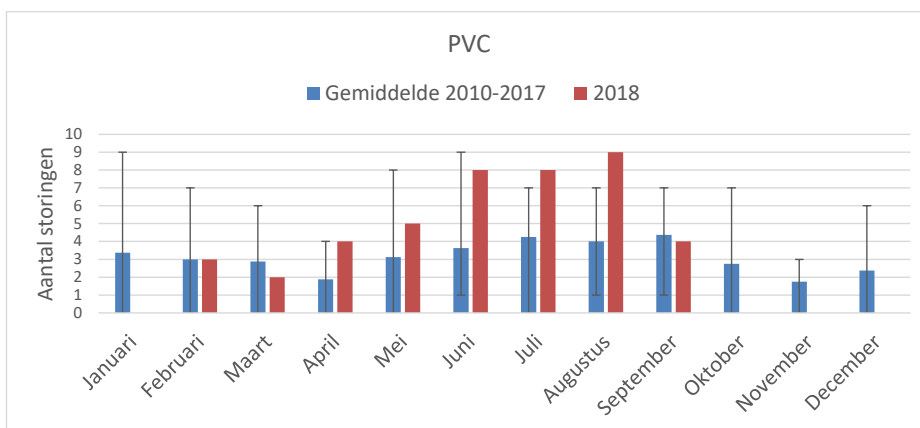
Als we onderscheid maken naar veel voorkomende materialen (Figuur IV-3 tot en met Figuur IV-5) is te zien dat voor zowel AC als PVC geldt dat er in de zomer een hoger aantal storingen dan gebruikelijk was. Het absolute aantal storingen was het hoogst voor AC en daarna PVC, maar relatief is het aantal storingen in PVC opvallend hoog in de periode april tot en met augustus 2018. Voor gietijzeren leidingen valt op dat er geen zomerpiek te zien is, hier pieken de storingen juist aan het eind van de winter. Een ander drinkwaterbedrijf heeft aangegeven dat in hun beheergebied het aantal storingen in de zomermaanden juni, juli en augustus op AC groter was dan in andere jaren. Het aantal storingen voor PVC was vergelijkbaar en de storingen in GGJ lieten een afname zijn t.o.v. andere jaren. Er zijn dus regionale verschillen.

Er is één aspect wat direct opvalt als de gegevens van 2018 worden vergeleken met eerder uitgevoerd onderzoek (Wols et al., 2016), Figuur IV-6. In dit figuur gaat de as

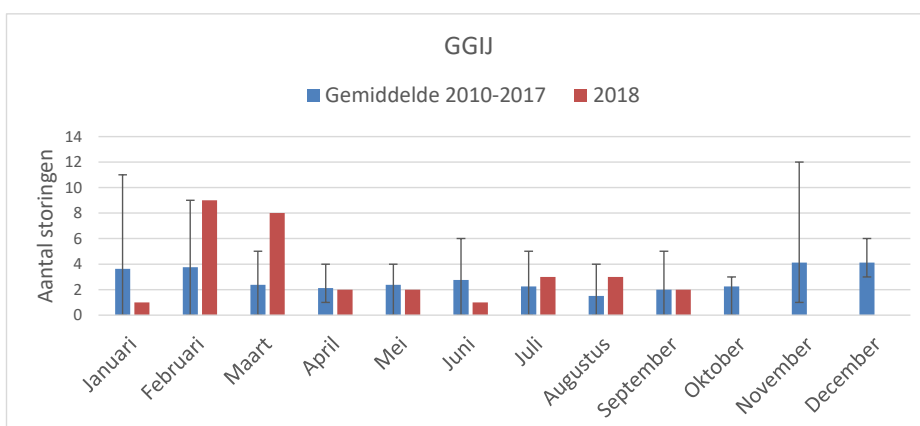
van de gemiddelde dagtemperatuur tot een graad of 20 °C en het neerslagtekort tot zo'n 120 mm. Met de data van 2018 (en 2017) zijn de curves te volgen naar hogere temperaturen (>25 °C) en neerslagtekorten (>350 mm), waardoor veel duidelijker kan worden wat voor relaties er zijn tussen storingen en zomerse omstandigheden en de ontwikkeling van storingsfrequenties in een veranderend klimaat. Dit is zeer relevant voor besluitvorming in leidingvervangingsprogramma's.



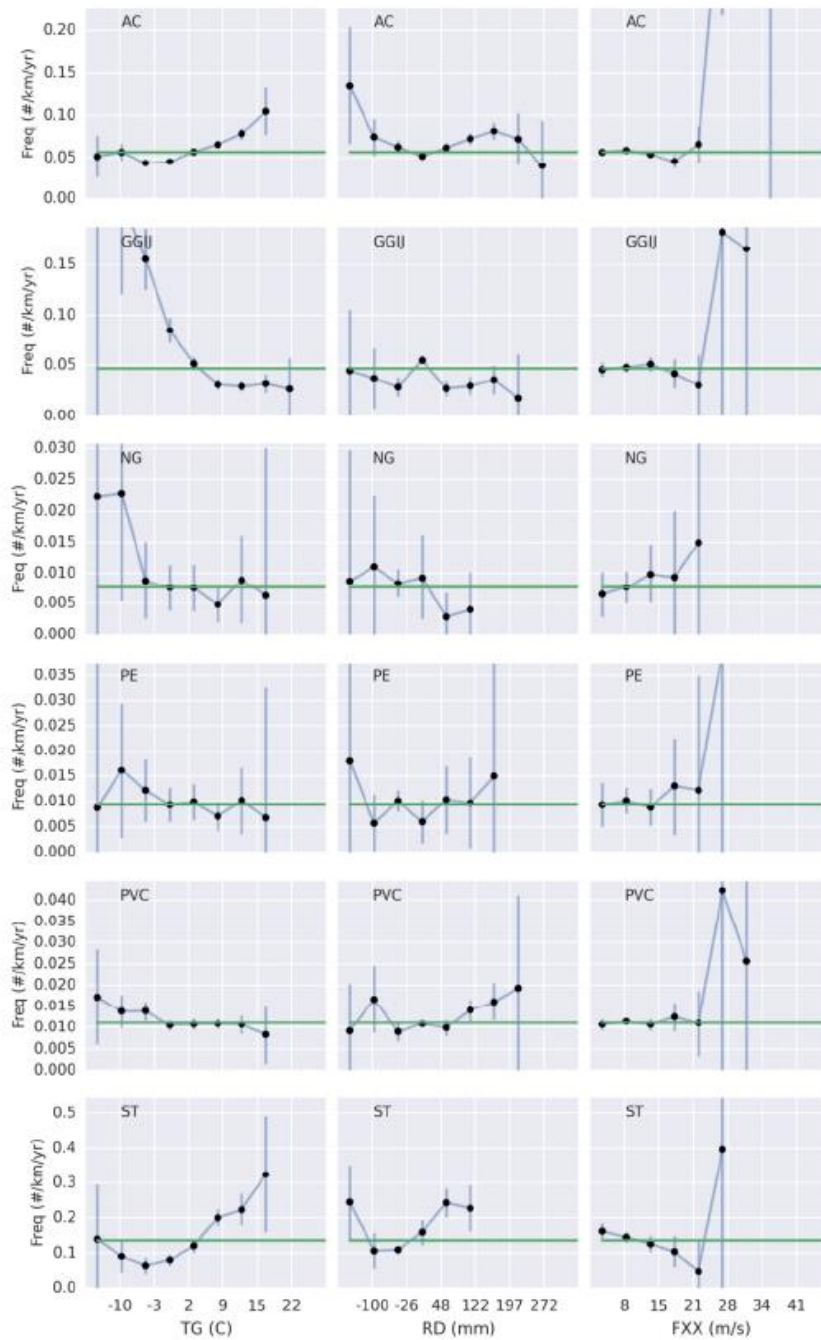
Figuur IV-3 Gemiddeld aantal storingen in AC leidingen over de periode 2010-2017 en het aantal storingen in 2018 voor alle spontane storingen. In zwart is het minimum en maximum aantal storingen in de periode 2010 tot en met 2017 weergegeven.



Figuur IV-4 Gemiddeld aantal storingen in PVC leidingen over de periode 2010-2017 en het aantal storingen in 2018 voor alle spontane storingen. In zwart is het minimum en maximum aantal storingen in de periode 2010 tot en met 2017 weergegeven.



Figuur IV-5 Gemiddeld aantal storingen in GGIJ leidingen over de periode 2010-2017 en het aantal storingen in 2018 voor alle spontane storingen. In zwart is het minimum en maximum aantal storingen in de periode 2010 tot en met 2017 weergegeven.



Figuur 3.3 Storingen voor de verschillende materialen: storingsfrequenties als functie van weerparameters (zwarte punten, blauwe verticale lijnen zijn de onzekerheidsmarges, groene lijn is de gemiddelde storingsfrequentie). Getallen op de x-as zijn afgerond op hele getallen.

Figuur IV-6 Figuur uit Wols et al. (2016): relatie tussen TG (gemiddelde dagtemperatuur) en RD (neerslagtekort) met storingsfrequenties op basis van USTORE gegevens. FXX staat voor windsnelheid en is in het voorliggende onderzoek minder relevant.

De duiding naar onderliggende processen en oorzaken is echter niet makkelijk te maken. Wols et al. (2016) hebben een analyse gemaakt van de mogelijke invloeden van weersomstandigheden op het optreden van storingen:

- Inwendige waterdruk: deze is afhankelijk van de inrichting van het net (of de druk wordt gereguleerd op druk op de afnamelocaties of op de productielocaties), drukval in het net en hoogteverschillen. De druk kan variëren als gevolg van verschillen in waterverbruik (waarbij de inrichting bepaalt of een toename in verbruik een hogere dan wel lagere druk in het netwerk geeft), wijzigingen in het netwerk of bedrijfsmatige aanpassingen. In de zomer van 2018 hebben een aantal drinkwaterbedrijven de druk aangepast (Bron: media, Bijlage I).
- Bovenbelasting: dit is de bovendruk van de bodem en verkeersbelasting. In een warme zomer kan de verkeersdruk in bv. vakantie regio's aanzienlijk hoger zijn in vakanties en andere mooi-weer-periodes.
- Zettingsverschillen: de bodem kan inkrimpen of uitzetten door verschillende processen, zoals temperatuurverschillen, uitdroging en/of vernatting en bijvoorbeeld bevroering. Ook verlaging van de grondwaterstand kan zettingen geven die afhangen van de lokale bodemeigenschappen (bv. veen is gevoeliger voor zetting dan zand). Daarnaast kunnen de stijfheidseigenschappen van bodemtypen veranderen door verdroging (bv. uitgedroogde klei geeft veel meer weerstand dan natte klei, waardoor een leiding mogelijk eerder wordt stuk getrokken).

De verschillende processen zijn niet (altijd) onafhankelijk en treden vaak gelijktijdig op. Bijvoorbeeld, bij warm en droog weer kan het verbruik oplopen met gevolgen voor fluctuaties in interne druk. Door verdroging van de bodem kunnen tegelijk zettingsverschillen ontstaan. Op een ander moment valt een droogte mogelijk samen met een vakantieperiode, waardoor de piek in verbruik minder is of zelfs helemaal niet optreedt. Zettingsverschillen zijn zeer moeilijk te kwantificeren door de invloed van zeer lokale processen, waar vaak geen gegevens van zijn.

Een aantal drinkwaterbedrijven heeft aangegeven dat ze juist aan het einde van de droogteperiode een toename in storingen verwachten, omdat ze in die periode meer verschilzettingen verwachten (mogelijk door opzwellen van de (klei)bodem). Deze hypothese is niet te toetsen, doordat de droogte aanhield tot na de uitvraag van de gegevens voor deze studie. Het is echter wel interessant om deze analyse te doen als de gegevens beschikbaar zijn.

Bijlage V Interview met de Watergroep

directie Innovatie

Onderzoek en OntwikkelingOnderzoek en Ontwikkeling

Aan: KWR

Van: Gisèle Peleman, Tom Diez, Ingrid Keupers, Louise Vanysacker

Datum: 22 november 201822 november 2018

Kenmerk: KWR – Verkennend Onderzoek

Betreft: Droogte problematiek

1. **Lopen binnen De Watergroep momenteel evaluaties naar mogelijke gevolgen van droogte? Zo ja, zijn er al resultaten die gedeeld kunnen worden, zo nee, waarom niet.**

Binnen De Watergroep zijn er verschillende overlegmomenten geweest op verschillende niveau's (strategisch en operationeel). Operationeel werd hoofdzakelijk de situatie "as such" besproken en bepaalde korte termijn acties (bv inname start/stop, acties ter hoogte van de zuiveringsprocessen,...). Strategisch werd meer lange termijn scenarios besproken. Dit werd niet enkel dit jaar gedaan maar evenzeer jaren geleden. Enkele voorbeelden hierbij: aanleg van spaarbekkens, nieuwe grondwaterboringen, bestuderen van alternatieve waterbronnen,...

Samen met de andere drinkwaterbedrijven en de regulator is er een droogte commissie. Meer info op

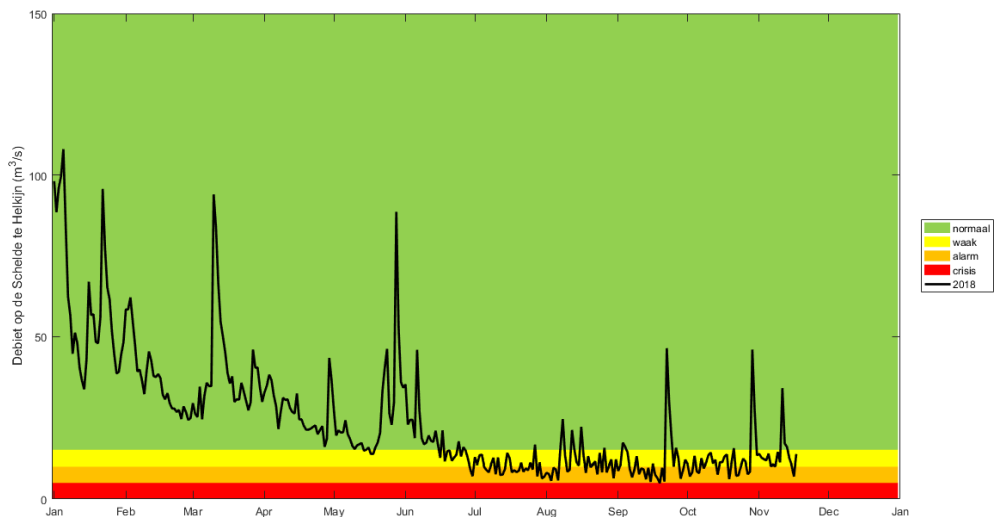
<http://www.integraalwaterbeleid.be/nl/overleg/droogtecommissie/de-droogtecommissie-op-vlaams-niveau>

Men vermoed dat eind 2018 een evaluatie van de droogte in 2018 zal plaatsgrijpen. De vraag kan ook op verschillende niveaus geïnterpreteerd worden: had de droogte een effect op de beschikbaarheid van ruwwaterbronnen of had het een effect op de drinkwaterproductie?

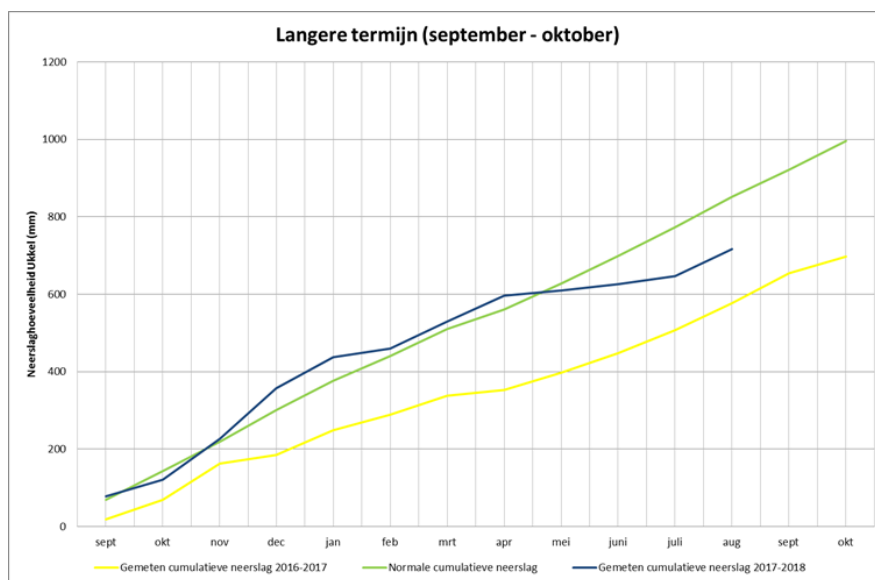
Desondanks piekverbruiken is er in 2018 nooit een gevaar geweest voor de drinkwaterbeschikbaarheid.

2. **Hebben jullie de indruk dat de zomer van 2018 uitzonderlijk was? Waarom wel/niet?**

Indien men enkel kijkt naar de drie zomer maanden kan niet zeggen dat de zomer 2018 abnormaal was. Wel was er een sterk cumulatief effect. 2017 was in Vlaanderen ook een droog jaar. Waardoor grondwaterpeilen en de “baseflow” van bepaalde beken en rivieren nog niet helemaal hersteld was (ter illustratie Figuur 1). Daar bovenop kwam 2018 met niet enkel een droog, maar vooral warm voorjaar, zomer en najaar periode. Dit zorgt ervoor dat de situatie in 2018 slechter was dan in 2017 door dat 2017 niet volledig hersteld was. In Figuur 2 kan men het verschil in neerslag zien tussen de periode 2016-2017 en 2017-2018.



Figuur V-1: Debiet op de Schelde ter hoogte van Spiere-Helkijn in 2018 (Regio Gavers, West-Vlaanderen)



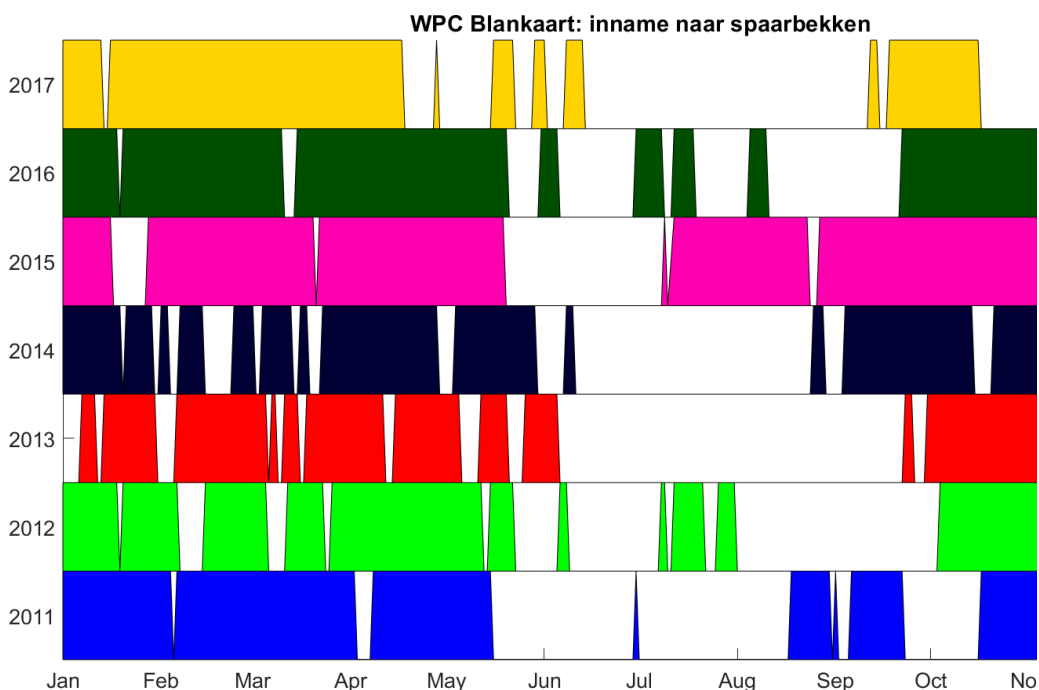
Figuur V-2: Cumulatieve neerslag in Ukkel

Verder merkt men dat de effectieve gemeten neerslag in 2016, 2017 en 2018 niet in lijn is met de klimaatmodellen. Hierbij komt de vraag als deze niet moeten herbekeken worden. Voor een waterbedrijf is een droog voorjaar veel meer

problematischer dan een droge zomer periode. Een mogelijke goede referentie hierbij is PhD thesis Jan de Niel (Vlaams Nederlandse Samenwerking KUL, Patrick Willems).

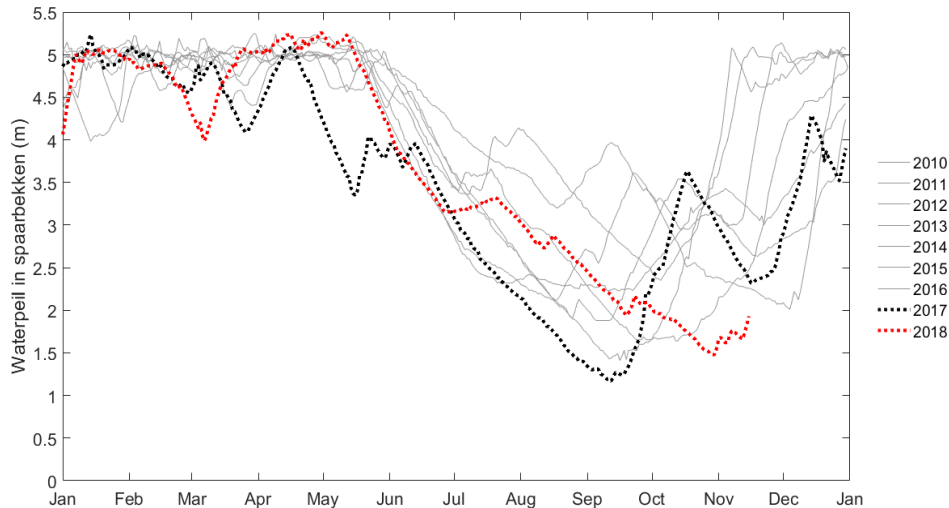
3. Zijn er in 2018 meer innamestops of sluitingen van bronnen geweest dan de voorgaande jaren? Wat waren de belangrijkste oorzaken? Wat wordt er gedaan wanneer het water de signaleringswaarde overschrijdt?

In Vlaanderen stoppen we altijd de inname tijdens de zomerperiode. Vaak is de start/stop periode op onregelmatige basis en afhankelijk van de waterbeschikbaarheid en kwaliteit. Ter illustratie toont Figuur V-3 de verschillende start en stop momenten.



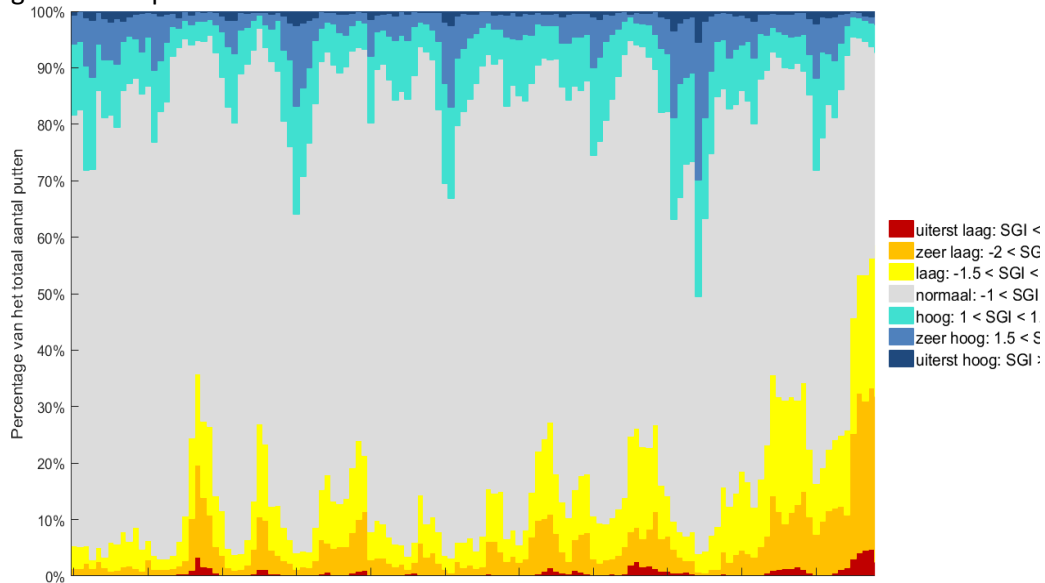
Figuur V-3: Inname momenten spaarbekken De Blankaart

In 2018 was het najaar duidelijk droger. In oktober nemen we normaal gezien in maar dit jaar was het niet mogelijk wegens de te lage debieten en een slechte waterkwaliteit (geen verdunningseffecten). Dit is ook te zien in Figuur V-4.



Figuur V-4: Peil spaarbekken De Blankaart

De grondwaterbronnen bleven ongewijzigd. Hier zijn er geen innamestops. Wel hebben we vastgesteld dat de grondwaterpeilen werden beïnvloed de laatste 2 jaren. In Figuur V-5 ziet men duidelijk dat sommige putten een lager peil hebben sinds 2017. Dit effect is nog duidelijker in 2018 want er is nog geen duidelijke herstelperiode geweest. Dit betekent dat indien deze winter en komend voorjaar weinig neerslag valt, de zomer 2019 een effect zou kunnen hebben op de grondwaterpeilen.



Figuur V-5: Variatie in peil over de verschillende grondwaterputten de afgelopen 10 jaar.

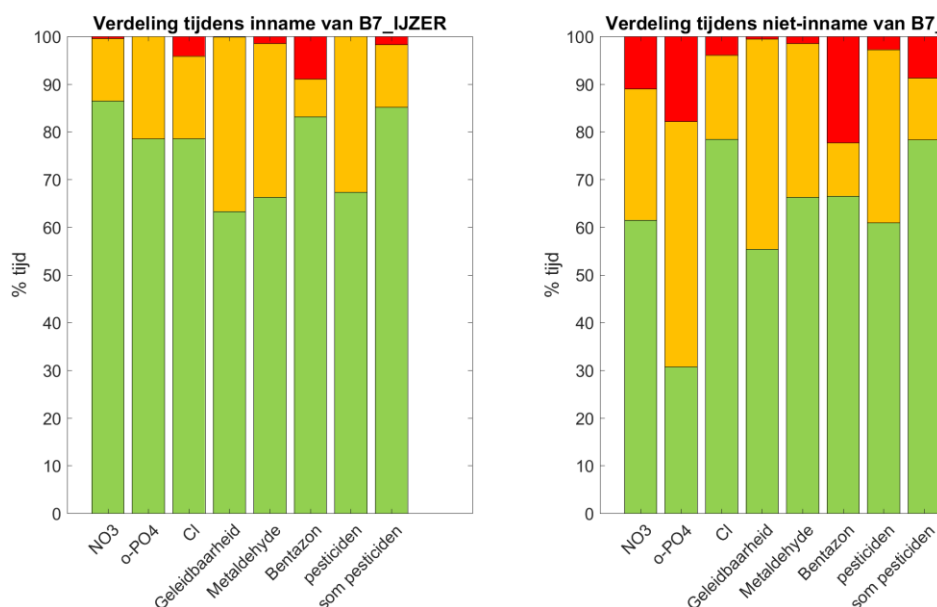
4. Was er in 2018 een toename van andere afwijkingen (bijv. klachten)?

In 2017 waren meer waterkwaliteit gerelateerde klachten (thv distributie, Cl, Fe, Geur en smaak) dan in 2018. In 2018 werden veel meer lekken vastgesteld door een vermindering van de minder elasticiteit van de grond (ref BTO 2016.016). Ook werd een sterke toename vastgesteld van klachten door de verdroging

(natuurgebieden, bomen, landbouw) en verbruiksbeperkingen (besproeien tuinen, zwembad,...).

5. Welke monitoringsparameters en -procedures worden gebruikt? In welke gevallen wordt een innamestop overwogen?

Bij de meeste OW winningen hebben we standaard een inname stop in april/mei tot oktober (uitz De Gavers) (zie ook antwoord vraag 3). Bij calamiteiten wordt er een inname stop geïntroduceerd. Kernparameters zijn PO4, geleidbaarheid, nitraat, Cl, micro polluenten



Figuur V-6: Tijdfrequentie wanneer kan wel of niet ingenomen worden volgens kernparameters (groen= aanvaardbaar, oranje = aanvaardbaar mits verdunning, rood = onaanvaardbaar)

6. Zijn er alternatieve waterbronnen/innamepunten beschikbaar? (Hoe) kan er geanticipeerd worden op langdurige zomerdroogte? Wat is het noodplan voor waterinname?

Spaarbekkens zijn reeds een anticipatie (historisch). In Kluizen wordt er nu ook ter hoogte van het Schipdonkkanaal ingenomen. In het verleden was dit niet het geval. In Kluizen zijn recent ook 2 noodgrondwaterwinningen opgestart.

Toekomstperspectieven zijn: ASR Blankaart (nog in onderzoekstadium) en bekijken we theoretisch de mogelijkheid van ontzilting op brakwater/zee.

We hebben ook in 2017 en 2018 meer afgenomen van collega drinkwaterbedrijven. Verder is er geen duidelijk noodplan.

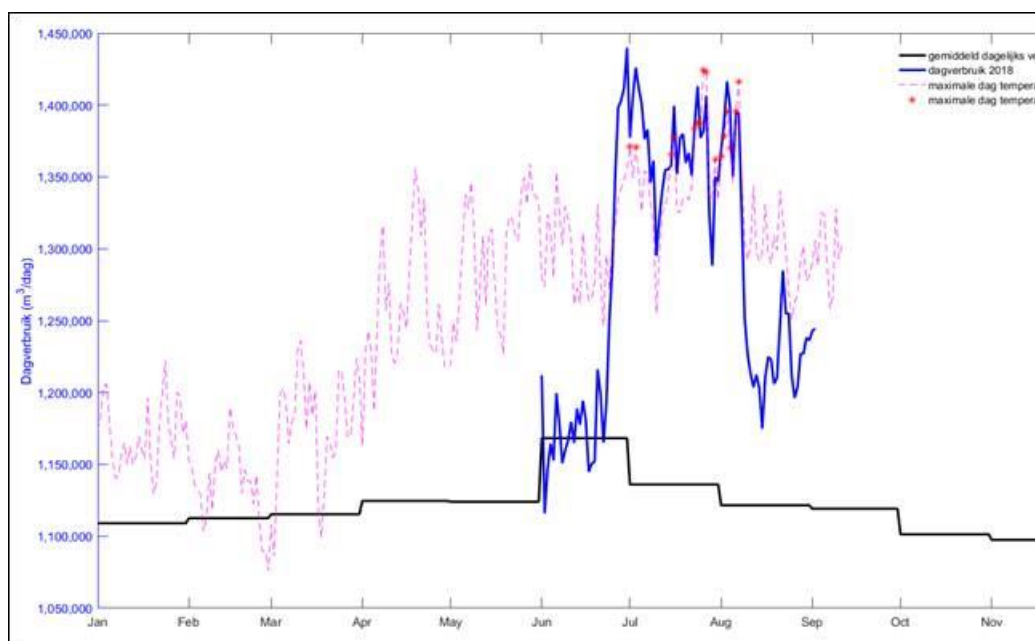
7. Zijn de volgende zaken van invloed geweest op winning en/of zuivering? En kwam dit vaker voor in 2018 dan in voorgaande jaren?

a. Verminderde afvoer of lagere grondwaterstand?

+ zie grafiek vraag 2

b. Verhoogde temperatuur?

Duidelijk groot verschil met 2017, 2018 was veel warmer dan 2017, hierdoor was er meer verbruik bij de klant. Waarschijnlijk is dit een combinatie van warmte en het droogvallen van regenwaterputten. Wel is de abrupte stijging in verbruik niet 100% duidelijk. Er is ook meer onderzoek naar het gebruik van regenwater bij de klant. Men denkt dat door regenwater te verplichten bij de klant er kwistig wordt omgegaan met regenwater want dit is “gratis” water.



Figuur V-7: Waterverbruik in 2018 over gans Vlaanderen (Bron: CIW)

c. Verzilting?

In 2017 was dit duidelijker dan in 2018 want langer droog. Verzilting is niet enkel te wijten in zout grondwater intrusie maar ook aan industriële lozing die bij lage debiet onvoldoende verdund worden (inname ijzer). In 2017 hebben we een verhoging gezien in geleidbaarheid ter hoogte van de ijzer maar dit was eerder te wijten aan een lagere “verdunningseffect” door de lage waterpeil. In de andere gebieden hebben we daar geen last van. Niet te vergelijken met situatie in Nederland.

d. Anorganische nutriënten?

Geen duidelijke relatie. Wel in droge jaren zien we een verhoging van PO₄ (vrijgave uit sediment) maar is nog niet wetenschappelijk bewezen.

e. Opgelost organisch materiaal (kleur/effectiviteit UV)?

Algemeen kunnen we stellen dat een toename aan NPOC ook een toename aan desinfectie bijproducten kan leiden maar dit moeten we nog verder intern onderzoeken als er een duidelijke relatie is met droogte.

f. Microverontreinigingen/opkomende stoffen?

Niet duidelijk verband met droogte.

Wel een logisch verband, hoe minder water beschikbaar, hoe slechter de kwaliteit

Voor de pesticiden zagen we wel een lichte daling tov de andere jaren.

g. Biologische waterkwaliteit (Cyanobacteriën, andere bacteriën, algen, mosselen, andere zaken)?

Jaarlijks terugkerend fenomeen, niet duidelijk een droogte oorzaak. Wel een temperatuur effect, warmer betekent meer cyano's. Maar momenteel geen duidelijk verband. Wel werden meer meldingen in aanvoerkanalen van blauwalgen genoteerd.

h. Problemen met verstopping/droogvallen/zuivering?

Verhoogde spoelfrequentie zandfilter maar dit is eerder een jaarlijks terugkerend probleem in de late zomer.

8. Zijn er langjarige data over waterkwaliteit beschikbaar voor analyse?

Ja, wekelijkse data voor oppervlaktewater aanvoer, maandelijkse metingen grondwater.

9. Zijn er zaken die ik mogelijk over het hoofd heb gezien of die heel specifiek voor jullie winningen en zuiveringen zijn?

Bij De Watergroep werken we met een discontinue inname.

Wij hebben meer brondiversiteit dan in Nederland.

Bijlage VI Interview met Evides

19-11-2018, Henk Ketelaars (Evides)

Wat betreft het kennisniveau was men op de hoogte van bijna alle verschijnselen die zich hebben voorgedaan in 2018. Wat alleen niet verwacht werd is dat het chloridegehalte in het aangevoerde water van de Rijn bij langdurige droogte zover op zou lopen. De lage afvoer in de Maas was dankzij de grote buffercapaciteit van de Biesboschspaarbekkens geen probleem voor de watervoorziening van Zuid-West Nederland; er wordt van uitgegaan dat er in het najaar altijd weer meer regen gaat vallen. Waar de Rijn nog het voordeel heeft dat de afvoer voor een groot deel bepaald wordt door smeltwater, is de Maas grotendeels afhankelijk van regenwater in het oorspronggebied. Dit gebied (België/Noord-Frankrijk) kan in het voorjaar veel neerslagwater bufferen (sponswerking), wat geleidelijk weer vrijkomt in de loop van het jaar. En de Maas heeft als groot voordeel dat deze gedeeltelijk gestuwd is, zodat het peil veel minder gevoelig is voor effecten van lage afvoer. In zekere zin vormt het peil in het Hollands Diep/Haringvliet ook een soort stuw, waardoor het niveau bij het innamepunt, ook bij lage afvoer van de Maas, voldoende niveau heeft om continu water te kunnen onttrekken. Alleen gebieden die afhankelijk zijn van externe aanvoer zoals het Brielse Meer zijn potentiële probleemgebieden omdat deze maar enkele dagen buffercapaciteit hebben. De lage afvoer van de Nederrijn/Lek is alleen een probleem m.b.t. indringing van de zouttong, maar dit is tot nu toe voor Evides geen probleem geweest omdat in dit gebied geen winningen zijn. Bij drie van de vier oppervlaktewaterwinningen van Evides is een tweede innamepunt aanwezig, en de vierde oppervlaktewaterzuivering heeft een calamiteitencontract met een buurbedrijf.

Wat betreft leveringszekerheid voor drinkwater kon er door herverdeling van bestaande capaciteit altijd voldoende geleverd worden. Er was wel sprake van grote regionale verschillen, bijvoorbeeld meer verbruik door toerisme in Zeeland, maar overcapaciteit in het Rijnmondgebied. De voorraad in de Biesboschbekkens is praktisch altijd maximaal geweest. Kralingen heeft extra drinkwater kunnen leveren aan Dunea. De vraag vanuit de industrie was goed te bedienen, maar vanuit de landbouw werd te veel gevraagd. Dit betreft alleen de fruitteelt in Midden-Zeeland. De Biesboschlevering naar het zuiden was continu maximaal, de beperkende factor was hier de infrastructuur (diameter/aantal leidingen) van de leidingen naar het zuiden.

De zomer van 2018 viel niet op door een toename van bijvoorbeeld het aantal innamestops, andere calamiteiten of klachten. Voor wat betreft de kwaliteit liep de temperatuur van het drinkwater soms op tot boven de 25°C. En zoals gezegd was het chloridegehalte in de Rijn hoog maar nooit kritisch: er zijn waardes tot 140 mg/l gemeten, terwijl een geometrisch jaargemiddeld gehalte van 150 mg/l pas een overschrijding van de drinkwaternorm betekent. Microverontreinigingen vielen op in positieve zin: over het algemeen zijn er geen grote afwijkingen geconstateerd, onder andere dankzij de inspanningen van Sitech Services. Sitech behandelt het industriële afvalwater van 64 fabrieken op het Chemelot-terrein in Geleen, voordat dit via de Zijtak (Ur) op de GrensMaas wordt geloosd. Voor wat betreft de biologische stabiliteit zijn wel wat afwijkingen geconstateerd (*Aeromonas*, wat bloei van cyanobacteriën) maar deze waren niet anders dan andere jaren.