



## Memo

Aan  
RWS-WVL

<b>Datum</b> 14 december 2019	<b>Ons kenmerk</b> 11203738-005-BGS-0002	<b>Aantal pagina's</b> 15
<b>Contactpersoon</b> Jurjen de Jong	<b>Doorkiesnummer</b> +31(0)88 335 8038	<b>E-mail</b> Jurjen.deJong@deltares.nl

### Onderwerp

KBN: Bedreiging klimaatverandering - Beschrijving karakteristieke droge jaren met stationaire afvoerniveaus

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.1	Dec. 2019	Jurjen de Jong		Aukje Spruyt		Henriette Otter	

Dit memo is een product van het project klimaatbestendige netwerken (KBN) voor het hoofdvaarwegennet (HVWN) (11203738-005). In dit project wordt een stresstest uitgevoerd volgens de IPCC-risicobenadering. Onderdelen hierin zijn: bedreiging, potentiële blootstelling, toestand van het watersysteem, en kwetsbaarheid van de gebruiksfunctie.

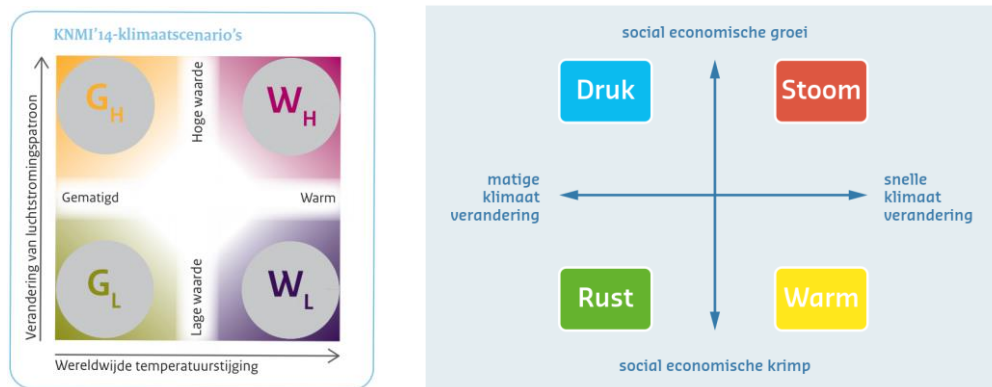
Dit memo is toeleverend aan het onderdeel "bedreiging". Bedreigingen die we in beschouwing nemen zijn droogte (laagwater), rivierbodemosie en zeespiegelstijging. Dit memo beschrijft de opbouw van karakteristieke droge jaren uit enkele vastgestelde afvoerniveaus.

### Inhoudsopgave

1	Introductie .....	2
2	Dataset basisprognoses 2018 .....	3
3	Keuze stationaire afvoerniveaus .....	3
4	Bepaling terugkeertijd .....	5
5	Karakteristieke droge jaren van de klimaatscenario's .....	7
6	Referenties .....	9
7	Bijlage A: Vaste onderschrijdingskansen .....	10
8	Bijlage B: Duur van een laagwaterperiode .....	11
9	Bijlage C: Tabellen karakteristieke jaren .....	13
10	Bijlage D: Verdelingsfunctie van karakteristieke jaren .....	14

## 1 Introductie

In het project Klimaat Bestendige Netwerken (KBN) worden berekeningen uitgevoerd met het huidige en toekomstige klimaat. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de klimaatscenario's van KNMI 2014 (KNMI, 2015) die gebruikt worden binnen de Deltascenario's (Deltares, 2017). Voor een matige klimaatverandering is er het scenario met gematigde (G) temperatuurstijging en lage (L) veranderingen in het luchtstromingspatroon:  $G_L$ . Voor snelle klimaatverandering is er warme (W) temperatuurstijging en hoge (H) veranderingen in het luchtstromingspatroon:  $W_H$ <sup>1</sup>. In de scenario's zit een zeespiegelstijging in 2050 van respectievelijk 15 en 40 cm. In Figuur 1.1 zijn zowel de klimaatscenario's als de deltasenario's weergegeven.



Figuur 1.1 Links: Klimaatscenario's KNMI; Rechts: assenkruis Deltascenario's. Matige klimaatverandering komt overeen met  $G_L$ , snelle klimaatverandering met  $W_H$

Om het aantal berekeningen in latere fases van het KBN-project (hydraulica- en scheepvaartmodellering) beperkt te houden en de analyse van deze berekeningen doorzichtig te maken, wordt in KBN gebruik gemaakt van de definitie van enkele karakteristieke jaren. Karakteristieke jaren (mediaan, droog, extreem droog) worden voor ieder klimaatscenario opgebouwd uit dezelfde afvoerniveaus, waarbij het aantal dagen dat ieder niveau voorkomt varieert. Deze aanpak wijkt af van de aanpak van het DPZW waarin alle simulaties en analyses telkens zijn uitgevoerd voor de volledige 100-jarige reeks. De ervaringen hieruit is echter dat de grote inspanning van deze lange berekeningen weinig toevoegt, omdat in de gehanteerde scheepvaartmodellen (BIVAS) geen rekening wordt gehouden met de aspecten van een langere droogte en iedere dag individueel wordt uitgerekend. Aspecten van een langere droogteperiode worden wel meegenomen in de nabewerking van de modelberekeningen.

Dit memo beschrijft de totstandkoming van de afvoerniveaus en de karakteristieke jaren.

<sup>1</sup> Er wordt gebruik gemaakt van het scenario  $W_H/W_{H,dry}$  waarin de neerslag in Nederland afkomstig is uit het scenario  $W_H$  en voor de neerslag in Europa (en dus de rivierafvoer) het extra droge scenario  $W_{H,dry}$  (Klijn, et al, 2015). Dit scenario is ook gebruikt in Deltaprogramma Zoetwater (DPZW), zie hoofdstuk 2.4.2 van Mens, et al (2019).

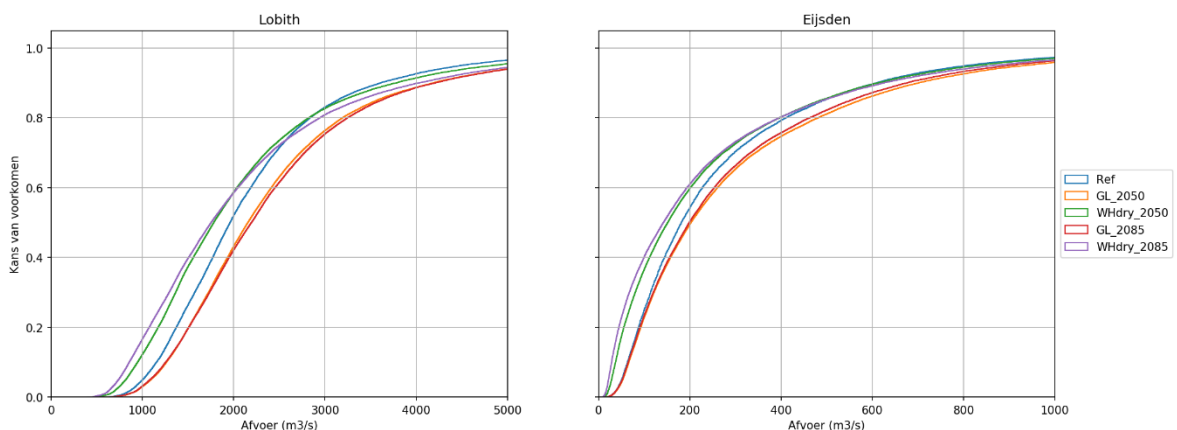
## 2 Dataset basisprognoses 2018

Er wordt gebruik gemaakt van de afvoerreeks bij Lobith (Rijn) en Eijsden (Maas) uit de Deltascenario's zoals geproduceerd voor de Basisprognoses 2018 (BP18)<sup>2</sup>. Evenals in het Deltaprogramma Zoet Water (DPZW) is de analyse uitgevoerd over de periode 1911 tot en met 2011: de 100-jarige reeks<sup>3</sup>.

In Figuur 2.1 zijn van Lobith en Eijsden de verdelingsfuncties (CDF) weergegeven voor de Referentie (volledig: *Referentie2017*) en voor de klimaatscenario's GL en WHdry in 2050 en 2085 als de doorkijk naar het einde van de eeuw (zgn. "Basecases" 2050 en 2085). De figuur toont de bekende eigenschappen van de Deltascenario's (Deltares, 2017):

- $G_L$ : Een toename van de afvoeren over het gehele afvoerregime. De verschillen tussen 2050 en 2085 zijn zeer beperkt.
- $W_{H,dry}$ : Een afname van afvoer in droge perioden, maar een toename van hoge afvoeren. Daarnaast is  $W_{H,dry}$  in 2085 nog extremer in zowel de droge als natte perioden.

In het vervolg van dit memo wordt enkel ingegaan op Lobith.



Figuur 2.1 Verdeling van de jaarlijkse afvoeren bij Lobith (links) en Eijsden (rechts)

## 3 Keuze stationaire afvoerniveaus

Voor de analyse wordt gewerkt met stationaire afvoerniveaus. Elk afvoerniveau heeft in een scenario een kans dat het onderschreden wordt en de combinatie van alle niveaus is daardoor beschrijvend voor een bepaald scenario. In de presentatie en doorvertaling van de resultaten kan telkens teruggevallen worden op deze vaststaande niveaus, wat gunstig is voor het begrip van de resultaten.

De keuze voor afvoerniveaus als randvoorwaarde betekent t.o.v. het DPZW een zeer grote versimpeling van de hoeveelheid berekeningen (hydraulica- en scheepvaartmodellering) die

<sup>2</sup> <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water/basisprognoses-2018/>

<sup>3</sup> Deze reeks heet de 100-jarige reeks, maar bevat vanuit statistische overwegingen 101 hydrologische jaren

uitgevoerd worden in latere fases van het project. Om een beschrijvend afvoerniveau te kiezen moet echter wel een keuze worden gemaakt wat de waarden van de andere stochasten zijn. Iedere afvoer bij Lobith wordt gekoppeld aan bijvoorbeeld een constante benedenstroomse waterstand (dus zonder getij en storm) en een vaste afvoer bij onttrekkingen en lozingen. De opbouw van deze aanvullende randvoorwaarden wordt later nog beschreven.

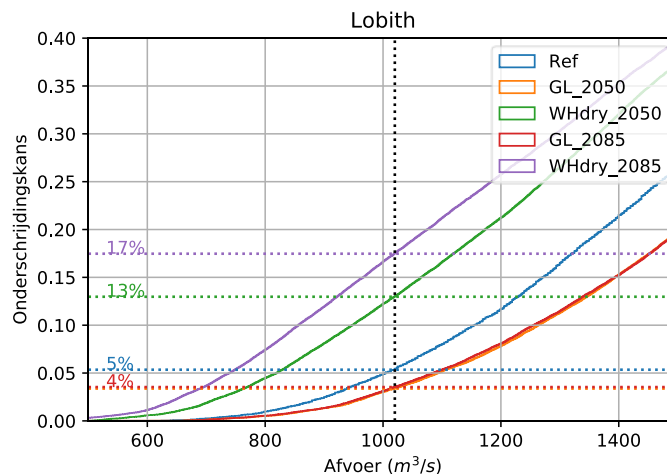
Voor de discretisatie van de afvoerverdeling (Figuur 2.1) naar stationaire berekeningen, kunnen meerdere methoden gehanteerd worden.

- Vaste kwantielen waarvoor bij iedere verdeling afvoerniveaus worden bepaald
  - Vaste afvoerniveaus waarbij voor iedere afvoerverdeling kwantielen worden bepaald
- De methode met vaste kwantielen kan gebruikt worden om te bepalen welke afvoer hoort bij een onderschrijdingskans van 5% (zie Bijlage A). Omdat deze methode echter in elk scenario met andere afvoeren rekent is, vermoeilijkt dit het vergelijken van verschillende (model)resultaten. Daarom wordt voorgesteld om te rekenen met de laatste methode, waarbij de afvoeren constant gehouden worden in alle berekeningen, maar de onderschrijdingskans afhankelijk van het scenario is.

De keuze van de niveaus is belangrijk omdat dit effect heeft op de resultaten die aan het einde van het project gepresenteerd kunnen worden. Te veel niveaus kan de interpretatie ingewikkeld maken en het resultaat vertroebelen. Te weinig niveaus kan ervoor zorgen dat situaties gemist worden. In overleg met Rijkswaterstaat is besloten de volgende niveaus te hanteren:

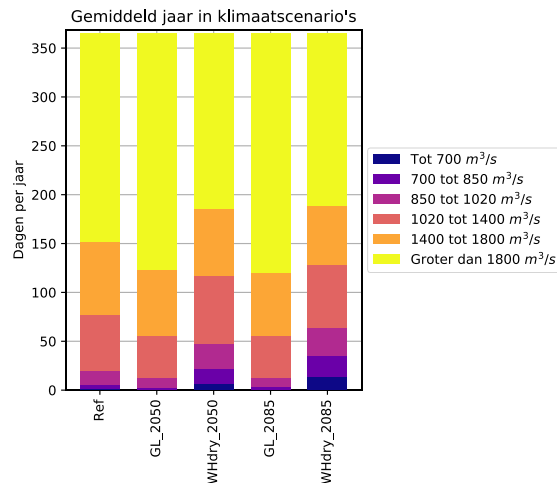
- 700 m<sup>3</sup>/s: extreem laag water
- 850 m<sup>3</sup>/s: in 2018 was de afvoer lange tijd 850-900 m<sup>3</sup>/s
- 1020 m<sup>3</sup>/s: de huidige OLA (Overeengekomen Lage Afvoer)
- 1400 m<sup>3</sup>/s: rondom dit niveau worden MGD's afgegeven
- 1800 m<sup>3</sup>/s: geen scheepvaart problemen voorzien

Voor ieder van de niveaus wordt de onderschrijdingskans bepaald. In Figuur 3.1 is voor een afvoer van 1020 m<sup>3</sup>/s aangegeven hoe dit bepaald wordt. Deze resultaten laten tevens zien dat de OLA in het huidige klimaat een onderschrijdingskans heeft van 5% (zoals verwacht volgens de definitie van de OLA), waardoor dit gemiddeld 20 dagen per jaar voor komt. Bij grote klimaatverandering neemt dit toe naar 13% in 2050 of 17% in 2085, wat overeen komt met gemiddeld 47 en 64 dagen per jaar waarop een afvoer van 1020 m<sup>3</sup>/s of lager voor komt.



Figuur 3.1 Gemiddelde onderschrijdingskans van afvoeren in klimaatscenario's. De waarde van GL\_2050 is identiek aan GL\_2085.

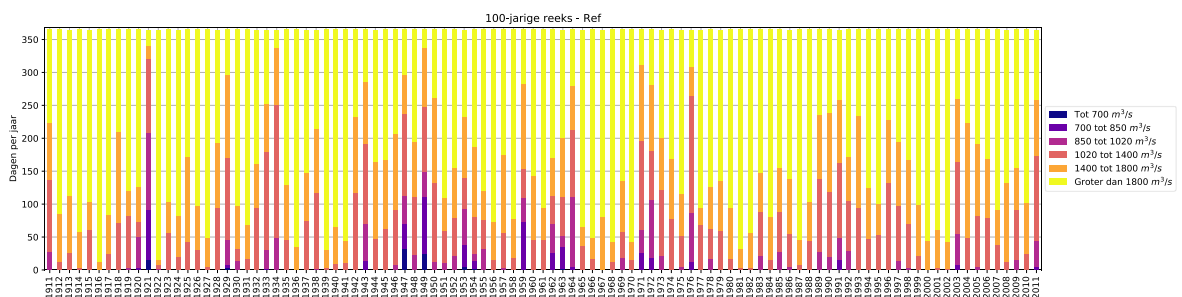
Herhalen we deze analyse voor alle klimaatscenario's dan resulteert dit in Figuur 3.2. Wederom blijkt een toename van het aantal dagen met lage afvoeren in scenario WHdry, tegenover een afname van het aantal dagen met lage afvoer in scenario GL.



*Figuur 3.2 De opbouw van een gemiddeld jaar op basis van de volledige 100-jarige reeks.*

## 4 Bepaling terugkeertijd

Een gemiddelde onderschrijdingskans beschrijft echter niet goed de problemen in een droog of extreem droog jaar. In deze paragraaf wordt daarom doorgewerkt naar een terugkeertijd van droge jaren in een klimaatscenario. Hiervoor wordt de eerder genoemde analyse uitgevoerd op ieder individueel jaar in de tijdserie (zie Figuur 4.1). Uit deze figuur blijkt een grote bandbreedte rondom het gemiddelde jaar (dit lijkt op 1983) naar de minst droge jaren (1916) en zeer droge jaren (1921).

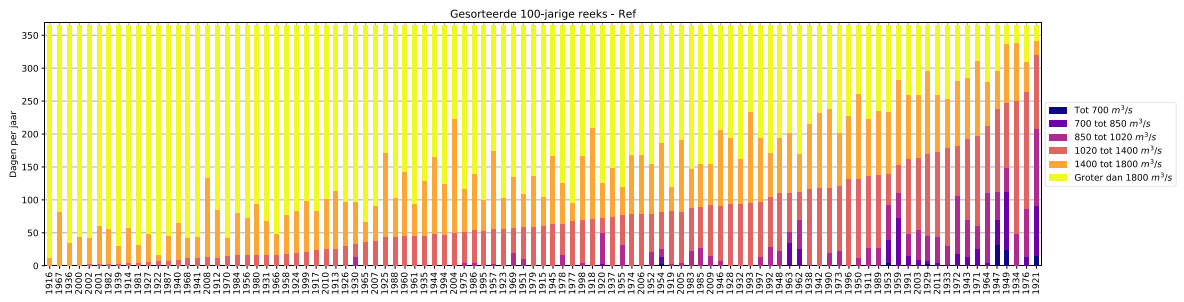


*Figuur 4.1 Opbouw van alle jaren in de 100-jarige reeks*

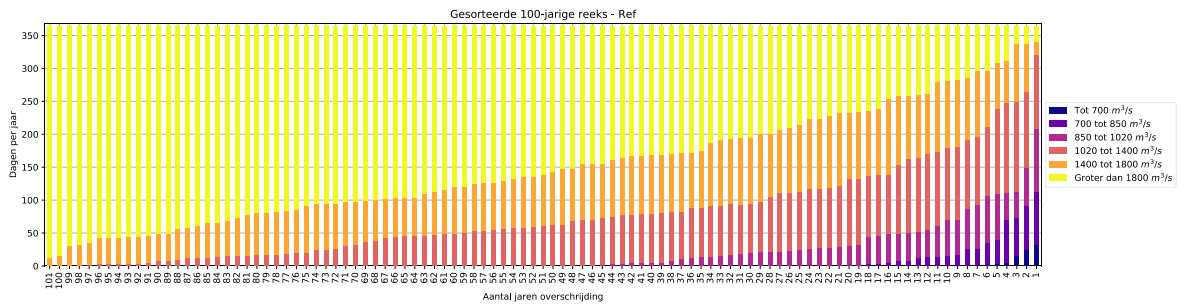
Voor de bepaling van de terugkeertijd is de gebruikelijke aanpak om alle jaren te sorteren op basis van een gegeven criteria. In Figuur 4.2 is een sortering op een afvoeronderschrijding van 1400 m<sup>3</sup>/s uitgevoerd. Wanneer deze sortering wordt aangehouden, zijn de andere niveaus echter niet noodzakelijkerwijs gesorteerd. Uit de figuur blijkt dit ook uit de piekerigheid van alle andere kleuren in deze figuur. De onderschrijdingskans van alle andere niveaus wordt hier niet goed gesorteerd.

Om dit wel goed uit te rekenen wordt gebruik gemaakt van een sortering per niveau en wordt daarmee een fictieve 100-jarige reeks opgebouwd. Hierin is feitelijk aangenomen dat er een 1-op-1 correlatie is tussen alle niveaus. Het meest extreme droge jaar bevat daardoor de meest kritieke situatie van ieder niveau en wordt daardoor nog extremer in de impact van de droogte. Minder droge jaren krijgen juist een gunstigere opbouw van de verschillende niveaus en kunnen daardoor een onderschatting geven. Dit is weergegeven in Figuur 4.3. Deze figuur valt nu af te lezen als een y-as waarop de ernst van een droogte-jaar staat, en op de x-as het aantal keer dat een dergelijke droogte voor komt in de 100-jarige reeks. Dit laatste valt direct te vertalen naar een terugkeertijd<sup>4</sup>. Deze resultaten zijn weergegeven Figuur 4.4.

In deze analyse is de duur van de laagwaterperiode niet meegenomen. Een beschouwing hierop is gegeven in Bijlage B.

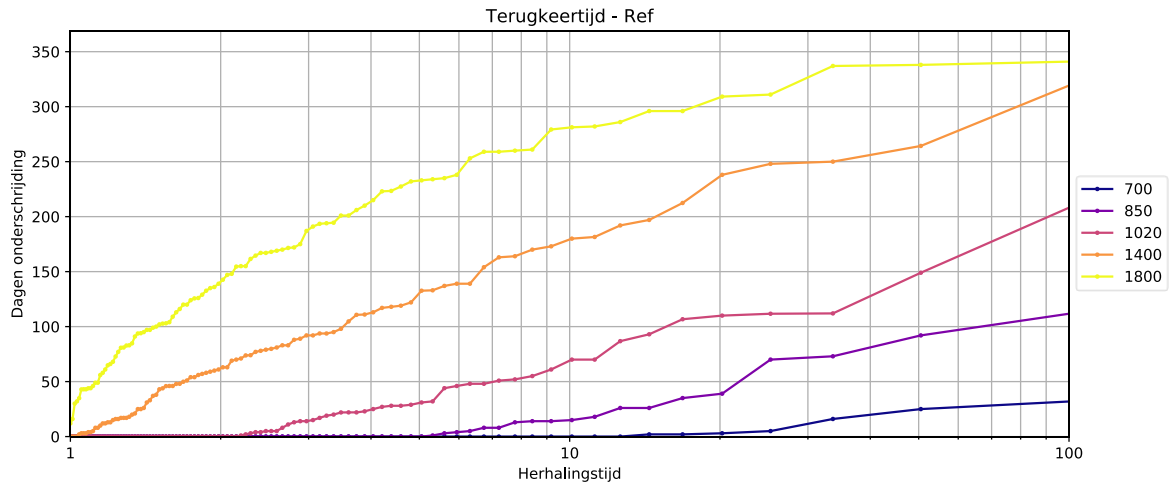


**Figuur 4.2** Alle jaren in de 100-jarige reeks gesorteerd naar het aantal dagen met een afvoer onder de 1400 m<sup>3</sup>/s



**Figuur 4.3** Alle niveaus in de 100-jarige reeks zijn individueel gesorteerd en gecombineerd in fictieve jaren.

<sup>4</sup> Voor de terugkeertijd worden de jaren, oplopend van meest droog naar minst droog, genummerd met een jaarnummer (J) 1 tot 101. De terugkeertijd wordt berekend met  $T=101/J$ .



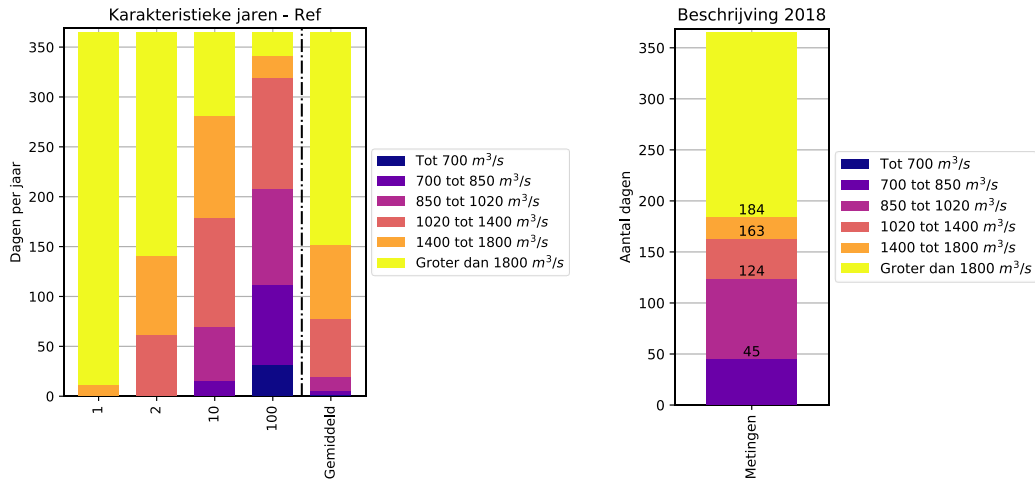
Figuur 4.4 Terugkeertijd van afvoerniveaus ( $m^3/s$ ) bij Lobith in scenario Referentie.

## 5 Karakteristieke droge jaren van de klimaatscenario's

De karakteristieke droge jaren worden bepaald door uit Figuur 4.4 de resultaten met de terugkeertijden 1, 2, 10 en 100 jaar te selecteren. Dit resulteert in een opbouw van de jaren zoals weergegeven in Figuur 5.1. Samen vormen deze niveaus een beschrijving van het klimaatscenario Referentie. De terugkeertijden kunnen als volgt geïnterpreteerd worden:

- De T=1 is het minst droge jaar in de 100-jarige reeks. De knelpunten die voorkomen in dit scenario worden verwacht elk jaar op te treden.
- De T=2 is het mediane jaar. Per definitie heeft het mediane jaar minder dagen met lage afvoer per jaar dan het gemiddelde jaar.
- De T=10 is een droog jaar dat in de reeks slechts 10 keer is overschreden. Dit is een goede maat van een droog jaar nog een regelmatige kans van voorkomen heeft.
- De T=100 is de meest extreme droogte in de reeks. De onderbouwing voor zulke extremen is beperkt is bij beschouwing van een 100-jarige reeks. Dit blijkt ook uit het schokkerige verloop bij hoge terugkeertijden in Figuur 4.4.

Om de karakteristieke jaren in perspectief te plaatsen is in Figuur 5.2 de opbouw van het droge jaar 2018 gegeven volgens de vastgestelde afvoerniveaus. Hieruit blijkt dat dit in het huidige klimaat tussen de T10 en de T100 valt. Eerdere studies hebben uitgewezen dat de terugkeertijd van 2018 ongeveer overeenkomt met 60 jaar.

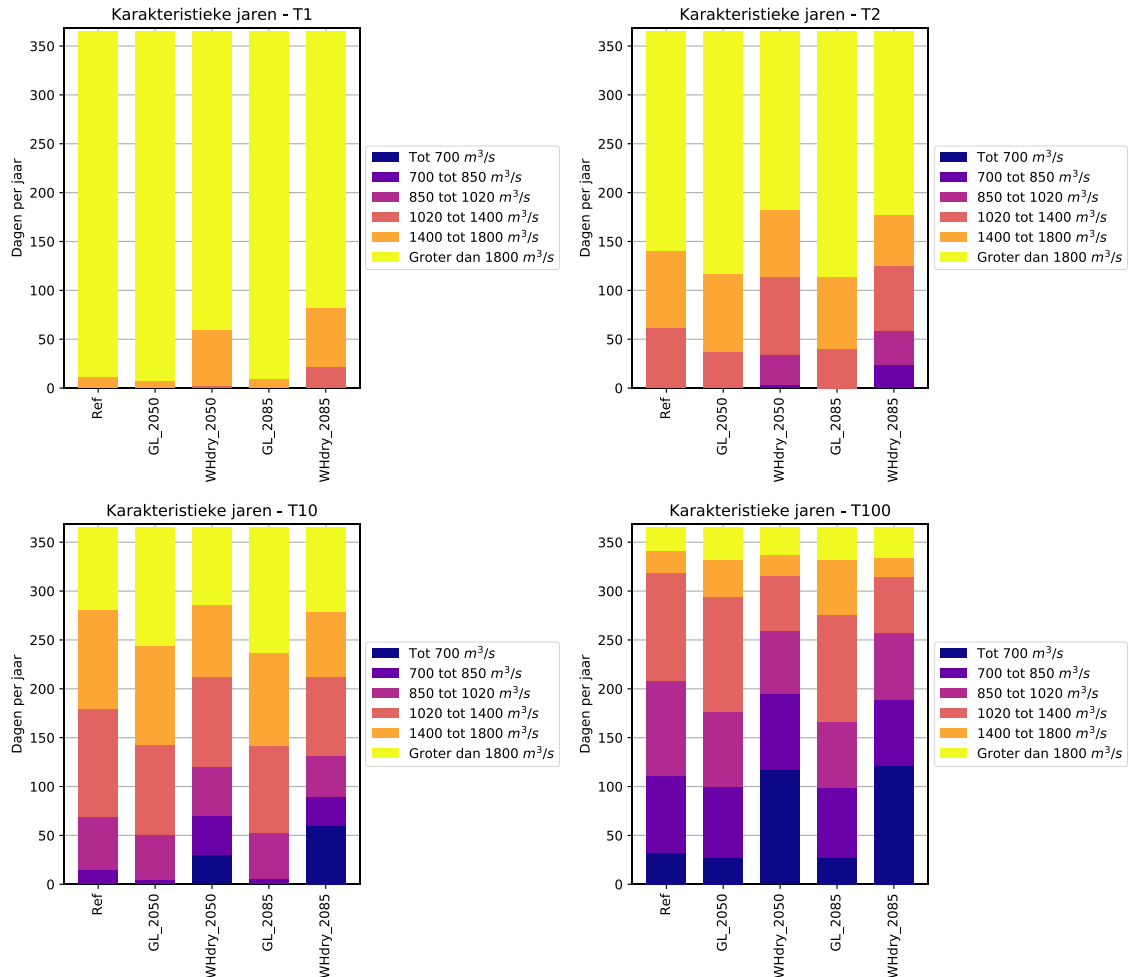


*Figuur 5.1 De opbouw van karakteristieke jaren met terugkeertijden van 1, 2, 10 en 100 jaar en de vergelijking met een gemiddeld jaar.*

*Figuur 5.2 Beschrijving van de het droge jaar 2018 volgens de afvoerniveaus*

De karakteristieke jaren zijn ook afgeleid voor de andere klimaatscenario's. Deze resultaten zijn gezamenlijk met de referentie gegeven in Figuur 5.3 (en in tabelvorm in Bijlage C). Hieruit valt af te lezen dat een droog jaar, met een terugkeertijd van 10 jaar, nu 69 dagen een afvoer lager dan de 1020 m<sup>3</sup>/s heeft, bij WHdry neemt dit toe tot 120 dagen in 2050 en tot 131 dagen in 2085. Dit komt vrijwel overeen met de 124 dagen die gemeten zijn in 2018. De terugkeertijd van het droge jaar 2018 neemt dus toe naar ongeveer 10 jaar bij klimaatscenario WHdry (iets hoger in 2050, iets lager in 2085).





Figuur 5.3 De opbouw van karakteristieke jaren met terugkeertijden van 1, 2, 10 en 100 jaar voor de 4 klimaatscenario's.

## 6 Referenties

Deltares (2017). *Deltascenario's voor de 21<sup>e</sup> Eeuw*. Actualisering 2017.

Klijn, F., Hegnauer, M., Beersma, J. en Sperna Weiland, F. (2015) *Wat betekenen de nieuwe klimaatscenario's voor de rivierafvoeren van Rijn en Maas?*

KNMI (2015). *Klimaatscenario's voor Nederland 2014*. Herziene uitgave 2015

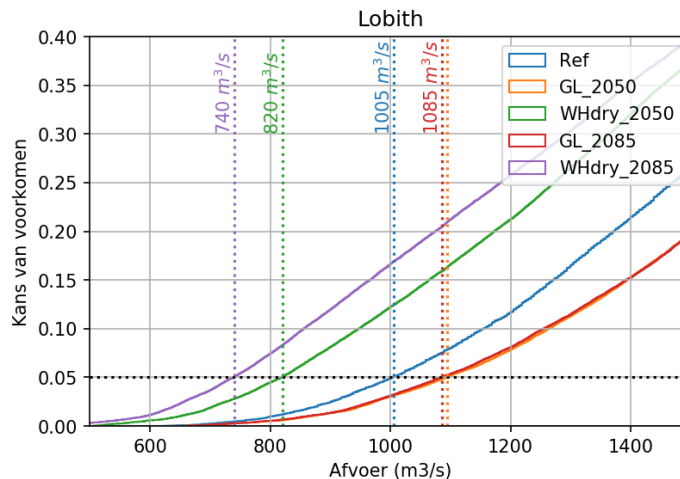
Kramer, N. (2018). *Afvoerstatistiek Rijn te Lobith*. Deltares memo d.d. 18 september 2018

Mens, M.J.P., J. Hunink, J. Delsman, J. Pouwels, F. Schasfoort (2019). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Voorlopige rapportage. Deltares rapport 11203734-003-ZWS-0002

## 7 Bijlage A: Vaste onderschrijdingskansen

In deze bijlage wordt gedemonstreerd hoe de methode met vaste kwantielen te werk gaat (zie Hoofdstuk 3). In Figuur 7.1 is weergegeven hoe bij een vaste onderschrijdingskans (in dit geval 5%) een afvoer in het huidige scenario een waarde heeft van 1005 m<sup>3</sup>/s, maar in de toekomst af kan nemen naar 820 m<sup>3</sup>/s in WHdry\_2050 en naar 740 m<sup>3</sup>/s in WHdry\_2085

De onderschrijdingskans van 5% is extra interessant omdat dit bij benadering gelijk is aan de bepaling van de OLA. Dit betekent dat volgens de bepalingen van de Acte van Mannheim bij deze afvoer een vaardiepte van 2.8 m wordt gegarandeerd. Om aan deze vaardiepte te blijven voldoen bij afvoeren van 820 of 740 m<sup>3</sup>/s vergt grote maatregelen.



Figuur 7.1 Gemiddelde onderschrijdingskansen van afvoeren in klimaatscenario's. De waarde van GL\_2050 is vrijwel identiek aan GL\_2085.

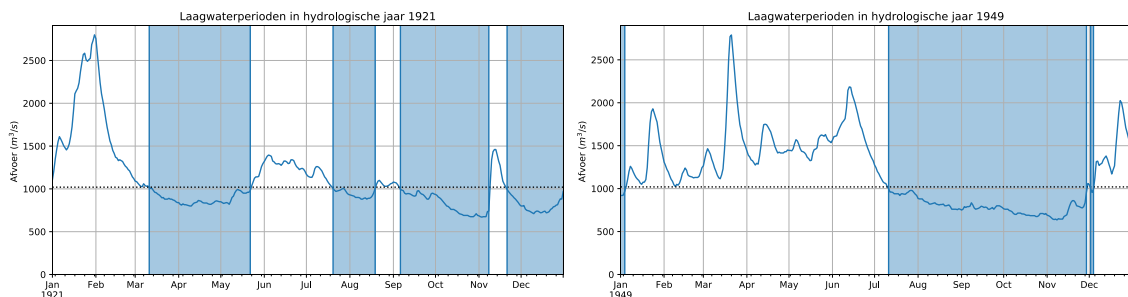
## 8 Bijlage B: Duur van een laagwaterperiode

In de analyse in deze rapportage wordt gekeken naar het aantal droge dagen in een jaar en niet naar de lengte van een aansluitende laagwaterperiode. In deze bijlage volgt een beschouwing hoe deze twee parameters met elkaar samenhangen en hoe hiervan gebruik gemaakt wordt. De volgende onderzoeksvragen worden hierin behandeld:

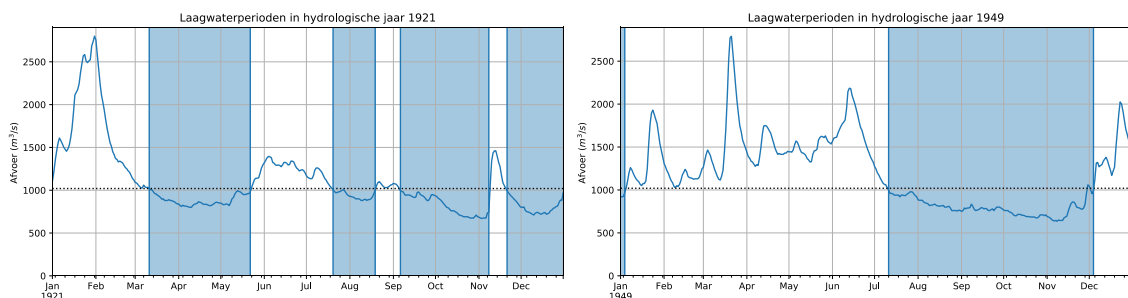
- 1 Wat is de definitie van een laagwaterperiode?
- 2 Hoe verhoudt zich de kans van voorkomen van een laagwaterperiode met de onderschrijdskans van lage afvoer in een jaar?

De toegepaste methode is overeenkomstig met een statistische analyse ten behoeve van het kierbesluit van de Haringvlietsluizen (Kramer, 2018). Drempelwaardes zijn echter bijgesteld voor de toepassing voor de scheepvaart.

Voor de definitie van een laagwaterperiode wordt gebruik gemaakt van een onderschrijdingsniveau (in dit voorbeeld 1000 m<sup>3</sup>/s) en het aantal dagen dat tijdens een laagwaterperiode toch een hogere afvoer voor kan komen. In Figuur 8.1 is de situatie getekend indien tijdens een laagwaterperiode deze grens nooit mag worden overschreden. In de figuur is te zien dat sommige perioden net opgesplitst worden doordat enkele dagen de afvoergrens wordt overschreden. In Figuur 8.2 is het resultaat gegeven indien de afvoer kort (maximaal 5 dagen) boven de afvoergrens mag komen gedurende de periode. De grens van 5 dagen is een aanname van de minimale periode die nodig is voor de scheepvaart om te kunnen anticiperen op nieuwe afvoercondities. Deze korte overschrijding van de afvoer in december 1949 wordt nu meegerekend tot de droge periode. Deze resultaten worden in de vervolganalyse toegepast.



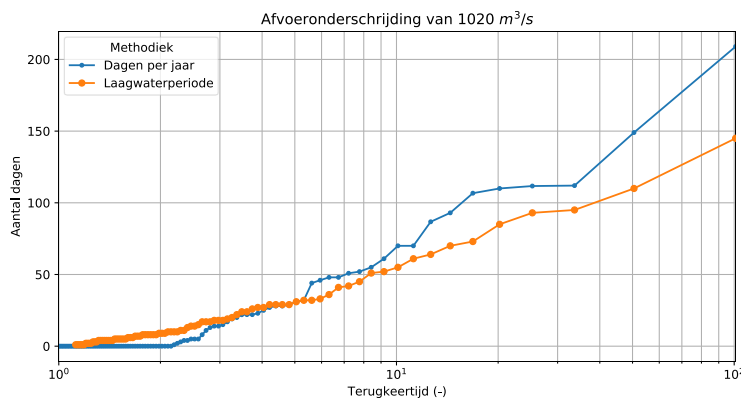
Figuur 8.1 Laagwaterperioden (lager dan 1020 m<sup>3</sup>/s) in de hydrologische jaren 1921 en 1949



Figuur 8.2 Laagwaterperioden (lager dan 1020 m<sup>3</sup>/s) in de hydrologische jaren 1921 en 1949 indien tijdens de laagwaterperiode de afvoergrens maximaal 5 dagen mag worden overschreden

De figuren laten daarnaast een andere interessante karakteristiek van beide hydrologische jaren zien. Het jaar 1921 is namelijk het meest droge jaar (203 dagen) verspreid over 4 periodes, maar 1949 heeft de langste aansluitende periode (143 dagen).

In Figuur 8.3 is een vergelijking gemaakt tussen de terugkeertijd van laagwaterperiodes en terugkeertijd van droge jaren. Hierin zien we echter dat er meer laagwaterperiodes zijn dan dat er droge jaren zijn (oranje lijn ligt boven de blauwe lijn), doordat er soms meerdere laagwaterperiodes in een jaar voorkomen. Deze periodes zijn niet onafhankelijk van elkaar, waardoor de terugkeertijd niet betrouwbaar is.



*Figuur 8.3 Vergelijking tussen terugkeertijd van laagwaterperiode en de terugkeertijd van droge jaren.*

Voor verdere statistiek van de correlatie tussen droge jaren en de opsplitsing van dit droge jaar in laagwaterperiodes is een 100-jarige tijdreeks te kort. Voor deze studie wordt daarom gekozen om in de nabewerking van de modelresultaten gebruik te maken van een pragmatische benadering. Er wordt uitgegaan van een bovengrens en een ondergrens van de mogelijk opbouw van de droogteperiode. Voor de bovengrens wordt er vanuit gegaan dat alle droge dagen aangesloten hebben plaatsgevonden. Voor de ondergrens wordt aangenomen dat de droogte bestond uit vier (gelijke) periodes.

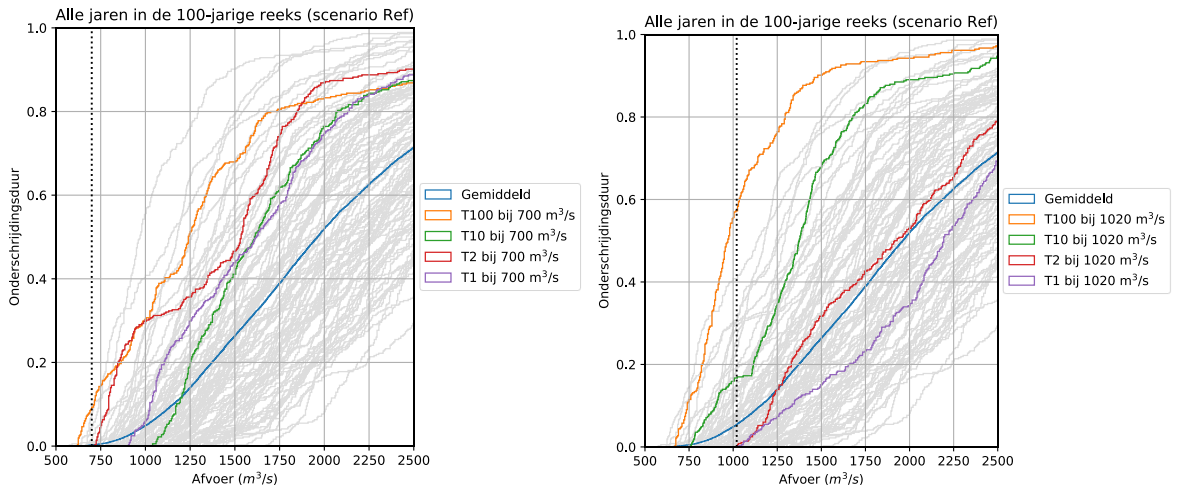
## 9 Bijlage C: Tabellen karakteristieke jaren

Tabel 9.1 Aantal dagen dat een afvoerniveau wordt onderschreden voor verschillende klimaatscenario's en karakteristieke jaren met verschillende terugkeertijden.

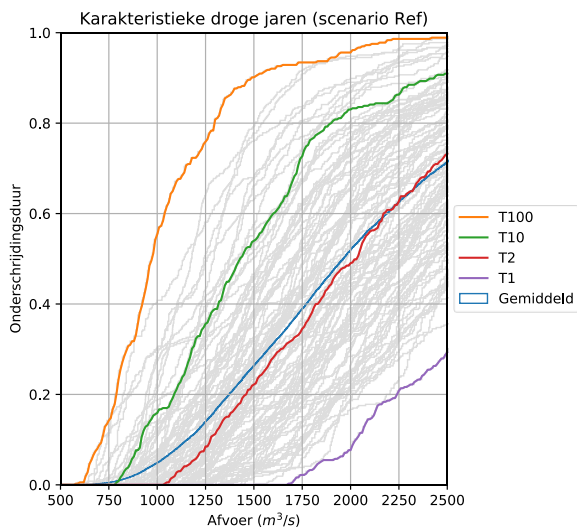
Aantal dagen onderschrijding		Afvoerniveau (m <sup>3</sup> /s)				
Klimaatscenario	Terugkeertijden	700	850	1020	1400	1800
Ref	1	0	0	0	0	12
	2	0	0	0	62	141
	10	0	15	69	179	281
	100	32	112	208	319	341
	<i>Gemiddeld</i>	1	6	20	78	151
GL_2050	1	0	0	0	0	7
	2	0	0	0	37	117
	10	0	5	51	142	244
	100	27	100	176	294	332
	<i>Gemiddeld</i>	0	3	12	56	123
WHdry_2050	1	0	0	0	2	60
	2	0	3	34	114	183
	10	30	70	120	212	285
	100	117	195	259	316	337
	<i>Gemiddeld</i>	7	22	47	117	185
GL_2085	1	0	0	0	0	9
	2	0	0	0	40	113
	10	0	5	53	142	237
	100	28	98	166	276	332
	<i>Gemiddeld</i>	0	3	13	55	120
WHdry_2085	1	0	0	0	22	82
	2	0	24	58	125	177
	10	60	90	131	212	279
	100	121	189	257	315	334
	<i>Gemiddeld</i>	13	35	64	129	189

## 10 Bijlage D: Verdelingsfunctie van karakteristieke jaren

De karakteristieke jaren kunnen ook weergegeven in een verdelingsfunctie zoals eerder toegepast in Figuur 3.1. Waar eerder enkel het gemiddelde van de 100-jarige reeks werd weergegeven, worden in Figuur 10.1 alle individuele jaren in deze reeks los weergegeven. De bovenste lijnen zijn de droogste jaren waarbij lage afvoeren heel vaak voorkwamen (hoge onderschrijdingsduur), de onderste lijnen zijn de minst droge jaren. Een jaar dat het meeste dagen (T100) een onderschrijdingsfrequentie van  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  (oranje lijn, linker figuur), kan een ander jaar zijn dan het jaar dat de meeste dagen een afvoer onder de  $1020 \text{ m}^3/\text{s}$  had (oranje lijn, rechter figuur). De samenstelling van het karakteristieke droge jaar T100, is dus een samenstelling van de T100 jaren bij alle afvoerniveaus. Het resultaat is weergegeven in Figuur 10.2.

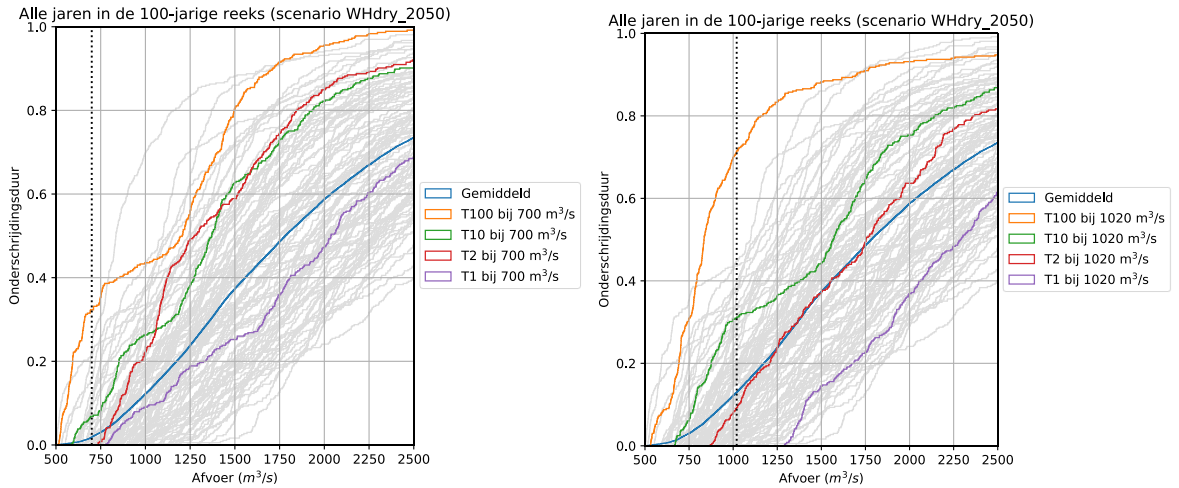


Figuur 10.1 Verdelingsfunctie van de individuele jaren van de 100-jarige reeks voor scenario Ref. Enkele jaren zijn uitgelicht die bijdragen aan de karakteristieke jaren voor  $850 \text{ m}^3/\text{s}$  (links) en  $1020 \text{ m}^3/\text{s}$  (rechts).

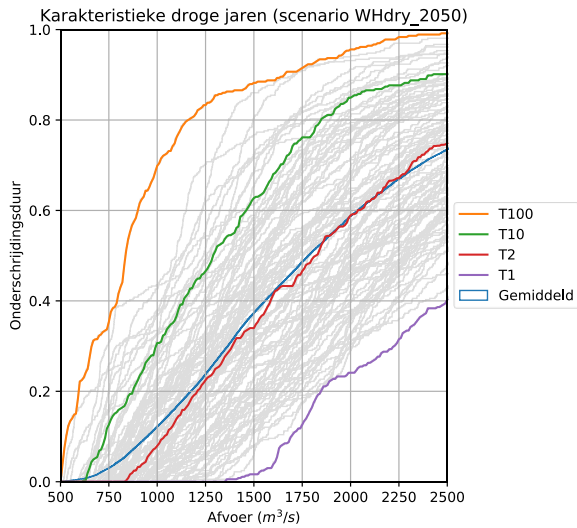


Figuur 10.2 Karakteristieke droge jaren in scenario scenario Ref.

In Figuur 10.3 is methodiek herhaald voor scenario Whdry\_2050. Hieruit is voor de T100 te zien dat een afvoer van 1020 m<sup>3</sup>/s op hetzelfde jaar is gevallen, maar met een hogere onderschrijdingsfrequentie. Voor afvoerniveau 850 m<sup>3</sup>/s is ditzelfde jaar nu ook het droogste jaar. In Figuur 10.4 de resulterende karakteristieke droge jaren.



**Figuur 10.3** *Verdelingsfunctie van de individuele jaren van de 100-jarige reeks voor scenario WHdry\_2050. Enkele jaren zijn uitgelicht die bijdragen aan de karakteristieke jaren voor 850 m<sup>3</sup>/s (links) en 1020 m<sup>3</sup>/s (rechts).*



**Figuur 10.4** *Karakteristieke droge jaren in scenario scenario WHdry\_2050.*