

Verkenning van mogelijkheden voor extra watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer

Een gevoeligheidsanalyse



Verkenning van mogelijkheden voor extra watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer

Een gevoeligheidsanalyse

Auteur(s)

Meinard Tiessen

Mees Radema

Verkenning van mogelijkheden voor extra watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer
Een gevoeligheidsanalyse

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Gerben Dekker (RWS WVL) en Wouter Quist (RWS Zee & Delta)
Referenties	Referenties
Trefwoorden	Trefwoorden

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	19-12-2024
Projectnummer	11210350-001
Document ID	11210350-001-ZKS-0007
Pagina's	61
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)		
	Meinard Tiessen Mees Radema	

Gebruik van deze tabel is voor de controle van de juiste uitvoering door Deltares van de opdracht. Ieder ander klantgebruik en externe verspreiding is niet toegestaan.

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord
1.0	Meinard Tiessen Mees Radema	Arno Nolte	Sandra Gaytan Aguilar

Samenvatting

Vanuit verschillende gebruikers van het Volkerak-Zoommeer komen aanvullende en aangepaste watervragen voor de (nabije) toekomst. Mogelijke aanvullende watervragen zijn in kaart gebracht door Rijkswaterstaat maar de consequenties hiervan op het beheer van het watersysteem zijn nog niet kwantitatief bepaald. Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of het Volkerak-Zoommeer in staat is extra watervraag te leveren of onder welke condities dit mogelijk is in relatie tot het beheer van het watersysteem. Effecten en consequenties voor bijvoorbeeld waterkwaliteit, natuur, recreatie en andere gebruikersfuncties worden in dit onderzoek niet beschouwd.

Om de mogelijkheden van een hogere watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer te onderzoeken zijn verschillende scenario's gesimuleerd met een bakjesmodel, waarin zowel de wateraanvoer als de watervraag is gevarieerd. Deze simulaties bouwen voort op de in 2020 uitgevoerde simulaties ten behoeve van een klimaatrobustheidstoets van het meer (Deltares, 2020).

Uit dit huidige onderzoek blijkt dat het mogelijk is om extra water aan te leveren aan verschillende watervragers rondom het Volkerak-Zoommeer bij beschikbaarheid van voldoende wateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen. Echter, om aan een extra watervraag te voldoen moet de aanvoer via de Volkeraksluizen jaarrond minimaal 40 m³/s zijn. Deze aanvoer is ten dele bedoeld om te voldoen aan de huidige watervraag en doorspoelbehoefte, maar biedt ook ruimte voor extra onttrekkingen. Bij een aanvoer van 40 m³/s, kan bijna 20 m³/s extra water aan de zuidzijde van het meer worden onttrokken en is het resterende debiet nodig voor de huidige watervraag en doorspoelbehoefte. Daarnaast geldt dat bij een grotere aanvoer via de Volkeraksluizen, dat er meer ruimte is voor aanvullende onttrekkingen. Tot slot geldt dat bij een hoger resterend debiet ook meer ruimte is voor onttrekkingen aan de noordzijde van het meer.

Met betrekking tot peilbeheer, zoutgehalte en verblijftijd kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Om het meerpeil tussen de peilgrenzen te kunnen handhaven, moet de extra watervraag ongeveer 20 m³/s kleiner zijn dan de jaarrond minimale wateraanvoer via de Volkeraksluizen.
- Het zoutgehalte bij meetpunt Bathse Brug blijft bij extra onttrekkingen in het zuidelijk deel langer onder de normwaarde (450 mg/l chloride). Bij een innamedebiet van 40 m³/s en een extra onttrekking (bij Kreekrak) van 20 m³/s wordt de grenswaarde kortdurend (orde dagen) bereikt in het huidige klimaat. Voor het toekomstige klimaat (scenario: 2085 met een droge zomer) geldt dat voor deze debietsverdeling dat de overschrijdingsduur orde grootte 40-50 dagen zal zijn.
- Als de extra onttrekkingen aan de noordzijde van het meer zijn, is de overschrijdingsduur van de normwaarde bij Bathse brug aanzienlijk langer (tot meer dan 200 dagen). Door extra onttrekkingen in het zuidelijk deel van het Volkerak-Zoommeer in te passen, wordt de oplading van het gehele meer met zout tegengegaan. Bij een extra watervraag aan de zuidzijde van het meer (voor onderzochte onttrekkingslocaties langs Zoommeer of Kreekrak) wordt effectief de doorspoeling van het gehele meer vergroot en verzilting beperkt.
- Daarnaast leiden extra onttrekkingen in het zuidelijke deel van het Volkerak-Zoommeer ook tot grotere doorspoeldebieten en verkorting van verblijftijden in een groter deel van het meer dan bij extra onttrekkingen aan de noordzijde van het meer.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Doel van project	7
1.2	Onderzoeksvoorstel	7
2	Opzet model en scenario's	9
2.1	Beschrijving modelstudie 2020	9
2.1.1	Model- en onderzoeksopzet 2020 studie	9
2.1.2	Aannames	9
2.2	Scenario-opzet	10
2.2.1	Basisscenario's en opzet	10
2.2.2	Gevarieerde parameters	11
3	Resultaten	12
3.1	Resultaten voor verschillende scenario's	12
3.1.1	Waterstand	12
3.1.2	Zoutgehalte	14
3.1.3	Debiet	15
3.2	Analyse van kentallen	17
3.2.1	Waterstand	18
3.2.2	Zoutgehalte	19
3.2.3	Debiet	21
3.3	Bevindingen	23
4	Conclusies en aanbevelingen	25
4.1	Conclusies	25
4.2	Aanbevelingen	26
5	Literatuur	28
A	Tabel met toekomstige watervragers Volkerak-Zoommeer	29
A.1	Huidige gebruikers	29
A.2	Potentiële nieuwe watervragers	30
B	Visualisatie van het bakjesmodel	31
C	Uitwerking kentallen: Waterstanden	32
C.1	Onrealistisch lage waterstanden	32
C.2	Minimale waterstand	33
C.3	Onderschrijdingsduur minimale waterstandsgrenzen	34
C.4	Startdatum onderschrijding minimale waterstandsgrenzen	35

C.5	Maximale waterstand	36
C.6	Overschrijdingsduur maximale waterstandsgrenzen	36
C.7	Startdatum overschrijding maximale waterstandsgrenzen	36
D	Uitwerking kentallen: Zoutgehalte	37
D.1	Zoutgehalte Volkerak-Zoommeer (geheel)	37
D.2	Zoutgehalte Bathse Brug	39
D.3	Zoutgehalte Zoommeer	41
D.4	Zoutgehalte Volkerak	43
D.5	Overschrijdingsduur normwaarde (450 mg/l)	45
D.6	Startdatum overschrijding normwaarde	47
E	Uitwerking kentallen: Debieten	50
E.1	Minimale debieten (100-daags gemiddelde)	50
E.2	Startdatum minimale debieten (100 daags gemiddelde)	51
E.3	Minimale debieten (50-daags gemiddelde)	52
E.4	Startdatum minimale debieten (50 daags gemiddelde)	53
E.5	Minimale debieten (10-daags gemiddelde)	54
E.6	Startdatum minimale debieten (10 daags gemiddelde)	55
E.7	Maximale debieten (5-daags gemiddelde)	56
E.8	Startdatum maximale debieten (5-daags gemiddelde)	57
E.9	Maximale debieten (over 1 dag)	58
E.10	Startdatum maximale debieten (over 1 dag)	59
E.11	Halfjaar gemiddelde debieten Krammersluizen (SPVM)	60

1 Inleiding

Dit document beschrijft een uitwerking van de in 2024 binnen het SITO PS project Kennis voor gebiedsbenadering ZW Delta (WBK12) uitgezette activiteit: Onderzoek extra watervraag in het Volkerak-Zoommeer.

1.1 Doel van project

Het Volkerak-Zoommeer is voor de Zuidwestelijke delta de enige zoetwaterbron vanuit het Hoofdwatersysteem. Met het besluit om het Volkerak-Zoommeer voorlopig zoet te houden (bron: Tweede Kamer¹), is er een toenemende interesse bij diverse partijen om gebruik te gaan maken van zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer. Mogelijke aanvullende watervragen zijn in kaart gebracht door Rijkswaterstaat (overzicht opgenomen in Bijlage A). Echter, de consequenties op het beheer van het watersysteem zijn nog niet bepaald. Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of het Volkerak-Zoommeer in staat is extra watervraag te leveren of onder welke condities dit mogelijk is in relatie tot het beheer van het watersysteem. Effecten en consequenties voor bijvoorbeeld waterkwaliteit, natuur, recreatie en andere gebruikersfuncties worden in dit onderzoek niet beschouwd.

1.2 Onderzoeksvoorstel

Het onderzoek extra watervraag in het Volkerak-Zoommeer is gebaseerd op de volgende punten:

- 1) Uitgangspunt van de analyse zijn de simulaties zoals die zijn uitgevoerd in de Klimatrobuustheidsstudie (Deltares, 2020). Hierin zijn verschillende jaarsommen gesimuleerd met een bakjesmodel (lay-out weergegeven in Bijlage B) op basis van historische tijdsafhankelijke debieten. Voor toekomstige scenario's zijn deze debieten geschaald aan de hand van de KNMI scenario's.
- 2) De extra watervraag kan worden opgesplitst tussen huidige gebruikers die extra water (bovenop de huidige onttrekking) willen gebruiken en nieuwe gebruikers (Bijlage A). Voor deze analyse worden de watervragen van de huidige en nieuwe gebruikers samengevoegd en geschematiseerd aan het model opgelegd. Er wordt bij deze extra onttrekkingen geen seizoenale variatie toegepast (op basis van dit onderzoek kan gekeken worden voor welke periodes van een jaar (gemm. huidig droog, toekomstig droog) de waterbeschikbaarheid groot genoeg is om te voldoen aan de beoogde extra watervraag. De hier voorgestelde watervragen geven een range aan opties weer waarvan de consequenties worden bepaald.
- 3) Toetsing van de consequenties gebeurt aan de hand van:
 - a) Zoutgehaltes (op drie verschillende locaties in het meer die grofweg overeenkomen met vaste zoutmeetpunten in het meer: Galathee (vak II in het bakjesmodel (weergegeven in Bijlage B)) en Bathse Brug (vak IX). Daarnaast wordt ook het Zoommeer (vak VII) meegenomen in de analyse². De analyse voor deze drie

¹ 1 Tweede Kamer motie van de leden Stoffer en Geurts over het definitief schrappen van het plan voor verzilting van het Volkerak-Zoommeer (2020). Website:

<https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2020Z19794&did=2020D42588>

² Dit uitvoerpunt is gekozen in plaats van de meetlocatie Nieuw Vossemeer in de Eendracht. Door de opzet van de onttrekking in de Eendracht (verdeeld over twee vakken) en de locatie van het meetpunt (op de grens tussen twee vakken) maakt het gebruik van de eigenlijke meetlocatie Nieuw Vossemeer minder geschikt. De uitvoerlocatie Zoommeer geeft een vergelijkbaar (maar wel enigszins vertraagd) beeld van de dynamiek die optreedt bij Nieuw Vossemeer.

uitvoerpunten zal zich richten op de overschrijdingsduur van de normwaarde 450 mg/l Cl, zoals die geldt voor Bathse Brug.

- b) Waterstanden (bij meetpunt Bathse Brug (IX)): Primair zal hier worden gekeken naar onder-/overschrijding van de reguliere peilgrenzen (NAP -0,1 m en NAP +0,15 m) en calamiteitsgrenzen (NAP -0,25 m en NAP +0,5 m)
- c) Doorspoeldebiet (bij de Bathse Spuisluis en in de Eendracht (nabij meetpunt Nieuw Vossemeer)): Hierbij gaat het met name om langdurige lage afvoeren waardoor de verblijftijd in het meer toeneemt. Voorgesteld wordt om per scenario te kijken wat de maandgemiddelde minimale afvoer is.

Om de range aan mogelijke opties van gevolgen van de extra watervraag te onderzoeken wordt een groot aantal scenario's gedraaid, die allen worden getoetst op een drietal parameters die indicatief zijn voor de verschillende gebruikersfuncties:

- De waterstand is van belang voor peilbeheer en de vertaling daarvan naar (tijdelijke) tekorten of overschotten op de waterbalans en daarmee de waterbeschikbaarheid voor gebruikers. Een te lage of te hoge waterstand is daarnaast van belang voor de ecologie (bijv. vogels met nesten aan de oever).
- Het zoutgehalte is van belang voor het watergebruik voor economische toepassingen zoals landbouw en ecologie. De normwaarde die zal worden gehanteerd is 450 mg/l Chloride bij Bathse Brug (zoals nu ook al als norm geldt tijdens het groeiseizoen).
- Het doorspoeldebiet is indicatief van de verblijftijd van het meer en bepalend voor de ecologie en waterkwaliteit. Een kleiner doorspoeldebiet (bij Bath of via mogelijke andere onttrekkingen) betekent een langere verblijftijd en daarmee een verhoogd risico op bijvoorbeeld de ontwikkeling van blauwalgen.

2 Opzet model en scenario's

2.1 Beschrijving modelstudie 2020

In 2020 is door Deltares een bakjesmodel opgezet (Bijlage B) om een groot aantal klimaatscenario's door te rekenen. De modelschematisatie, modelopzet en scenario opzet vormen de basis voor de scenariostudie die in dit onderzoek is uitgevoerd. De beschrijving hieronder vormt een samenvatting van de toen gehanteerde opzet en is overgenomen uit Deltares (2024b).

2.1.1 Model- en onderzoeksoptzet 2020 studie

In 2020 is door Deltares een studie uitgevoerd naar de Klimaatrobustheid van het Volkerak-Zoommeer. In deze studie is aan de hand van scenario's van het huidige en het toekomstige klimaat met een bakjesmodel berekend wat de verwachte ontwikkeling van verschillende fysische parameters zal zijn, zoals waterstand en zoutgehalte.

De gesimuleerde jaren waren voor het huidige klimaat 2017 (als default) en 2018 (waar sprake was van een langdurig droge zomer en najaar). Voor het toekomstige klimaat waren de gegevens van 2018 als uitgangspunt genomen, maar waren de data aangepast naar de KNMI'13 klimaatscenario's (KNMI, 2014).

De simulaties beschreven allemaal een jaar, wat tweemaal achterelkaar werd gedraaid om het systeem in te laten spelen. De uitkomsten waren vervolgens geanalyseerd voor het tweede jaar.

Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar Deltares (2020). In de volgende paragrafen komen de achterliggende aannames aan bod.

2.1.2 Aannames

Voor een volledige beschrijving van de modelopzet en de aannames zoals die zijn gehanteerd bij het uitvoeren van de scenariostudie met behulp van het bakjesmodel voor de klimaatrobustheidsstudie wordt verwezen naar Deltares (2020). Hieronder volgen kort de belangrijkste gehanteerde instellingen, als ook de achterliggende aannames en gehanteerde rapporten.

In de klimaatrobustheidsstudie is aan de hand van enkele aangenomen aanvoerdebieten via de Volkeraksluizen gekeken of in de toekomst het meerpeil tussen de peilgrenzen (-0,1 – 0,15m NAP) gehandhaafd kan worden. Het debiet dat door de Volkeraksluizen is ingelaten naar het Volkerak-Zoommeer is in de simulaties een continue opgelegde³ met waardes van:

- 15 m³/s
- 25 m³/s
- 25 m³/s met winterdoorspoeling⁴
- 40 m³/s

³ Er wordt hierbij uitgegaan dat er altijd voldoende aanvoer vanuit het Hollandsch Diep naar het Volkerak-Zoommeer beschikbaar is.

⁴ In de variant met winterdoorspoeling wordt voor de periode van 15 februari tot en met 14 maart een inkomend debiet via de Volkeraksluizen van 100 m³/s aangenomen. In recente jaren wordt afgeweken van deze "winter doorspoeling" en wordt jaarrond gespoeld.

Voor het modelleren van de neerslag wordt voor het huidige klimaat gebruik gemaakt van gemeten tijdreeksen, van 2017 (default) of van 2018 (droge zomer en najaar). Voor de toekomstige klimaatscenario's wordt de 2018 neerslagdata geschaald met de verwachte neerslagontwikkeling op basis van de KNMI'14 klimaatscenario's (KNMI, 2015):

- 2050 (klimaatscenario G_L): Winter +3%, lente +5%, zomer +1%, herfst +7%
- 2085 (klimaatscenario W_H): Winter +30%, lente +12%, zomer -23%, herfst +12%

De aanvoer vanuit de Brabantse rivieren Dintel en (Steenbergse) Vliet wordt ook gebruik gemaakt van gemeten debietsreeksen van 2017 en 2018, waarbij het Dintel-debiet is aangevuld met een extra aanvoer via de Roode Vaart van 2,5 m³/s (april – juni) en 1,5 m³/s (juli – september). Voor de klimaatscenario's wordt de data van 2018 gebruikt en geschaald met de verwachte neerslagontwikkeling.

Afvoer van water uit het Volkerak-Zoommeer gaat via de Krammersluizen en de Bathse Spuisluis. Voor de Krammersluizen zijn strikte grenzen: 9 m³/s in groeiseizoen (15 maart – 15 september) en 29 m³/s daarbuiten⁵ mits voldoende water beschikbaar is. Voor de Bathse Spuisluis geldt dat het spuidebiet (max. 135 m³/s) afhankelijk is van hoeveel water overtollig is in het Volkerak-Zoommeer en het peil op de Westerschelde⁶. Voor beide spuinmiddelen is geen rekening gehouden met tijdelijke opzet als gevolg van wind.

De Krammersluizen zijn in deze studie al omgebouwd (afronding van de ombouw is gepland voor 2028⁷) met een Innovatieve Zoet-Zout Scheiding (IZZS) en een Spui- en Vismigratiemiddel (SPVM). De zoutlast is vastgesteld op basis van eerdere studies, maar zal in de toekomst gevalideerd moeten worden.

Voor het modelleren van verdamping wordt gebruik gemaakt van gemeten tijdreeksen: Voor 2017 wordt gebruik gemaakt van een meetreeks uit 2003, terwijl voor 2018 gebruik wordt gemaakt van de dat jaar gedane metingen. Voor de klimaatscenario's wordt gebruik gemaakt van de 2018 data, zonder aanvullende aanpassing als gevolg van klimaatverandering⁸.

De mate waarin zoute kwel een significante rol speelt in de verzilting van het Volkerak-Zoommeer in het huidige klimaat en bij klimaatverandering was relatief onzeker ten tijde van de Klimaatrobustheidstoets. Toen zijn verschillende scenario's gedraaid met een zoute kwel last van ofwel 3 kg/s of 6kg/s chloride⁹.

2.2 Scenario-opzet

2.2.1 Basisscenario's en opzet

Voor de studie naar de mogelijkheden voor extra watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer worden drie basis-scenario's gedraaid. Deze betreffen:

⁵ Dit betreft het verwachte beheer na ombouw van de Krammersluizen van de huidige zoet-zout scheiding, naar de innovatieve zoet-zout scheiding (IZZS) inclusief spui- en vismigratiemiddel.

⁶ In werkelijkheid wordt het spuidebiet bij de Bathse spuisluis ook bepaald door het gemeten zoutgehalte bij Bathse brug. Bij een verhoogd zoutgehalte wordt meer gespuid om zoutindringing in het VZM tegen te gaan. Dit wordt niet toegepast in de simulaties van het bakjesmodel, waar ook de aanvoer van zoet water (via de Volkeraksluizen) constant is.

⁷ Aldus de website van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/renovatie-krammersluizencomplex/planning-en-aanpak> (bezocht op 17-12-2024).

⁸ Het is de verwachting dat het effect hiervan verwaarloosbaar zal zijn (pers. comm. RWS Z&D).

⁹ In 2024 wordt gewerkt aan een update van deze klimaatrobustheidstudie. Daarin worden de hier genoemde aannames getoetst aan recente kennis en rapporten (in prep).

- 2017 (default)
- 2018 (een droge zomer en najaar)
- 2085, welke is gebaseerd op de data van 2018, maar waarbij:
 - o Neerslag en de afvoer van de Brabantse rivieren (Dintel en Vliet) zijn geschaald naar de verwachte verandering in de neerslag aldus de KNMI'23 Hd2100 scenario: Winter: +14%, Lente: +4%, Zomer: -29%, Herfst: +1%
 - o Verdamping is geschaald naar de verwachte verandering in de verdamping aldus de KNMI'23 Hd2100 scenario: Winter: -, Lente: +10%, Zomer +22%, Herfst -%

De overige aannames betreffen:

- Zoutlast als gevolg van kwel is 3 kg/s chloride. Dit is gebaseerd op recent onderzoek (Deltares, 2022) dat uitwees dat de verwachte kwellast in 2100 (bij 1 m ZSS) niet groter zal zijn dan 3 kg/s Cl.
- Een mogelijk effect van zeespiegelstijging is dat de spuicapaciteit bij de Krammersluizen en de Bathse Spuisluis afneemt (Deltares, 2024a). In deze studie wordt er vanuit gegaan dat de spuicapaciteit zoals die beschikbaar is in het huidige klimaat (0 m ZSS) in stand zal blijven, mogelijk door de inzet van pompen of vergroten van de spuicapaciteit.

2.2.2 Gevarieerde parameters

De geschematiseerde watervragers worden opgenomen als een extra jaarrond constant onttrekkingsdebiet van 0, 10, 20, 40, 60 m³/s. Deze worden opgelegd op verschillende locaties langs het meer¹⁰ (ter referentie: In Bijlage B wordt de vak-nummering weergegeven van het bakjesmodel):

- Volkerak (vak I)
- Eendracht (verdeeld over vak V en VI)
- Zoommeer (vak VII)
- Kreekrak (vak VIII)
- Verdeeld over Volkerak en Kreekrak (vakken I en VIII).

Voor de zoetwateraanvoer via de Volkeraksluizen worden de vier scenario's gehanteerd, zoals die waren gebruikt in de Klimaatrobustheidsstudie (Deltares 2020), aangevuld met grotere debieten om de aanvullende watervraag te voldoen. De opgelegde inkomende debieten zijn: 15, 25 (met/zonder winterdoorspoeling) 40, 50 (maximum volgens het Waterakkoord), 60 en 80 m³/s.

In totaal betreft het vier extra onttrekkingsdebieten (en een 0 m³/s extra onttrekkingsdebiet) die op vijf verschillende manieren verdeeld kunnen worden over het meer. Al deze scenario's worden getoetst voor zeven Volkerak aanvoerdebeten en nog drie simulatiejaren. In totaal zijn 442 simulaties gedraaid en met elkaar vergeleken.

¹⁰ Uit Bijlage A blijkt dat niet alle extra watervragers jaarrond een zelfde debiet nodig hebben. Daarnaast is onduidelijk welke onttrekkingslocaties door alle extra watervragers zijn beoogd. Daarom is in deze studie er voor gekozen om de extra onttrekkingen geschematiseerd op te leggen, met grofstoffelijk gekozen onttrekkingslocaties en jaarrond constante debieten.

3 Resultaten

In het volgende hoofdstuk worden de tijdreeksen voor waterstanden, zoutgehaltes en debieten weergegeven voor enkele karakteristieke scenario's en locaties. Alle grafieken laten twee jaren zien. Het eerste jaar is het inspeeljaar. De data voor het tweede jaar is gebruikt voor een analyse en bepaling van karakteristieke waarden. Van deze karakteristieke waarden worden in paragraaf 3.2 enkele voorbeelden weergegeven waarin de resultaten van alle scenario's tegelijk worden vergeleken. De weergave van alle kentallen is opgenomen in Bijlages C (voor waterstanden), D (voor zoutgehalte) en E (voor debieten).

3.1 Resultaten voor verschillende scenario's

Om een indicatie te geven van het bereik aan modeluitkomsten dat op basis van de hierboven beschreven scenario's is verkregen, worden drie scenario's hieronder kort met elkaar vergeleken. Als default scenario is het volgende scenario gebruikt:

Scenario 4	
Simulatie jaar	2017
Extra watervraag	Geen
Wateraanvoer Volkeraksluizen	15 m ³ /s

Daarnaast zijn twee aanvullende scenario's weergegeven waarbij in verschillende mate sprake is van extra watervraag en een balans tussen vraag en aanbod:

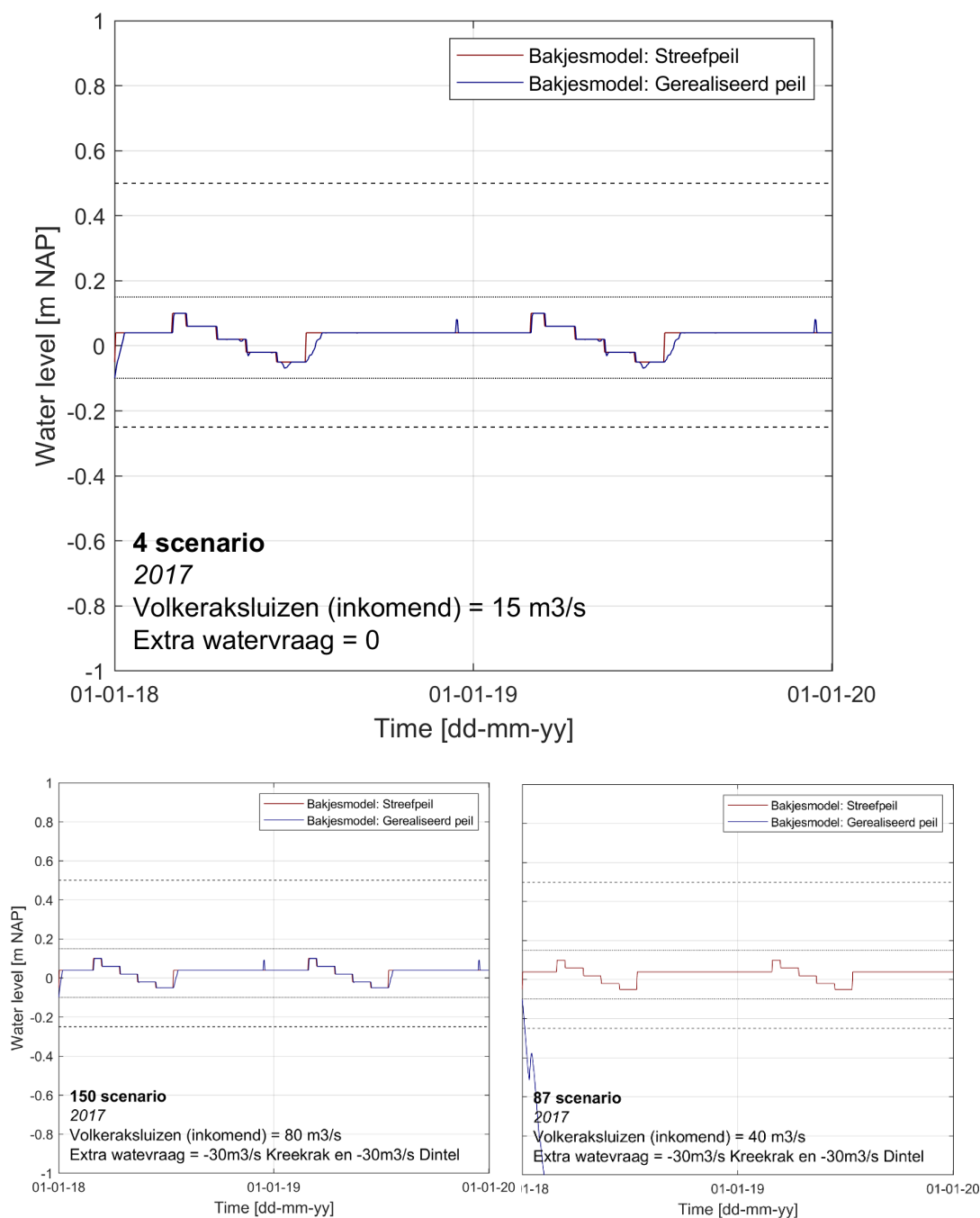
Scenario 150	
Simulatie jaar	2017
Extra watervraag	30 m ³ /s Kreekrak en 30 m ³ /s Volkerak
Wateraanvoer Volkeraksluizen	80 m ³ /s
Scenario 87	
Simulatie jaar	2017
Extra watervraag	30 m ³ /s Kreekrak en 30 m ³ /s Volkerak
Wateraanvoer Volkeraksluizen	40 m ³ /s

Deze scenario's geven slechts een deel van de bestudeerde condities weer. Zo is het simulatiejaar niet gevarieerd en zijn er ook meer extra watervraag opties. Deze zullen worden beschouwd in paragraaf 3.2.

3.1.1 Waterstand

- De uitkomsten van het default-scenario (Figuur 3.1, scenario 4) laten zien dat het meerpeil (blauwe lijn) nauwkeurig de peiltrap volgt (rode lijn). Enkele kleine uitschieters treden op bij kortstondige onbalans tussen wateraanvoer en vraag. Maar het meerpeil blijft binnen de peilgrenzen (zwarte doorgetrokken lijnen)
- Voor scenario 150 (Figuur 3.1) geldt dat doordat er meer water aangevoerd wordt via de Volkeraksluizen (80 m³/s) dan via de extra watervraag wordt afgevoerd (totaal 60 m³/s) het peil nog iets beter gehandhaafd kan worden dan in het default-scenario en dat bijvoorbeeld bij verhoging van de peiltrap het peil sneller naar het nieuwe streefpeil stijgt.
- Bij scenario 87 (Figuur 3.1), als er sprake is van een kleinere aanvoer van zoetwater (Volkeraksluizen 40 m³/s), is er sprake van een onbalans tussen de (extra) watervraag en wateraanbod en zakt het meerpeil zeer snel uit tot ver voorbij zelfs de calamiteitsgrenzen

(gestippelde lijnen). Nadat in de beginfase van de simulatie het meerpeil is uitgezakt, is er vervolgens nooit meer sprake van dat het peil zich herstelt. Zelfs in de relatief natte wintermaanden blijft het peil (ver) onder de streef- en calamiteitsgrenswaarde.

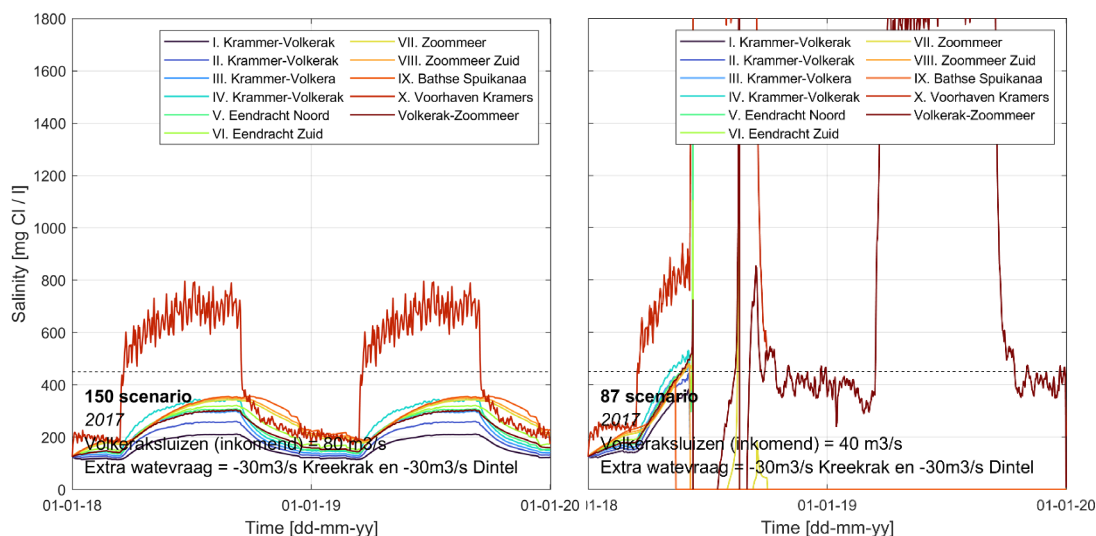
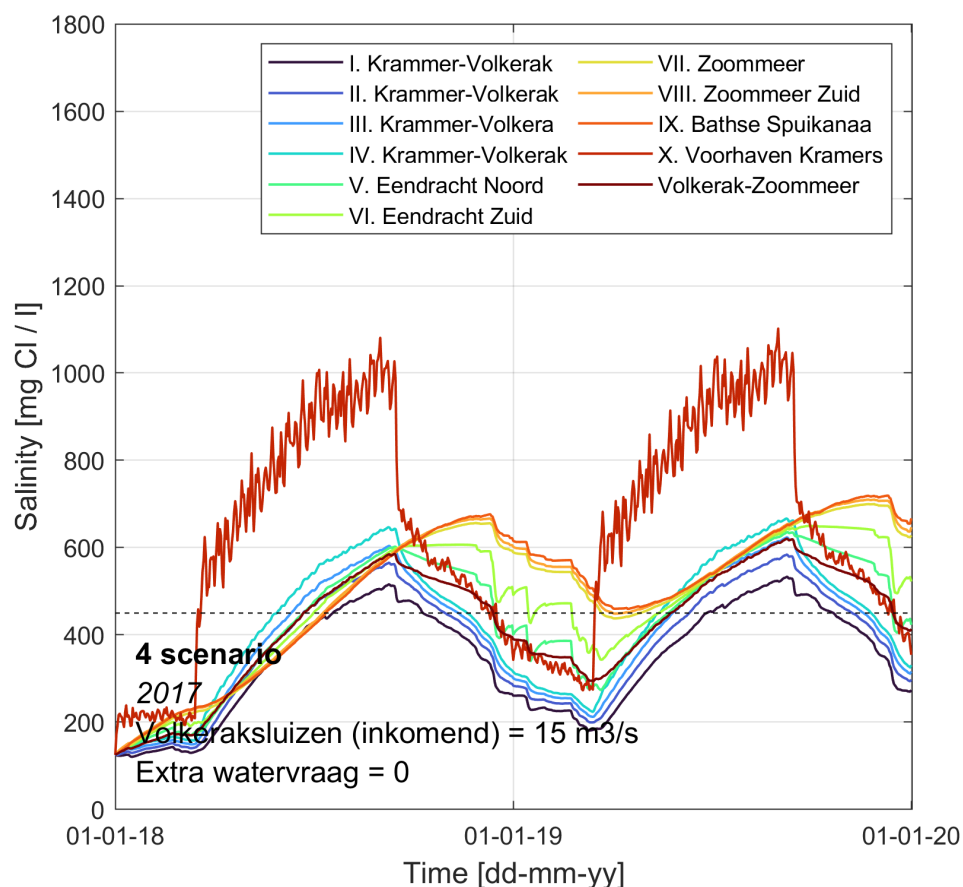


Figuur 3.1 Waterstandsverloop over tijd voor de drie voorbeeldscenario's. Het eerste jaar is een inspeeljaar, terwijl het tweede jaar wordt gebruikt voor de analyse. De modeluitkomsten zijn als blauwe lijn weergegeven, het streefpeil is in rood. De peilgrenzen zijn aangegeven als zwarte doorgetrokken lijnen, de calamiteitsgrenzen zijn zwarte gestippelde lijnen.

3.1.2 Zoutgehalte

- Het verloop van het zoutgehalte in het default scenario (Figuur 3.2), laat zien dat een zoetwateraanvoer van 15 m³/s (en geen extra watervraag) te laag is om het meer ook in de zomermaanden zoet te houden. Alle delen van het meer raken tijdelijk of langdurig verzilt, waarbij de zuidelijke delen (vakken VII, VIII en IX; Bijlage B) permanent verzilt raken en de oplading met zout in die delen het hoogste is. Ook in de winter is de doorspoeling te laag om het zoutgehalte in die delen onder de normwaarde te brengen.
- Als er sprake is van een grotere mate van doorspoeling (scenario 150) is er sprake van aanzienlijk lagere zoutgehaltes. Alhoewel de voorhaven van de Krammersluizen nog steeds hoge zoutgehaltes laat zien, wordt het meer het hele jaar zoet gehouden. Dit komt primair door extra wateraanvoer, maar wordt geholpen door een extra watervraag in het zuidelijk deel van het meer. Als de extra onttrekking in het noordelijk deel van het meer plaatsvindt, is de oplading van het zuidelijke deel van het meer aanzienlijke groter (niet hier weergegeven, maar te zien in paragraaf 3.2)¹¹.
- Als de (extra) watervraag groter is dan het wateraanbod (scenario 87), dan zakt niet alleen het meerpeil uit, maar worden de gemodelleerde zoutgehaltes ook onrealistisch. Mogelijk komen gemodelleerde vakken droog te staan, waardoor het model niet langer in staat is een realistisch zoutgehalte te berekenen. In dit geval kan geen uitspraak worden gedaan over de zoutgehaltes en debieten die optreden in het meer. Deze resultaten zijn dan ook uitgesloten van verdere analyse.

¹¹ Een optie die in dit onderzoek niet is uitgewerkt is om extra watervraag (ten dele) bij de Krammersluizen op te leggen. Door extra water bij de grootste zoutbron te onttrekken, wordt zoutindringing naar de rest van het meer mogelijk verminderd.



Figuur 3.2 Verloop van het zoutgehalte over tijd voor de drie voorbeeldscenario's opgesplitst over de verschillende vakken en voor het meer als geheel.

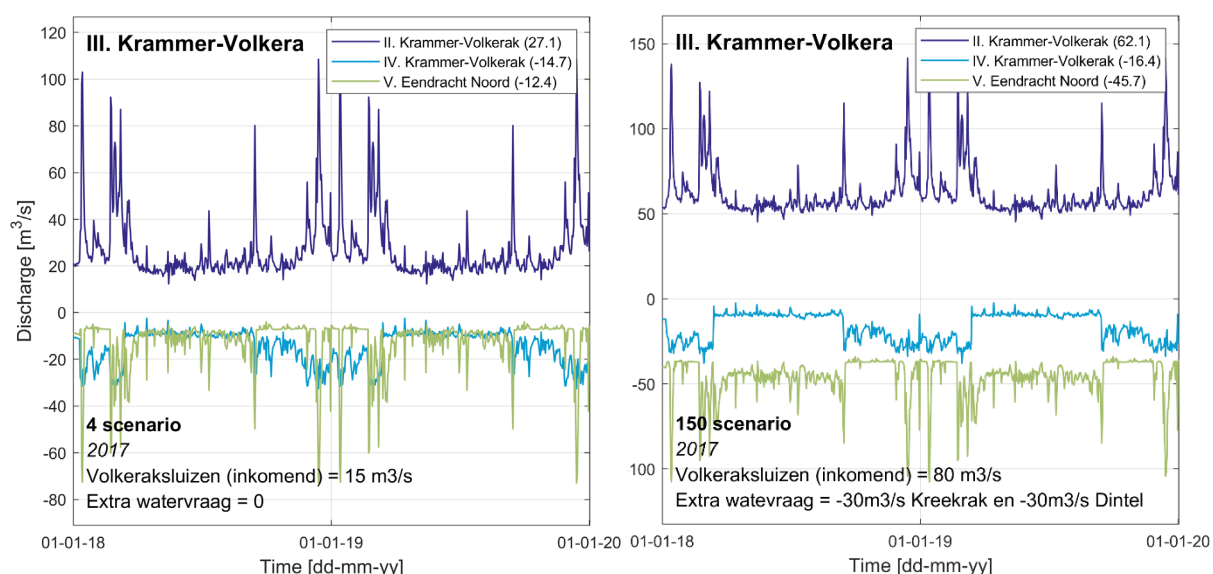
3.1.3

Debiet

- Voor het debiet is alleen gekeken naar scenario's 4 (default) en 150 (veel aanvoer en veel extra watervraag) omdat voor deze scenario's de modeluitkomsten realistisch zijn (Figuur 3.3 en Figuur 3.4). Figuur 3.3 geeft de debietsverdeling tussen aangrenzende vakken weer op het splitsingspunt tussen het Volkerak en de Eendracht, terwijl Figuur 3.4 indicatief is van het doorspoeldebiet via de Bathse Spuisluis. Let wel: In deze figuren zijn

alleen de debieten tussen de vakken zelf opgenomen, lateralen en randvoorwaarden zijn niet weergegeven.

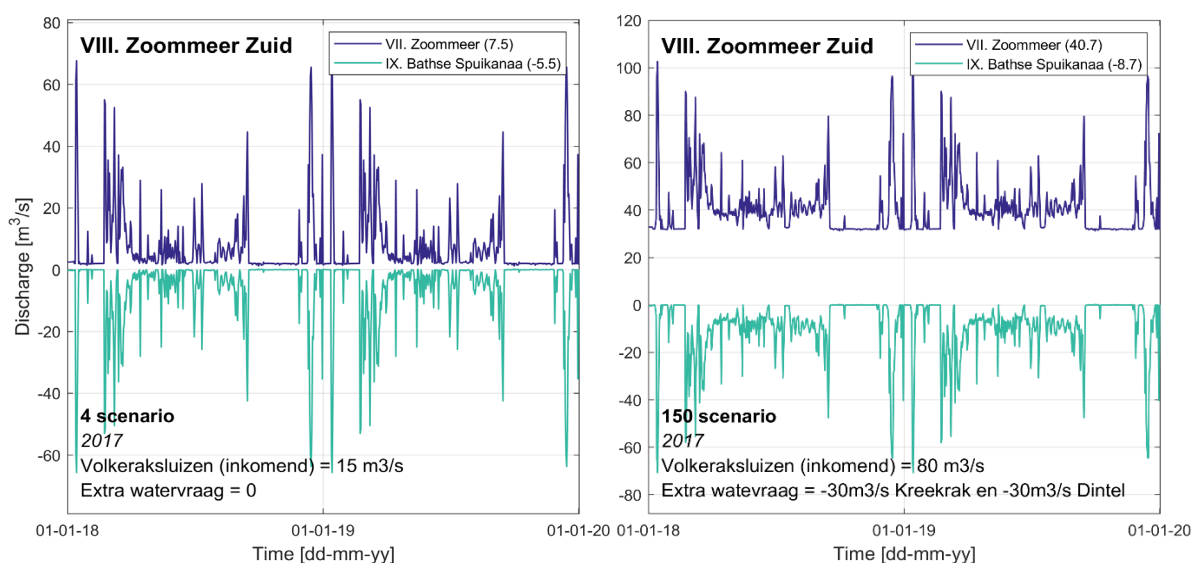
- De debietsverdeling bij het splitsingspunt tussen het Volkerak en de Eendracht (Figuur 3.3) laat zien dat de aanvoer vanuit het bovenstroomse deel van het Volkerak (vak II) wordt verdeeld tussen de Eendracht (vak V) en het westelijk deel van het Krammer-Volkerak dat richting de Krammersluizen gaat (vak IV).
- De afvoer via de Krammersluizen is in de zomermaanden 9 m³/s maar kan in de wintermaanden toenemen tot 29 m³/s (bij genoeg zoetwateraanvoer). In het default-scenario is in de wintermaanden sprake van een beperkte toename in het debiet richting de Krammersluizen. Voor het scenario met een grotere netto aanvoer (scenario 150) is sprake van meer winterdoorspoeling via de Krammersluizen, en zijn in de herfst en lente de sprongen in afvoercapaciteit te zien richting vak IV.
- Als gevolg daarvan is de afvoer richting de Eendracht (vak V) groter in de zomermaanden voor scenario 150 dan in de wintermaanden. Voor scenario 4 is de afvoer naar de Eendracht aanzienlijk kleiner en laat deze minder sterk een seizoenaal verloop zien. Wat meespeelt bij het debiet naar de Eendracht is dat in scenario 150 extra water (30 m³/s) wordt onttrokken bij de Kreekraksluizen in het zuidelijk deel van het meer.



Figuur 3.3 Debietsverloop over tijd voor vak III Krammer-Volkerak (in het noordelijk deel van het meer op de grens tussen de Volkerak en Krammer bij de afsplitsing naar de Eendracht). Let wel: Modelresultaten van scenario 87 zijn niet opgenomen omdat deze niet fysisch waren.

- Verder naar het zuiden geldt voor vak VIII dat de aanvoer en afvoer voor het default-scenario (4) nagenoeg gelijk zijn en zeer klein. De beperkte zoetwateraanvoer via de Volkeraksluizen wordt voor een groot deel gebruikt voor de (huidige) zoetwatervoorziening in het meer zelf, terwijl alleen hoge afvoeren via de Dintel en Vliet leiden tot een verhoogd debiet richting de Krammersluizen (hierboven benoemd) en de Bathse Spuisluis (weergegeven als debietspieken naar het Bathse Spuikanaal (vak IX) in Figuur 3.4). Maar met name in de zomer en herfst is sprake van periodes met zeer lage afvoer.
- Voor scenario 150 geldt dat de aanvoer vanuit het Zoommeer aanzienlijk groter is, maar deze aanvoer wordt grotendeels gebruikt voor het voorzien van de extra onttrekking bij de Kreekraksluizen (30 m³/s). Het spuidebiet via de Bathse Spuisluis (vak IX) is alleen in de zomermaanden lichtelijk hoger als gevolg van het lagere spuidebiet via de Krammersluizen.

- In beide scenario's is sprake van een relatief laag spuidebiet via de Bathse spuisluis. Omdat er sprake is van een zoutlek via de Bathse spuisluis, is spuien noodzakelijk om zoutindringing te bestrijden. De huidige simulaties leggen als meest zuidelijke extra wateronttrekking een extra debiet bij de Kreekraksluizen op. Als deze onttrekking in het Bathse Spuikanaal zou zijn, zou dit mogelijk kunnen bijdragen aan het lokaal tegengaan van een (verder) oprukkende zouttong vanuit de Bathse spuisluis.



Figuur 3.4 Debietverloop over tijd voor vak VIII Zoommeer Zuid (tussen het Zoommeer, het Bathse Spuikanaal en de Kreekraksluizen).

3.2 Analyse van kentallen

Hieronder volgen enkele voorbeelden van de kentallen die op basis van de scenario-studie zijn afgeleid. Het volledige overzicht van alle kentallen die zijn bepaald, is weergegeven in Tabel 3.1 en opgenomen in Bijlages C (voor waterstanden), D (voor zoutgehalte) en E (voor debieten).

Een eerste stap is om niet-realistische of onbetrouwbare modelresultaten uit te sluiten van de analyse. Om dit te doen is een grenswaarde van -1 m NAP gekozen. Als een simulatie onder deze waarde komt, wordt de simulatie uitgesloten van verdere analyse. Mogelijk zijn resultaten bij die mate van uitzakking fysisch nog relatief nauwkeurig, maar onzeker is bij welke mate van uitzakking van het meerpeil de modeluitkomsten onbetrouwbaar worden, bijvoorbeeld door droogval van vakken. Daarnaast geldt dat een uitzakking van het meerpeil tot voorbij -1 m NAP ver beneden de calamiteitsgrens is. Vanwege deze laatste reden zijn deze modeluitkomsten onacceptabel voor beheer en worden ze buitengesloten van verdere analyse. De simulaties waarbij het meerpeil onder -1 m NAP uitzakt, zijn weergegeven in Bijlage C.1.

In de volgende paragrafen worden de resultaten van de scenario's telkens op eenzelfde manier weergegeven:

- Om de modeluitkomsten van alle 442 scenariosommen met elkaar te vergelijken zijn de kentallen in een tabel weergegeven, waarbij de waardes in numerieke vorm zijn opgenomen, maar ook in kleurschaal zijn weergegeven.
- De x-as beschrijft hierbij de "randvoorwaarden" die bij deze simulatie golden, namelijk het simulatiejaar (2017, 2018 en 2085) en de constant-aangenomen zoetwateraanvoer via de Volkeraksluizen (15, 25, 25 met winterdoorspoeling, 40, 50, 60 en 80 m³/s).

- De y-as beschrijft de grootte van de extra watervraag (0, 10, 20, 40 en 60 m³/s) en locatie van de onttrekking (Volkerak, Eendracht, Zoommeer, Kreekrak en gelijkmatig verdeeld over Volkerak en Kreekrak).

Tabel 3.1 Beschrijving kentallen bepaald op basis van scenario-studie.

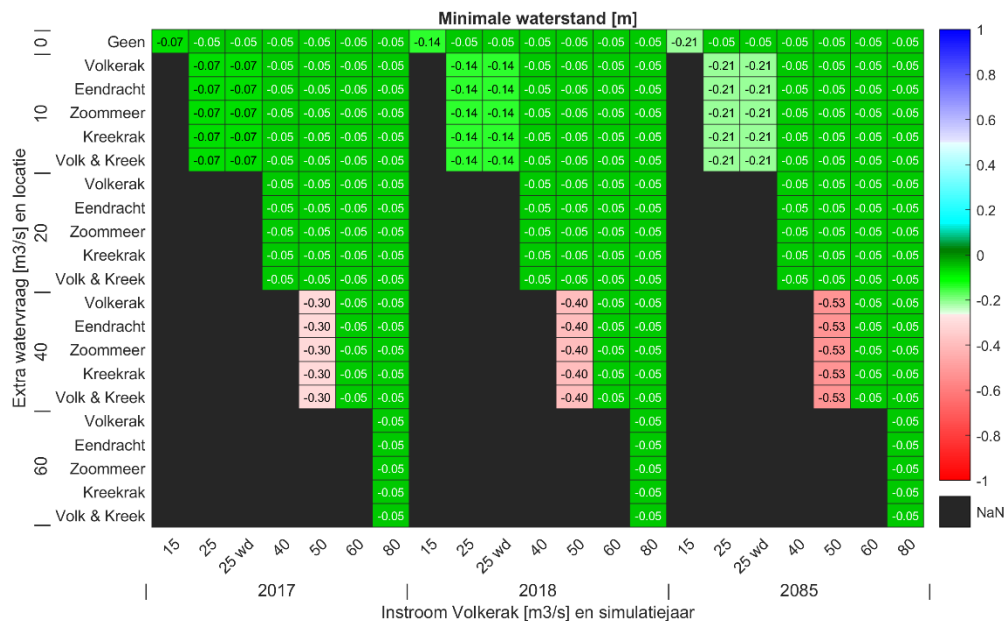
Waterstanden	Zoutgehalte	Debiet
Onrealistisch lage waterstanden	Gemiddeld, minimaal en maximaal Chloridegehalte voor: - Volkerak-Zoommeer (geheel) - Bathse Brug (vak IX) - Zoommeer (vak VII) - Volkerak (vak II)	Minimaal doorspoeldebiet (100d, 50d en 10d gemiddeld) voor: - Bathse Brug (van vak VIII naar IX) - Eendracht (van vak III naar IV)
Minimale en maximale waterstand (meer gemiddeld)	Overschrijdingsduur normwaarde (450 mg/l Cl)	Startdatum minimaal doorspoeldebiet (100d, 50d, 10d gemiddeld)
Onder- en overschrijdingsduur peilgrens en calamiteitsgrens	Start- en einddatum overschrijding normwaarde	Maximaal doorspoeldebiet (5d en 1d gemiddeld)
Start- en einddatum onder- en overschrijding peilgrens en calamiteitsgrens		Startdatum maximaal doorspoeldebiet (5d en 1d gemiddeld)
		Doorspoeldebiet Krammersluizen (gemiddeld voor zomer- en winterhalfjaar)

3.2.1

Waterstand

- De tijdens het tweede simulatiejaar opgetreden minimale waterstand is per scenario opgenomen in Figuur 3.5.
- Bij sommige scenario's is sprake van een tijdelijk onderschrijding van de peilgrens (peil lager dan -0,1 m, licht groen) en bij een kleiner aantal scenario's zelfs onderschrijding van de meer extreme calamiteitengrens (peil lager dan -0,25m, weergegeven in rood). Let wel: De zwarte velden (uitgesloten van de analyse) hebben een nog kleinere minimale waterstand die lager is dan -1 m NAP.
- De onderschrijding van de calamiteitengrens treedt alleen op als de extra onttrekking van 40 m³/s en een aanvoer via de Volkeraksluizen van 50 m³/s: Er wordt in relatie tot deze termen in deze scenario's 10 m³/s meer ingelaten dan extra wordt uitgelaten.
- De onderschrijding van de peilgrens treedt op in de 2018 en 2085 scenario's als het netto verschil tussen de aanvoer via de Volkeraksluizen en de extra onttrekking kleiner is dan 20 m³/s.
- De hier weergegeven debieten geven echter geen totaalbeeld van de in- en uitgaande debieten, en het peil zakt in de hierboven benoemde scenario's uit omdat de totaal aan onttrekkingen groter is dan (totaal) wordt ingelaten: Bovenop de extra watervragers wordt er door de huidige regionale gebruikers (o.a. waterschappen) water onttrokken en wordt ook nog via de Krammersluizen naar de Oosterschelde geloosd om verzilting in het Volkerak-Zoommeer te bestrijden.
- Mogelijk is in de 2017 scenario's sprake van een grotere aanvoer via de Dintel en Vliet tijdens de zomermaanden, waardoor het peil minder snel uitzakt. Jaargemiddeld is sprake van een kleine (orde 0,5 tot 1 m³/s) afname in doorspoeldebiet voor 2018. De

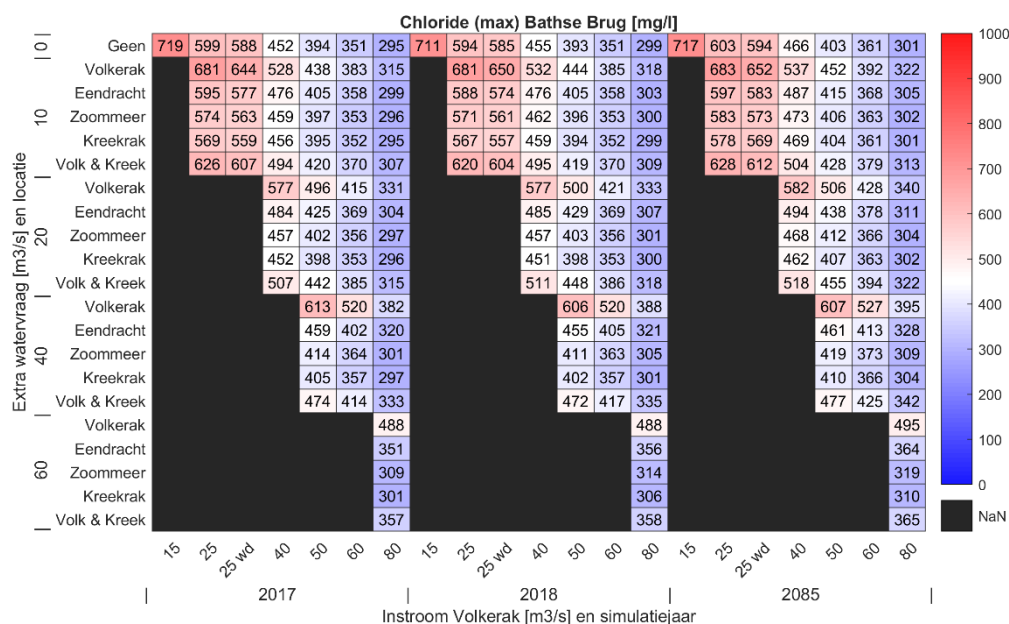
minimale doorspoeldebieten (Bijlage E.1 tot en met E.6) laten een afname in doorspoeldebiet zien van 1-5 m³/s voor verschillende scenario's in 2018 tegenover 2017.



Figuur 3.5 Overzichtstabel van de minimale waterstand (over het gehele meer) voor alle scenario's.

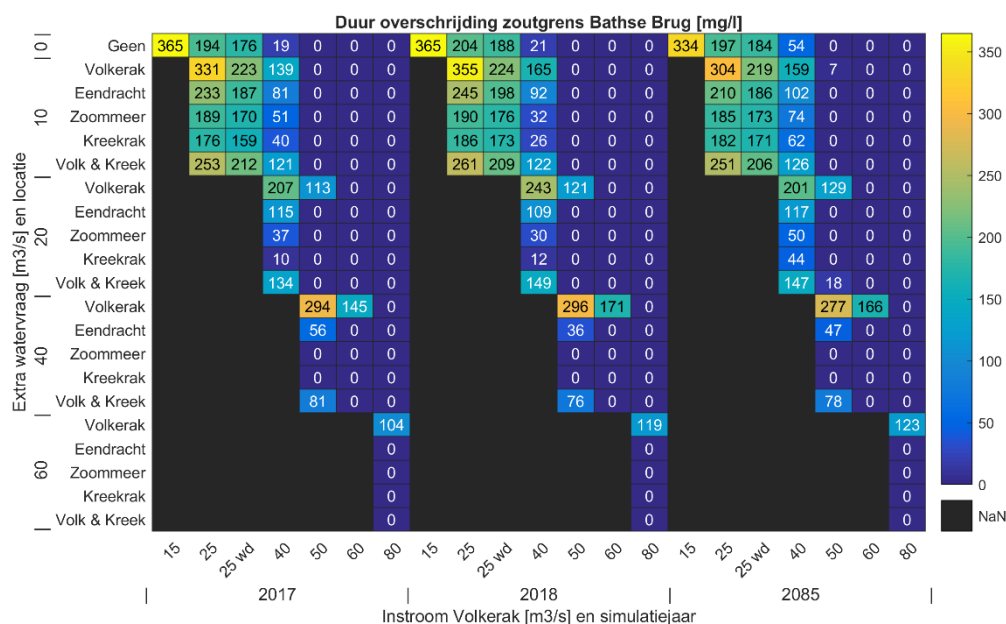
3.2.2 Zoutgehalte

- Voor het zoutgehalte is overschrijding van de normwaarde (van 450 mg/l Cl) bij Bathse brug (vak IX) van belang. Deze normwaarde geldt in werkelijkheid alleen gedurende het groeiseizoen (zomerhalfjaar: 15 maart - 15 september). De toetsing op de overschrijding van de normwaarde wordt hier echter voor het hele jaar gedaan. De uitvoerlocatie Bathse Brug is in het zuidelijk deel van het Volkerak-Zoommeer en beschrijft als gevolg van het netto transport richting de Bathse Spuisluis het effect van de geleidelijke oplading en zoutverspreiding vanuit het gehele meer.
- In Figuur 3.6 wordt het maximale zoutgehalte weergegeven bij Bathse Brug gedurende het tweede simulatiejaar.
- Bij lagere innamedebieten bij de Volkeraksluizen is veelal sprake van hogere zoutgehaltes bij Bathse Brug.
- Daarnaast speelt mee waar de extra onttrekking(en) zijn. Als water in het noordelijk deel van het Volkerak-Zoommeer wordt onttrokken (met name bij extra onttrekkingen in het Volkerak of de Eendracht) is de oplading van het (zuidelijk deel van het) meer met zout groter dan als water aan de zuidzijde van het meer (bijvoorbeeld bij Kreekrak) wordt onttrokken. Dit komt doordat een groter deel van het meer wordt doorspoeld voordat het water via een zuidelijk innamepunt wordt onttrokken.
- Bij ofwel lage innamedebieten via de Volkeraksluizen, of extra watervraag in het noordelijk deel van het Volkerak-Zoommeer is er sprake van overschrijding van de normwaarde.



Figuur 3.6 Overzichtstabel van het maximale chloridegehalte bij Bathse Brug voor alle scenario's.

- De overschrijdingsduur van de normwaarde is weergegeven in Figuur 3.7.
- Bij geen extra onttrekkingen en een aanvoer via de Volkeraksluizen van slechts 15 m³/s is voor 2017 en 2018 is sprake van permanente overschrijding van de normwaarde. Voor 2085 treedt dit net niet continue op, vermoedelijk door de hogere afvoeren via de Brabantse rivieren in met name de lente en winter.
- Bij hogere aanvoer van de Volkeraksluizen (40 – 50 m³/s) wordt de duur van overschrijding van de normwaarde korter en wordt deze alleen in sommige gevallen overschreden. Dit treedt vooral op als de extra onttrekkingen beperkt zijn (<20 m³/s) en/of zich met name in het noordelijk deel van het meer bevinden.
- Om er voor te zorgen dat het water bij Bathse brug nagenoeg continue beneden de normwaarde blijft moet aldus deze scenario's:
 - Jaarrond minimaal 40 m³/s zoetwater worden aangevoerd via de Volkeraksluizen
 - De aanvoer van zoetwater via de Volkeraksluizen minimaal 20 m³/s groter zijn dan de extra watervraag
 - De extra onttrekkingslocatie niet (alleen) in het Volkerak zijn bij een debietoverschot van 20 m³/s.
 - Bij een groter overschot kan de extra onttrekking wel (alleen) in het Volkerak zijn.

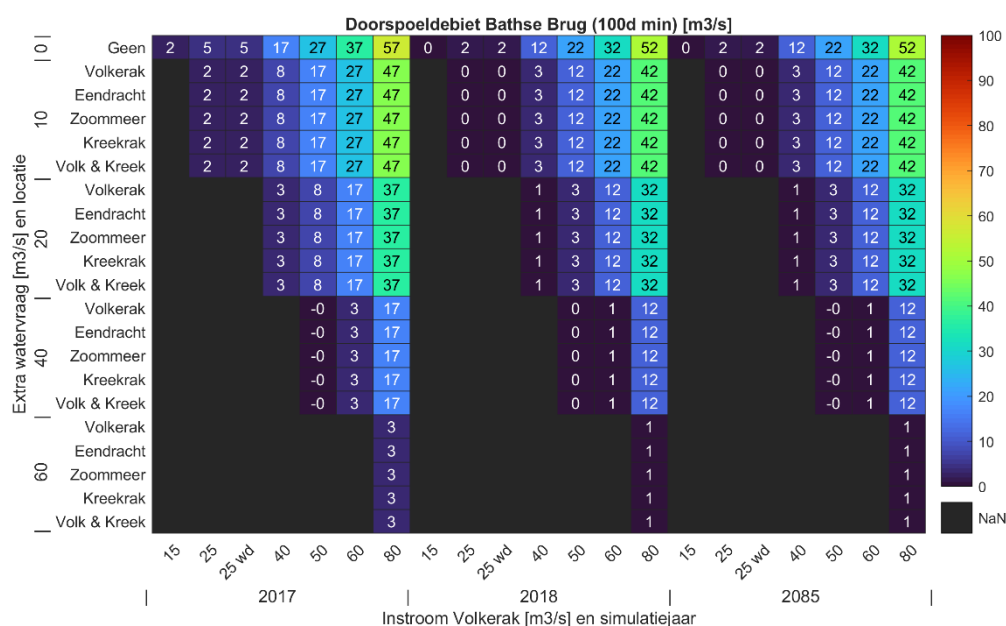


Figuur 3.7 Overzichtstabel van de overschrijdingsduur van de normwaarde voor het chloridegehalte (450 mg/l) bij Bathse Brug voor alle scenario's. Let wel: De eenheid is foutief weergegeven in de titel van de tabel. Het betreft de duur in dagen.

3.2.3

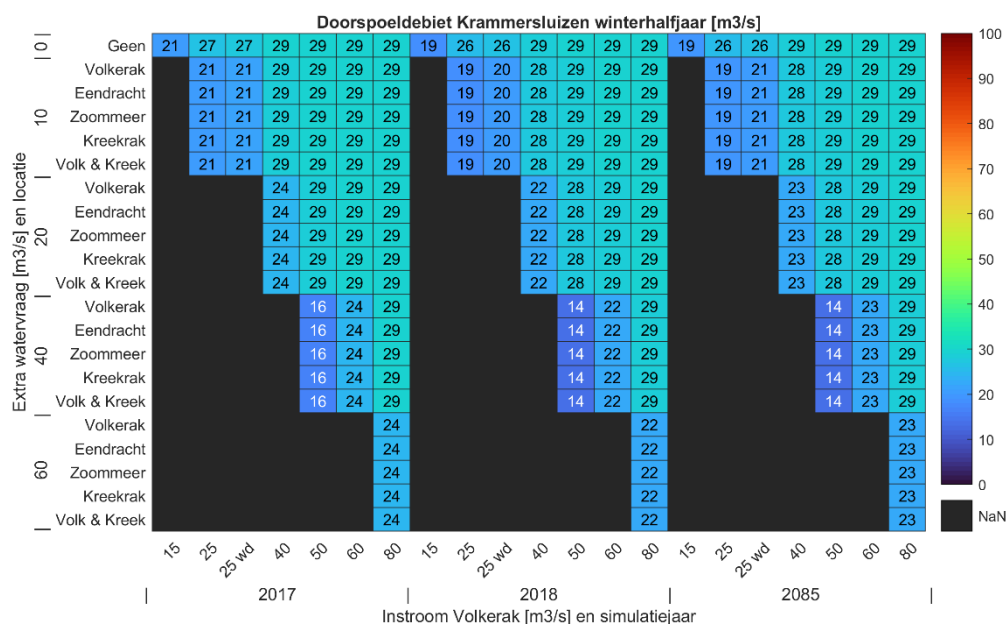
Debiet

- Als globale indicatie van de mogelijke consequenties van extra watervraag op de waterkwaliteit en ecologie wordt gekeken naar de debieten op verschillende locaties in het meer. Deze debieten zijn indicatief voor de verversingstijd van het water in het meer voor verschillende delen van het meer. Het minimale doorspoeldebiet (100-daags gemiddelde) voor Bathse Brug is weergegeven in Figuur 3.8.
- Te zien is dat bij een grote zoetwataanvoer via de Volkeraksluizen en beperkte extra onttrekkingen sprake is van de grootste doorspoeldebieten. Dit heeft te maken met dat een groot deel van het ingelaten water niet wordt gebruikt in het Volkerak-Zoommeer en vanwege peilhandhaving via de Bathse Spuisluis (en in de wintermaanden ook via de Krammersluizen SPVM) wordt gespuid naar de Westerschelde (en Oosterschelde).
- Bij grote extra watervraag wordt het minimale 100-daags gemiddelde debiet kleiner en kan deze zelfs 0 worden. Deze lage debieten zijn indicatief van erg lange verblijftijden en (bij ontbreken van onttrekkingen in met name het zuidelijk deel van het meer) verhoogde zoutgehaltes. Let wel: Een extra onttrekking bij de Kreekraksluizen leidt wel tot een grotere mate van doorspoeling van een groot deel van het meer, maar niet tot een verhoogd debiet in het Bathse Spuikanaal.
- De mate waarin lage doorspoeldebieten op dit punt aanleiding geven tot problemen voor de waterkwaliteit of ecologie kan op basis van deze getallen niet worden afgeleid. Daarvoor zal een beeld moeten worden verkregen van de benodigde debieten en maximaal toegestane verblijftijden in het gehele meer.
- Voor meer minimale en maximale doorspoeldebieten, ook in de meer noordelijk gelegen Eendracht, wordt verwezen naar Bijlage E.



Figuur 3.8 Overzichtstabel van het 100 daags gemiddelde minimale doorspoeldebiet bij Bathse Brug voor alle scenario's.

- Tijdens de wintermaanden (15 sept - 15 april) wordt in de toekomst via de Krammersluizen (via de kolken en het SPVM) extra water afgevoerd naar de Oosterschelde (maximaal 29 m³/s). Dit gebeurt alleen als er genoeg water beschikbaar is. Als er niet genoeg water beschikbaar is, wordt in de wintermaanden evenveel afgevoerd als in de zomermaanden (9 m³/s). In Figuur 3.9 wordt het halfjaar-gemiddelde doorspoeldebiet door de Krammersluizen weergegeven voor het winterhalfjaar.
- Te zien is dat bij een beperkt wateroverschot (extra zoetwateraanvoer Volkeraksluizen is slechts beperkt groter dan de extra watervraag) het doorspoeldebiet via de Krammersluizen wordt teruggebracht om de peilgrenzen te handhaven.
- De beperkte spuimogelijkheden via de Krammersluizen betekenen een minder efficiënte terugdringing van het in de zomermaanden opgelopen zoutgehalte, waardoor een zoutere uitgangspositie ontstaat voor de volgende zomerperiode.
- Bij beperkte afvoer via de Krammersluizen kan zoutindringing worden tegengegaan door extra te spuien via de Bathse Spuisluis. Echter, het is de verwachting dat zoutbestrijding via de Krammersluizen (doorspoeling via SPVM) aanzienlijk efficiënter zal zijn dan via de Bathse Spuisluis doordat het zoute water dan direct bij de zoutbron wordt gespuid en niet eerst door het hele meer moet worden getransporteerd. Mogelijk is voor het tegengaan van verzilting via de Bathse spuisluis twee keer zoveel debiet nodig om een zelfde effect te bewerkstelligen (Deltares, 2024a).
- Daarnaast is bij beperkte afvoer via de Krammersluizen het spuivolume bij de Bathse Spuisluis ook minimaal (ter illustratie zie Figuur 3.8), omdat in het model in eerste plaats wordt gespuid via de Krammersluizen en pas bij een overschot ook de Bathse spuisluis zal worden ingezet.



Figuur 3.9 Overzichtstabel van het gemiddelde doorspoeldebiet bij de Krammersluizen in het winterhalfjaar voor alle scenario's.

3.3 Bevindingen

Voor peilhandhaving is een minimaal jaarrond innamedebiet via de Volkeraksluizen nodig van 40 m³/s. Daarnaast moeten de extra onttrekkingen minimaal 20 m³/s kleiner zijn dan de aanvoer via de Volkeraksluizen.

Voor het voorkomen van overschrijding van de normwaarde voor zout is een grotere zoetwateraanvoer ten opzichte van extra zoetwatervraag nodig. De overschrijding van de normwaarde is bij een verschil van orde grootte 20 m³/s beperkt zolang de extra onttrekking aan de zuidzijde van het meer plaatsvindt. Ten opzichte van geen extra onttrekking is bij extra onttrekkingen (met uitzonder van een extra onttrekking bij Kreekrak) en een gelijk innamedebiet sprake van een hoger maximaal zoutgehalte bij Bathse Brug.

Voor doorspoeling is mogelijk een groter innamedebiet via de Volkeraksluizen nodig, ten eerste om het debiet via de Krammersluizen in de wintermaanden te maximaliseren (29 m³/s) en om nog een resterend debiet via de Bathse spuisluis te creëren om daar het effect van zoutlekkage door de Bathse spuisluis te mitigeren.

De analyse van doorspoeldebieten is in deze studie gericht op het bepalen van gemiddelde, minimale en maximale afvoerdebieten. De vertaling naar verblijftijden in het meer en daaraan gekoppeld de potentiële risico's voor waterkwaliteit en ecologie, en mogelijk gebruik van het water voor andere functies zoals landbouw is hierin niet onderzocht. Een ondergrens met betrekking tot doorspoeling is niet bekend, wel geldt voor alle delen van het meer dat een groter doorspoeldebiet in verwachting positief is voor deze functies.

Daarnaast helpt het doorspoeldebiet ook bij het bestrijden van oplading van het meer met verzilting. Door het doorspoeldebiet te vergroten kan oplading met verzilting worden tegengegaan. Met name in de wintermaanden is het terugdringen van verzilting gewenst ten behoeve van het creëren van een goede uitgangssituatie voor de volgende zomerperiode waarin naar verhouding weinig kan worden doorgespoeld en het meer verder oplaadt. Daarbij moet worden opgemerkt dat extra onttrekkingen in scenario's met ook extra wateraanvoer

niet per se leiden tot meer oplading van het meer. Extra onttrekkingen in het zuidelijke deel van het meer zullen (mits gecompenseerd door extra aanvoer via de Volkeraksluizen) juist leiden tot meer doorspoeling van een groot deel van het meer, waardoor zoutindringing kan worden tegengegaan. Met betrekking tot verzilting is bestrijding van zoutindringing bij de bron ook van belang. De grootste zoutbron in het Volkerak-Zoommeer zijn de Krammersluizen (in deze studie al uitgerust met IZZS en SPVM). Met name het hoge doorspoeldebiet in de wintermaanden leidt tot een afname van het lokale zoutgehalte (in met name het noordelijk deel) en daarmee tot een verkleining van de doorspoelbehoefte van het gehele meer.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Vanuit verschillende gebruikers van het Volkerak-Zoommeer komen aanvullende en aangepaste watervragen voor de (nabije) toekomst. Mogelijke aanvullende watervragen zijn in kaart gebracht door Rijkswaterstaat maar de consequenties hiervan op het beheer van het watersysteem zijn nog niet kwantitatief bepaald. Het doel van dit onderzoek is om te bepalen of het Volkerak-Zoommeer in staat is extra watervraag te leveren of onder welke condities dit mogelijk is in relatie tot het beheer van het watersysteem. Effecten en consequenties voor bijvoorbeeld waterkwaliteit, natuur, recreatie en andere gebruikersfuncties worden in dit onderzoek niet beschouwd.

Om de mogelijkheden van een hogere watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer te onderzoeken zijn verschillende scenario's gesimuleerd met een bakjesmodel, waarin zowel de wateraanvoer als de watervraag is gevarieerd. Deze simulaties bouwen voort op de in 2020 uitgevoerde simulaties ten behoeve van een klimaatrobustheidstoets van het meer (Deltares, 2020).

Uit dit huidige onderzoek blijkt dat het mogelijk is om extra water aan te leveren aan verschillende watervragers rondom het Volkerak-Zoommeer bij beschikbaarheid van voldoende wateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen. Echter, om aan een extra watervraag te voldoen moet de aanvoer via de Volkeraksluizen jaarrond minimaal 40 m³/s zijn. Deze aanvoer is ten dele bedoeld om te voldoen aan de huidige watervraag en doorspoelbehoefte, maar biedt ook ruimte voor extra onttrekkingen. Bij een aanvoer van 40 m³/s, kan bijna 20 m³/s extra water aan de zuidzijde van het meer worden onttrokken en is het resterende debiet nodig voor de huidige watervraag en doorspoelbehoefte. Daarnaast geldt dat bij een grotere aanvoer via de Volkeraksluizen, dat er meer ruimte is voor aanvullende onttrekkingen. Tot slot geldt dat bij een hoger resterend debiet ook meer ruimte is voor onttrekkingen aan de noordzijde van het meer.

Met betrekking tot peilbeheer, zoutgehalte en verblijftijd kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Om het meerpeil tussen de peilgrenzen te kunnen handhaven, moet de extra watervraag ongeveer 20 m³/s kleiner zijn dan de jaarrond minimale wateraanvoer via de Volkeraksluizen.
- Het zoutgehalte bij meetpunt Bathse Brug blijft bij extra onttrekkingen in het zuidelijk deel langer onder de normwaarde (450 mg/l chloride). Bij een innamedebiet van 40 m³/s en een extra onttrekking (bij Kreekrak) van 20 m³/s wordt de grenswaarde kortdurend (orde dagen) bereikt in het huidige klimaat. Voor het toekomstige klimaat (scenario: 2085 met een droge zomer) geldt dat voor deze debietsverdeling dat de overschrijdingsduur orde grootte 40-50 dagen zal zijn.
- Als de extra onttrekkingen aan de noordzijde van het meer zijn, is de overschrijdingsduur van de normwaarde bij Bathse brug aanzienlijk langer (tot meer dan 200 dagen). Door extra onttrekkingen in het zuidelijk deel van het Volkerak-Zoommeer in te passen, wordt de oplading van het gehele meer met zout tegengegaan. Bij een extra watervraag aan de zuidzijde van het meer (voor onderzochte onttrekkingslocaties langs Zoommeer of Kreekrak) wordt effectief de doorspoeling van het gehele meer vergroot en verzilting beperkt.

- Daarnaast leiden extra onttrekkingen in het zuidelijke deel van het Volkerak-Zoommeer ook tot grotere doorspoeldebieten en verkorting van verblijftijden in een groter deel van het meer dan bij extra onttrekkingen aan de noordzijde van het meer.

4.2 Aanbevelingen

De hier voorgestelde berekeningen en analyse vormen een eerste verkenning naar de haalbaarheid voor extra watervraag vanuit het Volkerak-Zoommeer.

Bij vervolgonderzoek zal verder gekeken moeten worden naar:

- **Een breder scala aan condities:** In de huidige studie is een beperkt aantal condities onderzocht. Er zijn drie jaren gesimuleerd, 2017 (default), 2018 (droge zomer en najaar) en 2085, waarbij voor 2085 de condities van 2018 zijn geschaald naar de klimaatverwachtingen van het KNMI (2023). De kans op waterschaarste (of wateroverlast) is op basis van deze drie jaren niet goed te kwantificeren en vereist een langjarige analyse.
- **Geavanceerdere modellen:** Het hier gebruikte bakjesmodel geeft alleen een indicatie van de mogelijke ontwikkelingen op relatief grove schaal. Zowel de tijdschaal (daggemiddelde waardes) als ruimtelijke schaal (het meer wordt opgeknipt in 9 vakken) als ook het ontbreken van verticale gradiënten (geen zoutstratificatie) maakt dat de consequenties van beheer en sturing alleen grofstoffelijk zijn bepaald. De zout-dynamiek nabij de Krammersluizen en de interactie tussen de zoutopslading van de Krammerput en verspreiding naar de rest van het meer zijn niet concreet opgenomen (alleen een constante zoutlast) bijvoorbeeld. Gebruik van een 3D model, met meer realistische randvoorwaarden (tijdsafhankelijke debieten en zoutlasten) zullen helpen de grenzen voor extra watervraag nauwkeuriger te kwantificeren.
- **Beschikbaarheid bovenstroomse zoetwateraanvoer:** Het zoetwateraanbod vanuit het Hollandsch Diep is voor de toekomstige lage-afvoer condities onzeker. Uitwerking van de Deltascenario's per regio (gedaan aan de hand van het Landelijk SOBEK Model) is nog niet online beschikbaar (IPLO, 2024). De hoeveelheid (extra) zoetwater die in de toekomst aangevoerd kan worden naar het Volkerak-Zoommeer is daarom nog onzeker en daarmee ook hoeveel zoet water er extra kan worden onttrokken.
- **De effectiviteit maatregelen Krammersluizen Innovatieve Zoet-Zout Scheiding:** De eigenlijke effectiviteit van de IZZS zal in de toekomst moeten blijken. De opleving van de ombouw van de Krammersluizen staat gepland voor 2028 waarna in de jaren daarna moet blijken wat de zoutlast (zoutgehalte en volume) uiteindelijk gaat zijn en hoe effectief de maatregelen zullen zijn om deze te beheersen.
- **Tijdelijke onbalans tussen watervraag en wateraanbod:** De consequenties van een (tijdelijke) onbalans in tussen de watervraag en het wateraanbod of een tijdelijke (of lokale) overschrijding van de grenswaarde voor waterstand of zout is onzeker. In dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de duur en de hoogte van de mogelijke overschrijding. De (extra) watervraag bij waterschaarste is daarnaast nog onzeker. In hoeverre door verschillende (nieuwe/extra) watervragers tijdelijk de waterinname kan worden teruggeschroefd is niet bekend. Ook zal een uitgebreidere verdringingreeks moeten worden opgesteld om de verschillende watervragers te ordenen om zo de waterinname af te kunnen bouwen onder extreme omstandigheden.
- **Maatschappelijke, economische en ecologische gevolgen:** Een eerste indicatie van de consequenties op gebied van fysische parameters (waterstand, zoutgehalte, debieten) zijn in deze studie bekeken. De verdere doorvertaling naar maatschappelijke, economische of ecologische gevolgen is afhankelijk van een breder scala aan factoren dan nu bekend. Voor een uitgebreide uitwerking van de consequenties van de toekomstige waterbeschikbaarheid vanuit het VZM is een

verdere kwantificering gewenst van de mogelijke gevolgen van waterschaarste (en wateroverlast) voor de verschillende functies die het meer vervult.

- **Gedetailleerde onttrekkingslocaties:** De hier getoetste onttrekkingslocaties geven alleen een grofstoffelijk beeld op grote schaal van de mogelijke consequenties. Een verdere uitwerking met meer detail met betrekking tot mogelijke extra innamelocaties kan helpen met verbeteren van lokaal beheer. Als voorbeeld: in deze studie is de meest zuidelijke extra onttrekking gekozen bij de Kreekraksluizen. Om doorspoeling van het Bathse Spuikanaal te bevorderen en zoutindringing vanuit de Bathse Spuisluis tegen te gaan, is een onttrekking in het spuikanaal mogelijk een geschiktere locatie dan bij de Kreekraksluizen.

In een vervolgonderzoek, als meer duidelijk is over de effectiviteit van de IZZS en een duidelijkere kwantificering van de gevolgen van waterschaarste (voor de functies die het meer vervult en voor specifieke gebruikers), kan aan de hand van de voorselectie die hier is uitgevoerd een subgroep aan kansrijke scenario's worden bepaald die met een 3D model verder kunnen worden uitgewerkt en doorgerekend. Dit 3D model geeft niet alleen meer inzicht in de zoutverspreiding en dynamiek, maar kan ook temperatuureffecten beschrijven en worden gekoppeld aan een waterkwaliteitsmodel om zo ook uitspraken te kunnen doen over mogelijke ecologische consequenties.

5 Literatuur

Deltares (2020). Nolte, A., Weeber, M., Geurts, D., Pans, S., Vreeken, D., Weiler, O. (2020) Klimaatrobustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Deltares rapport 11203741-001-ZKS-0005, Delft.

Deltares (2022). Delsman, J., America, I. en Mulder, T. (2023). Grondwaterverziltiging en watervraag bij een stijgende zeespiegel; Kennisprogramma Zeespiegelstijging, spoor II. Deltares rapport 11208039-009-BGS-0001

Deltares (2024a). Janssen G., America - van den Heuvel, I., Meeusen, R., van Strien, C., Prinsen, G., Mes, E., Marth, I., Weiler, O., en Bijlsma A. (2024). Vertaling van de Deltascenario's 2024 naar invoer voor het Nationaal Water Model. Deltares rapport 11209219-018-ZKS-0001

Deltares (2024b). Tiessen, M. (2024) Volkerak-Zoommeer: Actualisatie klimaatrobustheidsstudie. Deltares rapport 11210350-001-ZKS-0006.

IPLO (2024). Basisprognoses 2024. Website: <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagementmodellen/nationaal-water-model/basisprognoses/basisprognoses-2024/>

KNMI (2015). KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp.

KNMI, (2023). KNMI'23-klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, De Bilt, KNMI-Publicatie 23-03.

A Tabel met toekomstige watervragers Volkerak-Zoommeer

Deze tabel is gebaseerd op de documentatie opgenomen in de conceptmemo van RWS-Z&D “Ontwikkelingen zoetwaterfunctie Volkerak-Zoommeer” (versie 24-5-2024), aangevuld met specifieke kennis van Wouter Quist.

A.1 Huidige gebruikers

Naam	Functie	Categorie verdringingsreeks	Watervraag [m³/s]	Welke tijd van het jaar?	Locatie wateronttrekking
Volkerak-Zoommeer	Primaire keringen, waterkwaliteit, N2000	1,4	1,5		
Oostflakkee	Landbouw	4	1,1	zomerhalfjaar	Galathea en nog twee.
St. Philipsland	Landbouw	4	0,23	zomerhalfjaar	
Tholen	Beperken veenoxidatie, Landbouw	1,4	3,3		
PAN-polders	Landbouw	4	0,8	zomerhalfjaar	In de Eendracht / Schelde Rijnverbinding (ten noorden van Zoommeer). Zowel ten noorden als zuiden van Nw Vossemeer.
Reigersbergse polder	Landbouw	4	0,35	zomerhalfjaar	Westzijde Bathse Spuikanaal bij Rilland
Bath-Oost	Landbouw	4	0,2	zomerhalfjaar	Oostzijde Bathse Spuikanaal tussen AKP en BSK
Binnenschelde	Waterkwaliteit	4	0,2		bij Bergen op Zoom
Krammersluizen	Scheepvaart	4	9		
Bergse Diepsluizen	Recreatievaart	4	0,1		
Kreekraksluizen	Scheepvaart	4	3		
totaal vragers			19,78		
Bathse Spuisluis	Zoethouden meer	Nvt	22,5	hele jaar	
Totaal			42,28		

A.2 Potentiële nieuwe watervragers

Naam	Functie	Categorie verdringingsreeks	Watervraag (m³/S)	Welke tijd van het jaar?	Locatie wateronttrekking
Evides Midden-Zeeland	Drinkwater	2	0,44		Mogelijk: Reigersbergsche polder
Evides Industriewater	Industriewater	4	0,27		Mogelijk: Reigersbergsche polder
Brabant water - West Brabant	Drinkwater	2	0		NvT
Brabant water - Theodorus haven	Industriewater	4	0,1		Mogelijk: Zoommeer (onderdeel van bergen op zoom)
Uitbreiding Reimerswaal	Landbouw	4	3		
Haven van Antwerpen	peilbeheer. drinkwater Vlaanderen	4	15	Onzeker wanneer (alleen nodig, of alleen periodiek (doodtij), of ...)	
Vismigratie	Vismigratie	4	5	Mogelijk niet tijdens droge zomer	
Redstack	Energie	4	10		Onzeker
Aanvoer Schouwen-Duiveland	Landbouw	4	5		
Totaal			38,81		

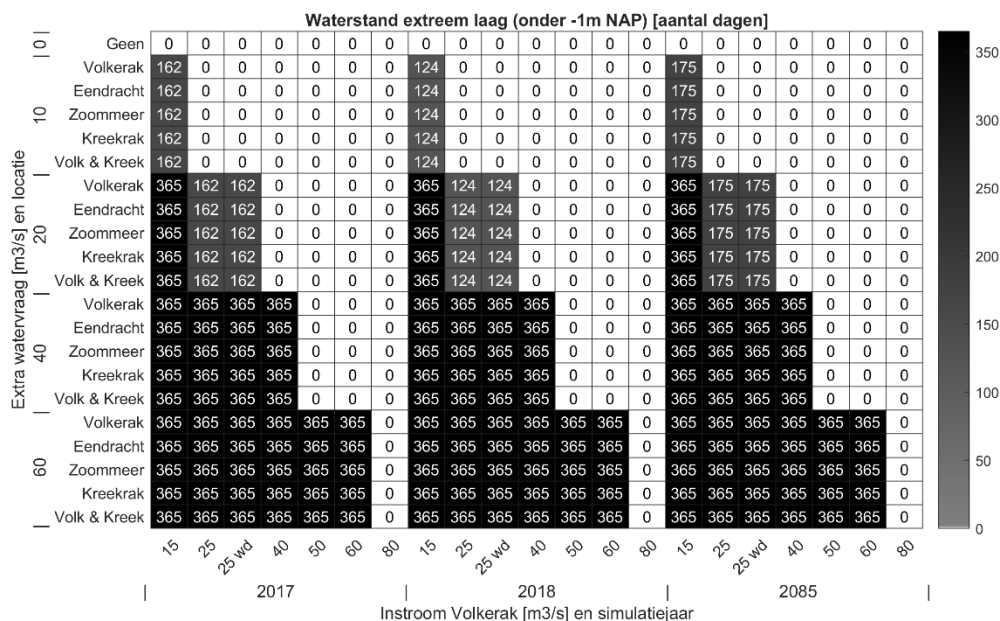
B Visualisatie van het bakjesmodel



C Uitwerking kentallen: Waterstanden

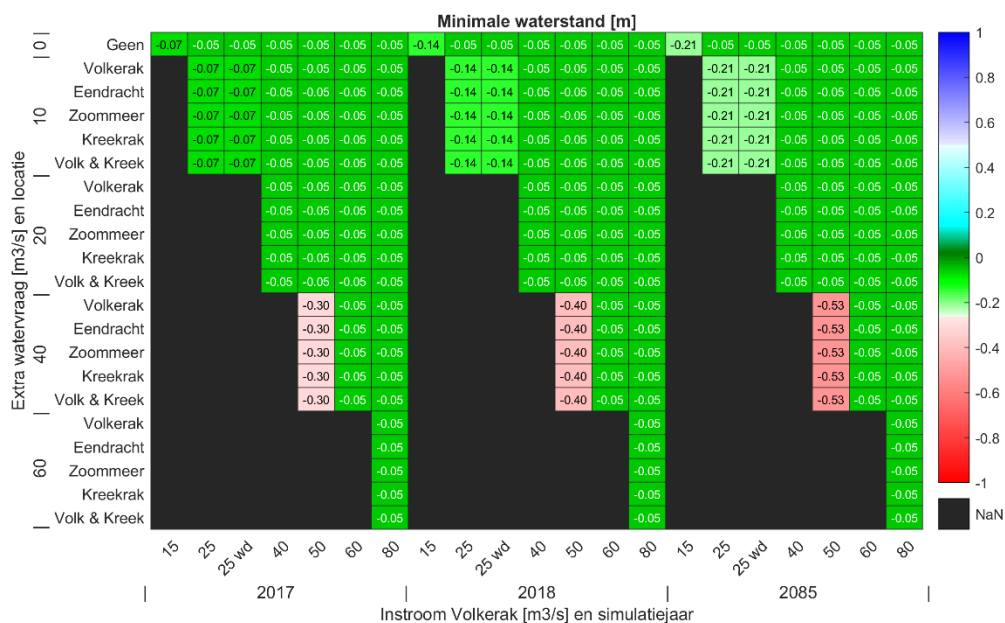
C.1 Onrealistisch lage waterstanden

- Het bakjesmodel rekent een waterstandsverloop uit op basis van de opgelegde inkomende en uitgaande debieten in combinatie met sluitposten: De afvoer via de Bathse Spuisluis en in de wintermaanden de afvoer van het Spui- en Vismigratiemiddel (SPVM) bij de omgebouwde Krammersluizen.
- Voor een deel van de doorgerekende scenario's is sprake van het uitzakken van het meerpeil omdat er een onbalans bestaat tussen de inkomende en uitgaande debieten.
- Een kortdurende beperkte uitzakking van het meerpeil is onwenselijk, maar leidt nog wel tot fysisch realistische antwoorden van het model.
- Langdurige en extreme uitzakking van het meerpeil kan niet goed door het model worden beschreven, bijvoorbeeld als gevolg van het droogvallen van sommige vakken. Daarnaast is een gemodelleerde waterstand ver beneden de calamiteitengrens ook onwenselijk vanuit beheerperspectief.
- Daarom is er voor gekozen om modelresultaten waarbij het meerpeil onder de -1 m NAP zakt uit te sluiten van de analyse. Deze uitzakking is aanzienlijk verder dan de regulier geldende peilgrenzen (tussen -0,1 m en +0,15 m NAP) en calamiteitsgrenzen (tussen -0,25 m en +0,5 m NAP).
- Hieronder is weergegeven voor welke scenario's sprake is van een gemodelleerd meerpeil dat lager is dan -1 m NAP (grijze en zwarte velden). In getalswaarden is de duur van de onderschrijding weergegeven.
- Deze extreem lage waterstanden treden op als de extra zoetwatervraag (y-as) bijna even groot of groter is dan de zoetwateraanvoer via de Volkeraksluizen (x-as).



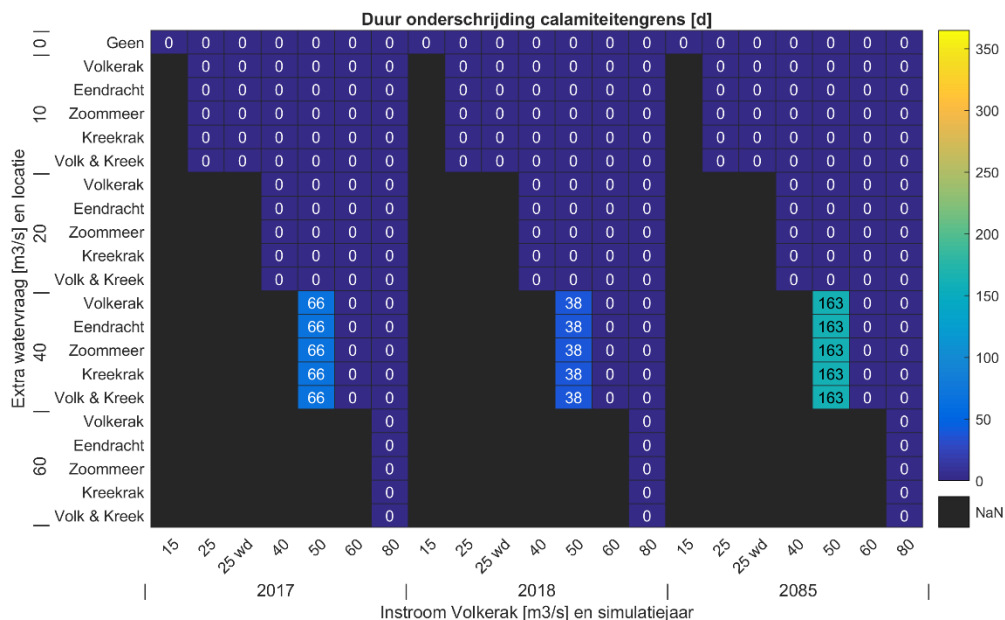
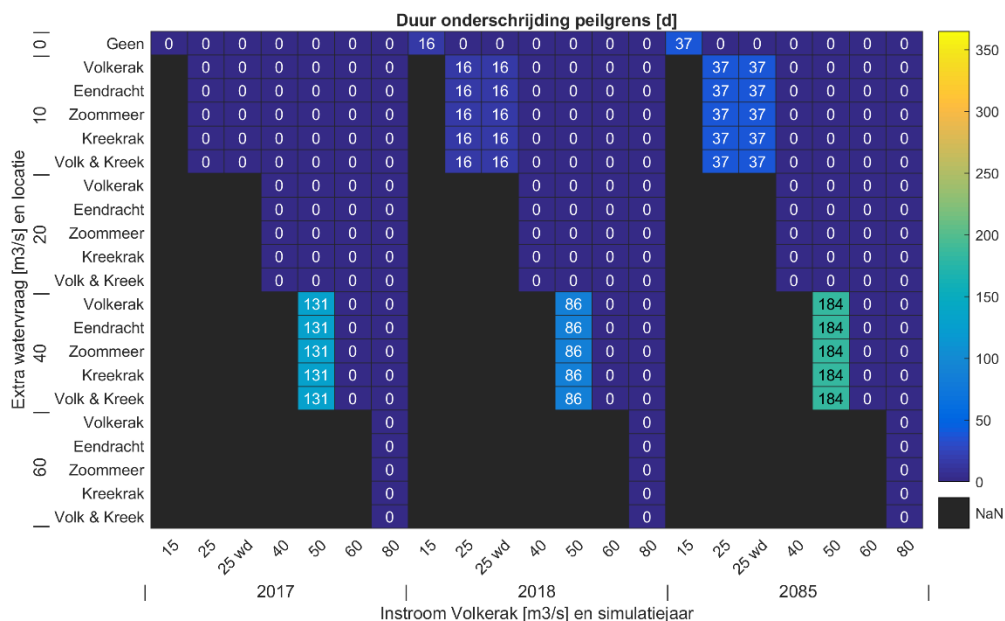
C.2 Minimale waterstand

- De minimale peilgrens ligt op -0,1 m NAP en de minimale calamiteitsgrens is -0,25 m NAP.
- Deze tabel en de bevindingen staan beschreven in paragraaf 3.2.1. Voor de volledigheid wordt de tabel hieronder nogmaals opgenomen.



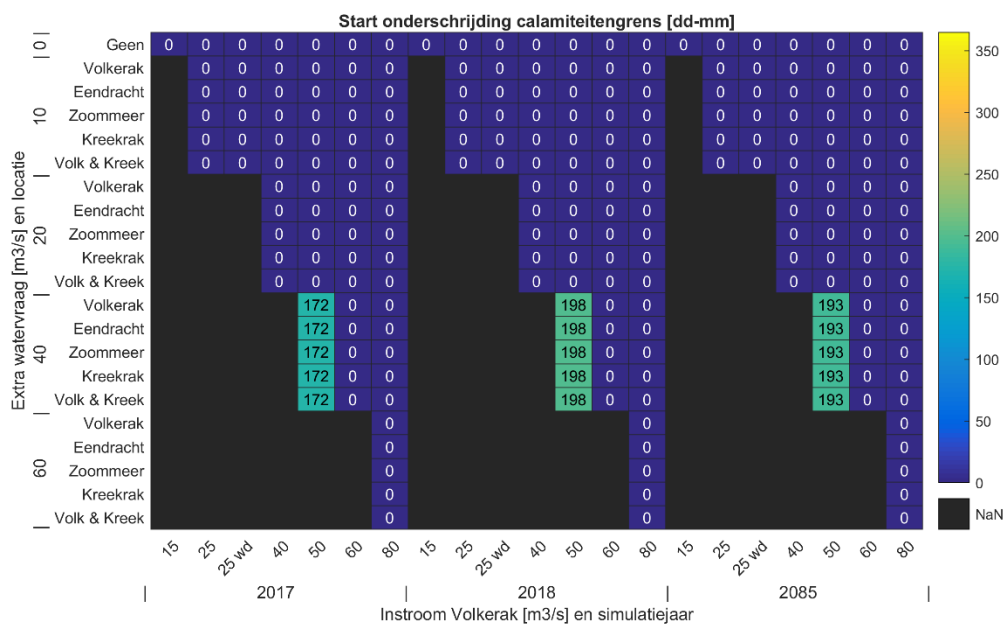
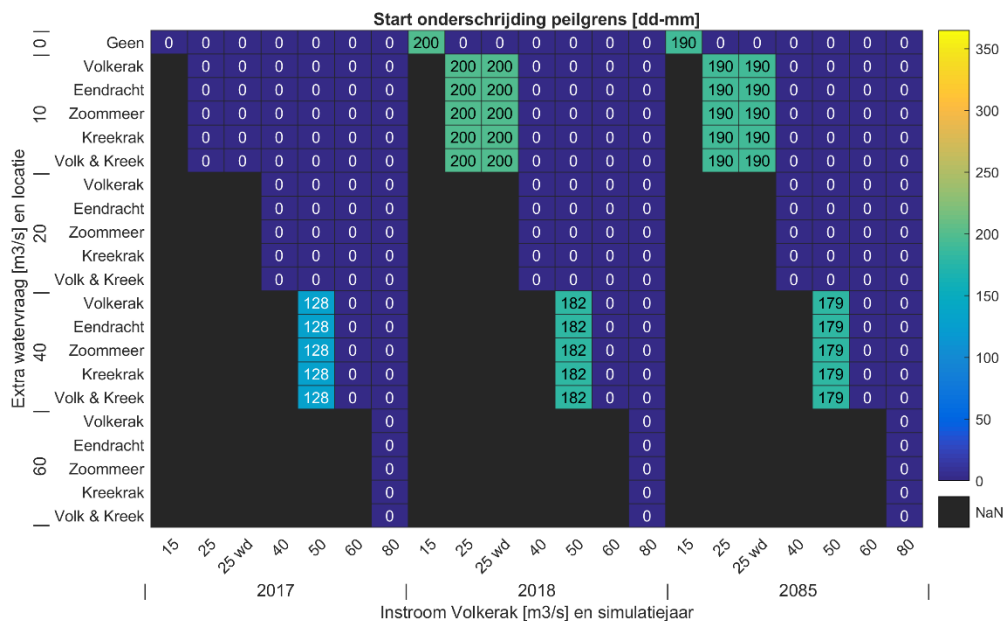
C.3 Onderschrijdingsduur minimale waterstandsgrenzen

- In deze paragraaf wordt de onderschrijdingsduur van de minimale waterstandsgrenzen weergegeven.
- De onderschrijdingsduur voor de peilgrens is orde 150-200d.
- Onderschrijdingsduur van de meer extreme calamiteitengrens is korter en varieert tussen 40d – 160d.
- Met name in 2085 is sprake van langdurige onderschrijding van waterstandsgrenzen door de lagere neerslag en grotere verdamping als ook de lagere rivierafvoer via de Dintel en Vliet.



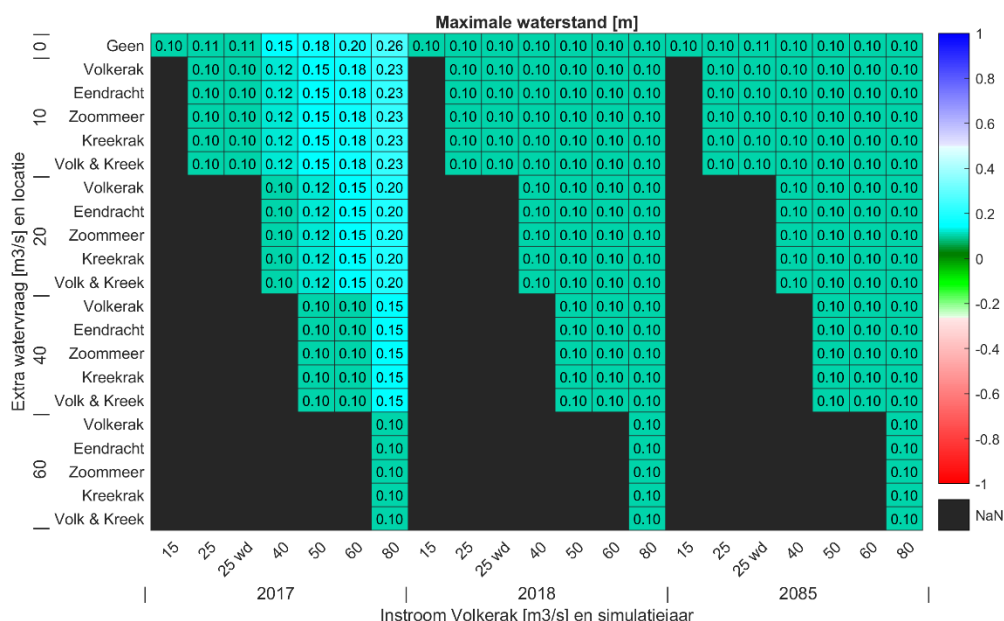
C.4 Startdatum onderschrijding minimale waterstandsgrenzen

- De startdatum van de onderschrijding wordt in onderstaande tabellen weergegeven in jaardag (bijvoorbeeld: jaardag 128 komt overeen met 8 mei)
- Start van de onderschrijding van waterstandsgrenzen is veelal in de tweede helft van het jaar. In 2017 treden lage afvoer condities eerder op dan in 2018 waardoor de waterstandsgrenzen eerder worden overschreden.



C.5 Maximale waterstand

- De maximale peilgrens ligt op +0,15 m NAP, de maximale calamiteitsgrens ligt op +0,5 m NAP.
- Overschrijding van de peilgrens treedt alleen op bij zeer hoge aanvoer via de Volkeraksluizen en weinig extra onttrekkingen.
- Overschrijding van de peilgrens treedt alleen op voor de simulaties van 2017.
- Er is in de drie simulatiejaren geen overschrijding van de meer extreme calamiteitengrens.
- Het is onzeker of dit model met deze randvoorwaarden, zulke kleine (en kortdurende) overschrijdingen goed kan beschrijven. Daarnaast zal in werkelijkheid in het peilbeheer mogelijk anticiperend op hoge aanvoer al eerder worden gespuid, waardoor deze kleine overschrijdingen niet zullen optreden. Deze simulaties zijn dan ook bedoeld voor onderzoek naar lage afvoercondities en mogelijkheden voor extra watervraag. Maximale waterstanden en overschrijdingsduren kunnen met behulp van andere scenario's en modellen beter worden bepaald.



C.6 Overschrijdingsduur maximale waterstandsgrenzen

De calamiteitsgrens is niet overschreden. Voor de maximale peilgrens geldt dat de grenswaarde orde grootte een dag is overschreden.

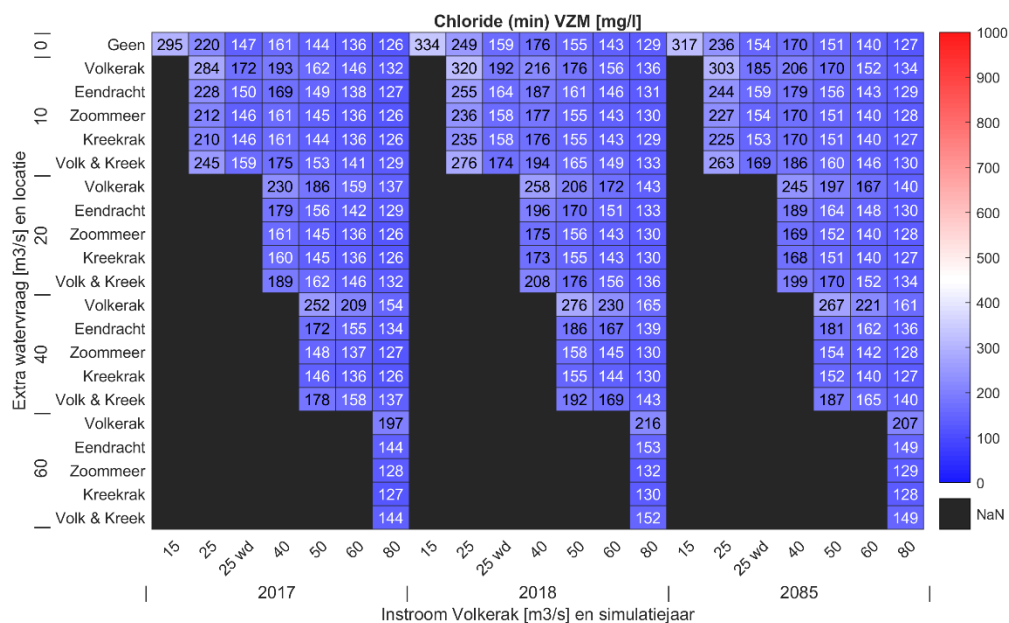
C.7 Startdatum overschrijding maximale waterstandsgrenzen

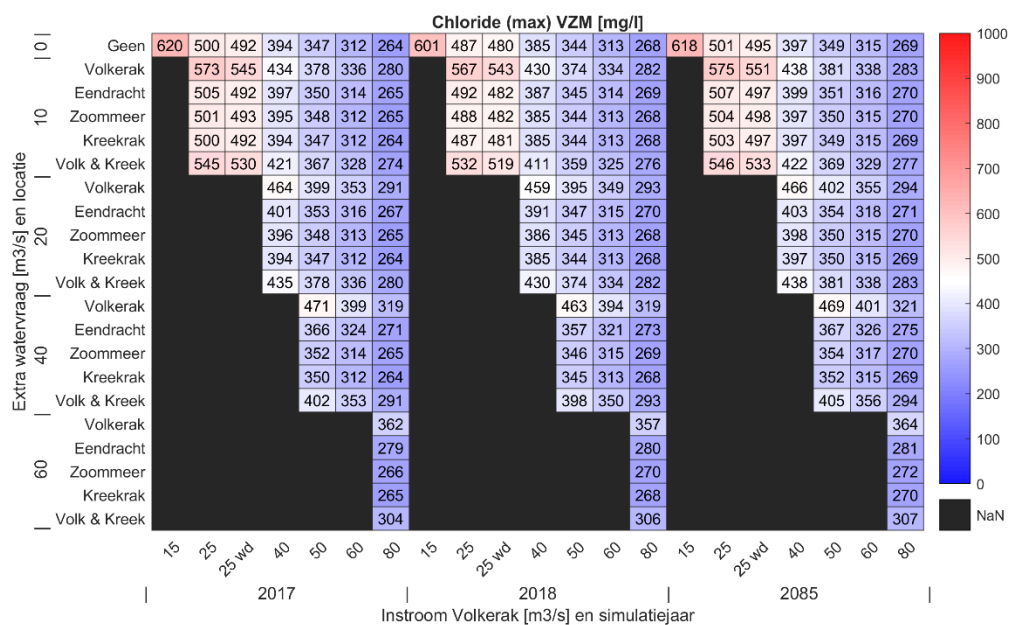
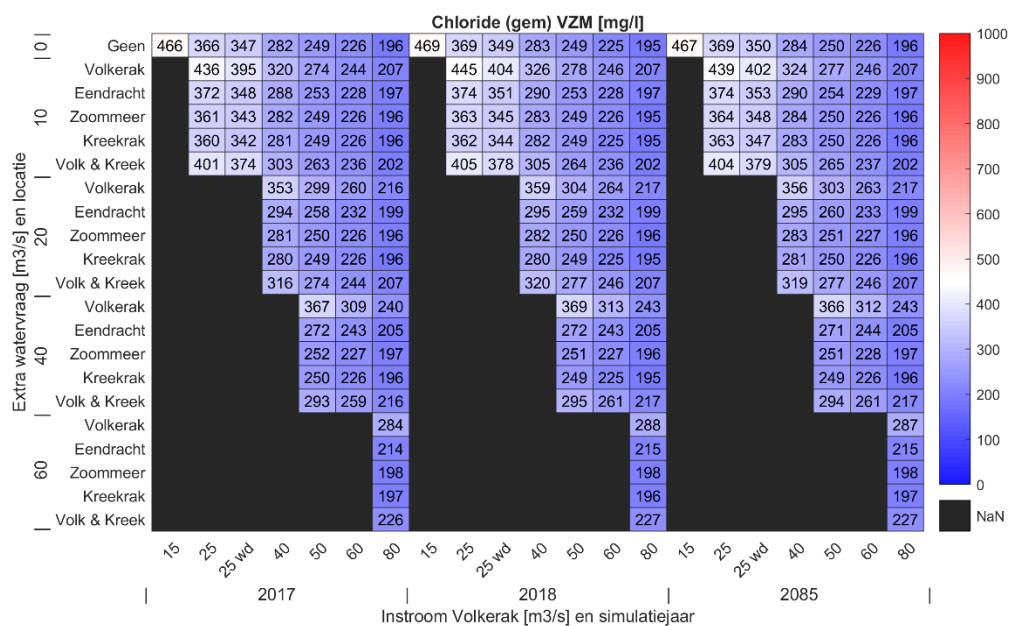
Op jaardag 349 in de 2017 scenario's treedt de overschrijding van de peilgrens (+0,15 m NAP) op. Voor de scenario's waarvoor dit geldt wordt verwezen naar bijlage 0.

D Uitwerking kentallen: Zoutgehalte

D.1 Zoutgehalte Volkerak-Zoommeer (geheel)

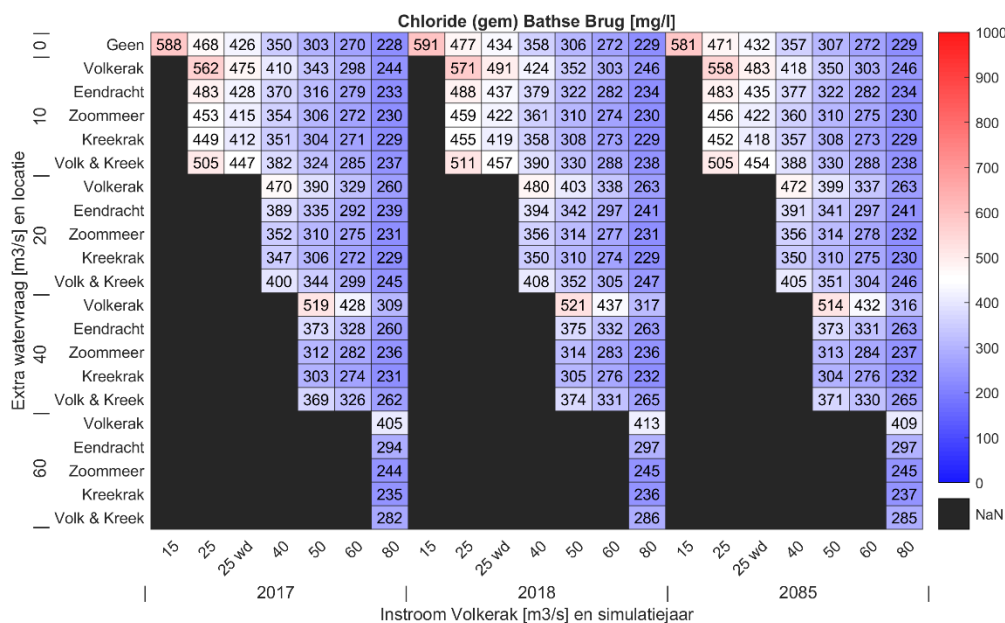
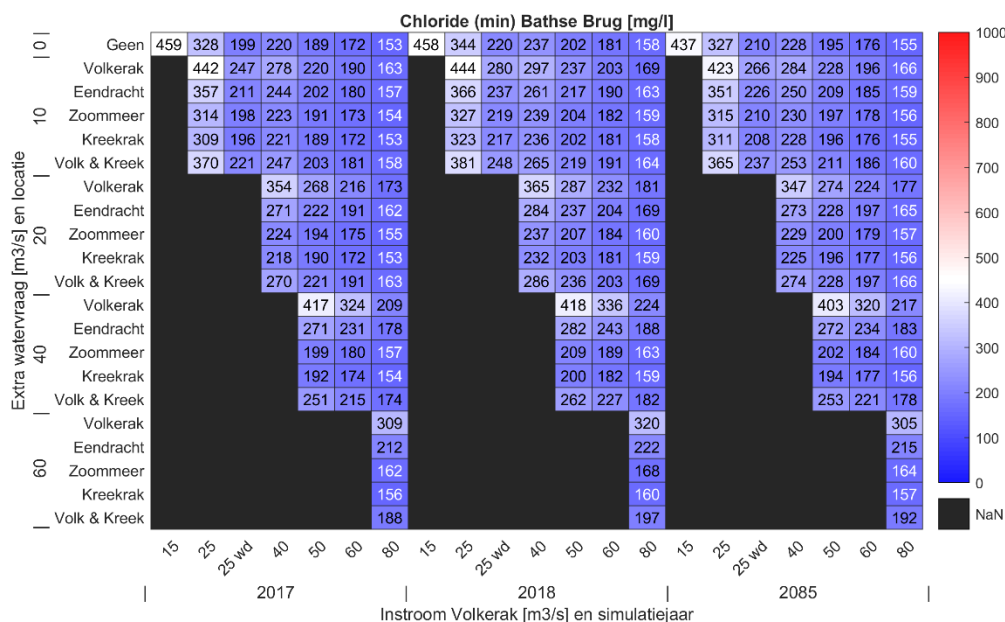
- Zoutgehalte voor het gehele Volkerak-Zoommeer is bepaald op basis van (gewogen) middeling van alle vakken. Het zoutgehalteverloop (Figuur 3.2) voor het meer als geheel is indicatief voor het zoutverloop van de verschillende vakken.
- Minimale zoutgehaltes blijven beneden de normwaarde van 450 mg/l Cl voor alle scenario's (m.u.v. scenario's waar het meerpeil beneden -1 m NAP uitzaakt).
- Het gemiddelde zoutgehalte is alleen hoger dan de normwaarde voor scenario's met geen extra watervraag en minimale aanvoer via de Volkeraksluizen (15 m³/s).
- Maximale zoutgehaltes overschrijden de normwaarde voor scenario's met weinig netto doorspoeling naar het zuidelijk deel van het meer. Ofwel door weinig aanvoer via de Volkeraksluizen ofwel door extra onttrekkingen in het noordelijk deel.

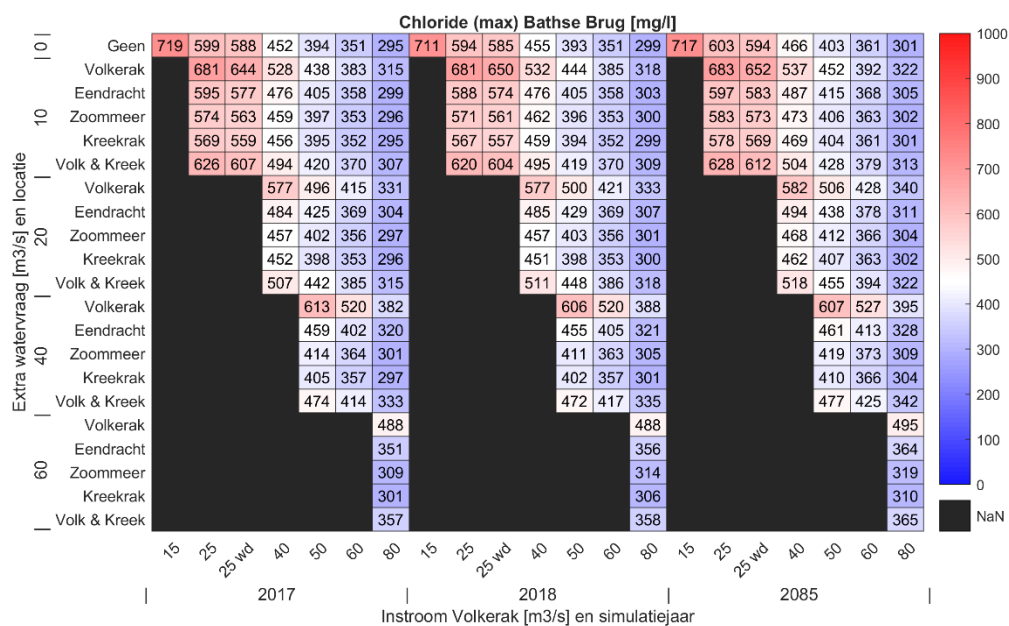




D.2 Zoutgehalte Bathse Brug

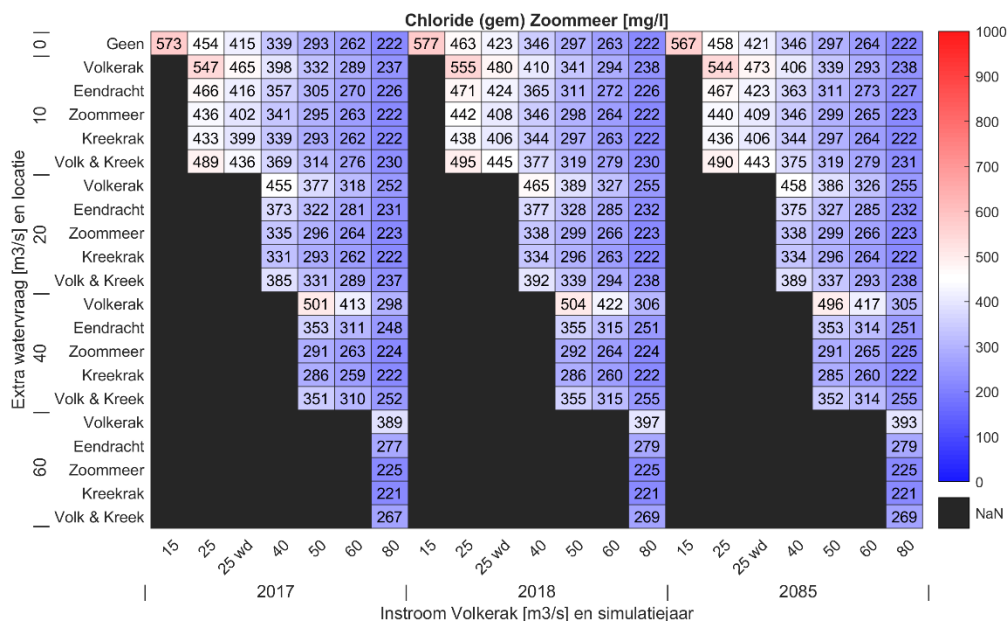
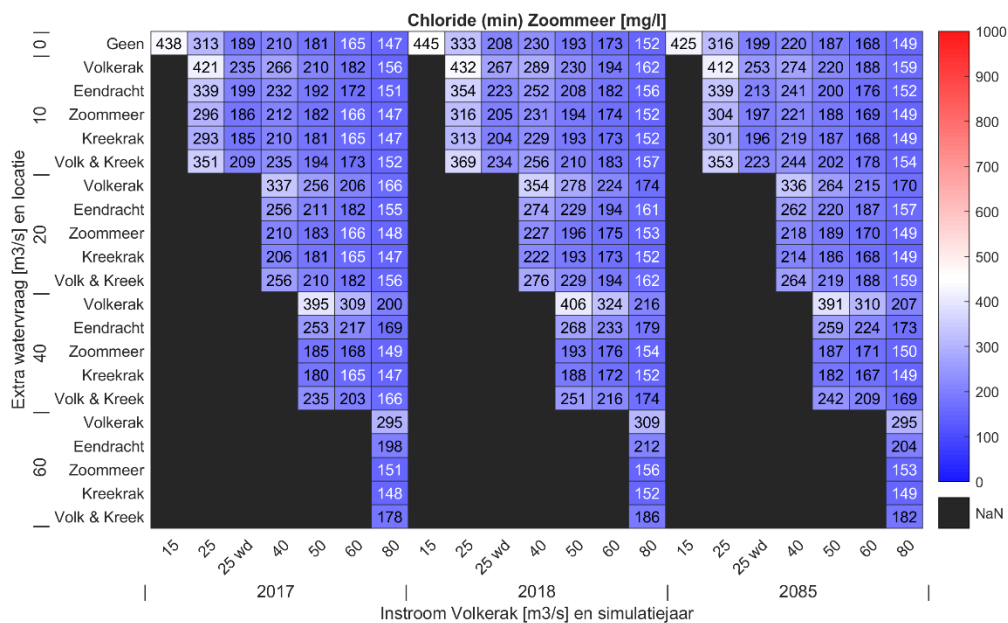
- Voor Bathse brug geldt een vergelijkbaar beeld als voor het Volkerak-Zoommeer als geheel. Voor detailbeschrijving van het maximale zoutgehalte wordt verwezen naar paragraaf 3.2.2.
- Er is sprake van hogere zoutgehaltes dan voor het gehele meer gemiddeld, als gevolg van de cumulatieve bijdrage van alle zoutbronnen. Doordat water netto naar het zuiden richting de Bathse spuisluis wordt getransporteerd, neemt het zoutgehalte geleidelijk over het meer naar het zuiden toe.

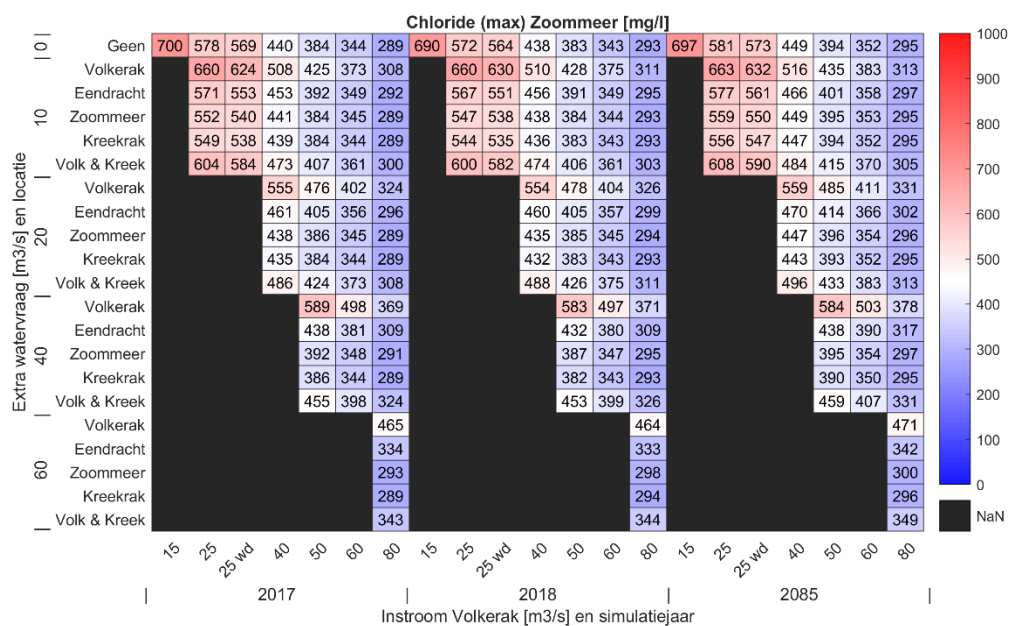




D.3 Zoutgehalte Zoommeer

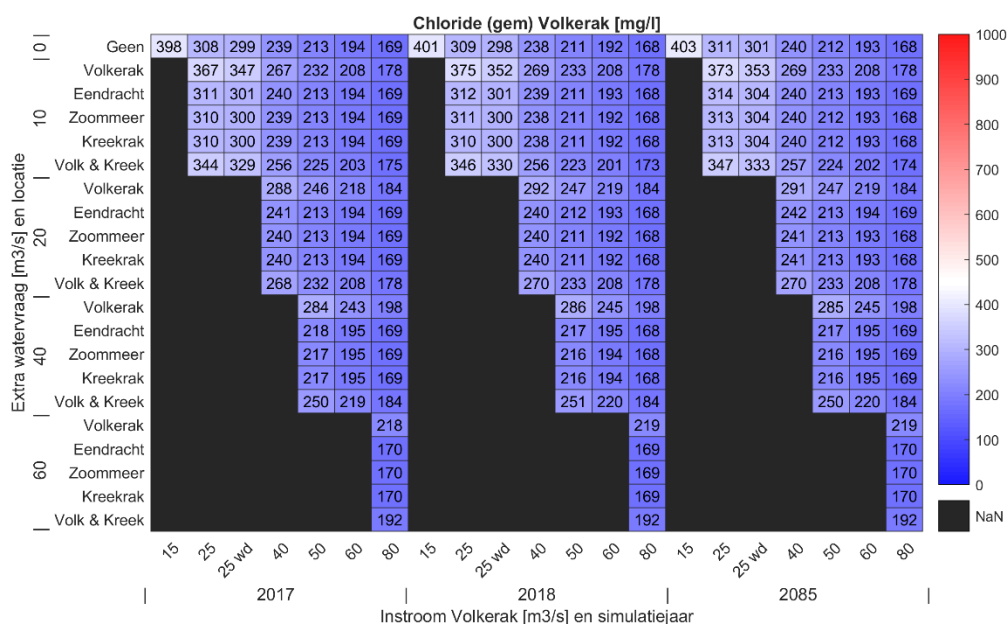
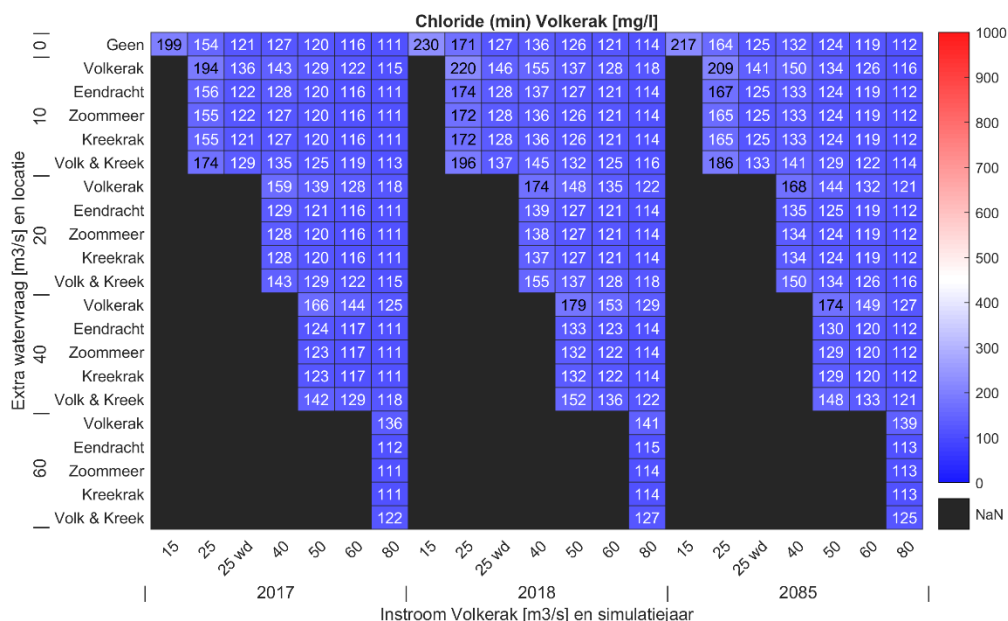
- Voor uitvoerpunt Zoommeer geldt dat er sprake is van een lichte verlaging van zoutgehaltes ten opzichte van Bathse Brug.
- Let wel: In werkelijkheid is hier sprake van lokale verhoogde zoutconcentratie in de diepere delen van het Zoommeer als gevolg van zoutlekkage via de Bergse Diepsluis. Doordat het bakjesmodel het gehele Zoommeer als een vak dieptegemiddeld beschrijft, wordt dit niet door het model beschreven. Het transport vanuit het Zoommeer naar andere delen van het meer (met name richting de Bathse spuisluis) zal overigens niet significant verschillen omdat ook in werkelijkheid de inkomende en uitgaande zoutvrachten ongeveer in balans zijn en daarom vergelijkbaar met die in het bakjesmodel.

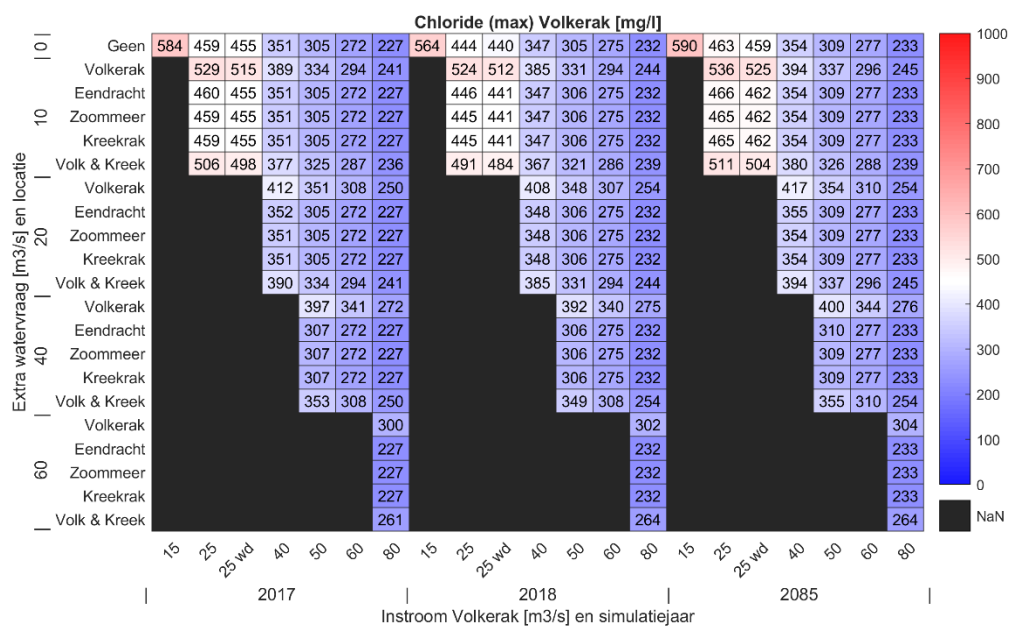




D.4 Zoutgehalte Volkerak

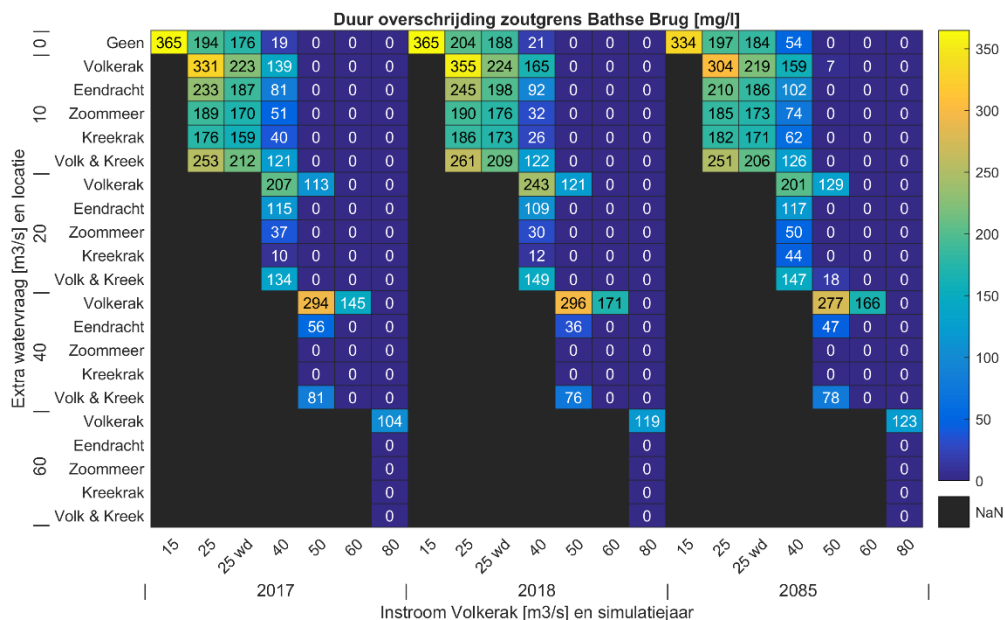
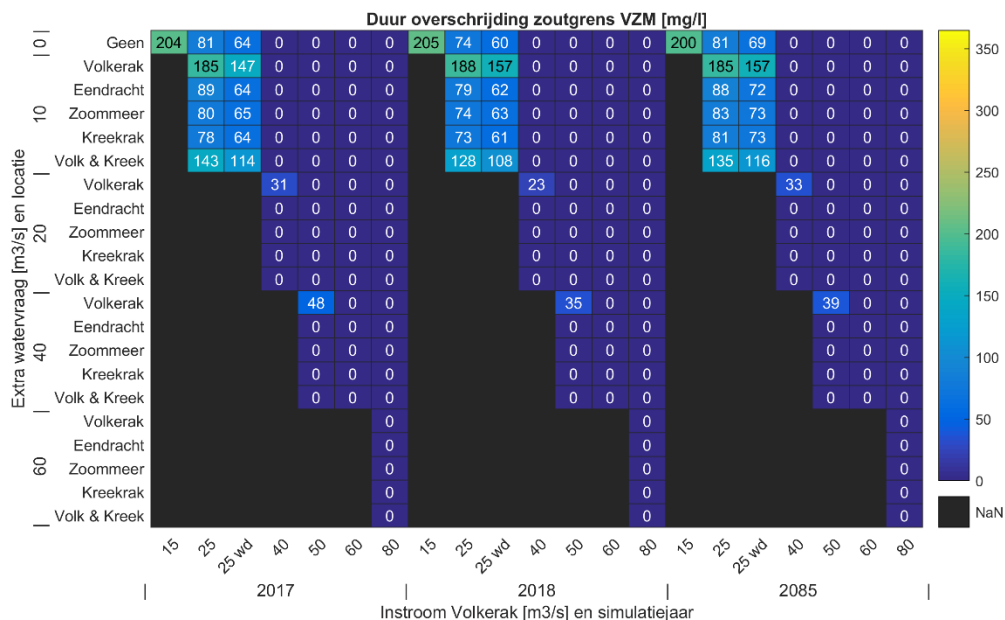
- Het zoutgehalte in het noordoostelijke deel van het Volkerak-Zoommeer is relatief zoet. Alhoewel de Krammersluizen dichterbij zijn, wordt de daar inkomende zoutvracht met het residuele transportpatroon via de Eendracht naar het zuiden getransporteerd, terwijl het oostelijk deel van het Volkerak relatief zoet blijft.

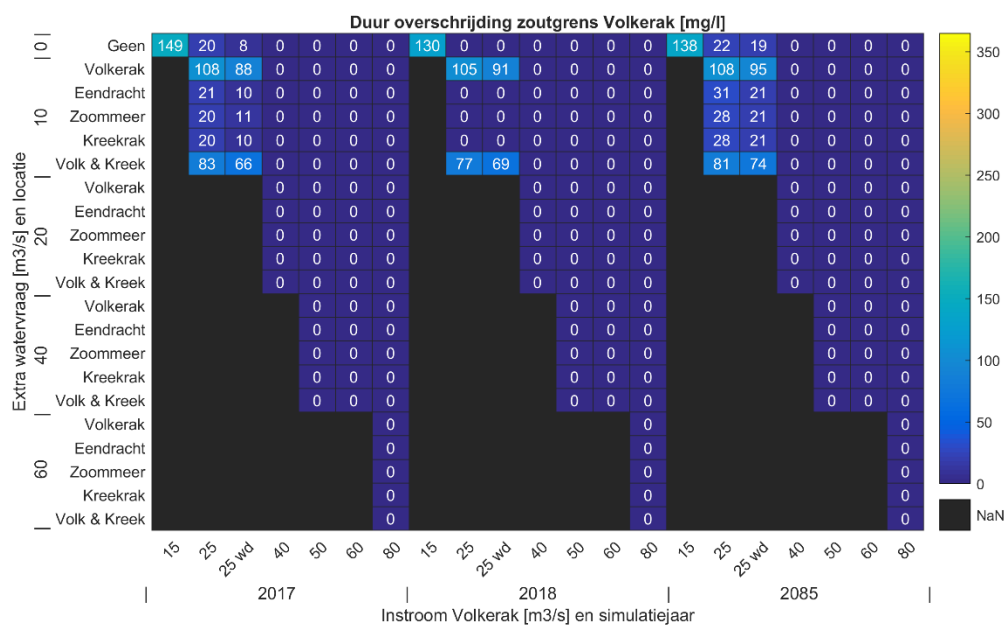
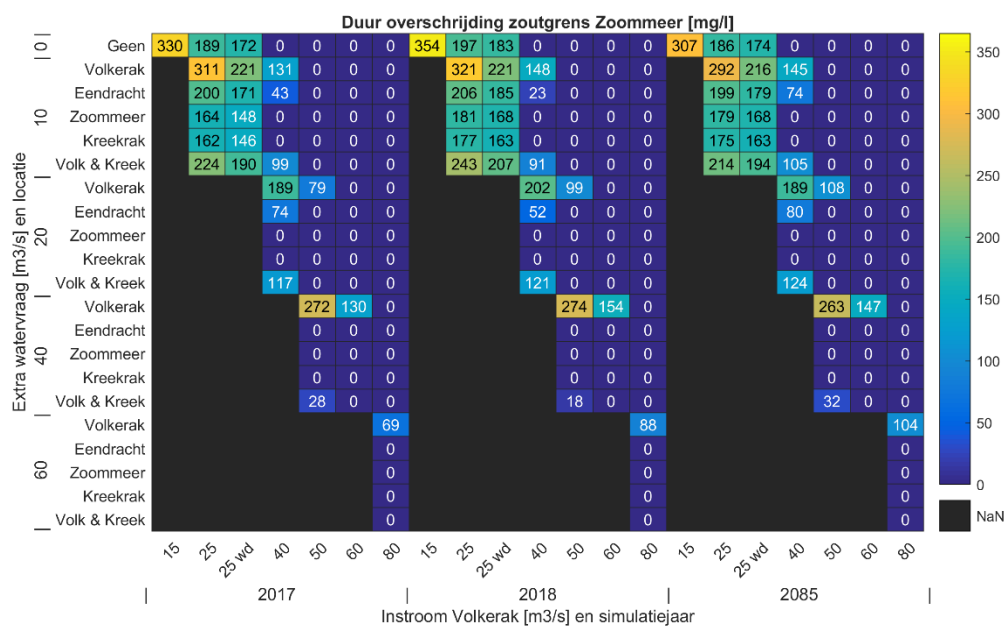




D.5 Overschrijdingsduur normwaarde (450 mg/l)

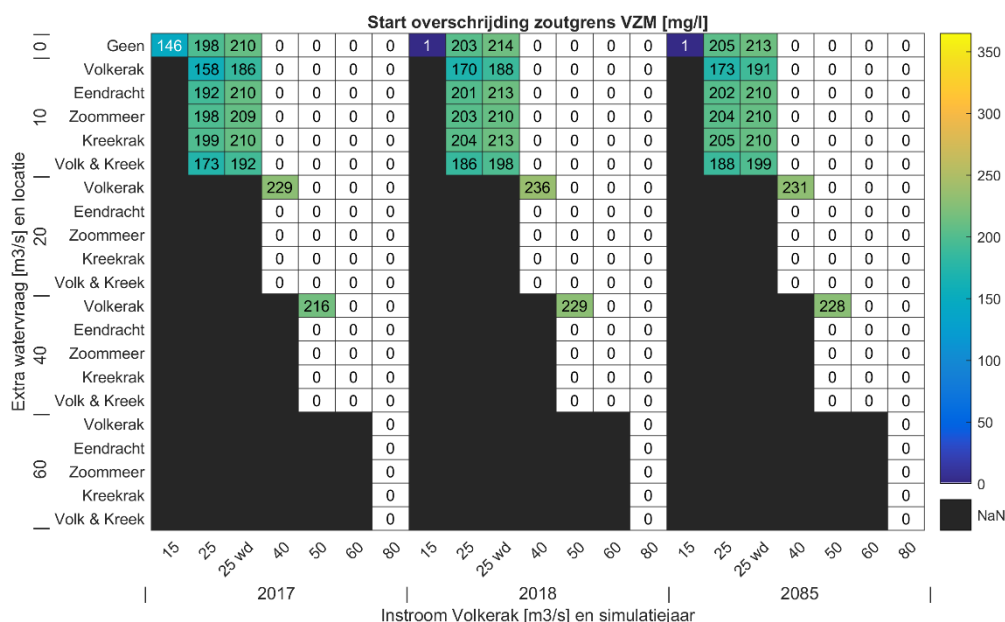
- Voor een discussie over de overschrijding van de normwaarde wordt verwezen naar paragraaf 3.2.2.
- Door de hogere zoutgehaltes bij Bathse Brug is daar sprake van een langere overschrijdingsduur dan voor het meer als geheel en de andere hier getoetste locaties. Uitvoerpunt Bathse Brug is daarmee in zekere zin conservatief voor het meer als geheel.
- Let wel: In de titel van de figuren wordt de eenheid foutief opgegeven als “mg/l” , dit is de duur in dagen.

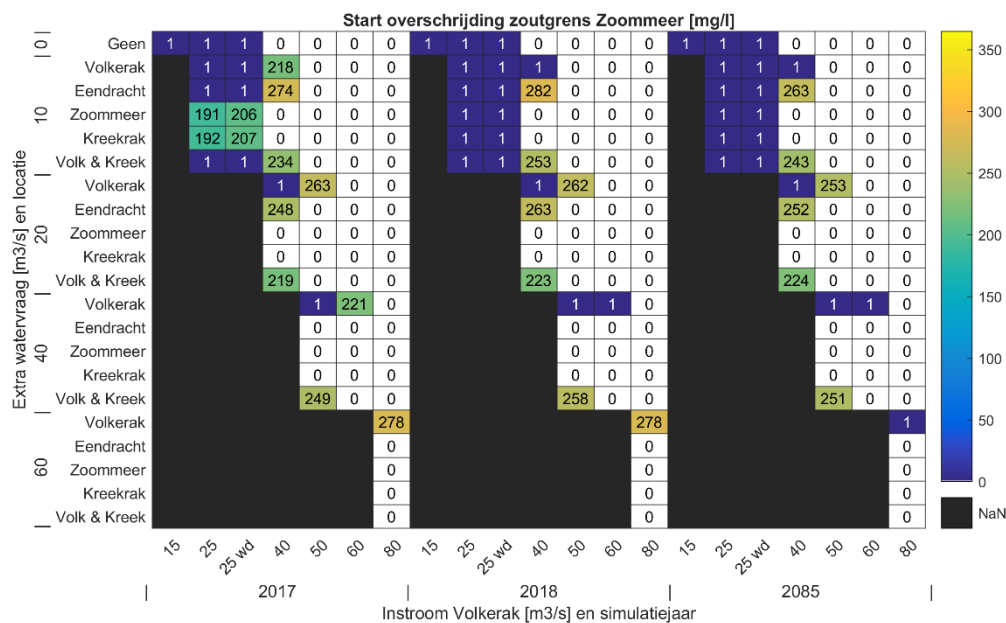
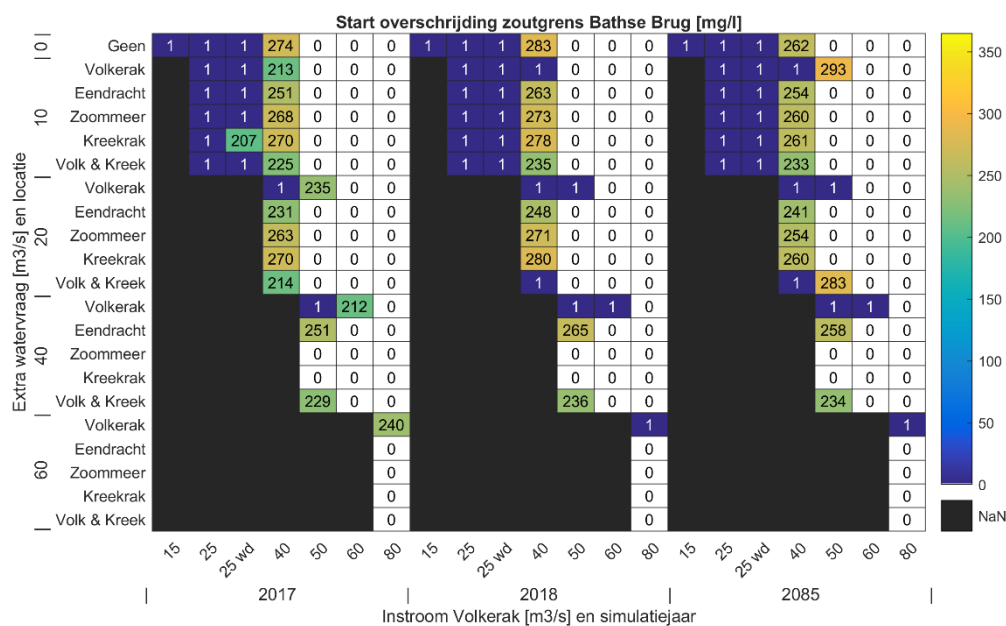


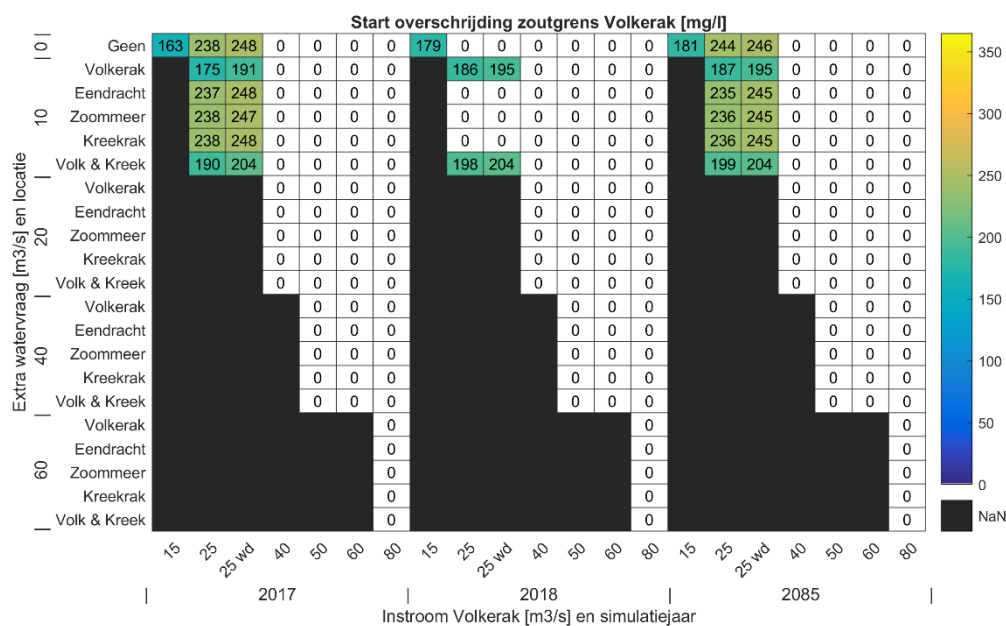


D.6 Startdatum overschrijding normwaarde

- De startdatum van de overschrijding van de normwaarde beschrijft het eerste moment waarop in het analysejaar het zoutgehalte boven de normwaarde uitkomt. Omdat dit analysejaar volgt op een inspeeljaar, is er in sommige gevallen sprake van dat het zoutgehalte van het inspeeljaar nog aanwezig is aan het begin van het analysejaar. Dan is de start van de overschrijding dag 1, terwijl daarna het zoutgehalte nog uitzaakt als gevolg van extra doorspoeling in de winter.
- Doordat Bathse Brug zouter is dan andere locaties, is de startdatum van de overschrijding van de normwaarde daar ook veelal eerder dan voor andere locaties. Het is echter mogelijk dat bij meer noordelijk gelegen uitvoerpunten een zoutpiek eerder langskomt, vanwege de zuidelijke transportrichting van het zout.
- De normwaarde geldt alleen gedurende het groeiseizoen (zomerhaljaar): 15 maart (jaardag 74) – 15 september (jaardag 258). De duur van de overschrijding (Bijlage D.5) is veelal zo lang, dat zelfs bij een startdatum buiten het groeiseizoen, sprake is van overschrijding van de normwaarde gedurende het groeiseizoen. Dit is echter niet verder onderzocht.
- Let wel: In de titel van de figuren wordt foutief de eenheid als “mg/l” opgegeven, dit is de startdatum van de overschrijding van de normwaarde uitgedrukt in jaardag.



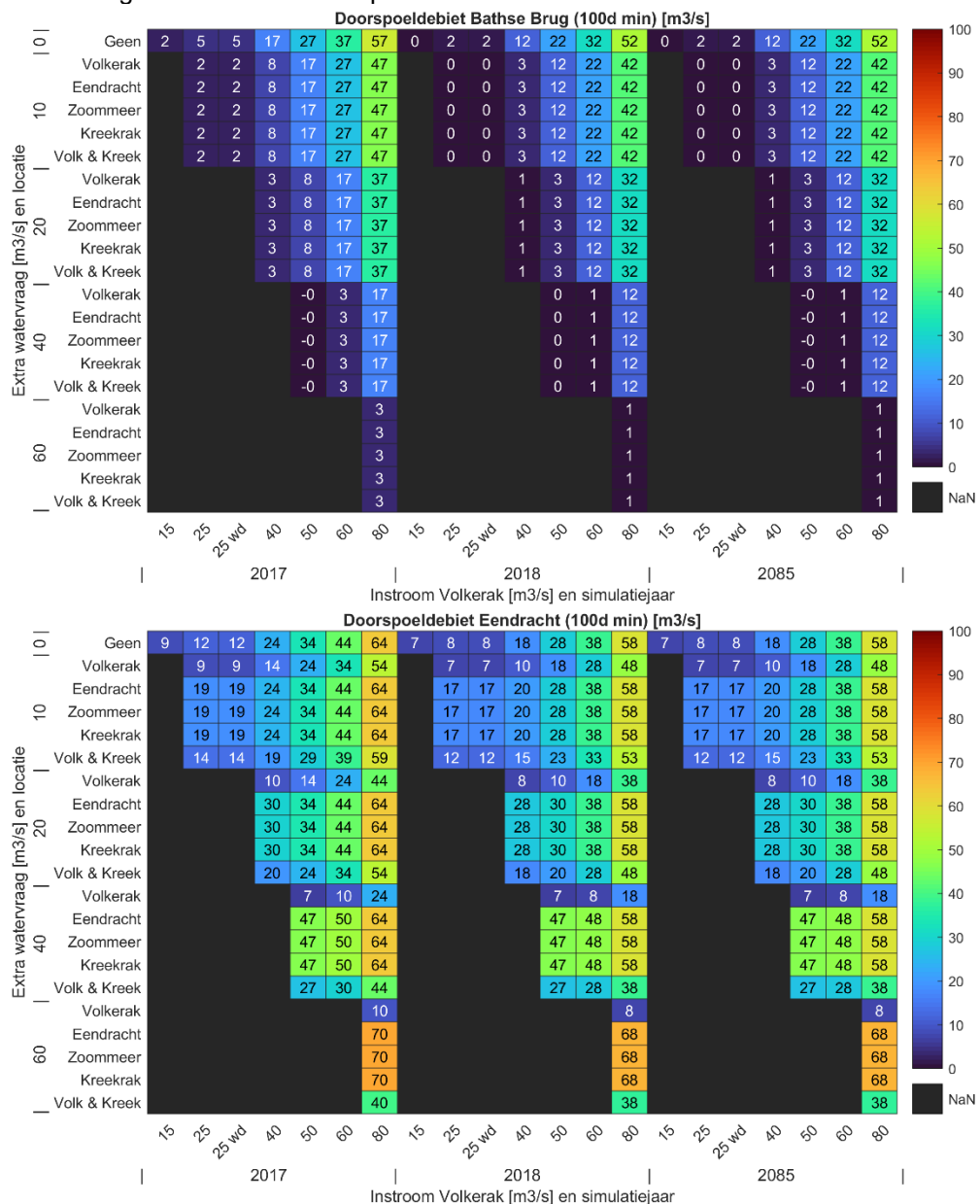




E Uitwerking kentallen: Debieten

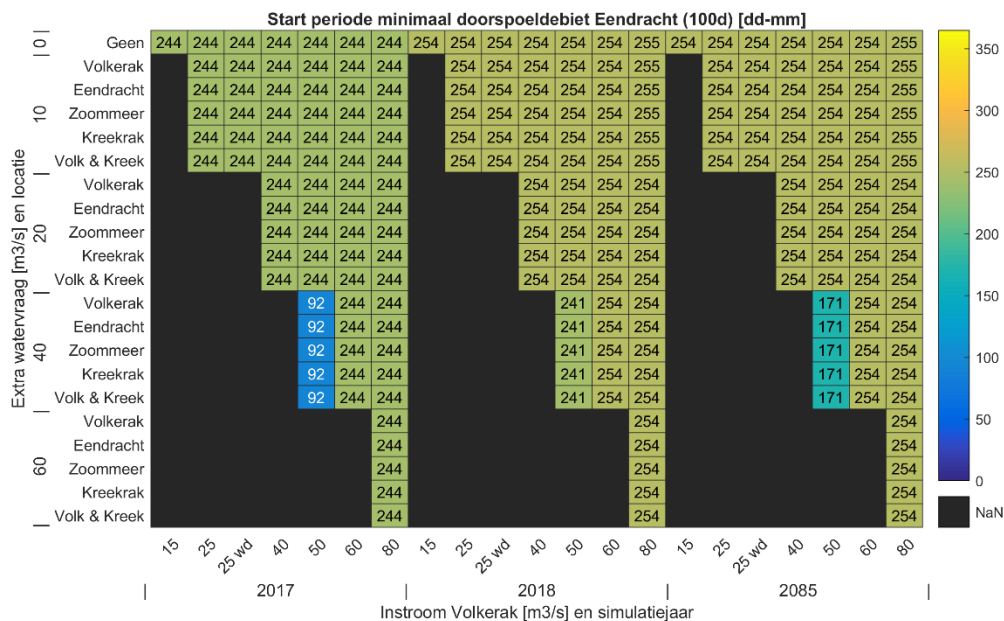
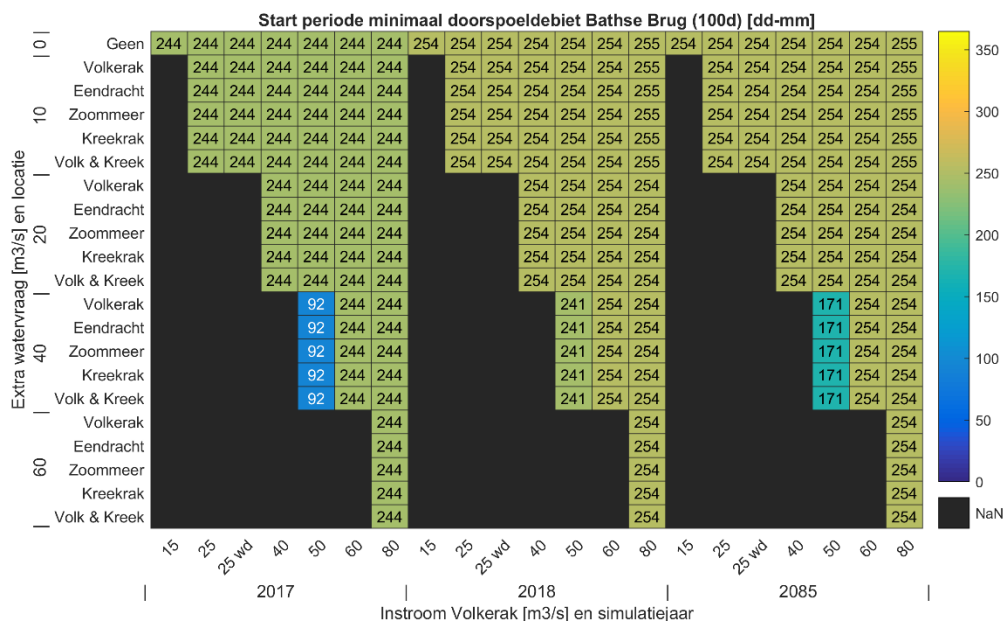
E.1 Minimale debieten (100-daags gemiddelde)

- Voor toelichting bij het 100-daags gemiddelde minimale debiet bij Bathse Brug wordt verwezen naar paragraaf 3.2.3.
- Eenzelfde bepaling van het minimale debiet bij Eendracht (van vak III naar vak IV) laat zien dat er sprake is van hogere debieten bij Eendracht als gevolg van de lokale onttrekkingen ten zuiden van de Eendracht. De doorspoeling van het Volkerak en Krammer richting de Eendracht is dus nooit 0, zoals wel het geval is voor het doorspoeldebiet bij de Bathse Brug.
- Doorspoeldebiet richting de Eendracht is vastgesteld ten noorden van de (extra) onttrekking in de Eendracht, waardoor dit debiet (net als voor Zoommeer en Kreekrak) wordt meegenomen in het doorspoeldebiet daar.



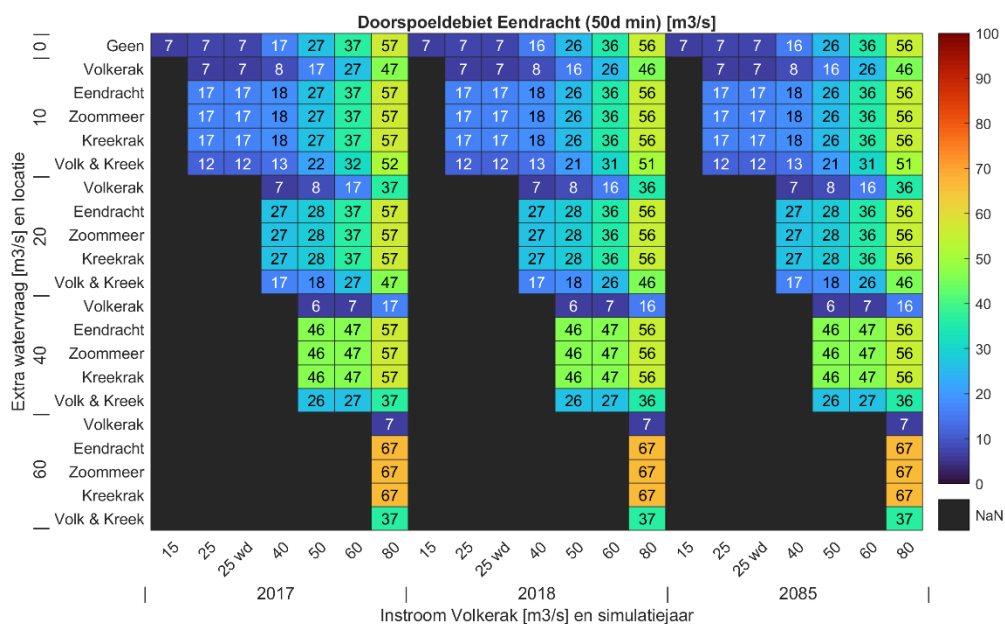
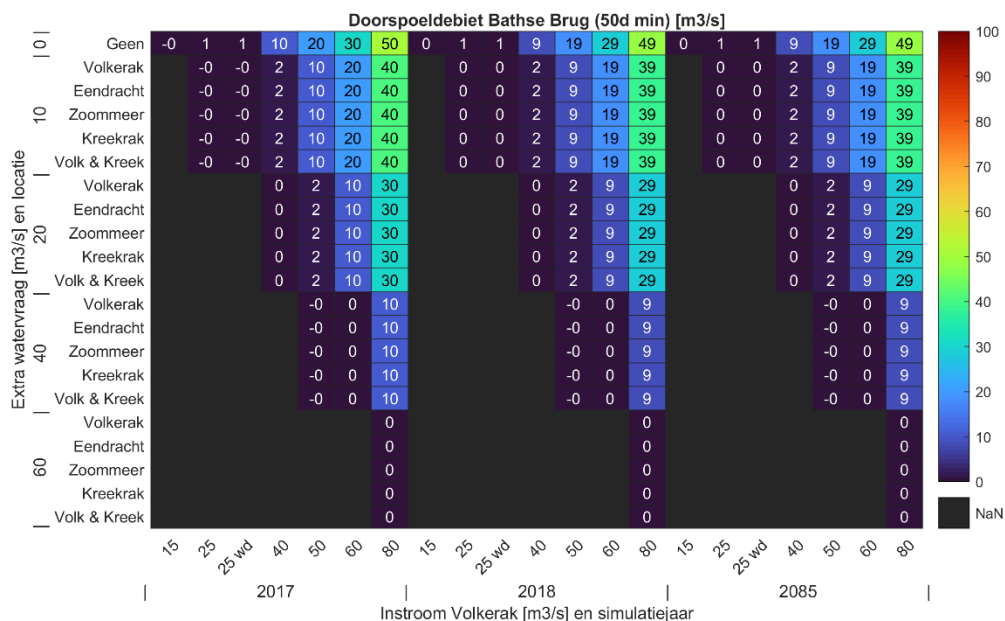
E.2 Startdatum minimale debieten (100 daags gemiddelde)

- De startdatum (in jaardag) van het minimale 100 daags gemiddelde debiet is identiek voor Bathse Brug en Eendracht. Op een enkele uitzondering na beslaat de periode met minimale debieten het najaar (met een startdatum veelal in september).
- Doordat alleen neerslag, verdamping en afvoer van de Dintel en Vliet wordt gevarieerd gedurende het jaar, leidt een verandering van de continue aan- en afvoer veelal niet tot een significante verschuiving van de timing van de afvoer. Uitzondering daarop is de mogelijkheid tot extra spuien via de Krammersluizen in de wintermaanden, welke effect heeft op de doorspoeldebeten richting de Bathse spuisluis.



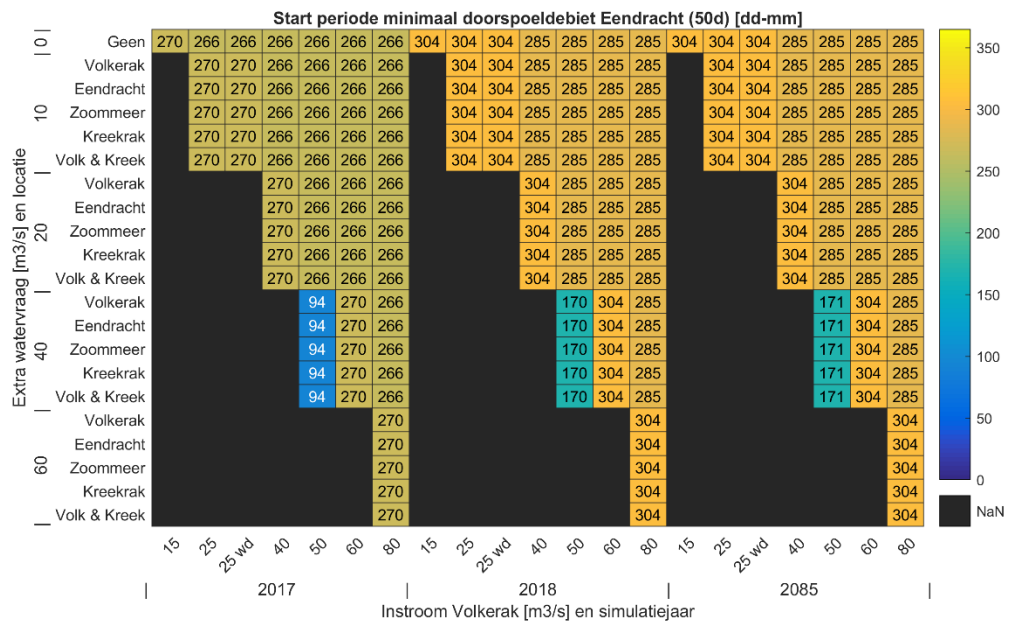
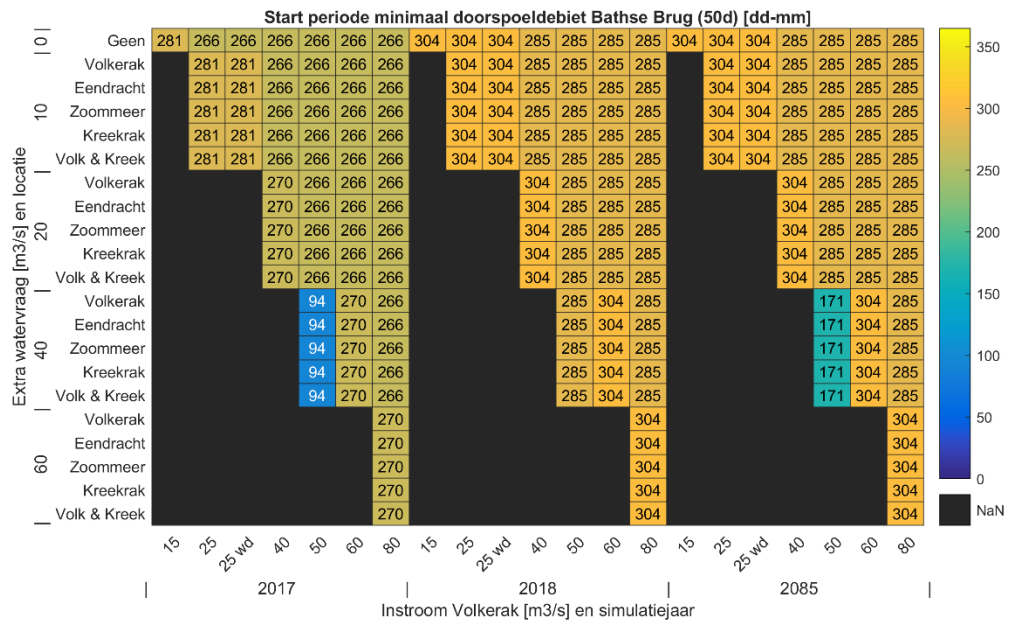
E.3 Minimale debieten (50-daags gemiddelde)

- Door middeling over een kortere periode (50 dagen) worden de minimale waarden iets kleiner en dit geldt zowel voor de ingang naar de Eendracht als bij Bathse brug.



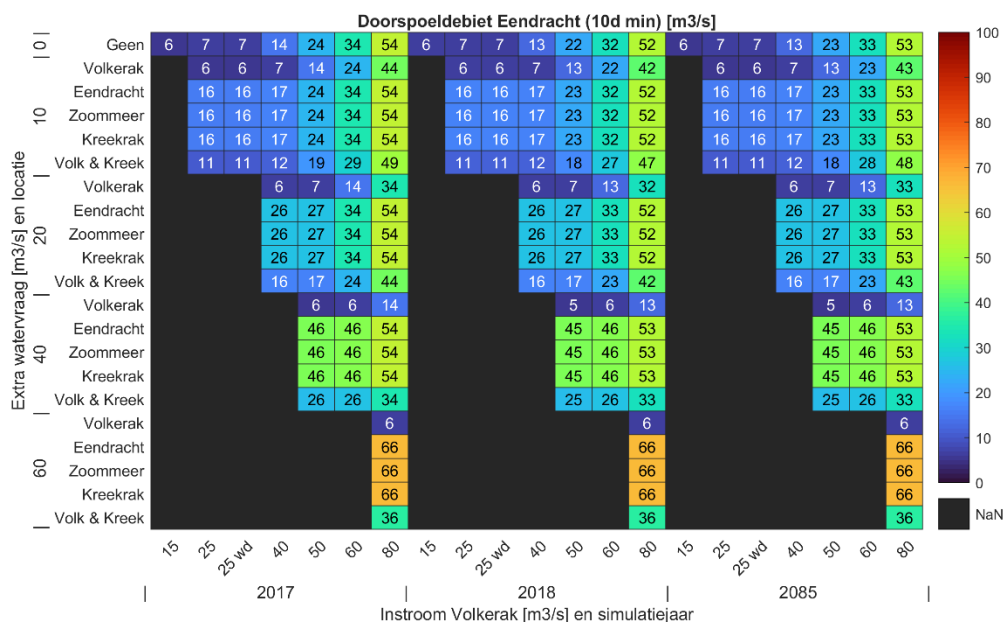
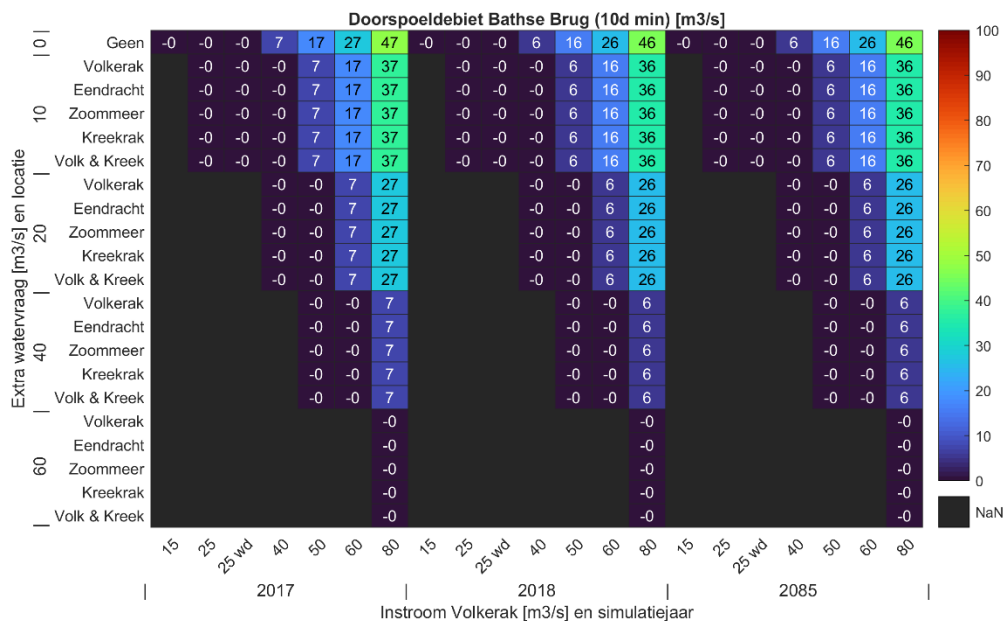
E.4 Startdatum minimale debieten (50 daags gemiddelde)

- Door middeling over een kortere periode (50 dagen) wordt de startdatum van de periode met minimale afvoer veelal enigszins verschoven naar een moment later in het jaar ten opzichte van de 100-daags gemiddeld minima.



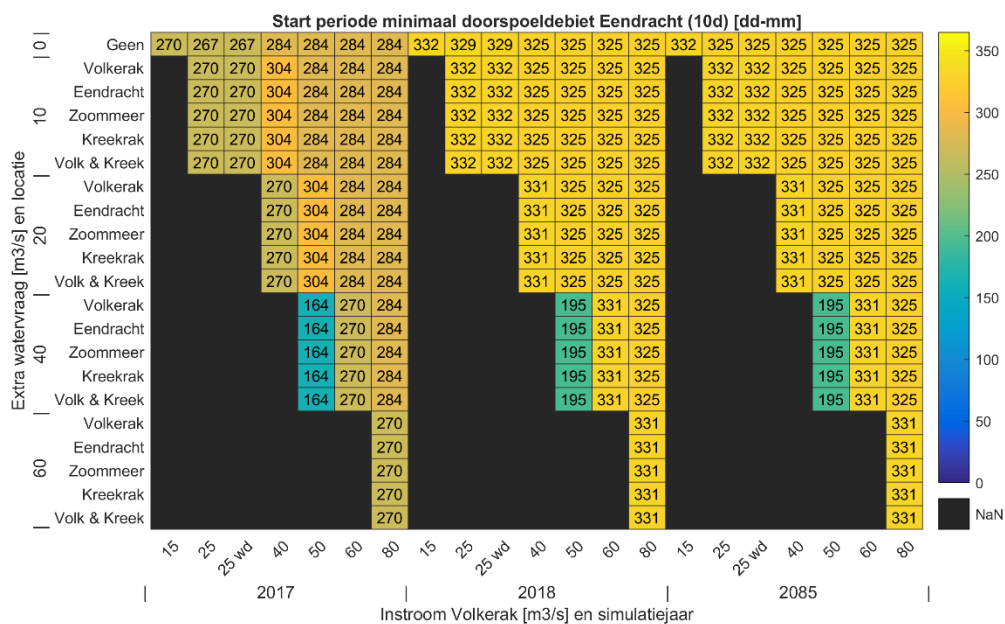
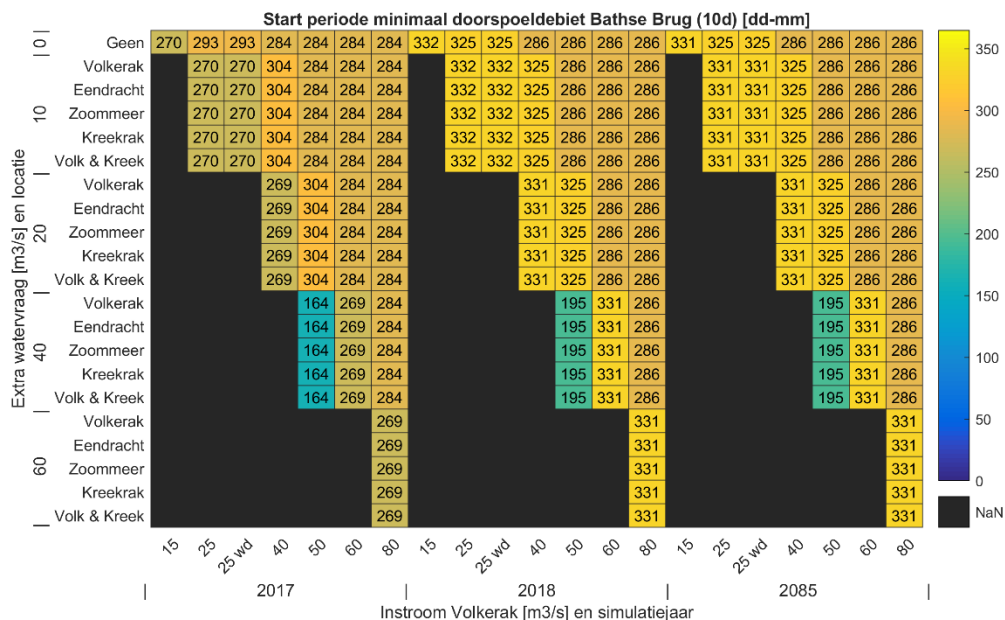
E.5 Minimale debieten (10-daags gemiddelde)

- Voor de 10-daags gemiddelde minimale is de afvoer nog lager dan de 100-daags en 50-daags gemiddelde waardes.
- Bij Bathse Brug is voor deze periode de gemiddelde afvoer voor veel scenario's nagenoeg 0. Voor Eendracht is dit ongeveer even groot als de som van de onttrekkingen ten zuiden van de uitvoerlocatie.



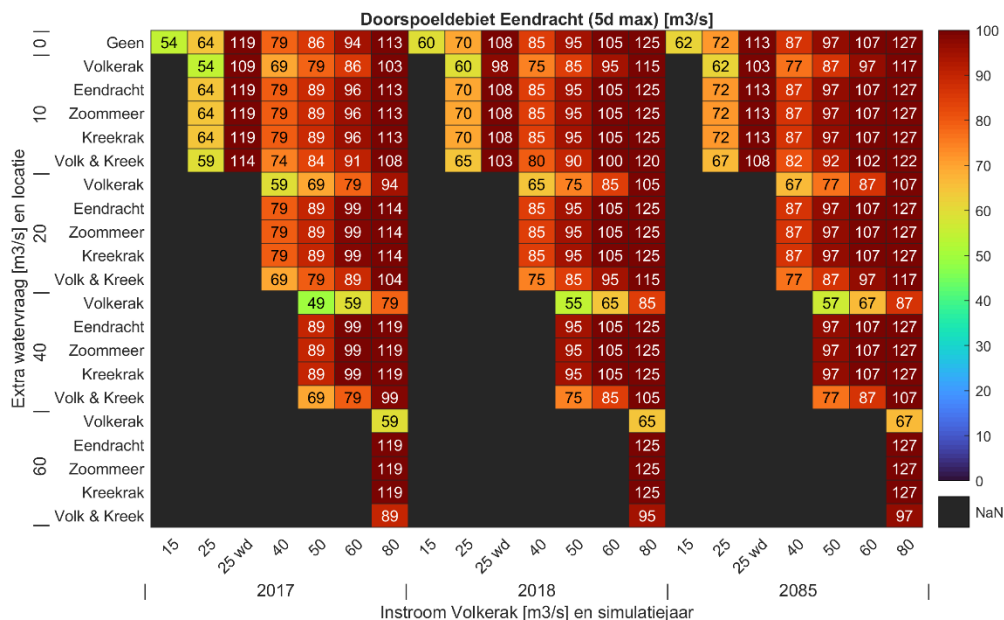
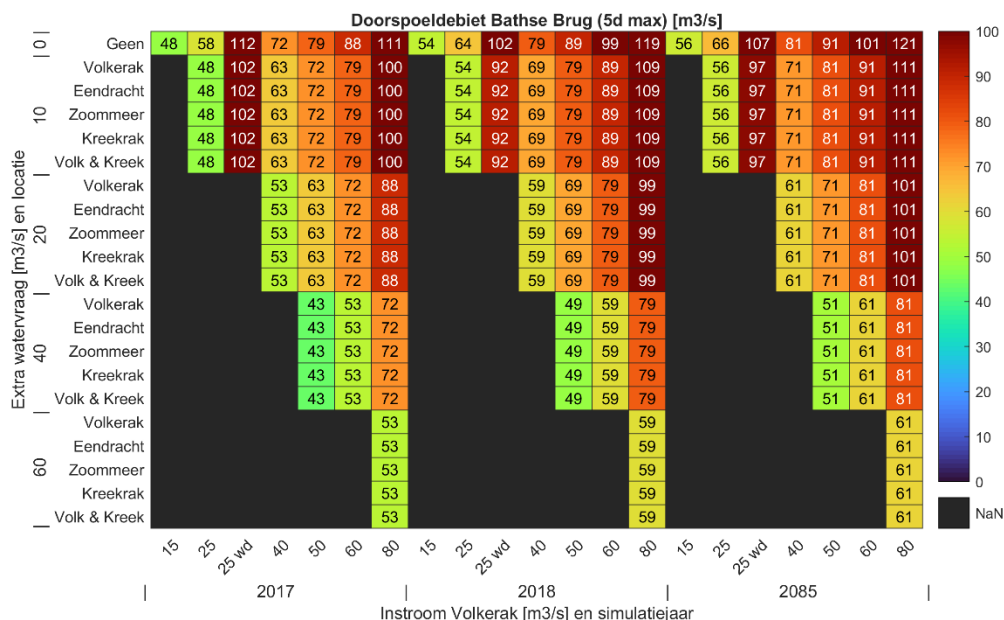
E.6 Startdatum minimale debieten (10 daags gemiddelde)

- De starttijd (in jaardag) van de 10-daags gemiddelde minimale afvoer varieert meer dan de 100-daags gemiddelde minimale afvoer. Dit komt omdat voor verschillende jaren een verschillend verloop in de afvoercondities van de Dintel en Vliet en de neerslag zijn. Tussen 2018 en 2085 is geen verschil, omdat gebruik is gemaakt van dezelfde condities, maar dan geschaald naar het toekomstige klimaat (met daarmee pieken op hetzelfde moment gedurende het jaar).



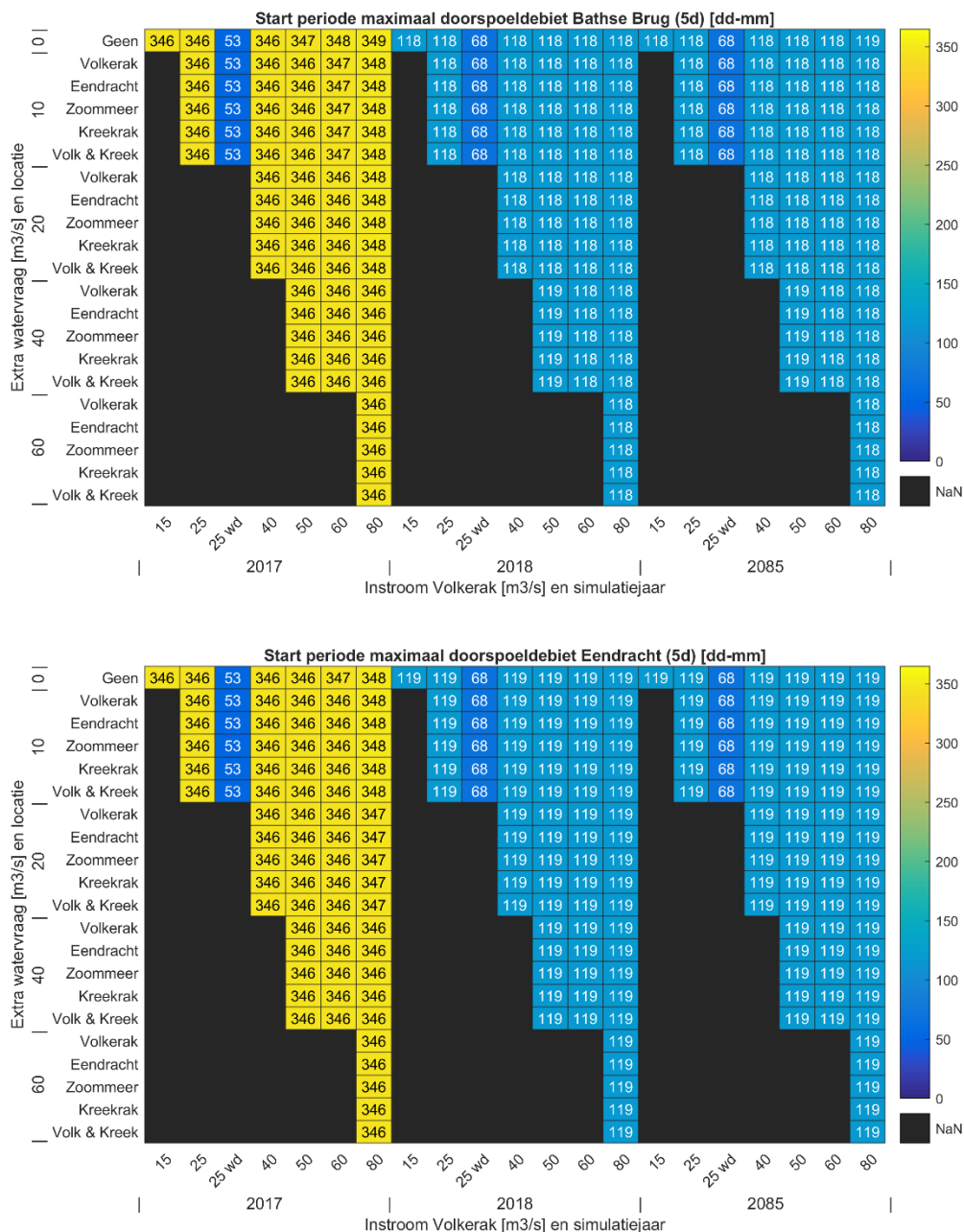
E.7 Maximale debieten (5-daags gemiddelde)

- Om een beeld te krijgen van de maximale spuidebieten is voor een 5-daags gemiddelde afvoer en de dagwaarde (Bijlage 0) het maximale debiet bepaald bij Bathse Brug en in de Eendracht.
- Ook hier geldt dat de debieten afnemen bij kleinere debietoverschotten tussen aanvoer via de Volkeraksluizen en extra watervraag.
- Maximale debieten zijn orde grootte 100 - 120 m³/s daggemiddeld voor het hoogste debietoverschot en orde 50 m³/s voor het kleinste debietoverschot.
- Debieten door de Eendracht zijn 20-25 m³/s groter dan de Bathse Spuisluis bij het hoogste debietoverschot en lager voor kleinere debietoverschotten.



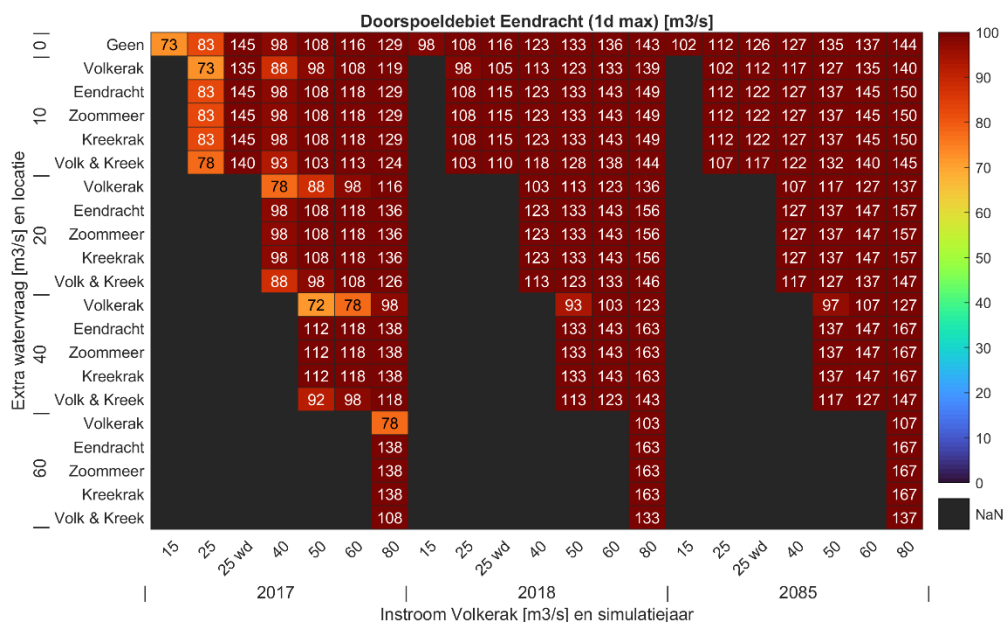
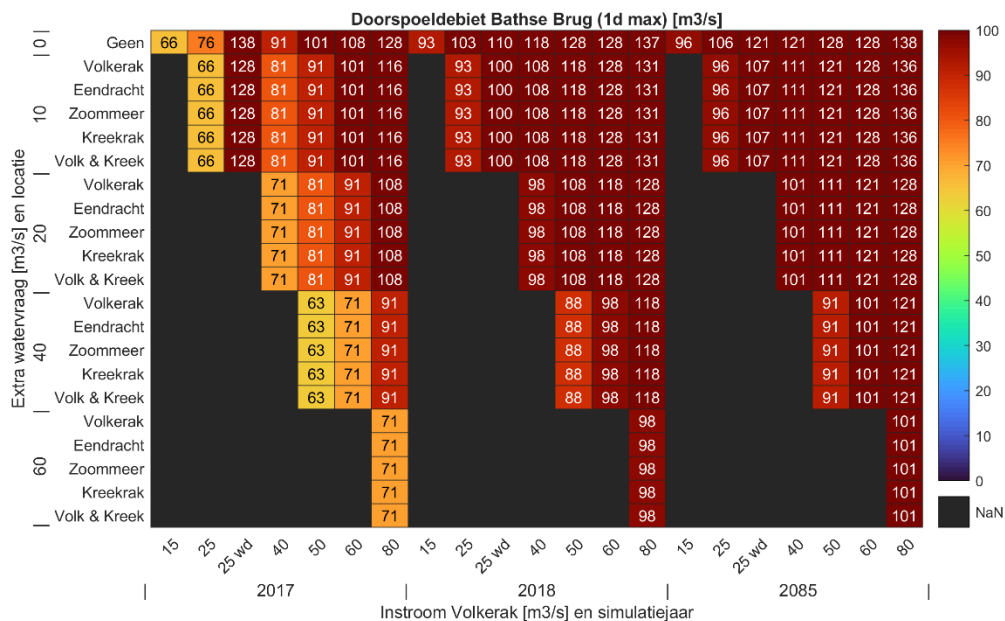
E.8 Startdatum maximale debieten (5-daags gemiddelde)

- De timing (in jaardag) van de afvoerpiek is nagenoeg gelijk voor de Eendracht en Bathse Brug: Deze treedt op ofwel aan het einde van het jaar of aan het begin van het jaar (zoals ook al bleek uit de debietstijdreeksen in Figuur 3.3 en Figuur 3.4).



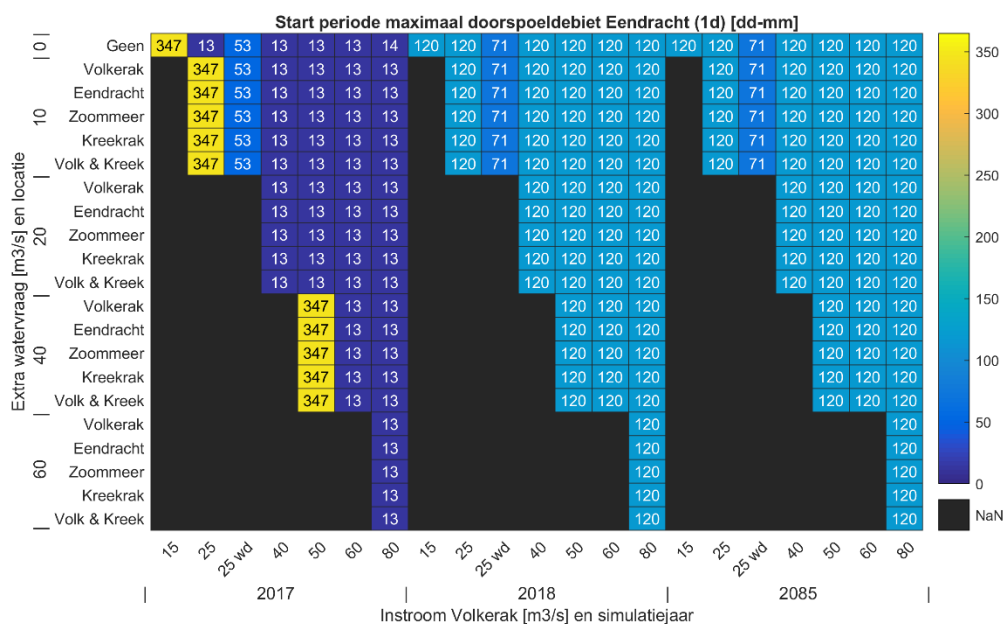
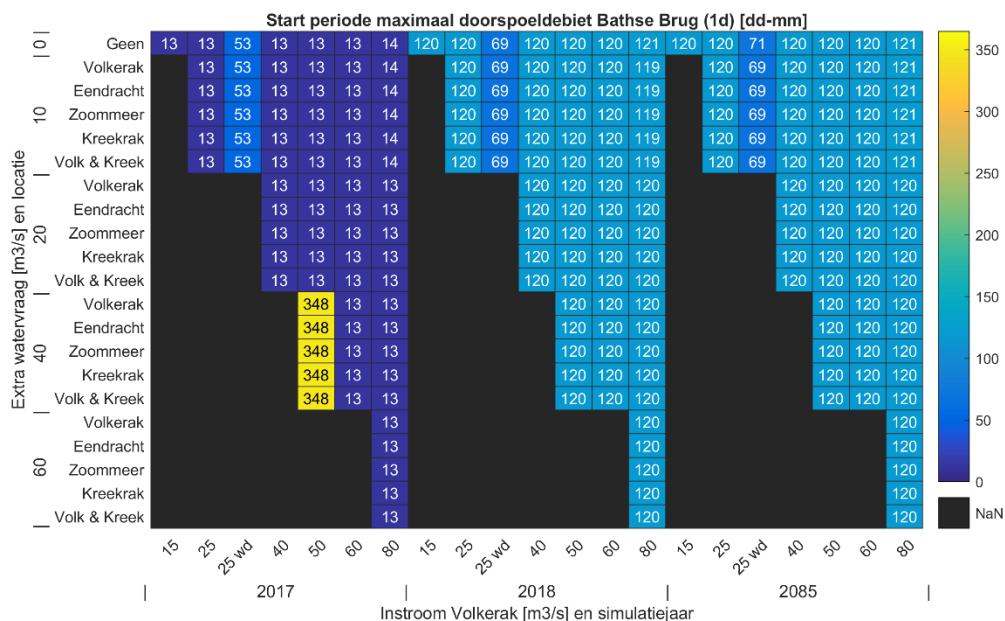
E.9 Maximale debieten (over 1 dag)

- De maximale debieten over 1 dag zijn orde grootte $10 \text{ m}^3/\text{s}$ hoger dan de 5-daags gemiddelde waarden, maar laten een vergelijkbaar patroon zien als de 5-daags gemiddelde waarden.
- Let wel: De kleurschaal is begrenst tot $100 \text{ m}^3/\text{s}$. De getalswaarden in de tabel geven een beter beeld van de verschillen tussen sommige scenario's.



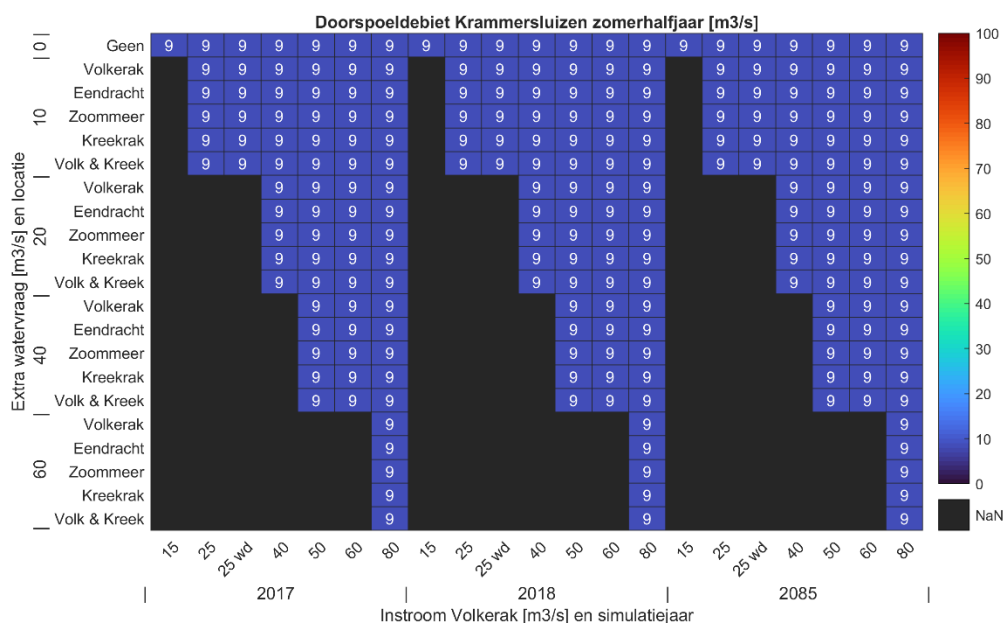
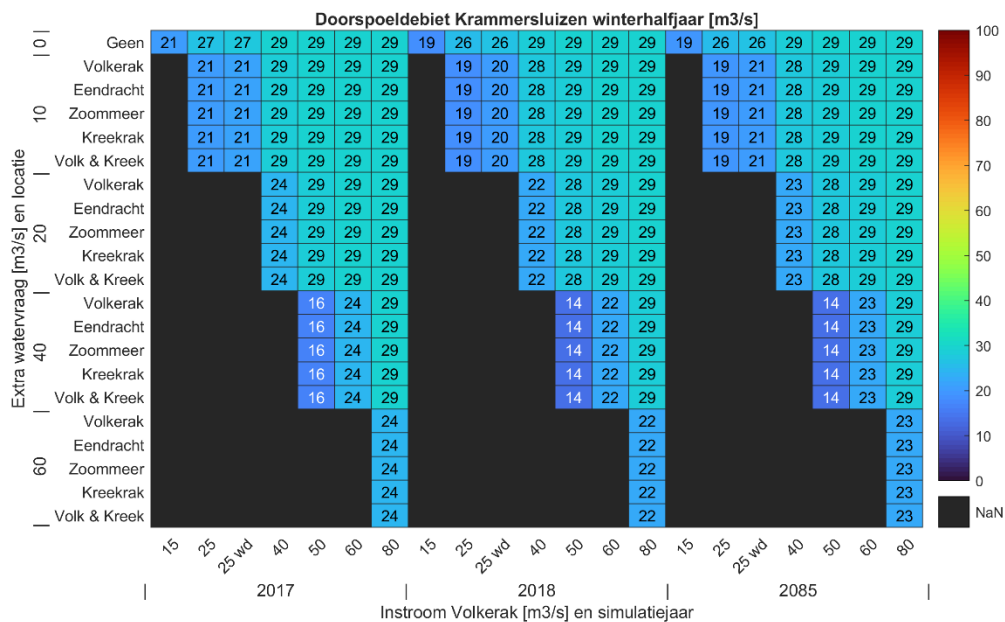
E.10 Startdatum maximale debieten (over 1 dag)

- Ook voor de maximale afvoer over 1 dag geldt dat de timing vergelijkbaar is met die van de 5-daags gemiddelde maximale afvoer.



E.11 Halfjaar gemiddelde debieten Krammersluizen (SPVM)

- Voor de halfjaar gemiddelde afvoer via de Krammersluizen in het winterhalfjaar wordt verwezen naar paragraaf 3.2.3. Voor het zomerhalfjaar is duidelijk dat het model continue een onttrekking 9 m³/s realiseert.



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl