Deltares

Enabling Delta Life

Bepaling benodigde waterschijf op het IJsselmeer en Markermeer tot het jaar 2035

Deltares

Bepaling benodigde waterschijf op het IJsselmeer en Markermeer tot het jaar 2035

Karen Meijer

1201215-000

© Deltares, 2010

Deltares

Titel
Bepaling benodigde waterschijf op het IJsselmeer en Markermeer tot het jaar 2035

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Waterdienst	1201215-000	1201215-000-VEB-0017	41

Trefwoorden
IJsselmeergebied, benodigde waterschijf, 2035, G+ en W+ klimaatscenario's

Samenvatting
In 2013 zal een nieuw peilbesluit voor het IJsselmeergebied worden vastgesteld. Bij dit peilbesluit is beoogd om het vaste streefpeil in het zomerseizoen (momenteel -0,20 m NAP op IJsselmeer en Markermeer-IJmeer, en -0,05 m NAP op de Veluwerandmeren) te vervangen door een bandbreedte waarbinnen het waterpeil mag fluctueren op het IJsselmeer, het Markermeer-IJmeer en de Veluwerandmeren. Dit biedt mogelijkheden voor het hoger opzetten van het peil waarmee de zoetwaterbuffer vergroot wordt en in periodes van langdurige droogte meer water beschikbaar komt voor het huidige voorzieningsgebied. Het vergroten van de zoetwaterbuffer is van belang wanneer in de toekomst onder klimaatverandering het neerslagtekort en daarmee de vraag naar zoetwatervoorziening toeneemt.

In dit rapport wordt de hoogte van de zoetwaterschijf bepaald die op het minimaal te behouden peil van het IJsselmeer en Markermeer gezet moet worden om dat peil de hele zomer te kunnen handhaven. Uitgangspunt hierbij is dat bestaande tekorten niet verkleind hoeven te worden, maar dat alleen voorzien wordt in extra tekorten die ontstaan door klimaatverandering. De hoogte van deze schijf is berekend met de huidige doorvoerbeperkingen naar het achterland en met het huidige beregeningsniveau. Wanneer ontwikkelingen in het voorzieningsgebied plaatsvinden die de vraag naar oppervlaktewater (extra beregening) en de aanvoermogelijkheden vergroten zal dit ook leiden tot een grotere vraag aan het IJsselmeergebied en een hogere benodigde waterschijf.

De benodigde waterschijf volgens deze uitgangspunten is bepaald voor 2035 voor een gemiddeld jaar, een droog jaar (eens in de ca. 10 jaar) en een extreem droog jaar (eens in de ca. 100 jaar) en is voor zowel het G+ als het W+ klimaatscenario bekeken. Voor de bepaling van de benodigde waterschijf is gebruik gemaakt van simulaties met het PAWN-instrumentarium.

Het resultaat van de analyse is dat, onder de aannamen zoals boven aangegeven, tot 2035 volstaan kan worden met een waterschijf op het IJsselmeer en het Markermeer van 19 cm voor droge jaren tot 28 cm voor extreem droge jaren onder het G+ scenario. Onder het W+ scenario voldoet 34 cm in droge jaren en 41 cm onder extreem droge jaren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juni 2010	Karen Meijer		Eelco van Beek		Ipo Ritsema	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding **1**
1.1 Aanleiding 1
1.2 Doel van de opdracht 1
1.3 Ontstaan van tekorten, uitgangspunten en afbakening 1

2 Aanpak **3**
2.1 Instrumentarium 3
2.2 Bepaling benodigde waterschijf 3
2.3 Karakteristieke jaren 4
2.4 Toepasbaarheid van de resultaten 5

3 Bevindingen **7**

4 Conclusies en aanbevelingen **8**

5 Referenties **10**

Bijlage(n)

A Uitgangspunten **A-1**

B PAWN simulaties **B-1**

C Resultaten van de simulaties **C-1**

D Resultaten benodigde waterschijf zonder aanvulling tijdens het zomerseizoen **D-1**

E Waterbalans einde zomerseizoen **E-1**

F Gevoeligheid voor gekozen uitgangspunten **F-1**

G Waterbalans IJsselmeer, Markermeer en Veluwerandmeren in de huidige situatie **G-1**

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2013 zal een nieuw peilbesluit voor het IJsselmeergebied worden vastgesteld. Bij dit peilbesluit is beoogd om het vaste streefpeil in het zomerseizoen (momenteel -0,20 m NAP op IJsselmeer en Markermeer-IJmeer, en -0,05 m NAP op de Veluwerandmeren) te vervangen door een bandbreedte waarbinnen het waterpeil mag fluctueren op het IJsselmeer, het Markermeer-IJmeer en de Veluwerandmeren. Dit biedt mogelijkheden voor het hoger opzetten van het peil waarmee de zoetwaterbuffer vergroot wordt en in periodes van langdurige droogte meer water beschikbaar komt voor het huidige voorzieningsgebied. Het vergroten van de zoetwaterbuffer is van belang wanneer in de toekomst onder klimaatverandering het neerslagtekort en daarmee de vraag naar zoetwatervoorziening toeneemt.

1.2 Doel van de opdracht

Het bepalen van de zoetwaterschijf die als buffer op het minimaal te handhaven peil op het IJsselmeer en Markermeer gezet moet worden na de winterperiode om te voorzien in de toename van de watervraag aan het IJsselmeergebied als gevolg van klimaatverandering tot 2035 volgens de KNMI06 G+ en W+ scenario's.

1.3 Ontstaan van tekorten, uitgangspunten en afbakening

De afbakening en uitgangspunten vragen een korte beschrijving van de vraag naar oppervlaktewater en de beperkingen in het systeem die kunnen leiden tot tekorten.

Aan het IJsselmeergebied wordt vanuit de omliggende regio's water gevraagd voor drie hoofddoeleinden:

1. Peilbeheer;
2. Doorspoeling;
3. Beregening van landbouwgebieden.

Daarnaast wordt een beperkte hoeveelheid water gevraagd voor drinkwater en industrie. De watervraag voor binnendijkse natuur is onderdeel van de watervragen voor peilbeheer en doorspoeling.

Onder de gekozen klimaatveranderingscenario's neemt het neerslagtekort toe. Dit neerslagtekort kan aangevuld worden met oppervlaktewater. Aanvulling van het neerslagtekort kent een drietal beperkingen:

1. Om tekorten in landbouwgebieden te verkleinen door aanvoer van oppervlaktewater moet een beregeningsinstallatie aanwezig zijn. Momenteel maken niet alle boeren gebruik van beregeningssystemen. Uitgangspunt voor deze studie is de huidige mate van beregening.
2. Om peilbeheertekorten aan te vullen, door te spoelen en te beregenen moet water binnen het regionale systeem aangevoerd kunnen worden. Door beperkingen in het systeem (bij bijvoorbeeld sluizen of pompen) kan oppervlaktewater uit het IJsselmeergebied niet tot alle uiteinden van het systeem aangevoerd worden. Uitgangspunt voor deze studie is dat de huidige doorvoerbeperkingen in het systeem niet veranderen.
3. Om water door te voeren naar het achterland moet water vanuit het IJsselmeergebied ingelaten kunnen worden. Dit gebeurt grotendeels onder vrij verval. Beneden

bepaalde peilen (vanaf ongeveer -0,25/-0,30 m NAP) neemt de inlaatcapaciteit af. Onder -0,40 m NAP wordt niet meer ingelaten.

In deze studie is onderzocht welke waterschijf nodig is bovenop een minimaal te behouden peil. Hierdoor vormt de inlaat vanuit het IJsselmeergebied geen beperkende factor bij het voorzien in zoetwater. Bij het vaststellen van dit minimaal te behouden peil dient rekening te worden gehouden met lokale en tijdelijke peilveranderingen.

Beperkingen met betrekking tot doorvoer naar het achterland en het ontbreken van beregeningsinstallaties blijven dus bestaan. Dit betekent dat alleen dat deel van de extra watervraag als gevolg van klimaatverandering in beschouwing wordt genomen waarin door middel van enkel het vergroten van de waterschijf is te voorzien. Als gevolg hiervan kunnen tekorten bij deze uitgangspunten wel toenemen, omdat het water mogelijk niet geleverd kan worden op de locaties waar het wordt gevraagd.

Verder geldt als uitgangspunt dat het peil niet verhoogd hoeft te worden om huidige tekorten te verkleinen. Het huidige landgebruik en de huidige omvang van het voorzieningsgebied zijn gehanteerd als uitgangspunt. Een overzicht van alle uitgangspunten is te vinden in Bijlage A.

In dit rapport vergelijken we de benodigde waterschijf voor de situatie onder klimaatverandering met de situatie onder het ‘huidige’ klimaat: de daadwerkelijk gemeten neerslag, verdamping en rivierafvoeren. De periode tot 1990 is bij het bepalen van klimaatverandering als referentieperiode genomen. Dit betekent dat men aanneemt dat vanaf 1990 klimaatverandering is opgetreden. Wanneer we in dit rapport spreken over het huidige klimaat spreken we in feite over deze referentieperiode en niet over het klimaat in 2010.

De benodigde waterschijf kan zowel via peilopzet als via verder uitzakken in combinatie met pompen verkregen worden. Op welk niveau de waterschijf uiteindelijk wordt ingesteld vraagt een afweging van belangen en valt buiten deze studie.

2 Aanpak

2.1 Instrumentarium

Voor het bepalen van de benodigde waterschijf is gebruik gemaakt van simulatieresultaten van het **PAWN-instrumentarium.** PAWN staat voor 'Policy Analysis for Water in the Netherlands'. Dit landelijke instrumentarium is sinds de jaren '80 in gebruik voor waterverdelingsvraagstukken en is ook in 2003 voor de landelijke Droogtestudie gebruikt. In 2008 is dit instrumentarium toegepast voor een 'verkenning van de kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's (ook wel Maatregelanalyse of Droogtestudie II genoemd) (Deltares, 2008). In de hier gerapporteerd studie is waar mogelijk van bestaande simulatieresultaten uit eerdere studies gebruik gemaakt. Er is expliciet voor gekozen geen gebruik te maken van het NHI-instrumentarium. Dit instrumentarium zal op den duur het PAWN-instrumentarium vervangen. Bij aanvang van deze studie eind 2009 was het NHI-instrumentarium nog in ontwikkeling en nog onvoldoende getest voor het type berekeningen zoals voor deze studie uitgevoerd. Gebruik van het PAWN-instrumentarium bood bovendien de mogelijkheid van eerder uitgevoerde simulaties gebruik te maken.

Bij het bepalen van de waterschijf is de gehele waterbalans in beschouwing genomen als resultaat van vraag uit de regio, verdamping van IJsselmeer, Markermeer en Veluwerandmeren, aanvoer uit rivieren, en spuien naar de Waddenzee en Noordzee. In het PAWN-instrumentarium wordt op basis van neerslag en verdamping voor verschillende landgebruikstypen en watergangen de vraag naar aanvoer van oppervlaktewater bepaald. Vervolgens wordt dit water gealloceerd aan verschillende gebruikers op basis van beschikbaarheid, aanvoerbeperkingen en de verdringingsreeks. In het model worden de meren beschouwd als bakken met een horizontaal peil, scheefstand als gevolg van wind en de eventuele inlaatbeperkingen die hieruit volgen worden niet in beschouwing genomen. Wanneer het peil in het IJsselmeergebied boven streefpeil komt wordt overtollig water geloosd naar de Waddenzee. Aan dit spuien zitten geen beperkingen, de buitenwaterstand en spuicapaciteit worden hierbij niet in beschouwing genomen. Gedurende de gehele zomerperiode wordt een vast streefpeil aangehouden. Dat betekent dat wanneer van de buffer gebruik gemaakt is, deze weer aangevuld wordt zodra de aanvoer vanuit de IJssel de vraag naar water overschrijdt.

2.2 Bepaling benodigde waterschijf

In de standaardinstellingen van het PAWN-instrumentarium hebben de inlaten rond het IJsselmeer en het Markermeer een peil-afhankelijke capaciteit en kan onder een vastgesteld minimumpeil geen water meer onttrokken worden. De in de toekomst **benodigde waterschijf** is bepaald door deze beperkingen op te heffen voor het IJsselmeer en Markermeer. Het verschil tussen het maximale peil in het voorjaar (-0,20 m NAP, tenzij dit door onvoldoende aanvoer niet wordt gehaald) en het minimum peil dat ontstaat tijdens de zomerperiode wanneer er geen beperkingen zouden zijn geeft vervolgens de benodigde waterschijf.

Het **huidige geaccepteerde tekort** is de extra waterschijf die in de huidige situatie onttrokken kan worden wanneer de inlaatbeperkingen van het IJsselmeer en Markermeer worden opgeheven. Uit analyse van de simulaties voor het huidige klimaat bleek echter dat het huidige tekort in de orde van enkele millimeters peil ligt (zie Bijlage C). Met andere woorden: tekorten in de huidige situatie ontstaan niet door onvoldoende peil op het

IJsselmeer en Markermeer. Het is dus niet nodig om de voor de toekomst berekende waterschijf te corrigeren voor huidige tekorten.

De simulaties zijn uitgevoerd voor de klimaatverandering in 2050. Het peilbesluit 2013 heeft als tijdshorizon het jaar 2035. De resultaten voor 2050 overschatten de benodigde waterschijf in 2035. Bij de bespreking van de simulatieresultaten wordt ingegaan op de toename van de benodigde waterschijf tot 2035. De gevolgde aanpak om de resultaten voor 2050 aan te passen is beschreven in Bijlage C.

De uitgevoerde simulaties en gebruikte invoerseries zijn toegelicht in Bijlage B.

Het vaste streefpeil betekent dat wanneer er voldoende aanvoer vanuit de IJssel is, de buffer gedurende de zomer steeds opnieuw aangevuld kan worden. De benodigde waterschijf kan dus niet beschouwd worden als een vast volume, maar kan in theorie meerdere keren benut worden tijdens een zomerperiode. Voor natuur is verhoging gedurende het zomerseizoen niet wenselijk. Volgens de huidige inzichten is natuur het meest gebaat bij een hoge opzet in het vroege voorjaar gevolgd dooruitzakken van het peil gedurende het voorjaar. Het inunderen en vervolgens droogvallen van gebieden heeft een positieve invloed op diverse ecologische processen. Bijlage D toont aan dat onder de G+ en W+ klimaatscenario's voor 2050 de buffer tijdens de zomerperiode nauwelijks wordt aangevuld.

2.3 Karakteristieke jaren

Het PAWN-instrumentarium heeft een lange rekentijd (ongeveer 30 uur voor het doorrekenen van één jaar met een voorloopjaar). Omdat het doorrekenen van langjarige series veel tijd kost, wordt bij toepassing van dit instrumentarium meestal gekozen voor het doorrekenen van enkele 'karakteristieke' jaren. Deze karakteristieke jaren zijn bepaald door het KNMI (Beersma *et al.*, 2004) op basis van het neerslagtekort en op basis van een combinatie van neerslagtekort en rivierafvoeren. In deze studie is gevraagd de benodigde zoetwaterschijf te bepalen voor een gemiddeld, een droog (herhalingstijd ≈ 10 jaar) en een extreem droog jaar (herhalingstijd ≈ 100 jaar).

Voor de simulaties zijn de gemeten neerslag, verdamping en rivierafvoeren voor 1949, 1967 en 1976 gebruikt als representatief voor een droog, gemiddeld en extreem droog jaar onder het huidige klimaat. De invoerseries voor deze jaren zijn met behulp van correctiefactoren aangepast voor de klimaatscenario's. Dezelfde jaren gelden dus ook voor de toekomstige situaties als droog, gemiddeld en extreem droog. Tabel 2.1 geeft de herhalingstijd, het daadwerkelijk opgetreden neerslagtekort en het neerslagtekort in 2050 onder het G+ en het W+ scenario voor de drie geselecteerde jaren. De aangepaste tijdseries voor neerslag, verdamping en rivierafvoer voor de geselecteerde jaren onder de klimaatscenario's zijn besproken in Bijlage B.

In de praktijk blijkt het meestal niet haalbaar om een watersysteem zo in te richten of te beheren dat in zeer extreme situaties aan de watervraag wordt voldaan. In Nederland geldt de 'Verdringingreeks' om verschillende typen gebruik te prioriteren voor situaties waarin niet langer aan alle watervragen kan worden voldaan. In 2003, volgens de Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland (2009) een droog jaar met een herhalingstijd van ongeveer eens in de 15 jaar, werd de Verdringingsreeks in werking gesteld. Het verloop van het neerslagtekort in 1949 en 2003 is vergelijkbaar (zie Figuur 2 in Beersma *et al.* (2004) en Figuur 1 in Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland (2009). De Rijnafvoer was in 2003 hoger dan in 1976 (Figuur 2 in Werkgroep Regionale Uitwerking

Verdringingsreeks Noord-Nederland (2009), terwijl deze in 1949 juist lager was dan in 1976 (Zie Figuur B.9 in Bijlage B). Het droge jaar dat geselecteerd is voor de analyses in dit rapport lijkt daarmee droger dan 2003. Voor schades is uiteindelijk echter vooral de verdeling van droogte over het jaar van belang.

Tabel 2.1Neerslagtekort en herhalingstijd voor drie karakteristieke jaren

Jaar	Neerslag-tekort (mm) *	Herhalingstijd op basis van neerslagtekort (jaar)*	Herhalingstijd op basis van neerslagtekort en rivier-afvoeren (jaar)*	Neerslag-tekort 2050 G+ (mm)**	Neerslag-tekort 2050 W+ (mm)**
Gemiddeld (1967)	151	2.5	2.2	193	235
Droog (1949)	227	11.7	17.0	270	315
Extreem droog (1976)	361	89.4	110.0	401	440

* Bron: Beersma *et al.*, 2004

** Bron: Deltares, 2008, op basis van door het KNMI beschikbaar gestelde series van neerslag en verdamping voor verschillende klimaatscenario's

2.4 Toepasbaarheid van de resultaten

Karakteristieke jaren

Het gebruik van karakteristieke jaren heeft nadelen. Het eindrapport van de Maatregelanalyse die vorig jaar door Deltares is uitgevoerd zegt hierover: "De karakteristieke jaren zijn gekozen op basis van het totaal neerslagtekort. De toevallige verdeling van de neerslag in de tijd en in de ruimte in de gekozen jaren blijkt van grote invloed op de resultaten" (Deltares, 2008).

Op basis van het neerslagtekort wordt vaak 1949 gekozen als een droog jaar met een herhalingstijd van 10 jaar, Tabel 2.1 laat zien dat de herhalingstijd op basis van rivierafvoeren hoger ligt. Vooral in de tweede helft van de zomer van 1949 was de aanvoer uit rivieren laag (Zie Figuur B.9 in Bijlage B). Dit betekent dat de berekende waterschijf voor dit jaar een overschatting is, wat meegenomen moet worden bij het beoordelen van de resultaten.

In de Landelijke Zoetwatervoorzieningsstudie zal de komende jaren gewerkt wordt aan een versimpeld model waarmee langjarige series kunnen worden doorgerekend in kortere tijd. In het kader van de Quick scan Peilbesluit IJsselmeergebied is een tussenoplossing uitgewerkt waarin een langjarige (60 jaar) vraagserie bepaald is waarmee een aantal strategieën is doorgerekend. De voor- en nadelen en eerste resultaten van deze aanpak zijn te vinden in de rapportage 'Quick scan Peilbesluit IJsselmeergebied' (Deltares, 2010). Een voordeel van het doorrekenen van langjarige series is dat een bandbreedte verkregen wordt op de benodigde waterschijf. Deze bandbreedte ontstaat als gevolg van variaties in neerslag, verdamping en rivierafvoer.

Huidige situatie

De huidige situatie wordt in deze studie gebruikt om de geaccepteerde tekorten te bepalen en als een referentiesituatie om de resultaten voor 2050 te vertalen naar 2035. Voor de berekeningen voor de huidige situatie is gebruik gemaakt van gemeten meteorologische en hydrologische series voor de 3 karakteristieke jaren en van het landgebruik in de jaren '90 (LGN3). Omdat is aangenomen dat klimaatverandering optreedt sinds 1990 betekent dit dat de berekende waterschijf voor het jaar 2035 is gebaseerd op een periode van 45 jaar (1990-2035) en niet op de nu nog resterende periode van 25 jaar (2010 - 2035). Wanneer de

klimaatontwikkeling tussen 1990 en 2010 geringer is dan verwacht, is er sprake van een overschatting van de berekende waterschijf voor het jaar 2035.

Veranderingen in watervraag

Voor deze studie is uitgegaan van het huidige landgebruik, de huidige mate van beregening en de huidige wateraanvoerinfrastructuur. In de in 2008 uitgevoerde Maatregelanalyse (Deltares, 2008) is onderzocht wat het effect zou zijn van extra beregening en verbetering van de doorvoer naar het achterland op de watervraag aan het IJsselmeergebied en het resulterende IJsselmeerpeil. Bijlage F leidt op basis van de resultaten van die studie en enkele aanvullende berekeningen af dat alleen het opheffen van doorvoerbeperkingen een gering effect heeft op de watervraag aan het IJsselmeergebied. Wanneer de mate van beregening toeneemt, zal de watervraag aan het IJsselmeergebied toenemen.

Betrouwbaarheid resultaten

Het PAWN-instrumentarium wordt reeds jaren voor diverse (landelijke) waterbeheersvraagstukken toegepast en de resultaten kunnen worden beschouwd als ‘Best Available Knowledge’; het beste wat op dit moment beschikbaar is. Zoals altijd bij het gebruik van modelvoorspellingen, moeten de resultaten bij voorkeur niet als absoluut beschouwd worden, maar als relatief ten opzichte van elkaar, en met inachtneming van de gekozen uitgangspunten. De berekeningen voor de huidige situatie laten zien dat de huidige situatie op een realistische manier wordt gesimuleerd en het is daarom verantwoord om ten behoeve van een overzichtelijke en duidelijke rapportage ook de absolute resultaten van de simulaties te presenteren. Ter illustratie van de modelsimulaties is in Bijlage G voor de huidige situatie de waterbalans voor de karakteristieke jaren weergegeven voor het gehele jaar en voor de periode waarin het zomerpeil geldt. Daarnaast is voor de hoofd in- en uitlaten het debiet per decade gepresenteerd.

3 Bevindingen

De simulatieresultaten voor de drie geselecteerde jaren voor het G+ en het W+ scenario tot 2050 zijn gepresenteerd in Bijlage C. De benodigde zoetwaterschijf is bepaald als het verschil tussen de opzet aan het begin van het zomerseizoen en het minimale peil in deze periode.

Analyse van het verschil tussen de resultaten voor het G+ en het W+ scenario en het huidige klimaat rechtvaardigt lineaire interpolatie om de benodigde waterschijf in 2035 te bepalen. De benodigde waterschijf in 2035 is weergegeven in Tabel 3.1 voor de verschillende meren in verschillende jaren voor zowel het G+ als het W+ scenario.

De benodigde waterschijf kan variëren van 0 cm tot 50 cm op het Markermeer en 0 cm tot 36 cm op het IJsselmeer, afhankelijk van de vraag of ook in droge en extreem droge jaren voorzien moet worden in de extra vraag die ontstaat als gevolg van klimaatverandering.

Wanneer het IJsselmeer gebruikt kan worden om het Markermeer aan te vullen kan met een kleinere waterschijf volstaan worden; in dat geval is maximaal 28 cm tot respectievelijk 41 cm waterschijf noodzakelijk onder het G+ en W+ scenario in een extreem droog jaar, en 19 cm respectievelijk 34 cm in een droog jaar onder dezelfde scenario's.

Tabel 3.1 Benodigde waterschijf tot 2035 voor het G+ en W+ scenario (m)

	Huidig klimaat		**G+**		**W+**		**Gelijke verdeling over Markermeer en IJsselmeer**		
	IJ	**M**	**IJ**	**M**	**IJ**	**M**	**H**	**G+**	**W+**
Gemiddeld jaar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog jaar	0,05	0,10	0,15	0,27	0,26	0,47	0,07	0,19	0,34
Extreem droog jaar	0,16	0,16	0,24	0,34	0,36	0,50	0,16	0,28	0,41

Wanneer voor een peilbeheerstrategie gekozen wordt waarbij de buffer tijdens de zomerperiode niet wordt aangevuld, is onder het G+ scenario maximaal 1 cm extra waterschijf nodig, onder het W+ scenario leidt dit niet tot een andere waterschijf (zie Bijlagen D en E).

4 Conclusies en aanbevelingen

Tot 2035 kan voor een extreem droog jaar en met een gelijke verdeling over het IJsselmeer en het Markermeer worden volstaan met een zoetwaterschijf van 28 cm onder het G+ en 41 cm onder het W+ scenario. Voor een droog jaar is een waterschijf 19 cm onder het G+ en 34 cm onder het W+ scenario voldoende. Voor zowel een droog als een extreem droog jaar onder het G+ scenario is dit 12 cm meer dan onder het huidige klimaat.

In deze studie is gekeken hoeveel meer water onttrokken kan worden uit het IJsselmeergebied wanneer als gevolg van klimaatverandering de vraag toeneemt en er behalve peilopzet geen maatregelen worden genomen. Uit gevoeligheidsonderzoek blijkt dat het opheffen van doorvoerbeperkingen een gering effect heeft op de watervraag aan het IJsselmeergebied. Wanneer de mate van beregening toeneemt, zal de watervraag aan het IJsselmeergebied toenemen.

Er is inzicht nodig in de effecten die optreden bij verschillende mate van peilverhoging en peiluitzakking als ook in de haalbaarheid van peilopzet. Het rapport van de ‘Quick scan Peilbesluit IJsselmeergebied’ onderzoekt de haalbaarheid met betrekking tot opzetten en de effecten van het resulterende peilverloop voor een aantal mogelijk peilopzetstrategieën onder het 2050 W+ scenario.

5 Referenties

Deltares, 2008. Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's. Deltares rapport T2498.

Deltares, 2010. Quick Scan Peilbesluit IJsselmeergebied 2013. Deltares rapport 1201215-000-VEB-005-r.

Beersma, J.J., Buishand, T.A., Buiteveld, H., 2004. Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA-bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland.

Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland, 2009. Waterverdeling Noord-Nederland. Advies van de Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland.

A Uitgangspunten

- Tot 2035 is er voldoende spuicapaciteit in de Afsluitdijk om de effecten van zeespiegelrijzing op te vangen.
- Het huidige voorzieningsgebied voor het zoete water blijft onveranderd.
- Het winterpeil (tussen 15 oktober en 15 april) blijft onveranderd.
- Bij de bepaling van de waterschijf is geen rekening gehouden met lokale en tijdelijke waterstandveranderingen (geen scheefstand).
- In de periode tot 2035 blijft binnen het voorzieningsgebied de wijze van peilbeheer en de mate van doorspoeling onveranderd
- In de periode tot 2035 blijven het huidige beregeningsniveau en het huidige landgebruik (LGN3) onveranderd. LGN3 is een landgebruikskaart gebaseerd op satellietbeelden van 1995 en 1997 in combinatie met eerdere landgebruikskaarten (LGN2). Beregening is het aanvullen van bodemvochttekort.
- De huidige afvoerverdeling over de Rijntakken blijft tot 2035 onveranderd.
- Het risico op droogteschade blijft gelijk aan het huidige risico. De bestaande tekorten worden niet verkleind.
- Doorvoerbeperkingen naar het achterland worden niet aangepast.
- De referentieperiode voor klimaatverandering is de periode tot 1990. In het rapport refereren we hiernaar met huidig klimaat.
- Gedurende de gehele zomerperiode wordt een vast streefpeil aangehouden (bij aanbod groter dan de vraag wordt de buffer aangevuld).

B PAWN simulaties

Aanpak bepaling benodigde waterschijf

Om voor een bepaalde situatie in een bepaald jaar de benodigde waterschijf te bepalen met hetzelfde risico, worden de volgende stappen doorlopen voor dat jaar:

1. Voor het huidige klimaat wordt bepaald wat het tekort is (in meter waterschijf) bij het huidige peilbeheer (A);
2. Voor het huidige klimaat wordt bepaald welke schijfdikte (m) nodig zou zijn om volledig aan de vraag te voldoen, door te simuleren zonder inlaatbeperkingen uit het IJsselmeergebied (B);
3. Het tekort waaraan niet voldaan wordt volgt uit B-A (m);
4. Voor het klimaatscenario (G+/W+ 2050) wordt bepaald welke schijfdikte (m) nodig zou zijn om volledig aan de vraag te voldoen, door te simuleren zonder inlaatbeperkingen uit het IJsselmeergebied (C);
5. De benodigde waterschijf bij gelijkblijvende schade is C – (B-A) (m).

Voor de bepaling van de benodigde waterschijf zijn tenzij anders vermeld de standaardinstellingen gebruikt van het PAWN-instrumentarium. In de vraagstelling gaat het om de watervraag in 2035. Voor de berekeningen wordt vanwege praktische overwegingen gerekend met de meteorologie en rivierafvoeren voor het G+ en W+ scenario tot 2050. Vervolgens wordt afgeleid wat dit betekent voor de situatie tot 2035.

Gebruikte simulatieresultaten

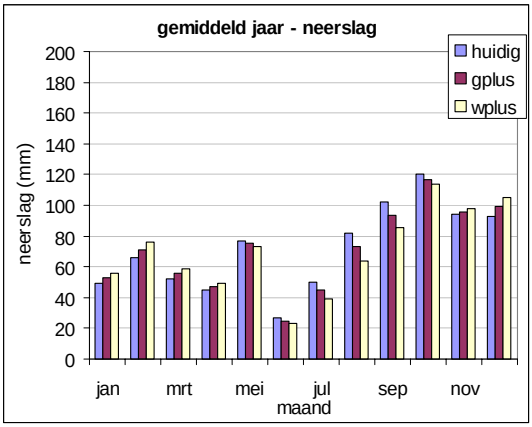
Voor het uitvoeren van de voorgestelde aanpak zijn de resultaten nodig van elf simulaties (zie Tabel B.1). De simulaties voor het G+ en W+ scenario zijn nodig om de watervraag onder die scenario's te bepalen (stap 4). De simulaties voor het huidige klimaat zijn nodig om het tekort in de huidige situatie te bepalen (stappen 1 t/m 3). Een aantal simulaties was uitgevoerd in 2008 in het kader van de 'Maatregelanalyse' (Deltares, 2008). De overige simulaties zijn uitgevoerd in het kader van het bepalen van de benodigde zoetwaterschijf.

Tabel B.1 Benodigde simulaties voor bepalen zoetwaterschijf

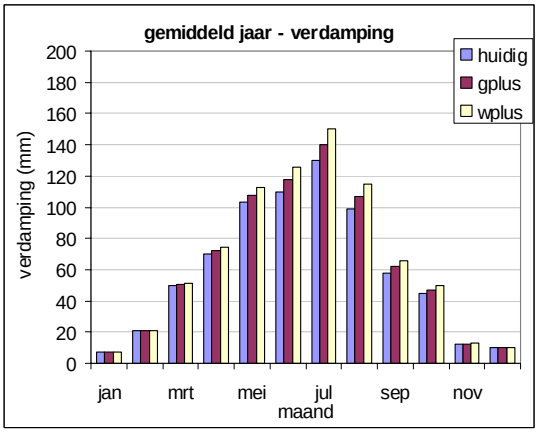
Jaar\klimaatscenario + beheer	Huidig met huidig peilbeheer	Huidig met onbeperkte inlaat	G+ 2050 met onbeperkte inlaat	W+ 2050 met onbeperkte inlaat
1949 (matig, 1/10)	Beschikbaar	Niet nodig	Nieuw	Nieuw
1967 (gemiddeld, 1/3)	Beschikbaar	Nieuw	Nieuw	Beschikbaar
1976 (extreem, 1/90)	Beschikbaar	Nieuw	Nieuw	Beschikbaar

Instellingen klimaatverandering

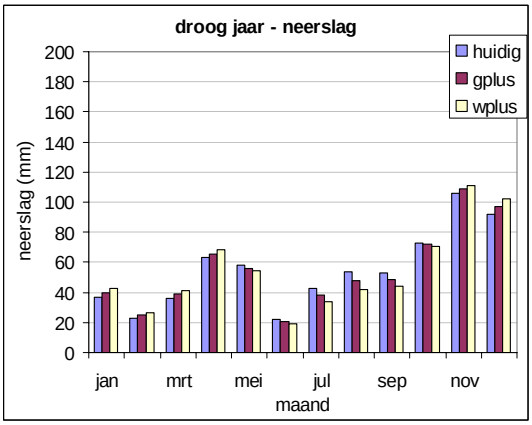
Neerslag, verdamping
De tijdseries voor de gekozen jaren zijn voor 2050 G+ en W+ toegeleverd door het KNMI in het kader van de in 2008 uitgevoerde analyses (Deltares, 2008). Voor de geselecteerde jaren zijn neerslag en verdamping voor de drie klimaatscenario's weergegeven in Figuren B.1 t/m B.6. De weergegeven waarden zijn voor het meetstation in Lelystad.



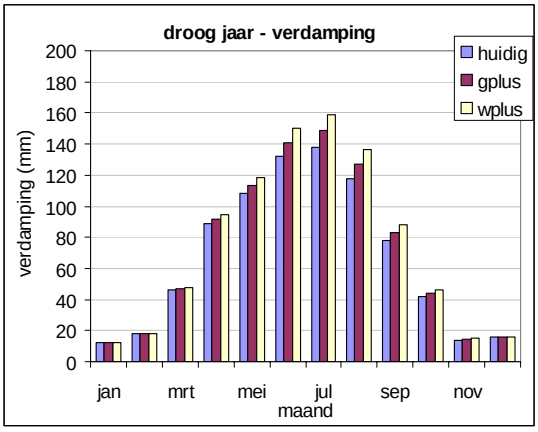
Figuur B.1 ***Neerslag*** *in een* ***gemiddeld jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



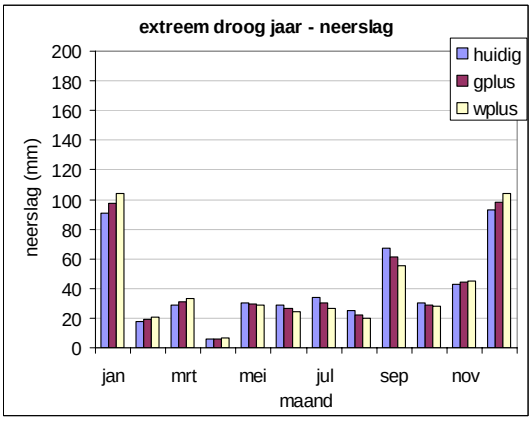
Figuur B.2 ***Verdamping*** *in een* ***gemiddeld jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



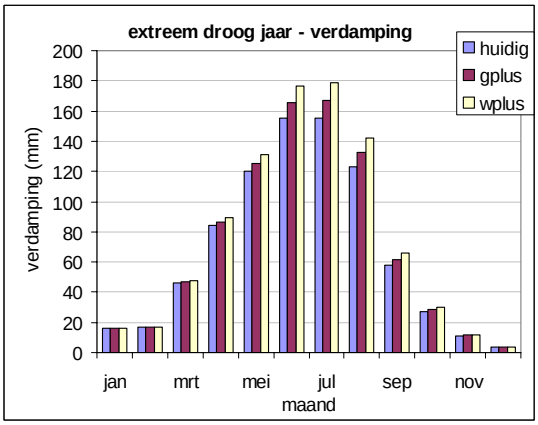
Figuur B.3 ***Neerslag*** *in een* ***droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



Figuur B.4 ***Verdamping*** *in een* ***droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



Figuur B.5 ***Neerslag*** *in een* ***extreem droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



Figuur B.6 ***Verdamping*** *in een* ***extreem droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*

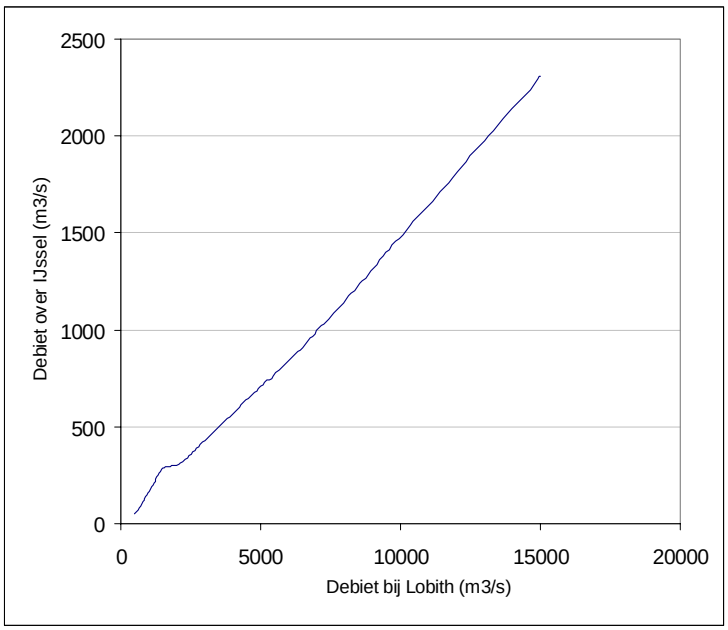
Rivierafvoeren

De tijdseries voor de gekozen jaren zijn vermenigvuldigd met klimaatfactoren afgeleid uit simulaties met het model Rhineflow. De aanpak is beschreven in Deltares (2008). De waarden in Tabel B.2 zijn uit dat rapport overgenomen.

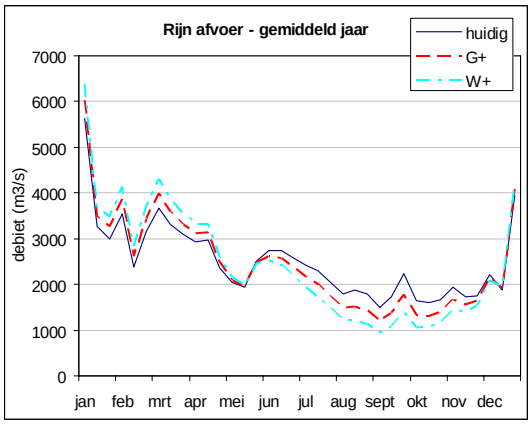
Tabel B.2 Percentages voor aanpassingen Rijndebiet bij Lobith voor G+ en W+ scenario's in 2050 op basis van Rhineflow berekeningen (%)

maand	**G+**	**W+**
januari	7,5	14,3
februari	9,4	18,2
maart	7,8	16,1
april	5,6	11,9
mei	0,5	1,5
juni	-6,5	-11,9
juli	-12,9	-24,6
augustus	-18,6	-34,4
september	-20,3	-37,3
oktober	-17,7	-32,8
november	-9,6	-18,6
december	1,2	2,2

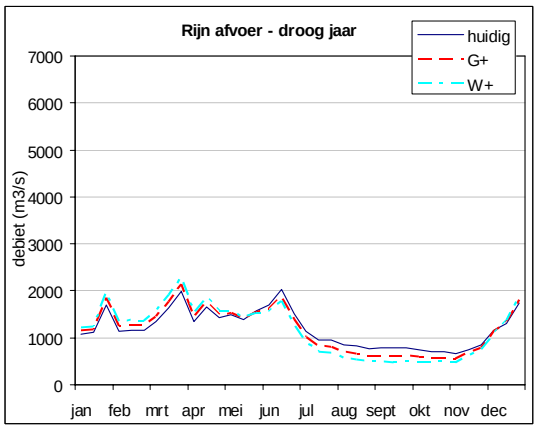
In het PAWN-instrumentarium wordt een verdeelsleutel gehanteerd om de invoer bij Lobith te verdelen over de Rijntakken. Gemiddeld gaat 15% van de afvoer bij Lobith over de IJssel. Deze waarde varieert bij verschillende afvoeren tussen de 10% en 19% van de afvoer bij Lobith. De afvoer bij Lobith en de afvoer over de IJssel zijn tegen elkaar uitgezet in Figuur B.7. Figuren B.8 tot en met B.10 laten de Rijnafvoer bij Lobith voor de verschillende geselecteerde jaren en klimaatscenario's zien.



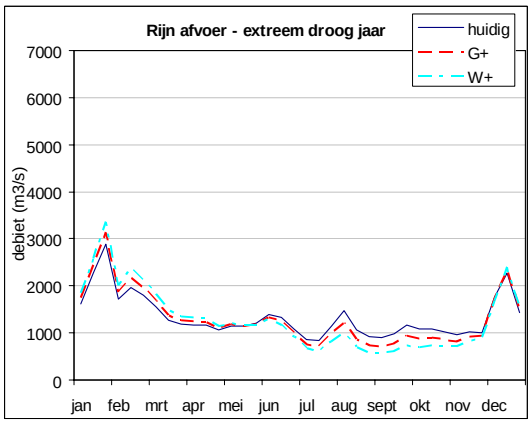
Figuur B.7 Debiet over de IJssel uigezet tegen het debiet bij Lobith



Figuur B.8 ***Rijn afvoer*** *in een* ***gemiddeld jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



Figuur B.9 ***Rijn afvoer*** *in een* ***droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*



Figuur B.10 ***Rijn afvoer*** *in een* ***extreem droog jaar*** *onder het huidige klimaat, het G+ en het W+ scenario in 2050*

Zeespiegelstijging

Voor de simulaties voor 2050 is een zeespiegelstijging van 35 cm meegenomen. Dit is vooral van invloed op (zoute) kwel wat uiteindelijk leidt tot veranderingen in landbouw- en natuurschade. Dit werkt in de huidige setting niet door in een andere watervraag.

Bodemdaling

Voor de simulaties voor 2050 is een toename van de bodemdaling meegenomen.

Zoutindringing

Voor zoutindringing worden resultaten van simulaties met het Sobek-bekken model gebruikt. In deze Sobek-simulaties gelden riverafvoeren en zeespiegelstijging als bepalende invoer. Sobek-simulaties voor zoutindringing zijn beschikbaar voor het G+ en het W+ scenario voor gemiddelde en extreem droge jaren. Voor de situatie van 1949 zijn deze simulaties beschikbaar voor W+. Deze zoutindringing is ook voor de G+ simulatie gebruikt. Het is niet aannemelijk dat zoutindringing op de nieuwe waterweg effect heeft op de watervraag aan het IJsselmeergebied.

Instellingen onbeperkte inlaat

De instelling voor onbeperkte inlaat dienen om te bepalen hoeveel waterschijf gebruikt kan worden wanneer ofwel peilopzet ofwel peiluitzakking wordt toegestaan/mogelijk gemaakt. Voor deze simulaties zijn twee wijzigingen doorgevoerd:

- Het minimale peil is voor IJsselmeer en Markermeer verlaagd van -0,40 m NAP naar -1,00 m NAP.

- De capaciteiten van de inlaten rond het IJsselmeer en Markermeer waarvoor normaal gesproken een hoogte-capaciteitscurve is opgenomen zijn op oneindig gezet. Doorvoerbeperkingen naar het achterland zijn niet opgeheven.

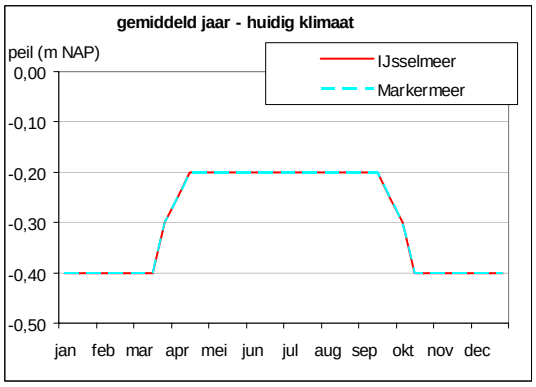
C Resultaten van de simulaties

Voor de gebruikte simulaties laat deze bijlage de resultaten zien.

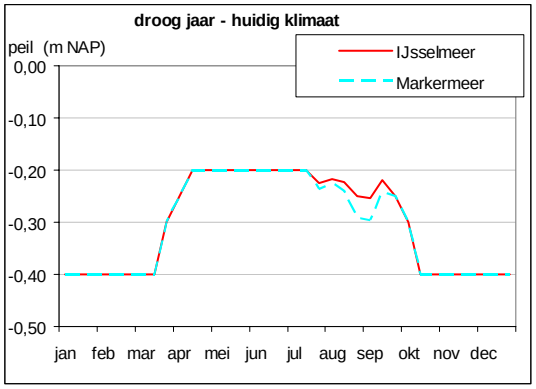
Bepaling huidig tekort

Uit analyse van de simulaties van het huidige peilbeheer met het huidige klimaat blijkt dat het peil nergens tot aan het minimale peil van -0,40 m NAP op het IJsselmeer en het Markermeer komt (zie Figuren C.1, C.2 en C.4). De afname van de inlaatcapaciteit bij lage peilen kan een beperkende factor geweest zijn. Figuren C.3 en C.5 geven de resultaten voor simulaties van het huidige peilbeheer met het huidige klimaat waarbij deze beperkingen zijn opgeheven. Voor een droog jaar geeft dit geen verschil, peilen zijn niet zo laag gekomen dat deze de inlaatcapaciteit beperkten. Voor een extreem droog jaar zijn wel verschillen te zien. Het Markermeerpeil zakt 4 cm verder uit, terwijl het IJsselmeerpeil 2 cm minder ver uit zakt. Wanneer voor het Markermeer een oppervlak van 70.000 ha wordt aangehouden (extra onttrekking van 24 miljoen m^3) en voor het IJsselmeer van 120.000 ha (vermindering van de onttrekking met 28 miljoen m^3), betekent dit een totale volumeverandering van 4 miljoen m^3. Wanneer dit volume verspreid wordt over het gehele oppervlak van het Markermeer en het IJsselmeer betekent dat een peilafname in de orde van millimeters. Vanwege het geringe verschil zijn de resultaten voor de bepaling van de in de toekomst benodigde waterschijf hiervoor niet gecorrigeerd.

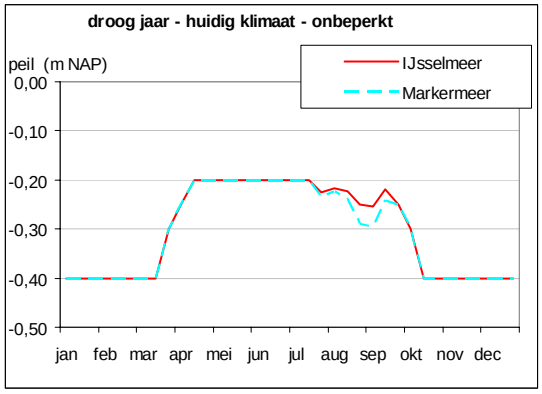
Dit betekent dat er in de huidige situatie in zeer beperkte mate tekorten optreden als gevolg van een te laag meerpeil. Dat betekent niet dat er in de huidige situatie geen grotere tekorten zijn. Tekorten kunnen ook optreden door het ontbreken van beregeningsinstallaties en beperkingen in de doorvoer naar het achterland.



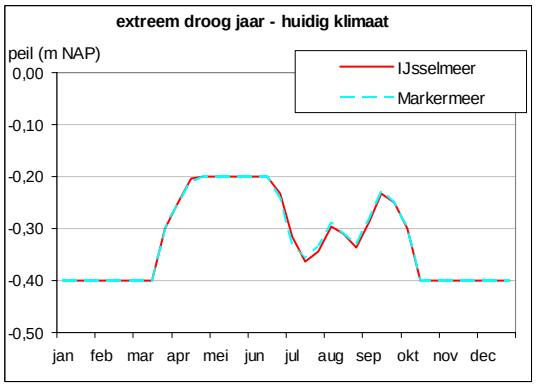
Figuur C.1 Peilverloop in een gemiddeld jaar onder het huidige klimaat – met beperkingen



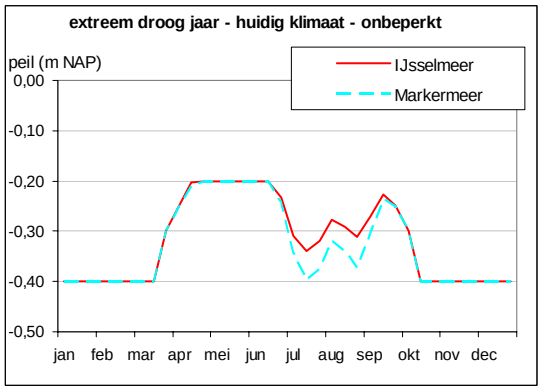
Figuur C.2 Peilverloop in een droog jaar onder het huidige klimaat – met beperkingen



Figuur C.3 Peilverloop in een droog jaar onder het huidige klimaat – zonder beperkingen



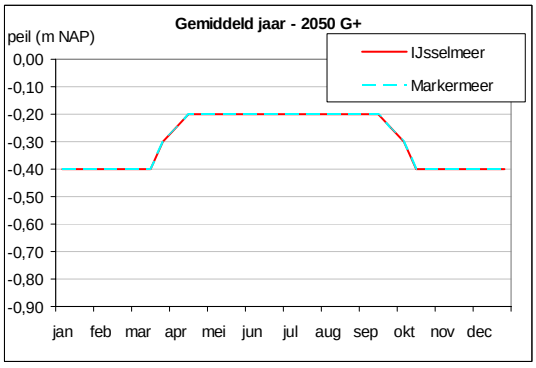
Figuur C.4 Peilverloop in een extreem droog jaar onder het huidige klimaat – met beperkingen



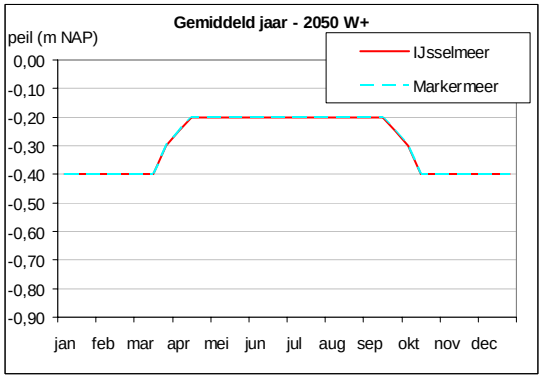
Figuur C.5 Peilverloop in een extreem droog jaar onder het huidige klimaat – zonder beperkingen

Benodigde waterschijf tot 2050

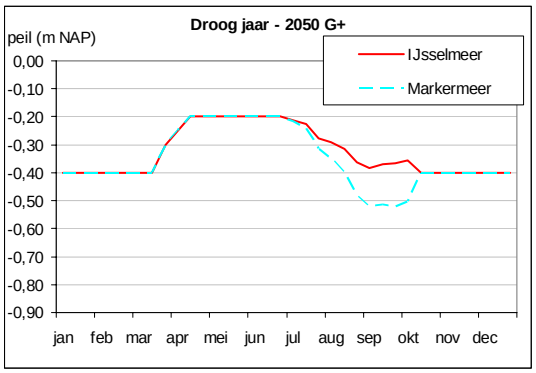
Voor zowel het G+ als het W+ scenario in 2050 is uitgerekend hoe het peilverloop van het IJsselmeer en het Markermeer eruit kan komen te zien in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar. De peilverlopen zijn weergegeven in Figuren C.4 t/m C.10.



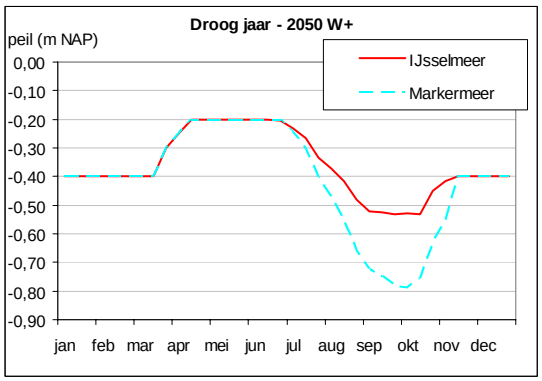
*Figuur C.4 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **gemiddeld jaar** onder het **G+** scenario in 2050*



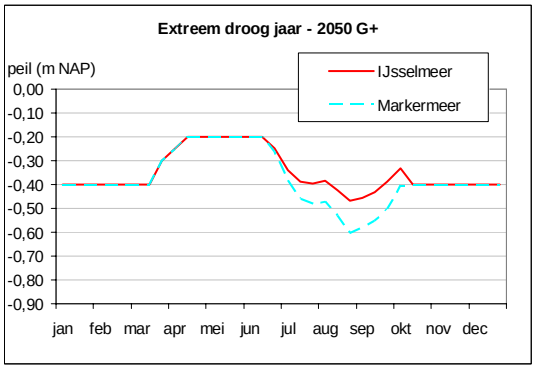
*Figuur C.6 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **gemiddeld jaar** onder het **W+** scenario in 2050*



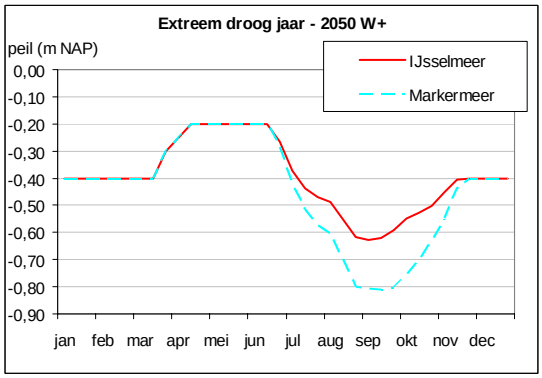
*Figuur C.7 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **droog jaar** onder het **G+** scenario in 2050*



*Figuur C.8 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **droog jaar** onder het **W+** scenario in 2050*



*Figuur C.9 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **extreem droog jaar** onder het **G+** scenario in 2050*



*Figuur C.10 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **extreem droog jaar** onder het **W+** scenario in 2050*

De benodigde waterschijf is rechtstreeks af te leiden uit het verschil tussen het maximale (zomer-) peil en het minimale peil in of aan het einde van de zomerperiode en weergegeven in Tabel C.1. Deze benodigde waterschijf geeft dus de benodigde peilopzet ten opzichte van het minimaal te handhaven peil weer.

Tabel C.1 Benodigde waterschijf onder het huidige klimaat en onder het G+ en W+ scenario voor 2050 (m)

	Huidig klimaat		G+ scenario in 2050		W+ scenario in 2050	
	IJ	M	IJ	M	IJ	M
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,10	0,18	0,32	0,33	0,59
Extreem droog	0,16	0,16	0,27	0,40	0,43	0,61

De grafieken en de tabel laten zien dat het peil op het Markermeer verder uitzakt dan op het IJsselmeer. De reden hiervoor is dat in het model het IJsselmeer het Markermeer alleen aanvult, wanneer het IJsselmeer het streefpeil van -0,20 m heeft bereikt. Wanneer het IJsselmeerwater wel gebruikt wordt om het Markermeer aan te vullen kan hiermee ver uitzakken van het Markermeer voorkomen worden. De dan benodigde waterschijf voor zowel Markermeer als IJsselmeer kan berekend worden als een gewogen gemiddelde op basis van de oppervlakten van beiden meren (IJsselmeer: 120,000 ha, en Markermeer: 70,000 ha), zie Tabel C.2. In het model wordt het Markermeerwater gebruikt voor het aanvullen van de Veluwerandmeren in tijden van droogte.

Tabel C.2 Benodigde waterschijf op Markermeer en IJsselmeer bij gelijke verdeling van water over Markermeer en IJsselmeer (m)

	G+ 2050	W+ 2050
Gemiddeld	0,00	0,00
Droog	0,24	0,43
Extreem droog	0,32	0,49

Interpolatie om benodigde waterschijf in 2035 te bepalen

De tijdshorizon voor het Peilbesluit 2013 is 2035. Dit betekent dat de berekende benodigde waterschijf voor de situatie tot 2050 een overschatting is. De doorwerking van klimaatverandering in temperatuur en neerslag is lineair in de tijd verondersteld. De veranderingen in temperatuur en neerslag onder het G+ scenario bedragen de helft van die in het W+ scenario. Door de benodigde waterschijf in de simulaties voor G+ en W+ met elkaar te vergelijken wordt een indicatie verkregen of deze veranderingen ook lineair doorwerken in de benodigde zoetwaterschijf.

Voor lineaire interpolatie is het van belang een referentieperiode te hebben. De periode tot 1990 is bij het bepalen van klimaatverandering als referentieperiode genomen. Dit betekent dat men aanneemt dat pas vanaf 1990 klimaatverandering is opgetreden.

Tabel C.3 geeft de extra benodigde waterschijf in 2050 onder G+ en W+ weer ten opzichte van de huidige gebruikte waterschijf (ook weergegeven in de tabel).

Tabel C.3 Benodigde waterschijf onder het G+ en W+ in 2050 ten opzichte van het huidige klimaat (m)

	Huidig klimaat		G+ scenario – huidig		W+ scenario – huidig	
	IJ	M	IJ	M	IJ	M
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,10	0,13	0,22	0,28	0,49
Extreem droog	0,16	0,16	0,11	0,24	0,27	0,45

De toename ten opzichte van het huidige klimaat onder W+ als ratio van de toename onder G+ is weergegeven in Tabel C.4.

Tabel C.4 Toename onder W+ in vergelijking met toename onder G+ in 2050 (-)

	IJ	M
Gemiddeld	Nvt	Nvt
Droog	2,14	2,18
Extreem droog	2,49	1,85

Gemiddeld geldt een factor van 2,15 voor toename van de benodigde waterschijf onder W+ vergeleken met de benodigde waterschijf onder G+. In andere woorden, de extra benodigde waterschijf onder G+ ten opzichte van de benodigde waterschijf onder het referentieklimaat is iets minder dan de helft van de extra benodigde waterschijf onder W+. De factor van 2,15 rechtvaardigt lineaire interpolatie.

Tabel C.5 geeft de toename sinds de referentieperiode tot 2035 door interpolatie met een factor van 45/60 (3/4) (verandering tot 2035 in vergelijking tot verandering in de periode van 1990 tot 2050). Tabel C.6 geeft vervolgens de benodigde waterschijf tot 2035 voor het G+ en het W+ scenario. Bij gelijke verdeling over de meren is tot 2035 een waterschijf nodig van 19 cm in een droog jaar onder het G+ scenario tot 41 cm in een extreem droog jaar onder het W+ scenario.

Tabel C.5 Benodigde waterschijf onder het G+ en W+ in 2035 ten opzichte van het huidige klimaat (m)

	Huidig klimaat		G+ scenario – huidig		W+ scenario – huidig	
	IJ	M	IJ	M	IJ	M
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,10	0,10	0,17	0,21	0,37
Extreem droog	0,16	0,16	0,08	0,18	0,20	0,34

Tabel C.6 Benodigde waterschijf tot 2035 voor het G+ en W+ scenario (m)

	Huidig klimaat		G+		W+		Gelijke verdeling over Markermeer en IJsselmeer		
	IJ	M	IJ	M	IJ	M	H	G+	W+
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,10	0,15	0,27	0,26	0,47	0,07	0,19	0,34
Extreem droog	0,16	0,16	0,24	0,34	0,36	0,50	0,16	0,28	0,41

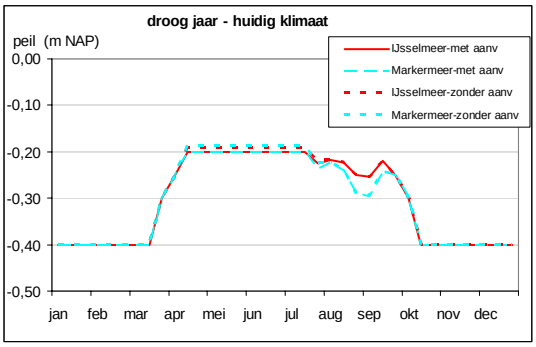
D Resultaten benodigde waterschijf zonder aanvulling tijdens het zomerseizoen

Bij het uitvoeren van de simulaties is het zomerstreefpeil constant gedurende de zomerperiode. Dit betekent dat in decades waarin de aanvoer uit de IJssel de vraag naar zoetwater overschrijdt, de buffer wordt aangevuld, indien mogelijk tot aan het streefpeil. Dit betekent dat de benodigde waterschijf in theorie meerdere keren in een zomerperiode onttrokken kan worden. De waterschijf presenteert dus niet een totaal volume aan water, maar is het resultaat van een waterbalans per decade.

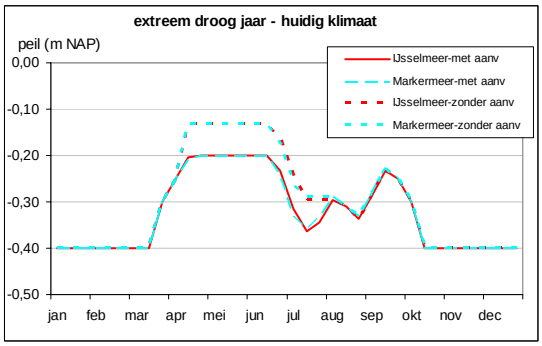
In deze bijlage zijn de berekeningsresultaten zoals gepresenteerd in Bijlage C gecorrigeerd voor aanvulling tijdens het zomerseizoen. De gebruikte aanvulling kan beschouwd worden als een extra benodigde waterschijf, wanneer ervoor gekozen zou worden niet tijdens het zomerseizoen het peil aan te vullen. De aanvulling aan het einde van het zomerseizoen is hier buiten beschouwing gelaten, omdat dit geen aanvulling is waaruit in hetzelfde seizoen weer onttrokken wordt. De rechtvaardiging hiervan is door middel van een waterbalans voor een tijdstap aan het einde van het seizoen verder toegelicht in Bijlage E.

In de figuren D1 t/m D6 is het peilverloop zonder aanvulling toegevoegd aan de eerder gepresenteerde figuren voor een droog jaar en een extreem droog jaar, onder het huidige klimaat, het G+2050 en het W+2050 klimaat. De lijn ‘zonder aanvulling’ is gecreëerd door vanaf het einde van het seizoen terug te redeneren naar het begin van het seizoen met de lijn ‘met aanvulling’ als basis vanaf het moment voor de laatste aanvulling aan het einde van het seizoen. In de lijn ‘zonder aanvulling’ is gebruik van water meegenomen en aanvulling buiten beschouwing gelaten, waardoor deze lijn aan het begin van het seizoen hoger uitkomt. Figuren voor een gemiddeld jaar zijn niet weergegeven, omdat in een gemiddeld jaar de waterschijf niet wordt gebruikt.

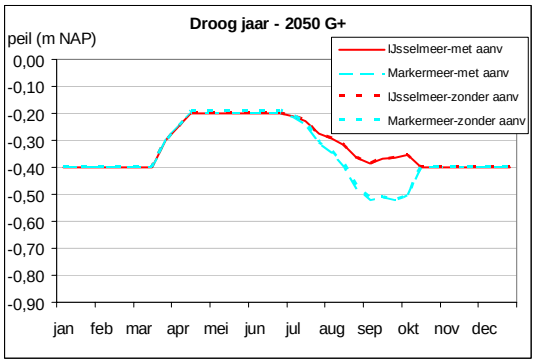
De figuren laten zien dat aanvulling van de buffer regelmatig voorkomt. Aanvulling gebeurt echter vaak laat in het jaar en in veel gevallen vindt daarna geen gebruik van de buffer meer plaats. De figuren laten zien dat deze extra waterschijf in de meeste situaties erg klein is. De grootste aanvulling vindt plaats in een extreem droog jaar onder het huidige klimaat (Figuur D.2). Bij het huidige klimaat is er in een extreem droog jaar in de loop van het seizoen een overschot aan IJsselaanvoer waardoor de buffer aangevuld kan worden. Onder het W+ klimaatscenario’s blijft de vraag de aanvoer vanuit de IJssel overtreffen, zodat in de decaden waarin onder het huidige klimaat aanvulling plaatsvindt (eind juli), alleen een afvlakking van de uitzakking plaatsvindt.



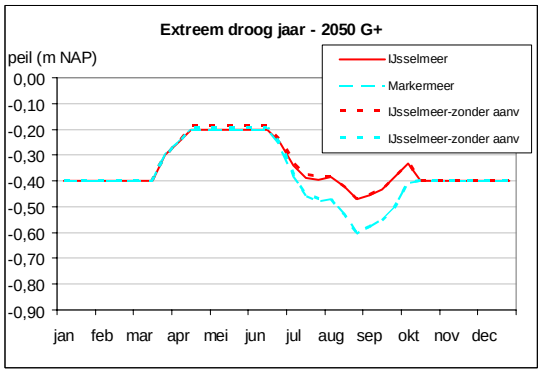
*Figuur D.1 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **droog jaar** onder het **huidige klimaat** voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*



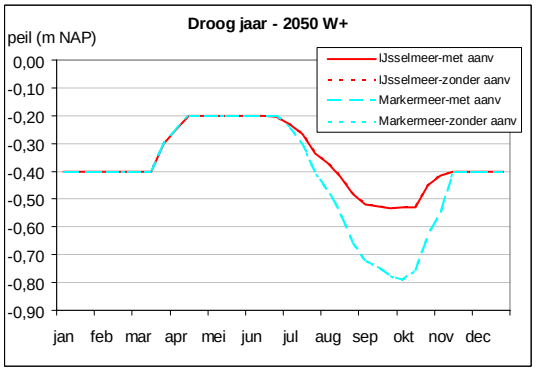
*Figuur D.2 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een extreem **droog jaar** onder het **huidige klimaat** voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*



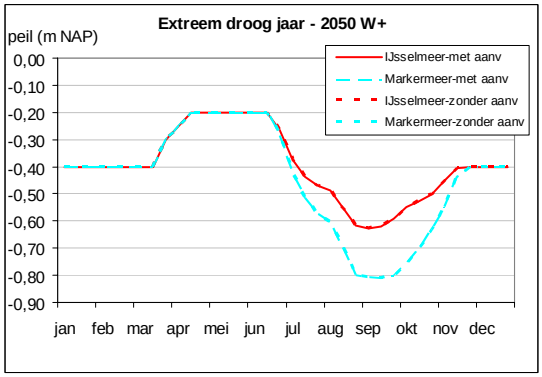
*Figuur D.3 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **droog jaar** onder het **G+** scenario in 2050 voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*



*Figuur D.4 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **extreem droog jaar** onder het **G+** scenario in 2050 voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*



*Figuur D.5 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **droog jaar** onder het **W+** scenario in 2050 voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*



*Figuur D.6 Peilverloop in het IJsselmeergebied in een **extreem droog jaar** onder het **W+** scenario in 2050 voor peilbeheer met en zonder aanvulling van de buffer tijdens de zomerperiode*

Tabel D.1 geeft de benodigde waterschijf met en zonder aanvulling voor het IJsselmeer en het Markermeer voor het huidige klimaat, en voor het klimaat in 2050 onder het G+ en het W+ scenario voor een gemiddeld, een droog en een extreem droog jaar.

De benodigde waterschijf met aanvulling is het verschil tussen het maximale peil aan het begin van de zomerperiode (de gerealiseerde peilopzet) en het minimumpeil in de zomerperiode. De benodigde waterschijf zonder aanvulling is bepaald door de uitzakking tijdens de verschillende decaden bij elkaar op te tellen. Tabel A2 geeft de berekende peilen weer voor de berekeningen voor een droog jaar onder het huidige klimaat.

Tabel D.1 Benodigde waterschijf onder het huidige klimaat en onder het G+ en W+ scenario voor 2050 (m) met (+av) en zonder aanvulling (-av) tijdens het zomerseizoen

	Huidig klimaat				**G+ scenario in 2050**				**W+ scenario in 2050**			
	IJ		**M**		**IJ**		**M**		**IJ**		**M**	
	+ av	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,06	0,10	0,11	0,18	0,18	0,32	0,33	0,33	0,33	0,59	0,59
Extreem droog	0,16	0,21	0,16	0,20	0,27	0,28	0,40	0,41	0,43	0,43	0,61	0,61

In Tabel D.2 zijn de waarden uit Tabel D.1 gecorrigeerd voor 2035. Tabel D.3 geeft de benodigde waterschijf weer wanneer deze gelijk verdeeld zou worden over het IJsselmeer en het Markermeer. Onder het huidige klimaat zijn de verschillen tussen wel en niet aanvullen tijdens de zomerperiode het grootst, met 4-5 cm. Onder het G+ scenario is het verschil 1 cm, onder het W+ scenario is er helemaal geen verschil meer.

Tabel D.2 Benodigde waterschijf onder het huidige klimaat en onder het G+ en W+ scenario voor 2035 (m) met (+av) en zonder aanvulling (-av) tijdens het zomerseizoen

	Huidig klimaat				**G+ scenario in 2050**				**W+ scenario in 2050**			
	IJ		**M**		**IJ**		**M**		**IJ**		**M**	
	+ av	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**	**+ av**	**- av**
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,05	0,06	0,10	0,11	0,15	0,15	0,27	0,27	0,26	0,26	0,47	0,47
Extreem droog	0,16	0,21	0,16	0,20	0,24	0,25	0,34	0,35	0,36	0,36	0,50	0,50

Tabel D.3 Benodigde waterschijf tot 2035 voor het G+ en W+ scenario (m) verdeeld over Markermeer en IJselmeer

	Gelijke verdeling over Markermeer en IJsselmeer			
	G+		**W+**	
	+ av	- av	+av	-av
Gemiddeld	0,00	0,00	0,00	0,00
Droog	0,19	0,20	0,34	0,34
Extreem droog	0,28	0,29	0,41	0,41

Wanneer de aanvulling van de buffer aan het einde van het seizoen niet wordt meegenomen, omdat dit water niet in hetzelfde seizoen wordt gebruikt, maar wordt gespuid naar de Waddenzee, blijkt dat aanvulling tijdens het seizoen maar heel beperkt voorkomt. Deze aanvulling is onder het huidige klimaat groter dan onder de klimaatscenario's.

E Waterbalans einde zomerseizoen

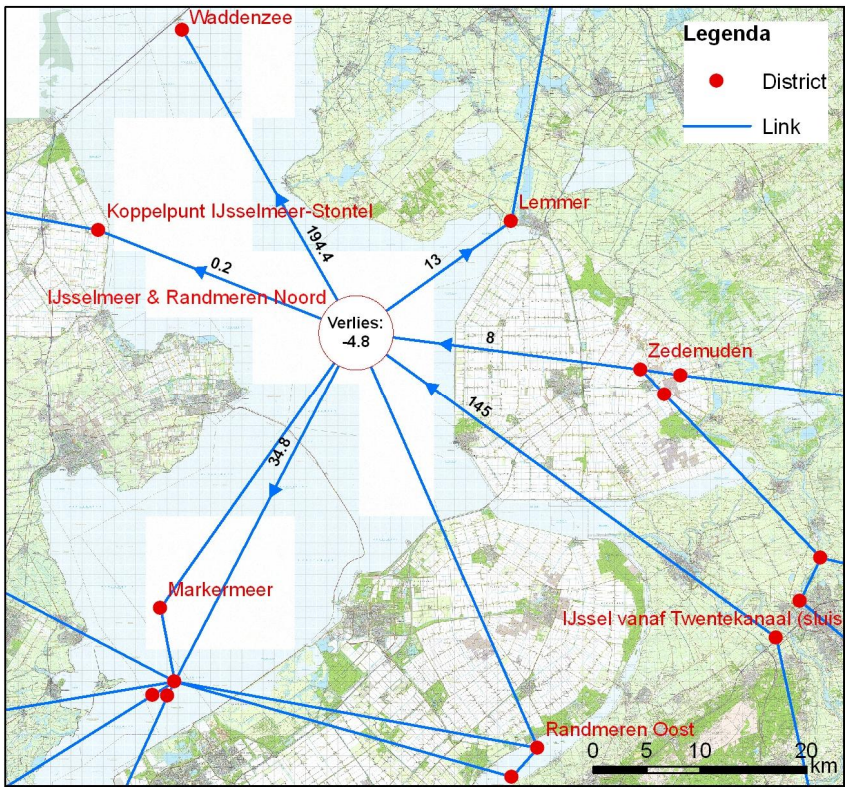
In deze bijlage is nagegaan of water aan het einde van het zomerseizoen gebruikt wordt of gespuid naar de Waddenzee om uit te zakken naar winterstreefpeil. Dit is getest voor de simulatieresultaten van de meest extreme situatie waarin aanvulling aan het einde van het seizoen plaatsvindt. Aangezien dit in een extreem droog jaar onder het W+ scenario geheel niet plaatsvindt, is het extreem droge jaar onder het G+ scenario geselecteerd. In de simulatie van die situatie vindt aanvulling van de buffer alleen plaats op het IJsselmeer, niet op het Markermeer. De uitzakking van de aangevulde buffer vindt plaats in de 2^{e} decade van oktober, tussen 11 en 21 oktober.

Tussen 11 oktober en 21 oktober 1976 zakt het peil van het IJsselmeer van -0,33 m NAP tot -0,40 m NAP, het winterstreefpeil (zie Figuur C.9). Deze peildaling correspondeert met een verlies in berging in het IJsselmeer van 94,1 m^3/s over deze periode. Hieraan kunnen twee oorzaken ten grondslag liggen:

1. Het aanbod vanuit de IJssel en de overige randmeren is lager dan de vraag vanuit de onttrekkende districten
2. Het peil wordt verlaagd tot het winterstreefpeil door extra spuien via de afsluitdijk.

Figuur E.1 geeft de waterbalans weer voor het IJsselmeer voor de periode 11 oktober t/m 21 oktober. In deze periode is het aanbod vanuit de IJssel en de randmeren gezamenlijk gemiddeld 153,0 m^3/s. De gemiddelde onttrekking over deze periode is 56,0 m^3/s en het verlies op het IJsselmeer zelf 4,8 m^3/s. Dit verlies is de resultante van de netto neerslag op het meer, onttrekkingen en lozingen van polders die in het IJsselmeerdistrict vallen en lozingen en onttrekkingen van drink- en industriewater.

Netto is er over deze periode dus een overschot op het IJsselmeer, welke uitgeslagen wordt via de afsluitdijk gezamenlijk met het benodigde debiet voor de peilverlaging naar het winterstreefpeil (194,4 m^3/s). De buffer wordt in deze decade niet aangesproken voor zoetwatervoorziening.



Figuur E.1 *Waterbalans IJsselmeer voor de decade van 11-21 oktober voor een extreem droog jaar onder het W+ scenario voor 2050.*

F Gevoeligheid voor gekozen uitgangspunten

Inleiding
Bij de bepaling van de benodigde waterschijf op het IJsselmeer en het Markermeer tot 2035 zijn
twee belangrijke uitgangspunten gehanteerd:

1. dat deze waterschijf alleen zal voorzien in de extra vraag die ontstaat als gevolg van klimaatverandering en niet in het verkleinen van huidige tekorten;
2. dat geen maatregelen genomen worden om de doorvoer naar het achterland te vergroten of meer te beregenen. De enige maatregel die genomen wordt is een vergroting van de buffer op het IJsselmeer en het Markermeer.

In deze bijlage is toegelicht in hoeverre de benodigde waterschijf kan toenemen wanneer wel aanvullende maatregelen worden genomen.

Aanpak
In bijlage B en C is de waterschijf bepaald zonder aanvullende maatregelen. Dit is bepaald door de onttrekking uit het IJsselmeergebied te berekenen in de situatie waarbij de inlaatcapaciteit vanuit het IJsselmeergebied niet peil-afhankelijk is en er geen minimumpeil geldt op het IJsselmeer en het Markermeer. In deze bijlage wordt aan deze situatie gerefereerd als ‘onbeperkte inlaat’.

In deze bijlage is de benodigde waterschijf bepaald voor de situatie met onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied in combinatie met de volgende maatregelen:

1. opheffen van doorvoerbeperkingen naar het achterland;
2. maximale beregening;
3. opheffen van doorvoerbeperkingen naar het achterland en maximale beregening.

Met de aanvullende maatregelen kan extra water onttrokken worden vanuit het IJsselmeergebied. Dit water kan gebruikt worden om zowel in de extra vraag als gevolg van klimaatverandering te voorzien als voor het verkleinen van al bestaande tekorten. Omdat het bij deze studie alleen gaat om de extra vraag als gevolg van klimaatverandering, is allereerst bepaald hoeveel extra water met de maatregelen in het huidige klimaat onttrokken had kunnen worden. Deze hoeveelheid water is vervolgens van de in 2050 benodigde waterschijf afgetrokken om de waterschijf te vinden die nodig is voor de huidige onttrekking en de extra vraag als gevolg van klimaatverandering in 2050. Omdat het bij deze analyse alleen gaat om inzicht te krijgen in de effecten van maatregelen is alleen de benodigde waterschijf voor het W+ scenario en een extreem droog jaar (1976) doorgerekend. Vervolgens is door middel van interpolatie een inschatting gemaakt van de benodigde watervraag tot 2035 en onder het G+ scenario in een extreem droog jaar.

De benodigde waterschijf is voor de verschillende uitgangspunten bepaald met het PAWN-instrumentarium, hetzelfde instrumentarium voor de overige vragen in de rapportage. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van eerder uitgevoerde simulaties (grotendeels in het kader van de in 2008 uitgevoerde ‘Maatregelanalyse’ (Deltares, 2008) en van simulatieresultaten voor de bepaling van de benodigde waterschijf onder de gekozen uitgangspunten. Een aantal nieuwe simulaties is uitgevoerd. Bij alle berekeningen is een vast streefpeil aangehouden gedurende het zomerseizoen.

De volgende stappen zijn genomen voor het analyseren van de resultaten en het bepalen van de waterschijf, vergelijkbaar met de aanpak beschreven in Bijlage B:

1. Voor het huidige klimaat is bepaald wat de gebruikte waterschijf is (in meter waterschijf) bij het huidige peilbeheer (A);
2. Voor iedere maatregel/ontwikkeling i is bepaald bij het huidige klimaat welke schijfdikte (m) nodig zou zijn (B_i);
3. Het tekort waaraan niet voldaan wordt volgt uit B_i - A (m), deze waterschijf moet van de in 2050 benodigde waterschijf worden afgetrokken, omdat deze gebruikt wordt voor het verkleinen van huidige tekorten.;
4. Voor iedere maatregel/ontwikkeling i is bepaald bij het klimaatscenario 2050 W+ welke schijfdikte (m) nodig zou zijn (C_i);
5. De benodigde waterschijf bij gelijkblijvende schade is C_i – (B_i-A) (m).

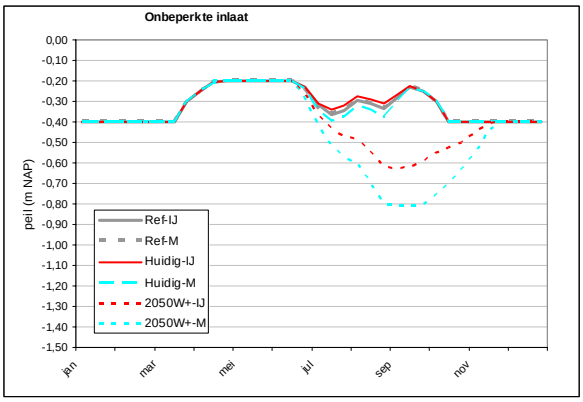
Resultaat
Figuren F.1 t/m F.4 laten het peilverloop zien bij verschillende mogelijke maatregelen en ontwikkelingen in het huidige voorzieningengebied van het IJsselmeergebied. De figuren laten voor het IJsselmeer en het Markermeer drie lijnen zien:

1 Ref → de referentiesituatie met het referentieklimaat en het huidige waterbeheer, hierbij is de inlaatcapaciteit van de inlaten rond het IJsselmeergebied afhankelijk van het peil, en kan het peil niet verder uitzakken dan tot -0,40 m NAP.
2 Huidig → het referentieklimaat met aangepast waterbeheer
3 2050W+ → het klimaat in 2050 met aangepast waterbeheer.

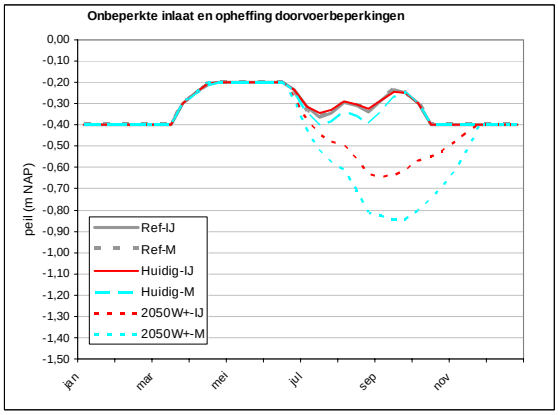
De lijn voor 2050W+ geeft de totale onttrekkingen weer die zowel gebruikt worden voor het aanvullen van extra tekorten als gevolg van klimaatverandering en voor het verkleinen van eventuele tekorten in de huidige situatie. Hoe groot de tekorten in de huidige situatie zijn is af te leiden uit het verschil tussen de lijnen ‘huidig’ en ‘ref’. In Tabel F.1 is bepaald welke waterschijf nodig is om te voorzien in de huidige watervraag en in de extra watervraag als gevolg van klimaatverandering tot 2050 onder het W+ scenario in een extreem droog jaar, waarbij gecorrigeerd is voor de huidige tekorten.

De figuren laten zien dat bij het huidige klimaat de inlaat vanuit het IJsselmeer en de doorvoer naar het achterland niet de beperkende factoren zijn. Het opheffen van deze beperkingen leidt bij het huidige klimaat slechts tot een geringe afname van het peil op het IJsselmeer en het Markermeer. Onder het W+ scenario zakt het peil op het IJsselmeer en het Markermeer ver uit wanneer de onttrekkingen uit het IJsselmeergebied niet langer beperkt zijn. Het opheffen van doorvoerbeperkingen leidt nauwelijks tot een grotere onttrekking uit het IJsselmeergebied in vergelijking met alleen een onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied.

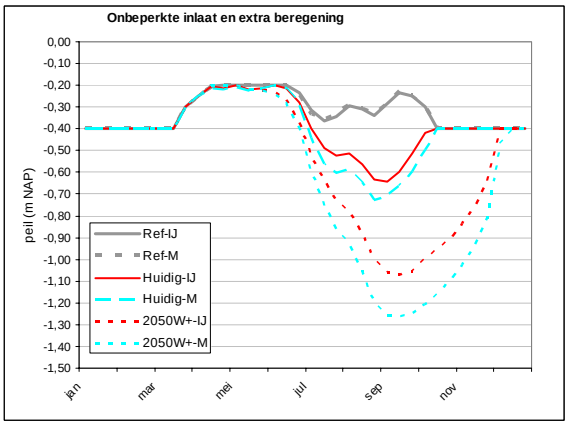
Wanneer alle tekorten worden aangevuld door middel van extra beregening neemt de onttrekkingen vanuit het IJsselmeergebied fors toe, zowel voor het referentieklimaat als voor de situatie in 2050W+. Dit betekent dat veel van de tekorten die met extra beregening kunnen worden voorkomen, in de huidige situatie geaccepteerd zijn.



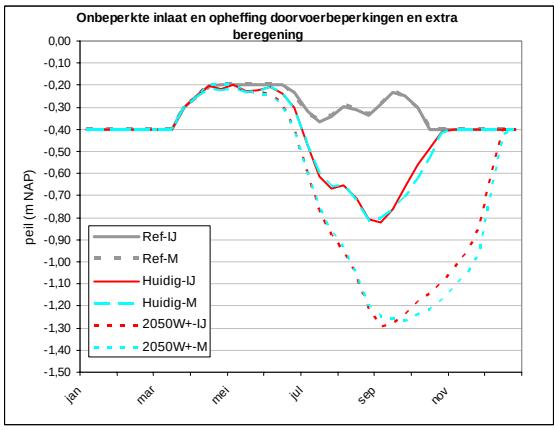
Figuur F.1 Peilverloop bij onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied voor het huidige klimaat en W+ 2050 in een extreem droog jaar



Figuur F.2 Peilverloop bij onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied en opheffing van doorvoerbeperkingen naar het achterland voor het huidige klimaat en W+ 2050 in een extreem droog jaar



Figuur F.3 Peilverloop bij onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied en maximale beregening voor het huidige klimaat en W+ 2050 in een extreem droog jaar



Figuur F.4 Peilverloop bij onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeergebied, opheffing van doorvoerbeperkingen naar het achterland en maximale beregening voor het huidige klimaat en W+ 2050 in een extreem droog jaar

Tabel F.1 geeft de benodigde waterschijf in meter waterschijf. Verspreid over het IJsselmeer en het Markermeer leiden de aanvullende maatregelen tot maximaal 14 cm extra waterschijf ten opzichte van de situatie zonder aanvullende maatregelen in een extreem droog jaar onder het 2050 W+.

Tabel F.1 Benodigde waterschijf onder het huidige klimaat en onder het scenario W+/extreem droog voor 2050 (m) met en zonder correctie voor het huidige tekort

	Huidig klimaat (A, B)		Huidig tekort (B-A)		W+ scenario		W+ scenario correctie huidig tekort		W+ scenario correctie huidig tekort verspreid over IJ en M
	IJ	M	IJ	M	IJ	M	IJ	M	
• Huidig peilbeheer (Referentie) (A)	0,16	0,16							
• Onbeperkte inlaat IJsselmeer	0,14	0,20	-0,02	0,04	0,43	0,61	0,45	0,57	0,50
• Doorvoer naar achterland	0,15	0,20	-0,02	0,05	0,44	0,64	0,46	0,60	0,51
• Extra beregening	0,43	0,51	0,27	0,35	0,87	1,06	0,61	0,71	0,64
• Doorvoer naar achterland en extra beregening	0,61	0,59	0,44	0,43	1,09	1,07	0,65	0,63	0,64

Op basis van de berekeningen voor een extreem droog jaar in 2050 onder het W+ scenario is een inschatting gemaakt van benodigde waterschijf tot 2035 en onder het G+ scenario. Zoals in Bijlage C is toegelicht is lineaire interpolatie gerechtvaardigd. Dit betekent dat de toename vanaf het referentie klimaat (1990) tot 2035 45/60^{e} deel van de toename tot 2050 is. De toename onder het G+ scenario is de helft van de toename onder het W+ scenario. De resultaten van deze interpolatie zijn gepresenteerd in Tabel F.2. Deze aanpak is toegepast op alle berekeningen van aanvullende maatregelen.

In Tabel F.2 is dit ook gedaan voor het resultaat voor onbeperkte inlaat vanuit het IJsselmeer voor het G+ scenario tot 2035, wat in bijlage C bepaald was op basis van een modelsimulatie voor het G+ scenario in 2050. Het verschil in benodigde waterschijf als gevolg van deze verschillende benaderingen is slechts 1 cm, wat aangeeft dat lineaire interpolatie van W+ naar G+ resultaten inderdaad gerechtvaardigd is.

Tabel F.2. Schatting benodigde waterschijf tot 2035 onder het W+ en het G+ scenario voor een extreem droog jaar

	Huidig klimaat verspreid over IJ en M (i)	Huidig tekort (ii = i-A)	W+ scenario zonder correctie tekort verspreid IJ en M (iii)	W+ toename tov huidig (iv= iii-i)	Toename W+ tot 2035 (v = 45/60* iv)	Toename G+ tot 2035 (vi+0,5* v)	W+ 2035 (vii=i+v-ii)	G+ 2035 (viii=i+vi-ii)
• Huidig peilbeheer (Referentie) (A)	0,16							
• Onbeperkte inlaat IJsselmeer	0,16	0,00	0,49	0,33	0,25	0,12	0,41	0,29
• Doorvoer naar achterland	0,17	0,01	0,52	0,35	0,26	0,13	0,42	0,29
• Extra beregening	0,46	0,30	0,94	0,48	0,36	0,18	0,52	0,34
• Doorvoer naar achterland en extra beregening	0,60	0,44	1,08	0,48	0,36	0,18	0,52	0,34

Conclusie

Uit de aanvullende simulaties voor variaties in uitgangspunten is gebleken dat wanneer alleen de doorvoer naar het achterland vergroot wordt dit een beperkte invloed heeft op de watervraag aan het IJsselmeergebied onder het W+ en G+ scenario tot 2035 in een extreem droog jaar. Er is een extra vraag van ongeveer 1 cm ten opzichte van enkel het vergroten van de inlaatmogelijkheden vanuit het IJsselmeergebied. Maximale beregening leidt wel direct tot een grote vraag, maar een groot deel van deze vraag wordt gebruikt voor het verkleinen van huidige tekorten. Wanneer hiervoor gecorrigeerd wordt neemt de vraag in een extreem droog jaar onder het G+ scenario tot 2035 met 5 cm toe en onder het W+ scenario tot 2035 met 10 cm als gevolg van maximale beregening. In een droog jaar zal dit minder zijn.

G Waterbalans IJsselmeer, Markermeer en Veluwerandmeren in de huidige situatie

Deze bijlage geeft een overzicht van waterstromen naar en vanuit het IJsselmeer, het Markeremeer en de Veluwerandmeren in de huidige situatie.

Tabel G.1 tot en met G.6 geven de waterbalans voor de meren voor zowel het gehele jaar als voor de zomerperiode. Voor de zomerperiode is hier gekozen voor de periode waarin het zomerpeil is ingesteld. Dit is vanaf 21 april tot 21 september (decade 12 tot 26). Deze periode is iets korter dan de in Bijlage A genoemde periode van 15 april tot 15 oktober, omdat de overgangsperiode van winterpeil naar zomerpeil buiten beschouwing is gelaten.

In de balans zijn vijf posten opgenomen:

- Hoofdwatersysteem – deze post betreft alle lozingen en onttrekkingen via het hoofdwatersysteem. Hieronder vallen bijvoorbeeld instroming uit de IJssel, inlaat naar de Friese boezem, spui naar de Waddenzee en doorspoeling van het Noordzeekanaal.
- Direct inname door/lozing uit polders – deze post betreft de directe inname uit de meren en lozingen naar de meren door polders rond het IJsselmeergebied.
- Netto neerslag – neerslag - verdamping
- Overig – onder overig vallen directe onttrekkingen uit de meren voor drinkwater- en industrie, kwel en wegzijging, eventuele schutverliezen.
- Verandering in berging – verandering in het totale volume van de meren.

Uit de tabellen blijkt dat de grootste post, zowel in als uit de meren gevormd wordt door instroming en uitlaat/onttrekkingen via het hoofdwatersysteem. De overige posten zijn relatief beperkt. De stromen in en uit de meren via het hoofdwatersysteem zijn daarom ter illustratie in meer detail weergegeven in de Figuren G.2 t/m G.14 voor de verschillen in- en uitlaatpunten per decade. Figuur G.1 geeft een overzichtskaart met de verschillende locaties, de nummering van de peilen komt terug in de titel van de figuren. Sommige figuren laten positieve en negatieve waarden zien. De richting van de peilen geeft aan welke richting hoort bij de positieve waarden. Negatieve waarden duiden op stroming in de tegenovergestelde richting. Voor peil 14, de inlaat van de Veluwerandmeren naar het IJsselmeer is geen figuur opgenomen, omdat er in de verschillende simulaties geen stroming in deze richting plaatsvindt.

De tabellen laten zien dat in droge en extreem droge jaren in de zomerperiode een verandering in berging optreedt op het IJsselmeer en het Markermeer. Dit betekent dat aan het einde van de zomerperiode het peil gezakt is tot onder streefpeil.

Tabel G.1 Jaarbalans IJsselmeer

	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
hoofdwatersysteem	16116	16910	8110	8288	8751	8629
directe inname voor /lozing uit polders	1001	63	565	82	495	109
netto neerslag		23		182		386
overig		123		123		123
verandering berging	*0*		*0*		*0*	

Tabel G.2. Zomerbalans IJsselmeer

	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
hoofdwatersysteem	5043	4677	2875	2452	2636	2034
directe inname voor /lozing uit polders	176	59	98	77	71	103
netto neerslag		431		414		553
overig		52		52		52
verandering berging	*0*		*23*		*35*	

Tabel G.3. Jaarbalans Markermeer

	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
hoofdwatersysteem	1692	2143	1680	1614	1831	1576
directe inname voor /lozing uit polders	634	21	239	29	186	45
netto neerslag		1		91		204
overig		162		185		191
verandering berging	*0*		*0*		*0*	

Tabel G.4. ZomerbalansMarkermeer

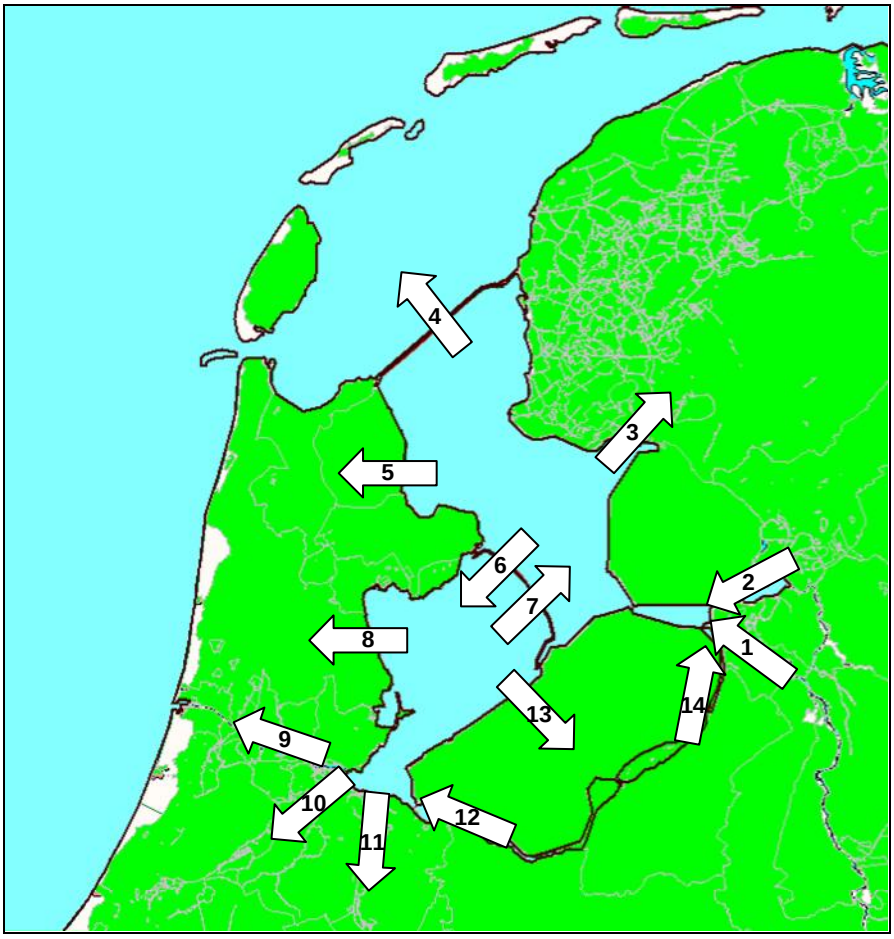
	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
hoofdwatersysteem	1226	865	1161	800	1282	799
directe inname voor /lozing uit polders	101	20	40	25	23	42
netto neerslag		294		255		322
overig		148		152		154
verandering berging	*0*		*31*		*13*	

Tabel G.5. Jaarbalans Veluwerandmeren

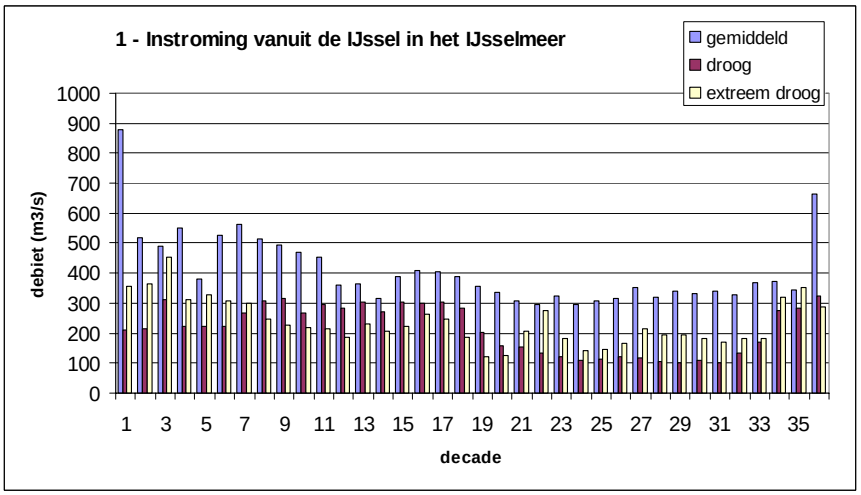
	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
oppervlaktewater	103	426	104	300	104	255
district	312	0	193	0	159	1
netto neerslag		1		9		20
overig		-13		-13		-13
verandering berging	*0*		*0*		*0*	

Tabel G.6. Zomerbalans Veluwerandmeren

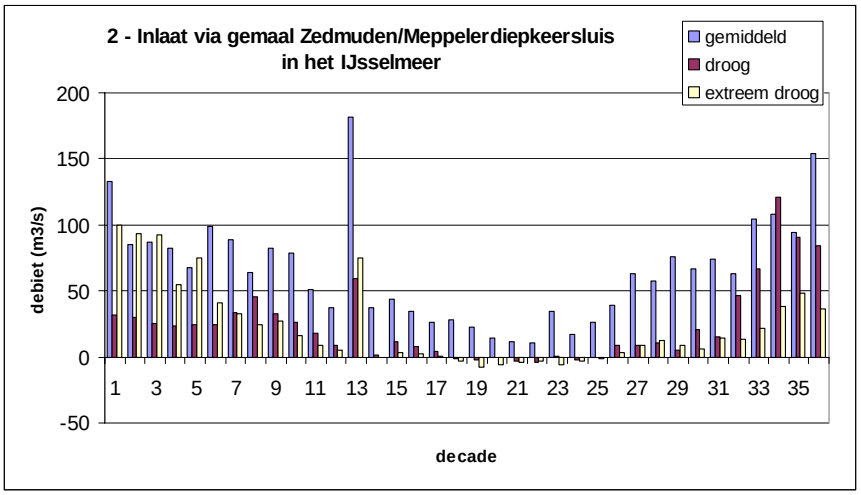
	gemiddeld jaar		droog jaar		extreem droog jaar	
	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)	In (10^6 m^3)	Uit (10^6 m^3)
oppervlaktewater	96	172	96	128	98	95
district	93	0	48	0	22	1
netto neerslag		22		22		29
overig		-5		-5		-5
verandering berging	*0*		*0*		*0*	



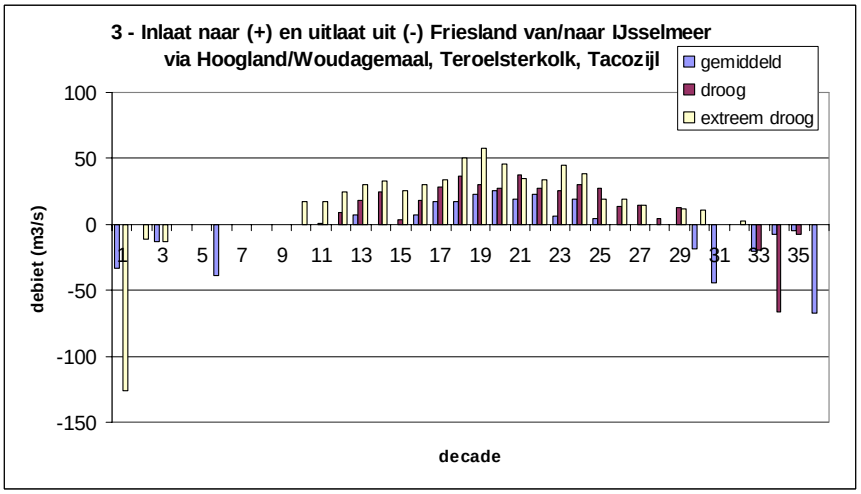
Figuur G.1. Overzicht in- en uitlaat locaties hoofdwatersysteem (directe inlaat in polders niet meegenomen)



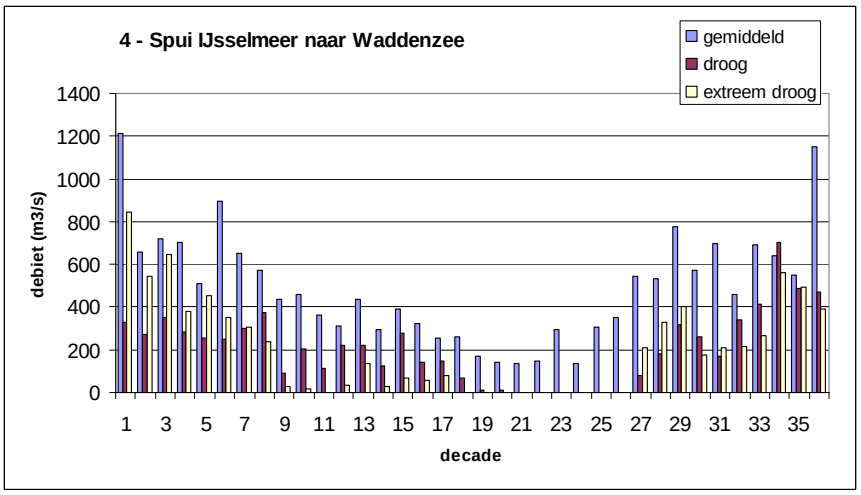
Figuur G.2. Instroming IJssel naar IJsselmeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



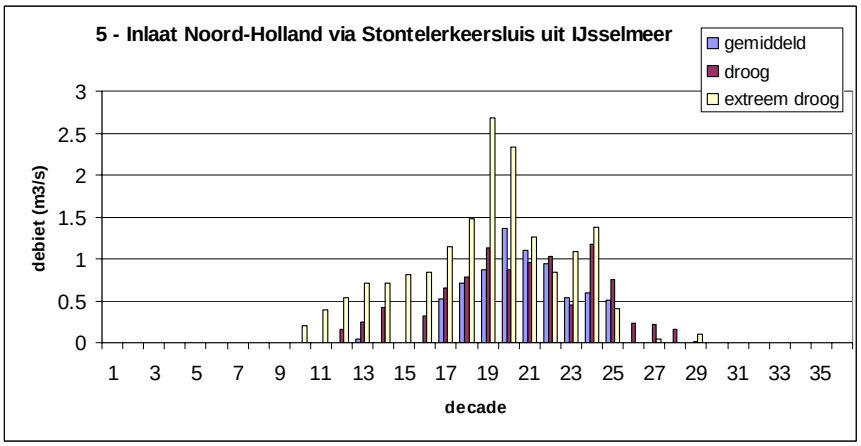
Figuur G.3. Inlaat via gemaal Zedemuden/Meppelerdiepkeersluis in het IJsselmeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



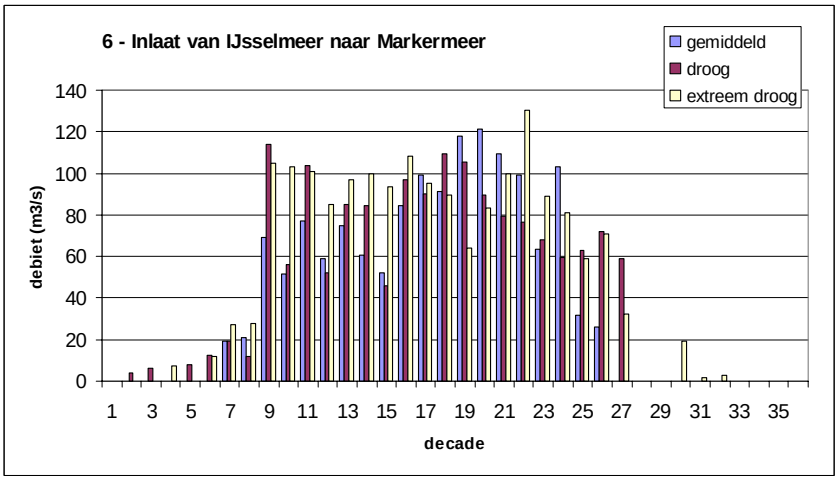
Figuur G.4. Inlaat naar Friese boezem vanuit het IJsselmeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



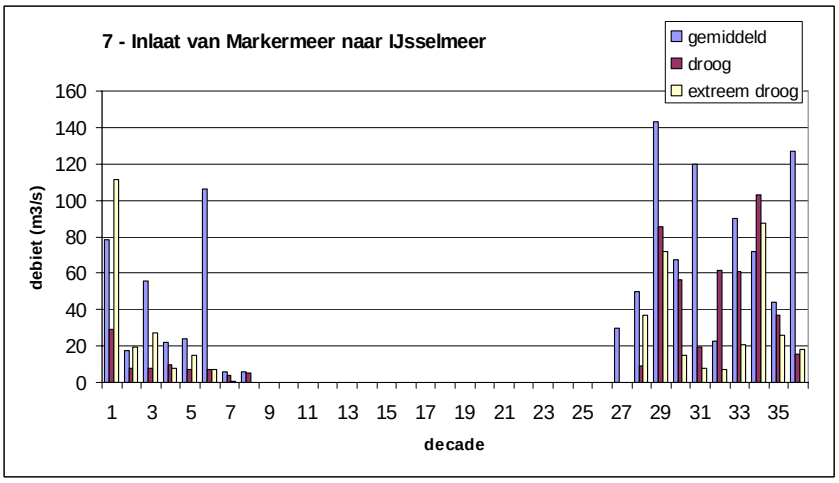
Figuur G.5. Spui vanuit IJsselmeer naar Waddenzee voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



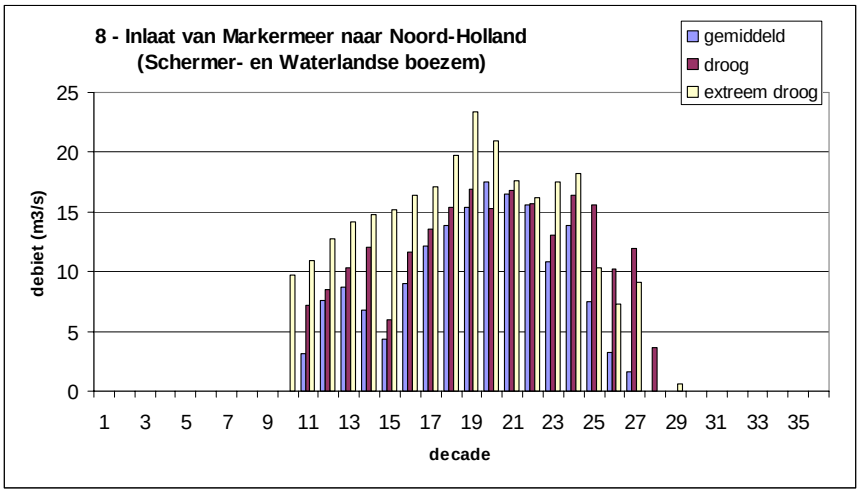
Figuur G.6. Inlaat naar Noord-Holland vanuit IJsselmeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



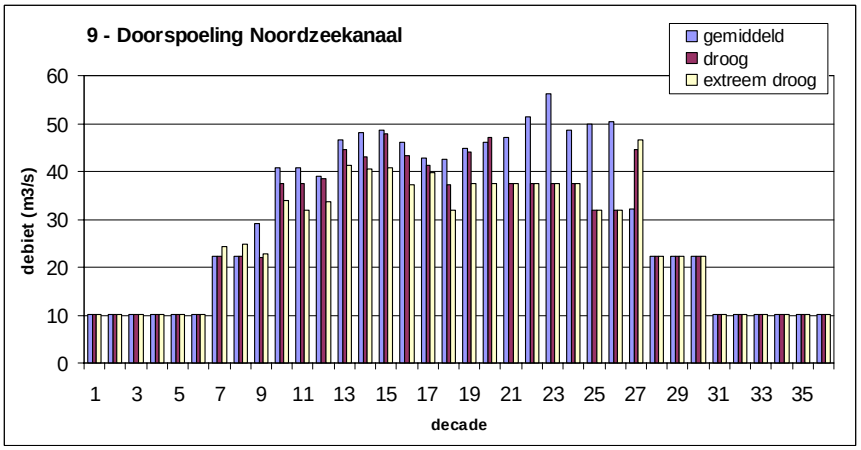
Figuur G.7. Inlaat vanuit IJsselmeer naar Markermeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



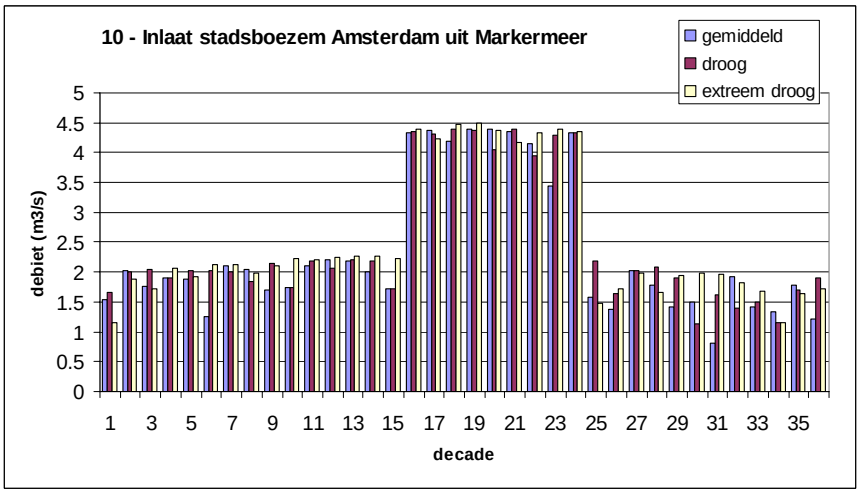
Figuur G.8. Inlaat vanuit Markermeer naar IJsselmeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



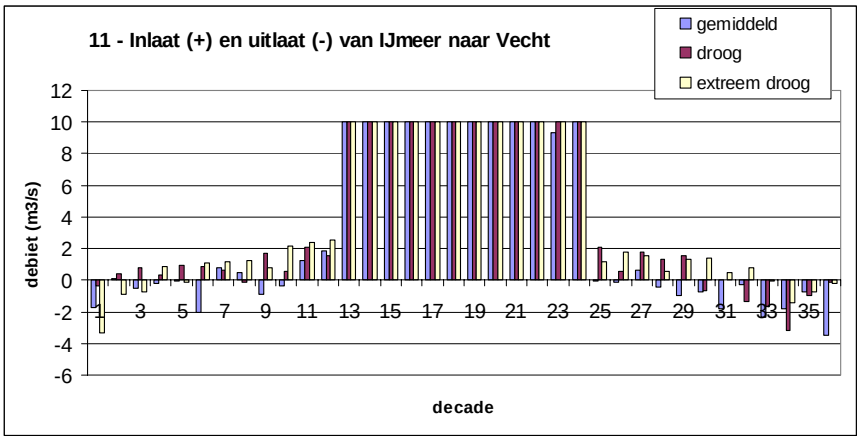
Figuur G.9. Inlaat vanuit Markermeer naar Noord-Holland voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



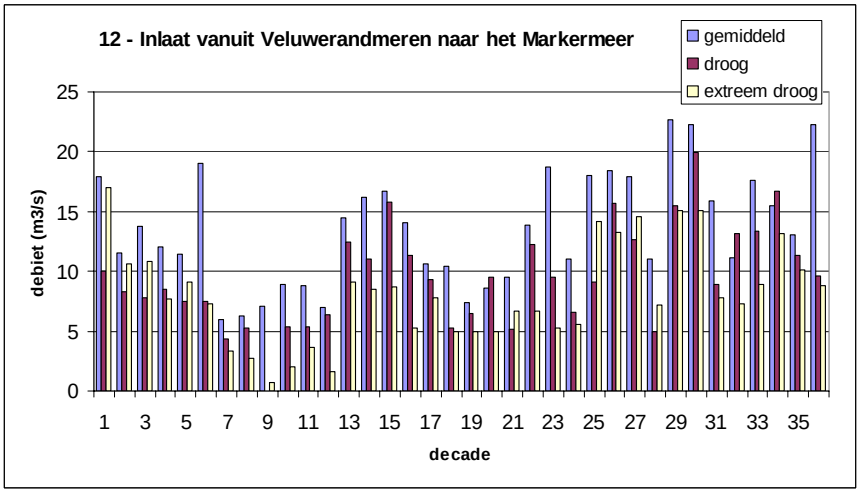
Figuur G.10. Doorspoeling Noordzeekanaal vanuit Markermeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



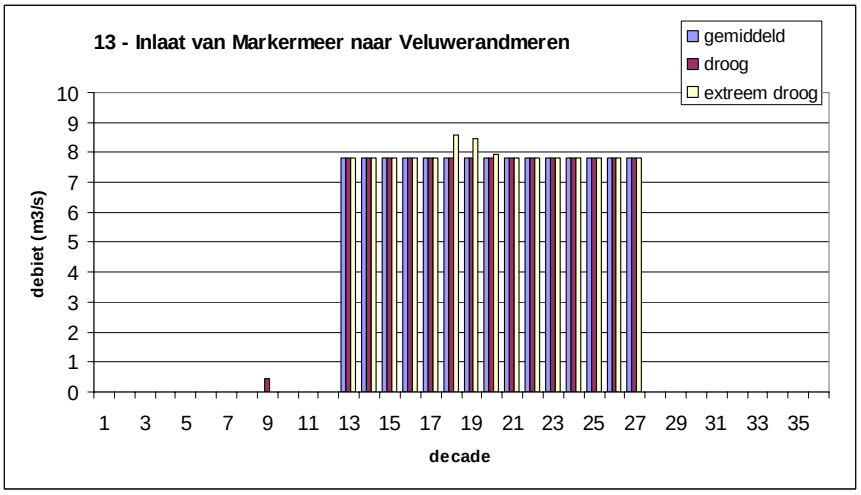
Figuur G.11. Inlaat stadsboezem Amsterdam vanuit Markermeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



Figuur G.12. Inlaat en uitlaat vanuit Markermeer (IJmeer) naar de Vecht voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



Figuur G.13. Inlaat vanuit Veluwerandmeren naar het Markermeer voor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat



Figuur G.14. Inlaat vanuit Markermeer naar de Veluwerandmerenvoor drie karakteristieke jaren onder het huidige klimaat