



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RWS BEDRIJFSINFORMATIE

Rivierkundige studie Splitsingspuntengebied

Effecten en consequenties van rivierverruimende maatregelen uit de Voorkeursstrategie voor het Deltaprogramma

Datum	15 september 2017
Status	Eindconcept

Colofon

Uitgegeven door	RWS
Informatie	Bert Voortman, RWS Oost Nederland Ralph Schielen, RWS Water, Verkeer en Leefomgeving
Telefoon	06-51367032
Fax	
Uitgevoerd door	
Opmaak	
Datum	15 september 2017
Status	Eindconcept
Versienummer	4

Samenvatting

Inleiding

In april 2014 is de Voorkeursstrategie (VKS) voor het rivierengebied uitgebracht, het advies van de regio voor de invulling van de lange termijn opgaven als een "krachtig samenspel van rivierverruiming en dijkversterking". Voor het splitsingspuntengebied zijn mogelijke maatregelen benoemd en is gesignaleerd dat deze verder onderzoek vragen naar mogelijke effecten op de afvoerverdeling. Het splitsingspuntengebied is ruwweg het gebied tussen Lobith – Nijmegen – Driel – Doesburg.

De effecten en consequenties van ingrepen in het gebied zijn in beeld gebracht via een rivierkundige studie, uitgevoerd door Royal Haskoning DHV in opdracht van Deltares en begeleid door Rijkswaterstaat Oost Nederland en Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. De resultaten van deze studie zijn opgeleverd in 2016 en 2017. Deze notitie schetst de uitkomsten van de studie en geeft een duiding van die uitkomsten.

In het onderzoek is uitgegaan van 3 randvoorwaarden en wensen ten aanzien van maatregelen en maatregelenpakketten: voldoen aan afvoerverdeling bij een afvoer van 17.000 m³/s, voldoen aan afvoerverdeling bij een afvoer van 16.000 m³/s en behouden van regelbereik op de regelwerken.

Meegenomen maatregelen

In eerste instantie is uitgegaan van de mogelijke rivierverruimende ingrepen in het splitsingspuntengebied genoemd in de VKS uit 2014:

- Klimaatpark IJsselpoort
- Dijkteruglegging Ooij en Bisonbaai
- Gendtse Waard fase 2
- Millingerdam fase 2
- Lobberdensche Waard (Kijfwaard)
- Bijlandtsche kade
- Langsdammen langs Bovenrijn, Waal, Pannerdens Kanaal en IJssel

Daarnaast zijn enkele aanvullende maatregelen geformuleerd:

- Een aangepast Klimaatpark IJsselpoort
- Huissensche Waarden Noord
- Huissensche Waarden Zuid
- Meinerswijk

Resultaten en leerpunten

De studie laat zien hoe ingrepen in het splitsingspuntengebied de afvoerverdeling en daarmee waterstanden bij verschillende afvoeren kunnen beïnvloeden. In de actualisatie van de VKS wordt toegewerkt naar maatregelenpakketten bestaande uit ruimtelijke ingrepen en dijkversterkingen. Uitwerkingen van pakketten per riviertak vragen een overall beeld en een overall beoordeling van de effecten voor het gehele systeem Rijntakken. Deze studie voedt de afwegingen rond die uitwerkingen, zodat er een overall-pakket ontstaat dat de beleidsmatige afvoerverdeling in stand houdt

en qua verdere effecten acceptabel is. De belangrijkste leerpunten richting die afwegingen zijn:

Klimaatpark IJsselpoort in zijn maximale variant geeft een grote waterstandsdeling maar trekt daarbij te veel water richting de IJssel. Het leidt tot wijzigingen in de afvoerverdeling op de IJsselkop, hogere waterstanden benedenstrooms op de IJssel, en dichtstand van het regelwerk Hondsbroekse Pleij. Dit effect is niet afdoende te corrigeren met andere maatregelen.

Een combinatie van een aangepast Klimaatpark en maatregelen in de Huissensche waarden en in de Meinerswijk zorgt voor behoud van de beleidsmatig gewenste afvoerverdeling, met behoud van regelbereik op het regelwerk Hondsbroekse Pleij. Deze combinatie geeft daarbij waterstandsdeling op het Pannerdens kanaal en de bovenlopen van Nederrijn en IJssel.

De uiterwaardingsrepen langs de Bovenrijn en Waal en de dijkteruglegging Ooij trekken in de huidige situatie teveel water naar de Waal, en passen alleen bij een situatie van hogere Rijnafvoeren op de langere termijn. De beleidsmatige afvoerverdeling bij 16.000 m³/s is met deze maatregelen niet te realiseren. Ook bij een volledig geopend regelwerk Pannerdense kop wordt er teveel water via de Waal afgevoerd. De maatregelen passen wel binnen een beleidsmatige afvoerverdeling voor 17.000 m³/s waarin de Lek wordt ontzien.

Inhoud

1	Inleiding—9
1.1	Aanleiding—9
1.2	Doel—9
1.3	Aanpak—9
2	Achtergrond—10
2.1	Beleidsmatige afvoerverdeling—10
2.2	Toetsing van initiatieven en ingrepen in het rivierbed aan de beleidsmatige afvoerverdeling—10
2.3	Sturing op de beleidsmatige afvoerverdeling, werking van de regelwerken—11
2.4	Insteek voor de toetsing van de maatregelen en maatregelenpakketten—12
3	Opzet van het onderzoek—14
3.1	Deelonderzoeken—14
3.2	In beschouwing genomen rivierverruimende maatregelen in het gebied—14
3.2.1	Maatregelen uit de VKS 2014—14
3.2.2	Aanvullende maatregelen—15
3.2.2.1.	Klimaatpark—15
3.2.2.2.	Meinerswijk—16
3.2.2.3.	Huissensche Waarden—16
3.3	Varianten van Maatregelenpakketten—17
3.4	Werkwijze—19
3.4.1	Berekeningen bij instelling van de regelwerken op een afvoer van 17.000 m ³ /s—19
3.4.2	Effecten van varianten bij verschillende instellingen van de regelwerk—20
4	Resultaten—21
4.1	Uitkomsten van de hydraulische sommen: effecten van maatregelenpakketten—21
4.1.1	Referenties—21
4.1.2	Effecten van de Varianten—22
4.2	Duiding van de effecten—27
4.3	Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de uitkomsten—28
5	effecten van varianten bij verschillende instellingen van de regelwerken—31
5.1.1	Afvoeren en afvoerverschillen—31
5.1.2	Instelling regelwerken 17.000 m ³ /s—32
5.1.3	Instelling regelwerken 16.000 m ³ /s—32
5.1.4	Conclusies ten aanzien van de passendheid van de varianten—33
6	Conclusies en aanbevelingen—34
	Bijlage
	- Uitkomsten van de sommen met de varianten

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In april 2014 is de Voorkeursstrategie (VKS) voor het rivierengebied uitgebracht als advies aan de Deltacommissaris, en vervolgens vastgelegd in het Deltaprogramma 2015. Hierin is het advies van de regio voor de invulling van de lange termijn opgaven verwoord, in een motto "krachtig samenspel van rivierverruiming en dijkversterking" met een onderliggend maatregelenpakket.

Voor het splitsingspuntengebied zijn de mogelijke ingrepen wel verkend en benoemd, maar is nog geen definitieve keuze gemaakt. Het splitsingspuntengebied is ruwweg het gebied tussen Lobith – Nijmegen – Driel – Doesburg. Maatregelen in de rivier binnen dit gebied kunnen de afvoerverdeling over de riviertakken direct beïnvloeden. Buiten dit gebied kan dat het geval zijn bij grotere ingrepen vanwege het effect dat de maatregelen hebben in bovenstroomse richting.

In de VKS Waal-Merwedede is aangegeven dat via een "Studieopdracht Ooij/splitsingspunt" inzicht moet worden verkregen in de juiste combinaties van maatregelen en de optimale inzet ervan. Dit vooral gezien de mogelijke invloed van ingrepen in dit gebied op de afvoerverdeling tussen de rijntakken.¹ De VKS IJssel geeft aan dat (specifiek voor het Klimaatpark IJsselpoort) de consequenties ten aanzien van afvoerverdeling in een studieopdracht moeten worden uitgewerkt.²

1.2 Doel

Doel van de studie is inzicht te bieden in:

- de effecten van de maatregelen uit de VKS 2014 in en rond het splitsingspuntengebied op de afvoerverdeling
- effecten van mogelijke aanvullende ingrepen in het gebied
- de effecten van mogelijke combinaties van maatregelen in en rond het splitsingspuntengebied

Het splitsingspuntengebied is ruwweg het gebied tussen Lobith – Nijmegen – Driel – Doesburg. Maatregelen in de rivier binnen dit gebied kunnen de afvoerverdeling over de riviertakken direct beïnvloeden. Buiten dit gebied kan dat het geval zijn bij grotere ingrepen.

1.3 Aanpak

De effecten en consequenties van ingrepen in het gebied zijn in beeld gebracht via een rivierkundige studie, uitgevoerd door Royal Haskoning DHV in opdracht van Deltares en begeleid door Rijkswaterstaat Oost Nederland en Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. De resultaten van deze studie zijn opgeleverd in 2016 en 2017. Deze notitie schetst de uitkomsten van de studie en geeft een duiding van die uitkomsten.

¹ VKS Waal en Merwedede, april 2014, p. 25

² Voorkeursstrategie naar het jaar 2100, regioproces IJssel, april 2014, p.35

2 Achtergrond

In het Nationaal Waterplan (NWP) zijn afspraken vastgelegd over de verdeling van de afvoer die vanuit de Rijn ons land binnenkomt. Die afspraken zijn van belang omdat daarmee de omvang van de afvoergolven over de verschillende takken en de waterstanden op die takken bij hoge afvoeren bepaald worden. De huidige dijkhoogtes en –sterktes worden gebaseerd op die waterstanden. Ook voor de nieuwe normering is uitgegaan van de bestaande afspraken over de afvoerverdeling.

2.1 Beleidsmatige afvoerverdeling

In het Nationaal Waterplan (NWP) is vastgelegd hoe de afvoer die vanuit de Rijn ons land binnenkomt wordt verdeeld over de Waal en het Pannerdens kanaal, en vervolgens over de Nederrijn en de IJssel. Het NWP verwijst naar de afvoerverdeling vastgelegd via de PKB Ruimte voor de rivier voor een afvoer van 16.000 m³/s, en geeft aan dat bij hogere afvoeren de Nederrijn wordt ontzien. Bij Lobith-afvoeren hoger dan 16.000 m³/s wordt het deel boven de 16.000 m³/s evenredig verdeeld over Waal en IJssel, conform de verdeling over die 2 takken bij 16.000 m³/s.

Binnen het Deltaprogramma 2010-2015 is uitgegaan van het klimaatscenario W+, waarin voor 2100 een maatgevende afvoer van 18.000 m³/s bij Lobith voorzien werd. In voorliggende studie zijn de ingrepen en consequenties daarvan in het licht van het zichtjaar 2050 bekeken. Voor dat jaar werd uitgegaan van een maatgevende afvoer van 17.000 m³/s bij Lobith.

Deze afspraken zijn gemaakt vanuit de "oude" veiligheidsnormering, geënt op één maatgevende afvoer van destijds 16.000 m³/s. Inmiddels is op 1 januari 2017 de nieuwe normering waterveiligheid ingevoerd waarbij voor de rivieren niet langer sprake is van één maatgevende afvoer, maar een reeks van afvoergolven bepalend is voor de overstromingskans. Daarmee zijn in feite alle afvoeren relevant.

2.2 Toetsing van initiatieven en ingrepen in het rivierbed aan de beleidsmatige afvoerverdeling

Initiatieven voor ingrepen in het rivierbed worden binnen de procedure voor een Watervergunning getoetst op hun effecten op de afvoerverdeling. Hierbij wordt als norm gehanteerd dat bij een afvoer op de Bovenrijn van 16.000 m³/s een afwijking van maximaal 5 m³/s op de afvoeren over de verschillende riviertakken gegeven in onderstaande tabel toelaatbaar is. Tevens wordt getoetst wat de effecten van een plan zijn op de afvoerverdeling bij een afvoer op de Bovenrijn van 10.000 m³/s. Dan geldt de norm dat een afwijking van maximaal 20 m³/s toelaatbaar is.³

³ Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 4.0), RWS WVL, jan 2017

Afvoer Bovenrijn (m³/s)	10.000 uitgangspunt voor toetsing	16.000 beleidsmatig vastgestelde verdeling	17.000 beleidsmatig vastgestelde verdeling
Waal	6.473	10.165	10.970
Pannerdens kanaal	3.527	5.835	6.030
Nederrijn	2.077	3.380	3.380
IJssel	1.450	2.461	2.656

* Getallen voor 10.000 m³/s en 16.000 m³/s afkomstig van Rivierkundig beoordelingskader, 17.000 m³/s is doorgerekend op basis van Lek ontzien, waarbij het deel boven de 16.000 m³/s evenredig verdeeld over Waal en IJssel, conform de verdeling over die 2 takken bij 16.000 m³/s

Toetsing binnen nieuwe normering

Binnen de nieuwe normering is niet langer sprake van één maatgevende afvoer, maar is een reeks van afvoergolven (waarbij de topafvoer gerelateerd is aan de desbetreffende normfrequentie) bepalend voor de overstromingskans. In voorjaar 2017 is de Hoogwaterreferentie hierop aangepast. Het houdt in dat kleine ingrepen in de Rijntakken op waterstandseffecten worden getoetst op een afvoer van 16.000 m³/s. Voor meer complexe en grootschaliger ingrepen dient wel de volledige reeks aan waterstanden (afvoeren) te worden gehanteerd. ⁴

2.3 Sturing op de beleidsmatige afvoerverdeling, werking van de regelwerken

Met de regelwerken bij Pannerden en Hondsbroekse Pleij kan de afvoerverdeling bij extreem hoog water enigszins worden bijgestuurd. De regelwerken bestaan uit betonnen constructies in de uiterwaard met schotten in openingen (ongeveer 30) waarmee het werk meer open of dicht gezet kan worden, zodat het water meer naar de ene of de andere riviertak wordt gestuurd. De drempel van het regelwerk Pannerdense Kop is hiermee te variëren tussen 12,00 m + NAP en 17,00 m + NAP. De drempel van Hondsbroekse Pleij is te variëren tussen 11,00 m + NAP en 15,20 m + NAP. Door de veelheid van openingen kan er ook een V-vormige doorstroomopening gecreëerd worden.

Door het dichtzetten van alle openingen in het regelwerk bij Pannerden wordt er 480 m³/s meer naar de Waal gestuurd (bij een afvoer van 16.000 m³/s). Bij het openzetten van alle openingen in het regelwerk Hondsbroekse Pleij wordt er 175 m³/s meer naar de IJssel gestuurd. In de huidige situatie wordt jaarlijks aan de hand van de actuele inrichting van het rivierbed via WAQUA-sommen bepaald welke instelling van de regelwerken nodig is om de maatgevende afvoer van 16.000 m³/s volgens de beleidsmatige afvoerverdeling te verdelen, en worden de regelwerken voor een jaar vast op die hoogte ingesteld. Deze analyse en de daaruit mogelijk voortkomende andere instellingen van de regelwerken gebeurt voorafgaand aan elk hoogwaterseizoen.

In de rivierkundige modellen (WAQUA) is het regelwerk Hondsbroekse Pleij, in tegenstelling tot de realiteit, opgenomen als een actief gestuurd regelwerk dat zich gedurende een hoogwatergolf hoger dan 16.000 m³/s steeds zo aanpast dat de beleidsmatige afvoer op de Nederrijn van 3380 m³/s niet wordt overschreden. Bij afvoeren tussen de 10.000 en en 16.000 m³/s staan alle openingen van het

⁴ DO-rivieren, feb 2017.

regelwerk Hondsbroekse Pleij dicht. Bij afvoeren onder de 10.000 m³/s staan alle openingen dicht met uitzondering van één van de 30 schuiven.

Huidig beleidsmatig vastgelegd uitgangspunt is dat bij een afvoer boven 16.000 m³/s de Lek wordt ontzien door de afvoer boven 16.000 m³/s te verdelen over Waal en IJssel. Dit leidt ertoe dat de procentuele afvoerverdeling bij 17.000 m³/s afwijkt van die bij 16.000 m³/s, er gaat bij 17.000 m³/s in verhouding meer water over de Waal en de IJssel.

2.4 Insteek voor de toetsing van de maatregelen en maatregelenpakketten

In het onderzoek is uitgegaan van 3 randvoorwaarden en wensen ten aanzien van maatregelen en maatregelenpakketten: voldoen aan afvoerverdeling bij een afvoer van 17.000 m³/s, voldoen aan afvoerverdeling bij een afvoer van 16.000 m³/s en behouden van regelbereik op de regelwerken.

Voldoen aan beleidsmatige afvoerverdeling 17.000 m³/s én 16.000 m³/s

De beleidsmatige afvoerverdeling is vastgesteld voor een Lobith afvoer van 16.000 m³/s met het uitgangspunt dat bij afvoeren daarboven de Nederrijn-Lek wordt ontzien met een wezenlijk andere verdeling van de afvoer over de riviertakken. Een variant is robuust als die in principe beide situaties, een afvoer van 16.000 m³/s én een afvoer van 17.000 m³/s, het hoofd kan bieden, met voldoende regelbereik op de regelwerken.

De regelwerken worden nu jaarlijks ingesteld op een afvoerverdeling behorende bij de Lobith-afvoer van 16.000 m³/s. Hoe we dat in de toekomst doen is nog niet vastgelegd. Het is dus nog onbekend of de regelwerken dan worden ingesteld op een afvoer van 17.000 m³/s, waarbij dan de Lek wordt ontzien, of dat ze ingesteld blijven op een afvoer van 16.000 m³/s, of wellicht zelfs een lagere afvoer.

Met de nieuwe normering waterveiligheid zijn in wezen alle afvoeren relevant voor het veiligheidsrisico. In dit onderzoek is vooral gekeken naar de effecten van ingrepen in het rivierbed op de verdeling bij een afvoer van 16.000 m³/s en bij 17.000 m³/s.

16.000 m³/s aangezien in de huidige situatie de regelwerken worden zijn ingesteld op deze afvoer, en effecten bij 16.000 veelal representatief zijn voor effecten bij lagere afvoeren.

17.000 m³/s aangezien van belang is dat de mogelijkheid om de Lek te ontzien open gehouden moet worden. De effecten bij 16.000 m³/s zijn hiervoor niet representatief. Het vraagt een andere instelling van de regelwerken. Kansen op afvoeren boven de 16.000 stijgen met de jaren, conform de effecten van klimaatverandering.

In de huidige rivierkundige modellen en bij de bepaling van de nieuwe veiligheidsnormen wordt uitgegaan van het ontzien van de Nederrijn-Lek boven een afvoer van 16.000 m³/s.

Ruimte op de regelwerken

Tenslotte is als randvoorwaarde gehanteerd dat er voldoende regelbereik moet zijn op de regelwerken Pannerdense Kop en Hondsbroekse Pleij.

Gewenste situatie is dat regelwerk Pannerdense Kop na uitvoering van Deltaprogramma maatregelen in een neutrale stand staat. 'Neutraal' is hierbij

gedefinieerd al de stand waarbij er nog genoeg regelbereik naar boven en naar beneden overblijft. In de praktijk zal dat betekenen dat het regelwerk horizontaal is ingesteld op een hoogte van ongeveer 14m +NAP. Op deze manier kan RWS het regelwerk gebruiken voor zijn doel, namelijk het bijregelen van tijdelijke situaties in het rivierbed. Dichtzetten van regelwerk Pannerdense Kop is daarbij ongewenst omdat het opstuwing geeft op de rechteroever van de Bovenrijn.

Gewenste situatie voor het regelwerk Hondsbroekse Pleij is een nagenoeg gesloten stand bij een instelling op een afvoer van 16.000 m³/s, zodat bij hogere afvoeren de Nederrijn-Lek kan worden ontzien. Bij een instelling van 17.000 zou een stand halverwege gewenst zijn, zodat ook hier het regelwerk gebruikt kan worden voor het bijregelen van tijdelijke situaties.

3 Opzet van het onderzoek

3.1 Deelonderzoeken

In het onderzoek zijn mogelijke combinaties van maatregelen in het splitsingspuntengebied onderzocht op hun effecten op de afvoerverdeling. Hierbij is in eerste instantie uitgegaan van de maatregelen uit de VKS van 2014, en zijn gaandeweg, gezien de gevonden effecten, nieuwe maatregelen geformuleerd. Volgtijdelijk zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Bepaling van de effecten van de maatregelen in de VKS uit 2014
Hierin zijn de effecten van maatregelen en van combinaties van maatregelen die onderdeel uitmaken van de VKS uit 2014 in beeld gebracht. Op basis daarvan is geconcludeerd dat aanvullende en alternatieve maatregelen nodig zijn om uitvoering van de VKS mogelijk te maken.
2. Formulering van aanvullende en alternatieve maatregelen
Aanvullende en alternatieve maatregelen langs Pannerdens kanaal en Nederrijn zijn geschetst en doorgerekend op effecten op waterstanden en afvoerverdeling.
3. Bepaling van de effecten van varianten met aanvullende maatregelen
Met de aanvullende maatregelen zijn nieuwe combinaties van maatregelen gemaakt en doorgerekend om te komen tot varianten die voldoen aan de afvoerverdeling bij 17.000 m³/s.
4. Bepaling van de effecten van varianten bij instellingen van de regelwerken op verschillende afvoeren
Hiermee is bepaald in hoeverre bij de verschillende varianten ook een afvoer van 16.000 m³/s conform de beleidsmatige verdeling bij die afvoer is te verdelen.

In dit rapport zijn de resultaten zoveel mogelijk samen beschreven. Waar nodig wordt in de tekst verwezen naar de deelonderzoeken.

3.2 In beschouwing genomen rivierverruimende maatregelen in het gebied

3.2.1 *Maatregelen uit de VKS 2014*

In eerste instantie is uitgegaan van de ingrepen genoemd in de VKS uit 2014. Daarin zijn de volgende mogelijke rivierverruimende ingrepen in het splitsingspuntengebied benoemd:

- Klimaatpark IJsselpoort
- Dijkteruglegging Ooij en Bisonbaai
- Gendtse Waard fase 2
- Millingerdam fase 2
- Lobberdensche Waard (Kijfwaard)
- Bijlandtsche kade
- Langsdammen langs Bovenrijn, Waal, Pannerdens Kanaal en IJssel

De overige maatregelen uit de VKS zijn voorzover relevant voor de afvoerverdeling opgenomen in de referentie 2050. Zie paragraaf 3.3

3.2.2 Aanvullende maatregelen

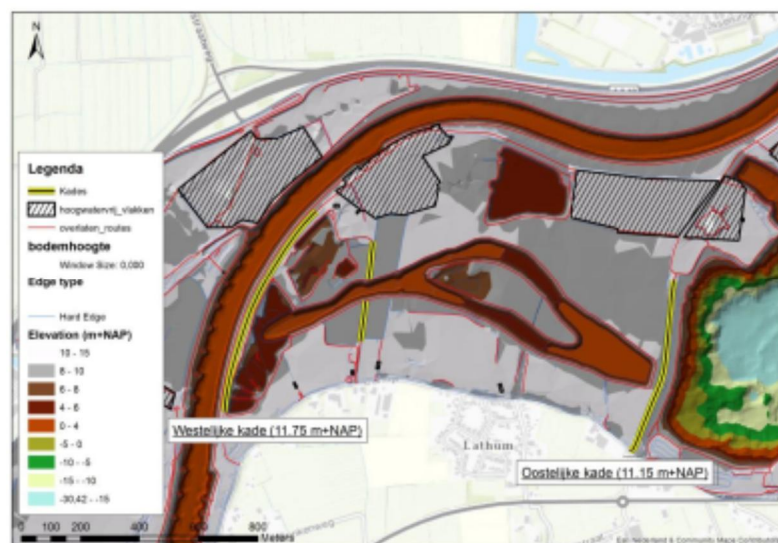
Op basis van de uitkomsten van de sommen met verschillende combinaties van de in de VKS genoemde maatregelen (zie paragraaf 4.1.2) is geconcludeerd dat binnen de maatregelen uit de VKS 2014 geen varianten mogelijk zijn waarin, met de maatregel Klimaatpark IJsselpoort, de afvoerverdeling bij de IJsselkop in balans blijft. Om die reden zijn aanvullende of alternatieve maatregelen geschetst. Dit zijn de maatregelen:

- Een aangepast Klimaatpark IJsselpoort
- Huissensche Waarden Noord
- Huissensche Waarden Zuid
- Meinerswijk

Dit deel van het onderzoek is beschreven in het rapport "Aanvullend onderzoek voor de actualisatie van de voorkeursstrategie in het splitsingspuntengebied", 3 juli 2017, Royal HaskoningDHV in opdracht van RWS WVL.

3.2.2.1. Klimaatpark

Voor Klimaatpark IJsselpoort is een gereduceerde variant geformuleerd, waarin het maximale waterstandseffect ten opzichte van de referentie is gehalveerd tot 26 cm waterstandsval. Deze wordt behaald op kmr 885. De maatregel Westervoort is daarbij vervallen en 2 bestaande kades zijn minder verlaagd dan in de originele maatregel voor de Koppenwaard.



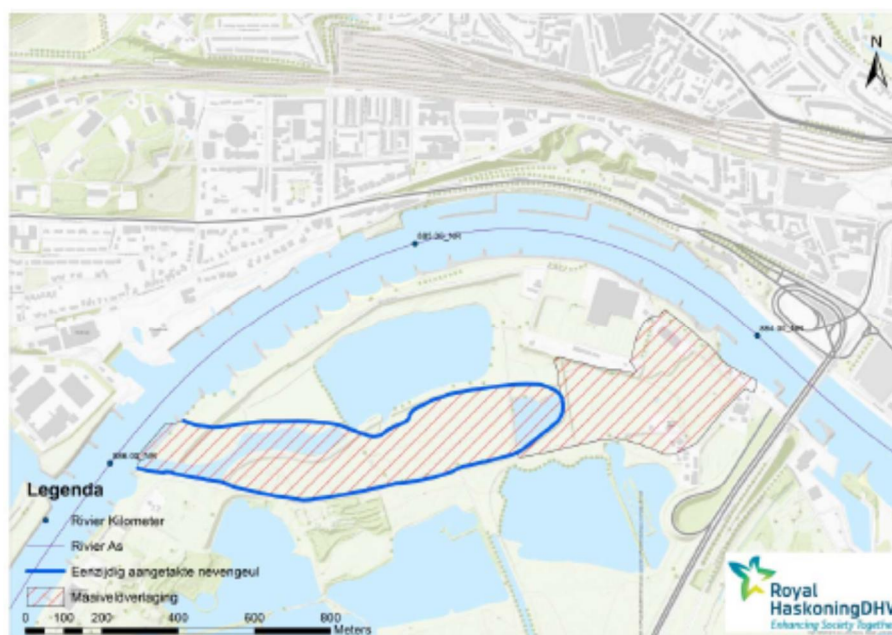
Figuur 1: schets aangepast Klimaatpark

De schotten in het regelwerk Hondsbroekse Pleij worden daarmee met ca 80 cm verlaagd ten opzichte van de oorspronkelijke maatregel Klimaatpark, bij een gelijkblijvende afvoer richting de Nederrijn. De waterstandsverschillen ten opzichte

van de referentie bij lagere afvoergolven zijn beduidend lager dan bij de oorspronkelijke maatregel Klimaatpark.

3.2.2.2. Meinerswijk

De maatregel in Meinerswijk is opgebouwd door Maarten Overduin als onderdeel van zijn Bachelor-onderzoek voor de studie Civiele techniek aan de Technische Universiteit Delft. De maatregel betreft de aanleg van een eenzijdig aangetakte nevengeul en maaveldverlaging. Hierop zijn nog enkele verbeteringen aangebracht door RHDHV.



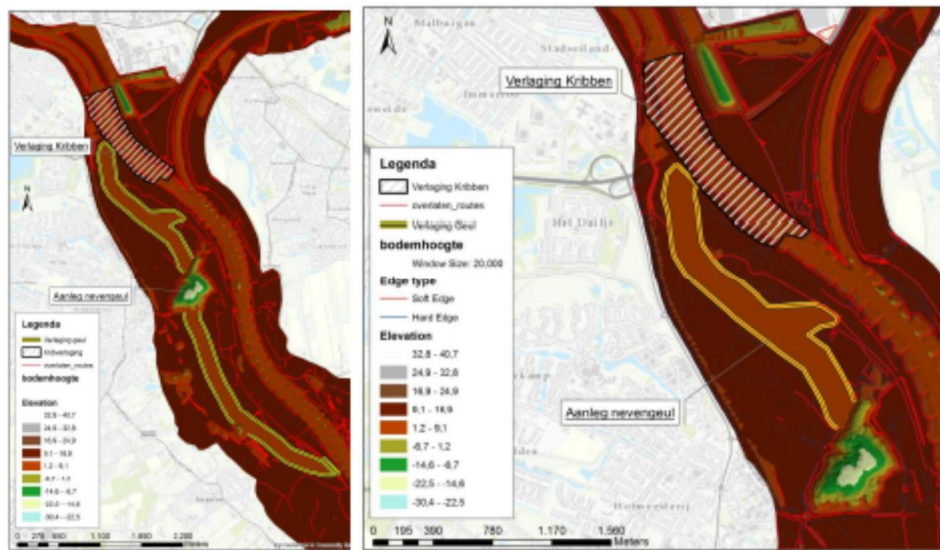
Figuur 2: schets Meinerswijk

3.2.2.3. Huissensche Waarden

In de Huissensche Waarden zijn 2 nieuwe maatregelen geformuleerd: Huissen Noord en Huissen Zuid.

Huissen Noord bestaat uit een geul in het noordelijk deel van de uiterwaard met een kadeverlaging aan de noordkant, gecombineerd met kribverlaging over een traject op de Nederrijn ter hoogte van Bakenhof.

Huissen Zuid bestaat uit een geul in het zuidelijk deel van de uiterwaard met een kadeverlaging bij de instroom aan de zuidkant, gecombineerd met verlaging van de Looverdam en een brug voor de Looverweg.



Figuur 3: schets Huissensche waarden Noord + Zuid (links) en Noord (rechts)

De volgende tabel laat zien welke waterstandsval bereikt wordt met maatregel, en wat het effect is op de drempelhoogte van het regelwerk Hondsbroekse Pleij.

Variantaan	Maximale waterstandsval op Pannerdens Kanaal t.o.v. referentie	Drempelhoogte Regelwerk Pannerden	Drempelhoogte Regelwerk Hondsbroekse Pleij
Referentie	----	NAP+15,63 m	NAP+13,71 m
Huissen Noord + Zuid	9,4 cm	NAP+15,79 m	NAP+13,14 m
Huissen Noord	4,3 cm	NAP+15,70 m	NAP+13,19 m

De maatregel Huissen-Noord zorgt voor trek richting de Nederrijn en enige waterstandsval op het Pannerdens kanaal . De maatregel Huissen-Zuid zorgt vooral voor waterstandsverlaging op het Pannerdens kanaal.

3.3 Varianten van Maatregelenpakketten

Met deze mogelijke maatregelen zijn varianten van maatregelenpakketten geformuleerd voor de uiteindelijke doorrekening op hydraulische effecten. Zie de tabel hieronder.

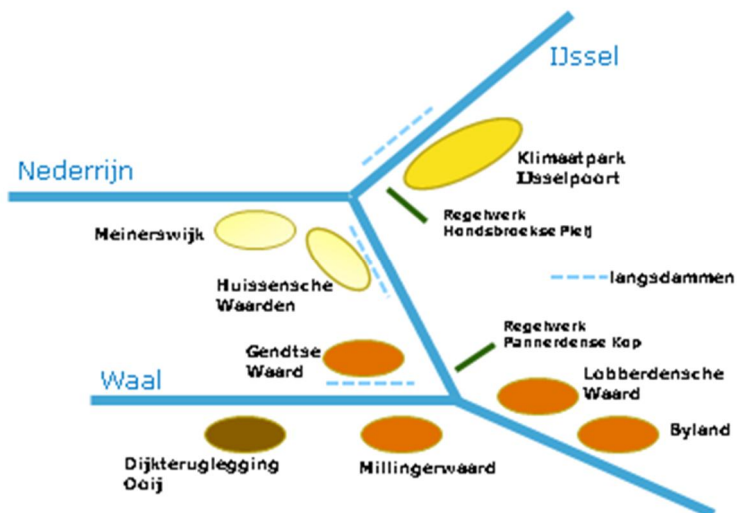
De varianten A t/m E zijn opgebouwd vanuit de mogelijke maatregelen zoals genomen in de VKS 2014.

In de varianten F t/m K zijn ook aanvullende maatregelen meegenomen in de pakketten .

In de varianten H, I en J komt in beeld hoe de verdeling op het splitsingspunt Hondsbroekse Pleij in stand kan worden gehouden. De varianten K en L richten zich op de balans op het splitsingspunt Pannerdense Kop.

VARIANTEN	Maatregelen								referentie	
	Klimaatpark	Klimaatpark 1/2	Gendt Millingen Kijfwaard Bijlandt	Ooij Bisonbaaij	Langsdammen	Meinerswijk	Huissen Noord	Huissen Zuid	2017	2050
A	X								X	X
B	X		X						X	X
C	X		X	X					X	X
D	X				X					X
E			X		X					X
F	X					X				X
H	X					X	X			X
G							X	X		X
I		X					X			X
J		X				X	X			X
K		X	X	X		X	X			X
L		X	X			X	X			X

De onderstaande figuur geeft globaal de ligging weer van de verschillende maatregelen.



De effecten zijn bepaald ten opzichte van 2 mogelijke referentiesituaties:

- Een "Referentie 2017", waarbij is uitgegaan van de situatie in 2017: Ruimte voor de Rivier is geheel gerealiseerd. Hierbij zijn de alternatieven voor het project Huissensche Waarden en voor de Oevergeul Bovenrijn meegenomen (de best beschikbare ontwerpen voor verlaging van de kade Scherpekamp, en kribverlaging op het Pannerdens kanaal).

- Een "Referentie 2050", waarbij is uitgegaan van de situatie in het zichtjaar 2050: alle maatregelen die in de VKS zijn genoemd voor de periode tot 2050 zijn gerealiseerd zijn, uitgezonderd de hierboven opgesomde maatregelen in het splitsingspuntengebied. Met deze maatregelen zijn varianten geformuleerd. Met deze varianten zijn vervolgens berekeningen gedaan.

3.4 Werkwijze

3.4.1 *Berekeningen bij instelling van de regelwerken op een afvoer van 17.000 m³/s*

In de onderzoeken is in eerste instantie uitgegaan van de beleidsmatig vastgestelde afvoerverdeling bij een Lobith-afvoer van 17.000 m³/s en bekeken in hoeverre varianten deze afvoerverdeling kunnen handhaven, met behoud van regelbereik op de regelwerken.

Allereerst is voor de referenties bepaald welke instelling van het regelwerk Pannerdense Kop nodig is om 17.000 m³/s volgens de beleidsmatig vastgestelde afvoerverdeling te sturen. Daarbij is de stand van het regelwerk bepaald via een stationaire som, waarbij gedurende langere tijd een afvoer van 17.000 m³/s wordt aangehouden. De uitkomst, d.w.z. de gemiddelde waarde van de drempelhoogte, wordt vervolgens in een dynamische som als vaste randvoorwaarde opgelegd. Bij die som wordt een afvoergolf van 17.000 m³/s gesimuleerd. De instelling geeft bij een (niet-stationaire) afvoergolf zeer geringe afwijkingen van de beleidsmatige afvoerverdeling, als gevolg van het dempen van de golf tussen het begin van het model (Emmerich) en het regelwerk.

De stand van het regelwerk Hondsbroekse Pleij is de laagste waarde die bereikt wordt tijdens de som met een dynamische afvoergolf van 17.000 m³/s. Het regelwerk Hondsbroekse Pleij is daarbij in het model als actief gestuurd regelwerk gehanteerd. Dat wil zeggen dat het regelwerk tot een Lobith-afvoer van 16.000 m³/s gesloten is (met uitzondering van één van openingen, die staat open tot 10.000 m³/s). Bij afvoeren boven de 16.000 m³/s stuurt het regelwerk zó, dat de beleidsmatige afvoer op de Nederrijn van 3.380 m³/s niet overschreden wordt.

Vervolgens zijn de varianten doorgerekend op dezelfde manier. Per variant is eerst de instelling van het regelwerk Pannerdense Kop bij een afvoer van 17.000 m³/s bepaald is en vervolgens bij die instelling een reeks van afvoergolven doorgerekend. Voor die reeks van 9 afvoergolven, van 6.000 tot 20.000 m³/s, is bepaald hoe deze - bij de instelling van de regelwerken voor een afvoer van 17.000 m³/s - over de takken wordt verdeeld, tot welke waterstanden dat leidt op de riviertakken en in hoeverre die afwijken van de referentiesituaties. Daarbij is te zien in hoeverre de regelwerken bij de afvoer van 17.000 m³/s in de verschillende varianten "regelbereik" over houden, dat wil zeggen of er ruimte overblijft om de afvoerverdeling "bij te sturen". De resultaten zijn weergegeven in de bijlage achterin dit rapport.

3.4.2 *Effecten van varianten bij verschillende instellingen van de regelwerk*

Voor een aantal varianten is specifiek gekeken naar de effecten bij verschillende instellingen van de regelwerken, dwz bij 16.000 m³/s én bij 17.000 m³/s. Een variant is robuust als die in principe beide situaties, een afvoer van 16.000 m³/s én een afvoer van 17.000 m³/s, het hoofd kan bieden, met voldoende regelbereik op de regelwerken.

Om te kijken of de regelwerken robuust zijn (zie paragraaf 2.4 voor de definitie van robuust) zijn 3 varianten, de combinaties J, K en L, doorgerekend bij een instelling van de regelwerken op een afvoer van 16.000 m³/s én op een afvoer van 17.000 m³/s. Daarbij is bekeken of een afvoer van 16.000 m³/s goed te verdelen is bij een instelling op 17.000 m³/s en of is een afvoer van 17.000 m³/s goed te verdelen is bij een instelling op 16.000 m³/s.

4 Resultaten

De volledige resultaten van het onderzoek zijn is beschreven in de volgende rapporten:

- "Effect van rivierverruimingsmaatregelen uit het Deltaprogramma op de afvoerverdeling in het splitsingspuntengebied, situatie 2017", 15 februari 2016, Royal HaskoningDHV in opdracht van Deltares.
- "Effect van rivierverruimingsmaatregelen uit het Deltaprogramma op de afvoerverdeling in het splitsingspuntengebied, situatie 2050", 15 februari 2016, Royal HaskoningDHV in opdracht van Deltares.
- "Aanvullend onderzoek voor de actualisatie van de voorkeursstrategie in het splitsingspuntengebied", 3 juli 2017, Royal HaskoningDHV in opdracht van RWS WVL.

In de bijlage van dit rapport zijn de belangrijkste uitkomsten van de berekeningen weergegeven.

4.1 Uitkomsten van de hydraulische sommen: effecten van maatregelenpakketten

Zoals in paragraaf 2.2.1 al is beschreven zijn de volgende varianten in het onderzoek doorgerekend:

VARIANTEN	Maatregelen								referentie	
	Klimaatpark	Klimaatpark 1/2	Gendt Millingen Kijfwaard Bijlandt	Ooij Bisonbaaij	Langsdammen	Meinerswijk	Huissen Noord	Huissen Zuid	2017	2050
A	X								X	X
B	X		X						X	X
C	X		X	X					X	X
D	X				X					X
E			X		X					X
F	X					X				X
H	X					X	X			X
G							X	X		X
I		X					X			X
J		X				X	X			X
K		X	X	X		X	X			X
L		X	X			X	X			X

4.1.1 Referenties

Voor beide referenties is de stand van het regelwerk Pannerdense Kop bepaald via een stationaire som, waarbij gedurende langere tijd een afvoer van 17.000 m³/s

wordt aangehouden. De uitkomst, d.w.z. de gemiddelde waarde van de drempelhoogte, wordt vervolgens in een dynamische som als vaste waarde opgelegd. Bij die som wordt een afvoergolf van 17.000 m³/s gesimuleerd. De instelling geeft bij een (niet-stationaire) afvoergolf zeer geringe afwijkingen van de beleidsmatige afvoerverdeling, als gevolg van het dempen van de golf tussen het begin van het model (Emmerich) en het regelwerk.

De stand van het regelwerk Hondsbroekse Pleij is de laagste waarde die bereikt wordt tijdens de som met een dynamische afvoergolf van 17.000 m³/s. In deze som staat regelwerk Pannerdense Kop ingesteld op een vaste drempelhoogte, ontleend aan de stationaire som met 17.000 m³/s.

	Pannerden	Hondsbroekse Pleij
Referentie 2050	15,63 m + NAP	13,80 m + NAP
Referentie 2017	15,96 m + NAP	13,60 m + NAP

4.1.2 *Effecten van de Varianten*

Onderstaande tabel geeft de belangrijkste resultaten van de berekeningen aan de varianten bij instelling regelwerken op 17.000 m³/s, vanuit de sommen ten opzichte van de referentie 2050. Zie de bijlage voor een meer uitgebreide weergaven van de uitkomsten.

Effecten varianten bij instelling regelwerken op 17.000 m³/s

Variant	Samenstelling van de variant	Stand regelwerk PK (12-17 m +NAP)	Stand regelwerk HP (11-15.2 m + NAP)	Effecten
Ref. 2050		15.63	13.80	
A	KPIJ	15.60	15.2	HP volledig dicht, grote trek naar de IJssel grote verlaging op de boven-IJssel
B	KPIJ Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt	14.66	15.2	HP volledig dicht, grote trek naar de IJssel grote verlaging op de boven-IJssel
C	KPIJ Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt Dijkteruglegging Ooij	13.85	15.2	HP volledig dicht, grote trek naar de IJssel Grote verlaging op de boven-IJssel en de Waal. PK in verhouding ver open.
D	KPIJ Langsdammen	15.67	15.2	HP volledig dicht, teveel water naar de IJssel
E	Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt Langsdammen	14.68	14.2	Enige regelruimte op HP
A-v3b	Aangepast KPIJ	15.63	14.38	Geeft ruimte op HP, met minder verlaging op IJssel dan bij KPIJ
J	Aangepast KPIJ Meinerswijk Huissen Noord	15.76	13.63	Combinatie in balans op HP verdeling in evenwicht
K	Aangepast KPIJ Meinerswijk Huissen Noord Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt Dijkteruglegging Ooij	13.85	13.80	Combinatie in balans op HP verdeling in evenwicht. PK in verhouding ver open. Grote verlaging op de Waal
L	Aangepast KPIJ Meinerswijk Huissen Noord Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt	14.80	13.75	Combinatie in balans op HP verdeling in evenwicht Combinatie in balans op PK

KPIJ = Klimaatpark IJsselpoort

PK = Pannerdense Kop

HP = Hondsbroekse Pleij

In grote lijnen is de uitkomst van het rekenwerk:

Effect van de referentie

- De effecten van de varianten zijn niet wezenlijk verschillend voor de 2 referentiesituaties ten opzichte waarvan het effect bekeken wordt. De overige maatregelen uit de VKS (maatregelen vóór 2050 buiten het splitsingspuntengebied) hebben geen invloed op de effecten. De effecten doen zich zowel voor in berekeningen voor de situatie mét meeneming van de VKS-maatregelen elders, als zónder meeneming van de VKS-maatregelen elders. De hierop volgende inzichten gelden dus voor beide referenties.

Afvoerverdeling en waterstanden bij instelling en afvoer van 17.000 m³/s

- Een afvoer van 17.000 m³/s is met de bestaande regelwerken bij praktisch alle varianten binnen de beleidsmatige afvoerverdeling te houden. Alleen in de variant D, Klimaatpark + langsdammen, lukt dat net niet, d.w.z. dat dan iets te veel water naar de IJssel gaat (25 m³/s).
- Klimaatpark IJsselpoort in zijn maximale variant geeft een maximale waterstandsval van 53 cm, die over een traject van 15 km bovenstrooms terugloopt naar 0 cm. De 4 uiterwaardgrepen op de Bovenrijn en Waal geven een waterstandsverlaging op de Bovenrijn van maximaal 29 cm. De dijkteruglegging Ooij kan dat effect vergroten tot maximaal 40 cm.

Instelling en regelbereik van de regelwerken

- De verdeling over Waal en Pannerdens kanaal is in alle varianten goed te houden, met behoud van regelbereik voor het regelwerk Pannerdense Kop. De uiterwaardmaatregelen langs Bovenrijn en Waal zijn noodzakelijk voor een evenwichtsstand van het regelwerk bij een afvoer van 17.000 m³/s. Zonder deze ingrepen is er beperkt bereik om extra water naar de Waal te sturen. Met ook dijkteruglegging Ooij naast die uiterwaardmaatregelen is er beperkt bereik om meer water naar Pannerdens kanaal te sturen.

Balans op de afvoerverdeling bij de Hondsbroekse Pleij

- Het regelwerk bij Hondsbroekse Pleij staat in alle varianten met Klimaatpark volledig dicht (om de beleidsmatige afvoerverdeling te realiseren) en heeft als gevolg daarvan geen regelbereik meer richting Nederrijn of IJssel. Dit feit (een vrijwel dicht regelwerk) heeft ook tot gevolg dat het bovenstrooms effect van de maatregel Klimaatpark zo gering is. De maatregel werkt slechts 15 km stroomopwaarts door.
- De aanvullende maatregelen Huissensche waarden Noord en Meinerswijk zorgen op het splitsingspunt IJsselpoort voor trek richting de Nederrijn-Lek. Klimaatpark in zijn maximale variant vereist ook met deze aanvullende maatregelen op Pannerdens kanaal en Nederrijn een vrijwel gesloten regelwerk op de Hondsbroekse Pleij om tot de gewenste afvoerverdeling te komen.
- Een aangepast klimaatpark geeft enige ruimte op het regelwerk, deze maatregel zorgt er voor dat de schuiven dan nog voor 80 % gesloten zijn.
- Een combinatie van een aangepast Klimaatpark met de beide aanvullende maatregelen leidt tot de gewenste balans op de afvoerverdeling op het splitsingspunt. Het regelwerk staat dan voor 60 % gesloten.

Zie onderstaande figuur voor de resultaten.⁵

⁵ De figuur geeft de uitkomsten van de dynamische berekeningen. Deze geven geringe verschillen ten opzichte van de stationaire berekeningen.

Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij (17.000 m³/s)
Bereik regelwerk 11.00 m + NAP - 15.20 m + NAP

Klimaatpark maximaal	Klimaatpark maximaal + Huissen + Meinerswijk	Klimaatpark aangepast	Klimaatpark aangepast + Huissen	Klimaatpark aangepast + Meinerswijk	Klimaatpark aangepast + Huissen + Meinerswijk
15.20 m	14.82 m	14.39 m	14.14 m	14.06 m	13.63 m

Balans op de afvoerdeling bij de Pannerdense Kop

- De maatregelen Klimaatpark, Huissensche waarden en Meinerswijk leiden tot een geringe verhoging van de schotten in het regelwerk op de Pannerdense Kop ten opzichte van de referentie. De maatregelen aan de Bovenrijn en Waal leiden er toe dat het regelwerk verder open moet worden gezet om de gewenste afvoerdeling te handhaven.
- De uiterwaardmaatregelen Gendt, Millingen, Lobberden en Bijland - in combinatie met een aangepast klimaatpark, Huissen en Meinerswijk - zorgen ervoor dat het regelwerk ongeveer in zijn evenwichtsstand komt te staan (56 % gesloten).
- Als aanvullend ook de dijkeruglegging Ooij wordt uitgevoerd, moet het regelwerk verder open worden gezet om te voorkomen dat er teveel water via de Waal wordt afgevoerd (37 % gesloten).

Zie de onderstaande figuur.

Stand regelwerk Pannerdense Kop (17.000 m³/s)

Bereik regelwerk 12.00 m + NAP - 17.00 m + NAP

Referentie	Klimaatpark maximaal + Huissen Meinerswijk	Klimaatpark aangepast + Huissen Meinerswijk	Klimaatpark aangepast + Huissen Meinerswijk + Gendt, Millingen, Lobberden, Bijland	Klimaatpark aangepast + Huissen Meinerswijk + Gendt, Millingen, Lobberden, Bijland + Ooij
15.63 m	15.74 m	15.76 m	14.80 m	13.85 m

Effecten van de ingrepen bij afvoeren van 6.000 tot 16.000 m³/s

- De varianten met Klimaatpark leiden allen tot een toename van afvoeren over de IJssel en daarmee gepaard gaande waterstanden (toenames van 5 tot 25 cm), bij afvoergolven van 6.000 tot 16.000 m³/s. Daarbij leiden ze tot een afname van afvoeren en daarmee gepaard gaande waterstanden op de Nederrijn.
- De inzet van de uiterwaardingrepen langs de Bovenrijn en Waal (Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt) vermindert de effecten van Klimaatpark op de IJssel bij afvoeren van 6.000 tot 16.000 m³/s. Het geeft een nog grotere afname van afvoeren en waterstanden langs de Nederrijn. Daarbij leidt het tot een toename van afvoeren over de Waal, en daarmee gepaard gaande waterstanden (toenames van 6 tot 20 cm), bij afvoergolven van 6.000 tot 16.000 m³/s.

Effecten bij afvoeren van 18.000 tot 20.000 m³/s

- Bij afvoeren van 18.000 tot 20.000 m³/s stijgen in alle varianten de waterstanden op de IJssel ten opzichte van de referentie, terwijl deze op de Nederrijn en Lek dalen. Op de Waal geven deze afvoeren veelal een lichte daling van de waterstanden te zien ten opzichte van de referentie. Dit betreft in 2050 feitelijk (in de oude terminologie) "bovenmaatgevende" afvoeren.

Waterstandsdeling op Pannerdens kanaal, Nederrijn en IJssel

- De aangepaste maatregel Klimaatpark IJsselpoort geeft een maximale waterstandsdeling op de IJssel van 26 cm op rivierkilometer 885. Net benedenstrooms van de Hondsbroekse Pleij is dat nog ca 7 cm. Doordat het regelwerk dan vrijwel gesloten is, neemt de waterstand op het Pannerdens

- kanaal iets toe, met minder dan 1 cm.
- Als de maatregelen in de Huissensche waarden en Meinerswijk worden toegevoegd, leidt dit daarbij ook tot waterstands­daling op het Pannerdens kanaal en de Nederrijn. Daarbij leidt de lagere stand van het regelwerk Hondsbroekse Pleij tot aanvullende waterstands­daling op het Pannerdens kanaal. Deze daling werkt door tot aan het splitsingspunt Pannerdense Kop. De maximale waterstands­daling op het Pannerdens kanaal is dan ca 9 cm.
- De waterstands­verschillen ten opzichte van de midden en hoge afvoeren zijn in deze variant gering. Waar de varianten met het oorspronkelijke Klimaatpark (zie paragraaf 3.1) leiden tot 5 tot 25 cm toename van waterstanden op de IJssel bij golven van 6.000 m³/s tot 16.000 m³/s, is dat hier beperkt tot toenames van maximaal 3 cm.

Waterstands­daling op de Bovenrijn en Waal

- Als naast de maatregelen Klimaatpark, Huissensche waarden en Meinerswijk ook de 4 uiterwaardmaatregelen langs de BovenRijn en Waal worden uitgevoerd wordt een verdere waterstands­daling op Bovenrijn en Waal gerealiseerd. De maximale waterstands­daling bedraagt dan 29 cm op de Bovenrijn (km 863).

4.2 Duiding van de effecten

Regel­bereik van het regelwerk Pannerdense Kop

Het regelwerk is geconstrueerd met een bodem van NAP+12.00 m en een maximale hoogte van de schotten van NAP+17.00 m.

De instelling van het regelwerk is niet zozeer afhankelijk van de maatregelen op het Pannerdensch kanaal en de IJssel. Als alleen daar maatregelen worden getroffen blijft het regelwerk rond de 15.70 staan, bij een maximale hoogte van 17.00 m +NAP.

De uiterwaardmaatregelen langs Bovenrijn en Waal (Gendt, Millingen, Lobberden en Bijlandt) zorgen voor verlaging van de stand van het regelwerk tot rond de 14.60 m +NAP. Daarmee staat het regelwerk in een neutrale stand (ongeveer in het midden). Als daarbij ook dijkerug­legging Ooij wordt meegenomen zakt de regelwerk verder tot een stand rond de 13.80 +NAP, wat lager is dan de gewenste evenwichts­stand.

Regel­bereik van het regelwerk Hondsbroekse Pleij

Het regelwerk Hondsbroekse Pleij is in alle varianten met een Klimaatpark IJsselpoort in zijn maximale vorm vrijwel volledig gesloten, en leidt in die situatie bij middenafvoeren van 6.000 tot 16.000 m³/s tot hogere afvoeren en waterstanden langs de IJssel. Dit beperkt de mogelijkheden voor de rivierbeheerder om de afvoer­verdeling bij te sturen op basis van de actuele situatie in het rivierbed. Die mogelijkheid is nodig om recht te doen aan de werkelijke situatie qua realisatie van ingrepen en in te kunnen spelen op ontwikkelingen qua bv geomorfologie en ruwheden (vegetatie).

Een belangrijk bijkomend effect is dat met het dichtzetten van het regelwerk de rivier­verruimende werking van de groene rivier Hondsbroekse Pleij niet volledig wordt benut, en in feite het waterstands­verlagende effect van de ingreep Klimaatpark wordt tegengegaan.

De aanvullende maatregelen Huissensche waarden Noord en Meinerswijk zorgen op het splitsingspunt IJsselkop voor trek richting de Nederrijn-Lek. De combinatie van deze ingrepen met een aangepast Klimaatpark IJsselpoort Klimaatpark leidt tot de

gewenste balans op de afvoerverdeling op het splitsingspunt. Het regelwerk staat dan voor 60 % gesloten.

Effecten van de ingrepen bij afvoeren van 6.000 tot 16.000 m³/s

Wijzigingen in de afvoerverdeling bij lagere afvoeren dan 17.000 m³/s leiden tot wijzigingen in de waterstanden bij die afvoeren. Hiermee verandert de frequentie van meestromen of inunderen van de uiterwaarden. Een hogere frequentie kan bezwaarlijk zijn voor gebruiksfuncties als landbouw en recreatie. Dit laatste speelt in de range van 6.000 tot 8.000 m³/s.

Rond projecten als Veessen-Wapenveld en de dijkverleggingen Cortenoever en Voorsterklei zijn specifieke afspraken vastgelegd over de frequentie van meestromen van de geul, en over overstromingsfrequenties. De geul bij Veessen-Wapenveld stroomt "eens per mensenleven" mee, overeenkomend met eens in de 100 jaar, bij een waterstand ter plekke van NAP+5.65 m. Dit komt overeen met afvoeren bij Lobith van rond de 13.000 m³/s. Voor Cortenoever en Voorsterklei is overeengekomen dat deze eens in de 25 jaar zullen overstromen⁶. Dit komt in de huidige situatie overeen met afvoeren bij Lobith van rond de 10.000 m³/s. De frequenties worden onder andere gewaarborgd via toetsing en vergunningverlening van initiatieven in het rivierbed en via leggers van RWS en Waterschappen. Realisatie van Klimaatpark IJsselpoort in zijn maximale vorm leidt tot hogere frequenties: Het meestromen van Cortenoever-Voorsterklei wijzigt van eens in de 25 naar eens in de 15 jaar. Het meestromen van Veessen-Wapenveld wijzigt van eens in de 100 naar eens in de 70 jaar.

Afvoergolven van 10.000 tot 16.000 m³/s zijn ook van belang voor de faalmechanismen van de dijken. De precieze impact hangt af van lokale aspecten als de ondergrond (voor piping) en van de samenstelling en geometrie van de dijk (voor macrostabiliteit). Daardoor kunnen wijzigingen van de waterstanden bij deze afvoeren van invloed zijn op de dijkversterkingsopgaven in het gebied. Kwantificering van de impact vergt verder onderzoek. Dit wordt opgepakt binnen de actualisatie van de Voorkeursstrategie, zie hoofdstuk 6.

Wijzigingen in afvoeren onder de 16.000 m³/s zijn ook van belang voor het benedenrivierengebied van Lek en Waal aangezien daar de combinatie van hoge zeewaterstanden door stormopzet en hoge afvoeren bepalend is voor het veiligheidsrisico. Dit geldt ook voor de beneden-IJssel, voor de combinatie met hoge waterstanden vanuit het IJsselmeer. Kwantificering van de effecten vergt verder onderzoek.

4.3 Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de uitkomsten

Exacte uitspraken over de betrouwbaarheid van de uitkomsten zijn niet te geven. De gehanteerde modellen en methodieken zijn echter gangbaar voor dit soort onderzoek en behoren tot de standaard-werkwijze.

In deze studie is gerekend met WAQUA vanuit baseline-referentieschematisaties. Hierbij is uitgegaan van het deltamodel (meer specifiek: het baseline-rijnhsao14_5-v1) als basis waarop de benodigde maatregelen zijn ingemixed.

Schematisaties van de maatregelen

⁶ Brief RWS-2013/17121 d.d. 28-03-2013

Belangrijke onzekerheden komen voort uit de schematisaties van de maatregelen (deze zijn gebaseerd op grove ontwerpen, zoals gehanteerd in het proces van opstellen van de VKS) en de referentieschematisaties (met diezelfde ontwerpen als achtergrond). De onnauwkeurigheden ten aanzien van absolute waterstanden van dit soort berekeningen liggen in de orde van 50 cm. Grootste onzekerheidsbron zijn daarbij de ruwheden in het zomerbed en het winterbed (de vegetatie in de uiterwaarden en de samenstelling van de bodem van het zomerbed). Een andere onzekerheidsbron is de grootte van de afvoer bij Lobith. Deze onzekerheden worden in dit onderzoek niet expliciet meegenomen.

Omdat in de studie is gekeken naar waterstandsverschillen tussen referenties en varianten (en niet naar absolute waterstanden) valt een groot deel van deze onzekerheden overigens weer weg. Daarbij laten de resultaten voor de referenties 2017 en 2050 goede overeenkomsten zien in de uitkomsten.

Opbouw van de referenties

De gehanteerde referenties zijn beschouwd door rivierkunde RWS ON, waarbij een aantal onvolkomenheden zijn gesignaleerd:⁷

- In de referenties is zowel de Oevergeul Boven-Rijn opgenomen, als de kribverlaging op het Pannerdens kanaal. Dit is dubbelop, aangezien de kribverlaging de vervanger is van de Oevergeul.
- De kribverlaging Pannerdens kanaal geeft daarnaast meer waterstandsverlaging dan beoogd (6 cm in plaats van 4 cm)

Samen geven deze een overschatting van de afvoer richting Pannerdens kanaal van ca 150 m³/s.

Daarnaast zijn er diverse tekortkomingen bekend waardoor de uitgangssituatie voor de afvoerverdeling enkele tientallen m³/s kan afwijken. Niet duidelijk is in welke richting de afvoerdeling afwijkt, vanwege tekortkomingen die verschillende kanten op werken. Een belangrijke recente ontwikkeling betreft de invoering van de vegetatielegger en een andere uitwerking van Stroomlijn. Een verschilanalyse laat zien dat dit ten koste gaat van het regelbereik bij Pannerden en leidt tot een ongeveer 60 cm lagere instelling van het regelwerk.

Tenslotte is tegenwoordig een meer actueel model beschikbaar, met herstelde fouten en een meer actueel beeld van het rivierbed.

Deze constatering versterken de conclusies ten aanzien van ingrepen op de Bovenrijn en Waal. In de sommen is de trek richting Pannerdens kanaal overschat, en daarmee zijn de uitkomsten voor de stand van het regelwerk Pannerdense Kop te hoog. Als deze onvolkomenheden zouden worden gerepareerd, zouden bij de doorgerekende varianten lagere instellingen van Pannerdense Kop worden berekend. Ingrepen op de BovenRijn-Waal leiden dus tot lagere standen van het regelwerk dan in deze studie gepresenteerd.

Werking van de regelwerken

Verder is het goed te beseffen dat de werking van het regelwerken Hondsbroekse Pleij anders gemodelleerd is, dan het in werkelijkheid functioneert. In het model is het regelwerk dynamisch verondersteld, in werkelijkheid is het regelwerk net als het regelwerk bij Pannerden, statisch. De redenen om Hondsbroekse Pleij op deze manier te modelleren komen voort uit het voornemen om bij afvoeren hoger dan 16.000 m³/s de Nederrijn te ontzien, én het ontwerp van Hondsbroekse Pleij dat het in principe mogelijk maakt om ook bij hoge afvoeren schotten in en uit het regelwerk te halen. In de praktijk is de kans klein dat dit ook daadwerkelijk zal gebeuren. Voor de toekomst is het aan te bevelen om de modelmatige sturing van

⁷ Memo "Bevindingen rivierkunde beoordeling splitsingspuntenstudie, conclusies en adviezen", team rivierkunde RWS ON, 4 november 2016

Hondsbroekse Pleij te heroverwegen en meer in overeenstemming te brengen met de werkelijkheid.

Daarbij worden in de modellen de regelwerken op één exacte uitgerekende hoogte voor alle openingen (behalve één) ingesteld. In de werkelijkheid zijn de regelwerken enkel per schothoogte instelbaar, en daarbij per opening apart in te stellen.

5 effecten van varianten bij verschillende instellingen van de regelwerken

Voor 3 Varianten, J, K en L (samenstelling zie de tabel hieronder), is bepaald hoe bij instellingen op respectievelijk 16.000 m³/s en op 17.000 m³/s verschillende afvoergolven worden verdeeld. Dit is gedaan voor deze 3 varianten omdat dit de plausibele maatregelenpakketten zijn gebaseerd op de effecten bij een afvoer van 17.000 m³/s,

Met deze analyse wordt in beeld gebracht in hoeverre een maatregelenpakket robuust is ten aanzien van de instelling van de regelwerken.

	Maatregelen							referentie	
	Klimaatpark	Klimaatpark 1/2	Meinerswijk	Huissen Noord	Huissen Zuid	Gendt Millingen Kijfwaard Bijlandt	Ooij Bisonbaaij	2017	2050
J		X	X	X					X
K		X	X	X		X	X		X
L		X	X	X		X			X

5.1.1 Afvoeren en afvoerverschillen

Onderstaande tabel laat zien hoe een afvoer van 16.000 m³/s zich verdeelt over de riviertakken bij een instelling van de regelwerken op een afvoer van 17.000 m³/s en omgekeerd, hoe een afvoer van 17.000 m³/s zich verdeelt over de riviertakken bij een instelling van de regelwerken op een afvoer van 16.000 m³/s.

Riviertak	Beleidsmatige afvoer bij 16.000 m ³ /s	16.000 m ³ /s afvoergolf bij instelling regelwerken op 17.000 m ³ /s			Beleidsmatige afvoer bij 17.000 m ³ /s	17.000 m ³ /s afvoergolf bij instelling regelwerken op 16.000 m ³ /s		
		Variante J	Variante K	Variante L		Variante J	Variante K	Variante L
Waal	10.165	10.401 (+236)	10.427 (+262)	10.447 (+282)	10.970	10.732 (-238)	10.904 (-66)	10.751 (-219)
Pannerdens Kanaal	5.835	5.598 (-237)	5.570 (-265)	5.549 (-286)	6.030	6.267 (+237)	6.097 (+67)	6.261 (+231)
Neder-Rijn-Lek	3.380	3.171 (-209)	3.157 (-223)	3.147 (-233)	3.380	3.580 (+200)	3.518 (+138)	3.586 (+206)
IJssel	2.461	2.427 (-34)	2.412 (-49)	2.403 (-58)	2.656	2.661 (+5)	2.549 (-107)	2.653 (-3)

Het laat zien dat een instelling van de regelwerken op 17.000 m³/s leidt tot afwijkingen bij een afvoergolf van 16.000 m³/s. Bij die afvoer gaat er meer water naar de Waal dan passend bij de beleidsmatige afvoerverdeling van 16.000 m³/s. (J: +236 m³/s, K: +262 m³/s, L: +282 m³/s).

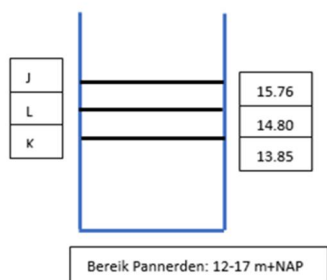
Omgekeerd leidt een instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s tot afwijkingen bij een afvoergolf van 17.000 m³/s. Dan gaat er meer water naar de Nederrijn Lek dan passend bij de beleidsmatige afvoerverdeling van 17.000 m³/s. (J: +200 m³/s, K: +140 m³/s, L: +210 m³/s).

De afvoer naar de IJssel is in enkele gevallen enigszins lager dan de beleidsmatig vastgestelde afvoer.

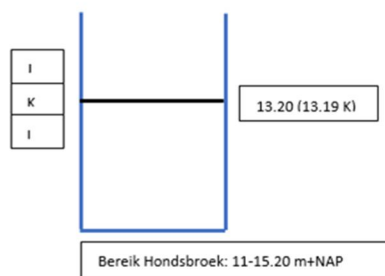
5.1.2 Instelling regelwerken 17.000 m³/s

Een instelling op een afvoer van 17.000 m³/s leidt tot de volgende hoogtes van de regelwerken in de verschillende varianten:

Situatie Pannerdense Overlaat:



Situatie Hondsbroekse Pleij



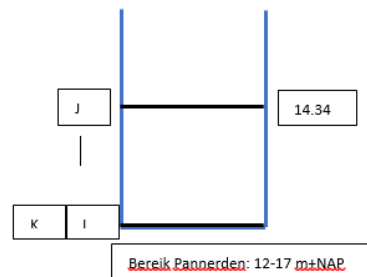
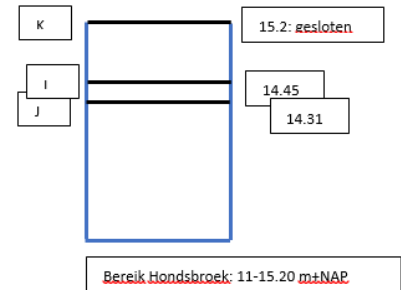
Alle varianten leiden tot nagenoeg een zelfde evenwichtsstand op het regelwerk Hondsbroekse Pleij omdat de varianten alleen verschillen in de maatregelen op de Boven-Rijn en Waal. Op het regelwerk Pannerdense Kop zijn verschillen te zien tussen de varianten.

Een afvoer van 16.000 m³/s leidt bij instellingen die horen bij een afvoer van 17.000 m³/s tot afwijkingen ten opzichte van de beleidsmatige verdeling bij 16.000 m³/s: Er gaat, afhankelijk van de variant, te veel naar de Waal (J: 240 m³/s, K: 260 m³/s, L: 280 m³/s).

Het regelwerk Pannerdense Kop biedt echter nog ruimte om deze afwijking op te lossen. Die ruimte is groot genoeg in variant J. In de varianten K en L met maatregelen langs BovenRijn en Waal is die ruimte niet groot genoeg. In beide varianten gaat er bij een volledig open regelwerk Pannerdense Kop teveel water naar de Waal, 170 m³/s bij variant K, 21 m³/s bij variant L.

5.1.3 Instelling regelwerken 16.000 m³/s

Een instelling op een afvoer van 16.000 m³/s leidt tot de volgende hoogtes van de regelwerken in de verschillende varianten:

Situatie Pannerdense Overlaat:Situatie Hondsbroekse Pleij

Variant J leidt tot instellingen van de regelwerken in de buurt van de evenwichtsstand. In de varianten K en L moet het regelwerk Pannerdense Kop volledig open staan om tegenwicht te bieden tegen de maatregelen langs Bovenrijn en Waal. In beide varianten gaat er bij een volledig open regelwerk Pannerdense kop nog teveel water naar de Waal, 170 m³/s bij variant K, 21 m³/s bij variant L. Het regelwerk Hondsbroekse Pleij sluit in variant K zelfs volledig, omdat in die situatie de maximale toevoer naar de Nederrijn van 3380 m³/s niet bereikt wordt.

Een afvoer van 17.000 m³/s leidt bij die instellingen tot afwijkingen ten opzichte van de beleidsmatige verdeling bij 17.000 m³/s: Er gaat te weinig water naar de Waal (J: 240 m³/s, K: 70 m³/s, L: 220 m³/s). En er gaat te veel water naar de Nederrijn (J: 200 m³/s, K: 140 m³/s, L: 210 m³/s). De beide regelwerken bieden voldoende ruimte om deze effecten op te lossen. Door Pannerdense Kop verder te sluiten en Hondsbroekse Pleij verder te openen is de beleidsmatige afvoer verdeling te bereiken.

5.1.4 Conclusies ten aanzien van de passendheid van de varianten

Variant J - een pakket van Klimaatpark, Huissensche waarden en Meinerswijk – past zowel op een beleidsmatige afvoer verdeling van 16.000 m³/s als bij 17.000 m³/s. Via de regelwerken zijn in theorie beide verdelingen realiseerbaar.

Extra maatregelen langs de Bovenrijn en Waal (Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt en dijkverugging Ooij) passen niet in een scenario waarin de regelwerken worden ingesteld op een afvoer van 16.000 m³/s. In dat geval wordt ondanks een volledig open regelwerk teveel water naar de Waal gevoerd.

Extra maatregelen langs de Bovenrijn en Waal passen beter in een scenario waarin de regelwerken worden afgesteld op 17.000 m³/s, en zouden dan ook later in de tijd moeten worden gerealiseerd dan de maatregelen Klimaatpark, Huissen en Meinerswijk.

6 Conclusies en aanbevelingen

A – Actualisatie van de VKS voor de Rijntakken vraagt een goede afstemming tussen de riviertakken.

De studie laat zien hoe ingrepen in het splitsingspuntengebied de afvoerverdeling en daarmee waterstanden bij verschillende afvoeren kunnen beïnvloeden. In de actualisatie van de VKS wordt toegewerkt naar maatregelenpakketten bestaande uit ruimtelijke ingrepen en dijkversterkingen. Uitwerkingen van pakketten per riviertak vragen een overall beeld en een overall beoordeling van de effecten voor het gehele systeem Rijntakken. Deze studie voedt de afwegingen rond die uitwerkingen, zodat er een overall-pakket ontstaat dat de beleidsmatige afvoerverdeling in stand houdt en qua verdere effecten acceptabel is.

B - Afvoeren van 17.000 m³/s zijn in alle varianten via de regelwerken zo te sturen dat de beleidsmatige afvoerverdeling bij 17.000 m³/s wordt gehandhaafd.

C - Het regelwerk Hondsbroekse Pleij verliest zijn regelbereik bij inzet van Klimaatpark in zijn maximale variant. Het regelwerk zal dan altijd volledig dicht staan.

D - De varianten met Klimaatpark in zijn maximale variant leiden bij lagere afvoeren tot wijzigingen in de afvoerverdeling en in waterstanden op de benedenstroomse riviertakken.

Het ontwerp voor Klimaatpark IJsselpoort vraagt dan ook een goede nadere beschouwing op de effecten op afvoerverdeling en waterstanden bij lagere afvoeren.

E – Een aangepaste variant van Klimaatpark IJsselpoort vergroot de doorwerking bovenstrooms van de daar te bereiken waterstandsdeling.

Het dichtstaan van Hondsbroeks Pleij bij de inzet van Klimaatpark geeft de vreemde situatie dat de maatregel Klimaatpark een maximaal effect heeft qua waterstandsverlaging op de IJssel, maar niet optimaal doorwerkt op het Pannerdens kanaal. Het waterstandsverlagend effect daar wordt teniet gedaan door het regelwerk. Een minder vergaande variant voor Klimaatpark, waarbij het regelwerk minder dicht staat, geeft een kleiner maximaal effect, maar mogelijk meer effect bovenstrooms qua waterstandsverlaging (ten opzichte van een volledige uitvoering van Klimaatpark). In het MIRT-onderzoek voor Klimaatpark⁸ zijn de effecten op de afvoerverdeling onderkend en beschreven als vraag voor de verkenningsfase.

F- Een combinatie van een aangepast Klimaatpark en maatregelen in de Huissensche waarden en in de Meinerswijk zorgt ervoor dat de beleidsmatig gewenste afvoerverdeling bij 17.000 m³/s kan worden gerealiseerd, met behoud van regelbereik op de regelwerken.

Deze combinatie geeft daarbij waterstandsdeling op het Pannerdens kanaal en de bovenlopen van Nederrijn en IJssel.

G – De uiterwaardingrepen langs de Bovenrijn en Waal en de dijkteruglegging Ooij trekken in de huidige situatie teveel water naar de Waal, en passen alleen bij een situatie van hogere Rijnafvoeren op de langere termijn.

De beleidsmatige afvoerverdeling bij 16.000 m³/s is met deze maatregelen niet te realiseren. Ook bij een volledig geopend regelwerk Pannerdense kop wordt er teveel

⁸ MIRT Onderzoeksrapportage Rivierklimaatpark IJsselpoort, 30-09-2015, p.42

water via de Waal afgevoerd. De maatregelen passen wel binnen een beleidsmatige afvoerverdeling voor 17.000 m³/s waarin de Lek wordt ontzien.

H – Betrouwbaarheid uitkomsten door overschatting afvoer richting Pannerdens Kanaal

De in paragraaf 4.3 geconstateerde tekortkomingen in de gebruikte referentie versterken conclusie F. Samen geven deze tekortkomingen een overschatting van de afvoer richting Pannerdens kanaal van ca 150 m³/s. De problematiek van te grote afvoer naar de Waal is daarmee dus onderschat in deze studie. Op de conclusies rond maatregelen rond de Hondsbroekse Pleij heeft het geen invloed.

I - De sturing van Hondsbroekse Pleij in de modellen strookt niet met de praktijk

In de rivierkundige rekenmodellen wordt het regelwerk Hondsbroekse Pleij beschreven als een dynamisch stuurbaar regelwerk. Dit strookt niet met de praktijk. In het veld is het regelwerk is zo geconstrueerd dat de schotten tijdens een hoog water zouden moeten kunnen worden aangepast. Dit is echter nog nooit getest, en zal naar verwachting maar zeer beperkt mogelijk zijn. De regelbaarheid in praktijk is anders dan de werking van het regelwerk Hondsbroekse Pleij in het model. Dit heeft geen consequenties voor de inhoudelijke conclusies over de effecten van varianten, die effecten zouden met een model overeenkomstig de praktijk niet wezenlijk anders zijn.

J - De huidige regelwerken geven een beperkte mogelijkheid om de afvoerverdeling bij te sturen

Het regelbereik van de regelwerken Pannerdense Kop en Hondsbroekse Pleij is beperkt, en daarbij zijn de regelwerken slechts op één afvoergolf in te stellen. De instelling van Hondsbroekse Pleij is in principe aan te passen tijdens een afvoergolf, in de praktijk zal dit echter zeer moeilijk uitvoerbaar zijn. De regelwerken zijn nu bedoeld voor de opvang van tijdelijke onevenwichtigheden in het rivierbed. Het alternatief zijn regelwerken die "dynamisch regelbaar" zijn, dwz continu af te stellen op de omvang van een afvoergolf, en regelwerken met een groter regelbereik.

K - De instelling van de regelwerken vraagt een nadere beschouwing vanuit de nieuwe waterveiligheidsbenadering

In de nieuwe waterveiligheidsbenadering wordt het overstromingsrisico en de overstromingskans van een gebied beschouwd wordt, en is een reeks van afvoeren van belang, en zijn daarmee feitelijk meerdere afvoeren maatgevend. Vraag is daarom of we zouden moeten vasthouden aan inregelen van de regelwerken op een Maatgevend Hoog Water volgens de "oude" benadering.

Bijlage: Uitkomsten van de sommen met de varianten

Onderstaande tabellen geven de resultaten weer van het rivierkundig rekenwerk. De 5 varianten zijn alle doorgerekend op de referentie 2017 (Ruimte voor de rivier volledig uitgevoerd). De varianten A, B en C zijn daarnaast ook doorgerekend op een referentie 2050 (Ruimte voor de rivier volledig uitgevoerd, en de maatregelen uit de VKS 2014 van vóór 2050 gerealiseerd).

De volledige resultaten zijn te vinden in de rapporten:

- "Effect van rivierverruimingsmaatregelen uit het Deltaprogramma op de afvoerverdeling in het splitsingspuntengebied, situatie 2017", 15 februari 2016, Royal HaskoningDHV in opdracht van Deltares.
- "Effect van rivierverruimingsmaatregelen uit het Deltaprogramma op de afvoerverdeling in het splitsingspuntengebied, situatie 2050", 15 februari 2016, Royal HaskoningDHV in opdracht van Deltares.
- "Aanvullend onderzoek voor de actualisatie van de voorkeursstrategie in het splitsingspuntengebied", 3 juli 2017, Royal HaskoningDHV in opdracht van RWS WVL.

Samenvattend beeld van de effecten van de Varianten

VARIANT A referentie 2017	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort
Stand regelwerk Pannerdense Kop	2/3 dicht (15,93 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 45 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 18 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 25 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 30 cm lagere waterstanden op de Waal: - 1 tot 2 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 8 tot 12 cm lagere waterstanden op de Waal: - 1 cm

VARIANT A referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort
Stand regelwerk Pannerdense Kop	2/3 dicht (15,60 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig

Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 53 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 20 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 25 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 30 cm lagere waterstanden op de Waal: - 1 tot 2 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 8 tot 14 cm lagere waterstanden op de Waal: - 1 cm

VARIANT B referentie 2017

Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort Gendtse Waard fase 2, Millingerdam fase 2, Kijfwaard, Bijlandtsche kade
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/2 dicht (15,02 m +NAP)
Stand regelwerk Honsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 45 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 18 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm maximale verlaging Bovenrijn kmr 863: - 28 cm, teruglopend tot 0 bij kmr 877
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 60 cm hogere waterstanden op de Waal: + 6 tot 18 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 8 tot 10 cm lagere waterstanden op de Waal: - 2 tot 3 cm

VARIANT B referentie 2050

Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort Gendtse Waard fase 2, Millingerdam fase 2, Kijfwaard, Bijlandtsche kade
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/2 dicht (14,66 m +NAP)
Stand regelwerk Honsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 53 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 20 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm maximale verlaging Bovenrijn kmr 863: - 29 cm, teruglopend tot 0 bij kmr 877

Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	Minder meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 cm hogere waterstanden op de Waal: + 6 tot 18 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	minder water naar de Waal en Pann kanaal, hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 cm lagere waterstanden op de Waal: - 3 cm

VARIANT C referentie 2017	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort Gendtse Waard fase 2, Millingerdam fase 2, Kijfwaard, Bijlandtsche kade Dijkteruglegging Ooij en Bisonbaai
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/3 dicht (14,14 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 45 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 18 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm maximale verlaging Bovenrijn kmr 863: - 39 cm, teruglopend tot 0 bij kmr 884
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 65 cm hogere waterstanden op de Waal: + 6 tot 20 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 65 cm hogere waterstanden op de Waal: + 6 tot 20 cm

VARIANT C referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort Gendtse Waard fase 2, Millingerdam fase 2, Kijfwaard, Bijlandtsche kade Dijkteruglegging Ooij en Bisonbaai
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/3 dicht (13,58 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 53 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 20 cm verhoging Pann Kanaal: + 1 cm maximale verlaging Bovenrijn kmr 863: - 40 cm, teruglopend tot 0 bij kmr 884

Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 10 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 65 cm hogere waterstanden op de Waal: + 6 tot 20 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 13 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 14 cm gelijke waterstanden op de Waal

VARIANT D referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort Langsdammen op Waal, Pann kanaal en IJssel
Stand regelwerk Pannerdense Kop	2/3 dicht (15,67 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	volledig dicht
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	te veel afvoer naar de IJssel (+ 30 m ³ /s)
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging bij IJssel kmr 885: - 54 cm verlaging bij IJssel kmr 879: - 26 cm verhoging op de IJssel vanaf kmr 929: ca 6 cm verlaging Pann Kanaal: tot - 6 cm verlaging Waal: - ca 3 cm
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	meer water naar de IJssel, minder water naar de Nederrijn hogere waterstanden op de IJssel: + 10 tot 30 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 28 cm lagere waterstanden op de Waal: - 2 tot 6 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 5 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 10 tot 18 cm lagere waterstanden op de Waal: - 2 tot 3 cm

VARIANT E referentie 2050	
Maatregelen	Gendtse Waard fase 2, Millingerdam fase 2, Kijfwaard, Bijlandtsche kade Langsdammen op Waal, Pann kanaal en IJssel
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/2 dicht (14,68 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	¾ dicht (14,20 m +NAP)
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	verlaging IJssel - 0 tot 5 cm maximale verlaging Bovenrijn kmr 864: - 30 cm, teruglopend tot 0 bij kmr 874
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	lagere waterstanden op de IJssel: - 0 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 5 tot 40 cm hogere waterstanden op de Waal: + 0 tot 15 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 0 tot 5 cm gelijke waterstanden op de Nederrijn

referentie	lagere waterstanden op de Waal: - 2 tot 5 cm
------------	--

VARIANT A-v3b (aangepast Klimaatpark) referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort, aangepast
Stand regelwerk Pannerdense Kop	3/4 dicht (15,63 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	3/4 dicht (14,38 m +NAP), bij dynamische som
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging IJssel kmr 885: - 26 cm, teruglopend tot 7 bij kmr 879
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 0 tot 5 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 0 tot 5 cm gelijke waterstanden op de Waal
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	hogere waterstanden op de IJssel: + 0 tot 5 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 0 tot 5 cm gelijke waterstanden op de Waal

VARIANT J referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort aangepast, Meinerswijk, Huissen Noord
Stand regelwerk Pannerdense Kop	3/4 dicht (15,76 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	1/2 dicht (13,63 m +NAP), bij dynamische som
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging IJssel kmr 885: - 26 cm, teruglopend tot 10 cm 7 bij kmr 879 verlaging Pann kanaal maximaal 8 cm verlaging Nederrijn max 8 cm
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	bepaalde effecten op de IJssel bepaald hogere waterstanden op de Nederrijn: + 0 tot 5 cm gelijke waterstanden op de Waal
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	bepaalde effecten op de IJssel lagere waterstanden op de Nederrijn: - 0 tot 5 cm gelijke waterstanden op de Waal

VARIANT K referentie 2050	
Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort aangepast, Meinerswijk, Huissen Noord Gendt, Millingen, Kijfwaard , Bijlandt Dijkteruglegging Ooij
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/3 dicht (13,85 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	1/2 dicht (13,80 m +NAP), bij dynamische som
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000	maximale verlaging IJssel kmr 885: - 26 cm,

m ³ /s	teruglopend tot 10 cm 7 bij kmr 879 verlaging Pann kanaal maximaal 8 cm verlaging Nederrijn max 8 cm maximale verlaging Waal 40 cm op kmr 863
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	lagere waterstanden op de IJssel: - 0 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 0 tot 30 cm hogere waterstanden op de Waal: + 0 tot 20 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	beperkte effecten op de IJssel beperkte effecten op de Waal beperkte effecten op de Nederrijn

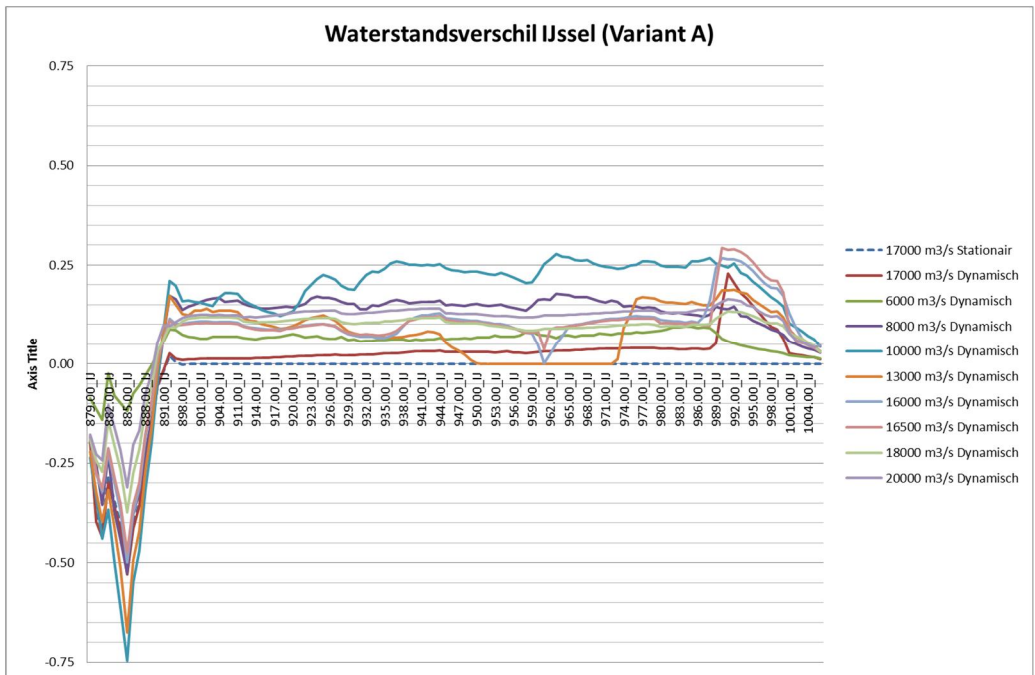
VARIANT L referentie 2050

Maatregelen	Klimaatpark IJsselpoort aangepast, Meinerswijk, Huissen Noord Gendt, Millingen, Kijfwaard , Bijlandt
Stand regelwerk Pannerdense Kop	1/2 dicht (14,80 m +NAP)
Stand regelwerk Hondsbroekse Pleij	1/2 dicht (13,75 m +NAP), bij dynamische som
Afvoerverdeling bij 17.000 m ³ /s	conform beleidsmatig
Waterstanden bij 17.000 m ³ /s	maximale verlaging IJssel kmr 885: - 26 cm, teruglopend tot 10 cm 7 bij kmr 879 verlaging Pann kanaal maximaal 8 cm verlaging Nederrijn max 8 cm maximale verlaging Waal 29 cm op kmr 863
Effecten bij 6.000-16.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	lagere waterstanden op de IJssel: - 0 tot 15 cm lagere waterstanden op de Nederrijn: - 0 tot 30 cm hogere waterstanden op de Waal: + 0 tot 20 cm
Effecten bij 18.000-20.000 m ³ /s ten opzichte van de referentie	beperkte effecten op de IJssel beperkte effecten op de Waal beperkte effecten op de Nederrijn

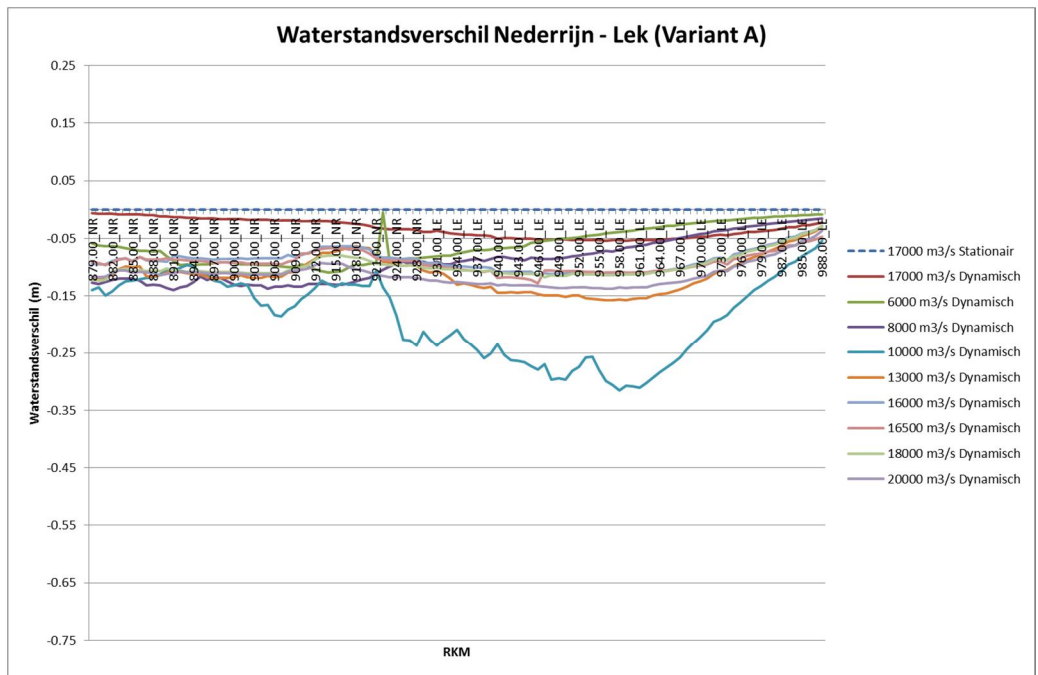
Grafieken waterstandsverschillen

Ter illustratie enkele grafieken die laten zien welke waterstandsverschillen optreden over de riviertakken bij de reeks van afvoergolven. De grafieken laten het verschil zien tussen de referentie en de betreffende variant bij instelling van de regelwerken op een afvoer van 17.000 m³/s. Als referentie is in deze voorbeelden de situatie 2050 genomen, waarin Ruimte voor de rivier is afgerond en de VKS-maatregelen vóór 2050 zijn gerealiseerd

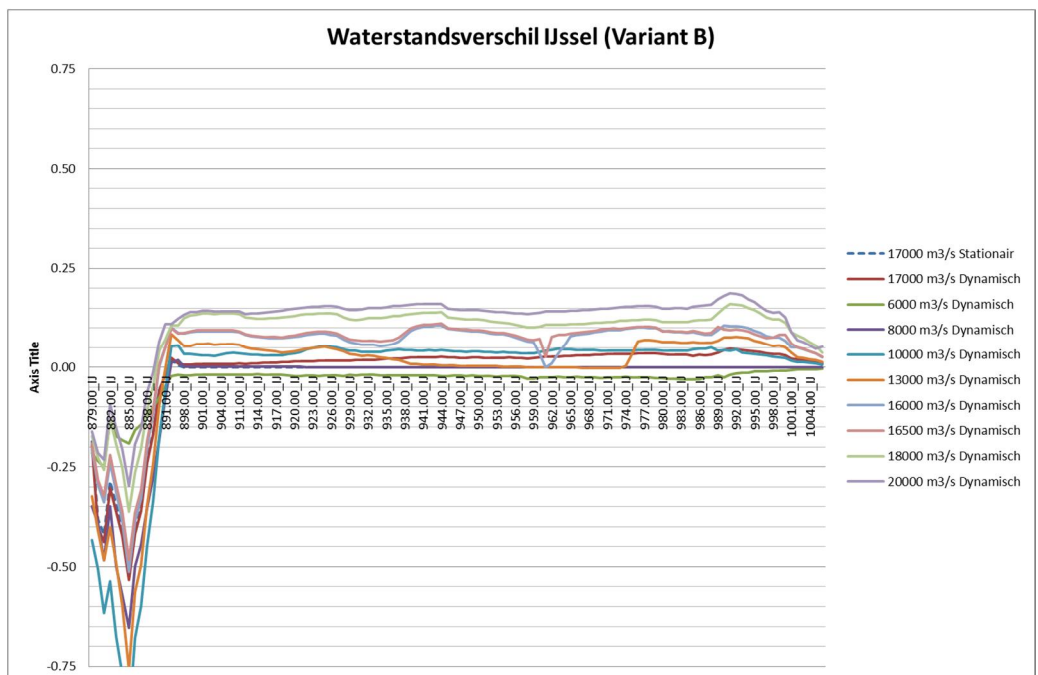
De eerste grafiek toont de effecten van Variant A, "Klimaatpark IJsselpoort", op de IJssel. Te zien is de maximale waterstandsverlaging ter hoogte van kmr 885, en de verhogingen bij alle afvoeren (behalve bij 17.000 m³/s) benedenstrooms.

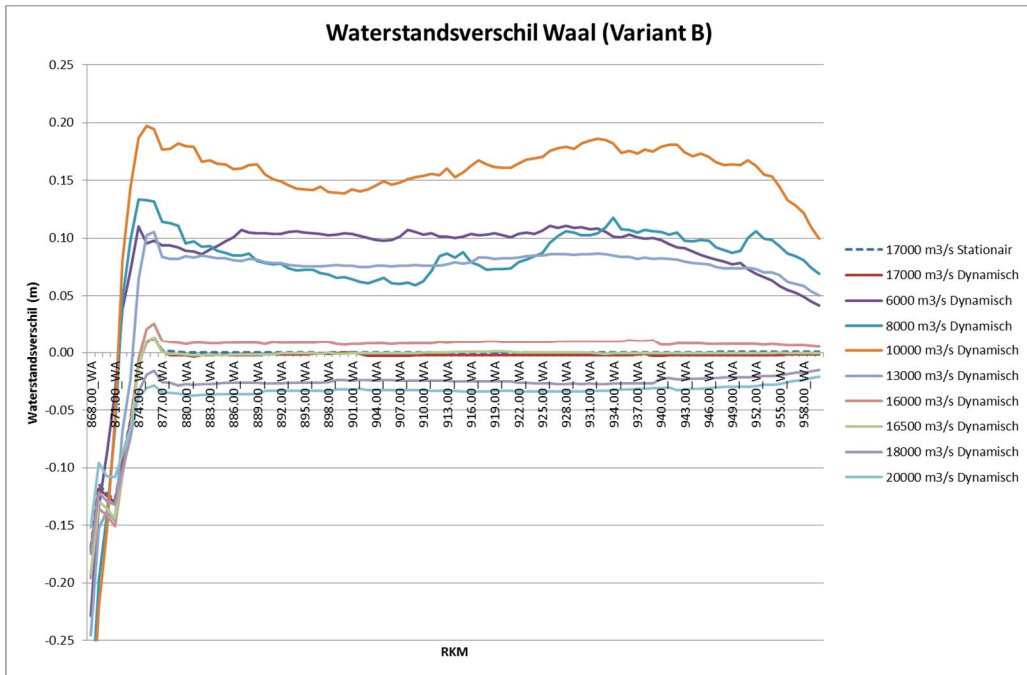


De volgende grafiek laat het effect zien van dezelfde variant over de Nederrijn: waterstandsverlagingen bij alle afvoeren.

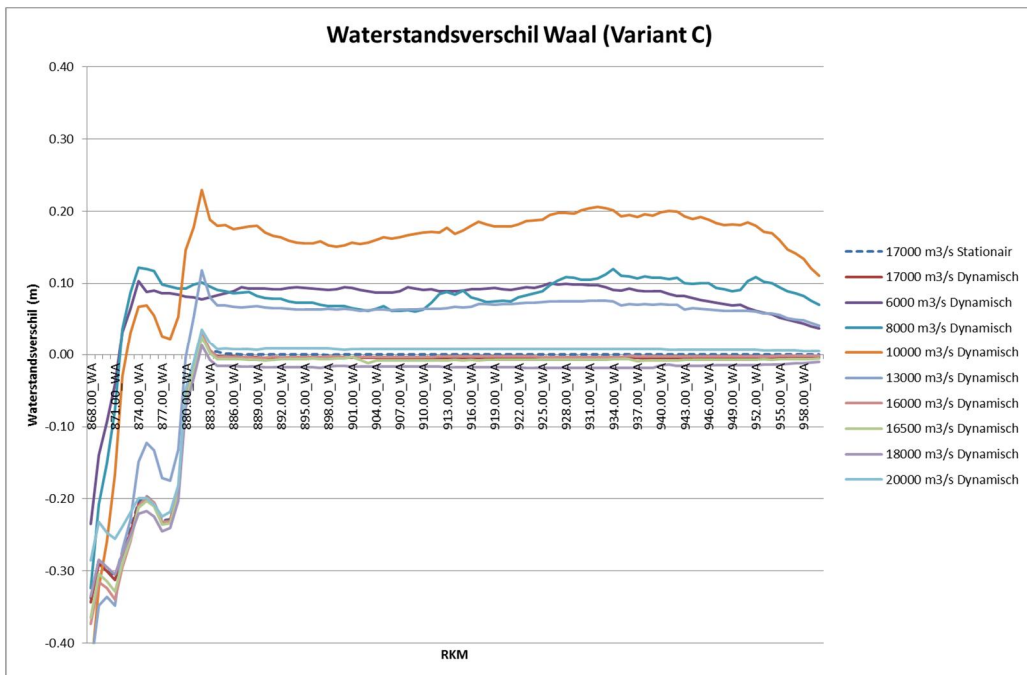


De volgende grafieken laten de effecten zien van variant B, waarin naast Klimaatpark IJsselpoort ook de 4 uiterwaardingsrepen langs Bovenrijn en Waal zijn opgenomen. De waterstandsverschillen over de IJssel zijn kleiner, en over de Waal worden waterstandsverschillen gecreëerd op de middenafvoeren.

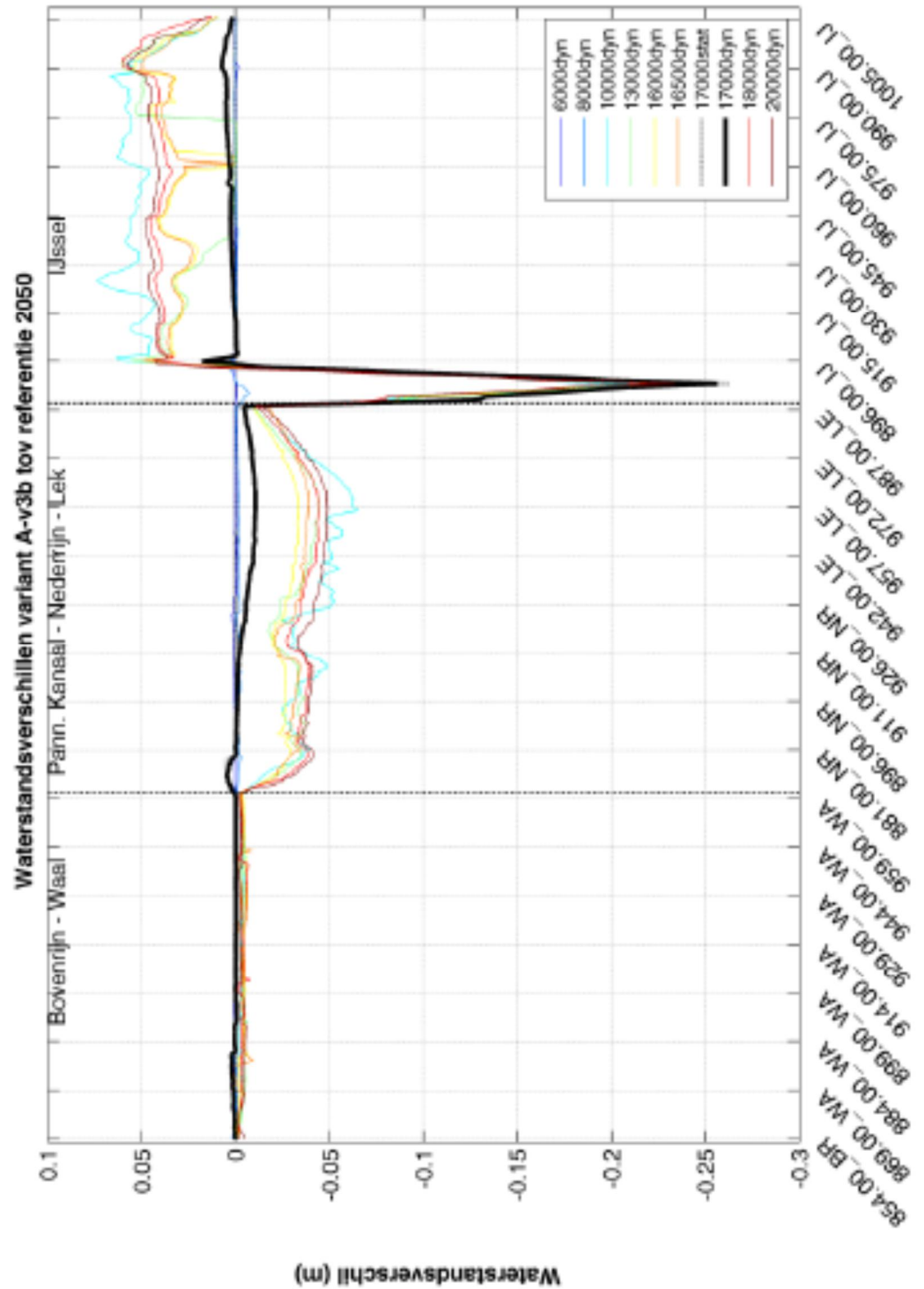




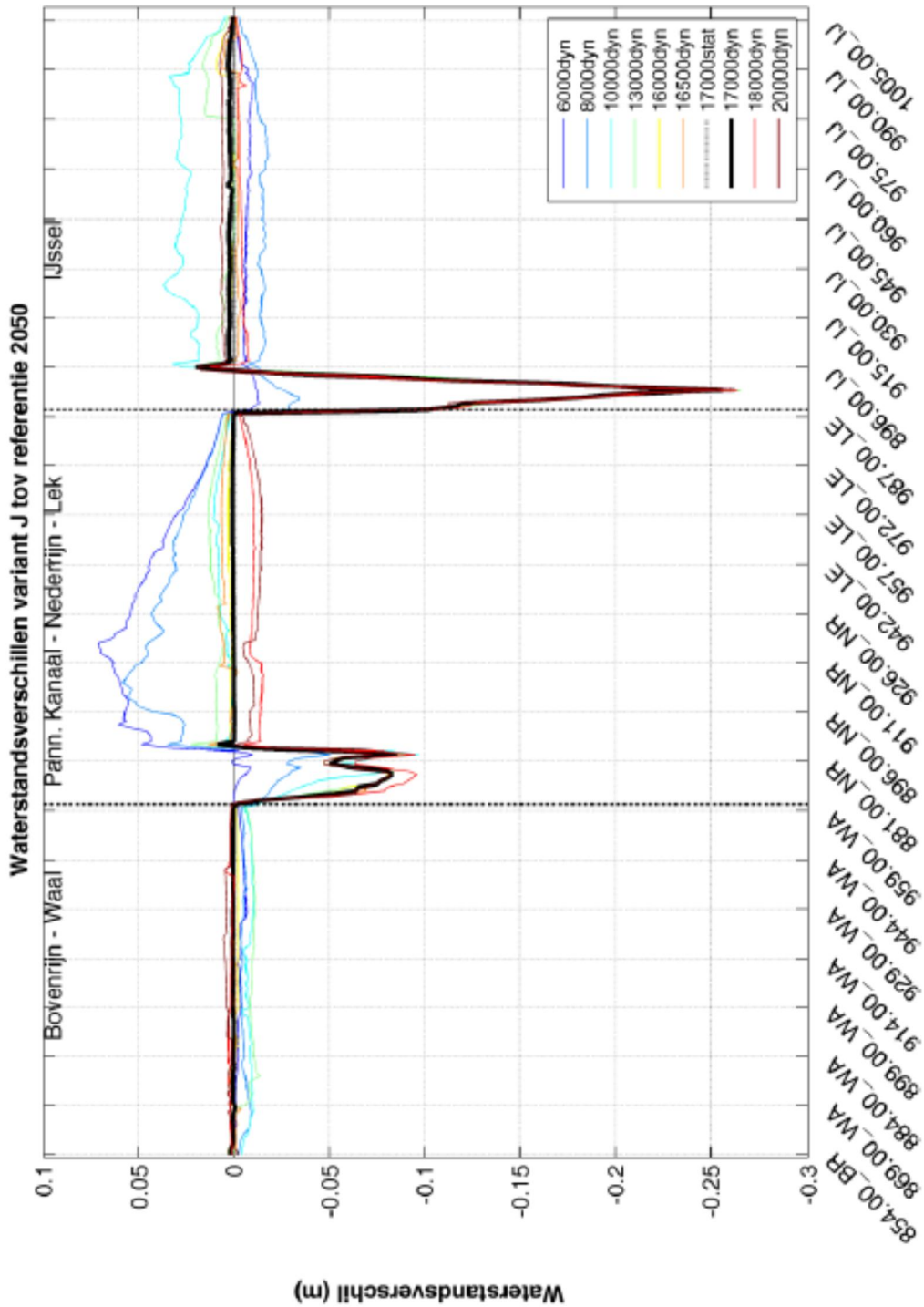
De volgende figuur laat het effect zien van variant C: Klimaatpark IJsselpoort, de 4 uiterwaardengrepen langs Bovenrijn en Waal en de dijkteruglegging Ooij. Het toont de aanvullende waterstandsverlaging ten opzichte van variant B, en het effect benedenstrooms op de Waal bij de middenafvoeren.



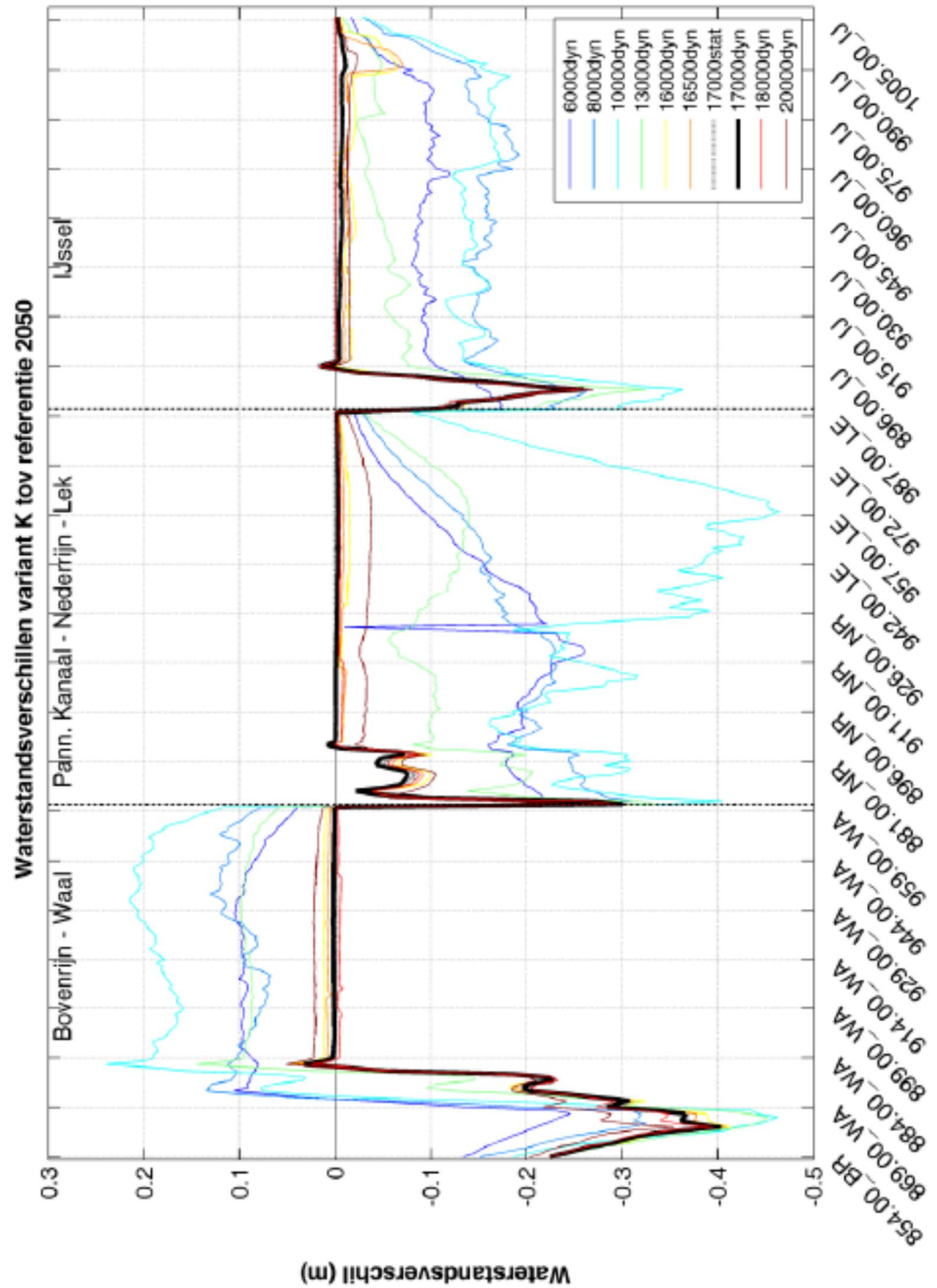
De volgende figuur laat zien het effect zien over alle riviertakken van variant A v3b (aangepast Klimaatpark) ten opzichte van de referentie 2050. De afwijkingen op de takken bij midden en hoge afvoeren zijn duidelijk lager dan bij variant A.



De volgende figuur toont de effecten van variant J (aangepast Klimaatpark + Meinerswijk + Huissen Noord). De afwijkingen op de IJssel bij midden en hoge afvoeren zijn nagenoeg verdwenen. Het geeft waterstandsverlaging op IJssel, Pannerdens kanaal en Nederrijn.



De volgende figuur toont de effecten van variant K (aangepast Klimaatpark + Meinerswijk + Huissen Noord + Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt + dijkteruglegging Ooij): ook waterstandsval op de Bovenrijn en Waal, hogere waterstanden op de Waal bij midden en hoge afvoeren .



De volgende figuur toont de effecten van variant K (aangepast Klimaatpark + Meinerswijk + Huissen Noord + Gendt, Millingen, Kijfwaard, Bijlandt).

