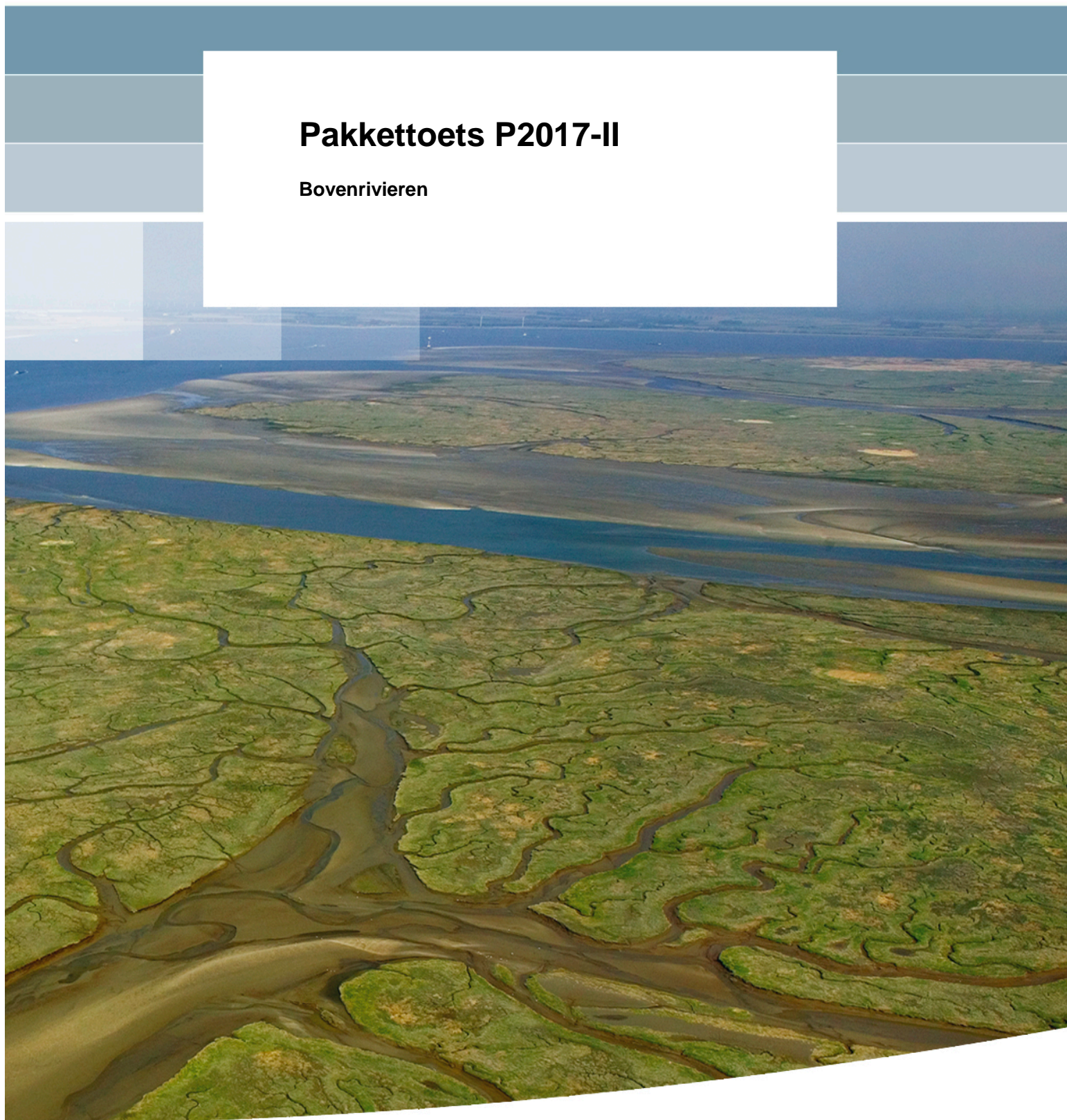


Pakkettoets P2017-II

Bovenrivieren



Pakkettoets P2017-II

Bovenrivieren

Ton Visser
Anke Becker

1207404-042

Titel

Pakkettoets P2017-II

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Programmadirectie Ruimte voor de Rivier	1207404-042	1207404-042-ZWS-0034	41

Trefwoorden

Pakkettoets, Bovenrivieren, P2017-II, PKB, Ruimte voor de Rivier

Samenvatting

Als onderdeel van de PKB Ruimte voor de Rivier heeft het kabinet een pakket maatregelen in het Nederlandse rivierengebied samengesteld. Deltares controleert periodiek of het pakket van maatregelen als geheel voldoet aan de hydraulische taakstelling van de PKB. Bij de pakkettoets wordt uitgegaan van het meest recente beschikbare ontwerp of het laatste SNIP ontwerp. Dit rapport beschrijft de pakkettoets P2017-II voor de Bovenrivieren. Inmiddels zijn de maatregelen uitgevoerd. Daarom is dit de laatste pakkettoets voor de Bovenrivieren. De laatste pakkettoets voor de Benedenrivieren is uitgevoerd in oktober 2016.

Door een vergelijking van deze pakkettoets met het Basispakket (VKA) uit 2004 is gekeken of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij de (bijna) opgeleverde projecten. Daarbij is ook gekeken naar de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996.

Samengevat kan gezegd worden dat het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 grotendeels ook gehandhaafd blijft bij het uiteindelijke pakket van maatregelen. Op veel trajecten realiseert het uitgevoerde pakket van maatregelen meer waterstandsaling dan het VKA. Op de trajecten waar dat niet geldt liggen de waterstanden grotendeels onder de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996. Alleen op de Neder-Rijn/Lek en op het Pannerdensch Kanaal geldt dit niet, hier liggen de maatgevende waterstanden over het algemeen hoger dan bij het VKA en worden de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen van de HR1996-waterstanden groter. Op het Pannerdensch Kanaal komt dit doordat de combinatie van maatregelen rondom de splitsingspunten en op het Pannerdensch Kanaal en de Boven-Rijn, samen met een wijziging in de regeling van de afvoerverdeling in het numerieke model, een andere waterstandsaling oplevert dan in het VKA.

Op ongeveer 2/3 van de **Waal/Boven-Merwede** liggen de maatgevende waterstanden in de pakkettoets P2017-II onder die van het VKA. Op het grootste deel van de trajecten waar de waterstanden wel boven het VKA liggen blijven ze wel ruim onder de HR1996-waterstanden. Alleen de overschrijdingen bij rkm 919-923 (Dreumel tot Varik) en rkm 927 (Rossum) zijn respectievelijk 2 mm en 1 cm groter geworden dan in het VKA. Dit komt door maatregel kribverlaging W3 in combinatie met de langsdammen. Deze combinatie is op het traject tussen rkm 919 en rkm 929 minder effectief geworden dan het referentieontwerp van kribverlaging W3 uit het VKA, terwijl ze op de locatie waar de taakstelling is gedefinieerd (rkm 887,5) juist effectiever is.

Op het traject **Boven-Rijn/Pannerdensch Kanaal** liggen de maatgevende waterstanden bovenstrooms van rkm 865 onder die van het VKA. Benedenstrooms van rkm 865 liggen de maatgevende waterstanden duidelijk hoger dan bij het VKA en wordt de overschrijding van de HR1996-waterstanden benedenstrooms van rkm 869 duidelijk groter (zie uitleg verder boven).

Titel Pakkettoets P2017-II

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Programmadirectie Ruimte voor de Rivier	1207404-042	1207404-042-ZWS-0034	41

Op de **IJssel** verlaagt het huidige pakket van maatregelen de maatgevende waterstanden tussen rkm 957 en rkm 974 duidelijk meer dan het VKA. Bovenstrooms daarvan presteert het huidige pakket op meerdere locaties tot 3 cm slechter vanwege aangepaste ontwerpen van de maatregelen Cortenoever, Voorster Klei, Bolwerksplas en Keizerswaard. Dit heeft een verhoging van tot 3 cm van de reeds voor het VKA geconstateerde overschrijdingen van de HR1996-waterstanden bij rkm 931-933, rkm 945 en rkm 948 tot gevolg. Bij de overige overschrijdingen liggen de maatgevende waterstanden maar enkele millimeters boven of zelfs onder die van het VKA.

De maatgevende waterstanden op de **Beneden-IJssel**, benedenstrooms van rkm 974, liggen grotendeels ruim onder die van het VKA. Alleen bij rkm 1000 presteert het huidige pakket van maatregelen vanwege een aangepast ontwerp van maatregel zomerbedverlaging 1 cm slechter dan het VKA en wordt de overschrijding van de HR1996-waterstanden 1 cm groter.

Op de **Neder-Rijn/Lek** liggen voor het merendeel de maatgevende waterstanden van de pakkettoets hoger dan de maatgevende waterstanden van het VKA. De HR1996-waterstanden worden nu op de gehele Neder-Rijn/Lek overschreden, en met name bovenstrooms van rkm 902 (vanwege een veranderd ontwerp voor NURG-maatregel Lexkesveer) en bij rkm 944 (vanwege aanpassingen in het ontwerp van Ruimte voor de Rivier maatregel Vianen waardoor onder andere de locatie met het maximale effect verschuift) zijn de overschrijdingen groter dan bij het VKA.

Naast de toetsing aan het VKA zijn de maatgevende waterstanden vergeleken met de voorgaande pakkettoets. De veranderingen in de maatregelen zijn klein, alleen de maatregelen Millingen, Huissen en Veessen-Wapenveld zijn vervangen door een nieuw ontwerp. Daardoor veranderen ook de maatgevende waterstanden maar weinig. Alleen op het Pannerdensch Kanaal worden de maatgevende waterstanden meerdere centimeters lager. Dit wordt veroorzaakt door het ten onrechte meenemen van een groot hoogwatervrij terrein in de voorgaande pakkettoetsen. Dit is in deze pakkettoets gerepareerd.

De maatregelen op de IJssel en de Neder-Rijn, die de afvoerverdeling beïnvloeden, trekken ongeveer de beleidsmatig gewenste hoeveelheid water naar de twee takken. Op de Pannerdensch Kop wordt de beleidsmatige verdeling gerealiseerd door het Regelwerk Pannerden.

In het Bovenrivierengebied (BOR) wordt voor de berekening van de waterstandeffecten gebruik gemaakt van de 2D modelsoftware WAQUA. Bij de door Deltares uitgevoerde pakkettoetsen is dezelfde procedure gevolgd en hetzelfde modelinstrumentarium gebruikt als bij eerder door RIZA uitgevoerde pakketberekeningen (Schielen, 2005). De gebruikte modelschematisatie beschrijft het rivierengebied in de situatie van omstreeks 2004, met daarin opgenomen de schematisaties van Ruimte voor de Rivier maatregelen en enkele autonome ontwikkelingen. De schematisatie is gebaseerd op de schematisatie die in het begin van het Ruimte voor de Rivier project beschikbaar was. Dit om te zorgen dat de jaarlijks uitgevoerde pakkettoetsen onderling vergelijkbaar blijven en alleen veranderingen in de schematisaties van maatregelen zichtbaar gemaakt worden.

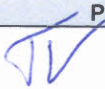


Titel
Pakkettoets P2017-II

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Programmadirectie Ruimte voor de Rivier	1207404-042	1207404-042-ZWS-0034	41

Om dezelfde reden wordt gewerkt met de software-versies die in het begin van het Ruimte voor de Rivier project beschikbaar waren.

De conclusies van deze pakkettoets zijn gebaseerd op WAQUA-berekeningen waarbij bepaalde randvoorwaarden en gebiedgegevens (zoals vegetatie, zomerbedhoogtes, etc.) worden gebruikt en aannames worden gedaan. Deze uitgangspunten worden door PDR als representatief voor de beoordeling van Ruimte voor de Rivier maatregelen ten opzichte van de HR1996-waterstanden gezien.

Veranderingen aan een maatregel kunnen in de pakkettoets een ander effect hebben dan in een individuele toetsing. Dit komt doordat in de pakkettoets de maatregelen elkaar beïnvloeden en omdat in de individuele toetsingen andere referentiemodellen gehanteerd zijn dan in de pakkettoets.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	december 2017	Ton Visser		Aukje Spruyt		Gerard Blom	
		Anke Becker					

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Historie	1
1.3 Doelstelling	2
1.4 Organisatie	3
1.5 Leeswijzer	3
2 Aanpak	5
2.1 Stappenplan	5
2.2 Uitgangspunt	6
2.3 Maatregelen	7
3 Resultaten	11
3.1 Vergelijking met de voorgaande pakkettoets	11
3.1.1 Waal en Boven-Merwede	11
3.1.2 Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal	12
3.1.3 IJssel	13
3.1.4 Neder-Rijn en Lek	15
3.2 Toetsing aan het Basispakket (VKA)	16
3.2.1 Waal en Boven-Merwede	16
3.2.2 Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal	17
3.2.3 IJssel	18
3.2.4 Neder-Rijn en Lek	20
3.3 Afvoerverdeling BOR	21
4 Conclusies	23
4.1 Uitgangspunten	23
4.2 Vergelijking met de voorgaande pakkettoets	24
4.3 Toetsing aan het Basispakket (VKA)	24
4.4 Afvoerverdeling BOR	26
5 Literatuur	27
Bijlage(n)	
A Model en maatregelen BOR	A-1
A.1 Instrumentarium	A-1
A.2 Schematisaties van PKB-maatregelen	A-4
A.3 Huidige situatie	A-7
A.4 Autonome ontwikkelingen	A-7
A.5 Winterbedbegrenzing	A-9
A.6 Beneden-IJssel	A-9
B Overgangsgebieden	B-1
B.1 Waal	B-1
B.2 Lek	B-2

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het parlement heeft in 2006 ingestemd met de Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier (PKB RvdR). De PKB heeft tot doel om “de bescherming tegen overstromingen uiterlijk in 2015 op het wettelijk vereiste niveau te brengen en de ruimtelijke kwaliteit in het rivierengebied te verbeteren” (PDR, 2007). Als onderdeel van de PKB heeft het kabinet een pakket van maatregelen in het Nederlandse rivierengebied samengesteld die inmiddels zijn gerealiseerd.

Iedere maatregel uit het pakket wordt verder ontwikkeld conform het Spelregelkader Natte Infrastructuurprojecten (SNIP). Dit kader beschrijft onder meer een aantal beslismomenten, waarvoor is afgesproken dat Deltares een onafhankelijke hydraulische toetsing uitvoert. Daarnaast dient Deltares periodiek te controleren of het pakket van maatregelen als geheel nog steeds voldoet aan de taakstelling van de PKB (effect ten opzichte van HR1996). Voor de hydraulische toetsingen is het rivierengebied opgeknipt in twee delen: het Bovenrivierengebied (BOR) en het Benedenrivierengebied (BER). Deze gebieden zijn verbonden door het zogenaamde overgangsgebied.

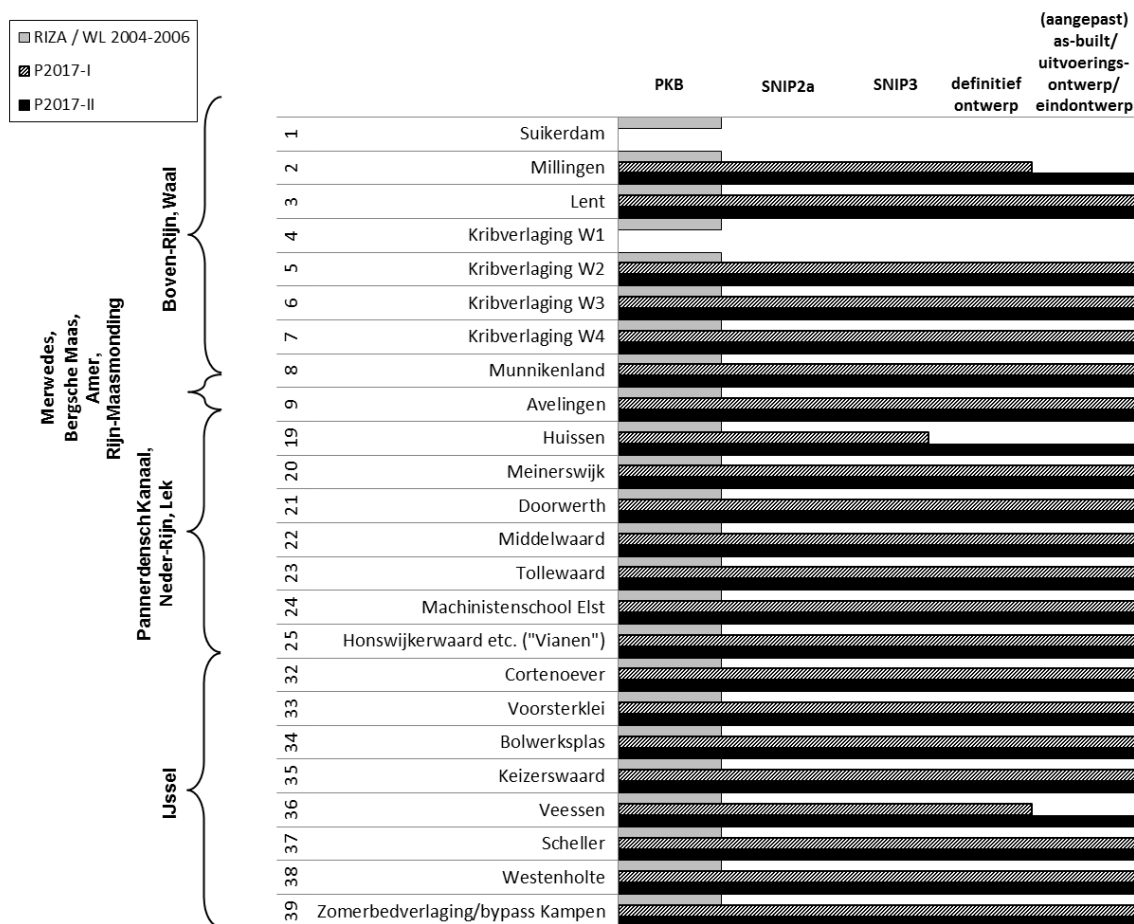
Voorliggend rapport beschrijft de opzet en resultaten van de formele pakkettoets 2017-II voor het Bovenrivierengebied, uitgevoerd in de periode november-december 2017. Dit is de laatste pakkettoets die voor het Bovenrivierengebied uitgevoerd wordt.

1.2 Historie

Om uiterlijk in 2015 het vereiste veiligheidsniveau te bereiken, heeft het kabinet een Basispakket van maatregelen (voorkeursalternatief, VKA) samengesteld (Programmadiirectie Ruimte voor de Rivier, 2007). Per maatregel in het Basispakket is vastgelegd welke waterstanddaling op welk traject bereikt moet worden. Gezamenlijk moeten de maatregelen er voor zorgen dat de waterstanden onder maatgevende omstandigheden onder de waterstanden van HR1996 komen, rekening houdend met trajecten waar dijkversterking wordt toegepast of dijkoverhoogte beschikbaar is.

Voor elke maatregel in het Basispakket is een ontwerp gemaakt, het zogenoemde PKB-referentieontwerp. In de periode 2004 - 2006 is door RIZA (BOR) en WL|Delft Hydraulics (BER) een pakketberekening uitgevoerd (Schielen en Van der Linden, 2005, en Van Gils, 2004). Behalve kadeverlaging Biesbosch zijn in deze berekeningen de schematisaties van alle PKB-referentieontwerpen uit het Basispakket (definitief Voorkeursalternatief) meegenomen. Sinds 2008 wordt de pakkettoets jaarlijks door Deltares uitgevoerd. Daarbij wordt uitgegaan van het laatste SNIP ontwerp of een recenter beschikbaar ontwerp van de maatregelen. Dit kan ook de ingemeten situatie van een reeds uitgevoerde maatregel zijn. De resultaten van de pakkettoets P2017-II worden vergeleken met de voorgaande pakkettoets, P2017-I, en met het Basispakket. De laatstgenoemde vergelijking laat zien of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij de (bijna) opgeleverde projecten. Daarbij is ook gekeken naar de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996.

Figuur 1.1 laat voor alle maatregelen uit het Basispakket zien welke schematisatie is meegenomen in de actuele (zwart), de voorgaande (donker grijs) en de eerste (2004-2006, licht grijs) pakkettoets. De schematisaties van een deel van de maatregelen zijn niet volledig gebaseerd op de ingemeten As-Built situatie. Deze worden daarom aangegeven als "Uitvoeringsontwerp". De schematisaties van de maatregelen voor kribverlaging zijn een mix van ingemeten gegevens en aannames, daarom worden deze omschreven als "Eindontwerp". Meer uitleg over de verschillende maatregelen is opgenomen in paragraaf 2.3 en Tabel 2.1.



Figuur 1.1 Lijst met schematisaties die opgenomen zijn in de uitgevoerde pakkettoetsen 2017-I (donker grijs) en 2017-II (zwart) en in het Basispakket (VKA, licht grijs).

1.3 Doelstelling

Schielen (2008) heeft de doelstelling van de pakkettoets als volgt verwoord:

“Het doel van de pakkettoets is om te bezien of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij de verschillende SNIP2a en SNIP3 uitwerkingen van de projecten.”

Bij de pakkettoets wordt getoetst aan het uitgangspunt van de PKB, dus de maatgevende waterstanden die voor het Basispakket van maatregelen (VKA) berekend zijn.

Daarnaast wordt gekeken naar de feitelijke, formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996. Dit in tegenstelling tot de individuele toetsingen van de maatregelen, waarbij wordt getoetst op waterstandverlagend effect. Inmiddels zijn de meeste maatregelen al uitgevoerd en wordt met de pakkettoets ook gecontroleerd of de realisatie nog steeds in lijn is met de uitgangspunten van PKB Ruimte voor de Rivier.

De pakkettoets zal steeds met dezelfde uitgangssituatie uitgevoerd worden, zowel met betrekking tot de schematisatie als de software, tenzij er fouten in de uitgangssituatie gevonden worden die, in overleg met de opdrachtgever, hersteld moeten worden.

1.4 Organisatie

De werkzaamheden zijn uitgevoerd door Ton Visser. De projectleiding was in handen van Anke Becker. Koen Volleberg fungeerde als contactpersoon namens de opdrachtgever.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de aanpak van de pakkettoets beschreven. Hier wordt het stappenplan toegelicht en aangegeven welke maatregelen ten opzichte van de eerdere pakkettoetsen zijn veranderd. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de berekeningen gegeven. Tenslotte volgen in hoofdstuk 4 de conclusies.

2 Aanpak

2.1 Stappenplan

Vanaf de tweede helft van 2008 wordt één of twee keer per jaar een pakkettoets gemaakt door Deltares. De werkzaamheden van de pakkettoets voor de Bovenrivieren zijn als volgt gefaseerd:

1 Schematiseren huidige situatie en autonome ontwikkelingen

Allereerst dient het referentiemodel te worden aangepast om de zogenoemde huidige situatie, dat is de situatie van ongeveer 2004 (zie bijlage A.3), en de autonome ontwikkelingen tot 2015 (zie bijlage A.4) weer te geven. Met autonome ontwikkelingen zijn hier ingrepen in het rivierengebied buiten de PKB om bedoeld. De autonome ontwikkeling van de zomerbedbodem is hier dus geen onderdeel van. Voor de autonome ontwikkelingen die bijdragen aan het halen van de taakstelling worden schematisaties van NURG-maatregelen (Nadere Uitwerking RivierenGebied) en overige ontwerpen meegenomen. Hierbij wordt opgemerkt dat in geval van de meeste NURG-ontwerpen er door Deltares een toetsing is uitgevoerd op de schematisatie van de maatregel. De overige ontwerpen van autonome ontwikkelingen, die niet door Deltares zijn getoetst, zijn door PDR in de beginfase ter beschikking gesteld en blijven hetzelfde als in het Basispakket.

2 Schematiseren PKB-maatregelen

Vervolgens moeten de PKB-maatregelen worden ingebouwd. Uitgangspunt zijn de schematisaties uit het PKB-Basispakket. Indien voor een maatregel een SNIP-ontwerp of een ander vastgesteld ontwerp beschikbaar is, wordt het PKB-ontwerp door de schematisatie van dat ontwerp vervangen. Het op deze manier opgebouwde model beschrijft het rivierengebied in de situatie van omstreeks 2004, met daarin opgenomen de schematisaties van Ruimte voor de Rivier maatregelen en enkele autonome ontwikkelingen.

3 Berekening randvoorwaarden ten behoeve van pakkettoets BOR

De benedenstroomse randvoorwaarde voor het WAQUA-model van het Bovenrivierengebied wordt bepaald door een enkelvoudige berekening van het SOBEK-model van het Benedenrivierengebied. Vervolgens wordt op twee locaties de waterstand bepaald. Deze locaties zijn:

op de Lek, rivierkilometer (rkm) 988,6 ter plaatse van Krimpen aan de Lek;

op de Waal, rkm 960,9 ter plaatse van Werkendam.

Deze berekening wordt met een aangepast SOBEK-model voor BER opnieuw gedaan als er veranderingen in de maatregelen van het BER-gebied zijn.

Voor de voorliggende pakkettoets P2017-II is deze stap reeds uitgevoerd in het kader van de pakkettoets P2016-II voor het BER-gebied (Fujisaki & Becker, 2017). De randvoorwaarden zijn dus niet veranderd ten opzichte van de voorgaande pakkettoets.

4 Berekening pakkettoets

De MHW's (maatgevende hoogwaterstanden) worden per rivierkilometer bepaald. In het Bovenrivierengebied wordt daarbij de beleidsmatig vastgelegde afvoerverdeling opgelegd.

5 Koppeling BOR en BER

De schematisaties van het Beneden- en Bovenrivierengebied overlappen elkaar deels. Het gaat hier om de trajecten Neder-Rijn/Lek en Waal. Als gevolg van het gebruik van verschillende instrumentaria worden er voor hetzelfde traject verschillende waterstanden berekend. Om de berekende waterstanden goed op elkaar aan te laten sluiten is er een overgang tussen beide modellen gedefinieerd. De gevolgde methode voor het koppelen van BER- en BOR-resultaten in het overgangsgebied wordt beschreven in Schielen (2005). In het voorliggende rapport worden de resultaten van de BOR-pakkettoets P2017-II en de laatste beschikbare BER-pakkettoets (P2016-II BER, Fujisaki & Becker, 2017) gekoppeld.

6 Toetsing pakket aan HR1996 en het Basispakket (VKA)

Tenslotte worden de berekende MHW's vergeleken met de resultaten van het PKB-Basispakket (berekeningen van RIZA (Schielen, 2005)) en de HR1996-waterstanden. Aan de hand van deze vergelijking kan worden gezien of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij de meest recente uitwerkingen van de projecten. Bovendien worden de berekende MHW's vergeleken met de resultaten van de voorgaande pakkettoets om veranderingen goed te kunnen volgen. Op een aantal trajecten is en was sprake van een resttaakstelling die niet (of zeer moeilijk) met rivierverruimende maatregelen is op te lossen. Voor deze trajecten is daarom in het verleden gekozen voor het inzetten van dijkverhoogte (indien aanwezig) of dijkversterking als maatregel. Daarmee komen de MHW's van de pakketten van RIZA uit 2004-2006 in beeld als nieuwe 'taakstelling': op basis daarvan zijn namelijk de trajecten gedefinieerd waarvoor andere oplossingen gezocht dienden te worden. De resultaten van de pakkettoets P2017-II worden daarom ook vergeleken met de resultaten van de pakketten 2004-2006. In de voorliggende pakkettoets wordt ervan uitgegaan dat deze verhoogten daadwerkelijk aanwezig en voldoende groot zijn en dat de dijkversterkingen daadwerkelijk en in voldoende mate uitgevoerd worden.

7 Afvoerverdeling Bovenrivierengebied

Om de invloed van het maatregelenpakket in het Bovenrivierengebied op de werkelijke afvoerverdeling te bepalen wordt er voor dit gebied ook een berekening gemaakt met een vrije afvoerverdeling. Sinds de pakkettoets P2011-I wordt in deze berekening door middel van het regelwerk Pannerden de beleidsmatige afvoerverdeling vastgehouden op de Pannerdensche Kop. In feite is de afvoerverdeling dus op de IJsselkop vrij en op de Pannerdensche Kop vast.

2.2 Uitgangspunt

Voor het BOR wordt het referentiemodel zoals het ook door RIZA is gebruikt als uitgangspunt gehanteerd (zie bijlage A.1). Om alle aangepaste schematisaties van maatregelen goed op te kunnen nemen is net als in de voorgaande pakkettoets (P2017-I, Visser & Becker, 2017) een uitgebreid rooster gebruikt (zie bijlage A.1). Voor de berekeningen met opgelegde beleidsmatige afvoerverdeling in het Bovenrivierengebied (WAQUA) is dezelfde aanpassing van het model toegepast als die in de voorgaande pakkettoets. Vanwege het grote waterstandverlagende effect van de maatregel Lent wijkt de afvoerverdeling met het actuele pakket van maatregelen en de oorspronkelijke regelwerken namelijk sterk af van de beleidsmatige verdeling. De oorspronkelijk toegepaste manier om de verdeling in het model recht te trekken (kunstmatige regelwerken) werkt niet meer. Daarom is het regelwerk aan het begin van het Pannerdensch Kanaal vergroot tot een regelwerk vergelijkbaar met het nieuwe Regelwerk Pannerden (zie Bijlage A.4), en is het kunstmatige regelwerk aan het begin van de Waal verwijderd.

Het model beschrijft het rivierengebied in de situatie van omstreeks 2004, met daarin opgenomen de schematisaties van Ruimte voor de Rivier maatregelen en enkele autonome ontwikkelingen.

2.3 Maatregelen

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de schematisaties van de PKB-maatregelen die in de pakkettoets P2017-II worden meegenomen. Ten opzichte van de pakkettoets P2017-I is een aantal maatregelen verder uitgewerkt:

- Extra uiterwaardvergraving Millingerwaard (Definitief Ontwerp → As-Built)
- Uiterwaardvergraving Huissensche Waarden (kadeverlaging Scherpekamp) (SNIP3 → As-Built)
- Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld (Definitief Ontwerp → Uitvoeringsontwerp)

Daarnaast zijn ten opzichte van de voorgaande pakkettoets maatregelen verbeterd naar aanleiding van de bevindingen uit de individuele toetsingen:

- Dijkverlegging Cortenoever (verbeterde Baseline maatregel van de As-Built situatie)
- Dijkverlegging Voorsterklei (verbeterde Baseline maatregel van de As-Built situatie)
- Uiterwaardvergraving Scheller en Oldeneler Buitenwaarden (verbeterde Baseline maatregel van het Uitvoeringsontwerp)
- Dijkverlegging Westenholte (verbeterde Baseline maatregel van het Uitvoeringsontwerp)
- Zomerbedverlaging Beneden-IJssel (verbeterde Baseline maatregel van de As-Built situatie)

Voor de autonome ontwikkelingen zijn geen aangepaste plannen meegenomen.

Het kunstwerk Hondsbroeksche Pleij is, zoals in de voorgaande pakkettoetsen, in de berekeningen dicht gehouden. De bypass Kampen is zoals in de voorgaande pakkettoets volledig in de schematisatie opgenomen. De stroming door de bypass wordt echter nog steeds gemodelleerd door middel van een onttrekking bij de inlaat en een lozing in het Vossemeer. Dit omdat nog niet duidelijk is hoe het inlaatkunstwerk eruit komt te zien.

Ter plaatse van de inlaat van de Bypass Kampen (rkm 991) is een onttrekking opgelegd van $340 \text{ m}^3/\text{s}$ voor de situaties met herhalingstijden van 2000 jaar en 1250 jaar. Wij merken op dat deze wijziging niet voortkomt uit een in Baseline geschematiseerde maatregel. De waarde van $340 \text{ m}^3/\text{s}$ voor een constante onttrekking is ons verstrekt door de PDR. Er dient geverifieerd te worden of dit een realistische aanname voor de afvoer door de bypass in de bouwfase is. Ook zou een onderscheid gemaakt moeten worden tussen de verschillende herhalingstijden. Bij de monding van de bypass in het Vossemeer is een lozing van dezelfde waarde opgelegd.

De Baseline-schematisaties van de maatregelen van de As-Built fase gaan in sommige gevallen uit van een interventieniveau voor de vegetatie, de diepte van geulen en de kruinhoogte van dijken. Voor de gebruikte maatregel-schematisaties van de As-Built fase geldt dus dat:

- de vegetatie niet altijd de actuele situatie weergeeft (voor de maatregelen waarin een beheerterruimte is voorzien, wordt de interventieniveau vegetatie meegenomen);
- de bodemhoogte in geulen soms hoger is dan in de actuele situatie om de invloed van sedimentatie mee te nemen (niet gebaseerd op berekeningen);
- de kruinhoogtes van de nieuwe dijken soms lager liggen dan ingemeten voor de actuele situatie om de invloed van restzetting mee te nemen. De restzetting is niet altijd op basis van berekeningen opgenomen.

De aanpak voor het schematiseren van het interventieniveau verschilt per maatregel. In elk geval geven de maatregel-schematisaties niet exact de actuele situatie weer maar de interventiesituatie.

Voor de maatregel Cortenoever heeft de hydraulisch adviseur van de realisator op WAQUA-niveau een duiker gesimuleerd die in werkelijkheid onder het nieuw gebouwde gemaal Laag Helbergen doorloopt. Het debiet door de duiker wordt in WAQUA opgegeven door middel van een vaste onttrekking op een WAQUA-locatie voor het gemaal en een vaste lozing op een WAQUA-locatie achter het gemaal. De onttrekking en lozing zijn ingesteld op $9 \text{ m}^3/\text{s}$. De onttrekking en lozing zijn in deze pakkettoets meegenomen.

Voor de maatregel Voorsterklei heeft de hydraulisch adviseur van de realisator op WAQUA-niveau een duiker gesimuleerd die in werkelijkheid onder het nieuw gebouwde gemaal Nijenbeek doorloopt. Ook het debiet door deze duiker wordt in WAQUA opgegeven door middel van een vaste onttrekking op een WAQUA-locatie voor het gemaal en een vaste lozing op een WAQUA-locatie achter het gemaal. De onttrekking en lozing zijn ingesteld op $9 \text{ m}^3/\text{s}$. De onttrekking en lozing zijn in deze pakkettoets meegenomen.

Voor de maatregel Meinerswijk heeft de hydraulisch adviseur van de realisator een onttrekking van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ opgelegd bij rkm 882.1 en een laterale toestroom van dezelfde afvoer bij rkm 882.8. Omdat dit niet onderbouwd werd (Zagonjoli, 2015), is deze onttrekking niet meegenomen in deze pakkettoets.

De maatregel Doorwerth is door Deltares in eerste instantie afgekeurd voor verder gebruik vanwege fouten in de schematisatie. Inmiddels is er een verbeterde Baseline-maatregel beschikbaar en meegenomen in de pakkettoets. Deze is niet getoetst door Deltares. Daarnaast wordt bij Doorwerth - naast de Ruimte voor de Rivier maatregel - een autonome ontwikkeling (maatregel nr_doorwcl_a2) meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect.

Voor de maatregel Elst wordt, naast de Ruimte voor de Rivier maatregel, een autonome ontwikkeling (maatregel nr_ameron3_c1) meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect.

De schematisatie voor de "As-Built" situatie bij Avelingen is door PDR aangeleverd (Volleberg, 2014) maar niet gereviewed door Deltares. Volgens PDR omschrijft deze maatregel de "As-Built" situatie goed.

Tabel 2.1 Schematisatie van de PKB-maatregelen in de pakkettoets 2017-II (grijze achtergrond: veranderingen t.o.v. de pakkettoets 2017-I).

Nummer	Maatregel	schematisatie					
		PKB	SNIP2a	SNIP3	Definitief ontwerp	Uitvoeringsontwerp	Eindontwerp ⁽¹³⁾
1	Obstakelverwijdering Suikerdam en polderkade naar de Zandberg	geschrappt					
2	Extra uiterwaardvergraving Millingerwaard ⁽¹¹⁾						X
3	Dijkteruglegging Lent ⁽¹⁾					X	
4	Kribverlaging Waalbochten	geschrappt					
5	Kribverlaging Midden-Waal ⁽¹³⁾					X	
6	Kribverlaging Waal Fort St. Andries ⁽¹³⁾					X	
7	Kribverlaging Beneden-Waal ⁽¹³⁾					X	
8	Uiterwaardvergraving Brakelse Benedenwaarden en Dijkverlegging Buitenpolder het Munnikenland ⁽²⁾						X
9	Uiterwaardvergraving Bedrijventerrein Avelingen ⁽³⁾						X
19	Uiterwaardvergraving Huissensche Waarden ⁽⁴⁾						X
20	Uiterwaardvergraving Meinerswijk						X
21	Uiterwaardvergraving Doorwerthsche Waarden ⁽⁵⁾⁽¹⁾						X
22	Uiterwaardvergraving Middelwaard						X
23	Uiterwaardvergraving De Tollewaard ⁽¹⁾						X
24	Obstakelverwijdering Machinistenschool Elst ⁽⁶⁾						X
25	Uiterwaardvergraving Honswijkerwaarden, stuweiland Hagestein, Hagesteinse Uiterwaard en Heerenwaard ⁽⁷⁾						X
32	Dijkverlegging Cortenoever ⁽¹²⁾						X
33	Dijkverlegging Voorster Klei ⁽¹²⁾						X
34	Uiterwaardvergraving Bolwerksplas, Worp en Ossenwaard						X
35	Uiterwaardvergraving Keizers- en Stobbenwaarden en Olsterwaarden						X
36	Hoogwatergeul Veessen-Wapenveld					X	
37	Uiterwaardvergraving Scheller en Oldeneler Buitenwaarden ⁽⁸⁾⁽¹²⁾					X	
38	Dijkverlegging Westenholte ⁽⁹⁾⁽¹²⁾					X	
39	Zomerbedverlaging Beneden-IJssel ⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾ / bypass Kampen (Reevediep)						X

- ⁽¹⁾ In de pakkettoets P2017-I betreft dit een verbeterde Baseline-maatregel t.o.v. de Baseline-maatregel in de pakkettoets P2016-I. Het ontwerp is niet gewijzigd. De verbeterde maatregel is niet getoetst door Deltares.
- ⁽²⁾ De in de pakkettoets P2017-II toegepaste maatregel Munnikenland (wl_munsit_f3) is de verbeterde As-Built-maatregel geleverd door de PDR voor de pakkettoets P2017-I. Voor gebruik in de pakkettoets is in de maatregel een ruwheidscode aangepast omdat hij niet paste bij het instrumentarium van de pakkettoets. Naast de Ruimte voor de Rivier maatregel wordt een maatregel meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect die hoogteveranderingen (aanpassing van plasgegevens) introduceert buiten het RvdR gebied.
- ⁽³⁾ De schematisatie voor de "As-Built" situatie bij Avelingen is door PDR aangeleverd (Volleberg, 2014) maar niet gereviewed door Deltares. Volgens PDR omschrijft deze maatregel de "As-Built" situatie goed.
- ⁽⁴⁾ Dit betreft de schematisatie van de As-Built maatregel van de kadeverlaging Scherpekamp.
- ⁽⁵⁾ De maatregel Doorwerth is door Deltares afgekeurd voor verder gebruik vanwege fouten met betrekking tot o.a. het juist schematiseren van het ontwerp in de schematisatie. De maatregel is alsnog opgenomen in de pakkettoets, omdat er nog geen verbeterde versie (t.o.v. het ontwerp) beschikbaar is. Naast de Ruimte voor de Rivier maatregel wordt een autonome ontwikkeling (maatregel nr_doorwcl_a2) meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect.
- ⁽⁶⁾ Voor de maatregel Elst wordt er naast de Ruimte voor de Rivier maatregel een autonome ontwikkeling (maatregel nr_ameron3_c1) meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect.
- ⁽⁷⁾ De maatregel Uiterwaardvergraving Honswijkerwaarden, stuweiland Hagestein, Hagesteinse Uiterwaard en Heerenwaard, kortweg Vianen of Ruimte voor de Lek, bestaat uit acht Baseline-maatregelen. Drie Baseline-maatregelen zijn autonome ontwikkelingsmaatregelen die meegenomen worden bij het beoordelen van het hydraulische effect. Van de vijf Ruimte voor de Rivier Baseline-maatregelen zijn er twee, "le_asbSE_a1" en "le_asbVW_a1", door Deltares na toetsing van de As-Built-maatregel afgekeurd. Deltares beschouwt de maatregel niet als echt As-Built. De verbeterde maatregelen zijn in de huidige pakkettoets opgenomen, maar nog niet door Deltares gereviewd.
- ⁽⁸⁾ Tijdens de toetsing van de As-Built-maatregel Scheller heeft Deltares geconcludeerd dat de maatregel niet de As-Built-situatie weergeeft, maar meer een gemengde schematisatie is die bestaat uit verschillende gegevensbronnen uit verschillende jaren en die wordt gebruikt om het hydraulische effect te berekenen. Deze maatregel is ondanks de conclusie van Deltares wegens gebrek aan een betere schematisatie wel in de pakkettoets opgenomen.
- ⁽⁹⁾ Tijdens de toetsing van de As-Built maatregel Dijkverleging Westenholte heeft Deltares geconcludeerd dat de maatregel niet beschouwd kan worden als een As-Built-maatregel. De Baseline-maatregel is gebaseerd op het uitvoeringsontwerp met op een aantal locaties een aanpassing volgens de ingemeten As-Built-situatie.
- ⁽¹⁰⁾ De Baseline-schematisatie van het As-Built-project Zomerbedverlaging Beneden-IJssel bestaat niet alleen uit de zomerbedverlagingsmaatregel maar ook uit een paar uiterwaardmaatregelen die of al wel of nog niet uitgevoerd zijn. Zo is de uiterwaard-maatregel Scherenwelle nog niet uitgevoerd. Hiervoor is nog geen As-Built-maatregel, maar is een Baseline-maatregel van het voorlopig ontwerp toegepast gebaseerd op oude ontwerpen. De bypass Kampen is, op het gebied voor de inlaat naar de bypass na, alleen opgenomen als een onttrekking van afvoer. Het water stroomt niet door de bypass. Het is niet duidelijk hoe sterk de berekende waterstandsvaling zou veranderen als de bypass wel in zijn geheel mee gemodelleerd zou worden.
- ⁽¹¹⁾ De maatregel Millingen is recent door Deltares getoetst en bevat niet alleen wijzigingen door de Ruimte voor de Rivier maatregel en de As-Built metingen, maar ook een actualisatie uit 2012 op basis van toen beschikbare topografische gegevens en landgebruik gegevens. Deltares kan niet aangeven of deze actualisatie buiten het gebied van de maatregel correct is.
- ⁽¹²⁾ In de pakkettoets P2017-II betreft dit een verbeterde Baseline-maatregel t.o.v. de Baseline-maatregel in de pakkettoets P2017-I. Het ontwerp is niet gewijzigd. De verbeterde maatregel is niet getoetst door Deltares.
- ⁽¹³⁾ De PDR heeft, in haar verzoek om toetsing van de kribverlagingsmaatregelen, aangegeven dat de huidige modelschematisaties niet volledig zijn gebaseerd op de veldmetingen die de gerealiseerde situatie beschrijven. De maatregelschematisaties beschrijven dus niet de situatie in het veld na aanleg van het RvdR project. De schematisaties zijn veeleer een mix tussen de veldgegevens en aannames. Het ontwerp van deze maatregelen wordt dan ook omschreven als "Eindontwerp (EO)". Voor de langsdammen is de schematisatie van het SNIP3 ontwerp gebruikt.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de pakkettoets P2017-II gepresenteerd. Eerst worden in paragraaf 3.1 de verschillen tussen de actuele en de voorgaande pakkettoets getoond. Paragraaf 3.2 presenteert vervolgens de waterstandverschillen tussen de actuele pakkettoets en het VKA (Basispakket van maatregelen). Deze geven aan of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij het uiteindelijke pakket van maatregelen. Daarbij is ook gekeken naar de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996. Tot slot wordt in paragraaf 3.3 aangegeven hoe de Ruimte voor de Rivier maatregelen de afvoerverdeling op de Rijntakken beïnvloeden.

Veranderingen aan een maatregel (bijvoorbeeld aanpassen van een ruwheid, schrappen van een maatregel) kunnen in de pakkettoets een ander effect hebben dan in een individuele toetsing. Dit komt onder andere doordat in de pakkettoets de maatregelen elkaar beïnvloeden. Vanwege het grote aantal waterstandverlagende maatregelen zijn de absolute waterstanden in de pakkettoets lager. Een andere reden is dat in de individuele toetsingen andere referentiemodellen gehanteerd zijn dan in de pakkettoets. Vooral in het BER kunnen de verschillen tussen de referentiemodellen groot zijn.

In de overgangsgebieden op de benedenstroomse delen van de Boven-Merwede en de Lek zijn de resultaten van de voorliggende pakkettoets voor het BOR-gebied gecombineerd met de resultaten van pakkettoets P2016-II voor het BER-gebied (zie bijlage B). Omdat er geen nieuwe pakkettoets voor BER is uitgevoerd zijn hier de resultaten van de laatste beschikbare toets (P2016-II, Fujisaki & Becker, 2017) gebruikt. Op de resultaten voor het Bovenrivierengebied is topvervlakking toegepast.

3.1 Vergelijking met de voorgaande pakkettoets

In Figuur 3.1 tot en met Figuur 3.5 is het waterstandsverschil ten opzichte van de MHW's van 1996 (HR1996) weergegeven voor zowel de pakkettoets P2017-II als de voorgaande pakkettoets P2017-I (Visser & Becker, 2017). Om inzichtelijk te maken welke veranderingen optreden ten opzichte van de voorgaande pakkettoets (P2017-I) is het waterstandsverschil tussen P2017-II en P2017-I opgenomen in de figuren (rode lijnen, geschaald volgens de rechters).

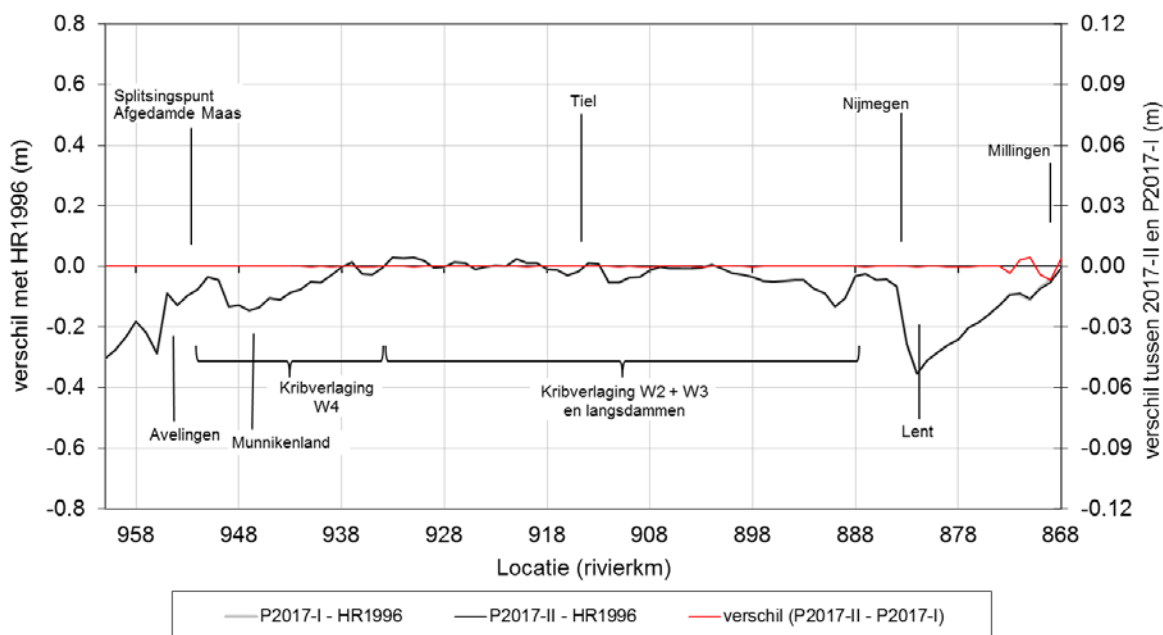
3.1.1 Waal en Boven-Merwede

Figuur 3.1 toont de verschillen tussen de actuele en de voorgaande pakkettoets voor de Waal en Boven-Merwede. Op de zuidoever begint bij rkm 952 dijkkring 24 (Land van Altena) met een normfrequentie van 1/2000. Bovenstrooms geldt een normfrequentie van 1/1250. Op de noordoever ligt de overgang bij rkm 955 (dijkkring 16, Alblasserwaard en Vijfherenlanden). Voor het traject 953-955 gelden daarom de resultaten uit SOBEK voor de normfrequenties 1/1250 en 1/2000. De overgang tussen de WAQUA- en de SOBEK-resultaten is niet veranderd ten opzichte van de voorgaande pakkettoets (rkm 955, bij Gorinchem).

Op de Waal is ten opzichte van de voorgaande pakkettoets alleen de maatregel Millingen veranderd. Voor deze maatregel is nu de Baseline-maatregel van de As-Built situatie in de pakkettoets meegenomen.

Deze maatregel zorgt ten opzichte van de voorgaande pakkettoets voor een iets lagere waterstandsdaling (0,5 cm) bij rkm 868 en tussen rkm 871 en 872 en voor iets meer waterstandsdaling bij rkm 873 (0,3 cm) en maximaal 0,7 cm meer tussen rkm 869 en 870. Dit is in overeenstemming met de toetsing van de individuele maatregel.

Pakkettoets 2017-II: Waal en Boven Merwede



Figuur 3.1 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (t/m rkm 954 met topvervlakking) en HR1996 op de Waal en Boven-Merwede en het waterstandsverschil tussen de huidige (P2017-II) en voorgaande (P2017-I) pakkettoets.

3.1.2 Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal

Evenals in de voorgaande pakkettoets zijn op de Pannerdensch Kop de oorspronkelijke (kunstmatige) regelwerken vervangen door het Regelwerk Pannerden. Dit regelwerk is in 2012 aangelegd en valt buiten het PKB-maatregelenpakket.

Bij het vergelijken van waterstanden in de voorgaande en de actuele pakkettoets moet de invloed van de regelwerken voor het sturen van de afvoerverdeling meegenomen worden. Met het regelwerk Pannerden wordt de afvoerverdeling op de Pannerdensch Kop geregeld. De waterstandseffecten van het maatregelenpakket worden beïnvloed door dit regelwerk. Dit geldt ook voor de eerder gemaakte pakkettoetsen. De invloed van dit regelwerk is in elke pakkettoets anders omdat de kruinhoogte van het regelwerk in elk pakkettoets anders is (Tabel 3.1) om de beleidsmatige afvoerverdeling te realiseren. Daardoor blijft de invloed zichtbaar als de maatgevende waterstanden van twee pakkettoetsen worden vergeleken.

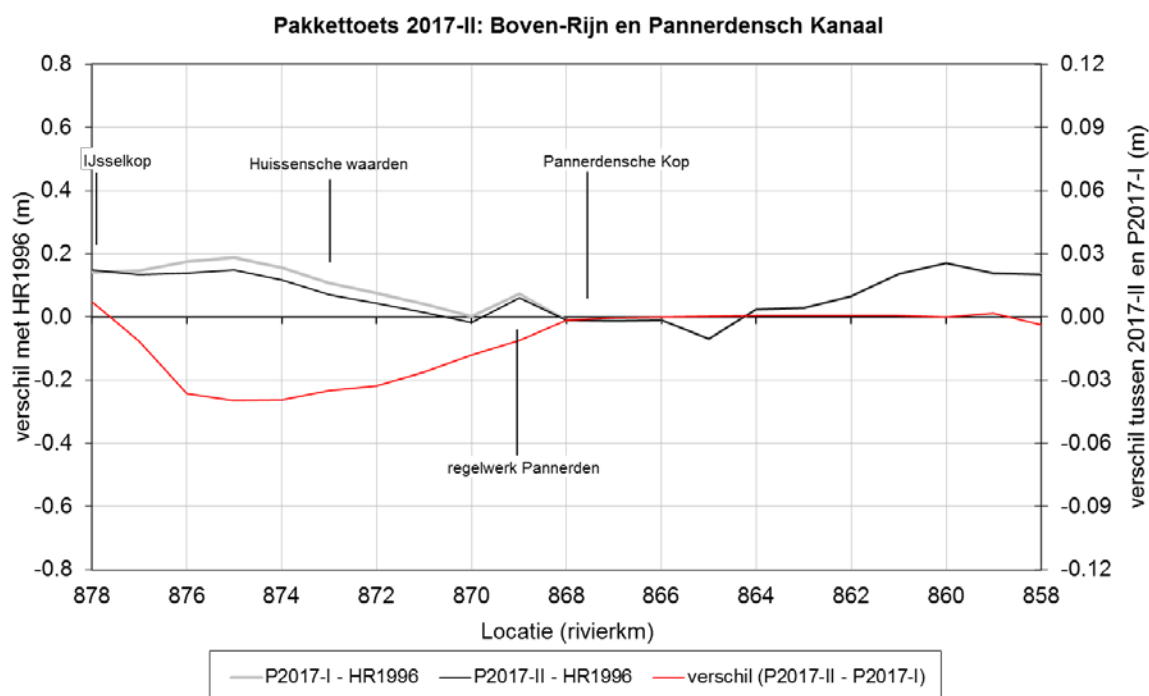
In deze pakkettoets is de stand van het regelwerk Pannerden 14 cm hoger dan in de voorgaande toets. Het hoge verschil wordt met name veroorzaakt doordat er in de voorgaande pakkettoets ten onrechte een groot hoogwatervrij terrein meegenomen is net bovenstrooms van de IJsselkop. Dit is in deze pakkettoets gerepareerd. De aanpassingen aan de maatregel kadeverlaging Scherpekamp hebben nauwelijks invloed op de maatgevende waterstanden en dus ook niet op de stand van het regelwerk Pannerden. De (model)regelwerken voor het sturen van de afvoerverdeling op de IJsselkop beïnvloeden de waterstanden voornamelijk op het Pannerdensch Kanaal.

Voor deze regelwerken kunnen meerdere combinaties van klepstanden tot de goede afvoerverdeling leiden. De modelleur moet daarom een keuze maken. Afhankelijk van de gekozen instelling van deze regelwerken kan de maatgevende waterstand op de IJsselkop met enkele cm variëren. Tabel 3.1 toont daarom ook de klepstanden van deze regelwerken. In de pakkettoets P2017-II zijn de klepstanden van de regelwerken op de IJsselkop gelijk aan de klepstanden van de voorgaande pakkettoets (P2017-I).

Tabel 3.1 Klepstand van het regelwerk Pannerden in de huidige en voorgaande pakkettoetsen.

	P2017-II	P2017-I	VKA
Klepstand regelwerk Pannerden	14,11 m+NAP	13,97 m+NAP	Regelwerk Pannerden niet aanwezig in het model. Afvoerverdeling gestuurd via kunstmatige regelwerken
Klepstand kunstmatig regelwerk IJssel	4,10 m+NAP	4,10 m+NAP	De afvoerverdeling op de IJsselkop werd in dit model met de twee kunstmatige regelwerken en het regelwerk Hondsbroeksche Pleij gestuurd. Dat is niet vergelijkbaar met de huidige pakkettoetsen, waar het regelwerk Hondsbroeksche Pleij dicht staat.
Klepstand kunstmatig regelwerk Neder-Rijn	11,93 m+NAP	12,50 m+NAP	

De maatgevende waterstanden op de Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal zijn vanaf rkm 868 tot aan IJsselkop lager geworden ten opzichte van de voorgaande pakkettoets, met een maximum van 4 cm (Figuur 3.2). Zoals hierboven genoemd komt dat door het ten onrechte meenemen van een groot hoogwatervrij terrein in de voorgaande pakkettoets.



Figuur 3.2 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 op de Boven-Rijn en het Pannerdensch Kanaal en het waterstandsverschil tussen de huidige (P2017-II) en voorgaande (P2017-I) pakkettoets.

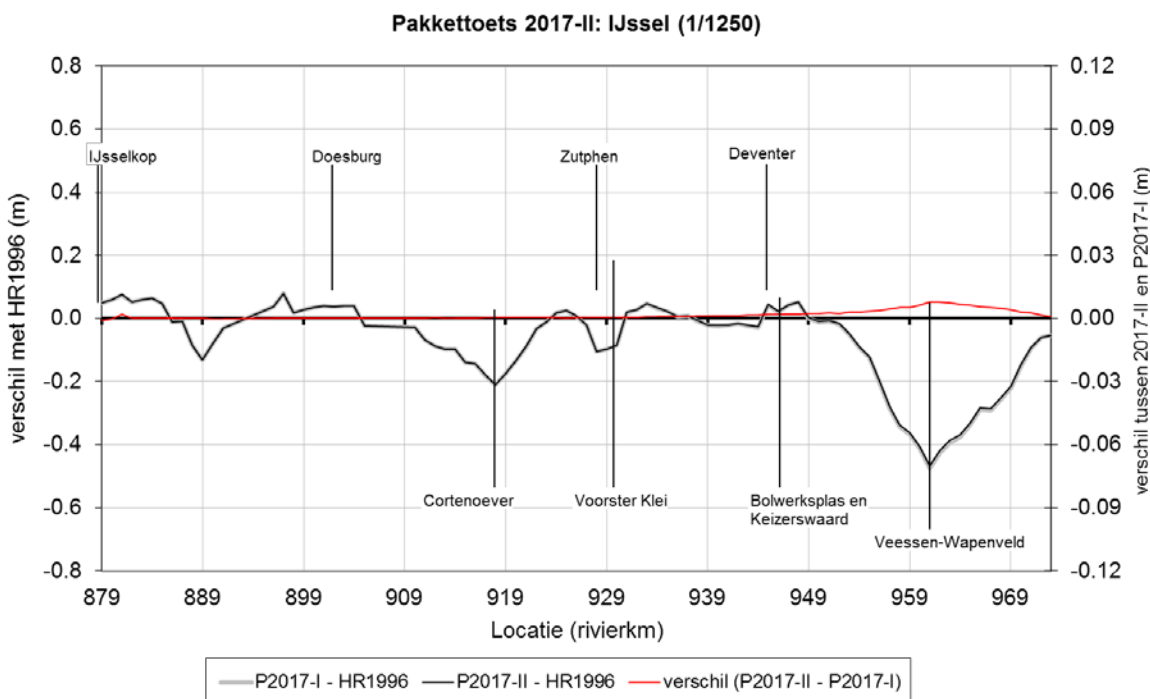
3.1.3 IJssel

Op de IJssel ligt bij rkm 974 op de westoever de overgang van de normfrequentie van 1/1250 (dijkkring 52, Oost-Veluwe) naar 1/2000 (dijkkring 11, IJsseldelta).

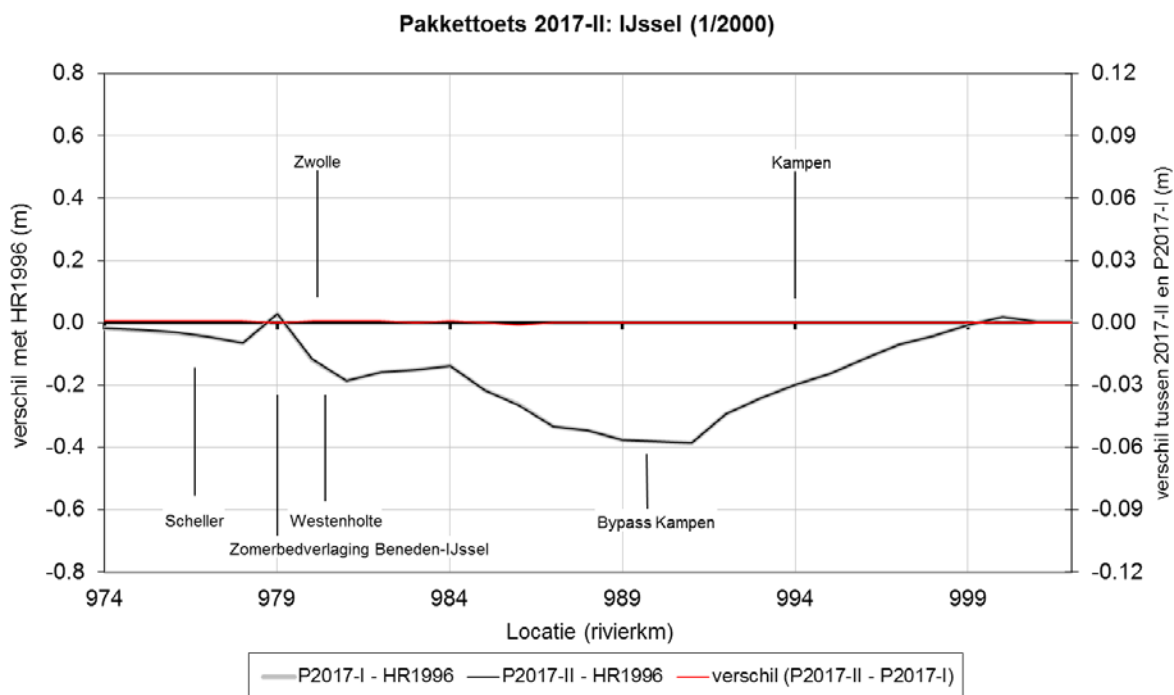
Op de oostoever ligt de overgang van de normfrequentie van 1/1250 (dijkring 53, Salland) naar 1/2000 (dijkring 9, Vollenhove) bij rkm 981. De resultaten voor de verschillende normfrequenties van de IJssel zijn weergegeven in Figuur 3.3 en Figuur 3.4.

Op het bovenstroomse deel van de IJssel zijn ten opzichte van de voorgaande pakkettoets van de maatregelen Cortenoever en Voorsterklei de Baseline-maatregelen verbeterd. De reparaties hebben voor beide maatregelen niet geleid tot een ander waterstandverlagend effect in de huidige pakkettoets ten opzichte van de voorgaande pakkettoets. Wel is er van de maatregel Veessen-Wapenveld een nieuw ontwerp in de pakkettoets opgenomen. Vanwege een iets kleiner waterstandverlagend effect van deze maatregel dan in de voorgaande pakkettoets worden de maatgevende waterstanden ter plaatse van Veessen-Wapenveld iets hoger, met een maximum van 0,8 cm (Figuur 3.3).

Benedenstrooms van rkm 974 (grens beschermingsniveau 1/1250 – 1/2000 bij Hattem) zijn ten opzichte van de voorgaande pakkettoets van de maatregelen Scheller en Oldeneler Buitenwaarden, Westenholte en zomerbedverlaging Beneden-IJssel alleen de Baseline-maatregelen verbeterd. (Figuur 3.4). De berekende waterstand tussen rkm 974 en rkm 982 is in de huidige pakkettoets daardoor 0,1 cm hoger geworden dan in de voorgaande pakkettoets.



Figuur 3.3 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 op de IJssel (beschermingsniveau 1/1250) en het waterstandsverschil tussen de huidige (P2017-II) en voorgaande (P2017-I) pakkettoets.

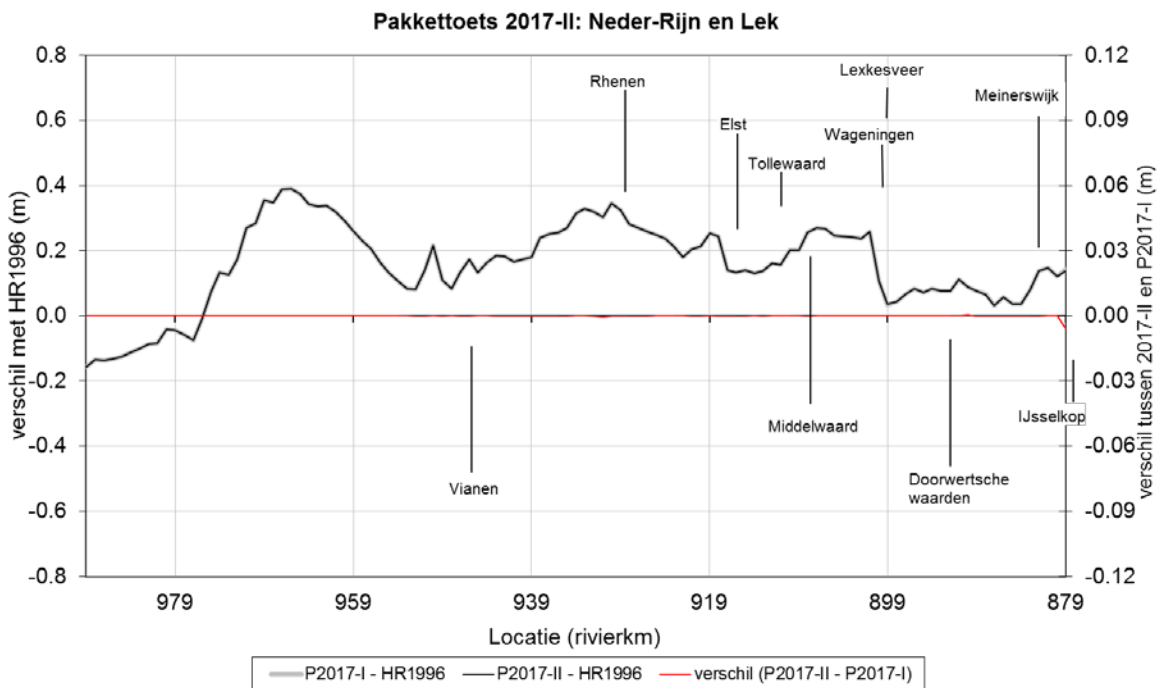


Figuur 3.4 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 op de IJssel (beschermingsniveau 1/2000) en het waterstandsverschil tussen de huidige (P2017-II) en voorgaande (P2017-I) pakkettoets.

3.1.4 Neder-Rijn en Lek

Op de Neder-Rijn/Lek geldt op de zuidoever vanaf rkm 943 een normfrequentie van 1/2000. Op de noordoever ligt de overgang naar het 1/2000-beschermingsniveau bij rkm 947. De getoonde resultaten in Figuur 3.5 gelden tot rkm 947 voor een normfrequentie van 1/1250 (noordoever). Tussen rkm 947 en rkm 967 ligt de overgang van de WAQUA-resultaten naar de SOBEK-resultaten.

Op de Neder-Rijn en Lek hebben in de huidige pakkettoets geen aanpassingen aan maatregelen plaatsgevonden. De maatgevende waterstanden zijn dus hetzelfde gebleven als in de voorgaande pakkettoets (Figuur 3.5).



Figuur 3.5 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (t/m rkm 947 met topvervlakking) en HR1996 op de Neder-Rijn/Lek en het waterstandsverschil tussen de huidige (P2017-II) en voorgaande (P2017-I) pakkettoets.

3.2 Toetsing aan het Basispakket (VKA)

In Figuur 3.1 tot en met Figuur 3.10 is het waterstandsverschil ten opzichte van de MHW's van 1996 (HR1996) weergegeven voor zowel de pakkettoets P2017-II als het VKA (Basispakket van maatregelen). In de figuren is middels een rode lijn (geschaald volgens de rechters) het waterstandsverschil tussen de pakkettoets P2017-II en het Basispakket VKA aangegeven.

Voor het Basispakket (VKA) zijn de resultaten van Schielen (2005) voor de Bovenrivieren en de resultaten van de door WL | Delft Hydraulics uitgevoerde pakkettoets uit 2004 (Van Gils, 2004) voor de Benedenrivieren gebruikt.

3.2.1 Waal en Boven-Merwede

In Figuur 3.1 zijn de resultaten voor de Waal en Boven-Merwede per locatie voor de betreffende normfrequentie weergegeven.

Op de Waal heeft de maatregel Lent in de actuele pakkettoets ruim 10 cm meer effect dan in het VKA (rkm 882). Terwijl het VKA bij rkm 885 nog voor een overschrijding van de HR1996-waterstanden zorgde, is dit met het huidige pakket van maatregelen opgelost.

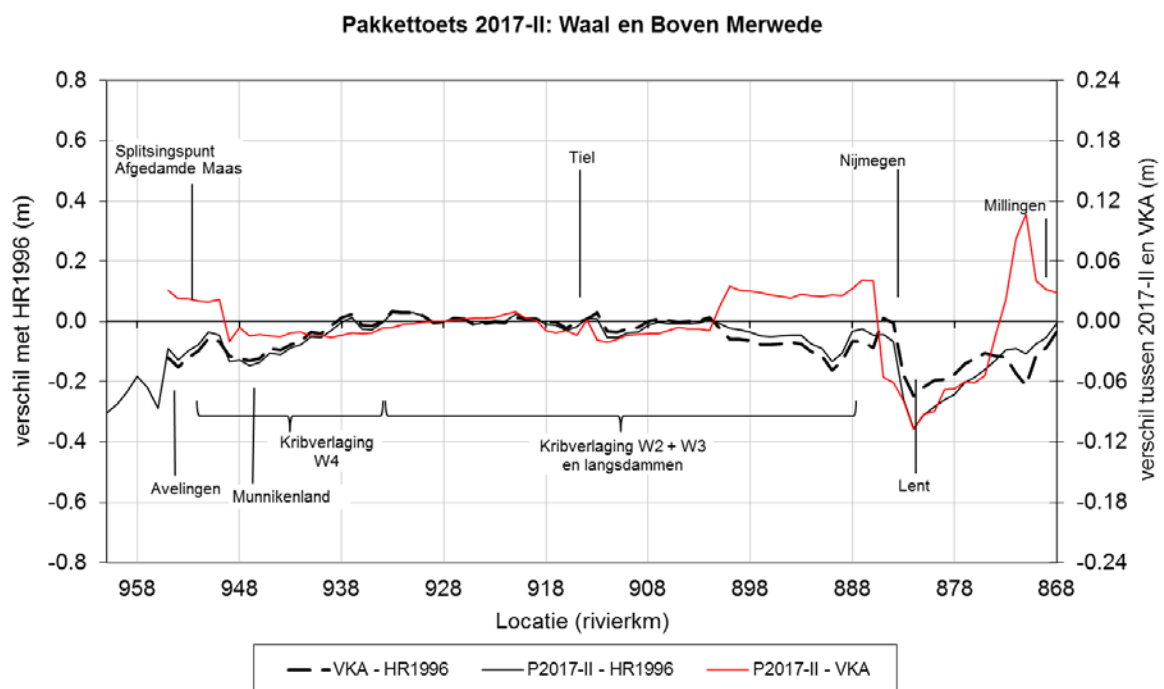
Vanwege het vergrootte effect van Lent is besloten om de maatregelen kribverlaging Waalbochten en Suikerdam niet uit te voeren. Daarom zijn de maatgevende waterstanden in P2017-II bij rkm 871 lokaal tot 11 cm hoger dan in het VKA. Ze blijven echter onder de HR1996-waterstanden.

Tussen rkm 886 en 901 liggen de maatgevende waterstanden in P2017-II 3-4 cm hoger dan in het VKA. Dit komt door een verkleind effect van de maatregel kribverlaging W2 op dat traject en doordat de nevengeul bij Lent verlengd is. Maar ook hier blijven de waterstanden onder die van HR1996. Tussen rkm 902 en 919 is het effect van de maatregel kribverlaging W2 juist 1-2 cm groter geworden ten opzichte van het VKA, waardoor de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen bij rkm 902 (tussen Dodewaard en Druten) en rkm 913 (Amsterdam-Rijnkanaal) kleiner worden en de overschrijding bij rkm 907 is opgelost.

Tussen rkm 919 en rkm 929 is effect van de maatregel kribverlaging W3 in combinatie met de langsdammen kleiner geworden dan in het VKA, met een maximum van ruim 1 cm bij rkm 921. Hierdoor zijn de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen bij rkm 919-923 (Dreumel tot Varik) en rkm 927 (Rossum) groter geworden en bedragen nu ruim 2 cm bij rkm 921 en 1,5 cm bij rkm 927.

De maatregel Munnikenland is ten opzichte van de in de VKA-berekeningen gebruikte versie ruim 1 cm effectiever geworden (rkm 947). Daardoor worden de overschrijdingen van de HR1996-waterstanden rond rkm 930-933 (Opijnen) en rkm 937 (Haaften) respectievelijk 0,5 cm en 1 cm kleiner dan voor het VKA.

Op de Boven Merwede is de maatregel Avelingen minder effectief geworden dan in het VKA. De maatgevende waterstanden blijven hier echter ruim onder de HR1996-waterstanden.

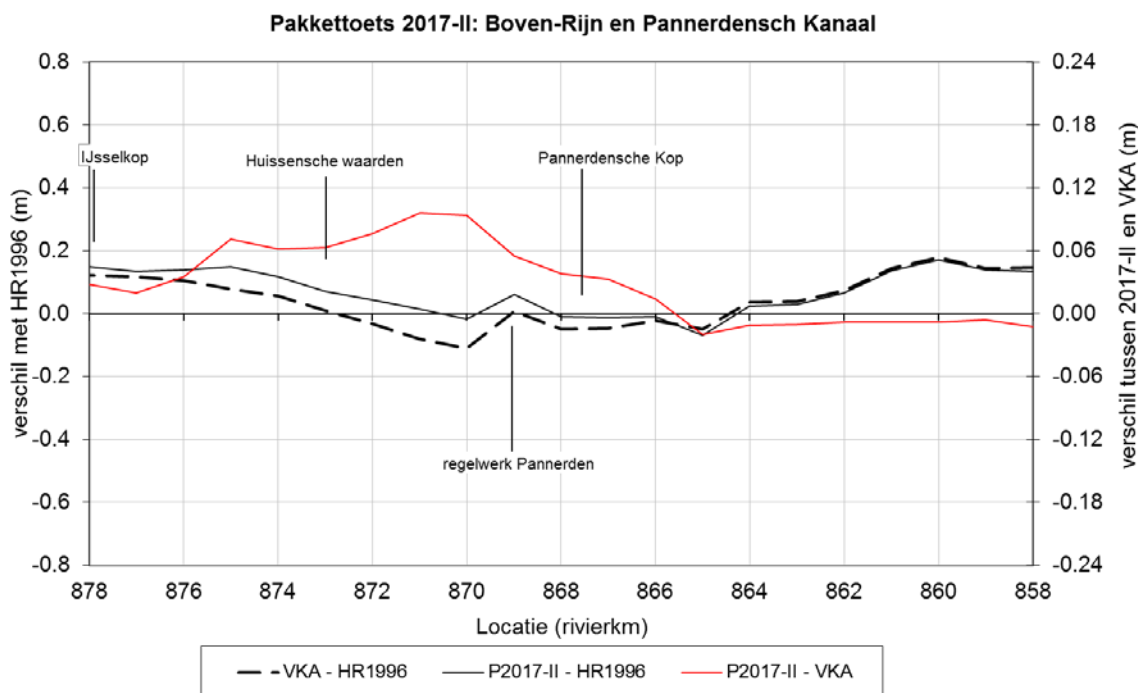


Figuur 3.6 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (t/m rkm 954 met topvervlakking) en HR1996 en het verschil tussen de pakkettoets en het VKA op de Waal en Boven-Merwede.

3.2.2 Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal

Op de Boven-Rijn bovenstrooms van rkm 865 liggen de maatgevende waterstanden van de pakkettoets een kleine centimeter onder de maatgevende waterstanden van het VKA maar blijven boven de HR1996-waterstanden (Figuur 3.7).

Benedenstreams van rkm 865 daarentegen komen de maatgevende waterstanden 2 tot ruim 9 cm hoger te liggen dan bij het VKA en wordt de reeds voor het VKA geconstateerde overschrijding van de HR1996-waterstanden groter. Voor een deel is dit verschil te wijten aan de veranderingen in maatregelen (NURG-maatregel Rijnwaarden, Ruimte voor de Rivier maatregelen Lent, kribverlaging Waalbochten en Suikerdam, en het vervangen van de uiterwaardvergraving Huissen door de kadeverlaging Scherpekamp). Er ontstaan echter ook verschillen doordat de regeling van de afvoerverdeling gewijzigd is¹. De effecten van beide wijzigingen zijn niet makkelijk van elkaar te scheiden.



Figuur 3.7 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 en het verschil tussen de pakkettoets en het VKA op de Boven-Rijn en het Pannerdensch Kanaal.

3.2.3 IJssel

De resultaten voor de verschillende normfrequenties van de IJssel zijn weergegeven in Figuur 3.3 en Figuur 3.4.

Voor het normfrequentiegebied 1/1250 wisselen de verschillen in maatgevende waterstanden tussen de pakkettoets en het VKA. Het grootste verschil voor het traject is te zien tussen rkm 958 en rkm 974. De maatgevende waterstanden van de pakkettoets liggen hier onder die van het VKA met een maximum van 5 cm. Dit wordt veroorzaakt door een effectiever ontwerp voor maatregel Veessen-Wapenveld.

¹ In de VKA-berekening werd de beleidsmatige afvoerverdeling opgelegd door kunstmatige stuwen in de uiterwaarden van IJssel, Neder-Rijn, Waal en Pannerdensch Kanaal. In de actuele pakkettoets zijn de kunstmatige regelwerken op de Waal en het Pannerdensch Kanaal vervangen door het regelwerk Pannerden en zijn de kruinhoogtes van de kunstmatige stuwen op IJssel en Neder-Rijn anders.

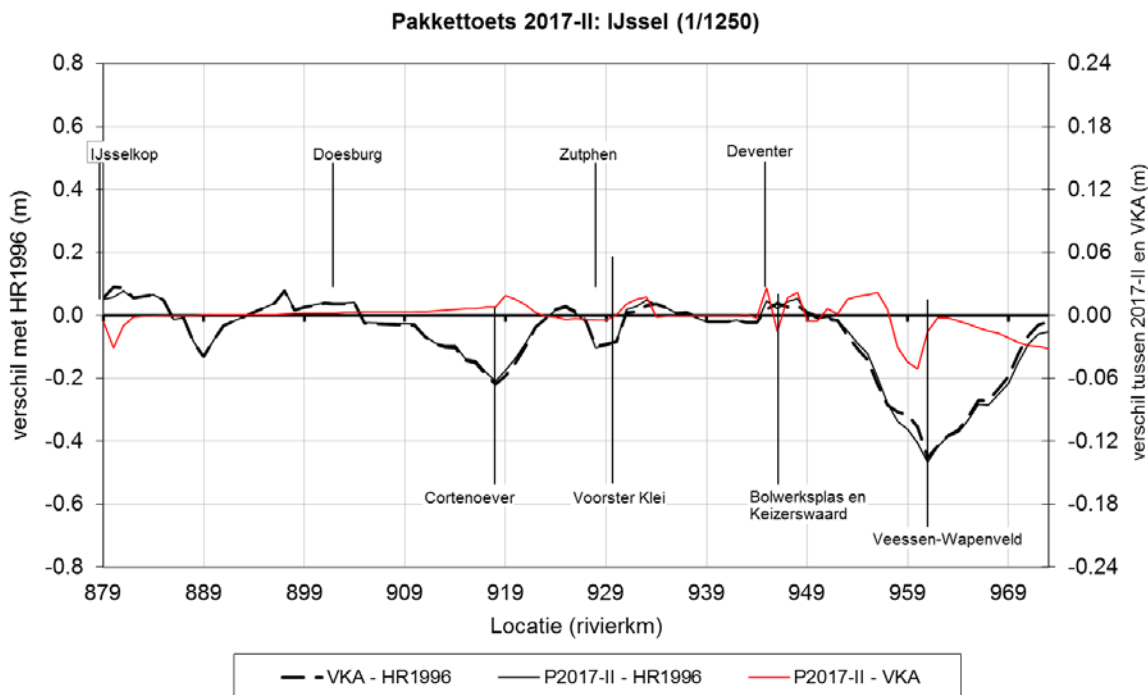
Tussen rkm 951 en rkm 957 ligt de maatgevende waterstand van de pakkettoets tot 2 cm boven die van het VKA vanwege een aangepast ontwerp voor NURG-maatregel Welsum en Fortmond (autonome ontwikkeling). Ze blijven op dit traject echter onder de HR1996-waterstanden.

Tussen rkm 896 en rkm 922, tussen rkm 930 en rkm 933 en ter plaatse van rkm 945, 947 en 948 liggen de maatgevende waterstanden in de huidige pakkettoets maximaal 2-3 cm hoger dan in het VKA vanwege aangepaste ontwerpen van de maatregelen Cortenoever, Voorster Klei, Bolwerksplas en Keizerswaard. De reeds voor het VKA geconstateerde overschrijdingen van de HR1996-waterstanden bij rkm 931-933 (benedenstrooms van Voorsterklei) en rond rkm 945 en rkm 948 (Deventer) worden daardoor 2-3 cm groter. De overschrijdingen bij rkm 925 (benedenstrooms van maatregel Cortenoever) en tussen rkm 896 en 904 worden maar enkele millimeters groter.

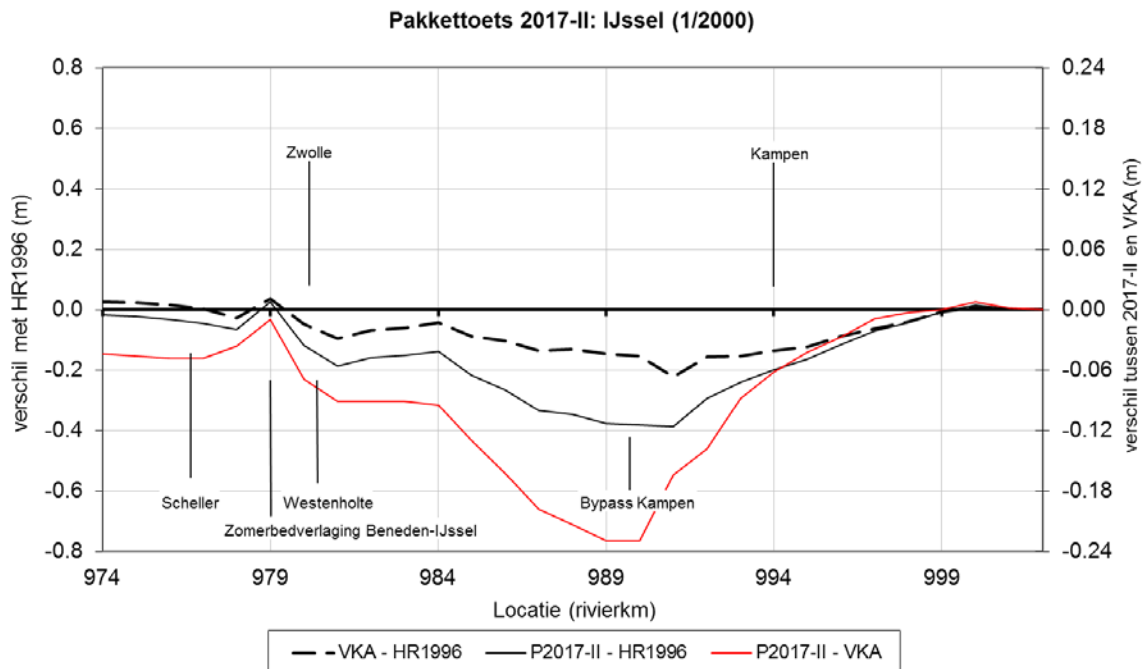
Aan het begin van de IJssel (rkm 879 - rkm 884) liggen de maatgevende waterstanden van de pakkettoets onder de maatgevende waterstanden van het VKA. Dit is een gevolg van het aangepaste ontwerp van de maatregel Hondsbroeksche Pleij (autonome ontwikkeling). De overschrijding van de HR1996-waterstanden blijft echter bestaan.

In het normfrequentiegebied 1/2000 zijn de resultaten van de huidige pakkettoets gunstiger, tot aan rkm 999 liggen de maatgevende waterstanden van de pakkettoets onder de maatgevende waterstanden van het VKA (Figuur 3.9). Op dit traject is de maatregel zomerbedverlaging ingekort en ter compensatie de maatregel bypass Kampen er bij gekomen. Het waterstandverlagend effect van deze maatregelen samen is groter dan die in het VKA, met de grootste winst (23 cm) ter plaatse van de inlaat van de Bypass Kampen. Bovenstrooms van rkm 977 zijn de maatgevende waterstanden bovendien iets (orde 1 cm) verlaagd door een effectiever ontwerp van maatregel Scheller. Door de verlaging van de maatgevende waterstanden op dit traject is de overschrijding van de HR1996-waterstanden bij rkm 979 met 1 cm verkleind en de overschrijding bovenstrooms van rkm 977 is opgelost.

Op rkm 999 en benedenstrooms hiervan zijn de maatgevende waterstanden gelijk of liggen net iets boven die van het VKA (max. 1 cm bij rkm 1000). De overschrijding van de HR1996-waterstanden bij rkm 1000 wordt daardoor groter. Dit komt vanwege een aangepast ontwerp van maatregel zomerbedverlaging.



Figuur 3.8 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 en het verschil tussen de pakkettoets en het VKA op de IJssel (beschermingsniveau 1/1250).



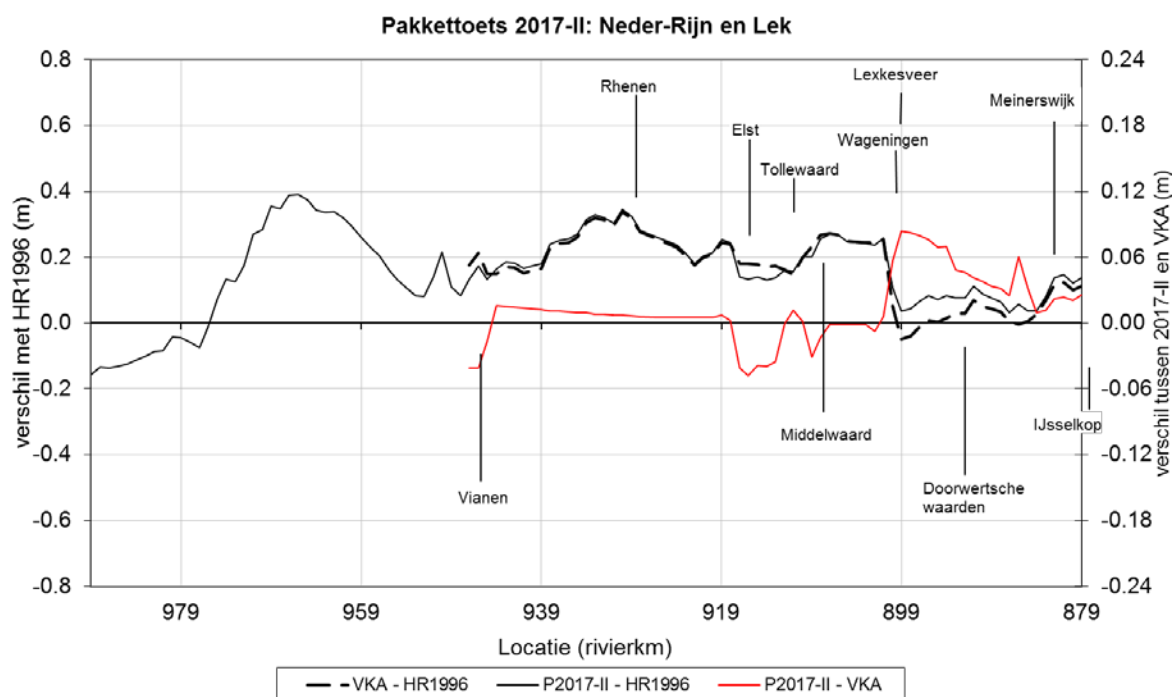
Figuur 3.9 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (met topvervlakking) en HR1996 en het verschil tussen de pakkettoets en het VKA op de IJssel (beschermingsniveau 1/2000).

3.2.4 Neder-Rijn en Lek

Op de Neder-Rijn/Lek (Figuur 3.10) liggen voor het merendeel de maatgevende waterstanden van de pakkettoets hoger dan de maatgevende waterstanden van het VKA.

De verhoging van een kleine 2 cm bij rkm 944 ontstaat door de veranderingen aan maatregel Vianen, waardoor onder andere de locatie van de maximale waterstandsdingaling van deze maatregel verschoven is, en werkt door naar bovenstrooms. De 4 cm lagere maatgevende waterstanden bij rkm 946 hebben dezelfde oorzaak. Bij rkm 899 liggen de maatgevende waterstanden ruim 8 cm boven die van het VKA vanwege aanpassingen aan de NURG-maatregel Lexkesveer (autonome ontwikkeling). Dit is al in de pakkettoets P2013-I (Crebas, 2013) geconstateerd. De maatregelen Doorwerth, Middelwaard, Tollewaard en Elst zorgen samen voor een verlaging van de maatgevende waterstanden ten opzichte van het VKA (tot 5 cm bij rkm 916 en tot 3 cm bij rkm 909). De verhoging van de maatgevende waterstanden aan het begin van de Neder-Rijn (rkm 879 t/m 886), met een piek van 6 cm bij rkm 886, wordt veroorzaakt door aanpassingen aan de maatregel Meinerswijk.

De HR1996-waterstanden worden nu op de gehele Neder-Rijn/Lek overschreden, en met name bovenstrooms van rkm 902 en bij rkm 944 zijn de overschrijdingen groter dan bij het VKA.



Figuur 3.10 Waterstandverschil tussen de pakkettoetsresultaten (t/m rkm 947 met topvervlakking) en HR1996 en het verschil tussen de pakkettoets en het VKA op de Neder-Rijn/Lek.

3.3 Afvoerverdeling BOR

De resultaten in voorgaande paragrafen zijn van berekeningen met een gestuurde (beleidsmatige) afvoerverdeling op de Pannerdensch Kop en de IJsselkop.

Om de invloed van het maatregelenpakket op de werkelijke afvoerverdeling te bepalen is met het model van het Bovenrivierengebied een berekening uitgevoerd met een vrije afvoer op de IJsselkop. Op de Pannerdensch Kop wordt de beleidsmatige verdeling vastgehouden. Het model komt overeen met het model voor de beleidsmatige afvoerverdeling, behalve dat de synthetische overlaten bij de IJsselkop zijn verwijderd.

Evenals in de berekening met de beleidsmatige afvoerverdeling wordt de afvoer op de Pannerdensche Kop gestuurd door het regelwerk Pannerden. Op die manier wordt hier de beleidsmatige afvoerverdeling bereikt (Bijlage A.4). De afvoerverdeling op de Pannerdensche Kop is dus niet vrij in deze berekening. Deze procedure wordt sinds de pakkettoets P2011-I gevolgd. Het regelwerk Hondsbroeksche Pleij op de IJsselkop staat in deze berekening dicht, net als in de voorgaande pakkettoetsen.

De resulterende afvoeren zijn weergegeven in Tabel 3.2, samen met de waarden voor een gestuurde verdeling en de waarden voor een vrije verdeling berekend met het model van het Basispakket (VKA). Tussen haakjes is de afwijking van de beleidsmatige afvoerverdeling weergegeven. Daarnaast geeft de tabel de klepstanden van het regelwerk Pannerden weer voor de verschillende berekeningen.

Tabel 3.2 Afvoerverdelingen Pannerdensche Kop en IJsselkop (afvoeren en tussen haakjes de afwijking van de beleidsmatige afvoerverdeling in m³/s).

	afvoerverdeling			
	A	B	C	D
riviertak	beleidsmatig	halfvrij P2017-II (alleen IJsselkop vrij)	halfvrij P2017-I (alleen IJsselkop vrij)	vrij (IJsselkop en Pannerdensche Kop vrij) (VKA en P2009-I)
Boven-Rijn	16000	16000 (+/-0)	16000 (+/-0)	16000 (+/-0)
Waal	10165	10166 (+1)	10166 (+1)	10199 (+34)
Pann. Kanaal	5835	5834 (-1)	5834 (-1)	5801 (-34)
Neder-Rijn	3379	3377 (-2)	3380 (+1)	3345 (-34)
IJssel	2461	2463 (+2)	2460 (-1)	2461 (+/-0)
Klepstand regelwerk Pannerden		14,14 m+NAP	14,02 m+NAP	regelwerk niet aanwezig in het model

De afvoerverdeling op de Pannerdensche Kop wordt zo goed als vastgehouden op de beleidsmatige verdeling. De afvoerverdeling op de IJsselkop is ten opzichte van de voorgaande pakkettoets, P2017-I, iets veranderd. De Neder-Rijn/Lek krijgt 2 m³/s te weinig aan water, tegenover de IJssel 2 m³/s te veel. De klepstand van het regelwerk Pannerden is 12 cm hoger dan in de voorgaande pakkettoets. Het regelwerk Hondsbroeksche Pleij staat dicht.

De maatregelen op het Pannerdens Kanaal, de IJssel en de Neder-Rijn, die de afvoerverdeling beïnvloeden, realiseren dus nog steeds voldoende goed de beleidsmatig gewenste afvoerverdeling.

4 Conclusies

4.1 Uitgangspunten

De conclusies zijn gebaseerd op WAQUA-berekeningen waarbij bepaalde randvoorwaarden en gebiedgegevens (zoals vegetatie, zomerbedhoogtes, etc.) worden gebruikt en aannames worden gedaan. Deze uitgangspunten worden door PDR als representatief voor de beoordeling van Ruimte voor de Rivier maatregelen ten opzichte van de HR1996 gezien. Ze kunnen als volgt samengevat worden:

- De gebruikte modelschematisaties (WAQUA voor BOR en SOBEK voor BER) zijn gebaseerd op de schematisaties die in het begin van het Ruimte voor de Rivier project beschikbaar waren. Er wordt dus niet met de meest recente beschikbare schematisaties voor deze gebieden gewerkt. Dit om te zorgen dat de jaarlijks uitgevoerde pakkettoetsen onderling vergelijkbaar blijven en alleen veranderingen in de schematisaties van maatregelen zichtbaar gemaakt worden. Om dezelfde reden wordt gewerkt met de software-versies die in het begin van het Ruimte voor de Rivier project beschikbaar waren.
- De modelschematisatie voor het BOR beschrijft het riviereengebied in de situatie van omstreeks 2004, met daarin opgenomen de schematisaties van Ruimte voor de Rivier maatregelen en enkele autonome ontwikkelingen.
- De randvoorwaarden op de benedenranden van het model zijn bepaald met het SOBEK-model van het BER dat voor de laatste pakkettoets BER (P2016-II) gebruikt is. Dit model bevat de meest recente door Deltares getoetste en goedgekeurde schematisaties van de Ruimte voor de Rivier maatregelen in het BER. De maatregelen zijn sindsdien echter verder ontwikkeld en zelfs al uitgevoerd, zonder dat de schematisaties in het model aangepast zijn.
- Bij het bepalen van de maatgevende hoogwaterstanden wordt de afvoerverdeling op de splitsingspunten (Pannerdensch Kop en IJsselkop) vastgehouden op de beleidsmatige verdeling. Op de IJsselkop worden hiervoor kunstmatige (niet daadwerkelijk bestaande) regelwerken gebruikt. Op de Pannerdensch Kop wordt het regelwerk Pannerden gebruikt. De waterstandseffecten van het maatregelpakket op Pannerdensch Kanaal en Boven-Rijn worden beïnvloed door deze regelwerken. Dit geldt ook voor de eerder gemaakte pakkettoetsen. De invloed van de regelwerken is in elke pakkettoets anders omdat de kruinhoogtes van de regelwerken in elk pakkettoets anders zijn. Daardoor blijft de invloed zichtbaar als de maatgevende waterstanden van twee pakkettoetsen worden vergeleken. Het regelwerk Hondsbroeksche Pleij is in de berekeningen dicht gehouden.
- Op de Beneden-IJssel met een normfrequentie van 1/2000 ligt de overgang van het afvoergedomineerde gebied bovenstrooms naar het gebied waar ook windopzet op het IJsselmeer een rol speelt. Dit is vereenvoudigd in de berekeningen meegenomen (conform methode Westphal).
- De Baseline-schematisaties van de maatregelen van de As-Built fase gaan in de meeste gevallen uit van een interventieniveau voor de vegetatie, de diepte van geulen en de kruinhoogte van dijken. De gebruikte maatregel-schematisaties van de As-Built fase geven dus niet exact de actuele situatie in het veld weer maar de interventiesituatie. De aanpak voor het schematiseren van het interventieniveau verschilt per maatregel en is niet altijd gebaseerd op berekeningen.

- Voor sommige riviertrajecten is in het verleden gekozen voor het inzetten van dijkverhoogte (indien aanwezig) of dijkversterking als maatregel. In de voorliggende pakkettoets wordt ervan uitgegaan dat deze verhoogten daadwerkelijk aanwezig en voldoende groot zijn en dat de dijkversterkingen daadwerkelijk en in voldoende mate uitgevoerd worden.
- Bij enkele Ruimte voor de Rivier maatregelen zijn autonome ontwikkelingen meegenomen bij het beoordelen van het hydraulische effect.

In de pakkettoets P2017-II zijn de waterstandverschillen ten opzichte van de voorgaande pakkettoets en ten opzichte van het VKA (Basispakket van maatregelen) onderzocht. De laatstgenoemde geven aan of het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 ook gehandhaafd blijft bij het uiteindelijke pakket van maatregelen. Daarbij is ook gekeken naar de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996. Daarnaast is gekeken hoe de Ruimte voor de Rivier maatregelen de afvoerverdeling op de Rijntakken beïnvloeden.

4.2 Vergelijking met de voorgaande pakkettoets

Op de **Waal/Boven-Merwede** is ten opzichte van de voorgaande pakkettoets alleen de maatregel Millingen veranderd. Deze zorgt ten opzichte van de voorgaande pakkettoets voor een iets lagere waterstandsdaling (0,5 cm) bij rkm 868 en tussen rkm 871 en 872 en voor iets meer waterstandsdaling bij rkm 873 (0,3 cm) en maximaal 0,7 cm meer tussen rkm 869 en 870. Dit is in overeenstemming met de toetsing van de individuele maatregel.

De maatgevende waterstanden op de **Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal** zijn vanaf rkm 868 tot aan IJsselkop lager geworden ten opzichte van de voorgaande pakkettoets, met een maximum van 4 cm. Dat komt door het ten onrechte meenemen van een groot hoogwatervrij terrein in de voorgaande pakkettoets. Dit is in deze pakkettoets gerepareerd.

Op het bovenstroomse deel van de **IJssel** is van de maatregel Veessen-Wapenveld een nieuw ontwerp in de pakkettoets opgenomen. Vanwege een iets kleiner waterstandverlagend effect van deze maatregel dan in de voorgaande pakkettoets worden de maatgevende waterstanden ter plaatse van Veessen-Wapenveld iets hoger, met een maximum van 0,8 cm.

Op de **Beneden-IJssel** zijn ten opzichte van de voorgaande pakkettoets van de maatregelen Scheller en Oldeneler Buitenwaarden, Westenholte en zomerbedverlaging Beneden-IJssel alleen de Baseline-maatregelen verbeterd. De berekende waterstand tussen rkm 974 en rkm 982 is in de huidige pakkettoets daardoor 0,1 cm hoger geworden dan in de voorgaande pakkettoets.

Op de **Neder-Rijn/Lek** hebben in de huidige pakkettoets geen aanpassingen aan maatregelen plaatsgevonden. De maatgevende waterstanden zijn dus hetzelfde gebleven als in de voorgaande pakkettoets.

4.3 Toetsing aan het Basispakket (VKA)

Op de **Waal** heeft de maatregel Lent in de actuele pakkettoets ruim 10 cm meer effect dan in het VKA (rkm 882), waardoor de voor het VKA geconstateerde overschrijding van de HR1996-waterstanden bij rkm 885 wordt opgelost.

Vanwege het vergrootte effect van Lent is besloten om de maatregelen kribverlaging Waalbochten en Suikerdam niet uit te voeren, waardoor de maatgevende waterstanden in P2017-II bij rkm 871 lokaal tot 11 cm hoger zijn dan in het VKA. Ze blijven echter onder de HR1996-waterstanden. Tussen rkm 886 en 901 liggen de maatgevende waterstanden in P2017-II 3-4 cm hoger dan in het VKA vanwege een verkleind effect van de maatregel kribverlaging W2 op dat traject en doordat de nevengeul bij Lent verlengd is. Maar ook hier blijven de waterstanden onder die van HR1996. Tussen rkm 902 en 919 is het effect van de maatregel kribverlaging W2 juist 1-2 cm groter geworden ten opzichte van het VKA, waardoor de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen bij rkm 902 (tussen Dodewaard en Druten) en rkm 913 (Amsterdam-Rijnkanaal) kleiner worden en de overschrijding bij rkm 907 is opgelost. Tussen rkm 919 en rkm 929 is effect van de maatregel kribverlaging W3 in combinatie met de langsdammen kleiner geworden dan in het VKA, met een maximum van 1 cm bij rkm 921. Hierdoor zijn de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen bij rkm 919-923 (Dreumel tot Varik) en rkm 927 (Rossum) groter geworden en bedragen nu ruim 2 cm bij rkm 921 en 1,5 cm bij rkm 927. De maatregel Munnikenland is ten opzichte van de in de VKA-berekeningen gebruikte versie ruim 1 cm effectiever geworden (rkm 947). Daardoor worden de overschrijdingen van de HR1996-waterstanden rond rkm 930-933 (Opijnen) en rkm 937 (Haafden) respectievelijk 0,5 cm en 1 cm kleiner dan voor het VKA.

Op de **Boven Merwede** is de maatregel Avelingen minder effectief geworden dan in het VKA. De maatgevende waterstanden blijven hier echter ruim onder de HR1996-waterstanden.

Op de **Boven-Rijn en Pannerdensch Kanaal** bovenstrooms van rkm 865 liggen de maatgevende waterstanden van de pakkettoets een kleine centimeter onder de maatgevende waterstanden van het VKA maar blijven boven de HR1996-waterstanden. Benedenstrooms van rkm 865 daarentegen komen de maatgevende waterstanden 2 tot ruim 9 cm hoger te liggen dan bij het VKA en wordt de reeds voor het VKA geconstateerde overschrijding van de HR1996-waterstanden groter. Op het Pannerdensch Kanaal komt dit doordat de combinatie van maatregelen rondom de splitsingspunten en op het Pannerdensch Kanaal en de Boven-Rijn, samen met een wijziging in de regeling van de afvoerverdeling in het numerieke model, een andere waterstandsdeling oplevert dan in het VKA.

Op de **IJssel** liggen de maatgevende waterstanden van de actuele pakkettoets op het traject tussen rkm 958 en rkm 974 onder die van het VKA met een maximum van 5 cm vanwege een effectiever ontwerp voor maatregel Veessen-Wapenveld. Tussen rkm 951 en rkm 957 ligt de maatgevende waterstand van de pakkettoets tot 2 cm boven die van het VKA vanwege een aangepast ontwerp voor NURG-maatregel Welsum en Fortmond (autonome ontwikkeling). Ze blijven op dit traject echter onder de HR1996-waterstanden. Tussen rkm 896 en rkm 922, tussen rkm 930 en rkm 933 en ter plaatse van rkm 945, 947 en 948 liggen de maatgevende waterstanden in de huidige pakkettoets maximaal 2-3 cm hoger dan in het VKA vanwege aangepaste ontwerpen van de maatregelen Cortenoever, Voorster Klei, Bolwerksplas en Keizerswaard. De reeds voor het VKA geconstateerde overschrijdingen van de HR1996-waterstanden bij rkm 931-933 (benedenstrooms van Voorsterklei) en rond rkm 945 en rkm 948 (Deventer) worden daardoor 2-3 cm groter. De overschrijdingen bij rkm 925 (benedenstrooms van maatregel Cortenoever) en tussen rkm 896 en 904 worden maar enkele millimeters groter. Aan het begin van de IJssel (rkm 879 - rkm 884) liggen de maatgevende waterstanden van de pakkettoets onder de maatgevende waterstanden van het VKA. Dit is een gevolg van het aangepaste ontwerp van de maatregel Hondsbroeksche Pleij (autonome ontwikkeling). De overschrijding van de HR1996-waterstanden blijft echter bestaan.

Op de **Beneden-IJssel** liggen de maatgevende waterstanden van de huidige pakkettoets tot aan rkm 999 onder die van het VKA. Op dit traject is de maatregel zomerbedverlaging ingekort en ter compensatie de maatregel bypass Kampen er bij gekomen. Het waterstandverlagend effect van deze maatregelen samen is groter dan in het VKA, met de grootste winst (23 cm) ter plaatse van de inlaat van de Bypass Kampen. Bovenstrooms van rkm 977 zijn de maatgevende waterstanden bovendien iets (orde 1 cm) verlaagd door een effectiever ontwerp van maatregel Scheller. Door de verlaging van de maatgevende waterstanden op dit traject is de overschrijding van de HR1996-waterstanden bij rkm 979 met 1 cm verkleind en de overschrijding bovenstrooms van rkm 977 is opgelost. Op rkm 999 en benedenstrooms hiervan zijn de maatgevende waterstanden gelijk of liggen net iets boven die van het VKA (max. 1 cm bij rkm 1000) vanwege veranderingen in de maatregel zomerbedverlaging. De overschrijding van de HR1996-waterstanden bij rkm 1000 wordt daardoor groter.

Op de **Neder-Rijn/Lek** liggen voor het merendeel de maatgevende waterstanden van de pakkettoets hoger dan de maatgevende waterstanden van het VKA. De verhoging van een kleine 2 cm bij rkm 944 ontstaat door de veranderingen aan maatregel Vianen, waardoor onder andere de locatie van de maximale waterstandsverlaging van deze maatregel verschoven is, en werkt door naar bovenstrooms. De 4 cm lagere maatgevende waterstanden bij rkm 946 hebben dezelfde oorzaak. Bij rkm 899 liggen de maatgevende waterstanden ruim 8 cm boven die van het VKA vanwege aanpassingen aan de NURG-maatregel Lexkesveer (autonome ontwikkeling). De maatregelen Doorwerth, Middelwaard, Tollewaard en Elst zorgen samen voor een verlaging van de maatgevende waterstanden ten opzichte van het VKA (tot 5 cm bij rkm 916 en tot 3 cm bij rkm 909). De verhoging van de maatgevende waterstanden aan het begin van de Neder-Rijn (rkm 879 t/m 886), met een piek van 6 cm bij rkm 886, wordt veroorzaakt door aanpassingen aan de maatregel Meinerswijk. De HR1996-waterstanden worden nu op de gehele Neder-Rijn/Lek overschreden, en met name bovenstrooms van rkm 902 (vanwege veranderingen aan het ontwerp van NURG-maatregel Lexkesveer) en bij rkm 944 (vanwege aanpassingen aan het ontwerp voor Ruimte voor de Rivier maatregel Vianen) zijn de overschrijdingen groter dan bij het VKA.

Samengevat kan gezegd worden dat het uitgangspunt zoals dat gold bij de PKB deel 4 grotendeels ook gehandhaafd blijft bij het uiteindelijke pakket van maatregelen. Op veel trajecten realiseert het uitgevoerde pakket van maatregelen meer waterstandsvaling dan het VKA. Op de trajecten waar dat niet geldt liggen de waterstanden grotendeels onder de formele taakstelling van de PKB, de toetspeilen conform HR1996. Alleen op de Neder-Rijn/Lek en op het Pannerdensch Kanaal geldt dit niet, hier liggen de maatgevende waterstanden over het algemeen hoger dan bij het VKA en worden de voor het VKA geconstateerde overschrijdingen van de HR1996-waterstanden groter. Op het Pannerdensch Kanaal is dat niet volledig te wijten aan de Ruimte voor de Rivier maatregelen, zoals verder boven beschreven.

4.4 Afvoerverdeling BOR

De maatregelen op het Pannerdens Kanaal, de IJssel en de Neder-Rijn, die de afvoerverdeling beïnvloeden, realiseren nog steeds voldoende goed de beleidsmatig gewenste afvoerverdeling.

5 Literatuur

- Becker, A. (2011): Pakkettoets 2011-I. Deltares-rapport 1002047-042-ZWS-0013, Delft, maart 2011.
- Crebas, J.I. (2010): Pakkettoets 2010-I. Deltares-rapport 1002047-042-ZWS-0004, Delft.
- Crebas, J.I. (2013): Pakkettoets 2013-I. Deltares-rapport 1002047-042-ZWS-0026, Delft.
- Fujisaki, A., A. Becker (2017): Pakkettoets P2016-II. Benedenrivieren. Deltares-rapport 1207404-042-ZWS-0028, maart 2017.
- Giri, S. (2015): Review of Hydraulic Computation. Definitive Design (DO) of Veessen-Wapenveld. Deltares-report 1207404-032-ZWS-0002, 16 juni 2015.
- Programmadiirectie Ruimte voor de Rivier (PDR) (2007): Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de Rivier, Deel 4: vastgesteld besluit & nota van toelichting. Projectorganisatie Ruimte voor de Rivier, Den Haag, v. 128.
- Schielen, R.M.J. (2005): Brondocument Hydraulica Bovenrivieren. Hydraulische Analyse van de MER-alternatieven en het Basisvoorkeursalternatief voor het Bovenrivierengebied. Conceptversie, juli 2005, Rijkswaterstaat.
- Schielen, R. en T. Van der Linden (2005): Verantwoordingsrapportage Hydraulica PKB Ruimte voor de Rivier, Rijkswaterstaat.
- Van Gils, J. (2004): Voorkeursalternatief RvR. WL rapport Q3828, Delft.
- Visser, T., A. Becker (2017): Pakkettoets P2017-I. Bovenrivieren. Deltares-rapport 1207404-042-ZWS-0031, juni 2017.
- WL | Delft Hydraulics (2003): Kader hydraulische analyse Bovenrivierengebied, PKB-studie deelrapport A, september 2003, WL-rapport Q3244, Delft.
- Zagonjoli, M. (2015): Review of As Built WAQUA Model. Floodplain interventions in Meinerswijk. Deltares-rapport 1207404-016-ZWS-0001, 20 april 2015.

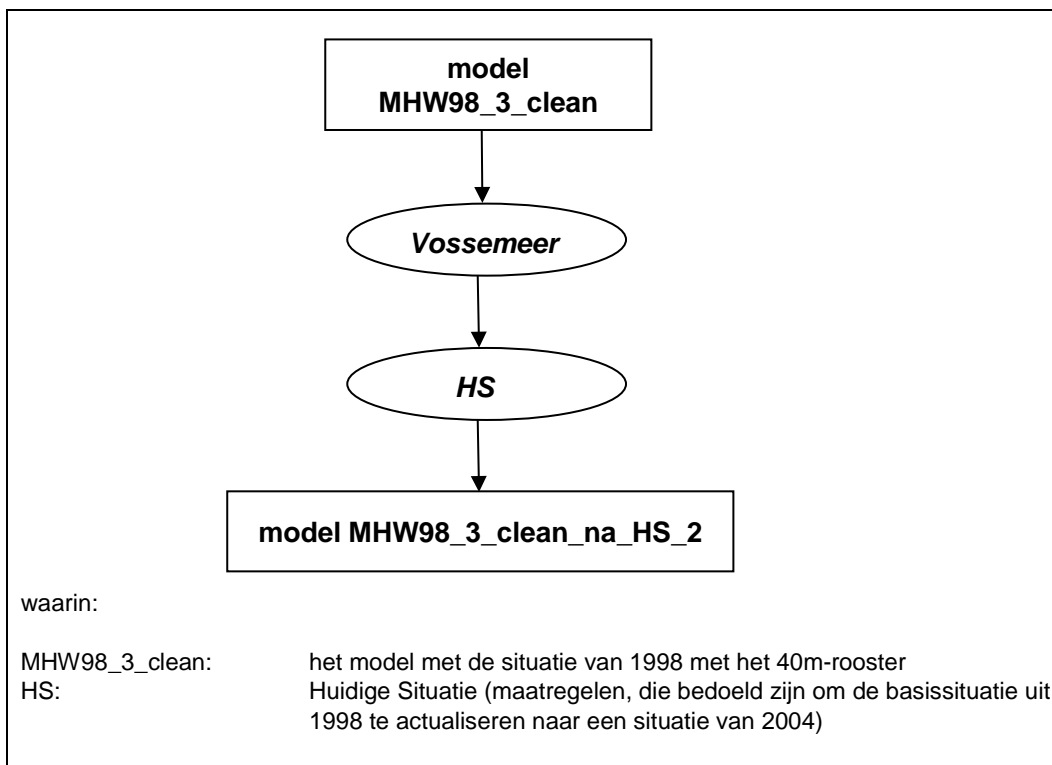
A Model en maatregelen BOR

A.1 Instrumentarium

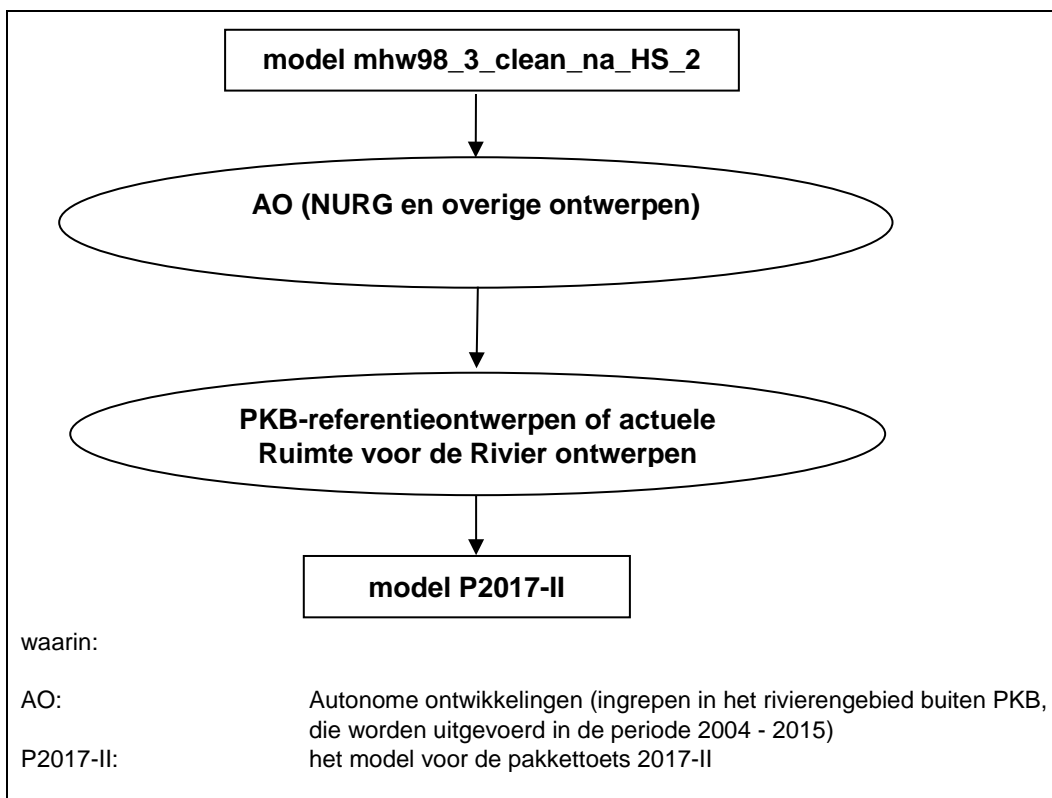
Er is besloten om in de pakkettoetsen naast de PKB-maatregelen ook de autonome ontwikkelingen (ingrepen in het rivierengebied buiten PKB, die worden uitgevoerd in de periode 2004 – 2015) mee te nemen. Voor de autonome ontwikkelingen worden schematisaties van NURG-projecten en overige ontwerpen meegenomen. Hierbij wordt opgemerkt dat voor de meeste NURG-ontwerpen er door Deltares een toetsing is uitgevoerd. De overige ontwerpen van autonome ontwikkelingen, die niet door Deltares zijn getoetst, zijn door PDR in de beginfase ter beschikking gesteld en blijven hetzelfde als in het Basispakket.

Het uitgangspunt voor de schematisatie van het BOR is een schematisatie van de situatie in 1998 (Figuur A.1). Voor de pakkettoets P2014-I is het Vossemeer toegevoegd aan dit model. Dit is nodig om de Ruimte voor de Rivier maatregel Bypass Kampen op te kunnen nemen. Daarnaast is het aantal vertices (knikpunten) in de Baseline-coverage winbed verminderd. Dit was nodig om fouten bij het inmixen van maatregelen te voorkomen. Voor de pakkettoets P2017-II is hetzelfde model als uitgangssituatie gebruikt als voor de pakkettoetsen P2014-I, P2015-I, P2016-I en P2017-I.

Figuur A.1 geeft aan hoe dit model is opgebouwd. In dit referentiemodel worden vervolgens de schematisaties van de autonome ontwikkelingen en de schematisaties van de maatregelen van het PKB-basispakket opgenomen, waar mogelijk vervangen door schematisaties van actuele Ruimte voor de Rivier ontwerpen (zie Figuur A.2).



Figuur A.1 Schema voor de constructie van het model dat sinds de pakkettoets 2014-I als uitgangspunt wordt gebruikt.



Figuur A.2 Schema voor de constructie van het model voor de pakkettoets 2017-II.

De schematisatie vindt plaats in Baseline en de berekeningen worden uitgevoerd met WAQUA. In Tabel A.1 staan de specificaties van de gebruikte database en de programmatuur. De definitie en vertaling van de ruwheidscodes gebeurt met nieuwere bestanden en programma's dan voor de eerdere pakkettoetsen gebruikt zijn, omdat anders niet alle in de SNIP-ontwerpen gebruikte ruwheidsdefinities meegenomen kunnen worden. Het gaat om een uitbreiding van de lijst van ruwheidscodes. Er worden dus geen ruwheidsdefinities veranderd.

Sinds de pakkettoets P2014-I wordt een rooster gebruikt dat uitgebreid is om de bypass Kampen op te kunnen nemen (r40m_41lent-bypask.rgf).

De initiële stuwstanden van de synthetische regelwerken in Neder-Rijn en IJssel en van het regelwerk Pannerden zijn aangepast naar waarden die dichterbij de te verwachten eindstand liggen.

Tabel A.1 GIS-data en programmatuur voor de pakkettoets 2017-II.

Database	mhw98_3_clean_na_HS_2
baseline-versie	baseline 3.31 (RIZA-versie)
WAQUA-versie	simona2006-01 linux
Rooster	r40m_41lent-bypask.rgf (fijn)
Ruwheid	k416mei14a (26/05/2014) met ruw_def102 (24/09/2013, uitbreiding voor Fortmond/Welsum)

De randvoorwaarden voor het Bovenrivierengebied inclusief de zijdelingse toestromingen zijn in Tabel A.2 en Tabel A.3 weergegeven. Voor de Beneden-IJssel gelden andere randvoorwaarden. Conform de methode Westphal zijn voor dat traject berekeningen gemaakt met respectievelijk een hoge rivierafvoer en een relatief lage benedenwaterstand (afvoergedomineerd) en met een relatief lage rivierafvoer en een hoge benedenwaterstand (windopzet), zie bijlage A.6.

Ter plaatse van de inlaat van de Bypass Kampen (rkm 991) is een onttrekking opgelegd van 340 m³/s voor de situaties met herhalingstijden van 2000 jaar en 1250 jaar. Wij merken op dat deze wijziging niet voort komt uit een in Baseline geschematiseerde maatregel. De waarde van 340 m³/s voor een constante onttrekking is ons door de PDR verstrekt. Er dient geverifieerd te worden of dit een realistische aanname is voor de afvoer door de bypass in de bouwfase. Ook zou onderscheid gemaakt moeten worden voor de verschillende herhalingstijden. Bij de monding van de bypass in het Vossemeer is een lozing van dezelfde waarde opgelegd.

Tabel A.2 Randvoorwaarden Bovenrivieren (behalve Beneden-IJssel).

Lobith / Boven-Rijn	Q = 16.000 m ³ /s
Werkendam / Waal	afkomstig uit een som voor Benedenrivieren, zie sectie 3.1
Krimpen a/d Lek	afkomstig uit een som voor Benedenrivieren, zie sectie 3.1
Ketelmeer / IJssel	Q-h-relatie

Tabel A.3 Zijdelingse toestromingen.

Locatie	Toestroming (m ³ /s)
Waal	
883.0 Wa Hol-Dts gm	12.49
957.4 Wa LvAltena	8.14
Totaal Waal	20.63
Pannerdensch Kanaal	
873.5 Pk gem.Kandia	6.43
Totaal Pann. Kanaal	6.43
Neder-Rijn/Lek	
883.4 Nr Arnhem c.a.	1.53
896.8 Nr Heelsumse b	12.64
902.0 Nr Kuykgemaal	0
928.5 Nr Gem.vBeun	4.06
965.0 Le Lopikerwrd	6.81
986.3 Le Bergambacht	9.68
Totaal Neder-Rijn/Lek	34.72
IJssel	
886.1 Ys beken	1.24
899.9 Ys Liemers	10.01
901.0 Ys Oude_ijssel	69.31
916.3 Ys beken	9.16
922.2 Ys div beken	21.53
931.0 Ys Twentekan	72.64
935.0 Ys div beken	8.05
942.2 Ys Schipbeek	21.94
946.2 Ys div beken	12.04
977.3 Ys div beken	21.98
992.4 Ys div beken	2.84
Totaal IJssel	250.74
Bypass Kampen	
Onttrekking (rkm 991)	-340.00
Lozing (monding Vossemeer)	340.00

A.2 Schematisaties van PKB-maatregelen

De in het basismodel BOR gemixte schematisaties van PKB-maatregelen (inclusief nodige aanpassingen aan de referentie) zijn weergegeven in Tabel A.4. Veranderingen ten opzichte van de voorgaande pakkettoets zijn grijs gemarkeerd.

Tabel A.4 Schematisaties van PKB-referentieontwerpen en meest recente Ruimte voor de Rivier ontwerpen opgenomen in de pakkettoetsen (reproductie, voorgaande pakkettoets en pakkettoets 2017-II)

Naam maatregel	RIZA en reproductie Deltares	Pakkettoets 2017-I	Pakkettoets 2017-II
<i>Waal</i>			
Suikerdam	1503	vervallen	vervallen
Millingerwaard	1504	wl_mil_do_d4	wl_ABmil17_a1
Lent	brokx_kl	wa_UOLent_a14	wa_UOLent_a14
		wa_oosth_a1	wa_oosth_a1
Kribverlaging Waalbochten	krib-w1a	vervallen	vervallen
Kribverlaging Midden-Waal	krib-w2	wl_kv_w2_a2	wl_kv_w2_a2
Kribverlaging Waal Fort St. Andries	krib-w3	wl_kv_w3_a2	wl_kv_w3_a2
Kribverlaging Beneden Waal	krib-w4	krib_w4_v12c	krib_w4_v12c
		wl_kv_w4_a1	wl_kv_w4_a1
Langsdammen, kabels en leidingen		wl_damerkb_a3	wl_damerkb_a3
		wl_damopbr_b4	wl_damopbr_b4
		wl_gl_914_a1	wl_gl_914_a1
		wl_gl_919_a1	wl_gl_919_a1
		wl_liandon_a3 ³⁾	wl_liandon_a3 ³⁾
Munnikenland	w45_w48_4a	wl_munsit_f3 ¹⁾	wl_munsit_f3 ¹⁾
		wl_munpl_a1	wl_munpl_a1
Avelingen	mw8_2a	bm_av_ab_v1	bm_av_ab_v1
<i>Neder-Rijn</i>			
Huissen *	r05_r06_alt1b	pk_kvsvkv_a3	pk_kvsvkv_a3
Meinerswijk	r09_3	rt_mw_a4z	rt_mw_a4z
Doorwerthsche Waarden	r13_3c	nr_doorwcl_a2	nr_doorwcl_a2
		nr_DWAB_a3	nr_DWAB_a3
Middelwaard	r22_2	nr_mwAB_a2	nr_mwAB_a2
		nr_mwDO_a7	nr_mwDO_a7
De Tollewaard	r24_1b	nr_twAB_a3	nr_twAB_a3
		nr_twdobrg_a2	nr_twdobrg_a2
Machinistenschool Elst	5301b	nr_ameron3_c1	nr_ameron3_c1
		nr_elstAB_a2	nr_elstAB_a2
Vianen	r43_r44_r46_r49_4pl	le_oss_a0	le_oss_a0
		le_vianeng_a2	le_vianeng_a2
		le-vreeswk-a3	le-vreeswk-a3
		le_asbSE_a2	le_asbSE_a2
		le_asbBW_a1	le_asbBW_a1
		le_asbWW_a2	le_asbWW_a2
		le_asbVW_a3 ²⁾	le_asbVW_a3 ²⁾
		le_asbPW_a1	le_asbPW_a1

De voetnoten staan uitgelegd aan het einde van deze sectie.

Naam maatregel	RIZA en reproductie Deltares	Pakkettoets 2017-I	Pakkettoets 2017-II
<i>IJssel</i>			
Cortenoever	50007c	ij_co_uo_b43 ⁴⁾ ij_co_uo_b47 ij_co_uo_b62	ij_co_uo_b43 ⁴⁾⁵⁾ ij_co_uo_b47 ij_co_uo_b62
Voorster Klei	20505d_bd	ij_vrs_do_b33 ⁴⁾ ij_vrs_do_b36	ij_vrs_do_b33 ⁴⁾⁵⁾ ij_vrs_do_b36
Bolwerksplas	y31_y33_y34_1a	ij_bwo_f1	ij_bwo_f1
Keizerswaard	y36_y37_y39_2c	ij_ksh_c3 ij_ksh_c4	ij_ksh_c3 ij_ksh_c4
Veessen-Wapenveld	50006c	ij_vw_do ij_vw_do_w	ij_vw_tbb ij_vw_tbb_w ij_vw_afWD_a1
Scheller	y49_2b	ys_sob_uo_a2 ³⁾	ys_sob_uo_a2 ⁵⁾
Westenholte	20509d	ys_dwh_uo_a1 ³⁾	ys_dwh_uo_a1 ⁵⁾⁷⁾
Bypass Kampen		ijs_kamp_owf1b ijs_kamp_byf1d	ijs_kamp_owf1b ijs_kamp_byf1d
Zomerbedverlaging	zbij	M_B2009_05 ma_sw_h1 ma_zbij_ab1 M_aan55 ma_zb_ab1 ma_be_ab1 ma_sw_vo1 ma_zb_gb	ij_B2009_05 ⁶⁾ ij_sw_h1 ⁶⁾ ij_vw_h1 ⁶⁾ ij_zbij_ab1 ⁶⁾ ij_aan55 ⁶⁾ ij_zb_ab1 ⁶⁾ ij_be_ab1 ⁶⁾ ij_sw_vo1 ⁶⁾ ij_zb_gb ⁶⁾

Voetnoten bij Tabel A.4:

- 1) In maatregel Munnikenland moet de ruwheidscode 311 worden vervangen door code 840, anders wordt de ruwheid niet goed omgezet door ruwdef. De hydraulisch adviseur heeft dit voor de individuele toetsing opgelost door een eigen programma voor de vertaling te schrijven.
- 2) Versie a3 van de maatregel Vianense Waard is gelijk aan versie a2, behalve dat het formaat van de Baseline-bestanden wc_omtrek, winbedhgt en ecoruw is aangepast zodat het voldoet aan het dataprotocol van Baseline 3.
- 3) In de maatregelen voor Scheller en Westenholte en in de Krib-W3 maatregel Liondon hebben de hverschillijnen het item overlaten=0. Bij gebruik van de Baseline 3 versie die altijd voor de pakkettoets is gebruikt worden deze niet meegenomen bij het opbouwen van het overlatenbestand. Daarom is het item overlaten na inmixen handmatig op 1 gezet. (Voor Scheller en Westenholte is dit alleen van toepassing voor pakkettoets P2017-I.)
- 4) Voor de maatregelen van Cortenoever en Voorsterklei moeten op WAQUA-niveau duikers toegevoegd worden (gesimuleerd via een lozing en een onttrekking).
- 5) De maatregelen voor Cortenoever, Voorster Klei, Scheller en Westenholte zijn na afloop van de voorgaande pakkettoets, P2017-I, gecorrigeerd. In P2017-II zijn de gecorrigeerde maatregelen gebruikt. De naam van de maatregelen is niet veranderd.

- 6) De maatregelen voor de maatregel Zomerbedverlaging zijn na afloop van de voorgaande pakkettoets, P2017-I, gecorrigeerd, waarbij ook een naamscorrectie heeft plaatsgevonden. In P2017-II zijn de gecorrigeerde maatregelen gebruikt.
- 7) In de gecorrigeerde Baseline-maatregel van Westenholte is om onbekende reden de erase-acties er_laanbepl en er_ruw_k uit de eraselijst en de toevoegactie pijlers uit de toevoeglijst van de maatregel verdwenen. Deze acties alsnog bij het inmixen van de maatregelen uitgevoerd waarbij ook weer het toevoegen van laanbepl van de maatregel is meegenomen.

A.3 Huidige situatie

In het Bovenrivierengebied zijn de volgende maatregelen opgenomen om de basissituatie uit 1998 te actualiseren naar een situatie van 2004 ("huidige situatie"):

w29_1_I
w37_1_I
w39_1_I
w41_1_I
bl_bhof_cl2
bl_driel_cl
r37_1_I
bl_rhvl_cl
y60_1_I

Deze blijven in alle pakkettoetsen gelijk. In het Benedenrivierengebied vindt geen actualisatie van het basismodel plaats.

A.4 Autonome ontwikkelingen

Tabel A.5 toont de schematisaties van maatregelen die als autonome ontwikkelingen zijn opgenomen in het BOR-model van de pakkettoets 2017-II. Ten opzichte van de voorgaande pakkettoets zijn er geen maatregelen veranderd.

Om de beleidsmatige afvoerverdeling op te kunnen leggen moesten de kunstmatige regelwerken in de Waal en het Pannerdensch Kanaal worden vervangen door het geplande regelwerk Pannerden. In de Rijnwaarden zijn daarvoor met behulp van een maatregel (br_panover_d3) de overlaten rond het nieuwe regelwerk verwijderd. De maatregel verwijdert ook de oude, niet regelbare Pannerdensch Overlaat. In de WAQUA-invoer is het nieuwe regelwerk als overstroombare *barrier* met een regelbereik van 11,80 m+NAP tot 17,00 m+NAP opgenomen. Dit regelwerk stuurt zowel in de berekeningen met beleidsmatige afvoerverdeling als in de berekeningen met vrije afvoerverdeling de afvoerverdeling op het Pannerdensch Kop. Op die manier wordt in de Waal en het Pannerdensch Kanaal altijd de beleidsmatige afvoer gerealiseerd. Na toepassen van de maatregel lagen er, net als in de voorgaande pakkettoets, overlaten op de locatie van de *barrier*. Deze zijn in de WAQUA-invoer handmatig verwijderd.

Tabel A.5 Schematisaties van de autonome ontwikkelingen in BOR, opgenomen in de pakkettoetsen (reproductie, voorgaande pakkettoets P2017-I en pakkettoets 2017-II). Grijs: veranderingen t.o.v. voorgaande pakkettoets.

Naam maatregel	RIZA, reproductie Deltares	Pakkettoets 2017-I	Pakkettoets 2017-II
<i>Waal</i>			
Uitwijkhaven Lobith	w01_1_I	w01_1_I	w01_1_I
Rijnwaarden (NURG)	w03_w04_r01_r02_1_la	pk_fortpan_a1 pk_kaden_a1 pk_kandia_a1 pk_loowrd_a1 pk_plassen_a1 br_rijnw_c1 br_bijlandt_kade1 br_bijlandt_var41 br_panover_c1 br_rijnw_h3 pk_GRP_2012a A2_geulen	pk_fortpan_a1 pk_kaden_a1 pk_kandia_a1 pk_loowrd_a1 pk_plassen_a1 br_rijnw_c1 br_bijlandt_kade1 br_bijlandt_var41 br_panover_c1 br_rijnw_h3 pk_GRP_2012a A2_geulen
Pannerdensche Overlaat		br_panover_d3	br_panover_d3
Millingerwaard (NURG)	w06_1I_DLGvar2	vervalt (is onderdeel van PKB-maatregel Millingerwaard)	vervalt (is onderdeel van PKB-maatregel Millingerwaard)
Bemmel (NURG)	w10_1_I	wl_bemref_a1 wl_bemmel_b1	wl_bemref_a1 wl_bemmel_b1
Uitwijkhaven Weurt	w14_1_I	w14_1_I	w14_1_I
Afferdensche en Deestsche Waarden (NURG)	w20_1_I	wl_afferd_a2	wl_afferd_a2
Gouverneursche Polder	w21_1_I	w21_1_I	w21_1_I
Kleine Willemspolder	w27_1_I	w27_1_I	w27_1_I
Dreumelse waarden	w28_1_I	w28_1_I	w28_1_I
Loevestein natuur	w48_1_I	w48_1_I	w48_1_I
<i>Neder-Rijn/Lek</i>			
Lexkesveer (NURG)	5000	nr_schout_v01 nr_schout_v02 nr_wagebw_v01	nr_schout_v01 nr_schout_v02 nr_wagebw_v01
Loowaard	r04_1_I	r04_1_I	r04_1_I
Spoorbrug Oosterbeek	bl_spbr_cl	bl_spbr_cl	bl_spbr_cl
Rosandepolder natuur	r11_1_In	r11_1_In_a	r11_1_In_a
Renkumer Benedenwaard	r16_r19_1_I	r16_r19_1_I	r16_r19_1_I
Manuswaard-De Spees	r21_r22_1_Iv	r21_r22_1_Iv	r21_r22_1_Iv
Amerongense Bovenpolder	r27_1_I	r27_1_I	r27_1_I
Vispassage Amerongen	r29_1_I	r29_1_I	r29_1_I
Polder de Goilbedinger	r42_1_I	r42_1_I	r42_1_I
Dijkversterking Lek/Lexmond- West	r51_1_I	r51_1_I	r51_1_I

Naam maatregel	RIZA, reproductie Deltares	Pakkettoets 2017-I	Pakkettoets 2017-II
<u>IJssel</u>			
Hondsbroekse Pleij	20501+20303_r	nr_hpleij_a2 nr_hpleij_b1 nr_hbplsn6_a1 nr_hbplsn6_a1_secties	nr_hpleij_a2 nr_hpleij_b1 nr_hbplsn6_a1 nr_hbplsn6_a1_secties
Spoorbrug Zwolle (NURG)	11001	ij_spbwol_a1	ij_spbwol_a1
Welsum en Fortmond (NURG)	ij_olst_c1	ij_olstac1_a1 ij_olstac2_b1 ij_olstac3_a1 ij_olst_ref_oen3 ij_olst_int8 ij_welsum_irp ij_roetw_b7	ij_olstac1_a1 ij_olstac2_b1 ij_olstac3_a1 ij_olst_ref_oen3 ij_olst_int8 ij_welsum_irp ij_roetw_b7
Vreugderijkerwaard	y53_1_I	y53_1_I	y53_1_I
Ketelpolder	y61_1_I	y61_1_I	y61_1_I

A.5 Winterbedbegrenzing

Er is uitgegaan van de niet geknipte winterbedbegrenzing, net als in de voorgaande pakkettoetsen, P2010-I, P2011-I, P2012-I, P2013-I, P2014-I, P015-I, P2016-I en P2017-I (zie Crebas et al., 2010).

A.6 Beneden-IJssel

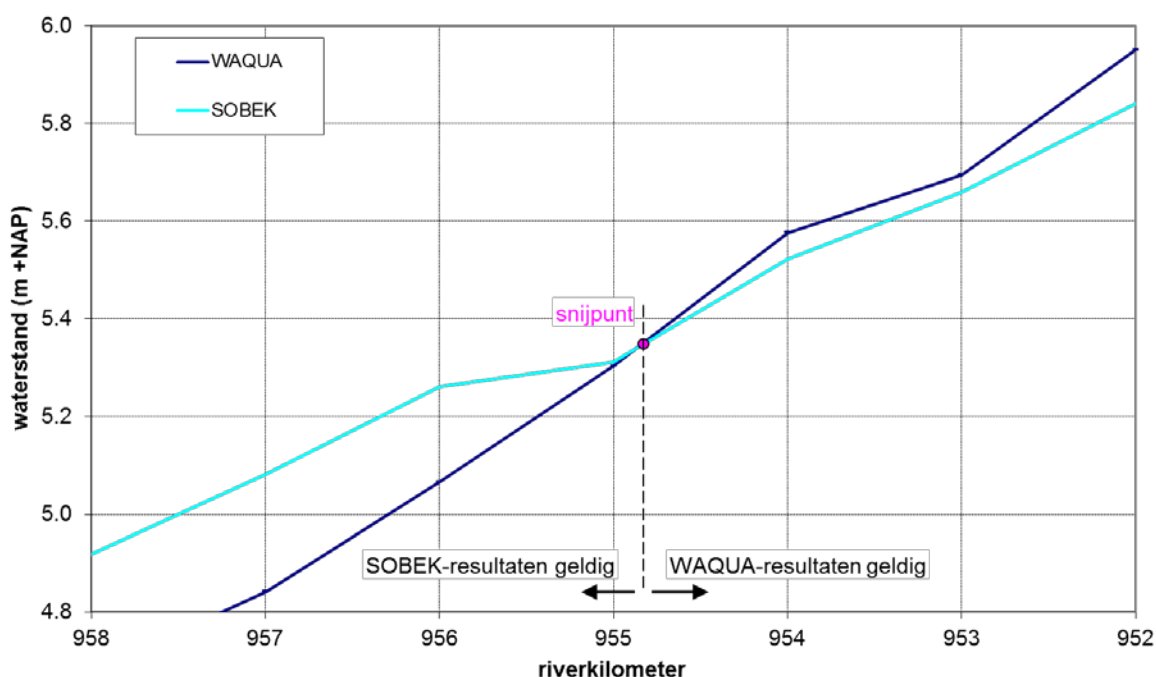
Voor het gebied op de Beneden-IJssel met een normfrequentie van 1/2000 zijn berekeningen gemaakt met het model van de IJssel, bij de IJsselkop afgeknipt van het Rijntakkenmodel voor de pakkettoets. Dit is noodzakelijk omdat op dit traject de overgang ligt van het afvoergedomineerde gebied bovenstrooms en het gebied waar ook windopzet op het IJsselmeer een rol speelt. De berekeningen zijn gemaakt conform de methode Westphal met respectievelijk een hoge rivierafvoer en een relatief lage benedenwaterstand (afvoergedomineerd) en met een lage rivierafvoer en een hoge benedenwaterstand (windopzet). Voor de berekening met hoge rivierafvoer is een zijdelingse toestroming van totaal 250 m³/s opgelegd, bovenstrooms een afvoer van 2556 m³/s en benedenstrooms een waterstand van 1 m+NAP. Voor de berekening met windopzet is bovenstrooms een afvoer van 900 m³/s opgelegd en benedenstrooms een waterstand van 2.95 m+NAP. De verhanglijnen van de twee berekeningen zijn gecombineerd zoals beschreven in WL | Delft Hydraulics (2003). De onttrekking en de lozing voor de maatregel bypass Kampen is alleen in de berekening met hoge rivierafvoer meegenomen, omdat de bypass niet ingezet kan worden bij grote windopzet en een lage rivierafvoer.

B Overgangsgebieden

Voor het Bovenrivierengebied wordt een ander instrumentarium gebruikt dan in het Benedenrivierengebied (de gebruikte instrumentaria zijn WAQUA respectievelijk SOBEK). De schematisaties van het Beneden- en Bovenrivierengebied overlappen elkaar deels. Het gaat hier om de trajecten Neder-Rijn/Lek en Waal. Als gevolg van het gebruik van verschillende instrumentaria worden er voor hetzelfde traject verschillende waterstanden berekend. Om de berekende waterstanden goed op elkaar aan te laten sluiten is er een overgang tussen beide modellen gedefinieerd. De gevolgde methode voor de overgang wordt beschreven in Schielen (2005). De methode wordt hieronder kort beschreven waarna de afgeleide waterstanden worden weergegeven. De resultaten van de actuele pakkettoets P2017-II voor BOR zijn gecombineerd met de resultaten van pakkettoets P2016-II voor BER.

B.1 Waal

In WAQUA wordt voor de gehele schematisatie (met uitzondering van de Beneden-IJssel) gerekend met een normfrequentie van 1/1250. In SOBEK variëren de normfrequenties van 1/1250 tot 1/10000. Op de Waal geldt voor het overgangsgebied in SOBEK en in WAQUA een normfrequentie van 1/1250. Door deze overeenkomst kunnen de gegevens zonder verdere bewerking met elkaar worden vergeleken. In Figuur B.1 is een grafiek weergegeven met de berekende maatgevende hoogwaterstanden in WAQUA en SOBEK. Het snijpunt, dat gezien wordt als scheiding tussen het geldigheidsgebied van de WAQUA-resultaten en van de SOBEK-resultaten, ligt tussen rkm 954 en rkm 955 en daarmee tussen de maatregelen Munnikenland (rkm 948 – rkm 952) en Avelingen (rkm 956 – rkm 957). De ligging van het snijpunt is niet veranderd ten opzichte van de voorgaande pakkettoets.



Figuur B.1 Waterstanden op de overgang van WAQUA naar SOBEK op de Waal

B.2 Lek

Voor de Lek is in voorgaande studies een overgangsgebied gedefinieerd. Dit is gedaan omdat de met SOBEK berekende maatgevende hoogwaterstanden overall boven de met WAQUA berekende maatgevende hoogwaterstanden liggen. Op deze tak is een overgangsgebied gedefinieerd vanaf rkm 947 tot en met rkm 967. Op dit traject worden de resultaten van de twee modellen lineair geïnterpoleerd, zodat een geleidelijke overgang ontstaat.

Binnen het overgangsgebied wordt in WAQUA gerekend met een normfrequentie van 1/1250, terwijl de aangrenzende dijkringen een normfrequentie hebben van 1/2000 per jaar. In SOBEK wordt binnen dit gebied gerekend met een normfrequentie van 1/2000. Voordat de resultaten geïnterpoleerd kunnen worden, dienen de WAQUA-resultaten gecorrigeerd te worden naar een normfrequentie van 1/2000. Deze correctie wordt gedaan door in Special Hydra-B per kilometer de waterstand bij een normfrequentie van 1/1250 en een normfrequentie van 1/2000 te berekenen, door voor het relevante traject in het zogenaamde opl-file de normfrequentie aan te passen. Vervolgens wordt het verschil van deze waterstanden bepaald en bij de WAQUA-resultaten (1/1250) opgeteld:

$$h_{\text{WAQUA}(1:2000)} = h_{\text{WAQUA}(1/1250)} + (h_{\text{SOBEK}(1/2000)} - h_{\text{SOBEK}(1/1250)})$$

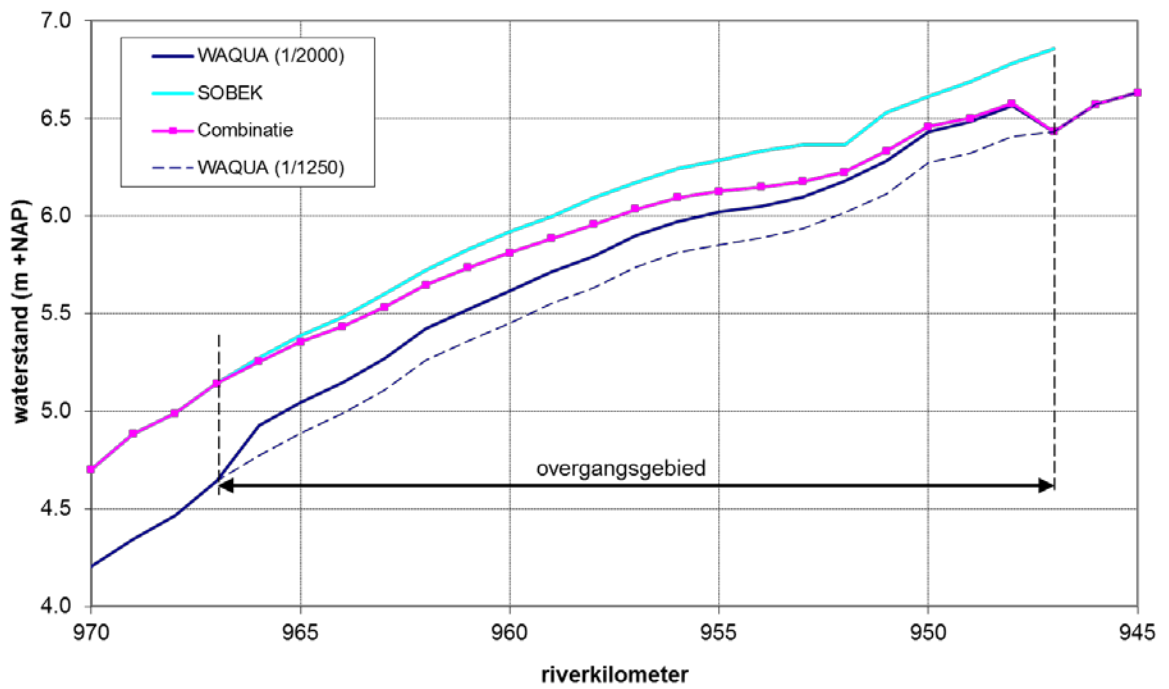
Vervolgens wordt tussen de SOBEK en (gecorrigeerde) WAQUA MHW's geïnterpoleerd met de volgende formule (Schielen, 2005) voor de waterstanden tussen rkm 947 en rkm 967:

$$h_{\text{interp.}} = h_{\text{WAQUA}(1/2000)} + (h_{\text{SOBEK}(1/2000)} - h_{\text{WAQUA}(1/2000)}) * (\text{rivierkm} - 947) / 20$$

met h=waterstand

Op rkm 947 gelden de ongecorrigeerde WAQUA-MHW's, op rkm 967 gelden de ongecorrigeerde SOBEK-MHW's.

Figuur B.2 toont de aldus geïnterpoleerde MHW's. Tevens zijn in deze grafiek de MHW's volgens de originele SOBEK en WAQUA berekeningen en de gecorrigeerde WAQUA-MHW's weergegeven.



Figuur B.2 Waterstanden op de overgang van WAQUA naar SOBEK op de Lek