

**Waterstandsverlopen  
Benedenrivierengebied voor  
WTI2017**





**Waterstandsverlopen  
Benedenrivierengebied voor  
WTI2017**

Annette Kieftenburg  
Dana Stuparu

1220082-002



## Titel

Waterstandsverlopen Benedenrivierengebied voor WT12017

## Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

## Kenmerk

1220082-002-HYE-0004

## Pagina's

124

## Trefwoorden

Waterstandsverlopen, Benedenrivierengebied, WT12017, Impact veranderingen WT12017, GRADE-statistiek, golfvorm, nieuwe normering

## Samenvatting

In dit rapport is onderzocht of indeling in deelgebieden uit de WT12011 kan worden gehandhaafd waar het gaat om het afleiden van waterstandsverlopen. De conclusie is dat deze in grote lijnen blijven zoals deze was. Maar met de overgang naar de nieuwe overstromingskans normering en de nieuwe statistiek op basis van GRADE, is het wenselijk de indeling op een aantal lokaties toch aan te passen.

Het resultaat voor WT12017 is een nieuwe indeling met in totaal 9 deelgebieden waar er een geldt voor de Bergsche Maas en 8 voor de rest van het gebied. De belangrijkste verschillen met de indeling uit WT12011 zijn gelegen in:


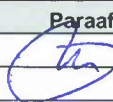
- De Nieuwe Waterweg wordt niet meer verdeeld.
- De benedenstroomse deel van de Beneden Merwede en het Wantij zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd op basis van de vorm van het waterstandsverloop.
- Het bovenstroomse deel van de Nieuwe Merwede en het bovenstroomse deel van de Beneden Merwede zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd op basis van de vorm van het waterstandsverloop.
- De grenzen op de Lek zijn verschoven.
- De Bergsche Maas is apart beschouwd.

Dit resultaat volgt uit een stapsgewijze aanpak door uitgaande van de referentiesituatie met de oude waarden voor de normen, eerst de effecten van de nieuwe normering te beschouwen. Voor het Benedenrivierengebied is voor alle onderzochte terugkeertijden ( $T = 1000$  t/m  $T = 100.000$  jaar) het overgangsgebied bepaald voor wat betreft de kansbijdrage van de kering. Hieruit volgt een verschuiving stroomopwaarts voor de overgangsgebieden. Verder geldt dat de 90%-percentielwaarden van de afvoer duidelijk hoger zijn door de hogere normen. Ten tweede is het gecombineerde effect van de nieuwe normen met de nieuwe statistiek beschouwd. De toepassing van de nieuwe statistiek heeft sterke invloed op de 90%-percentielen van de afvoer. Deze zijn nu begrensd tot ca. 19000 m<sup>3</sup>/s, ondanks de strengere normen. Overgangsgebieden op basis van de bijdrage van de kering zijn enkele kilometers groter ten opzichte van de situatie met de oude statistiek. Tenslotte heeft de beschouwing van de vorm van de waterstandsverlopen geleid tot een verfijning in de deelgebieden ten opzichte van de indeling die is gebaseerd op de dominantie van de kering en de 90%-afvoerpercentielen.

Per gedefinieerd deelgebied zijn op basis van twee nieuwe WAQUA berekeningen, voor twee verschillende 90%-percentielen van de afvoer, indicatieve vormen van de verlopen bepaald. De vorm van de waterstandsverlopen is ten gevolge van de veranderde statistiek ook veranderd. Voor de betreffende twee klassen van de afvoer zouden deze rechtstreeks kunnen worden geschaald naar het toetspeil.

## Referenties

--

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Feb. 2016	Annette Kieftenburg		Nienke Kramer		Marcel van Gent	

## Status

Definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Achtergrond	1
1.2 Doel	1
1.3 Uitgangspunten	1
1.4 Beperkingen	2
1.5 Leeswijzer	2
<b>2 Algemene achtergrond nader uitgewerkt</b>	<b>5</b>
2.1 Kader, beperkingen en pragmatische oplossingen	5
2.1.1 Veranderingen in het kader van de WTI2017	5
2.1.2 Beperkingen en pragmatische oplossingen	5
2.1.3 Acties na deze studie	6
2.2 Belang van een juiste beschrijving van de waterstandsverlopen	6
2.3 Het gebruik van waterstandsverlopen	6
2.4 Indeling deelgebieden	7
2.4.1 Verwachtingen vooraf	7
<b>3 Aanpak algemeen</b>	<b>9</b>
3.1 Werkwijze	9
3.2 Deelstappen die in dit rapport worden uitgevoerd	9
3.3 Deelstappen die hierna nog moeten worden uitgevoerd	11
<b>4 Nieuwe normering</b>	<b>13</b>
<b>5 Overview bevindingen op gebiedsindeling en vorm voor de waterstandsverlopen voor WTI2017</b>	<b>15</b>
5.1 Vergelijking voor alle deelgebieden	15
5.1.1 Vergelijking dominante bijdrage kering	15
5.1.2 Vergelijking 90% afvoerpercentielen	17
5.2 Vertaling naar deelgebieden	19
5.3 De vorm van de waterstandsverlopen en de gebiedsindeling	20
5.3.1 Nadere vergelijking vorm	21
5.4 Definitief voorstel indeling deelgebieden voor WTI2017 van de waterstandsverlopen	22
5.5 Indicatieve vorm voor de waterstandsverlopen voor deelgebied 2, 3, 5, 6 en 8	23
5.6 Overall conclusie	27
<b>6 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>29</b>
<b>7 Referenties</b>	<b>31</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Eerste verkenning op basis van WTI2011 informatie</b>	<b>A-1</b>
A.1 Inleiding	A-1
A.2 Identificatie van aandachtsgebieden op basis van WTI2011 data	A-1
A.3 Wijze van vergelijking, identificatie aandachtsgebieden	A-1

A.4	Resulterende aandachtsgebieden indeling open/dicht	A-3
A.5	Werkwijze voor vervolg	A-4
<b>B</b>	<b>Hydra-berekeningen: dominantie open of gesloten kering; oude statistiek</b>	<b>B-1</b>
B.1	Inleiding	B-1
B.2	Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, oude statistiek, nieuwe normen	B-1
B.2.1	Definitie van een overgangsgebied	B-3
B.2.2	Lek	B-3
B.2.3	Oude Maas	B-4
B.2.4	Beneden Merwede	B-5
B.2.5	Spui	B-6
B.2.6	Noord	B-7
B.2.7	Wantij	B-8
B.2.8	Nieuwe Merwede	B-9
B.2.9	Bergsche Maas	B-10
B.3	Conclusie bijdrage kering oude statistiek, nieuwe normen	B-11
<b>C</b>	<b>Hydra-berekeningen: 90%percentielwaarden voor de afvoer; oude statistiek</b>	<b>C-1</b>
C.1	Inleiding	C-1
C.2	Afleiden debieten	C-1
C.3	Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, oude statistiek, nieuwe normen	C-2
C.3.1	Leeswijzer bij de figuren	C-3
C.3.2	Lek	C-3
C.3.3	Oude Maas	C-4
C.3.4	Beneden Merwede	C-5
C.3.5	Spui	C-6
C.3.6	Noord	C-7
C.3.7	Wantij	C-8
C.3.8	Nieuwe Merwede	C-9
C.3.9	Bergsche Maas	C-10
C.3.10	Overige gebieden	C-11
C.4	Samenvatting	C-13
<b>D</b>	<b>Hydra-berekeningen: effect van de statistiek volgend uit GRADE</b>	<b>D-1</b>
D.1	Inleiding	D-1
D.2	Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, nieuwe statistiek, nieuwe normen	D-1
D.3	Afleiden percentage bijdrage open kering en debieten bij de nieuwe normering	D-2
D.3.1	Leeswijzer bij de figuren	D-2
D.3.2	Lek	D-2
D.3.3	Oude Maas	D-5
D.3.4	Beneden Merwede	D-6
D.3.5	Spui	D-8
D.3.6	Noord	D-9
D.3.7	Wantij	D-10
D.3.8	Nieuwe Merwede	D-12
D.3.9	Bergsche Maas	D-14
D.3.10	Boven Merwede	D-15
D.3.11	Overige gebieden	D-17
D.4	Samenvatting	D-20
<b>E</b>	<b>Vergelijking oude en nieuwe statistiek</b>	<b>E-21</b>



E.1	Gedetailleerde vergelijking	E-21
E.2	Naar een gebiedsindeling	E-29
<b>F</b>	<b>De vorm van de waterstandsverlopen: een vergelijking voor de oude en nieuwe statistiek</b>	<b>F-1</b>
F.1	Invloed van nieuwe statistiek op uitkomsten WAQUA	F-1
F.2	Gedetailleerde vergelijking	F-3
F.2.1	Nadere vergelijking Bergsche Maas	F-5
F.3	Definitieve indeling	F-5
<b>G</b>	<b>Overzichtstabel</b>	<b>G-1</b>
<b>H</b>	<b>Statistiek van WTI2011 en GRADE-statistiek</b>	<b>H-1</b>
<b>I</b>	<b>WAQUA resultaten voor afvoerpercentiel uit de midden klasse</b>	<b>I-1</b>
<b>J</b>	<b>WAQUA resultaten voor afvoerpercentiel uit de hoge klasse</b>	<b>J-1</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Bij het toetsen van de dijken voor een aantal geotechnische faalmechanismen wordt gebruik gemaakt van de waterstandsverlopen. Een waterstandsverloop geeft voor een lokatie de tijdsafhankelijke waterstand aan tijdens het passeren van een hoogwatergolf behorende bij het toetspeil. Voor faalmechanismen waar langdurend aanhoudende hoge waterstanden van belang zijn, worden waterstandsverlopen afgeleid. In dit rapport wordt de methode hiervoor uitgelegd en worden de een aantal noodzakelijke stappen uitgewerkt. Hierbij is rekening gehouden met de veranderingen van de WTI2017 ten opzichte van de WTI2011.

## 1.2 Doel

De doelen van deze studie zijn:

- 1) Het bepalen van een gebiedsindeling voor de waterstandsverlopen voor het Benedenrivierengebied voor de vijfde toets ronde, op basis van de uitgangspunten zoals hieronder genoemd. Centrale vraag hierbij is, met het licht op de veranderingen in het WTI2017 ten opzichte van WTI2011, tot hoever de methode en indeling uit de WTI2011 voor het Benedenrivierengebied (Kramer 2011), kan worden hergebruikt.
- 2) Het maken van tweetal indicatieve WAQUA berekeningen ter bepaling van een waterstandsverloop voor een aantal deelgebieden.
- 3) Het derde doel is het systematisch vergelijken van de invloed van de veranderingen in de uitgangspunten op de waterstandsverlopen met de resultaten uit WTI2011. Het gaat hierbij om een stapsgewijze benadering, zodat precies kan worden nagegaan welke aanpassingen verantwoordelijk zijn voor veranderingen in het eindresultaat. Dit is te zien als impactanalyse van de veranderingen in de aansturing van het WTI2017 ten opzichte van het WTI2011.

## 1.3 Uitgangspunten

Er wordt in deze studie voortgebouwd op de studie uit de WTI2011 (Kramer 2011), waarin een indeling voor de waterstandsverlopen voor het Benedenrivierengebied is afgeleid. Hierin is de gebiedsindeling gebaseerd op:

- De keringstoestand;
- De 90%-percentielen van de afvoer;
- De vorm van het waterstandsverloop.

In voorliggende studie zal worden onderzocht in hoeverre deze indeling uit (Kramer 2011) kan worden gehandhaafd voor de veranderingen in WTI2017 ten opzichte van de WTI2011. Deze veranderingen hebben betrekking op:

- de nieuwe normen (in verband met de overgang van de overschrijdingsnorm) per dijkdoorsnede in een dijkkring, naar overstromingsnorm per deeltraject.
- en aanpassingen in de statistiek (in WTI2017 volgend uit GRADE). Hierbij wordt de verandering in de statistiek van WTI2017 in de randvoorwaarden op de bovenrand voor de WAQUA-berekeningen verdisconteerd. De benedenrand aan de zeezijde blijft in WTI2017 gelijk aan die van WTI2011.

Per gedefinieerd deelgebied zal het waterstandsverloop min of meer vergelijkbaar zijn voor de verschillende lokaties in dit gebied.

Door middel schaling kan dan de top van het waterstandsverloop in overeenstemming worden gebracht met het toetspeil voor een bepaalde lokatie. Getracht wordt om de deelgebieden zo te definiëren dat de waterstandsverlopen min of meer vergelijkbaar zijn qua vorm.

Hiernaast wordt het kader gesteld door het ENW goedgekeurde Plan van aanpak (Deltares 3 november 2014). Volgens dit plan van aanpak moeten de waterstandsverlopen geschikt zijn voor de faalmechanismen:

- 1) Piping en heave;
- 2) Macro-instabiliteit binnenwaarts;
- 3) Micro-instabiliteit.

*N.B. In (Geerse and Waterman april 2014) is de wens geuit om als aanvulling op de in (Kramer 2011) afgeleide waterstandsverlopen de hierbij behorende maatgevende afvoer af te leiden. Echter, gegeven bovenstaande uitgangspunten worden deze niet beschouwd.*

## 1.4 Beperkingen

De beperking bij deze studie ligt in het nog niet beschikbaar zijn van het toetsinstrumentarium en daarmee samenhangend het nog niet beschikbaar zijn van de toetspeilen. Bovendien laat de tijdsplanning van het WTI geen uitstel toe tot na het gereedkomen van dit instrumentarium. Deze studie zal dus pragmatisch van aard zijn en daarbij zal gewerkt worden met het oude instrumentarium. Er zal bovendien met zo min mogelijk extra inspanning, en dus zoveel mogelijk op basis van al beschikbare informatie een inschatting worden gemaakt van wat er nog nodig is voor het beantwoorden van de vragen uit de vorige paragraaf.

## 1.5 Leeswijzer

Onderhavig rapport is verdeeld in twee delen: het eerste deel, de hoofdtekst met de belangrijkste informatie voor de eindgebruiker, en een deel met bijlagen met veel meer details voor hen die meer willen weten over de achtergronden.

In het eerste deel wordt allereerst in Hoofdstuk 2 ingegaan op het belang van waterstandsverlopen, de indeling in gebieden en het kader en beperkingen van deze studie. In hoofdstuk 3 wordt de werkwijze en de uit te voeren deelstappen nader toegelicht. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de impact van de veranderingen in WTI2017 ten aanzien van de nieuwe normering. In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste bevindingen gepresenteerd voor de afleiding van de waterstandsverlopen.

In de bijlagen wordt het proces om te komen tot de waterstandsverlopen stapsgewijs en in detail beschreven. In Bijlage A zijn de resultaten uit het WTI2011 bestudeerd, en zijn de aandachtsgebieden geïdentificeerd voor de gebiedsindeling zoals die was in WTI2011, met het oog op de veranderingen in het WTI2017.

In Bijlage B wordt de eerste stap nader uitgewerkt: de dominantie van kansbijdrage van de keringen (i.e. open versus dicht) met de oude statistiek. In Bijlage C worden de bijbehorende 90%-percentielen van de debieten nader beschouwd voor de oude statistiek. In Bijlage D worden de exercities herhaald, maar dan voor de nieuwe statistiek.

Referentie (Bijlage A)	Verandering 1 (Bijlagen B en C)	Verandering 2 (Bijlage D)
<u>Oude norm</u> <u>Oude statistiek</u> - Percentage Kering Open - 90% -percentielen	<u>Nieuwe norm</u> <u>Oude statistiek</u> - Percentage Kering Open (Bijlage B) - 90%-percentielen (Bijlage C)	<u>Nieuwe norm</u> <u>Nieuwe GRADE-statistiek</u> - Percentage Kering Open - 90% -percentielen

Met deze werkwijze wordt er steeds 1 verandering per keer doorgevoerd, en worden verschillen en overeenkomsten door de veranderingen van WTI2017 ten opzichte van WTI2011 stapsgewijs beschouwd.

In Bijlage E zal dit alles in detail worden vergeleken in een overzichtstabel gebaseerd op de hoofdstukken daarvoor en zal op basis hiervan worden gebundeld in een nieuw afgeleide indeling. Overeenkomsten en verschillen worden aangegeven. In Bijlage F zal invloed van de vorm van de waterstandsverlopen op de gebiedsindeling nader worden beschouwd per deelgebied en zal voor een aantal deelgebieden een indicatieve vorm van het waterstandsverloop worden aangegeven.

Bijlagen G t/m J zijn de bijlagen bij de bijlagen A t/m F. In Bijlage G staat de overzichtstabel voor het Benedenrivierengebied voor de verkenning op basis van WT2011. De verandering in de vorm van statistiek staat vermeld in Bijlage H. Ten slotte worden er in Bijlage I en Bijlage J de waterstandsverlopen op basis van het tweetal WAQUA-berekeningen voor afvoerpercentielen uit de midden klasse respectievelijk de middenhoge klasse gepresenteerd.



## 2 Algemene achtergrond nader uitgewerkt

### 2.1 Kader, beperkingen en pragmatische oplossingen

#### 2.1.1 Veranderingen in het kader van de WTI2017

In de WTI2017 zal worden overgegaan van de overschrijdingskansnorm naar de overstromingskansnorm. Deze normen laten zich niet direct met elkaar vergelijken. Alleen op doorsnedeniveau zijn deze per faalmechanisme te vergelijken in orde van grootte, als de bijdrage van het faalmechanisme op de totale faalkans van de kering bekend is. Daarnaast zal er worden overgegaan van het semi-probabilistische Hydra-Zoet en voor 7 faalmechanismen volledig probabilistische Hydra-Ring model. Dit volledig probabilistisch model zoekt in de kansruimte de meest belastende situatie voor alle faalmechanismen tezamen, en levert daarbij één set aan maatgevende hydraulische belastingen met één toetspeil.

Ook wordt er overgegaan op de GRADE-afvoerstatistiek. Dit houdt andere waarden in waarbij rekening is gehouden met overstromingen in Duitsland, maatregelen om die overstromingen te beperken, , maar ook een andere vorm van de afvoergolf bij Lobith en Borgharen (zie Bijlage H, (Chbab november 2015)).

Er wordt in WTI 2017 rekening gehouden met model- en statistische onzekerheden; voor de golfvorm wordt echter geen onzekerheid meegenomen.

#### 2.1.2 Beperkingen en pragmatische oplossingen

De toetspeilen in het Benedenrivierengebied zijn, ten tijde van het schrijven van dit rapport, nog niet bekend, en ook Hydra-Ring is nog niet gereed. Derhalve kan hier geen gebruik van worden gemaakt. Ondanks dat is er een manier om af te schatten hoe de oude en nieuwe norm zich tot elkaar verhouden. De orde van grootte van de bijdragen van de verschillende faalmechanismen zijn af te schatten zoals dat nu ook voor ontwerpen gebeurt. Hierin wordt een vaste bijdrage in de kansruimte verondersteld voor de verschillende faalmechanismen. Verwacht wordt dat deze terugkeertijden in orde van grootte vergelijkbaar zullen zijn met de volledig probabilistische benadering.

In dat geval levert dit vergelijkbare, maar mogelijk iets andere getalswaarden voor de toetspeilen op (i.e. op doorsnedeniveau per faalmechanisme een iets ander, maar vergelijkbaar toetspeil)<sup>1</sup>. Doordat er op doorsnede niveau de uitkomsten vergeleken kunnen worden, betekent dit dan ook dat het Hydra-Zoet instrumentarium gebruikt kan worden, onder de aanname dat deze voldoende vergelijkbaar zal zijn met Hydra-Ring.<sup>2</sup> Een bijkomend voordeel is dat Hydra-Zoet de 90%-percentielen<sup>3</sup> voor de afvoer kan berekenen<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Naarmate de terugkeertijden meer verschillen ( doordat de kansruimte hier per faalmechanisme gereserveerd is) zullen de verschillen groter zijn.

<sup>2</sup> Dit geldt bij een gelijk aansturing. In Hydra-Ring kunnen naast andere ook dezelfde instellingen worden gekozen als die standaard waren voor Hydra-Zoet, zoals numerieke integratie.

<sup>3</sup> Het 90%-percentiel van de afvoer wordt gedefinieerd als de afvoer dat tijdens falen (het overschrijden van een bepaalde waterstand met herhalingstijd T) met 90% kans wordt overschreden. Tijdens falen bestaat slechts 10% kans op een hogere afvoer dan het 90%-percentiel van de afvoer. Het 90%-percentiel ligt in principe hoger dan het illustratiepunt: het punt met de grootste kans bijdrage horend bij het toetspeil.

<sup>4</sup> Hydra-Ring kent deze optie vooralsnog niet.

### 2.1.3 Acties na deze studie

Omdat deze studie niet met het WTI2017 instrumentarium kan worden uitgevoerd zijn er nog enkele acties uit te voeren na het gereedkomen van het instrumentarium:

- De aannamen uit deze studie over de verschillen tussen het oude en nieuwe instrumentarium moeten worden gecheckt alvorens de definitieve waterstandsverlopen en hun indeling te kunnen vaststellen.
- De waterstandsverlopen moeten worden aangepast op basis van de nieuwe toetspeilen, die volgen uit de productieberekeningen met het nieuwe Hydra-Ring instrumentarium (Deltares verwacht december 2015).
- Deze toetspeilen zullen op de afgeleide vormen moeten worden geschaald.

## 2.2 Belang van een juiste beschrijving van de waterstandsverlopen

Waterstandsverlopen worden gebruikt bij de 'gedetailleerde toets' en de 'toets op maat' voor faalmechanismen waarbij langdurige hoge waterstanden van belang zijn.

Voor de 'toets op maat' is het strikt genomen niet noodzakelijk vanuit WTI2017 om verlopen aan te leveren. Aangezien dat wel het geval is voor de gedetailleerde toetsing, bij bijvoorbeeld macro-stabiliteit, is het handig om dat voor alle faalmechanismen die dat nodig hebben in één keer goed te regelen. Dat betekent dat de waterstandsverlopen zo zullen worden afgeleid, dat deze algemeen bruikbaar zijn.

## 2.3 Het gebruik van waterstandsverlopen

De vorm van het waterstandsverloop wordt bepaald door de afvoergolf bovenstrooms en invloed vanaf zee (opzet en getij) benedenstrooms en wordt dus bepaald door de fysica. Om waterstandsverlopen af te leiden in een bruikbare vorm is eerst nagegaan welke informatie uit waterstandsverlopen de faalmechanismen uit paragraaf 1.3 precies van belang is. Door Geerse in (Geerse and Waterman april 2014) werd namelijk kritiek geuit op de vorm van de resulterende waterstandsverlopen, in verband met een 'onjuist' volume bij de top van de afvoer in (Kramer 2011). Nagegaan is of deze kritiek gegrond is of niet.<sup>5</sup>

Bij navraag bij een inhoudelijk expert (Schelfhout 2015) bleek dat voor de faalmechanismen zoals genoemd in paragraaf 1.3, het volume bij de top van geen belang is. Voor het faalmechanisme 'overloop bij kunstwerken'<sup>6</sup> is dit wel het geval. Echter, dit faalmechanisme is niet genoemd in de lijst van faalmechanismen waarvoor waterstandsverlopen worden afgeleid (Deltares 3 november 2014), evenmin als afschuiving van de bekleding op het binnentalud, waarvoor waterstandsverlopen eveneens nodig zijn.

De kritiek van Geerse in (Geerse and Waterman april 2014) komt voort uit het schematiseren (dus de aanpassing van de vorm) van de waterstandsverlopen uit WAQUA in (Kramer 2011). Er blijkt echter geen voordeel te zijn (voor de faalmechanismen) om de afgeleide waterstandsverlopen zoals deze volgen uit WAQUA te vereenvoudigen in zijn vorm (Schelfhout 2015). Daarom wordt er aanbevolen bij de afleiding van waterstandsverlopen, uit te gaan van een niet aangepaste vorm ten opzichte van wat uit WAQUA komt, waardoor het bezwaar als boven genoemd met het volume rond de top niet meer aan de orde is. WAQUA

---

<sup>5</sup> N.B. De top waterstand is daarbij anders dan Geerse suggereert per definitie wel juist. Deze is immers per definitie gelijk aan het toetspeil

<sup>6</sup> De duur wordt bij het faalmechanisme 'overloop bij dijken' niet meegenomen. Bij 'overloop bij kunstwerken' is dit wel het geval wanneer het achterliggende kobergend vermogen wordt gebruikt om zo aan een lagere hoogte te mogen voldoen.



levert immers de beste fysische benadering die geleverd kan worden. Door dus uit te gaan van de 'first principles' van de fysica wordt een zo realistisch mogelijk waterstandsverloop gedefinieerd.

## 2.4 Indeling deelgebieden

Zoals eerder opgemerkt wordt de vorm van het waterstandsverloop bepaald door de rivierafvoer en invloed vanaf zee.

De hoogte van de afvoer die hierbij hoort, is afhankelijk van de geldende norm. Hierbij geldt dat een hogere norm doorgaans een hoger afvoerdebiet levert. Hiernaast heeft ook de toestand (i.e. open of dicht) van afsluitbare waterkeringen invloed op het verloop in een gebied. Ook hierop is de norm van invloed (zie (Kramer 2011)).

Vanwege dit samenspel van fysica, keringstoestanden en normering is het niet meteen op voorhand te zeggen hoe zo'n waterstandsverloop er uit ziet. De indeling in deelgebieden voor waterstandsverlopen kan daarom een handige manier zijn om de hoofdkenmerken in een gebied op een geschematiseerde wijze weer te geven.

De indeling in deelgebieden wordt daarbij primair bepaald door de fysica die speelt in dergelijke gebieden, in combinatie met informatie over de kering. En afhankelijk van de uitvoerlokatie is óf de rivierafvoer dominant, óf de zeewaterstand (= waterstand met het getij), danwel deze lokatie is deel van een overgangsgebied tussen beide. Ook hierbij is, bij een gelijke faalkans van de kering, de fysica bepalend. De normstelling bepaalt hierbij de hoogte van de 90%-percentiel van de afvoer<sup>7</sup> en ook of de open kering danwel de gesloten kering meer belastend is (zie (Kramer 2011)). Daarom kan een andere norm ook zorgen voor een verschuiving van een overgangsgebied.

### 2.4.1 Verwachtingen vooraf

Naar verwachting is het zo dat met alleen een andere normering en bijhorende faalkansbenadering de indeling in deelgebieden uit WTI2011 in grote lijnen gelijk zal blijven, zeker als de terugkeertijden (horend bij de norm) in een dergelijk deelgebied niet al te veel afwijken. Echter, waren in WTI2011 de normen geldend per dijkkring, in WTI2017 zijn de normen bepaald in deeltrajecten van die oorspronkelijke dijkkring, met ieder een eigen normgetal. Per deeltraject kunnen de terugkeertijden bij de faalkansnorm verschillen. De grenzen van de deelgebieden voor de indeling van de waterstandsverlopen worden in WTI2017 dus bepaald, op basis van data per traject met mogelijk verschillende terugkeertijden. Bij echt wezenlijk andere terugkeertijden ten opzichte van WTI2011, maar ook ten opzichte van bij naast elkaar liggende trajecten, kunnen met name in de overgangsgebieden verschuivingen plaatsvinden in de grenzen van de deelgebieden. Echter de achterliggende fysica blijft in beginsel<sup>8</sup> gelijk!

Als hiernaast de faalkans van de kering verandert, zal deze van belang zijn voor de indeling in deelgebieden. Een verandering hierin zal ook leiden tot een zekere mate van verandering in de indeling.

Omdat in de HR-berekeningen ook geen andere stochasten zijn beschouwd in de WTI2017 ten opzichte van de WTI2011 (Chbab november 2015), zal dít de vorm van het

<sup>7</sup> Dit gaat om de 90%-percentielen op basis van de afvoer bij Lobith

<sup>8</sup> De instelling van de regelwerken op de splitsingspunten is aangepast tov WTI2011. De invloed speelt echter vanaf 16000 m<sup>3</sup>/s en dat is voor het Benedenrivierengebied minder relevant.

waterstandsverloop niet veranderen. Er wordt echter wel uitgegaan van een andere statistiek bij Lobith in de WTI2017, namelijk de statistiek gebaseerd op GRADE (kortweg GRADE statistiek). Deze is wezenlijk anders dan de oude statistiek. Meer hierover in Bijlagen D en H. Het betreft hier de aansturing aan de bovenrand. Dit zal de vorm van het waterstandsverloop wel veranderen ten opzichte van de aansturing uit WTI2011 op basis van de statistiek bij Lobith.

*N.B. ook bij deze verandering zullen de opmerkingen uit (Geerse and Waterman april 2014) niet meer aan de orde zijn als de vorm die volgt uit WAQUA verder niet wordt vereenvoudigd.*

De centrale vraag die beantwoordt moet worden is: moeten de vormen van de waterstandsverlopen worden aangepast (voor deelgebieden) voor wat betreft:

- De breedte van de topwaterstand, c.q. het volume bij deze top;
- Het getij.

Samengevat:

*Alle veranderingen uit de WTI2017 ten opzichte van de WTI2011 veranderen de indeling van het gebied naar verwachting niet, of in beperkte mate. De vorm van het waterstandsverloop zal wel worden beïnvloed door het gebruik van de GRADE-statistiek in WTI2017. Samengenomen wordt daarmee verwacht dat er op hoofdlijnen geen andere indeling nodig is, maar dat wel de grenzen iets anders kunnen worden. Verwacht wordt dat er wel een verandering van de vorm te zien zal zijn ten gevolge van de toepassing van de GRADE statistiek.*

*Bovenstaande verwachtingen en hypothesen worden gestaafd volgens een werkwijze die in het volgende hoofdstuk stapsgewijs wordt toegelicht. In de hoofdstukken daarna worden de stappen nader uitgewerkt.*

## 3 Aanpak algemeen

### 3.1 Werkwijze

Bij het bepalen van de waterstandsverlopen wordt gebruik gemaakt van het concept zoals ontwikkeld door Geo-Delft (2004) en later uitgewerkt door Geerse (2007). De methode gaat uit van het zogenoemde 90%-percentiel van de afvoer en levert, na superpositie met de stormopzet al dan in combinatie met getij, het waterstandsverloop dat nodig is voor de toetsing van geotechnische faalmechanismen waarbij langdurig aanhoudende hoge waterstanden bedreigend zijn. Deze methodiek is ook in het WTI2011 toegepast (Kramer 2011).

De veranderingen in de WTI0217, onder meer de normering en de statistiek, maken het noodzakelijk om de indeling in deelgebieden nogmaals te beschouwen. De methodiek zal blijken goed toepasbaar te zijn, ware het niet dat deze ten opzichte van de WTI2011 wel veel meer aandacht behoeft, omdat er veel verschillende terugkeertijden kunnen gelden in naast elkaar liggende gebieden in de WTI2017. In de WTI2011 gold er doorgaans 1 norm per deelgebied. Daarom is de indeling van de WTI2011 niet blind over te nemen.

### 3.2 Deelstappen die in dit rapport worden uitgevoerd

Voor het bepalen van de nieuwe waterstandsverlopen en het vaststellen van de definitieve indeling in deelgebieden van het Benedenrivierengebied, zijn er een aantal stappen noodzakelijk.

#### 1. Nieuwe normering:

De orde van grootte van de terugkeertijd bij de nieuwe normering moet worden beschouwd voor alle wateren in het Benedenrivierengebied. Deze normen zijn voor de faalmechanismen alleen op doorsnedeniveau vergelijkbaar. Deze normen kunnen bepalend zijn voor de grenzen van de indeling in deelgebieden. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Hoofdstuk 4.

#### 2. Eerste verkenning op basis van WTI2011 informatie:

Aan de hand van bestaande informatie (Kramer 2011) en (Chbab 2011)) kan worden onderzocht waar de meeste veranderingen in de indeling in deelgebieden verwacht worden, ten gevolge van de nieuwe normering. Hieruit volgt een overzicht met aandachtsgebieden. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage A en samengevat in paragraaf 5.1.

#### 3. Hydra-berekeningen, dominante bijdrage kering:

Als de lokaties waar veranderingen worden verwacht zijn geïdentificeerd, kunnen er voor deze lokaties aanvullende berekeningen worden uitgevoerd. Hiermee moeten voor andere, doorgaans hogere, terugkeertijden (T) dan in WTI2011 Hydra-Zoet berekeningen worden uitgevoerd voor de situaties met open en gesloten keringen. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage B en samengevat in paragraaf 5.1.

#### 4. Hydra-berekeningen: 90%-percentielen van de debieten:

5. Met dezelfde Hydra-berekeningen volgen ook de debieten die horen bij de 90%-percentielen van de afvoer (bij Lobith). Samen met de dominantie van de kering resulteert dit in een definitieve indeling bij de nieuwe normering. Ook zal op basis hiervan een advies worden gegeven voor welke condities er WAQUA berekeningen moeten worden gemaakt.

Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage C en samengevat in paragraaf 5.1. **Hydra-berekeningen: dominantie keringen en debieten met GRADE statistiek:**

Stappen 3 en 4 worden herhaald, maar nu met de nieuwe GRADE-statistiek. Hiermee kan er een zuiver vergelijk worden gemaakt als het gaat om de invloed van de nieuwe statistiek. Dit zal naar verwachting met name de vorm van het lokale waterstandsverloop beïnvloeden. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage D en samengevat in paragraaf 5.1.

**6. Definiëren van deelgebieden en clustering voor de WAQUA berekeningen:**

Met de uit Hydra-Zoet volgende 90%-percentielen van de afvoer is de informatie beschikbaar voor de bovenrandse invoerwaarde voor het WAQUA-model. Deze moet gecombineerd worden met de kennis over de dominantie van de kering bij de benedenrand in het WAQUA-model. Voor de eerste indicatieve berekeningen is de overige invoer voor de benedenrand overgenomen uit WT12011. De 90%-percentielen van de afvoer voor de waterstandsverlopen geven steeds de waarde van het 90%-percentiel bij Lobith danwel Borgharen aan. Idealiter zouden dus er per dijktraject en berekening gemaakt moeten worden, steeds gecombineerd met de open danwel een gesloten kering. Dit is veel te tijdrovend en daarom zal er worden geclusterd in 90%-percentielklassen. Deze zal gebaseerd zijn op de informatie uit stap 5. De einduitkomst is een indeling in deelgebieden met een kenmerkend 90%-percentiel voor de afvoer een kenmerk voor de kering. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage E en samengevat in paragraaf 5.2.

**7. WAQUA berekeningen:** Met de uit Hydra-Zoet volgende 90%-percentielklassen voor de afvoer bij de verschillende terugkeertijden en de open/dicht dominantie kunnen de WAQUA-berekeningen worden gemaakt voor de waterstandsverlopen per deelgebied. Hierbij moet worden gebruik gemaakt van de nieuwe golfvorm die volgt uit de GRADE-statistiek voor de bovenrand; voor de benedenrand is net als in WT12011 een gemiddelde zeewaterstand met een gemiddeld getij opgelegd bij een windsnelheid en bijbehorende storm die overeenkomt met die van de berekeningen uit de WT12011 (Gao 30 juni 2011).

Als (boven)randvoorwaarde voor WAQUA wordt de GRADE-uitvoer bij het 90%-percentiel opgelegd, die representatief is voor een bepaald gebied en bijbehorende set van terugkeertijden. Deze verschilt dus van de aansturing uit de WT12011.

De WAQUA-uitvoer is naar verwachting zeer vormvast als het gaat om de distributie van de afvoergolf het gebied in; daarbij neemt de bijdrage van de afvoer af naarmate men dichterbij de zee komt. Omdat er aan de benedenrand geen veranderingen zijn ten opzichte van WT12011 zouden er twee varianten met elkaar moeten worden vergeleken: die voor een zeker debiet met de GRADE-afvoervorm en die voor hetzelfde debiet met de oude statistiek. Deze uitkomsten van de WAQUA-berekeningen worden gebruikt in de deelstap: het beschouwen van de indeling met medeneming van de vorm van de waterstandsverlopen voor de nieuwe statistiek. Deze stap wordt nader uitgewerkt in Bijlage F en samengevat in paragraaf 5.3.

Het definitieve aantal berekeningen dat nodig is voor het bepalen van een representatieve golfvorm volgt uit deze stap. Idealiter zal dit er 1 per deelgebied zijn.

*N.B. In deze studie zal dit aantal om tijd-technische redenen beperkt worden tot twee.*

### 3.3 Deelstappen die hierna nog moeten worden uitgevoerd

#### 8. Aanpassing vorm karakteristiek waterstandsverloop:

Op basis van de uitkomsten van de berekeningen moet de karakteristieke vorm worden bepaald. Idealiter zal dit er 1 per deelgebied zijn. In WAQUA wordt het lokale waterstandsverloop opgebouwd uit:

*De afvoergolf met debiet  $q$  horend bij het 90%-percentiel + zeewaterstand + getij + invloed door windsterkte uit bepaalde richting (de opzet) + invloed van de kering. De maximumwaarde moet uitkomen op het toetspeil dat uit Hydra-Ring<sup>9</sup> komt.*

Hierbij wordt een vast faseverschil verondersteld tussen het getij en de stormopzet van 4,5 uur (zie (Kramer 2011, p.4)). De bijdrage van de verschillende parameterbijdragen aan het waterstandsverloop zal verschillen per deelgebied. Juist daarom is de indeling in deelgebieden noodzakelijk. De karakteristieke vorm volgt uit WAQUA en is dus primair bepaald door het fysich gedrag van het systeem (hydrodynamica) en zal ook worden beïnvloed door de met name de bovenrand. Als basis geldt daarom de vorm zoals deze uit de WAQUA berekeningen is gekomen.

Resultante is dan de vorm met GRADE op een aantal lokaties die representatief zijn voor een deelgebied. Er zullen geen vereenvoudigingen op de vorm worden toegepast zoals die uit WAQUA komen voor de versie met GRADE-statistiek, conform het beschrevene in hoofdstuk 2 omdat dit voor de faalmechanismen waarin waterstandsverlopen worden toegepast niet nodig en soms zelfs ook ongewenst is.

#### 9. Verschilanalyse Hydra-Zoet en Hydra-Ring:

Hierna moet er worden nagegaan of Hydra-Zoet en Hydra-Ring inderdaad voldoende vergelijkbaar met elkaar zijn voor wat betreft de gebiedsindeling. Deze exercitie valt buiten de opdracht uit dit rapport, maar is wel van belang voor de finale controle op de gebiedsindeling. Voor deze studie moeten Hydra-Zoet en Hydra-Ring wel voldoende met elkaar overeen komen. Dit kan dus nog niet volledig worden gegarandeerd. Wel kunnen een aantal zaken al worden benoemd waarin de modellen van elkaar verschillen. Tevens kan voor een deel al worden aangegeven hoe hier mee kan worden omgegaan.

De verschillen tussen Hydra-Zoet en Hydra-Ring zijn gelegen in:

- Overgang van de overschrijdingsnorm naar de overstromingsnorm
  - o De invloed hiervan wordt uitgewerkt in dit rapport
- Semi-probabilistische vs. probabilistische aanpak
  - o De verschillen hiervan zullen volgen na vergelijking van de beide modellen
- Integratiemethoden
  - o De invloeden hiervan zullen marginaal zijn; ook kan er gekozen worden in Hydra-Ring voor de 'numerieke integratie-methode', waarmee Hydra-Zoet werkt. In dat geval zullen de eventuele verschillen uit andere veranderingen in het model komen.
- Meenemen van model- en statistische onzekerheden.
- Hydra-Ring zal geen 90%-percentielen kunnen berekenen.

<sup>9</sup> Ten tijde van het schrijven van dit document zijn de toetspeilen nog niet bekend.

Ook de statistiek zal veranderen.

- Aansturing van Hydra-Ring zal via GRADE, waar Hydra-Zoet werd aangestuurd met de statistiek uit metingen. Deze komt uitgebreid aan de orde in stap 5.

Al met al is er geen overwegend bezwaar dat de uitkomsten van Hydra-Zoet op voorhand diskwalificeert. Met de informatie uit Hydra-Zoet kunnen dan voor bij nieuwe normen en indeling in dijktrajecten de eerste indeling in deelgebieden worden bepaald op basis van:

- 1) de geldende normen;
- 2) de invloed van de kering.

Alleen als er wezenlijk andere uitkomsten uit Hydra-Ring komen wordt zal de indeling moeten worden herbeschouwd. Vanzelfsprekend kan deze stap pas worden uitgevoerd na oplevering van Hydra-Ring voor het Benedenrivierengebied i.e. omstreeks december 2015.

#### **10. Definitieve vorm waterstandsverlopen:**

Als laatste kunnen na oplevering van de conceptrandvoorwaarden 2017 de waterstandsverlopen worden afgeleid met de nieuwe toetspeilen uit Hydra-Ring. Dit werd in het verleden gedaan middels een iteratief proces met WAQUA, om zo precies op het toetspeil uit te komen. Dit maakt de afleiden echter niet (eenvoudig) reproduceerbaar Ook kan Hydra-Ring geen 90%-percentielen uitvoeren. Daarom wordt voorgesteld om op het toetspeil uit te komen door simpel de vorm die uit WAQUA volgt (stap 8) te schalen tot het toetspeil.

## 4 Nieuwe normering

De nieuwe normering voor Nederland houdt in:

- 1) Dat er wordt overgegaan van overschrijdingskans naar overstromingskans
- 2) nieuwe normgetallen per dijkkringtraject.

De oude en nieuwe normgetallen zijn niet rechtstreeks met elkaar te vergelijken. In ieder geval zijn op trajectniveau is de ordes van grootte met elkaar te vergelijken. Voor waterstandsverlopen betekent dit dat ten opzichte van de aanpak uit WTI2011 er andere terugkeertijden kunnen en zullen spelen op de diverse lokaties, in de deelgebieden.

Deze andere terugkeertijden hebben mogelijk invloed op de clustering van het gebied in deelgebieden. In Tabel 4.1 hieronder zijn voor de deelgebieden uit WTI2011 de trajecten met de bijbehorende nieuwe norm opgezocht. Wat opvalt is dat de normen binnen het deelgebied sterk kunnen variëren.

Tabel 4.1 Nieuwe normen voor de deelgebieden uit WTI2011 en de dijktrajectnummers

Deelgebied	Dijktrajecten	Normen
1	14-4, 20-2, Deel van 20-3	1/10.000, 1/30.000
2	Deel 14-3	1/10.000
3	14-2, Deel van 17-3 Deel van 20-3, Deel van 15-2, Deel van 14-3,	1/100.000, 1/30.000, 1/10.000
4	Deel van 20-3, 20-4, 25-2, 34-2, Deel 34-1 17-1, 21-1, 22-1, Deel 21-1 21-2 Deel 17-3	1/1000  1/3000 1/300 1/10.000
5	Deel van 15-2 Deel van 16-2, Deel van 22-1 24-2	1/10.000 1/3000 1/1000
6	15-1, 16-3, 16-4, 44-1 16-1 24-3, 35-1, 24-1, 36-5	1/30.000 1/100.000 1/10.000

Hierbij is het ook nog zo dat de dijkringen in trajecten zijn opgedeeld waar verschillende normen kunnen gelden voor naast elkaar liggende trajecten zoals getoond in Figuur 4.1. Daarbovenop kunnen ook, anders dan in WTI2011, tegenover elkaar liggende keringen een verschillende norm hebben, in de nieuwe overstromingskansnormering.

Bovendien wordt ook het nieuwe instrumentarium aangepast op de overgang naar overstromingskansen, waar het instrumentarium uit WTI-2011 nog uitging van overschrijdingskansen. De nieuwe normen zijn dus niet direct geschikt om toe te passen in Hydra-Zoet. Echter voor het Maatgevend Hoog Water (MHW) is het uitgangspunt dat de overstromingskansnorm en de overschrijdingskans aan elkaar gelijk zijn.

In (Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving 23 december 2013 ) valt te lezen dat:





## 5 Overview bevindingen op gebiedsindeling en vorm voor de waterstandsverlopen voor WTI2017

In dit hoofdstuk worden de eindresultaten van het onderzoek gepresenteerd voor wat betreft de gebiedsindeling voor het Benedenrivierengebied voor WTI2017. In dit document zijn de veranderingen van de WTI2017 met de WTI2011 onderzocht, met betrekking tot de waterstandsverlopen. Als eerste is hiervoor de referentiesituatie onderzocht voor de oude normering met de oude statistiek (Bijlage A). Via twee stappen is er toegewerkt naar de situatie van WTI2017. Als eerst is daartoe de invloed van de nieuwe normering beschouwd (Bijlage B en Bijlage C). Als tweede is de invloed van de nieuwe GRADE-statistiek onderzocht (Bijlage D) en is een eerste indeling gemaakt op basis van deze Hydra-Zoet uitvoer (Bijlage E). Hierna is onderzocht wat de invloed van de nieuwe statistiek is op de vorm van het waterstandsverloop, middels een tweetal vergelijkende WAQUA berekeningen. Bijlage F). In dit hoofdstuk worden de eindresultaten gepresenteerd. Voor de gedetailleerde afleiding wordt verwezen naar bovengenoemde bijlagen van dit document. Met de nieuwe indeling kunnen de waterstandsverlopen voor een bepaald deelgebied, met de voor dat deelgebied afgeleide golfvorm van de waterstand worden opgeschaald tot toetspeilniveau.

### 5.1 Vergelijking voor alle deelgebieden

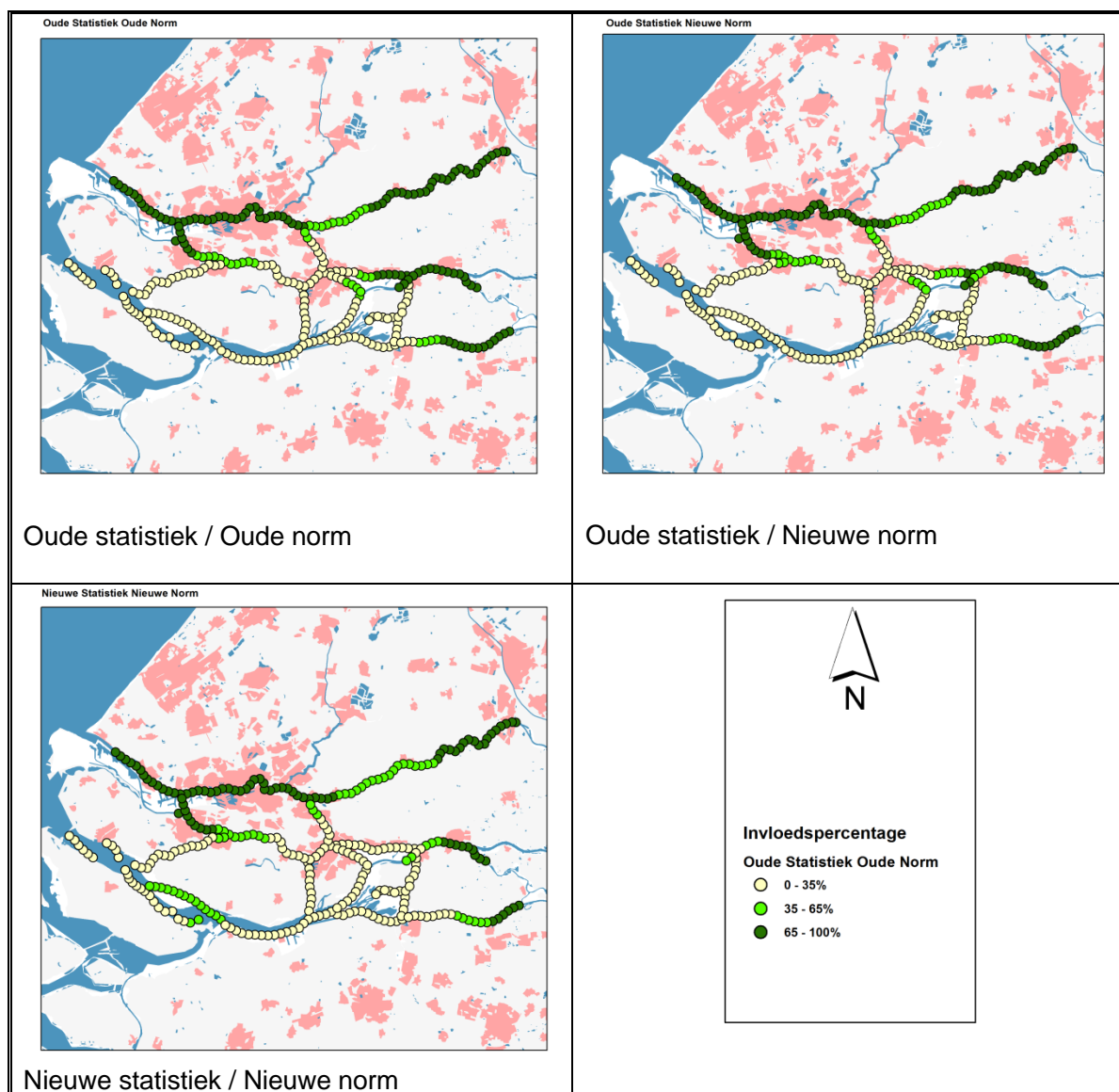
De basis voor de indeling in deelgebieden ligt in een groot aantal Hydra-Zoet berekeningen. Hierbij zijn allereerst verschillende terugkeertijden beschouwd die horen bij de nieuwe normering. Daarna is de invloed van de nieuwe statistiek die volgt uit GRADE vergeleken met de oude statistiek uit WTI-2011. Hoe de afleiding in detail is uitgevoerd is te vinden in Bijlagen A, B, C en D.

#### 5.1.1 Vergelijking dominante bijdrage kering

In de figuren hieronder (Figuur 5.1) zijn de kansbijdragen van de open kering gepresenteerd in drie figuren. De eerst figuur presenteert de uitkomsten uit Hydra-Zoet voor de oude normen met de oude statistiek, de figuur er rechts-naast presenteert de uitkomsten voor de nieuwe normering met de nieuwe statistiek. Deze nieuwe normen hebben doorgaans een hogere terugkeertijd  $T$ , dus een kleinere kans van voorkomen.

Merk op dat de oude en nieuwe normen niet 1 op 1 vergelijkbaar zijn. Meer hierover is te lezen in hoofdstuk 4. Duidelijk is dat de overgangsgebieden (aangegeven in lichtgroen) iets naar meer bovenstrooms opschuiven. De hypothese dat de fysica de indeling bepaald en dat de normering daarop niet veel invloed heeft wordt hiermee bevestigd.

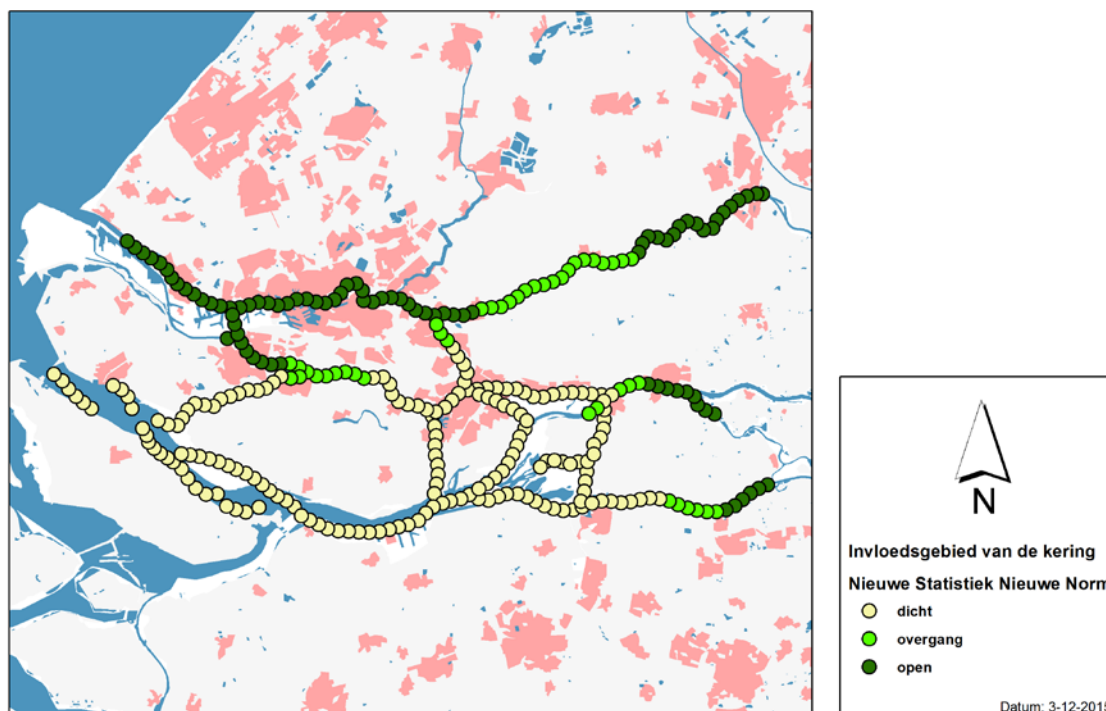
Opgemerkt wordt dat de grenzen van overgangsgebieden voor wat betreft de dominantie van de open versus de gesloten kering in WTI-2017 nu niet maar één, maar mogelijk meer terugkeertijden van belang zijn voor de definitie van de overgangsgebieden. Daarom zijn deze overgangsgebieden doorgaans ook iets groter. De verschuivingen blijven daarbij overigens beperkt, tot maximaal 8 km. Het overall beeld voor de verschillende normen is vergelijkbaar. Mochten de normen nog veranderen, zal dit geen aanleiding geven voor een heel andere indeling voor wat betreft de bijdrage van de kering.



Figuur 5.1 Invloed 'percentage kering open' in het illustratiepunt van het MHW voor de situaties: 1) oude normen oude statistiek, 2) nieuwe normen oude statistiek, en 3) nieuwe normen, nieuwe statistiek.

De situatie voor de nieuwe statistiek gecombineerd met de nieuwe normering is gepresenteerd in Figuur 5.1, linksonder. De nieuwe statistiek zorgt voor een verbreding van overgangsgebieden, soms gecombineerd met een verschuiving naar bovenstrooms. Ook zijn er een tweetal overgangsgebieden volgens de nieuwe statistiek, in de Biesbosch en het Wantij, waar de overgangsgebieden zijn verdwenen. Op twee andere lokaties, namelijk in het Haringvliet en de Boven Merwede lijken er twee overgangsgebieden te zijn ontstaan. De Boven Merwede is in Bijlage D.3.10 behandeld; dit bleek inderdaad een overgangsgebied te zijn geworden. Voor het Haringvliet/Hollandsch Diep is dat niet het geval. Hier is in de figuur hierboven op basis van de waarde die ligt rond de 40% het gebied aangegeven als overgangsgebied. Het gebied kent echter geen doorgang door de 50%-lijn en is daarom ten onrechte aangemerkt als overgangsgebied. In de figuur hieronder is dat gecorrigeerd.

### Dominante invloed van de kering



Figuur 5.2 Gecorrigeerde figuur voor invloed percentage kering open voor 3) nieuwe normen, nieuwe statistiek.

Conclusie: de invloed van de open, danwel dichte kering verandert nauwelijks door de verandering in normering. De gecombineerde invloed van de nieuwe statistiek en de nieuwe normering, zorgt voor een verschuiving stroomopwaarts van de overgangsgebieden voor wat betreft de kansbijdrage van de open kering.

*N.B. Dit geldt onder de voorwaarde dat de faalkans van de kering gelijk blijft<sup>10</sup>.*

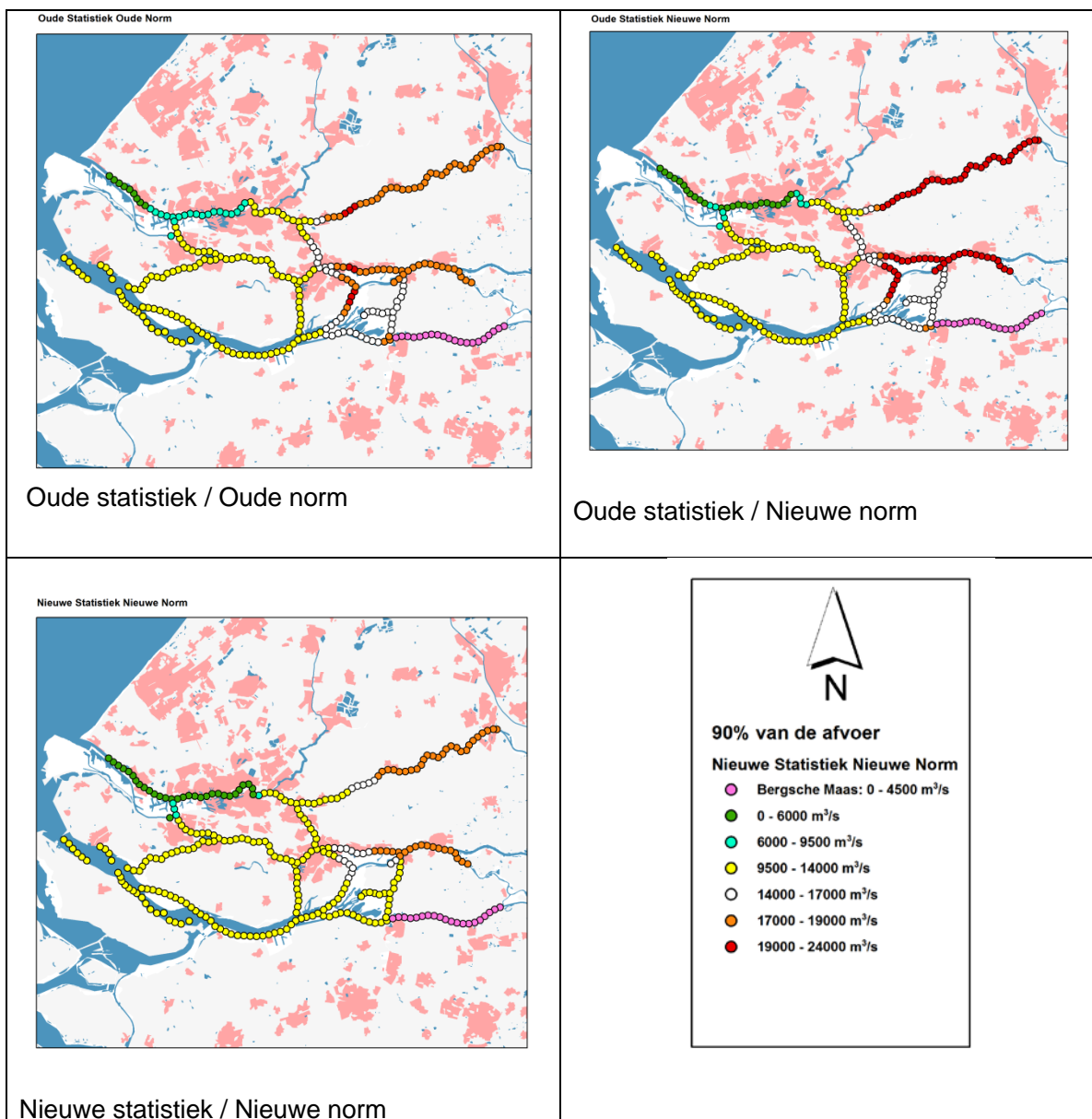
#### 5.1.2 Vergelijking 90% afvoerpercentielen

In de figuren hieronder in Figuur 5.3 zijn de 90%- afvoerpercentielen gepresenteerd in drie figuren. De eerste figuur presenteert de uitkomsten uit Hydra-Zoet voor de oude normen, met de oude statistiek, de figuur er rechts naast presenteert de uitkomsten voor de nieuwe normering, met de oude statistiek. Deze normen hebben doorgaans een hogere terugkeertijd  $T$ , dus een kleinere kans van voorkomen. Hierbij horen doorgaans dus hogere afvoerwaarden.

Merk op dat de oude en nieuwe normen niet 1 op 1 vergelijkbaar zijn. Meer hierover is te lezen in hoofdstuk 4. Duidelijk is dat de alle debieten door de nieuwe normering omhoog gaan ten opzichte van de oude normering, beide bij de oude statistiek. Zoals opgemerkt ligt dit in de lijn der verwachting.

<sup>10</sup> Wordt de faalkans minder streng (van  $f = 1/100$  naar  $f = 1/50$ ) dan blijken de overgangsgebieden stroomopwaarts te verschuiven. Deze situatie is wel berekend, maar verder niet gerapporteerd, omdat deze situatie uiteindelijk niet aan de orde bleek te zijn.

Opgemerkt wordt dat er een scala aan terugkeertijden is beschouwd, omdat de norm per traject verschilt. Voor de figuur is, in geval er op een lokatie meer dan 1 norm geldt, steeds de hoogste waarde aangehouden.



Figuur 5.3 Het 90%-percentiel van de afvoer voor situaties: 1) oude normen oude statistiek, 2) nieuwe normen oude statistiek, en 3) nieuwe normen, nieuwe statistiek.

De situatie voor de nieuwe statistiek gecombineerd met de nieuwe normen is gepresenteerd in de figuur linksonder. De nieuwe statistiek zorgt duidelijk voor een verlaging van de 90%-percentielen van de afvoer, vooral bovenstrooms. Dit ligt ook in de lijn der verwachting omdat met name de hogere waarden in de statistiek zijn gereduceerd (zie Bijlage H). Het algemene patroon is wel nog steeds vergelijkbaar met de oude statistiek (met de nieuwe normering).

Conclusie: de invloed door de verandering in normering is verhogend op de 90%-percentiel afvoeren.

De gecombineerde invloed van de nieuwe statistiek en de nieuwe normering, zorgt echter voor een verlaging die ook de verhoging door de normering compenseert. De nieuwe afvoerpercentielen in WTI-2017 zijn dus lager dan die voor WTI-2011.

## 5.2 Vertaling naar deelgebieden

Het clusteren van de gebieden in deelgebieden is gebaseerd op de bovenstaande conclusies, maar vergt ook een steeds verdergaande clustering van gebieden. Dit is nodig om niet voor elke lokatie een WAQUA-berekening uit te hoeven voeren (die ca. 30 uur kost) en dit kan omdat de indeling is gebaseerd op de 'first principles' van de fysica.

Zo wordt er van een representatief percentiel per deeltraject geclusterd naar de verschillende watersystemen. Daarna is er bij de klassen een representatief 90%-percentiel van de afvoer gekozen door het maximum in zijn klasse aan te houden (zie Tabel 5.1).

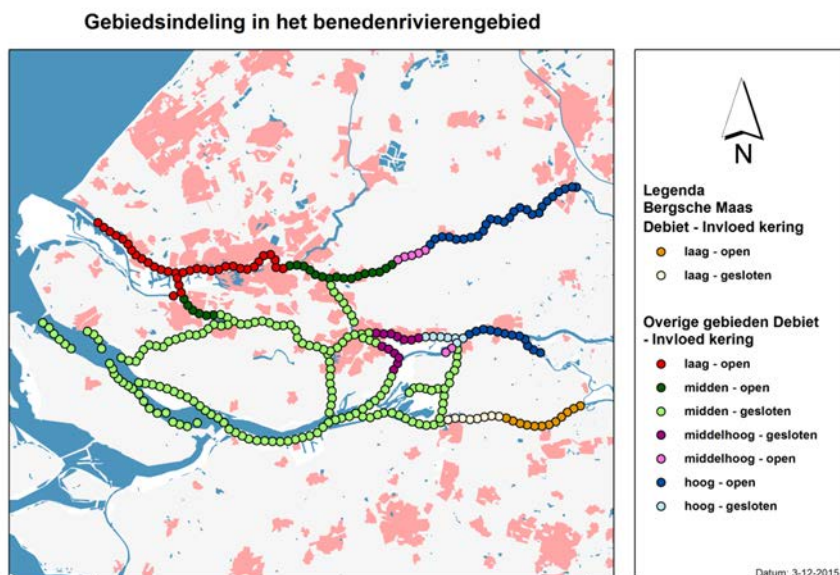
*N.B. De waarde van 4500 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.*

Tabel 5.1 Vijf klassen van de 90%-percentielen van de afvoer, met maximale waarden en afgeronde maximale waarden.

Gebiedsindeling aan de hand van Q90%	Maximale Afvoer in klasse (m <sup>3</sup> /s)	Afvoer afgerond (m <sup>3</sup> /s)
Lage afvoer	5700	6000
Midden laag afvoer	9300	9500
Midden afvoer	13900	14000
Midden hoog afvoer	16800	17000
Hoge afvoer	19000	19000
Bergsche Maas		tot 4500

Deze waarden zijn gecombineerd met een open kering of een gesloten kering. Voor overgangsgebieden is op basis van de dominante functionele eigenschappen volgens (Chbab juni 2015) gekozen voor de open kering in geval van het afvoergebied of het faalkansgebied,

Figuur 5.4 Voorstel gebiedsindeling waterstandsverlopen voor WTI2017, op basis van de nieuwe normen en de statistiek die volgt uit GRADE. N.B. De vorm van het waterstandsverloop is hier nog niet beschouwd. .  
N.B. De waarde van 4500 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.



en voor de gesloten kering waar het gaat om het bergingsgebied. Het middenlage regime blijkt slechts enkele lokaties te omvatten en is daarom opgegaan in de midden afvoer. Voor de Bergsche Maas is het afvoerpercentiel van 6000 m<sup>3</sup>/s echter aan de hoge kant en daarom wordt deze apart beschouwd. Het 90%-afvoerpercentiel is daar 4500 m<sup>3</sup>/s.

Dit resulteert in een indeling als getoond in Figuur 5.4. In grote lijnen is de voorgestelde indeling vergelijkbaar met die voor WTI2011, met naar bovenstrooms verschoven grenzen en aanzienlijk lagere afvoerpercentielen. Het allergrootse verschil ligt overigens in de correctie van een abusievelijke fout in WTI2011 voor de Nieuwe Maas met de dominante bijdrage van de kering (zie Bijlage B).

### 5.3 De vorm van de waterstandsverlopen en de gebiedsindeling

De vorm van de waterstandsverlopen verandert wel door de andere statistiek op de bovenrand van de WAQUA-simulaties. De vorm is 'slanker' te noemen. WAQUA blijkt inderdaad bepaald door de fysica en daarom erg vormvast te zijn: de verschillen in de statistiek (golfvorm) op de bovenrand zijn duidelijk te herkennen in de vorm van de waterstandsverlopen in het gebied. Er zijn daarbij ook een aantal lokaties aan te wijzen waar de verschillen tussen de oude en de nieuwe statistiek ook de topwaarde van de afvoer betreft. Deze lokaties zijn ondergebracht in twee nieuwe, separate deelgebieden (deelgebieden 7 en 8).

Ook het overige deel rond de Biesbosch is als een apart deelgebied geïdentificeerd: de breedte rond de topwaarde (i.e. de waarde groter dan 1 en groter dan 2) weken zodanig af van die bij het Haringvliet Hollandsch Diep dat deze niet goed meer in één deelgebied samengaan.

Ook zijn er op basis van de vorm delen van gebieden samengevoegd die op basis van het voorgaande juist als apart deelgebied waren aangemerkt: de Oude Maas en het bovenstroomse deel van de Nieuwe Merwede.

De toe te passen vormen voor de gebieden uit de midden en middenlage klasse staan in Bijlage I.

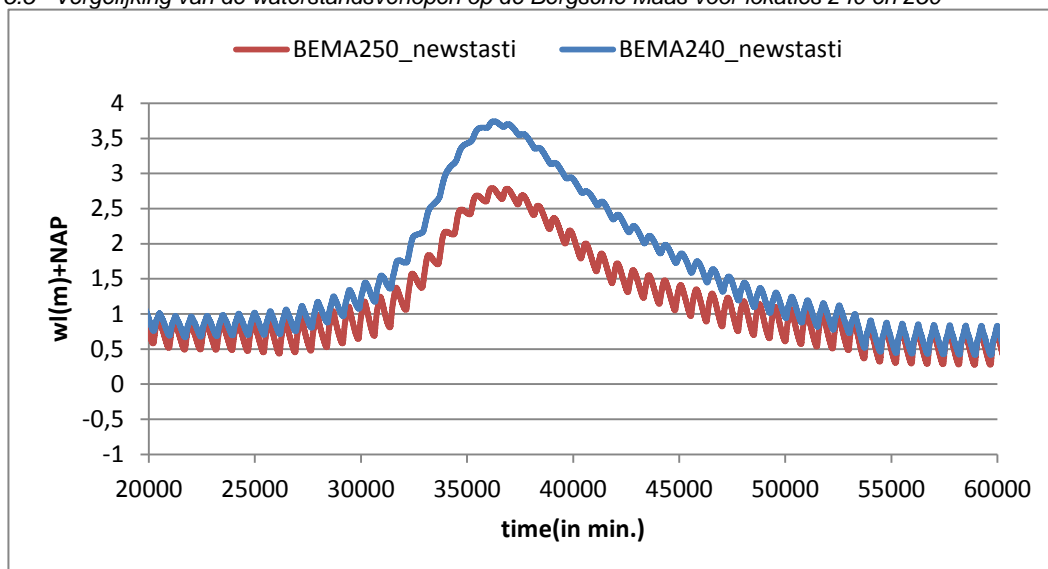
De toe te passen vormen voor de gebieden middenhoge en hoge klasse staan in Bijlage J.

### 5.3.1 Nadere vergelijking vorm

Het apart beschouwen van de Bergsche Maas in twee delen, zoals het geval lijkt voor de dominantie van de kering en de hoogte van het 90%-percentiel lijkt op het eerst oog te kloppen met de verschillende vormen op de verschillende lokaties (zie Figuur 5.5).

In deze figuur zijn de vormen van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor twee verschillende lokaties rechtstreeks met elkaar te vergelijken. Op het eerste oog lijken de vormen aanzienlijk van elkaar te verschillen: het waterstandsverloop voor de bovenstroomse lokatie heeft een hogere piekwaarde en lijkt veel breder te zijn.

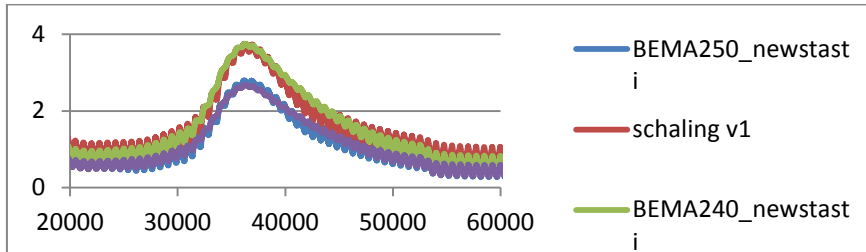
Figuur 5.5 Vergelijking van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor lokaties 240 en 250



Echter door eenvoudig te schalen met een factor  $\text{Max}(\text{verloop voor punt 240}) / \text{Max}(\text{verloop voor punt 250})$ , welke hier ca 1,4 blijkt zijn de twee vormen eenvoudig in elkaar om te schalen. Uit Figuur 5.6. blijkt dat na opschaling de waterstandsverlopen horende bij deze lokaties vergelijkbaar zijn. Voor de waterstandsverlopen is het dus niet nodig of wenselijk om de Bergsche Maas in twee delen op te splitsen. Tevens wordt verwacht dat in dit afvoergedomineerde water de invloed van de kering hier marginaal zal zijn.

Conclusie: het is derhalve niet noodzakelijk om de Bergsche Maas in twee subdelen op te splitsen.

Figuur 5.6 Vergelijking van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor lokaties 240 en 250 met schaling met een constante factor



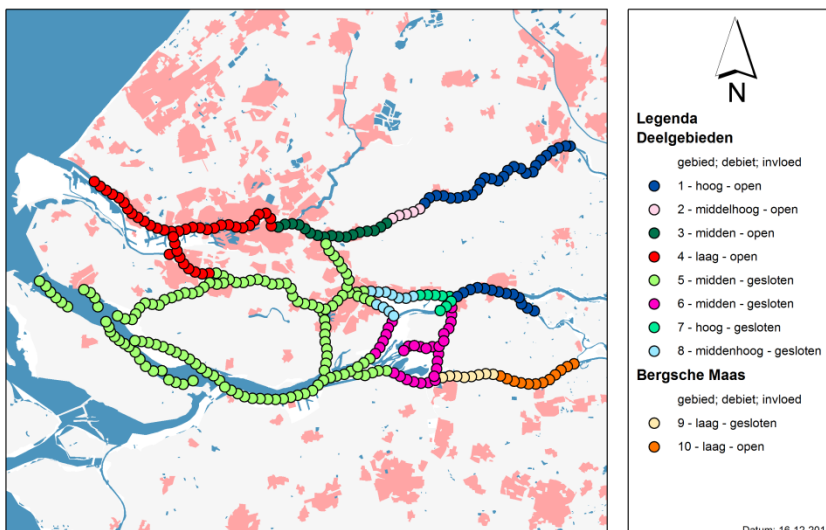
### 5.4 Definitief voorstel indeling deelgebieden voor WT2017 van de waterstandsverlopen

De definitief voorgestelde indeling in deelgebieden is gepresenteerd in Figuur 5.5.

De belangrijkste verschillen met de indeling uit WT2011 zijn gelegen in:

- De Nieuwe Waterweg wordt niet meer verdeeld.
- De benedenstroomse deel van de Beneden Merwede en het Wantij zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd nr. 7, op grond van veranderingen in de statistiek.
- Het bovenstroomse deel van de Nieuwe Merwede en het bovenstroomse deel van de Beneden Merwede zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd nr. 8, op grond van veranderingen in de statistiek.
- Het overige water nabij de Biesbosch is op basis van de vorm rond de top van het waterstandsverloop ook als apart deelgebied aangemerkt.
- De grenzen op de Lek zijn verschoven.
- En de Bergsche Maas is apart beschouwd.

Gebiedsindeling in het benedenrivierengebied



Figuur 5.7 Definitieve indeling deelgebieden Benedenrivierengebied voor WT2017 mmv de nieuwe normering, de nieuwe op GRADE gebaseerde statistiek en van de vorm van de waterstandsverlopen rond de piek. Op basis vaneen nadere beschouwing van de vorm op de Bergsche Maas kunnen deelgebieden 9 en 10 weer worden samengevoegd. N.B.De waarde van 4500 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.

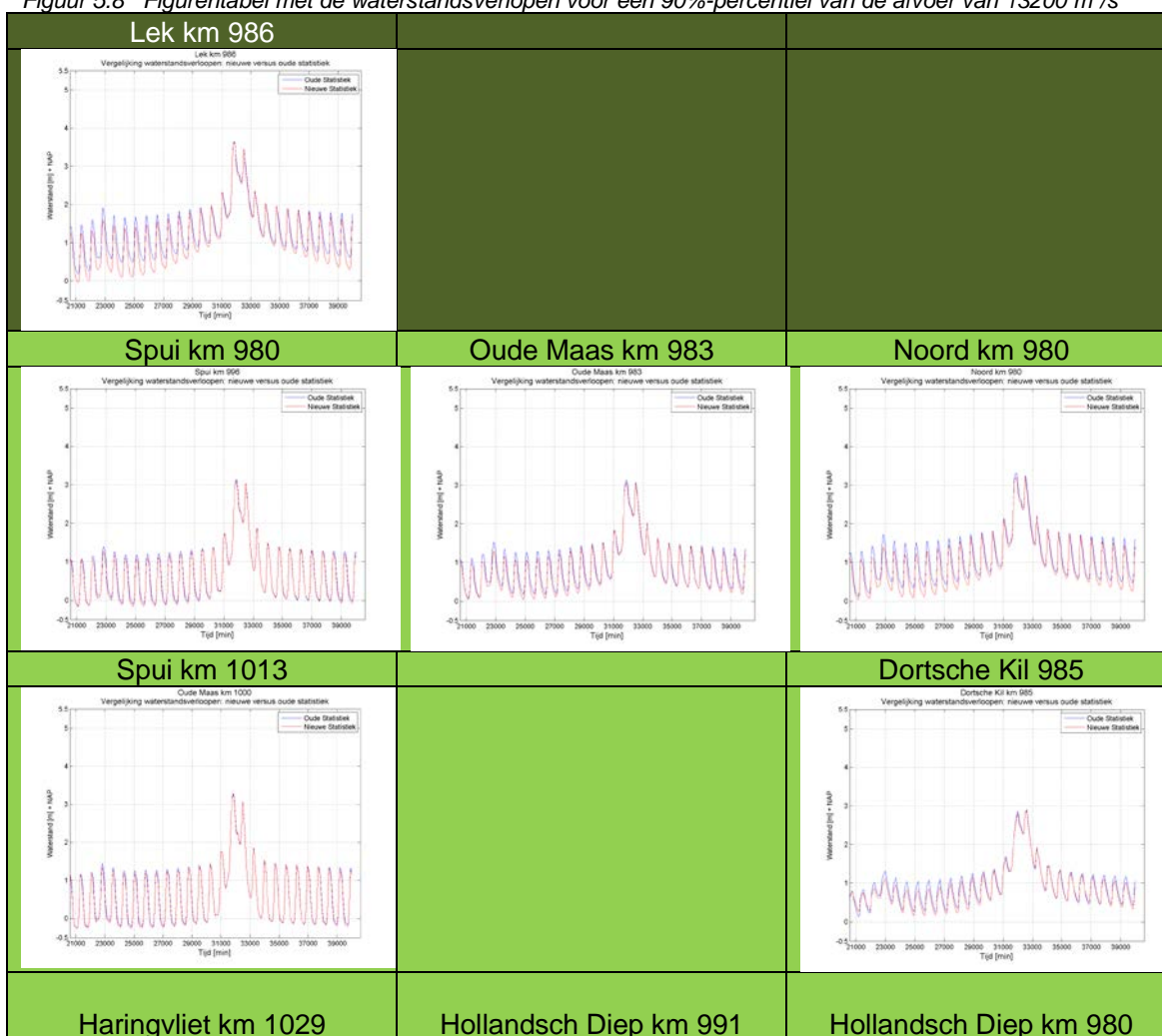


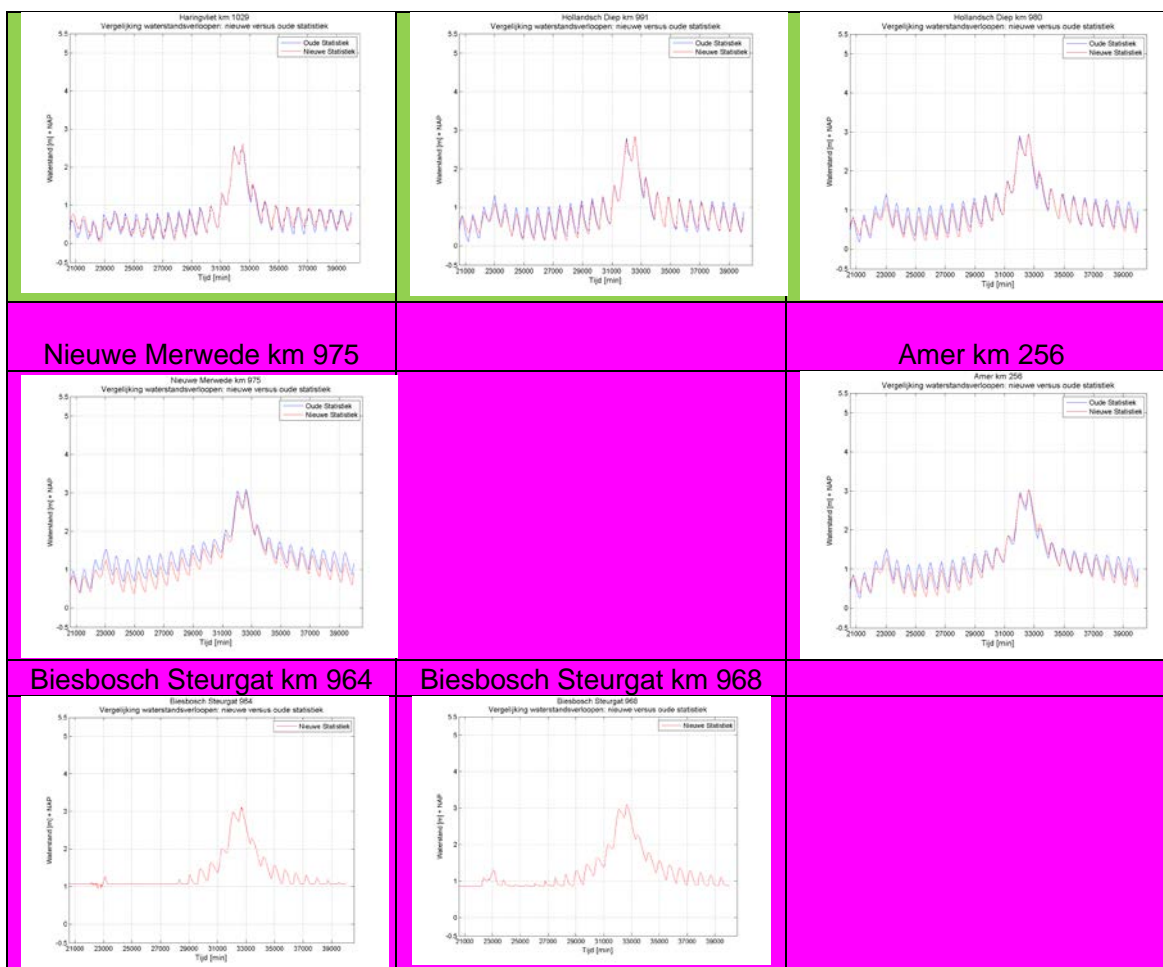
### 5.5 Indicatieve vorm voor de waterstandsverlopen voor deelgebied 2, 3, 5, 6 en 8

Met de nieuwe indeling kan voor een bepaald deelgebied het karakteristieke waterstandsverloop worden bepaald. Voor de midden en middenlage klasse in Bijlage I (i.e. voor een 90%-percentiel van de afvoer van 13200 m<sup>3</sup>/s) kan er bijvoorbeeld gebruik worden gemaakt van de uit WAQUA verkregen vormen van het waterstandsverloop. Deze kan direct worden geschaald naar de toetspeilen per deelgebied, mits dit toetspeil inderdaad bij deze klasse past: met het juiste debiet en met de daarbij horende juiste bijdrage van de wind benedenstrooms. De uitkomsten van de WAQUA berekening voor de lokaties die vallen in de juiste klasse zijn getoond in de figurentabel hieronder. De kleuren stemmen overeen met de kleuren uit Figuur 5.5. voor de deelgebieden. Zoals te zien is in de figuren is de vorm onder de top voor de lokaties binnen dit deelgebied steeds vergelijkbaar. Men kan dus eenvoudig een van de lokaties kiezen voor het opschalen naar het toetspeil.

Voor de lokaties uit de lagere klasse (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas,..) is het verloop waarschijnlijk te conservatief. Daarom zijn deze in deze paragraaf niet opgenomen.

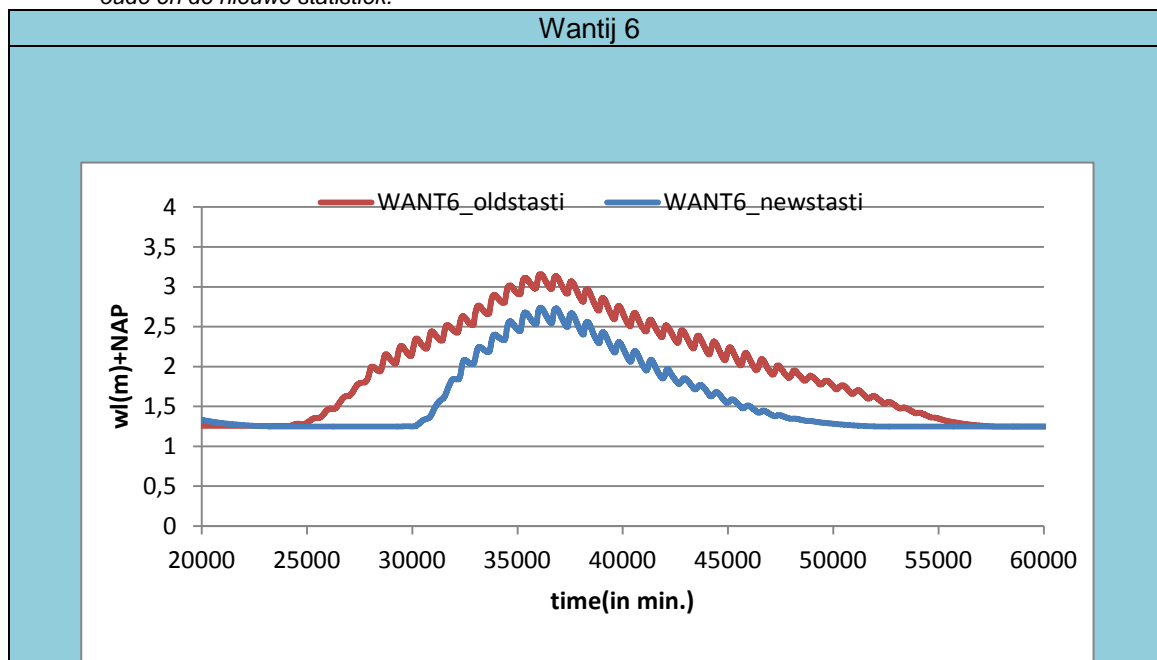
Figuur 5.8 Figurentabel met de waterstandsverlopen voor een 90%-percentiel van de afvoer van 13200 m<sup>3</sup>/s



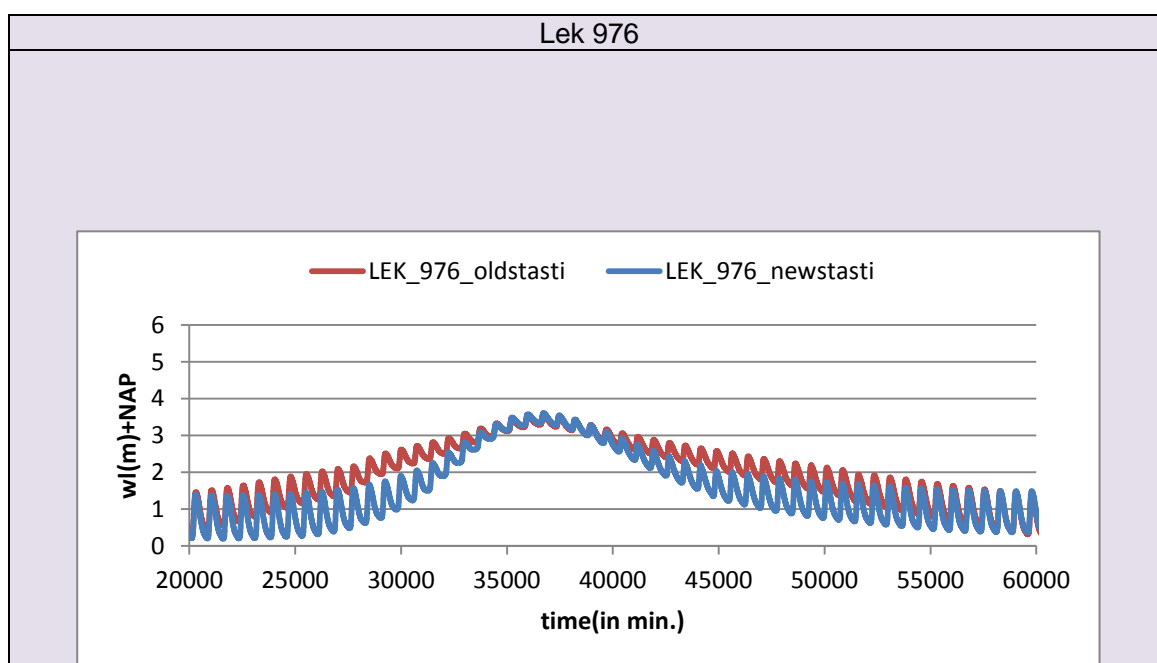


Iets vergelijkbaars geldt voor de gebieden uit middenhoge klasse (afvoerpercentiel van 16.700 m<sup>3</sup>/s). De resultaten voor dit afvoerpercentiel voor de lokaties uit de hoge klasse staan in Bijlage J. Voor deze lokaties is het afvoerpercentiel (van 16.700 m<sup>3</sup>/s) bij het waterstandsverloop aan de lage kant, en past deze niet helemaal bij de hoge klasse. Deze resultaten zijn daarom slechts indicatief voor het waterstandsverloop. Hieronder zijn de resultaten getoond voor het Wantij, de Lek en de Bergsche Maas.

Figuur 5.9 Waterstandsverlopen voor een 90%-percentiel van de afvoer van  $16700 \text{ m}^3/\text{s}$  voor het Wantij voor de oude en de nieuwe statistiek.

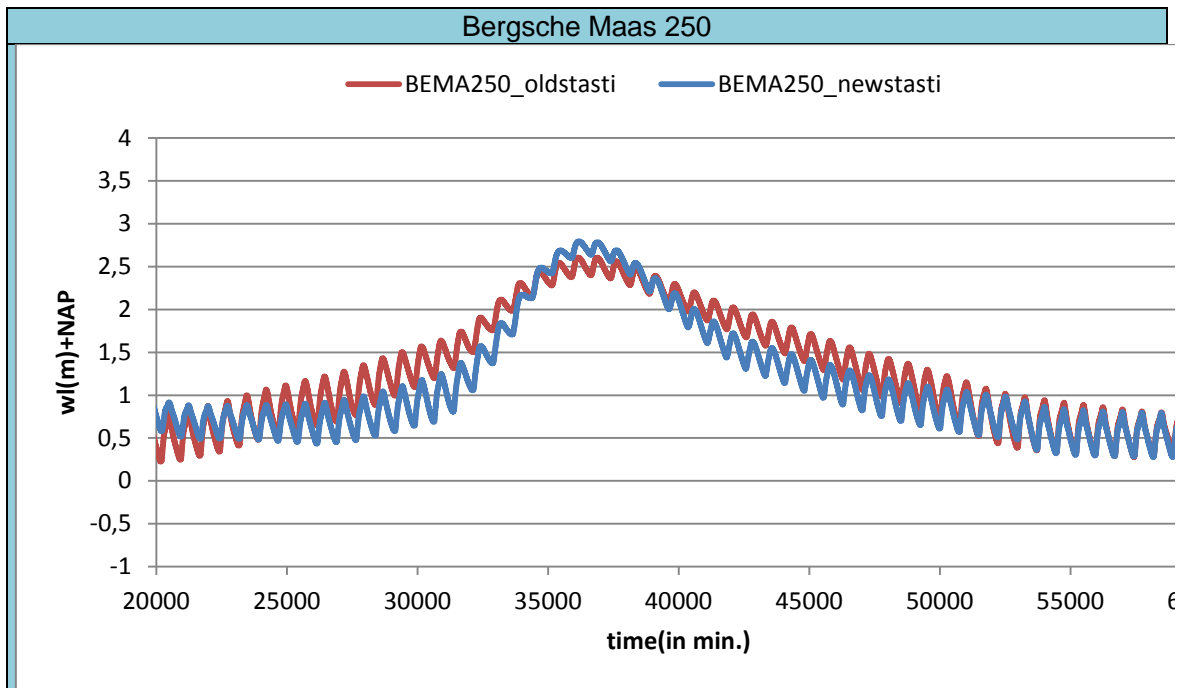


Figuur 5.10 Waterstandsverlopen voor een 90%-percentiel van de afvoer van  $16700 \text{ m}^3/\text{s}$  voor de Lek voor de oude en de nieuwe statistiek.

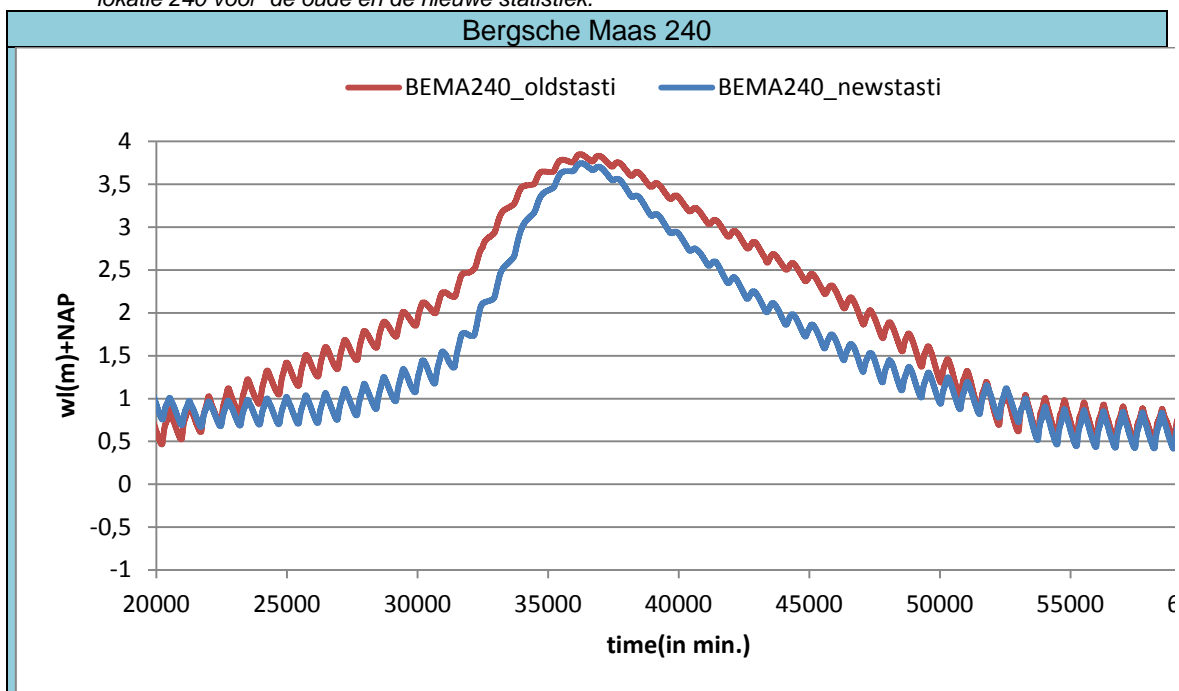


*N.B. Het 90%-afvoerpercentiel is  $4500 \text{ m}^3/\text{s}$  bij Borgharen, wat correspondeert met ca.  $18000 \text{ m}^3/\text{s}$  bij Lobith voor de Bergsche Maas. Dit percentiel voor de Bergsche Maas hoort daarom ook in de hoge klasse van afvoeren thuis!*

Figuur 5.11 Waterstandsverlopen voor een 90%-percentiel van de afvoer van 16700 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas lokatie 250 voor de oude en de nieuwe statistiek.



Figuur 5.12 Waterstandsverlopen voor een 90%-percentiel van de afvoer van 16700 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas lokatie 240 voor de oude en de nieuwe statistiek.



## 5.6 Overall conclusie

- De gebiedsindeling in het Benedenrivierengebied voor de waterstandsverlopen wordt primair bepaald door het fysisch gedrag van het systeem (hydrodynamica).
- Het waterstandsverloop wordt bepaald door de rivierafvoer, zeewaterstanden met getij, of een combinatie van beide. De statistiek is hierbij bepalend voor de waarden aan de bovenstroomse kant. Hierbij zorgen strengere normen voor hogere 90%-percentielbijdragen van de afvoer, maar resulteert er uiteindelijk een lagere afvoer als gevolg van de aangepaste statistiek.
- In de nieuwe indeling (ten opzichte van die uit de WTI2011) is de Bergsche Maas (als apart deelgebied gedefinieerd omdat deze lokatie het Maasgedomineerd is,<sup>11</sup> . Dit brengt het aantal deelgebieden in totaal op 9. De opdeling van de Bergsche Maas op basis van de kering, debiet en vorm blijkt bij nadere beschouwing niet nodig te zijn omdat de vorm bovenstrooms en benedenstrooms in elkaar zijn om te schalen (vermenigvuldiging met een vaste factor).
- De uiteindelijk voorgestelde gebiedsindeling kent 9 deelgebieden waarvan er één geldt voor de Bergsche Maas.
- Met name rond de Biesbosch zijn er wijzigingen in de indeling ten opzichte van die uit WTI2011. Deze komen met name voort uit de veranderde statistiek.
- Hiernaast is de Nieuwe Waterweg met de Nieuwe Maas nu een geheel.
- Middels twee WAQUA-berekeningen voor de klassen met midden- afvoerpercentielen en middenhoge afvoerpercentielen zijn er door de deelgebieden 2, 3, 5, 6 en 8, indicatieve vormen voor de waterstandsverlopen verkregen.

---

<sup>11</sup> Het 90%-afvoerpercentiel is 4500 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen, wat voor de Bergsche Maas in de hoge klasse van afvoeren ligt. Dergelijke afvoeren corresponderen met ca 18000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith.



## 6 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is onderzocht of indeling in deelgebieden uit de WTI2011 kan worden gehandhaafd waar het gaat om het afleiden van waterstandsverlopen. De conclusie is dat deze in grote lijnen blijven zoals deze was; maar met de overgang naar de nieuwe overstromingskans normering en de nieuwe statistiek op basis van GRADE, is het wenselijk de indeling op een aantal lokaties toch aan te passen.

Resultaat voor WTI2017 is een nieuwe indeling met in totaal 10 deelgebieden waar er twee gelden voor de Bergsche Maas en 8 voor de rest van het gebied. De belangrijkste verschillen met de indeling uit WTI2011 zijn gelegen in:

- De Nieuwe Waterweg wordt niet meer verdeeld.
- De benedenstroomse deel van de Beneden Merwede en het Wantij zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd op basis van de vorm van het waterstandsverloop.
- Het bovenstroomse deel van de Nieuwe Merwede en het bovenstroomse deel van de Beneden Merwede zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd op basis van de vorm van het waterstandsverloop.
- De grenzen op de Lek zijn verschoven.
- En de Bergsche Maas is apart beschouwd.

Per gedefinieerd deelgebied zijn op basis van twee nieuwe WAQUA berekeningen, voor twee verschillende 90%-percentielen van de afvoer, indicatieve vormen van de verlopen bepaald. Voor de betreffende twee klassen van de afvoer zouden deze rechtstreeks kunnen worden geschaald naar het toetspeil. Voor wat betreft de vorm van de waterstandsverlopen geldt dat deze wel verandert ten opzichte van de WTI2011. De bezwaren van Geerse in (Geerse and Waterman april 2014) worden opgelost door deze te baseren op de vorm die uit WAQUA volgt, en niet meer te vereenvoudigen.

### Aanbevelingen

#### *Ten aanzien van de vorm van de waterstandsverlopen*

Aanbevolen wordt om aanvullend op de twee uitgevoerde WAQUA-berekeningen voor de klassen "Midden" en "Midden-Hoog" ook voor de andere klassen WAQUA-berekeningen uit te voeren. Immers het toepassen van het waterstandsverloop van het verloop uit deze berekeningen voor gebieden uit de klasse "Laag" zou een te conservatief verloop opleveren. Idealiter zou er per deelgebied een WAQUA-berekening moeten worden uitgevoerd.

Om zo goed mogelijk op de toetspeilen uit te komen, zal de benedenrandse randvoorwaarde van WAQUA middels SOBEM berekeningen kunnen worden voorbereid. Deze SOBEM berekeningen zijn sneller en in (Kramer 2011) is al aangetoond dat de uitkomsten niet wezenlijk van elkaar verschillen. Op deze wijze hoeft er maar 1 WAQUA-berekening per deelgebied te worden gemaakt, en kan er verder geschaald worden naar het toetspeil.

Met Hydra-Zoet zouden de toetspeilen al (indicatief) kunnen worden afgeleid. Echter dit is nog niet het toetsinstrumentarium van WTI2017. De definitieve toetspeilen zullen later nog worden afgeleid met Hydra-Ring. Als de definitieve toetspeilen uit Hydra-Ring sterk blijken te verschillen, zouden de WAQUA berekeningen kunnen worden herhaald.

In dit rapport was het uitgangpunt van de studie om een gebiedsindeling te maken en vanuit deze indeling te schalen naar het toetspeil.

De indeling in deelgebieden is nog steeds nuttig voor het bepalen van de 90%-percentielwaarden van de afvoer en het verkrijgen van inzicht in het effect van de kering. Voor het verloop binnen een deelgebied, dat volgt uit de dominantie van de kering en het 90%-percentiel, is nu dus 1 representatieve vorm te kiezen. Het is echter wellicht net zo eenvoudig om vanuit steunlocaties binnen zo'n geïdentificeerd deelgebied de toe- en afname van de bijdrage het getij en de afvoergolf te bepalen aan de hand van de ligging middels een lineaire interpolatie. Dit kan al op basis van de vormen zoals die uit Bijlage F.

### *Ten aanzien van Hydra*

Trends in de bijdrage van de kansbijdragen bij toenemende terugkeertijden zijn in de overgangsgebieden niet helemaal als verwacht: de hoogste terugkeertijd ligt vaak niet 'in het verlengde' van de andere terugkeertijden. Mocht dit op enig moment nog belangrijk zijn in de toekomst, dan is dit een aandachtspunt voor Hydra-Zoet.

Het kan nuttig zijn om de 90%-percentielen voor de afvoer ook uitvoer te laten zijn van Hydra-Ring. Op dit moment is het nog niet mogelijk deze uit te voeren na en Hydra-berekening.



## 7 Referenties

- Chbab, H. *Basisstochasten*. Deltares, november 2015.
- Chbab, H. *Modelonzekerheid belastingen-Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017*. Deltares-rapport 1209433-008-HYE-0007, Deltares, juni 2015.
- Chbab, H. *Verschilanalyse concept HR2011 en HR2006 voor de Benedenrivieren: WTI HR-Zoet*. Deltares-rapport 1204143-003-ZWS-0017, Deltares, 2011.
- Deltares. verwacht december 2015.
- Deltares. *Plan van Aanpak waterstandsverlooplijnen*. memo 1209433-005-HYE-0001, Deltares, 3 november 2014.
- Gao, Q. *Waterstandenverloop in het BER, WAQUA berekeningen*. Deltares memo, 30 juni 2011.
- Geerse, C., and R. Waterman. *Waterstandsverlopen zoete en zoute wateren*. HKV- PR2803, HKV, april 2014.
- Kramer, N. *Waterstandsverlopen Benedenrivierengebied, WTI2011*. Deltares rapport 1204143-003-ZWS-0018, Deltares, 2011.
- Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen*. versie 1.0, 23 december 2013.
- Schelfhout, H. (2015).



## A Eerste verkenning op basis van WTI2011 informatie

### A.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn allereerst de resultaten van de studies uit WTI2011, (Chbab 2011) en (Kramer 2011) nader bestudeerd. Het doel hiervan is om te onderzoeken of met de informatie uit deze studies iets gezegd kan worden over andere terugkeertijden die meer passen bij de waarden van de normen uit WTI2017. Ook is beschouwd of er aandachtgebieden kunnen worden aangewezen en wat er nog mist om te kunnen vaststellen of de indeling uit WTI2011 kan worden gehandhaafd. Dit alles met het oog op de overgang naar de nieuwe normering. Hierbij ligt de focus in dit hoofdstuk op de dominante situatie van de kering: is in het algemeen de open kering het meest belastend of de gesloten kering. Hierbij gaat het er om uitspraken te kunnen doen over de invloed van terugkeertijden op de indeling in deelgebieden.

### A.2 Identificatie van aandachtsgebieden op basis van WTI2011 data

Met de nieuwe normering zoals benoemd in het hoofdstuk hiervoor, is het duidelijk dat de gebiedsindeling uit (Kramer 2011) in ieder geval moet worden beschouwd voor andere terugkeertijden. Een eerste verkenning daarvoor is te maken op basis van twee documenten uit de WTI2011, met informatie over de waterstandsverlopen in het Benedenrivierengebied. Dit zijn de Verschilanalyse van de concept HR2011 en HR2006 (Chbab 2011) en het document over waterstandsverlopen (Kramer 2011). Bij deze laatste studie is ook de achterliggende spreadsheet beschikbaar, en deze is in deze verkenning ook gebruikt. Beide documenten benoemen de invloed van de keringen in het Benedenrivierengebied. Dit leidt tot de eerste indeling van het gebied in deelgebieden. Het gaat hierbij om de vraag:

*- Is de open kering dominant of de gesloten kering?*

Ligt in (Chbab 2011) de nadruk op de verschillen tussen de WTI2011 en de HR2006, in (Kramer 2011) zijn op een aantal lokaties ook een aantal andere terugkeertijden beschouwd. Met name van deze laatste kan gebruik worden gemaakt als het gaat om trends.

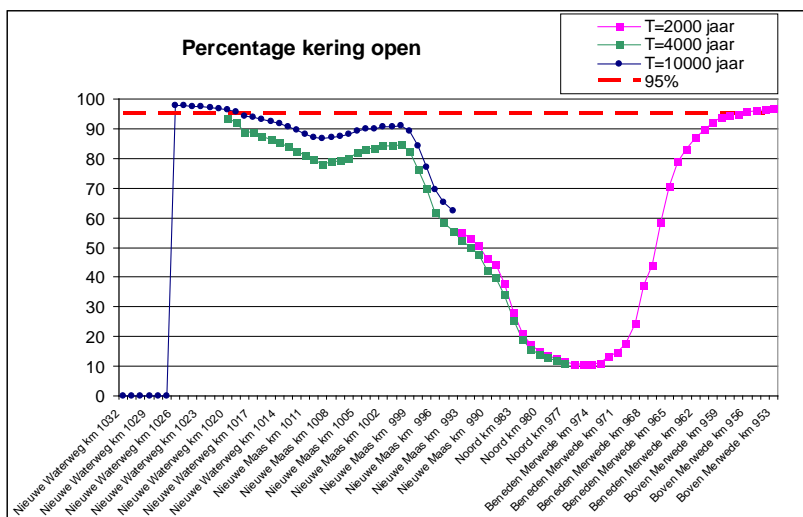
Opgemerkt wordt dat de getalswaarden voor beide studies niet gelijk zijn. Het verschil tussen de twee documenten ligt in het gebruik van WAQUA in (Chbab 2011) in combinatie met een nieuwere versie van Hydra-Zoet, te weten versie 1.6 versus SOBEK 2.5.0 met een versie Hydra-Zoet 1.0 in (Kramer 2011). De verschillen in de modelaanpak zullen een marginaal effect hebben op de indeling. Immers, met name het fysisch gedrag van het systeem (hydrodynamica) is verantwoordelijk voor de indeling en die de beschrijving hiervan verschilt voor beide modellen niet veel.

De verschillen ten opzichte van de veranderende normen en de andere faalkans van de kering van veel groter belang. In beide studies wordt het percentage uit de uitvoerfile van Hydra-Zoet direct gebruikt, bij de juiste terugkeertijd. Juist uit de verschillen tussen (Chbab 2011) en (Kramer 2011) ten gevolge van de iets andere basis van modellen (SOBEK vs. WAQUA en versie van Hydra-Zoet) zijn aandachtsgebieden goed aan te wijzen.

### A.3 Wijze van vergelijking, identificatie aandachtsgebieden

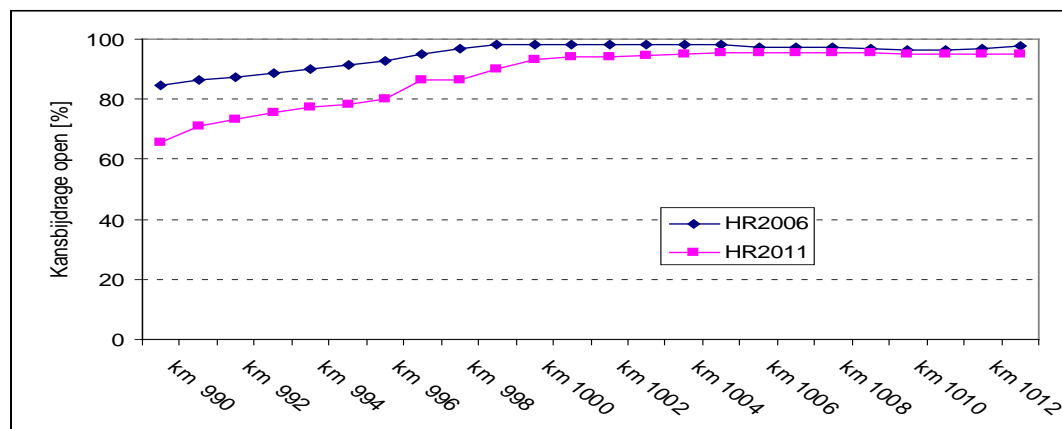
In deze subparagraaf wordt een korte toelichting gegeven op de wijze van vergelijking en de daaruit volgende identificatie van aandachtsgebieden.

Dit gebeurt aan de hand van een voorbeeld voor dijkkringvakken 15-2, 16-1 en 16-2. In Figuur A.1 uit (Kramer 2011, fig.A-1) is te zien dat er een overgangsgebied ligt bij de Nieuwe Maas en de Beneden Merwede: de kansbijdrage voor de open kering ligt rond de 50% en gaat hier ook doorheen.

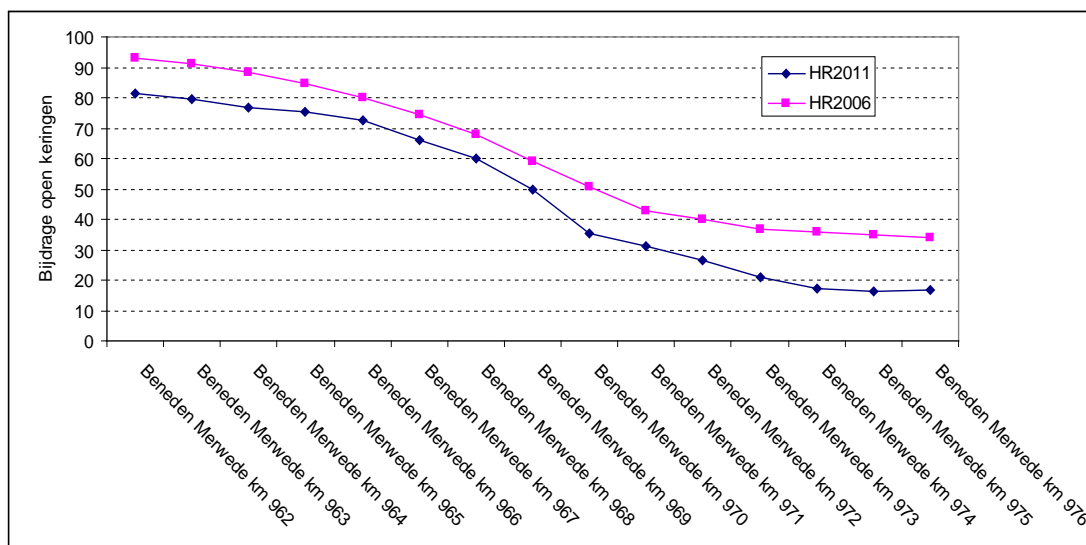


Figuur A.1 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs diverse wateren waaronder de Nieuwe Maas en Beneden Merwede volgens (Kramer 2011, fig.A-1)

In Figuur A.3 (Chbab 2011, fig 3.8) voor de Beneden Merwede wordt dit bevestigd. Reden om hier extra berekeningen uit te willen voeren is om te zien of er met de andere normering en een andere faalkans van de kering dit zo blijft of niet en of de grens van het deelgebied kan worden gehandhaafd of niet. Voor dit gebied is er immers maar één terugkeertijd gegeven. Echter in Figuur A.2 uit (Chbab 2011, fig 3.7) voor de Nieuwe Maas volgt een beeld waarbij de open kering een duidelijke grotere kansbijdrage heeft dan de gesloten kering. Hier is een aanvullende berekening juist gewenst om uitsluitsel te verkrijgen over wat nu juist is, omdat dit beeld niet overeenkomt met dat uit (Kramer 2011, fig.A-1). Wel is voor dit deelgebied af te lezen dat de norm uitmaakt, maar hier is voor de Nieuwe Maas geen eenduidige trend bij af te lezen voor de gebieden rond km 993. Juist ook vanwege deze onduidelijkheid is een extra Hydra-Zoet-berekening met hogere terugkeertijden (T) nodig.



Figuur A.2 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Nieuwe Maas volgens (Chbab 2011, fig 3.7).



Figuur A.3 Bijdrage open keringen voor de lokaties langs de Beneden Merwede volgens (Chbab 2011, fig 3.8)

Met de werkwijze zoals uitgelegd in het voorbeeld, is het hele Benedenrivierengebied beschouwd. Uit de verschillen in de studies zijn aandachtsgebieden geïdentificeerd. De tabel met daarin alle resultaten van de vergelijking is te vinden in Bijlage A. De resulterende aandachtsgebieden zijn samengevat in Tabel A.1.

De beperking op basis van de studies ligt in de terugkeertijden die nog horen bij de overschrijdingsnorm. Op dijktrajectniveau zijn de terugkeertijden voor de Benedenrivieren voor de nieuwe normering immers een factor strenger op de meeste lokaties. Bovendien moet voor een goede vergelijking op doorsnedeniveau de T-waarde van de nieuwe norm, nog worden vermenigvuldigd met een factor 4 tot 25 voor de faalmechanisme piping/heave respectievelijk macro stabiliteit. Met lengte-effecten is hierbij nog geen rekening gehouden.

Voor de geïdentificeerde aandachtslokaties (Tabel G.2) zullen ook andere terugkeertijden T worden beschouwd. Hierbij moet de geavanceerde modus van Hydra-Zoet worden toegepast, omdat de gebruikelijke maximale waarde voor T ligt namelijk op 20.000.

#### A.4 Resulterende aandachtsgebieden indeling open/dicht

In Tabel A.1 zijn de lokaties opgenomen waarvoor op basis van Tabel G.2 uit Bijlage H die aandacht behoeven als het gaat om de gebiedsindeling op basis van de informatie uit de WT12011. Dit kan zijn omdat deze een overgangsgebied vormen, danwel kunnen gaan vormen in het geval van andere terugkeertijden.

Dit zijn de gebieden waar in de overzichtstabel de globale schatting voor de kansbijdrage van de open kering rond de 50% ligt. Ook kunnen dit de lokaties zijn waarbij op basis van de trend met een andere terugkeertijd er verwacht wordt dat deze voor de nieuwe norm rond de 50% gaat komen zijn hier opgenomen.

Deze lokaties behoeven nieuwe berekeningen voor de andere terugkeertijden, uit te voeren voor de genoemde dijktrajecten. Hierbij dient men bedacht te zijn op het feit dat in de WT12017, tegenover elkaar liggende dijktrajecten een onder norm kunnen hebben. In dat geval moet dus ook de 'norm aan de overkant' worden beschouwd, om daadwerkelijk te kunnen vastleggen op een open of een gesloten kering dominant is.

Tabel A.1 Lokaties waarvoor nieuwe berekeningen worden uitgevoerd voor percentage kering open/dicht

Dijktraject	Naam water	Lokatie	Nieuwe norm	Opmerkingen
15-2	Nieuwe Maas	Km 990-993	1/10.000	Overgangsgebied
15-2 (a)	Lek	Km 972, 980	1/10.000	Overgangsgebied
15-2 (b)	Lek	Km 988	1/10.000	Overgangsgebied
16-1	Beneden Merwede	Km 962-966	1/100.000	
16-2	Beneden Merwede	Km 967, 970, 972	1/30.000	Traject 967-972 is overgangsgebied
17-1	Oude Maas	Km 991-997	1/3000	In (Kramer 2011) is een kleine trend omhoog te zien bij hogere T-waarden. In (Chbab 2011) blijkt dit dan zeker een overgangsgebied.
17-2	Oude Maas	Km 998,999	1/3000	In (Kramer 2011) zijn dit grenspunten waar de trend omhoog gaat. Hier is de grens met 17-1.
22-2 (b)	Wantij	Km 3,4,5	1/10.000	Knip punt tussen 3 en 4 In (Chbab 2011). Waar met nieuwe norm en andere faalkans kering?
24-1	Bergsche Maas	Km 246, 247	1/10.000	(Chbab 2011). en (Kramer 2011) geven ander beeld
24-2 (a)	Bergsche Maas	Km 248, 249	1/1000	(Chbab 2011). en (Kramer 2011) geven ander beeld
24-3	Maas ten noorden van Wilhelminasluis	Km 244, 247	1/10.000	Geen enkele data beschikbaar

Bovendien geldt dat voor bijna het hele Benedenrivierengebied de normen uit de WTI2017 aanzienlijk hogere terugkeertijden T kent dan WTI2011. Al is voor de kansbijdrage voor open kering dit misschien duidelijk of dit tot een dominantie van de open, danwel de dichte kering leidt, voor het effect op de 90%-percentielen zijn ook hier extra berekeningen nodig.

#### A.5 Werkwijze voor vervolg

Er is dus met bovenstaande geconstateerd dat er voor de aandachtsgebieden voor meerdere normen Hydra-Zoet-berekeningen moeten worden gemaakt. En dit moet gebeuren voor dijkkringtrajectdelen die vlak bij elkaar kunnen liggen. Hiermee moet een gedegen boekhouding worden bijgehouden bij het uitvoeren van extra berekeningen op deeltrajecten. Ook zou er veel handwerk verricht moeten worden om voor dergelijke gebieden per terugkeertijd de grenzen goed te bepalen. En ook voor de 90%-percentielen van de afvoer zijn nog aanvullende berekeningen gewenst op andere lokaties dan de aandachtsgebieden, waarbij ook weer geldt dat er meer dan 1 norm kan gelden. Al met al zou het alleen toepassen van de nieuwe normen dus al een gecompliceerd geheel worden.

Eenvoudigheid halve is daarom besloten om voor alle wateren in het Benedenrivierengebied alle terugkeertijden te beschouwen tot op de statistische grens wat Hydra-Zoet aan kan. Immers: de maximale terugkeertijd volgend de handleiding is  $T = 20.000$ .

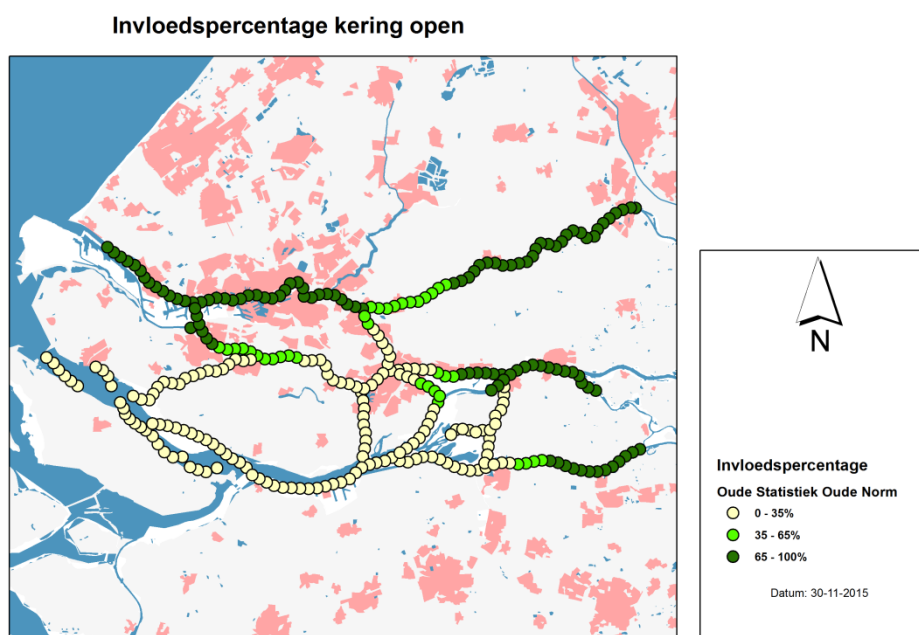
In de praktijk bleek een terugkeertijd van  $T = 250.000$  een zeer afwijkend beeld te geven. Die voor  $T = 100.000$  bleek wel aan het algemene beeld te voldoen.

## B Hydra-berekeningen: dominantie open of gesloten kering; oude statistiek

### B.1 Inleiding

Hydra-Ring zal nog niet beschikbaar zijn tot eind december 2015. Er kan echter met Hydra-Zoet wel al worden gekeken naar de invloed van andere terugkeertijden van de kansbijdrage voor de open danwel gesloten kering en de 90%- percentielen voor de waterstand, met de focus op de in Tabel A.1 gedefinieerde lokaties. Hydra-Zoet en Hydra-Ring moeten dan wel voldoende met elkaar overeen komen. Zoals beschreven in paragraaf 3.3 is dit een stap die benoemd is voor na deze studie.

Voor de vergelijkbaarheid is er in deze studie ook een referentie bepaald voor de terugkeertijden die horen bij de oude normen. De uitkomst hiervan voor de kansbijdrage van de open kering is getoond in onderstaande figuur, Figuur B.1 .



Figuur B.1 Overzicht kansbijdrage kering open voor Benedenrivierengebied voor terugkeertijd horend bij de lokaal geldende overschrijdingskansnorm met de oude statistiek

### B.2 Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, oude statistiek, nieuwe normen

In het Benedenrivierengebied moeten, zoals gebleken is in Bijlage A, voor een aanzienlijk aantal gebieden nieuwe berekeningen worden uitgevoerd voor de nieuwe normen. Zoals blijkt uit Tabel 4.1 zijn deze normen vrij divers voor wat betreft de terugkeertijden. De waarde van de normen lopen uiteen van 1/300 tot 1/100.000. Het is niet meer zo overzichtelijk als voor de WTI2011. Soms gelden er wel 3 verschillende normen bij een deeltraject van slechts enkele kilometers.

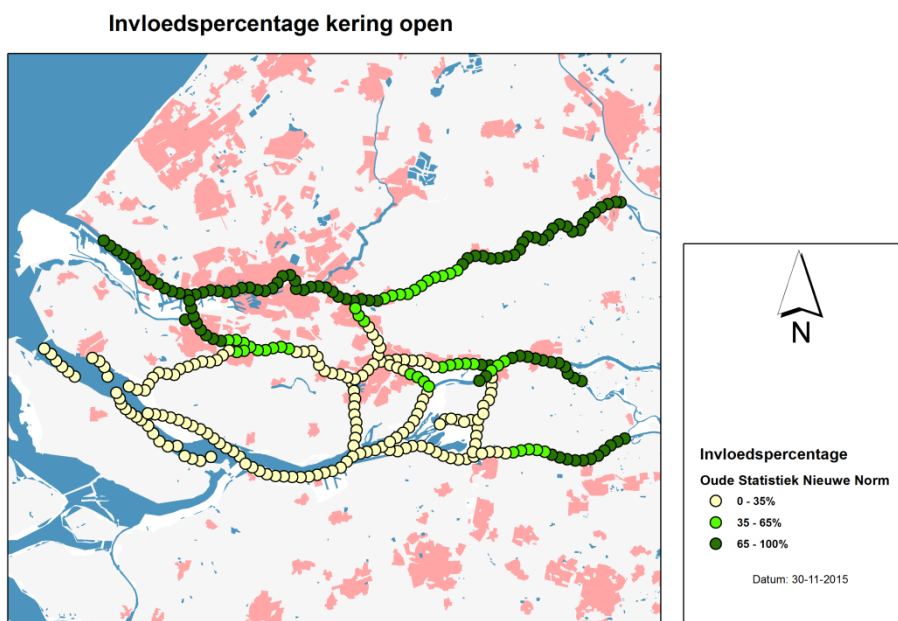
Daarbovenop geldt zoals genoemd in Hoofdstuk 4 dat mogelijk nog iets strenger uitpakt.

Echter de statistiek die ten grondslag ligt aan Hydra-Zoet is bij normaal gebruik geschikt tot terugkeertijden tot  $T=20.000$ . In deze studie betreft het op lokaties ook terugkeertijden die zo groot zijn als  $T=100.000$ .<sup>12</sup>

Voor terugkeertijden  $T>20.000$  is daarom de geavanceerde modus van Hydra-Zoet toegepast, waarbij hogere terugkeertijden wel mogelijk zijn. Hierbij is gebleken dat terugkeertijden van  $T=250.000$  duidelijk gaan afwijken en de uitkomsten voor nog grotere waarden van  $T$  op een traject als de Lek geen enkel verband met de lagere terugkeertijden lijkt te hebben<sup>13</sup>. Voor die extreem grote  $T$ -waarden is het Hydra-Zoet instrumentarium dus niet meer geschikt. Daarom worden de berekeningen in dit rapport beperkt tot een  $T=100.000$ .

Omdat de normen zo sterk verschillen van lokatie tot lokatie worden daarom voor alle lokaties in het Benedenrivierengebied de berekeningen zijn uitgevoerd voor de normen bij  $T=1000$ ,  $T=2000$ ,  $T=3000$ ,  $T=4000$ ,  $T=10.000$ ,  $T=30.000$  en  $T=100.000$ . Op een paar lokaties is dit uitgebreid met de  $T=300$  norm. Dit zal in dit hoofdstuk gebeuren voor de situatie met de oude statistiek zoals die ook in WTI2011 is toegepast. Meer hierover is te vinden in Bijlage B.

Aan de hand van deze berekeningen worden overgangsgebieden gedefinieerd voor wat betreft de kansbijdrage van de kering. Het overall resultaat is te zien in Figuur B.2.



Figuur B.2 Overzicht kansbijdrage kering open voor Benedenrivierengebied voor de nieuwe normen bij een terugkeertijd horend bij de lokaal maximale norm, per watersysteem met identieke statistiek aan die van WTI2011.

Zoals verwacht zijn de uitkomsten met de nieuwe normering voor WTI2017 vergelijkbaar met die van de WTI2011. Het grootste verschil met de indeling uit WTI2011 ligt in de Nieuwe Maas waar de open kering dominant is. Dit is echter een fout in (Kramer 2011) zoals ook blijkt uit Figuur A.1, welke rechtstreeks hieruit is overgenomen.

<sup>12</sup> Dit is afgezien van de factor die nodig is voor vergelijking op dijktrajectniveau.

<sup>13</sup> Dit komt waarschijnlijk doordat de statistiek die in Hydra-Zoet zit te ver wordt door geëxtrapoleerd, waarmee men buiten het toepassingsbereik komt.



De aandachtgebieden uit het hoofdstuk hiervoor (uit Tabel A.1) zijn in de overzichtsfiguur inderdaad ook aangemerkt als overgangsgebied en zullen in ieder geval worden beschouwd. Nu blijken echter ook het Spui en de Noord als overgangsgebied aan te wijzen te zijn. Al deze gebieden worden in de volgende paragraaf nader beschouwd en uitgewerkt om een preciezere aanduiding te geven van het overgangsgebied voor wat betreft de dominantie van de kering in het betreffende watersysteem.

Voor de Nieuwe waterweg, de Nieuwe Maas, het bovenstroomse deel van de Lek, Boven Merwede en de stroomopwaartse kant van de Bergsche Maas is daarbij de open kering dominant, voor alle terugkeertijden.

Voor de Dordtsche Kil, Haringvliet, Hollandsch Diep, Amer en het Steurgat en het grootste deel van het Spui is de situatie met de gesloten kering dominant, voor alle terugkeertijden.

Voor de eerder genoemde overgangsgebieden zal nader beschouwd worden hoe de grenzen van het overgangsgebied precies liggen. Dit wordt hieronder uitgewerkt.

#### B.2.1 Definitie van een overgangsgebied

Een gebied wordt gedefinieerd als overgangsgebied voor wat betreft de dominante bijdrage van de kering als:

- Voor de norm die geldt voor een bepaald dijktraject
- De kansbijdrage voor de open kering door de 50%- waarde heen gaat.

In Bijlage A werd al aangetoond dat dit kan variëren per model. Als overgangsgebied is het daarom beter een iets ruimer traject aan te wijzen omdat de berekeningen van welk model dan ook nooit helemaal exact conform de werkelijkheid zullen zijn. Ook gelden er nu, met de overgang naar de nieuwe normering, aan de beide zijden van een water soms verschillende normen. Dit betekent dat er meer dan één doorgang kan zijn door de 50% lijn. Om met alle normen rekening te houden zal als eerste een overgangsgebied worden aangegeven op basis van de 50%-doorgangen voor alle geldende normen.

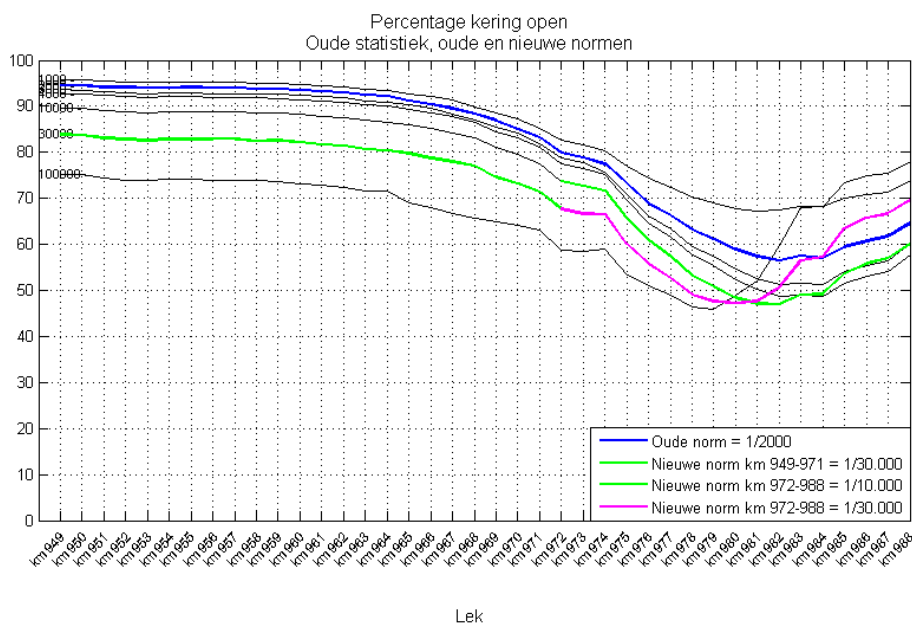
Hiernaast wordt voorgesteld om een marge te leggen van 15% aan beide zijden van het omslagpunt bij 50% voor de strengste (dominante) norm. Het overgangsgebied heeft dan dus kansbijdragen van 35% tot 65%. Dit blijkt een werkbaar criterium te zijn. (zie B.2.2 t/m B.2.9).

#### B.2.2 Lek

Hoewel voor het grootste deel geldt dat de open kering dominant is, is er toch een gebied waar de kansbijdrage voor de open kering bij terugkeertijden van  $T = 4000$  en groter onder de 50% uitkomt. Dit gebied ligt tussen km 978 en km 984. Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 975 en km 985.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent in vorm van het verloop is, waarbij stroomopwaarts de hogere T-waarde voor een lagere kansbijdrage zorgt voor de open kering. Ook is te zien dat het overgangsgebied voor de Lek voor grotere waarden van T naar links verplaatst in Figuur B.3, en dus stroomopwaarts.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment. In roze is de zuidzijde aangegeven.



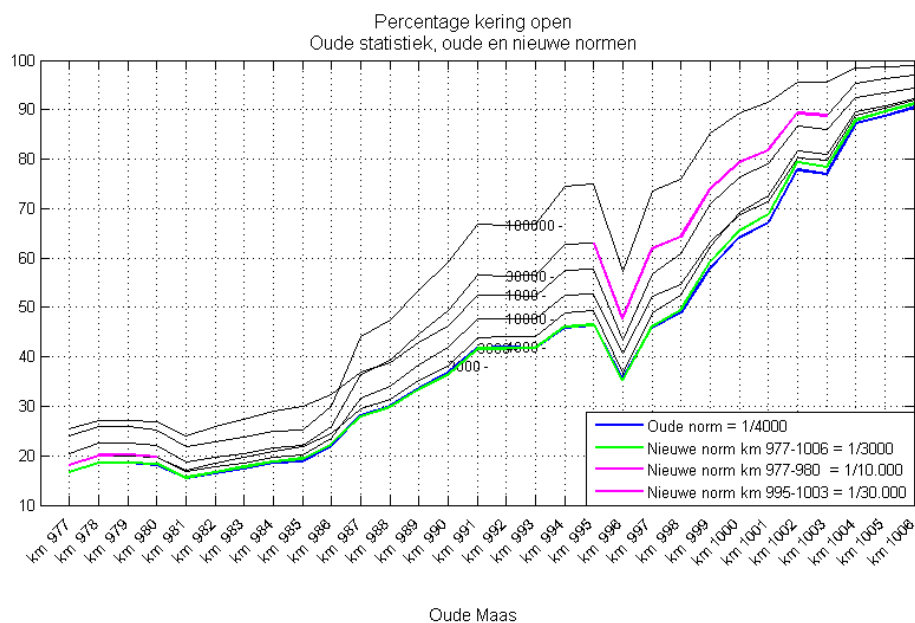
Figuur B.3 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Lek voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Lek. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijksegment. In roze is de zuidzijde aangegeven.

### B.2.3 Oude Maas

In de Oude Maas is er duidelijk een overgangsgebied als het gaat om de kansbijdrage van de open kering. In het bovenstroomse deel is de gesloten kering dominant. In het benedenstroomse deel de open kering. De kansbijdrage gaat door de 50% niveau bij km 996 t/m km 998. Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 990 en km 998.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent voor de hogere T-waarde een hogere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Oude Maas weergegeven, in roze die voor de zuidzijde.



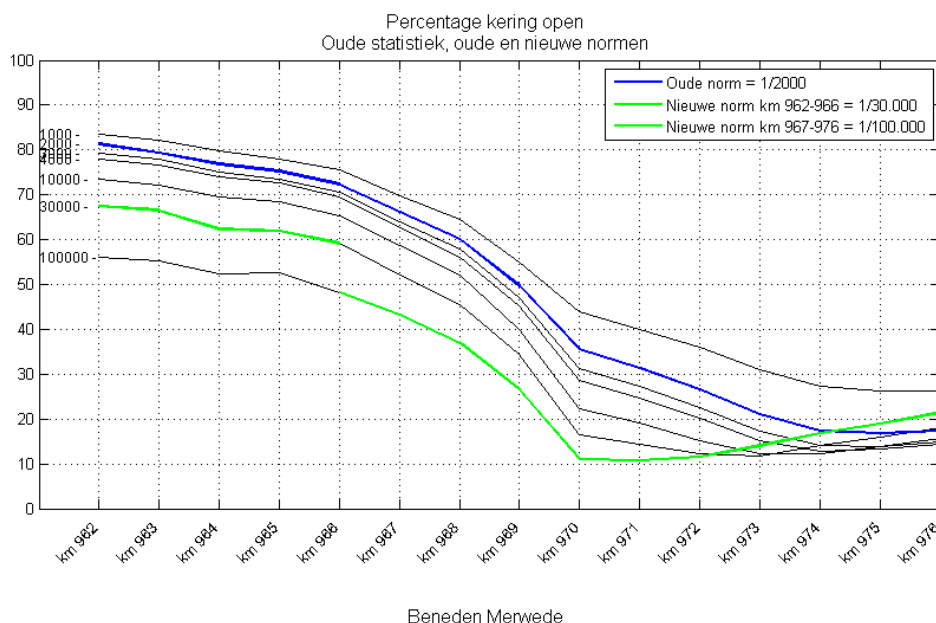
*Figuur B.4 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Oude Maas voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Oude Maas, in roze voor de zuidzijde.*

#### B.2.4 Beneden Merwede

De Beneden Merwede is een overgangsgebied als het gaat om de kansbijdrage van de open kering. In het bovenstroomse deel is de open kering dominant. In het benedenstroomse deel de gesloten kering. De kansbijdrage gaat door de 50% niveau bij km 966 voor  $T=100.000$ . Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 964 en km 968.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent voor de hogere T-waarde een lagere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Beneden Merwede. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.

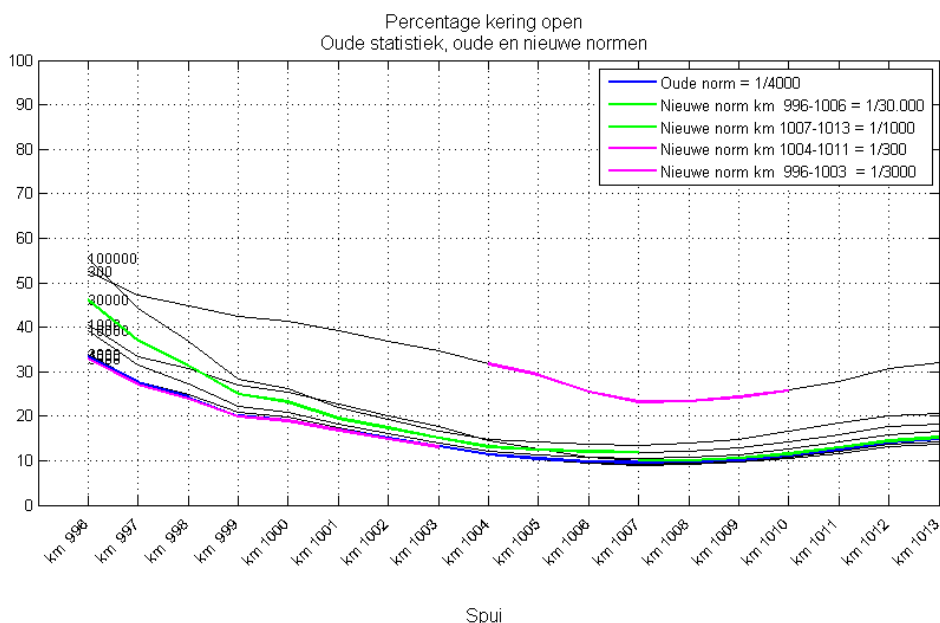


Figuur B.5 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Beneden Merwede voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Beneden Merwede. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.

## B.2.5 Spui

Het Spui is een zijtak van de Oude Maas na km 995. De Oude Maas is een overgangsgebied als het gaat om de kansbijdrage van de open kering zoals hierboven beschreven, en de eerste kilometers van het Spui na km 996 zijn dat ook. De kansbijdrage gaat net niet door de 50% niveau bij km 996 voor een vigerende norm. Maar voor het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dat dan dus tussen km 996 tot en met km 997 in dit gebied. Voor alle andere lokaties is voor alle bepaalde terugkeertijden de gesloten kering dominant. Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent voor de hogere T-waarde een hogere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is de overstromingskansnorm voor de noordzijde van het Spui aangegeven en in roze voor de zuidzijde.



Figuur B.6 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs het Spui voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de noordzijde, in roze voor de zuidzijde van het Spui. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijksegment.

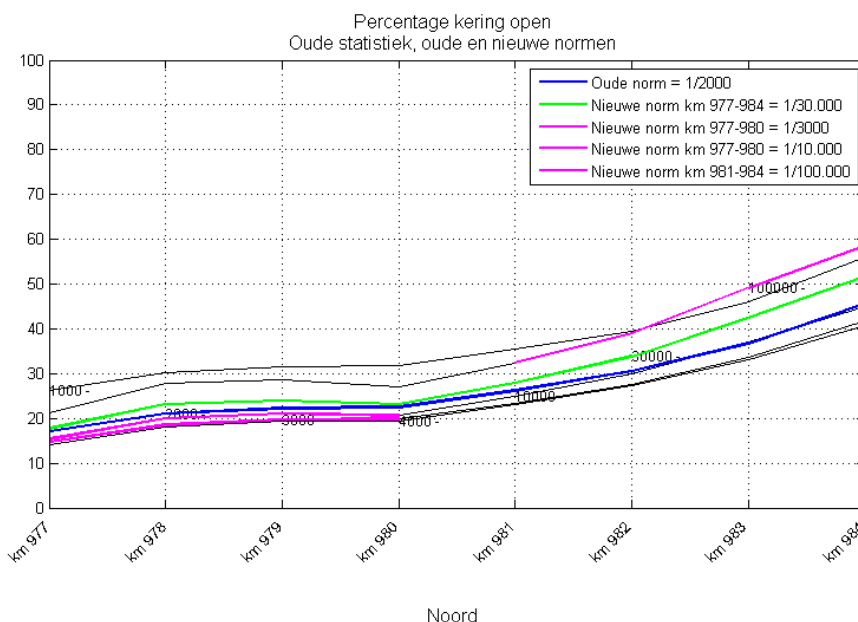
### B.2.6 Noord

De Noord verbindt de Oude Maas bij km 976, met de Nieuwe Maas bij km 989. Bij km 976 op de Oude Maas is de kansbijdrage van de open kering kleiner dan 30%. Bij de Nieuwe Maas is dat groter dan 60% voor alle terugkeertijden.

Hiermee moet de Noord dus wel een overgangsgebied zijn. De kansbijdrage gaat door de 50% niveau bij km 983 en 984 voor de geldende terugkeertijden. In punt 989 op de Nieuwe Maas is de bijdrage 58% of hoger (hier niet getoond). Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 982 tot en met km 984 in dit gebied. Voor alle andere lokaties is voor alle bepaalde terugkeertijden de gesloten kering dominant.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent voor de hogere T-waarde een hogere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is de overstromingskansnorm voor de westzijde van de Noord weergegeven; in roze de oostzijde.



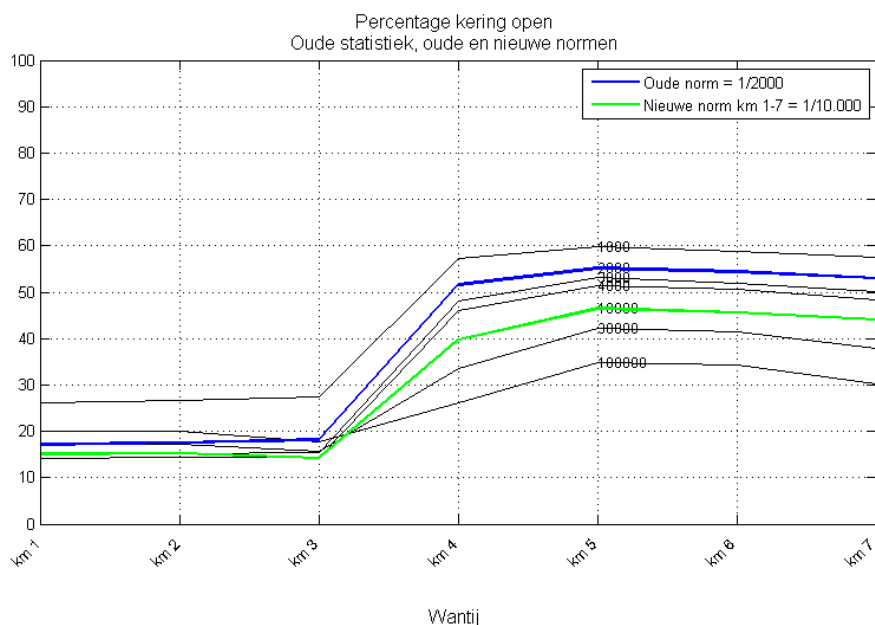
Figuur B.7 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Noord voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de westzijde van de Noord, in roze de oostzijde

## B.2.7 Wantij

De Wantij ligt aan de noordzijde van het Eiland van Dordrecht en loopt vlakker langs de noordzijde van de primaire kering dan de Beneden Merwede. Aan de oostzijde takt de Wantij aan op de Nieuwe Merwede nabij km 971. Het overgangsgebied ligt aan de kant van de Nieuwe Merwede. Voor de geldende norm wordt het 50% niveau niet doorsneden. Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 4 tot en met km 7. Voor lokaties 1 en 2 is voor alle bepaalde terugkeertijden de gesloten kering dominant.

Voor alle terugkeertijden geldt een vrij beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent voor de hogere T-waarde een lagere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de Wantij.



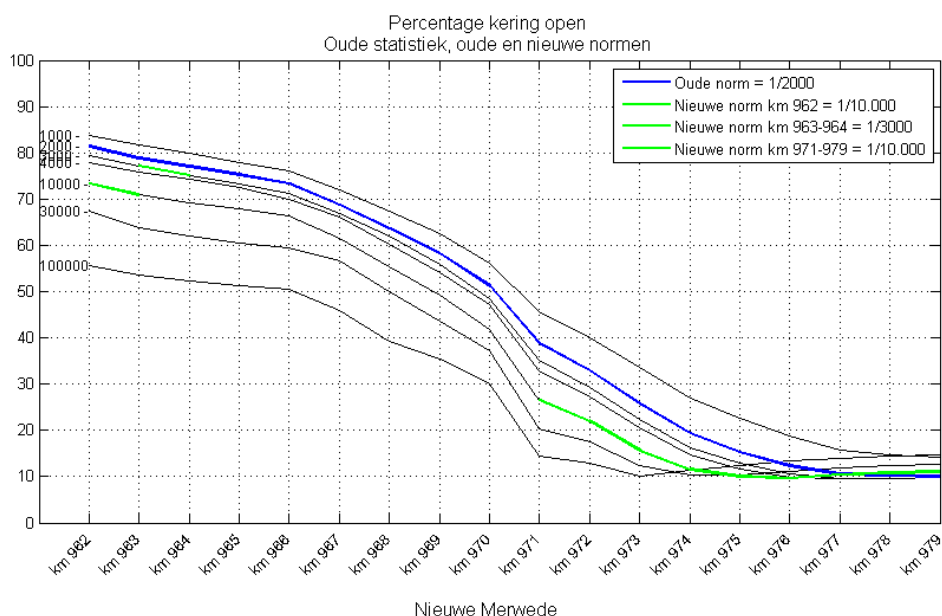
Figuur B.8 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Wantij voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de Wantij.

### B.2.8 Nieuwe Merwede

De Nieuwe Merwede is een overgangsgebied als het gaat om de kansbijdrage van de open kering. Voor dit water, tussen km 965-970 geldt geen norm volgens de nieuwe normering. Daardoor is geen lijn met groen aangegeven. In het bovenstroomse deel is de open kering dominant. In het benedenstroomse deel de gesloten kering. De kansbijdrage gaat door de 50% in het deel zonder geldende norm. Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) levert ook geen overgangsgebied op voor een gebied met geldende normen. Het overgangsgebied met de kansbijdragen van 35% tot 65% en ligt tussen km 965 en km 970, waar geen norm geldig is.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent de hogere T-waarde een lagere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor Nieuwe Merwede. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijksegment.



*Figuur B.9 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Nieuwe Merwede voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de Nieuwe Merwede. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijksegment.*

## B.2.9 Bergsche Maas

De Bergsche Maas is een overgangsgebied als het gaat om de kansbijdrage van de open kering. In het bovenstroomse deel is de open kering dominant. In het benedenstroomse deel de gesloten kering. De kansbijdrage gaat door de 50% niveau bij km 244 voor de geldende norm van  $T=10.000$ .

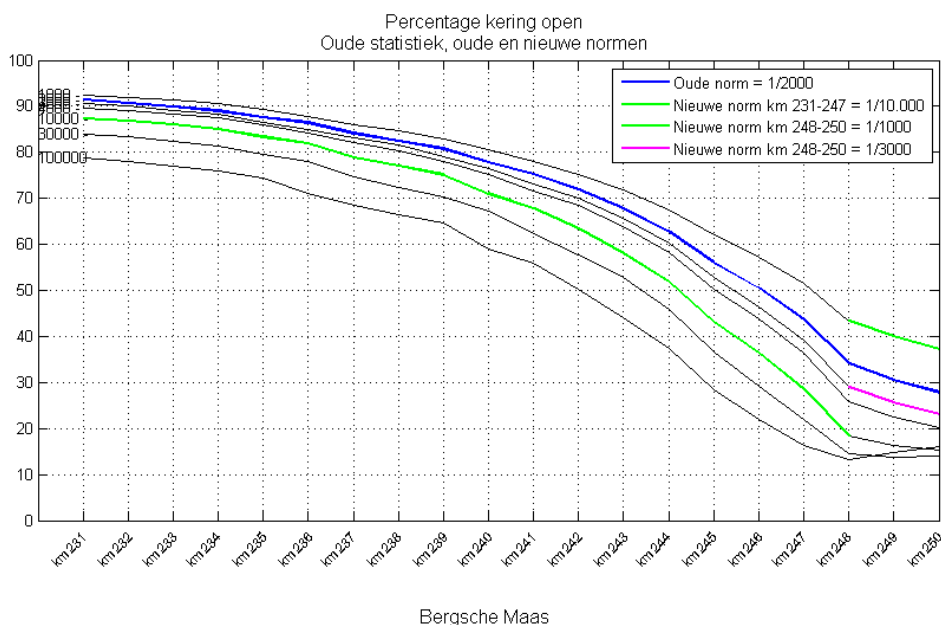
Het ruimer gedefinieerde overgangsgebied volgens de definitie in paragraaf B.2.1 (met kansbijdragen van 35% tot 65% voor de dominante norm) ligt dan dus tussen km 242 en km 246.

Voor het gebied tussen de 248 en 250 is voor de dominante norm de kansbijdrage steeds kleiner dan 35%. Daarom wordt dit deel niet als overgangsgebied aangemerkt volgens de definitie in paragraaf B.2.1.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in de vorm van het verloop, waarbij bijna 100% consistent de hogere T-waarde een lagere kansbijdrage voor de open kering volgt.

In blauw is de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor Bergsche Maas Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijksegment. In roze is dit voor de zuidzijde aangegeven.





*Figuur B.10 Kansbijdrage open keringen voor de lokaties langs de Bergsche Maas voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de oude overschrijdskansnorm aangegeven. In groen de overstromingskansnorm voor de Bergsche Maas. Merk op dat hier een overgang in zit bij overgang naar een ander dijkingssegment. In roze is de zuidzijde aangegeven.*

### B.3 Conclusie bijdrage kering oude statistiek, nieuwe normen

Voor het WTI2017 kan er per deeltraject een andere norm kan gelden, waarbij ook aan weerszijden van het water deze kan variëren. Om deze reden is voor alle wateren in het Benedenrivierengebied onderzocht wat het effect is van verschillende terugkeertijden op de indeling in de overgangsgebieden als het gaat om de kansbijdrage van de kering. Met de gevolgde methode is een algemener beeld aan te geven van het overgangsgebied.

Het blijkt dat de indeling in grote vergelijkbaar is met die uit de WTI2011. Het grootste verschil is gelegen in een verkeerde vermelding in (Kramer 2011) dat op de Nieuwe Maas een gesloten kering dominant zou zijn.

Doordat de normering voor een hele range aan terugkeertijden is bekeken, is een goed algemeen beeld verkregen van de invloed van de norm op de kansbijdrage van de openkering. De 50% doorgangen liggen ten opzichte van de oude norm tot maximaal 3 km verschoven, en soms is door de nieuwe norm een doorgang ontstaan (Lek, Noord), soms verdwenen (Wantij, Nieuwe Merwede). De definitie met marge van 15% voor de dominante norm zorgt doorgaans voor een meer stroomopwaartse verschuiving van de overgangsgebieden, waar de debieten hoger zijn. De indeling is daarmee iets anders. Dit alles geldt bij een gelijkblijvende faalkans van de kering van 1/100.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Wel onderzocht maar niet hier uitgebreid besproken is het volgende: bij een aanpassing van de faalkans van de kering van 1/100 naar 1/50 verschuiven de overgangsgebieden stroomopwaarts. Verandering van de faalkans betekent dus ook een verandering in de grenzen van de overgangsgebieden en daarmee de deelgebieden!



## C Hydra-berekeningen: 90%percentielwaarden voor de afvoer; oude statistiek

### C.1 Inleiding

In Bijlage B zijn de overgangsgebieden gedefinieerd voor wat betreft de invloed van de kering. In dit hoofdstuk worden hierbij de 90%-percentielwaarden voor de afvoer ( $q_{90\%}$ ) bepaald die bij de verschillende gebieden horen. Deze informatie tezamen vormt de informatie die nodig is bij de aansturing van de WAQUA-berekeningen voor de bovenrand. Met name in de overgangsgebieden behoort dit aandacht.

Daarom zullen net als in de vorige bijlage hier de overgangsgebieden apart worden beschouwd. Daarna worden ook voor de overige gebieden de 90%-percentiel waarden voor de afvoer worden vastgesteld en zijn de uitkomsten samengevat in een overzichtstabel.

### C.2 Afleiden debieten

Ook voor de debieten geldt dat er gelet moet worden op de juiste terugkeertijden voor het juiste deeltraject. Voor een aantal delen van de verschillende wateren in het Benedenrivierengebied gelden immers drie verschillende normen. De waarde van de normen lopen uiteen van 1/300 tot 1/100.000. Voor een dergelijk gebied zouden dan óf drie verschillende waterstandsverlopen gelden, óf er moet een keus worden gemaakt op basis waarvan de WAQUA berekeningen zullen worden aangestuurd. Juist omdat in de waterstandsverlopen een grotere mate van clustering wenselijk is<sup>15</sup>, en mogelijk zal blijken, wordt gekozen om er één te kiezen. Omdat het bij waterstandsverlopen het gaat om de langdurige belasting door een verhoogde waterstand, zal daarom de hoogste 90%-percentiel-afvoerwaarde worden aangehouden per deeltraject in een water. Dat is doorgaans de waarde die hoort bij de strengste norm. Deze wordt dan aangegeven als de dominante norm. In gevallen waar de strengste norm niet voor het hoogste afvoerdebit zorgt, en het 905-percentiel van de afvoer om die reden is aangepast, wordt dit apart besproken in de hierna volgende paragrafen. In de tabel wordt ook aangegeven of de open of de gesloten kering in dat gebied dominant is, of dat het een overgangsgebied betreft.

In de resulterende tabellen worden de overgangsgebieden opgedeeld in delen waarbij rekening wordt gehouden met:

- 1) een opdeling in dijktrajectdelen;
- 2) een opdeling naar de invloed van de kering;
- 3) een opdeling naar de geldende norm.

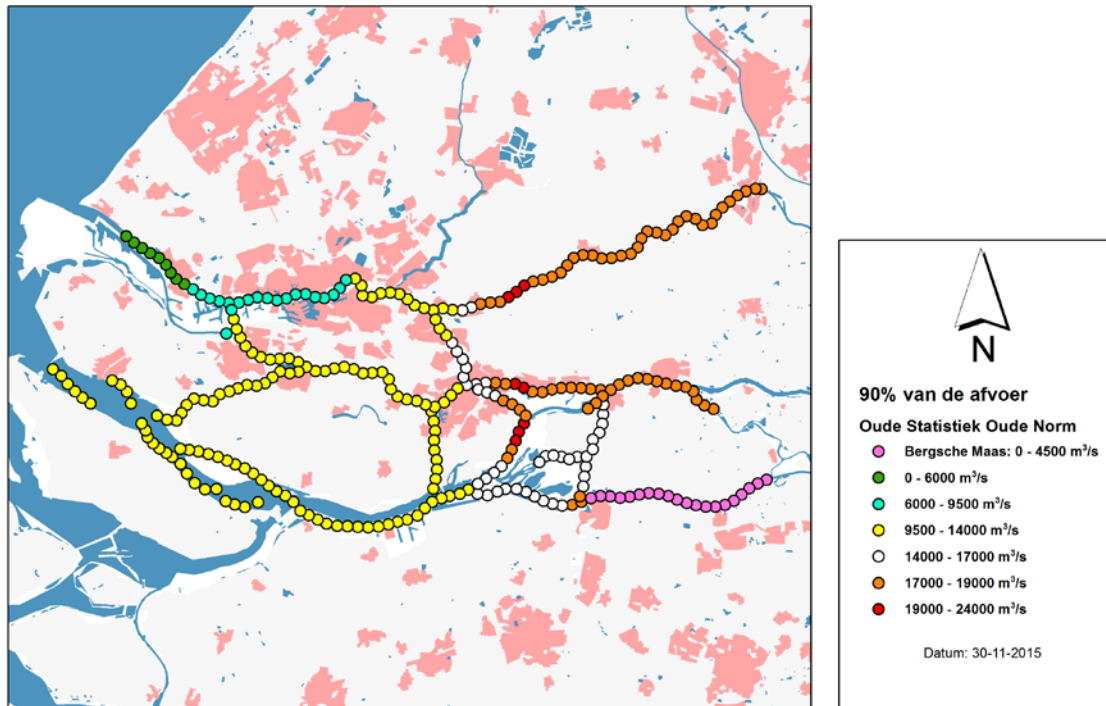
Dit zorgt in voorkomende gevallen voor een opdeling van de eerder gedefinieerde overgangsgebieden (zie Bijlage B) in meer delen. Het echte overgangsgebied, en de 'plakranden', zijn gemarkeerd in de tabellen.

Als referentie geldt de situatie uit WTI2011 met de oude norm en de oude statistiek. Het overall resultaat voor de oude statistiek met de oude norm staat hieronder in Figuur C.1 aangegeven.

---

<sup>15</sup> Immers, de opdracht ging juist om een clustering in deelgebieden.

**90% Percentiel van de afvoer**



Figuur C.1 Overzicht 90%-percentielen voor de afvoer voor Benedenrivierengebied voor terugkeertijd horend bij de lokaal maximale norm (Oude statistiek / Oude norm)

**C.3 Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, oude statistiek, nieuwe normen**

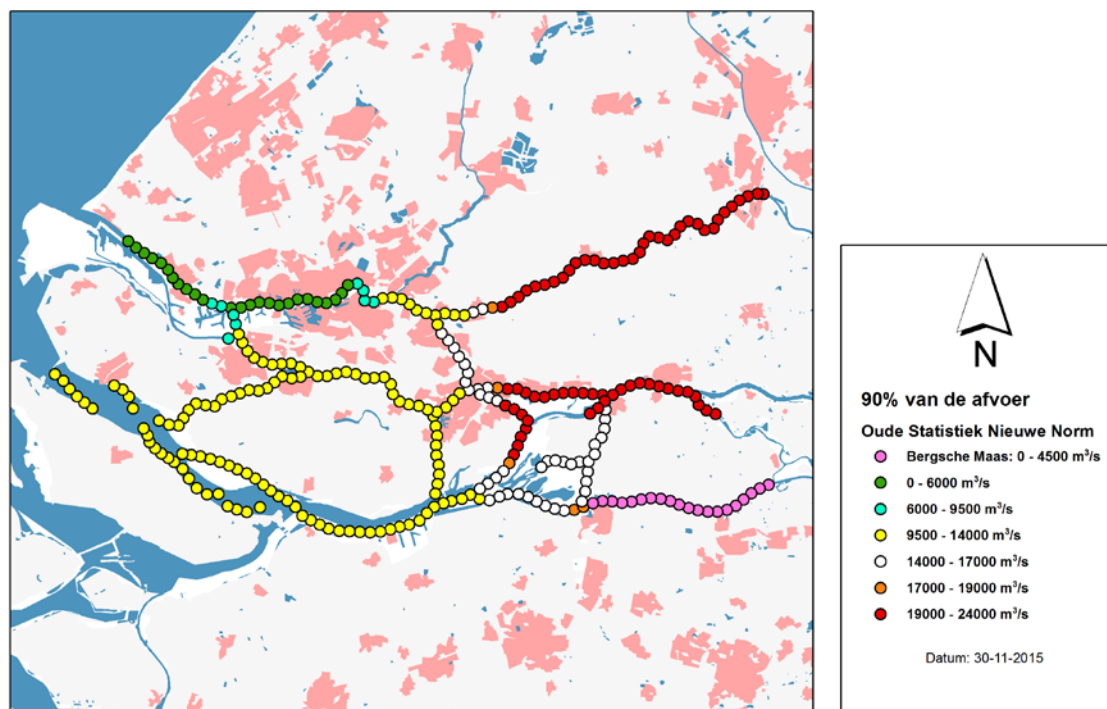
In Figuur C.2 is de overzicht te zien van de verschillende 90%-percentielen voor de afvoer per gebied, voor de situatie met de oude statistiek en nieuwe normen, onderverdeeld in vijf klassen. Wat opvalt is dat bij de Rijn-riviergedomineerde stukken, i.e. de stroomopwaartse delen van de Rijn de debieten bij de nieuwe normen wel erg hoog zijn en ook hoger zijn dan het fysisch maximum dan rond de 18.000 m<sup>3</sup>/s ligt (aldus Kramer in (Kramer 2011)). Dergelijke hoge waarden golden ook al zo in (Kramer 2011). In de benedenstroomse delen nemen de percentielwaarden juist af.<sup>16</sup>

Verder lijken de figuren, Figuur C.1 en Figuur C.2, een vergelijkbaar beeld te geven, met uitzondering van de overgangsgebieden. Deze gebieden worden in de volgende subparagrafen nader beschouwd.

Omdat de waarden van de Bergsche Maas een aanzienlijk lager maximum hebben dan die voor de laagste klassen in het Rijn gedomineerde deel van het Benedenrivierengebied is deze apart beschouwd (Zie Figuur C.2).

<sup>16</sup> Strikt genomen is er volgens de statistiek geen maximum aan te geven (zie Bijlage I).

## 90% Percentiel van de afvoer



Figuur C.2 Overzicht 90%-percentielen voor de afvoer voor Benedenrivierengebied voor terugkeertijd horend bij de lokaal maximale norm (Oude statistiek / Nieuwe norm)

### C.3.1 Leeswijzer bij de figuren

Voor de figuren in de paragrafen hieronder, is in blauw de  $q_{90\%}$  bij de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is de overstroomingskansnorm voor de noordzijde danwel de oostzijde<sup>17</sup> aangegeven. De roze kleur, indien aanwezig, geeft de  $q_{90\%}$  bij de nieuwe norm aan de zuidzijde danwel de westzijde<sup>12</sup>. Als voor een bepaald kilometrering alleen de groene kleur te zien is, dan ligt aan de andere zijde een kering met een gelijke normstelling, en is alleen de groene lijn te zien. Per deeltraject wordt nu de maatgevende  $q_{90\%}$  gekozen door het maximum waarde te nemen voor de  $q_{90\%}$  in dat traject.

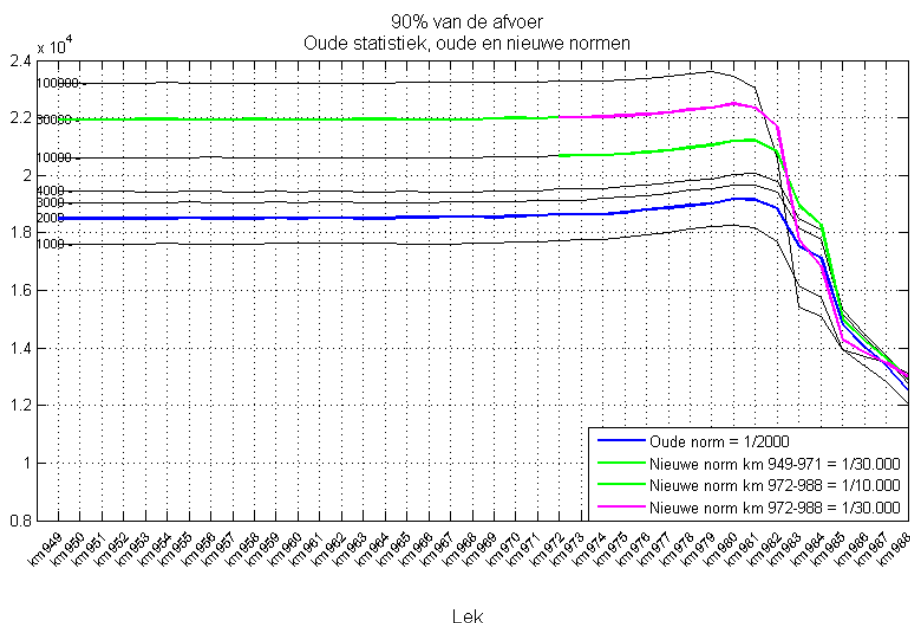
*N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, en dit een overgangsgebied betreft, moet even zorgvuldig worden gekeken wat dit betekent voor de afvoer. Deze staan steeds nader beschreven in de N.B.'s*

### C.3.2 Lek

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Lek geïdentificeerd tussen km 975 en km 985. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij overigens stroomafwaarts de hogere T-waarde niet ook zorgen voor de hoogste afvoer.

<sup>17</sup> Afhankelijk van de oriëntatie van het water



Figuur C.3 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Lek voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Lek, in roze de norm voor de zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijksegment.

N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, i.e. het trajectdeel dat ligt van km 982 tot km 988, blijkt dat de waarde in punt 982 voor de 1/30.000 norm bepalend is voor dit traject. De 1/10.000 norm ligt voor 983 en 984 weliswaar hoger dan 1/30.000 norm, maar blijft onder de waarde van punt 982.

Dit levert als waarden:

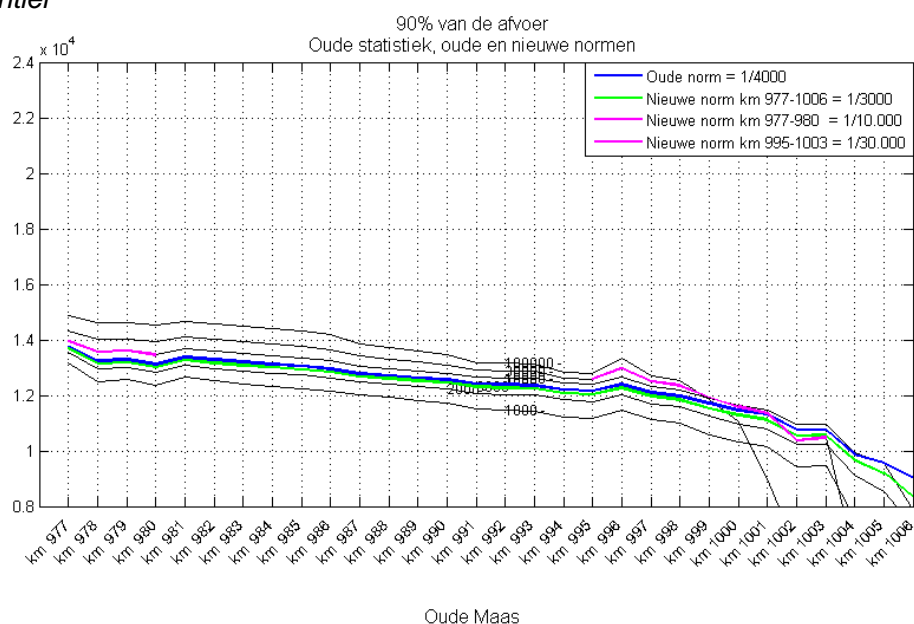
Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Lek	949-961	15-01-	1/30.000	16-4-	1/30.000			1/30.000	21955	open
Lek	962-966	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21957	open
Lek	967-971	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21988	open
Lek	972-974	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22029	open
Lek	975-980	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22491	overgang
Lek	981-984	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	22353	overgang
Lek	985	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	14289	overgang
Lek	986-988	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	13841	open

### C.3.3 Oude Maas

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Oude Maas Lek geïdentificeerd van km990 tot en met km 998. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij overigens stroomafwaarts de hogere T-waarde niet altijd ook zorgen voor de hoogste afvoer.

## 90%-percentiel



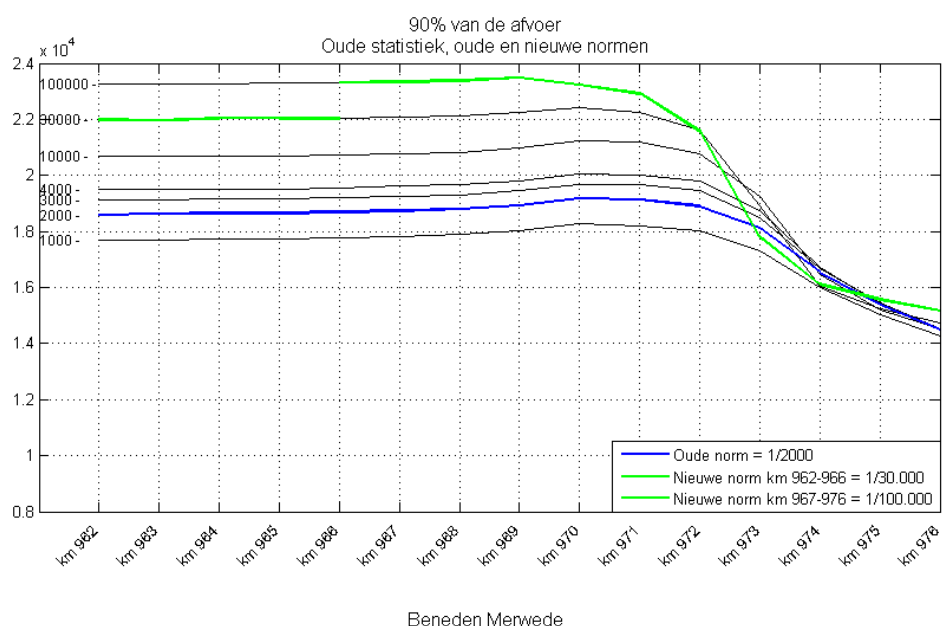
Figuur C.4 De 90%-afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Oude Maas voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Oude Maas, in roze de norm voor de zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde.

Dit resulteert in:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Oude Maas	976	22-2 (a)	1/10.000					1/10.000	splitsingspunt met Oude Maas, Noord, Beneden Merwede	
Oude Maas	977-979	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000			1/10.000	13970	gesloten
Oude Maas	980	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/10.000	13463	gesloten
Oude Maas	981-988			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	13264	gesloten
Oude Maas	989			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12529	gesloten
Oude Maas	990-994			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12460	overgangsgebied
Oude Maas	995-997	20-3 (b1)	1/30.000	17-01-	1/3.000			1/30.000	12967	overgangsgebied
Oude Maas	998	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	12360	overgangsgebied
Oude Maas	999-1003	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	11936	open
Oude Maas	1004-1005			17-02-	1/3.000			1/3.000	9650	open

### C.3.4 Beneden Merwede

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Beneden Merwede geïdentificeerd tussen km 964 en km 968. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij te zoeken. Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij overigens stroomafwaarts de hogere T-waarde niet ook zorgen voor de hoogste afvoer.



Figuur C.5 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Beneden Merwede voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Beneden Merwede. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment. Richting de zuidzijde is er geen norm: daar ligt de Nieuwe Merwede.

Dit levert als waarden:

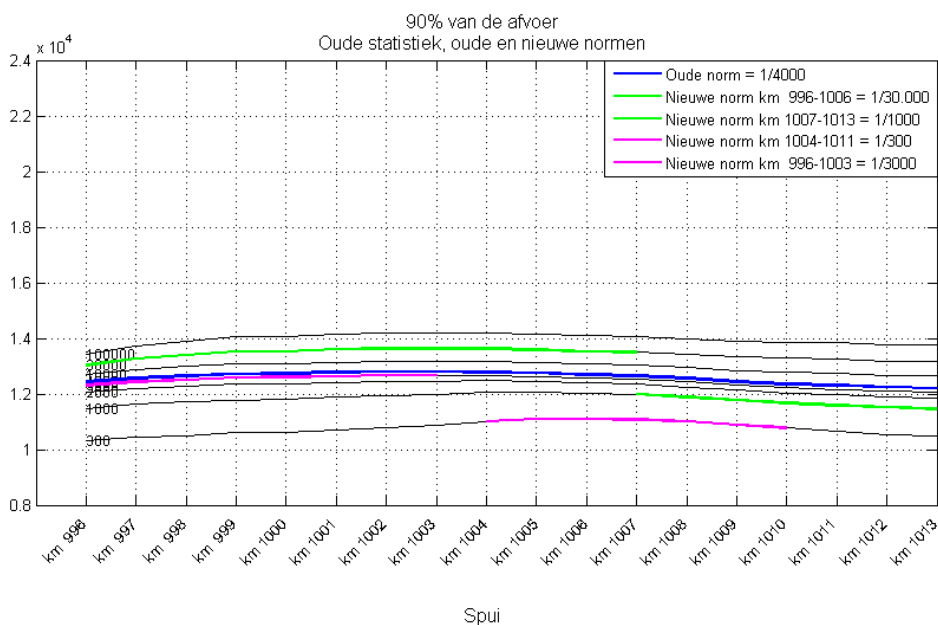
Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Beneden Merwede	962-963	16-02-	1/30.000	1/30.000	21977	open
Beneden Merwede	964-966	16-02-	1/30.000	1/30.000	22025	overgangsgebied
Beneden Merwede	967-968	16-01-	1/100.000	1/100.000	23325	overgangsgebied
Beneden Merwede	969-976	16-01-	1/100.000	1/100.000	23481	gesloten

### C.3.5 Spui

In Bijlage B is het overgangsgebied voor het Spui geïdentificeerd tussen km 996 tot en met km 997. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer.





Figuur C.6 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs het Spui voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van het Spui, in roze de norm voor de zuidzijde, als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een aantal overgangen zit bij overgang naar een ander dijksegment.

Per deeltraject wordt nu de maatgevende  $q_{90\%}$  gekozen door het maximum waarde te nemen voor de  $q_{90\%}$  in dat traject.

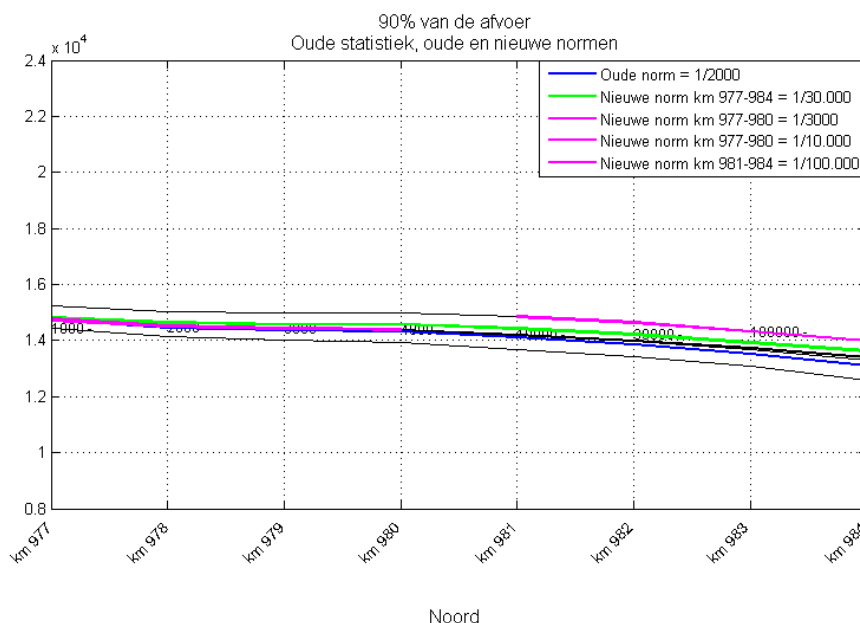
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Spui	996-997	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000	1/30.000	13260	overgangsgebied
Spui	998-1003	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000	1/30.000	13634	gesloten
Spui	1004-1006	20-3 (c)	1/30.000	21-02-	1/300	1/30.000	13624	gesloten
Spui	1007-1011	20-4 (a)	1/1000	21-02-	1/300	1/1000	11990	gesloten
Spui	1012-1013	20-4 (a)	1/1000			1/1000	11515	gesloten

### C.3.6 Noord

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Noord geïdentificeerd tussen km 982 tot en met km 984. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij de hogere T-waarde doorgaans zorgen voor de hoogste afvoer.



Figuur 7.1 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Noord voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de oostzijde van de Noord, in roze de norm voor de westzijde, als deze anders is dan de oostzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.

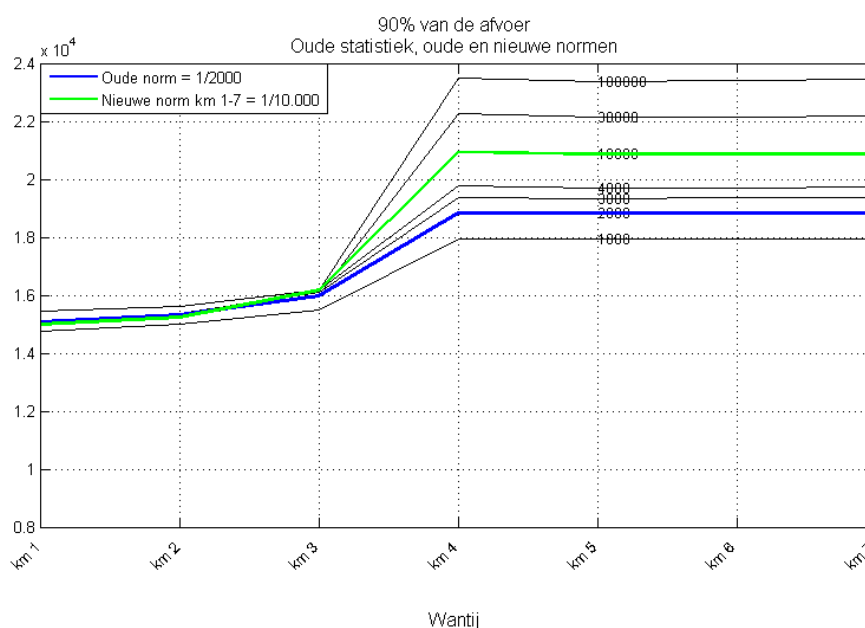
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Noord	976			17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/10.000	splitsingspunt met Oude Maas, Noord, Beneden Merwede	
Noord	977-980	16-02-	1/30.000	17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/30.000	14582	gesloten
Noord	981	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14841	gesloten
Noord	982-984	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14639	overgangsgebied

### C.3.7 Wantij

In Bijlage B is het overgangsgebied voor het Wantij geïdentificeerd km 4 t/m km 7. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

Voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is voor de vorm van het verloop voor km 4 t/m km 7, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer. Bij de km 1 t/m km 3 is dat minder het geval. De waarden voor  $q_{90\%}$  variëren daar van 14761 m<sup>3</sup>/s tot 16188 m<sup>3</sup>/s.



Figuur C.7 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs het Wantij voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de zuidzijde van het Wantij. Merk op dat er geen norm is voor de noordzijde: daar ligt de Beneden Merwede.

In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, nl km 1 tot en met km 3 wordt het bepalende debiet in dit geval bepaald door de waarde in km 3

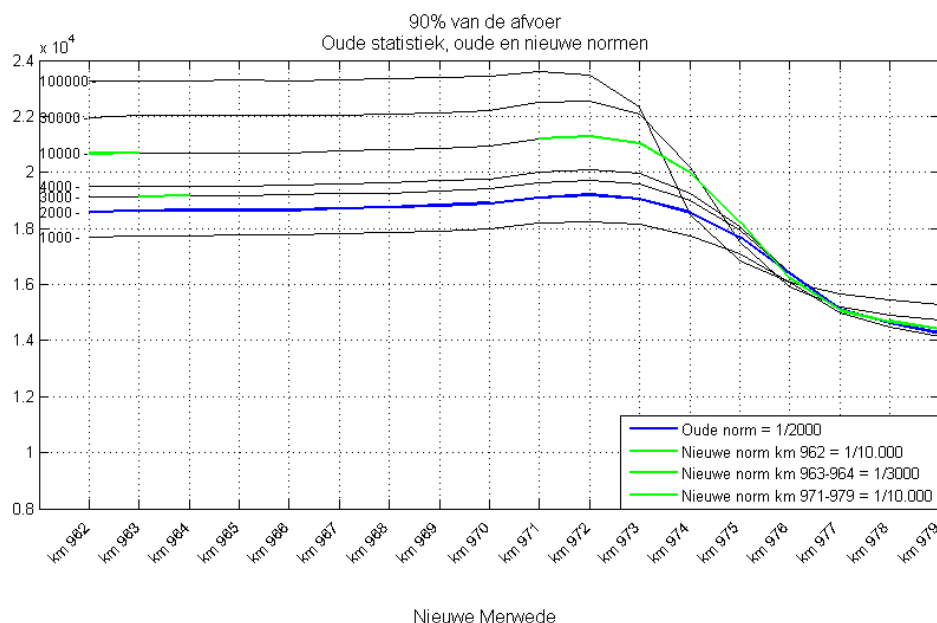
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Wantij	01-03-	22-2 (b)	1/10.000	1/10.000	16188	gesloten
Wantij	04-07-	22-2 (b)	1/10.000	1/10.000	20930	overgang

### C.3.8 Nieuwe Merwede

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Nieuwe Merwede geïdentificeerd tussen km 965 en km 970. Voor dit traject zijn echter geen normen geldig. Er hoeven is dit gebied daarom geen 90%-percentielen voor de afvoer te worden afgeleid.

Voor de bovenstroomse lokaties geldt dat voor alle terugkeertijden consistent is, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer. Bij de km 974 en meer benedenstrooms is dat minder het geval.



**Figuur C.8** De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Nieuwe Merwede voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is dit getoond voor zuidoostzijde (km 962 t/m 964) resp. de westzijde (km 971 t/m km 979). Merk op dat er geen norm is voor andere zijde. Daar ligt de Beneden Merwede resp. de Biesbosch.

In het overgangsgebied is er geen kering meer<sup>18</sup> met een wettelijke norm. Merk op dat er ook geen norm is voor andere zijde. Daar ligt de Beneden Merwede resp. de Biesbosch.

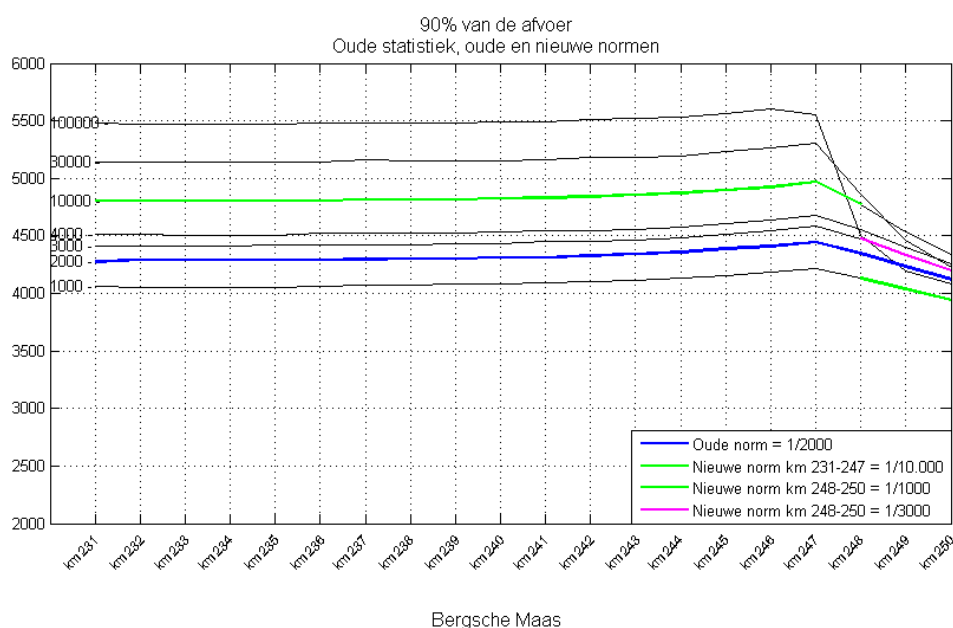
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Nieuwe Merwede	963-964	23-1(a)	1/3.000	1/3.000	19181	open
Nieuwe Merwede	971	22-2 (c)	1/10.000	1/10.000	21204	gesloten
Nieuwe Merwede	972-979	22-1(a)	1/10.000	1/10.000	21281	gesloten

### C.3.9 Bergsche Maas

In Bijlage B is het overgangsgebied voor de Bergsche Maas geïdentificeerd tussen km 242 en km 246. Het is nu zaak om voor dit gebied de juiste 90%-percentielen voor de afvoer hierbij af te leiden.

<sup>18</sup> Sinds het project Noortwaard is een deel van het dijkkring gebied 23, Biesbosch niet meer beschermt via een primaire waterkering.



Figuur C.9 De 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Bergsche Maas voor verschillende terugkeertijden. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is dit weergegeven voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Bergsche Maas, in roze de norm voor de zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijksegment.

Per deeltraject wordt nu de maatgevende  $q_{90\%}$  gekozen door het maximum waarde te nemen voor de  $q_{90\%}$  in dat traject.

N.B. De zeer sterke toename van de  $q_{90\%}$  waarde vanaf km 251 heeft te maken met de dominante rivier: vanaf dit punt is de Bergsche Maas Rijngedomineerd. Voor de stroomopwaartse kilometers is de Bergsche Maas Maasgedomineerd.

Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Bergsche Maas	231-234	24-01-	1/10.000					1/10.000	4807	open
Bergsche Maas	235-236	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4805	open
Bergsche Maas	237-241	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4828	open
Bergsche Maas	242	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4842	overgangsgebied
Bergsche Maas	243-246	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4924	overgangsgebied
Bergsche Maas	247	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4971	gesloten
Bergsche Maas	248-250	24-2 (a)	1/1000	35-2	1/3.000			1/3.000	4477	gesloten
Bergsche Maas	251	24-2 (a)	1/1000	34a1	1/3.000	35-2	1/3.000	1/3.000	17694	gesloten
Bergsche Maas en	252	34-1 (a)	1/1000	34a1	1/3.000			1/3.000	17447	gesloten
Bergsche Maas en	253-262	34-1 (a)	1/1000					1/1000	16201	gesloten

### C.3.10 Overige gebieden

Voor de Nieuwe waterweg, de Nieuwe Maas, het bovenstroomse deel van de Lek, Boven Merwede en de stroomopwaartse kant van de Bergsche Maas is de open kering dominant. Voor de Dordtsche Kil, Haringvliet, Hollandsch Diep, Amer en het Steurgat en het grootste deel van het Spui is de situatie met de gesloten kering dominant, voor alle terugkeertijden. In onderstaande tabel, wordt een overzicht gegeven voor het Benedenrivierengebied met per water, voor de nieuwe normering en oude statistiek.

In de tabel staan daarbij de kilometeraanduiding, verschillende geldende normeringen in dit deeltraject, de dominante norm, de dominante 90%- percentielen van de afvoer en de kansbijdrage open kering.

In oranje zijn in de laatste kolom de overgangsgebieden met 'plakranden' aangegeven.

Tabel C.1 Overzichtstabel voor het Benedenrivierengebied met per water, voor de nieuwe normering en oude statistiek. met per rij de kilometeraanduiding, verschillende geldende normeringen in dit deeltraject, de dominante norm, de dominante 90%- percentielen van de afvoer en de kansbijdrage open kering .

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Nieuwe Waterweg	1014-1015	14-03-	1/10.000					1/10.000	6554	open
Nieuwe Waterweg	1016-1020	14-03-	1/10.000	19-01-	1/100.000			1/100.000	5005	open
Nieuwe Waterweg	1021-1026	14-03-	1/100.000					1/100.000	4840	open
Nieuwe Maas	989					17-03-	1/100.000	1/100.000	12919	open
Nieuwe Maas	990-993			15-02-	1/10.000	17-03-	1/100.000	1/100.000	12913	open
Nieuwe Maas	994	14-02-	1/100.000	15-02-	1/10.000	17-03-	1/100.000	1/100.000	10376	open
Nieuwe Maas	995-1006	14-02-	1/100.000			17-02-	1/3.000	1/100.000	10467	open
Nieuwe Maas	1007-1010	14-02-	1/100.000	18-01-	1/10.000	17-02-	1/3.000	1/100.000	5312	open
Nieuwe Maas	1011-1012	14-02-	1/100.000			17-02-	1/3.000	1/100.000	5096	open
Nieuwe Maas	1013	14-02-	1/100.000					1/100.000	5068	open
Lek	949-961	15-01-	1/30.000	16-4-	1/30.000			1/30.000	21955	open
Lek	962-966	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21957	open
Lek	967-971	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21988	open
Lek	972-974	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22029	open
Lek	975-980	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22491	overgang
Lek	981-984	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	22353	overgang
Lek	985	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	14289	overgang
Lek	986-988	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	13841	open
Boven en Nieuwe Merwede	953-954	24-3 (a1)	1/10.000					1/10.000	20592	open
Boven Merwede	955-957	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23225	open
Boven Merwede	958-959	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	24214	open
Boven Merwede	960	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23242	overgang
Boven Merwede	961	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23268	overgang
(Boven en )Nieuwe Merwede	962			24-3 (a3)	1/10.000			1/10.000	23280	overgang
Beneden Merwede	962-963	16-02-	1/30.000					1/30.000	21977	open
Beneden Merwede	964-966	16-02-	1/30.000					1/30.000	22025	overgang
Beneden Merwede	967-968	16-01-	1/100.000					1/100.000	23325	overgang
Beneden Merwede	969-976	16-01-	1/100.000					1/100.000	23481	gesloten
Noord	976			17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/10.000	splitsingspunt met oude Maas, Noord, Beneden Merwede	
Noord	977-980	16-02-	1/30.000	17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/10.000	14582	gesloten
Noord	981	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14841	gesloten
Noord	982-984	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14639	overgang
Oude Maas	976	22-2 (a)	1/10.000					1/10.000		
Oude Maas	977-979	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000			1/10.000	13970	gesloten
Oude Maas	980	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/10.000	13463	gesloten
Oude Maas	981-988			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	13264	gesloten
Oude Maas	989			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12529	gesloten
Oude Maas	990-994			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12460	overgang
Oude Maas	995-997	20-3 (b1)	1/30.000	17-01-	1/3.000			1/30.000	12967	overgang
Oude Maas	998	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	12360	overgang
Oude Maas	999-1003	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	11936	open
Oude Maas	1004-1005			17-02-	1/3.000			1/3.000	9650	open
Hartelkanaal	1	20-3 (a1)	1/30.000					1/30.000	6472	open
Spui	996-997	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000			1/30.000	13260	overgang
Spui	998-1003	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000			1/30.000	13634	gesloten
Spui	1004-1006	20-3 (c)	1/30.000	21-02-	1/300			1/30.000	13624	gesloten
Spui	1007-1011	20-4 (a)	1/1000	21-02-	1/300			1/1000	11990	gesloten
Spui	1012-1013	20-4 (a)	1/1000					1/1000	11515	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1000,1001N, 1002N	21-02-	1/300					1/300	10970	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1003N-1012N	21-02-	1/300					1/300	10866	gesloten
Haringvliet	1018N-1023N	20-4 (bN)	1/1000					1/1000	11428	gesloten
Haringvliet	1003Z-1004Z			25-03-	1/300			1/300	10835	gesloten
Haringvliet	1005Z-1018Z			25-2 (a)	1/1000			1/1000	11649	gesloten
Haringvliet, Aardappelgat	1019Z-1023Z			25-2(b)	1/1000			1/1000	11420	gesloten
Haringvliet	1024Z-1029Z	20-4 (bZ)	1/1000	25-2(b)	1/1000			1/1000	11253	gesloten
Dordtsche Kil	980-983	21-01-	1/3.000	22-2 (d)	1/10.000			1/10.000	13768	gesloten
Dordtsche Kil	984-986	21-01-	1/3.000	22-1(c)	1/3.000			1/3.000	13390	gesloten
Dordtsche Kil	987-988	21-02-	1/300	22-1⊗	1/3.000			1/3.000	13294	gesloten
Hollandsch Diep	980-983	22-1(b)	1/3.000	34-1 (b)	1/1000			1/3.000	13964	gesloten
Hollandsch Diep	984-998	21-02-	1/300	34-2	1/1000			1/1000	12851	gesloten
Wantij	01-03-	22-2 (b)	1/10.000					1/10.000	16188	gesloten
Wantij	04-07-	22-2 (b)	1/10.000					1/10.000	20930	overgang
Nieuwe Merwede	963-964	23-1(a)	1/3.000					1/3.000	19181	open
Nieuwe Merwede	971	22-2 (c)	1/10.000					1/10.000	21204	gesloten
Nieuwe Merwede	972-979	22-1(a)	1/10.000					1/10.000	21281	gesloten
Biesbosch- Steurgat	963-964	23-1(b)	1/3.000	24-2 (b)	1/1000			1/3.000	14843	gesloten
Biesbosch, Steurgat, Gat van het Zand, Spijkerboor	965-973			24-2 (b)	1/1000			1/1000	16606	gesloten

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	2e Nieuwe norm (WTI2017)	Dijkvak	3e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht
Bergsche Maas	231-234	24-01-	1/10.000					1/10.000	4807	open
Bergsche Maas	235-236	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4805	open
Bergsche Maas	237-241	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4828	open
Bergsche Maas	242	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4842	overgang
Bergsche Maas	243-246	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4924	overgang
Bergsche Maas	247	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4971	gesloten
Bergsche Maas	248-250	24-2 (a)	1/1000	35-2	1/3.000			1/3.000	4477	gesloten
Bergsche Maas	251	24-2 (a)	1/1000	34a1	1/3.000	35-2	1/3.000	1/3.000	17694	gesloten
Bergsche Maas en Amer	252	34-1 (a)	1/1000	34a1	1/3.000			1/3.000	17447	gesloten
Bergsche Maas en Amer	253-262	34-1 (a)	1/1000					1/1000	16201	gesloten

#### C.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk zijn de veranderingen in de 90%-percentielwaarde voor de afvoer bij veranderingen in terugkeertijden (T) onderzocht voor de oude statistiek bij de nieuwe normen:

- Het algemene beeld is grotendeels vergelijkbaar met het beeld voor de oude statistiek met de oude normen
- De hogere waarden voor de terugkeertijd T houdt een verhoging van de 90%-percentielwaarden van de afvoer in, in het afvoergedomineerde deel.
- In het benedenstroomse deel bij de Nieuwe waterweg en de Nieuwe Maas nemen de 90%-percentielwaarden van de afvoer juist af met de nieuwe normen.





## D Hydra-berekeningen: effect van de statistiek volgend uit GRADE

### D.1 Inleiding

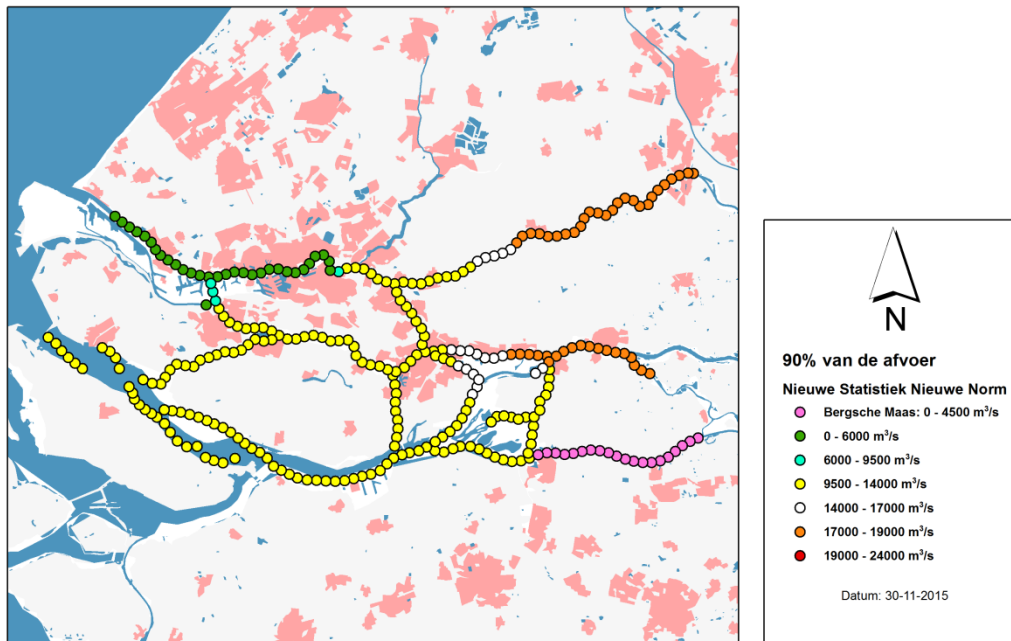
In Bijlagen B en C zijn de overgangsgebieden gedefinieerd en de dominante normen met bijbehorende afvoerdebieten bepaald voor de oude statistiek. Deze oude statistiek is echter niet begrensd (zie Bijlage H) en daarom kunnen de  $q_{90\%}$  waarden eindeloos toenemen met toenemende terugkeertijd  $T$ . Dit is niet reëel en onder meer daarom is er in WT12017 overgestapt op de GRADE statistiek. Meer hierover is te vinden in (zie Bijlage H) en (Chbab juni 2015). Daarom wordt in dit hoofdstuk de exercitie uit bijlagen B en C hier herhaald voor de Hydra-Zoet uitkomsten met de nieuwe GRADE statistiek.

De informatie uit dit hoofdstuk levert de informatie die nodig is voor de WAQUA-berekeningen voor de bovenrand. De uitkomsten uit de WAQUA berekeningen zullen leiden tot de definitieve indeling voor de waterstandsverlopen. Tevens zal er in dit hoofdstuk worden besloten met een overzicht middels een tabel (Tabel D.1) die de impact aangeeft van de verandering van de statistiek op de parameters die nodig zijn voor de waterstandsverlopen.

### D.2 Nieuwe Hydra-Zoet berekeningen, nieuwe statistiek, nieuwe normen

In Figuur D.1 is een overzicht te zien van de verschillende 90%-percentielen voor de afvoer per gebied, onderverdeeld in zes klassen. Wat opvalt is dat de hoogste klasse aan debieten voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen, niet meer voorkomt bij de Rijn-riviergedomineerde stukken, i.e. de stroomopwaartse delen van de Rijn. Effectief zijn er dus vijf klassen. Het debiet is nu gemaximeerd rond de  $19000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

90% Percentiel van de afvoer



*Figuur D.1 Overzicht 90%-percentielen voor de afvoer voor Benedenrivierengebied voor terugkeertijd horend bij de lokaal maximale norm voor de nieuwe statistiek en de nieuwe norm.*

### D.3 Afleiden percentage bijdrage open kering en debieten bij de nieuwe normering

#### D.3.1 Leeswijzer bij de figuren

Voor de figuren in de paragrafen hieronder, is in blauw de  $q_{90\%}$  bij de oude overschrijdskansnorm aangegeven. In groen is de overstromingskansnorm voor de noordzijde danwel de oostzijde<sup>19</sup> aangegeven. De roze kleur, indien aanwezig, geeft de  $q_{90\%}$  bij de nieuwe norm aan de zuidzijde danwel de westzijde<sup>15</sup>. Als voor een bepaald kilometrering alleen de groene kleur te zien is, dan ligt aan de andere zijde een kering met een gelijke normstelling, en is alleen de groene lijn te zien. Per deeltraject wordt nu de maatgevende  $q_{90\%}$  gekozen door het maximum waarde te nemen voor de  $q_{90\%}$  in dat traject.

*N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, en dit een overgangsgebied betreft, moet even zorgvuldig worden gekeken wat dit betekent voor de afvoer. Deze staan steeds nader beschreven in de N.B.'s*

#### D.3.2 Lek

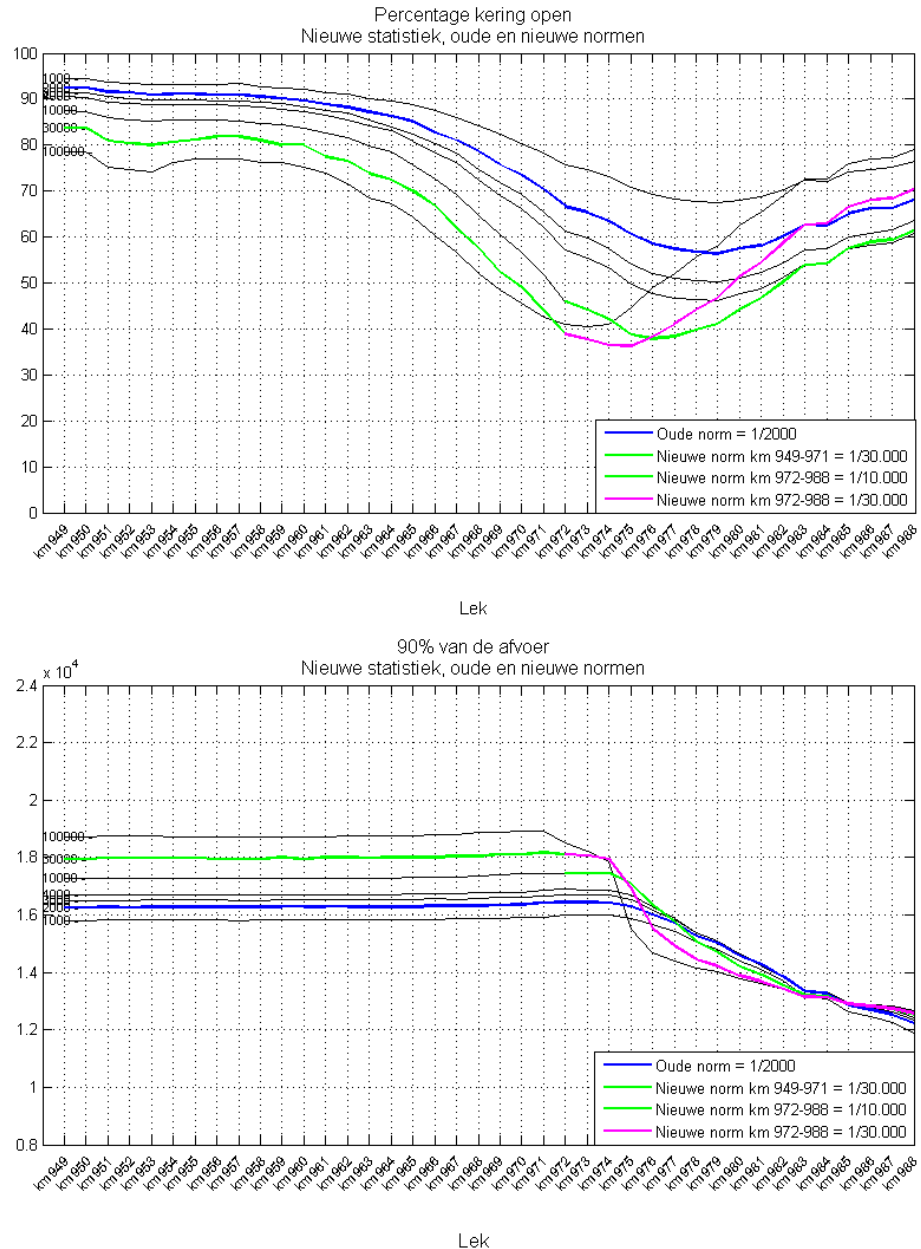
In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor de Lek geïdentificeerd tussen km 975 en km 985. Met de nieuwe statistiek is een uitbreiding te zien naar bovenstrooms, met een kleine verschuiving van 1 km de benedenstroomse rand naar boven. Deze uitbreiding heeft een grootte van 8 km waarmee het overgangsgebied ligt tussen km 967 en km 984.

Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is verder nagenoeg vergelijkbaar met de situatie voor de oude statistiek: voor het gebied met een open kering als dominant geldt dat voor alle terugkeertijden het beeld consistent is, en dat met de toenemende T-waarde, de kansbijdrage kleiner wordt. In het overgangsgebied is dat niet meer het geval.

De hoogte van de kansbijdragen heeft in het overgangsgebied een duidelijk veel groter bereik. De waarden komen ook ruimer beneden de 50%.

---

<sup>19</sup> Afhankelijk van de oriëntatie van het water



*Figuur D.2 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Lek voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Lek, in roze de norm voor de zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.*

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$ , is een vergelijkbaar beeld te zien: ook hier treedt er een verschuiving op naar bovenstrooms. Het beeld is verder vergelijkbaar met de oude statistiek, maar met name bovenstrooms zijn de debieten veel lager.

*N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, van km 975 tot km 984, Daar is de waarde in punt 975 voor de 1/10.000 norm bepalend. Het bijbehorende debiet in km 975 voor de norm 1/10.000 is 17110 en voor de norm 1/30.000 is 16959. Voor traject km 981-984 geldt hetzelfde: hier is 13905 m<sup>3</sup>/s het*

bijbehorende debiet i.p.v. 13683 m<sup>3</sup>/s. Deze verschillen zijn echter niet significant. Toch is hier steeds de hogere waarde opgenomen in de tabel.

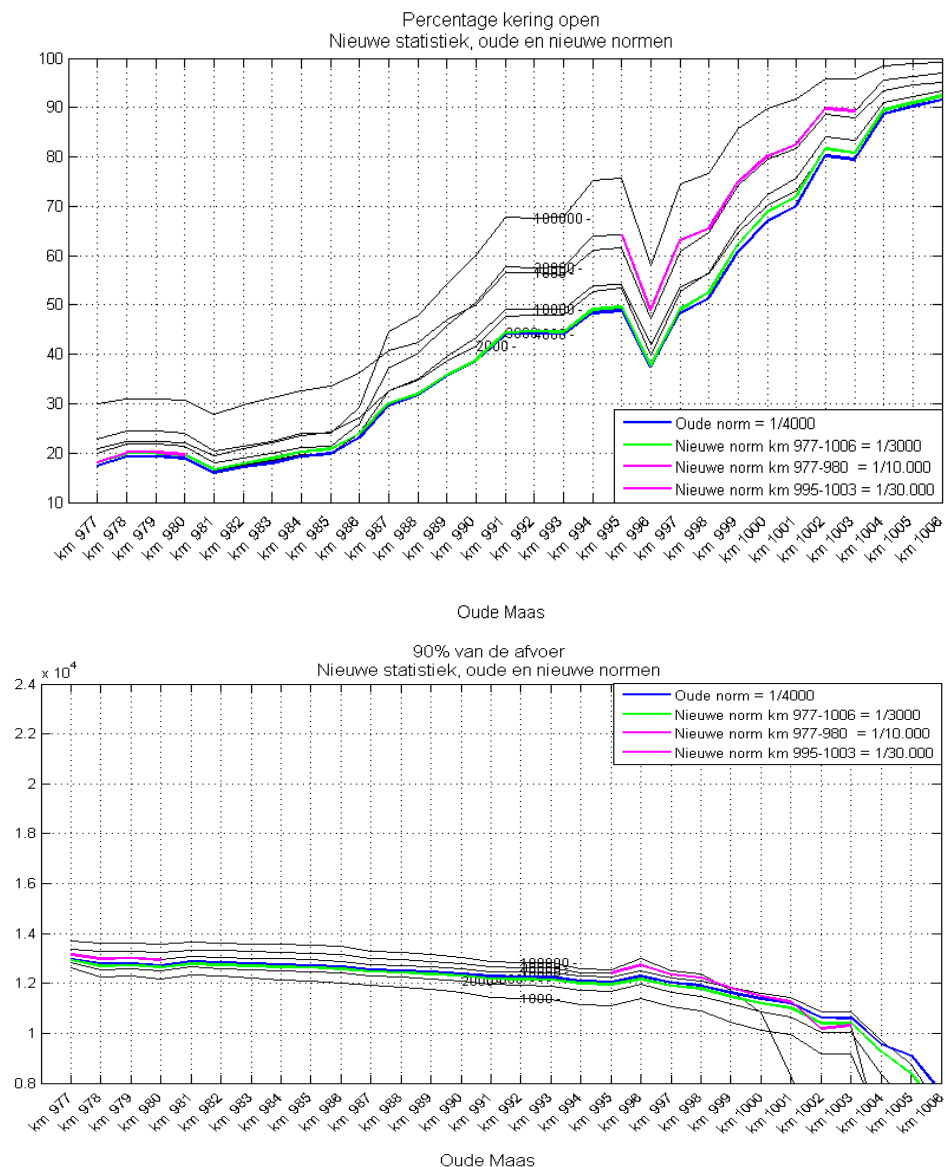
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Lek	949-961	1/30.000	21955	open	18008	open
Lek	962-966	1/30.000	21957	open	18006	open
Lek	967-971	1/30.000	21988	open	18162	overgang
Lek	972-974	1/30.000	22029	open	18098	overgang
Lek	975-980	1/30.000	22491	overgang	17110	overgang
Lek	981-984	1/30.000	22353	overgang	13905	open
Lek	985	1/30.000	14289	overgang	12945	open
Lek	986-988	1/30.000	13841	open	12825	open

## D.3.3 Oude Maas

In Bijlagen B en C was het overgangsgedebied voor de Oude Maas geïdentificeerd tussen km 990 en km 998. Met de nieuwe statistiek is een minimale verschuiving te zien naar bovenstrooms. Deze verschuiving en verkleining hebben beide een grootte van 1 km waarmee het overgangsgedebied ligt tussen km 989 en km 997.

Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is verder nagenoeg vergelijkbaar met de situatie voor de oude statistiek: voor het gebied met een open danwel de gesloten kering als dominant geldt dat voor alle terugkeertijden het beeld consistent is. In het overgangsgedebied kruisen een aantal lijnen van de kansbijdragen elkaar voor de verschillende terugkeertijden. Daarbuiten is dit niet het geval. Ook de hoogte van de kansbijdragen is zeer vergelijkbaar.



Figuur D.3 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Oude Maas voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de

overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Oude Maas, in roze de norm voor de zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde.

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$  is een vergelijkbaar beeld te zien met de oude statistiek. Met name bovenstrooms zijn de debieten iets lager.

90%-percentiel

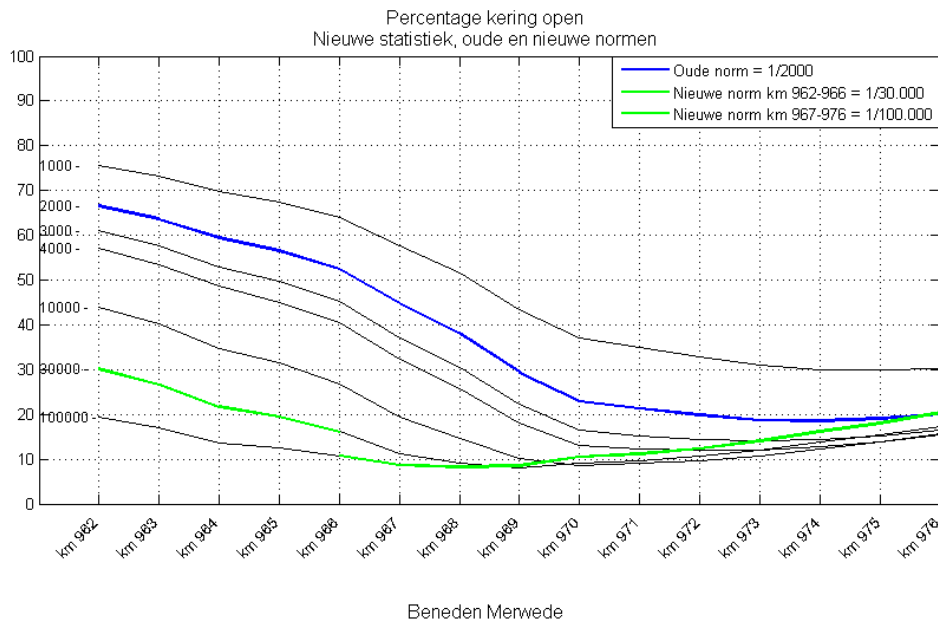
Dit resulteert in:

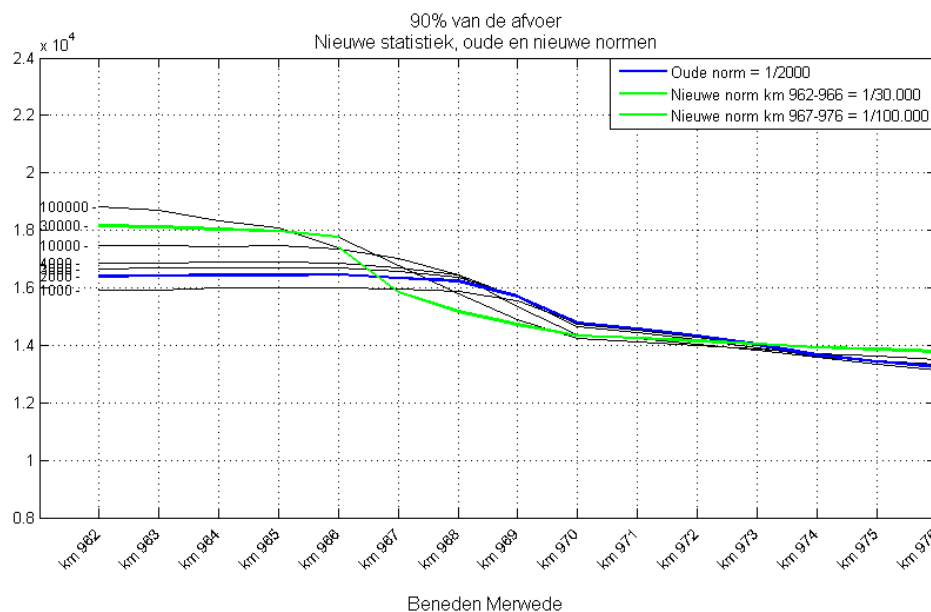
Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Oude Maas	976	1/10.000	splittingspunt met Oude Maas, Noord, Beneden Merwede			
Oude Maas	977-979	1/10.000	13970	gesloten	13142	gesloten
Oude Maas	980	1/10.000	13463	gesloten	12951	gesloten
Oude Maas	981-988	1/3.000	13264	gesloten	12780	gesloten
Oude Maas	989	1/3.000	12529	gesloten	12368	overgangsgebied
Oude Maas	990-994	1/3.000	12460	overgangsgebied	12312	overgangsgebied
Oude Maas	995-997	1/30.000	12967	overgangsgebied	12736	overgangsgebied
Oude Maas	998	1/30.000	12360	overgangsgebied	12236	open
Oude Maas	999-1003	1/30.000	11936	open	11841	open
Oude Maas	1004-1005	1/3.000	9650	open	9274	open

### D.3.4 Beneden Merwede

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor de Oude Merwede geïdentificeerd tussen km 964 en km 968. Met de nieuwe statistiek is vooral bovenstrooms een veel minder duidelijke overgang te zien voor de nieuwe statistiek. Dit maakt dat voor de nieuwe statistiek bij de geldende norm de gehele Beneden Merwede, van km 962 t/m km 978 geen overgangsgebied meer is.

Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is vergeleken met de oude statistiek veel meer uiteenlopend in waarden voor de diverse terugkeertijden.





Figuur D.4 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Beneden Merwede voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Beneden Merwede. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment. Richting de zuidzijde is er geen norm: daar ligt de Nieuwe Merwede.

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$ , is duidelijke verschuiving stroomopwaarts te zien voor de veranderingen in debieten in dit gebied. De waarden voor de nieuwe statistiek liggen bovenstrooms aanzienlijk lager.

*N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert, in deeltraject km 967 t/m km 972, geeft de 1/10.000 terugkeerfrequentie een hogere waarde dan de 1/100.000 norm als het gaat om het 90%-percentiel voor de afvoer. De waarden bij de 1/100.000 norm is  $15839 \text{ m}^3/\text{s}$ , waar de 1/10.000 terugkeerfrequentie een waarde van  $q_{90\%} = 17006 \text{ m}^3/\text{s}$ .*

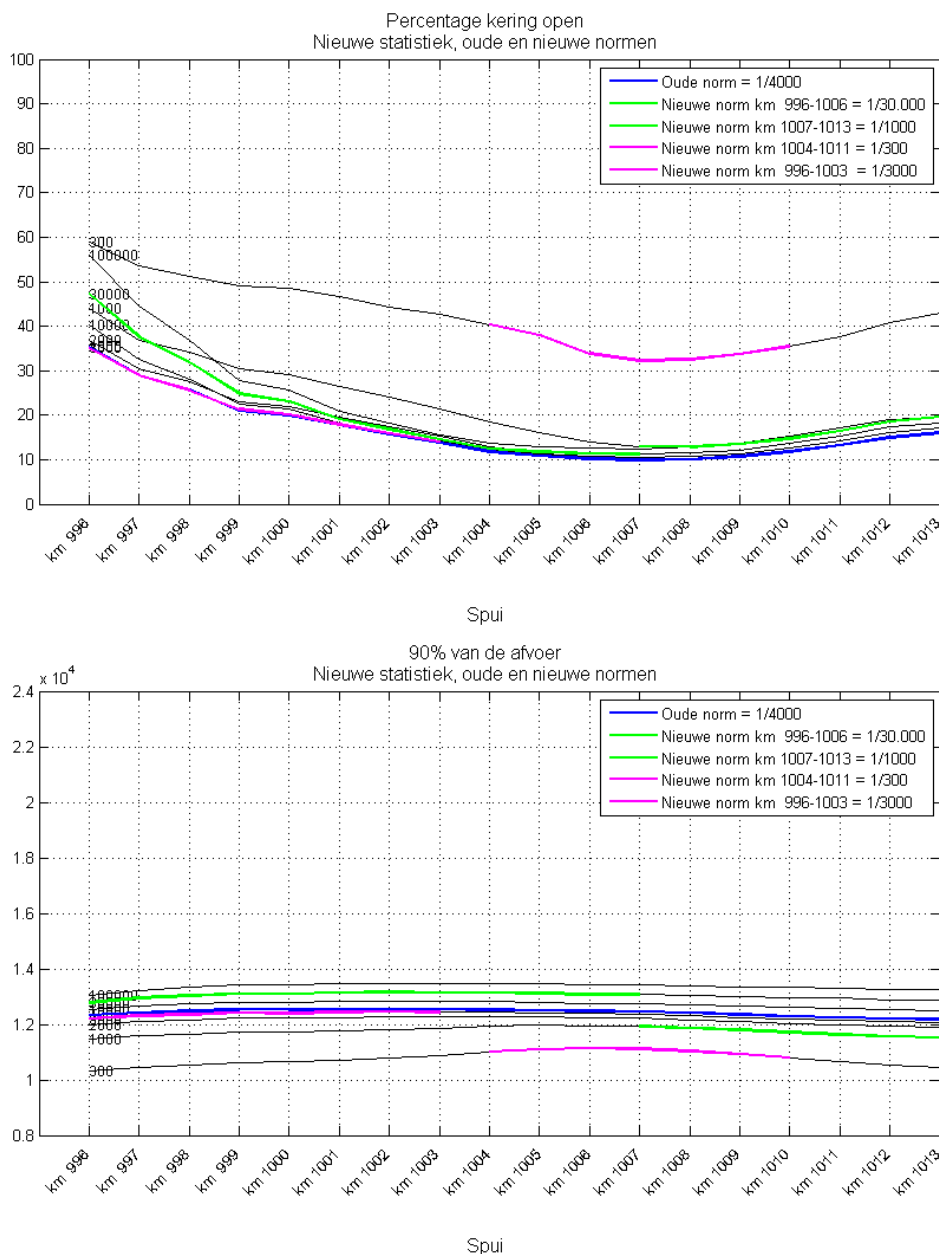
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Beneden Merwede	962-963	1/30.000	21977	open	18168	gesloten
Beneden Merwede	964-966	1/30.000	22025	overgangsgebied	18030	gesloten
Beneden Merwede	967-968	1/100.000	23325	overgangsgebied	15839	gesloten
Beneden Merwede	969-976	1/100.000	23481	gesloten	14715	gesloten

Juist door het verloop van de kansbijdrage bij de bovenstroomse delen, moet het aansluitende gebied van de Boven Merwede ook een overgangsgebied geworden zijn. Dit blijkt ook het geval te zijn (zie paragraaf D.3.10).

## D.3.5 Spui

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor het Spui geïdentificeerd van km 996 tot en met km 997. Met de nieuwe statistiek zorgt met name de dominante terugkeertijd van  $T=30.000$  ervoor dat het gehele Spui, nl, van km 996 t/m km 997 overgangsgebied is gebleven. Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is vergelijkbaar met de oude statistiek, zij het met iets meer uiteenlopende waarden voor de diverse terugkeertijden.



Figuur D.5 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs het Spui voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm



*voor de noordzijde van het Spui, in roze de norm voor de zuidzijde, als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een aantal overgangen zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.*

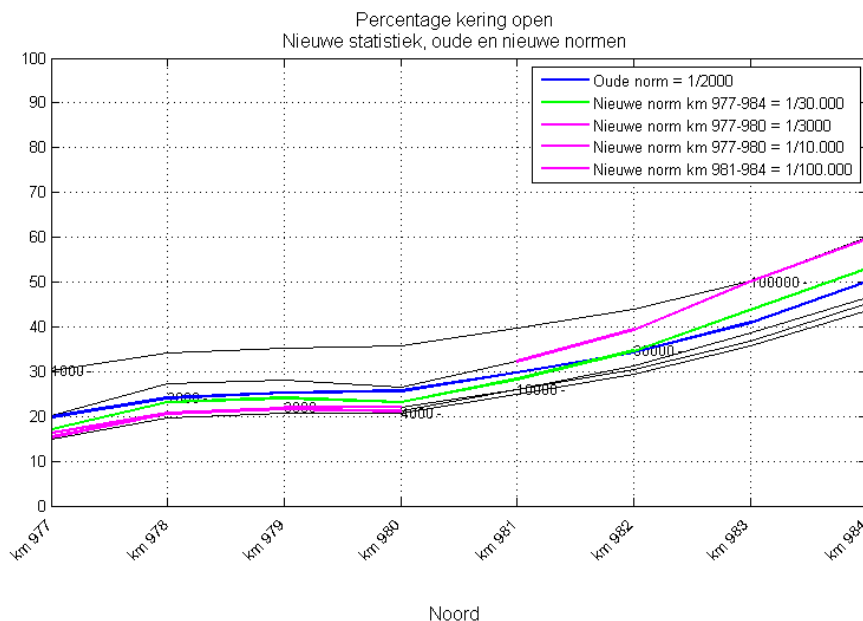
Voor de nieuwe statistiek geldt, net als voor de oude, dat voor alle terugkeertijden geldt dat het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer.

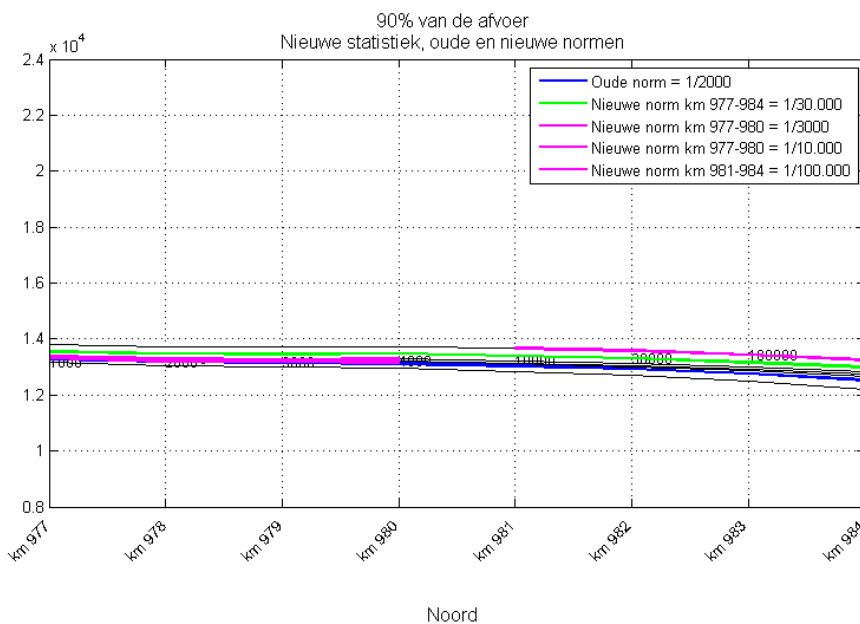
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Spui	996-997	1/30.000	13260	overgangsgebied	12942	overgangsgebied
Spui	998-1003	1/30.000	13634	gesloten	13149	gesloten
Spui	1004-1006	1/30.000	13624	gesloten	13134	gesloten
Spui	1007-1011	1/1000	11990	gesloten	11923	gesloten
Spui	1012-1013	1/1000	11515	gesloten	11567	gesloten

### D.3.6 Noord

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor de Noord geïdentificeerd tussen km 982 tot en met km 984. Met de nieuwe statistiek is er geen verschuiving aan te merken voor het overgangsgebied. Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is zeer vergelijkbaar met de oude statistiek, zij het met een kleine toename in het uiteenlopen van de kansbijdragen voor de diverse terugkeertijden.





Figuur D.6 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Noord voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de oostzijde van de Noord, in roze de norm voor de westzijde, als deze anders is dan de oostzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkingssegment.

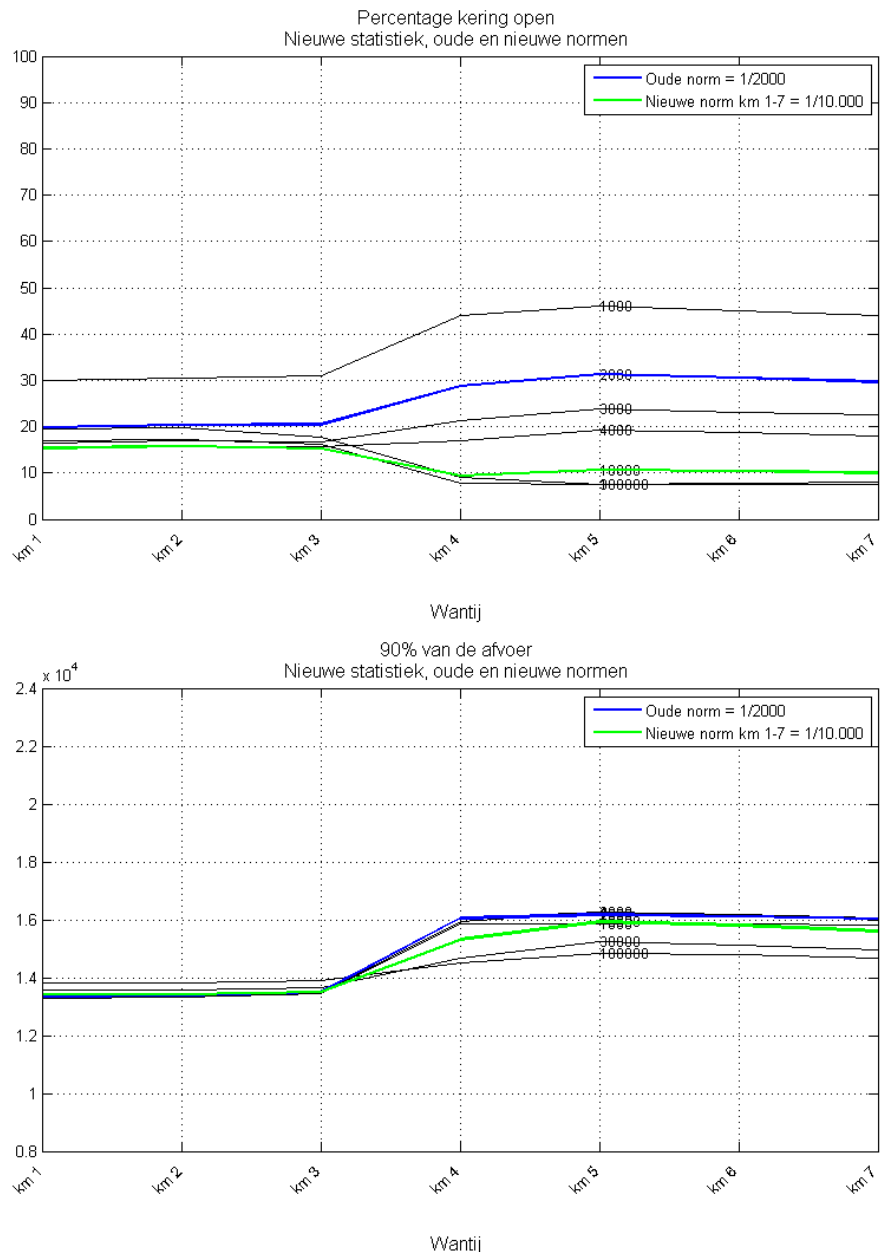
Voor de nieuwe statistiek geldt dat voor alle terugkeertijden het beeld consistent is in vorm van het verloop is, waarbij de hogere T-waarde doorgaans zorgen voor de hoogste afvoer. Dit is grotendeels vergelijkbaar met het beeld voor de oude statistiek.

Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Noord	976	1/10.000	splittingspunt met Oude Maas, Noord, Beneden Merwede			
Noord	977-980	1/30.000	14582	gesloten	13537	gesloten
Noord	981	1/100.000	14841	gesloten	13670	gesloten
Noord	982-984	1/100.000	14639	overgangsgebied	13582	overgangsgebied

D.3.7 Wantij

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor het Wantij geïdentificeerd tussen 4 en km 7. Met de nieuwe statistiek blijkt het Wantij geen overgangsgebied meer te zijn voor de kansbijdrage van de open kering.



*Figuur D.7 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs het Wantij voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de zuidzijde van het Wantij. Merk op dat er geen norm is voor de noordzijde: daar ligt de Beneden Merwede.*

Voor wat betreft de afvoeren is bij de nieuwe statistiek er nog wel een overgang tussen km 3 en km 4 net als voor de oude statistiek het geval was. De debietwaarden liggen wel alle veel lager dan met de nieuwe statistiek.

Een andere verandering betreft de consistentie van het verloop bij toenemende terugkeertijden: was deze nog strak consistent voor de oude statistiek. Dit is niet meer het geval voor de nieuwe GRADE-statistiek. De waarde voor een 1/3000 terugkeerfrequentie zouden hoger zijn, 16264 m<sup>3</sup>/s voor het andere deeltraject van km 4

t/m km 7. Omdat echter er maar 1 norm geldt hier is de waarde in de tabel niet aangepast.

Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek 90% van de afvoer voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Wantij	01-03-	1/10.000	16166	gesloten	13503	gesloten
Wantij	04-07-	1/10.000	20930	overgangsgebied	15927	gesloten

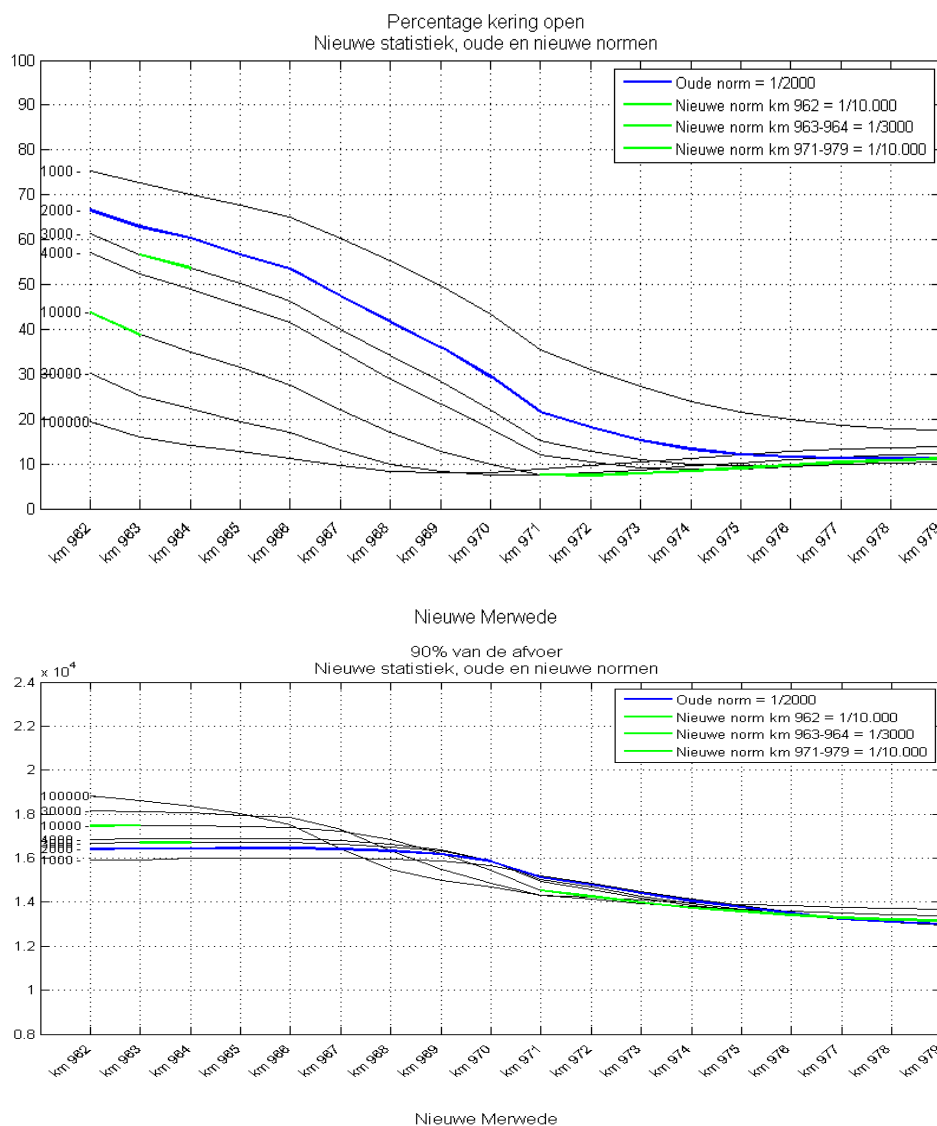
### D.3.8 Nieuwe Merwede

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor de Nieuwe Merwede geïdentificeerd in het gedeelte waar geen norm meer geldt tussen km 965 en km 970. Met de nieuwe statistiek is vooral bovenstrooms een overgang te zien voor de nieuwe statistiek. Toch is ook voor de nieuwe statistiek het overgangsgebied duidelijk af te schatten tussen km 962 t/m km 970.

Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is vergeleken met de oude statistiek veel meer uiteenlopend in waarden voor de diverse terugkeertijden.

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$ , is een duidelijke verschuiving stroomopwaarts te zien voor het overgangsgebied. De waarden voor de nieuwe statistiek liggen bovenstrooms aanzienlijk lager. Voor de bovenstroomse lokaties geldt dat voor alle terugkeertijden consistent is, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer. Bij de km 974 en meer benedenstrooms is dat minder het geval.

*N.B. In het deel waarin de strengste norm niet de hoogste afvoer levert in deeltraject km 971, deeltraject km 972 t/m -979 levert de 1/1.000 terugkeerfrequentie een hogere waarde dan de 1/10.000 norm als het gaat om het 90%-percentiel voor de afvoer. De waarden verschillen iets minder dan 650 m<sup>3</sup>/s. Er is voor al deze trajecten echter maar 1 vigerende norm. Daarom is het maximale debiet in onderstaande tabel niet aangepast.*



Figuur D.8 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%-afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Nieuwe Merwede voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdskansnorm aangegeven. In groen is dit getoond voor zuidoostzijde (km 962 t/m 965) resp. de westzijde (km 971 t/m km 979). Merk op dat er geen norm is voor andere zijde. Daar ligt de Beneden Merwede resp. de Biesbosch.

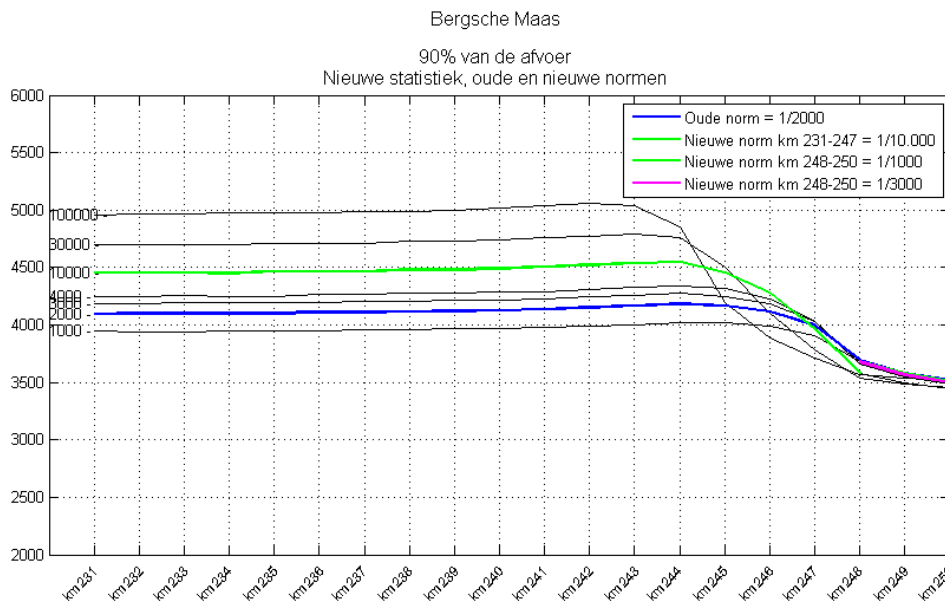
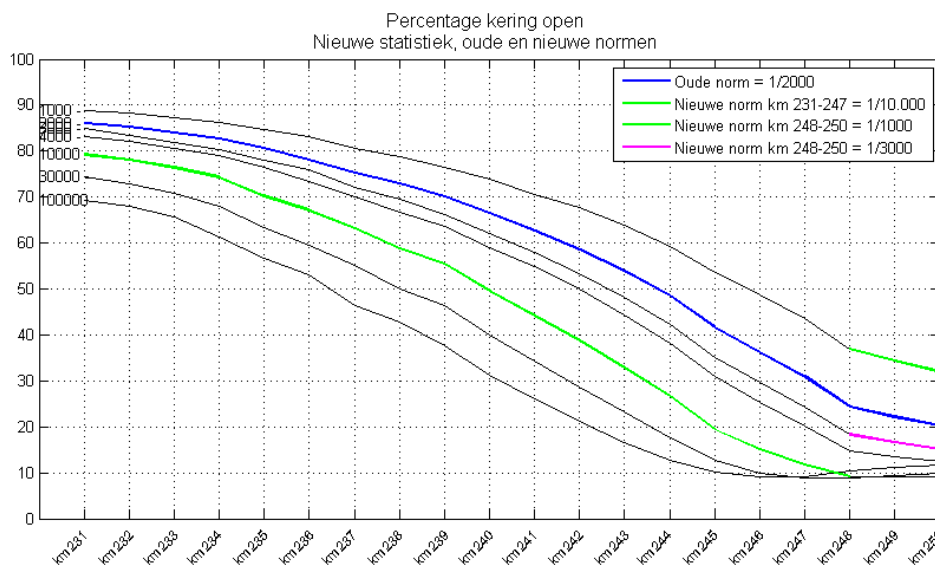
Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm (WTI2017)	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Nieuwe Merwede	963-964	23-1(a)	1/3.000	1/3.000	19181	open	16705	overgang
Nieuwe Merwede	971	22-2 (c)	1/10.000	1/10.000	21204	gesloten	14527	overgang
Nieuwe Merwede	972-979	22-1(a)	1/10.000	1/10.000	21281	gesloten	14250	gesloten

Juist door het verloop van de kansbijdrage bij de bovenstroomse delen, blijkt het aansluitende gebied van de Nieuwe Merwede, namelijk de Boven Merwede ook een overgangsgebied geworden zijn. Dit is hetzelfde als voor de Beneden Merwede!

## D.3.9 Bergsche Maas

In Bijlagen B en C was het overgangsgebied voor de Bergsche Maas geïdentificeerd tussen km 242 en km 246. Met de nieuwe statistiek is het overgangsgebied verschoven naar km 237 t/m km 242, wat dus een verschuiving stroomopwaarts betekent van 5 km en een uitbreiding met 1 km voor het overgangsgebied in de Bergsche Maas. Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is vergeleken met de oude statistiek veel meer uiteenlopend in waarden voor de diverse terugkeertijden.



Bergsche Maas

Figuur D.9 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Bergsche Maas voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen is dit weergegeven voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Bergsche Maas, in roze de norm voor de

*zuidzijde als deze anders is dan de noordzijde. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment.*

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$ , is een duidelijke verschuiving stroomopwaarts te zien voor het overgangsgedebied. De waarden voor de nieuwe statistiek liggen bovenstrooms circa 10% lager dan die voor de oude statistiek. Voor de bovenstroomse lokaties geldt dat het algemene beeld voor alle terugkeertijden consistent is, waarbij de hogere T-waarde zorgen voor de hoogste afvoer. Bij de km 244 en meer benedenstrooms is dat niet meer het geval.

*N.B.1 Voor kilometer 247 levert een lagere terugkeertijd dan die van de norm weliswaar een hogere 90%-afvoerpercentielen op, maar het gaat hier om een verschil van enkele tientallen  $m^3/s$ ; dit is verwaarloosbaar.*

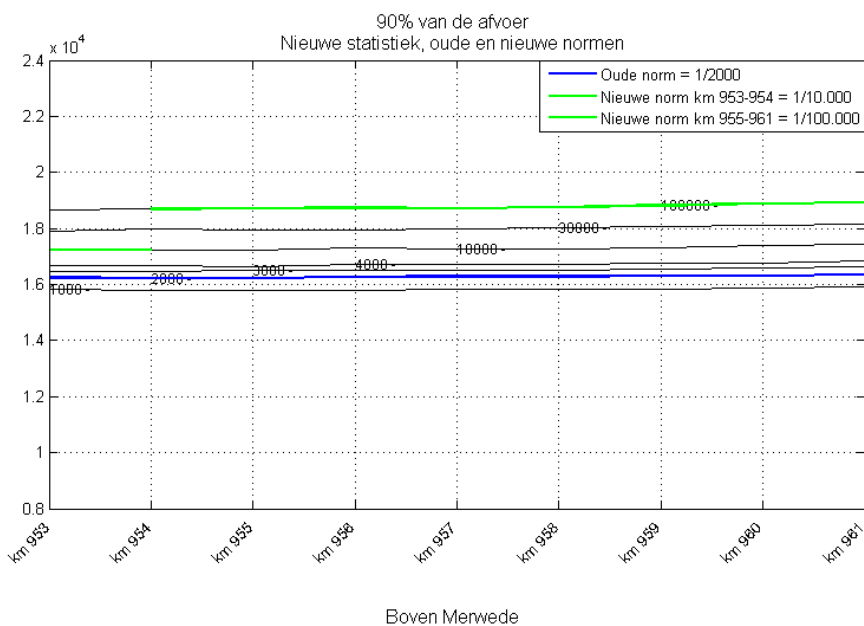
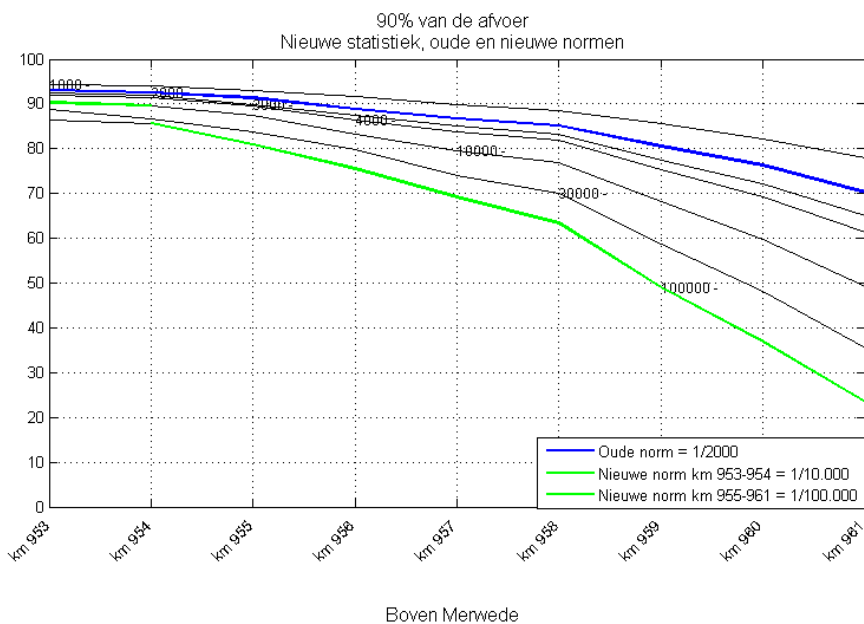
*N.B.2 De zeer sterke toename van de  $q_{90\%}$  waarde vanaf km 251 heeft te maken met de dominante rivier: vanaf dit punt is de Bergsche Maas Rijngedomineerd. Voor de stroomopwaartse kilometers is de Bergsche Maas Maasgedomineerd.*

Dit levert als waarden:

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Bergsche Maas	231-234	1/10.000	4807	open	4454	open
Bergsche Maas	235-236	1/10.000	4805	open	4467	open
Bergsche Maas	237-241	1/10.000	4828	open	4506	overgangsgedebied
Bergsche Maas	242	1/10.000	4842	overgangsgedebied	4522	overgangsgedebied
Bergsche Maas	243-246	1/10.000	4924	overgangsgedebied	4547	gesloten
Bergsche Maas	247	1/10.000	4971	gesloten	3964	gesloten
Bergsche Maas	248-250	1/3.000	4477	gesloten	3679	gesloten
Bergsche Maas	251	1/3.000	17694	gesloten	13885	gesloten
Bergsche Maas en Amer	252	1/3.000	17447	gesloten	13828	gesloten
Bergsche Maas en Amer	253-262	1/1000	16201	gesloten	13696	gesloten

### D.3.10 Boven Merwede

In Bijlagen B en C voor de Beneden Merwede en de Nieuwe Merwede was geconstateerd dat de Boven Merwede nu ook een overgangsgedebied is geworden. Met de nieuwe statistiek blijkt inderdaad dat het benedenstroomse deel een doorgang kent door de 50% voor de geldende norm bij km 959. Met de bredere definitie van het overgangsgedebied (35%-65% voor de dominante norm, zie paragraaf B.2.1 ) komt dat hier op een overgangsgedebied van km 958 tot en met km 960. Volgens de definitie in paragraaf B.2.1 was de Boven Merwede geen overgangsgedebied voor de oude statistiek. Het verloop van de kansbijdragen voor de open kering is vergeleken met de oude statistiek veel meer uiteenlopend in waarden voor de diverse terugkeertijden (hier niet getoond).



Figuur D.10 De kansbijdrage voor de open kering en de 90%- afvoerpercentielen voor de lokaties langs de Boven Merwede voor verschillende terugkeertijden voor de nieuwe statistiek en de nieuwe normen.. In blauw is de waarde voor de oude overschrijdingskansnorm aangegeven. In groen voor de overstromingskansnorm voor de noordzijde van de Boven Merwede. Merk op dat hier een overgang zit bij overgang naar een ander dijkkringsegment. Voor de zuidzijde geldt de 1/ 10.000 norm voor 955-961.

Voor de afvoerpercentielen, de  $q_{90\%}$ , is er een zeer consistent beeld te zien voor de Boven Merwede waarbij hogere T-waarden ook hogere afvoerpercentielen opleveren.

Dit levert als waarden:

Boven en Nieuwe Merwede	953-954	1/10.000	20592	open	17242	open
Boven Merwede	955-957	1/100.000	23225	open	18732	open
Boven Merwede	958-959	1/100.000	24214	open	18818	overgang
Boven Merwede	960	1/100.000	23242	overgang	18879	overgang
Boven Merwede	961	1/100.000	23268	overgang	18915	gesloten
(Boven en )Nieuwe Merwede	962	1/10.000	23280	overgang	18809	gesloten



D.3.11 Overige gebieden

Voor de Nieuwe waterweg, de Nieuwe Maas, het bovenstroomse deel van de Lek, Boven Merwede, het meest stroomafwaartse deel van de Oude Maas en de stroomopwaartse kant van de Bergsche Maas is voor de nieuwe statistiek, net als voor de oude statistiek, de open kering dominant, voor alle terugkeertijden.

Voor het Haringvliet, de Dordtsche Kil, het Hollandsch Diep, Amer en het Steurgat (Biesbosch) is de situatie met de gesloten kering dominant, voor alle terugkeertijden.

De bijbehorende 90%-percentielafvoeren voor de nieuwe statistiek staan hieronder in Tabel D.1 opgesomd, tezamen met de al eerder besproken waarden voor de overgangsgebieden. Deze debieten zijn voor de nieuwe statistiek, net als in de overgangsgebieden, aanzienlijk lager dan die voor de oude statistiek uit WT12011.

*Tabel D.1 Overzichtstabel voor het Benedenrivierengebied met per water, voor de nieuwe normering met per rij de kilometeraanduiding, de dominante norm in dit deeltraject, en daarachter voor zowel de oude als nieuwe statistiek, de bijbehorende dominante 90%- percentielen van de afvoer en de kansbijdrage van de open kering .*

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Nieuwe Waterweg	1014-1015	1/10.000	6554	open	5646	open
Nieuwe Waterweg	1016-1020	1/100.000	5005	open	4415	open
Nieuwe Waterweg	1021-1026	1/100.000	4840	open	4348	open
Nieuwe Maas	989	1/100.000	12919	open	12570	open
Nieuwe Maas	990-993	1/100.000	12913	open	12620	open
Nieuwe Maas	994	1/100.000	10376	open	9790	open
Nieuwe Maas	995-1006	1/100.000	10467	open	9984	open
Nieuwe Maas	1007-1010	1/100.000	5312	open	4639	open
Nieuwe Maas	1011-1012	1/100.000	5096	open	4484	open
Nieuwe Maas	1013	1/100.000	5068	open	4468	open
Lek	949-961	1/30.000	21955	open	18008	open
Lek	962-966	1/30.000	21957	open	18006	open
Lek	967-971	1/30.000	21988	open	18162	overgang
Lek	972-974	1/30.000	22029	open	18098	overgang
Lek	975-980	1/30.000	22491	overgang	17110	overgang
Lek	981-984	1/30.000	22353	overgang	13905	open
Lek	985	1/30.000	14289	overgang	12945	open
Lek	986-988	1/30.000	13841	open	12825	open
Boven en Nieuwe Merwede	953-954	1/10.000	20592	open	17242	open
Boven Merwede	955-957	1/100.000	23225	open	18732	open
Boven Merwede	958-959	1/100.000	24214	open	18818	overgang
Boven Merwede	960	1/100.000	23242	overgang	18879	overgang
Boven Merwede	961	1/100.000	23268	overgang	18915	gesloten
(Boven en )Nieuwe Merwede	962	1/10.000	23280	overgang	18809	gesloten
Beneden Merwede	962-963	1/30.000	21977	open	18168	gesloten
Beneden Merwede	964-966	1/30.000	22025	overgang	18030	gesloten
Beneden Merwede	967-968	1/100.000	23325	overgang	15839	gesloten
Beneden Merwede	969-976	1/100.000	23481	gesloten	14715	gesloten
Noord	976	1/10.000	splitsingspunt met oude Maas, Noord, Beneden Merwede			
Noord	977-980	1/30.000	14582	gesloten	13537	gesloten
Noord	981	1/100.000	14841	gesloten	13670	gesloten
Noord	982-984	1/100.000	14639	overgang	13582	overgang
Oude Maas	976	1/10.000				
Oude Maas	977-979	1/10.000	13970	gesloten	13142	gesloten
Oude Maas	980	1/10.000	13463	gesloten	12951	gesloten
Oude Maas	981-988	1/3.000	13264	gesloten	12780	gesloten
Oude Maas	989	1/3.000	12529	gesloten	12368	overgang
Oude Maas	990-994	1/3.000	12460	overgang	12312	overgang
Oude Maas	995-997	1/30.000	12967	overgang	12736	overgang
Oude Maas	998	1/30.000	12360	overgang	12236	open
Oude Maas	999-1003	1/30.000	11936	open	11841	open
Oude Maas	1004-1005	1/3.000	9650	open	9274	open
Hartelkanaal	1	1/30.000	6472	open	5669	open
Spui	996-997	1/30.000	13260	overgang	12942	overgang
Spui	998-1003	1/30.000	13634	gesloten	13149	gesloten
Spui	1004-1006	1/30.000	13624	gesloten	13134	gesloten
Spui	1007-1011	1/1000	11990	gesloten	11923	gesloten
Spui	1012-1013	1/1000	11515	gesloten	11567	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1000,1001N, 1002N	1/300	10970	gesloten	10985	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1003N-1012N	1/300	10866	gesloten	10871	gesloten
Haringvliet	1018N-1023N	1/1000	11428	gesloten	11491	gesloten
Haringvliet	1003Z-1004Z	1/300	10835	gesloten	10845	gesloten
Haringvliet	1005Z-1018Z	1/1000	11649	gesloten	11672	gesloten
Haringvliet, Aardappelgat	1019Z-1023Z	1/1000	11420	gesloten	11477	gesloten
Haringvliet	1024Z-1029Z	1/1000	11253	gesloten	11311	gesloten
Dordtsche Kil	980-983	1/10.000	13768	gesloten	13038	gesloten
Dordtsche Kil	984-986	1/3.000	13390	gesloten	12724	gesloten
Dordtsche Kil	987-988	1/3.000	13294	gesloten	12716	gesloten
Hollandsch Diep	980-983	1/3.000	13964	gesloten	12932	gesloten
Hollandsch Diep	984-998	1/1000	12851	gesloten	12496	gesloten

Naam water	Km	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Wantij	01-03-	1/10.000	16188	gesloten	13503	gesloten
Wantij	04-07-	1/10.000	20930	overgang	15927	gesloten
Nieuwe Merwede	963-964	1/3.000	19181	open	16705	overgang
Nieuwe Merwede	971	1/10.000	21204	gesloten	14527	overgang
Nieuwe Merwede	972-979	1/10.000	21281	gesloten	14250	gesloten
Biesbosch- Steurgat	963-964	1/3.000	14843	gesloten	13104	gesloten
Biesbosch, Steurgat, Gat van het Zand, Spijkerboor	965-973	1/1000	16606	gesloten	13836	gesloten
Bergsche Maas	231-234	1/10.000	4807	open	4454	open
Bergsche Maas	235-236	1/10.000	4805	open	4467	open
Bergsche Maas	237-241	1/10.000	4828	open	4506	overgang
Bergsche Maas	242	1/10.000	4842	overgang	4522	overgang
Bergsche Maas	243-246	1/10.000	4924	overgang	4547	gesloten
Bergsche Maas	247	1/10.000	4971	gesloten	3964	gesloten
Bergsche Maas	248-250	1/3.000	4477	gesloten	3679	gesloten
Bergsche Maas	251	1/3.000	17694	gesloten	13885	gesloten
Bergsche Maas en Amer	252	1/3.000	17447	gesloten	13828	gesloten
Bergsche Maas en Amer	253-262	1/1000	16201	gesloten	13696	gesloten

In het Haringvliet is er op een paar trajecten een minimale toename te zien in de vergelijking van de nieuwe met de oude statistiek van de 90%-percentielen (tot een half procent). In alle andere gebieden nemen de debieten onder invloed van de nieuwe statistiek af. Voor de overige gebieden geldt een afname door de nieuwe statistiek in de 90%- afvoerpercentielen in de nieuwe statistiek. De afname ligt tussen de nul en twintig procent voor de niet overgangsgebieden. Voor de overgangsgebieden geldt dit ook, maar zijn er uitschieters te vinden tot een afname van soms veertig procent. Het betreft hier dan ook debieten uit de oude statistiek van rond de 20.000 m<sup>3</sup>/s en meer.

## D.4 Samenvatting

In deze bijlage zijn de uitkomsten voor de nieuwe GRADE-statistiek afgeleid en vergeleken met die voor de oude statistiek:

- De nieuwe statistiek beïnvloedt de overgangsgebieden marginaal. De maximale verschuiving bedraagt 8 km. Wel is het Wantij daardoor geen overgangsgebied meer en de Boven Merwede juist wel. Ook hier geldt dat de verschuiving beperkt is.
- De afvoerpercentielen zijn voor de nieuwe statistiek veel lager maar laten wel nog een gelijksoortig verloop zien per gebied.

In het Haringvliet is er op een paar trajecten een minimale toename te zien in de vergelijking van de nieuwe met de oude statistiek van de 90%-percentielen (tot een half procent). Voor de overige gebieden geldt een afname door de nieuwe statistiek in de 90% afvoerpercentielen in de nieuwe statistiek. De afname ligt voor het grootste deel tussen de nul en twintig procent voor de niet overgangsgebieden. Er zijn uitschieters te vinden tot een afname van soms veertig procent, voor gebieden waar de debieten uit de oude statistiek rond de 20.000 m<sup>3</sup>/s en meer waren.

## E Vergelijking oude en nieuwe statistiek

### E.1 Gedetailleerde vergelijking

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten voor oude en de nieuwe statistiek systematisch met elkaar vergeleken. De onderstaande tabel, Tabel E.1, is een volledige samenvatting van de vorige hoofdstukken voor alle watersystemen in het Benedenrivierengebied. Er is aangegeven welke normen er gelden per deeltraject, wat daarbij de oude statistiek de keringsbijdrage en wat de oude 90%-percentiel waarde is, met daarnaast de waarden voor de nieuwe GRADE-statistiek. Hierin is al geclusterd naar deeltrajecten, door steeds de hoogste waarde te kiezen voor het 90%-percentiel.

In de tabel is duidelijk te zien dat er lokaties zijn waar drie normen van toepassing zijn! Voor alle lokaties is daarnaast de dominante norm aangegeven. Doorgaans is dat de strengste norm, maar in voorkomende gevallen, bleken de 90%-percentielwaarden bij andere, minder strenge terugkeertijden hogere waarden op te leveren. Deze situaties zijn aangepast in de tabellen zoals besproken in de bijlagen hiervoor. Dergelijke situaties doen zich vooral voor in overgangsgebieden.

De opbouw van de tabel volgt het HR-2006 boek in de dijkringen die aan bod komen van dijkkring 14 t/m dijkkring 34 (voor zover relevant) voor het Benedenrivierengebied.

Per dijkkring is deze opgedeeld in de dijktrajecten volgens de nieuwe normering. Hiernaast zijn daarna de indelingen gemaakt naar de keringstoestand (open, dicht of overgangsgebied) op basis van de oude statistiek. Voor sommige deeltrajecten was het nodig om een extra onderverdeling te maken ten behoeve van de nieuwe statistiek, bijvoorbeeld omdat de grenswaarden van een overgangsgebied zijn verschoven met een of enkele kilometers en deze net een grens van een dijktraject over gaat. Daardoor kunnen er deeltrajecten in de tabel (km) staan met slechts 1 of enkele waarden.

De overgangsgebieden zoals gedefinieerd voor de oude statistiek zijn in de tabel aangegeven met groen. De overgangsgebieden voor de nieuwe statistiek is gemarkeerd met oranje in de tabel.

In de tabel laten de laatste vier kolommen duidelijk de verschillen en overeenkomsten zien in de uitkomsten van de Hydra-Zoet berekeningen voor de oude en de nieuwe statistiek.



Tabel E.1 Watersystemen, trajecten, nieuwe normen en bijbehorende 90%-percentielen en de dominante keringstoestand voor de oude en de nieuwe statistiek

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	2e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	3e Nieuwe norm WTI2017	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Nieuwe Waterweg	1014-1015	14-03-	1/10.000					1/10.000	6554	open	5646	open
Nieuwe Waterweg	1016-1020	14-03-	1/10.000	19-01-	1/100.000			1/100.000	5005	open	4415	open
Nieuwe Waterweg	1021-1026	14-03-	1/100.000					1/100.000	4840	open	4348	open
Nieuwe Maas	989					17-03-	1/100.000	1/100.000	12919	open	12570	open
Nieuwe Maas	990-993			15-02-	1/10.000	17-03-	1/100.000	1/100.000	12913	open	12620	open
Nieuwe Maas	994	14-02-	1/100.000	15-02-	1/10.000	17-03-	1/100.000	1/100.000	10376	open	9790	open
Nieuwe Maas	995-1006	14-02-	1/100.000			17-02-	1/3.000	1/100.000	10467	open	9984	open
Nieuwe Maas	1007-1010	14-02-	1/100.000	18-01-	1/10.000	17-02-	1/3.000	1/100.000	5312	open	4639	open
Nieuwe Maas	1011-1012	14-02-	1/100.000			17-02-	1/3.000	1/100.000	5096	open	4484	open
Nieuwe Maas	1013	14-02-	1/100.000					1/100.000	5068	open	4468	open
Lek	949-961	15-01-	1/30.000	16-4-	1/30.000			1/30.000	21955	open	18008	open
Lek	962-966	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21957	open	18006	open
Lek	967-971	15-01-	1/30.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	21988	open	18162	overgang
Lek	972-974	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22029	open	18098	overgang
Lek	975-980	15-2 (a)	1/10.000	16-3-	1/30.000			1/30.000	22491	overgang	17110	overgang
Lek	981-984	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	22353	overgang	13905	open
Lek	985	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	14289	overgang	12945	open

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	2e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	3e Nieuwe norm WTI2017	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Lek	986-988	15-2 (b)	1/10.000	16-2-	1/30.000			1/30.000	13841	open	12825	open
Lek	989			16-2-	1/30.000			1/30.000	12985	open	12576	open
Boven en Nieuwe Merwede	953-954	24-3 (a1)	1/10.000					1/10.000	20592	open	17242	open
Boven Merwede	955-957	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23225	open	18732	open
Boven Merwede	958-959	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	24214	open	18818	overgang
Boven Merwede	960	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23242	overgang	18879	overgang
Boven Merwede	961	16-01-	1/100.000	24-3 (a2)	1/10.000			1/100.000	23268	overgang	18915	gesloten
(Boven en )Nieuwe Merwede	962			24-3 (a3)	1/10.000			1/10.000	23280	overgang	18809	gesloten
Beneden Merwede	962-963	16-02-	1/30.000					1/30.000	21977	open	18168	gesloten
Beneden Merwede	964-966	16-02-	1/30.000					1/30.000	22025	overgang	18030	gesloten
Beneden Merwede	967-968	16-01-	1/100.000					1/100.000	23325	overgang	15839	gesloten
Beneden Merwede	969-976	16-01-	1/100.000					1/100.000	23481	gesloten	14715	gesloten
Noord	976			17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/10.000				gesloten
Noord	977-980	16-02-	1/30.000	17-01-	1/3.000	22-2 (a)	1/10.000	1/30.000	14582	gesloten	13537	gesloten
Noord	981	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14841	gesloten	13670	gesloten
Noord	982-984	16-02-	1/30.000	17-03-	1/100.000			1/100.000	14639	overgang	13582	overgang
Oude Maas	976	22-2 (a)	1/10.000					1/10.000				



Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	2e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	3e Nieuwe norm WTI2017	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Oude Maas	977-979	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000			1/10.000	13970	gesloten	13142	gesloten
Oude Maas	980	22-2 (a)	1/10.000	17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/10.000	13463	gesloten	12951	gesloten
Oude Maas	981-988			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	13264	gesloten	12780	gesloten
Oude Maas	989			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12529	gesloten	12368	overgang
Oude Maas	990-994			17-01-	1/3.000	21-01-	1/3.000	1/3.000	12460	overgang	12312	overgang
Oude Maas	995-997	20-3 (b1)	1/30.000	17-01-	1/3.000			1/30.000	12967	overgang	12736	overgang
Oude Maas	998	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	12360	overgang	12236	open
Oude Maas	999-1003	20-3 (b2)	1/30.000	17-02-	1/3.000			1/30.000	11936	open	11841	open
Oude Maas	1004-1005			17-02-	1/3.000			1/3.000	9650	open	9274	open
Hartelkanaal	1	20-3 (a1)	1/30.000					1/30.000	6472	open	5669	open
Spui	996-997	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000			1/30.000	13260	overgang	12942	overgang
Spui	998-1003	20-3 (c)	1/30.000	21-01-	1/3.000			1/30.000	13634	gesloten	13149	gesloten
Spui	1004-1006	20-3 (c)	1/30.000	21-02-	1/300			1/30.000	13624	gesloten	13134	gesloten
Spui	1007-1011	20-4 (a)	1/1000	21-02-	1/300			1/1000	11990	gesloten	11923	gesloten
Spui	1012-1013	20-4 (a)	1/1000					1/1000	11515	gesloten	11567	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1000,1001N, 1002N	21-02-	1/300					1/300	10970	gesloten	10985	gesloten
Haringvliet, Vuile Gat	1003N-1012N	21-02-	1/300					1/300	10866	gesloten	10871	gesloten
Haringvliet	1018N - 1023N	20-4 (bN)	1/1000					1/1000	11428	gesloten	11491	gesloten

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	2e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	3e Nieuwe norm WTI2017	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Haringvliet	1003Z-1004Z			25-03-	1/300			1/300	10835	gesloten	10845	gesloten
Haringvliet	1005Z-1018Z			25-2 (a)	1/1000			1/1000	11649	gesloten	11672	gesloten
Haringvliet, Aardappelgat	1019Z-1023Z			25-2(b)	1/1000			1/1000	11420	gesloten	11477	gesloten
Haringvliet	1024Z-1029Z	20-4 (bZ)	1/1000	25-2(b)	1/1000			1/1000	11253	gesloten	11311	gesloten
Dordtsche Kil	980-983	21-01-	1/3.000	22-2 (d)	1/10.000			1/10.000	13768	gesloten	13038	gesloten
Dordtsche Kil	984-986	21-01-	1/3.000	22-1(c)	1/3.000			1/3.000	13390	gesloten	12724	gesloten
Dordtsche Kil	987-988	21-02-	1/300	22-1©	1/3.000			1/3.000	13294	gesloten	12716	gesloten
Hollandsch Diep	980-983	22-1(b)	1/3.000	34-1 (b)	1/1000			1/3.000	13964	gesloten	12932	gesloten
Hollandsch Diep	984-998	21-02-	1/300	34-2	1/1000			1/1000	12851	gesloten	12496	gesloten
Wantij	01-03-	22-2 (b)	1/10.000					1/10.000	16166	gesloten	13503	gesloten
Wantij	04-07-	22-2 (b)	1/10.000					1/10.000	20930	overgang	15927	gesloten
Nieuwe Merwede	963-964	23-1(a)	1/3.000					1/3.000	19181	open	16705	overgang
Nieuwe Merwede	971	22-2 (c)	1/10.000					1/10.000	21204	gesloten	14527	overgang
Nieuwe Merwede	972-979	22-1(a)	1/10.000					1/10.000	21281	gesloten	14250	gesloten
Biesbosch-Steurgat	963-964	23-1(b)	1/3.000	24-2 (b)	1/1000			1/3.000	14843	gesloten	13104	gesloten
Biesbosch, Steurgat, Gat van het Zand,	965-973			24-2 (b)	1/1000			1/1000	16606	gesloten	13836	gesloten

Naam water	Km	Dijkvak	1e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	2e Nieuwe norm WTI2017	Dijkvak	3e Nieuwe norm WTI2017	Dominante norm	Oude statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Oude statistiek Kering dominantie: open of dicht	Nieuwe statistiek Max debiet voor kering open + dicht	Nieuwe statistiek Kering dominantie: open of dicht
Spijkerboor												
Bergsche Maas	231-234	24-01-	1/10.000					1/10.000	4807	open	4454	open
Bergsche Maas	235-236	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4805	open	4467	open
Bergsche Maas	237-241	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4828	open	4506	overgang
Bergsche Maas	242	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4842	overgang	4522	overgang
Bergsche Maas	243-246	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4924	overgang	4547	gesloten
Bergsche Maas	247	24-01-	1/10.000	35-1	1/10.000			1/10.000	4971	gesloten	3964	gesloten
Bergsche Maas	248-250	24-2 (a)	1/1000	35-2	1/3.000			1/3.000	4477	gesloten	3679	gesloten
Bergsche Maas	251	24-2 (a)	1/1000	34a1	1/3.000	35-2	1/3.000	1/3.000	17694	gesloten	13885	gesloten
Bergsche Maas en Amer	252	34-1 (a)	1/1000	34a1	1/3.000			1/3.000	17447	gesloten	13828	gesloten
Bergsche Maas en Amer	253-262	34-1 (a)	1/1000					1/1000	16201	gesloten	13696	gesloten

Er is een duidelijke verschuiving van de overgangsgebieden te zien door de nieuwe statistiek stroomopwaarts. Verder is het heel duidelijk te zien dat over het algemeen de 90%-percentielwaarde met GRADE aanzienlijk lager liggen.

Meer detail is beschreven in paragraaf D.3.11.

## E.2 Naar een gebiedsindeling

Uit deze verzameling aan gegevens moeten nu de deelgebieden worden gedefinieerd. Dit zal gebeuren door steeds een stap minder gedetailleerd naar de getallen uit de overzichtstabellen te kijken. Als truc hiervoor zijn alle waarden uit de tabel achter elkaar geplot (niet getoond) en zo kunnen 3 hoofd niveaus worden onderscheiden: een Hoog niveau (H), een Midden Niveau (M) en een Laag niveau (L). Daarnaast zijn er ook gebieden aan te geven die de overgang vormen tussen deze gebieden. Deze kunnen MiddenHoog (MH) en MiddenLaag (ML) worden genoemd. Dit reduceert alle cijfers voor de verschillende gebieden dus tot 5 kwalitatieve klassen. Aan deze klassen zijn waarden gegeven door voor elk watersysteem na te gaan wat de maxima zijn in deze klassen. Deze waarden staan in Tabel E.2, hieronder.

Tabel E.2 Gebieden en hun typerende 90%-percentielen van de afvoer, gesorteerd in vijf klassen

Naam gebieden	Lage afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Midden lage afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Midden afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Midden hoge afvoer (m <sup>3</sup> /s)	Hoge afvoer (m <sup>3</sup> /s)
Bergsche Maas	4500				
Biesbosch			13800		
Amer			13900		
Nieuwe Merwede				16800	
Wantij			13500	16000	
Hollandsch Diep			13000		
Dordtsche Kil			13100		
Haringvliet			11700		
Spui			13200		
Oude Maas		9300	13150		
Noord			13700		
Beneden Merwede				15900	18200
Boven Merwede					19000
Lek			13900	15600	18200
Nieuwe Maas	5300	8300	12700		
Nieuwe Waterweg	5700				

Dit zou echter nog steeds 23 situaties betekenen, om door te rekenen met WAQUA, die nog gecombineerd moeten worden met een open danwel een dichte kering, danwel beide als het niet duidelijk welke het meest belastend gaat zijn. Daar WAQUA berekeningen voor het Benedenrivierengebied ca. 32 uur vergen (ervaringsfeit) zou dit de doorlooptijd van dit project sterk vergroten.

Daarom is gekozen voor de maximale waarde per klasse als representatieve waarde.

Dit levert:

Tabel E.3 Vijf klassen van de 90%-percentielen van de afvoer, met maximale waarden en afgeronde maximale waarden.

Gebiedsindeling aan de hand van $Q_{90\%}$	Afvoer ( $m^3/s$ )	Afvoer afgerond ( $m^3/s$ )
Lage afvoer	5700	6000
Middenlage afvoer	9300	9500
Midden afvoer	13900	14000
Middenhoge afvoer	16800	17000
Hoge afvoer	19000	19000

N.B. Voor de Bergsche Maas is de afvoer van  $5700 m^3/s$  erg hoog. Het maximum daar ligt op  $4500 m^3/s$ . Daarom is gekozen deze apart te beschouwen met deze maximale afvoer.

Deze moeten nu nog worden gecombineerd met een toestand van de kering (open of gesloten). Dit zou dan dus  $5 \times 2 = 10$  mogelijkheden opleveren voor de gebieden.

Voor de Rijngedomineerde gebieden geldt het volgende:

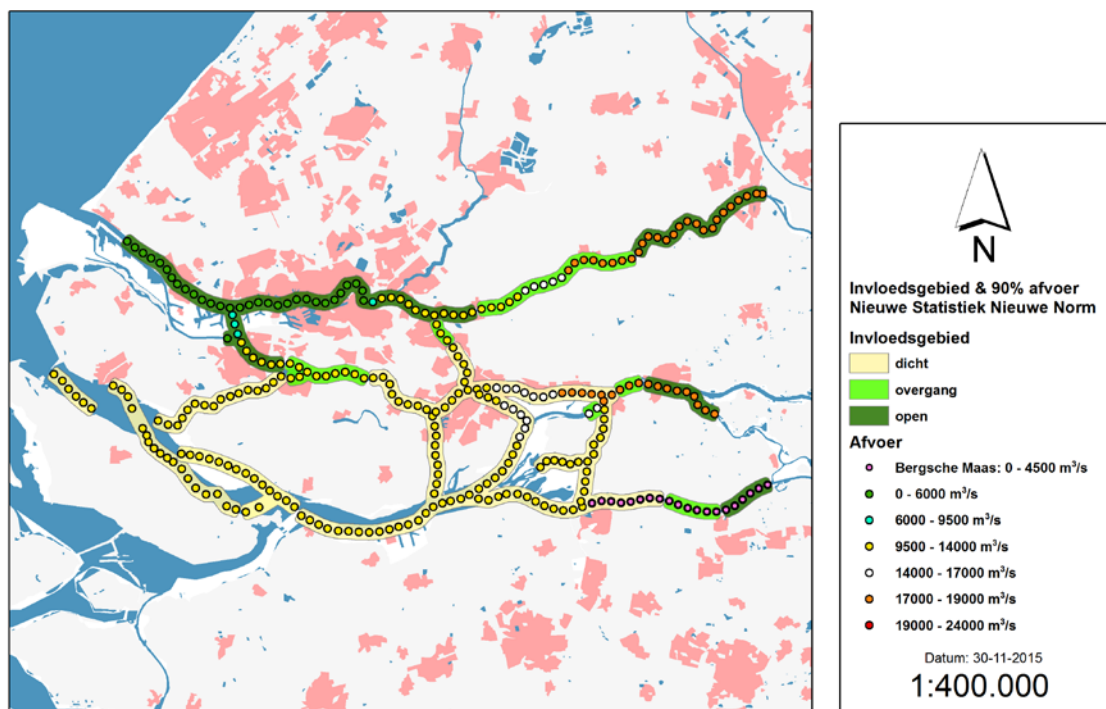
- Voor de lage en middenlage afvoeren (Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Nieuwe Maas) is de open kering dominant.

Daarmee blijven er dus nog acht mogelijke deelgebieden over. Al met al zijn er dan daarom 8 situaties te beschouwen:

Tabel E.4 Gebiedsaanduidingen met hun typerende 90%-percentielen van de afvoer, gesorteerd in vijf klassen gecombineerd met de keringstoestandsaanduiding. In de laatste kolom staan de bijbehorende gebiedsaanduidingen volgens (Chbab juni 2015).

Gebiedsaanduiding	Gebiedsindeling aan de hand van $Q_{90\%}$	Afvoer afgerond ( $m^3/s$ )	Kering	Gebiedsaanduiding volgens (Chbab juni 2015)
LO	Laag afvoer	6000	Open	faalkansgebied
MLO	Midden laag afvoer	9500	Open	faalkansgebied
MO	Midden afvoer	14000	Open	f->b of Bergingsgebied of f->a of b->a
MG	Midden afvoer	14000	Gesloten	Bergingsgebied of f->b of f->a of b->a
MHO	Midden hoog afvoer	17000	Open	Afvoergebied Of b->a
MHG	Midden hoog afvoer	17000	Gesloten	b->a
HO	Hoog afvoer	19000	Open	afvoergebied
HG	Hoog afvoer	19000	Gesloten	f->a

### Invloedsgebied & 90% percentiel van de afvoer



Figuur E.1 Gecombineerd figuur met informatie over de dominante keringstoestand en de 90%-percentielen van de afvoer volgens een klasse-indeling

Het middenlage regime blijkt slechts enkele lokaties te omvatten en is daarom opgegaan in de 'midden' afvoer.

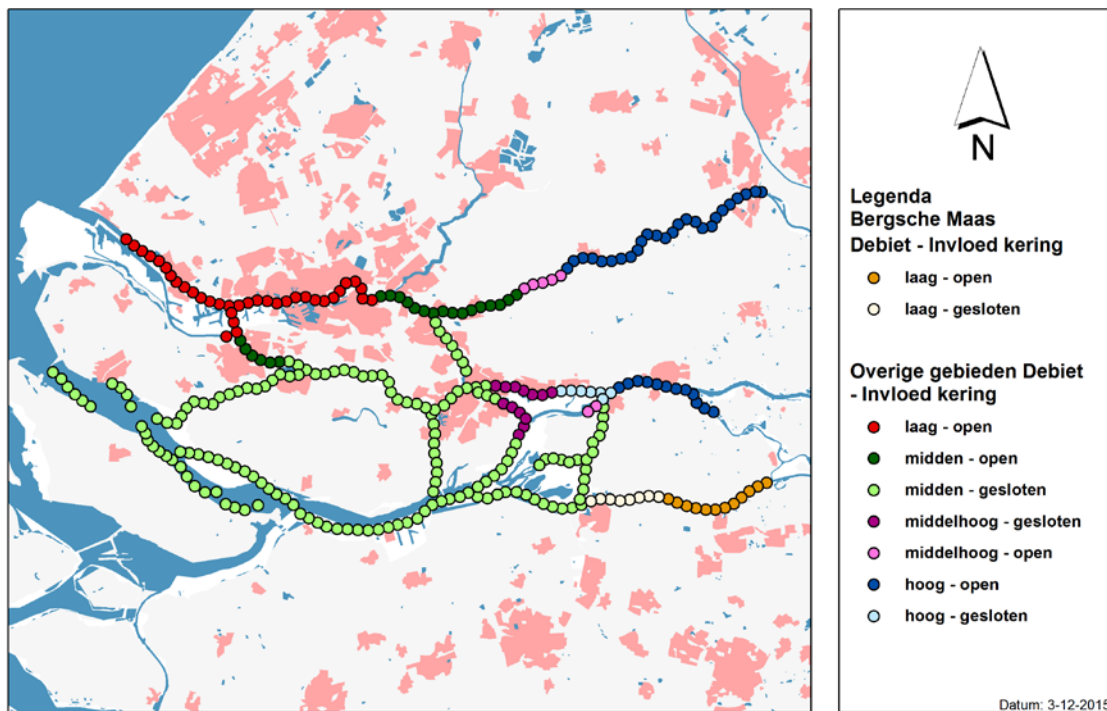
Voor de overgangsgebieden (aangegeven in lichtgroen) moet gekozen worden voor de meest belastende situatie. Of dit de open of de gesloten kering is, lijkt niet op voorhand te zeggen. Idealiter zouden er dan beide situaties moeten worden beschouwd. Echter de functionele gebiedsindeling als geïntroduceerd in (Chbab juni 2015) kan hierbij helpen. Hierin worden de volgende gebieden onderscheiden: het afvoergebied (a), het faalkansgebied (f) en het Bergingsgebied (b). Tevens worden er overgangsgebieden aangemerkt: f-a, f-b en b-a. De overgangsgebieden voor de waterstandsverlopen waarvoor een keuze gemaakt moet worden omvat de Lek, de Boven Merwede, de Bergsche Maas, Noord en de Oude Maas. (zie figuur hierboven). Door nu te kijken naar in welk functioneel gebied (a, f of c) deze overgangsgebieden liggen volgens (Chbab juni 2015) kan een keuze worden gemaakt voor de meest belastende situatie: immers, voor het faalkansgebied en het afvoergebied is de open kering dominant, voor het bergingsgebied is dit de gesloten kering.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Dit laatste is als volgt te begrijpen: het bergingsgebied wordt het meest belast bij situaties met hoge afvoeren, waarbij de belasting hoger en het waterstandsverloop breder wordt naarmate het water niet weg kan door een dichte kering. Bij een open kering is het bergingsgebied immers minder 'in functie'.

Dit leidt tot de keuze voor het bovenstroomse deel van het overgangsgebied van de Lek, de Boven Merwede, de Bergsche Maas, voor de open kering (afvoer gedomineerd gebied), voor het benedenstroomse gebied voor de open kering (faalkansgebied) en voor de Noord en Oude Maas tot een gesloten kering (bergingsgebied).

Al met al wordt de gebiedsindeling uit Figuur E.2 voorgesteld op basis van de dominantie van de kering in combinatie met de debieten:

### Gebiedsindeling in het benedenrivierengebied

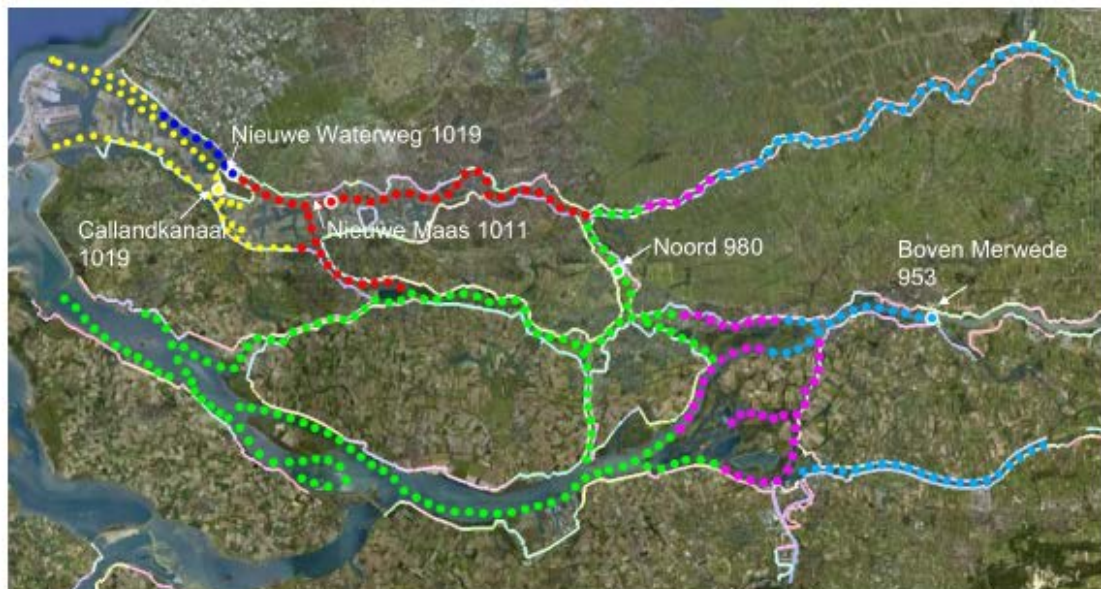


Figuur E.2 Voorstel gebiedsindeling op basis van de 90%-afvoerpercentielwaarden en de dominantie van de kering



Figuur E.3 Resulterende gebiedsindeling uit (Kramer 2011)

In grote lijnen is deze vergelijkbaar met de indeling uit WTI-2011, zoals getoond in



Figuur E.3 zij het met verschoven grenzen en met beduidend lagere afvoerpercentielen. De grootste verschillen liggen in de Beneden Merwede, de Oude Maas en op de Nieuwe Maas. In Bijlage F zal ook de vorm van de waterstandsverlopen in beschouwing worden genomen. Daar worden de verschillen nader beschouwd en de indeling definitief gekozen met medeneming van de vorm van de waterstandsverlopen.



## F De vorm van de waterstandsverlopen: een vergelijking voor de oude en nieuwe statistiek

In deze bijlage zal worden onderzocht of de indeling als voorgesteld in Bijlage E, zoals verwacht geleid heeft tot deelgebieden met een min of meer gelijkvormig waterstandsverloop voor op diverse lokaties in een deelgebied. Als de vormen binnen een deelgebied te weinig op elkaar lijken zal er voorgesteld worden aanpassingen te maken ten opzichte van de voorgestelde indeling uit Bijlage E. Met name in het grootste gebied: het bergingsgebied is dit een punt van zorg. Voor een goede vergelijking is het nodig om de uitkomsten van één WAQUA berekening op verschillende lokaties met elkaar te vergelijken.

Maar als eerste zal worden onderzocht wat de invloed van de nieuwe statistiek is op de vorm van het waterstandsverloop. Hiervoor zal voor een tweetal WAQUA berekeningen de uitkomst met de oude statistiek vergeleken worden met de uitkomst voor de nieuwe statistiek.

Na de indeling in deelgebieden waarbij is rekening gehouden met de bovenstaande vergelijkingen op de vorm van het waterstandsverloop, kan er gekozen worden voor één vaste vorm voor het waterstandsverloop per (al dan niet aangepast) deelgebied. Deze vaste vorm zal afhankelijk zijn van de debietklasse. Deze uiteindelijke vorm kan dan bij het gereed komen van de toetspeilen worden gebruikt voor het schalen.

*N.B. Er zijn in deze studie twee nieuwe berekeningen uitgevoerd. Dit zijn er aanzienlijk minder dan het aantal deelgebieden. Idelaliter zou er per deelgebiede een berekening moeten worden uitgevoerd.*

### F.1 Invloed van nieuwe statistiek op uitkomsten WAQUA

In deze paragraaf wordt de invloed van de veranderde afvoerstatistiek onderzocht. Dit gebeurt door de uitkomsten op lokaties te vergelijken voor:

- 1) een oude WAQUA berekening uit 2011 met de oude statistiek uitgevoerd voor WTI2011 in (Kramer 2011),
- 2) een nieuwe WAQUA berekening met de nieuwe uit GRADE- volgende statistiek.

Voor beide is de afvoer gelijk in grootte, te weten  $q_{90\%} = 13200 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dit debiet hoort in de Midden klasse thuis van het 90%-afvoerpercentiel.

De lokaties waarop de vergelijking plaatsvindt, zijn opgesomd in Tabel F.1

Tabel F.1 Lokaties waarop de vormen van de waterstandsverlopen uit WAQUA zijn vergeleken voor een berekening met debiet van 13200 m<sup>3</sup>/s.

Nr.	Lokatie
1	Lek km 957
2	Lek km 976
3	Lek km 986
4	Nieuwe Maas km 999
5	Nieuwe Waterweg km 1019
6	Oude Maas km 1005
7	Oude Maas km 1000
8	Oude Maas km 983
9	Spui km 980
10	Spui km 1013
11	Haringvliet km 1029
12	Hollandsch Diep km 991
13	Hollandsch Diep km 980
14	Amer km 256
15	Dortsche Kil km 985
16	Nieuwe Merwede km 975
17	Noord km 980
18	Wantij km 6
19	Beneden Merwede km 972
20	Beneden Merwede km 965
21	Nieuwe Merwede km 963
22	Boven Merwede km 953
23	Biesbosch Steurgat km 964
24	Biesbosch Steurgat km 968
25	Bergsche Maas km 250
26	Bergsche Maas km 240

De resultaten zijn weergegeven in Bijlage I voor alle lokaties. Duidelijk is te zien dat, voor de lokaties waar de afvoer nog enige invloed heeft, door de nieuwe statistiek de vormen inderdaad iets verschillen. De afvoer golfvorm is slanker te noemen. De versmalde vorm is vergelijkbaar met wat er op de rand is opgelegd zoals te zien is in Figuur H.3 en Figuur H.4.

Voor een groot deel van de lokaties is ook de top van het waterstandsverloop vergelijkbaar bij de veranderde statistiek. Voor een aantal lokaties is dit anders: dit zijn Boven Merwede/Waal km 953, Beneden Merwede km 965, en in mindere mate ook km 972, Nieuwe Merwede km 963, Wantij km 6 en Bergsche Maas km 240. Dit zijn daarom ook de aandachtslokaties voor de nieuwe indeling.

Ook is een berekening uitgevoerd die past in de hoge klasse van het 90%-afvoerpercentiel. Deze resultaten zijn gemaakt bij  $q_{90\%} = 16700 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deze bij  $q_{90\%}$  waarde ligt voor de gebieden uit de lagere en midden debietsklassen veel hoger dan de maatgevende omstandigheden. Daarom zijn alleen de figuren getoond voor de bovenstroomse lokaties in

Bijlage J. Het verloop in deze lokaties (i.e. Lek km 957 (H), Boven Merwede 953 (H), Lek 976 (MH), Nieuwe Merwede km 963 (H), Beneden Merwede km 965 (H), Beneden Merwede km 972 (MH) en Wantij km 6(MH) bij het hoge debiet is aanzienlijk anders dan voor het middendebiet! De indeling overigens niet! De lokaties die dus voor het middendebiet bij elkaar horen voor wat betreft de vorm van het waterstandsverloop, horen dat ook voor het hoge debiet.

*N.B. De Bergsche Maas met lokaties 240 en 250 zijn hierbij ook beschouwd: Het 90%-afvoerpercentiel is 4500 m<sup>3</sup>/s bij Borgharen, correspondeert met ca. 18000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith voor de Bergsche Maas. Dit percentiel voor de Bergsche Maas hoort daarom ook in de hoge klasse van afvoeren thuis!*

## F.2 Gedetailleerde vergelijking

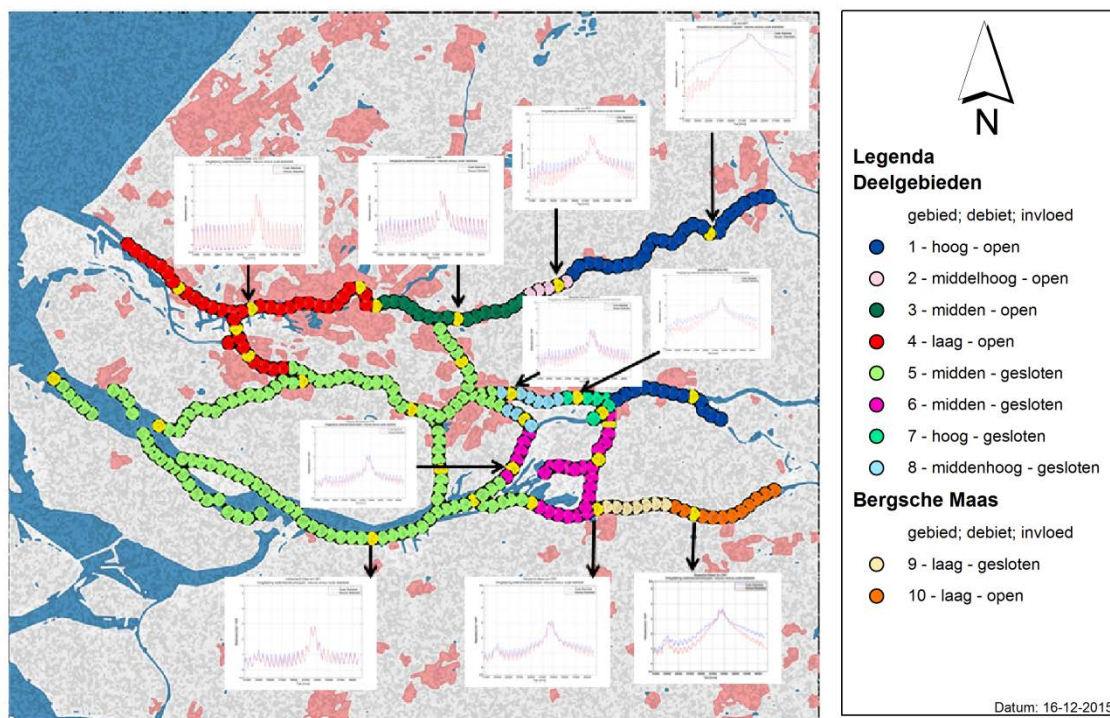
Met name met de focus op de in paragraaf F.1 genoemde lokaties wordt de indeling volgens Figuur E.2 nader beschouwd. Voor een vergelijkbaarheid van het waterstandsverloop is met name de vorm rond de top van belang.

De focus in de vergelijking ligt hierbij daarom op het deel van het waterstandsverloop rond de top. Deze moet vergelijkbaar zijn in breedte en hoogte. Hiervoor moet gekeken worden naar alles wat boven de waarde van 1 ligt en alles wat boven de waarde van 2 ligt (indien van toepassing). Hierbij wordt opgemerkt dat de resultaten alle komen uit één WAQUA berekening met de nieuwe statistiek. Deze is uitgevoerd voor een 90%-afvoerpercentiel uit de 'midden' klasse. Dit is derhalve aan de hoge kant voor de gebieden waar de maatgevende waterstandsverlopen worden gekenmerkt door de lage en middenlage klasse (zie Figuur E.2).

Op basis van de WAQUA berekening met de nieuwe op GRADE gebaseerde statistiek, voor  $q_{90\%} = 13200 \text{ m}^3/\text{s}$ , en met open kering, is het volgende geconstateerd ten aanzien van de indeling uit Figuur E.2:

- De deelgebieden 1) voor Hoog Open en 2) Midden Hoog Open behoeven geen aanpassing.
- Het gebied voor de Midden-open klasse op de Oude Maas km 1000 blijkt beter te passen bij gebied Laag Open qua vorm. De lokatie Nieuwe Maas 996 laat weliswaar een duidelijke invloed van de afvoer zien, maar rond de top lijkt dit niet meer van invloed. Voor lagere debieten zal de invloed bij de top voor deze lokaties nog minder zijn, en zal de rol van de afvoer afnemen ten opzichte van de rol van het getij. Daarom wordt ondanks dat de 90%-percentielen in een andere klasse liggen, deze samengevoegd in deelgebied 4); deelgebied 3) met midden open debieten is daarmee gereduceerd tot het gebied op de Lek.

## Gebiedsindeling in het benedenrivierengebied



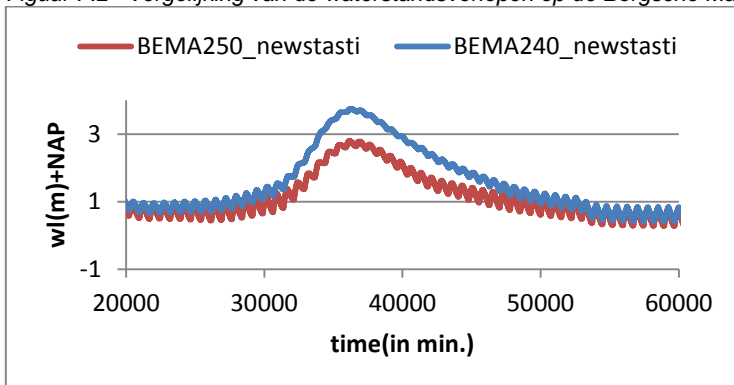
Figuur F.1 Indeling deelgebieden Benedenrivierengebied op basis van de een representatieve vorm van het waterstandsverloop voor een 90% percentiel uit de klasse met Midden waarde ( $13.200 \text{ m}^3/\text{s}$ ) voor de nieuwe normering, nieuwe op GRADE gebaseerde statistiek per deelgebied. . N.B.De waarde van  $4500 \text{ m}^3/\text{s}$  voor de Bergsche Maas is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.

- In Figuur F.1 is per deelgebied de representatieve vorm weergegeven voor een debiet in de klasse 'Midden'.
- De gebieden voor het Spui km 1018, de Noord km 980, het Hollandsch Diep km en km 991 en km 980, het Haringvliet km 1029, Dortsche Kil km 985 hebben rond de top een vergelijkbare vorm, ongeacht de bijdrage van de afvoer. Ook de lokaties Spui 996 en het bovenstroomse deel van de Oude Maas bij km 983 passen hierbij, ook al laten deze meer getijslag zien. Dit is deelgebied 5).
- De lokaties voor de Nieuwe Merwede km 975, Amer km 256 en Biesbosch Steurgat km 984 en km 968 wijken qua breedte zodanig af (zijn breder) dat deze ten opzichte van de oorspronkelijke indeling op keringstoestand en 90%-afvoerpercentiel, dat hier een apart deelgebied wordt gedefinieerd; Deelgebied 6).
- Wantij km 6 en Beneden Merwede km 972, passen bij elkaar en vormen deelgebied 7).
- Beneden Merwede km 965 en Nieuwe Merwede km 963 passen bij elkaar en vormen deelgebied 8)
- De debieten voor de Bergsche MaasBenedenrivieren zijn Maasgedomineerd en daarom wordt deze riviertak apart beschouwd. Deelgebied 9) rond km 250 en deelgebied 10) rond km 240. lijken een wezenlijk andere vorm van het waterstandsverloop te hebben. Hierop wordt nader ingegaan in de volgende subparagraaf, paragraaf F.2.1.
- In het algemeen geldt dat de vorm van de waterstandsverlopen veranderen (versmallen) door toepassing van de statistiek die gebaseerd is op GRADE

### F.2.1 Nadere vergelijking Bergsche Maas

In de figuur hieronder zijn de vormen van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor twee verschillende lokaties rechtstreeks met elkaar te vergelijken (). Op het eerste ook lijken de vormen aanzienlijk van elkaar te verschillen: de bovenstroomse lokatie ligt aanzienlijk hoger en lijkt veel breder.

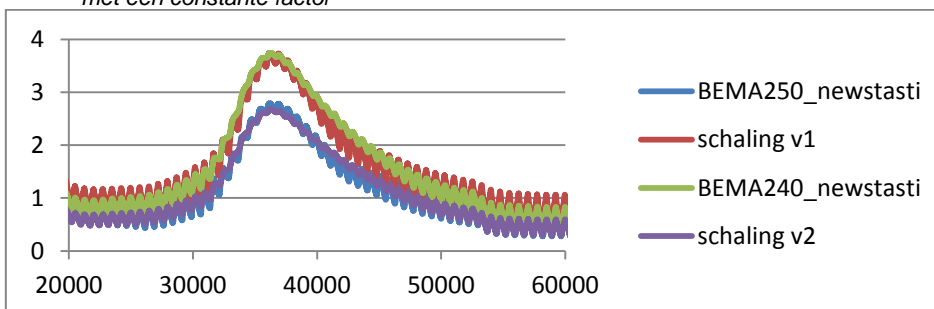
Figuur F.2 Vergelijking van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor lokaties 240 en 250



Echter zoals getoond in Figuur F.2 is door eenvoudig te schalen met een factor  $\text{Max}(\text{verloop voor punt 240}) / \text{Max}(\text{verloop voor punt 250})$ , welke hier ca 1,4 blijkt zijn de twee vormen eenvoudig in elkaar om te schalen. Voor de 90%-percentielen is het dus niet nodig of wenselijk om de Bergsche Maas in twee delen op te splitsen. Tevens wordt verwacht dat in dit afvoergedomineerde water de invloed van de kering hier marginaal zal zijn.

Conclusie: het is derhalve niet noodzakelijk om de Bergsche Maas in twee subdelen op te splitsen.

Figuur F.3 Vergelijking van de waterstandsverlopen op de Bergsche Maas voor lokaties 240 en 250 met schaling met een constante factor

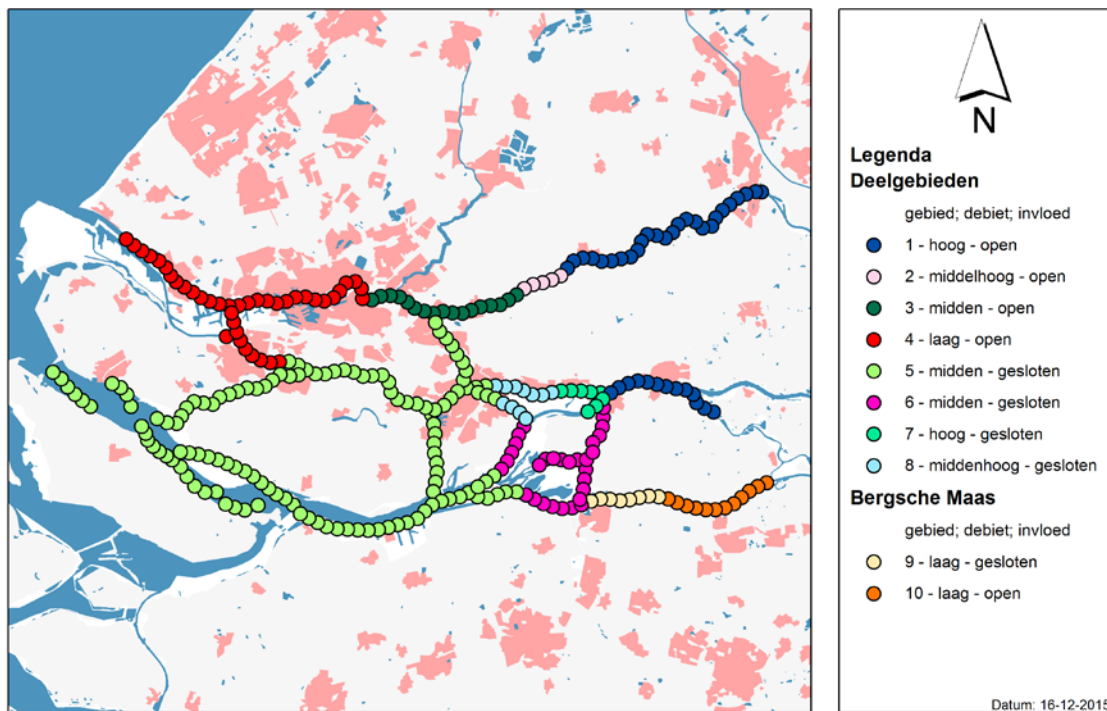


### F.3 Definitieve indeling

Deze resulterende indeling is getoond in Figuur F.22. De belangrijkste verschillen met de indeling uit WTI2011 zijn gelegen in:

- De Nieuwe Waterweg wordt niet meer verdeeld.
- De benedenstroomse deel van de Beneden Merwede en het Wantij zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd nr. 7.
- Het bovenstroomse deel van de Nieuwe Merwede en het bovenstroomse deel van de Beneden Merwede zijn samen als nieuw deelgebied geïdentificeerd nr. 8.
- De grenzen op de Lek zijn verschoven.
- En de Bergsche Maas is apart beschouwd.

## Gebiedsindeling in het benedenrivierengebied



*Figuur F.4 Definitieve indeling deelgebieden Benedenrivierengebied voor de nieuwe normering, nieuwe op GRADE gebaseerde statistiek met medeneming van de vorm van de waterstandsverlopen rond de piek. Op basis vaneen nadere beschouwing van de vorm op de Bergsche Maas kunnen deelgebieden 9 en 10 weer worden samengevoegd. . N.B.De waarde van 4500 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.*

## G Overzichtstabel

In deze bijlage wordt een vergelijking gemaakt tussen de studies van (Kramer 2011) en (Chbab 2011) voor wat betreft de aandachtsgebieden waar het gaat om de dominantie van de bijdrage van de kering. Hierbij is de werkwijze gevolgd als in paragraaf A.3. Dit is voor alle wateren in het Benedenrivierengebied uitgewerkt en is samengevat in Tabel G.2. Deze tabel is georganiseerd per dijkkringdeel. Steeds zijn benoemd:

- Het dijkkringdeel-nummer.
- De naam van het water.
- De overschrijdingskansnorm bij de dijkkring.
- De overstromingskansnorm voor het dijkkringdeel.
- De oude kansbijdrage uit WTI2011 volgens, globaal afgeschat o.b.v. (Chbab, Verschilanalyse concept HR2011 en HR2006 voor de Benedenrivieren: WTI HR-Zoet 2011), (Kramer 2011).
- De schatting voor WTI2017.
- De toelichting waarop deze schatting is gebaseerd.

In de kolom 'Schatting voor WTI2017' in Tabel G.2 staan de volgende termen een aantal termen die in Tabel G.1 hieronder nader worden uitgelegd.

Tabel G.1 Toelichting bij kolom 'Schatting voor WTI2017'.

Term	Betekenis
Hoger	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen wordt verwacht dat de bijdrage aan open keringen hoger is dan de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~)
0%	Op basis van fysica (hydrodynamica) kan gesteld worden dat de bijdrage van de open kering 0% is.
identiek	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen wordt verwacht dat de bijdrage aan open keringen identiek zal zijn aan de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~)
Naar beneden	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen wordt verwacht dat de bijdrage aan open keringen naar beneden gaat ten opzichte van de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~)
vergelijkbaar	Er is geen data met andere terugkeertijden. Er wordt echter verwacht dat de bijdrage aan open keringen vergelijkbaar zal zijn met de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~)
Te onderzoeken	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen kan geen eenduidige schatting worden gemaakt voor de bijdrage aan open
iets hoger	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen wordt verwacht dat de bijdrage aan open keringen een geringe hoeveelheid hoger zal zijn dan de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~)
iets hoger < 50%	Op basis van referenties in kolom Opmerkingen wordt verwacht dat de bijdrage aan open keringen een geringe hoeveelheid hoger zal zijn dan de getallen in kolom Oude kans bijdrage open kering(~), maar nog steeds onder de 50%.

In de kolom Oude kansbijdrage open kering(~) staat

C: de bijdrage volgens (Chbab 2011)

K: de bijdrage volgens (Kramer 2011).

en daarboven een globale schatting op basis van beide studies, afgerond op 5%.



Tabel G.2 Overzichtstabel voor kansbijdrage kering open op basis van bestaande studies (Chbab 2011) en (Kramer 2011), geordend naar de nieuwe dijkvakindeling. N.B. dijkvaknummers kunnen vaker voorkomen, maar dan met een andere naam van het water waar dit dijkvak aan grenst.

Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
14-2	Nieuwe Maas	994-1013	1/10.000	1/100.000	60%-95% C: 80-95 K: 62-91	hoger	o.b.v. (Chbab 2011) en (Kramer 2011)
15-2	Nieuwe Maas	990-993	1/2000	1/10.000	45%-80% C: 65-80 K: 46-56	hoger	o.b.v. (Chbab 2011) en (Kramer 2011)
14-3	Nieuwe Waterweg	1014-1026	1/10.000	1/10.000	90%-100% C:97 K:92-98	hoger	o.b.v. (Chbab 2011) en (Kramer 2011)
14-4	Nieuwe Waterweg buiten de kering	1027-1032	1/10000	1/10.000	0%	0%	Buiten kering
15-1	Lek	949-971	1/2000	1/30.000	90%-100% K:93-98	identiek	o.b.v. (Kramer 2011)
15-2 (a)	Lek	972-980	1/2000	1/10.000	60%-90% K:63-91	Naar beneden	o.b.v. (Kramer 2011)
15-2 (b)	Lek	981-988	1/2000	1/10.000	45%-60% K:45-58	identiek	o.b.v. (Kramer 2011)
16-2; 16-3; 16-4	Lek	943-987	1/2000	1/30.000	Identiek indeling als 15-1, 15-2(a), 15-2 (b)	Zie 15-1, 15-2(a), 15-2 (b)	Identiek indeling als 15
16-1	Boven Merwede	955-961	1/2000	1/100.000	90%-100% K:90-96	vergelijkbaar	o.b.v. (Kramer 2011)
16-1	Beneden Merwede	962-966	1/2000	1/100.000	60%-90% C:82-72 K:59-87	Te onderzoeken	(Chbab 2011) en (Kramer 2011) liggen erg ver uit elkaar
16-2	Beneden Merwede	967-976	1/2000	1/30.000	10%- 65% C:18-66	Te onderzoeken	

Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
					K:11-44		
16-2	Noord	977-984	1/2000	1/30.000	10%-45% C:18-44 K:11-38	lets naar beneden	o.b.v. (Kramer 2011)
17-1	Oude Maas	977-997	1/4000	1/3000	10%- 50% C:19-50 K:11-35	lets hoger	O.b.v. (Kramer 2011) want er zijn 2 verschillende normen aan gerekend en wij schatten dat dezelfde trend is
17-2	Oude Maas	998-1005	1/4000	1/3000	40%- 95% C:50-95 K:41-79	Hoger	O.b.v. (Kramer 2011): want de trend is omhoog voor verschillende terugkeertijden, toch de ondergrens is een aandacht punt, dat is punt 998
17-1	Noord	976-980	1/4000	1/3000	Zie 16-2 Noord	Zie 16-2 Noord	Zie 16-2 Noord
17-3	Noord	981-984	1/4000	1/100.000	Zie 16-2 Noord	Zie 16-2 Noord	Zie 16-2 Noord
17-2	Nieuwe Maas	995-1012	1/4000	1/3000	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas
17-3	Nieuwe Maas	989-994	1/4000	1/100.000	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas
18-1	Nieuwe Maas	1007-1010	1/10.000	1/10.000	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas	Zie 14-2 Nieuwe Maas
19-1	Nieuwe Waterweg	1016-1020	1/10.000	1/100.000	Zie 14-3 Nieuwe Waterweg	Zie 14-3 Nieuwe Waterweg	Zie 14-3 Nieuwe Waterweg
19-1	Calandkanaal	1018-1020	1/10.000	1/100.000	0%	0%	O.b.v. beide documenten
20-1 (a)		n.v.t.					Zeezijde: n.v.t.
20-1 (b)	Hartelkanaal	20-23	1/4000	1/30.000	0% C:0 K:0	identiek	Buiten kering

Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
20-2	Hartelkanaal	7-19	1/4000	1/10.000	0% C:0 K:0	identiek	Buiten kering
20-3 (a2)	Hartelkanaal	2-6	1/4000	1/30.000	0% C:0 K:0	identiek	Buiten kering
20-3 (a1)	Hartelkanaal	1	1/4000	1/30.000	>50% C: Niet apart benoemd! K:76	iets hoger	Document Nienke voor Oude Maas N.B. Binnen kering
20-3 (b1)	Oude Maas	995-997	1/4000	1/30.000	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas
20-3 (b2)	Oude Maas	998-1003	1/4000	1/30.000	Zie 17-2 Oude Maas	Zie 17-2 Oude Maas	Zie 17-2 Oude Maas
20-3 (c)	Spui	996-1006	1/4000	1/30.000	<50% C:< 50% K: 8-20	iets hoger, <50%	O.b.v. (Kramer 2011)
20-4 (a)	Spui	1007-1013	1/4000	1/1000	<50% C:< 50% K: 8-12	iets hoger, <50%	O.b.v. (Kramer 2011)
20-4 (bN)	Haringvliet	1018N-1023N	1/4000	1/1000	13-15% C: ca. 15% K:13	vergelijkbaar	
20-4 (bZ)	Haringvliet	1024Z-1029Z	1/4000	1/1000	14-15% C: ca. 15% K:14	vergelijkbaar	
21-1	Oude Maas	980-994	1/2000	1/3000	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas
21-1	Dordtsche Kil	980-982	1/2000	1/3000	Zie 22-2d Dordtsche Kil	Zie 22-2d Dordtsche Kil	Zie 22-2d Dordtsche Kil
21-1	Dordtsche Kil	983-986	1/2000	1/3000	Zie 22-1a Dordtsche	Zie 22-1a Dordtsche Kil	Zie 22-1a Dordtsche Kil

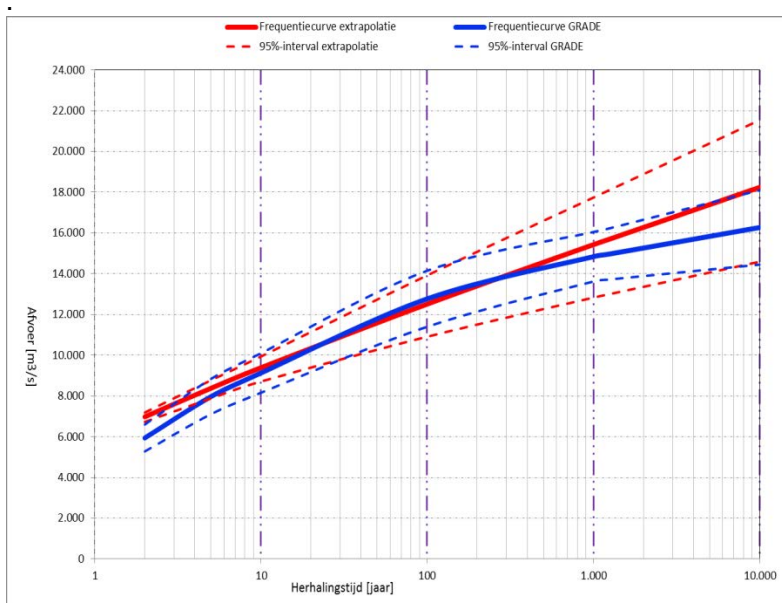
Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
					Kil		
21-2	Dordtsche Kil	987-988	1/2000	1/300	Zie 22-1a Dordtsche Kil	Zie 22-1a Dordtsche Kil	Zie 22-1a Dordtsche Kil
21-2	Hollandsch Diep	984-1000	1/2000	1/300	Zie 34-2 Hollandsch Diep	Zie 34-2 Hollandsch Diep	Zie 34-2 Hollandsch Diep
21-1	Spui	996-1003	1/2000	1/3000	Zie 20-3c, Spui	Zie 20-3c, Spui	Zie 20-3c, Spui
21-2	Spui	1004-1006	1/2000	1/300	Zie 20-3c, Spui	Zie 20-3c, Spui	Zie 20-3c, Spui
21-2	Spui	1007-1011	1/2000	1/300	Zie 20-4a, Spui	Zie 20-4a, Spui	Zie 20-4a, Spui
21-2	Haringvliet	1001N-1012N	1/2000	1/300	11-15% C: ca. 15% K:11-12	vergelijkbaar	In O.b.v. (Kramer 2011) heet dit 'Vuile gat'
22-1(a)	Nieuwe Merwede	972-979	1/2000	1/10.000	10%- 35% C:10-34 K:8-18	vergelijkbaar	
22-1(b)	Hollandsch Diep	980-983	1/2000	1/3000	8-10% C:10 K:8	vergelijkbaar	
22-1(c)	Dordtsche Kil	984-988	1/2000	1/3000	<50% C: <50% K:7-8	vergelijkbaar	
22-2 (a)	Oude Maas	976-980	1/2000	1/10.000	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas	Zie 17-1 Oude Maas
22-2 (b)	Wantij	1-7	1/2000	1/10.000	10%- 15% H: lokaties 1-3< 50% En lokaties 4-7>50% K:11-14	Te onderzoeken	In het document van (Chbab 2011) ligt er een knip op lokatie 4
22-2 (c)	Nieuwe Merwede	971	1/2000	1/10.000	25%- 40%	vergelijkbaar	

Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
					C:40 K:26		
22-2 (d)	Dordtsche Kil	980-983	1/2000	1/10.000	<50% C: <50% K:8-10	iets hoger, maar onder de 50%	
23-1(a)	Nieuwe Merwede	963-964	1/2000	1/3000	75%-85% C: 76-79 K:84-86	vergelijkbaar	
23-1(b)	Steurgat	963-964	1/2000	1/3000	15% C: 20-24 K:10-12	vergelijkbaar	N.B. De dijkkring 23 is aanzienlijk verkleind
23-oud	Biesbosch	970-975	1/2000	n.v.t.	8-15% C: 10-15 K:8-10	vergelijkbaar	
24-1	Bergsche Maas	231-247	1/2000	1/10.000	44-99% C: 44-92 K:75-99	231-245 vergelijkbaar	246 en 247 te onderzoeken
24-2 (a)	Bergsche Maas	248-251	1/2000	1/1000	30-63% C: 30-34 K:46-63	250 en 251 vergelijkbaar	248 en 249 te onderzoeken
24-2 (b)	Biesbosch	963-973	1/2000	1/1000	9-24% C: 15-24 K:9-13	vergelijkbaar	
24-3 (a1)	Boven en Nieuwe Merwede	953-954	1/2000	1/10.000	Schatting 82-97% C: schatting > 82, in ieder geval > 50% K:97	vergelijkbaar	In (Chbab 2011) niet opgenomen in fig. 3.15. Echter meer bovenstrooms
24-3 (a2)	Boven en Nieuwe Merwede	955-962	1/2000	1/10.000	Zie 16-1a	Zie 16-1a	Zie 16-1a

Dijkvak	Naam water	Km	Oude norm (HR2006)	Nieuwe norm (WTI2017)	Oude kansbijdrage open kering(-)	Nieuwe kans bijdrage open kering(-)	Opmerkingen
24-3 (a3)	Boven en nieuwe Merwede	962	1/2000	1/10.000	Zie 16-1b	Zie 16-1b	Zie 16-1b
24-3 (b)	Maas ten noorden van Wilhelminasluis	244-247	1/2000	1/10.000	Geen data	Bovenstrooms: open kering dominant zie (Chbab 2011)	Niet opgenomen in (Chbab 2011), niet in (Kramer 2011)
25-1		n.v.t.					
25-2 (a)	Haringvliet	1005Z-1018Z	1/4000	1/1000	12-15% C: ca. 15% K:12-13	vergelijkbaar	
25-2(b)	Haringvliet	1019Z-1029Z	1/4000	1/1000	13-15% C: ca. 15% K:13-14	Vergelijkbaar	
25-3	Haringvliet	1003Z-1004Z	1/4000	1/300	12-15% C: ca. 15% K:12	vergelijkbaar	
34-1 (a)	Bergsche Maas en Amer	252-262	1/2000	1/1000	8-16% C: 84-90=> 10-16 K: 8-12	vergelijkbaar	(Chbab 2011) zegt in tekst dichte kering dominant, maar in figuur staat open kering 84-90%; veronderstelling tekst is juist
34-1 (b)	Hollandsch Diep	980-983	1/2000	1/1000	Zie 22-1 Hollandsch Diep	Zie 22-1 Hollandsch Diep	Zie 22-1 Hollandsch Diep
34-2	Hollandsch Diep	984-1000	1/2000	1/1000	Zie 21-2 Hollandsch Diep	Zie 21-2 Hollandsch Diep	Zie 21-2 Hollandsch Diep
34a1	Bergsche Maas	251-252	1/2000	1/3000	252, zie 34-1 (a), 251 geen data	252, zie 34-1 (a), 251 geen data	252, zie 34-1 (a), 251 geen data
35-1	Bergsche Maas	235-247	1/2000	1/10.000	Zie 24-1 Bergsche Maas	Zie 24-1 Bergsche Maas	Zie 24-1 Bergsche Maas
35-2	Bergsche Maas	248-251	1/2000	1/3000	Zie 24-2a Bergsche Maas	Zie 24-2a Bergsche Maas	Zie 24-2a Bergsche Maas

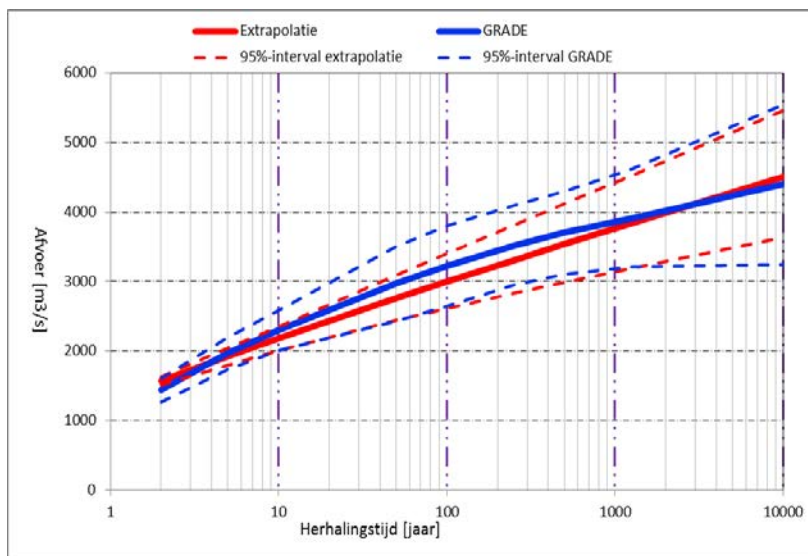
## H Statistiek van WTI2011 en GRADE-statistiek

In onderstaande figuur 3.2 uit (Chbab november 2015) worden de werklijnen voor Lobith van de GRADE-uitkomsten en uit de extrapolatiemethode (uit WTI2011) met elkaar vergeleken. Duidelijk is te zien dat de extrapolatie naar extremen minder snel toeneemt.



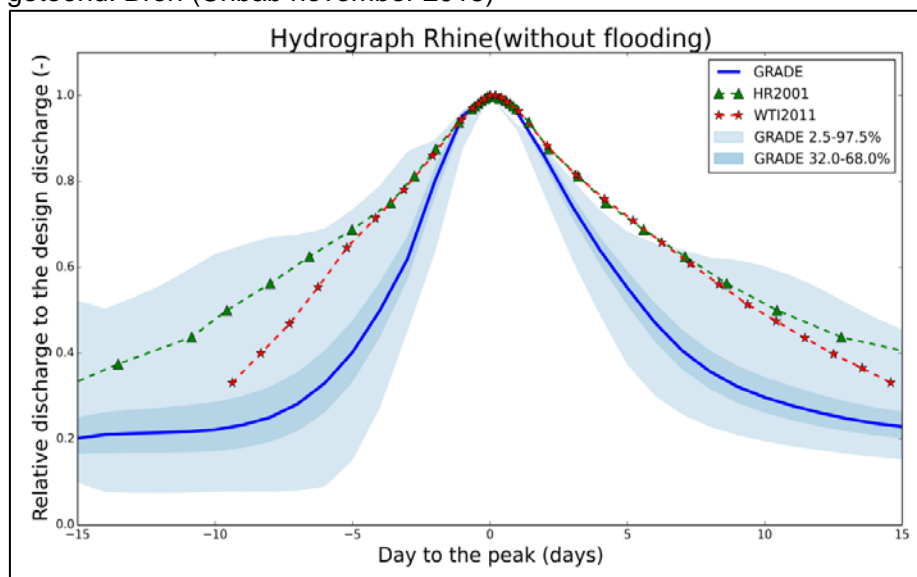
Figuur H.1 Vergelijking van GRADE uitkomsten met die van de extrapolatiemethode, inclusief 95% betrouwbaarheidsintervallen.

In onderstaande Figuur H.1 uit (Chbab november 2015) worden de werklijnen voor Borgharen van de GRADE-uitkomsten en uit de extrapolatiemethode (uit WTI2011) met elkaar vergeleken. Bij extrapolatie naar extremen veranderen de waarden niet wezenlijk ten opzichte van de WTI2011 waarden.



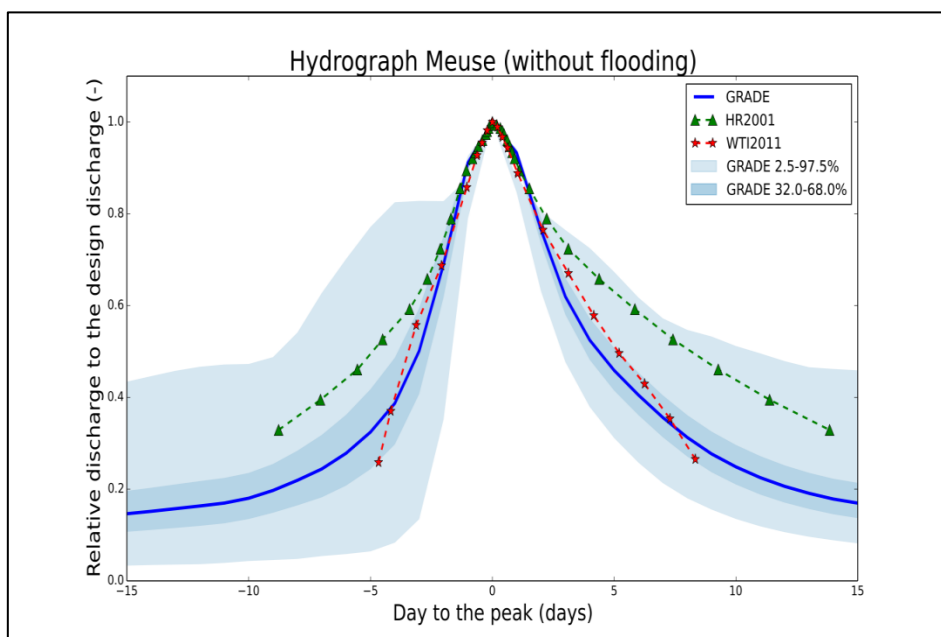
Figuur H.2 Vergelijking resultaten van GRADE en extrapolatiemethode voor de Maas bij Borgharen, inclusief onzekerheidsbanden.

De veranderingen in de vorm van de afvoergolven voor Lobith en Borgharen zijn hieronder getoond. Bron (Chbab november 2015)



Figuur H.3 GRADE afvoergolfvorm voor de Rijn bij Lobith voor de situatie zonder overstromingen inclusief betrouwbaarheidsintervallen (en inclusief uit golfvormen HR2001 en WTI-2011).



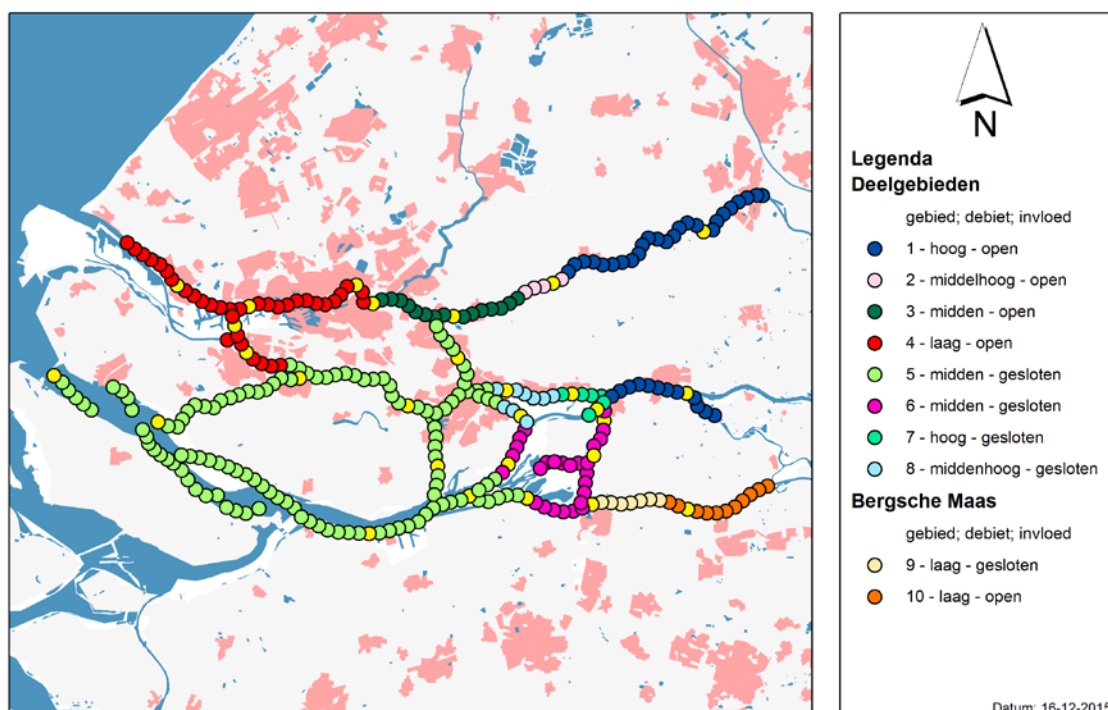


Figuur H.4 GRADE golfvorm voor de Maas bij Borgharen inclusief betrouwbaarheidsintervallen (en inclusief golfvormen uit HR2001 en WTI-2011).

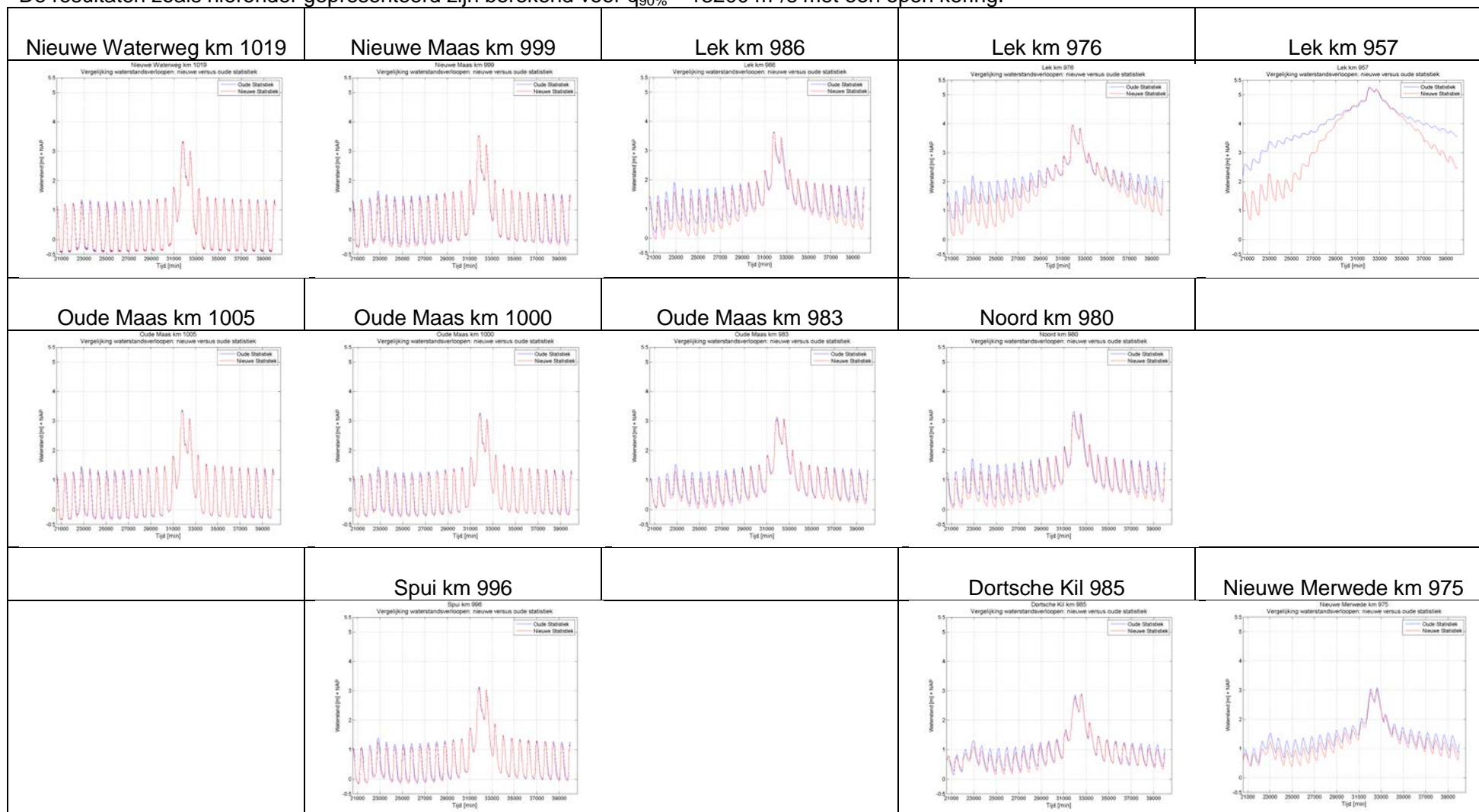
## I WAQUA resultaten voor afvoerpercentiel uit de midden klasse

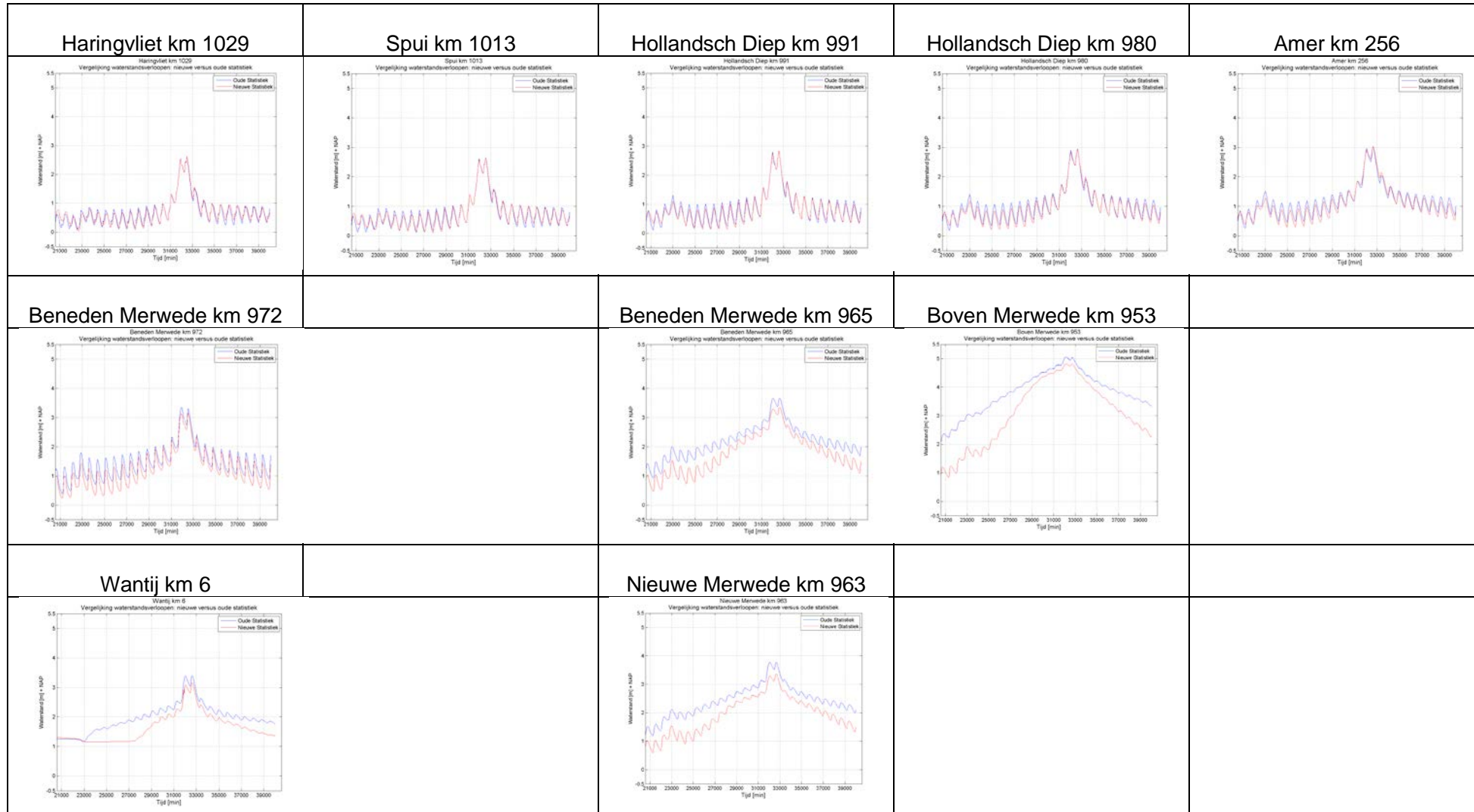
In deze bijlage worden de uitkomsten van de WAQUA berekening getoond voor een 90%-percentiel van de afvoer van  $13200 \text{ m}^3/\text{s}$ , op lokaties zoals in de figuur hieronder aangegeven met de gele punten. Deze lokaties zijn alle gebruikt om de indeling in deelgebieden definitief te maken.

**Gebiedsindeling in het benedenrivierengebied**



De resultaten zoals hieronder gepresenteerd zijn berekend voor  $q_{90\%} = 13200 \text{ m}^3/\text{s}$  met een open kering.



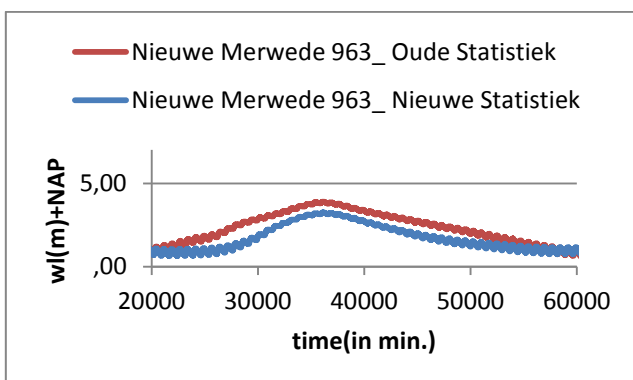
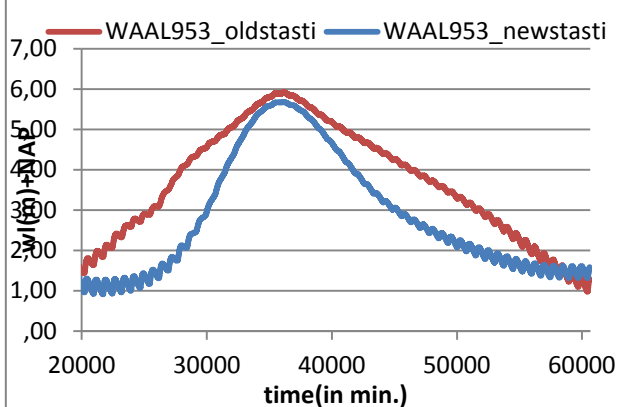
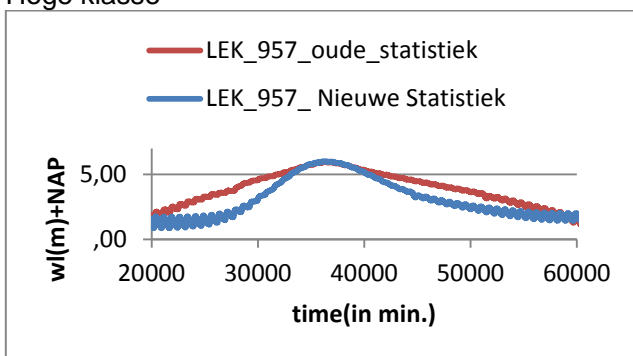


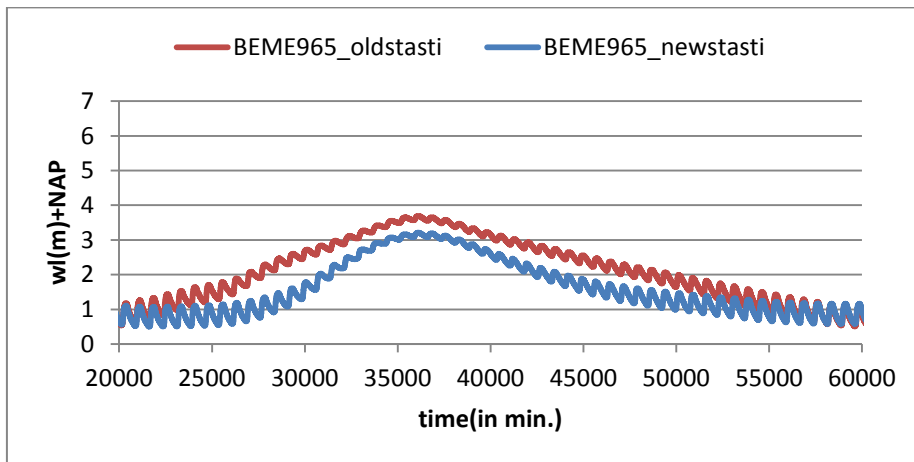
		<b>Biesbosch Steurgat km 964</b>	<b>Biesbosch Steurgat km 968</b>	
		<b>Bergsche Maas km 250</b>	<b>Bergsche Maas km 240</b>	

## J WAQUA resultaten voor afvoerpercentiel uit de hoge klasse

In deze bijlage zijn de resultaten gepresenteerd voor de lokaties waarvoor een 90%-afvoerpercentiel uit de hoge en Middenhoge klasse bepalend is. Het debiet wat hierbij is doorgerekend is 16.700 m<sup>3</sup>/s bij Lobith.

Hoge klasse





*N.B. De waarde van 4500 m<sup>3</sup>/s voor de Bergsche Maas (BEMA) is in getalswaarde laag, maar is voor de Bergsche Maas hoog.*

