

**Uitgangspunten
produktieberekeningen
WTI2017**

Aanvulling op uitgangspunten vastgesteld in 2013



Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017

Aanvulling op uitgangspunten vastgesteld in 2013

A.J. Smale

1209433-001

Titel

Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat

Project

1209433-001

Kenmerk

1209433-001-HYE-0005

Pagina's

48

Trefwoorden

WTI2017, uitgangspunten, schematisaties, aansturing, belastingmodel, uitvoerlocaties

Samenvatting

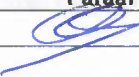
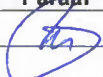
In het kader van het project WTI2017 worden voor enkele specifieke watersystemen nieuwe productieberekeningen met hydrodynamische modellen voorbereid. In het kader van deze voorbereiding is in 2013 een voorstel gedaan ten aanzien van de te hanteren uitgangspunten voor deze productieberekeningen. Het betreft dan de uitgangspunten met betrekking tot (i) aansturing, (ii) schematisaties en (iii) uitvoerlocaties.

In dit rapport wordt in aanvulling op de in 2013 vastgestelde uitgangspunten voornamelijk ingegaan op de aansturing van de productieberekeningen. Het gaat hierbij om de te hanteren statistiek welke tot de te hanteren discretisatie van de basisstochasten leidt. Daarnaast wordt uitgebreid stilgestaan bij de te hanteren tijdsverlopen van de basisstochasten. In het laatste deel van dit rapport wordt ingegaan op enkele aanvullende uitgangspunten.

Dit rapport vormt, in combinatie met het rapport aangaande uitgangspunten uit 2013, de basis voor de uitvoering van de productieberekeningen in het kader van WTI2017.

Referenties

1207807-013-HYE-0015-v2-r-Programma WTI 2017, onderzoek en ontwikkeling landelijk toetsinstrumentarium

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
3	juli 2014	A.J. Smale		E. H. Chbab		M.R.A. van Gent	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Doel	3
1.3 Afbakening	3
1.4 Leeswijzer	5
2 Samenvatting uitgangspunten vastgesteld in 2013	7
3 Statistiek	9
3.1 Inleiding	9
3.2 Afvoer	10
3.2.1 Inleiding	10
3.2.2 Rijn (Lobith)	10
3.2.3 Maas (Borgharen)	19
3.2.4 Vecht (Dalfsen)	22
3.2.5 IJssel (Olst)	23
3.2.6 Maas (Lith)	24
3.3 Zeewaterstand	25
3.4 Windsnelheid/windrichting	26
3.5 Meerpeil	27
3.6 Discretisatie ten behoeve van produktieberekeningen	28
3.6.1 Inleiding	28
3.6.2 Bovenrivieren	29
3.6.3 Vecht- IJsseldelta	29
3.6.4 Benedenrivieren	30
4 Tijdverlopen	31
4.1 Afvoer	31
4.1.1 Rijn (Lobith)	31
4.1.2 Maas (Borgharen)	33
4.1.3 IJssel (Olst)	34
4.1.4 Maas (Lith), Waal (Tiel) en Lek (Hagestein),	34
4.2 Opzet zeewaterstand	34
4.3 Windsnelheids/richtingsverloop	36
4.3.1 IJssel-Vechtdelta	36
4.3.2 Benedenrivierengebied	36
4.4 Meerpeil	37
5 Schematisaties	39
5.1 Aanvullende maatregelen	39
5.2 Keringen en stuwen	39
5.3 Mee te nemen objecten in (golf-)berekeningen	39
6 Overige uitgangspunten	41
6.1 Lateralen	41
6.2 Afvoerverdelling splitsingspunten	41

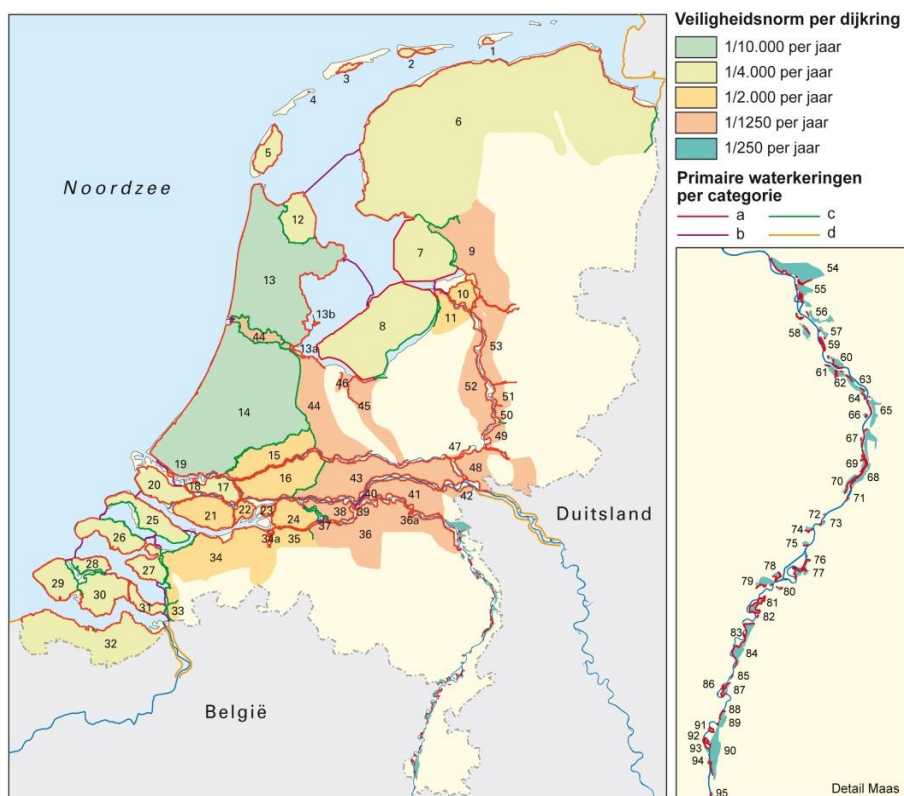
7 Conclusies en aanbevelingen	45
8 Referenties	47

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Volgens de Waterwet (2009) dienen periodiek Hydraulische Randvoorwaarden (HR) voor de primaire keringen te worden afgeleid voor herhalingsjeden van 250 tot 10.000 jaar; zie Figuur 1.1. Volgens de huidige methode (combinatie HR2006 en VTV2006) bestaan de HR per locatie uit een combinatie van waterstand en/of golfhoogte, -periode en –richting, afhankelijk van het beschouwde watersysteem (kust, meer of rivier). Deze wordt op probabilistische wijze met behulp van Hydra modellen bepaald, waarbij statistiek van wind, waterstand, afvoer en/of offshore golfcondities wordt vertaald naar waterstanden en golfcondities aan de teen van de dijk. Met behulp van deze afgeleide randvoorwaarden kan volgens het VTV2006 een toetsing worden uitgevoerd (voor de hoogtetoets wordt een volledig probabilistische toets uitgevoerd). Deze toetsing gaat uit van de overschrijdingskansbenadering, welke kijkt naar de lokale kans van overschrijding van de belasting voor de betreffende waterkeringssectie in relatie tot de sterkte van de waterkering.

In 2017 wordt de overstap van de overschrijdingskansbenadering naar de overstromingskansbenadering gemaakt. Deze laatste gaat niet alleen uit van het feit dat de belasting voor een specifieke waterkeringssectie bij een gegeven kans op overschrijden groter is dan de sterkte, maar neemt ook de kans op falen (rekening houdend met meerdere faalmechanismen) van enige waterkeringssectie binnen een dijkkring in beschouwing. Dit laatste wordt de overstromingskansbenadering genoemd. Het beoogde instrument waar deze overstromingsbenadering in geïmplementeerd gaat worden heet Hydra-RING.



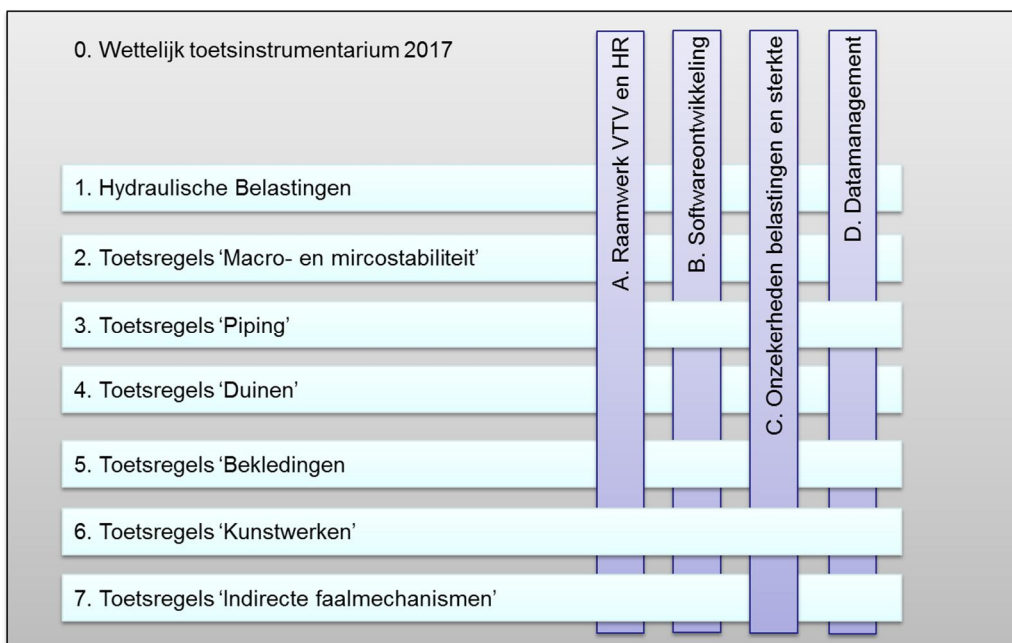
Figuur 1.1 Normfrequenties voor de primaire waterkeringen.

Het onderzoek (voorheen in SBW kader uitgevoerd) en het ontwikkelen van het toetsinstrumentarium (WTI) zijn zodanig met elkaar verbonden dat deze activiteiten vanaf 2012 als één programma "WTI2017" worden uitgevoerd. Daarbij worden zeven inhoudelijke deelprogramma's/onderdelen onderscheiden en vier meer generieke deelprogramma's, respectievelijk de horizontale en verticale clusters in Figuur 1.2.

Het programma wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het organisatie onderdeel van Rijkswaterstaat genaamd Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) is gedelegeerd opdrachtgever. Het programma WTI2017 wordt gefinancierd uit het Infrastructuurfonds, artikel 11, hoofdwatersysteem. Dit maakt lange termijn planning mogelijk. Het Rijk is verantwoordelijk voor het aanleveren van het Wettelijk Toetsinstrumentarium. De waterkeringbeheerders toetsen daarmee of hun primaire waterkeringen aan de normen voldoen. De kwaliteit van het instrumentarium en de uitvoering van de toetsing is van groot belang; maatschappelijk, het gaat immers om de veiligheid van de inwoners en het voorkomen van schade aan de infrastructuur, maar ook vanwege de hoge kosten die gemoeid zijn met het noodzakelijk verbeteren van eventueel afgekeurde dijkvakken.

Het doel van het cluster Hydraulische Belastingen is tweeledig:

1. Uitvoeren van nieuwe productieberekeningen voor de gebieden waar programma's zoals Ruimte voor de River en Maaswerken een grote invloed hebben op de Hydraulische Belastingen;
2. Uitvoeren van onderzoek met als doel het realiseren van meer betrouwbare Hydraulische Randvoorwaarden in 2017 en verder.



Figuur 1.2 Organisatie van het WTI2017 project

Het cluster Hydraulische Belastingen is, conform de doelstellingen van het project opgedeeld in twee onderdelen. Het eerste onderdeel heeft betrekking op de uitvoering van de productieberekeningen, het tweede onderdeel van het project heeft betrekking op het onderzoek gerelateerd aan het verbeteren van de Hydraulische Belastingen.

Voor het eerste onderdeel geldt dat de globale planning hiervan is: (i) 2013: Voorbereiden en afbakenen productieberekeningen, (ii) 2014 verzamelen benodigde gegevens en (iii) 2015: uitvoeren productieberekeningen.

Dit rapport is opgesteld in het kader van het eerste onderdeel: productieberekeningen.

1.2 Doel

In het kader van het project WTI2017 worden voor enkele specifieke watersystemen nieuwe productieberekeningen met hydrodynamische modellen voorbereid. Deze berekeningen moeten de informatie leveren waarmee de fysische databases (hydrodynamica) voor het probabilistisch model (Hydra-Ring) moeten worden gevuld.

De volgende activiteiten maken deel uit van deze voorbereiding:

1. Specificatie inhoud databases fysica:
 - a. sleutelparameters: invoer hydrodynamische modellen, denk aan rivierafvoer, windsnelheid
 - b. resultaatparameters: uitvoer hydrodynamische modellen, denk aan waterstanden, golfparameters
2. Specificatie van alle overige parameters (inclusief waarden), die nodig is om de relatie te leggen tussen invoer en uitvoer (zie ook afbakening, sectie 1.3).
3. Specificatie van de te hanteren schematisaties voor het uitvoeren van de productieberekeningen
4. Specificatie van de te hanteren uitvoerlocaties welke opgenomen worden in de fysische databases.

De voorbereiding moet leiden tot een advies richting de opdrachtgevende partijen (Rijkswaterstaat en DGRW) die mede op basis van dit advies een besluit kunnen nemen over de verdere invulling van de productieberekeningen in het kader van WTI2017. Het geven van dit advies vormt de doelstelling van dit rapport.

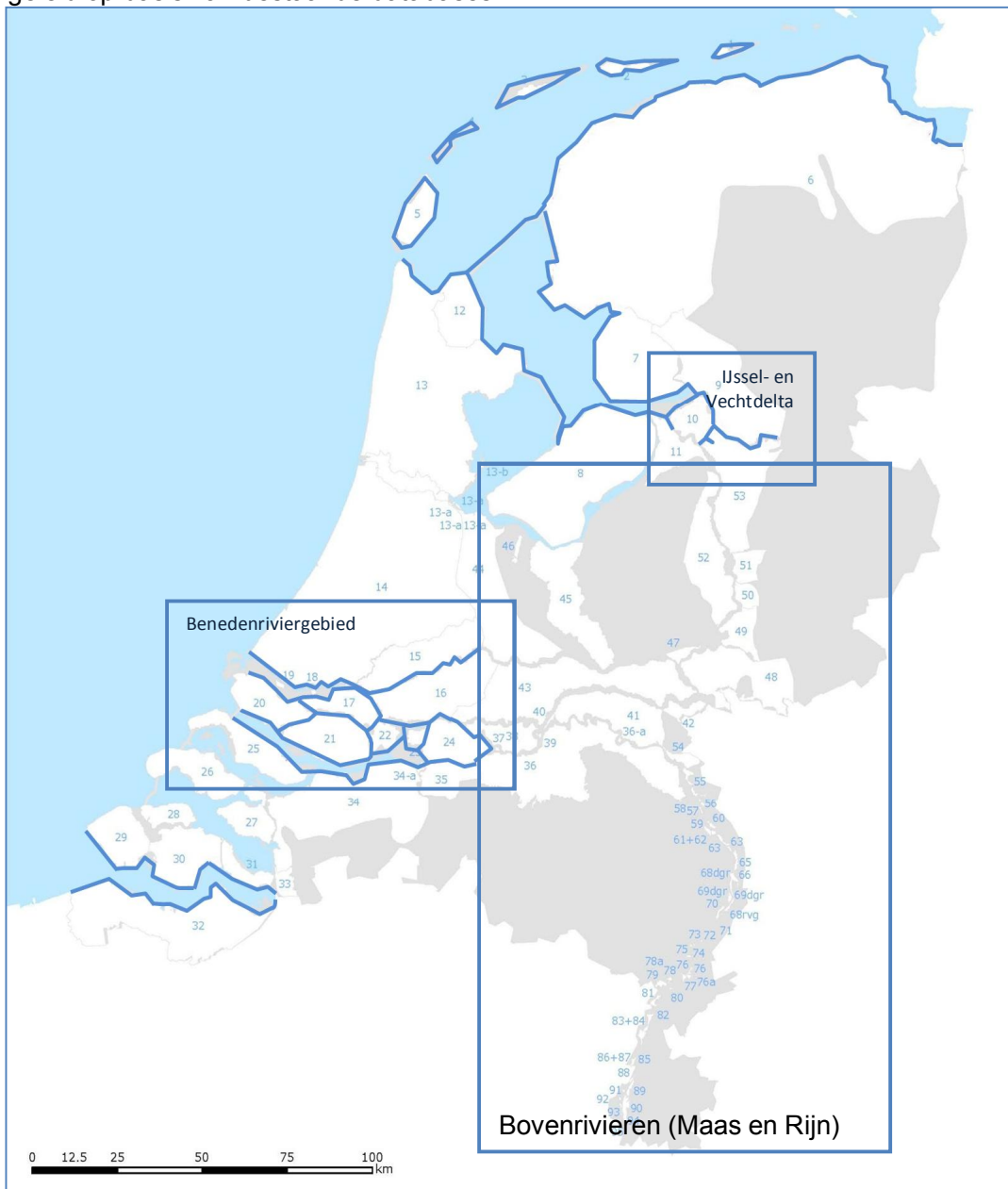
In 2013 is reeds een deel van de voorbereiding vormgeven en vastgelegd in Deltares (2013a). De in 2013 vastgelegde uitgangspunten betreffen vooral uitgangspunten in relatie tot de beschrijving van de fysieke situatie (RvR maatregelen et cetera) zoals deze meegenomen dient te worden in de productieberekeningen. In 2014, deze studie, wordt dit verder aangevuld met de uitgangspunten gerelateerd aan de aansturing van de productieberekeningen (te hanteren statistiek, afvoergolfvorm, etc.)

1.3 Afbakening

Nieuwe productieberekeningen worden alleen uitgevoerd voor gebieden die worden beïnvloed door de Ruimte voor de Rivier (RvR) maatregelen en Maaswerken maatregelen. Dat betekent dat de uitgangspunten in dit rapport alleen betrekking hebben op de volgende watersystemen (zie ook Figuur 1.3):

- Rijntakken (Waal, Nederrijn-Lek, IJssel, Boven-Rijn, Pannerdensch Kanaal))
- Maas
- Benedenrivieren
- Vecht- en IJsseldelta

Het opnieuw uitvoeren van produktieberekeningen voor gebieden anders dan bovengenoemde gebieden valt buiten de scope van WTI2017 zoals opgesteld door de opdrachtgevende partijen (Rijkswaterstaat en DGRW). Merk op dat in verband met de overgang naar overstromingskansen wel voor alle gebieden nieuwe HR zullen worden afgeleid op basis van bestaande databases.



Figuur 1.3 Watersystemen waarvoor nieuwe produktieberekeningen worden uitgevoerd in het kader van WTI2017

Merk op dat als startpunt voor de activiteiten in het kader van WTI2017 de aanpak en resultaten van WTI2011 worden gebruikt. Dit betekent dat de consequenties van keuzes zoals gespecificeerd in dit rapport ten opzichte van WTI2011 zijn gedefinieerd.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een samenvatting gegeven van de in 2013 vastgestelde uitgangspunten. Hoofdstuk 3 gaat in op de te hanteren statistiek en de vertaling van deze statistiek naar de discrete combinaties van stochasten ten behoeve van de productieberekeningen. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de te hanteren tijdsverlopen van de verschillende invoergrootheden voor de produktieberekeningen. In hoofdstuk 5 worden aanvullende uitgangspunten ten aanzien van de schematisaties gepresenteerd, waarna in Hoofdstuk 6 de overige uitgangspunten worden beschreven.

2 Samenvatting uitgangspunten vastgesteld in 2013

In Deltares (2013a) is reeds een deel van de uitgangspunten voor de produktieberekeningen voor WTI2017 vastgelegd. Deze uitgangspunten worden onderstaand samengevat. Voor een andere onderbouwing van deze uitgangspunten wordt verwezen naar Deltares (2013a).

- Belastingmodel:

- *Meenemen van onzekerheden*

Het ambitieniveau van WTI2017 is om statistische en modelonzekerheden mee te nemen in het belastingmodel. Dit betekent dat de produktieberekeningen zodanig ingericht dienen te zijn: voldoende brede range ten aanzien van de basisstochasten. Het daadwerkelijk meenemen van onzekerheden in belastingen als onderdeel van WTI2017 dient nog besloten te worden door DGRW.

- *Vereenvoudiging ten aanzien van de correlatie tussen Rijn-Maas afvoer en correlatie tussen Vecht-IJssel afvoer*

In de voorgaande WTI-ronde (WTI2011) is voor de produktieberekeningen uitgegaan van de zogenaamde 50% relatie tussen de afvoeren van de Rijn en de Maas. Voor WTI2017 wordt deze 50% relatie losgelaten, wat tot een halvering van het aantal produktieberekeningen voor het benedenrivierengebied leidt.

- Schematisaties:

- *Meest recent beschikbare bodem*

Voor de waterstands- en golfberekeningen zal gebruik worden gemaakt van de meest recent beschikbare bodemligging van zomer- en winterbed.

- *Maatregelen RvR en Maaswerken*

Ten aanzien van de inrichting van het rivierbed wordt rekening gehouden met de realisatie van alle Ruimte voor de Rivier en Maaswerken maatregelen. Uitgangspunt is de schematisatie van de maatregelen zoals deze aanlevert wordt door de regionale directies in het kader van de pakkettoets.

- *Overige maatregelen meenemen bij voldoende zekerheid (MIRT3)*

Naast de bovengenoemde maatregelen zijn er verschillende andere activiteiten gepland in het rivierbed. Deze activiteiten worden meegenomen in de waterstands- en golfberekeningen vooropgesteld dat er een investeringsbesluit is genomen dat vergelijkbaar is aan MIRT3.

- *Maaskeringen twee modellen: één met oneindig hoge kades en één met kades met de werkelijke hoogte*

Voor de Maas worden twee sets van berekeningen uitgevoerd: 1 met oneindig hoge maaskades en 1 met de maaskades op werkelijke hoogte.

- *Vegetatiebeeld 1997*

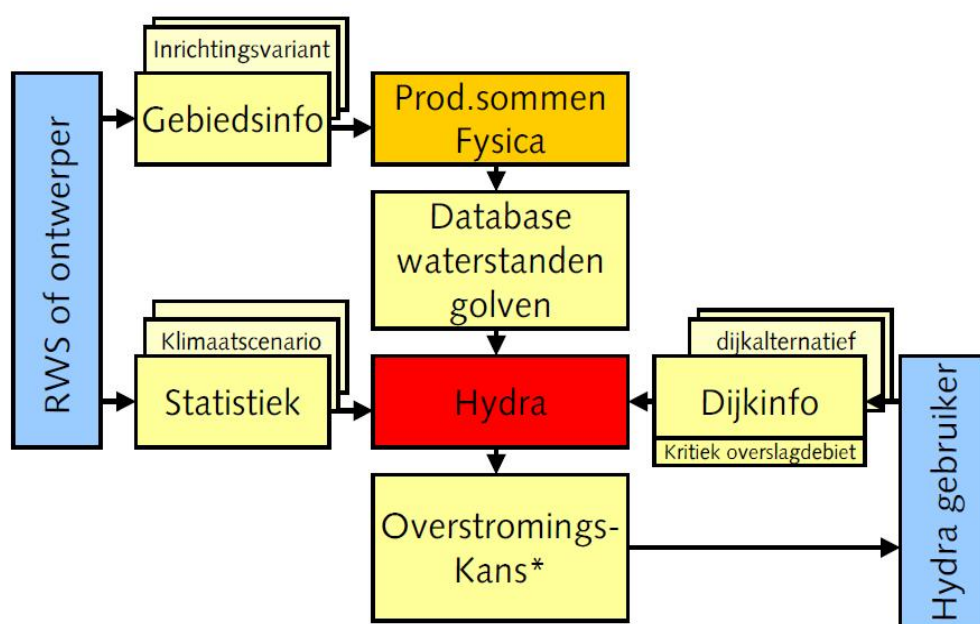
Tot slot wordt voor het vegetatiebeeld de situatie van 1997 gehanteerd. Hoewel dit een sterk verouderd beeld is, is dit het enige gebiedsdekkende beeld dat bij benadering hetzelfde hydraulische effect heeft als het vegetatiebeeld zoals dat verwacht wordt in de periode 2017-2023.

- Uitvoerlocaties: alleen aanpassen bij dijkverleggingen
Voor de uitvoerlocaties geldt dat in principe de huidige set van uitvoer- en HR locaties gehandhaafd wordt, met uitzondering van de locaties waar dijkkringlijnen zijn veranderd. Nieuw te definiëren locaties (als gevolg van dijkverleggingen) worden conform de WTI2011 procedure gedefinieerd.

3 Statistiek

3.1 Inleiding

De hydraulische belastingen worden op een probabilistische wijze afgeleid, waarbij de statistiek van verschillende basisstochasten worden gecombineerd met de vertaling van deze basisstochasten naar de teen van de beschouwde dijkvakken op basis van gebiedsinformatie. Een schematische weergave van deze aanpak is gepresenteerd in Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Schematische weergave probabilistische afleiding hydraulische randvoorwaarden

In het kader van WTl2017 wordt gewerkt aan het updaten van de input voor deze probabilistische afleiding van de hydraulische randvoorwaarden. Het betreft enerzijds het updaten van de gebiedsinformatie (bijvoorbeeld invloed van Ruimte voor de Rivier) en anderzijds de statistiek (zoals afvoer en zeewaterstand).

In de hiernavolgende secties wordt nader ingegaan op de opties voor het updaten van de statistiek, ook wel basisstochasten genoemd. Het gaat hierbij om de basisstochasten zoals gepresenteerd in Tabel 3.1.

Watersysteemtype	Watersysteem	Stochast				
		Wind	Afvoer	Meerpeil	Zeewaterstand	Keringtoestand
Rivier	Rijntakken	Schiphol	Lobith	-	-	
	Maas	Schiphol	Borgharen	-	-	
Rivier_naar_meer_metSVK	IJsseldelta	Schiphol	Olst	IJsselmeer	-	Ramspol
	Vechtdelta	Schiphol	Dalfsen	IJsselmeer	-	Ramspol
Rivier_naar_zee_metSVK	RMM: buiten SVK	Schiphol	Lobith	-	HoekvanHolland	Europoort
	RMM: Rijndominant	Schiphol	Lobith	-	HoekvanHolland	Europoort
	RMM: Maasdominant	Schiphol	Lith	-	HoekvanHolland	Europoort

Tabel 3.1 Overzicht basisstochasten per watersysteem.

3.2 Afvoer

3.2.1 Inleiding

Voor de gebieden waarvoor in het kader van WTI2017 nieuwe productieberekeningen worden uitgevoerd geldt dat de rivierafvoer (Rijn, Maas en/of Vecht) als basisstochast geldt, zie Tabel 3.1. Als startpunt voor WTI2017 wordt de statistiek gehanteerd zoals gehanteerd in het kader van WTI2011, eventueel bijgewerkt met de laatste inzichten.

Voor de afvoerstatistiek wordt onderscheid gemaakt tussen de statistiek van Rijn, Maas en Vecht. In de hiernavolgende paragrafen wordt voor elk van deze afvoeren aangegeven of, en op welke wijze, de statistiek geupdate dient te worden.

3.2.2 Rijn (Lobith)

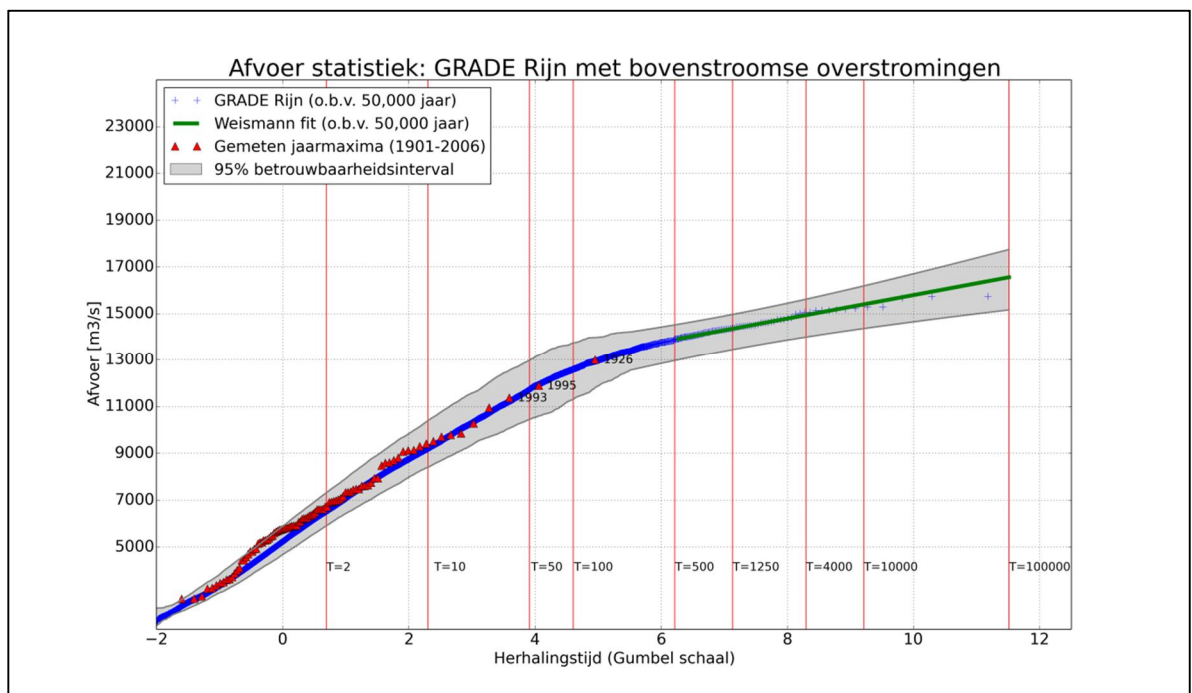
Het startpunt voor de te hanteren statistiek van de afvoer bij Lobith is het resultaat van GRADE met overstromingen, zoals weergegeven in Tabel 3.2 en Figuur 3.2 en beschreven in Passchier et al. (2014). Verder is het voor het vervolg relevant om te melden dat het hier de resultaten betreft gebaseerd op 50.000 jaar simulaties.

Voor deze resultaten van GRADE met overstromingen geldt dat hiervan de verwachtingswaarde als onvoldoende conservatief wordt beoordeeld (aanbevelingen ENW met betrekking tot concept uitgangspuntenrapport). Hiermee wordt onder meer bedoeld op de impact van eventuele noodmaatregelen welke in het bovenstroomse gebied getroffen kunnen worden.

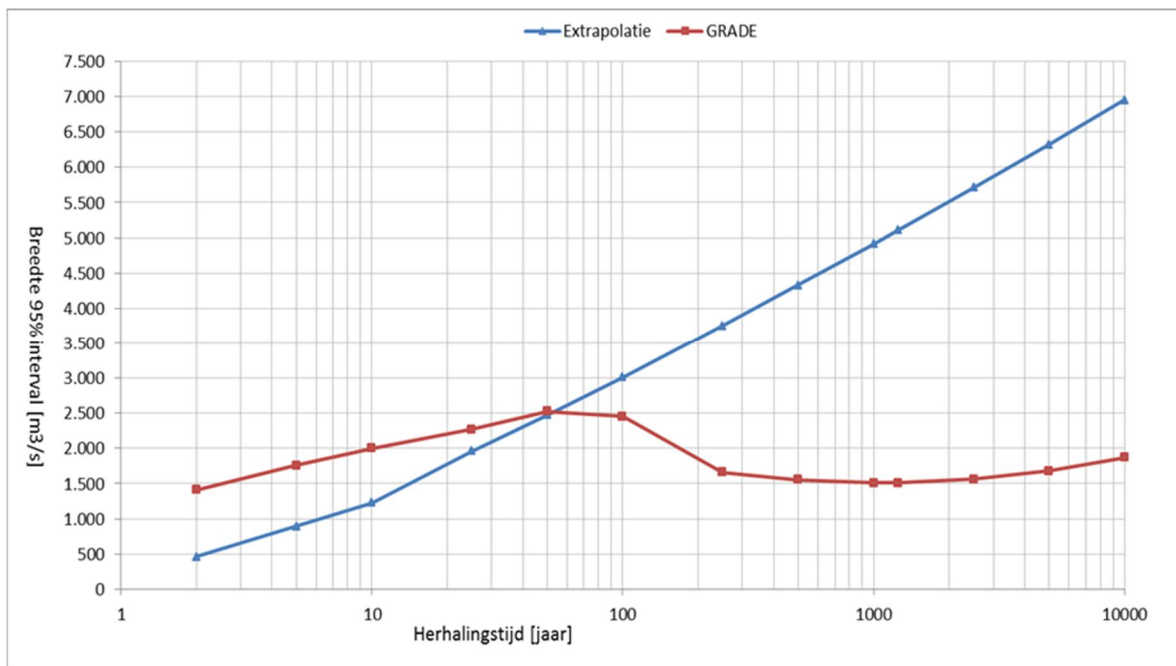
Naast de verwachtingswaarde zijn er ook twijfels over de robuustheid van de onzekerheidsbanden rondom de verwachtingswaarde. In Figuur 3.3 is te zien dat de breedte van deze onzekerheidsbanden een relatief grillig verloop vertoont. De breedte neemt fors af voor herhalingstijden tussen 100 en 1250 jaar om voor hogere herhalingstijden weer langzaam toe te nemen. De afname van de breedte van de onzekerheidsbanden wordt veroorzaakt door het overstromen van de bovenstroomse gebieden: deze vangen een eventuele verandering (toe of afname) van de afvoer op waardoor de onzekerheidsband kleiner wordt.

T (jaar)	GRADE	95% ondergrens	95% bovengrens
2	5941	5331	6657
5	7970	7206	8927
10	9129	8340	10297
25	10597	9636	11880
50	11706	10438	12966
100	12578	11290	13754
250	13397	12561	14220
500	13895	12971	14523
1.000	1424	13351	14861
1.250	14358	13466	14977
2.500	14711	13806	15367
5.000	15067	14121	15802
10.000	15432	14425	16294

Tabel 3.2 Resultaten GRADE voor de Rijn bij Lobith, met overstromingen in bovenstroomse delen van het stroomgebied



Figuur 3.2 Resultaten GRADE en frequentieanalyse voor de Rijn bij Lobith, met overstromingen in bovenstroomse delen van het stroomgebied



Figuur 3.3 Breedte 95% betrouwbaarheidsintervallen van GRADE (met overstromingen) en huidige extrapolatiemethode, station Lobith.

Zoals aangegeven in de voorgaande paragrafen, wordt de verwachtingswaarde van GRADE met overstromingen als onvoldoende conservatief beoordeeld. Het belangrijkste argument voor dit oordeel is het feit dat er geen rekening wordt gehouden met eventueel te treffen noodmaatregelen in het bovenstroomse deel (bovenstrooms van Lobith). Deze noodmaatregelen hebben invloed op de afvoerstatistiek bij Lobith via de verandering van het moment waarop overstromingen plaats vinden in het gebied waar noodmaatregelen worden getroffen.

Het effect van het nemen van noodmaatregelen op de afvoerstatistiek kan worden meegenomen door te kijken naar de verandering van de afvoer bij Lobith als gevolg van het integraal verhogen van de dijken bovenstrooms van Lobith. Als bovengrens voor deze verhoging wordt een verhoging van 0,5 meter aangenomen. Dit betekent in de praktijk dat over een afstand van circa 760 kilometer de bovenstroomse dijken bij een extreme afvoer met 0,5 meter zandzakken (of andere maatregelen) verhoogd worden. Hierbij wordt verder aangenomen dat de dijken (geotechnisch gezien) voldoende sterk zijn om stand te houden bij deze verhoging van 0,5 meter.

Het effect van deze verhoging is doorgerekend met behulp van GRADE als onderdeel van een gevoeligheidsanalyse (Van den Boogaard et al., 2014). Daarbij is gerekend met 20.000 jaar aan simulaties in plaats van de 50.000 jaar voor GRADE met overstromingen op basis waarvan de resultaten, die zijn gepresenteerd in Tabel 3.2, zijn bepaald. In het ideale geval was de gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een reeks van 50.000 jaar en hadden de resultaten direct gebruikt kunnen worden. Nu dienen de resultaten uit Tabel 3.2 gecorrigeerd te worden op basis van de gevoeligheidsanalyse vanwege de beschikbaarheid van GRADE resultaten. Deze aanpak wordt als voldoende nauwkeurig beschouwd voor de hier beoogde toepassing.

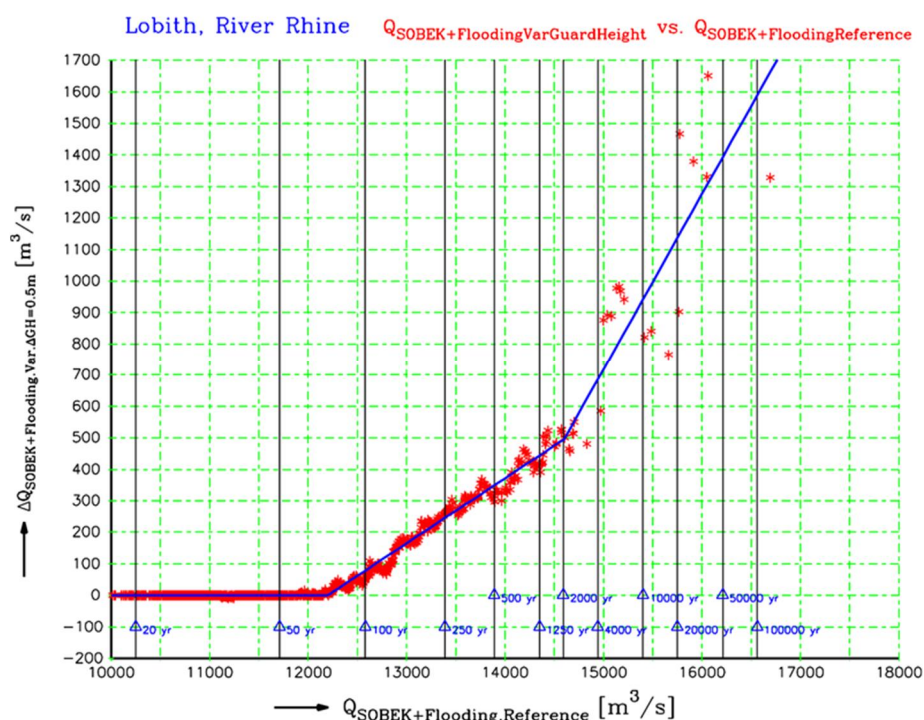
Deze correctie komt tot stand door te kijken naar het verschil tussen de situatie met en zonder 0,5 meter dijkverhoging op basis van de reeks met een lengte van 20.000 jaar. Figuur 3.4 laat op de horizontale as de afvoer volgens de situatie zonder 0,5 meter verhoging zien en op de verticale as de verandering van de afvoer bij Lobith als gevolg van een verhoging van de dijken bovenstrooms met 0,5 meter. De rode puntjes tonen de berekende verschillen per gesimuleerd jaar maximum. Als gevolg van de verschillende vormen van de afvoergolven liggen deze verschillen niet netjes op 1 lijn, maar is er sprake van een puntenwolk.

Door de puntenwolk is een lijn gefit, welke de verwachtingswaarde van het effect van de verhoging van de bovenstroomse dijken met 0,5 meter representeert. Deze lijn kan vervolgens op twee manieren gebruikt worden om de resultaten van GRADE met overstromingen te corrigeren voor 0,5 meter dijkverhoging bovenstrooms:

- 1 Pas de gevonden correctie toe op de gesimuleerde 50.000 jaar maxima en voer vervolgens de nabewerking (extrapolatie) uit.
- 2 Pas de gevonden correctie toe op de vastgestelde verwachtingswaarde zoals gepresenteerd in Tabel 3.2 en Figuur 3.2.

Omwillen van het feit dat de correctie gedefinieerd is als een fit, is deze fit toegepast op de fit van de GRADE resultaten gebaseerd op 50.000 jaar. Dit heeft als bijkomend voordeel dat dit beter uitlegbaar is dan de methode waarbij de punten eerst gecorrigeerd worden en vervolgens geëxtrapolated worden.

Effectief betekent dit dat de lijn uit Figuur 3.4 wordt toegepast op de resultaten gepresenteerd in Tabel 3.2. Het resultaat hiervan is gepresenteerd in Tabel 3.3. Deze tabel geeft de verwachtingswaarde van de afvoerstatistiek, met inachtneming van het effect van 0,5 meter dijkverhoging als gevolg van noodmaatregelen.



Figuur 3.4 Verandering van de afvoer bij Lobith als gevolg van een verhoging van de dijken bovenstrooms met 0,5 meter. (Rode *: berekende verschillen per jaar maximum; Blauwe lijn: gefitte functie op basis van de verschillen per jaar maximum)

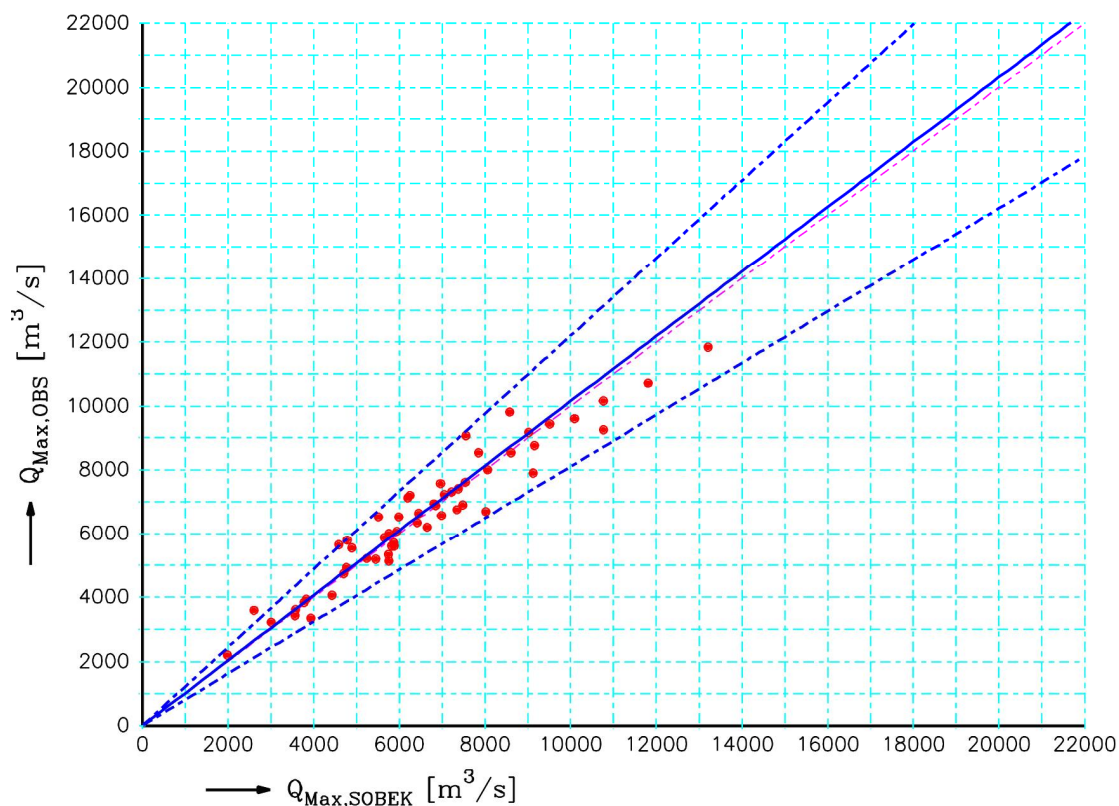
T (jaar)	GRADE met overstromingen [m ³ /s]	Effect 0,5 meter verhoging [m ³ /s]	GRADE met overstromingen met 0,5 meter verhoging [m ³ /s]
2	5941	-1	5940
5	7970	0	7970
10	9129	1	9130
25	10597	-2	10595
50	11706	-1	11705
100	12578	77	12655
250	13397	243	13640
500	13895	345	14240
1.000	14245	420	14665
1.250	14358	442	14800
2.500	14711	544	15255
5.000	15067	733	15800
10.000	15432	908	16340

Tabel 3.3 Correctie GRADE met overstromingen voor 0,5 meter verhoging van bovenstroomse dijken

Zoals aangegeven in voorgaande paragrafen zijn er vraagtekens gezet bij de breedte en het verloop van de onzekerheidsbanden behorende bij de situatie GRADE met overstromingen. Teneinde hier een meer robuust resultaat te hebben (met dus iets bredere onzekerheidsbanden en een meer geleidelijk verloop van de onzekerheidsbanden) is aanvullend aan de bestaande onzekerheidsanalyse ook de resterende modelonzekerheid in beeld gebracht. In deze sectie wordt toegelicht op welke wijze dit gerealiseerd is en welke onzekerheidsbanden hieruit volgen.

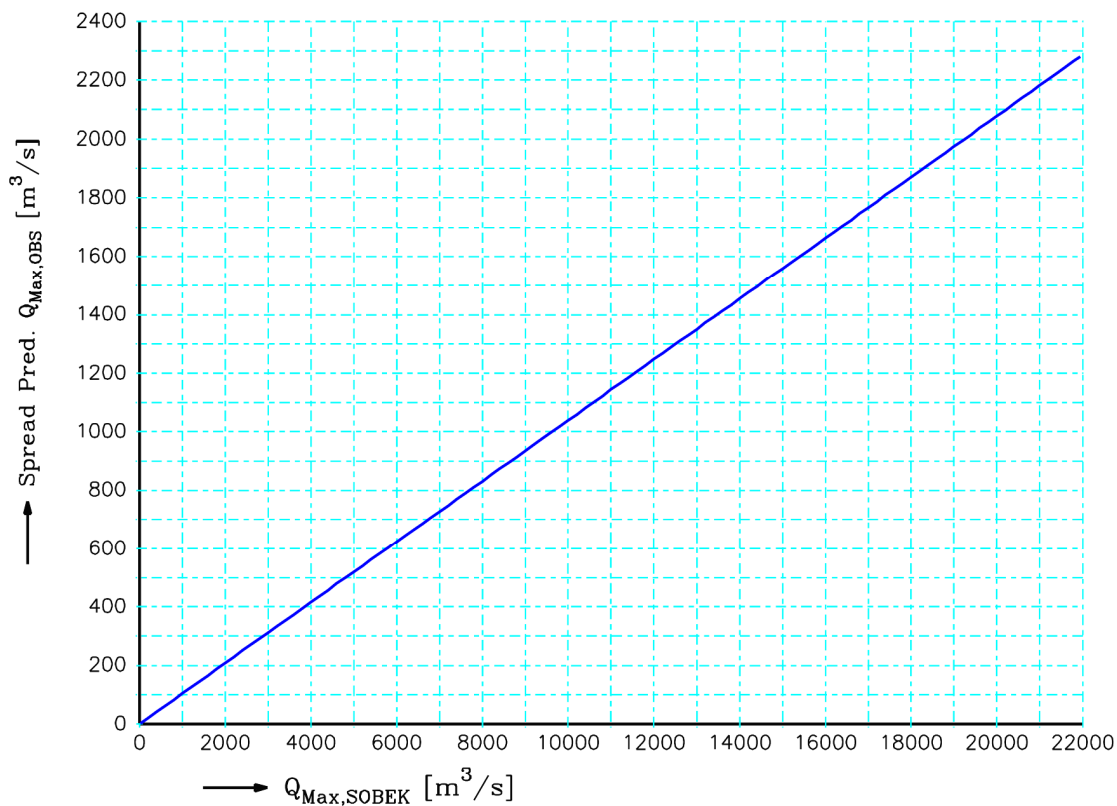
Als onderdeel van de analyse uitgevoerd voor GRADE met overstromingen is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd (Van den Boogaard et al., 2014). Deze gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd ten aanzien van twee aspecten: onzekerheid in de meteorologie en de onzekerheid in de hydrologie. Dit heeft vervolgens geleid tot de relatief smalle onzekerheidsbanden zoals gepresenteerd in Figuur 3.3.

Voorname onzekerheden zijn echter niet de enige onzekerheden. Om deze reden zijn resterende modelonzekerheden in beeld gebracht door een analyse uit te voeren ten aanzien van de performance (voorspelkracht) van GRADE. Hiertoe zijn de resultaten van GRADE voor een hindcast periode van 53 jaar vergeleken met gemeten afvoeren Van den Boogaard en (Hegnauer, 2014). Wanneer GRADE “perfect” zou zijn, zouden deze punten op een 1-op-1 lijn liggen (als de jaarmaxima tegen elkaar geplot zouden worden). Figuur 3.5 toont een dergelijke plot, met op de horizontale as de berekende jaarmaxima voor de afvoer bij Lobith en op de verticale as de gemeten jaarmaxima van de afvoer bij Lobith. Duidelijk is te zien dat er sprake is van een bepaalde mate van spreiding rondom de 1-op-1 lijn. Deze mate van spreiding wordt gedefinieerd als modelonzekerheid en dient meegenomen te worden in de afleiding van onzekerheidsbanden rondom de in de voorgaande paragraaf gespecificeerde verwachtingswaarde. Merk op dat dit aanvullende onzekerheid is ten opzichte van de reeds in rekening gebrachte onzekerheden voor GRADE met overstromingen.



Figuur 3.5 Vergelijking gemeten en berekende jaarmaxima van de afvoer bij Lobith. Rode punten: datapunten, blauwe lijnen fit van de onzekerheidsband.

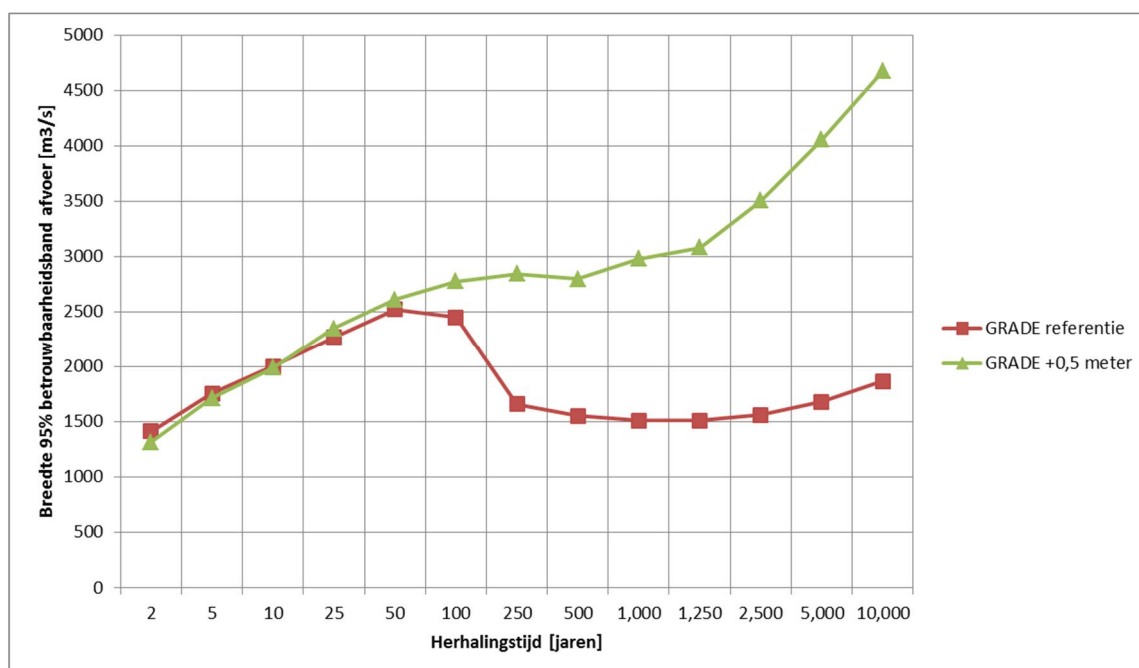
Als onderdeel van de onzekerheidsanalyse is nu aanvullend op de reeds in rekening gebrachte onzekerheden voor GRADE ook de spreiding opgenomen zoals weergegeven in Figuur 3.5. Hiertoe is de spreiding van de rode punten uit Figuur 3.5 vertaald naar een standaarddeviatie als functie van de afvoer bij Lobith. Dit is gedaan door een onzekerheidsband met een lineair toenemende standaarddeviatie te fitten op de rode punten uit Figuur 3.5. Gekozen is voor een lineair toenemende standaarddeviatie, zoals getoond in Figuur 3.6, omdat niet duidelijk is wat het precies moet zijn en omdat verwacht wordt dat de keuze voor een lineaire toename een conservatieve keuze is. Het resultaat is de blauwe gestreepte lijnen in Figuur 3.5.



Figuur 3.6 Verloop standaarddeviatie voor resterende modelonzekerheid als functie van afvoer bij Lobith

Het verloop van de resterende modelonzekerheid is toegevoegd aan de reeds beschouwde onzekerheden in GRADE met overstroom conform de methode gehanteerd voor het afleiden van deze onzekerheden. Het resultaat hiervan is weergegeven in Figuur 3.7. Te zien is dat (i) de breedte van de betrouwbaarheidsband niet meer sterk afneemt na een herhalingsjijd van 100 jaar en (ii) dat de breedte van de betrouwbaarheidsband verder toeneemt vanaf een herhalingsjijd van circa 1250 jaar.

Dit verloop van de betrouwbaarheidsband wordt als voldoende robuust beschouwd en wordt gecombineerd met de verwachtingswaarde zoals gepresenteerd in voorgaande paragrafen.



Figuur 3.7 Breedte betrouwbaarheidsband als functie van herhalingstijd. Rood: GRADE met overstromen, zonder 0,5 meter verhoging bovenstroomse dijken (referentie), groen GRADE met overstromingen, met 0,5 meter verhoging bovenstroomse dijken.

Voorstel:

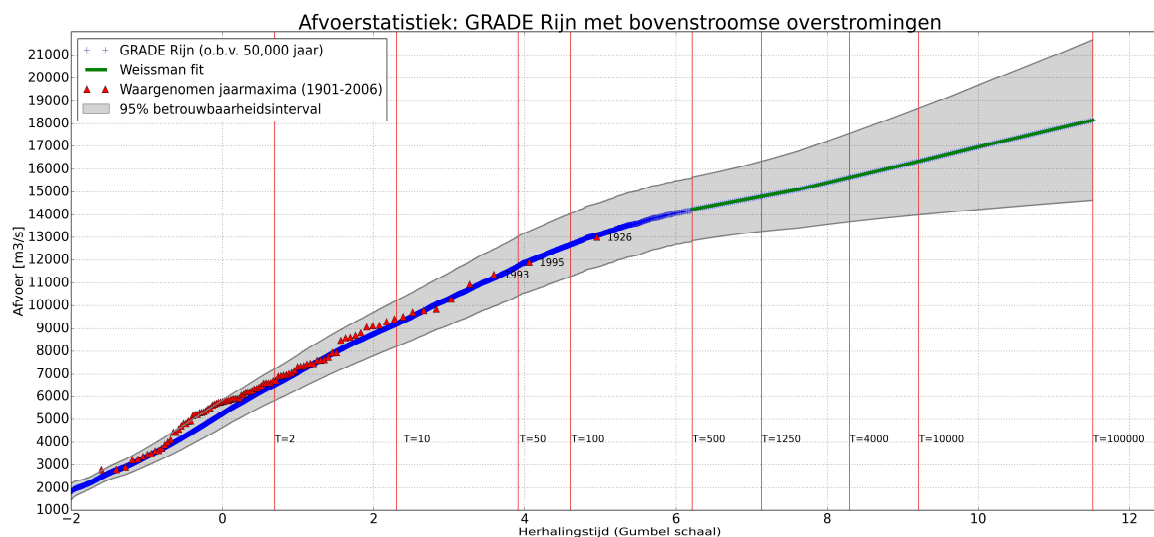
In voorgaande paragrafen is een voorstel gedaan voor het aanpassen van de verwachtingswaarde volgend uit GRADE met overstromingen, zodanig dat rekening wordt gehouden met inzet van noodmaatregelen bovenstrooms (equivalent aan 0,5 meter dijkverhoging). Verder is een voorstel gedaan voor het aanpassen van de betrouwbaarheidsbanden rondom de verwachtingswaarde zodanig dat ook resterende modelonzekerheden meegenomen worden.

De combinatie van deze beide aanpassingen wordt voorgesteld als de te hanteren afvoerstatistiek, welke tegemoet komt aan de voornaamste bezwaren van het gebruik van GRADE met overstromingen. Deze combinatie kan eenvoudig gemaakt worden door de nieuw voorgestelde betrouwbaarheidsbanden rondom de nieuw voorgestelde verwachtingswaarde te positioneren. Dit is conform de vigerende aanpak binnen GRADE aangaande het meenemen van onzekerheden (Van den Boogaard et al. 2014). Het resultaat van deze combinatie is gepresenteerd in Tabel 3.4.

Merk op dat er nog geen volledige overeenstemming met ENW is ten aanzien van dit voorstel. Mogelijk verandert het voorstel nog ten aanzien van het meenemen van het effect van noodmaatregelen bovenstrooms (op welke wijze dit wordt meegenomen: in de verwachtingswaarde of in de onzekerheidsband). Dit voorstel is echter zodanig dat de hieruit volgende discretisatie voor de productieberekeningen voldoende ruimte biedt om achteraf een andere keuze te maken.

T (jaar)	Verwachtingswaarde (m ³ /s)	95% ondergrens (m ³ /s)	95% bovengrens (m ³ /s)
2	5.941	5.284	6.599
5	7.970	7.113	8.828
10	9.130	8.136	10.124
50	11.706	10.402	13.010
100	12.656	11.269	14.043
250	13.641	12.219	15.064
500	14.240	12.841	15.639
1.250	14.799	13.258	16.340
2.500	15.256	13.503	17.010
3.500	15.520	13.640	17.400
5.000	15.799	13.772	17.826
10.000	16.342	14.003	18.682
25.000	17.060	14.270	19.850
50.000	17.603	14.454	20.753
100.000	18.147	14.628	21.666

Tabel 3.4 Resultaten GRADE voor de Rijn bij Lobith, met overstromingen in bovenstroomse delen van het stroomgebied, met 0,5 meter verhoging van de dijken bovenstrooms.



Figuur 3.8 Resultaten GRADE voor de Rijn bij Lobith, met overstromingen in bovenstroomse delen van het stroomgebied, met 0,5 meter verhoging van de dijken bovenstrooms.

Consequenties:

Het hanteren van de hierboven gespecificeerde afvoerstatistiek leidt tot een afname van de 1/1250 jaar afvoer met orde 1000 m³/s. Het effect hiervan op de waterstanden is in de orde van decimeters voor een herhalingstijd van 1/1250 jaar.

Vanwege het feit dat de discretisatie van stochasten gebaseerd wordt op de hier voorgestelde afvoerstatistiek is een aanvullende consequentie van dit voorstel dat er geen mogelijkheid meer is om terug te vallen op statistische extrapolatie of GRADE zonder overstromingen. Dit komt doordat de range aan produktieberekeningen onvoldoende is (bovengrens ligt te laag) om met voldoende nauwkeurigheid gebruikt te kunnen worden voor probabilistische berekeningen.

3.2.3 Maas (Borgharen)

Net als voor de Rijn geldt dat voor de Maas de afvoerstatistiek wordt beschreven met een werklijn. En evenals voor de Rijn is ook deze werklijn vastgesteld in het kader van HR2006. Voor WTI2017 zijn er een aantal opties met betrekking tot deze werklijn, welke onderstaand worden toegelicht:

- Update van de werklijn met verlenging van de onderliggende tijdreeks
- Vervanging van de werklijn met resultaten van GRADE zonder bovenstroomse overstromingen

Update werklijn door verlenging tijdreeks

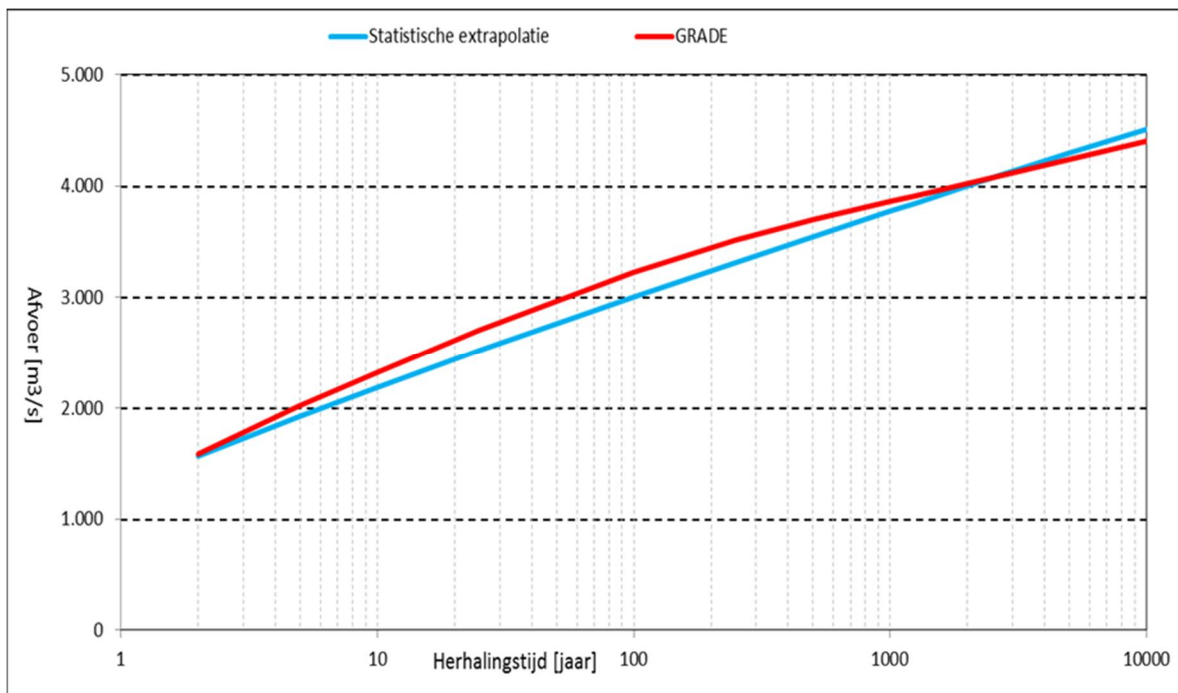
De werklijn zoals gehanteerd in de HR2006 is gebaseerd op een statistische extrapolatie van afvoer meetreeksen. In het kader van WTI2011 is onderzocht wat het effect is van het verlengen van de beschikbare meetreeksen met gemeten afvoeren uit de periode 2002 tot en met 2008, wat beschreven is in Deltares (2009b). De analyse van de resultaten liet zien dat het verlengen van de tijdreeks met 7 jaar leidde tot een toename van de afvoerstatistiek als gevolg van hoge jaarmaxima in de periode 1999-2002.

Een vergelijkbare actie is uitgevoerd in het kader van WTI2017, zie Deltares (2014a). Hierbij is de afvoerstatistiek verlengd met meetgegevens uit de periode 2009-2013. Uit de resultaten van deze analyse volgt een afname van de maatgevende (1/1250 jaar) afvoer met 5 m³/s. Deze afname valt binnen de bandbreedte van de vigerende afvoer.

Vervangen werklijn door GRADE zonder bovenstroomse overstromingen

Ook voor het stroomgebied van de Maas zijn GRADE berekeningen beschikbaar. Merk op dat voor de Maas, in tegenstelling tot de Rijn, geen GRADE met overstromingen bovenstrooms beschikbaar is. Het ontbreken van een versie van GRADE met overstromen bovenstrooms is het gevolg van een kennisachterstand. Het is mogelijk om GRADE met overstromingen op te zetten voor de Maas, maar hiervoor is nadrukkelijk aanvullende informatie vanuit België benodigd. Echter, verwacht wordt dat het effect van overstromingen in België beperkt zal zijn: orde 3-5% reductie voor afvoeren boven de 4000 m³/s. Hoewel niet volledig verwaarloosbaar, wordt deze reductie nu niet meegenomen. Deze optie wordt als conservatief beoordeeld.

Een vergelijking van de afvoerstatistiek bepaald op basis van statistische extrapolatie met de statistiek gebaseerd op de GRADE resultaten laat zien van deze bij benadering gelijk zijn. In Figuur 3.9 wordt de resulterende afvoerstatistiek van de statistische extrapolatie en GRADE gepresenteerd.



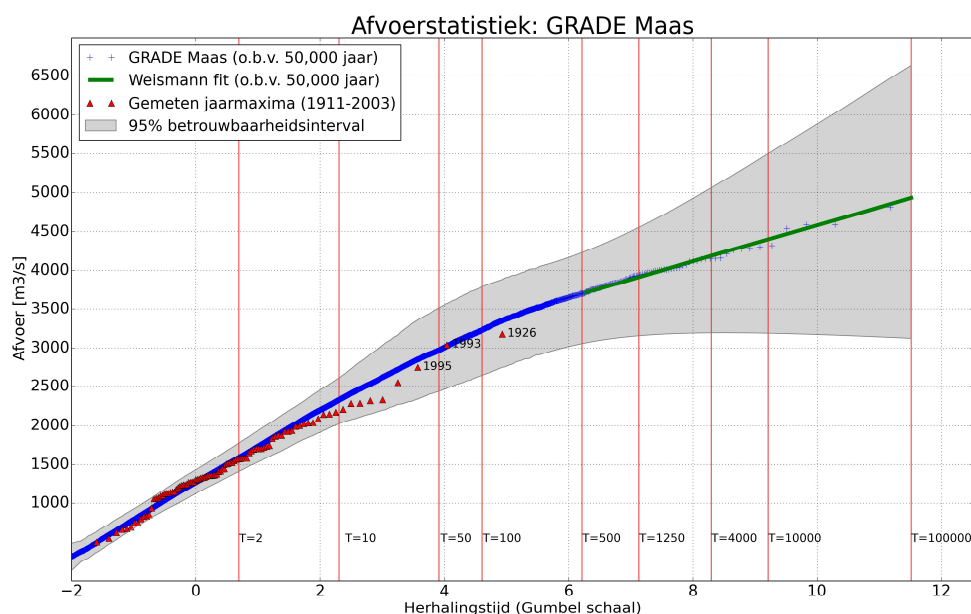
Figuur 3.9 Frequentielijnen GRADE en statistische extrapolatie op basis van metingen voor station Borgharen.

Voorstel:

Op basis van bovenstaande informatie wordt gesteld dat het voor WTI2017 mogelijk is om de resultaten van GRADE te gebruiken. Feitelijk maakt het geen significant verschil of statistische extrapolatie of GRADE gebruikt wordt voor de afvoerstatistiek (voor de relevante normfrequenties: > 1000 jaar), maar vanwege consistentie met de afvoerstatistiek van de Rijn en de afvoergolfvorm (welke bij voorkeur gebaseerd wordt op GRADE) wordt voor de afvoerstatistiek voor GRADE gekozen. Overstromingen in België worden niet meegenomen vanwege (i) verwachte beperkte invloed (3-5%) op de piekafvoer en (ii) het feit dat onvoldoende onderbouwing beschikbaar is voor een dergelijke keuze..

T (jaar)	Verwachtingswaarde (m ³ /s)	95% ondergrens (m ³ /s)	95% bovengrens (m ³ /s)
2	1440	1270	1610
5	1970	1740	2200
10	2300	2010	2590
20	2600	2190	3020
50	2970	2430	3510
100	3220	2650	3800
250	3520	2950	4090
500	3700	3110	4290
1,250	3910	3210	4610
2,000	4020	3240	4810
4,000	4180	3250	5120
10,000	4400	3240	5550
20,000	4560	3230	5890
50,000	4770	3200	6350
100,000	4930	3180	6690

Tabel 3.5 Te hanteren afvoerstatistiek voor de Maas bij Borgharen



Figuur 3.10 Resultaten GRADE voor de Maas bij Borgharen

Consequenties:

De consequenties van het hanteren van de afvoerstatistiek volgens uit GRADE zijn marginaal: de verschillen in de afvoerstatistiek tussen statistische extrapolatie en het huidige voorstel bedragen 75 m³/s voor de centrale waarde en orde 40 m³/s voor de 95% betrouwbaarheidsbanden voor een herhalingstijd van 1/1250 jaar. Dit vertaalt zich terug in een verschil in maatgevende waterstand van minder dan 1 decimeter. Voor de 1/250 jaar afvoer geldt dat met de toepassing van GRADE de afvoer toeneemt met orde 200 m³/s, wat een globaal effect van orde twee decimeter heeft op de waterstanden (lokaal kan dit aanzienlijk meer of minder zijn).

Merk op dat hierin geen overstromingen in het buitenland zijn meegenomen. Het effect van deze overstromingen wordt geschat op 3-5% op de piekafvoer. Een dergelijke afname van de piekafvoer zou leiden tot een afname van de waterstanden met orde 1 tot 1,5 decimeter.

3.2.4 Vecht (Dalfsen)

Voor de Vecht geldt dat de afvoerstatistiek in het verleden is vastgesteld middels een statistische extrapolatie in combinatie met een neerslagafvoer model, zie HKV (2002). De meest recente afleiding van de afvoerstatistiek voor de Vecht is gerapporteerd in HKV (2002). Hierin wordt de afvoerstatistiek afgeleid, rekening houdend met overstromingen bovenstrooms. In het kader van de afleiding van de HR2006 is nogmaals naar de afvoerstatistiek gekeken en is deze met een beperkte wijziging overgenomen, zie Geerse (2006).

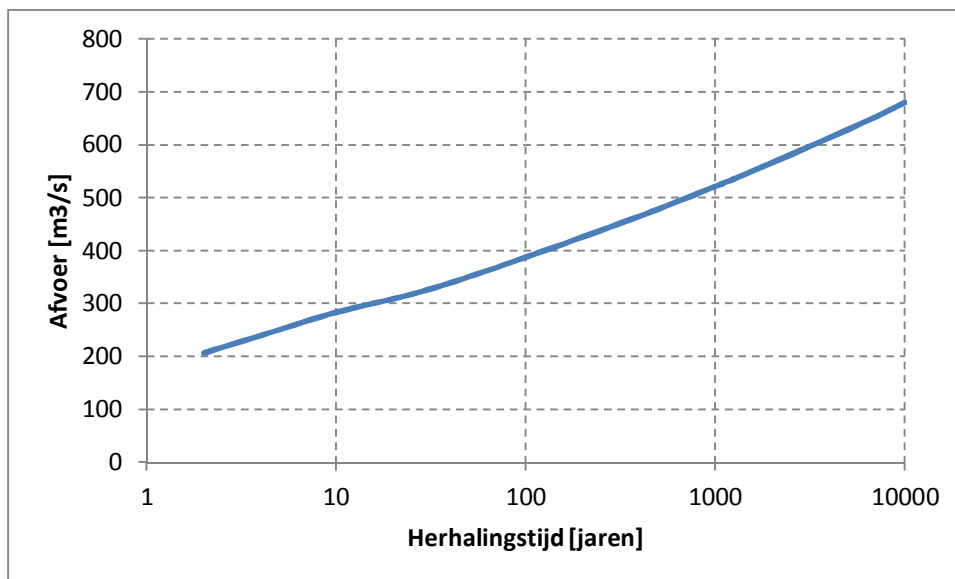
In het kader van WTI2017 is het effect van het verlengen van de tijdreeks in beeld gebracht, Deltares (2014b). Deze analyse laat een beperkte afname van de maatgevende afvoer zien. Daarnaast is zijn ook de onzekerheidsbanden in beeld gebracht.

Voorstel:

Voorgesteld wordt om de statistiek zoals afgeleid in Deltares (2014b) te hanteren. De voorgestelde werklijn is weergegeven in Tabel 3.6.

T (jaar)	Verwachtingswaarde	95% ondergrens	95% bovengrens
2	207	196	218
5	251	225	276
10	284	248	320
25	318	263	380
50	351	280	437
100	388	300	500
250	439	326	594
500	479	346	673
1.000	522	366	761
1.250	536	373	791
2.500	582	393	892
5.000	629	413	1004
10.000	680	434	1129

Tabel 3.6 Te hanteren afvoerstatistiek voor de Vecht bij Dalfsen



Figuur 3.11 Te hanteren afvoerstatistiek voor de Vecht bij Dalfsen

Consequenties:

Geen significante wijzigingen, dus geen consequenties.

3.2.5 IJssel (Olst)

Voor de bepaling van hydraulische randvoorwaarden in de IJssel-delta is een werklijn benodigd voor de IJssel ter plaatse van Olst. De basis van deze werklijn wordt gevormd door de werklijn van de Rijn bij Lobith. De werklijn van Lobith moet vervolgens worden doorvertaald naar Olst met behulp van WAQUA berekeningen welke het rivierbed beschrijven conform de situatie tussen 2017 en 2023.

De WTI2017 WAQUA berekeningen voor de Bovenrivieren zijn nog niet gereed omdat op het moment van schrijven van dit rapport nog gewerkt wordt aan de schematisaties hiervan. Dit betekent dat de daadwerkelijke werklijn voor de IJssel bij Olst nog niet gegenereerd kan worden. Echter, in het kader van WTI2017 is al wel onderzocht wat de mogelijke consequenties kunnen zijn van het aanpassen van de werklijn en golfvorm bij Lobith en hoe deze verandering doorwerkt in de werklijn voor de IJssel bij Olst. Deze activiteit is beschreven in Deltares (2013c).

Uit Deltares (2013c) volgt dat de verandering van de werklijn bij Lobith een effect heeft op de werklijn bij Olst conform de verdeling van de afvoer over de splitsingspunten. Hetzelfde geldt voor de vertaling van de onzekerheden in de werklijn bij Lobith naar onzekerheden in de werklijn bij Olst.

Voorstel:

Het voorstel voor de afvoerstatistiek van de IJssel bij Olst is het hanteren van de statistiek zoals voorgesteld voor de Rijn bij Lobith en deze door te vertalen naar de bijbehorende afvoeren bij Olst (conform aanpak WTI2011). Hierbij wordt de werkwijze zoals beschreven in Deltares (2013c) gehanteerd. Merk op dat dit pas uitgevoerd kan worden na uitvoering van de berekeningen voor de Bovenrivieren.

Consequenties:

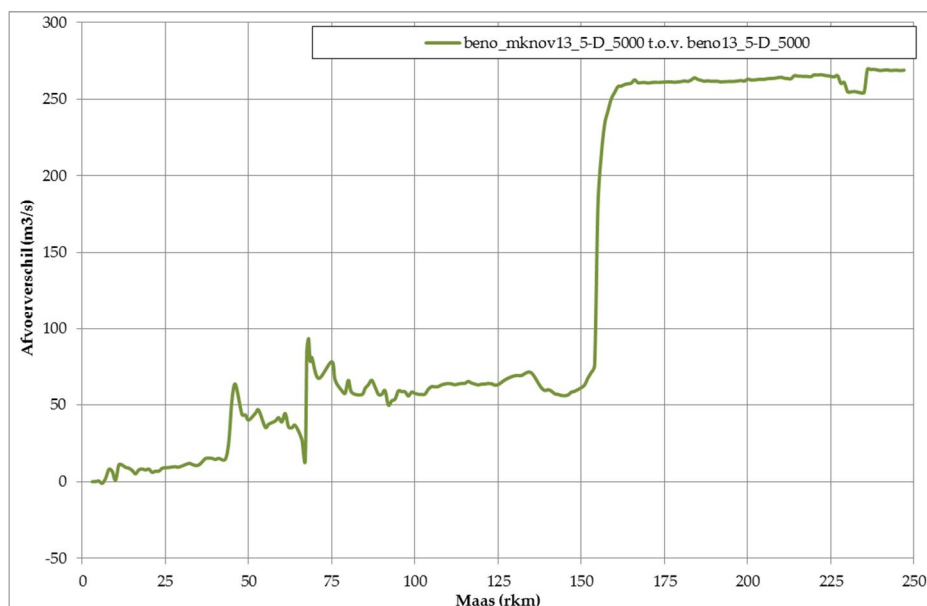
Het doorvertalen van de statistiek van Lobith naar Olst is niet anders dan voorheen, echter de statistiek bij Lobith is wel anders (zie paragraaf 3.2.2). Verwacht wordt dat het effect van de verandering van de afvoerstatistiek (en afvoergolfvorm) bij Lobith een groot effect heeft op de afvoerstatistiek bij Olst. De afname van de afvoer bij Lobith leidt tot een afname van de afvoer bij Olst conform de afvoerverdelingen op de splitsingspunten Pannerden en IJsselkop. Verwacht wordt dat dit een effect van enkele decimeters heeft het afvoergedomineerde deel benedenstrooms van Olst.

3.2.6 Maas (Lith)

Voor het afleiden van Hydraulische Randvoorwaarden in het Benedenrivierengebied geldt dat een werklijn beschikbaar dient te zijn voor de Maas bij Lith. Deze werklijn dient, net als voor de IJssel bij Olst, afgeleid te worden op basis van de werklijn en afvoergolfvorm van de Maas bij Borgharen, met inachtneming van de inrichting van het rivierbed in de periode 2017-2023.

Evenals voor de werklijn van de IJssel bij Olst is ook voor de afleiding van de werklijn van de Maas bij Lith de benodigde informatie nog niet beschikbaar. In Deltares (2013c) is echter wel een beeld geschetst van de effecten van wijzigen werklijn (en golfvorm) voor de Maas bij Borgharen. De analyse laat zien dat een gewijzigde werklijn en/of golfvorm voor de Maas bij Borgharen een effect heeft op de werklijn voor de Maas bij Lith. In tegenstelling tot de Rijn is ook de verandering van de golfvorm relevant omdat de golfvorm invloed heeft op de piekafvoer benedenstrooms.

Voor de vertaling van de afvoerstatistiek geldt verder dat ook de hoogte van de Maaskades invloed heeft op de afvoerstatistiek. Het effect is weergegeven in Figuur 3.9. Door ENW is aangegeven dat de werking van de retentiegebieden/overloopgebieden nog niet zeker is. Het ENW beveelt dan ook aan om uit te gaan van oneindig hoge kades voor de vertaling van de afvoerstatistiek van Borgharen naar Lith.



Figuur 3.12 Effect oneindig hoge kades op de piekafvoer als functie van rivierkilometer op de Maas voor een afvoer van 5.000 m³/s.

Net als voor de Rijn is in Deltares (2013c) ook gekeken naar de vertaling van de onzekerheidsbanden van Borgharen naar Lith. Uit deze analyse blijkt dat deze betrouwbaarheidsbanden in beperkte mate worden beïnvloed door een verandering van de werklijn bij Borgharen.

Voorstel:

Voorgesteld wordt om de werklijn voor de Maas bij Lith opnieuw af te leiden op basis van de nieuw uit te voeren produktieberekeningen voor de Bovenrivieren (conform aanpak WTI2011). Voor deze nieuwe produktieberekeningen geldt dan de afvoerstatistiek zoals voorgesteld in sectie 3.2.3. Verder wordt voor de vertaling gebruik gemaakt van de resultaten op basis van de werkelijke hoogte van de Maaskades.

Consequenties:

De consequenties van het opnieuw afleiden van de werklijn voor de Maas bij Lith zijn vergelijkbaar met de consequenties van de nieuwe gebiedsschematisaties en afvoerstatistiek zoals vastgesteld voor de Maas. Verwacht wordt dat voor de Maas de werklijn bij Borgharen slechts beperkt zal wijzigen, maar dat de afvoergolf significant zal wijzigen. Dit leidt naar alle waarschijnlijkheid tot een verlaging van de 1/1250 jaar afvoer bij Lith, wat potentieel een verlagend effect van orde 1 à 2 decimeter heeft op de maatgevende waterstanden in het afvoergedomineerde deel van de Maas. Hetzelfde geldt voor het hanteren van de werkelijke hoogten voor de Maaskaden bij de vertaling van de afvoerstatistiek van Borgharen naar Lith. Merk op dat deze effecten echter beperkt zijn tot het Maasafvoer gedomineerde deel van het benedenrivierengebied.

3.3 Zeewaterstand

Voor het benedenrivierengebied geldt dat de zeewaterstand bij Hoek van Holland als basisstochast wordt gehanteerd. De statistiek van de zeewaterstand is gebaseerd op de gemeten waterstanden over de periode 1887 tot en met 1985 en afgeleid in 1993, zie Dillingh (1993). Sindsdien is de waterstandsstatistiek voor Hoek van Holland ongewijzigd gebleven, met dien verstande dat deze wel gecorrigeerd is voor zeespiegelstijging.

Voor WTI2017 zou kunnen worden overwogen om de statistiek van de waterstanden bij Hoek van Holland (en overige basisstations) bij te werken tot en met 2013. In Deltares (2014c) is het effect van het verlengen van de tijdreeks met vijf jaar van 2007 naar 2012 in beeld gebracht. De waterstanden gebaseerd op de tijdreeks tot en met 2007 zijn opgenomen in WTI2011: de CR2011. De tijdreeks tot en met 1985 is de basis voor de statistiek gehanteerd in de HR2006 geweest. Tabel 3.7 laat zien dat de verandering van de maatgevende 1/10.000 jaar waterstand niet significant is.

1/10,000-year HW (cm)	Delfzijl	Harlingen	Den Helder	HvH	Vlissingen
1985 BP	615	440	415	475	555
1985 reproduction	602	429	394	458	530
2007 series	616	442	378	467	533
2012 series	616	444	376	466	532
ΔHW (2012-2007)	0	+2	-2	-1	-1
ΔHW (2012-1985 reproductie)	+14	+15	-18	+8	+2

Tabel 3.7 1/10,000 jaar hoogwaterstanden (HW) voor vier studies: basispeilen (BP) 1985 (Dillingh, 1993), 1985 reproductie, 2007 actualisatie (Deltares, 2009) en actualisatie 2012

Voorstel:

Voorgesteld wordt om de waterstandsstatistiek voor Hoek van Holland te handhaven vanwege de verwaarloosbare invloed van het verlengen van de tijdreeks. Merk op dat het hier alleen over waterstandsstatistiek voor Hoek van Holland gaat. Voor andere locaties (niet gekoppeld aan productieberekeningen) kan het wel relevant zijn om de tijdreeks te verlengen, bijvoorbeeld Delfzijl. Dit laatste wordt opgepakt binnen een ander onderdeel van WTI2017.

Wel wordt aanbevolen de waterstandsstatistiek te corrigeren voor zeespiegelstijging tot en met 2023 op basis van geobserveerde trend van de waterstanden. Deze trend is enigszins afgevlakt, waardoor voor Hoek van Holland dezelfde statistiek met bijbehorende correctie kan worden gehanteerd als voor WTI2011, zie Deltares (2014d).

Consequenties:

Toename van waterstandsstatistiek als gevolg van zeespiegelstijging met enkele centimeters. Dit leidt tot een toename van de maatgevende waterstand met enkele centimeters voor het benedenrivierengebied dat gedomineerd wordt door de zeewaterstand.

3.4 Windsnelheid/windrichting

Voor zowel het benedenrivierengebied als de IJssel-Vecht delta worden windsnelheid en windrichting als basisstochast gehanteerd. De gehanteerde windstatistiek in de HR2006 en WTI2011 is gebaseerd op een meetreeks van 1962 tot en met 1976, zie Geerse et. al. (2002). In het kader van WTI2011 is nieuwe windstatistiek afgeleid op basis van een meetreeks over de periode 1979 tot en met 2009. De resultaten hiervan verschilden niet significant van de statistiek afgeleid voor de periode 1963 tot en met 1976, dit is weergegeven in Tabel 3.8. Hieruit is geconcludeerd dat het verlengen van de tijdreeks geen significante invloed heeft op de windstatistiek. Op basis van het voorgaande mag verwacht worden dat de invloed van de verlenging van de tijdreeks van 1979-2009 naar 1979-2013 geen significante invloed heeft.

	Rijkoort (1983)	This study	Relative bias (%)
L.S. Texel /Texelhors	39.5	38.8 (35.4, 42.6)	-1.8%
Schiphol	36.2	35.7 (32.4, 39.3)	-1.4%
De Bilt	32.3	31.4 (28.8, 34.1)	-2.8%
Soesterberg	33.6	34.0 (31.3, 36.9)	1.2%
Leeuwarden	34.2	37.8 (34.4, 41.3)	10.5%
Deelen	38.0	34.2 (31.2, 37.7)	-10.0%
Eelde	33.8	34.5 (30.9, 38.5)	2.1%
Vlissingen	35.0	35.3 (32.4, 38.4)	0.9%
Zestienhoven	35.6	35.9 (33.3, 38.8)	0.8%
Gilze-Rijen	32.2	33.0 (30.6, 35.5)	2.5%
Eindhoven	33.4	31.0 (28.4, 33.6)	-7.2%
Beek	32.3	32.7 (29.8, 35.9)	1.2%

Tabel 3.8 Vergelijking HR2006 (Rijkoort, 1983) met verlengde tijdreeks (Thisstudy). Bron: Deltares (2009c).

Voorstel:

Handhaven van de bestaande windstatistiek: geen her-analyse op basis van verlengde tijdreeks.

Consequenties:

Geen aanpassingen, dus ook geen consequenties.

3.5 Meerpeil

Specifiek voor IJssel-Vecht delta geldt dat het meerpeil van het IJsselmeer als basisstochast wordt meegenomen. De meerpeilstatistiek beschrijft de statistiek van de daggemiddelde waarden van het IJsselmeerpeil, exclusief de invloed van windopzet. De meerpeilstatistiek het gevolg is van de balans tussen afvoer naar de Waddenzee en aanvoer vanuit de IJssel/Vecht.

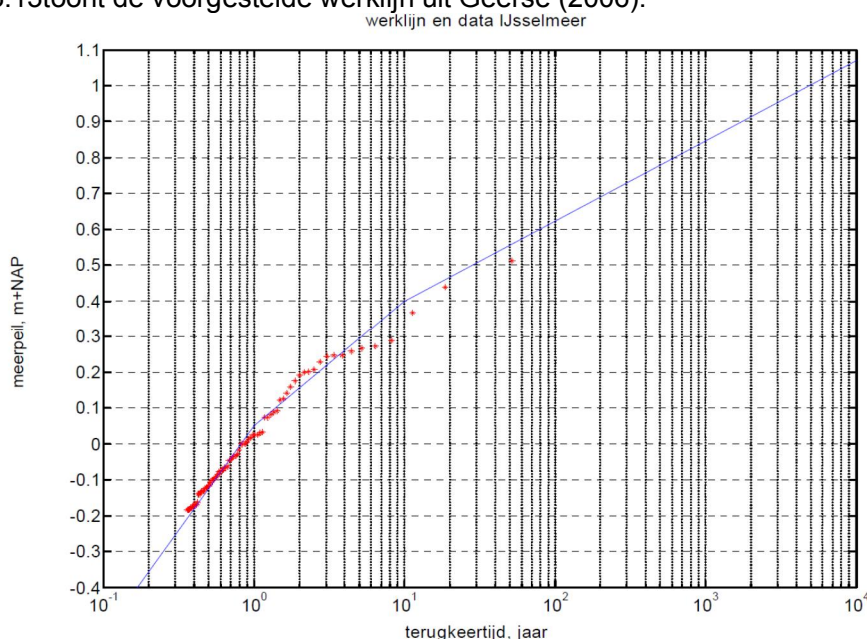
De meerpeilstatistiek gebruikt in WTI2011, zoals beschreven in Geerse (2006), is gebaseerd op een combinatie van meetreeksen en modelgegevens. De gehanteerde meetreeksen omvatten de periode 1932 tot en met 2002. Dit is met inbegrip van de laatste hoge meerpeil situaties, waaronder 2002.

De meerpeilstatistiek zou normaliter wijzigen als gevolg van zeespiegelstijging: minder spui mogelijkheden en dus langere en hogere meerpeilen. Echter, voor de periode tot en met 2050 is afgesproken dat het effect van zeespiegelstijging in deze periode wordt opgevangen met extra pomp capaciteit. Dit betekent dat de meerpeilstatistiek in principe onveranderd blijft tot 2050.

Vanwege het feit dat zich sinds 2002 geen aanvullende extreme hoge meerpeilen hebben voorgedaan en vanwege het feit dat de analyse om te komen tot meerpeilstatistiek complex is, wordt gekozen voor het handhaven van de WTI 2011 meerpeilstatistiek.

Voorstel:

Handhaven WTI2011 meerpeilstatistiek, met dien verstande dat deze gecorrigeerd wordt voor de zeespiegelstijging zoals beschreven in Geerse (2006) van orde 1 mm per jaar. Figuur 3.13 toont de voorgestelde werklijn uit Geerse (2006).



Figuur 3.13 Werklijn voor het meerpeil zoals vastgesteld in Geerse (2006)

Consequentie:

Geen aanpassing van de statistiek (uitgezonderd zeer beperkte klimaatverandering: invloed van zeespiegelstijging op meerpeilstatistiek), dus ook geen consequentie voor hydraulische belastingen

3.6 Discretisatie ten behoeve van produktieberekeningen**3.6.1 Inleiding**

Op basis van de hiervoor gespecificeerde statistiek kan per watersysteem worden vastgesteld welke combinaties van basisstochasten doorgerekend moeten worden als onderdeel van de produktieberekeningen. Hierbij geldt dat de discretisatie van de basisstochasten in principe gebaseerd op de discretisatie zoals gehanteerd in het kader van WTI2011. Ten opzichte van WTI2011 is de voornaamste wijziging de aanpassing van de afvoerstatistiek en het meenemen van onzekerheden. Daarnaast wordt ook voorgesorteerd op de mogelijke veranderingen in de normfrequenties.

In HKV (2014) is een voorstel gedaan voor de te hanteren discretisatie van stochasten. Dit voorstel wordt hier herhaald, met inachtneming van enkele wijzigingen. De wijzigingen hebben te maken met het meenemen van klimaatscenario's: in HKV (2014) wordt de bovengrens van de stochasten verder verhoogd met de klimaatveranderingen conform het W+ klimaatscenario. Hoewel mogelijk het zinvol is om hierop voor te sorteren ten behoeve van bijvoorbeeld ontwerpen, valt dit formeel buiten de scope van WTI2017. Derhalve is in dit rapport de discretisatie van stochasten gepresenteerd zonder hierbij klimaatscenario's in rekening te brengen. Verder is in HKV (2014) uitgegaan van aftoppen van de afvoerstatistiek, terwijl in dit rapport een andere aanpak wordt voorgesteld: dit leidt tot een iets hogere bovengrens van de discretisatie.

3.6.2 Bovenrivieren

Rekening houdend met de veranderde statistiek en de aangepaste normen (tot een maximum van 100.000 jaar), wordt een bovengrens van 24.000 m³/s en 6.500 m³/s voorgesteld voor respectievelijk de Rijn (Lobith) en de Maas (Borgharen). Met deze bovengrenzen in gedachten wordt de volgende discretisatie voorgesteld:

Afvoer [m ³ /s]	
Rijn (Lobith)	Maas (Borgharen)
6000	1300
8000	2260
10000	3275
13000	3394
16000	3800
16500	3950
17000	4000
18000	4600
20000	5000
22000	5500
24000	6000
	6500

Tabel 3.9 Discretisatie afvoer voor Bovenrivieren

3.6.3 Vecht- IJsseldelta

Voor de Vecht-IJsseldelta geldt dat bij veranderde statistiek en aangepaste normfrequenties de stochasten als volgt worden gediscetiseerd:

Vecht [m ³ /s]	IJssel [m ³ /s]	IJsselmeerpeil [m+NAP]	Windsnelheid [m/s]	Windrichting [-]	kering
10	100	-0.4	0	ZW	sluitregime
100	500	-0.1	10	WZW	altijd open
250	950	0.4	16	W	
400	1400	0.9	22	WNW	
550	1850	1.3	27	NW	
700	2300	1.5	32	NNW	
850	2750		37	N	
925	2975		42		
1000	3200				
1063	3400				
1125	3600				
1188	3800				
1250	4000				
13	13	6	7	7	2
				Totaal	7800

Tabel 3.10 Discretisatie basisstochasten voor Vecht-IJsseldelta

3.6.4 Benedenrivieren

Tot slot wordt voor de benedenrivieren de volgende discretisatie van basisstochasten voorgesteld:

		Westelijkewindrichtingen				Oostelijkewindrichtingen		
Rijn [m3/s]	Maas [m3/s]	Zeewaterst. [m+NAP]	Windsnelh. [m/s]	Windricht. [-]	kering	Zeewaterst. [m+NAP]	Windsnelh. [m/s]	Windricht. [-]
600	55	1.13	0	ZW	sluitregime	1.3	0	NNO
2000	222	2.02	10	WZW	altijd open		10	NO
4000	729	3.02	20	W			20	ONO
6000	1235	4.02	30	WNW			30	ONO
8000	1742	5.02	42	NW			42	OZO
10000	2248	6.02	46	NNW				ZO
13000	3008	7.02		N				ZZO
16000	3768							Z
16500	3895							ZZW
17000	4022							
18000	4275							
20000	4782							
22000	5289							
24000	5769							
14	14	7	5	7	2	1	4	9
				Totaal	7056			518
							Totaal	7574

Tabel 3.11 Discretisatie basisstochasten voor Benedenrivieren, afvoer Rijn bij Lobith, Afvoer Maas bij Borgharen, zeewaterstand bij Hoek van Holland en windsnelheid bij Schiphol

4 Tijdverlopen

4.1 Afvoer

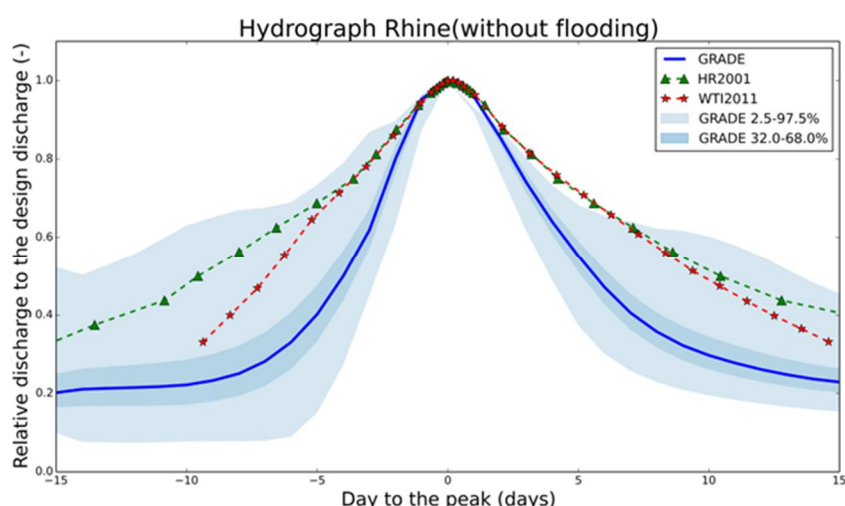
4.1.1 Rijn (Lobith)

Voor de productieberekeningen voor de Bovenrivieren geldt dat niet stationair, maar met een afvoergolf wordt gerekend. De vorm van de afvoergolf heeft in geval van de Rijn een beperkte invloed op de maatgevende waterstanden, maar is desondanks wel relevant.

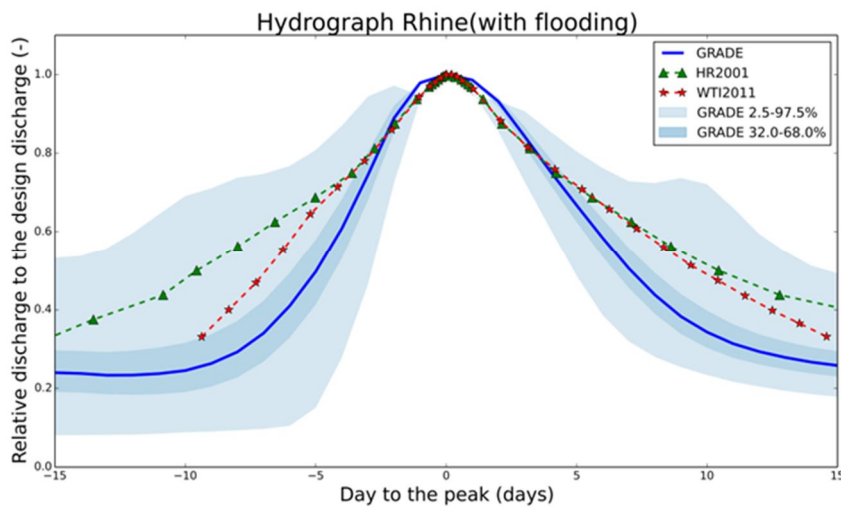
In het verleden is de afvoergolfvorm afgeleid op basis van een analyse van historische afvoergolven, behorende bij de analyse van de piekafvoeren. Deze analyse resulteerde in een afvoergolfvorm en bijbehorende onzekerheden. De lengte van de gehanteerde tijdreeks gebruikt voor het afleiden van deze afvoergolfvorm is dusdanig dat het verlengen van de tijdreeks weinig toegevoegde waarde heeft. Een optie is dan om de huidige afvoergolfvorm te blijven hanteren voor WTI2017.

Een alternatief is het gebruik van een afvoergolfvorm afgeleid op basis van de GRADE resultaten. Het gebruik van de GRADE afvoergolfvorm uit GRADE is consistent met de keuze voor het hanteren van de afvoerstatistiek op basis van GRADE.

De afvoergolven volgens HR2001, WTI2011 en GRADE (met/zonder) overstromen zijn gepresenteerd in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Te zien is dat de afvoergolfvorm van GRADE zonder overstromingen sterk lijkt op HR2001 en WTI2011 (kijkend naar het deel met een relatieve afvoer groter dan 0.8). Voor de afvoergolf van GRADE met overstromingen geldt dat deze breder is dan HR2001 en WTI2011. Dit laatste wordt veroorzaakt door het feit dat als gevolg van het overstromen aftoppen en vervlakking plaats vindt.



Figuur 4.1 Afvoergolfvorm Rijn bij Lobith zonder bovenstroomse overstromingen



Figuur 4.2 Afvoergolfvorm Rijn bij Lobtj met bovenstroomse overstromingen

Voorstel:

Conform het ENW-advies met betrekking tot GRADE, ENW (2013), wordt voorgesteld om de afvoergolfvorm te baseren op de resultaten van GRADE. Voor de afvoerstatistiek is het voorstel gedaan om te rekenen met GRADE met overstromingen, al dan niet gecorrigeerd voor noodmaatregelen bovenstrooms. Dit betekent dat voor de golfvorm een vergelijkbare keuze gemaakt moet worden vanwege consistentie. Uitgangspunt is dan GRADE met overstromingen bovenstrooms, al dan niet gecorrigeerd voor noodmaatregelen bovenstrooms.

Feitelijk betekent dit dat de te hanteren golfvorm tussen GRADE met en GRADE zonder overstromingen bovenstrooms ligt. Op basis van de positie van de voorgestelde afvoerstatistiek ten opzichte van GRADE met/zonder overstromen wordt geschat dat de afvoergolfvorm behorende bij GRADE met overstromingen met 0.5 meter zandzakken op 1/5 van de afstand van de afvoergolfvorm van GRADE met overstromingen ligt (dus dichterbij GRADE met overstromingen dan bij GRADE zonder overstromingen). Dit betekent effectief dat de afvoergolfvorm waarschijnlijk zeer sterk lijkt op die van GRADE met overstromingen en in ieder geval binnen de onzekerheidsbanden van de afvoergolfvorm valt.

Voor de Rijn geldt verder dat de waterstanden slechts beperkt afhankelijk zijn van de afvoergolfvorm. Het verschil tussen een stationaire afvoer en het toepassen van een afvoergolfvorm is in de orde van enkele centimeters. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de invloed van de afvoergolfvorm op de waterstanden zeer beperkt is. Dat betekent vervolgens ook dat het verschil tussen GRADE met overstromingen en GRADE met overstromingen met 0.5 meter zandzakken waarschijnlijk kleiner is dan enkele centimeters.

Vanwege het feit dat de afvoergolfvorm met 0.5 meter zandzakken sterk lijkt op de afvoergolfvorm van GRADE met overstromingen maar zonder zandzakken en vanwege het feit dat het effect van de afvoergolfvorm op de waterstanden beperkt is, wordt voorgesteld om voor de afvoergolfvorm gebruik te maken van GRADE met overstromingen zonder noodmaatregelen.

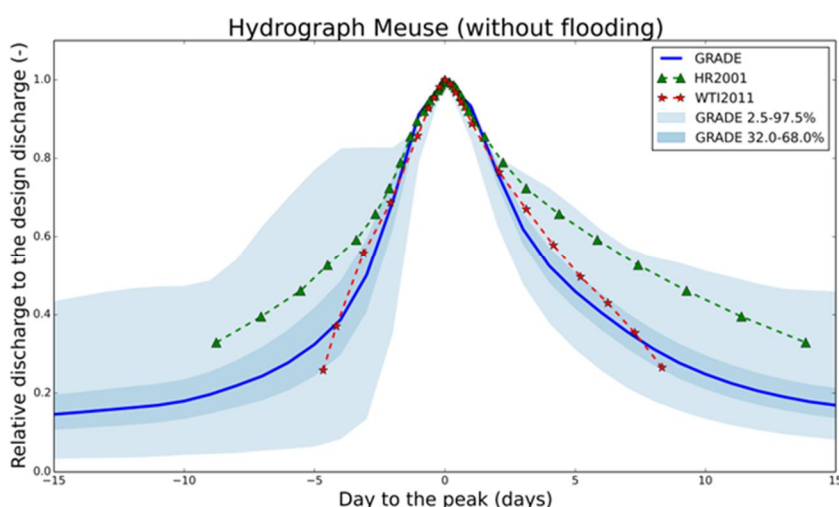
Consequenties:

Netto wordt de afvoergolfvorm volgend uit GRADE met overstromingen iets breder/vlakker dan de afvoergolven volgens HR2006 en WTI2011, orde 0.5 dag breder op het niveau van 80% van de piekafvoer. Dit heeft een waterstandsverhogend effect van orde 1 decimeter op de maatgevende (1/1250 jaar) waterstanden.

4.1.2 Maas (Borgharen)

Evenals voor de productieberekeningen van de Rijn dient voor de productieberekeningen van de Maas gebruik te worden gemaakt van een afvoergolfvorm. En evenals voor de Rijn zijn er twee opties: (i) gebruik van de huidige afvoergolfvorm en (ii) gebruik van afvoergolfvorm gebaseerd op GRADE. Voor de Maas geldt dat de 1/1250 afvoergolf volgend uit GRADE vergelijkbaar is met de afvoergolf zoals vastgesteld in het kader van WTI2011. Merk op dat het mogelijk (en wenselijk) is om voor de verschillende afvoerniveaus verschillende afvoergolfvormen af te leiden.

Figuur 4.3 toont de afvoergolfvorm zoals deze is bepaald met GRADE in vergelijking met de afvoergolfvorm zoals gehanteerd in HR2001 en WTI2011. Te zien is dat de afvoergolfvorm van GRADE sterke overeenkomsten heeft met de afvoergolfvorm zoals gehanteerd in HR2006 en WTI2011.



Figuur 4.3 Afvoergolfvorm Maas bij Borgharen

Voorstel:

Omwille van consistentie wordt voor de afvoergolf voor de Maas gekozen voor de golfvorm afgeleid met behulp van GRADE.

Consequentie:

Geen specifieke consequenties omdat de golfvorm vergelijkbaar is ten opzichte van WTI2011. Echter, ten opzichte van HR2001 is er sprake van een meer gepiekte golf, waardoor meer afvlakking kan optreden. Het gevolg hiervan is dat ten opzichte van HR2001 de piekwaterstanden afnemen met maximaal orde 1 decimeter.

4.1.3 IJssel (Olst)

Voor de productieberekeningen ten behoeve van de IJssel-Vecht delta geldt dat in principe met een stationaire afvoer van de IJssel en Vecht wordt gerekend. Dit kan omdat de afvoer in het probabilistische model als zogenaamde “trage” stochast wordt geschematiseerd. Voor een beschrijving van deze werkwijze wordt verwezen naar Geerse (2006).

Echter, gebleken is dat het noodzakelijk is om voor de hogere IJsselafoeren te rekenen met een afvoergolf. Dit komt door het feit dat bij dergelijke afvoeren water over de verbindende aansluitend aan de Ramspolkering stroomt. Het hanteren van een stationaire afvoer leidt dan tot een overschatting van de hoeveelheid water die over de verbindende kering aansluitend aan de Ramspolkering stroomt. Voor een andere toelichting op dit aspect wordt verwezen naar HKV (2011a). In het kader van WTI2011 is dan ook een stationaire afvoergolf gehanteerd voor de lage afvoeren en een tijdsafhankelijke afvoergolf voor de hoge afvoeren.

De te hanteren afvoergolfvorm voor de hoge afvoeren dient aan te sluiten bij de afvoergolfvorm volgend uit de Bovenrivieren. Dit betekent dat na uitvoering van de productieberekeningen voor de Bovenrivieren de afvoergolfvorm bij Olst eenvoudig overgezet kan worden voor de afvoerniveau's waarvoor niet-stationair wordt gerekend.

Voorstel:

Hanteer dezelfde aanpak als gehanteerd in WTI2011, met stationaire afvoer voor lage afvoeren en een afvoergolf volgend uit de Bovenrivieren voor de hoge afvoeren.

Consequenties:

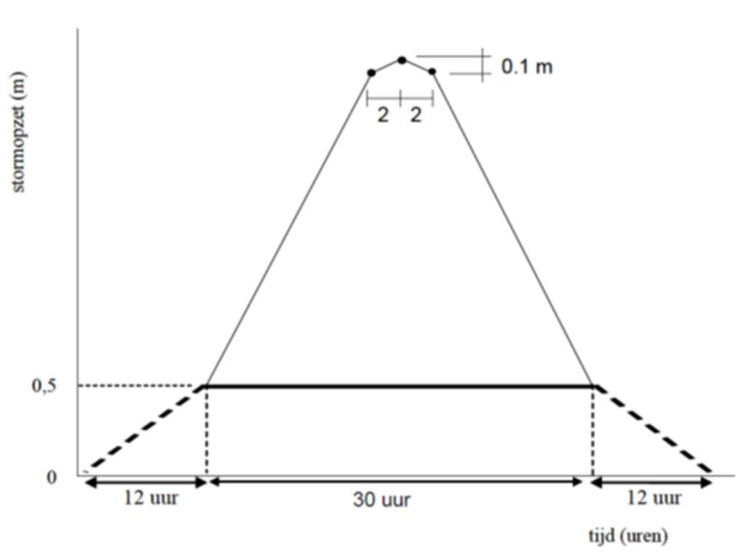
Geen grote consequenties anders dan voor de hoge afvoeren omdat daar de afvoergolf mogelijk verandert. De afvoergolf is waarschijnlijk vlakker en leidt daardoor waarschijnlijk tot wat hogere waterstanden. De daadwerkelijke verandering kan pas in beeld worden gebracht na uitvoering van de productieberekeningen voor de Bovenrivieren.

4.1.4 Maas (Lith), Waal (Tiel) en Lek (Hagestein),

Evenals voor de IJssel-Vecht delta wordt voor de benedenrivieren de afvoer als trage stochast gemodelleerd. Als gevolg hiervan worden de productieberekeningen uitgevoerd met een stationaire afvoer. Dit blijft ongewijzigd in het kader van WTI2017.

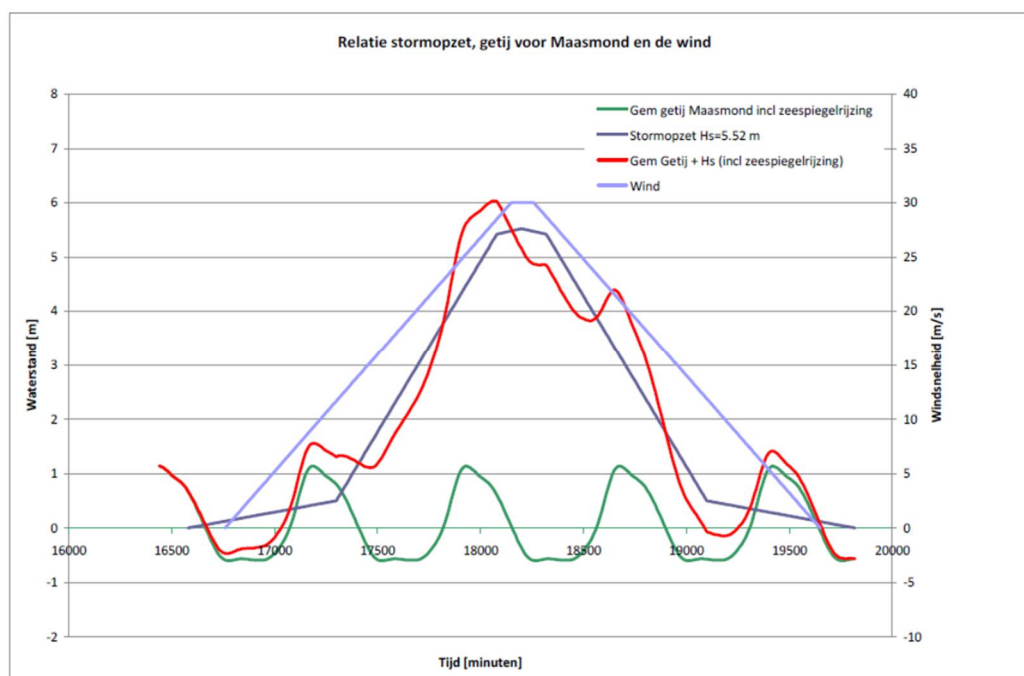
4.2 Opzet zeewaterstand

Het probabilistische model voor de benedenrivieren gebruikt de zeewaterstand bij Hoek van Holland als basisstochast. Voor de productieberekeningen is het dan van belang om een tijdverloop van de zeewaterstand bij Hoek van Holland te hebben. Dit tijdverloop dient een combinatie te zijn van zowel getij als windopzet. In het kader van WTI2011 is een verloop van de windopzet voorgesteld, wat is weergegeven in Figuur 4.4. In de WTI2011 productieberekeningen is voor het benedenrivieren-gebied een stormopzetduur (D) van 30 uur op het 0.5 meter niveau gebruikt, met flanken van 12 uur naar het nul meter niveau. De top van het verloop is gelijk aan het verloop van de TMR2006 berekeningen; twee uur voor de piek en twee uur erna, met een verhoging van 10 centimeter.



Figuur 4.4 Tijdsverloop van de windopzet

Dit tijdsverloop van de windopzet dient gecombineerd te worden met het getij, gebruik maken van een aangenomen faseverschuiving van de piek van deze opzet in relatie tot het getij. HKV (2011b) beschrijft de losse componenten en de combinatie van de componenten. In Figuur 4.5 is een voorbeeld van een combinatie gepresenteerd.



Figuur 4.5 Combinatie van windopzet Hoek van Holland en getij

Voorstel:

Ten aanzien van zowel de losse componenten als de combinatie van de componenten zijn er geen nieuwe inzichten. Voorgesteld wordt dan ook om de gehanteerde opzet en combinatie te blijven hanteren in WTI2017.

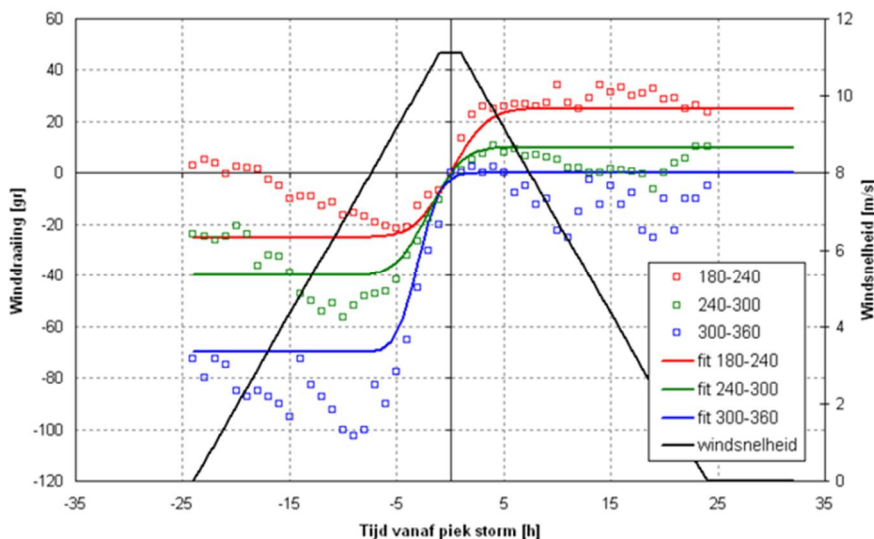
Consequenties:

Geen aanpassingen, dus geen consequenties

4.3 Windsnelheids/richtingsverloop

4.3.1 IJssel-Vechtdelta

De waterstanden van de IJssel-Vecht delta zijn gevoelig voor het tijdsverloop van windsnelheid en richting. In het kader van WTI 2011 is voor beiden een verloop voorgesteld en toegepast. Het gebruikte verloop voor de windsnelheid is gelijk aan het verloop dat wordt gebruikt voor het benedenrivierengebied. Het verloop van windsnelheid en windrichting is gespecificeerd in HKV (2011a) en geïllustreerd in Figuur 4.6. Ten aanzien van het tijdsverloop van windsnelheid en windrichting zijn geen nieuwe inzichten beschikbaar welke direct geïmplementeerd kunnen worden.



Figuur 4.6 Tijdsverloop windsnelheid en windrichting, bron: HKV (2011a)

Voorstel:

Handhaven windsnelheids- en richtingverloop conform WTI2011.

Consequenties:

Geen aanpassingen, dus ook geen consequenties

4.3.2 Benedenrivierengebied

Voor het benedenrivierengebied geldt dat de waterstanden niet gevoelig zijn voor een draaiing van de windrichting binnen de productieberekening. Om deze reden is dan ook een constante windrichting gehanteerd voor de individuele productieberekeningen in het kader van WTI2011. De windsnelheid kent wel een verloop, dat in WTI2011 gelijk is genomen aan het windsnelheidsverloop van de IJssel-Vecht delta, zie Figuur 4.6.

Voorstel:

Handhaven windsnelheids- en richtingverloop conform WTI2011.

Consequenties:

Geen aanpassingen, dus ook geen consequenties

4.4 Meerpeil

Het laatste tijdsverloop dat van belang is heeft betrekking op het tijdsverloop van het meerpeil van het IJsselmeer. Net als de afvoer wordt het meerpeil van het IJsselmeer als trage stochast gemodelleerd, zie Geerse (2006). Dit betekent dat er in het kader van WTI2011 met een constant meerpeil is gerekend in de produktieberekeningen. Dit wordt ongewijzigd voorgesteld voor WTI2017.

5 Schematisaties

5.1 Aanvullende maatregelen

Als voorbereiding op de produktieberekeningen voor WTI2017 zijn in 2013 een aantal uitgangspunten vastgelegd met betrekking tot te hanteren schematisaties. Het gaat daarbij om de te hanteren bodem en vegetatie, maar ook om de mee te nemen Ruimte voor de Rivier maatregelen en dergelijke. In Deltares (2013) is beschreven welke uitgangspunten ten aanzien van de schematisaties zijn vastgelegd.

In principe is in 2013 vastgelegd dat alle maatregelen (buiten Ruimte voor de Rivier of Maaswerken) met een status MIRT3 of vergelijkbaar meegenomen zouden worden mits deze voor 31 maart 2013 aangeleverd zouden worden. In de eerste helft van 2014 werd duidelijk dat er een aantal maatregelen zijn welke nog geen MIRT3 status (of vergelijkbaar hebben), maar waarvan DGRW aangeeft dat de kans op realisatie reëel is. Dit laatste betekent dat deze maatregelen opgenomen dienen te worden in de schematisaties voor WTI2017. Dit wordt gerealiseerd middels het opnemen van deze maatregelen in de BenO schematisatie. Het gaat hierbij om de volgende maatregelen:

- Ooijen en Wanssum (lokaal tot circa 4 decimeter waterstandsverlaging)
- Boertien plus locaties (uiteenlopende lokale waterstandseffecten)

5.2 Keringen en stuwen

In het schematisaties zijn ook de keringen en stuwen opgenomen zoals deze in het rivierbed liggen. Voor de stuwen geldt dat deze bij lage afvoeren gesloten zijn en dat deze met toenemende afvoer geopend worden. Feitelijk betreft het hier het stuwregime van de stuwen op de Bovenrivieren en de Vecht. Het stuwregime voor deze stuwen is expliciet onderdeel van de schematisatie en hoeft niet te worden aangepast voor de toepassing binnen WTI2017.

Voor de keringen geldt dat er in het kader van WTI2011 uitgebreid gewerkt is aan de implementatie van de sluitregimes van de verschillende keringen, zie bijvoorbeeld HKV (2011a) en HKV (2011b). Ten opzichte van WTI2011 zijn er geen nieuwe inzichten ten aanzien van de sluitregimes van de verschillende keringen.

Voorstel:

Stuwen: handhaven stuwregime conform BenO schematisatie

Keringen: handhaven sluitregime conform WTI2011

Consequenties:

Geen aanpassingen, dus ook geen consequenties

5.3 Mee te nemen objecten in (golf-)berekeningen

Voor de waterbewegingsmodellen wordt de schematisatie opgesteld met behulp van de GIS applicatie Baseline. In deze GIS applicatie zijn alle relevante objecten opgenomen uit het rivierbed. Impliciet wordt daarmee verondersteld dat alle objecten zoals opgenomen in Baseline nog steeds aanwezig zijn in de periode 2017 tot en met 2023. Daarnaast wordt er van uitgegaan dat deze objecten ook aanwezig zijn bij de meer extreme omstandigheden.

Voor de golfberekeningen van de brede wateren is in het kader van WTI2011 alleen de bodemligging overgenomen. Overige objecten zijn niet meegenomen of, indien aanwezig in het bodembestand, uit het bodembestand verwijderd. Een analyse, zie Deltares (2013d) heeft

laten zien dat het niet meenemen van de objecten een grote invloed kan hebben op de lokale golfcondities. Het betreft een verlagend effect op de benodigde kruinhoogte dat 0.5-1.0 meter bedraagt in geval van het faalmechanisme golfoverslag.

Het bovenstaande is alleen van toepassing voor de brede wateren (zoals Haringvliet, Hollandsch Diep en Zwarte Meer), waarvoor het golfmodel SWAN wordt ingezet bij de produktieberekeningen. Voor de smalle wateren geldt dat de invloed van de objecten op de golfhoogte beperkt zullen zijn omdat (i) de golfhoogten klein zijn en (ii) de objecten relatief laag zijn.

Voorstel:

Meenemen van de objecten zoals aanwezig in Baseline conform Deltares (2013d), met uitzondering van die objecten die aantoonbaar niet aanwezig zullen zijn in de periode 2017-2023. Hierbij wordt aangenomen dat de objecten opgenomen in Baseline, en gebruikt in de WAQUA berekeningen, standzeker zijn.

Consequenties:

Het meenemen van de objecten in de golfmodellering voor de brede wateren heeft een verlagend effect op de golfhoogten. Dit effect kan lokaal oplopen tot 0.5-1.0 meter kruinhoogte verschil.

6 Overige uitgangspunten

6.1 Lateralen

Voor zowel de Bovenrivieren als voor Benedenrivieren en IJssel-Vecht delta geldt dat sprake is van zijdelingse toestromingen (bijvoorbeeld beken en kanalen). Deze zijdelingse toestromingen, ook wel lateralen genoemd, dragen bij aan de totale afvoer van de rivier.

In het kader van WTI2011 zijn de verschillende zijdelingse toestromingen in beeld gebracht en toegepast in de produktieberekeningen. Het betreft dan toestromingen op specifieke locaties, met een afvoer gekoppeld aan de afvoer van het hoofdwater. Voor de IJssel-Vecht delta gaat het om de volgende toestromingen:

- Westerveld
- Kloosterzijl
- Streukelerzijl
- Zedemuden
- Kosterverlorenzijl

Voor het benedenrivierengebied gaat het om de toestromingen op rivierkilometers op de Maas: 207.0, 210.0, 220.1, 235.3, 250.7, en op de Lek: 965.0 en 986.9.

Een beschrijving van de bovengenoemde lateralen zoals gehanteerd in het kader van WTI2011 kan gevonden worden in HKV (2011a) voor IJssel-Vecht delta en HKV (2011b) voor het benedenrivierengebied.

Voor de bovenrivieren, zowel Rijn als Maas, geldt dat er sprake is van een groot aantal lateralen. Deze lateralen zijn in 2005 afgeleid en gepresenteerd in van der Veen (2005). Deze lateralen zijn vervolgens gebruikt voor de afleiding van de TMR2006.

Het is denkbaar dat de afleiding van de lateralen herzien dient te worden omdat er meer meetgegevens beschikbaar zijn. Het is de verwachting (op basis van expert judgement) dat de potentiële verandering van deze lateralen als gevolg van nieuwe inzichten/meetgegevens beperkt zal zijn: order enkele kuubs per seconde. Dit laatste wordt als niet-significant beoordeeld, temeer omdat de onzekerheid in de lateralen groter is dan de toegevoegde waarde van een verlengde meetreeks.

Voorstel:

Handhaven van formulering van de lateralen uit WTI2011 voor IJssel-Vecht delta en benedenrivierengebied, handhaven van de formulering van de TMR2006 lateralen voor Bovenrivieren.

Consequenties:

Geen aanpassing, dus ook geen consequenties

6.2 Afvoerdeling splitsingspunten

In de Rijn bevinden zich een tweetal splitsingspunten, te weten de Pannerdense Kop en de IJsselkop. Voor deze splitsingspunten is in het verleden aangenomen dat deze de afvoer verdelen conform een beleidsmatig vastgestelde verdeling. Inmiddels is/wordt in het kader van Ruimte voor de Rivier gewerkt aan de realisatie van een aantal maatregelen, waaronder

regelwerken ter plaatse van deze splitsingspunten. Het doel van deze regelwerken is het realiseren van de eerder genoemde beleidsmatige afvoer. Merk op dat dit vooralsnog primair gericht is op de situatie bij de maatgevende (1/1250) afvoer.

Voor de Pannerdense Kop wordt dit gerealiseerd met een regelwerk dat eens per jaar ingesteld kan worden (niet in het hoogwaterseizoen), zodanig dat volgens de laatste inzichten de beleidsmatige afvoerverdeling wordt gehaald. Voor de IJsselkop geldt dat het regelwerk zo is ingericht dat het mogelijk is om tijdens een hoge afvoer meer water naar de IJssel te sturen. Dit betekent dat vanaf 16.000 m³/s bij Lobith meer water naar de IJssel wordt geleid. Dit kan tot een afvoer van orde 17.000 m³/s, daarna wordt de afvoerverdeling bepaald door de IJssel zelf en niet meer door het regelwerk.

In de modellen worden normaliter de regelwerken zodanig afgeregeld dat de beleidsmatige afvoerverdeling wordt behaald bij de maatgevende afvoer (16.000 m³/s). De vigerende BenO schematisatie (2013) gaat uit van de werking van regelwerken zoals bovenstaand beschreven en is daarmee inclusief het regelwerk op de IJsselkop waardoor sprake is van "de Lek ontzien". Voor de BenO schematisatie 2013 betekent dit de volgende afvoerverdeling:

	Afvoer [m ³ /s]	%	Afvoer [m ³ /s]	%
Q-Lobith	18,000		16,000	
Q-Waal	11,696.7	65.0%	10,168.1	63.6%
Q-Pankanaal	6,315.5	35.1%	5,834.2	36.5%
Q-Nederrijn	3,433.9	54.4%	3,375.8	57.9%
Q-Yssel	2,883.3	45.7%	2,473.5	42.4%

Tabel 6.1 Afvoerverdeling volgens beleidsmatige afvoerverdeling geïmplementeerd in BenO schematisatie 2013

Voorstel:

Vanwege de werking van de regelwerken wordt voorgesteld om voor de Pannerdense Kop het regelwerk af te regelen op de beleidsmatige verdeling bij 16.000 m³/s (daar is het regelwerk voor gemaakt). Voor afvoeren hoger of lager dan 16.000 m³/s geldt dat de afvoerverdeling wordt bepaald door het model op basis van de afregeling. Dit is conform de huidige afregeling van de BenO schematisatie.

Voor de IJsselkop geldt feitelijk hetzelfde, met één verschil: voor afvoeren groter dan 16.000 m³/s wordt uitgegaan van de beleidsmatige afvoerverdeling (=Lek ontzien) tot circa 17.000 m³/s. Dit is gerechtvaardigd omdat het regelwerk is ingericht om eventueel meer water naar de IJssel te geleiden (onder meer om de Lek te ontzien). Voor afvoeren hoger dan circa 17.000 m³/s geldt dat de schuiven van het regelwerk helemaal open staan en dat het model de afvoerverdeling bepaalt (er is dan effectief geen sprake meer van "Lek ontzien"). Ook dit is conform de huidige afregeling van de BenO schematisatie.

Consequenties:

Voor alle Rijntakken geldt dat voor de huidige maatgevende afvoer geen effecten te verwachten zijn, omdat de afvoerverdeling voor deze situatie niet verandert. Voor de Waal geldt dat hogere afvoeren tot maximaal 1 decimeter effect hebben op de waterstand (bij herziene afregeling als gevolg van ingrepen in het rivierbed). Voor de Lek is het effect op de waterstand beperkt tot afvoeren van circa 17.000 m³/s, vanwege het handhaven van de beleidsmatige afvoerverdeling bij een afvoer van 16.000 m³/s. Vanaf 17.000 m³/s is er wel

een verhogend effect op de waterstand, omdat het regelwerk dan maximaal open staat. Voor de IJssel kan het bovenstaande voorstel een waterstandsverhogend effect hebben van orde een decimeter. Dit laatste hangt onder meer af van de nieuwe “maatgevende” afvoer: als deze ver boven de $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ligt is dit effect groot, als deze juist dicht bij de $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$ ligt is het effect beperkt.

7 Conclusies en aanbevelingen

In 2013 is reeds een deel van de voorbereiding vormgegeven en vastgelegd in Deltares (2013a). De in 2013 vastgelegde uitgangspunten betreffen vooral uitgangspunten in relatie tot de beschrijving van de fysieke situatie (RvR maatregelen et cetera) zoals deze meegenomen dienen te worden in de produktieberekeningen. In 2014, deze studie, is dit verder aangevuld met de uitgangspunten gerelateerd aan de aansturing van de produktieberekeningen (te hanteren statistiek, afvoergolfvorm, etc.).

In dit rapport is een voorstel gedaan voor de volgende aspecten:

- Te hanteren statistiek
- Te hanteren tijdsverlopen
- Aanvullende eisen ten opzichte van Deltares (2013a) m.b.t. schematisaties
- Overige uitgangspunten

Startpunt voor de vaststelling van deze uitgangspunten is WTI2011. Ten opzichte van WTI2011 zijn er enkele relevante wijzigingen:

- Afvoerstatistiek Rijn: op basis van GRADE met overstromingen in Duitsland: afname van de 1/1250 jaar afvoer met orde 1000 m³/s, oftewel orde decimeters waterstandsverlagend effect.
- Afvoerstatistiek Maas: op basis van GRADE: invloed op 1/1250 jaar afvoer is verwaarloosbaar, de 1/1250 jaar afvoer neemt toe met orde 200 m³/s, oftewel een waterstandsverhogend effect van orde 1 decimeter.
- Afvoergolfvorm voor de Rijn en de Maas: op basis van GRADE. Voor de Rijn heeft dit nauwelijks invloed, voor de Maas leidt dit tot topvervlakking met een waterstandseffect van orde 1 decimeter.
- Afvoerverdeling splitsingspunten Rijntakken: voor afvoeren boven de 16.000 m³/s bij Lobith geldt dat het regelwerk op de IJsselkop zorgt voor een afvoerverdeling waarbij meer water naar de IJssel wordt gestuurd (deze stuurbaarheid is echter beperkt tot een afvoer van orde 17.000 m³/s, waarna de fysica de verdeling verder bepaald).

De bovenstaande veranderingen zijn van toepassing op de Bovenrivieren, maar hebben indirect ook consequenties voor de Benedenrivieren. Immers, de bovenstroomse randvoorwaarden voor de Benedenrivieren worden gevormd door de resultaten van de Bovenrivieren. De consequenties van deze bovengenoemde wijzigingen zijn orde enkele decimeters.

Voor de overige aspecten geldt dat aangesloten wordt op WTI2011: hier treden geen wijzigingen op en zijn dus ook geen consequenties te verwachten.

Uit discussies met betrokken partijen is gebleken dat het streven naar een realistisch maar conservatief beeld van de hydraulische randvoorwaarden leidt tot een combinatie van keuzes welke gezamenlijk aan deze eis voldoen, terwijl individuele keuzes niet noodzakelijkerwijs conservatief hoeven te zijn. Dit speelt in het bijzonder voor de keuzes ten aanzien van de bedijkte Maas. In onderstaand overzicht is te zien dat de individuele keuzes niet conservatief zijn, maar dat het geheel aan keuzes conservatief uitpakt. Hiermee wordt gesteld dat de in dit rapport gemaakte keuzes voor de bedijkte Maas realistisch maar conservatief zijn.

Keuze	Kwantificering overschatting HR	Kwantificering onderschatting HR
1:1 relatie Rijn/Maas afvoer (beide tegelijk maatgevend hoog water)	Orde 1 [dm] (lokaal)	
Niet meenemen van overstromingen Maas in België	Orde 2 [dm]	
Samenvallen piek afvoer lateralen en Maas	Max. orde 1 [dm]	
Hanteren Maaskades met werkelijke hoogte na versterking in plaats van oneindig hoog		Orde 2 decimeter
Maaswerken uitgevoerd voor 2023		1-2 [dm]
Totaal:	Orde 3-4 [dm]	Orde 3-4 [dm]

8 Referenties

Boogaard, H.J. van den, Beersma, J., Hegnauer, M., 2014, GRADE Uncertainty analysis, Deltares memo, Delft, Nederland (CONCEPT, binnenkort beschikbaar)

Boogaard, H.J. van den, Hegnauer, M., 2014, Effekten op de Lobith frequentielijn van hogere dijkhoogten, Deltares memo, Delft, Deltares.

Deltares (2009a). Herberekening werklijn Rijn in het kader van WTI2011. Deltares rapport 1200103-044-ZWS-0008. A. Tijssen. November 2009.

Deltares (2009b). Herberekening werklijn Maas in het kader van WTI2011. Deltares rapport 1200103-044-ZWS-0007. A. Tijssen. November 2009.

Deltares (2009c). Extreme wind statistics for the Hydraulic Boundary Conditions for the Dutch primary water defences. SBW-Belastingen: Phase 2 of subproject 'Wind modelling'. Deltares Report 1200264-005, S. Caires. July 2009.

Deltares (2013a). Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017. Aansturing, schematisaties en uitvoerlocaties. Deltares rapport 1207807-009-HYE-0006-v2. H. de Waal, A. Spruyt en A.J. Smale. Oktober 2013.

Deltares (2013b). GRADE

Deltares (2013c). Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017. Tussenrapportage kwantificering onzekerheden. Deltares rapport 1207805-003-ZWS-0001. H. Chbab. November 2013.

Deltares (2013d). Protocol voor conversie van Baseline schematisatie naar SWAN. Deltares rapport 1207807-010-HYE-0003, J. van Nieuwkoop, A.J. Smale. 2 december 2013.

Deltares (2014a). Herberekening afvoerstatistiek in het kader van WTI2017. WTI2017-Cluster C, status: concept.

Deltares (2014b). Analyse betrouwbaarheid en verlenging meetreeks van de afvoer van de Overijsselse Vecht. Deltares memo. Wouter Jan Klerk. April 2014, status: concept.

Deltares (2014c). Studie naar de actualisatie van extreem hoog water langs Nederlandse kust. Deltares Memo. Dirk Eilander. April 2014, status: concept.

Deltares (2014d). Toeslagen hoogwaterstijging 1985-2023. Deltares Memo. Dirk Eilander. Mei 2014, status: concept.

Dillingh, D., L. de Haan, R. Helmers, G.P. Könnenand J. van Malde, 1993: De basispeilen langs de Nederlandse kust; statistisch onderzoek (In Dutch). Rijkswaterstaat, Dienst Getijdenwateren /RIKZ, Report DGW-93.023

ENW (2013). Advies ENW aan Rijkswaterstaat over GRADE

Geerse, C.P.M, (2006), Hydraulische Randvoorwaarden 2006 Vecht- en IJsseldelta, Statistiek IJsselmeerpeil, afvoeren en stormverlopen voor Hydra-VIJ, RWS-RIZA werkdokument 2006.036x, 2006

Geerse (2002), C.P.M., (RIZA), M.T. Duits (HKV), H.J. Kalk (HKV), I.B.M. Lammers, (HKV). Wind-waterstandstatistiek Hoek van Holland RIZA/HKV rapport, Lelystad, juli 2002.

Hegnauer, M., 2014, Technical documentation GRADE part 1: FEWS-GRADE, Deltares rapport, Delft, Nederland (CONCEPT, binnenkort beschikbaar)

Hegnauer en van den Boogaard (2014). Effekten op Lobith frequentielijn van hogere dijkhoogten. Memo. 18 april 2014.

HKV (2002). Maatgevende afvoer en afvoerstatistiek Overijsselse Vecht bij Dalfsen RVW2006 Deelrapport 8. HKV rapport PR204.30. DurkKlopstra, Elmi van den Braak, Helena Kalk en Paul Termes. November 2002.

HKV (2011a). WAQUA-productieberekeningen IJsselmeer en Vecht- en IJsseldelta voor WTI-2011: rapportage fase 1. HKV rapport PR1878.10. Vincent Vuik, Eddy Collard, Marc Rotsaert, JoanaVieira da Silva. September 2011.

HKV (2011b). WAQUA-productieberekeningen Benedenrivierengebied voor WTI-2011: rapportage fase 1. HKV rapport PR1876.30. Vincent Vuik, Eddy Collard, Marc Rotsaert, JoanaVieira da Silva. December 2011.

HKV (2014). Belastingmodellen WTI-2017. Overzicht en benodigde gegevens onzekerheden. HKV rapport PR2829.10. R. Nicolai, C. Geerse en H. Chbab. Eindconcept. April 2014.

Passchier, R., Boogaard, H.J. van den, Buishand, A., Beersma, J. Hegnauer, M. 2014, GRADE final report, Deltares rapport, Delft Nederland (CONCEPT, binnenkort beschikbaar)

Van der Veen (2005). Laterale toestroming Maas en Rijn onder maatgevende omstandigheden. RIZA memo ADV*2005-003(A). R. van der Veen. November 2005.