

**Werkwijzer bepaling
hydraulische
ontwerprandvoorwaarden**

Aanvulling OI2014, versie 4



Werkwijzer bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden

Aanvulling OI2014, versie 4

A.J. Smale

1230090-009

Titel

Werkwijzer bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	1230090-009	1230090-009-GEO-0007	81

Trefwoorden




WTI, Ontwerpinstrumentarium, HWBP

Samenvatting

In het voorliggende rapport wordt een werkwijze beschreven voor het afleiden van hydraulische ontwerprandvoorwaarden ten behoeve van HWBP 2016 projecten, zodanig dat deze ontwerpen niet bij de eerstvolgende toetsronde worden afgekeurd. Hierbij is zoveel mogelijk geprobeerd om aan te sluiten bij voorziene ontwikkelingen binnen WTI2017. Er is per faalmechanisme en per watersysteem een recept gegeven waarmee ontwerprandvoorwaarden kunnen worden afgeleid.

Referenties

KPP projectplan 1230090

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	juli 2016	A.J. Smale		J.P. den Bieman		M.R.A. van Gent	
2	aug. 2016	A.J. Smale		J.P. den Bieman		M.R.A. van Gent	
3	dec. 2016	A.J. Smale		J.P. den Bieman		M.R.A. van Gent	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Probleemstelling	1
1.2	Doel	1
1.3	Afbakening	1
1.4	Relatie met WBI2017	2
1.5	Relatie met andere projecten	3
2	Beschrijving aanvullingen/update OI2014 HOR versie 4	5
2.1	Algemene wijzigingen	5
2.2	Bijzonderheden per project	6
3	Hollandsche IJssel	9
3.1	Aanpak	9
3.2	Aannames en uitgangspunten	12
3.2.1	Normen	12
3.2.2	Zichtjaar	12
3.2.3	Klimaatscenario	12
3.2.4	Afvoerstatistiek	12
3.2.5	Faalkans Hollandsche IJssel kering	13
3.2.6	Onzekerheidstoeslag	13
3.3	Handleiding aanpassen modelinvoer (Hydra-NL)	14
3.3.1	Toevoegen randvoorwaarden database	14
3.3.2	Aanpassen afvoerstatistiek	14
3.3.3	Aanpassen strijk lengtes en bodemdieptes	15
3.3.4	Rekenen voor tussengelegen locaties	17
3.3.5	Rekenen voor grote terugkeertijden	17
3.3.6	Zeespiegelstijging	18
3.3.7	Faalkansen stormvloedkeringen	18
3.4	Afleiden Hydraulisch Belasting niveau (HBN)	18
3.5	Afleiding waterstand bij norm	19
3.6	Afleiden golfcondities voor bekledingen	20
3.6.1	Golfgeneratie door windgroei	20
3.6.2	Golfgeneratie door scheepsgolven	21
3.7	Waterstandsverlopen op de Hollandsche IJssel	21
3.7.1	Beschikbare informatie waterstandsverlooptlijnen	21
3.7.2	Advies	24
4	Marken	25
4.1	Aanpak	25
4.2	Aannames en uitgangspunten	28
4.2.1	Normen	28
4.2.2	Zichtjaar	28
4.2.3	Klimaatscenario	28
4.2.4	Onzekerheidstoeslag	29
4.2.5	Overige toeslagen	30
4.3	Handleiding aanpassen modelinvoer	30
4.3.1	Deltamodel modus	31

4.3.2	Toevoegen randvoorwaarden database	31
4.3.3	Aanpassen meerpeilstatistiek	31
4.3.4	Rekenen voor tussengelegen locaties	33
4.3.5	Rekenen voor grote terugkeertijden	33
4.4	Afleiden Hydraulisch Belasting Niveau	34
4.5	Afleiding waterstand bij norm	34
4.6	Afleiden golfcondities voor bekledingen	35
5	Maasvallei	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Aanpak	37
5.3	Aannames en uitgangspunten	40
5.3.1	Instrumenten	40
5.3.2	Normen	40
5.3.3	Zichtjaar	40
5.3.4	Klimaatscenario	40
5.3.5	Afvoerstatistiek	41
5.3.6	Te hanteren database fysica (schematisatie)	41
5.3.7	Onzekerheidstoeslag	41
5.4	Handleiding aanpassen modelinvoer	42
5.4.1	Deltamodel modus	43
5.4.2	Toevoegen randvoorwaarden database	43
5.4.3	Aanpassen rivierafvoer	43
5.4.4	Aanpassen strijklengtes	45
5.4.5	Rekenen voor tussengelegen locaties	45
5.4.6	Rekenen voor grote terugkeertijden	46
5.5	Afleiden Hydraulisch Belasting Niveau	46
5.6	Afleiden waterstand bij norm	47
5.7	Afleiden golfcondities voor bekledingen	48
6	Vlieland	51
6.1	Generieke werkwijze	51
6.2	Databases	51
6.3	Toeslagen	51
7	POV Centraal Holland (dijkring 44)	53
7.1	Analyse	53
7.1.1	Probabilistisch model	53
7.1.2	Databases fysica	54
7.2	Advies voor afleiding Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden dijkring 44 (Lek)	55
8	Vossemeer/Drontermeer	57
8.1	Invloed Reevediep fase 1b	58
8.1.1	Methodiek bepaling invloed Reevediep	58
8.1.2	Resultaten	59
8.2	Invloed Reevediep fase 2	65
8.2.1	Methodiek Reevediep fase 2	65
8.2.2	Resultaten Reevediep fase 2	66
8.3	Effect aanpassing winddrag coëfficiënt	67
8.4	Conclusie en aanbevolen werkwijze bepaling HOR	68

9 Vianen	71
9.1 Generieke werkwijze	71
9.2 Statistiek	71
9.3 Databases	72
9.4 Toeslagen	72
10 Grebbedijk en Rijnkade Arnhem	73
10.1 Generieke werkwijze	73
10.2 Statistiek	73
10.3 Databases	74
10.4 Toeslagen	75
11 Doetinchem	77
11.1 Generieke werkwijze	77
11.2 Statistiek	77
11.3 Databases	77
11.4 Toeslagen	78
12 Apeldoorns Kanaal	79
13 Literatuur	81
Bijlage(n)	
A Afvoerstatistiek Maas volgend uit GRADE	A-1
B Overwegingen maximale afvoer en Lek Ontzien voor Vianen	B-1
C Overwegingen maatgevende condities Doetinchem	C-1

1 Inleiding

In het kader van het HWBP dient in 2016 een aantal dijkontwerpen te worden gemaakt voor secties die in eerdere toetsrondes niet zijn goedgekeurd. Voor deze ontwerpen zijn hydraulische ontwerprandvoorwaarden benodigd. Voor de nabije toekomst is besloten een ontwerpinstrumentarium op te stellen dat gebruik maakt van de meest recente kennis en om vervolgens te anticiperen op toekomstige kennis (bijvoorbeeld de overstap van overschrijdingskansen naar overstromingskansen). Voor de lange termijn wordt voorzien dat er in 2018 een nieuw ontwerpinstrumentarium beschikbaar is waarin (nu nog te ontwikkelen kennis) is opgenomen.

1.1 Probleemstelling

Voor een aantal HWBP projecten start in 2016 de verkenningsfase. Omdat de toetsmethodiek van WBI2017 nog niet definitief is vastgesteld, biedt dit geen zekerheid voor het afleiden van ontwerprandvoorwaarden. Parallel hieraan wordt voorzien dat er zowel een overstap van overschrijdingskansen naar overstromingskansen als een wijziging van de getalswaarde van de normen plaatsvindt. Tegelijkertijd moet worden voorkomen dat de nieuw ontworpen projecten bij de eerstvolgende toetsronde worden afgekeurd, zonder dat er overconservatief wordt ontworpen.

Deze aanpassingen vallen onder het OI2014-v4 waarvan een release (inclusief een update het sterkte deel en de algemene handreiking) wordt voorzien september 2016.

1.2 Doel

Het voorliggende rapport heeft als doel een werkwijze voor het afleiden van ontwerprandvoorwaarden te beschrijven, zodat hiermee de verkenning van de voor 2016 geselecteerde HWBP projecten kan starten. Deze ontwerprandvoorwaarden moeten zodanig zijn dat de nieuw ontworpen HWBP projecten niet bij de eerstvolgende toetsronde (WBI2017) worden afgekeurd.

1.3 Afbakening

Dit rapport beschrijft de werkwijze voor het afleiden van hydraulische ontwerpbelastingen, het gaat niet in op de sterkte van de waterkering. Daarnaast is dit rapport slechts bedoeld voor de HWBP projecten (Hoogwaterbeschermingsprogramma, 2013) waarvan de verkenning in 2015 van start gaat, dit zijn:

- Projecten gelegen langs de Hollandsche IJssel
- Marken
- Projecten gelegen in de Maasvallei: 1) DR 68 Steyl – Maashoek , 2) DR 79 Thorn, 3) DR 78 Heel, 4) DR 65 Arcen, 5) DR60 Well
- Vlieland
- POV Centraal Holland (dijkring 44)
- Projecten langs Vossemeer en Drontermeer
- Vianen
- Grebbedijk en Rijnkade Arnhem
- Doetinchem
- Apeldoorns kanaal

De project specifieke recepten voor deze projecten zijn uitgewerkt in Hoofdstukken 3 t/m 11. Deze recepten zijn bedoeld voor de verkenningsfase van de projecten. Het wordt de ontwerper geadviseerd om periodiek na te gaan of er updates van het Ontwerp Instrumentarium 2014 hebben plaatsgevonden die weerslag hebben op het project in kwestie. Wanneer een project van de verkenningsfase in de planfase komt, wordt geadviseerd om contact op te nemen met de Helpdesk Water.

De in dit rapport beschreven recepten voor de afleiding van ontwerprandvoorwaarden is breder toepasbaar, maar bredere toepassing wordt niet geadviseerd omdat het OI2014 gericht is op HWBP projecten in de verkenningsfase. Wanneer dit generieke recept toch wordt toegepast op een project wat niet in de bovenstaande lijst voorkomt, moeten er nog wel keuzes gemaakt worden t.a.v. de te gebruiken schematisatie (database fysica), afvoerstatistiek en correcties voor de invloed van rivierverruimende maatregelen. In dat geval zijn deze keuzes de verantwoordelijkheid van de waterkeringbeheerder.

De in dit rapport beschreven recepten gaan uit van een historisch beschikbaar zijnde set van ruimtelijke maatregelen. Het is denkbaar dat voor sommige HWBP projecten gekeken gaat worden naar een ruimtelijke maatregel naast dijkversterking. De in deze recepten aangeleverde databases voorzien niet in dergelijke ruimtelijke maatregelen: hier is maatwerk noodzakelijk. Daarnaast is het mogelijk dat de invulling van ruimtelijke maatregelen (wel opgenomen in de databases) aangepast wordt: ook dit is geen onderdeel van de uitgegeven recepten.

1.4 Relatie met WBI2017

Het ambitieniveau van het OI2014 is om voor de referentieperiode 2017-2023 een benadering te geven van het nog uit te brengen WBI2017. Het gaat in dit rapport specifiek om alle aspecten aangaande de hydraulische randvoorwaarden die de basis vormen voor het ontwerpen van dijkversterkingen en die tevens benut worden voor de zgn. consequentieanalyses. Als gevolg van verschillen in tijdspaden is een 1 op 1 koppeling nu nog niet voor alle aspecten mogelijk. In die gevallen zijn er binnen het OI2014 aannames gemaakt. Bij het maken van deze keuzes is als uitgangspunt gehanteerd: realistisch doch conservatief.

Als gevolg van de aannames binnen OI2014 aangaande WBI2017 is de verwachting dat er verschillen ontstaan tussen OI2014 en WBI2017. Dit speelt onder meer bij: i) de doorwerking van statistische en modelonzekerheden in het belastingmodel, (ii) het effect van een andere winddrag formulering, (iii) verschillen in de ruimtelijke schematisatie van de watersystemen en (iv) verschillen in te hanteren rekentechnieken.

Op dit moment is het nog niet mogelijk om een kwantificering te geven van deze mogelijke verschillen tussen OI2014 en WBI2017. In de komende periode (na volledig beschikbaar komen van het WTI) zal in het kader van verschillende onderzoeken en/of projectuitwerkingen nagegaan worden hoe groot de verschillen zijn en of er dientengevolge een noodzaak is tot aanscherpen van het OI2014.

Het huidige OI2014 neemt als basis voor de hydraulische ontwerprandvoorwaarde de CR2011 of Deltamodel 2015 (beiden met GRADE voor afvoerstatistiek rivieren), wat voor de nu lopende HWBP-ontwerpprojecten als uitgangspunt is gekozen. Vanaf 2017 komt WBI2017 beschikbaar. Aanbevolen wordt om over te stappen op WBI2017 bij ontwerpprojecten welke starten in 2017 of in 2017 naar een nieuwe fase gaan.

1.5 Relatie met andere projecten

Dit rapport is feitelijk een update van Deltares (2014)¹, OI2014-v3, waarin op eenzelfde manier recepten ter afleiding van ontwerprandvoorwaarden worden beschreven, alleen dan voor HWBP projecten waarvan de verkenningsfase in 2015 start. De achtergrondrapporten horende bij OI2014 zijn in relatie tot het onderhavige rapport nog altijd relevant en bevatten nadere informatie over de faalmechanismen en de vertaling van overstromingskans naar de faalkans per dwarsdoorsnede (RWS WVL, 2013a; RWS WVL, 2013b). Naast de updates van OI2014 wordt ook van start gegaan met een overkoepelend instrumentarium, OI2018. Bij de oplevering van OI2018 is ook de invulling van WBI2017 in zijn definitieve vorm bekend; zodoende kan OI2018 daar naadloos op aansluiten. Omdat de verkenningsfase van een aantal HWBP projecten al start voordat OI2018 beschikbaar is zijn er tussenstappen nodig (tot nu toe OI2014 en OI2015). Er wordt geprobeerd om met deze tussenstappen al zoveel mogelijk aan te sluiten op de belangrijkste ontwikkelingen binnen WBI2017, te weten:

- Overstap van overschrijdingskansen naar overstromingskansen (zie Bijlage B van RWS WVL, 2015)
- Gebruik van GRADE afvoerstatistiek (Bijlage B)
- Verdisconteren van statistische onzekerheid via toeslagen (Bijlage D)

Hiernaast moet, gezien de verre zichtjaren, rekening worden gehouden met verdere rivierverruimende maatregelen (de voorkeursstrategie uit het Deltaprogramma). Aangezien het van een aantal van deze ontwikkelingen nog onzeker is of ze daadwerkelijk worden doorgevoerd, wordt in het onderhavige rapport gewerkt met verschillende scenario's t.a.v. de bovengenoemde aspecten. Deze scenario's worden, waar relevant, per project beschreven.

¹ In Deltares (2014) zijn de volgende projecten opgenomen: Zuid-Beveland West, Emanuelpolder, Burghsluis – Schelphoek, Boerderij de Ruyter, Zierikzee – Bruinisse, Loswal Hattem & Apeldoorns kanaal, Dalfsen, Zwolle, Genemuiden, Randmeerdijk Noordoostpolder, Randmeerdijk, ZZL/DR7, ZZL/DR8 en Amertak.

2 Beschrijving aanvullingen/update OI2014 HOR versie 4

Ten opzichte van OI2014 versie 3 zijn er in versie 4 een aantal nieuwe projecten meegenomen. Het betreft voornamelijk toevoegingen met betrekking tot aanvullende projecten. Veel van de toevoegingen zijn lopende het opstellen van versie 4 reeds (middels losse memo's) beschikbaar gesteld aan de waterkeringbeheerders. Dit rapport bundelt de memo's zodanig dat deze herkenbaar blijven voor de beheerders. Per project is er een aantal bijzonderheden te melden, deze worden onderstaand kort toegelicht. Eerst echter een aantal algemene opmerkingen.

2.1 Algemene wijzigingen

Aftoppen afvoerstatistiek

De afvoerstatistiek in het WBI2017 en het OI2014 zijn afgeleid conform de GRADE methode. De resulterende statistiek is gegeven in de werkwijzer hydraulische ontwerprandvoorwaarden van juli 2015. Ten aanzien van de Rijnafvoeren bij Lobith is er een wijziging ten opzichte van OI2014 versie 3. Besloten is door de Minister de afvoerstatistiek af te toppen op 18.000 m³/s bij Lobith vanwege overstromingen in Duitsland. De invloed van dit fysische maximum op de ontwerpen van reeds lopende projecten langs de Waal, Lek en IJssel moet worden geanalyseerd middels een gevoeligheidsanalyse.

Onzekerheidstoeslag

In Tabel 2.1 is samengevat welke onzekerheidstoeslag toegepast moet worden voor verschillende watersystemen. Ter vergelijking is ook de vigerende robuustheidstoeslag gegeven zoals deze in 2009 is afgeleid. De vigerende robuustheidstoeslag is bedoeld om diverse bronnen van onzekerheid op te vangen, zoals onzekerheden in de extreme waterstanden, golfcondities en golfoploop. In het kader van WBI2017 worden statistische en modelonzekerheden expliciet meegenomen. Hierop wordt binnen het OI2014 geanticipeerd met een onzekerheidstoeslag. Deze onzekerheidstoeslag vervangt de robuustheidstoeslag (merk op dat de definitie van beide toeslagen verschilt) en is per watersysteem gepresenteerd in Tabel 2.1.

Voor een aantal specifieke toepassingen/projecten wordt afgeweken van de onzekerheidstoeslag conform Tabel 2.1. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn indien de norm van een traject behoorlijk afwijkt van de gemiddelde norm in het genoemde watersysteem in Tabel 2.1. Tabel 2.1 geeft derhalve een indicatie maar niet het uiteindelijke voorschrift voor een zeker project. Dat laatste is terug te vinden per project in deze werkwijzer.

Tabel 2.1 Robuustheidstoeslag / onzekerheidstoeslag per watersysteem

Watersysteem	Parameter	Robuustheids-toeslag 2009	Onzekerheidstoeslag OI2014v4
Rivieren (inclusief rivieren in benedenrivierengebied)	Waterstand	+ 0,30m	+ 0,30m
Meren (inclusief Ketelmeer)	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,20m + 10% + 10%	+ 0,40m + 10% + 10%
Brede wateren in benedenrivierengebied (o.a. Haringvliet, Hollandsch Diep)	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,20m + 10% + 10%	+ 0,40m + 10% + 10%
Waddenzee en Kust, Westerschelde en Oosterschelde	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,10m + 10% + 10%	+0,40m.* + 10% + 10%

* Op basis van de nieuwste kennis uit WBI2017 is een onzekerheidstoeslag voor de kustgebieden afgeleid maar deze is nog niet geheel uitgekristalliseerd. In de regel zal de toeslag zijn conform het OI2014v2, te weten +0.40m maar afwijkingen komen voor. Neem in voorkomende gevallen contact op met Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl).

2.2 Bijzonderheden per project

- Projecten gelegen langs de Hollandsche IJssel**
 Voor projecten gelegen langs de Hollandsche IJssel geldt dat het belangrijkste aandachtspunt betrekking heeft op de te hanteren strijklengtes voor bepaling van het hydraulisch belastingniveau. Daarnaast is de faalkans van de Hollandsche IJssel kering van belang voor de ontwerpbelastingen (deze werd niet gebruikt in de HR2008-C). Samenhangend met de faalkans is de zeespiegelstijging van belang. De faalkans is echter nauwelijks van belang voor het faalmechanisme hoogte indien op de ontwerplocatie de belastingen worden gedomineerd door windgolven. Ten behoeve van een betere duiding van de resultaten wordt tot slot aanbevolen om over te stappen van het gebruik van Hydra-BS naar het gebruik van Hydra-NL.
- Marken**
 Voor Marken geldt dat er nauwelijks sprake is van een klimaattoeslag vanwege de voorziene maatregelen om zeespiegelstijging te compenseren. Als gevolg hiervan is de afstand tussen toetsrandvoorwaarden en ontwerprandvoorwaarden klein. Immers de onzekerheidstoeslag (die vanwege de lage norm afwijkend is ten opzichte van de standaardwaarde in Tabel 2.1) is zowel aanwezig bij het toetsen als het ontwerpen.

- Projecten gelegen in de Maasvallei: 1) DR 68 Steyl – Maashoek , 2) DR 79 Thorn, 3) DR 78 Heel, 4) DR 65 Arcen, 5) DR60 Well)

Voor projecten gelegen in de Maasvallei geldt dat rekening wordt gehouden met een specifieke set van ruimtelijke maatregelen. Voor de duiding van de afgeleide hydraulische randvoorwaarden gegeven een zichtjaar is het voor de ontwerper van belang kennis te nemen van de meegenomen ruimtelijke maatregelen. Er wordt uitgegaan van “Niet overstroombare Maaskades” conform de Deltabeslissing Maas en conform het WBI2017;

Systeemmaatregelen² worden wel beschouwd in het ontwerp maar worden niet meegenomen in de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden. De afvoerstatistiek is conform GRADE voor de Maas. Daarin worden overstromingen in België niet beschouwd en speelt het aftoppen van de afvoer ook geen rol van betekenis.

- Vlieland
Voor Vlieland geldt dat, op basis van nieuwe inzichten, afgeweken wordt van de eerder voor kustsystemen voorgeschreven onzekerheidstoeslag van 0,4 meter op het MHW (naast een toeslag van 10% op de golfparameters). De nu voorgestelde onzekerheidstoeslag bedraagt 0,2 meter op het MHW.
- POV Centraal Holland (dijkring 44)
De projecten van POV Centraal Holland liggen in het overgangsgebied tussen bovenrivieren en benedenrivieren. Dit leidt tot aansluitingsproblemen vanwege de verschillende probabilistische modellen voor deze gebieden. Voor dijkkring 44 (gelegen in het bovenrivierengebied) is een correctie voorgesteld om aan te sluiten bij het benedenrivierengebied.
- Projecten langs Vossemeer en Drontermeer
Projecten langs het Vossemeer en Drontermeer worden potentieel beïnvloed door het nieuw aan te leggen Reevediep. Op basis van de meest recente kennis wordt gesteld dat de invloed van het Reevediep (fase 1b en fase 2) op de hydraulische belastingen dusdanig klein zijn dat volstaan kan worden met de bestaande belastingmodellen. Daarnaast geldt voor de projecten langs het Vossemeer dat een correctie op de waterstanden en HBN's voorgesteld wordt om te anticiperen op nieuwe inzichten met betrekking tot energieoverdracht van wind naar water (winddrag coëfficiënt).
- Vianen
Voor Vianen aan de Lek geldt dat rekening dient te worden gehouden met enerzijds het door DGRW voorgeschreven aftoppen van de afvoer bij Lobith op 18.000 m³/s en anderzijds het realiseren van ‘Lek Ontzien’. DGRW heeft besloten vooralsnog uit te gaan van het 100% ontzien van de Lek (het afvoerdebiet is maximaal 3380 m³/s op de Lek) ook al is nog niet duidelijk hoe dat in de praktijk moet gaan worden gerealiseerd. Middels een combinatie van aftoppen van de afvoer en toeslagen wordt in het recept rekening gehouden met deze beide aspecten. De afvoeren zijn conform GRADE. Bijzonder aan de locatie Vianen is dat er ook een merkbare invloed is van de zee en dat daarom het probabilistische model voor de benedenrivieren gebruikt dient te worden.

² Er zijn 12 systeemmaatregelen benoemd als compensatie voor het feit dat de kades niet overstroombaar worden in Limburg (oneindig hoog). Dat zijn 5 dijkerugleggingen en 7 maatregelen ihkv toestaan van onderlopen. Dit besluit is genomen in de Stuurgroep Delta-Maas van het Deltaprogramma.

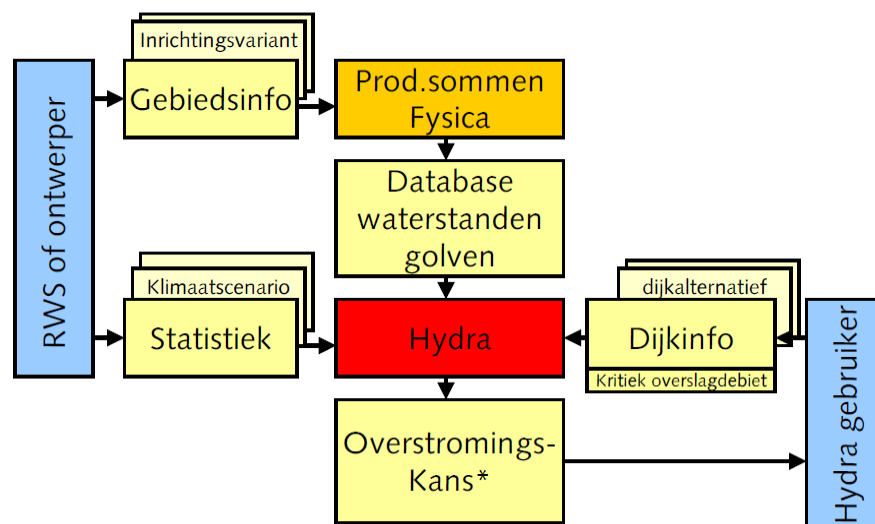
- **Grebbedijk en Rijnkade Arnhem**
Voor Grebbedijk en Rijnkade Arnhem geldt eveneens dat rekening dient te worden gehouden met Lek Ontzien conform de aannames bij Vianen. Middels toeslagen wordt in het recept rekening gehouden met "Lek Ontzien". Op deze locaties wordt geen invloed van de zee beschouwd.
- **Doetinchem**
Voor Doetinchem geldt dat de maatgevende condities worden bepaald door een combinatie van afvoer bij Lobith en een afvoer op de Oude IJssel. Vanwege het ontbreken van een volledig probabilistisch model is een pragmatische werkwijze opgesteld waarmee Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden kunnen worden opgesteld.
- **Apeldoorns kanaal**
Voor dit watersysteem is een update gemaakt tov OI2014v2. Het systeem wordt nu gerekend tot de IJsseldelta en heeft daarbij een andere database inclusief invloed vanaf het Ketelmeer (in OI2014 werd vanwege ontbreken IJsseldelta informatie een database Bovenrivieren gehanteerd). Ook is overgestapt op de GRADE afvoerstatistiek. De verschillen met OI2014v2 in hoogte zijn overigens beperkt, max 10cm voor 2015 en kleiner voor verder in de toekomst.

3 Hollandsche IJssel

3.1 Aanpak

De afleiding van ontwerprandvoorwaarden is gebaseerd op de afleiding van hydraulische randvoorwaarden die worden gebruikt bij de toetsing van primaire waterkeringen. Figuur 3.1 geeft een weergave van de wijze waarop normaliter ten behoeve van de toetsing de hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid. De kern van deze afleiding wordt gevormd door de zogenaamde Hydra-modellen, waarmee op probabilistische wijze de hydraulische randvoorwaarden worden bepaald. Als input voor deze bepaling wordt (verwerkte) gebiedsinformatie, statistiek en dijk informatie gebruikt. Ten behoeve van de toetsing wordt deze input gebaseerd op de situatie geldig voor de toetsperiode: over het algemeen een zichtperiode van 6 à 7 jaar. Voor het ontwerp dient deze input aangepast te worden, zodanig dat de toekomstige situatie over bijvoorbeeld 30 of 50 jaar wordt beschreven. Dit betekent onder meer dat de statistiek van zeewaterstanden en rivierafvoeren aangepast dient te worden. Dit betekent echter ook dat (indien relevant) de gebiedsinformatie aangepast dient te worden, bijvoorbeeld om rivierverruimende maatregelen mee te nemen.

Aspecten zoals verandering van dijkprofiel en wijziging van normfrequentie zijn vaak relevant voor zowel toetsen als ontwerpen van dijken. Omdat deze informatie lokaal gebonden is, wordt deze informatie niet opgenomen in databases: de gebruiker kan deze informatie bij iedere berekening specificeren. Voor het ontwerp kan dan ook eenvoudig voor een alternatief dijkprofiel of aangepaste normfrequentie worden gekozen.



Figuur 3.1 Weergave van de reguliere werkwijze om tot hydraulische randvoorwaarden te komen. *De Hydra's leveren niet direct een overstromingskans

De inhoud van de recepten verschilt voor verschillende belastingtypen (HBN, Ontwerppeil, etc.) en verschillende watersystemen. Over het algemeen kan echter gesteld worden dat de recepten de volgende opbouw hebben:

- 1 Indien relevant en mogelijk, aanpassen statistiek en gebiedsinformatie welke als input dient voor het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem.
- 2 Afleiden hydraulische randvoorwaarden met behulp van het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem en de aangepaste input.
- 3 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden voor klimaatverandering (indien niet reeds in het Hydra-model meegenomen) en voor gebiedsinformatie die niet meegenomen kan worden in het Hydra-model.
- 4 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden met een onzekerheidstoeslag.

In het stroomschema (zie Figuur 3.2) staan de bovenstaand beschreven algemene stappen nogmaals weergegeven, inclusief de keuze momenten.

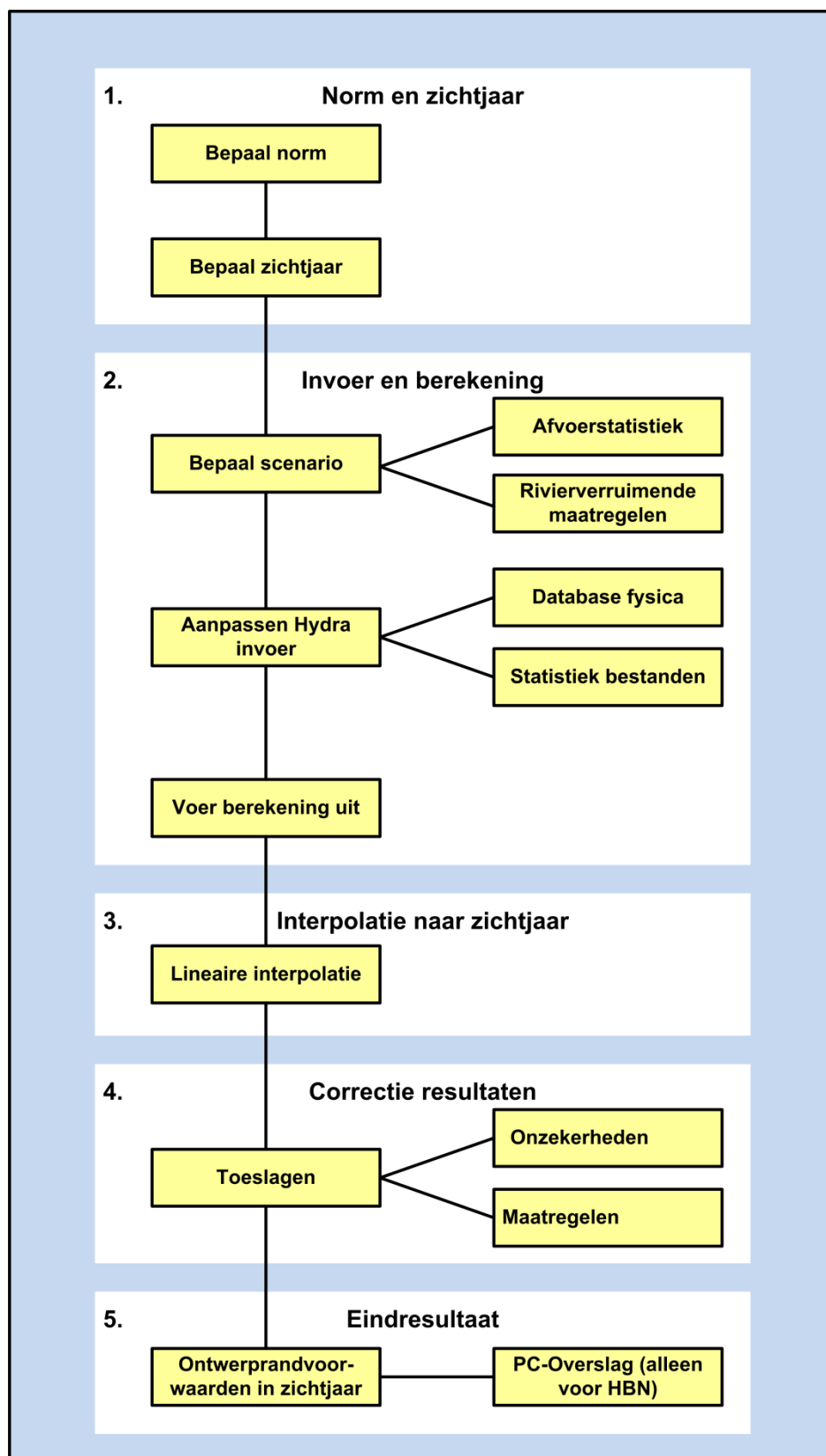
Voor de afleiding van de hydraulische ontwerprandvoorwaarden voor de Hollandsche IJssel zijn de volgende Hydra modellen op aanvraag beschikbaar:

- Hollandsche IJssel: Hydra-NL 1.2.0, 2^{de} concept mei 2016

Voor elk van deze Hydra modellen zijn zogenaamde databases fysica beschikbaar waarin de gebiedsinformatie van verschillende watersystemen is opgenomen. Standaard worden de Hydra modellen beschikbaar gesteld met de vigerende databases (HR2006) of de concept vernieuwde databases (CR2011). Voor de projecten langs de Hollandsche IJssel dienen de volgende databases te worden gehanteerd:

- 2015ref_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_14_v00.mdb
- 2015ref_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_15_v00.mdb
- 2050ws_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_14_v00.mdb
- 2050ws_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_15_v00.mdb
- 2100ws_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_14_v00.mdb
- 2100ws_SVKc_HollandscheIJssel_oever_c_15_v00.mdb

In dit hoofdstuk wordt per faalmechanisme een recept gepresenteerd voor het afleiden van hydraulische ontwerprandvoorwaarden.



Figuur 3.2 Stroomschema dat de algemene stappen beschrijft om te komen tot ontwerprandvoorwaarden. De getallen corresponderen met de indeling van de recepten in Hoofdstukken 3.4, 3.5 en 3.6.

3.2 Aannames en uitgangspunten

Onderstaand worden de algemeen geldende aannames en uitgangspunten beschreven. In de verkenning van een dijkontwerpproject is het van belang de gevoeligheid van het ontwerp voor een aantal met onzekerheden omgeven uitgangspunten (bijv. klimaatscenario en rivierverruimende maatregelen) na te gaan en hierin het ontwerp rekening mee te houden mocht daar aanleiding toe zijn. Opgemerkt wordt ook dat een ontwerp op "einde levensduur" aan de eis van een het warme KNMI'06 scenario W+ zou moeten voldoen, maar adaptief kan worden aangelegd op een gematigd scenario G of G+ mits het dijkontwerp uitbreidbaar is.

3.2.1 Normen

RWS WVL (2013b) geeft een uitgebreide beschrijving van de verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskansnorm en hoe hiermee om te gaan bij het ontwerpen. Hierbij dient de overstromingskansnorm per faalmechanisme vertaald te worden naar een faalkanseis op doorsnedeniveau, rekening houdend met het zogenaamde lengte effect en de faalkansruimte die is gereserveerd voor het beschouwde faalmechanisme. Er wordt onderscheid gemaakt tussen golfoverslag en alle andere faalmechanismen, omdat alleen golfoverslag geen gebruik maakt van het ontwerppeil (de waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig overeen komt met de normhoogte). Een nadere toelichting over deze vertaalslag is te vinden in Bijlage B van RWS WVL (2015). Meer informatie over verwachte overstromingskansnormen is verkrijgbaar bij de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl).

3.2.2 Zichtjaar

Het zichtjaar waarvoor de ontwerprandvoorwaarden worden bepaald hangt nauw samen met de levensduur van het ontwerp en daarmee ligt de keuze voor een zichtjaar dus bij de ontwerper (wel kan er een uiterst zichtjaar gedefinieerd worden).

3.2.3 Klimaatscenario

Onderdeel van het bepalen van de ontwerprandvoorwaarden is het rekening houden met het verwachte effect van klimaatverandering (zeespiegelstijging, meerpeilstijging en/of toename rivierafvoer) gedurende de geplande levensduur. Voor alle projecten wordt het klimaatscenario W+ (KNMI, 2006) aangeleverd, dit komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm (Deltares, 2011).

3.2.4 Afvoerstatistiek

Zoals eerder genoemd wordt geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten op de ontwikkelingen binnen WBI2017. Dit heeft ook weerslag op de gehanteerde kansverdeling van de rivierafvoer, omdat binnen WBI2017 gewerkt gaat worden met GRADE resultaten waarin bovenstroomse overstromingen zijn meegenomen. Hierbij worden in de huidige GRADE versie geen harde aftopniveaus gehanteerd.

Binnen OI2015 wordt gebruik gemaakt van de kansverdeling van de rivierafvoer gebaseerd op GRADE resultaten. De GRADE afvoerstatistiek (mail Hendrik Buiteveld, RWS-WVL, d.d. 24 maart 2015) is beschikbaar voor het referentie jaar 2015 en de zichtjaren 2050 en 2100 (beiden voor klimaatscenario W+). Voor het klimaatscenario G of G+ is op dit moment nog geen GRADE afvoerstatistiek beschikbaar.

In het OI2014v3 komen de gematigde scenario's in beeld bij het maken van een adaptief dijkontwerp waarbij voor zichtjaar einde levensduur wordt ontworpen op W+ en in tussenstap(pen) adaptief wordt ontworpen op G/G+ mits uitbreidbaarheid naar W+ wordt gegarandeerd. Het belang hiervan is om tevens de consequenties in beeld te krijgen voor een wat minder robuust ontwerp. Dit laatste kan men echter ook doen middels een gevoeligheidsanalyse met W+ voor kortere zichtjaren (bv 25 jaar ipv 50 jaar).

3.2.5 Faalkans Hollandsche IJssel kering

Conform het Deltaprogramma wordt gesteld dat voor de faalkans van de Hollandsche IJssel (betrouwbaarheid sluiten) geldt dat voor de korte termijn gerekend dient te worden met een faalkans van 1/200. Voor de periode tot aan einde levensduur onderzoekt RWS nog of de faalkans kan worden verkleind naar 1/500 of 1/1000 maar dat nemen we hier niet in beschouwing omdat hier nog geen duidelijkheid over is. Bij einde levensduur (ca. 2050) adviseert het Deltaprogramma om een nieuwe stormvloedkering te bouwen met faalkans 1 op 1000.

Ten behoeve van OI2014 wordt geadviseerd om tot 2050 uit te gaan van een faalkans van 1/200 en na 2050; bij vervanging van de huidige stormvloedkering vanwege einde levensduur; uit te gaan van een faalkans van 1/500. Merk op dat deze verandering van faalkans een relatief groot effect heeft op de belastingen en dat een verlaging van de faalkans ook leidt tot een verlaging van de belastingen. Het is dan ook aan te bevelen om de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden tenminste voor 2050 te bepalen, ook als het zichtjaar verder in de toekomst ligt. Daarnaast is het aan te bevelen een gevoeligheidsanalyse te doen op de invloed van de faalkans van de stormvloedkering na 2050. De faalkans van 1/500 is immers nog hypothetisch, er kan nog van worden afgeweken.

3.2.6 Onzekerheidstoeslag

Traditioneel wordt bij het ontwerpen een robuustheidstoeslag toegepast. Deze robuustheidstoeslag is bedoeld als toeslag voor modelonzekerheden met betrekking tot waterstanden en golfcondities. In OI2014v2 (Deltares, 2014) is daaraan ook statistische onzekerheid toegevoegd en in OI2014v3 (Deltares, 2015a) zijn de toeslagen opnieuw bepaald en hernoemd tot onzekerheidstoeslag. Deze toeslagen worden ook in dit rapport (OI2014v4) gehanteerd.

In het kader van WBI2017 worden de statistische en modelonzekerheden enerzijds gekwantificeerd en anderzijds mogelijk ook meegenomen in het afleiden van de hydraulische toetsrandvoorwaarden. Dit betekent dat het mogelijk is geworden een toeslag te definiëren welke expliciet het effect van statistische en modelonzekerheden omvat, overeenkomstig de te verwachten toeslag zoals deze van toepassing kan zijn in het kader van WBI2017 (indien gerekend gaat worden met onzekerheden).

Onafhankelijk van het wel of niet meenemen van onzekerheden in het kader van WBI2017 wordt voor het ontwerpen als uitgangspunt gekozen om rekening te houden met de statistische en modelonzekerheden. Hiervoor worden de verkregen inzichten met betrekking tot statistische en modelonzekerheden uit WBI2017 gebruikt om een toeslag te definiëren. Vanwege het feit dat de toeslag enkel de hiervoor benoemde aspecten omvat wordt voorgesteld om deze toeslag een onzekerheidstoeslag te noemen. Los van deze onzekerheidstoeslag dient de ontwerper zelf een keuze te maken met betrekking tot het maken van een robuust ontwerp door een extra toeslag te definiëren om onverwachte ontwikkelingen op te vangen. Gegeven het feit dat dit een ontwerpkeuze is, wordt dit aspect niet opgenomen in de onzekerheidstoeslag.

Hiermee wordt dus afgeweken van de oude robuustheidstoeslag en wordt de onzekerheidstoeslag geïntroduceerd om in te spelen op het verdisconteren van model en statistische onzekerheid in het toekomstig instrumentarium (zie Tabel 2.1 voor een vergelijking tussen beide). Het uitgangspunt voor de ontwerper is het toepassen van de nieuwe onzekerheidstoeslag (zie Bijlage B van Deltares (2015a) voor verdere toelichting).

Voor de Hollandsche IJssel geldt voor het MHW dat de Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden worden gedomineerd door een situatie waarin de Europoortkering regulier sluit, maar waarbij de Hollandsche IJsselkering faalt. Voor het HBN aan de DR15 zijde geldt dit ook, maar voor het HBN aan de DR14 zijde kan het ook voorkomen dat de Hollandsche IJsselkering net niet hoeft te worden gesloten. Dat betekent dat in alle gevallen die bepalend zijn de Hollandsche IJsselkering open is, en de Europoortkering gesloten (T. Botterhuis, HKV memo PR2968.10, 2014). Gegeven de hoge normstelling voor de DR14-zijde (1/30.000) en de DR15 zijde (1/10.000), wordt verondersteld dat dit voornamelijk situaties zijn waarbij sprake is van een relatief hoge rivierafvoer en in mindere mate van een hoge zeewaterstand. Dit betekent dat de onzekerheidstoeslag primair gedomineerd wordt door de onzekerheid waterstand zoals ook van toepassing op de rivieren. Derhalve wordt dan ook de onzekerheidstoeslag voor rivieren ook van toepassing verklaard voor de Hollandsche IJssel.

Voor de Hollandsche IJssel wordt dan ook een onzekerheidstoeslag van 0,30m voorgeschreven op de waterstand. Er dient geen onzekerheidstoeslag op de golfcondities te worden toegepast (aangezien deze te beperkt variëren).

3.3 Handleiding aanpassen modelinvoer (Hydra-NL)

Onderstaand wordt beschreven welke stappen moeten worden doorlopen om de effecten van klimaatscenario's op afvoerdebiet, meerpeil of zeespiegel mee te nemen.

3.3.1 Toevoegen randvoorwaarden database

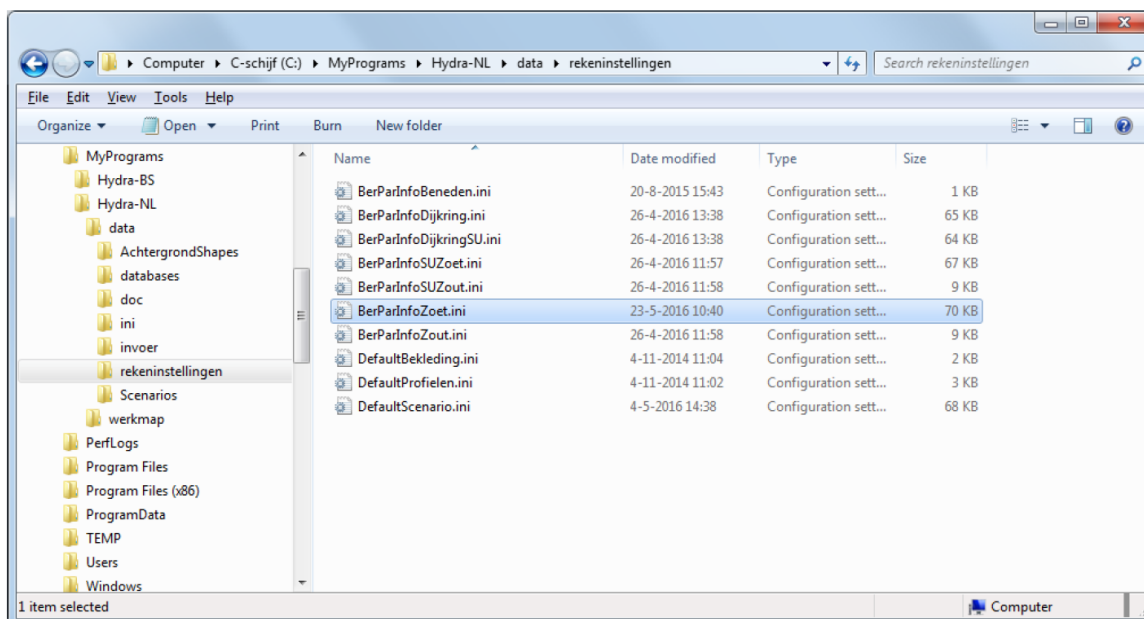
Om een specifieke randvoorwaarden database beschikbaar te maken binnen Hydra-BL, ga naar het kopje 'Randvoorwaarden', 'Beheren'. Klik op 'Toevoegen' en navigeer naar de locatie van de gewenste randvoorwaarden database. Selecteer de gewenste database, klik op 'Open' en vervolgens op 'OK'. De database moet nu zichtbaar zijn in het overzicht aan de rechterkant van het hoofdscherm.

3.3.2 Aanpassen afvoerstatistiek

Om te rekenen met de GRADE-afvoerstatistiek uit zal in de installatiefolder van Hydra-NL een wijziging aangebracht moeten worden. In Figuur 3.3 is de folder *rekeninstellingen* van Hydra-NL weergegeven. Deze folder bevindt zich onder de folder *data* van Hydra-NL. In deze folder *rekeninstellingen* bevindt zich het bestand *BerParInfoZoet.ini* (het geselecteerde bestand van

Figuur 3.3). De aanbevolen handelswijze om te rekenen met de GRADE-afvoerstatistiek is als volgt:

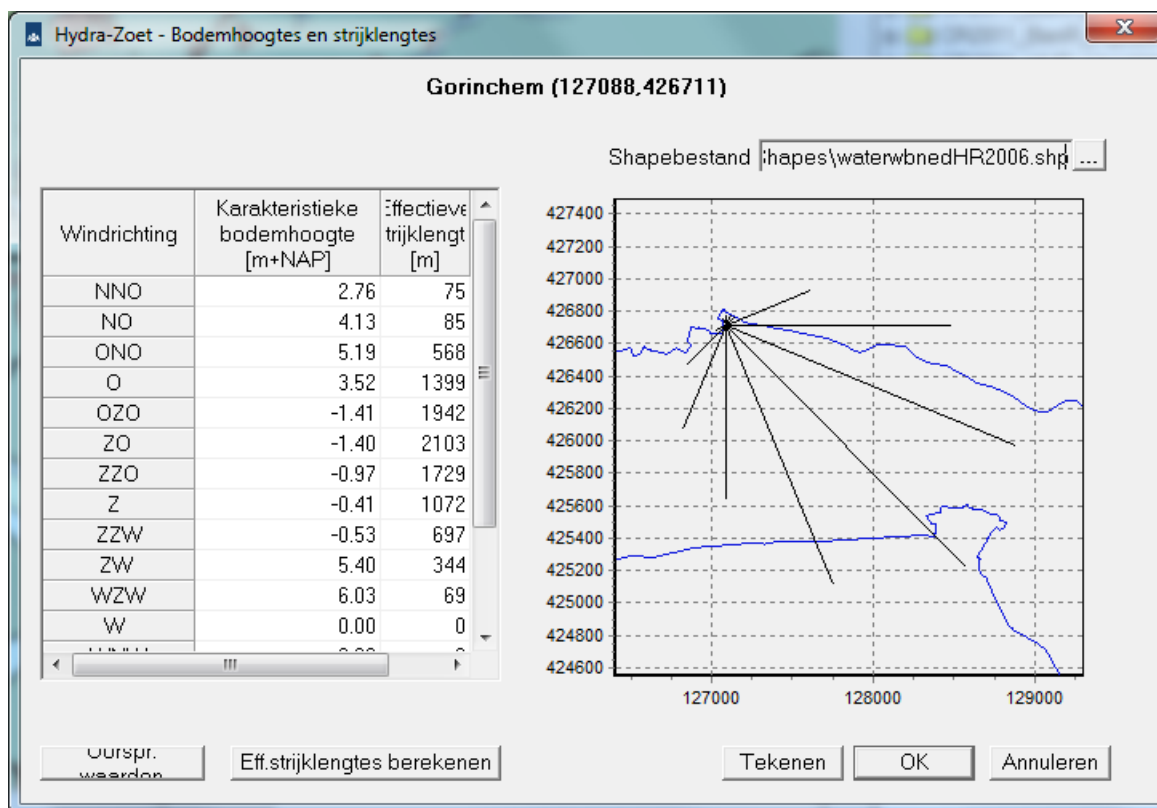
- 1 Sluit Hydra-NL af.
- 2 Hernoem het bestand *BerParInfoZoet.ini*; bijvoorbeeld tot *BerParInfoZoet_ORG.ini*.
- 3 Plaats het *BerParInfoZoet.ini*-bestand voor de GRADE-afvoer in deze folder en hernoem het tot *BerParInfoZoet.ini*. Het *BerParInfoZoet.ini*-bestand voor de GRADE-afvoer is een losse levering en heeft de naam *BerParInfoZoet_GRADE.ini*.
- 4 Start Hydra-NL en deze rekt met de GRADE-afvoerstatistiek.



Figuur 3.3 Folder met rekeninstellingen voor Hydra-NL (MyPrograms – Hydra-NL – data – rekeninstellingen).

3.3.3 Aanpassen strijklengtes en bodemdieptes

De User-Interface van Hydra-NL biedt de mogelijkheid om strijklengtes en bodemliggingen handmatig aan te passen (default worden getallen uit de database ingelezen). Hiertoe dient Hydra-NL te worden opgestart en een locatie te worden geselecteerd. Onder het menu item "Locatie -> Bodemhoogtes en strijklengtes" kan men handmatig de gewenste gegevens invoeren/corrigeren (zie Figuur 3.4).



Figuur 3.4 Screenshot van het invoerscherm voor bodemhoogtes en strijklengtes.

Een dergelijke aanpassing kan wenselijk zijn in geval van een rivierverruimende maatregel, waarvan het effect op de strijklengtes en bodemligging nog niet is opgenomen in de database. Dit geldt ook voor sommige PKB maatregelen, met name die met een dijkeruglegging. Daarnaast kan een dergelijke aanpassing wenselijk zijn in geval van een berekening voor een tussengelegen locatie (zie paragraaf 3.3.4).

De databases welke meegeleverd worden met Hydra-NL bevatten effectieve strijklengtes en bodemdieptes voor een beperkt aantal locaties langs de Hollandse IJssel. Deze zijn nodig voor het berekenen van de golfgroei door wind met de Brettschneider formule. Vanwege het grillige verloop van de strijklengtes van locatie naar locatie, verdient het de aanbeveling om tenminste de strijklengtes en bodemdieptes voor de beschouwde locatie te verifiëren, en zo nodig aan te passen. Strijklengtes en bodemdieptes kunnen worden bepaald volgens de systematiek beschreven in "Leidraad Ontwerpen van Rivierdijken deel 1".

Als alternatief voor de hierboven beschreven methode voor handmatige aanpassing van strijklengtes kan gebruik worden gemaakt van de bestaande functionaliteit binnen Hydra-NL. Hiervoor dient een Shapebestand te worden ingelezen middels de knop '...' zoals weergegeven in Figuur 3.4 (rechtsboven). Daarin kan op de knop "Eff. Strijklengtes berekenen" worden gedrukt, waarna effectieve strijklengtes beschikbaar komen. Merk op dat deze optie enkel beschikbaar is voor locaties welke onderdeel zijn van de database en dat bijbehorende karakteristieke bodemhoogte handmatig bepaald en ingevoerd dient te worden.

3.3.4 Rekenen voor tussengelegen locaties

De beschikbaar gestelde databases bevatten een beperkt aantal locaties. In sommige gevallen, bijvoorbeeld wanneer de HR sterk variëren in de ruimte, is het wenselijk om HR te bepalen voor een tussengelegen locatie.

Indien men een waterstand wil bepalen voor een tussengelegen locatie, dan kan men eenvoudig de maatgevende waterstand van de beide omliggende locaties bepalen en vervolgens volgens lineaire interpolatie de maatgevende waterstand op de tussengelegen locatie bepalen.

Voor het bepalen van het Hydraulische Belasting Niveau (HBN) is een dergelijke interpolatie ook mogelijk, maar dan dient voorafgaand aan deze interpolatie het HBN op de naastgelegen locaties te worden bepaald met inachtneming van het profiel (talud en oriëntatie) en de strijklengtes en bodemligging zoals van toepassing op de tussengelegen locatie. In stappen uitgesplitst betreft het dus de volgende activiteiten:

- Stel profiel en oriëntatie vast van het tussengelegen punt.
- Stel de strijklengtes en bodemligging vast voor het tussengelegen punt.
- Voer een berekening uit met Hydra-NL voor beide naastgelegen punten met voorgaande informatie.
- Bepaal met behulp van lineaire interpolatie en de resultaten van de beide naastgelegen punten de belastingen op het tussengelegen punt.

3.3.5 Rekenen voor grote terugkeertijden

In Hydra-NL moeten de invoerbestanden aangepast worden om met herhalings tijden groter dan 20.000 jaar om te kunnen gaan. Om dit te doen moeten eerst de instellingen van Hydra-NL zo gekozen worden zoals ze voor de berekening gewenst zijn ("bijvoorbeeld waterstand"). De instellingen worden verkregen door op de knop "Parameters..." te drukken, die zichtbaar is in het scherm dat verkregen wordt door te kiezen voor de menuoptie "Dijkvakberekening(en)." in het menu "Berekening". Sluit Hydra-NL vervolgens af.

Open dan het bestandje "BerParInfo.ini". Dit bevindt zich in de subdirectory "\data\ini" van de Hydra-NL installatie directory. In dit bestand is onderstaande informatie aanwezig (details kunnen anders zijn):

```
NFREQ=5  
FREQ.1=1000  
FREQ.2=1250  
FREQ.3=2000  
FREQ.4=4000  
FREQ.5=10000
```

In bovenstaand blok wordt met NFREQ het aantal ontwerp frequenties opgegeven. Vervolgens staan er de ontwerp frequenties (de terugkeertijd wordt ingevoerd). Er mogen hier meer records staan dan het bovenstaand (bij NFREQ) ingevoerde aantal. Uitbreiding van deze lijst met herhalings tijden groter dan 20.000 jaar zal nu voor zich spreken. Vervanging van één van de terugkeertijden is ook mogelijk.

Sla het bestand "BerParInfo.ini" op, sluit het af en start Hydra-NL. Start de berekeningen voor de locatie(s) waarvoor gerekend moet worden. Het scherm "Parameters..." mag nu NIET meer geopend worden. Anders worden alle terugkeertijden groter dan 20.000 jaar gelijk gesteld aan 20.000 jaar.

3.3.6 Zeespiegelstijging

Om zeespiegelstijging mee te nemen in de berekening, ga naar 'Berekening', 'Dijkvakberekening(en)...', 'Parameters' (zie Figuur 3.5). Selecteer onder 'Klimaatscenario's' het gewenste zichtjaar en selecteer 'Warm/stoom'.

3.3.7 Faalkansen stormvloedkeringen

De faalkansen van de stormvloedkeringen kunnen worden ingevuld in het 'parameters' scherm van de berekening. Ga naar 'Berekening', 'Dijkvakberekening(en)...', 'Parameters' en dan kunnen onder 'Faalkansen keringen' de faalkansen worden aangepast.

Hydra-BS - Parameters - Dijkvakberekening

Type berekening

Waterstand

Hydraulisch belastingniveau

Klimaatscenario's

Referentiesituatie in 2015

voor 2050

voor 2100

Rust/druk

Warm/stoom

Aftoppen afvoer

Voorspelde zeewaterstand Maasmond

Gemiddelde voorspelfout: m

Standaarddeviatie: m

Frequenties

Aantal frequenties:

		Frequentie [1/jaar]
1	1/	1000
2	1/	1250
3	1/	2000
4	1/	4000
5	1/	10000

Faalkansen keringen

Kans falen sluiting Europoortkering: per keer

Faalkansen niet-sluiten SVK Hollandsche IJssel: per keer

Parameters uit berekening Memo OK Annuleren

Figuur 3.5 Screenshot van het Hydra-NL Parameters invoerscherm.

3.4 Afleiden Hydraulisch Belasting niveau (HBN)

Voor bepaling van het HBN op de Hollandsche IJssel wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

1 Norm en zichtjaar

- 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf).
- 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 3.2.2).

2 Invoer en berekening

- 2.1 Gebruik Hydra-NL versie 1.2.0.
- 2.2 Gebruik GRADE afvoerstatistiek voor de berekening (zie Paragraaf 3.3.2).
- 2.3 Selecteer een randvoorwaardendatabase (zie Hoofdstuk 3).

- 2.4 Pas de te hanteren faalkans voor de Hollandsche IJssel kering aan conform zichtjaar (zie Paragraaf 3.3.7)
 - 2.5 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
 - 2.6 Controleer, en/of wijzig de effectieve strijklengtes en bodemdiepte voor deze locatie (zie Paragraaf 3.3.3)
 - 2.7 Voer 'Hydraulische belastingniveau - Golfoverslag' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Gebruik hierbij het kritiek overslagdebiet waar in het ontwerp rekening mee is gehouden. Gebruik hierbij het juiste klimaatscenario (zie Paragraaf 3.3.6).
- 3 Interpolatie naar zichtjaar
De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.
 - 4 Correctie resultaten
De waterstand behorende bij het HBN dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Hollandsche IJssel +0,30 m op de waterstand (zie Paragraaf 3.2.6).
 - 5 Eindresultaat
De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

3.5 Afleiding waterstand bij norm

Voor bepaling van een waterstand behorende bij een norm op de Hollandsche IJssel wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
 - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf 3.2.1).
 - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 3.2.2).
- 2 Invoer en berekening
 - 2.1 Gebruik Hydra-NL versie 1.2.0.
 - 2.2 Gebruik GRADE afvoerstatistiek voor de berekening (zie Paragraaf 3.3.2).
 - 2.3 Selecteer een randvoorwaardendatabase (zie Hoofdstuk 3).
 - 2.4 Pas de te hanteren faalkans voor de Hollandsche IJssel kering aan conform zichtjaar (zie Paragraaf 3.2.5)
 - 2.5 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
 - 2.6 Voer 'Waterstand' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Gebruik hierbij het juiste klimaatscenario (zie Paragraaf 3.3.6).
- 3 Interpolatie naar zichtjaar
De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

4 Correctie resultaten

Het ontwerppeil dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Hollandsche IJssel +0,30 m op de waterstand (zie Paragraaf 3.2.6).

5 Eindresultaat

De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

3.6 Afleiden golfcondities voor bekledingen

De maatgevende golfcondities voor bekledingen kunnen gegenereerd worden door twee verschillende processen. Het eerste proces betreft lokale golfgroei door wind, het tweede proces betreft generatie door schepen. Op voorhand is niet te stellen welke van deze twee dominant zal zijn omdat de strijklengte, welke de windgedreven golfgroei veroorzaakt, sterk varieert op de Hollandsche IJssel. Om deze reden wordt dan ook voorgeschreven om beide typen van golfgeneratie te onderzoeken bij vaststelling van de golfcondities voor bekledingen en de maatgevende van deze twee te gebruiken in het ontwerp.

3.6.1 Golfgeneratie door windgroei

Voor overige watersystemen in Nederland geldt dat de golfcondities voor bekledingen als gevolg van windgroei vastgesteld kunnen worden met de zogenaamde Q-variant. Deze Q-variant is echter niet beschikbaar voor de Hollandsche IJssel, waardoor een pragmatische aanpak gevolgd dient te worden.

Voor de golfgeneratie door windgroei geldt dat de combinatie van strijklengte, bodemligging en windsnelheid de golfcondities bepaald. Een analyse van resultaten van Hydra-NL laat zien dat de bijdrage van golfcondities aan het HBN niet sterk toeneemt met herhalingstijd, wat impliceert dat deze golfcondities relatief constant en relatief onafhankelijk van waterstand zijn.

Nadere analyse laat verder zien dat de golfcondities waarschijnlijk het gevolg zijn van een windsnelheid van orde 20 tot 30 m/s. Gegeven de beperkte strijklengte, kan verondersteld worden dat de golfcondities vooral strijklengte beperkt zijn. Met dit in gedachten wordt dan ook verwacht dat een realistische, doch conservatieve, benadering van de golfcondities voor bekledingen gevormd wordt door het berekenen van de golfcondities op basis van een windsnelheid van 30 m/s en de lokale strijklengte/waterdiepte.

Voor een strijklengte van orde 300 meter leidt dit tot een golfhoogte van orde 0,3 meter en een golfperiode van orde 2 seconden, welke geldig wordt verondersteld voor het gehele talud (waterstanden op de Hollandsche IJssel lijken immers niet erg sterk gecorreleerd te zijn met de windsnelheid). Een dergelijke golfconditie is zeer mild en derhalve wordt verwacht dat scheepsgolven dominant zullen zijn, dit dient echter per geval beoordeeld te worden.

Het bovenstaande resulteert in het volgende stappenplan voor bepaling golfcondities als gevolg van windgroei:

- Bepaal voor de beschouwde locatie voor sectoren van 22.5 graden de strijklengte en bijbehorende waterdiepte.
- Bepaal per sector de golfcondities uitgaande van de hiervoor bepaalde strijklengtes en waterdiepte in combinatie met een windsnelheid van 30 m/s (gebruik hiervoor de bij de Hydra-NL meegeleverde "Bretschneider Calculator")
- Verondersteld de golfrichting gelijk aan de richting van de beschouwde strijklengte

3.6.2 Golfgeneratie door scheepsgolven

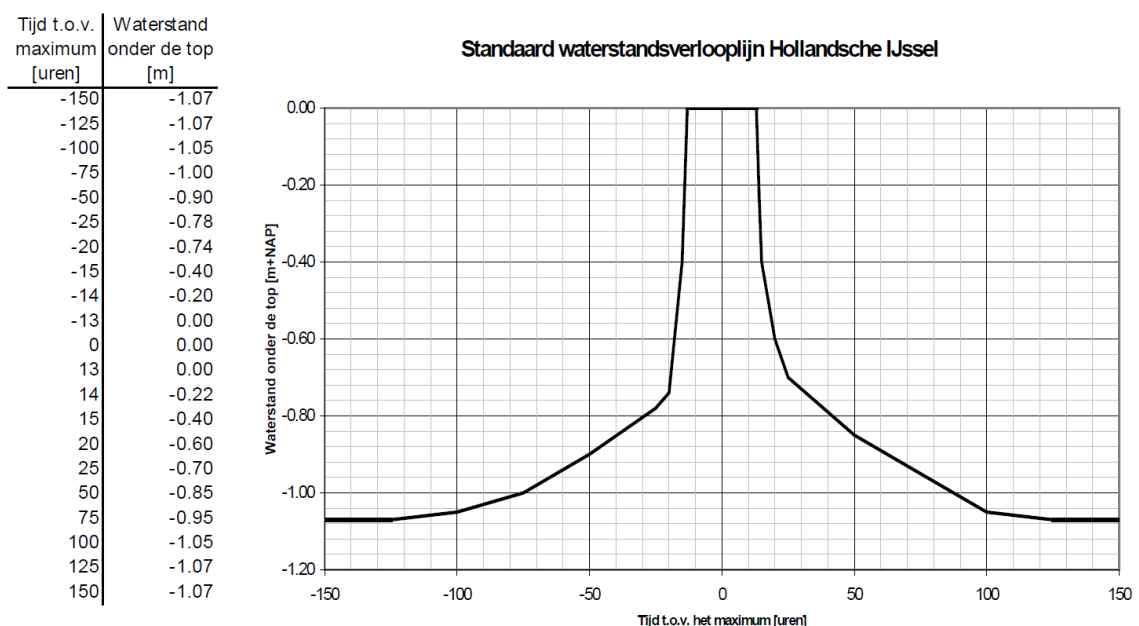
De golfcondities welke verwacht kunnen worden als gevolg van scheepsbewegingen kunnen worden bepaald volgens CUR201 (1999): Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte (of vergelijkbaar).

3.7 Waterstandsverlopen op de Hollandsche IJssel

3.7.1 Beschikbare informatie waterstandsverlooptlijnen

3.7.1.1 HR2006 Hollandsche IJssel

De vigerende waterstandsverlooptlijnen voor de Hollandsche IJssel staan gerapporteerd in Rijkswaterstaat (2008). Het in Bijlage B van Rijkswaterstaat (2008) beschreven waterstandsverloop voor de Hollandsche IJssel is weergegeven in Figuur 3.6. Belangrijke uitgangspunten voor de vaststelling van dit waterstandsverloop zijn (i) het gesloten zijn van de Hollandsche IJssel Kering en (ii) het realiseren van een maalstop voor achtergelegen gemalen/watersystemen. Deze uitgangspunten leiden tot een waterstandsverloop met een horizontale top van orde 24 uur.



Figuur 3.6 Waterstandsverloop voor de Hollandsche IJssel, overgenomen uit Rijkswaterstaat (2008)

3.7.1.2 Wel/niet geopend zijn van de Hollandsche IJssel kering

Zoals aangegeven in 3.7.1.1, is een belangrijk uitgangspunt voor het vaststellen van het HR2006 waterstandsverloop de aanname dat de Hollandsche IJssel Kering gesloten is. Ten tijde van de afleiding van dit waterstandsverloop was er geen aanleiding om uit te gaan van een geopende Hollandsche IJssel kering.

Recent zijn de inzichten met betrekking tot de bijdrage van een gesloten/geopende Hollandsche IJssel kering (en Europoort kering) aan de maatgevende condities voor dijken gelegen achter deze kering veranderd. In HKV (2014) is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd

naar de bijdrage van de Hollandsche IJssel kering aan de maatgevende condities in de Hollandsche IJssel.

Op basis van de gevoeligheidsanalyse wordt gesteld dat het geopend zijn van zowel de Hollandsche IJssel kering als ook de Europoort kering illustratief is voor de situatie waarbij de maatgevende waterstand wordt bereikt. De Hollandsche IJssel kering vanwege falen, de Europoort kering vanwege te lage waterstanden om tot sluiting te leiden.

Vanwege het probabilistische karakter van de maatgevende waterstanden in de Hollandsche IJssel kan niet gesproken worden over het altijd geopend zijn (of falen) van de Hollandsche IJssel kering. Er is een dominante kansbijdrage van een geopende Hollandsche IJssel kering en een beperktere kansbijdrage van een gesloten Hollandsche IJssel kering. Helaas is het met de op dit moment beschikbare middelen niet mogelijk om kwantitatief te duiden hoe groot de kansbijdrage van deze dominante situatie is. Later dit jaar komt een aangepast probabilistisch model voor de Hollandsche IJssel beschikbaar, waarmee het wel mogelijk is deze kansbijdrage te kwantificeren.

Het bovenstaande is geldig voor de huidige situatie (met huidige aannames aangaande betrouwbaarheid sluiten). Voor zichtjaar 2050 gaat dit ook nog net op, maar voor zichtjaar 2100 is de situatie met een gesloten Europoort kering en een geopende (falende) Hollandsche IJssel kering illustratief voor het optreden van maatgevende hoogwaterstanden.

Al met al zijn er dan vier situaties denkbaar als sprake is van een maatgevend hoogwater, waarvan er drie leiden tot een verschillend waterstandsverloop. De situatie met gesloten Europoortkering en gesloten Hollandsche IJssel kering wordt gelijk verondersteld aan de eerste situatie. De tweede situatie is dominant voor zichtjaren 2015 en 2050, terwijl de derde dominant is voor zichtjaar 2100:

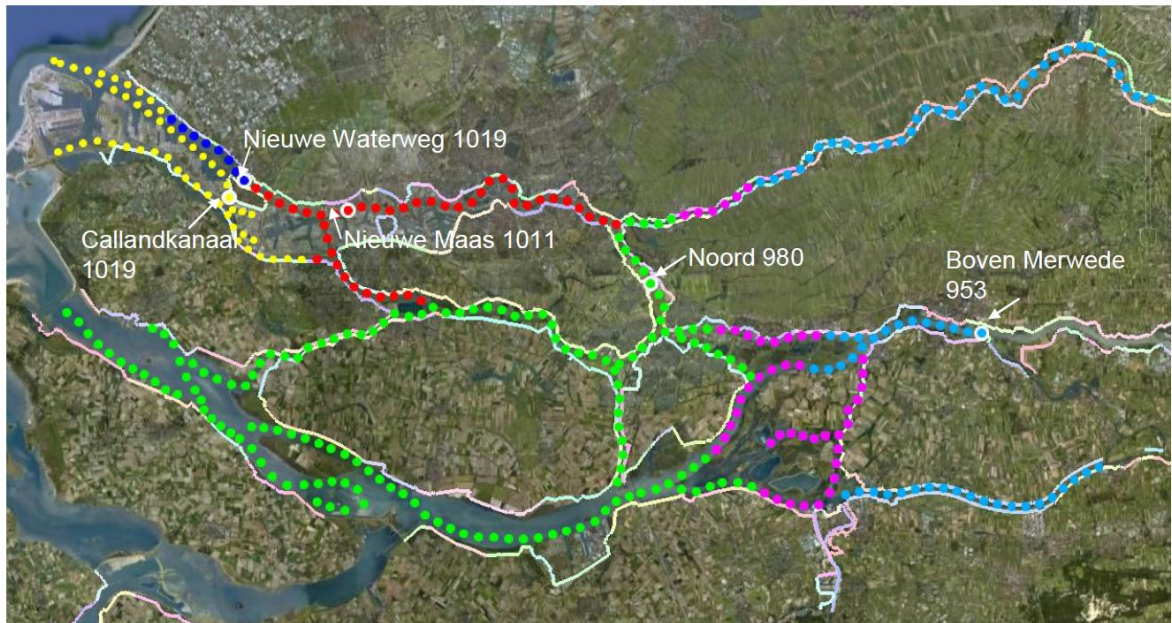
- 1 Geopende Europoortkering, gesloten Hollandsche IJssel kering
- 2 Geopende Europoortkering, geopende (falende) Hollandsche IJssel kering
- 3 Gesloten Europoortkering, geopende (falende) Hollandsche IJssel kering

Op basis van deze inzichten wordt dan ook gesteld dat de in Rijkswaterstaat (2008) gepresenteerde waterstandsverlooplijn niet (alleen) het maatgevende verloop is. Er dienen ook waterstandsverlopen beschouwd te worden welke overeen komen met de tweede en derde situatie.

3.7.1.3 CR2011 verlopen op Nieuwe Maas / Nieuwe Waterweg

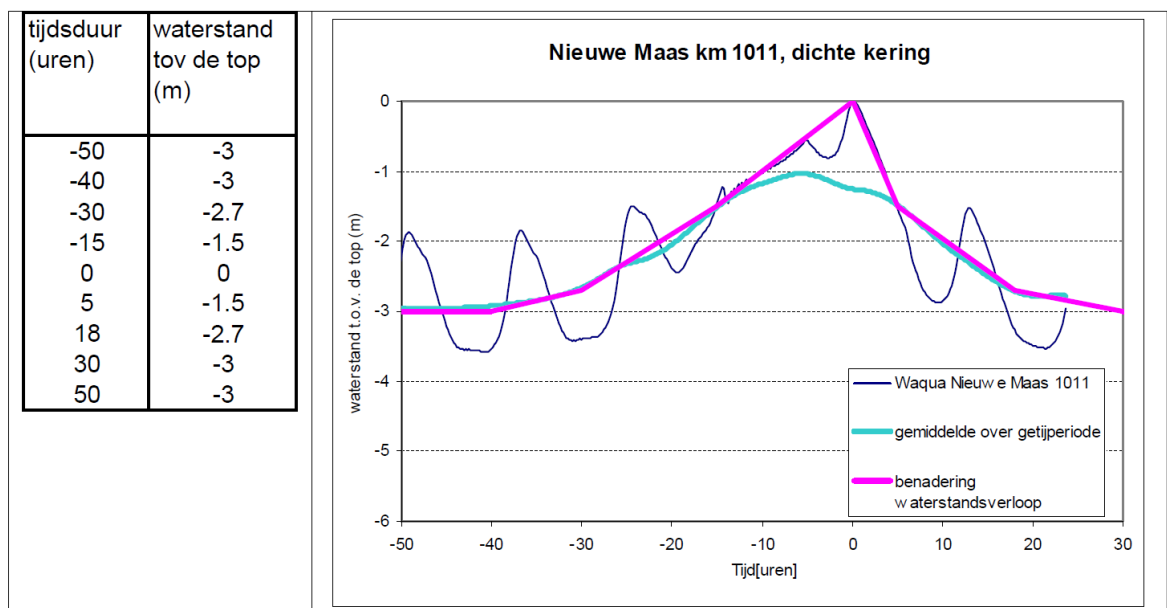
Naast de vigerende HR2006 waterstandsverlopen zijn er ook waterstandsverlopen afgeleid in het kader van WTI2011, welke zijn opgenomen in CR2011. Helaas bevatten de CR2011 geen waterstandsverlooplijnen voor de Hollandsche IJssel, maar wel voor locaties aan de buitenzijde van de Hollandsche IJssel kering. Dat betekent dat voor situaties 2 en 3, zoals geschetst in sectie 3.7.1.2 waterstandsverlopen geschat kunnen worden op basis van het waterstandsverloop aan de buitenzijde van de Hollandsche IJssel kering. Hierbij wordt de aanname gedaan dat deze vertaling valide is, vanwege het ontbreken van een significante afvoer op de Hollandsche IJssel.

In Deltares (2011) zijn de waterstandsverlooplijnen gepresenteerd voor het Rijn-Maasmonding gebied. Hierbij is de Rijn-Maasmonding allereerst opgedeeld in deelgebieden op basis van typische maatgevende condities. Vervolgens is per deelgebied een waterstandsverloop afgeleid, gebruik makend van gegevens voor representatieve locaties. In Figuur 3.7 zijn de deelgebieden en representatieve locaties per deelgebied weergegeven.



Figuur 3.7 Deelgebieden en representatieve locaties voor waterstandsverlooppijnen. Bron: Deltares (2011).

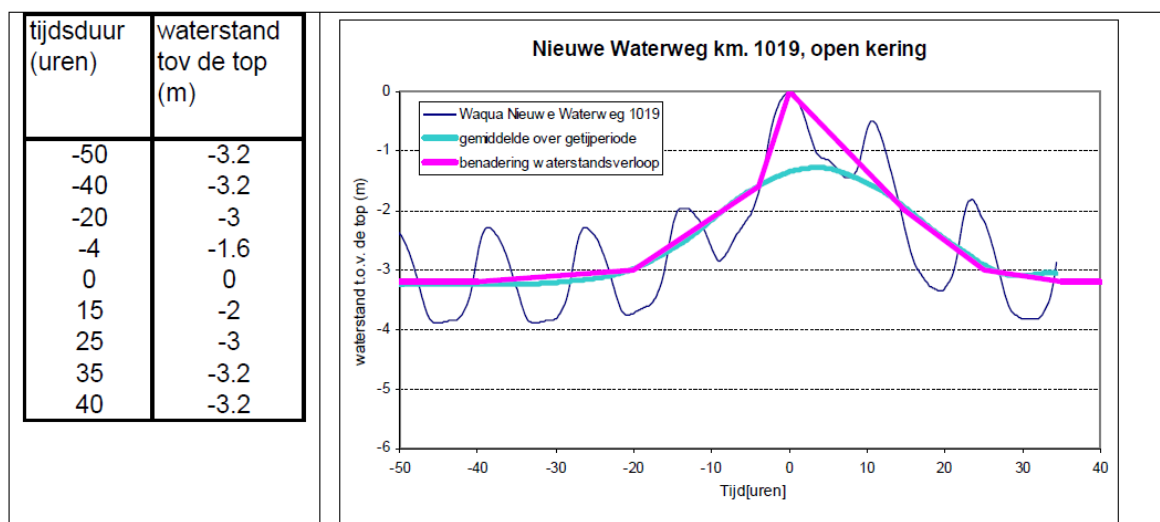
Uit Deltares (2011) blijkt dat voor de Nieuwe Maas situatie 3 uit sectie 3.7.1.2 maatgevend is. Het hierbij behorende waterstandsverloop is gepresenteerd in Figuur 3.8. Merk op dat dit waterstandverloop is afgeleid voor de Nieuwe Maas km 1011, maar dat deze in Deltares (2011) van toepassing is verklaard voor het gebied inclusief de monding van de Hollandsche IJssel. Vanwege het feit dat de Hollandsche IJssel geen significante afvoer heeft, wordt het in Figuur 3.8 gepresenteerde verloop ook representatief gesteld voor de Hollandsche IJssel indien de Hollandsche IJssel kering is geopend/gefaald en de Europoortkering gesloten is (situatie 3 uit sectie 3.7.1.2).



Figuur 3.8 Waterstandsverloop Nieuwe Maas km 1011, overgenomen uit Deltares (2011)

Deltares (2011) presenteert geen geschematiseerd waterstandsverloop voor de Nieuw Maas voor het geval dat de Europoort Kering geopend is (situatie 2 uit sectie 3.7.1.2). Reden hiervoor is het feit dat een dergelijke situatie niet dominant is voor maatgevende condities in dit deelgebied. Voor locaties juist aan de binnenzijde van de Europoortkering (Nieuwe Waterweg km 1019) geldt wel dat de situatie met een geopende Europoort kering dominant is en is dus een waterstandsverloop geschematiseerd. Dit geschematiseerde waterstandsverloop wordt dan ook als representatief gezien voor situatie 2 uit sectie 3.7.1.2. Temeer omdat de in Deltares (2011) gepresenteerde tijdreeksen voor Nieuwe Maas km 1011 en de Nieuwe Waterweg km 1019 (in geval van geopende Europoortkering) zeer vergelijkbaar zijn.

Figuur 3.9 presenteert het geschematiseerde verloop van de waterstand voor Nieuwe Waterweg km 1019, welke representatief wordt verondersteld voor situatie 2 uit sectie 3.7.1.2.



Figuur 3.9 Waterstandsverloop Nieuwe Waterweg km 1019, overgenomen uit Deltares (2011)

3.7.2 Advies

Voor de Hollandsche IJssel is op dit moment een waterstandsverlooptlijn vigerend welke gebaseerd is op HR2006. Sinds het uitbrengen van de HR2006 zijn er aanvullende inzichten met betrekking tot de situaties welke leiden tot maatgevende hoogwaterstanden in de Hollandsche IJssel. Deze inzichten maken dat voor het ontwerp van waterkeringen niet alleen het vigerende waterstandsverloop gebruikt dient te worden.

De nieuwe inzichten maken duidelijk dat er drie verschillende situaties denkbaar zijn welke leiden tot de maatgevende waterstand. Op hoofdlijnen is duidelijk dat deze situaties een rol spelen, maar de individuele bijdrage van elk van deze (dominantie) is met de kennis van nu niet te achterhalen. Op basis hiervan wordt geadviseerd om het ontwerp te baseren op elk van de drie gepresenteerde waterstandsverlooptlijnen: Figuur 3.6, Figuur 3.8 en Figuur 3.9.

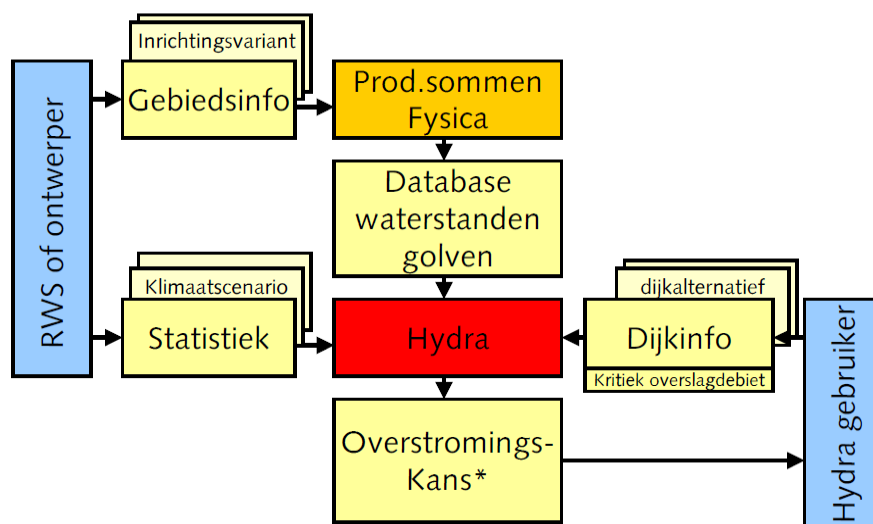
Verwacht wordt dat in de loop van dit jaar een aanpassing aan het belastingmodel voor de Hollandsche IJssel plaats zal vinden waardoor het mogelijk wordt om de kansbijdrage van de verschillende situaties te kwantificeren en daarmee (mogelijk) het aantal relevante situaties (en daarmee benodigde berekeningen) te reduceren.

4 Marken

4.1 Aanpak

De afleiding van ontwerprandvoorwaarden is gebaseerd op de afleiding van hydraulische randvoorwaarden die worden gebruikt bij de toetsing van primaire waterkeringen. Figuur 3.1 geeft een weergave van de wijze waarop normaliter ten behoeve van de toetsing de hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid. De kern van deze afleiding wordt gevormd door de zogenaamde Hydra-modellen, waarmee op probabilistische wijze de hydraulische randvoorwaarden worden bepaald. Als input voor deze bepaling wordt (verwerkte) gebiedsinformatie, statistiek en dijk informatie gebruikt. Ten behoeve van de toetsing wordt deze input gebaseerd op de situatie geldig voor de toetsperiode: over het algemeen een zichtperiode van 6 à 7 jaar. Voor het ontwerp dient deze input aangepast te worden, zodanig dat de toekomstige situatie over bijvoorbeeld 30 of 50 jaar wordt beschreven. Dit betekent onder meer dat de statistiek van zeewaterstanden, meerpeilen en rivierafvoeren aangepast dient te worden. Dit betekent echter ook dat (indien relevant) de gebiedsinformatie aangepast dient te worden, bijvoorbeeld om rivierverruimende maatregelen mee te nemen. Dit laatste is echter niet van toepassing voor Marken omdat er geen ruimtelijke maatregelen zijn voorzien voor dit watersysteem.

Aspecten zoals verandering van dijkprofiel en wijziging van normfrequentie zijn vaak relevant voor zowel toetsen als ontwerpen van dijken. Omdat deze informatie lokaal gebonden is, wordt deze informatie niet opgenomen in databases: de gebruiker kan deze informatie bij iedere berekening specificeren. Voor het ontwerp kan dan ook eenvoudig voor een alternatief dijkprofiel of aangepaste normfrequentie worden gekozen.



Figuur 4.1 Weergave van de reguliere werkwijze om tot hydraulische randvoorwaarden te komen. *De Hydra's leveren niet direct een overstromingskans

De inhoud van de recepten verschilt voor verschillende belastingtypen (HBN, Ontwerppeil, etc.) en verschillende watersystemen. Over het algemeen kan echter gesteld worden dat de recepten de volgende opbouw hebben:

- 1 Indien relevant en mogelijk, aanpassen statistiek en gebiedsinformatie welke als input dient voor het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem.
- 2 Afleiden hydraulische randvoorwaarden met behulp van het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem en de aangepaste input.
- 3 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden voor klimaatverandering (indien niet reeds in het Hydra-model meegenomen) en voor gebiedsinformatie die niet meegenomen kan worden in het Hydra-model.
- 4 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden met een onzekerheidstoeslag.

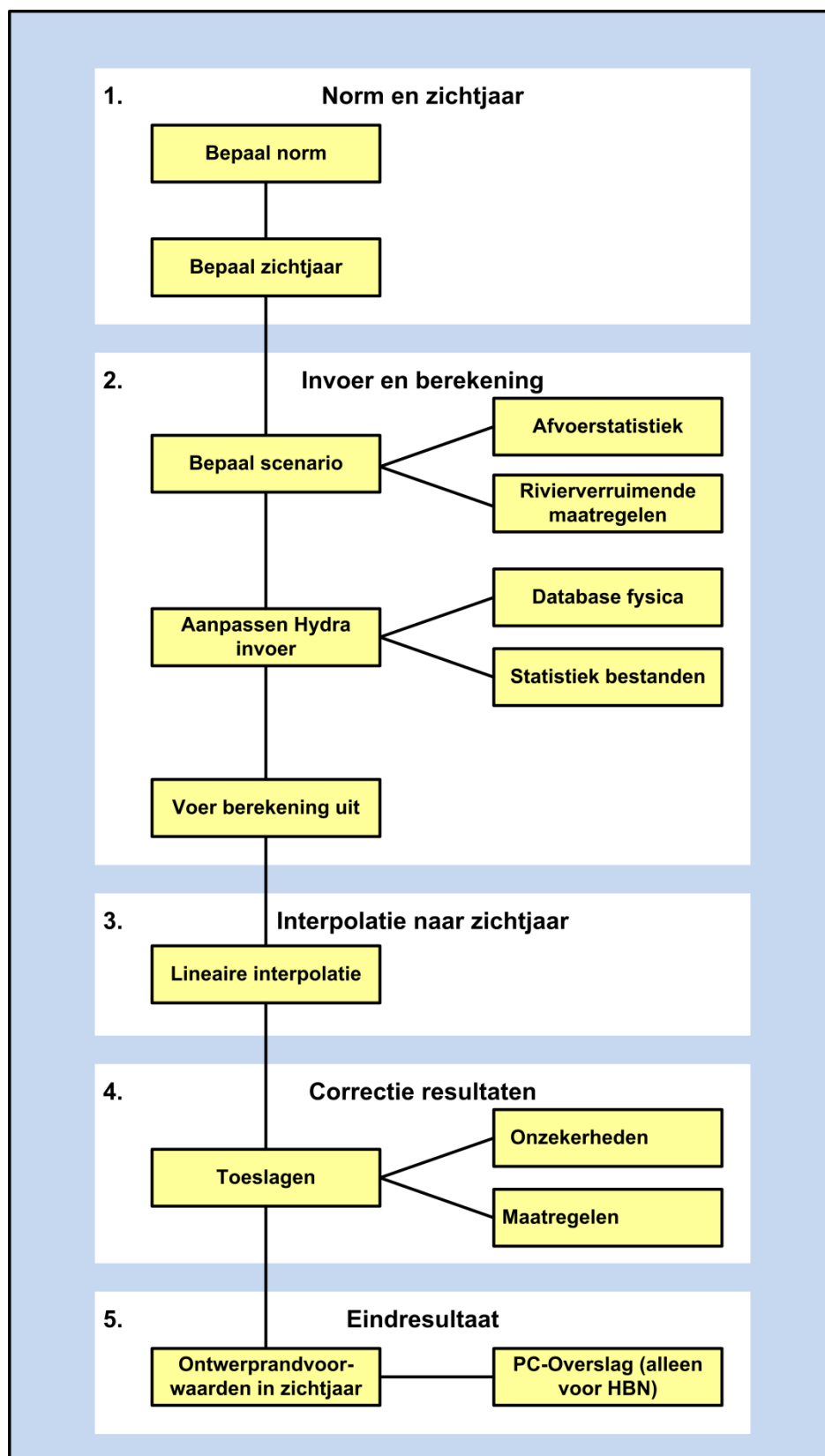
In het stroomschema (zie Figuur 3.2) staan de bovenstaand beschreven algemene stappen nogmaals weergegeven, inclusief de keuze momenten.

Voor de afleiding van de hydraulische ontwerprandvoorwaarden voor Marken zijn de volgende Hydra modellen op aanvraag beschikbaar:

- Hydra-Zoet versie 1.6.3

Voor elk van deze Hydra modellen zijn zogenaamde databases fysica beschikbaar waarin de gebiedsinformatie van verschillende watersystemen is opgenomen. Standaard worden de Hydra modellen beschikbaar gesteld met de vigerende databases (HR2006) of de concept vernieuwde databases (CR2011). Voor Marken kan gebruik worden gemaakt van de volgende database: "HR2006_Meer_Markermeer_oever_a_13B_v01.mdb".

In dit hoofdstuk wordt per faalmechanisme een recept gepresenteerd voor het afleiden van hydraulische ontwerprandvoorwaarden.



Figuur 4.2 Stroomschema dat de algemene stappen beschrijft om te komen tot ontwerprandvoorwaarden. De getallen corresponderen met de indeling van de recepten in Hoofdstukken 4.4, 4.5 en 4.6.

4.2 Aannames en uitgangspunten

Onderstaand worden de algemeen geldende aannames en uitgangspunten beschreven. In de verkenning van een dijkontwerpproject is het van belang de gevoeligheid van het ontwerp voor een aantal met onzekerheden omgeven uitgangspunten (bijv. klimaatscenario en rivierversuimende maatregelen) na te gaan en hierin het ontwerp rekening mee te houden mocht daar aanleiding toe zijn. Opgemerkt wordt ook dat een ontwerp op "einde levensduur" aan de eis van W+ zou moeten voldoen, maar adaptief kan worden aangelegd op een gematigd scenario G/G+ mits het dijkontwerp uitbreidbaar is. Het belang hiervan is om tevens de consequenties in beeld te krijgen voor een wat minder robuust ontwerp. Dit laatste kan men echter ook doen middels een gevoeligheidsanalyse met W+ voor kortere zichtjaren (bv 25 jaar ipv 50 jaar).

4.2.1 Normen

RWS WVL (2013b) geeft een uitgebreide beschrijving van de verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskansnorm en hoe hiermee om te gaan bij het ontwerpen. Hierbij dient de overstromingskansnorm per faalmechanisme vertaald te worden naar een faalkanseis op doorsnedeniveau, rekening houdend met het zogenaamde lengte effect en de faalkansruimte die is gereserveerd voor het beschouwde faalmechanisme. Er wordt onderscheid gemaakt tussen golfoverslag en alle andere faalmechanismen, omdat alleen golfoverslag geen gebruik maakt van het ontwerppeil (de waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig overeen komt met de normhoogte). Een nadere toelichting over deze vertaalslag is te vinden in Bijlage B van RWS WVL (2015). Meer informatie over verwachte overstromingskansnormen is verkrijgbaar bij de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl).

4.2.2 Zichtjaar

Het zichtjaar waarvoor de ontwerprandvoorwaarden worden bepaald hangt nauw samen met de levensduur van het ontwerp en daarmee ligt de keuze voor een zichtjaar dus bij de ontwerper (wel kan er een uiterst zichtjaar gedefinieerd worden).

4.2.3 Klimaatscenario

Onderdeel van het bepalen van de ontwerprandvoorwaarden is het rekening houden met het verwachte effect van klimaatverandering (zeespiegelstijging, meerpeilstijging en/of toename rivierafvoer) gedurende de geplande levensduur. Voor alle projecten wordt het klimaatscenario W+ (KNMI, 2006) aangeleverd, dit komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm (Deltares, 2011).

Voor het IJsselmeer wordt uitgegaan van het peilbesluit IJsselmeer als verwoord in de Tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan 2014. Daarbij blijft het winterpeil gelijk tot aan 2050 en neemt dan vervolgens tot 2100 toe met maximaal 30cm.

Voor het Markermeer is er discussie ontstaan omtrent het plaatsen van pompen op de Houtribdijk ten behoeve van het constant houden of verlagen van het winterpeil op het Markermeer. Er wordt niet verwacht dat er op de korte termijn een definitief besluit komt over het plaatsen van pompen op de Houtribdijk. Anderzijds wordt in het Nationaal Waterplan 2009 en 2016 wel degelijk gesproken van pompen. Het is echter niet aannemelijk dat de volledige peilstijging op het Markermeer als gevolg van toenemende neerslag en stijging van de zeespiegel onder extreme omstandigheden voldoende snel kan worden weggepompt (dat zou een zeer grote pompcapaciteit vergen die niet reëel geacht wordt). Aangenomen wordt hier dat na 2050 ongeveer 1/3e van het klimaat effect op het Markermeer-winterpeil kan worden weggepompt.

Voor het Markermeer werd voorheen uitgegaan van het Addendum op de Leidraad Zee-en Meerdijken voor Meerdijken (2009). In die nota werd aangenomen dat voor een G-scenario 60% van de stijging van het IJsselmeerpeil (vanaf 2050) wordt meegenomen op het Markermeer. Voor een W+-scenario is dat ca. 50% (Deltares, 2008). Dat komt overeen met een maximale peilstijging op het Markermeer van ca. 15cm (50% van 30cm op het IJsselmeer). Indien hiervan vervolgens 1/3e deel wordt weggepompt blijft er een winterpeilstijging over van maximaal +10cm. Zonder pompen wordt deze waarde in ca. 2075 bereikt. De pompen moeten derhalve uiterlijk in 2075 operationeel zijn. Daarom gaan we er vanuit dat er in 2075 een maximale peilstijging optreedt van 10cm op het Markermeer (en dat die lineair oploopt vanaf 2050).

Resumerend:

Als onderdeel van klimaatscenario's dient rekening te worden gehouden met een toename van het Markermeerpeil met 50% (W+-scenario) van de toename van het IJsselmeerpeil. Het IJsselmeerpeil en Markermeerpeil blijvend tot 2050 gelijk, . Na 2050 zal het meerpeil van het Markermeer door zeespiegelstijging en toenemende neerslag gaan meestijgen met het IJsselmeer. Er wordt verondersteld dat een derde deel van dit klimaateffect kan worden weggepompt naar het IJsselmeer. Dit betekent dat in de periode van 2050 tot en met 2075 rekening moet worden gehouden met een lineaire toename van het wintermeerpeil van het Markermeer met +10cm. Het plafond van +10cm op het Markermeer is derhalve in 2075 bereikt, daarna moet het peil constant worden verondersteld tot 2100.

Voor het ontwerpen van kunstwerken of voor ruimtereservering wordt vaak een zichtduur van 100 jaar gebruikt. Voor de periode na 2100 bestaat er echter nog geen beleidsvoornemen. Het is aan de waterbeheerder om hier zelf een weloverwogen keuze voor te maken (of verder stijgen of plafondwaarde hanteren).

4.2.4 Onzekerheidstoeslag

Traditioneel wordt bij het ontwerpen een robuustheidstoeslag toegepast. Deze robuustheidstoeslag is bedoeld als toeslag voor modelonzekerheden met betrekking tot waterstanden en golfcondities. In OI2014v2 (Deltares, 2014) is daaraan ook statistische onzekerheid toegevoegd en in OI2014v3 (Deltares, 2015a) zijn de toeslagen opnieuw bepaald en hernoemd tot onzekerheidstoeslag. Deze toeslagen worden ook in dit rapport (OI2014v4) gehanteerd.

In het kader van WBI2017 worden de statistische en modelonzekerheden enerzijds gekwantificeerd en anderzijds mogelijk ook meegenomen in het afleiden van de hydraulische toetsrandvoorwaarden. Dit betekent dat het mogelijk is geworden een toeslag te definiëren welke expliciet het effect van statistische en modelonzekerheden omvat, overeenkomstig de te verwachten toeslag zoals deze van toepassing kan zijn in het kader van WBI2017 (indien gerekend gaat worden met onzekerheden).

Onafhankelijk van het wel of niet meenemen van onzekerheden in het kader van WBI2017 wordt voor het ontwerpen als uitgangspunt gekozen om rekening te houden met de statistische en modelonzekerheden. Hiervoor worden de verkregen inzichten met betrekking tot statistische en modelonzekerheden uit WBI2017 gebruikt om een toeslag te definiëren. Vanwege het feit dat de toeslag enkel de hiervoor benoemde aspecten omvat wordt voorgesteld om deze toeslag een onzekerheidstoeslag te noemen. Los van deze onzekerheidstoeslag dient de ontwerper zelf een keuze te maken met betrekking tot het maken van een robuust ontwerp door een extra toeslag te definiëren om onverwachte ontwikkelingen op te vangen. Gegeven het feit dat dit een ontwerpkeuze is, wordt dit aspect niet opgenomen in de onzekerheidstoeslag.

Hiermee wordt dus afgeweken van de oude robuustheidstoeslag en wordt de onzekerheidstoeslag geïntroduceerd om in te spelen op het verdisconteren van model en statistische onzekerheid in het toekomstig instrumentarium (zie Tabel 2.1 voor een vergelijking tussen beide). Het uitgangspunt voor de ontwerper is het toepassen van de nieuwe onzekerheidstoeslag (zie Bijlage B van Deltares (2015a) voor verdere toelichting).

4.2.5 Overige toeslagen

Voor het Markermeer worden slingeringen van het meerpeil bij stormen vaak waargenomen. Daar dient men in het ontwerp conform de Leidraad voor Zee- en Meerdijken (TAW, 2003) terdege rekening mee te houden. Deze toeslag bedraagt 10cm en vormt een ondergrens voor het Markermeer.

De signaleringswaarde zal in de wet komen. Deze zal vooralsnog gebruikt gaan worden voor de toetsing maar niet voor het ontwerp, daar wordt de afkeurgrens gehanteerd. Het is daardoor op de meren mogelijk dat een ontwerp ook wel kan worden afgekeurd in de volgende toetsing (of daarna) aangezien er maar beperkt sprake is van een klimaattoeslag. Dat hoeft echter nog niet te zeggen dat er ook daadwerkelijk een verplichting is om direct te gaan versterken. Ook wordt voor sommige faalmechanismen met lagere veiligheidsfactoren gewerkt bij toetsen als bij ontwerpen (o.a. steenbekledingen) waardoor deze niet direct afgekeurd hoeven te worden. Het wordt geadviseerd om in overleg met de subsidieverleners goed naar de robuustheid van het ontwerp gedurende de beoogde levensduur te kijken en daar eventueel een toeslag voor toe te kennen. (robuustheid is hier wat extra gedaan wordt naast de bekende toeslagen bij het ontwerp waaronder de onzekerheidstoeslag).

4.3 Handleiding aanpassen modelinvoer

Hydra-Zoet is binnen WTI2011 ontwikkeld voor het (semi-)probabilistisch toetsen en afleiden van Hydraulische Randvoorwaarden voor harde keringen langs de zoete wateren. Omdat het zichtbaar bij het bepalen van ontwerpcondities relatief ver in de toekomst ligt, zijn verscheidene programma's die invloed hebben op waterstanden en afvoerdebieten (zoals PKB Ruimte voor de Rivier) in het zichtbaar al gerealiseerd. Om de waterbewegingsdatabases te kunnen benutten waarin de effecten van deze maatregelen zijn meegenomen wordt een specifieke versie van het programma gebruikt: Hydra-Zoet versie 1.6.3. Voor uitleg over de basisfunctionaliteit van Hydra-Zoet (zoals het selecteren en inladen van een database fysica), zie HKV (2012a, 2012b).

Onderstaand wordt beschreven welke stappen moeten worden doorlopen om de effecten van klimaatscenario's op afvoerdebiet, meerpeil of zeespiegel mee te nemen.

4.3.1 Deltamodel modus³

Om veranderingen in rivierafvoeren en/of meerpeilen mee te kunnen nemen in een Hydra-Zoet berekening moet het programma in Deltamodel modus worden gebruikt, zie HKV (2012b).

4.3.2 Toevoegen randvoorwaarden database

Om een specifieke randvoorwaarden database beschikbaar te maken binnen Hydra-Zoet, ga naar het kopje 'Randvoorwaarden', 'Beheren'. Klik op 'Toevoegen' en navigeer naar de locatie van de gewenste randvoorwaarden database. Selecteer de gewenste database, klik op 'Open' en vervolgens op 'OK'. De database moet nu zichtbaar zijn in het overzicht aan de rechterkant van het hoofdscherm.

4.3.3 Aanpassen meerpeilstatistiek

Door ingrepen in het watersysteem, klimaatverandering of het wijzigen in het beheer kan het nodig zijn om de extremen in de rivierafvoer of het meerpeil in Hydra-Zoet aan te passen. Zoals bovenstaand al is aangegeven kan dit alleen wanneer Hydra-Zoet in Deltamodel modus wordt gebruikt. Voor enkele voorbeelden, zie HKV (2012d).

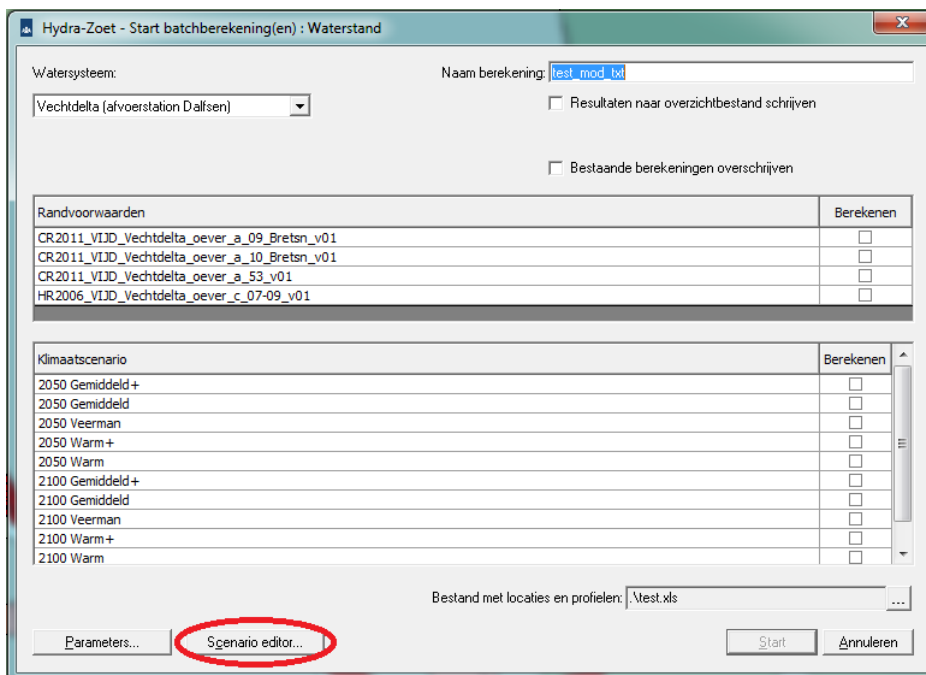
Meerpeilstatistiek

In de scenario editor is een optie opgenomen om een verandering van het meerpeil mee te nemen. Volg hiervoor de volgende stappen:

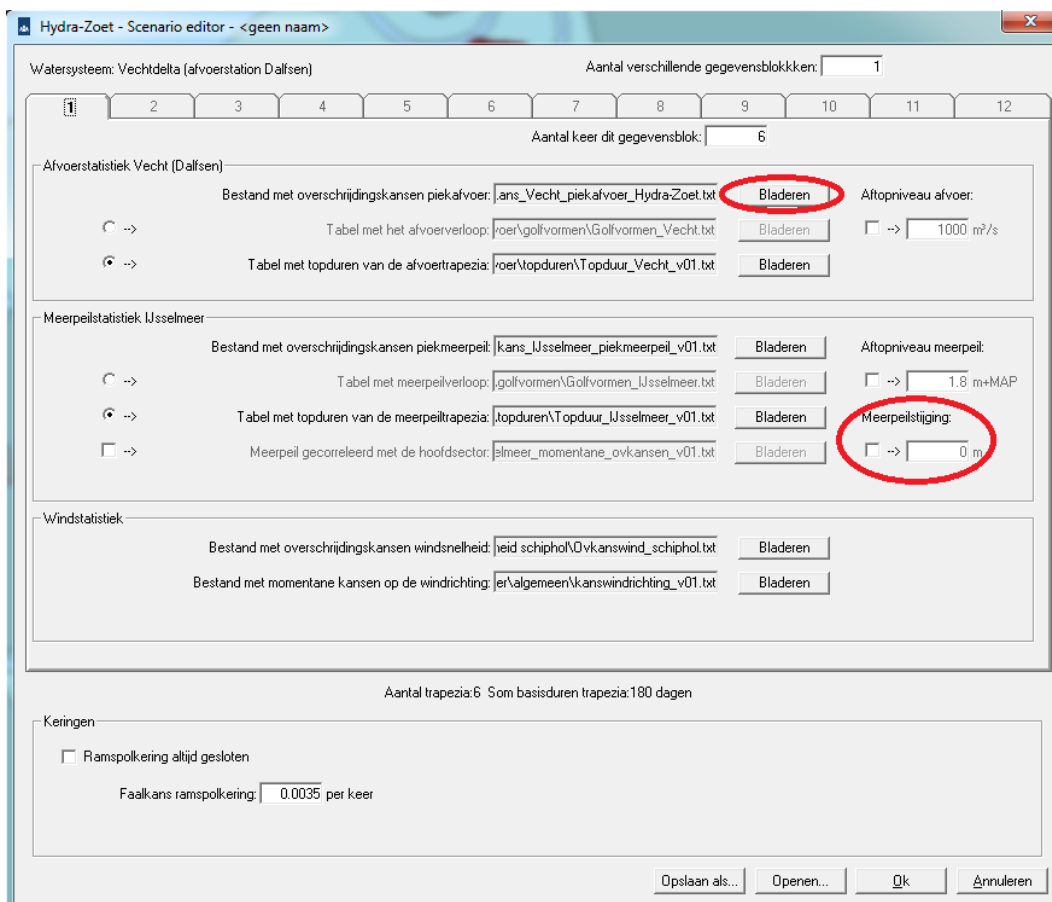
Ga voor het uitvoeren van de berekening naar het kopje 'Berekening', 'Start batchberekening(en)', 'Scenario editor', 'Meerpeilstijging'. Vink de optie aan en vul de gewenste meerpeilstijging (in meters) in (zie Figuur 4.4).

Ga voor het uitvoeren van de berekening naar het kopje 'Berekening', 'Start batchberekening(en)' (Figuur 4.3), 'Scenario editor', 'Bestand met overschrijdingskansen piekafvoer', 'Bladeren'. Selecteer het gewenste bestand met de piekafvoer in het zichtjaar. Klik op 'Ok' (zie ook Figuur 4.4).

³ In Hydra-Zoet is er t.b.v. het Deltamodel een aantal geavanceerde opties beschikbaar gesteld onder de noemer 'Deltamodel modus'. Voor een uitgebreide beschrijving, zie HKV (2012b).



Figuur 4.3 Screenshot van het scherm 'Start batchberekeningen'.



Figuur 4.4 Screenshot van de scenario editor, het opgeven van meerpeilstijging en het instellen van de bestanden met overschrijdingskansen piekafvoer.

4.3.4 Rekenen voor tussengelegen locaties

De beschikbaar gestelde databases bevatten een beperkt aantal locaties. In sommige gevallen, bijvoorbeeld wanneer de HR sterk variëren in de ruimte, is het wenselijk om HR te bepalen voor een tussengelegen locatie.

Indien men een waterstand wil bepalen voor een tussengelegen locatie, dan kan men eenvoudig de maatgevende waterstand van de beide omliggende locaties bepalen en vervolgens volgens lineaire interpolatie de maatgevende waterstand op de tussengelegen locatie bepalen.

Voor het bepalen van het Hydraulische Belasting Niveau (HBN) is een dergelijke interpolatie ook mogelijk, maar dan dient voorafgaand aan deze interpolatie het HBN op de naastgelegen locaties te worden bepaald met inachtneming van het profiel (talud en oriëntatie) en de strijklengtes en bodemligging zoals van toepassing op de tussengelegen locatie. In stappen uitgesplitst betreft het dus de volgende activiteiten:

- Stel profiel en oriëntatie vast van het tussengelegen punt.
- Stel de strijklengtes en bodemligging vast voor het tussengelegen punt.
- Voer een berekening uit met Hydra-Zoet voor beide naastgelegen punten met voorgaande informatie.
- Bepaal met behulp van lineaire interpolatie en de resultaten van de beide naastgelegen punten de belastingen op het tussengelegen punt.

4.3.5 Rekenen voor grote terugkeertijden

In Hydra-Zoet moeten de invoerbestanden aangepast worden om met herhalings tijden groter dan 20.000 jaar om te kunnen gaan. Om dit te doen moeten eerst de instellingen van Hydra-Zoet zo gekozen worden zoals ze voor de berekening gewenst zijn ("bijvoorbeeld waterstand"). De instellingen worden verkregen door op de knop "Parameters..." te drukken, die zichtbaar is in het scherm dat verkregen wordt door te kiezen voor de menuoptie "Dijkvakberekening(en)." in het menu "Berekening". Sluit Hydra-Zoet vervolgens af.

Open dan het bestandje "BerParInfo.ini". Dit bevindt zich in de subdirectory "\data\ini" van de Hydra-Zoet installatie directory. In dit bestand is onderstaande informatie aanwezig (details kunnen anders zijn):

```
NFREQ=5  
FREQ.1=1000  
FREQ.2=1250  
FREQ.3=2000  
FREQ.4=4000  
FREQ.5=10000
```

In bovenstaand blok wordt met NFREQ het aantal ontwerpfrequenties opgegeven. Vervolgens staan er de ontwerpfrequenties (de terugkeertijd wordt ingevoerd). Er mogen hier meer records staan dan het bovenstaand (bij NFREQ) ingevoerde aantal. Uitbreiding van deze lijst met herhalings tijden groter dan 20.000 jaar zal nu voor zich spreken. Vervanging van één van de terugkeertijden is ook mogelijk.

Sla het bestand "BerParInfo.ini" op, sluit het af en start Hydra-Zoet. Start de berekeningen voor de locatie(s) waarvoor gerekend moet worden. Het scherm "Parameters..." mag nu NIET meer geopend worden. Anders worden alle terugkeertijden groter dan 20.000 jaar gelijk gesteld aan 20.000 jaar.

4.4 Afleiden Hydraulisch Belasting Niveau

Voor bepaling van het HBN wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

1 Norm en zichtjaar

- 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf 3.2.1). Voer deze in zoals beschreven in de Hydra-Zoet Gebruikershandleiding (HKV, 2012a).
- 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 3.2.2).

2 Invoer en berekening

- 2.1 Start Hydra-Zoet versie 1.6.3 op in de Deltamodel modus (zie Paragraaf 4.3.1).
- 2.2 Selecteer de database 'HR2006_Meer_Markermeer_oever_a_13B_v01.mdb' (zie Paragraaf 3.3.1).
- 2.3 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
- 2.4 Voer 'Hydraulisch belastingniveau - Golfoverslag' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Gebruik hierbij het kritiek overslagdebiet waar in het ontwerp rekening mee is gehouden.

3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

4 Correctie resultaten

De waterstand en golfcondities horende bij het HBN dienen tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs het Markermeer +0,40 m op de waterstand en +10% op zowel golfhoogte als -periode (zie Tabel 2.1).

5 Eindresultaat

Bereken vervolgens met de gecorrigeerde waterstand en golfcondities in het zichtjaar het bijbehorende HBN met behulp van PC-Overslag.

4.5 Afleiding waterstand bij norm

Voor bepaling van een waterstand behorende bij een norm wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

1 Norm en zichtjaar

- 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf 3.2.1). Voer deze in zoals beschreven in de Hydra-Zoet Gebruikershandleiding (HKV, 2012a).
- 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 3.2.2).

2 Invoer en berekening

- 2.1 Start Hydra-Zoet versie 1.6.3 op in de Deltamodel modus (zie Paragraaf 4.3.1).
- 2.2 Selecteer de database 'HR2006_Meer_Markermeer_oever_a_13B_v01.mdb' (zie Paragraaf 3.3.1).
- 2.3 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
- 2.4 Voer 'Waterstand' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen.

- 3 Interpolatie naar zichtjaar
De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.
- 4 Correctie resultaten
Het ontwerppeil dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs het Markermeer +0,40 m op de waterstand (zie Tabel 2.1).
- 5 Eindresultaat
De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

4.6 Afleiden golfcondities voor bekledingen

Voor bepaling van een golfcondities voor bekledingen wordt onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
 - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie Paragraaf 3.2.1). Voer deze in zoals beschreven in de Hydra-Zoet Gebruikershandleiding (HKV, 2012a).
 - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie Paragraaf 3.2.2).
- 2 Invoer en berekening
 - 2.1 Start Hydra-Zoet versie 1.6.3 op in de Deltamodel modus (zie Paragraaf 4.3.1).
 - 2.2 Selecteer de database 'HR2006_Meer_Markermeer_oever_a_13B_v01.mdb' (zie Paragraaf 3.3.1).
 - 2.3 Voeg het betreffende ontwerpprofiel en de bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe.
 - 2.4 Voer 'Golfcondities bekledingen' berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015 en 2050 of 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Reken met laagste waterstand -1 m +NAP, hoogste waterstand gelijk aan het toetspeil en een stapgrootte van 0,2 m.
- 3 Interpolatie naar zichtjaar
De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.
- 4 Correctie resultaten
De golfcondities dienen tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs het Markermeer +10% op zowel golfhoogte als -periode (zie Tabel 2.1).
- 5 Eindresultaat
De gecorrigeerde golfcondities vormen het eindresultaat.

5 Maasvallei

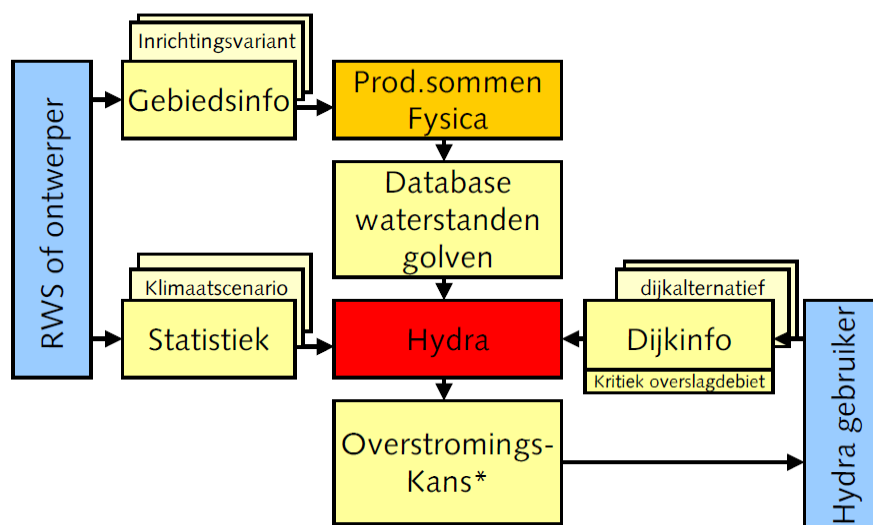
5.1 Inleiding

De afgelopen twee jaar is gewerkt aan het opstellen van recepten voor de afleiding van Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden voor HWBP projecten. Afgesproken is om in de tweede helft van 2015 recepten af te leiden voor onder andere de Maasvallei. De in dit hoofdstuk genoemde werkwijze is enkel en alleen bedoeld voor de volgende projecten: 1) DR 68 Steyl – Maashoek , 2) DR 79 Thorn, 3) DR 78 Heel, 4) DR 65 Arcen, 5) DR60 Well.

5.2 Aanpak

De afleiding van ontwerprandvoorwaarden is gebaseerd op de afleiding van hydraulische randvoorwaarden die worden gebruikt bij de toetsing van primaire waterkeringen. Figuur 3.1 geeft een weergave van de wijze waarop normaliter ten behoeve van de toetsing de hydraulische randvoorwaarden worden afgeleid. De kern van deze afleiding wordt gevormd door de zogenaamde Hydra-modellen, waarmee op probabilistische wijze de hydraulische randvoorwaarden worden bepaald. Als input voor deze bepaling wordt (verwerkte) gebiedsinformatie, statistiek en dijk informatie gebruikt. Ten behoeve van de toetsing wordt deze input gebaseerd op de situatie geldig voor de toetsperiode: over het algemeen een zichtperiode van 6 à 7 jaar. Voor het ontwerp dient deze input aangepast te worden, zodanig dat de toekomstige situatie over bijvoorbeeld 30 of 50 jaar wordt beschreven. Dit betekent onder meer dat de statistiek van zeewaterstanden en rivierafvoeren aangepast dient te worden. Dit betekent echter ook dat (indien relevant) de gebiedsinformatie aangepast dient te worden, bijvoorbeeld om rivierverruimende maatregelen mee te nemen.

Aspecten zoals verandering van dijkprofiel en wijziging van normfrequentie zijn vaak relevant voor zowel toetsen als ontwerpen van dijken. Omdat deze informatie lokaal gebonden is, wordt deze informatie niet opgenomen in databases: de gebruiker kan deze informatie bij iedere berekening specificeren. Voor het ontwerp kan dan ook eenvoudig voor een alternatief dijkprofiel of aangepaste normfrequentie worden gekozen.



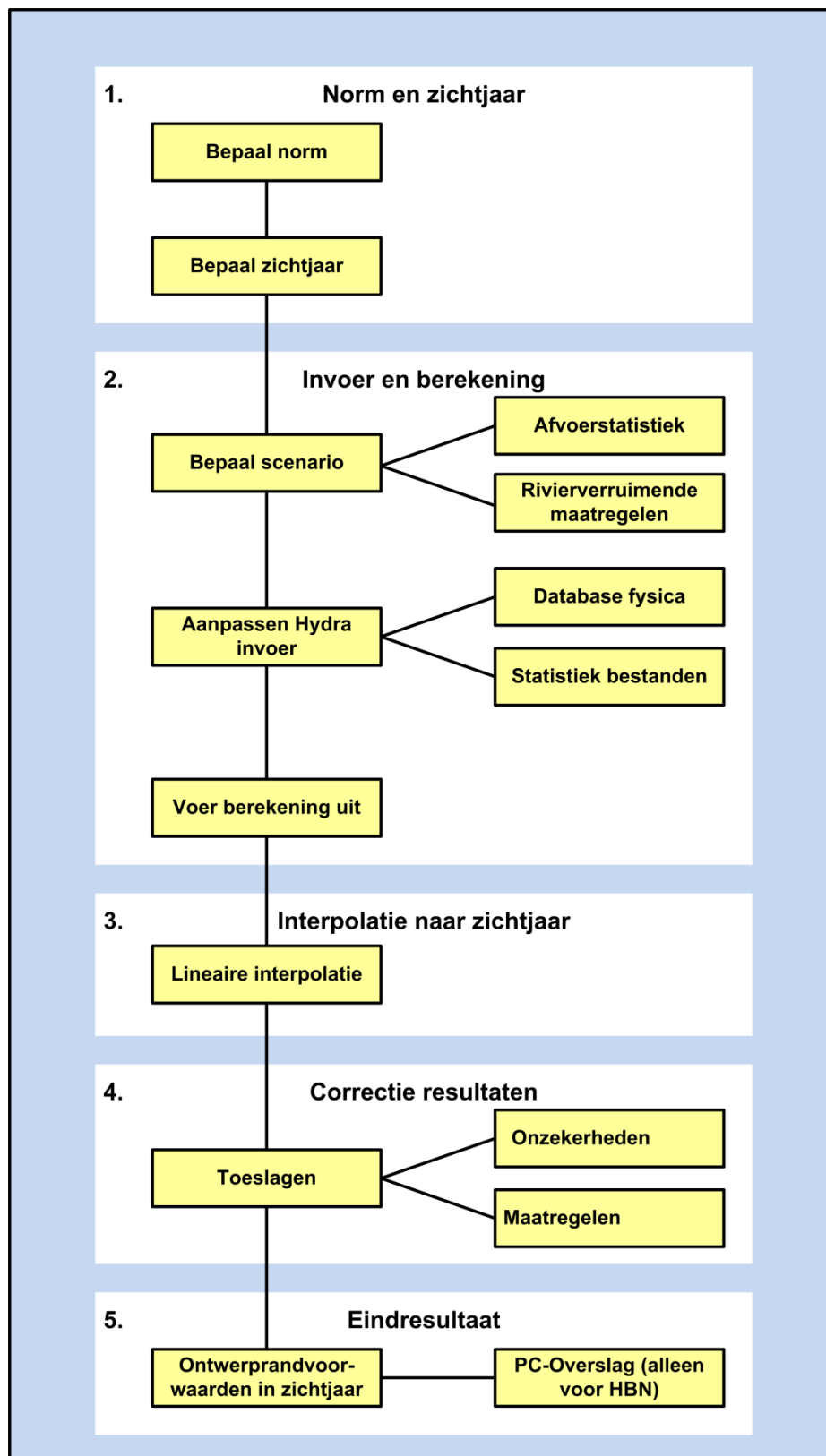
Figuur 5.1 Weergave van de reguliere werkwijze om tot hydraulische randvoorwaarden te komen. *De Hydra's leveren niet direct een overstromingskans

De inhoud van de recepten verschilt voor verschillende belastingtypen (HBN, Ontwerppeil, etc.) en verschillende watersystemen. Over het algemeen kan echter gesteld worden dat de recepten de volgende opbouw hebben:

- 1 Indien relevant en mogelijk, aanpassen statistiek en gebiedsinformatie welke als input dient voor het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem.
- 2 Afleiden hydraulische randvoorwaarden met behulp van het Hydra-model voor het beschouwde watersysteem en de aangepaste input.
- 3 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden voor klimaatverandering (indien niet reeds in het Hydra-model meegenomen) en voor gebiedsinformatie die niet meegenomen kan worden in het Hydra-model.
- 4 Correctie van de hydraulische randvoorwaarden met een onzekerheidstoeslag.

In het stroomschema (zie Figuur 3.2) staan de bovenstaand beschreven algemene stappen nogmaals weergegeven, inclusief de keuze momenten.

Voor elk van deze Hydra modellen zijn zogenaamde databases fysica beschikbaar waarin de gebiedsinformatie van verschillende watersystemen is opgenomen. Standaard worden de Hydra modellen beschikbaar gesteld met de vigerende databases (HR2006) of de concept vernieuwde databases (CR2011). In het kader van OI2014 worden aanvullende databases beschikbaar gesteld om ruimtelijke maatregelen gepland de periode tot en met 2050 en/of 2100 mee te kunnen nemen.



Figuur 5.2 Stroomschema dat de algemene stappen beschrijft om te komen tot ontwerprandvoorwaarden. De getallen corresponderen met de indeling van de recepten in Hoofdstukken 5.4, 5.5 en 5.6.

5.3 Aannames en uitgangspunten

Onderstaand worden de algemeen geldende aannames en uitgangspunten beschreven. In de verkenning van een dijkontwerpproject is het van belang de gevoeligheid van het ontwerp voor een aantal met onzekerheden omgeven uitgangspunten (bijv. klimaatscenario en rivierverruimende maatregelen) na te gaan en hier in het ontwerp rekening mee te houden mocht daar aanleiding toe zijn. Opgemerkt wordt dat een ontwerp ook adaptief kan worden aangelegd op een gematigd scenario G of G+ mits het dijkontwerp uitbreidbaar is op W+ scenario op “einde levensduur”.

5.3.1 Instrumenten

Er zal, mede ingegeven door de beperkte doorlooptijd, met bestaande (versies van) instrumenten en databases worden gewerkt. Dit betekent ook dat eventuele effecten door verandering van klimaat of omgeving (waar deze niet in bestaande databases aanwezig is) ofwel in de invoer of naderhand als nabewerking moeten worden meegenomen. Onderstaand worden alle benodigde instrumenten waarin in dit hoofdstuk naar wordt verwezen opgesomd:

- Hydra-Zoet versie 1.6.3
- Hydra-Zoet databases fysica:
 - DPp_Riv_Maas_oever_2015_ref_S11_DM1p1p12_v01.mdb
 - DPp_Riv_Maas_oever_2050_W_S12_DM1p1p12_v01.mdb
- PC-Overslag

De bovengenoemde instrumenten zijn op aanvraag bij Helpdesk Water verkrijgbaar (www.helpdeskwater.nl).

5.3.2 Normen

RWS WV (2013b) geeft een uitgebreide beschrijving van de verschillen tussen de overschrijdings- en overstromingskansnorm en hoe hiermee om te gaan bij het ontwerpen. Hierbij dient de overstromingskansnorm per faalmechanisme vertaald te worden naar een faalkans op doorsnedeniveau, rekening houdend met het zogenaamde lengte effect en de faalkansruimte die is gereserveerd voor het beschouwde faalmechanisme. Er wordt onderscheid gemaakt tussen golfoverslag en alle andere faalmechanismen, omdat alleen golfoverslag geen gebruik maakt van het ontwerppeil (de waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig overeen komt met de normhoogte). Een nadere toelichting over deze vertaalslag is te vinden in Bijlage B van RWS WV (2015). Meer informatie over verwachte overstromingskansnormen is verkrijgbaar bij de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl).

5.3.3 Zichtjaar

Het zichtjaar waarvoor de ontwerprandvoorwaarden worden bepaald hangt nauw samen met de levensduur van het ontwerp en daarmee ligt de keuze voor een zichtjaar dus bij de ontwerper (wel kan er een uiterst zichtjaar gedefinieerd worden).

5.3.4 Klimaatscenario

Onderdeel van het bepalen van de ontwerprandvoorwaarden is het rekening houden met het verwachte effect van klimaatverandering (zeespiegelstijging, meerpeilstijging en/of toename rivierafvoer) gedurende de geplande levensduur. Voor alle projecten wordt het klimaatscenario W+ (KNMI, 2006) aangeleverd, dit komt overeen met de klimaatopgave binnen de Deltascenario's Stoom en Warm (Deltares, 2011). Het ontwerp hoeft niet op W+ aangelegd te worden maar moet wel uitbreidbaar zijn op W+ scenario. Een indicatie van een ontwerp voor een G scenario kan verkregen door gebruik te maken van een belasting in het W+ scenario met een levensduur van 30 jaar.

5.3.5 Afvoerstatistiek

Zoals eerder genoemd wordt geprobeerd om zoveel mogelijk aan te sluiten op de ontwikkelingen binnen WBI2017. Dit heeft ook weerslag op de gehanteerde kansverdeling van de rivierafvoer, omdat binnen WBI2017 gewerkt gaat worden met GRADE resultaten waarin bovenstroomse overstromingen zijn meegenomen. Hierbij worden in de huidige GRADE versie geen harde aftopniveaus gehanteerd. Merk op dat in tegenstelling tot de afvoer van de Rijn hier niet gerekend wordt met overstromingen bovenstrooms. Mogelijk is in de praktijk wel sprake van dergelijke overstromingen (bijvoorbeeld rondom het mijnverzakkingsgebied), maar het effect hiervan valt binnen de nauwkeurigheid van OI2014.

Binnen OI2014 wordt gebruik gemaakt van de kansverdeling van de rivierafvoer gebaseerd op GRADE resultaten. De GRADE afvoerstatistiek is beschikbaar voor het referentie jaar 2015 en de zichtjaren 2050 en 2100. Voor de volledigheid is deze statistiek opgenomen in Bijlage A.

Op verzoek kan (indien nodig) ook afvoerstatistiek voor het klimaatscenario G worden uitgeleverd. Merk op dat deze informatie vooralsnog niet “kant en klaar” beschikbaar zijn en dat er enige tijd benodigd is om deze informatie beschikbaar te maken.

5.3.6 Te hanteren database fysica (schematisatie)

In het rivierengebied vinden de komende jaren rivierverruimende maatregelen plaats. Voor het zichtjaar 2015 dient de afleiding van de hydraulische ontwerprandvoorwaarden rekening te houden met de realisatie van de uitgangssituatie voor de Maas zoals opgesteld in het kader van het Deltaprogramma. Voor zichtjaar 2050 dient vervolgens rekening te worden gehouden met een optimalisatie van de maatregelen voor hogere afvoeren (die ten gevolge van klimaatverandering zullen optreden). Vooralsnog wordt nadrukkelijk niet uitgegaan van realisatie van de voorkeursstrategie (VKS) van het Deltaprogramma. Dit leidt uiteindelijk tot de volgende te hanteren databases fysica:

- 5 Uitgangssituatie met niet overstroombare Maaskaden en uitvoering van Maaswerken, modelvariant S11.
- 6 Situatie 2050 – aanpassing van maatregelen om rekening te houden met verandering afvoerstatistiek ten gevolge van klimaatverandering (zonder VKS), modelvariant S12.

Merk op dat bij het opstellen van deze handreiking enkel een beschrijving van de situatie in 2050 beschikbaar is voor de Maas. Hoewel het voor de hand ligt dat er na 2050 ook nog ruimtelijke maatregelen (of aanpassingen van bestaande maatregelen) worden getroffen zijn deze nu nog niet in beeld en dient voor zichtjaren na 2050 de voorkeursstrategie voor 2050 gehanteerd te worden (let op: wel in combinatie met afvoerstatistiek voor 2100). Verder geldt dat systeemmaatregelen niet zijn opgenomen omdat deze een effect hebben dat binnen de nauwkeurigheid van OI2014 ligt.

Voor een toelichting op de maatregelen zoals deze zijn opgenomen in de schematisaties wordt verwezen naar HKV (2015).

5.3.7 Onzekerheidstoeslag

Traditioneel wordt bij het ontwerpen een robuustheidstoeslag toegepast. Deze robuustheidstoeslag is bedoeld als toeslag voor modelonzekerheden met betrekking tot waterstanden en golfcondities. In OI2014v2 (Deltares, 2014) is daaraan ook statistische onzekerheid toegevoegd en in OI2014v3 zijn (Deltares, 2015c) de toeslagen opnieuw bepaald en hernoemd tot onzekerheidstoeslag.

In het kader van WBI2017 worden de statistische en modelonzekerheden enerzijds gekwantificeerd en anderzijds mogelijk ook meegenomen in het afleiden van de hydraulische toetsrandvoorwaarden. Dit betekent dat het mogelijk is geworden een toeslag te definiëren welke expliciet het effect van statistische en modelonzekerheden omvat, overeenkomstig de te verwachten toeslag zoals deze van toepassing kan zijn in het kader van WBI2017 (indien gerekend gaat worden met onzekerheden).

Onafhankelijk van het wel of niet meenemen van onzekerheden in het kader van WBI2017 wordt voor het ontwerpen als uitgangspunt gekozen om rekening te houden met de statistische en modelonzekerheden. Hiervoor worden de verkregen inzichten met betrekking tot statistische en modelonzekerheden uit WBI2017 gebruikt om een toeslag te definiëren. Vanwege het feit dat de toeslag enkel de hiervoor benoemde aspecten omvat wordt voorgesteld om deze toeslag een onzekerheidstoeslag te noemen. Los van deze onzekerheidstoeslag dient de ontwerper zelf een keuze te maken met betrekking tot het maken van een robuust ontwerp door een extra toeslag te definiëren om onverwachte ontwikkelingen op te vangen. Gegeven het feit dat dit een ontwerpkeuze is, wordt dit aspect niet opgenomen in de onzekerheidstoeslag.

Hiermee wordt dus afgeweken van de oude robuustheidstoeslag en wordt de onzekerheidstoeslag geïntroduceerd om in te spelen op het verdisconteren van model en statistische onzekerheid in het toekomstig instrumentarium (zie Tabel 2.1 voor een vergelijking tussen beide). Het uitgangspunt voor de ontwerper is het toepassen van de nieuwe onzekerheidstoeslag (zie Bijlage D van Deltares (2015c) voor verdere toelichting).

Voor de Maas geldt een onzekerheidstoeslag van 0,30 meter, welke is opgebouwd uit een bijdrage door statistische onzekerheid en modelonzekerheid. De uitintegratie van statistische onzekerheid voor herhalingstijden van maximaal 1000 jaar betekent orde 150 m³/s extra afvoer. Volgens een vuistregel bekend dit een effect van orde 15 cm op de waterstand. De modelonzekerheid (standaarddeviatie) bedraagt 30 cm, welke (kwadratisch) gecombineerd met de statistische onzekerheid tot een totale onzekerheidstoeslag van orde 0,25 meter leidt. Omdat de vuistregel als basis wordt gehanteerd is de onzekerheidstoeslag voor deze 5 projecten in de Maasvallei bepaald op 25cm.

5.4 Handleiding aanpassen modelinvoer

Hydra-Zoet is binnen WTI2011 ontwikkeld voor het (semi-)probabilistisch toetsen en afleiden van Hydraulische Randvoorwaarden voor harde keringen langs de zoete wateren. Omdat het zichtbaar bij het bepalen van ontwerprandvoorwaarden relatief ver in de toekomst ligt, zijn verscheidene programma's die invloed hebben op waterstanden en afvoerdebieten (zoals PKB Ruimte voor de Rivier) in het zichtjaar al gerealiseerd. Om de waterbewegingsdatabases te kunnen benutten waarin de effecten van deze maatregelen zijn meegenomen wordt een specifieke versie van het programma gebruikt: Hydra-Zoet versie 1.6.3. Voor uitleg over de basisfunctionaliteit van Hydra-Zoet (zoals het selecteren en inladen van een database fysica), zie HKV (2012a, 2012b).

Onderstaand wordt beschreven welke stappen moeten worden doorlopen om de effecten van klimaatscenario's op afvoerdebiet, meerpeil of zeespiegel mee te nemen.

5.4.1 Deltamodel modus⁴

Om veranderingen in rivierafvoeren en/of meerpeilen mee te kunnen nemen in een Hydra-Zoet berekening moet het programma in Deltamodel modus worden gebruikt, zie HKV (2012b).

5.4.2 Toevoegen randvoorwaarden database

Om een specifieke randvoorwaarden database beschikbaar te maken binnen Hydra-Zoet, ga naar het kopje 'Randvoorwaarden', 'Beheren'. Klik op 'Toevoegen' en navigeer naar de locatie van de gewenste randvoorwaarden database. Selecteer de gewenste database, klik op 'Open' en vervolgens op 'OK'. De database moet nu zichtbaar zijn in het overzicht aan de rechterkant van het hoofdscherm.

5.4.3 Aanpassen rivierafvoer

Door ingrepen in het watersysteem, klimaatverandering of het wijzigen in het beheer kan het nodig zijn om de extremen in de rivierafvoer of het meerpeil in Hydra-Zoet aan te passen. Zoals bovenstaand al is aangegeven kan dit alleen wanneer Hydra-Zoet in Deltamodel modus wordt gebruikt. Voor enkele voorbeelden, zie HKV (2012d).

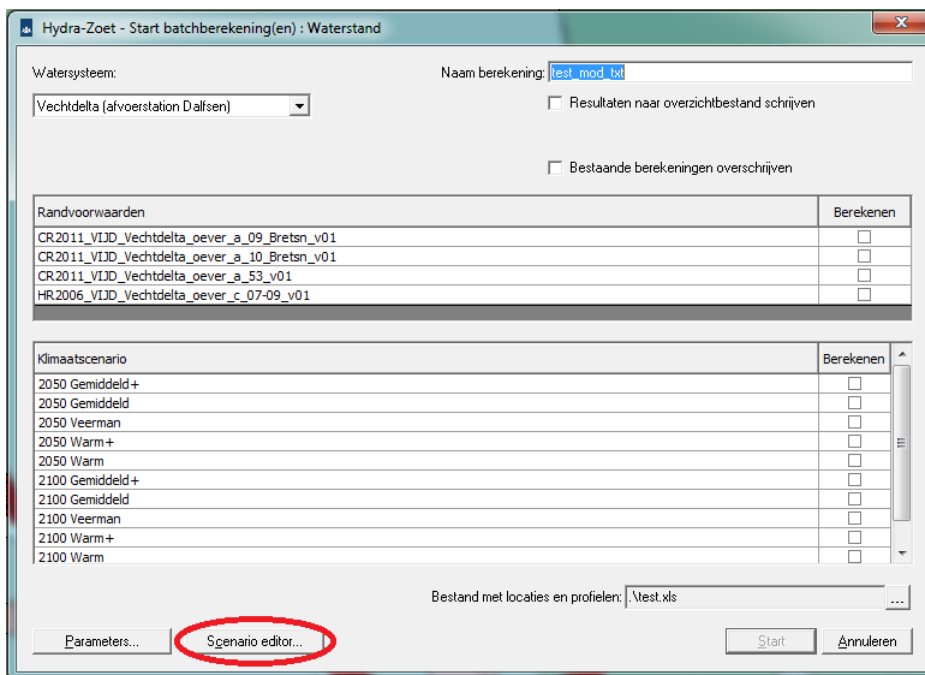
Rivierafvoer

Selecteer de bestanden benodigd voor de gewenste berekening (afhankelijk van het zichtjaar):

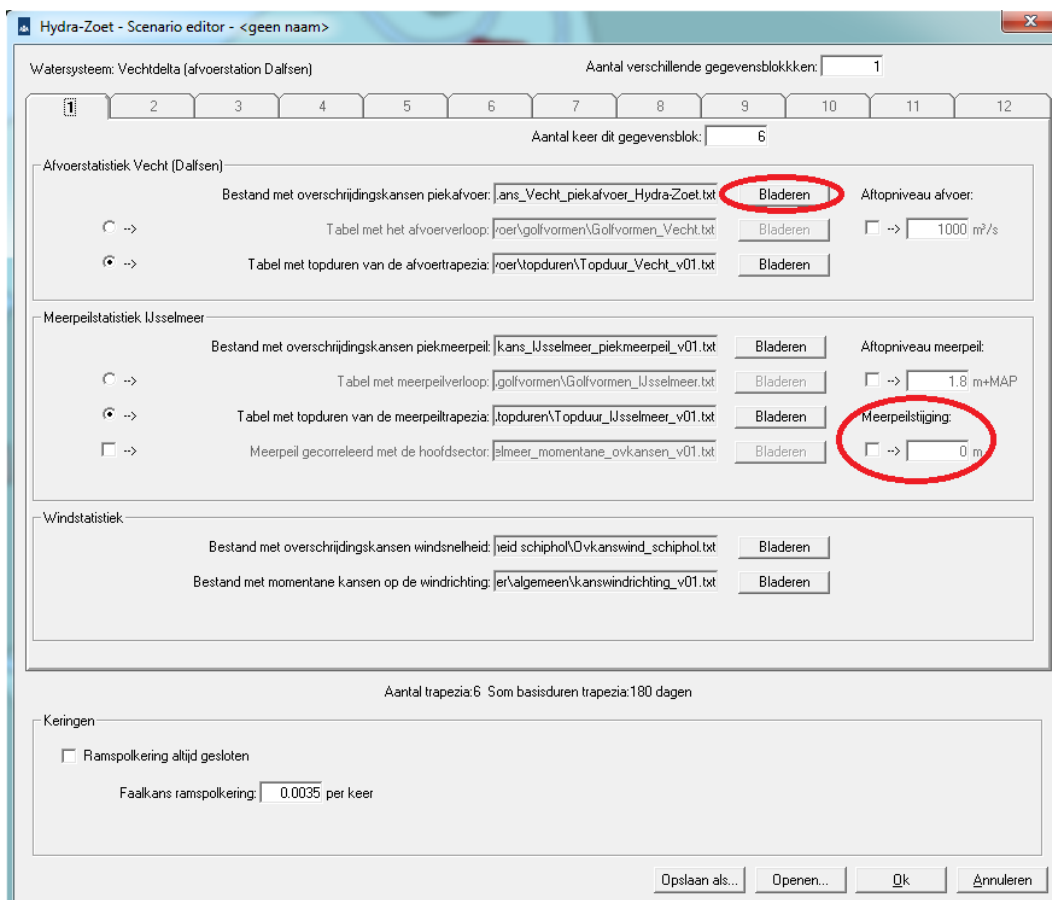
- *Ovkans_{watersysteem}_GRADE_2015.txt*
- *Ovkans_{watersysteem}_GRADE_2050_W+.txt*
- *Ovkans_{watersysteem}_GRADE_2100_W+.txt*

Ga voor het uitvoeren van de berekening naar het kopje 'Berekening', 'Start batchberekening(en)' (Figuur 4.3), 'Scenario editor', 'Bestand met overschrijdingskansen piekafvoer', 'Bladeren'. Selecteer het gewenste bestand met de piekafvoer in het zichtjaar. Klik op 'Ok' (zie ook Figuur 4.4).

⁴ In Hydra-Zoet is er t.b.v. het Deltamodel een aantal geavanceerde opties beschikbaar gesteld onder de noemer 'Deltamodel modus'. Voor een uitgebreide beschrijving, zie HKV (2012b).



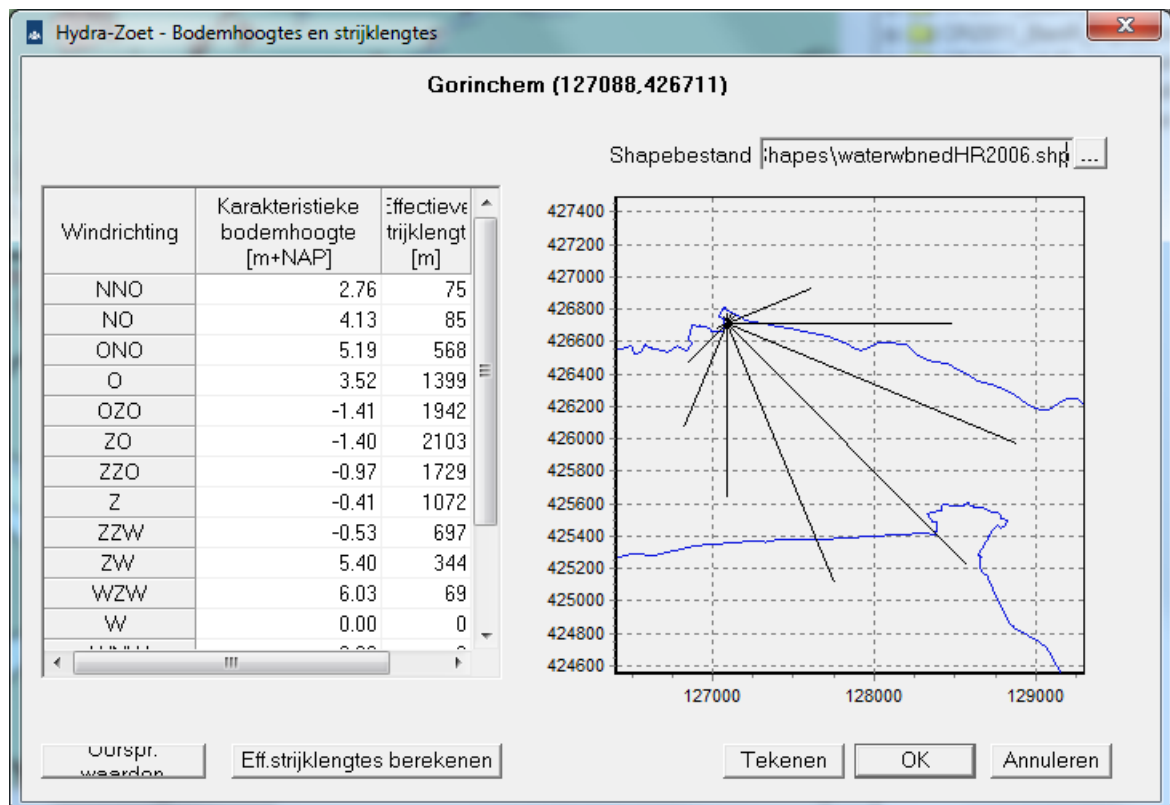
Figuur 5.3 Screenshot van het scherm 'Start batchberekeningen'.



Figuur 5.4 Screenshot van de scenario editor, het opgeven van meerpeilstijging en het instellen van de bestanden met overschrijdingskansen piekafvoer.

5.4.4 Aanpassen strijklengtes

De User-Interface van Hydra-Zoet biedt de mogelijkheid om strijklengtes en bodemliggingen handmatig aan te passen (default worden getallen uit de database ingelezen). Hiertoe dient Hydra-Zoet te worden opgestart en een locatie te worden geselecteerd. Onder het menu item "Locatie -> Bodemhoogtes en strijklengtes" kan men handmatig de gewenste gegevens invoeren/corrigeren (zie Figuur 3.4).



Figuur 5.5 Screenshot van het invoerscherm voor bodemhoogtes en strijklengtes.

Een dergelijke aanpassing kan wenselijk zijn in geval van een rivierverruimende maatregel, waarvan het effect op de strijklengtes en bodemligging nog niet is opgenomen in de database. Dit geldt ook voor sommige rivierverruimende maatregelen, met name die met een dijkteruglegging. Daarnaast kan een dergelijke aanpassing wenselijk zijn in geval van een berekening voor een tussengelegen locatie (zie paragraaf 5.4.5).

5.4.5 Rekenen voor tussengelegen locaties

De beschikbaar gestelde databases bevatten een beperkt aantal locaties. In sommige gevallen, bijvoorbeeld wanneer de HR sterk variëren in de ruimte, is het wenselijk om HR te bepalen voor een tussengelegen locatie.

Indien men een waterstand wil bepalen voor een tussengelegen locatie, dan kan men eenvoudig de maatgevende waterstand van de beide omliggende locaties bepalen en vervolgens volgens lineaire interpolatie de maatgevende waterstand op de tussengelegen locatie bepalen.

Voor het bepalen van het Hydraulische Belasting Niveau (HBN) is een dergelijke interpolatie ook mogelijk, maar dan dient voorafgaand aan deze interpolatie het HBN op de naastgelegen locaties te worden bepaald met inachtneming van het profiel (talud en oriëntatie) en de strijklengtes en bodemligging zoals van toepassing op de tussengelegen locatie. In stappen uitgesplitst betreft het dus de volgende activiteiten:

- Stel profiel en oriëntatie vast van het tussengelegen punt.
- Stel de strijklengtes en bodemligging vast voor het tussengelegen punt.
- Voer een berekening uit met Hydra-Zoet voor beide naastgelegen punten met voorgaande informatie.
- Bepaal met behulp van lineaire interpolatie en de resultaten van de beide naastgelegen punten de belastingen op het tussengelegen punt.

5.4.6 Rekenen voor grote terugkeertijden

In Hydra-Zoet moeten de invoerbestanden aangepast worden om met herhalingstijden groter dan 20.000 jaar om te kunnen gaan. Om dit te doen moeten eerst de instellingen van Hydra-Zoet zo gekozen worden zoals ze voor de berekening gewenst zijn ("bijvoorbeeld waterstand"). De instellingen worden verkregen door op de knop "Parameters..." te drukken, die zichtbaar is in het scherm dat verkregen wordt door te kiezen voor de menuoptie "Dijkvakberekening(en)." in het menu "Berekening". Sluit Hydra-Zoet vervolgens af.

Open dan het bestandje "BerParInfo.ini". Dit bevindt zich in de subdirectory "\data\ini" van de Hydra-Zoet installatie directory. In dit bestand is onderstaande informatie aanwezig (details kunnen anders zijn):

```
NFREQ=5  
FREQ.1=1000  
FREQ.2=1250  
FREQ.3=2000  
FREQ.4=4000  
FREQ.5=10000
```

In bovenstaand blok wordt met NFREQ het aantal ontwerp frequenties opgegeven. Vervolgens staan er de ontwerp frequenties (de terugkeertijd wordt ingevoerd). Er mogen hier meer records staan dan het bovenstaand (bij NFREQ) ingevoerde aantal. Uitbreiding van deze lijst met herhalingstijden groter dan 20.000 jaar zal nu voor zich spreken. Vervanging van één van de terugkeertijden is ook mogelijk.

Sla het bestand "BerParInfo.ini" op, sluit het af en start Hydra-Zoet. Start de berekeningen voor de locatie(s) waarvoor gerekend moet worden. Het scherm "Parameters..." mag nu NIET meer geopend worden. Anders worden alle terugkeertijden groter dan 20.000 jaar gelijk gesteld aan 20.000 jaar.

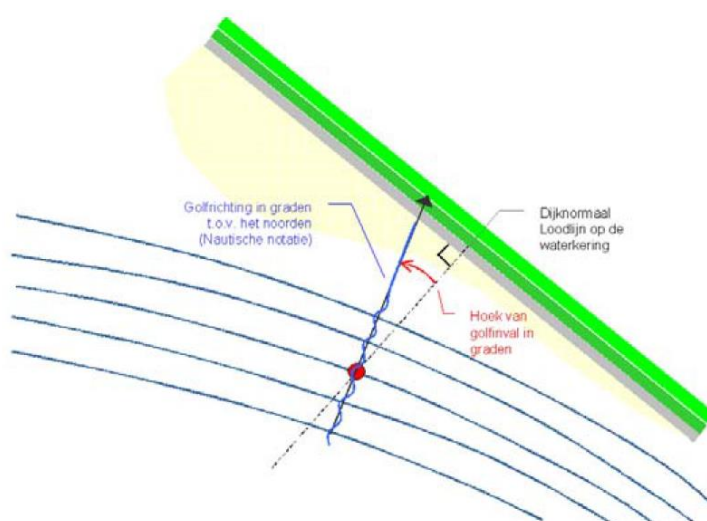
5.5 Afleiden Hydraulisch Belasting Niveau

Voor het afleiden van het Hydraulisch Belasting Niveau (HBN) wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
 - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie paragraaf 5.3.2). Voer deze in zoals beschreven in HKV (2012a).
 - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie paragraaf 5.3.3).

2 Invoer en berekening

- 2.1 Start Hydra-Zoet op in Deltamodel modus (zie paragraaf 5.4.1).
- 2.2 Bepaal het scenario voor rivierverruimende maatregelen (zie paragrafen 5.3.5 en 5.3.6). Selecteer de bijbehorende database (zie paragraaf 5.4.2).
- 2.3 Voeg hieraan het betreffende ontwerpprofiel en bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe (zie Figuur 5.6) en controleer de strijklengtes opgenomen in de database (zie paragraaf 5.4.4).
- 2.4 Voer berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015, 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen.



Figuur 5.6 Schematische weergave van de dijknormaal (in graden t.o.v. noord), golfrichting en de hoek van golfval, uit Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007a). In dit voorbeeld is de oriëntatie van de dijknormaal 225 (°N) en de golfrichting in de rode stip 200 (°N), dus de hoek van golfval is 25 graden.

3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

4 Correctie resultaten

De waterstand en golfcondities horende bij het HBN dienen tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Maas +0,30 m op de waterstand (zie Tabel 2.1).

5 Eindresultaat

Bereken vervolgens met de gecorrigeerde waterstand en golfcondities in het zichtjaar het bijbehorende HBN met behulp van PC-Overslag.

5.6 **Afleiden waterstand bij norm**

Voor het afleiden van de waterstand gegeven een norm (MHW) wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
 - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie paragraaf 5.3.2). Voer deze in zoals beschreven in HKV (2012a).
 - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie paragraaf 5.3.3).

- 2 Invoer en berekening
 - 2.1 Start Hydra-Zoet op in Deltamodel modus (zie paragraaf 5.4.1).
 - 2.2 Bepaal het scenario voor rivierverruimende maatregelen (zie paragrafen 5.3.5 en 5.3.6). Selecteer de bijbehorende database (zie paragraaf 5.4.2).
 - 2.3 Voeg hieraan het betreffende ontwerpprofiel en bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe (zie Figuur 5.6).
 - 2.4 Voer berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015, 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen.

- 3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

- 4 Correctie resultaten

Het ontwerppeil dient tot slot gecorrigeerd te worden met een onzekerheidstoeslag, waarmee de invloed van kennisonzekerheden (model en statistische onzekerheden) verdisconteerd wordt. In dit geval bedraagt de onzekerheidstoeslag voor alle projecten langs de Maas +0,30 m op de waterstand (zie Tabel 2.1).

- 5 Eindresultaat

De gecorrigeerde waarde van het ontwerppeil is het eindresultaat.

5.7 Afleiden golfcondities voor bekledingen

Voor het afleiden van het golfcondities voor bekledingen wordt het onderstaande stappenplan aanbevolen.

- 1 Norm en zichtjaar
 - 1.1 Bepaal de te hanteren norm voor de beschouwde oeverlocaties (zie paragraaf 5.3.2). Voer deze in zoals beschreven in HKV (2012a).
 - 1.2 Bepaal het zichtjaar van het project (zie paragraaf 5.3.3).

- 2 Invoer en berekening
 - 2.1 Start Hydra-Zoet op in Deltamodel modus (zie paragraaf 5.4.1).
 - 2.2 Bepaal het scenario voor rivierverruimende maatregelen (zie paragrafen 5.3.5 en 5.3.6). Selecteer de bijbehorende database (zie paragraaf 5.4.2).
 - 2.3 Voeg hieraan het betreffende ontwerpprofiel en bijbehorende oriëntatie van de dijknormaal toe (zie Figuur 5.6) en controleer de strijklengtes opgenomen in de database (zie paragraaf 5.4.4).
 - 2.4 Voer berekeningen uit voor de twee basisjaren (2015, 2050 en 2100) die om het gekozen zichtjaar heen liggen. Reken met laagste waterstand 0 m +NAP, hoogste waterstand gelijk aan het toetspeil en een stapgrootte van 0,5 m.

- 3 Interpolatie naar zichtjaar

De resultaten uit de twee omliggende basisjaren (2015-2050 of 2050-2100) dienen lineair geïnterpoleerd te worden naar het zichtjaar.

- 4 Correctie resultaten
Voor projecten langs de Maas is geen onzekerheidstoeslag op golfhoogte of –periode van toepassing (zie Tabel 2.1)
- 5 Eindresultaat
De gecorrigeerde golfcondities vormen het eindresultaat.

6 Vlieland

6.1 Generieke werkwijze

De generieke werkwijze voor het afleiden van de Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden staat beschreven in Deltares (2015). Voor dit project geldt dat de werkwijze zoals beschreven voor Waddenzee Oost (Delfzijl - Eemshaven) gebruikt kan worden, zij het met enkele aangepaste componenten. In de hiernavolgende secties worden de aangepaste componenten beschreven. De aanpassingen hebben betrekking op de te hanteren database en de te hanteren onzekerheidstoeslag.

6.2 Databases

Voor Vlieland dient gebruik te worden gemaakt van de volgende database fysica:

- SWAN_WADDENZEE_WEST.mdb

Merk op dat voor een deel van het Waddengebied (Waddenzee Oost) bij het genereren van de database een ingreep is gedaan (toepassing refractie limiter) teneinde laagfrequentie golfenergie te laten propageren tot aan de Groningse kust. Het toepassen van deze ingreep leidt tot een onderschatting van golfenergie aan de zuidzijde van de Waddeneilanden. Voor het westelijke deel van de Waddenzee bleek dit niet noodzakelijk en is dit dan ook niet toegepast. Hierdoor is de voorgeschreven database zonder aanpassing bruikbaar voor Vlieland.

6.3 Toeslagen

Voor Vlieland dient een onzekerheidstoeslag van 0.20 meter op de waterstand en 10% op de golfcondities toegepast te worden. De toeslag voor de waterstand wijkt af van de toeslag voorgeschreven in Deltares (2015). Reden hiervoor is dat sinds het beschikbaar komen van Deltares (2015) de inzichten met betrekking tot de statistische onzekerheid van de waterstand zijn gewijzigd: onzekerheid is afgenomen. Voor een herhalingsperiode tot 1000 jaar is deze onzekerheid afgenomen tot orde 0.1-0.2 meter. Gegeven de status van deze informatie wordt geadviseerd nog niet te optimaliseren naar 0.1 meter, maar een onzekerheidstoeslag van 0.2 meter op de waterstand te hanteren. De onzekerheidstoeslag op de golfcondities blijft gehandhaafd op 10%.

7 POV Centraal Holland (dijkring 44)

In het kader van het OI2014 is voor dijkring 15 een pakket van instrumenten, databases en statistiek aangeleverd ten behoeve van POV Centraal Holland. In tweede instantie is voor dijkring 44 een aanvullend pakket van instrumenten, databases en statistiek aangeleverd eveneens ten behoeve van de POV Centraal Holland. Het gebruik hiervan voor dijkring 44 is nog niet in de handleiding van de hydraulische ontwerprandvoorwaarden van OI2014v3 (14 juli 2015) opgenomen.

POV Centraal Holland is met deze pakketten aan de slag gegaan om Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden af te leiden. Uit de resultaten van deze berekeningen blijkt dat op de locatie waar deze databases op elkaar aansluiten sprake is van een "sprong" in de berekende waterstanden. Deze sprong is in de orde van 20 centimeter voor referentiejaar 2015 en een herhalingsijd van 10.000 jaar.

Via Helpdesk Water is gevraagd (vraagnummer 15 10 0036, 2-10-2015) een verklaring te geven voor deze sprong in de berekende waterstanden. Dit hoofdstuk geeft antwoord op deze vragen. In dit hoofdstuk wordt het recept beschreven voor het afleiden van Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden voor dijkring 44.

7.1 Analyse

De door POV Centraal Holland uitgevoerde berekeningen zijn uitgevoerd met respectievelijk het probabilistisch model voor het benedenrivierengebied (dijkring 15) en het probabilistisch model voor de bovenrivieren (dijkring 44). Voor het benedenrivierengebied is de bijbehorende database fysica van CR2011 gebruikt, voor bovenrivieren is de bijbehorende database fysica van het Deltaprogramma (referentiejaar 2015) gebruikt. In beide gevallen is met dezelfde afvoerstatistiek gerekend.

Indien voor een locatie gelegen in het overgangsgebied (aanwezig in beide probabilistische modellen) een waterstand met gegeven overschrijdingskans wordt bepaald, dan zijn op voorhand verschillen te verwachten om de volgende redenen:

- Verschillen in het probabilistisch model
- Verschillen in de achtergrond/invulling van de databases fysica

Een en ander wordt onderstaand nader toegelicht.

7.1.1 Probabilistisch model

Het probabilistisch model van de bovenrivieren verschilt van de benedenrivieren in de zin dat in het benedenrivierengebied meer stochasten een rol spelen (bv zeewaterstand en keringtoestand van de Europoortkering), terwijl op de bovenrivieren enkel afvoer en windsnelheid de stochasten vormen. Voor de overgang van benedenrivierengebied naar bovenrivieren geldt dat deze idealiter plaats vindt op die locatie waar de HR niet meer beïnvloed worden door de statistiek van de zeewaterstand. In het kader van CR2011 is deze locatie vastgesteld als kmr 947 op de Lek.

Op basis van de CR2011 database (met CR2011 statistiek van de afvoer) kan worden vastgesteld dat er een beperkte afhankelijkheid van de waterstand op locatie kmr 947 voor de afvoerstatistiek is. Echter vanwege de (geringe) bijdrage van de zeewaterstand ligt het voor de hand dat de berekende waterstand op basis van het probabilistisch model van het benedenrivierengebied enigszins hoger ligt dan die van het bovenrivierenmodel eenvoudig

weg omdat er in het benedenrivierengebied als gevolg van het meenemen van de kans op hoge zeewaterstanden ook een grotere kans van overschrijden ontstaat op locatie kmr 947 (bekend is dat bij het afleiden van de database voor het bovenrivierengebied binnen het Deltaprogramma geen rekening is gehouden met dit aspect).

Het effect met betrekking tot de invloed van de zeewaterstand wordt bij implementatie van de afvoerstatistiek van GRADE sterker: de afvoerstatistiek van GRADE ligt immers onder de afvoerstatistiek van CR2011 (bij dezelfde herhalingstijd geeft GRADE een lagere afvoer bij Lobith dan de CR2011). Dit betekent enerzijds dat waterstand bij een gegeven overschrijdingskans kleiner is bij toepassing van GRADE, maar anderzijds dat de bijdrage van de zeewaterstand toeneemt.

Gegeven het feit dat het probabilistisch model voor het benedenrivierengebied meer (relevante) stochasten bevat (met name zeewaterstand) wordt gesteld dat voor de beschouwde locatie (kmr 947) de resultaten volgend uit de toepassing van het probabilistisch model voor het benedenrivierengebied (inclusief het meenemen van de afvoerstatistiek volgens GRADE) nauwkeuriger zijn dan die volgend uit het probabilistisch model voor het bovenrivierengebied. Sterker nog: klaarblijkelijk leidt de overstap naar GRADE (met inachtneming van overstromingen in Duitsland) ertoe dat het probabilistisch model voor de bovenrivieren niet meer volledig representatief is voor de beschouwde locatie en waarschijnlijk een onderschatting veroorzaakt van orde 10 centimeter. Dit laatste geldt enkel voor hogere herhalingstijden, want voor lagere herhalingstijden geven GRADE en de oude statistiek hetzelfde antwoord.

7.1.2 Databases fysica

De database fysica wordt gebruikt voor de vertaling van de stochastwaarde (bijvoorbeeld afvoer bij Lobith) naar een lokale waterstand. De vertaling voor het jaar 2015 zou aan moeten sluiten bij de vertaling zoals deze in het kader van WBI2017 wordt gehanteerd (het doel is om voor het jaar 2015 met OI2014 de te verwachten condities uit WBI2017 zo goed mogelijk te benaderen).

Voor het benedenrivierengebied wordt deze benadering gedaan middels het gebruiken van de CR2011 database fysica. Dit wordt als representatief beoordeeld omdat: (i) er nauwelijks ruimtelijke maatregelen zijn welke in het gebied van het benedenrivierengebied de vertaling van stochastwaarde naar lokale waterstand beïnvloeden en (ii) een vergelijking op hoofdlijnen tussen de CR2011 database en de nieuwe WBI2017 database bevestigt dat de database fysica nauwelijks zal veranderen. Dit maakt dat gesteld kan worden dat de vertaling zoals gebruikt in het probabilistisch model van het benedenrivierengebied als voldoende representatief kan worden beschouwd voor WBI2017. Met andere woorden: de resultaten voor benedenrivierengebied icm GRADE afvoerstatistiek zoals berekend door POV Centraal Holland voor dijkkring 15 zijn representatief voor de belasting zoals beoogd wordt met OI2014 voor het zichtjaar 2015.

Voor dijkkring 44 geldt dat de database fysica van het Deltaprogramma is aangereikt en gebruikt. Deze is gebruikt omdat dit bij opstellen van het OI2014 de meest nauwkeurige schatting gaf van de te verwachten database zoals deze in het kader van WBI2017 opgesteld gaat worden. Inmiddels is bekend dat deze Deltaprogramma database afwijkt van de concept resultaten van WBI2017 en wel om de volgende redenen: (i) de schematisatie van de Ruimte voor de Rivier maatregelen wijkt enigszins af, (ii) de gehanteerde QH-relatie in de modelberekeningen welke ten grondslag liggen aan de database van het Deltaprogramma wijkt af van die van WBI2017 en (iii) de afvoerverdeling gehanteerd op de splitsingspunten

Pannerden en IJsselkop wijken af ten opzichte van WBI2017. Met name de laatste twee componenten maken dat er in de database van het Deltaprogramma een onderschatting van de waterstanden optreedt. Deze onderschatting is in de orde van 10 tot 20 centimeter.

7.2 Advies voor afleiding Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden dijkkring 44 (Lek)

Op basis van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de verschillen zoals gevonden tussen dijkkring 15 en dijkkring 44 verklaard kunnen worden. De verschillen zijn te wijten aan enerzijds de bijdrage van de zeewaterstand aan de waterstanden en anderzijds aan de verschillen in de gehanteerde databases fysica.

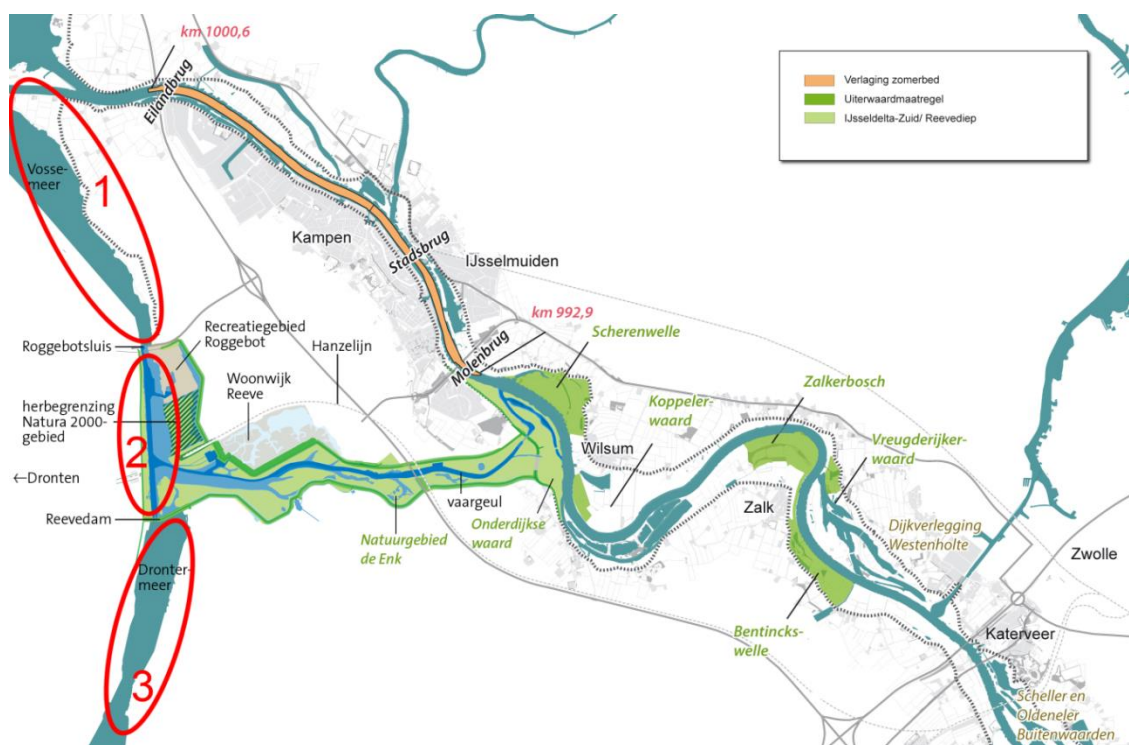
Gegeven de achtergrond van de verschillen wordt gesteld dat de resultaten voor dijkkring 44, indien berekend met de Deltaprogramma database, te laag zijn ten opzichte van WBI2017 en gecorrigeerd dienen te worden. Op basis van de oorzaak van de verschillen wordt voorgesteld om de waterstanden voor dijkkring 44 met 0.2 meter te verhogen om zo dichterbij WBI2017 uit te komen. Mogelijk is deze toeslag van 0.2 meter te conservatief (met name voor de meer bovenstrooms gelegen delen van dijkkring 44 vanwege verminderde invloed van zeewaterstand en QH-relatie in bovenstroomse richting), maar omwille van eenvoud en conservatieve aanpak wordt voorgesteld om deze toeslag toch over de gehele lengte toe te passen. Deze toeslag is ook van toepassing voor de overige zichtjaren en voor de waterstand behorende bij het HBN.

Het afleiden van hydraulische ontwerprandvoorwaarden voor dijkkring 44 in het kader van POV Centraal Holland kan worden gebaseerd op de recepten geldend voor de bovenrivieren, zie Deltares (2015a) met als toevoeging een toeslag van 0.2 meter op waterstand en/of hydraulisch belastingniveau. Voor de volledigheid is de samenvattende tabel waarin de te gebruiken databases en statistiek zijn gedefinieerd uit betreffende werkwijze hier overgenomen.

Merk op dat de genoemde toeslag van 0.2 meter alleen van toepassing is voor dijkkring 44 (Lek) waar databases fysica van het deltaprogramma worden gebruikt. De genoemde toeslag moet nadrukkelijk niet worden toegepast voor dijkkring 15 waar gebruik wordt gemaakt van de CR2011 database.

8 Vossemeer/Drontermeer

Binnen het OI2014 worden handvatten gegeven om bij het afleiden van Hydraulische Ontwerprandvoorwaarden (HOR) voor HWBP projecten zoveel mogelijk aan te sluiten bij toekomstige veranderingen, waaronder de veranderingen in uitgangspunten vanuit het WTI2017 project. Een andere toekomstige verandering is de aanleg van het Reevediep (zie Figuur 8.1), een bypass tussen de IJssel en het Vossemeer, net ten Zuiden van Kampen. Bij hoge rivierafvoeren stroomt deze bypass mee, zodat er ook afvoer vanuit de IJssel direct op het Vossemeer terecht komt.



Figuur 8.1 Plankaart van de nieuwe situatie na aanleg Reevediep (bron: zoek.officielebekendmakingen.nl).

Het Reevediep wordt gefaseerd uitgevoerd, waarbij fase 1b en fase 2 de belangrijkste zijn wat betreft de invloed op ontwerprandvoorwaarden. In fase 1b zal er maximaal ca. 340 m³/s door het Reevediep kunnen stromen, en behoudt de Roggebotsluis zijn huidige locatie. In fase 2 van het Reevediep wordt de Roggebotsluis in zuidelijke richting verlegd (de Reevedam in Figuur 8.1), waardoor een gedeelte van het huidige Drontermeer in de toekomst bij het Vossemeer gaat horen en neemt het debiet van het Reevediep toe tot 730 m³/s. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie verschillende deelgebieden: het gebied ten noorden van de huidige Roggebotsluis (1), het gebied ten zuiden van de huidige en ten noorden van de toekomstige sluis (2) en het gebied ten zuiden van de toekomstige sluis (3).

Het Reevediep is niet meegenomen in het vigerende instrumentarium (Hydra-Zoet met CR2011 databases). In de nieuwe WBI2017 productieberekeningen voor de IJssel- en Vechtdelta (IJVD) is fase 1b geïmplementeerd. Er zijn geen bestaande modelberekeningen voor fase 2.

In het onderhavige memo wordt gekeken of er voor de dijkversterking langs het Vossemeer rekening moet worden gehouden met de aanwezigheid van het Reevediep voor zowel fase 1b als fase 2. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de WBI2017 productieberekeningen voor fase 1b en voor fase 2 worden nieuwe WAQUA berekeningen uitgevoerd. De dijktrajecten grenzend aan het Vossemeer zijn 8-4, 11-1 en 11-2 met normen (signaalwaarden) van 1/3.000 en 1/30.000 per jaar.

Op basis van de bevinding met betrekking tot de invloed van het Reevediep wordt vervolgens een voorstel gedaan voor de te hanteren werkwijzen voor afleiding van de Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden voor de gebieden 1, 2 en 3 zoals aangegeven in Figuur 8.1.

8.1 Invloed Reevediep fase 1b

8.1.1 Methodiek bepaling invloed Reevediep

Hydra-Zoet kan niet als probabilistische schil worden gebruikt omdat het Reevediep niet is meegenomen in de waterbewegingsmodellen waar de beschikbare Hydra-Zoet databases op zijn gebaseerd. Daarom moet buiten Hydra-Zoet om een benadering worden gedaan van de mogelijke ontwerp punten in het projectgebied. Hiertoe wordt een methodiek gehanteerd die eerder is gebruikt in de Planstudie IJsseldelta-Zuid (Tauw, Witteveen + Bos en Royal Haskoning, 2012), gebaseerd op de methode Westphal⁵. Hierbij wordt aangenomen dat voor de relevant condities ofwel de afvoer ofwel wind dominant zal zijn. Er wordt een aantal scenario's gedefinieerd waarbij eerst alle kansruimte besteed wordt aan de afvoer (in andere woorden, een hoge afvoer met een gemiddelde windsnelheid, scenario 1). Vervolgens wordt in een aantal stappen de afvoer verlaagd en de windsnelheid verhoogd (tot een hoge windsnelheid met een gemiddelde afvoer, scenario 7). Hierbij wordt aangenomen dat beide grootheden volledig ongecorreleerd zijn. De verschillende scenario's voor de maximaal toelaatbare faalkansen 1/1.000 (norm 1/3.000) zijn weergegeven in Tabel 8.1 en voor 1/10.000 per jaar (norm 1/30.000) in Tabel 8.2. Voor de afvoerstatistiek is gebruik gemaakt van de statistiek afgeleid met GRADE (Deltares, 2014a), voor klimaatscenario W+ in 2050 en 2100.

Tabel 8.1 Definitie scenario's, met afvoer, windsnelheid en de bijbehorende terugkeertijden voor een norm van 1/3.000 per jaar (maximaal toelaatbare faalkans van 1/1.000 per jaar).

Scenario Norm	Terugkeertijd afvoer [jaren]	$Q_{I, Jssel, 2015}$ [m^3/s]	$Q_{I, Jssel, 2050}$ [m^3/s]	$Q_{I, Jssel, 2100}$ [m^3/s]	Terugkeertijd windsnelheid [jaren]	$U_{p, wind, Schiphol}$ [m/s]
1/3.000						
1	1.000	2.321	2.803	3.157	1	15,24
2	750	2.285	2.687	3.123	1,33	15,80
3	500	2.234	2.523	3.076	2	16,59
4	300	2.153	2.422	2.970	3,33	17,59
5	100	1.944	2.176	2.460	10	19,73
6	10	1.321	1.552	1.762	100	24,22
7	2	880	996	1.128	500	27,36

⁵ Het bepalen van een gecombineerde kans door vermenigvuldigen van 2 marginale statistieken is onjuist (de dimensie is jaar⁻²). Feitelijk moet een vermenigvuldiging worden gedaan van een marginale statistiek (van wind) met een conditionele kans van afvoer gegeven de wind. Deze laatste is getalsmatig grofweg 10x kleiner dan de marginale statistiek van de afvoer. De hier gepresenteerde gehanteerde aanpak is daarmee conservatief.

Tabel 8.2 Definitie scenario's, met afvoer, windsnelheid en de bijbehorende terugkeertijden voor een norm van 1/30.000 per jaar (maximaal toelaatbare faalkans van 1/10.000 per jaar).

Scenario Norm	Terugkeertijd afvoer [jaren]	$Q_{IJssel,2015}$ [m^3/s]	$Q_{IJssel,2050}$ [m^3/s]	$Q_{IJssel,2100}$ [m^3/s]	Terugkeertijd windsnelheid [jaren]	$U_{p,wind,Schiphol}$ [m/s]
1/30.000						
1	10.000	2.756	3.191	3.348	1	15,24
2	7.500	2.660	3.165	3.328	1,33	15,80
3	5.000	2.524	3.128	3.299	2	16,59
4	3.000	2.458	3.085	3.262	3,33	17,59
5	1.000	2.321	2.803	3.157	10	19,73
6	100	1.944	2.176	2.460	100	24,22
7	2	880	996	1.128	5000	31,85

De totale beschikbare kansruimte voor deze scenario's is afhankelijk van de gehanteerde norm voor het dijktraject waarvoor ontworpen wordt. In dit memo wordt het Vossemeer beschouwd met trajectnormen van 1/3.000 (11-1 en 11-2) en 1/30.000 (8-4) per jaar. De trajectnormen worden als signaalkansen gespecificeerd, terwijl het ontwerpen van waterkeringen aan de hand van maximaal toelaatbare faalkansen gebeurt. Het verschil tussen beide is een normklasse, dus de relevante maximaal toelaatbare faalkansen zijn 1/1.000 en 1/10.000 per jaar. De maximaal toelaatbare faalkans fungeert ook als de in totaal beschikbare kansruimte voor de scenario's.

De (IJVD) stochasten windrichting en IJsselmeerpeil worden niet gevarieerd in de scenario's. In plaats daarvan wordt teruggegrepen op de waardes uit ontwerpapunten gegenereerd met Hydra-Zoet en CR2011 IJVD databases (dus zonder Reevediep geïmplementeerd). Dit resulteert in een meerpeil van -0,10 m NAP en een windrichting van 315° t.o.v. Noord (dit is naar verwachting een conservatieve aanname).

Omdat het hier ontwerprandvoorwaarden betreft, dient men ook rekening te houden met toekomstige veranderingen. Zo is er ook GRADE afvoerstatistiek afgeleid voor de zichtjaren 2050 en 2100, wat andere afvoeren voor de scenario's oplevert.

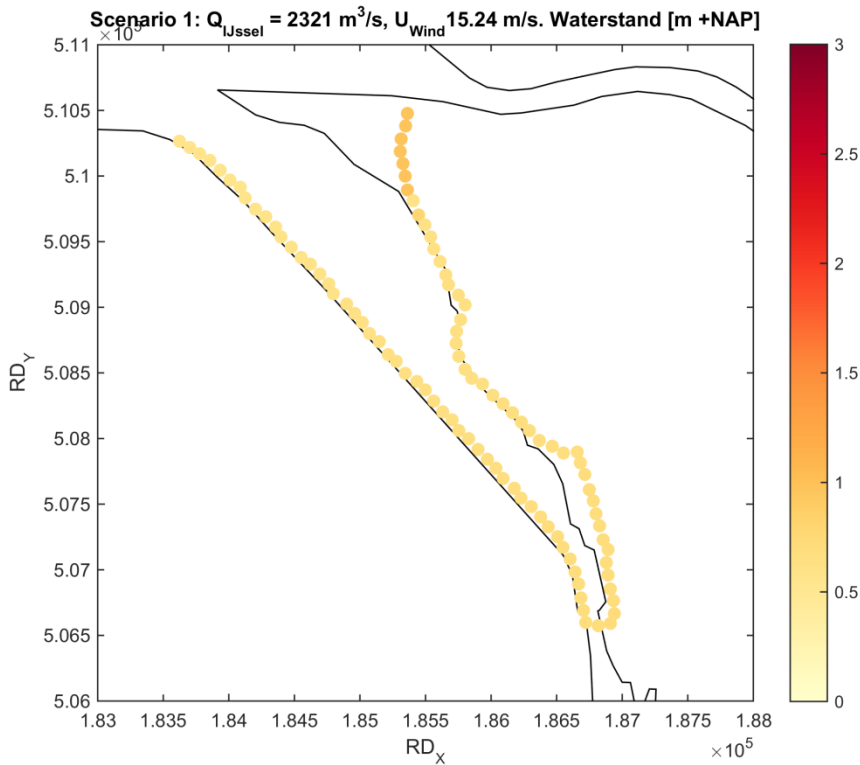
Aan de hand van deze scenario's worden de hydraulische belastingparameters in het Vossemeer geselecteerd (en geïnterpoleerd) uit de WBI2017 productieberekeningen voor IJVD. Uiteindelijk wordt het scenario dat de hoogste waterstanden oplevert maatgevend verondersteld.

8.1.2 Resultaten

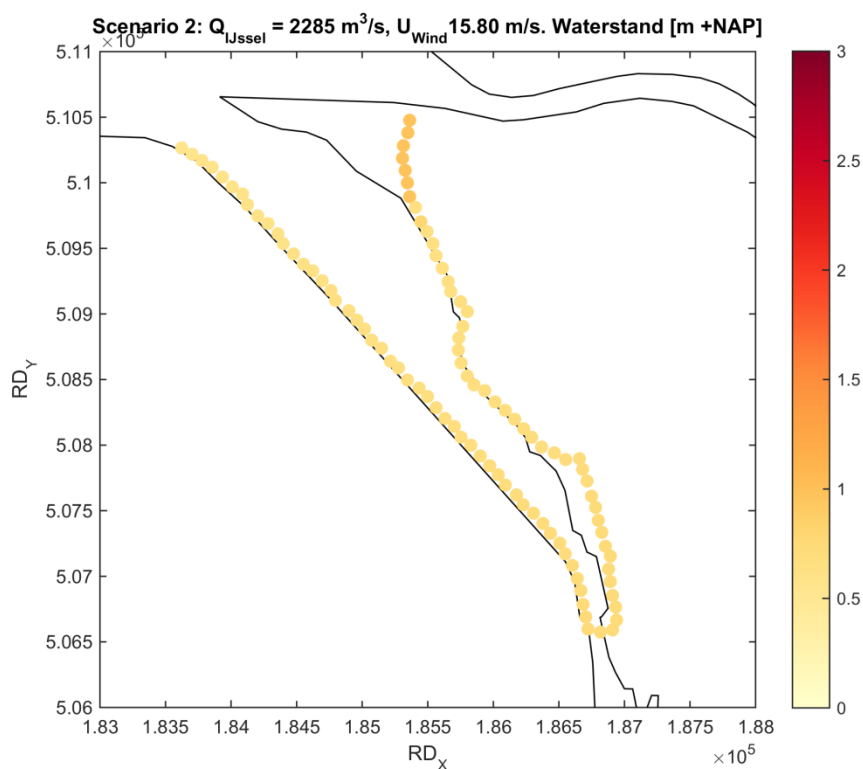
In Figuur 8.2 t/m Figuur 8.11 zijn de waterstanden behorende bij de scenario's uit Tabel 8.1 weergegeven (zichtjaar 2015). Het valt op dat de waterstanden monotoon stijgen bij een toenemende windsnelheid, en dat de IJssel afvoer (en dus het Reevediep fase 1b) weinig invloed heeft op het resultaat. Het Reevediep begint pas vanaf een Rijnafoer van 15.500 m^3/s bij Lobith mee te stromen, bij lagere Rijnafoeren stroomt het Reevediep niet mee. Uitgaande van de nieuwe GRADE afvoerstatistiek bij Lobith voor 2015, heeft een afvoer van 15.500 m^3/s een terugkeertijd van zo'n 2.900 jaar, dus is het Reevediep pas actief voor terugkeertijden van 2.900 jaar of groter. Om een effect te zien moet gekeken worden naar strengere normen of zichtjaren 2050 en 2100.

Wanneer gekeken wordt naar scenario's met hogere afvoeren (bijv. Figuur 8.9 vergeleken met Figuur 8.2) is daar wel een toename van waterstanden in het Vossemeer te zien. Echter, deze toename valt in het niet bij een toegenomen windsnelheid (scenario 7, Figuur 8.8 en

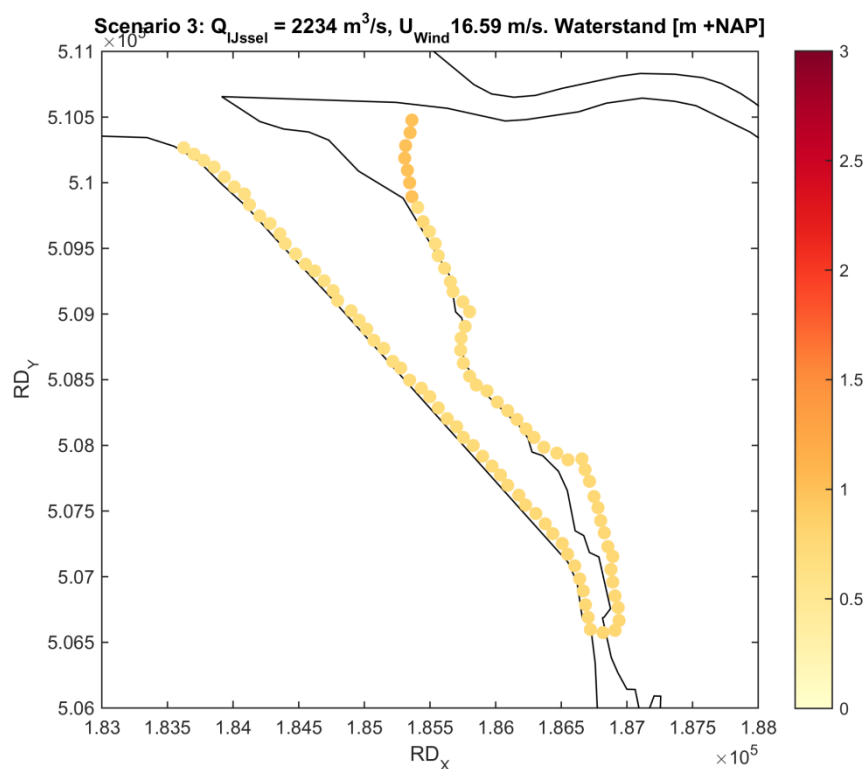
Figuur 8.11). Dus ondanks dat er zich gevallen kunnen voordoen waarbij het Reevediep effect heeft, is het systeem in alle gevallen sterk windgedomineerd. Ook een toename in debiet voor scenario 7 (vergelijk zichtjaar 2015 met 2100, respectievelijk Figuur 8.10 en Figuur 8.11) heeft geen effect.



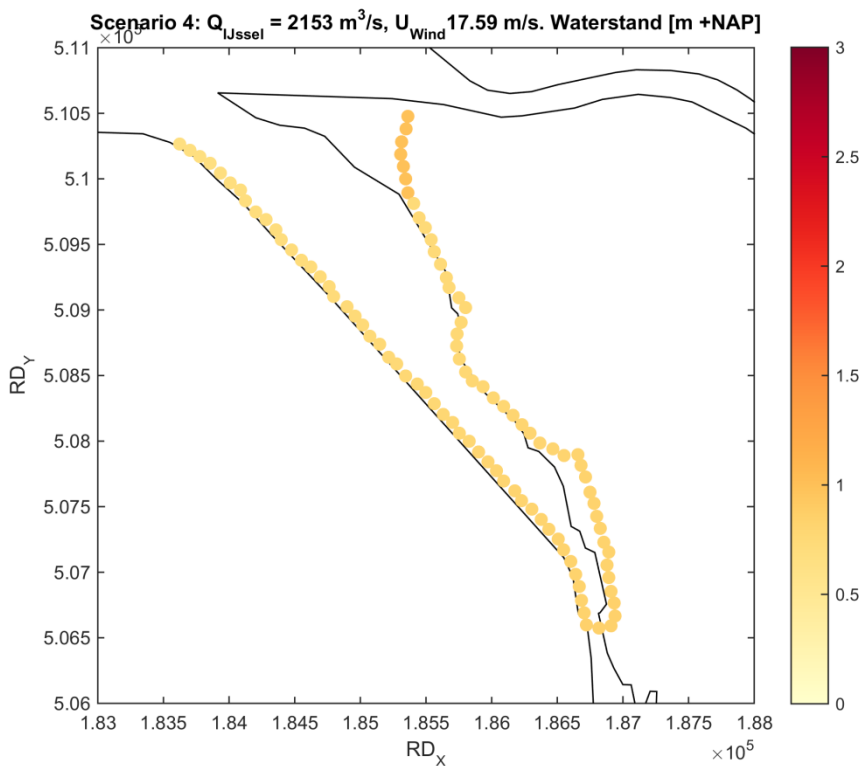
Figuur 8.2 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 1 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



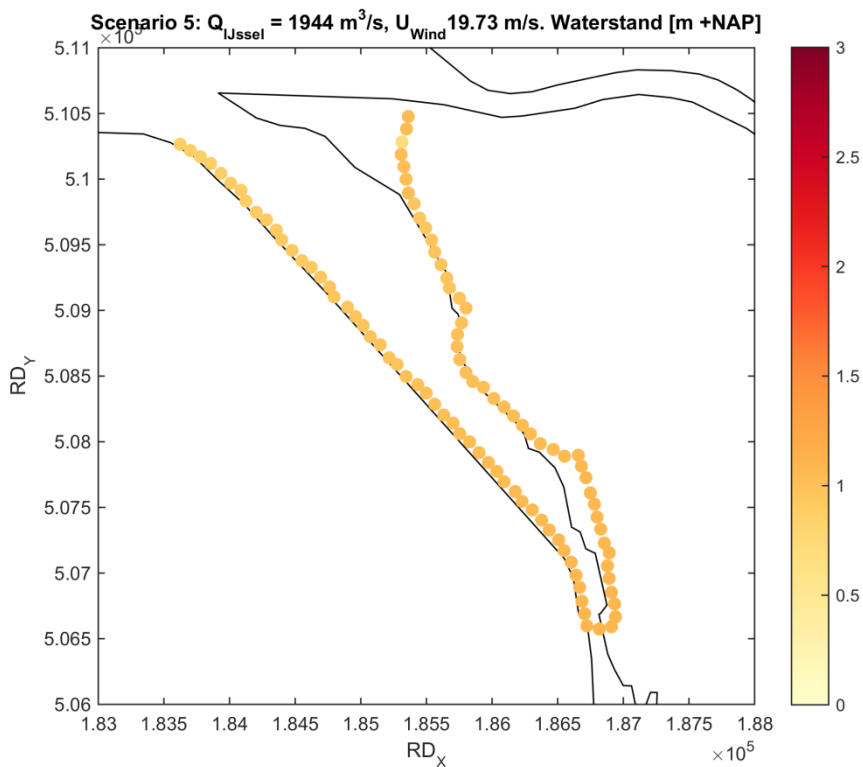
Figuur 8.3 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 2 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



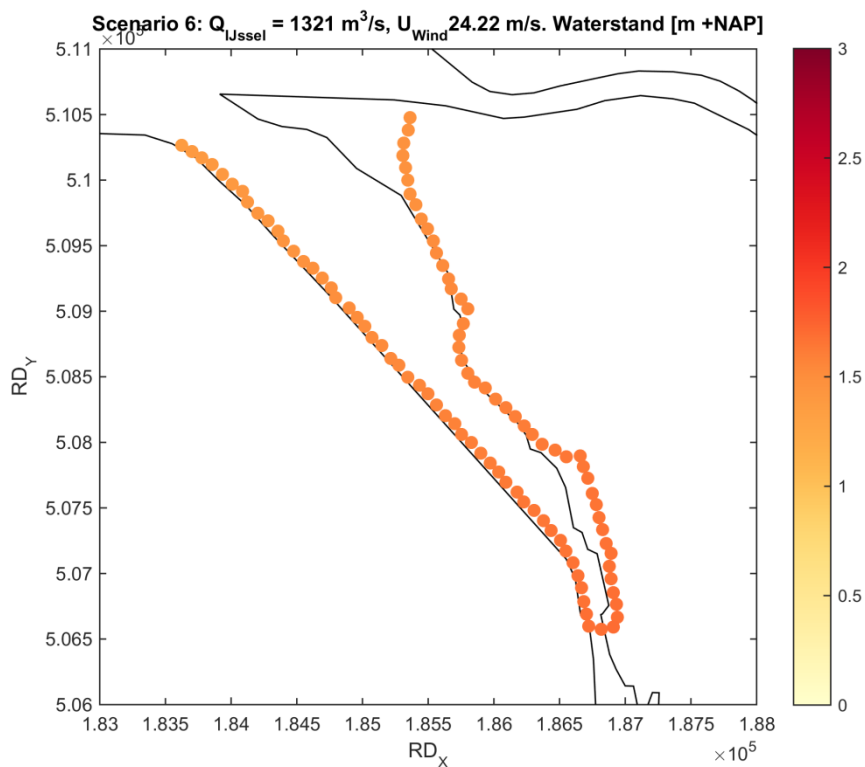
Figuur 8.4 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 3 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



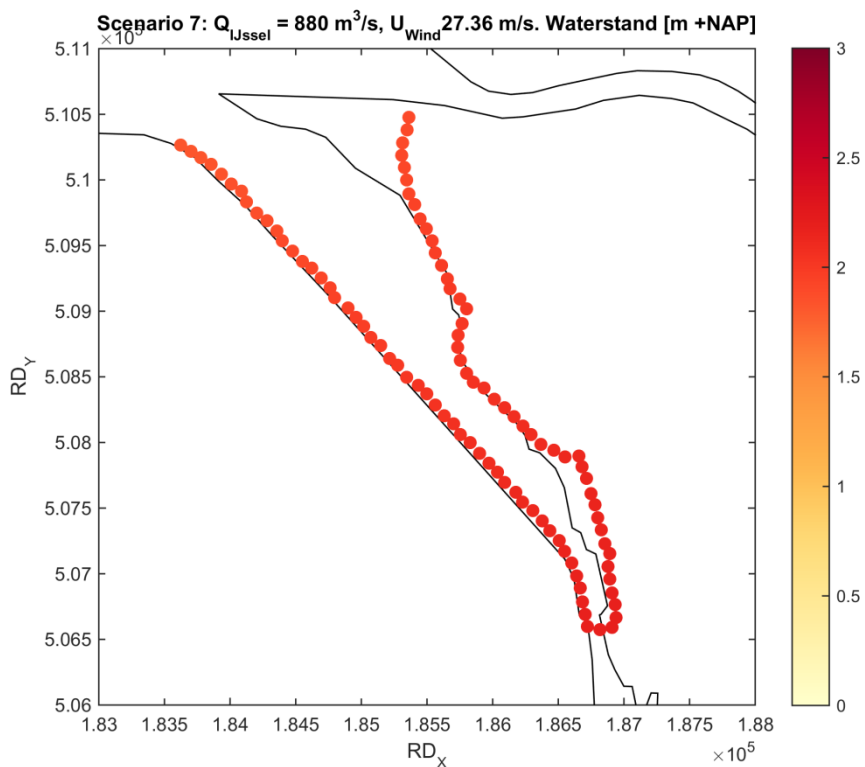
Figuur 8.5 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 4 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



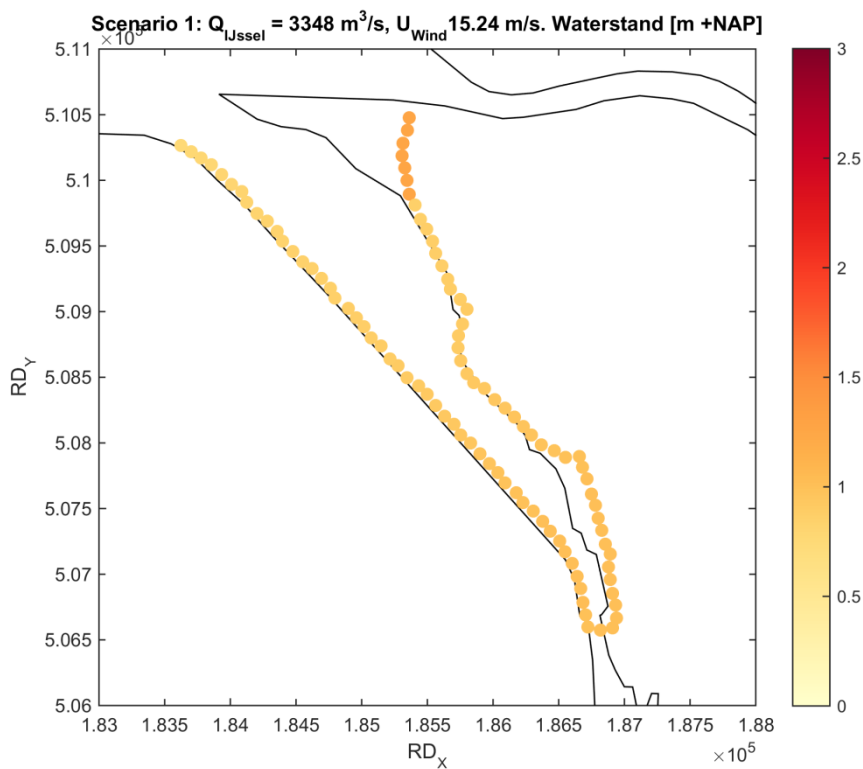
Figuur 8.6 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 5 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



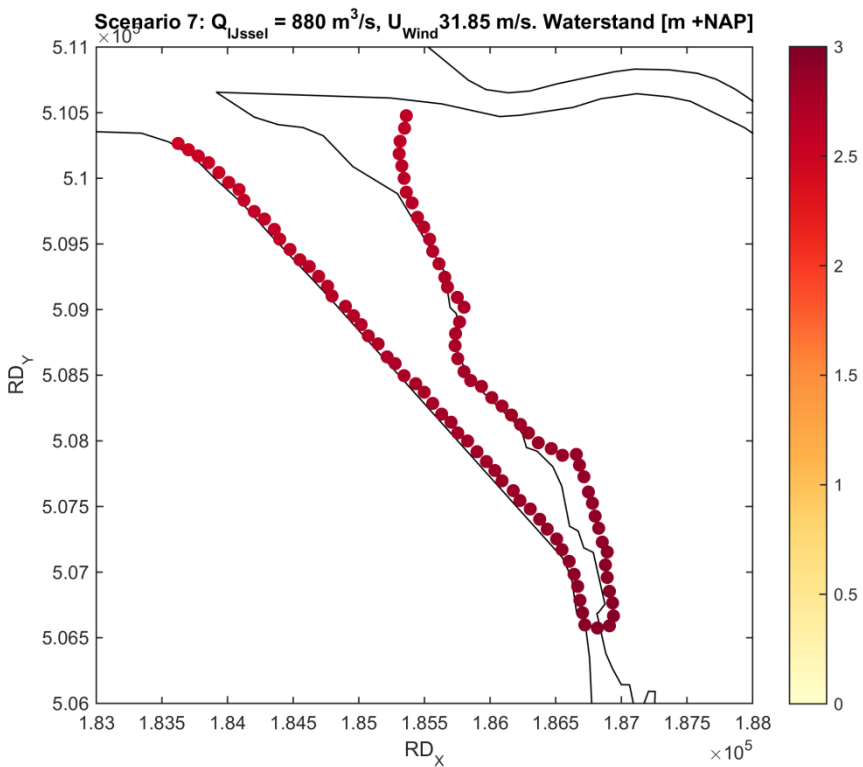
Figuur 8.7 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 6 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



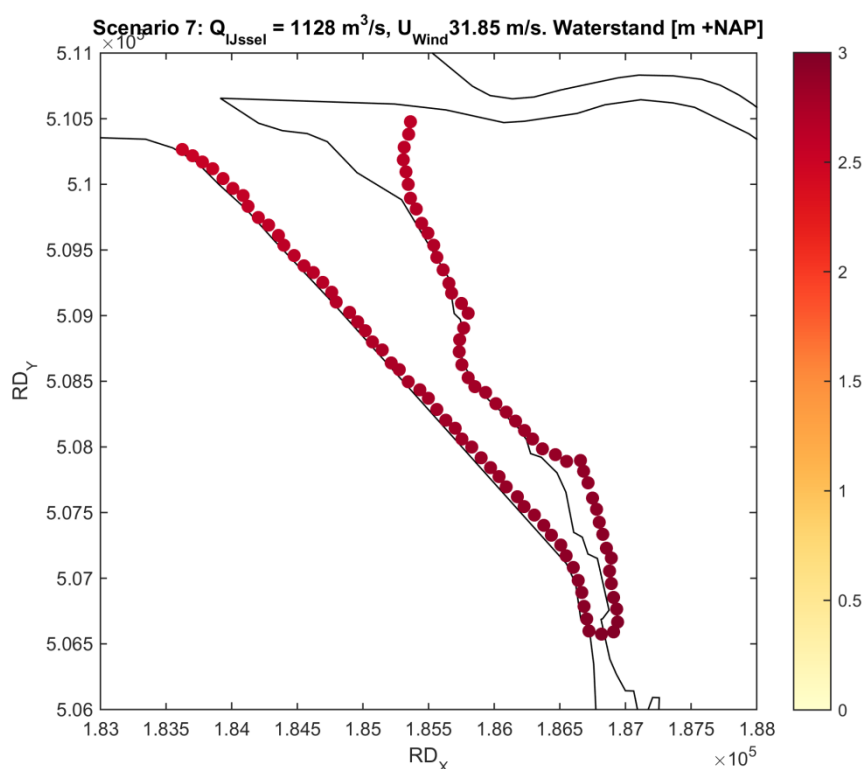
Figuur 8.8 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 7 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/1.000).



Figuur 8.9 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 1 (zichtjaar 2100, maximaal toelaatbare faalkans 1/10.000).



Figuur 8.10 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 7 (zichtjaar 2015, maximaal toelaatbare faalkans 1/10.000).



Figuur 8.11 Waterstanden rond het Vossemeer voor scenario 7 (zichtjaar 2100, maximaal toelaatbare faalkans 1/10.000).

8.2 Invloed Reevediep fase 2

8.2.1 Methodiek Reevediep fase 2

Uit de resultaten voor fase 1b blijkt dat combinaties van geen afvoer door het Reevediep met hoge windsnelheid hogere waterstanden opleveren in het Vossemeer dan situaties met afvoer door het Reevediep en lagere windsnelheden. Onderstaand wordt geverifieerd of deze bevindingen standhouden met de hogere afvoer door het Reevediep na realisatie van fase 2.

Om de invloed van deze grotere afvoer in fase 2 te bepalen is de WBI2017 IJVD WAQUA schematisatie aangepast. De Roggebotsluis is verplaatst, Gebied 2 (zie Figuur 8.1) en de Reevedam zijn aan het rekenrooster toegevoegd en het lozingspunt met het debiet uit het Reevediep is mee verplaatst. Verder is het debiet wat door het Reevediep stroomt verhoogd naar 730 m³/s.

Met deze nieuwe schematisatie is een beperkt aantal scenario's doorgerekend, gekozen op basis van de eerdere bevindingen aangaande fase 1b. Hierbij is gekozen voor 4 scenario's, waarvan de details zijn samengevat in Tabel 8.3, waarbij ook wordt vermeld op welke in Tabel 8.2 genoemde scenarios deze zijn gebaseerd. Merk hierbij op dat de gekozen getalswaarden noodzakelijkerwijs overeenkomen met de discretisaties gekozen in de IJVD WBI2017 databases. Dit verschilt met de methodiek uiteengezet in de voorgaande paragraaf; omdat er voor fase 1b een hele database aan modelresultaten aanwezig is kan er naar elke gewenste waarde worden geïnterpoleerd, waar er voor fase 2 slechts een beperkt aantal nieuwe berekeningen uitgevoerd kan worden, grotendeels op basis van bestaande modelinvoer.

Scenario A is een combinatie van hoge windsnelheid en geen afvoer door het Reevediep. In scenario's B en C stroomt er wel water door het Reevediep en is de windsnelheid lager. Scenario D combineert een zeer hoge rivierafvoer met een windstille situatie. Alle scenario's gaan, net als voor fase 1b, uit van een IJsselmeerpeil van -0,10 m NAP, een windrichting van 315° en een gesloten Ramspolkering.

Tabel 8.3 Details van de scenario's doorgerekend met het WAQUA model voor Reevediep fase 2.

	$Q_{\text{IJssel},2015}$ [m ³ /s]	$U_{p,\text{wind}}$ [m/s]	Windrichting [° t.o.v. N]	IJsselmeerpeil [m + NAP]	Ramspol- kering	Reevediep	Gebaseerd op
A	950	32	315	-0,10	Gesloten	Droog	7
B	3.200	22	315	-0,10	Gesloten	Stroomt	4/5
C	3.400	16	315	-0,10	Gesloten	Stroomt	1
D	4.000	0	n.v.t.	-0,10	Gesloten	Stroomt	-

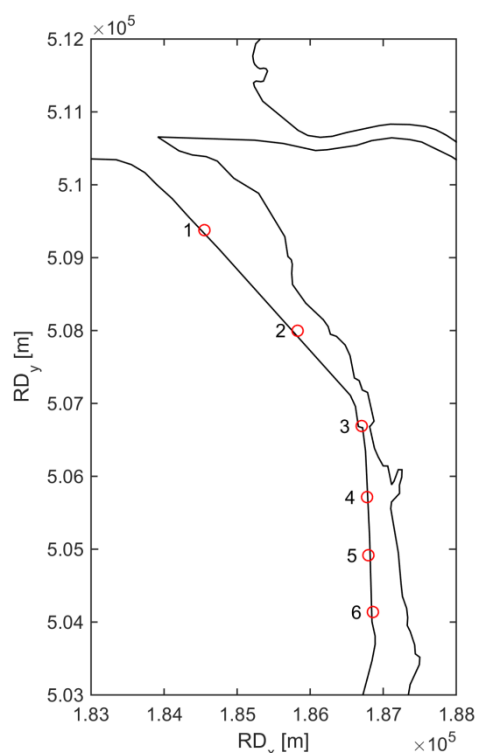
8.2.2 Resultaten Reevediep fase 2

De resultaten van de WAQUA modelberekeningen zijn weergegeven in Tabel 8.4 als maximale waterstanden op een klein aantal geselecteerde locaties (zie Figuur 8.12). Wat opvalt is dat, net als voor fase 1b, de combinatie met de hoogste windsnelheid en het laagste debiet (scenario A) leidt tot de hoogste waterstanden. De resultaten in voor locaties 1 t/m 3 voor scenario A voor fase 2 zijn dan ook sterk vergelijkbaar met diezelfde locaties voor fase 1b, omdat in geen van deze gevallen het Reevediep mee stroomt. Anders gezegd heeft enkel de uitbreiding van het Vossemeer geen significante invloed op de waterstanden voor scenario A.

De scenario's waarvoor het Reevediep wel meestroomt – B, C en D – resulteren allen in significant lagere waterstanden dan scenario A. Daarnaast is er wederom een consequente trend te zien van hogere waterstanden bij hogere windsnelheden. De toegenomen afvoer door het Reevediep zorgt wel voor hogere waterstanden – vergelijk scenario's B, C en D voor fases 1b en 2 – maar het systeem is ook in fase 2 nog altijd sterk windgedomineerd.

Tabel 8.4 Vergelijking waterstanden fase 1b en fase 2 voor verschillende scenario's.

	Reevediep fase 1b				Reevediep fase 2			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	2,98	1,55	0,98	0,62	2,98	1,74	1,37	1,18
2	3,17	1,70	1,09	0,70	3,18	1,92	1,55	1,34
3	3,33	1,78	1,14	0,73	3,32	2,05	1,68	1,46
4					3,38	2,33	2,01	1,84
5					3,43	2,39	2,06	1,90
6					3,49	2,43	2,10	1,92



Figuur 8.12 Overzichtsk kaart met de geselecteerde locaties in het Vossemeer.

In Tabel 8.5 is het waterstandsverhang tussen de geselecteerde locaties weergegeven voor de combinatie die tot de hoogste waterstanden leidt (scenario A). Het valt op dat het verhang voor locaties 1 t/m 3 nauwelijks verschilt tussen fase 1b en fase 2. Tussen de locaties 1 t/m 3 en 4 t/m 6 (noordelijk resp. zuidelijk van de huidige ligging van de Roggebotsluis) zit wel een beperkt verschil in verhang. Dit verschil in verhang vertaalt zich bij een lineaire extrapolatie – uitgaande van een typische lengtemaat van 2,5 km voor het deel wat in de toekomst bij het Vossemeer wordt gevoegd – in een bescheiden waterstandsverschil van maximaal 8 cm. Dit valt binnen de nauwkeurigheid van hydraulische ontwerprandvoorwaarden afgeleid met OI2014.

Tabel 8.5 Waterstandsverhang over de locaties voor scenario A.

Locaties	Verhang fase 1b	Verhang fase 2
1 t/m 3	$1,0e^{-04}$	$0,98e^{-04}$
4 t/m 6	n.v.t.	$0,70e^{-04}$

8.3 Effect aanpassing winddrag coëfficiënt

In het kader van WBI2017 is men voornemens om een aangepaste winddrag coëfficiënt te gaan hanteren (of in ieder geval rekening te houden met de consequenties daarvan). De aangepaste winddrag coëfficiënt betekent dat er bij hoe windsnelheden (> 30 m/s) sprake is van minder energieoverdracht. Effectief betekent dit bij dezelfde windsnelheid een lagere opzet en lagere golfcondities.

Bovenstaande dient eigenlijk verdisconteerd te worden bij het uitvoeren van de WAQUA en SWAN berekeningen in het kader van het opstellen van de databases fysica. Voor WBI2017 (en OI2014) is dit geen optie op dit moment, dus wordt een pragmatische aanpak gevolgd. Omwille van werkbaarheid, traceerbaarheid en foutgevoeligheid wordt voor dit project voor

OI2014 voorgesteld te werken met een correctie coëfficiënt. Deze correctie coëfficiënt volgt uit een gedetailleerde analyse naar consequenties van de aangepaste winddrag coëfficiënt.

Het effect van de aangepaste winddrag coëfficiënt is (locatie en) herhalingstijd afhankelijk en dus verschillend voor MHW en HBN voor het project Drontermeerdijken (eens per 10.000 jaar voor MHW en eens per 125.000 jaar voor HBN). Het effect op de waterstand bij een herhalingstijd van 10.000 jaar is ca. 0,16 meter, terwijl het effect op het HBN bij een herhalingstijd van 125.000 jaar ca. 0,54 meter bedraagt (beide een verlaging).

Voor nu stellen we vanuit het OI voor Drontermeerdijken een verlaging van het MHW voor van 0,10 meter en een verlaging van het HBN van 0,50 meter. Voor overige projecten is geen correctie van toepassing omdat voor een norm van 1000 jaar geen significant effect van de aanpassing van de winddrag coëfficiënt wordt verwacht.

8.4 Conclusie en aanbevolen werkwijze bepaling HOR

In het voorgaande is aangetoond dat – gegeven WBI2017 productiesommen voor fase 1b en nieuwe schematisatie voor fase 2 – op het Vossemeer voor normen van 1/3.000 en 1/30.000 per jaar wind gedomineerde situaties (tot 2100) verreweg maatgevend zijn voor de waterstand. In deze wind gedomineerde situaties hebben fases 1b en 2 van het Reevediep geen invloed, omdat er geen afvoer doorheen gaat. In deze situaties heeft de vergroting van het Vossemeer geen significante invloed op het waterstandsverhang. Dit maakt dat het voor deze normen geen probleem is om met Hydra-Zoet i.c.m. CR2011 databases te rekenen (waar het Reevediep niet in gemodelleerd is) voor het gebied dat ten noorden van de huidige Roggebotsluis ligt (gebied 1).

Bij verlegging van de Roggebotsluis missen er dan wel punten in de CR2011 databases voor het nieuwe, grotere Vossemeer. In dit geval kan er lineair geëxtrapoleerd worden op basis van de Hydra-Zoet locaties 'Dkr 11 Vossemeer locatie 38' en 'Dkr 11 Vossemeer locatie 44'. Dit kan worden gedaan door het verschil te nemen tussen de berekeningsresultaten voor deze beide locaties en dit vervolgens te delen door de noord-zuid afstand tussen beide locaties. Hiermee wordt feitelijk een soort verhang verkregen, welke vervolgens gebruikt kan worden om de resultaten in zuidelijke richting te bepalen (verhang maal afstand in zuidelijke richting). Het is duidelijk dat dit een zeer grove benadering van de werkelijkheid is, maar gegeven de beschikbare tijd is het niet mogelijk om een geheel nieuw belastingmodel met geheel gevulde database op te zetten voor dit gebied. De verwachting is echter dat de gemaakte fout in de waterstand beperkt blijft tot ca. 8 cm, omdat het verschil in verhang relatief klein is.

Samengevat:

Gebruik voor de dijkvakken gelegen in deelgebied 1 (zie Figuur 8.1) Hydra-Zoet in combinatie met de CR2011 database en pas voor zichtjaar 2100 een meerpeilstijging van 0,30 m toe (geen meerpeilstijging voor 2050, zie ook Deltares, 2015).

- Gebruik voor de dijkvakken gelegen in deelgebied 2 (zie Figuur 8.1) de resultaten van de locaties 'Dkr 11 Vossemeer locatie 38' en 'Dkr 11 Vossemeer locatie 44' en extrapoleer deze lineair in de ruimte naar de gewenste dijklocatie.
- Gebruik voor de dijkvakken in deelgebied 3 (zie Figuur 8.1) de recepten beschreven in "*Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden OI2014 aug 2014 voor HWBP 2014 projecten*" (Deltares, 2014b) zoals beschikbaar op de website van het HWBP (<http://www.hoogwaterbeschermingsprogramma.nl/>).
- De te hanteren onzekerheidstoelagen zijn voor alle gebieden conform "*Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden OI2014 aug 2014 voor HWBP 2014 projecten*" (Deltares, 2014b)

Voor Drontermeerdijken geldt dat MHW en HBN gecorrigeerd (verlaagd) dienen te worden met respectievelijk 0,1 en 0,5 meter.

9 Vianen

9.1 Generieke werkwijze

De generieke werkwijze voor het afleiden van de Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden staat beschreven in Deltares (2015). Voor dit project geldt dat de werkwijze zoals beschreven voor POV Centraal Holland gebruikt kan worden, zij het met enkele aangepaste componenten. In de hiernavolgende secties worden de componenten beschreven. Alleen voor de afvoerstatistiek geldt dat dit afwijkt ten opzichte van de beschrijving gepresenteerd voor POV Centraal Holland in Deltares (2015): daar dient gebruik te worden gemaakt van de optie “aftoppen” met een waarde van 16.000 m³/s. Een nadere toelichting op de achtergronden met betrekking tot deze afwijking is te vinden in Bijlage B.

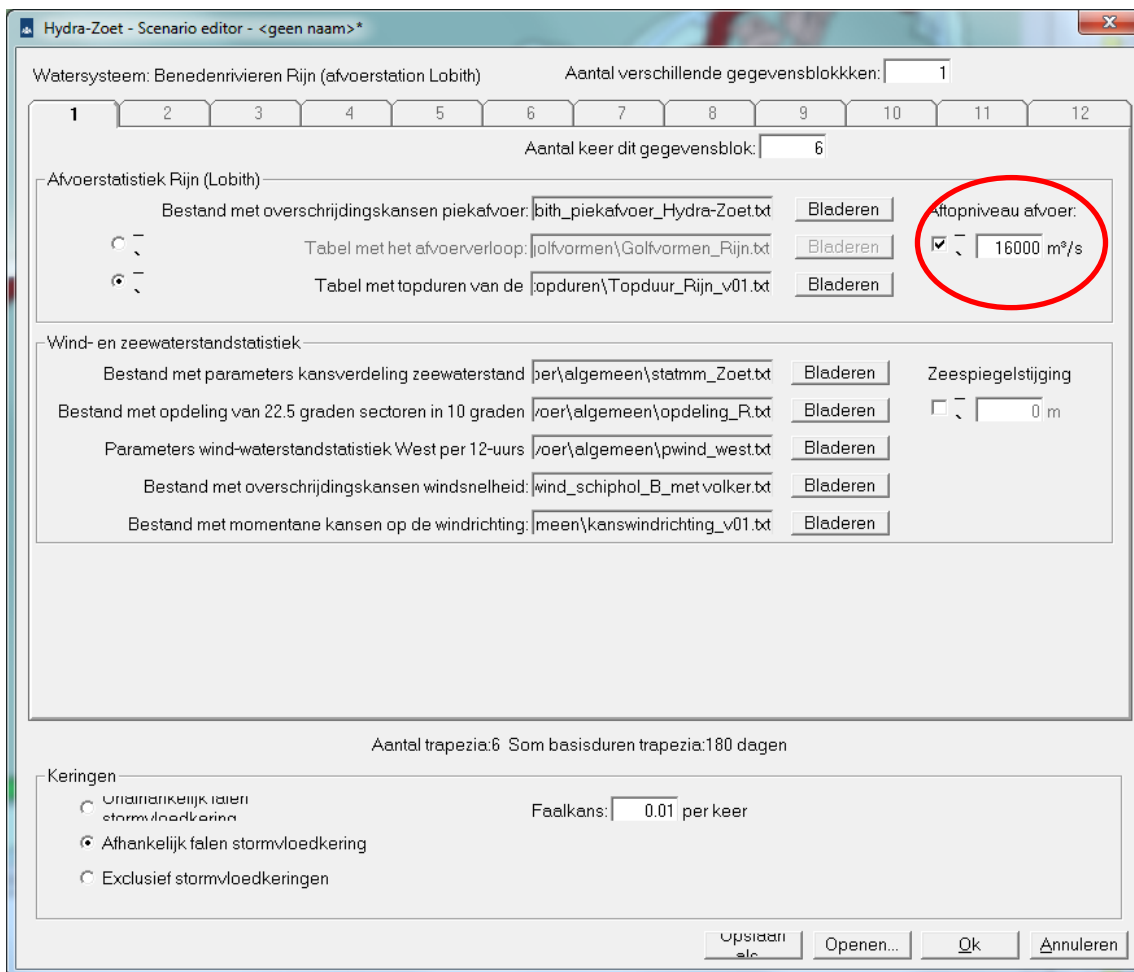
9.2 Statistiek

Afvoerstatistiek

Voor de afvoerstatistiek geldt dat gerekend dient te worden met de afvoerstatistiek volgens GRADE voor de verschillende zichtjaren. Het gaat daarbij om de statistiek bestanden zoals beschreven in Deltares (2015), POV Centraal Holland. De wijze waarop deze bestanden gebruikt dienen te worden is eveneens beschreven in Deltares (2015). Het gaat om de volgende statistiek bestanden:

- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2015.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2050_W+.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2100_W+.txt

Ten aanzien van de statistiek is er slechts sprake van aanpassing in de werkwijze beschreven in Deltares (2015): de afvoer dient te worden afgetopt op een waarde van 16.000 m³/s om het effect van “Lek Ontzien” in rekening te brengen. Dit kan door na het aanpassen van de statistiek in hetzelfde scherm een vinkje te zetten bij “aftoppen” en daar vervolgens de waarde 16.000 in te vullen, zie Figuur 9.1.



Figuur 9.1 Screenshot Scenario editor met hierin aangegeven waar aftoppen aangevinkt dient te worden en waar het aftopniveau ingevuld dient te worden.

Zeewaterstand

Voor de statistiek van de zeewaterstand geldt dat deze ongewijzigd kan worden gebruikt mits zeespiegelstijging meegenomen wordt. Dit is geheel conform de werkwijze voor POV Centraal Holland, zoals beschreven in Deltares (2015).

9.3 Databases

Voor Vianen dient gebruik te worden gemaakt van de volgende database fysica:

- CR2011_BenR_Rijndombinnen_oever_a_16_v02.mdb

Dit is eveneens conform werkwijze voor POV Centraal Holland beschreven in Deltares (2015).

9.4 Toeslagen

Voor Vianen dient, conform POV Centraal Holland zoals beschreven in Deltares (2015) een onzekerheidstoeslag van 0,30 meter toe past te worden.

10 Grebbedijk, Rijnkade Arnhem en Zutphen

10.1 Generieke werkwijze

De generieke werkwijze voor het afleiden van de Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden staat beschreven in Deltares (2015). Voor dit project geldt dat de werkwijze zoals beschreven in Deltares (2015) voor Bovenrivieren gebruikt kan worden, zij het met één aangepaste component. In de hiernavolgende secties worden de componenten beschreven. Ten opzichte van Deltares (2015) geldt de volgende afwijking:

- De afvoerstatistiek dient te worden afgetopt op 18.000 m³/s bij Lobith.

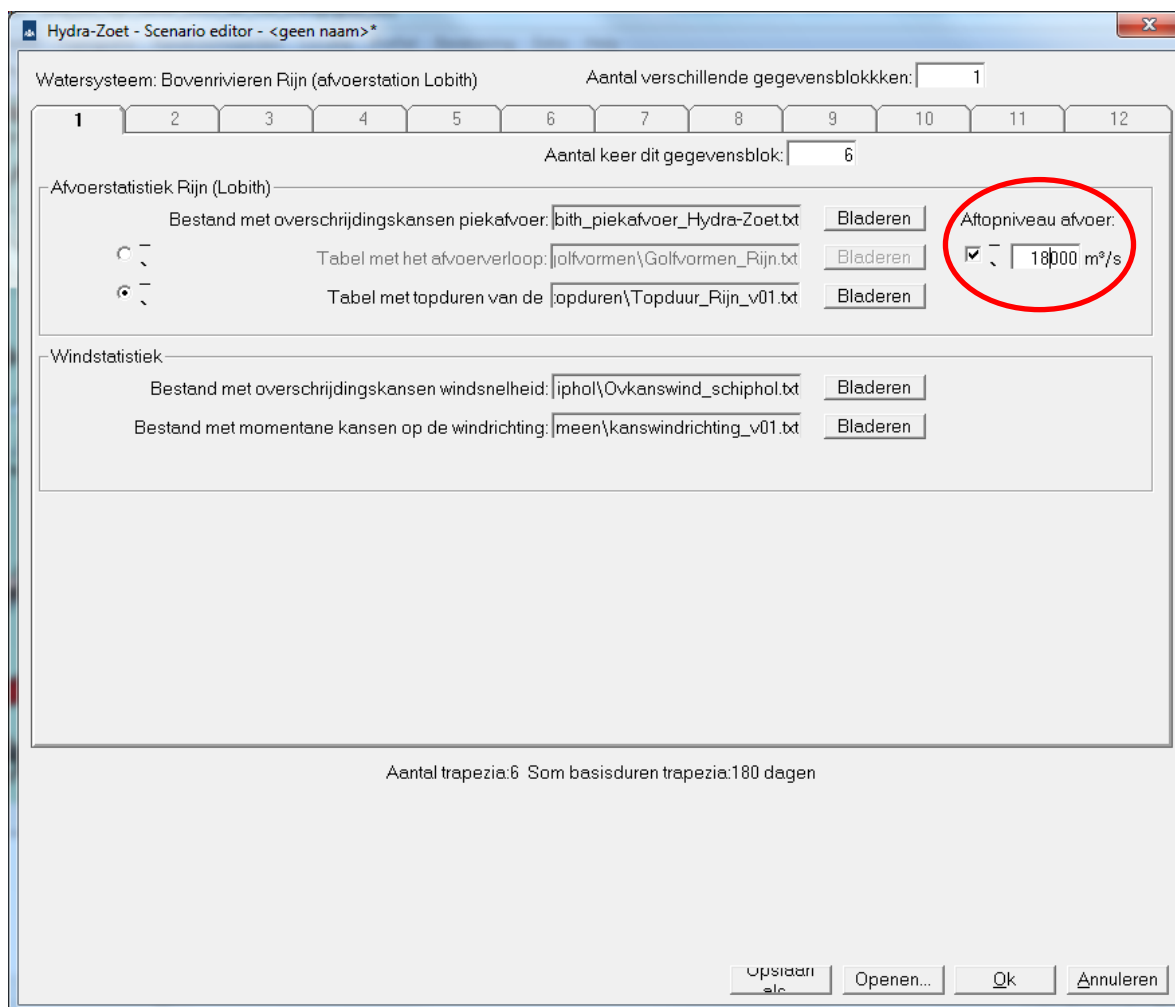
10.2 Statistiek

Afvoerstatistiek

Voor de afvoerstatistiek geldt dat gerekend dient te worden met de afvoerstatistiek volgens GRADE voor de verschillende zichtjaren. Het gaat daarbij om de statistiek bestanden zoals beschreven in Deltares (2015), Bovenrivieren. De wijze waarop deze bestanden gebruikt dienen te worden is eveneens beschreven in Deltares (2015). Het gaat om de volgende statistiek bestanden:

- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2015.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2050_W+.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2100_W+.txt

Als onderdeel van de afvoerstatistiek dient ook rekening te worden gehouden met het aftoppen van de afvoer op 18.000 m³/s. Dit kan door na het aanpassen van de statistiek in hetzelfde scherm een vinkje te zetten bij "aftoppen" en daar vervolgens de waarde 18000 in te vullen, zie Figuur 10.1. Dit wijkt af van de werkwijze beschreven voor Bovenrivieren in Deltares (2015).



Figuur 10.1 Screenshot Scenario editor met hierin aangegeven waar aftoppen aangevinkt dient te worden en waar het aftopniveau ingevuld dient te worden.

10.3 Databases

Voor de Grebbedijk, Rijnkade Arnhem en Zutphen kan in het kader van OI2014 gebruik worden gemaakt van de volgende database fysica:

- DPa_Riv_Rijn_oever_2015_ref_S10_DM1p1p12_v01

Dit is conform werkwijze voor Bovenrivieren beschreven in Deltares (2015), *ie* het OI2014_versie 3. Toelichting op en toepassen van de databases staat dan ook beschreven in Deltares (2015). Opgemerkt wordt dat aanbevolen wordt om conform Deltares (2015) enkel de database fysica van 2015 te gebruiken (in combinatie met statistiek voor verschillende zichtjaren).

Deltares (2015) vermeldt dat de databases voor zichtjaren 2050 en 2100 gebruikt kunnen worden als gevoeligheidsanalyse om de invloed van de Voorkeursstrategie DP-Rivieren in beeld te brengen. Onderdeel van deze strategie / databases is ook een wijziging van de afvoerverdeling over de splitsingspunten. Deze is echter gebaseerd op de oude normering en past daarom niet in het OI2014. Vooralsnog wordt conform het OI2014_vs3 aanbevolen de afvoerverdeling zoals gehanteerd in het Deltamodel voor zichtjaar 2015 te hanteren. Daarmee dient de database 2015 ook voor zichtjaren 2050 en 2100 gehanteerd te worden en vervallen de in Deltares beschreven databases voor zichtjaren 2050 en 2100.

10.4 Toeslagen

Voor alle drie de projecten dient, conform Boverivieren zoals beschreven in Deltares (2015) een onzekerheidstoeslag van 0,30 meter toepast te worden.

11 Doetinchem

11.1 Generieke werkwijze

De generieke werkwijze voor het afleiden van de Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden staat beschreven in Deltares (2015). Voor dit project geldt dat de werkwijze zoals beschreven voor Bovenrivieren gebruikt kan worden, zij het met enkele aangepaste componenten. In de hiernavolgende secties worden de componenten beschreven. De hier gepresenteerde werkwijze wijkt af van de in Deltares (2015) gepresenteerde werkwijze in de zin dat er voor een locatie op de Gelderse IJssel Hydra-berekeningen uitgevoerd dienen te worden (zie Bijlage C), welke vervolgens vertaald worden naar Doetinchem (kmr 0 uit HR2006):

MHW:

- Bepaal MHW_{902} voor locatie Dkr 49 IJssel km 901-902 Loc 8_20611_447008'
- Vertaal naar Doetinchem volgens: $MHW_{Doetinchem} = 11.66 + 0.587 * (MHW_{902} - 11.58)$

HBN:

- Gebruik $MHW_{Doetinchem}$ als waterstand voor kruinhoogte berekeningen
- Bepaal strijklengtes en representatieve bodemligging voor alle windrichtingen conform Leidraad Rivieren
- Bepaal golfcondities en overslaghoogte per windrichting met windsnelheid 20 m/s en combineer tot kruinhoogte, gegeven het gekozen kritieke overslagdebiet
- Selecteer maximaal berekende kruinhoogte

11.2 Statistiek

Afvoerstatistiek

Voor de afvoerstatistiek geldt dat gerekend dient te worden met de afvoerstatistiek volgens GRADE voor de verschillende zichtjaren. Het gaat daarbij om de statistiek bestanden zoals beschreven in Deltares (2015), Bovenrivieren. De wijze waarop deze bestanden gebruikt dienen te worden is eveneens beschreven in Deltares (2015). Het gaat om de volgende statistiek bestanden:

- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2015.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2050_W+.txt
- Ovkans_Lobith_Piekafvoer_GRADE_2100_W+.txt

11.3 Databases

Voor Doetinchem dient gebruik te worden gemaakt van de volgende database fysica:

- DPa_Riv_Rijn_oever_2015_ref_S10_DM1p1p12_v01.mdb

Dit is eveneens conform werkwijze voor Bovenrivieren beschreven in Deltares (2015). Toelichting op en toepassen van de databases staat dan ook beschreven in Deltares (2015). Opgemerkt wordt dat aanbevolen wordt om conform Deltares (2015) enkel de database fysica van 2015 te gebruiken (in combinatie met statistiek voor verschillende zichtjaren).

Deltares (2015) vermeldt dat de databases voor zichtjaren 2050 en 2100 gebruikt kunnen worden als gevoeligheidsanalyse om de invloed van de Voorkeursstrategie DP-Rivieren in beeld te brengen. Onderdeel van deze strategie / databases is ook een wijziging van de afvoerverdeling over de splitsingspunten. Deze is echter gebaseerd op de oude normering en past daarom niet in het OI2014. Vooralsnog wordt conform het OI2014_vs3 aanbevolen de afvoerverdeling zoals gehanteerd in het Deltamodel voor zichtjaar 2015 te hanteren. Daarmee dient de database 2015 ook voor zichtjaren 2050 en 2100 gehanteerd te worden en vervallen de in Deltares beschreven databases voor zichtjaren 2050 en 2100.

11.4 Toeslagen

Voor Doetinchem dient, conform Bovenrivieren zoals beschreven in Deltares (2015) een onzekerheidstoeslag van 0,30 meer toegepast te worden op de te hanteren waterstanden.

12 Apeldoorns Kanaal

Voor het HWBP project Apeldoorns kanaal geldt dat in de eerste versie van OI2014 een recept is afgegeven op basis van het probabilistische model van de bovenrivieren. Inmiddels zijn inzichten zodanig verandert dat aanbevolen wordt om over te stappen op het probabilistische model van de IJsseldelta. Dit betekent dat voor de Apeldoorns Kanaal het recept zoals gegeven voor Mastenbroek in Deltares (2015a) gevolgd kan worden.

Uitwerking van dit recept heeft geleid tot een nadere werkinstructie voor Apeldoorns Kanaal omdat de resultaten van Hydra-Zoet niet volledig bruikbaar bleken. Het lijkt erop dat er iets mis gaat bij de bepaling van de uitsplitsingen voort illustratiepunten (we zien vooralsnog geen aanleiding om aan te nemen dat de kansberekening zelf incorrect is).

De uitvoer van Hydra-Zoet geeft voor de dominante situatie (gesloten Ramspolkering) een uitsplitsing per windrichting welke niet aansluit bij het hoofdillustratiepunt voor gesloten Ramspolkering. Het lijkt erop dat Hydra-Zoet onterecht "--" plaatst in de uitsplitsing naar windrichtingen en vervolgens naar de hoogste kansbijdrage kijkt van die windrichtingen waar geen "--" staat om tot het hoofdillustratiepunt te komen. Dit levert dan uiteraard een vreemd illustratiepunt op, welke niet bruikbaar is in het recept van OI2014.

In het geval van het Apeldoorns Kanaal is hier een work-around voor. Voor het Apeldoorns kanaal geldt dat de waterstanden en golfcondities niet significant verschillen tussen geopende en gesloten Ramspolkering. Dit betekent dat de benodigde informatie uit de uitsplitsingstabel voor geopende Ramspolkering gehaald kan worden. De te doorlopen stappen zijn dan als volgt:

- Voer een HBN berekening uit zoals Voorgeschreven in OI2014
- Verifieer of het hoofdillustratiepunt behorende bij gesloten Ramspol overeen komt met de windrichting met grootste kansbijdrage bij gesloten kering zoals getoond in de uitsplitsing
- Indien overeenkomstig, dan conform OI2014 verder
- Indien niet overeenkomstig (het geval bij Apeldoorns Kanaal), dan de windrichting met de grootste kansbijdrage vaststellen op basis van uitsplitsingstabel gesloten kering
- Vervolgens de condities voor deze windrichting maar nu bij geopende Ramspolkering uitlezen uit uitsplitsingstabel voor geopende kering
- Dit illustratiepunt verder gebruiken voor toeslagen etc.

Merk op dat deze aangepaste aanpak alleen van toepassing is voor Apeldoorns Kanaal omdat het al dan niet geopend zijn van de Ramspolkering geen invloed heeft op waterstands- en golfcondities bij Apeldoorns Kanaal. Dit kan geverifieerd worden door de uitsplitsingstabellen voor gesloten en geopende kering met elkaar te vergelijken (voor zover geen sprake van "--"). Deze zijn als het goed is gelijk voor het Apeldoorns Kanaal.

13 Literatuur

CUR (1999). Rapport 201 Natuurvriendelijke oevers: belasting en sterkte

Deltares, 2015a. Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden – OI2014 versie 3, voor HWBP 2015 projecten. Rapport 1210420-000-HYE-0007 (OI2014v3)

Deltares, 2015b. Afvoerstatistiek Ontwerp Instrumentarium (OI) 2015. Memo 1220042-004-ZWS-0001

Deltares, 2014. Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden – ten behoeve van HWBP 2014 projecten. Rapport 1208992-000-HYE-0008 (OI2014v2)

HKV. 2014. memo PR2968.10, Gevoeligheidsanalyse illustratiepunt Hollandsche IJssel.

HKV, 2013. Hydra-BS Gebruikershandleiding versie 1.1. PR2661

HKV, 2012a. Hydra-Zoet Gebruikershandleiding – versie 1.6. PR1564

HKV, 2012b. Hydra-Zoet Handleiding geavanceerde gebruikers – versie 1.6. PR1564

HKV, 2012c. Hydra-K versie 3.6.5 Gebruikershandleiding Productieversie WTI-2011. PR1564

HKV, 2012d. Mogelijke Deltascenario's voor Hydra-Zoet: per scenario bepalen van statistische invoerfiles en berekenen van waterstanden. PR2447.10

HKV, 2010. Effect onzekerheden op de hydraulische randvoorwaarden.

HWBP (Hoogwaterbeschermingsprogramma), 2013. Projectenboek 2014.

Rijkswaterstaat, 2008, Oplegnotitie RWS Waterdienst bij het rapport : Analyse Veiligheid en Zoetwatervoorziening IJsselmeergebied, Deltares, maart 2008.

Rijkswaterstaat WVL, Deltares & projectbureau VNK2, 2013a. Handreiking ontwerpen met overstromingskansen.

Rijkswaterstaat WVL, Deltares & projectbureau VNK2, 2013b. Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014.

Rijkswaterstaat, 2014. Tussentijdse wijziging van het Nationaal Waterplan.

Rijkswaterstaat WVL, 2015. OI2014v3 – Handreiking ontwerpen met overstromingskansen – Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen. Concept.

Tauw, Witteveen + Bos en Royal Haskoning, 2012. Deelproduct 9: Hydraulica en Veiligheid, Planstudie IJsseldelta-Zuid.

TAW, 1985. Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1. Bovenrivierengebied. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1985.

A Afvoerstatistiek Maas volgend uit GRADE

HERHALINGSTIJD	REFERENTIE (WTI)	2050W+	2100W+
2	1439	1492	1667
5	1971	2054	2298
10	2302	2419	2709
20	2603	2741	3081
30	2776	2951	3298
50	2965	3171	3550
100	3224	3470	3893
250	3520	3800	4284
300	3573	3857	4360
500	3701	4039	4537
1000	3862	4209	4720
1250	3914	4247	4788
2000	4024	4380	4928
3000	4118	4441	4994
4000	4185	4480	5039
5000	4237	4531	5082
10000	4398	4652	5188
20000	4560	4773	5295
30000	4654	4844	5357
50000	4773	4933	5435
100000	4935	5055	5542

B Overwegingen maximale afvoer en Lek Ontzien voor Vianen

Voor Vianen geldt dat het gelegen is aan de Lek op een locatie welke in beperkte mate nog beïnvloed wordt door de zeewaterstand. Vanwege deze invloed wordt voor dit project aanbevolen te rekenen met een probabilistisch model dat de invloed van de zee (en de tussenliggende stormvloedkering) bevat. Hieruit volgt dat voor dit project het probabilistisch model "Benedenrivieren" gebruikt dient te worden in combinatie met de op dit moment meest recente database fysica CR2011 en afvoerstatistiek volgens GRADE.

Deze combinatie van probabilistisch model, database en statistiek voldoet echter niet geheel aan de randvoorwaarden gesteld door DGRW voor ontwerpen volgens OI2014. Deze combinatie wijkt af van de randvoorwaarden op de volgende punten:

- Afvoerstatistiek bij Lobith dient gemaximeerd te worden op 18.000 m³/s
- De Lek dient bij afvoeren boven de 16.000 m³/s bij Lobith volledig te worden ontzien (met andere woorden: maximale afvoer door de Lek is 3380 m³/s)

Maximeren afvoerstatistiek Lobith op 18.000 m³/s

Om aan de maximering van de afvoerstatistiek te voldoen kan eenvoudig in het probabilistische model Hydra-Zoet gekozen worden voor het aftoppen van de afvoer (onderdeel van de optie Deltamodel). Hiermee wordt de afvoerstatistiek boven het aftopniveau (hier dus 18.000 m³/s) gelijk gesteld aan het aftopniveau. Met het gebruik van deze optie wordt aan de eerste randvoorwaarde voldaan.

Het effect van het toepassen van het aftoppen van de afvoer bij Lobith op 18.000 m³/s op de gevonden MHW (1/10.000 jaar conditie) en HBN (eens per 1/42.000 jaar conditie) voor locatie Vianen (met normfrequentie 1/30.000 jaar) is weergegeven in onderstaande tabel. Hieruit volgt dat het aftoppen van de afvoer op 18.000 m³/s een beperkt effect heeft op MHW en HBN voor zichtjaar 2050, maar dat voor zichtjaar 2100 de effecten (met name HBN) in de orde van 1 dm liggen.

	2050		2100	
	MHW	HBN	MHW	HBN
	1/10.000	1/41.666	1/10.000	1/41.666
GRADE (niet aftoppen)	6,878	7,363	7,221	7,713
GRADE (aftoppen 18.000 m ³ /s)	6,877	7,315	7,121	7,585
Effect aftoppen	-0,001	-0,048	-0,100	-0,128

Tabel B.1 Effect aftoppen afvoer Lobith bij 18.000 m³/s op MHW en HBN voor Vianen (in meters)

Lek Ontzien vanaf 16.000 m³/s bij Lobith

Het ontzien van de Lek vanaf 16.000 m³/s betekent dat er bij afvoeren van 16.000 m³/s of meer niet meer dan 3380 m³/s door de Lek mag stromen. Het beperken van de afvoer door de Lek kan gerealiseerd worden door de afvoerverdeling op de splitsingspunten Pannerden en IJsselkop te beïnvloeden. De database opgesteld in het kader van CR21011 gaat echter uit van handhaving van de beleidsmatige afvoerverdeling op de splitsingspunten bij afvoeren boven de 16.000 m³/s. De beleidsmatige afvoerverdeling verdeelt de afvoer volgens een vast percentage in plaats van het maximeren van de absolute afvoer door de Lek.

Er bestaat op dit moment geen database voor het benedenrivierengebied waarin de Lek wordt ontzien. Dat betekent dat de CR2011 database toegepast dient te worden in combinatie met een correctie voor de Lek Ontzien. Het is mogelijk om vast te stellen wat het teveel/ te weinig aantal m³/s is dat in het CR2011 model door de Lek stroomt bij de verschillende afvoeren. Op basis van dit verschil kan middels een vuistregel een correctie op de waterstand worden vastgesteld. De op deze wijze afgeleide correctie/toeslag is echter specifiek voor deze locatie/herhalingstijd en omvat geen secundaire effecten van de Lek ontzien (zoals toename van de invloed van de zee bij afname invloed van de afvoer).

Een alternatief voor het afleiden en toepassen van een toeslag is het verder aftoppen van de afvoer bij Lobith. Bij een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt in het CR2011 model circa 3380 m³/s over de Lek gestuurd. De Lek Ontzien kan dan bereikt worden door het hanteren van de condities van 16.000 m³/s voor alle hogere afvoeren (lees: herhalingstijden groter dan de herhalingstijd behorende bij 16.000 m³/s). Een praktische wijze waarop dit gerealiseerd kan worden is door het verder aftoppen van de afvoer bij Lobith op 16.000 m³/s (in plaats van aftoppen op de 18.000 m³/s zoals hierboven beschreven). Door op deze wijze de MHW en HBN te bepalen wordt een generieke aanpak gerealiseerd, welke ook de secundaire effecten van het ontzien van de Lek meeneemt.

Het effect van het verder aftoppen van de afvoer (16.000 m³/s in plaats van 18.000 m³/s) en daarmee het effect van Lek Ontzien is weergegeven in Tabel A.2. De geobserveerde effecten van aftoppen en Lek Ontzien komen overeen met de verwachte effecten op basis van vuistregels.

	2050		2100	
	MHW	HBN	MHW	HBN
	1/10.000	1/41.666	1/10.000	1/41.666
GRADE (niet aftoppen) in [m+NAP]	6,878	7,363	7,221	7,713
GRADE (aftoppen 18.000 m ³ /s) in [m+NAP]	6,877	7,315	7,121	7,585
GRADE (aftoppen 16.000 m ³ /s) in [m+NAP]	6,693	7,196	6,846	7,456
Effect aftoppen in [m]	-0,001	-0,048	-0,100	-0,128
Effect Lek Ontzien in [m]	-0,184	-0,119	-0,275	-0,129
Totale effect (aftoppen+Lek Ontzien)	-0,185	-0,167	-0,375	-0,257

Tabel A.2 Effect aftoppen afvoer Lobith bij 18.000 m³/s op MHW en HBN voor Vianen (in meters)

Op basis van het bovenstaande wordt geadviseerd om voor het afleiden van Hydraulische Ontwerp Randvoorwaarden gebruik te maken van een aftopniveau van 16.000 m³/s voor de afvoer bij Lobith om zodoende zowel het aftoppen van de afvoer bij Lobith als ook Lek Ontzien mee te nemen in het ontwerp.

C Overwegingen maatgevende condities Doetinchem

Voor Doetinchem geldt dat deze gelegen is aan de Oude IJssel. Waterstanden op de Oude IJssel worden beïnvloed door zowel de afvoer van de IJssel (en dus Rijn bij Lobith) en de afvoer van de Oude IJssel (bij stuw de Pol). Dit betekent dat de bepaling van hydraulische ontwerprandvoorwaarden gebaseerd dient te zijn op beide afvoeren. Echter, op dit moment bestaat er geen probabilistisch model (Hydra) waarbinnen gerekend kan worden met deze twee stochasten. Voor de bepaling van de hydraulische ontwerprandvoorwaarden dient dan ook een pragmatische aanpak gekozen te worden.

In HKV (2005) wordt de afleiding van de HR2006 voor de Oude IJssel beschreven. Hierbij is rekening gehouden met beide afvoeren en de geobserveerde correlatie tussen beide. Het rapport vermeldt eveneens de wijze waarop rekening kan worden gehouden met het effect van rivierverruimende maatregelen op de IJssel. De daarbij gebruikte informatie (met inbegrip van de definitie van de basisstochasten) is hier gebruikt voor het opstellen van een pragmatisch recept.

Bij de afleiding van de HR2006 en een analyse van het effect van Ruimte voor de Rivier maatregelen zijn de toetspeilen met een herhalingstijd van 1250 jaar vastgesteld. Vervolgens is een combinatie van afvoer bij Lobith (Rijn/IJssel) en afvoer bij de Pol (Oude IJssel) vastgesteld welke combinatie van afvoeren de resulterende toetspeilen het beste benaderd. Deze combinatie bleek een afvoer bij Lobith van 15705 m³/s en een afvoer van 178 m³/s bij de Pol. Beide afvoeren hebben elk afzonderlijk een terugkeertijd in de orde van 1/1250 per jaar.

Hoewel in HKV (2005) gesteld wordt dat de 1/1250 jaar toetspeilen in Doetinchem gedomineerd worden door de afvoer van de Oude IJssel, wordt voor het bepalen van de effecten van Ruimte voor de Rivier (in de Rijntakken) gekeken naar de hierboven gespecificeerde combinatie van afvoeren. Het effect van een gewijzigde waterstand op de toetspeilen wordt (deels) bepaald van een stuwkromme. Voor de afleiding van de maatgevende condities ten behoeve van OI2014 wordt voorgesteld een vergelijkbare aanpak te volgen:

- Bepaal MHW (voor gewenste herhalingstijd en gewenst zichtjaar) aan de monding van de Oude IJssel (rivierkilometer 902)
- Bepaal verschil met het toetspeil uit HKV (2005) voor deze locatie: NAP +11.58 meter
- Bepaal middels de stuwkromme de verandering van het toetspeil in Doetinchem ten opzichte van HKV (2005):
 $\Delta h = \Delta h_0 \cdot \exp(-x/\lambda)$, waarin $\exp(-x/\lambda)^6 = \exp(-12/22.5) = 0.587$, wat leidt tot:
 $\Delta h = \Delta h_0 \cdot 0.587$
- Pas de gevonden correctie toe op het in HKV (2005) gepresenteerde toetspeil voor Doetinchem (NAP +11.66 meter)

⁶ Conform HKV (2005) wordt hier een halveringslengte van 22.5 kilometer gehanteerd

Deze aanpak gaat uit van een afvoer van de Oude IJssel van 178 m³/s, ongeacht de herhalingstijd. Deze aanname is niet correct, maar betreft een bovengrensbending. Een afvoer van 178 m³/s heeft een herhalingstijd van orde 2000 jaar, wat bij toepassing voor een norm van 1/100 jaar tot een overschatting van de waterstand leidt. Echter, het totale verhang over de Oude IJssel bij deze afvoer bedraagt slechts 0,40 meter. Bij lagere afvoerdebieten zal het verhang waarschijnlijk kleiner zijn, maar deze afname is klein ten opzichte van de overige onzekerheden.

Voor het HBN geldt dat deze dient te worden afgeleid voor een herhalingstijd van 1/420 jaar (uitgaande van een maximaal toelaatbare kans van 1/100 jaar). Een testberekening voor een locatie aan de monding van de Oude IJssel heeft laten zien dat de afvoer behorende bij het illustratiepunt voor HBN bij benadering overeen komt met het de afvoer behorende bij een herhalingstijd van 1/100 jaar. De bijbehorende windsnelheid bedraagt 20 m/s.

Het HBN kan dan ook worden bepaald op basis van het berekende MHW (zie bovenstaande aanpak) in combinatie met golfcondities afgeleid met een windsnelheid van 20 m/s.