



# memo

Factsheet duiding rekenresultaten hydraulische belastingen WBI2017

## 1 Inleiding

Dit memo beschrijft de wijze waarop de met het WBI instrumentarium afgeleide Hydraulische Belastingen geduid kunnen worden.

Merk op dat de duiding sterk afhankelijk is van de door Ringtoets gepresenteerde informatie. De release van 1 februari 2017 geeft nog maar zeer beperkte informatie aangaande de afgeleide hydraulische randvoorwaarden. Op het moment dat meer gedetailleerde informatie benodigd is, kan gebruik worden gemaakt van Hydra-NL om de resultaten nader te duiden (bijvoorbeeld in beeld brengen van illustratiepunten). In een latere fase zal dergelijke informatie ook beschikbaar komen binnen Ringtoets.

## 2 HB 2017 ten opzichte van verleden

De afleiding van de Hydraulische Belastingen in het kader van WBI2017 verschilt op twee wijzen van WTI2011 en eerder: (i) te hanteren software en (ii) inhoudelijke wijzigingen belastingmodel.

De te hanteren software bij toepassing WBI2017 is Ringtoets. In Ringtoets komen zowel hydraulische belastingen als sterkte/faalmechanismen samen. Dit betekent dat er geen losstaand instrument is om de Hydraulische Belastingen mee af te leiden. Onder de motorkap van Ringtoets bevindt zich Hydra-Ring, het rekenhart voor de Hydraulische Belastingen. Dit is de opvolger van de formele Hydra-modellen uit HR2006, de informele Hydra modellen uit WTI2011 en het thans beschikbare Hydra-NL

De inhoudelijke wijzigingen van het belastingmodel kunnen onderverdeeld worden in drie categorieën:

- (ii-a) wijzigingen databases fysica,
- (ii-b) wijzigingen statistiek en
- (ii-c) wijzigingen belastingmodel.

De combinatie van deze drie categorieën zorgt voor een netto wijziging van de hydraulische belastingen ten opzichte van het verleden (lees WTI2011 en eerder), bij gelijkblijvende norm. Daarbovenop komt dan ook nog de wijziging van de norm

(of eigenlijk: de herhalingstijd waarvoor de hydraulische belasting bepaald dient te worden afhankelijk van het betreffende faalmechanisme).

Ad ii-a

Inhoudelijke wijzigingen in de databases fysica zijn voornamelijk aan de orde in het rivierengebied: daar is door de uitvoering van Ruimte voor de Rivier en Maaswerken sprake van een gewijzigde relatie tussen afvoer bij Lobith/Borgharen en de lokale waterstand. De invloed van deze maatregelen reikt tot in de overgangsgebieden en bedraagt lokaal meerdere decimeters. Opgemerkt wordt dat dit vaak lokale wijzigingen zijn nabij Ruimte voor de Rivier en Maaswerken maatregelen. Een tweede component betreft het in SWAN meenemen van obstakels in de golfmodellering<sup>1</sup>: hierdoor wordt lokaal de golfhoogte verlaagd als gevolg van zomerkaden en andere hoge objecten in BER/IJVD.

Ad ii-b

Inhoudelijke wijzigingen in de statistiek hebben voornamelijk betrekking op de statistiek van de afvoer. Voor de afvoer bij Lobith wordt met ingang van WBI2017 gerekend met afvoerstatistiek volgend uit GRADE. Deze afvoerstatistiek is afgeleid met inbegrip van overstromingen bovenstrooms van Lobith. Dit leidt vergeleken met het verleden effectief tot een lagere afvoer bij dezelfde herhalingstijd. Het effect hiervan bedraagt in de orde van 2 à 3 decimeter (verlaging) over alle riviertakken van de Rijn. Voor de Maas is ook overgestapt op GRADE, maar vanwege de vorm van het Maasdal is er geen significant effect van het meenemen van overstromingen bovenstrooms.

Daarnaast dient ook het meenemen van een gewijzigde formulering voor overdracht van windenergie naar waterstandsopzet en golfcondities genoemd te worden. Hoewel feitelijk een effect dat thuis hoort bij ii-a, heeft implementatie plaats gevonden via een wijziging van de windstatistiek. Voor windsnelheden groter dan 30 m/s is de herhalingstijd verhoogd om hier recht aan te doen. Dit betekent effectief een verlaging van de windopzet en golfcondities bij gelijkblijvende herhalingstijd (vanaf de herhalingstijd waarbij sprak is van een windsnelheid van 30 m/s of meer). Dit is alleen relevant voor de Oosterschelde en IJssel/Markermeer.

Ad ii-c

Inhoudelijke wijzigingen van de belastingmodellen zijn wellicht de grootste van allemaal: het meenemen van kennisonzekerheden in de belastingen. Het gaat hierbij om de statistische onzekerheid en de modelonzekerheid. Als gevolg van het meenemen van onzekerheden nemen de belastingen (waterstanden, golfcondities en benodigde kruinhoogte) toe. De mate van toename hangt af van de dominantie van de verschillende basisstochasten. Dit betekent dat het effect van het

---

<sup>1</sup> In HR2006 had de beheerder de vrijheid om de strijklengtes in de Hydra-modellen aan te passen voor die gebieden waar de Bretschneider golfgroei curve (een-dimensionale benadering) werd gebruikt om golfcondities te bepalen. Dat betrof het gehele rivierengebied. Voor WBI-2017 wordt het meer geavanceerde (twee-dimensionale) golfmodel SWAN ingezet voor de brede wateren in het rivierengebied. Daarin zijn obstakels en hoog-watervrije gebieden expliciet weergegeven. Dat geldt niet voor de Bretschneider berekeningen, waar de strijklengtes en waterdiepte worden bepaald door de afstand tot de bandijk. Eventuele aanpassingen kunnen alleen in een Toets op Maat worden doorgevoerd. Deze informatie is ook terug te vinden op de factsheet "Golfcondities in WBI-2017".

-  
meenemen van onzekerheden gebiedsafhankelijk is (deelgebieden binnen watersystemen).

Voor alle watersystemen zijn consequentieanalyses uitgevoerd. Deze rapportages zijn beschikbaar en beschrijven welke aanpassingen waar hebben plaatsgevonden, welke consequenties dat heeft t.o.v. het verleden en hoe deze verschillen te duiden zijn.

### 3 Recept voor duiding resultaten

Het duiden van de berekende hydraulische randvoorwaarden kan in verschillende stappen:

- (i) Betrouwbaarheid: Controleren op foutmeldingen door Ringtoets
- (ii) Betrouwbaarheid: Vergelijken van berekende waterstand met omliggende locatie(s)
- (iii) Betrouwbaarheid: Maken van een overschrijdingsfrequentielijn
- (iv) Duiding met verleden: Analyseren van illustratiepunt (Hydra-Ring of Hydra-NL)
- (v) Duiding met verleden: Vergelijken met test-locatie/consequentieanalyse<sup>2</sup> (Deltares, 2016a-g)

Er wordt onderscheid gemaakt tussen controle van betrouwbaarheid en duiding van resultaten ten opzichte van het verleden. Het eerste met name om ervoor te zorgen dat de juiste hydraulische randvoorwaarden worden gebruikt in de toetsing, het tweede met name om een toe- of afname van de belastingen ten opzichte van het verleden te kunnen verklaren.

#### *(i) Controleren op foutmeldingen door Ringtoets*

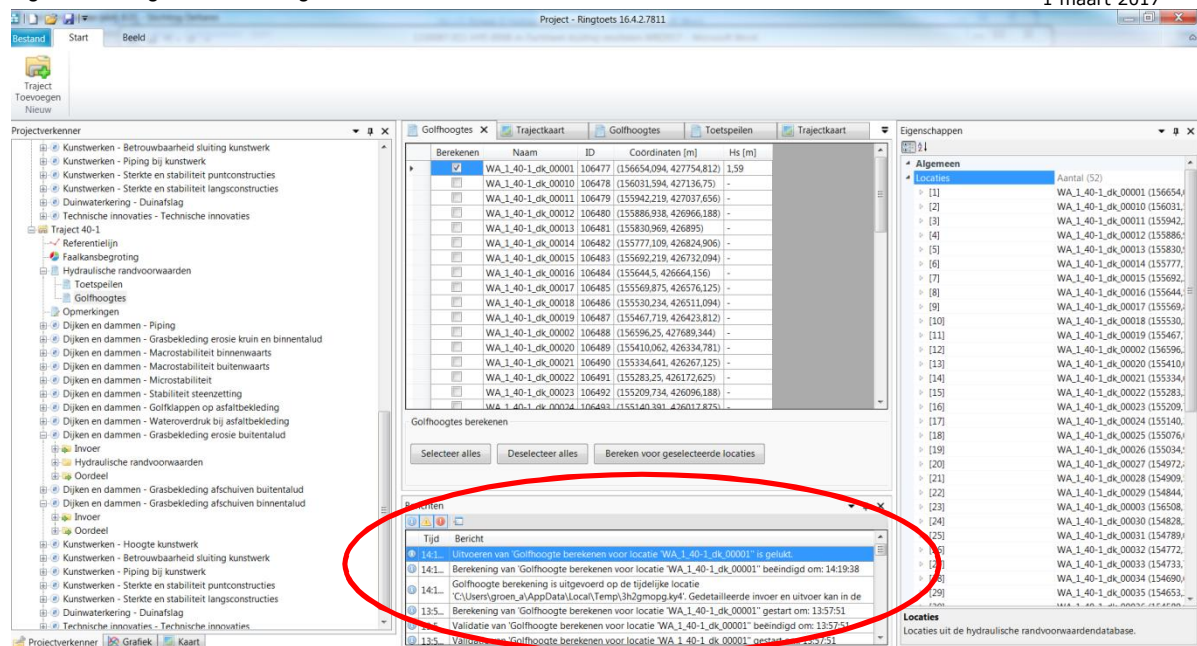
De allereerste stap bij het duiden van de berekende hydraulische randvoorwaarden is de verificatie of zich problemen hebben voorgedaan bij de uitvoering van de berekening. Er kunnen drie typen van foutmeldingen worden gegenereerd door Ringtoets (allen te zien in de logging van Ringtoets, zie Figuur 3.1 of "Bestand->Help->Log tonen"):

- 1) ICT-meldingen, bijvoorbeeld als een locatie niet aan een locatie in de HRD database is gekoppeld
- 2) Controle-meldingen: verificatie of de afgeleide hydraulische belastingen een kans van voorkomen hebben gelijk aan de gezochte kans van voorkomen. Bijvoorbeeld als er een eens per 100 jaar waterstand wordt gezocht en er een eens per 800 jaar waterstand is berekend.
- 3) Hydra-Ring meldingen: als het rekenhart Hydra-Ring een fatale fout heeft wordt deze ook meegegeven in de logging van Ringtoets.

---

<sup>2</sup> In de testmodus van Hydra-NL is het mogelijk hydraulische belastingen te bepalen op basis van oude databases en oude statistiek

Figuur 3.1 Logscherf in Ring-Toets



In de basis mag het niet voorkomen dat er een foutmelding wordt gegenereerd, dus geen rode iconen in de log als gevolg van het bepalen van de hydraulische belasting.

(ii) *Vergelijken van berekende waterstand met omliggende locatie(s)*

Een eerste basale controle is een check op ruimtelijke consistentie: is de berekende hydraulische belasting op een naastgelegen locatie vergelijkbaar. Een dergelijke vergelijking is eenvoudig te maken voor waterstanden: verwacht mag worden dat (los van droogvallende locaties) het ruimtelijke verloop van waterstanden geleidelijk verloopt. Tussen locaties met een onderlinge afstand van minder 200 meter zou het verschil kleiner gelijk dan 0.1 meter moeten zijn.

Voor een vergelijking van kruinhoogte (GEBK) en/of golfbelastingen is het belangrijk om na te gaan of de golfcondities tussen beide locaties erg verschillen. Dit kan geverifieerd worden door te kijken naar de informatie behorende bij de factsheet "golfcondities in WBI2017". Hier moet men er op bedacht zijn dat verschillen in geometrie kunnen leiden tot forse verschillen in kruinhoogte en golfbelasting.

(iii) *Maken van een overschrijdingsfrequentielijn*

Een tweede stap in de duiding van de resultaten is het construeren van een overschrijdingsfrequentielijn voor waterstand, golfhoogte of Hydraulische Belastingniveau (HBN). Hiervoor is het noodzakelijk om de berekening van de hydraulische randvoorwaarden te herhalen voor verschillende herhalingstijden.

Als startpunt kan gekozen worden voor een herhalingstijd een factor 10 groter en een factor 10 kleiner dan de gezochte herhalingstijd. De resulterende hydraulische

-  
belastingen moeten om te beginnen oplopen met toenemende herhalingstijd.

Met slechts drie berekeningen kan nog niet veel gezegd worden over de betrouwbaarheid van de resultaten. Men kan echter wel de gegevens gebruiken om twee decimeringshoogtes<sup>3</sup> te bepalen. Deze decimeringshoogtes kan men vervolgens vergelijken met de decimeringshoogtes zoals gepresenteerd op de testlocaties, zie Deltares (2017).

*(iv) Analyseren van illustratiepunt (Hydra-NL)*

Op dit moment toont Ringtoets enkel de gevraagde hydraulische belasting. De opbouw van deze hydraulische belasting (de kansbijdrage van verschillende stochasten aan de afgeleide belasting) wordt door Ringtoets nog niet gepresenteerd. Het kan echter wenselijk zijn om dergelijk informatie in te zien om de resulterende hydraulische belasting te kunnen duiden. Hiervoor zijn een aantal opties beschikbaar:

1) Analyse van de Hydra-Ring uitvoerfile

Hydra-Ring genereert een log-bestand waarin zowel het eindresultaat (de hydraulische belasting) als ook de tussenresultaten worden gepresenteerd. Deze log-file lijkt sterk op de log-file van PC-Ring, en kan door geavanceerde gebruikers direct geïnterpreteerd worden. Op deze wijze is het mogelijk om de opbouw van de hydraulische belastingen (waaronder kansbijdrage windrichtingen en sluiten stormvloedkeringen) in beeld te brengen. De locatie van de Hydra-Ring logbestanden is terug te vinden in de Ringtoets-logbestanden.

2) Reproductie met Hydra-NL

De tweede optie is het reproduceren van het resultaat met Hydra-NL. Hydra-NL is parallel aan de ontwikkeling van Hydra-Ring aangepast zodat het mogelijk is om een vergelijkbare som te kunnen maken. Historisch heeft Hydra-NL reeds de mogelijkheid om illustratiepunten uit te voeren, wat ook nu nog het geval is. Dit betekent dat het mogelijk is om (nagenoeg) dezelfde som uit te voeren met Hydra-NL en de uitvoer van Hydra-NL te gebruiken om de resultaten te duiden. Ter illustratie wordt in Figuur 3.2 het hoofdillustratiepunt (de meest waarschijnlijke combinatie van stochasten welke leidt tot de afgeleide belasting) volgend uit een HBN-berekening met Hydra-NL getoond voor een locatie langs de Waal. Te zien is dat in dit geval de belasting wordt gevormd door een hoge afvoer (bijna 16.000 m<sup>3</sup>/s) in combinatie met een matige windsnelheid (orde 12 m/s). Verder is te zien dat de bijdrage van de onzekerheid in golfhoogte vrij fors is (19%).

*Figuur 3.2 Voorbeeld van illustratiepunt berekend met Hydra-NL*

<sup>3</sup> Decimeringshoogte is het verschil tussen HR (bijvoorbeeld waterstand) voor herhalingstijden welke een factor 10 verschillen (bijvoorbeeld waterstand 1/1000 minus waterstand 1/100 jaar).

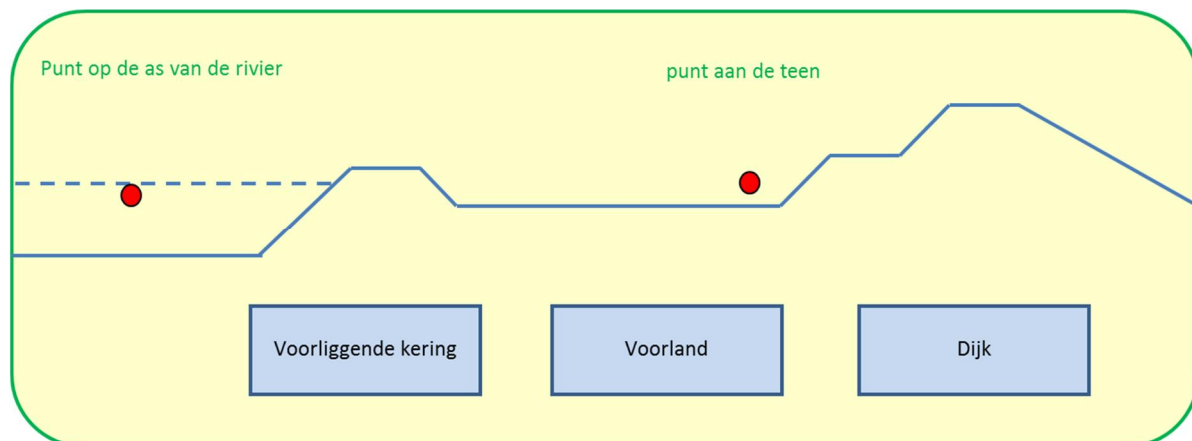
Datum  
1 maart 2017

Hoofdillustratiepunt bij hydraulisch belastingniveau 12.77 (m+NAP) en terugkeertijd 10000 (jaar)

windrichting r (bijdrage aan ov.freq)		WZW	( 35.5%)
Rijnafvoer q te Lobith [m <sup>3</sup> /s]		15894	
potentiële windsnelheid u [m/s]		10.6	
lokale waterstand h [m+NAP]		12.32	
significante golfhoogte Hm0 [m]		0.56	
spectrale golfperiode Tm-1,0 [s]		2.53	
golfrichting t.o.v. Noord [graden]		247.5	
onz. lokale waterstand [m]		0.10	
onz. significante golfhoogte [-]		1.19	
onz. spectrale golfperiode [-]		1.03	
onz. piekperiode [-]		1.03	

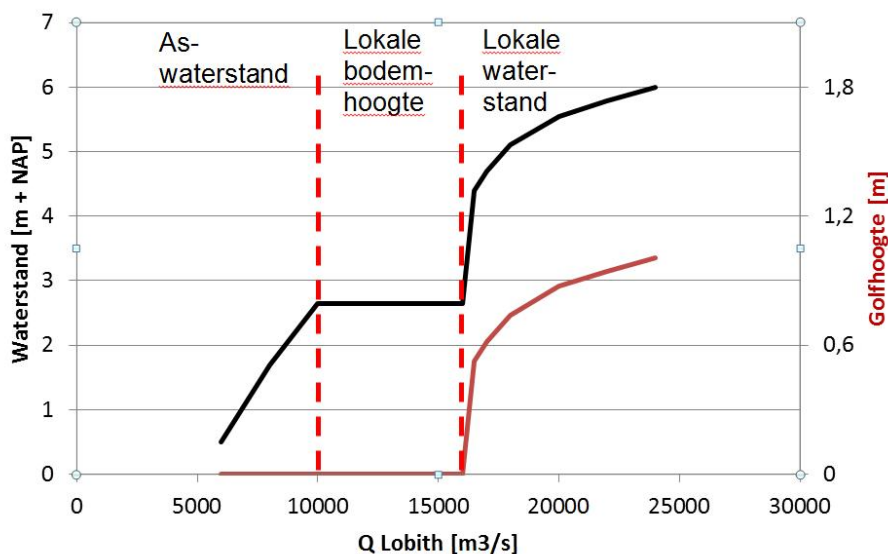
## 4 Specials: Droogval

De meeste locaties aan de teen van de dijk liggen zodanig dat deze pas bij extremere gebeurtenissen onder water komen te liggen. Dit betekent dat in gevallen dat sprake is van milde stochastwaarden (bijvoorbeeld een lage afvoer) een punt droog valt. Om toch een rekenwaarde voor de waterstand te hebben en vervolgens een probabilistische berekening met Ringtoets of Hydra-NL uit te kunnen voeren, is in het kader van WBI2017 ervoor gekozen bij droogval de lokale waterstand gelijk te kiezen aan het minimum van de bodemligging en de nabij gelegen as-waterstand, zoals geïllustreerd in Figuur 4.1. Effectief betekent dit dat de relatie tussen waterstand aan de teen van de dijk en de stochastwaarde bij milde condities gebaseerd is op as-locaties of lokale bodemhoogte en bij extremere condities op lokale waterstanden.



*Figuur 4.1 Voorbeeld van een doorsnede van een dijkprofiel met voorland en voorliggende kade. Het voorland komt pas onder water te staan als de voorliggende kering overstroomt of faalt. De lokale waterstand aan de teen van de dijk wordt bij droogval gelijk gekozen aan het minimum van de waterstand op de as van de rivier en de lokale bodemhoogte. In dit voorbeeld zou dus voor de bodemhoogte worden gekozen.*

In de praktijk betekent dit dat bij toenemende stochastwaarden ergens een transitie plaats vindt van as-locatie naar lokale waterstand. Deze overgang is in het meest extreme geval een horizontale lijn in de relatie tussen lokale waterstand en stochastwaarde, zoals geïllustreerd in Figuur 4.2, maar in de meeste gevallen betreft het een wat vlakker verloop van deze relatie. Vervolgens neemt de waterstand weer gelijkmatig toe met de stochastwaarde. Dit leidt tot een "knik" in de relatie tussen waterstand en stochastwaarde.



Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

Datum  
1 maart 2017

Figuur 4.2 De in de database van Ringtoets gehanteerde waterstand (zwart) en golfhoogte (rood) als functie van de rivierafvoer  $Q$  bij Lobith op een locatie in het rivierengebied. De waterstand is opgebouwd uit de waterstand op de as van de rivier, de lokale bodemhoogte en de lokale waterstand.

Een vergelijkbaar fenomeen doet zich voor bij de golfcondities, welke een afgeleide zijn van de waterstand. Indien een locatie aan de teen van de dijk droog valt, dan zijn de golfcondities gelijk aan nul (er staat immers geen water). Pas op het moment dat er water staat zijn er ook golfcondities ongelijk nul beschikbaar. Dit betekent dat er in de relatie tussen stochastwaarden en lokale golfcondities een "schakelpunt" zit op het moment dat een locatie niet meer droog valt en er dus golven kunnen zijn. Dit is ook geïllustreerd in Figuur 4.2. Voor de meeste locaties geldt dat dit "schakelpunt" tot een aanvankelijk vlak verloop van de golfcondities als functie van stochastwaarde leidt, maar in specifieke gevallen kan dit tot een vrij scherpe overgang tussen vlak en niet vlak verloop leiden.

Hoe sterker de knik in het verloop van de relatie tussen waterstand/golfcondities en stochastwaarde en hoe dichter deze knik in de buurt ligt van de gevraagde herhalingstijd, hoe lastiger de probabilistische som wordt. Op enig moment kan de meest goedkope probabilistische rekentechniek (snel maar benaderend, en dus mogelijk niet voldoende nauwkeurig) niet meer uit de voeten met deze knik en dient overgestapt te worden op een duurdere rekentechniek (nauwkeurig, maar rekenintensief). Een gebruiker van Ringtoets kan deze instelling niet wijzigen. Daarom is op basis van resultaten uit de testberekeningen per locatie aangegeven welke rekeninstelling gehanteerd zou moeten worden. Voor een gebruiker geldt dat deze vooral naar het verloop van de overschrijdingscurve dient te kijken in combinatie met de bij Ringtoets meegeleverde Google-Earth file<sup>4</sup> welke een indicatie geeft of sprake is van droogval in het voor de gebruiker relevante

<sup>4</sup> De verschillende kleuren in de kmz file betreffen:

- Rood: permanent droog, d.w.z. voor iedere stochastcombinatie
- Blauw: nat, voor iedere stochastcombinatie
- Geel: droog voor een aantal stochastcombinaties
- Zwart: locaties in BER waarvoor is geadviseerd deze vooralsnog niet uit te leveren.

Per punt is aangegeven wat de naam en coördinaat is, maar belangrijker nog, wat de lokale bodemhoogte is en wat de minimale lokale waterstand is. Het minimum is beschouwd over alle stochastcombinaties.



kansdomein. Gebruik hiervoor de in het voorgaande genoemde stappen voor duiding van resultaten.

**Wanneer ondersteuning nodig is kan contact opgenomen worden met de Helpdesk Water (<https://www.helpdeskwater.nl/>). Indien mogelijk kunnen experts dan helpen.**

## 5 Referenties

Deltares (2016a). Hydraulische Belastingen Rijntakken en Maas. Deltares rapport 1230087-003-HYE-0001, december 2016 (H. Chbab, J. den Bieman, J. Groeneweg).

Deltares (2016b). Hydraulische Belastingen Benedenrivieren. Deltares rapport 1230087-004-HYE-0001, december 2016 (N. Kramer, A. Smale, J. den Bieman, H. Chbab).

Deltares (2016c). Hydraulische Belastingen Vecht- en IJsseldelta. Deltares rapport 1230087-005-HYE-0002, december 2016 (T. Botterhuis, J. den Bieman, H. Chbab).

Deltares (2016d). Hydraulische Belastingen Meren. Deltares rapport 1230087-001-HYE-0001, december 2016 (N. Kramer, A. Smale, J. den Bieman, J. Groeneweg).

Deltares (2016e). Hydraulische Belastingen Kust. Deltares rapport 1230087-002-HYE-0001, december 2016 (J. Groeneweg, J. den Bieman).

Deltares (2016f). Hydraulische Belastingen Oosterschelde. Wettelijk Beoordelingsinstrumentation 2017. Deltares rapport 1230087-006-HYE-0001 (concept), november 2016 (J. den Bieman).

Deltares (2016g). Hydra-Ring resultaten Europoort. Deltares memo 1230087-004-HYE-0002, december 2016 (J. van Nieuwkoop).

Deltares (2017). Vaststelling van rekeninstellingen voor Hydra-Ring berekeningen van Hydraulische Belastingen. Deltares rapport 1230087-011-HYE-0001, januari 2017 (J. Groeneweg en J. den Bieman).