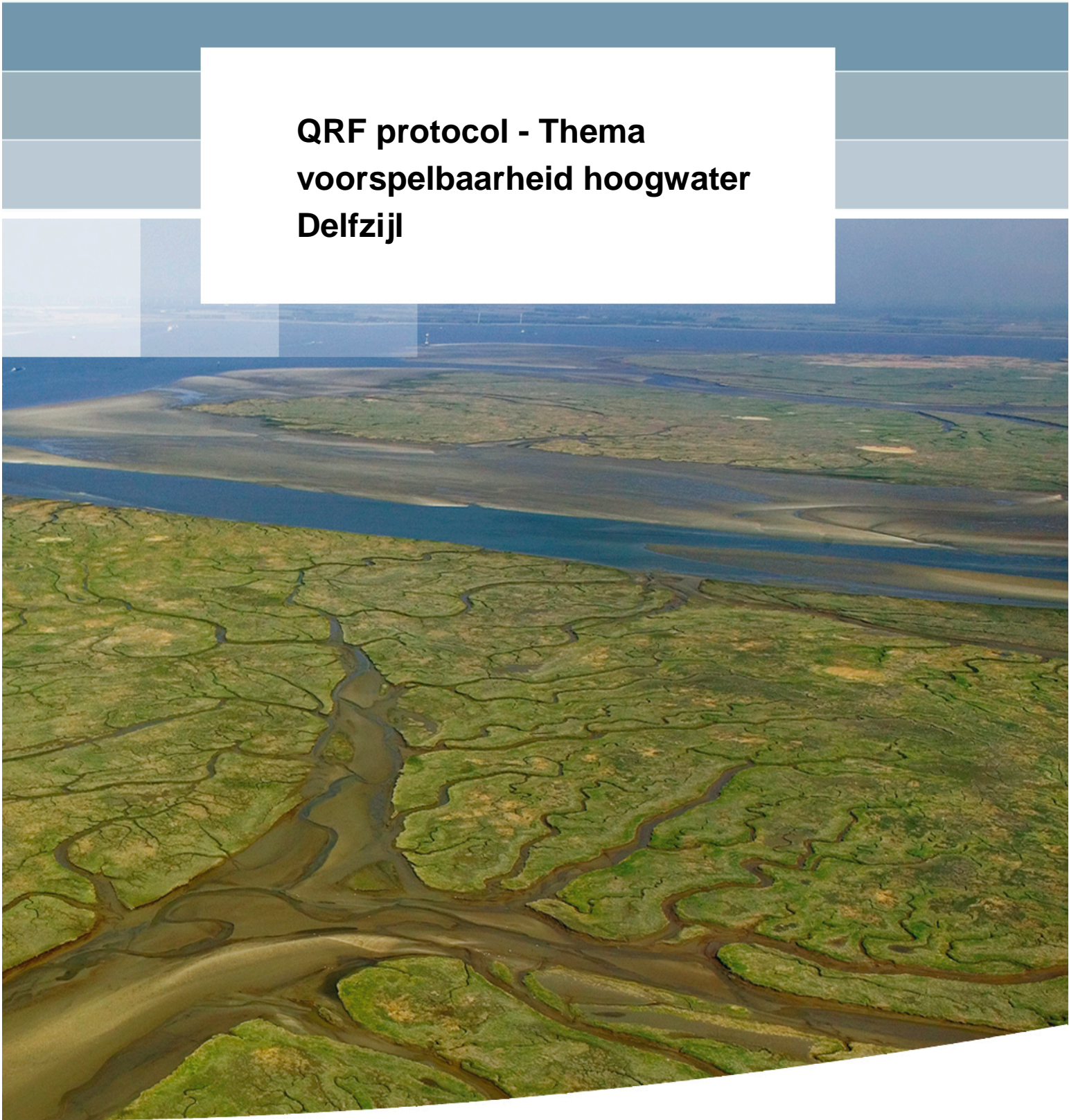


**QRF protocol - Thema  
voorspelbaarheid hoogwater  
Delfzijl**





## **QRF protocol - Thema voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl**

Firmijn Zijl (Deltares)  
Martin Verlaan (Deltares)  
Jan Kroos (RWS-VWM)  
Peter Heinen (RWS-WVL)  
Herman Peters (RWS-CIV)

1220039-010



**Titel**

QRF protocol - Thema voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl

**Opdrachtgever**  
RWS-WVL

**Project**  
1220039-010

**Kenmerk**  
1220039-010-ZWS-0016

**Pagina's**  
25

**Trefwoorden**

Quick Reaction Force, stormen, veldmetingen, Eems-Dollard, operationele modellen

**Samenvatting**

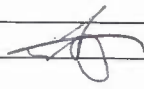
Dit document beschrijft het protocol voor de Quick Reaction Force (QRF) voor het thema 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl'. De QRF is een organisatiestructuur die opgezet is door Rijkswaterstaat, in samenwerking met overheids- en onderzoekspartners, met het doel om waterveiligheidskennis te verbeteren door betere verwerving, ontsluiting en gebruik van velddata rondom stormen.

Binnen het thema 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl' zijn de volgende deelonderwerpen gekozen voor opname binnen dit QRF protocol:

- Systematische onderschatting van extreme hoogwaters
- Freak oscillaties
- Representativiteit meetlocatie Delfzijl

Dit protocoldocument beschrijft de informatie die nodig is om de beheervragen en daaraan gerelateerde kennisvragen te beantwoorden, welke informatie al beschikbaar is, en de noodzaak voor additionele veldmetingen. Deze analyse laat zien dat additionele metingen van waterstanden en golfparameters op een aantal locaties (orde 10) langs een raai in de lengterichting van de Eems-Dollard essentieel zijn om een beter inzicht te krijgen in ontbrekende processen tijdens extreme omstandigheden. Om effectief metingen uit te voeren die bijdragen aan het beantwoorden van de kennisvragen wordt geadviseerd om de QRF tot actie over te laten gaan als de kans van overschrijden van het waarschuwingspeil (NAP +300 cm) op hoofdlocatie Delfzijl groter is dan 50%, met een maximale voorspelhorizon van 4 dagen. De terugkeerperiode hiervan is ongeveer één jaar.

Het protocol in dit document beschrijft de handelingen die door de QRF partners uitgevoerd moeten worden om succesvol de beheervragen en daaraan gerelateerde kennisvragen te beantwoorden. Het protocol is opgedeeld in vier fasen: voorbereidings-, monitorings-, uitvoerings-, en exploitatiefasen. In iedere fase worden de taken en producten van de partners omschreven, evenals het contact tussen QRF partners onderling.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	okt. 2016	F. Zijl					
0.2	nov. 2016	F. Zijl					
1.0	nov. 2016	F. Zijl		Deepak Vatvani		Frank Hoozemans	

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>1</b>
1.1	Inleiding	1
1.2	Partners, werksessies en bijeenkomsten	2
<b>2</b>	<b>Systematische onderschatting extreme hoogwaters</b>	<b>5</b>
2.1	Probleembeschrijving	5
2.2	Onderzoeksvragen	8
2.3	Benodigde informatie	9
<b>3</b>	<b>Freak oscillaties</b>	<b>11</b>
3.1	Probleembeschrijving	11
3.2	Onderzoeksvragen	12
3.3	Benodigde informatie	12
<b>4</b>	<b>Representativiteit meetlocatie Delfzijl</b>	<b>13</b>
4.1	Probleembeschrijving	13
4.2	Onderzoeksvragen	14
4.3	Benodigde informatie	14
<b>5</b>	<b>Het protocol</b>	<b>15</b>
5.1	Vorbereidingsfase	16
5.1.1	Contactgegevens	17
5.2	Monitoringsfase	18
5.2.1	Contactgegevens	20
5.3	Uitvoeringsfase	21
5.3.1	Contactgegevens	23
5.4	Exploitatie	24
5.4.1	Contactgegevens	25





# 1 Introductie

## 1.1 Inleiding

Door het Delta Programma Waddengebied is aanbevolen een Quick Reaction Force (QRF) op te stellen, waarin meerdere partijen samenwerken bij het inwinnen, delen en ontsluiten van fysische data tijdens extreme natuurlijke gebeurtenissen (stormen) die de mogelijkheid heeft om follow-up studies te laten uitvoeren (zie Monitoringsprogramma DP Wadden en het Deltaprogramma 2016). Dit om optimaal van extreme stormen te profiteren voor het beantwoorden van beheerdervragen en het adresseren van kennisleemtes op het gebied van waterveiligheid.

Extreme gebeurtenissen zoals stormen zijn zowel direct als indirect belangrijk voor de waterveiligheid. Het directe belang hangt samen met de maatgevende hydraulische belasting die tijdens stormen optreden. Indirect zijn stormen van belang vanwege de veranderingen in het watersysteem door morfologische ontwikkeling. Door het stochastische karakter van en de veelal onwerkbaar weersomstandigheden gedurende de extreme gebeurtenissen is er relatief minder observatie data aanwezig tijdens stormen, terwijl de waarnemingen rondom en tijdens stormen juist van groot belang zijn voor onze kennis van het watersysteem en ook nog eens door verschillende partijen worden ingewonnen.

Vanuit verschillende beheerders is de behoefte geuit om snel na een storm een analyse te kunnen maken over het effect van de storm op toestand van het areaal. Beheerders hebben behoefte aan een adequate informatievoorziening (die soms van verschillende partijen moet komen) na een storm, en willen inzicht in of het daadwerkelijk effect van de storm aansluit op de verwachtingen (enerzijds op basis van ervaring van de beheerder anderzijds op basis van de beschikbare modellen).

Afgezien dat extra monitoring nodig kan zijn om acute risico's in te schatten (cf. dijkwachter door de waterschappen) geeft het bijvoorbeeld tijdens stormvloed meer inzicht in het onder extreme omstandigheden functioneren van het systeem. Vanuit Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL), Deltares en de kennisinstituten is er behoefte aan validatie van kennis over waterveiligheid bijvoorbeeld t.b.v. het toetsen, ontwerpen en onderhouden van waterkeringen en behoefte aan adequate informatie over de impact van de storm in het kader van de landelijke informatie voorziening.

Het doel van de Quick Reaction Force (QRF) is de samenwerking tussen partijen te bevorderen en om waterveiligheidskennis te verbeteren door betere verwerving, ontsluiting en gebruik van veld data rondom stormen. Om dit te bereiken, biedt de QRF een structuur voor een betere afstemming tussen de betrokken stakeholders over ontsluiting van veld data, de verwerving van (eventueel extra) metingen en voor het opstellen van rapportages door de verschillende partijen rondom stormen. Dit met als uiteindelijk doel om tot betere waterveiligheidskennis te komen.

Er is besloten om voor de QRF de nadruk te leggen op het Waddenzeegebied en de onderstaande drie onderzoeksthema's:

1. 'Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties'
2. 'Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden'
3. 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl'

Binnen elk onderzoeksthema is er een meetlocatie(s) geselecteerd waarvoor de volgende vragen worden uitgewerkt om tot een protocol te komen:

- Welke kennis- en beheervragen m.b.t. stormen zijn er voor deze locatie?
- Wat is de benodigde informatie om de kennis- en beheervragen te beantwoorden?
- Welke informatie is al beschikbaar?

De doelstelling van de QRF in 2016 is om voor de drie onderzoeksthema's één of meerdere locaties te identificeren waar de QRF een belangrijke bijdrage zou kunnen leveren aan het beantwoorden van huidige beheervragen en specifieke kennisvragen. Per QRF locatie wordt door Deltares, in samenwerking met RWS-WVL, een protocol-document opgesteld met een beschrijving van de beheerders- en kennisvragen, de informatie die nodig is om deze vragen te beantwoorden, en een protocol die de handelingen beschrijft die nodig zijn om deze beheerders- en kennisvragen te beantwoorden.

De QRF protocollen worden eind 2016 door middel van simulatie getoetst bij een optredende storm. Aan de hand van de resultaten van de toets zullen de protocollen mogelijk verbeterd worden en voorgedragen worden om in 2017 in werking gezet te worden. Het is de intentie van de QRF om de protocollen langjarig in werking te houden en regelmatig aan te passen aan de hand van nieuwe inzichten en meetkansen, en veranderende beheerders- en kennisvragen.

Dit document is een levend document. Het QRF protocol voor het derde thema 'Voorspelbaarheid hoogwaters Delfzijl' zal op basis van nieuwe inzichten, veranderende QRF-partners en contactpersonen, en beschikbaarheid van informatie en meettechnieken continu bijgewerkt worden.

## 1.2 Partners, werksessies en bijeenkomsten

Op 9 juni 2015 is een eerste werksessie georganiseerd om het idee van een QRF uit te werken met deelnemers binnen en buiten RWS (RWS WVL, RWS CIV, RWS NN, RWS WVM, waterschap Noorderzijlvest, IMARES, Deltares, Universiteit Twente, Universiteit Utrecht en TU Delft). Algemeen werd gezien dat het opstellen van een geschikt protocol/draaiboek van groot belang is voor het slagen van een QRF. Vanuit de deelnemers kwamen de hierboven genoemde drie onderzoeksthema's naar voren die zich lenen voor een QRF aanpak.

Vervolgens wordt elk onderzoeksthema en de algemene organisatie van de QRF uitgewerkt in themagroepen, in een kerngroep.

De partners binnen het derde QRF onderzoeksthema 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl' zijn RWS-WVL, RWS-WVM, RWS-CIV en Deltares. Met deze partners hebben er een zestal werksessie plaatsgevonden om te discussiëren over de relevante kennis- en beheerdersvragen, beschikbare informatie, meettechnieken en data gebruik in dit thema:

- 10 november 2015: Tijdens de eerste bijeenkomst is gesproken over beter systeembegrip tijdens stormomstandigheden ten einde tot betere waterstandverwachtingen te komen. Het systeem kan hierbij ingevuld worden als het gebied rondom de haven van Delfzijl, of de gehele Eems-Dollard. Een middel om het systeem beter te begrijpen is het opzetten en uitvoeren van extra metingen inclusief de analyse van deze meetgegevens.

Er werd benadrukt dat ook bestaande data (van wind, waterstanden, stroming en golven) tijdens stormen verder geanalyseerd moet worden.

- 15 december 2015: Tijdens deze tweede bijeenkomst is het thema 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl' nader uitgewerkt, waarbij er een onderscheid is gemaakt tussen een viertal deelonderwerpen:
  - 1) Oscillaties in de waterstand van Delfzijl zoals waargenomen tijdens hoogwater momenten van de laatste extreme stormen
  - 2) Vragen rond (verplaatsen van) meetpunt voor waterstand in de haven van Delfzijl:
    - a. In hoeverre worden de metingen door scheepvaart en/of door spuien beïnvloed?
    - b. In hoeverre zijn deze metingen representatief voor de omgeving?
    - c. Welke invloed heeft het overstromen van de havendam?
  - 3) Voor een periode van een aantal dagen na de Sinterklaasstorm (5-6 december 2013) storm lijkt de getijslag toegenomen te zijn. Mogelijk is dit een gevolg van veranderingen bodemruwheid en sediment in suspensie. Wordt dit veroorzaakt door verandering aan de geulvorm? Is de stroom profiel veranderd en is de invloed van bodemruwheid waar te nemen aan de veranderingen in het verticale stroomprofiel?
  - 4) Onderschatting van hoogwaters tijdens extreme stormen (1 november 2006, 9 november 2007, 5 dec 2013). Er is eerst een hypothese nodig over de mogelijke oorzaken. Bijvoorbeeld invloed van golfschuifspanning op de waterstand of de invloed van atmosferische instabiliteit.
- 3 februari 2016: tijdens de derde bijeenkomst werden de volgende zaken besproken:
  - Herman Peters heeft een plan over veldmetingen ten behoeve van de WTI modellentrein rondgestuurd. Deze zijn besproken. De consensus is om de opstellers van dit plan te benaderen zodra de doelstellingen van dit QRF thema voldoende duidelijk zijn. Er lijken voldoende aanknopingspunten om samen te werken.
  - Er volgt een discussie over 1 minuut waarnemingen. De waterstanden worden regulier over 10 minuten gemiddeld, maar intern eerst over 1 minuut. Deze tussenresultaten worden normaliter niet opgeslagen. Het lijkt nuttig ongeacht de precieze verdere uitwerking van dit protocol om te vragen deze resultaten op te slaan.
  - Er wordt de suggestie gedaan om lange golf verwerking aan te zetten voor de locatie Eemshaven. Dit is een filter op gemeten waterstanden gemeten met stappenbaak en radar om de windgolven en getij weg te filteren (0.08s sampling). Normaliter is er geen informatie over dit frequentiebereik tussen de windgolven en getij-opzet.
  - Er is gesproken over de kwaliteit van de operationele golfverwachtingen in de Eems-Dollard. De huidige operationele golfmodellen stoppen bij de Waddeneilanden. Er zijn voor de Eems-Dollard alleen studiemodellen beschikbaar.
  - De impulsverdracht van wind op het wateroppervlak is een onzekere factor in de Eems Dollard. Op locaties waar de wind op meerdere hoogtes wordt gemeten kan een profiel worden geschat en daarmee iets worden gezegd over de ruwheid van het zeeoppervlak.

Hierbij is ook de water- en luchttemperatuur van belang. FINO is een mogelijke locatie al ligt het iets verder weg dan ideaal zou zijn. Het is logisch om hier KNMI bij te betrekken.

- Bij hoogwater overstroomt de dijk die de haven scheidt van de Eems-Dollard. Dit zou mogelijk met een webcam bekeken kunnen worden. De vraag is hoe dit bevestigd kan worden en hoe de waarneming in het donker plaatsvindt. Er kan worden samengewerkt met het waterschap of met Groningen-Seaports. Daarnaast is het gewenst om ook net buiten de haven de waterstand te meten om de invloed van de haven op de metingen te bestuderen.
- Voorts zijn er bijeenkomsten geweest op 1 maart, 24 augustus en 19 september waarin de eerder gedefinieerde deelonderwerpen verder zijn uitgewerkt en geprioriteerd. Hierbij is besloten om de tijdelijke toename van de getijslag na de Sinterklaasstorm (en andere stormen?) voorlopig buiten beschouwing te laten. Zonder scherpere hypothese over de oorzaak hiervan is het lastig om in dit stadium met een goed gedefinieerd meetplan te komen. Voor verdere uitwerking van dit onderwerp kan het beste begonnen worden met een modelstudie. Hiervoor is inmiddels budget gereserveerd binnen KPP Versterking Onderzoek Waterveiligheid 2017.

De resultaten van deze werksessies zijn verwerkt in dit document. De beoogde rol van deze, en andere potentiële partners in de QRF Delfzijl is in hoofdstuk 5 aangegeven. De uiteindelijke rol die de partners werkelijk zullen vervullen in de QRF is afhankelijk van het verdere verloop van onderzoeksprojecten verwant aan de QRF Delfzijl en de beschikbaarheid van financieringsbronnen. De beoogde rollen van de QRF-partners in dit protocol die in dit document zijn vastgelegd zijn daarom niet bindend.

Uit de onderwerpen die in bovengenoemde overleggen naar voren zijn gekomen zijn de volgende deelonderwerpen met een QRF karakter gekozen:

- Systematische onderschatting van extreme hoogwaters (hoofdstuk 2)
- Freak oscillaties (hoofdstuk 3)
- Representativiteit meetlocatie Delfzijl (hoofdstuk 4)

## 2 Systematische onderschatting extreme hoogwaters

### 2.1 Probleembeschrijving

#### *Inleiding (DCSMv6 en DCSMv6-ZUNOV4)*

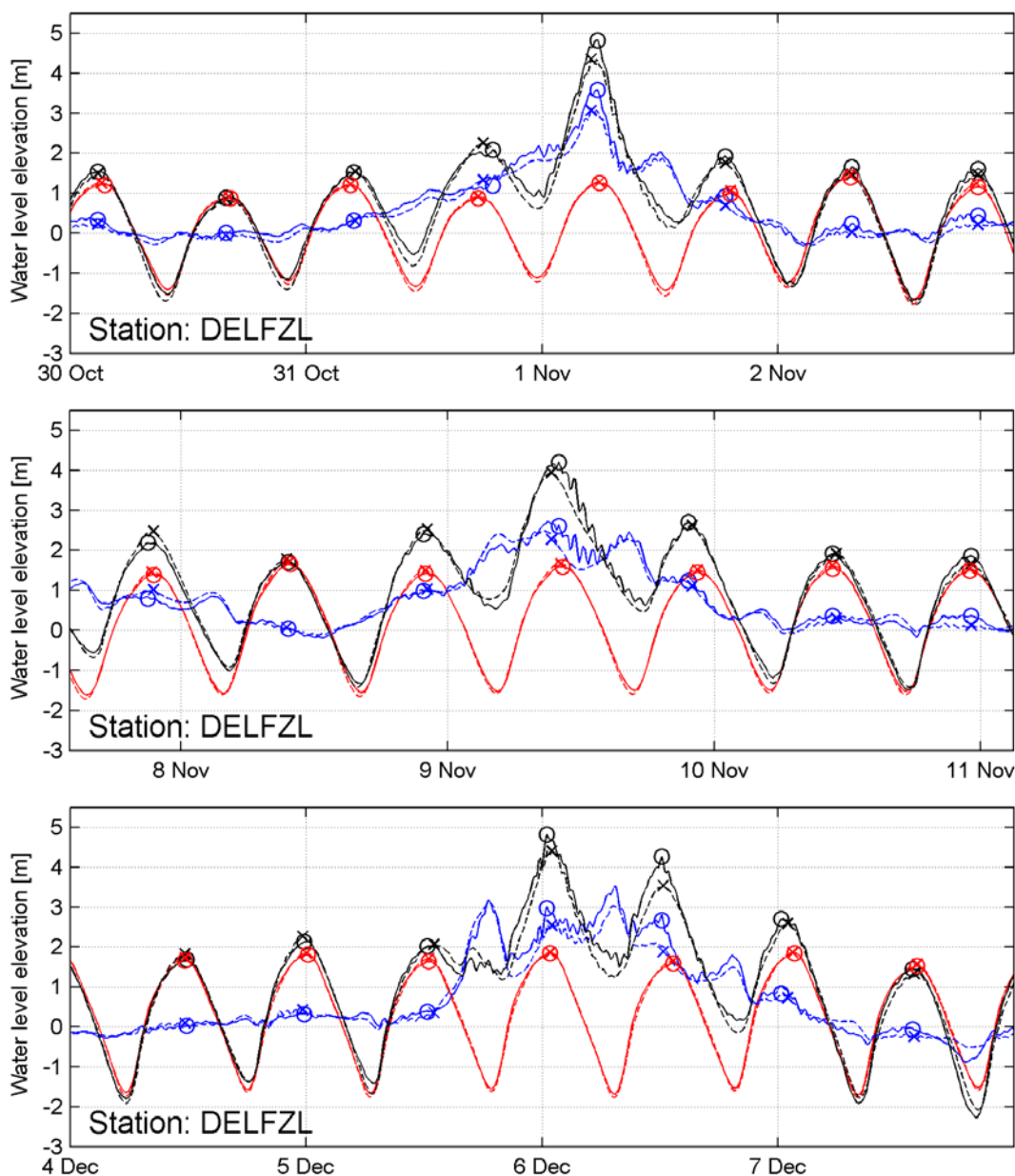
In de afgelopen jaren is er gewerkt aan de ontwikkeling van nieuwe generatie operationele getij-opzet modellen voor de Nederlandse kustwateren. Omdat het vorige generatie model een beperkte ruimtelijke resolutie had, werd besloten tot het ontwikkelen van een complete nieuw operationeel getij-opzet model met een hogere resolutie: Dutch Continental Shelf Model version 6 (DCSMv6; Zijl et al. 2013; Zijl et al 2015). In 2012 heeft DCSMv6 het vorige generatie model (DCSMv5) vervangen als voorkeursmodel voor hoogwatervoorspelling langs de Nederlandse kust. Hoewel de waterstandverwachtingen van DCSMv6 substantieel beter zijn dan vergelijkbare modellen van die schaal, was verdere verfijning van het rekenrooster in de Nederlandse estuaria en Waddenzee (inclusief Eems-Dollard) noodzakelijk om de representatie van hogere harmonische getij componenten en niet-lineaire getij-opzet interactie te verbeteren. Dit heeft geleid tot het DCSMv6-ZUNOV4 model, waarin de hogere resolutie in de zuidelijke Noordzee en Nederlandse kustwateren is aangebracht met behulp van een domein decompositie aanpak.

#### *Onnauwkeurigheid tijdens stormen*

Bij de ontwikkeling van bovengenoemde procesmodellen is er veel aandacht geweest voor de representatie van relevante fysische fenomenen en de vermindering van parameteronzekerheid in een groot deel van het modeldomein. Hoewel dit heeft geleid tot een zeer nauwkeurige representatie van waterstanden (RMSE ~7-8 cm) over langere perioden (> 1 jaar) treden tijdens extreme storm nog steeds fouten van enkele decimeters op, met name op hoofdlocatie Delfzijl. Dit wordt in Figuur 2.1 geïllustreerd voor de drie stormen die de laatste 10 jaar de grootste scheve opzetten veroorzaakten in Delfzijl: de 1 november 2006 Allerheiligenstorm, de 9 november 2007 storm en de 5-6 december 2013 Sinterklaasstorm. De hier getoonde (hindcast) berekeningsresultaten zijn geproduceerd met de meest recente versie van DCSMv6-ZUNOV4, aangestuurd met meteorologische forcering van Hirlam6.5 (eerste twee stormen; 22km resolutie) en Hirlam7.2 (laatste storm; 11 km resolutie).

#### *Systematische karakter*

De resultaten in Figuur 2.1 laten een onderschatting van de hoogwaters zien. Om te achterhalen of deze onderschatting systematisch van aard is, zijn de (fouten in de) scheve opzetten in de periode 27 oktober 2006 tot eind 2008 en de periode begin 2013 tot halverwege 2015 geanalyseerd. De resultaten voor deze twee periodes zijn gepresenteerd in Tabel 2.1 en Tabel 2.2, in termen van bias (systematische afwijking), standaard deviatie en root-mean-square-error (RMSE). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen twee klassen: de 99% laagste scheve opzetten en de 0.2% hoogste scheve opzetten (in elke periode 4 stuks). Om de situatie in Delfzijl in perspectief te plaatsen zijn dezelfde Goodness-of-Fit waarden ook voor hoofdlocatie Vlissingen opgenomen in de tabellen.



Figuur 2.1 Gemeten (doorgetrokken lijn) en berekend (stippellijn) getij (rood), opzet (blauw) en totale waterstand (zwart) op meetlocatie Delfzijl tijdens de november 2006 Allerheiligenstorm (bovenste paneel), de november 2007 storm (middelste paneel) en de december 2013 Sinterklaasstorm (onderste paneel). Getijhoogwaters, scheve opzetten en totale hoogwaters zijn aangegeven met cirkels (gemeten) en kruisjes (berekend). Model: DCSMv6-ZUNOV4-Hirlam6.5 (2006 en 2007) en DCSMv6-ZUNOV4-Hirlam7.2 (2013).

De periodes zijn zo gekozen dat ze de 9 van de 10 hoogste scheve opzetten van de afgelopen 10 jaar bevatten. Het is ook vermeldenswaardig dat in de afgelopen 10 jaar 8 van de 40 hoogste scheve opzetten sinds 1881 zijn voorgekomen.

Tabel 2.1 Nauwkeurigheid waarmee scheve opzetten in het model gerepresenteerd worden in de periode 27-10-2006 tot 01-01-2009, onder normale condities (<99% scheve opzetten) en storm condities (>99.8% scheve opzetten), in termen van bias, standaard deviatie (std) en RMSE voor hoofdlocaties Vlissingen en Delfzijl (Model: DCSMv6-ZUNOV4-Hirlam6.5)

Station	<99.0% scheve opzetten			>99.8% scheve opzetten		
	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)
Vlissingen	-0.4		5.9	-6.2	12.0	13.5
Delfzijl	1.0		8.0	-31.0	16.1	34.9

Tabel 2.2 Nauwkeurigheid waarmee scheve opzetten in het model gerepresenteerd worden in de periode 01-01-2013 tot 01-07-2015, onder normale condities (<99% scheve opzetten) en storm condities (>99.8% scheve opzetten), in termen van bias, standaard deviatie (std) en RMSE voor hoofdlocaties Vlissingen en Delfzijl (Model: DCSMv6-ZUNOV4-Hirlam7.2)

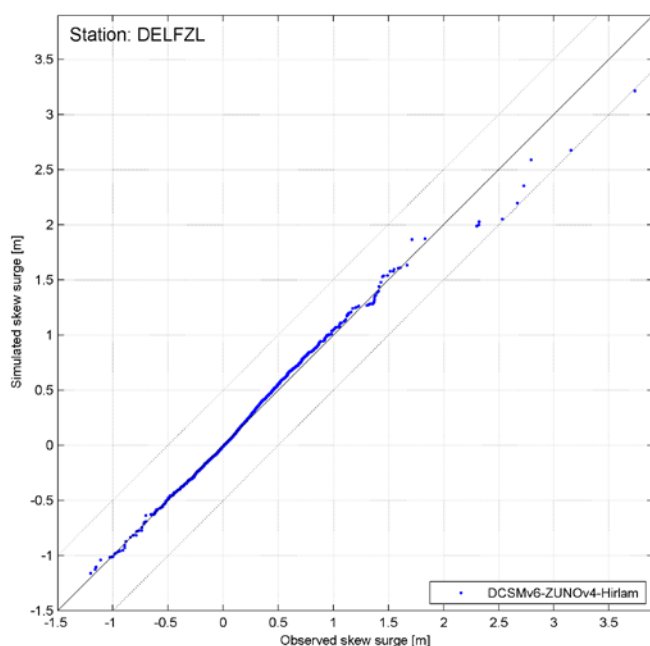
Station	<99.0% scheve opzetten			>99.8% scheve opzetten		
	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)	bias (cm)	std (cm)	RMSE (cm)
Vlissingen	-0.6		5.7	-9.5	11.7	15.1
Delfzijl	1.1		7.2	-48.0	19.3	51.7

De resultaten (bias) in Tabel 2.1 en Tabel 2.2 tonen dat in Delfzijl de fouten in de scheve opzet tijdens stormen systematisch met enkele decimeters onderschat worden. Ter vergelijking, in Vlissingen is deze systematische onderschatting kleiner dan een decimeter.

In Figuur 2.1 wordt de vergelijking van berekende en gemeten scheve opzetten op een meer grafische manier getoond in de vorm van een Q-Q plot. In deze plot worden de gemeten en gemodelleerde scheve opzetten eerst afzonderlijk gesorteerd en daarna tegen elkaar uitgezet. Dit betekent dat stippen *niet* bij elkaar horende gemeten en gemodelleerde scheve opzetten voorstellen. Het voordeel van een Q-Q plot is dat deze minder spreiding laat zien en de nadruk meer legt op systematische verschillen.

De informatie over de scheve opzetten is berekend voor de eerder genoemde periodes. Hierbij moet worden opgemerkt dat de gemodelleerde gegevens niet helemaal homogeen zijn, omdat in de eerste periode Hirlam6.5 gebruikt wordt (resolutie 22 km), terwijl in de tweede periode Hirlam7.2 (resolutie 11 km) gebruikt wordt.

De samengevoegde scheve opzetten in Figuur 2.2 geven aan dat de systematische onderschatting vanaf een scheve opzet van 180-190 cm boven NAP vrij abrupt optreedt. Dit wijst op onvolkomenheden in de model parameterisaties onder extreme condities, of het niet meenemen van fysische processen die alleen relevant worden onder extreme stormcondities. De tekortkoming kunnen zowel in het hydrodynamisch model als het meteorologisch model zitten.



Figuur 2.2 Q-Q plot van berekende en gemeten scheve opzetten in Delfzijl.

## 2.2 Onderzoeksvragen

Er zijn een groot aantal mogelijke (en waarschijnlijk meerdere) oorzaken voor de systematische onderschatting van de berekende waterstanden.

- Wat is de impact van atmosferische instabiliteit op de verwachtingskwaliteit van de hydrodynamische getij-opzet modellen?
- Wat is de impact van (het breken van) golven op de opzet?
- Wat is de impact van het sluiten van het Ems Sperrwerk tijdens storm opzetten?
- Boven land is de wind snelheid over het algemeen lager dan boven open water. Daarom worden de landcellen van het meteorologisch model vaak verwijderd uit de meteorologische forcering voordat deze op het hydrodynamische rekenrooster geïnterpoleerd (en geëxtrapoleerd) wordt. Vanwege numerieke artefacten (numerieke diffusie) kunnen horizontale gradiënten in de wind snelheid te veel uitgesmeerd worden, wat kan leiden tot een onderschatting van de berekende windsnelheid dicht bij land-zee overgangen. The vraag is in welke mate dit effect zich voordoet in de gebruikte meteorologische modellen en wat hiervan de invloed is op de berekende waterstanden.
- Wat is de invloed van (gebrek aan) ruimtelijke resolutie in de operationele getij-opzet modellen?
- Wat is de impact van (beperkte) resolutie van het hydrodynamische model?
- Wat is de impact van de stroomsnelheid op de windschuifspanning en berekende waterstanden? In de windschuifspanningsformulering die in de hydrodynamische modellen gebruikt wordt, wordt de stroomsnelheid niet in beschouwing genomen (het water wordt stagnant verondersteld). Tijdens stormen betekent dit vaak dat tijdens eb stroming het water tegen de windrichting in stroomt, wat tot hogere windschuifspanning en diensgevolge hogere opzet kan leiden.



Om het zoeken naar de oorzaken eenvoudiger en efficiënter te maken is het nodig een beter ruimtelijk beeld te krijgen van waar het fout gaat in de modellen. Delfzijl is een hoofdlocatie waar tijdens extreme situaties nauwkeurige waterstandverwachtingen dienen te worden afgegeven door WMCN-KUST. Goede metingen en operationele getij-opzet modellen zijn daarvoor cruciaal. Aan het verbeteren van deze modellen wordt veel gedaan binnen de reguliere modelontwikkeling. De QRF gedachte kan hierop een goede aanvulling zijn door het benutten van de komende stormen om een beter inzicht te krijgen in ontbrekende processen tijdens extreme omstandigheden.

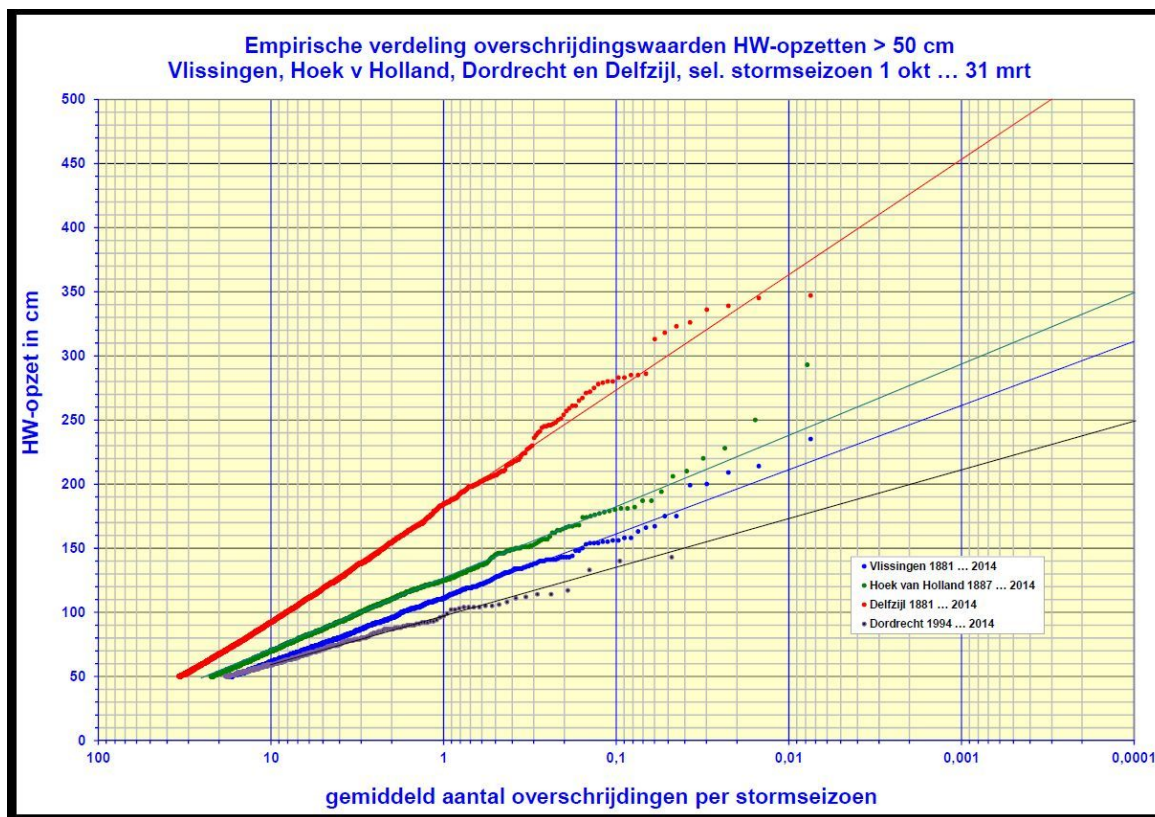
### 2.3 Benodigde informatie

Er wordt daarom voorgesteld om op een aantal locaties (orde 10) langs een raai in de lengterichting van de Eems-Dollard waterstanden en golven te meten. Er zijn veel golf- en waterstandmetingen beschikbaar in het gebied, maar nog niet langs een raai. Het combineren van voorgestelde metingen met bestaande metingen geeft een unieke kans om het ruimtelijk verhang goed in beeld te brengen. Vaak wordt voor het ruimtelijk extrapoleren van puntmetingen gebruik gemaakt van modellen. Echter, we weten dat het ruimtelijk beeld van de opzet niet goed in de modellen gerepresenteerd wordt. Het verhang in de opzet is vrij subtiel, dus het is van belang om veel metingen beschikbaar te hebben. Het meten van golven op dezelfde locaties maakt het mogelijk om een verband te leggen tussen (het breken van) golven en waterstanden.

Het idee is voor een langere periode in het stormseizoen te meten. De periode zonder daadwerkelijke storm is van belang voor het doen van een harmonische analyse (voor de afleiding van de scheve opzet uit de waterstanden) en het ijken van het referentieniveau. Daarom wordt voorgesteld om de instrumenten pas te demobiliseren 3 maanden na de storm.

Een waardevolle analyse van de verkregen meetgegevens kan pas gedaan worden na het optreden van een voldoende zware storm met een scheve opzet groter dan 180-190 cm te Delfzijl. Een storm van deze sterkte komt gemiddeld ongeveer een keer per jaar voor (zie Figuur 2.3), hetgeen voldoende frequent verondersteld wordt voor de QRF.

In 2017 zal in eerste instantie een plan worden opgesteld door CIV in samenwerking met Deltares. Gewenst is om voor het stormseizoen 2017-2018 te starten met (een deel) van de metingen. Naast het inrichten van de meetlocaties en het verzamelen van de data is het ook noodzakelijk tijd te reserveren voor de analyse van de data.

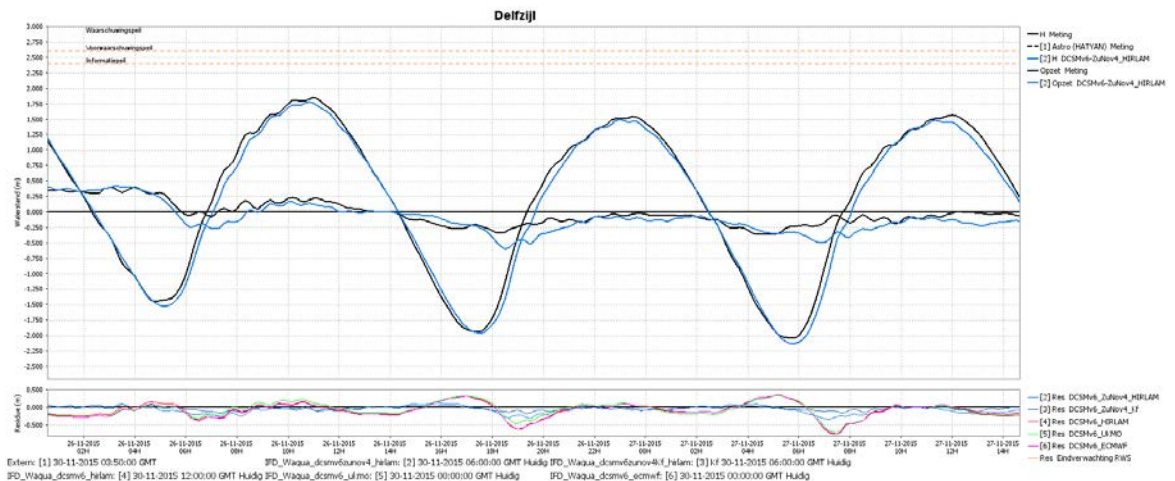


Figuur 2.3 Overschrijdingsfrequentie HW-opzet (scheve opzet) te Vlissingen, Hoek van Holland, Delfzijl en Dordrecht

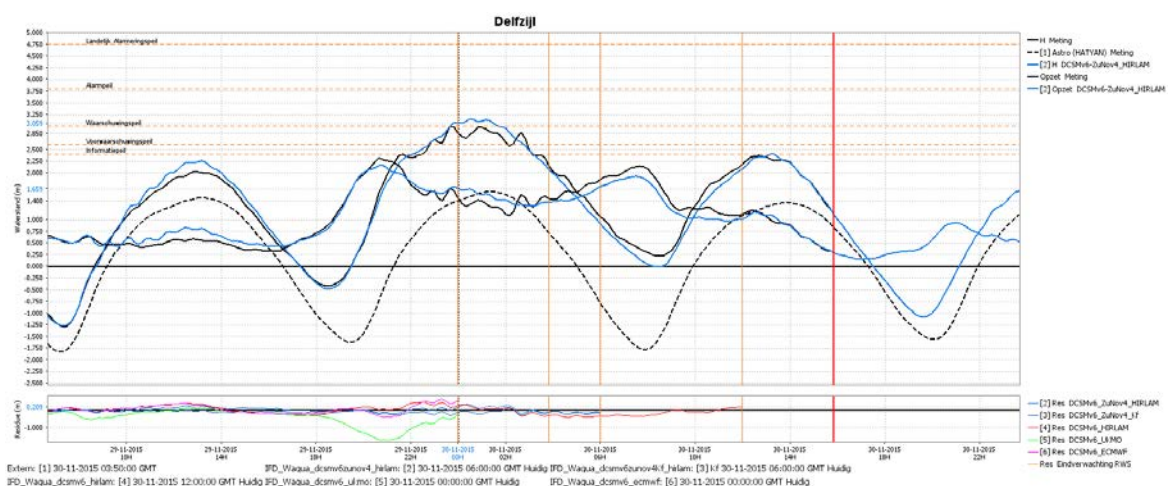
### 3 Freak oscillaties

#### 3.1 Probleembeschrijving

Tijdens stormen lijken zich in de Eems-Dollard waterstandoscillaties voor te doen (vermoedelijk een schommeling in het gehele bekken). Slingeringen met een vergelijkbare periode worden ook in de operationele modellen gesignaleerd, maar vaak niet op het juiste tijdstip getriggerd (zie Figuur 3.1, Figuur 3.2). Ook bij de laatste grote stormen trad dit op (zie Figuur 2.1). Dit is een probleem bij het maken van accurate hoogwaterverwachtingen. Om hier beter (operationeel) mee om te kunnen gaan is het van belang om meer inzicht te krijgen in de oorzaak van deze oscillaties.



Figuur 3.1 Gemeten en operationeel (WMCN-KUST) berekende waterstand en opzet in Delfzijl op 26-27 november 2015.



Figuur 3.2 Gemeten en operationeel (WMCN-KUST) berekende waterstand en opzet in Delfzijl op 29-30 november 2015.

## 3.2 Onderzoeksvragen

- Welke deel van het waterlichaam oscilleert er?
- Hoe ziet de oscillatie er ruimtelijk uit?
- Welke mechanisme ziet hier achter en hoe wordt dit aangeslagen?

## 3.3 Benodigde informatie

Om meer inzicht te krijgen in het mechanisme van deze oscillaties is een studie gewenst van alle beschikbare waterstandsmetingen in de Eems-Dollard. Deze dienen geïnventariseerd te worden en na een storm verzameld te worden. Het gaat dan niet alleen om de 10-minuut gemiddelde data maar ook om de 1-minuut gemiddelde data en waar mogelijk ook de Lange-Golf-verwerkingsdata (tijdreeks met stap van 12,5 seconde waar het getij en de windgolven uitgefilterd zijn). Bij de analyse kan ook gebruik gemaakt worden van een combinatie van bestaande modellen, schematische testmodellen en analytisch oplossingen.

## 4 Representativiteit meetlocatie Delfzijl

### 4.1 Probleembeschrijving

Delfzijl is een van de zes hoofdlocaties waarop WMCN-KUST – indien actief – verwachtingen afgeeft. Dit betekent bijvoorbeeld dat het instellen van dijkbewaking in deze sector getriggerd wordt door de verwachting te Delfzijl. Impliciet wordt hierbij verondersteld dat deze locatie representatief is voor de gehele sector. Er zijn echter enkele redenen om dat goed te onderzoeken.

Begin jaren '80 is er langs de haven van Delfzijl een strekdam aangelegd (zie Figuur 4.1). Het meetpunt ligt echter nog op de oorspronkelijke locatie en ligt nu aan de binnenkant van de havendam, op circa 5 km van de haveningang. Er is daarbij nooit goed gekeken of de gemeten waterstand op de huidige locatie nog steeds representatief is voor de omgeving (o.a. het open buitenwater van de Eems-Dollard). De aanleg van de strekdam betekent dat de facto de waterstand aan de ingang van het havenbekken gemeten wordt. Tijdens extreme hoogwaters is dan mogelijk de gemeten waterstand hoger dan het niveau in de Eems-Dollard ter hoogte van het meetpunt, aan de buitenkant van de strekdam. Tijdens extreme hoogwaters kan de strekdam overstromen. Het effect hiervan op de gemeten waterstand is onbekend.



Figuur 4.1 Locatie van de strekdam langs de haven van Delfzijl

Voorts bevinden zich in de nabijheid van de meetlocatie een drietal punten waar onder bepaalde omstandigheden flinke hoeveelheden zoet water worden gespuid. Zowel de kwantiteit als het zoete karakter van het water kunnen invloed hebben op de waterstand in de haven.

Het komt enkele keren per jaar (in de periode van 2000 tot 2011 was dat gemiddeld 12 keer per jaar) voor dat er in Groningen en omgeving zoveel neerslag valt dat er een hinderlijk hoogwater dreigt te ontstaan in het achterland van Delfzijl.

In dat geval zijn de gebruikelijke afvoervoorzieningen onvoldoende en worden bij laagwater ook de deuren van de zeesluis (het betreft dan alleen de kleine recreatiesluis) opengezet, zodat er door de zeesluis in noordelijke richting (zie de rode pijl in Figuur 4.2) water afgevoerd kan worden naar de haven van Delfzijl. Bij dergelijke spuiactiviteiten ligt het debiet min of meer tussen 10 en 40 m<sup>3</sup>/s.



Figuur 4.2 Locatie van uitstroom van zoet water door de zeesluis nabij Delfzijl.

## 4.2 Onderzoeksvragen

- Wat is de invloed van de havendam op de waterstand (en opzet)?
- Zorgt de havendam en de positionering van de meetlocatie achter in de haven voor een grote ruimtelijke variabiliteit in de opzet, waardoor de huidige meetlocatie niet of minder representatief is voor de omgeving?
- Hoe groot is de invloed van het spuien van zoet water in de omgeving van het meetpunt of de gemeten waterstanden?
- Wat is de invloed van het overstromen van de havendam tijdens extreme hoogwaters?

## 4.3 Benodigde informatie

Om inzicht te krijgen in hoeverre de gemeten waterstand op de huidige meetlocatie representatief is, is behoefte aan informatie over het verschil in waterstand van de huidige meetlocatie en de waterstand aan de buitenkant van de havendam. Hierbij is het ook noodzakelijk om te weten wanneer de dam overstroomt en zijn camerabeelden tijdens het overstromen van de dam gewenst. De vraag is hoe de camera bevestigd kan worden en hoe er in het donker iets te zien is. Mogelijk kan er worden samengewerkt met het waterschap of met Groningen-Seaports.

Daarnaast is inzicht in het verhang van de waterstand in de buurt van de haven van Delfzijl gewenst door de waterstand van waterstandsmetpunt Termunterzijl ten zuiden van de haven op te vragen bij het waterschap. Mogelijk heeft het waterschap nog meer meetpunten die van belang kunnen zijn. Naast het inrichten van de meetlocaties en het verzamelen van de data is het ook noodzakelijk tijd te reserveren voor de analyse van de data.

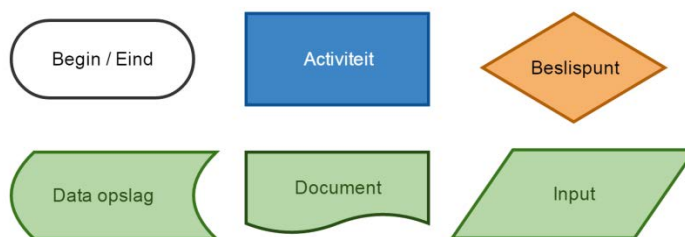
## 5 Het protocol

Dit hoofdstuk beschrijft het protocol voor QRF Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl, waarin de handelingen beschreven staan die uitgevoerd moeten worden om de informatie te verzamelen zoals aangegeven in paragraaf 2.3 (Systematische onderschatting extreme hoogwaters), paragraaf 3.3 (Freak oscillaties) en paragraaf 4.3 (Representativiteit meetlocatie Delfzijl) en deze informatie effectief te gebruiken om de beheerders- en kennisvragen te beantwoorden. Het protocol is opgedeeld in vier achtereenvolgende fases:

- **Voorbereiding:** Voor de start van het stormseizoen wordt voorbereidend werk uitgevoerd ten behoeve van data inwinning tijdens een storm.
- **Monitoring:** Tijdens het stormseizoen wordt gemonitord voor stormcondities waarvoor de QRF ingezet kan worden.
- **Uitvoering:** Storm data worden tijdens de uitvoeringsfase door de QRF ingewonnen.
- **Exploitatie:** De nieuwe storm data worden tijdens de exploitatiefase gebruikt door QRF partners en eindgebruikers om de beheerders- en kennisvragen te beantwoorden.

Per fase wordt één persoon benoemd tot coördinator, die verantwoordelijk is voor de coördinatie van de acties in die fase, en als QRF aanspreekpunt voor die fase geldt. De coördinator geldt hierbij uitdrukkelijk niet als opdrachtgever.

In Secties 5.1 t/m 5.4 zijn stroomdiagrammen opgesteld voor de voorbereidings-, monitorings-, uitvoerings-, en exploitatiefase, waarbij de te volgen stappen en te nemen beslissingen worden weergegeven. Figuur 5.1 geeft de legenda aan voor de stroomdiagrammen gepresenteerd in Figuur 5.2, Figuur 5.4, Figuur 5.5, en Figuur 5.6). Voor elke stap in het protocol wordt onder het stroomdiagram beschreven **wie** een actie uit moet voeren, **wanneer** deze actie genomen moet worden en welke **taak** er uitgevoerd moet worden. Zoals beschreven in Sectie 1.2 zijn deze rollen van de partners afhankelijk van het verloop van onderzoeksprojecten en de beschikbaarheid van financieringsbronnen, en zijn daarom indicatief in dit protocol opgenomen.



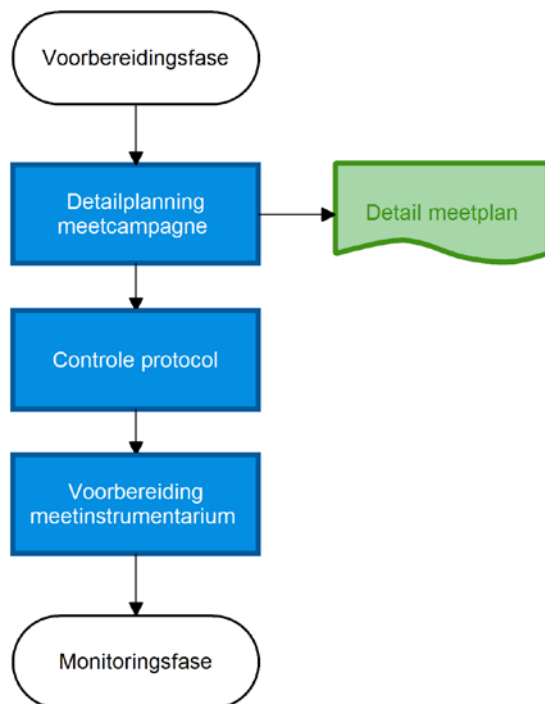
Figuur 5.1 Betekenis van blokken in de stroomdiagrammen

Persoonlijke contactgegevens (telefoon en email) van de QRF partners staan in dit openbare protocol omwille van privacy-redenen niet genoemd. Deze gegevens zijn bij de QRF partners bekend en zijn opgenomen in een niet-openbare kopie van dit document.

## 5.1 Voorbereidingsfase

Coördinator: Peter Heinen, RWS-WVL

Voor de start van het stormseizoen moet voorbereidend werk worden gedaan om te zorgen voor een goed verloop van de QRF Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl. Deze acties zijn hieronder in Figuur 5.2 aangegeven. De coördinator van de voorbereidingsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties. Deltares levert input waar nodig.



Figuur 5.2 Stroomdiagram voorbereidingsfase

Detailplanning meetcampagne	
<b>Wie</b>	RWS-WVL (coördinator voorbereidingsfase)
<b>Wanneer</b>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 5.2)
<b>Taak</b>	Overleg detailplanning van veldmetingen (locaties instrumenten, meetbereik en -frequentie, etc.)

Detail meetplan	
<b>Wie</b>	RWS-CIV (Peter Heinen)
<b>Wanneer</b>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 5.2)
<b>Taak</b>	Opzetten en/of bijwerken van een gedetailleerd meetplan, waarin precieze instrumentlocaties, meettraaien, en stormcondities voor het uitvoeren van een QRF-actie zijn aangegeven. Indien het laatste door nieuwe inzichten verandert ten opzichte van het protocol, dient dit protocol aangepast te worden.



Controle protocol	
<i>Wie</i>	Deltares (Firmijn Zijl)
<i>Wanneer</i>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 5.2)
<i>Taak</i>	De coördinator voorbereidingsfase controleert of alle contactgegevens in het protocol correct zijn, en de taken in het protocol op naam van de correcte contactpersonen staan.

Vorbereiding meetinstrumentarium	
<i>Wie</i>	RWS-WVL (Peter Heinen)
<i>Wanneer</i>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 5.2)
<i>Taak</i>	RWS-CIV bereidt instrumenten en meettechnieken voor.

#### 5.1.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Peter Heinen (coördinator voorbereidingsfase)</i>	RWS-WVL	...	...	...
<i>Firmijn Zijl</i>	Deltares	...	...	...

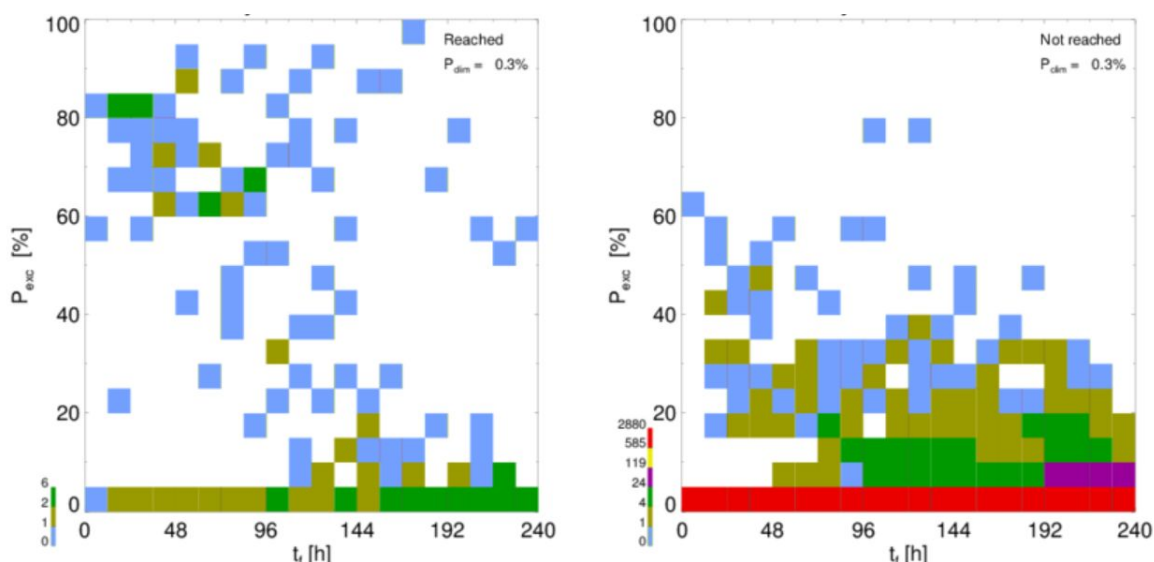
## 5.2 Monitoringsfase

Coördinator: Jan Kroos, RWS-VWM (WMCN-KUST)

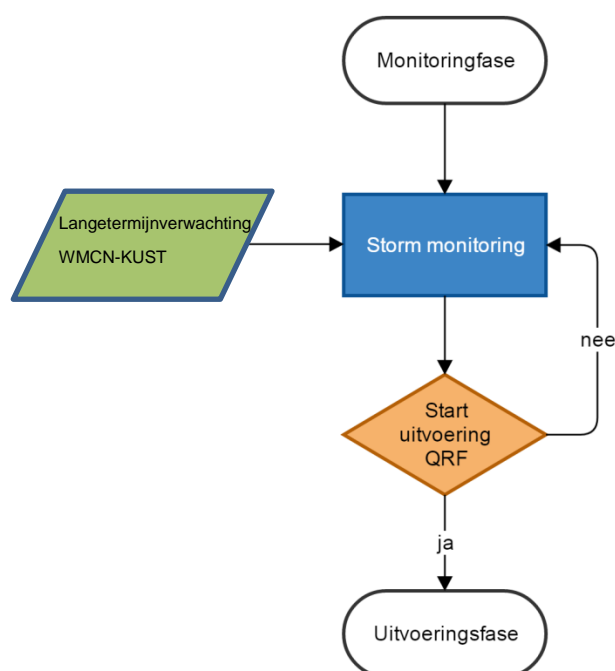
In de monitoringsfase worden de lange termijn waterstandverwachting van WMCN-KUST (op basis van DCSMv5-EPS) gemonitord om tot een beslissing te komen over inzet van de QRF. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 5.4. De coördinator van de monitoringsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.

Een waardevolle analyse van de verkregen meetgegevens kan pas gedaan worden na het optreden van een voldoende zware storm met een scheve opzet groter dan 180-190 cm te Delfzijl (zie sectie 2.1). Omdat aan te sluiten met de werkwijze binnen WMCN-KUST is dit criterium in de monitoringsfase vertaald naar een reeds gehanteerd peil, in dit geval het waarschuwingspeil (300 cm te Delfzijl). Bij een gemiddeld getijhoogwater van ca. 130 cm komt dit overeen met een scheve opzet van 170 cm. Dit is voldoende laag om de monitoring te activeren bij relevante stormen.

Om voldoende tijd voor de voorbereiding te hebben is het van belang dat er ruim van te voren gewaarschuwd wordt. Echter, hoe groter de voorspelhorizon, hoe onbetrouwbaarder de kansverwachtingen. Om een balans te vinden tussen voorbereidingstijd en nauwkeurigheid - ter voorkoming van onnodige mobilisatie of het missen van relevante stormen - is er gekeken naar de kwaliteit van lange termijn kansverwachting van WMCN-KUST. In Figuur 5.3 wordt dit gedaan door alle verwachtingen van overschrijding van het waarschuwingspeil (>300cm) te verzamelen en te kijken of dit daadwerkelijk is gebeurd. Een zinvol systeem zou een hoge kans hebben gegeven als de gebeurtenis daadwerkelijk optrad, en een lage kans als het niet optrad. We zoeken dus een vak in deze figuren dat voldoende gevuld is in de linker figuur en vrijwel leeg is in de rechter figuur. Op basis hiervan is gekozen voor een voorspelde kans van voorkomen van >50% en een maximale voorspelhorizon van 4 dagen (96 uur).



Figuur 5.3 Verwachte overschrijdingskansen van het waarschuwingspeil op hoofdlocatie Delfzijl als functie van de voorspelhorizon, voor daadwerkelijk opgetreden overschrijdingen (links) en niet opgetreden overschrijdingen (rechts).



Figuur 5.4 Stroomdiagram Monitoring fase

Storm monitoring	
<i>Wie</i>	RWS-VWM (WMCN-KUST)
<i>Wanneer</i>	Het gehele winterseizoen tussen startdatum 21 september en einddatum 21 maart.
<i>Taak</i>	Coördinator monitoringsfase stuurt coördinator uitvoeringsfase email bericht iedere keer dat QRF stormcondities overschreden worden.

Meteogegevens
Verwachte waterstand op meetlocatie Delfzijl (kansverwachting op basis van de DCSMv5-EPS pluim)

Start uitvoering QRF	
<i>Wie</i>	Coördinator monitoringsfase
<i>Beslissing</i>	<p>Wordt er voldaan aan de randvoorwaarden voor de uitvoering van de QRF?:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De kans op overschrijden van het waarschuwingspeil (300 cm) op hoofdlocatie Delfzijl is groter dan 50%. Er wordt maximaal 4 dagen vooruit gekeken.</li> </ul> <p><b>Ja:</b> contact opnemen met de <b>coördinator uitvoeringsfase</b> en doorgaan naar Uitvoeringsfase (Sectie 0).</p> <p><b>Nee:</b> Terug naar monitoring van potentiële stormen.</p>

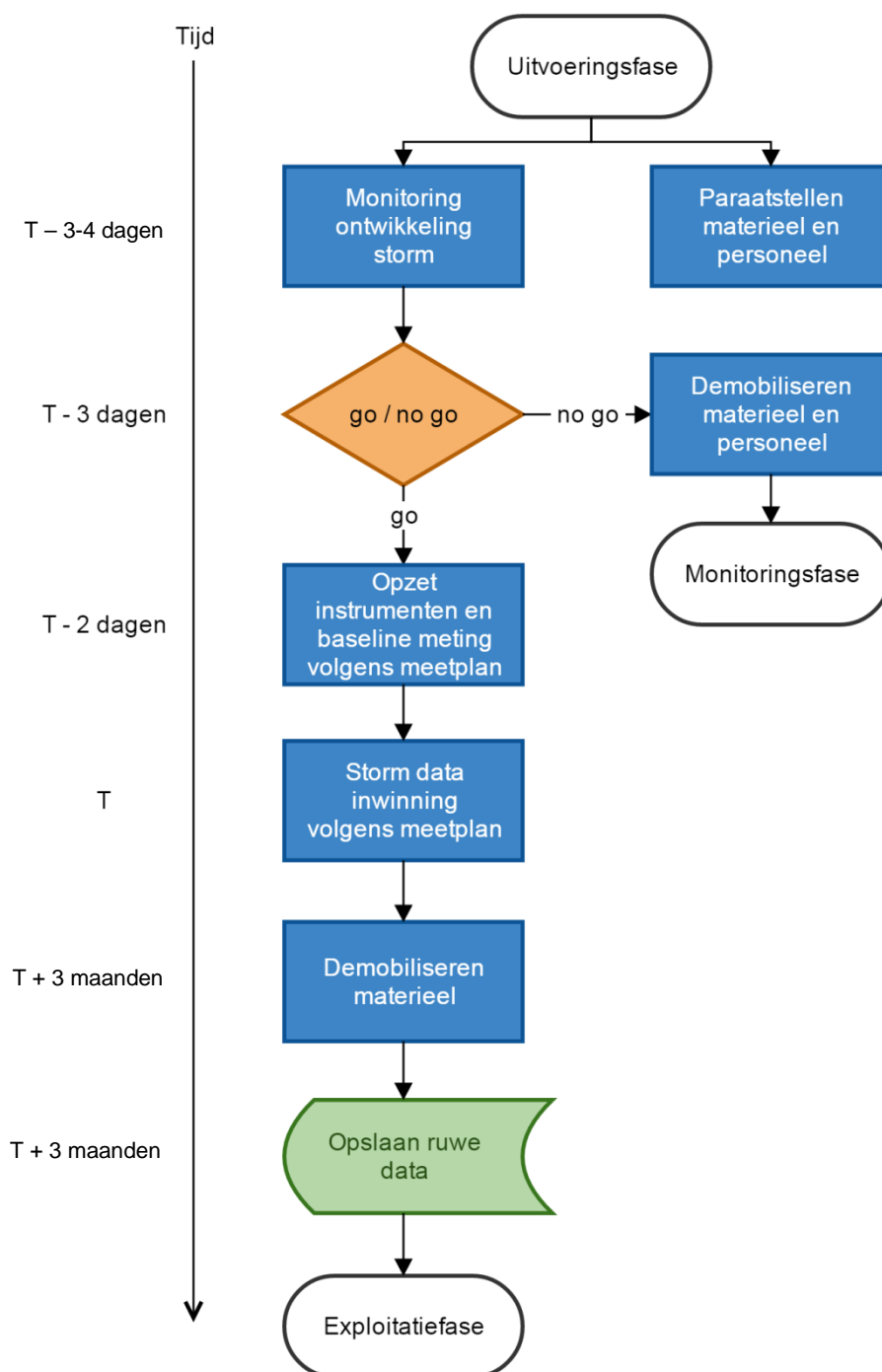
## 5.2.1 Contactgegevens

<b>Naam</b>	<b>Organisatie</b>	<b>Telefoon nummer 1</b>	<b>Telefoon nummer 2</b>	<b>e-mail</b>
<i>Jan Kroos (coördinator voorbereidingsfase)</i>	RWS-VWM	...	...	...
<i>Peter Heinen (coördinator uitvoeringsfase)</i>	RWS-WVL			

### 5.3 Uitvoeringsfase

Coördinator: Peter Heinen, RWS-WVL

Tijdens de uitvoeringsfase worden verwachte waterstanden en (scheve) opzetten door de QRF ingewonnen. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 5.5. De coördinator van de uitvoeringsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 5.5 Stroomdiagram Uitvoeringsfase

Monitoring ontwikkeling storm	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase
<i>Wanneer</i>	3 tot 4 dagen voor de storm (T-3/4)
<i>Taak</i>	Continue monitoring van de ontwikkeling van de storm in overleg met coördinator monitoringsfase en WMCN-KUST.

Paraat stellen materieel en personeel	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase, RWS-CIV
<i>Wanneer</i>	3 tot 4 dagen voor de storm (T-3/4)
<i>Taak</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coördinator uitvoeringsfase stelt RWS-CIV op de hoogte van start uitvoeringsfase.</li> </ul>

Go / no go	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase
<i>Wanneer</i>	3 dagen voor de storm
<i>Beslissing</i>	<p>Voldoen de verwachte stormcondities aan de randvoorwaarden voor het uitvoeren van de QRF?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De verwachte scheve opzet op hoofdlocatie Delfzijl is groter dan 190 cm.</li> </ul> <p><b>Go:</b> Neem contact op met RWS-CIV en activeer het opzetten van materieel en personeel.</p> <p><b>No go:</b> Neem contact op met RWS-CIV en activeer het demobiliseren van materieel en personeel.</p>

Demobiliseren materieel en personeel	
<i>Wie</i>	RWS-CIV
<i>Wanneer</i>	3 dagen voor de storm (T-3)
<i>Taak</i>	Demobilisatie van het materieel en personeel. Hierna weer teruggaan naar de monitoringsfase.

Opzet instrumenten en baseline meting volgens meetplan	
<i>Wie</i>	RWS-CIV
<i>Wanneer</i>	3 dagen voor de storm (T-2)
<i>Taak</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ophalen meetinstrumenten bij RWS-CIV</li> <li>Opzetten volgens instrumenten volgens detailmeetplan.</li> </ul>

Stormdata inwinning volgens meetplan	
<i>Wie</i>	RWS-CIV
<i>Wanneer</i>	Tijdens de storm (T)
<i>Taak</i>	Inwinning van data tijdens de storm volgens detailmeetplan.

Demobiliseren materieel	
Wie	RWS-CIV
Wanneer	3 maanden na de storm (T+3 maanden)
Taak	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afbreken meetopstellingen en ophalen data van instrumenten</li> </ul>

Opslaan ruwe data	
Wie	Deltares
Wanneer	3 maanden na de storm (T+3 maanden)
Taak	<ul style="list-style-type: none"> <li>RWS-CIV: Veiligstellen van gemeten data door de ruwe data (inclusief metadata) op te slaan.</li> </ul>

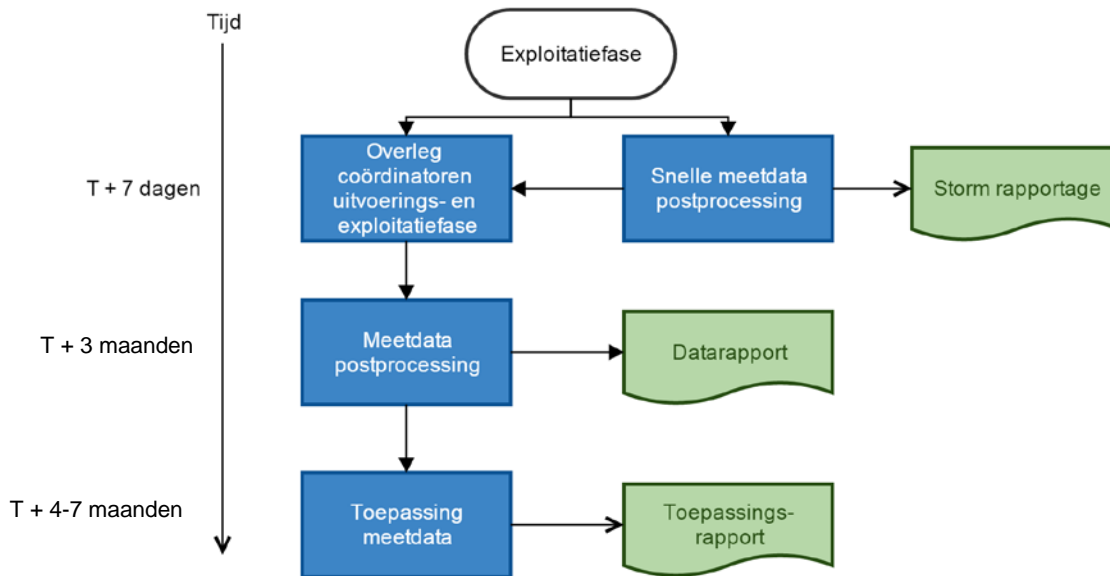
### 5.3.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Peter Heinen (coördinator uitvoeringsfase)</i>	RWS-WVL	...	...	...
<i>Firmijn Zijl</i>	Deltares			
<i>Herman Peters</i>	RWS-CIV			

## 5.4 Exploitatie

Coördinator: Firmijn Zijl, Deltares

In de exploitatiefase worden de QRF data verwerkt om de beheerders- en kennisvragen van Hoofdstuk 2-4 te beantwoorden. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 5.6. De coördinator van de exploitatiefase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 5.6 Stroomdiagram exploitatiefase

Overleg coördinatoren uitvoerings- en exploitatiefase	
Wie	Coördinator uitvoeringsfase en coördinator exploitatiefase.
Wanneer	7 dagen na de storm (T+7)
Taak	Overdracht tussen coördinator uitvoeringsfase en exploitatiefase. Overleg over de resultaten van de uitvoeringsfase en beslissen welke data geschikt is voor verdere analyse en toepassing, en vervolgstappen bepalen.

Snelle meet data postprocessing	
Wie	Firmijn Zijl
Wanneer	7 dagen na de storm (T+7)
Taak	'Quick and dirty' verwerking van de meetdata om input voor de Stormrapportage te genereren. Deze gegevens vervolgens sturen naar de coördinator exploitatiefase.

Storm rapportage	
Wie	Coördinator uitvoeringsfase.
Wanneer	7 dagen na de storm (T+7)
Taak	Opstellen en publiceren van een korte storm rapportage (10 bladzijden of minder, inclusief figuren).



Meetdata postprocessing	
Wie	Deltares
Wanneer	3 maanden dagen na de storm (T + 3 maanden)
Taak	Meetgegevens verwerken en additionele meetgegevens verzamelen.

Datarapport	
Wie	Coördinator exploitatiefase
Wanneer	3 maanden na de storm (T + 3 maanden)
Taak	Presentatie van gemeten data in een datarapport.

Toepassing meetdata	
Wie	Deltares, TU Delft, RWS-WVL, RWS-CIV, RWS-VWM
Wanneer	Vanaf 3 maanden na de storm (T + 3 maanden)
Taak	Beantwoorden van de kennisvragen en toetsen van de opgestelde hypotheses.

Toepassingsrapport	
Wie	Coördinator exploitatiefase
Wanneer	7 maanden na de storm
Taak	Opstellen en publiceren van een toepassingsrapport.

#### 5.4.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Firmijn Zijl (coördinator exploitatiefase)</i>	Deltares	...	...	...
<i>Peter Heinen (coördinator uitvoeringsfase)</i>	RWS-WVL			
<i>Martin Verlaan</i>	Deltares/TU Delft			
<i>Jan Kroos</i>	RWS-VWM	...	...	...
<i>Herman Peters</i>	RWS-CIV			