

QRF Protocol - Meetlocatie Ameland Noordwest

**Thema Dynamiek strand, duinen, kwelders en
overwash gebieden**
Thema Gedrag kustfundament en plaat-geul



QRF Protocol - Meetlocatie Ameland Noordwest

**Thema Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash
gebieden**

Thema Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties

Ellen Quataert
Robert McCall
Roderik Hoekstra
Zheng Wang

1220039-010

Titel

QRF Protocol - Meetlocatie Ameland Noordwest

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1220039-010	1220039-010-ZWS-0014	41

Trefwoorden

Quick Reaction Force, stormen, veldmetingen, kustbeheer, Amelanders Zeegat, duinerosie, morfologische ontwikkeling.

Samenvatting

Dit document beschrijft het protocol voor de Quick Reaction Force (QRF) voor de locatie Ameland Noordwest (NW). 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.

De locatie Ameland NW is door de QRF partners geselecteerd als meetlocatie voor de QRF binnen de thema's 'Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden' en 'Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties'. Ameland NW ligt in het zeer dynamische Amelanders Zeegat getijdesysteem, waar afwisselend perioden van afslag en aangroei plaatsvinden als gevolg van het cyclisch verschuiven van de geulen in het zeegat, en het aanlanden van zandplaten op de eilandkop vanaf de buitendelta. Ameland NW ondergaat de laatste decennia een erosieve trend in de BKL-zone als gevolg van een divergentiepunt in het golfgedreven langtransport op de eilandkop, waartegen intensief gesuppleerd wordt.

Gebrek aan detailkennis over morfodynamische processen rondom stormen vergroot de huidige onzekerheid over de morfologische ontwikkeling van Ameland NW op de middellange termijn, over optimale suppletie strategieën om de kust te beschermen, en over de voorspellende kracht van het huidig modelinstrumentarium. Om deze onzekerheden te verkleinen zijn tien kennisvragen en hypothesen beschreven die aan de hand van de methodiek die in dit protocol beschreven staat, getoetst en beantwoord kunnen worden.

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 golfparameters (hoogte, periode, richting), waterstanden en bodemveranderingen op het strand, in de duinvallei, en op de buitendelta essentieel zijn om de kennisvragen te kunnen beantwoorden. Om effectief metingen uit te voeren van morfologische veranderingen op de buitendelta en op de eilandkop wordt geadviseerd om de QRF tot actie over te laten gaan bij een voorspelde waterstand groter of gelijk aan NAP + 2,28 m bij meetstation Wierumergronden, of een significante golfhoogte groter of gelijk aan 5,61 m bij meetstation Schiermonnikoog Noord, welke overeenkomt met een terugkeerperiode van 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.


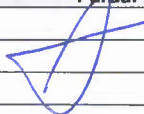

Titel
QRF Protocol - Meetlocatie Ameland Noordwest

Opdrachtgever
Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Project
1220039-010

Kenmerk
1220039-010-ZWS-0014

Pagina's
41

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Aug 2016	Ellen Quataert		Albert Oost		Frank Hoozemans	
		Robert McCall					
		Roderik Hoekstra					
		Zheng Wang					

Status
definitief

Inhoud

1	Introductie	1
1.1	Achtergrond en doelstelling QRF	1
1.2	Doel en inhoud van dit document	2
2	Locatie Ameland NW	3
2.1	Achtergrond proces QRF locatiekeuze	3
2.2	Gebiedsaanduiding Ameland NW	3
2.3	QRF partners Ameland NW	4
3	Beheervragen en kennisvragen	5
3.1	Probleembeschrijving Ameland NW	5
3.2	Beheervragen	6
3.3	Kennisvragen: Thema ‘Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden’	7
3.4	Kennisvragen: Thema ‘Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties’	9
4	Benodigde informatie	11
4.1	Benodigde informatie: Thema ‘Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden’	11
4.2	Benodigde informatie: Thema ‘Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties’	14
5	Beschikbare informatie	17
5.1	Toelichting beschikbaarheid golf- en waterstandsgegevens (RWS)	18
5.2	Toelichting databeschikbaarheid Vaklodingen	18
5.3	Toelichting databeschikbaarheid XBand radar (Deltares)	19
5.4	Toelichting beschikbaarheid meteorologische informatie (KNMI)	20
6	Meetplan	21
6.1	Stormcondities voor uitvoering QRF Ameland NW	21
6.2	Vastleggen van beschikbare informatie	22
6.2.1	<i>L: Meteorologische randvoorwaarden</i>	22
6.2.2	<i>M: Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee</i>	22
6.2.3	<i>N: Model voorspelling van waterstand en golven op Noordzee en Waddenzee</i>	22
6.2.4	<i>R: Lange-termijn bodemontwikkeling van de buitendelta</i>	22
6.3	Inwinnen van niet-beschikbare essentiële en zeer gewenste informatie	22
6.3.1	<i>A: Bodemligging van het strand en duinenrij voor en na de storm, topografie</i>	22
6.3.2	<i>B: Bodemligging van de vooroever voor en na de storm, bathymetrie</i>	23
6.3.3	<i>C: Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd</i>	23
6.3.4	<i>E: Waterstanden op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd</i>	23
6.3.5	<i>H: Waterstanden in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij</i>	23
6.3.6	<i>J: Bodemligging van de duinvallei voor en na een storm met bres in de duinenrij</i>	23
6.3.7	<i>K: Bodemligging van de binnenste duinenrij voor en na een storm met bres in de duinenrij</i>	23

6.3.8	<i>O: Modelvoorspellingen van A–K</i>	23
6.3.9	<i>Q: Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm</i>	24
6.3.10	<i>T: Sediment transport flux en richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee</i>	24
6.3.11	<i>I: Golfhoogte, en -periode in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij</i>	24
6.3.12	<i>S: Stroomsnelheid en –richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee</i>	24
6.4	Geschatte kosten inwinnen niet-beschikbare essentiële en zeer gewenste informatie	26
7	QRF datagebruik	27
8	Het protocol	31
8.1	Vorbereidingsfase	32
8.1.1	Contactgegevens	33
8.2	Monitoringsfase	34
8.2.1	Contactgegevens	35
8.3	Uitvoeringsfase	36
8.3.1	Contactgegevens	38
8.4	Exploitatie	39
8.4.1	Contactgegevens	40
9	Referenties	41

1 Introductie

1.1 Achtergrond en doelstelling QRF

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 fysieke data tijdens extreme natuurlijke gebeurtenissen (stormen; cf. IMARES, 2014). Dit om voor, tijdens en na stormen zo optimaal mogelijk kennis te vergaren voor het beantwoorden van beheerdervragen en het adresseren van kennisleemtes op het gebied van waterveiligheid.

Vanuit verschillende beheerders (Rijkswaterstaat, Waterschappen Noorderzijlvest en Hollands Noorderkwartier) is de behoefte geuit om snel na een storm een analyse te kunnen maken over het effect ervan op toestand van het beheerareaal. 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 ervan 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. dijkwacht door de waterschappen), geeft het bijvoorbeeld tijdens stormen meer inzicht in het onder extreme omstandigheden functioneren van het morfodynamisch systeem. Vanuit Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL), Deltares en de kennisinstututen 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.

Door de jaren heen is veel kennis ontwikkeld over de effecten van stormen op de kust. Deze kennis wordt direct toegepast bij de toetsing van de kust als waterkering. Echter, het grootste deel van deze kennis is afkomstig uit laboratoriumproeven, onder andere in de Deltagoot van WL|Delft Hydraulics (nu Deltares). Er is maar heel beperkt validatiemateriaal gebaseerd op veldmetingen beschikbaar.

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

Binnen de QRF zijn drie onderzoeksthema's gedefinieerd:

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

Binnen elk onderzoeksthema zijn er één of meerdere meetlocaties 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 aanpassen aan de hand van nieuwe inzichten en meetkansen, en veranderende beheerders- en kennisvragen.

1.2 Doel en inhoud van dit document

Het doel van dit document is het beschrijven van het QRF protocol voor de meetlocatie Ameland Noordwest (NW). Het document geeft een beschrijving van de meetlocatie Ameland NW en motivatie voor de keuze voor deze locatie voor de QRF in Hoofdstuk 2. In Hoofdstuk 3 en 4 worden de beheerdersvraag en kennisvragen voor deze locatie beschreven, respectievelijk de informatie die nodig is om deze vragen te beantwoorden. Hoofdstuk 5 beschrijft bestaande informatiebronnen en Hoofdstuk 6 beschrijft de benodigde additionele informatie voor de QRF locatie Ameland NW. Hoofdstuk 7 beschrijft de wijze waarop meetdata op QRF locatie Ameland NW gebruikt kunnen worden om de beheerders- en kennisvragen te beantwoorden. Ten slotte wordt het QRF protocol voor Ameland NW in Hoofdstuk 8 beschreven.

Vanwege de overlap in meetgebied en meetbehoefte voor de thema 'Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties' en thema 'Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden' voor de locatie Ameland NW, is ervoor gekozen om de protocollen van deze twee thema's gezamenlijk te behandelen in dit document.

Dit document is een levend document. Het QRF protocol voor Ameland NW zal op basis van nieuwe inzichten, veranderende QRF-partners en contactpersonen, en beschikbaarheid van informatie en meettechnieken continu bijgewerkt worden.

2 Locatie Ameland NW

2.1 Achtergrond proces QRF locatiekeuze

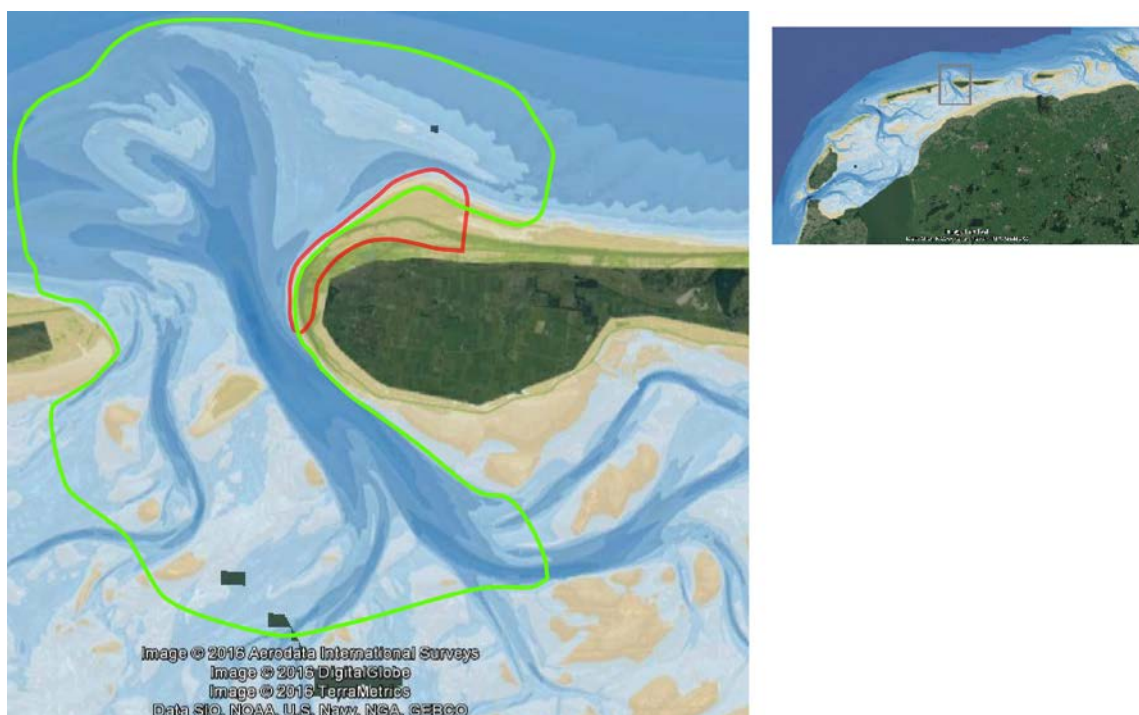
Op 9 juni 2015 is een eerste werksessie georganiseerd om het idee van een QRF uit te werken met deelnemers binnen en buiten Rijkswaterstaat: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL), Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening (RWS-CIV), Rijkswaterstaat Noord Nederland (RWS-NN), Rijkswaterstaat Watermanagementcentrum Nederland (RWS-WMCN), Waterschap Noorderzijlvest, IMARES, Deltares, Universiteit Twente, Universiteit Utrecht (UU), en TU Delft. Algemeen werd ingezien dat het opstellen van een geschikt protocol/draaiboek van groot belang is voor het slagen van een QRF. Vanuit de deelnemers werden de drie onderzoeksthema's naar voren gebracht, die zich lenen voor een aanpak door de QRF: 'Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties', 'Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden', en 'Voorspelbaarheid hoogwater Delfzijl'.

Vervolgens is elk van deze onderzoeksthema's uitgewerkt in themagroepen. De eerste bijeenkomst van het onderzoeksthema 'Dynamiek strand duinen, kwelders en overwash gebieden' vond plaats in januari 2016. Tijdens de bijeenkomst is er voor twee kansrijke locaties gekozen: Ameland NW en Emmapolder. Het protocol voor locatie Emmapolder staat in een apart document beschreven. Voor het onderzoeksthema 'Gedrag Kustfundament en plaat-geul interacties' heeft op 31 maart 2016 een workshop plaatsgevonden in Utrecht. Tijdens deze sessie zijn de mogelijke meetlocaties geïnventariseerd, waarbij de keuze is gevallen op het Ameland Zeegat als meest aantrekkelijk meetlocatie.

Bij het selecteren van QRF locaties is in de themagroepen in eerste plaats gestuurd op een sterke relatie tussen bestaande beheervragen en actuele kennisvragen op een bepaalde locatie, en de potentie van de QRF om een doorslaggevende rol te kunnen spelen in het beantwoorden van die vragen. De vragen die voor Ameland NW relevant zijn, staan beschreven in Hoofdstuk 3. Daarnaast is gekeken naar de logistieke haalbaarheid van een QRF inzet op de locatie en de beschikbaarheid van bestaande informatie en meetnetwerken die de resultaten van de QRF meerwaarde kunnen bieden (Hoofdstuk 5).

2.2 Gebiedsaanduiding Ameland NW

De QRF meetlocatie Ameland NW omhelst het strand en duinengebied aan de noordwest eilandkop van Ameland (thema 'Dynamiek strand duinen, kwelders en overwash gebieden', zie Figuur 2.1, rood), en de buitendelta van de Ameland Zeegat en de keel van het Borndiep, het Boschgat, en de Oosterom (thema 'Gedrag Kustfundament en plaat-geul interacties', Figuur 2.1, groen).



Figuur 2.1 Overzicht van de QRF meetlocatie Ameland NW op basis van vakloding data 2008–2014, met daarin het interessegebied voor de thema's 'Dynamiek strand duinen, kwelders en overwash gebieden' (rood) en 'Gedrag Kustfundament en plaat-geul interacties' (groen).

2.3 QRF partners Ameland NW

De partners binnen de QRF voor locatie Ameland NW zijn RWS-NN, RWS-WVL, UU, Shore Monitoring and Research (Shore), en Deltares. In april en juni 2016 hebben er twee werksessie plaatsgevonden met deze partners om te discussiëren over de relevante kennis- en beheerdervragen, beschikbare informatie, meettechnieken en data gebruik. De resultaten van deze werksessies zijn verwerkt in dit document. De beoogde rol van deze, en andere potentiële partners in de QRF Ameland NW is in hoofdstukken 6–8 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 Ameland NW en de beschikbaarheid van financieringsbronnen. De beoogde rollen van de QRF-partners in dit protocol zijn daarom niet bindend in dit document vastgelegd.

3 Beheervragen en kennisvragen

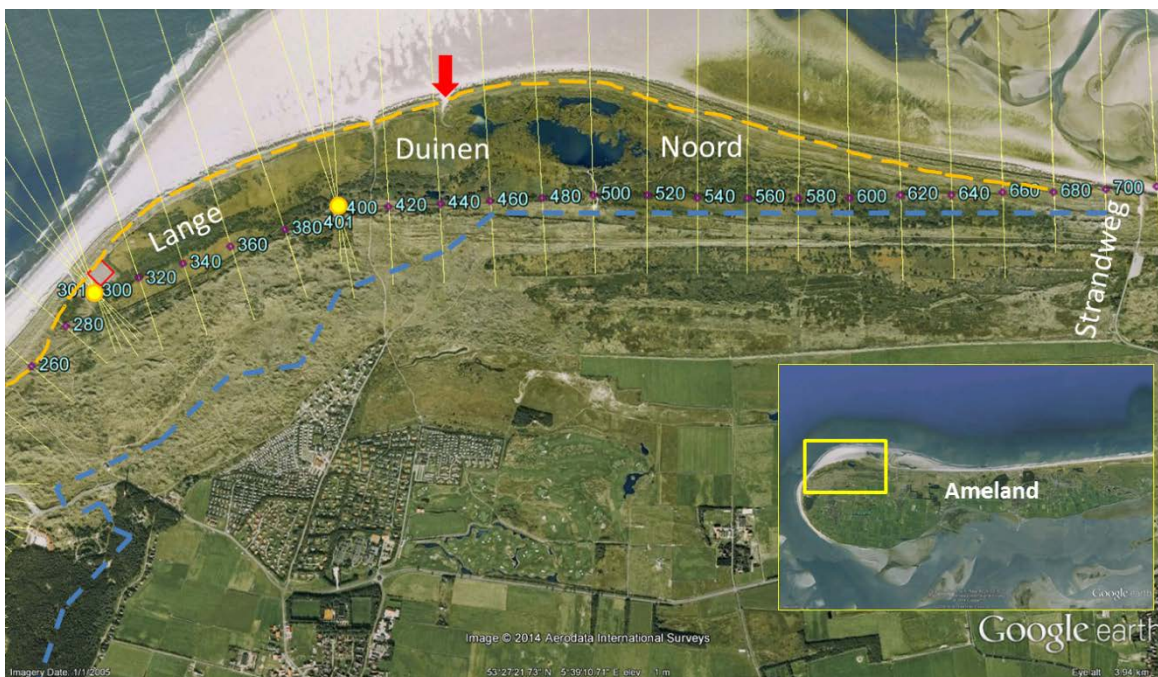
In dit hoofdstuk wordt een algemene probleembeschrijving gegeven voor het gebied rond Ameland NW (Sectie 3.1). In Sectie 3.2 wordt de algemene vragen van de beheerder in dit gebied omgezet in drie specifieke beheervragen rondom stormen die relevant zijn voor de QRF. Hierbij wordt uitsluitend uitgegaan van stormen waarbij zowel stormvloed (windopzet), als stormgolven voorkomen (Sectie 6.1), en niet van vooral afluiddige stormen met relatief milde hydraulische condities bij Ameland NW. De specifieke beheervragen worden vervolgens gekoppeld aan kennisvragen in de thema's 'Dynamiek strand duinen, kwelders en overwash gebieden' en 'Gedrag Kustfundament en plaat-geul interacties' in Secties 3.3 en 3.4.

3.1 Probleembeschrijving Ameland NW

Ameland NW ligt in het zeer dynamische Amelander Zeegat getijdesysteem, waar afwisselend perioden van afslag en aangroei plaatsvinden als gevolg van het cyclisch verschuiven van de geulen in het zeegat, en het aanlanden van zandplaten op de eilandkop vanaf de buitendelta (Israel & Dunsbergen, 1999). De meest recente aanlanding van een zandplaat op Ameland, het Bornrif, vond plaats rond 1990. Sinds die aanlanding is ongeveer 20 miljoen m³ geërodeerd van de noordwestelijke eilandkop van Ameland (Deltares, 2014). Deze erosieve trend wordt veroorzaakt door golftransformatie op de buitendelta van de Amelander Zeegat, in combinatie met de kromming van de kustlijn bij de kop van Ameland en de zeewaartse ligging van de aangelande zandplaat, die samen leiden tot een divergentiepunt in het golfgedreven langstransport op de eilandkop (Deltares, 2016). Deze erosie leidt tot zandverliezen in de BKL-zone, die tegengegaan wordt door intensief te suppleren.

De noordwestelijke eilandkop van Ameland heeft twee duinenrijen: een zeereep aan de landwaartse zijde van het strand (oranje gestreept in Figuur 3.1) en een binnenste duinenrij, die de primaire waterkering is (blauw gestreept in Figuur 3.1). Tussen de zeereep en primaire kering ligt de duinvallei van het natuurgebied Lange Duinen Noord. In tegenstelling tot de continue erosie van de BKL-zone, lijkt de erosie van de zeereep bepaald te worden door individuele stormen. In eerder onderzoek (Deltares, 2014) is de significante erosie van de zeereep tussen 2013 en 2014 toegekend aan de Sinterklaasstorm in 2013. Door gebrek aan gedetailleerde bodemmetingen direct voor en na de Sinterklaasstorm is het echter niet mogelijk geweest om het effect van de Sinterklaasstorm volledig te kunnen analyseren en om een volledige validatie met het geavanceerde duinafslagmodel XBeach te kunnen uitvoeren.

De resultaten van de analyse van de Sinterklaasstorm (Deltares, 2014; 2016) hebben duidelijk gemaakt dat de zeereep bij Ameland NW zeer gevoelig is voor erosie tijdens stormen. De zeereep zal naar verwachting als gevolg van een grote storm binnen enkele jaren doorbreken (Deltares, 2014; 2016), wat zal leiden tot het overstromen van een deel van de duinvallei: het gebied tussen de zeereep en de primaire kering. Hoewel er geen gevaar is voor falen van de primaire kering (Deltares, 2016), is het effect van een dergelijk doorbreken van de zeereep en overstroming van de duinvallei op de lange-termijn morfodynamische ontwikkeling van de kop van Ameland nog onbekend.



Figuur 3.1 Overzicht van het QRF locatie Ameland NW voor de thema 'Dynamiek strand duinen, kwelders en overwash gebieden'. De zeereep is weergegeven met de gestreepte oranje lijn en de primaire waterkering is weergegeven met de gestreepte blauwe lijn. Het gebied heeft een NAM-gaswinningplatform (rood omlijnd) en een kerf in de zeereep (rode pijl). De gele lijnen duiden JARKUS-raaien aan. Satellietbeeld 2005 Google.
Bron: Deltares (2016).

Naast het effect van de buitendelta op de noordwestelijke eilandkop van Ameland, vormt transport van sediment van en naar de Waddenzee een belangrijke post in de sedimentbalans voor het kustfundament. De sedimentvraag van het bekken van het Amelander Zeegat en de sedimentvoorraad in de buitendelta zijn dus van belang voor de beleidsdoelen met betrekking tot het handhaven van het kustfundament en de basiskustlijn. De ontwikkeling van de zandplaten, zandbanken en tussenliggende ondieptes op de buitendelta's zijn daarnaast van belang voor de beleidsdoeleinden met betrekking tot het handhaven van de habitatrictlijnen. Om suppletie strategieën te ontwikkelen die efficiënt bijdragen aan deze beleidsdoeleinden is beter inzicht in de dynamiek van buitendelta's essentieel. Het Amelander Zeegat is één van de minst door afsluitingen (van Zuiderzee en Lauwerszee) in het verleden beïnvloedde zeegatsystemen in de Nederlandse Waddenzee en uitzonderlijk intensief bemeten. Daardoor is dit zeegat het meest geschikt als studiegebied om generieke kennis over dynamiek van de buitendelta's te ontwikkelen.

3.2 Beheervragen

De overkoepelende vraag voor de beheerder RWS-NN bij Ameland NW is wat de middellange termijn ontwikkeling is van de Amelander Zeegat en de noordwestelijke eilandkop van Ameland. Daarbij volgt vanuit het oogpunt van beheer de vraag wat kansrijke strategieën voor kustbeheer in het gebied zijn. Hoewel deze overkoepelende vragen niet door de QRF alleen beantwoord kunnen worden, kan de QRF wel bijdragen aan het beantwoorden van de volgende beheervragen:

- Beheerdersvraag 1* *Wat is de rol van stormen in de middellange termijn morfologische ontwikkeling van Ameland NW?*
- Beheerdersvraag 2* *Wat is de betrouwbaarheid van voorspellingen van de morfologische ontwikkelingen van Ameland NW tijdens stormen en hoe beïnvloedt dat de betrouwbaarheid van voorspellingen op de middellange termijn?*
- Beheerdersvraag 3* *Hoe beïnvloeden suppletie strategieën de morfologische response van Ameland NW tijdens stormen, en levert dit effect een positieve bijdrage aan het bereiken van middellange termijn beheerdoelen?*

3.3 Kennisvragen: Thema 'Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden'

Zoals beschreven in Sectie 3.1 heeft er tijdens de Sinterklaasstorm substantiële erosie van de zeereep plaatsgevonden. Helaas moest, door gebrek aan gedetailleerde bodemmetingen direct voor en na de Sinterklaasstorm, in deze analyse gebruik gemaakt worden van LiDAR gegevens uit 2013 en 2014. Door de grote periode tussen deze JARKUS metingen is het niet mogelijk geweest om het effect van de Sinterklaasstorm op de gehele kust van Ameland Noordwest met grote zekerheid te analyseren. Om beter inzicht te krijgen in het effect van stormen op de morfologische ontwikkeling van de kust bij Ameland Noordwest is het nodig om de volgende kennisvraag te beantwoorden:

Kennisvraag 1. *Wat is de morfologische ontwikkeling van de vooroever, het strand en de zeereep bij Ameland Noordwest als gevolg van stormen ten opzichte van reguliere condities (Beheerdersvraag 1)?*

Hypothese 1: *Reguliere condities zorgen ervoor dat het strand in volume toe-, en afneemt, waardoor de beschermende werking van het strand op de zeereep toe- en afneemt. Uitsluitend stormen mobiliseren het sediment uit de zeereep.*

In de analyse van duinerosie veroorzaakt door de Sinterklaasstorm (Deltares, 2014, 2016) is een langsvariatie in de respons van de kust waargenomen, met een zogenaamde duinerosie hotspot. De aandrijvende processen voor deze langsvariatie zijn niet goed bekend, maar worden verwacht gerelateerd te zijn aan niet-uniformiteit in dwarstransporten en langstransportgradiënten. Om deze langsvariatie beter te begrijpen en om in de toekomst beter aan te kunnen geven waar mogelijke erosiehotspots plaatsvinden, moet de volgende kennisvraag beantwoord worden:

Kennisvraag 2. *Welke hydrodynamische dwars- of langsprocessen veroorzaken langsvariatie in duinafslag op Ameland Noordwest tijdens stormen (Beheerdersvraag 1, 2)?*

Hypothese 2: *Langsvariatie in de duinafslag wordt tijdens een storm veroorzaakt door een niet-uniformiteit in de golfenergie dichtbij de kust en langsgradiënten in de wind- en golf-gedreven langsstroming.*

Op basis van data analyse en modelvoorspellingen, wordt verwacht dat een deel van de zeereep binnen enkele jaren door zal breken bij een grote storm (Deltares, 2016). Het gevolg hiervan is het onderstromen van de duinvallei tussen de zeereep en binnenste duinenrij. Om het proces van bresvorming beter te begrijpen, evenals om de gevolgen van een dergelijke bres beter te identificeren, moeten de volgende kennis- en beheervragen beantwoord worden:

Kennisvraag 3. Onder welke omstandigheden en waar erodeert de zeereep zodanig dat de duinvallei overstroomt? Hoe ontwikkelt zich de bres in de zeereep tijdens de storm (Beheerdersvraag 1, 2)?

Hypothese 3: Bresvorming in de zeereep gebeurt tijdens de overstromingsfase van een storm die hoog genoeg is om over een brede zone van de zeereep heen te gaan, waarbij een laagte tot 100 meter breedte ontstaat. Gezien het huidige profiel is dat een storm met een terugkeerperiode van 1–10 jaar.

Kennisvraag 4. Wat zijn de gevolgen van het overstromen van de duinvallei op de binnenste duinenrij? Hoeveel van de duinvallei wordt overstroomd, hoe ontwikkelt dit gebied zich tijdens en na de storm, en hoeveel erosie vindt plaats bij de binnenste duinenrij (Beheerdersvraag 1)?

Hypothese 4: Bij doorbreken van de zeereep treedt beperkte erosie op aan de binnenste duinenrij, maar wordt wel een groot deel van de duinvallei overstroomd (Deltares, 2016).

Om het gebruik van geavanceerde duinerosiemodellen (e.g., XBeach) als toetsmodel in complexe situaties rondom een zeegat, waarbij zowel golven als getij een belangrijke rol kunnen spelen te verhogen, te valideren, is het wenselijk om in kaart te brengen wat de voorspellende kracht van deze modellen is in dergelijke situaties. Om dit te kunnen beantwoorden moet de volgende kennisvraag beantwoord worden:

Kennisvraag 5. Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het gedrag van de vooroever, het strand, en de duinenrij bij Ameland Noordwest tijdens stormen te voorspellen (Beheerdersvraag 2)?

Hypothese 5: Simulatie van de Sinterklaasstorm met het XBeach model verklaart tussen 50% en 100% van de gemeten volumeverandering van de zeereep tussen 2013 en 2014 (Deltares, 2016). Op basis hiervan wordt verondersteld dat het huidig modelinstrumentarium de erosie van de zeereep tijdens stormen met maximaal 50% onderschatting voorspelt.

Er wordt in Hypothese 1 een relatie tussen strandvolume en erosie van de zeereep tijdens een storm verondersteld, waarbij een vergroting van het strandvolume leidt tot een vermindering van duinafslag en erosie van de zeereep. Onder deze aanname kan verwacht worden dat het uitvoeren van strandsuppleties zal leiden tot een vermindering van afslag van de zeereep tijdens stormen. Het effect van geulwandsuppleties bij Ameland NW op stormafslag is echter minder goed bekend. Om beter inzicht te krijgen in de bijdrage van suppleties op de kustveiligheid in de korte-termijn (e.g., één tot enkele jaren), moet de volgende kennisvraag beantwoord worden:

Kennisvraag 6. Hoe beïnvloedt het volume en de vorm van een geulwandsuppletie de erosie van het strand, de zeereep, en duinen tijdens stormen, en hoe verschilt dat ten opzichte van een strandsuppletie (Beheerdersvraag 3)?

Hypothese 6: Suppleties binnen de actieve kustzone verminderen significant afslagvolumes in de duinen en zeereep tijdens stormen, omdat er op het strand en onderwater meer sediment beschikbaar is om een stormprofiel te ontwikkelen. Omdat de morfologische tijdschaal op dieper water groter is dan op het strand en bij de duinen, zal bij gelijke suppletievolumes in de actieve kustzone, een strandsuppletie de erosie van de zeereep meer doen afnemen dan een geulwandsuppletie.

3.4 Kennisvragen: Thema ‘Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties’

Transport van sediment naar de getijdebekkenen veroorzaken erosie langs de kust en op de buitendelta's en vormt een belangrijke post in de sedimentbalans voor het kustfundament. De sedimentvraag van de bekkens en de sedimentvoorraad in de buitendelta's zijn dus van belang voor de beleidsdoelen met betrekking tot het handhaven van het kustfundament en de Basiskustlijn. De ontwikkeling van eilandkoppen wordt mede gestuurd door ontwikkelingen op de aangrenzende buitendelta's. Het dynamische gedrag van zandplaten en geulen, dat wordt aangedreven door hydrodynamische processen op de buitendelta, is dus van belang voor de beleidsdoelen met betrekking tot het handhaven van de kustlijnpositie en de veiligheid tegen overstromingen. De ontwikkeling van de zandplaten, zandbanken en tussenliggende ondieptes op de buitendelta's zijn ook van belang voor de beleidsdoeleinden met betrekking tot het handhaven van de habitatrichtlijnen.

Naast de getijstrooming speelt de golfwerking een belangrijke rol voor de ontwikkeling van een buitendelta. Golfwerking en golfgedreven stroming zijn het sterkst tijdens stormen, en dan is de verhouding met de getijstrooming heel anders dan tijdens rustig weer. Ook mag verwacht worden dat de sedimenttransporten door de combinatie van getij- en golfgedreven stroming met golven veel groter zijn dan alleen golven of alleen stroming. In het algemeen wordt gesteld dat er grotere veranderingen op de buitendelta's optreden en dat deze veranderingen ook belangrijk zijn voor de lange-termijn ontwikkeling.

Kennisvraag 7. Wat is de morfologische ontwikkelingen van de buitendelta van het Amelander Zeegat als gevolg van een storm en hoe verhoudt zich dit tot de ontwikkeling onder normale condities (Beheerdersvraag 1)?

Hypothese 7. De veranderingen op de buitendelta tijdens stormen zijn veel sterker dan een even lange periode tijdens normale omstandigheden en zijn gekenmerkt door erosie op de platen en sedimentatie in de geulen.

Hoe groot zijn de jaarlijkse netto sedimenttransporten door de zeegaten? Wat zijn de drijvende processen achter de netto import of export van sediment? Deze belangrijke vragen voor het lange-termijn kustbeheer staan centraal in het Kustgenese 2 onderzoekprogramma. Een deel van de antwoorden op deze vragen moet worden geleverd door het antwoorden van de volgende kennisvraag:

Kennisvraag 8. Wat is de invloed van stormen op de sedimentuitwisseling tussen de Noordzeekust en de Waddenzee, en hoe wordt dit beïnvloed door de terugkeerperiode van stormen ten opzichte van de grootte van de storm (Beheerdersvraag 1, 2)?

Hypothese 8. Stormperiodes zijn erg belangrijk voor de sedimentuitwisseling tussen de Noordzee en de Waddenzee, waarbij het plaatareaal gaat werken als sedimentbron naar de geulen wat import van sediment vanaf de Noordzee tegenwerkt en waardoor sedimentexport optreedt. Extreme stormen beïnvloeden de gemiddelde sedimentuitwisseling minder dan jaarlijkse stormen door hun lange terugkeerperiode.

Zoals in het plan van aanpak voor Kustgenese 2 (Deltares, 2015) is uitgewerkt vormen meten, modelleren en analyseren samen de drie elementen in het onderzoek. Modelleren om het systeem te begrijpen en om de ontwikkelingen in de toekomst te kunnen begrijpen heeft alleen zin als het gebruikt modelinstrumentarium voldoende betrouwbaar is. Daarom is de volgende kennisvraag van belang:

Kennisvraag 9. Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het morfologisch gedrag van de buitendelta in het Amelander Zeegat tijdens stormen te voorspellen? Hoe moet het worden verbeterd (Beheerdersvraag 2)?

Hypothese 9. Ons huidig modelinstrumentarium is onvoldoende in staat het morfologische gedrag van de buitendelta te voorspellen. Kalibratie van de modellen met metingen tijdens stormen is essentieel om de modellen te verbeteren.

De meeste buitendelta's in het NL Waddengebied zijn gekrompen door erosie in de afgelopen decennia. Sterkere golfaanval op de omliggende Noordzeekust wordt als een belangrijk gevolg van het voortzetten van deze ontwikkeling beschouwd. Impliciet gaat men dus er vanuit dat de buitendelta beschermende werking heeft op de omliggende kusten. Maar hoe dit precies werkt is echter nog niet goed bekend. Daarom wordt de volgende kennisvraag gesteld:

Kennisvraag 10. Wat is de beschermende werking van een buitendelta tegen de golfaanval op de eilandkoppen en de Waddenzee tijdens stormen (Beheerdersvraag 1)?

Hypothese 10. De beschermende werking van de buitendelta tegen golfaanval op de eilandkoppen is significant door demping van golfenergie op de buitendelta.

4 Benodigde informatie

In dit hoofdstuk wordt de informatie gepresenteerd die nodig is om de kennisvragen, en daaraan gerelateerde beheervragen van Hoofdstuk 3 te kunnen beantwoorden. De benodigde informatie, vaak ook wel informatiebehoefte genoemd, wordt per kennisvraag behandeld, waarbij alle typen informatie worden voorzien van een code (letter). Ook wordt voor elk type informatie de prioriteit voor het kunnen beantwoorden van de kennisvraag aangegeven door middel van drie categorieën:

- *Essentieel*: deze informatie is minimaal nodig om de kennisvraag te kunnen beantwoorden.
- *Zeer gewenst*: met deze informatie kan de kennisvraag met meer zekerheid beantwoorden dan met de “essentiële” informatie alleen. Het verkrijgen van “zeer gewenste” informatie gebeurt veelal op basis van dezelfde technieken als het verkrijgen van “essentiële” informatie.
- *Gewenst*: met deze informatie kan de kennisvraag met meer zekerheid beantwoord worden dan met de “essentiële” informatie alleen. Het verkrijgen van “gewenste” informatie gebeurt veelal niet op basis van dezelfde technieken als voor het verkrijgen van “essentiële” en “zeer gewenste” informatie.

De benodigde informatie wordt hieronder per thema in Secties 4.1 en 4.2 beschreven. Een samenvatting van de benodigde informatie wordt in Tabel 4.1 gepresenteerd.

4.1 Benodigde informatie: Thema ‘Dynamiek strand, duinen, kwelders en overwash gebieden’

Kennisvraag 1. Wat is de morfologische ontwikkeling van de vooroever, het strand, en de zeereep bij Ameland Noordwest als gevolg van stormen ten opzichte van reguliere condities (Beheerdersvraag 1)?

Om inzicht te krijgen in de morfologische ontwikkeling tijdens een storm, zal er informatie nodig zijn van de bodemligging vlak voor en vlak na de storm. Het verschil tussen deze twee bodems geeft kwantitatieve informatie over de verandering in de bodemligging tijdens een storm. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het natte (vooroever) en het droge (strand en duinenrij) gedeelte van de kust.

Benodigde informatie:

- A. Bodemligging van het strand, zeereep en duinen voor en na de storm, topografie (*essentieel*).
- B. Bodemligging van de vooroever voor en na de storm, bathymetrie (*essentieel*).

Kennisvraag 2. Welke hydrodynamische dwars- of langsprocessen veroorzaken langsvariatie in duinafslag op Ameland Noordwest tijdens stormen (Beheerdersvraag 1, 2)?

Om deze vraag te beantwoorden, zal een analyse nodig zijn van de hydrodynamische processen die mogelijk de langsvariatie in duinafslag beïnvloeden. Relevante

hydrodynamische processen zijn golfhoogte, -periode, -richting, waterstanden en stroomsnelheden. Informatie over deze processen zijn nodig aan de teen van de duin en op het strand, ook is de ontwikkeling van deze processen gedurende de storm en in langsrichting van belang.

Benodigde informatie:

- C. Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*essentieel*).
- D. Golfrichting op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*gewenst*).
- E. Waterstanden op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*essentieel*).
- F. Stroomsnelheden op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*gewenst*).

Kennisvraag 3. Onder welke omstandigheden en waar erodeert de zeereep zodanig dat de duinvallei overstroomt? Hoe ontwikkelt zich de bres in de zeereep tijdens de storm (Beheerdersvraag 1, 2)?

Informatie over de (droge) bodemligging vlak voor en vlak na de storm zal inzicht geven in de locatie van een bres. Om de ontwikkeling van de bres tijdens de storm te analyseren, zal de ontwikkeling van de geometrie van de bres gemonitord moeten worden.

Benodigde informatie:

- A. Bodemligging van het strand, zeereep en duinen voor en na de storm, topografie (*essentieel*).
- C. Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*essentieel*).
- D. Golfrichting op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*gewenst*).
- E. Waterstanden op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*essentieel*).
- F. Stroomsnelheden op het strand en aan de teen van de zeereep, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd (*gewenst*).
- G. Geometrie van een bres, en verloop daarvan in de tijd tijdens een storm (*gewenst*).

Kennisvraag 4. Wat zijn de gevolgen van het overstromen van de duinvallei op de binnenste duinenrij? Hoeveel van de duinvallei wordt overstroomd, hoe ontwikkelt dit gebied zich tijdens en na de storm, en hoeveel erosie vindt plaats bij de binnenste duinenrij (Beheerdersvraag 1)?

Wanneer er een bres ontstaat in de zeereep tijdens een storm, zal er water en sediment door de zeereep stromen in de duinvallei. De ontwikkeling van de waterstand in de duinvallei en de resulterende golfhoogte en –periode vormen een nieuwe belasting op de binnenste duinenrij en beïnvloed de morfologische ontwikkeling van de binnenste duinenrij. Informatie over de waterstanden, golfhoogte en –periode in de duinvallei tijdens de storm, gecombineerd met de verandering van de bodemligging van de binnenste duinenrij en duinvallei vlak voor en na de storm, zal de impact van de bres op de veiligheid in kaart brengen.

Benodigde informatie:

- H. Waterstanden in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij (*essentieel*).
- I. Golfhoogte, en -periode in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij (*zeer gewenst*).
- J. Bodemligging van de duinvallei voor en na een storm met bres in de duinenrij (*essentieel*).
- K. Bodemligging van de binnenste duinenrij voor en na een storm met bres in de duinenrij (*essentieel*).

Kennisvraag 5. Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het gedrag van de vooroever, het strand, en de duinenrij bij Ameland Noordwest tijdens stormen te voorspellen (Beheerdersvraag 2)?

Met behulp van de informatie verkregen uit vraag 1–4, kan het modelinstrumentarium worden gevalideerd. Door het vergelijken van meetdata met de modelvoorspellingen kan het modelinstrumentarium beoordeeld, en als het nodig is, verbeterd worden. Voor de randvoorwaarden in het modelinstrumentarium is informatie nodig over waterstanden en golven op de Noordzee en de Waddenzee. Ook kunnen de meteorologische randvoorwaarden (windsnelheid, -richting, luchtdruk) een significant effect hebben op de waterstanden en golven tijdens stormen, en daarom van belang zijn voor het modelinstrumentarium.

Benodigde informatie:

- L. Meteorologische randvoorwaarden (*essentieel*).
- M. Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee (*essentieel*).
- N. Modelvoorspelling van waterstand en golven op Noordzee en Waddenzee (*zeer gewenst*).
- A–K. Benodigde gegevens van Vraag 1–4.
- O. Modelvoorspellingen van A–K.

Kennisvraag 6. Wat is het effect van suppleties op strand- en duinafslag tijdens stormen (Beheerdersvraag 3)

Om het effect van suppleties op stormafslag te bepalen kan gebruik worden gemaakt van data uit het veld, in combinatie met simulaties met gevalideerde procesmodellen. Voor data uit het veld is het van belang om procesinformatie te krijgen in situaties met verschillende suppletiecondities (strandsuppletie of geulwandsuppletie; recent aangelegd of reeds geërodeerd; suppletievolume). Voor het valideren van een procesmodel dat gebruikt kan worden om het effect van suppleties te onderzoeken zijn gelijke data als die behorend bij Kennisvragen 1–5 van belang.

Benodigde informatie:

- A–O. Benodigde gegevens van Vraag 1–5.
- P. Benodigde gegevens van Vraag 1–5 (A–O) behorende bij een ander suppletietoestand dan die in waarin A–O gemeten zijn (*gewenst*).

4.2 Benodigde informatie: Thema ‘Gedrag kustfundament en plaat-geul interacties’

Kennisvraag 7. Wat is de morfologische ontwikkelingen van de buitendelta van het Amelanders Zeegat als gevolg van een storm en hoe verhoudt zich dit tot de ontwikkeling onder normale condities (Beheerdersvraag 1)?

Een analyse van het effect van stormen en reguliere condities op de morfologische ontwikkeling van de buitendelta kan gemaakt worden op basis van veranderingen in de gemeten bathymetrie van de buitendelta, zowel om stormen heen, als regelmatig gedurende het jaar tijdens reguliere condities.

Benodigde informatie:

- Q. Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm (essentieel).
- R. Lange-termijn bodemontwikkeling van de buitendelta (zeer gewenst).

Kennisvraag 8. Wat is de invloed van stormen op de sedimentuitwisseling tussen de Noordzeekust en de Waddenzee (Beheerdersvraag 1, 2)?

Sedimentuitwisseling is nauwelijks in het veld te meten; daarom zal een numeriek model moeten worden ingezet om deze uitwisseling tijdens stormen in kaart te brengen en af te zetten tegen de uitwisseling tijdens normale omstandigheden. Veldmetingen van stromingen zijn noodzakelijk om het model in elk geval te kunnen kalibreren en valideren op stroomsnelheden, een belangrijk proces in de uitwisseling van sediment tussen de Noordzee en Waddenzee.

Benodigde informatie:

- S. Stroomsnelheid en –richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee (zeer gewenst).
- T. Sediment transport flux en richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee (essentieel).

Kennisvraag 9. Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het morfologisch gedrag van de buitendelta in het Amelanders Zeegat tijdens stormen te voorspellen? Hoe moet het worden verbeterd (Beheerdersvraag 2)?

De morfologische verandering van de buitendelta in het Amelanders Zeegat wordt naar verwachting gedreven door verschillende processen en complexe interacties daartussen, welke niet te achterhalen zijn met enkel veldmetingen. Om het morfologisch gedrag van de buitendelta te kunnen begrijpen, zal daarom een model nodig zijn. Om vertrouwen te hebben in de analyse van de resultaten van een dergelijk numeriek model is het essentieel dat het model voldoende gevalideerd is met observaties van hydrodynamische parameters en bodemverandering. Door het model te vergelijken met meetdata kan het modelinstrumentarium beoordeeld worden, en als het nodig is, verbeterd worden. Voor de randvoorwaarden in het modelinstrumentarium is informatie nodig over waterstanden en golven op de Noordzee. Ook zijn meteorologische randvoorwaarden van belang zijn voor het modelinstrumentarium.

Benodigde informatie:

- L. Meteorologische randvoorwaarden (essentieel).
- M. Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee (essentieel).
- Q. Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm, met name rondom plaatranden en geulen (essentieel).

Kennisvraag 10. Wat is de beschermende werking van een buitendelta tegen de golfaanval op de eilandkoppen en de Waddenzee tijdens stormen (Beheerdersvraag 1)?

De beschermende werking van de buitendelta kan worden geadresseerd door golfmetingen zeewaarts en landwaarts van de buitendelta met elkaar te vergelijken en na te gaan in hoeverre golfenergie is gedissipeerd, bij voorkeur zo dicht mogelijk voor en na de buitendelta om dissipatie als gevolg van andere omstandigheden uit te sluiten.

Benodigde informatie:

- M. Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee (essentieel).
- Q. Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm, met name rondom plaatranden en geulen (essentieel)

Tabel 4.1 Samenvatting benodigde informatie

Essentieel	
A	Bodemligging van het strand en duinenrij voor en na de stormvloed, topografie
B	Bodemligging van de vooroever voor en na de stormvloed, bathymetrie
C	Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd
E	Waterstanden op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd
H	Waterstanden in de duinvallei tijdens en na een stormvloed met bres in de duinenrij
J	Bodemligging van de duinvallei voor en na een stormvloed met bres in de duinenrij
K	Bodemligging van de binnenste duinenrij voor en na een stormvloed met bres in de duinenrij
L	Meteorologische randvoorwaarden (windsnelheid, -richting, luchtdruk)
M	Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee
O	Modelvoorspellingen van A–K
Q	Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm
T	Sediment transport flux en richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee
Zeer gewenst	
I	Golfhoogte, en -periode in de duinvallei tijdens en na een stormvloed met bres in de duinenrij
N	Model voorspelling van waterstand en golven op Noordzee en Waddenzee
R	Lange-termijn bodemontwikkeling van de buitendelta
S	Stroomsnelheid en –richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee
Gewenst	
D	Golfrichting op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd
F	Stroomsnelheden op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd
G	Geometrie van een bres, en verloop daarvan in de tijd tijdens een storm
P	Benodigde gegevens van Vraag 1–5 (A–O) behorende bij een ander suppletietoestand dan die in waarin A–O gemeten zijn

5 Beschikbare informatie

In Hoofdstuk 4 en Tabel 4.1 is een aantal verschillende typen informatie gepresenteerd die nodig zijn om de kennisvragen en daaraan gerelateerde beheervragen, te kunnen beantwoorden. In dit hoofdstuk wordt een inventarisatie gepresenteerd van welke informatie typen reeds beschikbaar zijn en welke informatie typen nog niet beschikbaar zijn. Hierbij is nog geen rekening gehouden met eventuele metingen die uitgevoerd gaan worden binnen het Kustgenese 2 project, of daaraan gerelateerde SEAWAD-project.

In Tabel 4.1 staat een overzicht van de beschikbaarheid van de benodigde informatie, en als de informatie reeds beschikbaar is, de naam van de partner die de informatie kan leveren. Een nadere toelichting van de reeds beschikbare informatie wordt gegeven in Secties 5.1–5.4.

Tabel 5.1 *Samenvatting beschikbaarheid informatie*

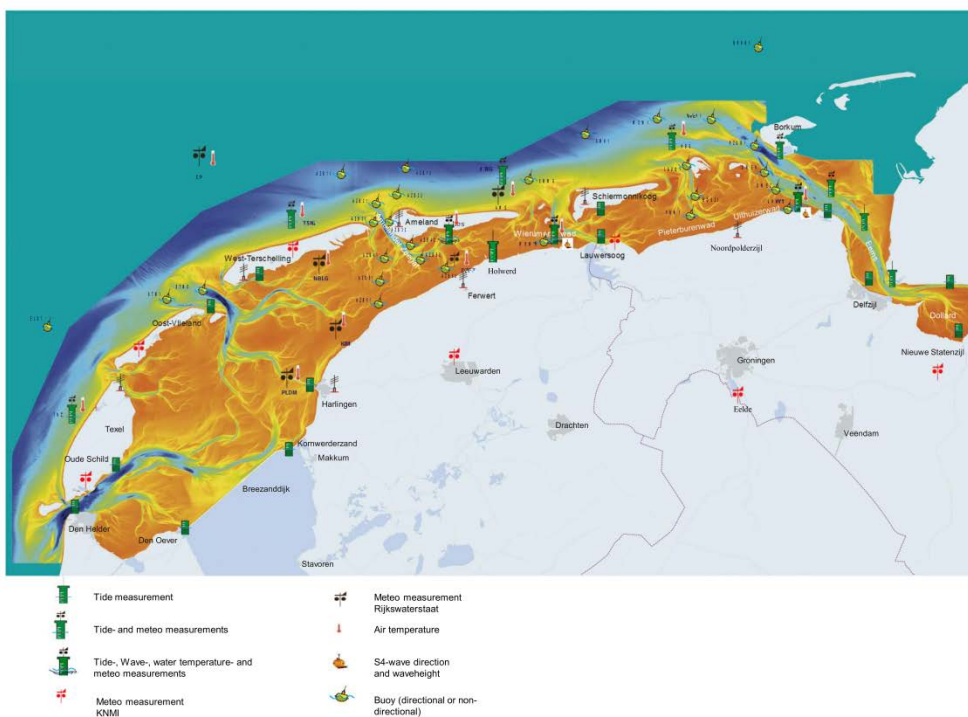
Informatiecode	Prioriteit	Beschikbaarheid en bron
A - bodemligging strand en duinen	Essentieel	Niet beschikbaar
B - bodemligging vooroever	Essentieel	Ongevalideerd beschikbaar met bestaande Ameland radar station door opslag data en diepte-inversie analyse (Deltares)
C - golfhoogte en -periode teen duin	Essentieel	Niet beschikbaar
E - waterstanden teen duin	Essentieel	Niet beschikbaar
H - waterstanden duinvallei	Essentieel	Niet beschikbaar
J - bodemligging duinvallei	Essentieel	Niet beschikbaar
K - bodemligging binnenste duinenrij	Essentieel	Niet beschikbaar
L - meteorologische randvoorwaarden	Essentieel	Beschikbaar (KNMI)
M - metingen golven en waterstanden op Noordzee en Waddenzee	Essentieel	Beschikbaar (RWS)
O - modelvoorspellingen A–K	Essentieel	Niet beschikbaar
Q bodemligging buitendelta	Essentieel	Niet beschikbaar
T - sediment transport flux geulen	Essentieel	Niet beschikbaar
I - golfhoogte en -periode duinvallei	Zeer gewenst	Niet beschikbaar
N - modelvoorspelling golven en waterstanden op Noordzee en Waddenzee	Zeer gewenst	Beschikbaar (RWS)
R - lange-termijn bodemontwikkeling buitendelta	Zeer gewenst	Beschikbaar (RWS)
S - stroomsnelheid geulen	Zeer gewenst	Niet beschikbaar
D - golfrichting strand	Gewenst	Niet beschikbaar
F - stroomsnelheid strand	Gewenst	Niet beschikbaar
G - geometrie bres	Gewenst	Niet beschikbaar
P - gegevens A-O voor andere suppletiecondities	Gewenst	Niet beschikbaar

5.1 Toelichting beschikbaarheid golf- en waterstandsinformatie (RWS)

Figuur 5.1 geeft een overzicht van de metingen in de Noordzee voor de jaren 2013-2014. In dit overzicht zijn onder andere 12 golfboeien ('Buoy') te zien in de omgeving van het Amelandse Zeegat. De intentie is om deze golfboeien ieder stormseizoen opnieuw te installeren tot medio 2023.

Waterstanden en meteorologische gegevens worden gemeten in de nabijheid van het Amelandse Zeegat, onder andere ten noorden van Terschelling op het meetplatform 'Terschelling Noordzee' (TSNZ) en ten noorden van Ameland op het meetplatform 'Wierumergronden' (WRG). Deze gegevens zullen voor onbepaalde tijd worden verzameld.

Data worden verwerkt en opgeslagen in het Landelijk Meetnet Water en onder licentie beschikbaar gesteld aan externe partijen via de MATROOS database.



Figuur 5.1 Overzichtskaartje van de meetstrategie Waddenzee 2013-2014.

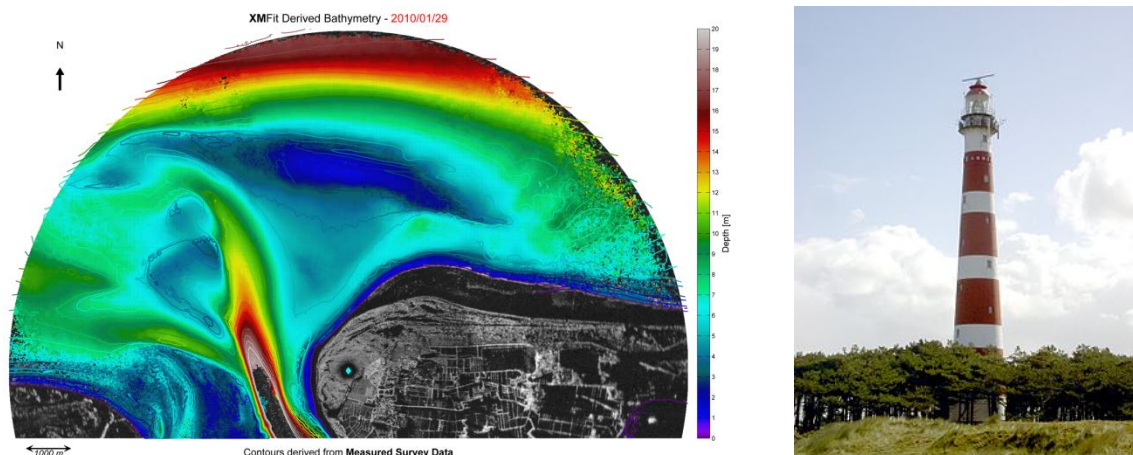
5.2 Toelichting databeschikbaarheid Vaklodingen

In-situ metingen van de veranderingen op de buitendelta's tijdens en in de periode na een storm zijn echter schaars. Rijkswaterstaat voert ongeveer een keer per 2-3 jaar bodemmetingen uit in het diepere deel van de kust, vanaf ongeveer 250 m vanaf de waterlijn tot de NAP - 20 m dieptecontour. Deze metingen worden vaklodingen genoemd en worden uitgevoerd om het gedrag van de Nederlandse zeebodem te leren kennen en voorspellingen te kunnen doen. De frequentie is echter niet hoog genoeg om de impact van een storm op de morfologie te kunnen beoordelen. Het wordt daarom aanbevolen om naast die metingen die regulier worden uitgevoerd, ook aanvullende bodemmetingen direct voor en na afloop van een storm, met name rondom plaatranden en geulen, uit te voeren om het effect van de storm op de morfologie te kunnen bepalen en af te zetten tegen de veranderingen tijdens normale condities.

Het uitvoeren van bodemmetingen met een Single Beam Echo Sounder (SBES) of een Multibeam Echosounder (MBES) is sterk afhankelijk van de meteorologische en hydrodynamische condities en daarnaast tijdrovend. In de afgelopen jaren is onderzoek gedaan naar het afleiden van bodemgegevens uit XBand radar beelden. Een XBand radar staat opgesteld op de vuurtoren op de westpunt van Ameland. Deze beelden worden continu verzameld en er behoeven geen extra inspanningen voor te worden gedaan, deze wel nodig zijn bij een SBES of MBES meting. De XBand radar geeft daarmee veel potentie om in de toekomst ingezet te kunnen worden voor het afleiden van bodemgegevens, al dan niet ter vervanging van SBES of MBES metingen. Deze methode is echter nog onvoldoende gevalideerd. Indien SBES en/of MBES metingen worden uitgevoerd, kunnen deze bijdragen aan verdere ontwikkeling en validatie van de XBand radar als meetinstrument. De vergelijking van bodemdata verkregen uit in-situ data en beelden van de XBand radar is relatief weinig werk. Het verschaft relatief veel inzicht in de bruikbaarheid en geeft mogelijk een grote besparing in de toekomst.

5.3 Toelichting databeschikbaarheid XBand radar (Deltares)

Op de westpunt van Ameland staat een XBand radar installatie op de vuurtoren. In de afgelopen jaren is ervaring opgedaan met betrekking tot het afleiden van bodem en stromingsgegevens in het gebied van de buiten delta van het Amelander Zeegat, zie Figuur 5.2. In het gebied van de binnen delta is te weinig golfenergie om dezelfde gegevens af te leiden. Ondanks de veelbelovende resultaten bevindt deze meettechniek zich op dit moment in experimentele fase en is onvoldoende gevalideerd om exclusief te kunnen worden gebruikt als bron van bodeminformatie.



Figuur 5.2 Links: schematisatie van de bodem van het Amelander Zeegat op 29 januari 2010, afgeleid uit beelden van de XBand radar op de vuurtoren van Ameland. Rechts: Foto van de vuurtoren van Ameland met daarop de XBand radar installatie.

De bodem die wordt getoond is afgeleid uit een serie van ongeveer 30 beelden, over een tijdsbestek van ongeveer 1,5 minuut (beeldfrequentie 2 a 3 seconden). In theorie is de benodigde hoeveelheid data om een quasi-statische bodem af te leiden dus minimaal, maar de bruikbaarheid van de data wordt beperkt door meteorologische en hydrodynamische omstandigheden.

De spectrale golf informatie, zichtbaar als propagerende golfkammen in een serie radarbeelden, kan worden uitgedrukt in golf richting en golflengte velden. Golfhoogte kan op dit moment nog niet worden afgeleid uit radarbeelden.

Op dit moment wordt er gewerkt aan een upgrade van het XBand radar hardware en software systeem op de vuurtoren van Ameland. Binnenkort zou het mogelijk moeten zijn om de ruwe data direct te laten verwerken met het door Nortek ontwikkelde algoritme SeaDarQ tot bodem en stromingsgegevens en deze informatie online beschikbaar te maken. Dat zou betekenen dat de radar data niet meer fysiek hoeft te worden opgehaald. Het bij Deltares ontwikkelde algoritme XMFit (Friedman, 2014) heeft bewezen betere resultaten te geven voor bodem en stromingsgegevens dan SeaDarQ. Het XMFit algoritme draait echter nog niet operationeel en daarvoor zou de ruwe data dus nog wel opgehaald moeten worden. Ondanks de grote inspanning die zal moeten worden geleverd wordt echter toch aanbevolen om XMFit te gebruiken in dit onderzoek.

Het verzamelen van bodeminformatie van de buitendelta van het Amelander Zeegat voor en na een storm, gekenmerkt met label 'Q' in Tabel 4.1, is geclassificeerd als essentieel. Dat betekent dat zonder deze informatie de kennisvragen met deze informatiebehoefte niet kunnen worden beantwoord. Zoals in Sectie 5.2 staat beschreven is het inwinnen van bodemdata op de conventionele methoden sterk afhankelijk van de omstandigheden, tijdrovend en duur. De XBand radar kan hier een alternatief zijn omdat deze praktisch zelfstandig en onafhankelijk opereert van de actuele meteorologische en hydrodynamische condities. Er dient te worden opgemerkt dat deze data weliswaar een vlakdekkend beeld geeft van de bodemligging van het Amelander Zeegat, maar deze afleiding nog onvoldoende is gevalideerd.

5.4 Toelichting beschikbaarheid meteorologische informatie (KNMI)

Meteorologische randvoorwaarden, zoals windsnelheden, –richting, en luchtdruk, kunnen worden aangevraagd bij het KNMI. Het KNMI heeft de beschikking over een uitgebreid waarnemennetwerk met meteorologische stations. Alleen de verwerkte data wordt opgeslagen door het KNMI, ruwe data zal apart opgeslagen moeten worden.

6 Meetplan

In Hoofdstuk 5 is alle beschikbare informatie gepresenteerd die gebruikt kan worden om de kennisvragen, en daaraan gerelateerde beheervragen, te kunnen beantwoorden. In dit hoofdstuk wordt een meetplan gepresenteerd om de informatie in te winnen die in Tabel 4.1 staat aangegeven. Dit meetplan is samengesteld op basis van overleg met de QRF Ameland NW partners RWS-WVL, RWS-NN, UU, Shore en Deltares, en beschrijft de beoogde rol van deze, en andere potentiële partners. De uiteindelijke rol die de partners zullen vervullen is afhankelijk van het verloop van onderzoeksprojecten en beschikbaarheid van financieringsbronnen, en is daarom indicatief opgenomen in dit document. Tijdens de voorbereidingsfase van de QRF Ameland NW (zie Hoofdstuk 8) zal een detailmeetplan opgezet worden om de logistieke uitvoering van de QRF Ameland NW mogelijk te maken en de definitieve rol van de partners vast te leggen.

In dit hoofdstuk wordt eerst beschreven onder welke stormcondities data door de QRF ingewonnen zouden moeten worden (Sectie 6.1). Vervolgens wordt een strategie gepresenteerd om 'beschikbare' informatie beschikbaar te maken voor de QRF (Sectie 6.2), en niet-beschikbare informatie door middel van metingen in te winnen (Sectie 6.3). Hierbij wordt in het eerste jaar van de QRF, bij wijze van pilot, uitsluitend uitgegaan van 'essentiële' informatietypen, en 'zeer gewenste' informatietypen daar waar deze zonder substantiële additionele inspanning verkregen kunnen worden. In Sectie 6.4 wordt vervolgens een schatting gemaakt van de kosten die nodig zijn om de niet-beschikbare informatietypen in te winnen.

6.1 Stormcondities voor uitvoering QRF Ameland NW

In Hoofdstuk 3 en in Deltares (2014) is aangegeven dat de zeereep bij Ameland NW weinig volume heeft en gevoelig zou kunnen zijn voor erosie tijdens stormen. Door middel van simulatie met een numeriek model is in Deltares (2016) bepaald dat de zeereep zodanig geërodeerd zou kunnen worden dat er een bres ontstaat bij een storm met een terugkeerperiode van 1–10 jaar. Om kennisvragen 3 en 4 te kunnen beantwoorden, evenals kennisvraag 5 met betrekking tot de betrouwbaarheid van modelvoorspellingen, is het essentieel om stormcondities te meten die overeenkomen met een terugkeerperiode van 1–10 jaar. Hoewel kennisvragen 1, 2, 7, 8, 9 en 10 niet noodzakelijk gebonden zijn aan stormcondities met een terugkeerperiode van 1–10 jaar, kunnen deze vragen wel effectief beantwoord worden door metingen tijdens dergelijke condities. Kennisvraag 6 kan slechts met meetdata beantwoord worden bij een tweede meting met een vergelijkbare storm, waarbij het strand anders is gesuppleerd.

Om te voorkomen dat kennisvragen 3, 4 en 5 onbeantwoord blijven, zal de QRF Ameland NW tot uitvoering overgaan bij voorspelde stormcondities behorend bij een terugkeerperiode van 1 jaar. Kwantitatief komt dit overeen met een voorspelling door Rijkswaterstaat Watermanagementcentrum Nederland (RWS-WMCM) van één of meer van de onderstaande condities:

- De significante golfhoogte (H_s) op basis van metingen 30–500 mHz bij meetboei Schiermonnikoog Noord (SMN1 - LMW) groter dan, of gelijk aan 5,61 m gedurende minimaal 3 uur;
- Een waterstand groter dan, of gelijk aan NAP + 2,28 m bij meetstation Wierumergronden (WIER - LMW).

De stappen die hierop volgen worden behandeld in het protocol in Hoofdstuk 8.

6.2 Vastleggen van beschikbare informatie

In Tabel 5.1 staan 2 beschikbare typen essentiële informatie, 2 beschikbare typen zeer gewenste informatie, en geen typen beschikbare gewenste informatie. In de volgende paragrafen wordt de methode beschreven waarop de QRF deze beschikbare informatie kan vastleggen. Een samenvatting van deze methoden staat in Tabel 6.1.

6.2.1 L: Meteorologische randvoorwaarden

Meteorologische randvoorwaarden (hindcast) kunnen bij KNMI opgevraagd worden.

6.2.2 M: Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee

Deze informatie is beschikbaar op MATROOS.

6.2.3 N: Model voorspelling van waterstand en golven op Noordzee en Waddenzee

Deze informatie kan na een hindcast simulatie door QRF partner Deltares beschikbaar worden gesteld.

6.2.4 R: Lange-termijn bodemontwikkeling van de buitendelta

Deze informatie kan verkregen worden uit vaklodingen in de jaren voor en na de storm. Gedurende het Kustgenese 2 onderzoeksproject zullen halfjaarlijkse vaklodingen beschikbaar zijn.

Tabel 6.1 Vastlegging en betrokken QRF partners voor beschikbare informatie.

Inf. code	Informatie behoefte	Prioriteit	Inwinmethode	Levering data / uitvoering door
L	Meteorologische randvoorwaarden	Essentieel	Aanvragen KNMI en opslaan Deltares	KNMI / Deltares
M	Waterstands- en golfmetingen op Noordzee en Waddenzee	Essentieel	Aanvragen MATROOS en opslaan Deltares	MATROOS / Deltares
N	Model voorspelling van waterstand en golven op Noordzee en Waddenzee	Zeer gewenst	Aanvragen RWS-WMCN en opslaan Deltares	Deltares
R	Lange-termijn bodemontwikkeling van de buitendelta	Zeer gewenst	Aanvragen vaklodingen. Opslag op centrale server reeds in werking	RWS

6.3 Inwinnen van niet-beschikbare essentiële en zeer gewenste informatie

In Tabel 4.1 staan negen niet-beschikbare typen essentiële informatie en twee niet-beschikbare typen zeer gewenste informatie. Daarnaast is er één type essentiële informatie die alleen ongevalideerd beschikbaar is. In de volgende paragrafen wordt de methode beschreven waarop de QRF deze niet-beschikbare informatie kan inwinnen. Een samenvatting van deze inwinmethoden staat in Tabel 6.2.

6.3.1 A: Bodemligging van het strand en duinenrij voor en na de storm, topografie

De hoogteligging van het strand, de zeereep, de duinvallei, en de binnenste duinenrij zal enkele dagen voor en na de storm ingemeten worden door middel van een drone met LiDAR

technologie. Hiermee wordt een vlakdekkend dataset geproduceerd met een verwachte nauwkeurigheid van enkele cm in de verticaal op droog strand en enkele dm in zones met vegetatie. Deze informatie kan door een markt partij (MP) ingewonnen en verwerkt worden.

6.3.2 *B: Bodemligging van de vooroever voor en na de storm, bathymetrie*

XBand radar data die tijdens de storm gemeten wordt op de Vuurtoren Ameland zal door QRF partner Deltares worden opgeslagen en zo goed mogelijk met bestaande methodes verwerkt worden tot voorspellingen van waterdiepte en bathymetrie. Ter validatie van deze data kan in een beperkt gebied voor en na de storm een single beam echosounder bathymetrie meting met jetski's worden uitgevoerd op de buitendelta van het Amelandse Zeegat door MP.

6.3.3 *C: Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd*

Golfhoogten, golfperioden en waterstanden aan de zeezijde van de zeereep kunnen worden gemeten met 12 druksensoren die voor aankomst van de storm vastgemaakt worden aan bestaande JARKUS palen, of vooraf geplaatste ankers. De druksensoren zullen op verschillende locaties in dwarsraaien geplaatst worden (4 drukdozen per dwarsraai). De druksensoren hebben de mogelijkheid om enkele dagen tot enkele weken (afhankelijk van producttype en dataopslag frequentie) zelfvoorzienend en zonder bekabeling waterdrukdata op te slaan. Tijdseries van golfhoogten, golfspectra, en waterstanden kunnen door middel van na-verwerking van de waterdrukdata worden ontwikkeld. Het plaatsen en verwijderen van drukdozen van QRF partner RWS-CIV kan door MP worden gedaan.

6.3.4 *E: Waterstanden op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd*

Deze informatie kan met dezelfde instrumenten en analysemethode worden verkregen als bij C (paragraaf 6.3.3).

6.3.5 *H: Waterstanden in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij*

Waterstanden, golfhoogten en golfperioden in de duinvallei kunnen worden gemeten met 8 druksensoren die voor aankomst van de storm vastgemaakt worden aan bestaande JARKUS palen, of vooraf geplaatste ankers. De druksensoren zullen op verschillende locaties in het midden, en langs de rand, van de vallei geplaatst worden. De druksensoren hebben de mogelijkheid om enkele dagen tot enkele weken (afhankelijk van producttype en dataopslag frequentie) zelfvoorzienend en zonder bekabeling waterdrukdata op te slaan. Tijdseries van golfhoogten, golfspectra, en waterstanden kunnen door middel van na-verwerking van de waterdrukdata worden ontwikkeld. Het plaatsen en verwijderen van drukdozen van QRF partner RWS-CIV kan door MP worden gedaan.

6.3.6 *J: Bodemligging van de duinvallei voor en na een storm met bres in de duinenrij*

Deze informatie kan met dezelfde instrumenten en analysemethode worden verkregen als bij A (paragraaf 6.3.3).

6.3.7 *K: Bodemligging van de binnenste duinenrij voor en na een storm met bres in de duinenrij*

Deze informatie kan met dezelfde instrumenten en analysemethode worden verkregen als bij A (paragraaf 6.3.3).

6.3.8 *O: Modelvoorspellingen van A–K*

Deze informatie betreft modelvoorspellingen waarvoor geen aparte metingen uitgevoerd hoeven te worden. Deze informatie is daarom niet opgenomen in Tabel 6.2.

6.3.9 *Q: Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm*

Deze informatie kan met dezelfde instrumenten en analysemethode worden verkregen als bij B (paragraaf 6.3.2).

6.3.10 *T: Sediment transport flux en richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee*

Hoewel dit essentiële informatie is, zijn er op dit moment geen meettechnieken bekend bij de QRF-partners waarmee deze informatie tijdens stormen ingewonnen kan worden, en is daarom niet opgenomen in Tabel 6.2. De QRF adviseert de ontwikkeling van potentiële toekomstige meettechnieken, zoals drone onderzeeërs, nauwlettend te volgen om in de toekomst aan deze informatiebehoefte te voldoen.

6.3.11 *I: Golfhoogte, en -periode in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij*

Deze informatie kan met dezelfde instrumenten en analysemethode worden verkregen als bij I (paragraaf 6.3.5).

6.3.12 *S: Stroomsnelheid en –richting in de getijgeul tussen de Noordzee en de Waddenzee*

Hoewel dit zeer gewenste informatie is, zijn er op dit moment geen meettechnieken bekend bij de QRF-partners waarmee deze informatie tijdens stormen ingewonnen kan worden, zie ook punt T (Sectie 6.3.10), en is daarom niet opgenomen in Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Meettechniek en betrokken QRF partners voor niet-bestaande essentiële en zeer gewenste informatie.

Inf. code	Informatie behoefte	Prioriteit	Meettechniek	Voorstel levering instrumenten / uitvoering door
A	Bodemligging van het strand en duinenrij voor en na de storm, topografie	Essentieel	Drone met LiDAR	MP
B	Bodemligging van de vooroever voor en na de storm, bathymetrie	Essentieel	XBand Radar + validerend single beam data	MP voor validerend single beam data. RWS-CIV voor XBand Radar data. Deltares voor verwerking
C	Golfhoogte, en -periode op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd	Essentieel	Drukdozen bij teen duin op 12 locaties in langsrichting	RWS-CIV / MP
E	Waterstanden op het strand en aan de teen van de duin, en verandering daarvan in de langsrichting en tijd	Essentieel	Drukdozen bij teen duin op 12 locaties in langsrichting (zie C)	RWS-CIV / MP
H	Waterstanden in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij	Essentieel	Drukdozen op 8 locaties in duinvallei	RWS-CIV / MP
J	Bodemligging van de duinvallei voor en na een storm met bres in de duinenrij	Essentieel	Drone met LiDAR (zie A)	MP
K	Bodemligging van de binnenste duinenrij voor en na een storm met bres in de duinenrij	Essentieel	Drone met LiDAR (zie A)	MP
Q	Bodemligging van de buitendelta vlak voor en na de storm	Essentieel	XBand Radar + validerend single beam data (zie B)	MP voor validerend single beam data. RWS-CIV voor XBand Radar data. Deltares voor verwerking
I	Golfhoogte, en -periode in de duinvallei tijdens en na een storm met bres in de duinenrij	Zeer gewenst	Drukdozen op 8 locaties in duinvallei (zie I)	RWS-CIV / MP

6.4 Geschatte kosten inwinnen niet-beschikbare essentiële en zeer gewenste informatie

De geschatte kosten van het inwinnen van informatietypen A, B, C, E, H, J, K, Q, en I staan hieronder in Tabel 6.3 weergegeven. Deze kosten betreffen slechts de kosten van het aanschaffen van instrumenten om de metingen mee uit te voeren als deze instrumenten niet bij de QRF-partners beschikbaar zijn (eenmalige kosten, geen afschrijving), en eventuele kosten om metingen uit te voeren. Het verwerken van de meetdata tot informatie ter beantwoording van de beheervragen en kennisvragen is niet in de schatting van de kosten in Tabel 6.3 meegenomen.

De genoemde bedragen in Tabel 6.3 zijn slechts een indicatie van de verwachte kosten die geschat zijn op basis van de kennis van de QRF partners. Daadwerkelijke kosten kunnen nog variëren en kunnen sterk afhangen van de beschikbaarheid van meetinstrumenten bij RWS-CIV tijdens stormcondities die geschikt zijn voor de QRF en het eventueel aanbesteden van werkzaamheden aan een marktpartij (MP). Eventuele aanbesteding van werk zal volgens de reguliere aanbestedingsprocedure plaatsvinden.

Tabel 6.3 Geschatte kosten voor inwinnen niet-bestaande essentiële en zeer gewenste informatie.

Inf. code	Prioriteit	Meettechniek	Geschatte kosten meettechniek
A	Essentieel	Drone met LiDAR	€40.000 voor meting voor en na de storm
B	Essentieel	XBand Radar + validerend single beam data	€40.000 voor single beam echosounder meting validatiedata en verwerken XBand radar data
C	Essentieel	Drukdozen bij teen duin op 12 locaties in langsrichting	€24.000 voor aanschaf drukdozen
E	Essentieel	Drukdozen bij teen duin op 12 locaties in langsrichting (zie C)	Geen additionele kosten t.o.v. C.
H	Essentieel	Drukdozen op 8 locaties in duinvallei	€16.000 voor aanschaf drukdozen
J	Essentieel	Drone met LiDAR (zie A)	Geen additionele kosten t.o.v. A.
K	Essentieel	Drone met LiDAR (zie A)	Geen additionele kosten t.o.v. A.
Q	Essentieel	XBand Radar + validerend single beam data (zie B)	Geen additionele kosten t.o.v. B.
I	Zeer gewenst	Drukdozen op 8 locaties in duinvallei (zie I)	Geen additionele kosten t.o.v. I.

7 QRF datagebruik

De informatie die door de QRF ingewonnen kan door de QRF partners, en mogelijk ander geïnteresseerde partijen, gebruikt worden om de kennisvragen 1–10 van Hoofdstuk 3 te beantwoorden. Door het beantwoorden van de kennisvragen, zal inzicht worden verkregen in beheervragen 1–3 (Sectie 3.2). De methode die gebruikt kan worden om kennisvragen 1–10 te beantwoorden wordt in Tabel 7.1 per kennisvraag aangegeven.

Om efficiënt data tussen QRF partners onderling te delen zullen alle nieuwe ruwe en eventueel verwerkte data verkregen volgens het meetplan worden opgeslagen in Open Earth, welke openlijk toegankelijk is voor alle QRF partners en ander geïnteresseerde partijen. Reeds bestaande data zullen in Open Earth opgeslagen worden indien toegestaan door de beheerder van de data.

Tabel 7.1 Kennisvraag en manier waarop informatie na inwinnen gebruikt zal worden.

Vraag	Vraag, informatietypen, partners en uitleg
1	<p><i>Wat is de morfologische ontwikkeling van de vooroever, het strand, en de zeereep bij Ameland Noordwest als gevolg van stormen ten opzichte van reguliere condities (Beheerdersvraag 1)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: A, B</i></p> <p><i>Partners: Deltares, UU, RWS-WVL, RWS-NN</i></p> <p>Data kunnen worden gebruikt in aanvulling op analyse van Deltares (2014; 2016) en data die binnen Kustgenese 2 en SEAWAD ingewonnen worden om de rol van stormen in het Ameland Zeegat systeem beter te begrijpen.</p>
2	<p><i>Welke hydrodynamische dwars- of langsprocessen veroorzaken langsvariatie in duinafslag op Ameland Noordwest tijdens stormen (Beheerdersvraag 1, 2)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: C, E</i></p> <p><i>Partners: Deltares, UU, RWS-WVL, RWS-NN</i></p> <p>Deze vraag kan in combinatie met kennisvraag 1 beantwoord worden.</p>
3	<p><i>Onder welke omstandigheden en waar erodeert de zeereep zodanig dat de duinvallei overstroomt? Hoe ontwikkelt zich de bres in de zeereep tijdens de storm (Beheerdersvraag 1, 2)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: A, C, E, F, G</i></p> <p><i>Partners: Deltares, RWS-NN</i></p> <p>Deze vraag kan empirisch beantwoord worden op basis van observaties. Bij het beantwoorden van vraag 5 kunnen deze gegevens ook gebruikt worden ter validatie van het modelinstrumentarium. Resultaten van de analyse kunnen dienen als richtlijn voor ander locaties met dynamisch kustbeheer.</p>

<p>4</p>	<p><i>Wat zijn de gevolgen van het overstromen van de duinvallei op de binnenste duinenrij? Hoeveel van de duinvallei wordt overstroomd, hoe ontwikkelt dit gebied zich tijdens en na de storm, en hoeveel erosie vindt plaats bij de binnenste duinenrij (Beheerdersvraag 1)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: H, I, J, K</i></p> <p><i>Partners: Deltares, RWS-NN</i></p> <p>Deze vraag kan in combinatie met vraag 3 beantwoord worden op basis van analyse van de meetdata. De resultaten kunnen dienen als referentiecasi voor ander locaties met dynamisch kustbeheer.</p>
<p>5</p>	<p><i>Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het gedrag van de vooroever, het strand, en de duinenrij bij Ameland Noordwest tijdens stormen te voorspellen (Beheerdersvraag 2)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: A–O, met uitzondering van D</i></p> <p><i>Partners: Deltares, RWS-WVL, RWS-NN, TU Delft</i></p> <p>De storm die door de QRF gemeten is kan worden gesimuleerd met het bestaande modelinstrumentarium om de nauwkeurigheid van deze modellen te bepalen en zal daarmee voortbouwen op het werk van Deltares (2016).</p>
<p>6</p>	<p><i>Hoe beïnvloedt het volume en de vorm van een geulwandsuppletie de erosie van het strand, de zeereep, en duinen tijdens stormen, en hoe verschilt dat ten opzichte van een strandsuppletie (Beheerdersvraag 3)?</i></p> <p><i>Er zal na de eerste QRF meetcampagne nog onvoldoende data zijn om deze vraag op basis van meetdata te beantwoorden.</i></p>
<p>7</p>	<p><i>Wat is de morfologische ontwikkelingen van de buitendelta van het Ameland Zeegat als gevolg van een storm en hoe verhoudt zich dit tot de ontwikkeling onder normale condities (Beheerdersvraag 1)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: Q, R</i></p> <p><i>Partners: TU Delft, UU, Deltares, RWS-WVL, RWS-NN</i></p> <p>Deze informatie kan in combinatie met kennis uit Kustgenese 2 en SEAWAD gebruik worden om de rol van stormen in het Ameland Zeegat systeem beter te begrijpen.</p>
<p>8</p>	<p><i>Wat is de invloed van stormen op de sedimentuitwisseling tussen de Noordzeekust en de Waddenzee (Beheerdersvraag 1, 2)?</i></p> <p><i>Er zal op basis van de huidige QRF meetplan onvoldoende data zijn om deze vraag op basis van meetdata te beantwoorden.</i></p>

9	<p><i>Hoe goed is ons huidig modelinstrumentarium in staat het morfologisch gedrag van de buitendelta in het Amelander Zeegat tijdens stormen te voorspellen? Hoe moet het worden verbeterd (Beheerdersvraag 2)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: L, M, Q</i></p> <p><i>Partners: Deltares, TU Delft, UU, RWS-WVL</i></p> <p>De storm die door de QRF gemeten is kan worden gesimuleerd met het bestaande modelinstrumentarium om de nauwkeurigheid van deze modellen te bepalen.</p>
10	<p><i>Wat is de beschermende werking van een buitendelta tegen de golfaanval op de eilandkoppen en de Waddenzee tijdens stormen (Beheerdersvraag 1)?</i></p> <p><i>Gebruikte informatietypen: M, Q</i></p> <p><i>Partners: TU Delft, UU, Deltares, RWS-WVL</i></p> <p>Deze informatie kan in combinatie met kennis uit Kustgenese 2 en SEAWAD gebruik worden om de rol van de buitendelta op het lokaal golfklimaat bij de eilandkoppen beter te begrijpen.</p>

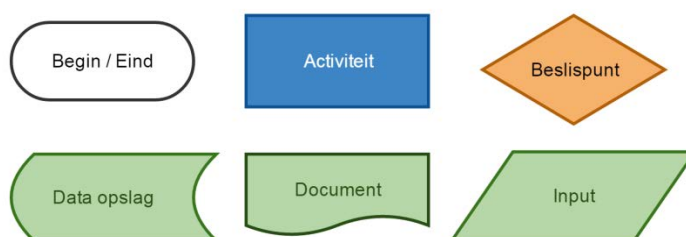
8 Het protocol

Dit hoofdstuk beschrijft het protocol voor QRF Ameland NW, waarin de handelingen beschreven staan die uitgevoerd moeten worden om de informatie te verzamelen zoals aangegeven in het meetplan (Hoofdstuk 6) 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 8.1–8.4 zijn stroomdiagrammen opgesteld voor de voorbereidings-, monitorings-, uitvoerings-, en exploitatiefase, waarbij de te volgen stappen en te nemen beslissingen worden weergegeven (zie Figuur 8.1 voor stroomdiagram legenda, en Figuur 8.2, Figuur 8.3, Figuur 8.4, en Figuur 8.5 voor de afzonderlijke stroomdiagrammen). Voor elke stap in het protocol is onder het stroomdiagram een toelichting gegeven, waarin wordt beschreven **wie** een actie uit moet voeren, **wanneer** deze actie genomen moet worden en welke **taak** er uitgevoerd moet worden. Zoals beschreven in Sectie 2.3 en Hoofdstuk 6 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.



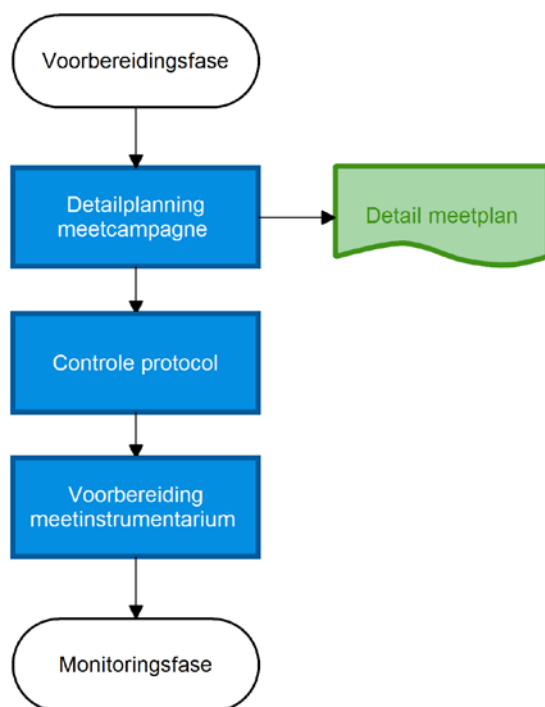
Figuur 8.1 Betekenis van blokken in de stroomdiagrammen

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

8.1 Voorbereidingsfase

Coördinator: Robert McCall, Deltares

Voor de start van het stormseizoen moet voorbereidend werk worden gedaan om te zorgen voor een goed verloop van de QRF Ameland NW. Deze acties staan hieronder in Figuur 8.2. aangegeven. De coördinator van de voorbereidingsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 8.2 Stroomdiagram voorbereidingsfase

Detailplanning meetcampagne	
Wie	Deltares (coördinator voorbereidingsfase), MP
Wanneer	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 8.2)
Taak	Overleg detailplanning van veldmetingen (locaties instrumenten, meetbereik en -frequentie, etc.)

Detail meetplan	
Wie	Deltares, MP
Wanneer	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 8.2)
Taak	Opzetten en/of updaten 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 (coördinator voorbereidingsfase)
<i>Wanneer</i>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 8.2)
<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>	MP
<i>Wanneer</i>	Voor start monitoringsfase (ieder jaar: 21 september, zie Sectie 8.2)
<i>Taak</i>	MP zet instrumenten uit die het hele stormseizoen door kunnen meten, bereidt vaste constructies op waaraan instrumenten vastgezet kunnen worden, en bereidt instrumenten en meettechnieken voor.

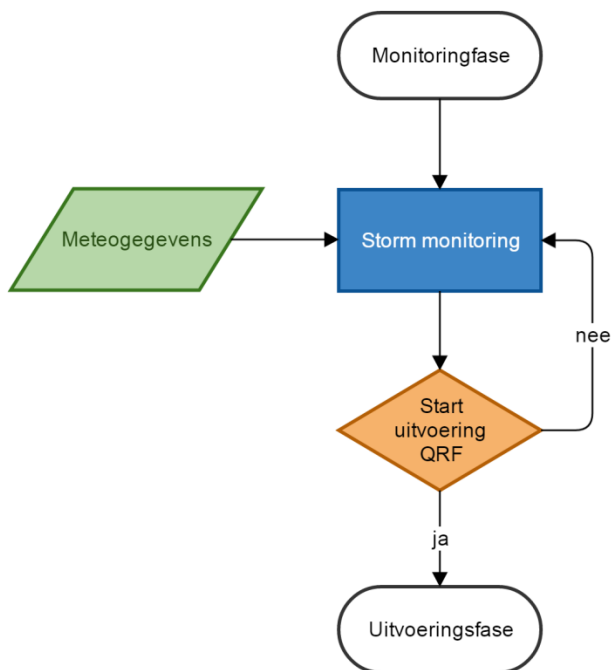
8.1.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Robert McCall (coördinator voorbereidingsfase)</i>	Deltares	...	...	...
	MP	...	...	...

8.2 Monitoringsfase

Coördinator: Robert McCall, Deltares

In de monitoringsfase worden stormcondities bij Ameland NW gemonitord om tot een beslissing te komen over inzet van de QRF. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 8.3. De coördinator van de monitoringsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 8.3 Stroomdiagram Monitoring fase

Storm monitoring	
Wie	RWS-WMCN
Wanneer	Het gehele winterseizoen tussen startdatum 21 september en einddatum 21 maart.
Taak	RWS-WMCN stuurt coördinator monitoringsfase en coördinator uitvoeringsfase email bericht iedere keer dat QRF stormcondities overschreden worden (zie Sectie 6.1).

Meteogegevens	
<ul style="list-style-type: none"> • Voorspelde significante golfhoogte (H_s) op basis van metingen 30–500 mHz bij meetboei Schiermonnikoog Noord (SMN1 - LMW) • Voorspelde waterstand bij meetstation Wierumergronden (WIER - LMW). 	

Start uitvoering QRF	
<i>Wie</i>	Coördinator monitoringsfase
<i>Beslissing</i>	<p>Wordt er voldaan aan de randvoorwaarden voor de uitvoering van de QRF (zie Sectie 6.1)?:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De significante golfhoogte (H_s) op basis van metingen 30–500 mHz bij meetboei Schiermonnikoog Noord (SMN1 - LMW) groter dan, of gelijk aan 5,61 m gedurende minimaal 3 uur; • Een waterstand groter dan, of gelijk aan NAP + 2,28 m bij meetstation Wierumergronden (WIER - LMW). <p>Ja: contact opnemen met de coördinator uitvoeringsfase en doorgaan naar Uitvoeringsfase (Sectie 0).</p> <p>Nee: Terug naar monitoring van potentiële stormen.</p>

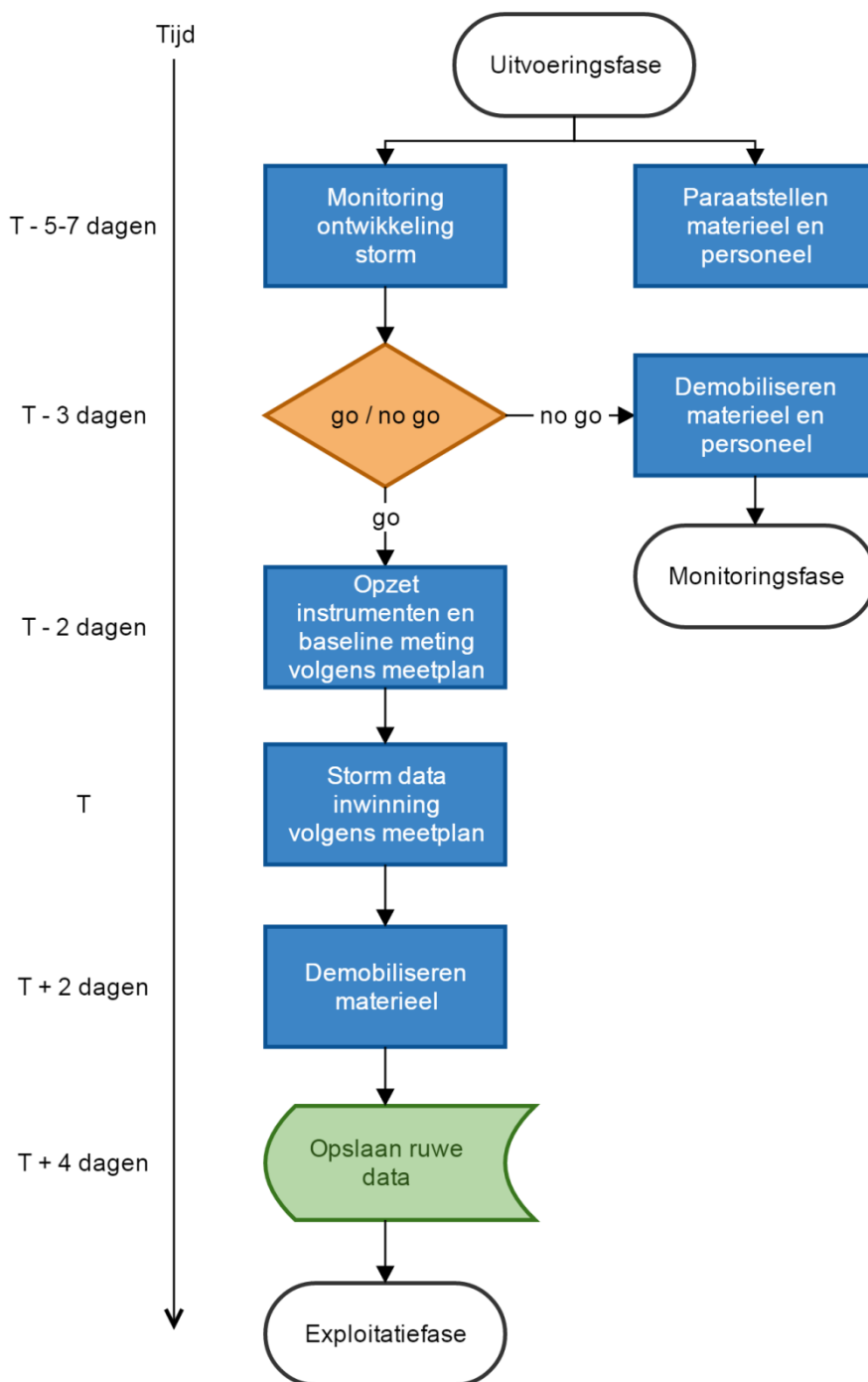
8.2.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Robert McCall</i> (coördinator voorbereidingsfase)	Deltares	...	...	...
	RWS-WMCN	...	...	...
<i>Rena Hoogland</i> (coördinator uitvoeringsfase)	RWS-WVL			

8.3 Uitvoeringsfase

Coördinator: Rena Hoogland, RWS-WVL

Tijdens de uitvoeringsfase worden stormdata door de QRF ingewonnen. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 8.4. De coördinator van de uitvoeringsfase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 8.4 Stroomdiagram Uitvoeringsfase

Monitoring ontwikkeling storm	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase
<i>Wanneer</i>	5 tot 7 dagen voor de storm (T-5/7)
<i>Taak</i>	Continue monitoring van de ontwikkeling van de storm in overleg met coördinator monitoringsfase en RWS-WMCN.

Paraat stellen materieel en personeel	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase, RWS-CIV, MP, Deltares
<i>Wanneer</i>	5 tot 7 dagen voor de storm (T-5/7)
<i>Taak</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Coördinator uitvoeringsfase stelt RWS-CIV en MP op de hoogte van start uitvoeringsfase. • RWS CIV: voorbereiden instrumenten voor gebruik MP. • MP: voorbereiden instrumenten en personeel. • Deltares: bereidt opslag XBand radar data voor

Go / no go	
<i>Wie</i>	Coördinator uitvoeringsfase
<i>Wanneer</i>	3 dagen voor de storm
<i>Beslissing</i>	<p>Voldoen de verwachte stormcondities nog steeds aan de randvoorwaarden voor het uitvoeren van de QRF?</p> <p>Go: Neem contact op met RWS-CIV en MP, en activeer het opzetten van materieel en personeel.</p> <p>No go: Neem contact op met RWS-CIV en MP, en activeer het demobiliseren van materieel en personeel.</p>

Demobiliseren materieel en personeel	
<i>Wie</i>	RWS-CIV en MP
<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>	MP
<i>Wanneer</i>	3 dagen voor de storm (T-2)
<i>Taak</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ophalen meetinstrumenten bij RWS-CIV • Opzetten volgens instrumenten volgens detailmeetplan (Sectie 8.1). • De benodigde pre-storm metingen uitvoeren: Bodemligging strand en duin (vallei) (A, J, K), vooroever (B) en buitendelta (Q)

Stormdata inwinning volgens meetplan	
Wie	MP
Wanneer	Tijdens de storm (T)
Taak	Inwinning van data tijdens de storm volgens detailmeetplan (Sectie 8.1).

Demobiliseren materieel	
Wie	MP
Wanneer	2 dagen na de storm (T+2)
Taak	<ul style="list-style-type: none"> Afbreken meetopstellingen en ophalen data van instrumenten De benodigde post-storm metingen uitvoeren: Bodemligging strand en duin (vallei) (A, J, K), vooroever (B) en buitendelta (Q).

Opslaan ruwe data	
Wie	MP, Deltares
Wanneer	4 dagen na de storm (T+4)
Taak	<ul style="list-style-type: none"> MP: Veiligstellen van gemeten data door de ruwe data (inclusief metadata) op te slaan in OpenEarth. Hierna contact opnemen met de coördinator uitvoeringsfase. Deltares: Openhalen XBand radardata en opslaan op beveiligd netwerk. Vanwege de omvang van de XBand radar data, zullen deze niet in ruw formaat op OpenEarth worden opgeslagen.

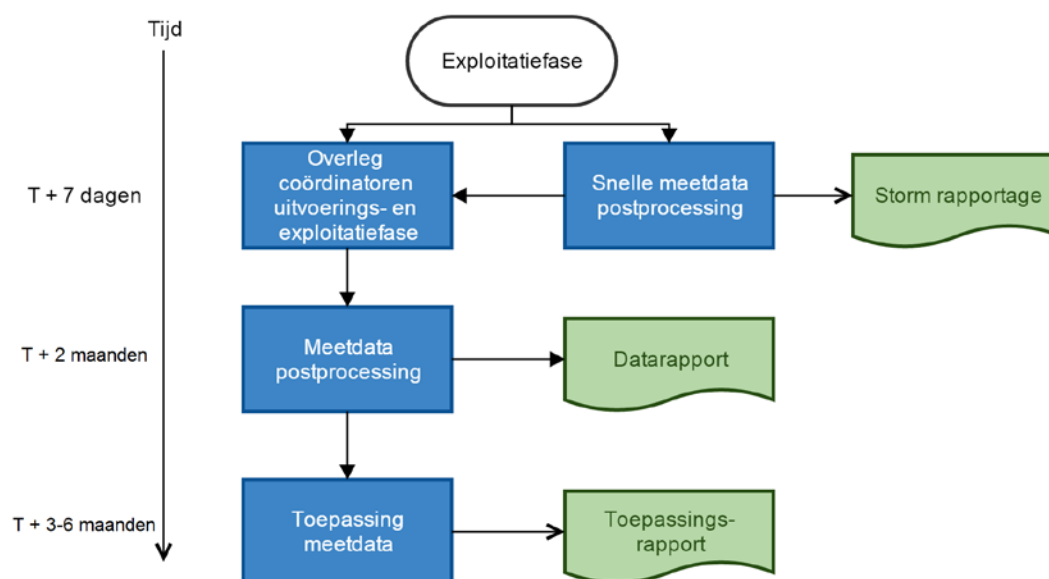
8.3.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
<i>Rena Hoogland</i> (coördinator uitvoeringsfase)	RWS-WVL	...	...	...
<i>Robert McCall</i> (coördinator voorbereidingsfase)	Deltares			
	MP			
	RWS-CIV			
<i>Roderik Hoekstra</i> (XBand radar data)	Deltares	...	...	...

8.4 Exploitatie

Coördinator: Zheng Bing Wang, Deltares

In de exploitatiefase worden de QRF data verwerkt om de beheerders- en kennisvragen van Hoofdstuk 3 te beantwoorden. De acties die bij deze fase horen staan in Figuur 8.5. De coördinator van de exploitatiefase is verantwoordelijk voor de uitvoering van deze acties.



Figuur 8.5 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	MP
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 uitvoeringsfase en 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, UU, TU Delft
Wanneer	2 maanden dagen na de storm (T + 2 maanden)
Taak	Meetgegevens verwerken tot informatie zoals gedefinieerd in Hoofdstuk 4. De verwerkte data vervolgens beschikbaar stellen op OpenEarth.

Datarapport	
Wie	Coördinator exploitatiefase
Wanneer	2 maanden na de storm (T + 2 maanden)
Taak	Presentatie van gemeten data in een datarapport.

Toepassing meetdata	
Wie	Deltares, UU, TU Delft, RWS-WVL, RWS-NN
Wanneer	Vanaf 3 maanden na de storm (T + 3 maanden)
Taak	Beantwoorden van de kennisvragen en toetsen van de opgestelde hypotheses volgens methode gedefinieerd in Hoofdstuk 7.

Toepassingsrapport	
Wie	Coördinator exploitatiefase
Wanneer	6 maanden na de storm
Taak	Opstellen en publiceren van een toepassingsrapport.

8.4.1 Contactgegevens

Naam	Organisatie	Telefoon nummer 1	Telefoon nummer 2	e-mail
Zheng Wang (coördinator exploitatiefase)	Deltares	...	...	...
Rena Hoogland (coördinator uitvoeringsfase)	RWS-WVL			
	MP			
Roderik Hoekstra	Deltares			
Robert McCall	Deltares			
Zheng Wang	TU Delft			
Maarten van der Vegt	UU	...	...	...
Robert Zijlstra	RWS-NN			

9 Referenties

- Deltares, 2014. Regionale advisering Ameland Noordwest. Technisch memo 1209381-008-ZKS-0008.
- Deltares, 2015. Plan van Aanpak voor geprioriteerde onderdelen binnen Kustgenese-2: Onderbouwen van de suppletiebehoefte en uitvoeringsmogelijkheden voor het langetermijn kustbeleid. Technisch rapport 1220044-000.
- Deltares, 2016. Erosie op Ameland Noordwest. Modelstudie: simulaties met Delft3D en XBeach. Technisch Rapport 1503-0080.
- Friedman, J. 2014. Development of an X-band Radar Depth Inversion Model at the Sand Motor. MSc thesis, TU Delft
- IMARES, 2014. Monitoringplan Deltaprogramma Waddengebied: Advies voor het toekomstbestendig maken van het monitoringsysteem voor waterveiligheid in het Waddengebied. Technisch Rapport C121/14.
- Israel, C.G. & Dunsbergen, D.W., 1999. Cyclic morphological development of the Ameland Inlet, The Netherlands. Proceedings of Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics (Genova, Italy), Volume 2: 705–714.