

Memo

Aan

Stefan Pluis / Harry de Looff

Datum

6 mei 2020

Ons kenmerk

11203683-001-ZKS-0005

Aantal pagina's

1 van 6

Contactpersoon

Pieter Koen Tonnon

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8464

E-mail

PieterKoen.Tonnon@deltares.nl

Onderwerp

Reflectie Ameland Modelling 2017-2019

1 Reflectie op Ameland modellering 2017-2019

Dit memo geeft een overzicht van en reflectie op de modellering van het zeegat van Ameland in de periode 2017-2019 binnen de projecten Kustgenese 2.0 en KPP B&O Kust. Deze reflectie heeft als doel te komen tot aanbevelingen voor vervolgmmodellering binnen B&O Kust 2020. Voor de Ameland modellering binnen Kustgenese 2.0 en B&O Kust 2019 is een proces-gebaseerd, gekoppeld golf-stromingsmodel van het Ameland zeegat opgezet, gekalibreerd en gevalideerd en uitgebreid met zandtransport en morfodynamische functionaliteit.

Allereerst wordt de achtergrond, de doelen en aanpak van de modellering beschreven, waarna de modeltoepassingen worden behandeld. Op basis van de opgedane kennis en ervaring en de resultaten volgen tot slot de conclusies en worden aanbevelingen voor vervolgmmodellering gedaan.

1.1 Kustgenese 2.0

Het Nederlandse kustbeleid streeft naar een structureel veilige, economisch sterke en aantrekkelijke kust. Dit wordt bereikt door het onderhouden van het gedeelte van de kust dat deze functies mogelijk maakt; het Kustfundament. Dit gebeurt door middel van zandsuppleties; Rijkswaterstaat suppleert jaarlijks ongeveer 12 miljoen m³ sinds 2001.

In 2020 neemt het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een beslissing over een eventuele aanpassing van het suppletievolume. Het Kustgenese 2.0 programma heeft als doel hiervoor de kennis en onderbouwing te leveren. Deltares richt zich in opdracht van Rijkswaterstaat binnen het project Kustgenese 2.0 op de volgende hoofdvragen:

- 1 Is er een andere zeewaartse begrenzing mogelijk voor het kustfundament?
- 2 Wat is het benodigde suppletievolume om het kustfundament te laten meegroeien met zeespiegelstijging?

Deze twee vragen beslaan het grootste gedeelte van het onderzoek binnen het project. Een derde belangrijk onderwerp wat daarbij ook behandeld wordt is:

- 3 Wat zijn de mogelijkheden voor de toepassing van suppleties rond zeegaten?

De aanpak om te komen tot beantwoording van bovenstaande hoofdvragen bestaat uit een combinatie van (analyse van) metingen, modellering en inzet en ontwikkeling van systeemkennis.

Een neven doel van Kustgenese 2.0 is het ontwikkelen van een modelinstrumentarium waarmee (op termijn) de ontwikkeling en effecten van (een serie van) ingrepen in zeegaten kan worden bepaald op een tijdschaal van 5 tot 25 jaar.

1.2 Doelen en aanpak

De modellering van het zeegat van Ameland binnen Kustgenese 2.0 was gericht op meerdere doelen. De modellering was allereerst gericht op het verkrijgen van een coherent beeld van golven, stromingen en transporten in het gehele Amelandse zeegat en op de diepe vooroever bij Terschelling en Ameland, als aanvulling op de punt- en lijnmetingen gedurende de meetcampagnes van Kustgenese 2.0. Daarnaast was de modellering gericht op het bepalen van het relatieve belang van verschillende processen als getij, opzet, wind en golven en verschillende condities op de waterbeweging en de zandtransporten. Tot slot was de modellering ook gericht op het verbeteren van morfologische voorspellingen van buiten deltasuppleties.

De aanpak te komen tot bovenstaande doelen bestond grofweg uit de volgende activiteiten:

- het opzetten en valideren van een procesmodel aan de hand van hydrodynamische metingen
- het kalibreren en valideren aan de hand van de halfjaarlijkse bodemopnamen van berekende zandtransporten o.b.v korte-termijn, niet geschematiseerde morfologische berekeningen (met gebruik van volledige tijdseries van waterstanden, wind en golven als randvoorwaarden, ook wel brute-force berekeningen genoemd)
- het construeren van een coherent beeld van golven, stromingen en transporten in het gehele Amelandse zeegat
- het bepalen van het relatieve belang van verschillende processen als getij, opzet, wind en golven en verschillende condities op de waterbeweging en de zandtransporten in het gehele Amelandse zeegat

Voor het verbeteren van de morfologische modellering is vooraf een driestappen plan opgesteld (Figuur 2-1). Dit driestappenplan ging uit van het valideren van gedetailleerde, korte termijn voorspellingen (stap 1), het opschalen van deze voorspellingen naar de tijdschaal van een enkele suppletie (stap 2) en naar de tijd- en ruimteschaal van een suppletie strategie (stap 3). Bij aanvang van Kustgenese 2 werd al voorzien dat het niet haalbaar zou zijn om alle drie de stappen binnen de termijn van Kustgenese 2.0 te kunnen zetten. Wel was Kustgenese 2.0 er op gericht om belangrijke voortgang te boeken in de eerste twee stappen.

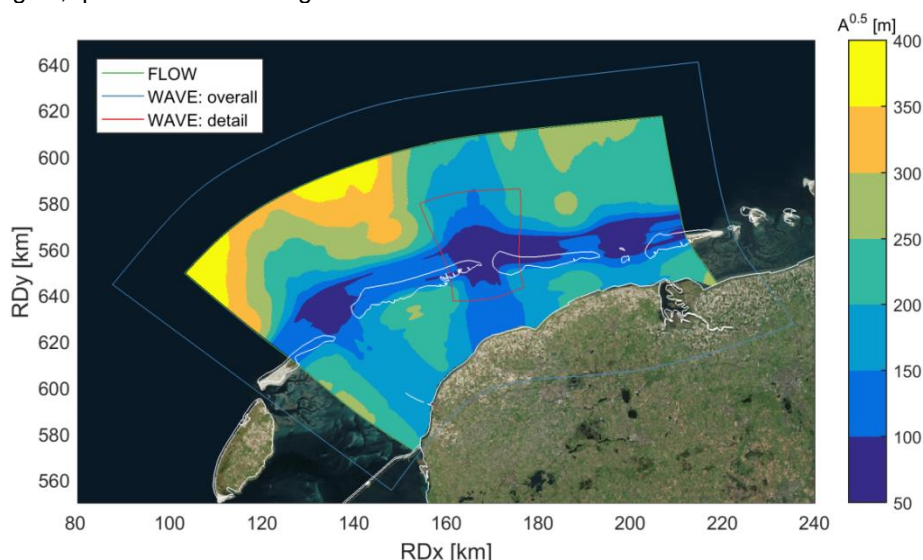


Figuur 2-1 Voorgestelde aanpak voor de verbetering van de morfologische modellering binnen Kustgenese 2.0 (Elias en Tonnon, 2016)

1.3 Opzet en validatie

Er is een diepte-gemiddeld (2DH) Delft3D model opgezet, gekalibreerd en gevalideerd aan de hand van ondermeer de Kustgenese 2.0 meetdata. Het modeldomein beslaat de zeegaten van het Vlie, Ameland en het Friesche zeegat. Om de stromingen over de wantijen mee te kunnen nemen, beslaat het model drie zeegaten en niet slechts het zeegat en bekken van Ameland, zoals oudere modellen van het zeegat van Ameland. Het modelleren van de gehele Waddenzee was gezien de wens om ook morfologisch te rekenen te rekenintensief en zou leiden tot onacceptabele rekentijden.

Het model is uitgebreid gevalideerd aan de hand van waterstranden, stromingen en debieten en golfhoogtes, -periodes en -richtingen.



Figuur 2-2 Overzicht stroming- en golfdomeinen met roosterresolutie van het stromingsdomein in m

De resolutie van het gebruikte rekenrooster varieert van 50 m in het zeegat tot 350 m bij de zeerand (Figuur 2-2). Het model wordt aangestuurd met berekende wind- en luchtdrukgegevens uit het HIRLAM model, met berekende waterstanden uit het DCSMv4ZUNOV6 model en met gemeten golfspectra voor golfboeien Eierlandse gat en Schiermonnikoog Noord. De bodemligging is gebaseerd op vaklodgingen voor de periode 2012 tot en met 2017, aangevuld met Jarkus en Lidar data.

Het model is gekalibreerd met gemeten waterstandsdata voor 2017 en met gemeten stroomsnelheden, debieten en golven van de Kustgenese 2.0 meetcampagne van najaar 2017. Het gekalibreerde model, met vaste model- en parameterinstellingen, is vervolgens gevalideerd met meetdata uit 2008, 2011 en drie opeenvolgende meetcampagnes ten behoeve van Kustgenese 2 in november 2017, januari 2018 en maart 2018. Het model reproduceert de waterstandsdata voor deze perioden met een RMSE fout kleiner dan 0,10 m. Deze fout is vooral gerelateerd aan de grootschalige stormopzet en andere fluctuaties. Gemeten stroomsnelheden worden gereproduceerd met een RMSE fout van 0,10 – 0,15 m/s, waarbij de Scatter Index (SCI) gemiddeld genomen kleiner dan 20 tot 25% is. Gemeten golfhoogte, -periode en richtingen worden geproduceerd met een RMSE fout kleiner dan 0,20 m, 1.0 s en 35 graden, respectievelijk. De modelnauwkeurigheid voor de validatieperioden is vergelijkbaar met die voor de kalibratieperiode en van dezelfde orde-grootte als de nauwkeurigheid van gevalideerde modellen uit eerdere modelstudies. Nederhoff et al. (2019) concluderen dat:

- Het model goed presteert in termen van berekende waterstanden, debieten, stroomsnelheden en golfhoogte, -periode en -richting. De berekende fout in de waterstanden is vooral gerelateerd aan de grootschalige stormopzet en waterstandsfluctuaties.

- De modelinstellingen gebaseerd zijn op een goede, algemene reproductie van waterstanden, debieten, stroomsnelheden en golven. De reproductie van stroomsnelheden op het wantij kan verbeterd worden met aangepaste modelinstellingen (meteo, ruwheid), wat wel ten koste gaat van de reproductie elders in het interessegebied.
- Het model laat zien dat er een aanzienlijke stroming (> 1 m/s) staat over het wantij van Terschelling en in iets mindere mate ook over het wantij van Ameland gedurende stormen uit het westen.

1.4 Modeltoepassingen

1.4.1 Processen diepe vooroever

Het ontwikkelde diepte-gemiddelde model voor Terschelling en Ameland model is gebruikt om een bestaand grootschalig 3D Delft3D-FM (Flexible Mesh) model, dat de gehele Nederlandse kust beslaat, te valideren. De validatie van dit 3D model was onderdeel van Kunstgenese 2.0. Anders dan het diepte-gemiddelde Kustgenese 2.0 Delft3D model, wordt de golfinvloed niet meegenomen in dit 3D model en is de resolutie met 900 m een stuk lager. Dit zijn waarschijnlijk de redenen dat het grootschalige 3D model de stroming de Waddenzee in, en de hiermee gepaard gaande zandtransporten, op de diepe vooroever zeewaarts van Ameland onderschat. Deze informatie is meegenomen in het wegen en waarderen van de berekende zandtransporten langs de gehele Nederlands kust, met als input de berekende stromingen uit het 3D model en golfparameters op basis van een golftransformatiematrix

Een verdere interpretatie van de Kustgenese 2.0 metingen en het opstellen van een coherent beeld van stromingen, golven en transporten in het gehele zeegat als onderdeel van Kustgenese 2.0 is stopgezet naar aanleiding van vraagtekens bij de mogelijkheid van het model om de grootschalige opzet en verhangen binnen de Waddenzee weer te geven. De mogelijke oorzaak van deze tekortkoming zou kunnen liggen in de ligging van en het type randvoorwaarde en de manier van afleiden van randvoorwaarden binnen de Waddenzee. Een eventuele tekortkoming zou met name effect hebben op de berekende uitwisseling van water en sediment door het zeegat en veel minder op de berekende waterbeweging en transporten op de diepe vooroever en de zeewaartse rand van de buitendelta.

1.4.2 Morfologische modellering

Binnen Kustgenese 2.0 is allereerst de huidige stand van zaken met betrekking tot de morfologische modellering van het Amelander zeegat vastgelegd (Elias, 2018). Hieruit bleek dat de dominante morfologische trends op de buitendelta redelijk gereproduceerd worden met bestaande modellen van alleen het Amelander zeegat. Ook de recente ontwikkeling van de buitendelta die gestuurd wordt door kleinschalige verstoringen wordt gereproduceerd in deze modellen, mits deze verstoringen aanwezig zijn in de initiële bodem van de berekeningen.

Vervolgens is gewerkt aan de korte-termijn, niet geschematiseerde morfologische voorspellingen over een half tot een geheel jaar. Dit betreft stap 1 uit het stappenplan in Figuur 2-1. Deze korte-termijn morfologische berekeningen bleken relatief instabiel en zeer rekenintensief waardoor deze berekeningen morfologisch niet konden worden gekalibreerd. De instabiliteiten houden mogelijk verband met het geheugenbeslag van deze grote, gekoppelde berekeningen. Hiermee zijn ook de berekende zandtransporten niet gevalideerd. De voorgestelde aanpak om eerst korte-termijn morfologische berekeningen af te regelen en daarna op te schalen naar middellange-termijn berekeningen is praktisch niet uitvoerbaar gebleken door te grote rekestijden.

1.5 Conclusies en aanbevelingen

Binnen Kustgenese 2.0 is gewerkt aan het beantwoorden van beleidsvragen rondom de zeewaartse begrenzing van het kustfundament, het benodigde suppletievolume om het kustfundament mee te laten groeien met zeespiegelstijging en met betrekking tot mogelijkheden voor het toepassing van buitendelta suppleties. Hiervoor is gebruik gemaakt van een combinatie en wisselwerking van analyse van metingen, modellering en inzet en ontwikkeling van systeemkennis. Er is een diepte-gemiddeld model ontwikkeld, gekalibreerd en gevalideerd aan de hand van metingen.

Het onverwacht grote effect van wind in het model op de waterbeweging en de debieten over de wantijden en door het zeegat, in combinatie met een netto export van zand door het zeegat, maakt dat er, ondanks de validatie van het model aan de hand van de metingen, toch twijfels zijn ontstaan of het model de grootschalige opzet en verhangen wel goed weergeeft. Een mogelijke oorzaak zou kunnen liggen in de ligging van en de het type randvoorwaarde in combinatie met de methode voor het afleiden van randvoorwaarden binnen de Waddenzee. Het bekken lijkt hier een belangrijkere invloed te hebben dan eerst gedacht. We hebben nog onvoldoende kennis van de transporten en stromingen over de wantijen. Zonder deze kennis is het niet mogelijk deze correct op te leggen in een model. Willen we de uitwisseling tussen bekken en buitendelta begrijpen, dan lijkt een model van de gehele Waddenzee op dit moment wel noodzakelijk.

Dat leidt tot de aanbeveling om in het vervolg (en voor dit doel) een model van de gehele Waddenzee te gebruiken.

De gedetailleerde, korte-termijn morfologische voorspellingen met het model bleken relatief instabiel en zeer rekenintensief waardoor deze berekeningen morfologisch niet konden worden gekalibreerd en ook de berekende zandtransporten niet zijn gevalideerd. Uit een analyse van morfologische voorspellingen met bestaande morfologische modellen is verder gebleken dat, in tegenstelling tot wat vooraf werd gedacht, de dominante morfologische trends op de buitendelta redelijk gereproduceerd worden met bestaande modellen van alleen het Ameland zeegat. Met behulp van lokale verfijning of uitsnedes van een model van de gehele Waddenzee zijn (efficiëntere) morfologische voorspellingen van een enkel zeegat mogelijk. Dit is een belangrijk uitgangspunt voor vervolgmmodellering. Daarnaast leidt ongestructureerd rekenen met betere parallelisatiemogelijkheden in Delft3D-FM (Flexible Mesh) tot verdere reductie van rekestijden. De afgelopen 2 jaar is de voor morfologische voorspellingen benodigde functionaliteit beschikbaar gekomen waarmee Delft3D-FM nu te verkiezen is boven Delft3D

De tweede aanbeveling is om toekomstige (morfologische) modellering van de Waddenzee en/of zeegaten in Delft3D-FM uit te voeren.

Tot slot geldt als algemene aanbeveling dat voor vervolgmmodellering het binnen Kustgenese 2.0 gehanteerde driestappenplan voor modelontwikkeling bijgewerkt zou moeten worden met de nieuwe inzichten en de nieuwe modelleringsmogelijkheden.

1.6 Referenties

- Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., Pearson, S., Cleveringa, J. (2019). Understanding sediment bypassing processes through analysis of highfrequency observations of Ameland Inlet, the Netherlands. *Marine Geology*, 415.
- Elias, EPL, 2018. Bench-mark morphodynamic model Ameland Inlet - Kustgenese 2.0 (ZG-C2). Deltares rapport 1220339-008-ZKS-0001
- Elias, E.P.L. en Tonnon, P.K., 2016. Beschrijving kennisbasis modellering zeegaten tbv Kustgenese2. Deltares rapport 1230381

Nederhoff, C.M., Schrijvershof, R., Tonnon, P.K., Van der Werf, J.J. (2019a). The Coastal Genesis II Terschelling - Ameland inlet (CGII-TA) model: Model setup, calibration and validation of a hydrodynamic-wave model. Report 1220339-008-ZKS-0004, Deltares, The Netherlands.

Weerdenburg, R.J.A., 2019. Exploring the relative importance of wind for exchange processes around a tidal inlet system: the case of Ameland Inlet. MSC Thesis Delft University of Technology.