



Memo

Aan
Harry de Looff, Wout de Vries

Datum	Ons kenmerk	Aantal pagina's
23 oktober 2018	1220339-005-ZKS-0004	8
Contactpersoon	Doorkiesnummer	E-mail
Jebbe van der Werf	+31(0)88 335 7959	Jebbe.vanderWerf@deltares.nl

Onderwerp
Oplegnotitie modellering Diepere Vooroever, Kustgenese 2.0

1 Inleiding

In het kader van het Kustgenese 2.0 project, deelproject 'Diepere Vooroever', hierna aangeduid met KG2-DV, zijn recentelijk twee rapporten opgeleverd: Grasmeijer (2018) en Zijl & Veenstra (2018). Het betreft technische rapporten waarin de modellering van de waterbeweging en de zandtransporten op de diepere vooroever beschreven worden. Deze oplegnotitie beschrijft hoe deze rapporten samenhangen en passen in de methode om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen van het deelproject.

Dit memo is als volgt opgebouwd. Secties 2 en 3 beschrijven achtereenvolgens de vraagstelling en aanpak van het KG2-DV project. Sectie 4 beschrijft de modellering en Sectie 5 gaat in op de vervolgstappen.

2 Vraagstelling Kustgenese 2.0 Diepere Vooroever project

Het Nederlandse kustbeleid streeft naar een structureel veilige, economisch sterke en aantrekkelijke kust. Voor dit doel wordt het zogenaamde Kustfundament onderhouden door middel van zandsuppleties. Het huidige suppletievolume bedraagt ongeveer 12 miljoen m³/jaar sinds 2000.

In 2020 neemt het Ministerie van Infrastructuur en Milieu een beslissing over een eventuele aanpassing van het suppletievolume. Het KG2 programma heeft als doel hiervoor de kennis en onderbouwing te leveren. Binnen het deelproject 'Diepere Vooroever' richt Deltares zich in opdracht van Rijkswaterstaat op twee 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?

De diepere vooroever is het gedeelte van de kust met waterdieptes tussen de 8 en 20 m, waar golven een belangrijke, maar geen dominante rol spelen. Het kustdwarse zandtransport staat centraal in het KG2-DV project, met name in relatie tot de zeewaartse grens van het Kustfundament die momenteel op de NAP -20 m dieptecontour is vastgesteld.

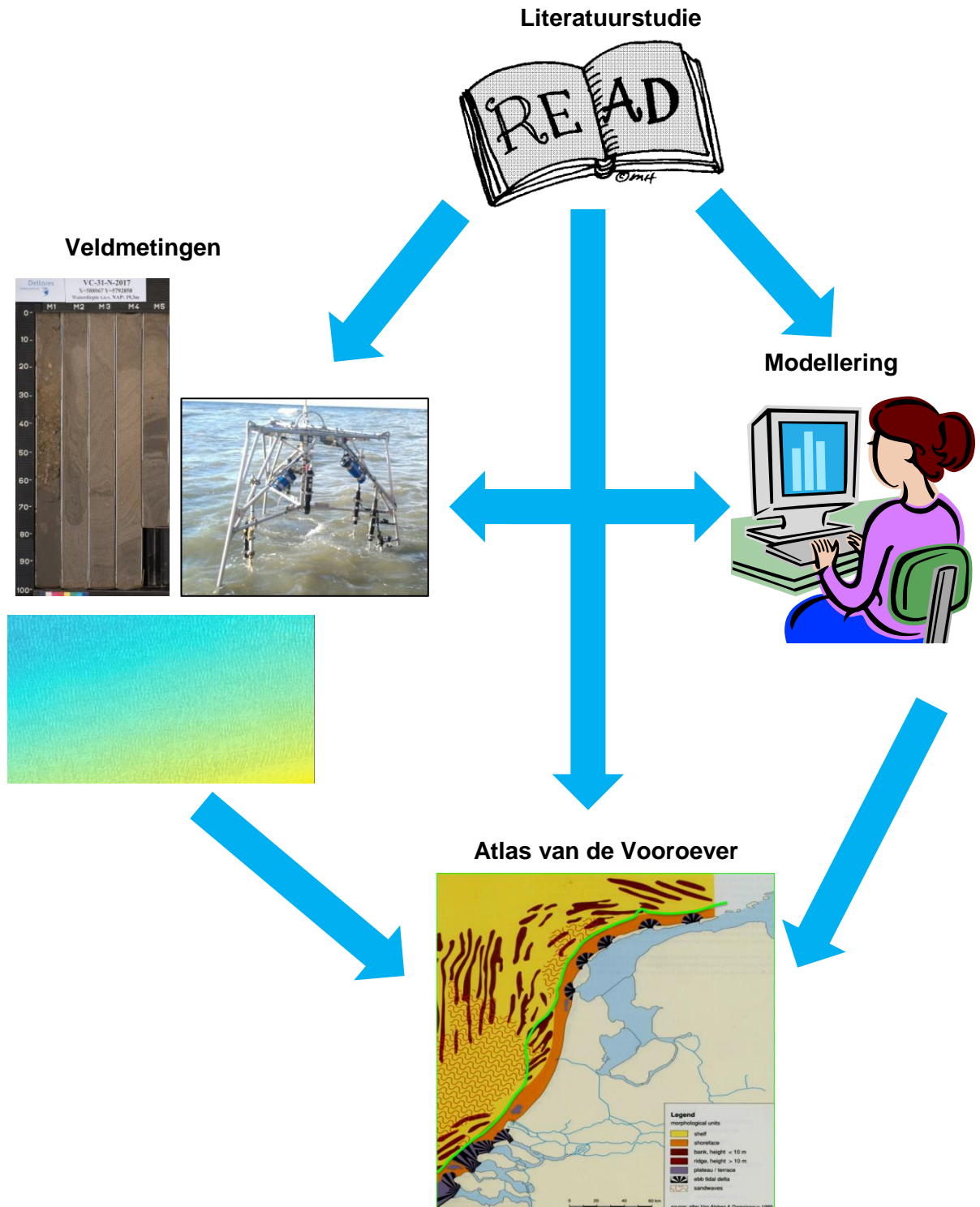
Het KG2-DV project richt zich op het beantwoorden van de volgende onderzoeksvragen:

- 1 Wat is de opbouw van de kust, in termen van bodemvormen, sedimentaire structuren, bodemopbouw en korrelgrootteverdelingen?
- 2 Wat zijn de maatgevende processen voor de uitwisseling van sediment tussen de vooroever en de diepere vooroever, en wat is hun frequentie van optreden en hun bijdrage?
- 3 Hoe groot zijn, met de focus op de huidige toestand van het systeem, de dwars- en langstransporten (bruto/netto), en hoe variëren deze over het kustprofiel en per deelgebied?
- 4 In welke deelgebieden (of zones) kan het kustprofiel opgedeeld worden, waarbij sprake is van een vergelijkbaar (stabiel) profiel, opbouw en dynamiek?
- 5 Wat is een goed criterium of wat zijn goede criteria voor een zeewaartse begrenzing, en ten opzichte van welk referentievlak zou deze moeten worden uitgedrukt (NAP, MSL, GLW?)
- 6 Hoe groot is de totale netto uitwisseling van zand over de zeewaartse grens van het Kustfundament?
- 7 Hoe groot is de onzekerheid in deze netto uitwisseling, als gevolg van de (on)nauwkeurigheid in de dwarsstransporten over de zeewaartse grens?
- 8 Is het nodig en is het mogelijk om deze uitwisseling mee te nemen bij het bepalen van het suppletievolume?

3 Aanpak Kustgenese 2.0 Diepere Vooroever project

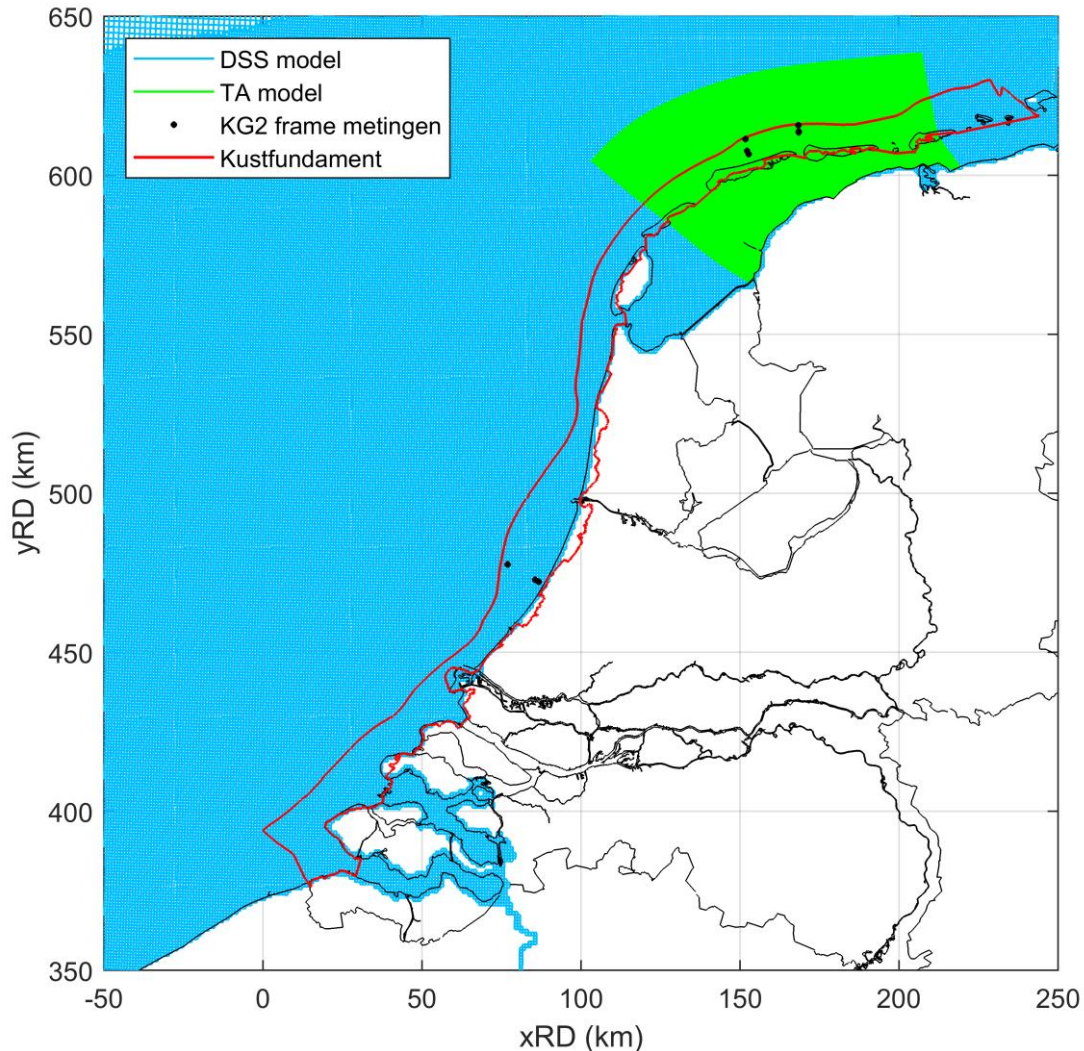
De aanpak van het KG2-DV project wordt schematisch weergegeven in Figuur 3.1. Het bestaat uit de volgende activiteiten:

- Literatuurstudie waarin een overzicht van de huidige kennis van de Nederlandse diepere vooroever wordt gegeven, alsook van de beschikbare veldgegevens en numerieke modellen (Van der Werf et al., 2017). Op basis hiervan is richting gegeven aan het vervolgonderzoek van het KG2-DV project. Dit draagt bij aan alle onderzoeksvragen.
- Veldmetingen. Op de diepere vooroever van Ameland, Terschelling en Noordwijk worden metingen gedaan van de stroomsnelheden en sedimentconcentraties vanaf drie meetframes (Figuur 3.2). Daarnaast worden vlakdekkende multibeamopnames gemaakt en bodemkernen genomen. Deze veldmetingen dragen met name bij aan onderzoeksvragen 1, 2, 4 en 5.
- Modellerings. De zandstransporten op de diepere vooroever worden op twee manieren gemodelleerd 1) gedetailleerd met Delft3D voor Terschelling en Ameland (TA model; Nederhoff et al., concept), 2) voor de hele Nederlandse diepere vooroever met het meer schematische *Dutch Shoreface Sand transport* (DSS) model. Figuur 3.2 toont de rekenroosters van beide modellen. Dit wordt nader beschreven in Sectie 4. Dit draagt bij aan de beantwoording van onderzoeksvragen 3 tot en met 7.
- Atlas van de Vooroever. De kennis van de Nederlandse diepere vooroever wordt via een digitale atlas gecombineerd, gevisualiseerd en ontsloten. Dit draagt bij aan alle onderzoeksvragen.



Figuur 3.1

Onderdelen Kustgenese 2.0 Diepere Vooroever deelproject.



Figuur 3.2 Overzicht van de rekenroosters van het DSS model en het TA model, en de locaties van de KG2 metingen bij Noordijk, Terschelling en Ameland.

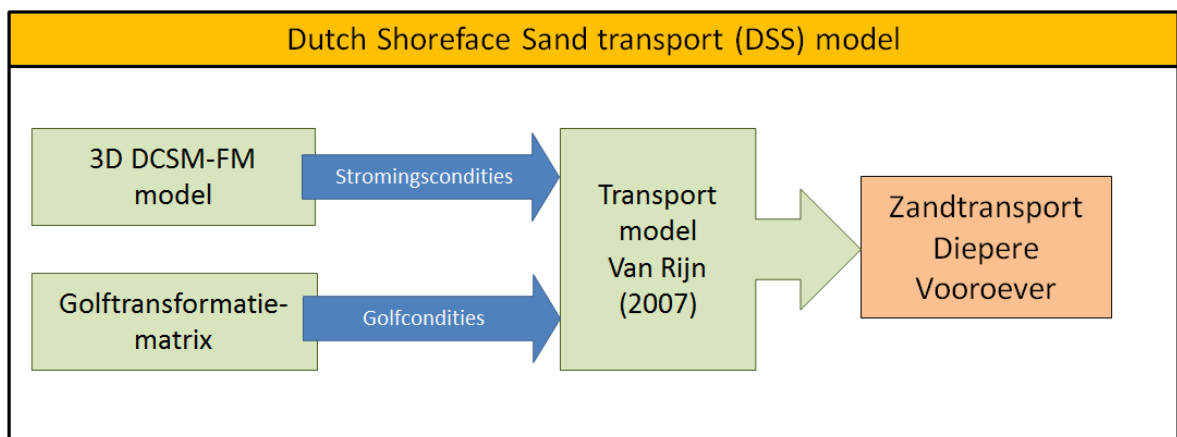
4 Zandtransport modellering Kustgenese 2.0 Diepere Vooroever project

De zandtransporten op de diepere vooroever kunnen niet eenvoudig uit de KG2 veldmetingen worden gehaald. Bovendien zijn de metingen beperkt in plaats en ruimte (Figuur 3.2). Daarom gebruiken we numerieke zandtransportmodellen. We kunnen scenario's doorrekenen om de systeemkennis van de Nederlandse diepere vooroever te vergroten en bestaande ideeën over de kustdwarse zanduitwisseling op de diepere vooroever nader te onderzoeken.

Het zandtransport op de diepere vooroever wordt op twee manieren gemodelleerd. De eerste is door golven, stroming en zandtransport en hun interactie te berekenen. Dit noemen we de *online* benadering. De tweede is door de golven, de stroming en het zandtransport afzonderlijk te berekenen. Dit noemen we een *offline* benadering.

In de online benadering worden alle interacties meegenomen. Deze is daardoor rekenintensief en wordt daarom voor een beperkt deel van de kust, Terschelling en Ameland, toegepast (het TA model, Figuur 3.2). De offline benadering dekt de gehele Nederlandse diepere vooroever, en is flexibeler en sneller (het DSS model, Figuur 3.2). Hierdoor kan gemakkelijker scenario-onderzoek worden gedaan. Er moeten echter wel enkele aannames worden gedaan voor deze benadering.

In het DSS model wordt het zandtransport uitgerekend met het transportmodel van Van Rijn (2007), zie Figuur 4.1. Het gebruikt als invoer stromingscondities bij de bodem en de golfhoogte, -periode en -richting. De eerste invoer komt van het zogenaamde 3D *Dutch Continental Shelf* model in *Flexible Mesh* (3D DCSM-FM) dat de 3D stroming onder invloed van getij, wind en dichtheidseffecten berekend voor het hele Nederlands continentaal plat. De golfparameters worden bepaald met een golftransformatiematrix, waarbij gemeten golfcondities vertaald worden naar elke gewenste locatie langs de Nederlandse kust.

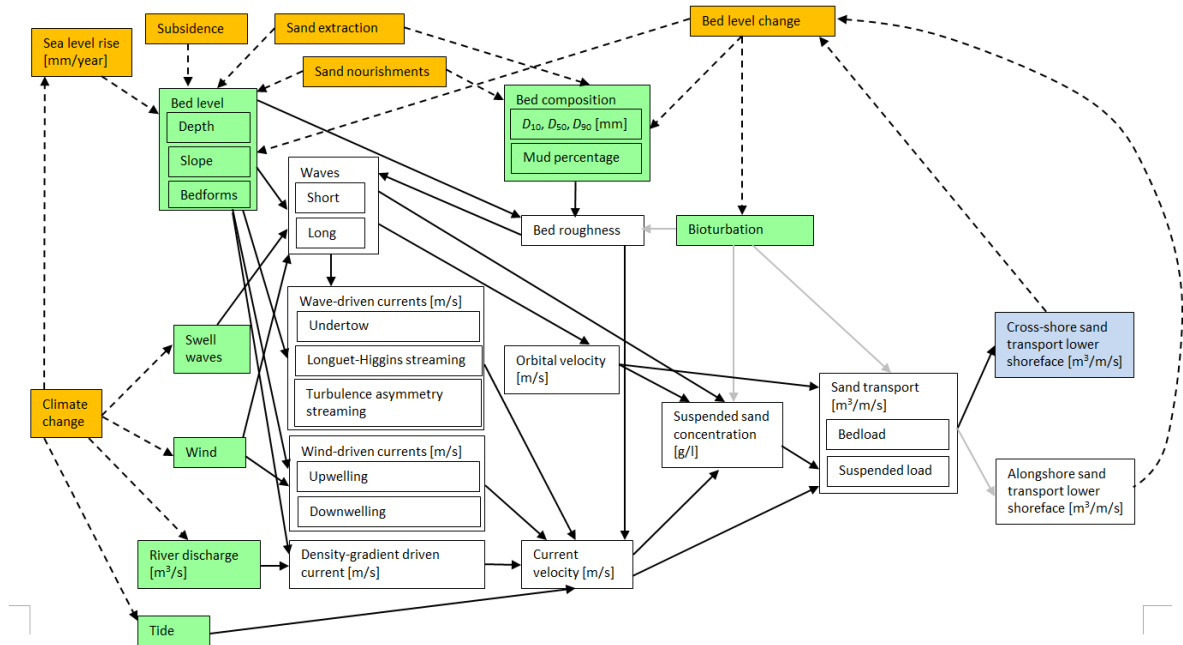


Figuur 4.1 Schematische weergave van het DSS model (offline aanpak) om zandtransporten op de Nederlandse Diepere Vooroever te berekenen.

De belangrijkste aannames van het DSS model zijn dat het zandtransport lokaal bepaald wordt en dat golf-stroom-interactie geen rol speelt. Om deze aannames te kunnen verifiëren, wordt er voor Terschelling en Ameland een vergelijking gemaakt met het TA model waarin deze aannames niet zijn gedaan. Daarnaast worden vergelijkingen gemaakt met de gemeten snelheden bij Ameland, Terschelling en Noordwijk (KG2 data).

De offline modelaanpak (DSS model) en een eerste toepassing voor de diepere vooroever van Noordwijk staat beschreven in Grasmeijer (2018). Het rapport van Zijl & Veenstra (2018) beschrijft het 3D DCSM-FM model, en valideert het model aan de hand o.a. gemeten waterstanden, temperatuur en saliniteit (belangrijk voor de dichtheidseffecten) en snelheden voor de kust van Egmond en Ameland (KG2 metingen).

Figuur 4.2 presenteert het conceptuele model van het zandtransport op de diepere vooroever, afkomstig uit Van der Werf et al. (2017). Tabel 4.1 geeft weer hoe goed de verschillende indicatoren, naar verwachting, uit de KG2 frame metingen, het TA model en het DSS model gehaald kunnen worden. Het geeft ook weer wat de ruimte- en tijdschalen zijn van de metingen en de modellen.



Figuur 4.2 Conceptueel model diepere vooroever zandtransport. *Figuur afkomstig uit Van der Werf et al. (2017). Oranje blokken: externe factoren, groene blokken: invoerparameters, witte blokken: indicatoren, blauw blok: belangrijkste indicator.*

Tabel 4.1 Overzicht van de verwachte mate waarin verschillende indicatoren uit de KG2 frame metingen, het TA model en het DSS model gehaald kunnen worden: “goed”, “redelijk”, “niet goed”, “niet”. Het geeft ook weer wat de ruimte- en tijdschalen zijn van de metingen en de modellen.

Indicator	KG2 metingen	TA model	DSST model
Waves	goed	goed	goed
Wave-driven currents	redelijk	redelijk	niet
Wind-driven currents	redelijk	redelijk	redelijk
Desnity-gradient driven currents	redelijk	niet	redelijk
Current velocity	goed	goed	redelijk
Orbital velocity	goed	redelijk	redelijk
Suspended sand concentration	redelijk	redelijk	redelijk
Bedload	niet goed	redelijk	redelijk
Suspended load	niet goed	redelijk	redelijk
Cross-shore sand transport	niet goed	redelijk	redelijk
Alongshore sand transport	niet goed	redelijk	redelijk
Ruimtelijke schaal	bepert tot meetlocaties	Terschelling en Ameland DV	gehele Nederlandse DV
Temporele schaal	Bepert tot meetperiode	onbepert	onbepert

5 Discussie en vervolg modellering

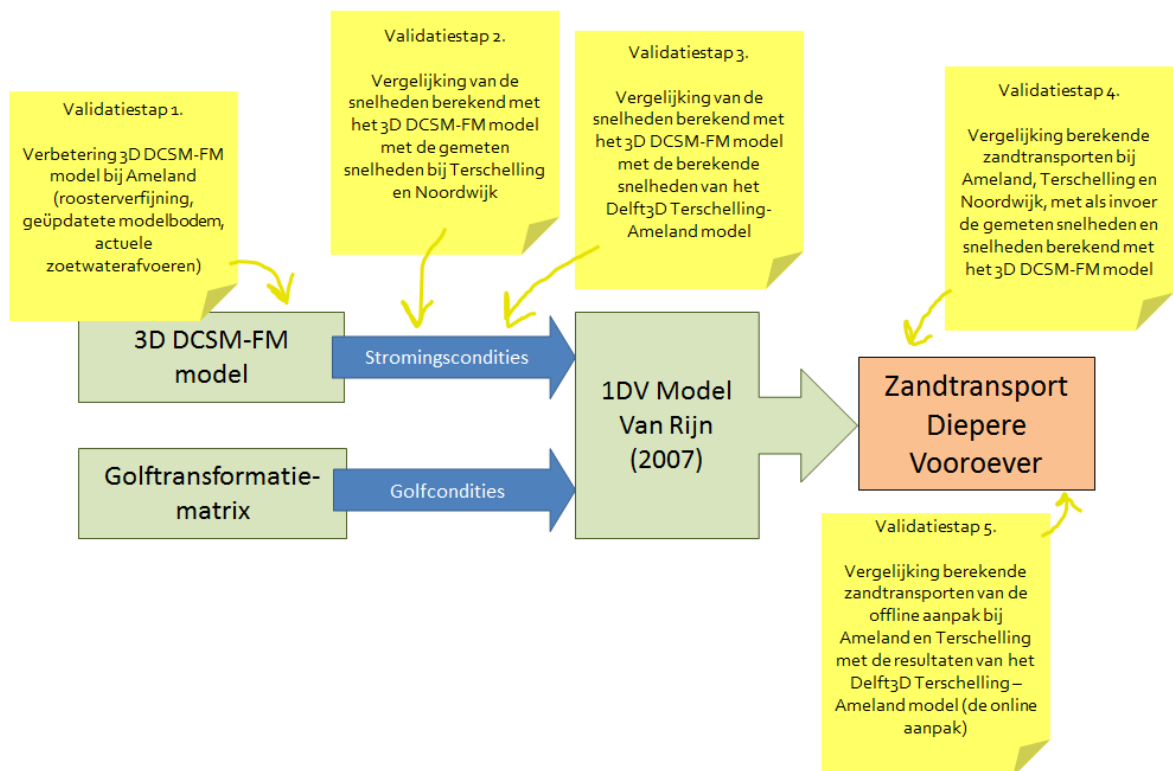
Het 3D DCSM model voorspelt waterstanden, oppervlakte temperatuur en temperatuurstratificatie in de centrale Noordzee goed en de diepte-gemiddelde stroming op 20

m water diepte bij Ameland redelijk goed. De snelheden gemeten met de ondiepere frames (16 en 11 m) worden minder goed voorspeld. Dit is mogelijk het gevolg van de voor dit gebied lage roosterresolutie (900 m) en het niet meenemen van golven en actuele rivierafvoeren in de meetperiode.

De met het DSS model berekende jaartransporten op de diepere vooroever van Noordwijk komen qua orde van grootte overeen met eerdere resultaten van Van Rijn (1997), Waagmeester (2015) en Hop (2017).

De voorgestelde offline aanpak om zandtransporten op de diepere vooroever met het DSS model te berekenen, is veelbelovend. Om definitief de geschiktheid vast te stellen, zijn de volgende stappen nodig (Figuur 5.1):

- 1 Verbetering 3D DCSM-FM model bij Ameland (roosterverfijning, geüpdatete modelbodem, actuele zoetwaterafvoeren).
- 2 Vergelijking van het 3D DCSM-FM model met de gemeten snelheden bij Terschelling en Noordwijk.
- 3 Vergelijking van de snelheden berekend met het 3D DCSM-FM model en het Delft3D Terschelling-Ameland model.
- 4 Vergelijking berekende zandtransporten bij Ameland, Terschelling en Noordwijk met als invoer gemeten snelheden en snelheden berekend met het 3D DCSM-FM model.
- 5 Vergelijking van de zandtransporten bij Ameland en Terschelling berekend met het Delft3D Terschelling-Ameland model (online aanpak) en de offline aanpak.



Figuur 5.1 Schematische weergave van de stappen om de offline aanpak voor de zandtransporten op de Nederlandse Diepere Vooroever (DSS model) te valideren.

6 Referenties

Grasmeijer, B. (2018). Method for Calculating Sediment Transport on the Dutch Lower Shoreface. Rapport 1220339-000-ZKS-0041, Deltares, Nederland.

Hop, M., 2017. The impact of the Rhine ROFI on the alongshore variability of cross-shore sediment transport of the Holland coast. MSc. Thesis, Delft University of Technology.

Nederhoff, K., Schrijvershof, R. Tonnon, P.K., Van der Werf, J., (concept). The Coastal Genesis II Terschelling - Ameland inlet (CGII-TA) model, Model setup, calibration and validation of a hydrodynamic-wave model. Draft report, Deltares, The Netherlands.

Van der Werf, J., Grasmeijer, B., Hendriks, E., Van der Spek, A., Vermaas, T. (2017). Literature study Dutch lower shoreface. Rapport 1220339-004-ZKS-0001, Deltares, Nederland.

Van Rijn, L.C., 1997. Sediment transport and budget of the central coastal zone of Holland. Coastal Engineering 32, 61–90. [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(97\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(97)00021-5)

Van Rijn, L.C., 2007. Unified view of sediment transport by currents and waves, I, II, III. ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 133, No. 6, 649-667, 668-689, No. 7, 761-775.

Waagmeester, N. C. D. (2015). Assessing the impact on the annual cross-shore sand transport by the Rhine ROFI at the lower shore face near the Sand Engine. Delft University of Technology, Delft.

Zijl, F., Veenstra, J. (2018). Setup and validation of 3D DCSM-FM. Rapport 1220339-000-ZKS-0042, Deltares, Nederland.