

Aan

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
t.a.v. dhr. S. Pluis

Datum

10 maart 2023

Ons kenmerk

11208058-041-GEO-0001

Aantal pagina's

1 van 13

Contactpersoon

Robert McCall

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8106

E-mail

Robert.McCall@deltares.nl

Onderwerp

Toelichting verwerking feedback externen in project BOI Zandige Waterkeringen

1 Inleiding

Binnen het programma "Beoordeling en Ontwerp Instrumentarium" (BOI), en als onderdeel van het Plan Zandige Waterkeringen, is een nieuw beoordelings- en ontwerpinstrument ontwikkeld voor de beoordeling van relatief ongecompliceerde secties van de Nederlandse duinwaterkeringen (Ambitieniveau 1 van het Plan Zandige Waterkeringen). Meer specifiek gaat dit om rechte, langs-uniforme delen van de Nederlandse Noordzeekust met een volledig zandige waterkering en waar geen achterloopsheid optreedt. De technische basis voor dit onderdeel van de beoordelingssystematiek is de 1D versie van de rekenkernel XBeach (Roelvink *et al.*, 2009; 2018). In opeenvolgende fases van het project "BOI Zandige Waterkeringen" is hier door Deltares en Arcadis sinds 2002 in opdracht van Rijkswaterstaat aan gewerkt (fasen 0, 1 en 2 in 2020, 2021 en 2022). Om het vernieuwde instrument goed aan te laten sluiten op de wensen van gebruikers, heeft gedurende het project BOI Zandige Waterkeringen veelvuldig overleg plaatsgevonden met externe partijen over de doelstellingen, keuzes, en voortgang van het instrument.

Dit document biedt een samenvattend overzicht van de manier waarop de wensen van gebruikers zijn geïdentificeerd, en het instrument naar aanleiding van feedback van gebruikers is verbeterd. Hierbij wordt in Hoofdstuk 2 de belangrijkste externe overlegorganen beschreven die advies hebben gegeven aan het project BOI Zandige Waterkeringen. Daarna worden in Hoofdstuk 3 tot 6 de uitwerkingen van externe feedback op het uiteindelijke instrument beschreven in relatie tot vier onderdelen van het instrument (respectievelijk: de rekenkernel XBeach, het semi-probabilistische model, de beoordelingsmethodiek en documentatie, en de gebruikersschil MorphAn). In Hoofdstuk 7 worden de conclusies van dit document beschreven.

2 Wijze van betrekken externe overleg- en adviesorganen

In het BOI Zandige Waterkeringen project is op regelmatige basis gebruik gemaakt van de kennis van externe experts van overleg- en adviesorganen. Hun inbreng en wensen met betrekking tot het beoordelings- en ontwerpinstrument voor de Nederlandse duinwaterkeringen zijn meegenomen in de ontwikkeling. Deze overleg- en adviesorganen bestonden uit vertegenwoordigers van de kustbeheerders (kustwaterschappen en Rijkswaterstaat), BOI IPM Team, aansluitende BOI-dossiers, kennisinstellingen, Nederlandse Universiteiten, en Nederlandse marktpartijen. De overleg- en adviesorganen voor het BOI Zandige Waterkeringen project waren onder meer:

- Het Raadgevend Overleg met vertegenwoordigers van kustwaterschappen (Waterschap Scheldestromen, Waterschap Hollandse Delta, en Hoogheemraadschap van Delfland), Rijkswaterstaat WVL, ENW Werkgroep Kust, en het IPM-team van het Programma BOI. In

het Raadgevend Overleg werd het projectvoortgang besproken, alsmede nog te nemen besluiten over de ontwikkeling van het beoordeling- en ontwerpinstrument. De leden van het Raadgevend Overleg zijn aan het einde van iedere deelfase van het BOI Zandige Waterkeringen project (Fasen 0 t/m 2) gevraagd een go/no-go advies uit te spreken over het voortzetten van het project. Het Raadgevend Overleg vond gemiddeld drie keer per jaar plaats (7/9/2020, 16/11/2020, 11/2/2021, 7/7/2021, 26/10/2021, 9/2/2022, 23/5/2022 en 10/11/2022).

- Een pilotgroep eindgebruikers, bestaande uit vertegenwoordigers van de kustwaterschappen, Rijkswaterstaat Noord-Nederland en Rijkswaterstaat Zee en Delta, en marktpartij Witteveen+Bos, heeft in de zomer van 2022 een prototype versie van het nieuwe instrument toegepast om een verkennende beoordeling van een deel van de kust uit te voeren. De ervaringen en advies van deze pilotgroep zijn tijdens workshops (23/6/2022 en 29/9/2022) verzameld en zijn gebruikt om het BOI Basisinstrumentarium van het instrument te verbeteren. De resultaten van de pilotgroep hebben bijgedragen aan de verschil- en consequentieanalyse (V&C analyse) van het vernieuwde instrument.
- Via het Kennis- en Kundeplatform (KKP) zijn drie workshops (14/6/2021, 23/6/2022 en 19/1/2023)¹ georganiseerd met kustbeheerders en marktpartijen om uitleg te geven over de ontwikkeling van het nieuwe beoordeling- en ontwerpinstrument en om feedback van gebruikers over het instrument te ontvangen.
- Afstemming met BOI IPM Team en aangrenzende BOI dossiers in het algemeen om externe wensen en advies vanuit het BOI-programma op te nemen in het nieuwe BOI basisinstrumentarium voor zandige waterkeringen. Daarnaast in het bijzonder veelvuldig overleg met het BOI dossier Hydraulische Belastingen inzake de ontwikkeling van Riskeer en Hydra-Ring en de hydraulische belastingen voor duinwaterkeringen (Rijkswaterstaat, 2022), en met het BOI dossier Technische Leidraden en Handleidingen over het uniformeren van de documentatie van het basisinstrumentarium.
- Met het BOI IPM Team en dossierexperts van Rijkswaterstaat, Deltares en het ENW zijn meerdere workshops (9/3/2021; 21/9/2021; 7/12/2021; 19/1/2022; 3/3/2022; 13/7/2022; 27/9/2022; 4/10/2022; 7/10/2022) gehouden om de implementatie van de overstromingskansbepaling van het BOI, inclusief de faalpadbenadering en de kalibratie van het semi-probabilistisch model, af te stemmen.

3 Doorontwikkeling van de XBeach rekenkernel

In het nieuwe beoordelings- en ontwerp instrumentarium voor duinwaterkeringen is de huidige rekenkernel DUROS+ vervangen door de rekenkernel XBeach. Om dit te bereiken is de code van het XBeach model in het project BOI Zandige Waterkeringen verder ontwikkeld, bijvoorbeeld ten aanzien van de berekening van lange golven, het schalen van dimensievolle modelparameters, het effect van de korrelgrootte op duinafslag, en het genereren van de juiste informatie voor de bepaling van het grensprofiel. Het model is ook uitvoerig gekalibreerd en gevalideerd aan de hand van laboratorium- en veldmetingen. Deze stappen zijn beschreven in onderliggende technische rapporten en zijn samengevat in de documentatie van het basisinstrumentarium (Rijkswaterstaat, 2023a,b; Arcadis/Deltares, 2023a).

Naast de ontwikkel- en validatiestappen die benodigd waren om een beoordeling van duinwaterkeringen mogelijk te maken, zijn in het Raadgevend Overleg ook de wensen van toekomstige gebruikers ten aanzien gebruik van de rekenkernel XBeach (zijnde één onderdeel van het vernieuwde instrument) geïnventariseerd. Op basis hiervan zijn de volgende additionele taken uitgevoerd in het project BOI Zandige Waterkeringen.

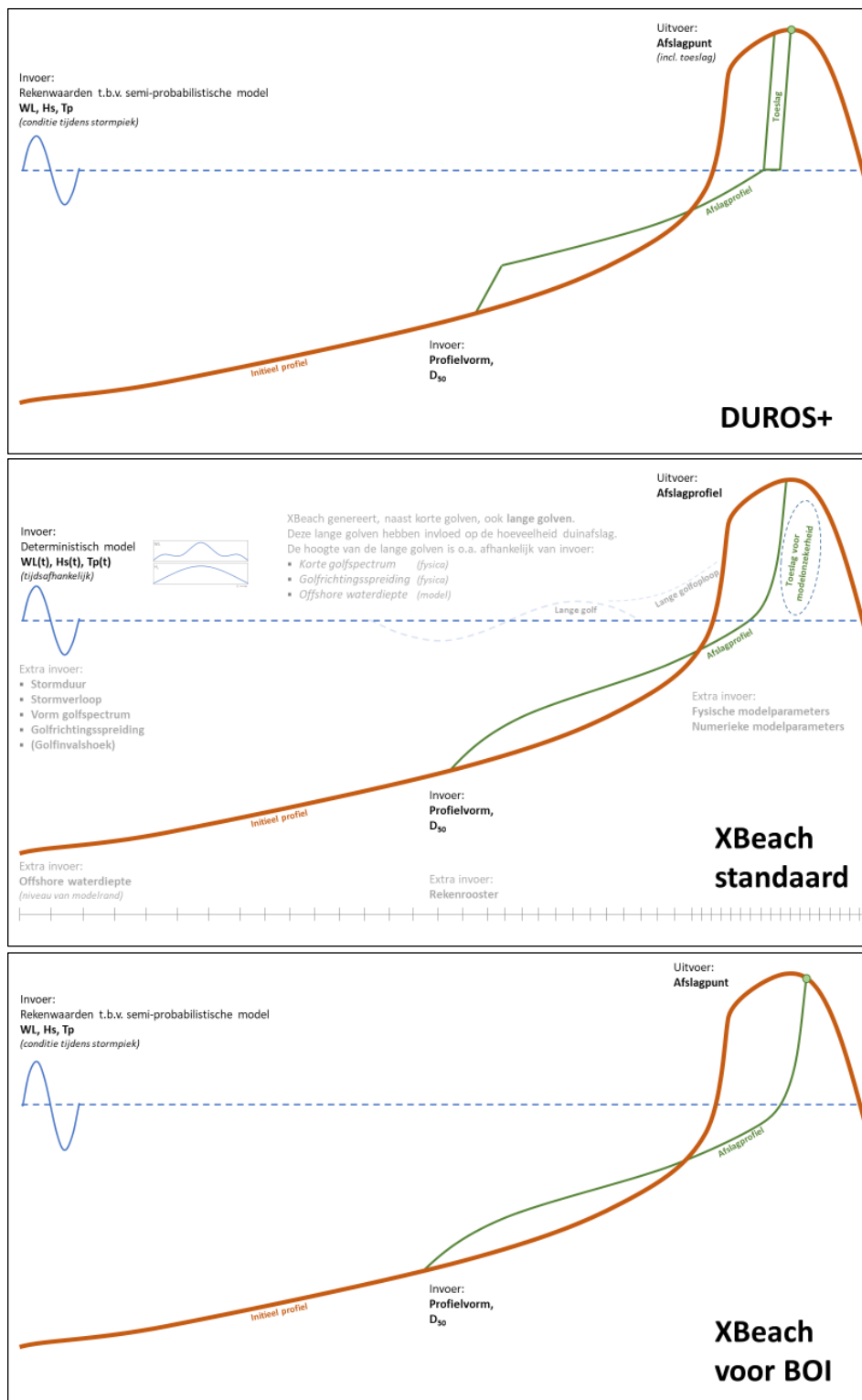
¹Opnames van deze cursussen zijn te vinden op: <https://kkp.stowa.nl/agenda/webinar-duinen-14-juni>; <https://kkp.stowa.nl/agenda/zandige-waterkeringen>; en <https://kkp.stowa.nl/agenda/gebruikerscursus-zandige-waterkeringen>

3.1 Vereenvoudigen aansturing rekenkernel XBeach

De overstap van DUROS+ naar XBeach vergroot substantieel de nauwkeurigheid én het toepassingsbereik van het beoordelingsinstrument voor duinwaterkeringen. Daarentegen leidt deze overstap zonder verdere hulpmiddelen ook tot een grote toename in de benodigde data voor het aansturen van het model, en kennis van de eindgebruiker over fysische en numerieke processen in het model (vergelijk de bovenste en middelste panelen in Figuur 1).

Op basis van feedback in het Raadgevend Overleg (7/9/2020; 11/2/2021; 9/2/2022), is er in het BOI Zandige Waterkeringen project veel aandacht besteed aan het vereenvoudigen van de benodigde invoer en kennis om rekenkernel XBeach te kunnen toepassen als instrument voor beoordeling en ontwerp (onderste paneel in Figuur 1). Belangrijke onderdelen hiervan waren:

- Het afleiden van een consistente set modelparameterinstellingen die robuust toepasbaar is voor de hele Nederlandse kust en gevalideerd is met veldmetingen (Arcadis/Deltares, 2021). Hierdoor hoeft de eindgebruiker de vele modelparameters van de rekenkernel XBeach niet zelf in te stellen, is geen kalibratiedata nodig, en behoeft de eindgebruiker minder specifieke kennis over hydro- en morfodynamische processen. In de gebruikersschil MorphAn (zie ook Hoofdstuk 6), worden de modelparameters automatisch ingesteld en afgeschermd van de eindgebruiker om onbewuste fouten te voorkomen.
- Het opstellen van (modelmatige) procedures voor het schematiseren van een kustraai met de rekenkernel XBeach. Op basis van deze procedures wordt op een consistente manier een rekenrooster voor XBeach opgesteld dat voldoende nauwkeurig is voor de gesimuleerde processen, en wordt het rekenrooster tot voldoende diep water verlengd om ongewenste fouten op de modelrand te voorkomen. Deze procedures worden automatisch uitgevoerd in de gebruikersschil MorphAn, waardoor de eindgebruiker volledig van deze schematiseringshandelingen ontlast wordt.
- Het opstellen van procedures om op consistente wijze een tijdsverloop van hydraulische belastingen in een XBeach model op te leggen op basis van de hydraulische belastingen uit Riskeer of HydraRing voor de beoordeling van de overstromingskans. Deze procedures worden automatisch toegepast in de gebruikersschil MorphAn, waardoor de eindgebruiker deze handeling niet zelf hoeft uit te voeren.



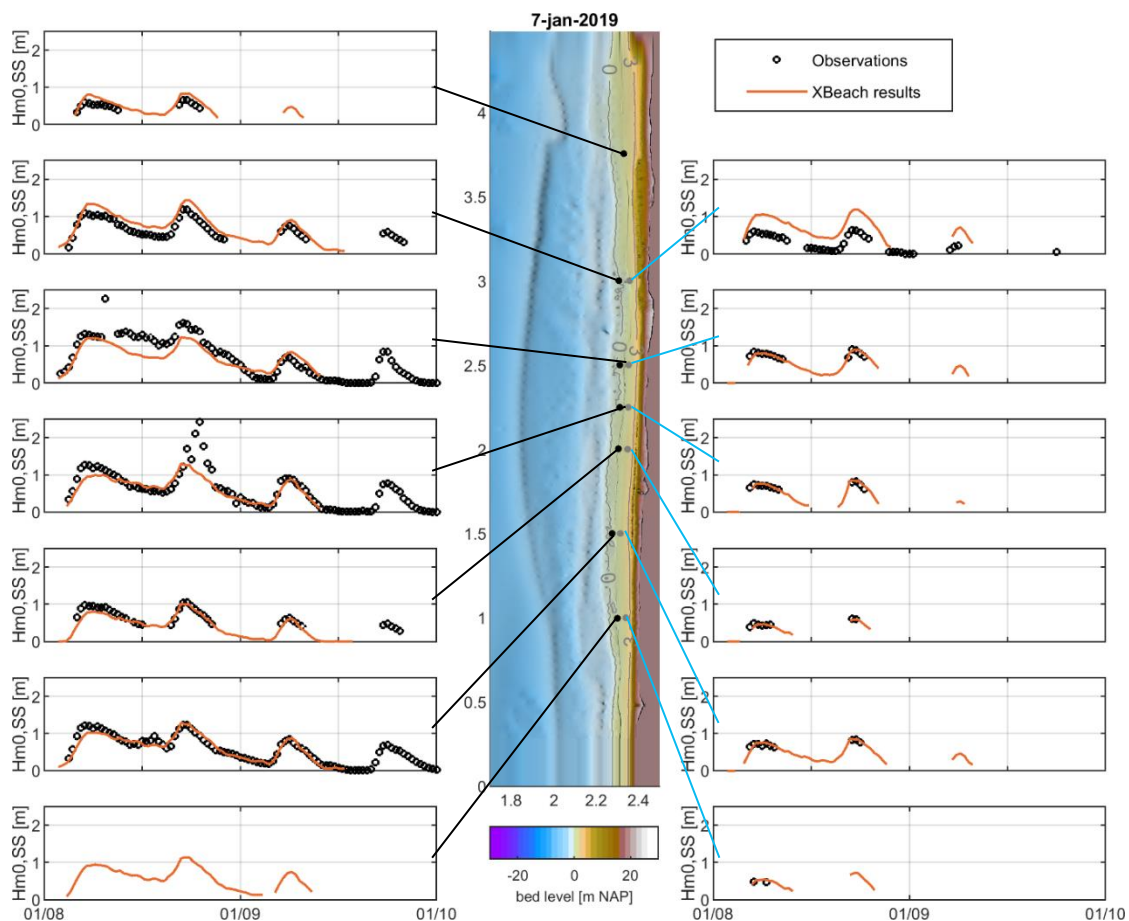
Figuur 1: Complexiteit van de benodigde informatie voor het aansturen van de rekenkernel DUROS+ (weinig complex; boven), de standaard XBeach rekenkernel (complex; midden), en de XBeach rekenkernel voor BOI (weinig complex; onder).

3.2 Validatie sterktemodel voor hoger frequente stormen

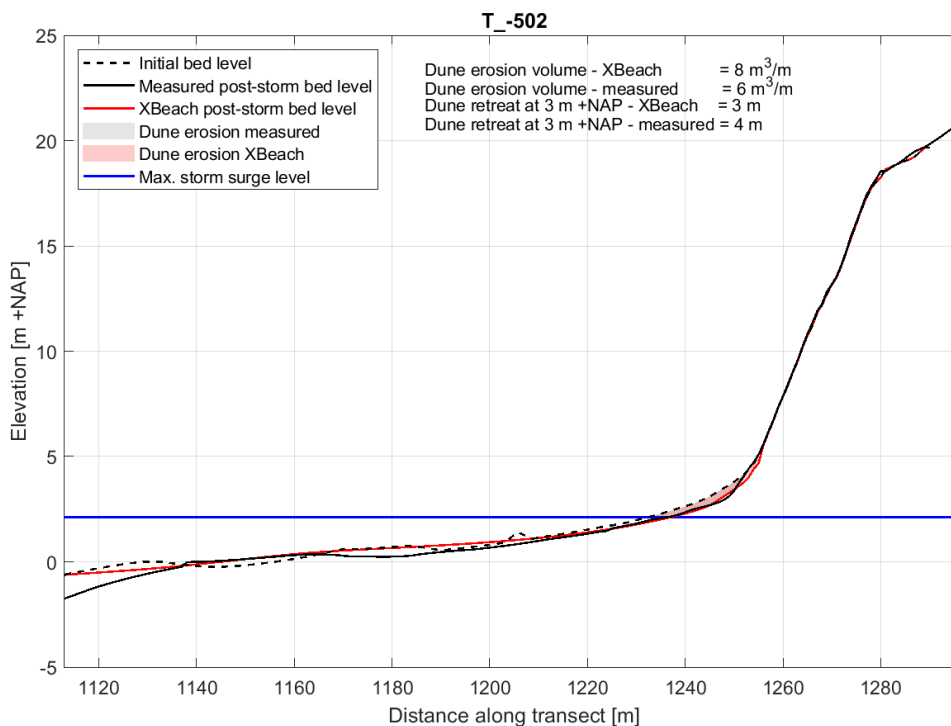
Hoewel het nieuwe instrument voor duinwaterkeringen in eerste instantie gericht is op het ondersteunen van de bepaling van de overstromingskans, is in de planningsfase van het project

de wens besproken om het instrument toe te kunnen passen ter ondersteuning van dagelijks beheer, bijvoorbeeld bij vergunningsvraagstukken. Hiertoe is binnen het project BOI Zandige Waterkeringen aandacht besteed aan het valideren van de nieuwe rekenkernel voor minder extreme stormen die bijvoorbeeld jaarlijks tot tienjaarlijks voor kunnen komen aan de Nederlandse kust (Arcadis/Deltares, 2021). De rekenkernel XBeach is met de standaard set modelparameterinstellingen voor de beoordeling van de overstromingskans (zie Sectie 3.1) vergeleken met veldmetingen van de Universiteit Utrecht van reguliere winterstormen in o.a. Egmond (zie Figuur 2 en Figuur 3) en Schiermonnikoog.

De modelvergelijking voor reguliere winterstormen heeft aangegeven dat de nieuwe rekenkernel en standaard modelinstellingen geschikt zijn om de hydrodynamische condities (bijvoorbeeld golfhoogten en waterstanden bij de kust) tijdens minder extreme stormen (hoger frequente stormen) te simuleren. Daarnaast is vastgesteld dat de rekenkernel met standaardinstellingen in staat is om binnen een beperkte onzekerheidsband (enkele m^3/m) een voorspelling te maken van de te verwachten duinafslag tijdens winterstormen. Het nieuwe instrument voor duinwaterkeringen kan hiermee een waardevol hulpmiddel zijn bij vraagstukken rondom beheer tijdens reguliere stormcondities.



Figuur 2: Metingen en modelberekening van golven bij Egmond tijdens een reguliere winterstorm (Arcadis/Deltares, 2021; velddata Universiteit Utrecht).



Figuur 3: Metingen en modelberekening van een afslagprofiel bij Egmond na een reguliere winterstorm (Arcadis/Deltares, 2021; velddata Universiteit Utrecht).

3.3 Verbetering van de rekensnelheid van XBeach

In overleg met toekomstige eindgebruikers in het Raadgevend Overleg (7/9/2020; 16/11/2020; 11/2/2021) is de wens besproken om het nieuwe instrument voor duinwaterkeringen in ieder geval ad-hoc toe te kunnen passen om inzicht te krijgen in de waterveiligheid van specifieke delen van de Nederlandse kust. Deze wens is met eindgebruikers gekwantificeerd in een beperking van de rekentijd van een stormsimulatie tot enkele minuten op een reguliere PC of laptop (7/9/2020).

Om te voldoen aan deze gebruikerswens is in de ontwikkeling en afregeling van de rekenkernel XBeach veel aandacht besteed aan de rekensnelheid. Binnen het project BOI Zandige Waterkeringen is hiervoor o.a. een methode ontwikkeld om in het rekentijds-efficiëntere 1D te kunnen rekenen, terwijl de belangrijke 2D effecten van lange golven wel gerepresenteerd worden (Deltares, 2020). Ook is een methode ontwikkeld om een morfologische versnellingsfactor toe te passen zonder significant nauwkeurighedsverlies, en is een procedure ontwikkeld om het rekenrooster te optimaliseren voor rekensnelheid (Deltares, 2020). Ten slotte is de simulatieduur geoptimaliseerd door de simulatie enkele uren na de piek van de storm te laten aflopen, op het moment dat er (bijna) geen duinafslag meer plaatsvindt (Arcadis/Deltares, 2023a).

De ontwikkelingen binnen het project BOI Zandige Waterkeringen hebben er samen toe geleid dat de rekentijd met een factor 500 is afgenomen ten opzichte van andere aanpakken met vergelijkbare nauwkeurigheid (bijv. zonder over- of onderschatting van duinafslag door het ontbreken van fysische processen). De gemiddelde rekentijd van een 1D simulatie met de rekenkernel XBeach is hiermee beperkt tot enkele minuten (Deltares, 2020).

4 Aanpassingen in het semi-probabilistisch model

Binnen het project BOI Zandige Waterkeringen is een semi-probabilistisch rekenvoorschrift (i.e., een gekalibreerd semi-probabilistisch model) ontwikkeld op basis van de resultaten van probabilistische modelberekeningen (Arcadis/Deltares, 2023b). Bij het opstellen van het semi-probabilistische model is veelvuldig overleg geweest met aansluitende dossiers van het programma BOI en met het ENW. Op basis van dit overleg en feedback vanuit deze externe partijen zijn o.a. de volgende activiteiten uitgevoerd binnen het project BOI Zandige Waterkeringen:

- Om toepassing van het nieuwe instrument mogelijk te maken voor vraagstukken rondom dagdagelijks beheer (zie ook Sectie 3.2), is specifieke aandacht besteed aan het afleiden van de modelonzekerheid voor situaties met weinig duinafslag (Arcadis/Deltares, 2023b). Deze ontwikkeling heeft het toepassingsbereik van het probabilistisch model sterk vergroot voor stormen met een veel kleinere terugkeerperiode dan de vroegere *normatieve* condities. Deze vergroting van het toepassingsbereik is voorgezet bij het afleiden van de rekenregels voor het semi-probabilistische model, door in de kalibratie rekening te houden met hoger frequente stormen (Arcadis/Deltares, 2023b).
- In overleg met het Raadgevend Overleg (23/5/2022) en experts binnen het programma BOI is een methode ontwikkeld om de bestaande toeslag voor modelonzekerheid te verdisconteren in de rekenregels van de hydraulische belastingen voor het semi-probabilistische model. Hiermee wordt de eindgebruiker ondersteund in situaties waarbij het correct inpassen van een toeslagvolume voor de modelonzekerheid specifieke kennis van afslag- en overslagprocessen zou vereisen.
- Ten behoeve van het BOI dossier Hydraulische Belastingen zijn aanvullende diepwater hydrodynamische parameters geïdentificeerd die nodig zijn voor het beoordelen van duinwaterkeringen met het nieuwe instrument. Voorbeelden zijn de spectrale golfvorm (frequentie- en richtings spreiding) en de tijdsverloop (duur, vorm) van waterstanden en golven. De dominante hydrodynamische parameters voor duinafslag zijn binnen het project bepaald, en hiervoor zijn probabilistische of deterministische waarden afgeleid (Arcadis/Deltares, 2023b).
- De rekenregels voor de semi-probabilistische rekenwaarden van XBeach zijn in overleg met het BOI-dossier Hydraulische Belastingen klaargezet voor implementatie in HydraRing en Riskeer. Hiervoor is een consistente methode ontwikkeld voor de bepaling van de diep water hydraulische belastingen (modelrand XBeach) voor alle duinwaterkeringen (Rijkswaterstaat, 2022).
- Op basis van feedback van de pilotgroep eindgebruikers in de zomer van 2022 (Arcadis, 2022) zijn nieuwe locaties voor de rekenwaarden (hydraulische belastingen) voor zandige waterkeringen opgenomen in HydraRing (en in de toekomst in Riskeer). Deze locaties zijn de Veersegatdam, Brouwersdam, Neeltje Jans, Brielse Gatdam en Maasvlakte II – Slufterdam (Rijkswaterstaat, 2022).

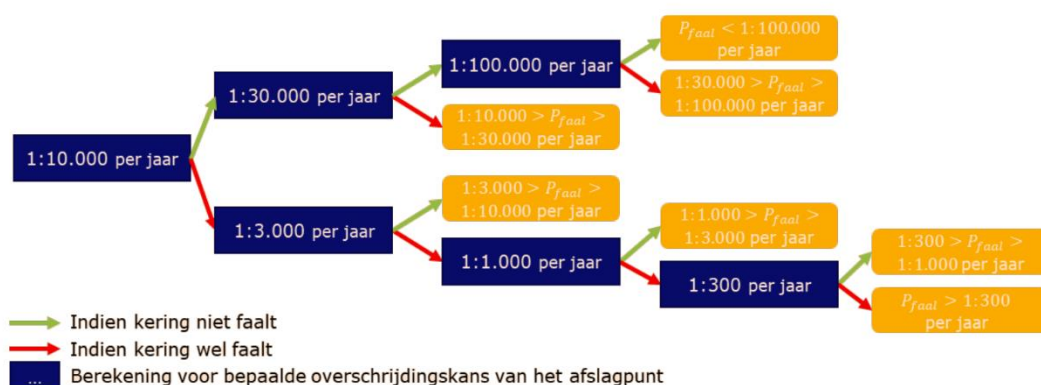
5 Feedback op beoordelingsmethodiek en documentatie

Binnen het project BOI Zandige Waterkeringen is de beoordelingsmethodiek voor duinwaterkeringen en de documentatie van de methodologie volledig vernieuwd. Deze vernieuwing was binnen het BOI dossier Zandige Waterkeringen nodig vanwege de vervanging van de rekenkernel DUROS+ door XBeach, en de daarbij behorende aanpassing van het semi-probabilistische model en grensprofiel. Substantiële aanpassingen aan de methodologie en de documentatie waren echter ook nodig om BOI-brede wijziging van faalkans op doorsnede- naar overstromingskans op trajectniveau mogelijk te maken. Op basis van overleg en feedback van externen zijn in het project BOI Zandige Waterkeringen de volgende activiteiten uitgevoerd.

5.1 Van faalkans op doorsnede- naar overstromingskans op trajectniveau

In het BOI wordt de overstap gemaakt van een beoordeling op doorsnedeniveau van het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI2017), waarbij voor iedere doorsnede (bijv. JarKus-raai) bepaald wordt of de doorsnede voldoet aan een gegeven norm, naar de bepaling van de overstromingskans op trajectniveau. Dit vereist een substantiële verandering in de beoordelingsmethodologie, waarbij voor – met name kritieke – doorsneden de werkelijke faalkans bepaald moet worden, en faalkansen binnen een dijkvak en waterkeringstraject gecombineerd moeten worden.

De praktische uitwerking van de overstromingskansbenadering op trajectniveau is in het project BOI Zandige Waterkeringen voor een groot deel ontwikkeld in samenspraak en in overleg met gerelateerde BOI dossiers en het BOI IPM-team. Voorbeelden hiervan zijn o.a. het uitwerken van een stappenplan voor de beoordeling van zandige waterkeringen in lijn met het verhaal van de kering² en de overstromingskans benadering (i.e., implementatie van de faalpadbenadering), het verdisconteren van het lengte-effect op vak- en trajectniveau, en het opstellen van iteratiestrategieën om de faalkans van een doorsnede te bepalen (zie bijvoorbeeld Figuur 4). Input van, en discussie met, externe partijen is sturend geweest in de uiteindelijke totstandkoming van de beoordelingsmethodiek.



Figuur 4: Voorbeeld iteratiestrategie om de schatting van de faalkans van een doorsnede te bepalen

5.2 Technische Leidraden, Handleiding en Achtergrondrapportage

In het project BOI Zandige Waterkeringen zijn, aansluitend op de andere dossiers binnen het programma BOI, een Technische Leidraad Zandige Waterkeringen (Rijkswaterstaat, 2023a), een Handleiding Overstromingskansanalyse voor Faalpad Duinafslag (Rijkswaterstaat, 2023b), en het rapport Achtergrond Duinafslaginstrumentarium (Arcadis/Deltares, 2023a) ontwikkeld voor het nieuwe instrument. Bij het opstellen van deze documenten is overleg met, en input van, de aansluitende BOI dossiers en het BOI IPM-team sturend geweest om te komen tot een uniformering van de documentatie tussen de verschillende BOI faalpaden.

Feedback van eindgebruikers van het instrument op de documentatie (met name de concept Technische Leidraad en concept Handleiding Overstromingskansanalyse) is verkregen door middel van twee workshops met KKP en vertegenwoordigers van de kustwaterschappen (zie ook Sectie 2). Feedback van deze eindgebruikers over de inhoud en toepassing van de documentatie is opgenomen en verwerkt in de definitieve versies van de rapporten.

² In 'het verhaal van de kering' staat, in plaats van losse faalmechanismen, een beschouwing van de keten van gebeurtenissen die kunnen leiden tot overstroming van het achterland centraal (zie bijvoorbeeld: https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/182519/factsheet_verhaal_van_de_kering_v1.pdf).

5.3 Handreiking additioneel toeslagvolume

Tijdens de ontwikkeling van het instrument is in de eindworkshop met de pilotgroep eindgebruikers (29/9/2022; Arcadis, 2022) de wens benoemd om tijdelijke handreikingen te ontwikkelen voor het beoordelen van complexe kustsystemen die nog niet ondersteund worden door een 1D (JarKus-raai) benadering. Voorbeelden van deze situaties zijn bijvoorbeeld sterk gekromde kusten, en overgangsgebieden tussen harde en zandige waterkeringen.

Om aan deze vraag te voldoen is binnen het project BOI Zandige Waterkeringen een methode ontwikkeld op basis van aannames van het WBI2017 instrumentarium om een toeslagvolume voor kustkromming mee te nemen in de beoordeling van een duinwaterkering. Deze methodologie is beschreven in de Handleiding Overstromingskansanalyse voor Faalpad Duinafslag, en zal in het gebruikersschil MorphAn worden toegevoegd als handmatige aanpassing van de afslagpunt. Deze ontwikkeling staat ook een (zelfgekozen) toeslagvolume voor (overgangs)constructies toe.

De vervolgende ambitieniveaus van het Plan Zandige Waterkeringen (Deltares/Arcadis, 2019) voorzien in de ontwikkeling van robuustere methoden om de effecten van kustkromming en (de overgang naar) harde keringen mee te nemen in de beoordeling van zandige waterkeringen.

5.4 Grensprofiel en tijdsanalysediagram

In het project BOI Zandige Waterkeringen is in samenspraak met aansluitende BOI dossiers, het BOI IPM-team, en het Raadgevend Overleg, het instrument voor duinwaterkeringen aangepast om aan te sluiten op het verhaal van de kering en de overstromingskans benadering. Onderdeel hiervan was het evalueren van de rol van de grensprofielbenadering en het tijdsanalysediagram (vroegere R-t diagram). Hiertoe is in het project de functie van het grensprofiel in het beoordelingsproces aangepast en verduidelijkt als versimpelde methode om te bewijzen dat de kans op doorbraak van het landwaarts van het berekende afslagpunt resterende duinprofiel verwaarloosbaar klein is (Raadgevend Overleg 7/7/2021, 26/10/2021, 23/5/2022, 10/11/2022; ENW werkgroep Kust overleg 23/1/2023). Het tijdsanalysediagram is ontwikkeld om te ondersteunen in het analyseren van structurele en stochastische temporele variatie in de faalkans van duinprofielen (Raadgevend Overleg 23/5/2022).

Op basis van feedback van kustbeheerders in het Raadgevend Overleg (10/11/2022) en de eindworkshop met de pilotgroep eindgebruikers (29/9/2022; Arcadis, 2022) is de basisdefinitie van de vorm van het grensprofiel uitgebreid met (simpele) regels voor afwijkende vormen. Deze ontwikkeling stelt eindgebruikers beter in staat om op basis van het nieuwe instrumentarium een schatting te maken van de bijdrage van vervolgprocessen op het falen van de kering, bijvoorbeeld in lage en brede duinengebieden waar het reguliere grensprofiel qua hoogte niet ingepast kan worden. De mogelijkheid om een afwijkende vorm van het grensprofiel toe te passen is opgenomen in de gebruikersschil MorphAn.

Op basis van feedback van kustbeheerders in het Raadgevend Overleg (23/5/2022) wordt in het nieuwe instrument de mogelijkheid ondersteund om het grensprofiel zowel direct achter het afslagprofiel in te passen, als om het grensprofiel in te passen op een vaste locatie (bijv. bij de legger).

5.5 Training en workshops

Om eindgebruikers te ondersteunen de overstap te maken van een beoordeling van duinwaterkeringen op basis van dwarsdoorsnedeniveau met rekenkernel DUROS+ (WBI 2017) naar een beoordeling op trajectniveau met rekenkernel XBeach (BOI 2023), zijn gedurende het project Zandige Waterkeringen workshops en trainingen gehouden voor het platform KKP STOWA (14/6/2021, 23/6/2022 en 19/1/2023). In deze workshops is in overleg met het BOI

IPM-team de nieuwe beoordelingsfilosofie toegelicht, en zijn specifieke aandachtspunten voor de beoordeling van duinwaterkeringen besproken. Feedback van deelnemers aan deze workshops is meegenomen in de uiteindelijke versie van het instrument.

6 Feedback op gebruikersschil MorphAn

In het project BOI Zandige Waterkeringen is de gebruikersschil MorphAn doorontwikkeld om eindgebruikers te kunnen ondersteunen bij een beoordeling met het nieuwe instrumentarium. Het ontwerp en de ontwikkeling van de gebruikersschil MorphAn hebben plaatsgevonden in samenspraak met het Raadgevend Overleg en het BOI IPM-team. Hierin zijn wensen van eindgebruikers van de software, inclusief kustbeheerders en het Rijkswaterstaat programma Kustlijnzorg sturend geweest. De belangrijkste onderdelen waarin deze wensen zijn meegenomen zijn in de volgende secties beschreven.

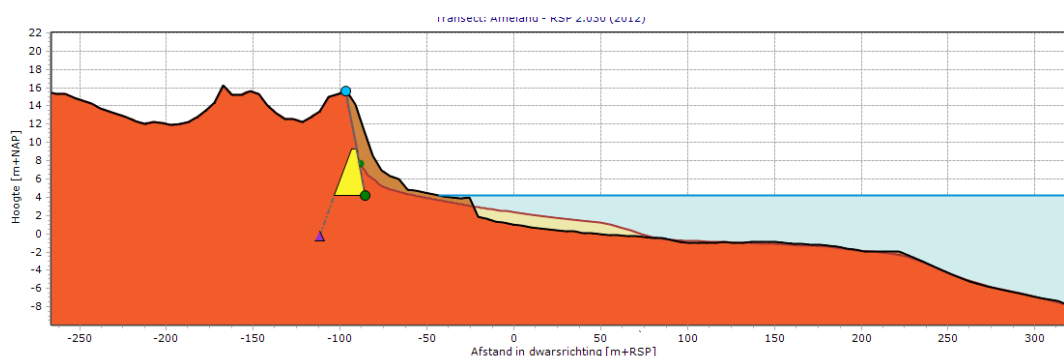
6.1 Ontwerp duinveiligheidsmodel in MorphAn

Aan het begin van het project BOI Zandige Waterkeringen is in overleg met het Raadgevend Overleg (11/2/2021, 7/7/2021, 26/10/2021; Rijkswaterstaat 2021a,b) bepaald wat de eisen en wensen zijn voor een gebruikersschil voor het nieuwe instrument in MorphAn, het zogenaamde duinveiligheidsmodel.

Op basis van het advies van het Raadgevend Overleg (11/2/2021 en 7/7/2021; zie ook Rijkswaterstaat 2021a,b) is vastgesteld welke gebruikersparameters voor eindgebruikers vrij te kiezen zijn (bijv. keuzes in het schematiseren van kustprofielen, bepaling van de representatieve korrelgrootte en hydraulische belastingen), en welke gebruikersparameters voor de eindgebruiker afgeschermd moeten worden (bijv. modelparameterinstellingen, opstellen van de numerieke rekenrooster). Tevens is met het Raadgevend Overleg bepaald welke onderdelen van het beoordelingsproces in het duinveiligheidsmodel worden opgenomen (te weten: duinafslagberekening met rekenkernel XBeach, vervolprocesmodel met grensprofiel, en het tijdsanalysediagram), en wat hiervoor de eisen zijn. Een voorbeeld hiervan is de eis om binnen de gebruikersschil MorphAn het grensprofiel zowel achter het afslagprofiel, als ter plaatse van de legger in te kunnen passen (Raadgevend Overleg 23/5/2022).

Tijdens de ontwikkeling van de gebruikersschil zijn in de zomer van 2022 twee workshops gehouden met een pilotgroep eindgebruikers die de conceptversie van de gebruikersschil hebben getest (23/6/2022 en 29/9/2022). De feedback van deze pilotgroep is van cruciaal belang geweest bij de verdere ontwikkeling van het duinveiligheidsmodel in de tweede helft van 2022, en heeft onder andere geleid tot verbeterde methoden om gegevens te ontsluiten en te visualiseren (zie bijvoorbeeld Figuur 5), en om het duinveiligheidsmodel robuuster te maken. Naast wensen van de pilotgroep eindgebruikers, zijn ook aandachtspunten voor de beoordelingsmethodologie (bijv. geometrie van het grensprofiel en toepassen van toeslagvolume, zie Secties 5.3 en 5.4) meegenomen in de ontwikkeling van het duinveiligheidsmodel.

Naast input van eindgebruikers en het Raadgevend Overleg, zijn aan het begin van de ontwikkeling van het nieuwe duinveiligheidsmodel in samenspraak met het BOI IPM-team de ontwerpeisen voor de onderliggende software opgesteld (Deltares, 2022).



Figuur 5: Voorbeeld van een verbeterde visualisatie van het afslagprofiel en positie van het grensprofiel in MorphAn op basis van input van de pilotgroep eindgebruikers.

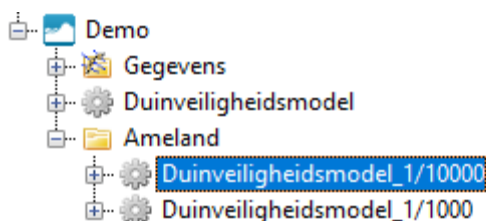
6.2 Functionaliteit MorphAn

Aan het begin van het project BOI Zandige Waterkeringen is een conceptueel ontwerp voor een gebruikersschil in MorphAn besproken met het Raadgevend Overleg (07/09/2020, 11/2/2021). De conceptversie van de gebruikersschil is in de zomer van 2022 door een pilotgroep gebruikers uitvoerig getest en feedback van de gebruikers is verwerkt in de ontwikkeling van de definitieve versie van de gebruikersschil (zie Tabel 1). Deze aanpassingen worden op hoofdlijnen in de volgende paragrafen besproken.

Een gevolg van de overgang van de rekenkernel DUROS+ naar rekenkernel XBeach, in combinatie met het uitgangspunt om de *faalkans* van waterkeringen te bepalen in het BOI, betekent dat er ten opzichte van het WBI2017 een behoorlijke toename is in het aantal berekeningen en de rekestijd die hiervoor nodig is. Daarnaast is door de toename in het aantal berekeningen (i.e., duinafslagberekeningen voor meerdere terugkeerperioden om de werkelijke faalkans te kunnen bepalen) meer analyse van resultaten nodig in MorphAn. Hoewel de conceptversie van het duinveiligheidsmodel een ad-hoc analyse van de faalkans van een duinprofiel (zie ook Sectie 3.3) goed kon ondersteunen, bevatte deze conceptversie van MorphAn te weinig middelen om een analyse van een heel duinvak of -traject eenvoudig uit te voeren.

Op basis van input van de pilotgroep eindgebruikers is de structuur van het duinveiligheidsmodel in MorphAn sterk aangepast om de eindgebruiker de flexibiliteit te geven om resultaten te clusteren in bijvoorbeeld duinvakgebieden en terugkeerperioden (zie Figuur 6). Deze verandering schept overzicht in het beoordelingsproces en vereenvoudigt de analyse van de faalkans van duinengebieden. De input van de pilotgroep eindgebruikers is cruciaal geweest in de ontwikkeling van deze functionaliteit.

Om eindgebruikers beter te ondersteunen bij het maken van bulkberekeningen voor duinvakken of -trajecten, is een tweede significante aanpassing aan het duinveiligheidsmodel gemaakt, waardoor het mogelijk is om de berekening met de rekenkernel XBeach los te koppelen van de gebruikersschil MorphAn. Dit stelt de eindgebruiker in staat om berekeningen met XBeach in de gebruikersschil MorphAn klaar te zetten en te exporteren, en de resultaten van externe berekeningen in MorphAn verder te analyseren. De rekenintensieve berekeningen met de rekenkernel XBeach kunnen hiermee buiten MorphAn om (op eigen PC, reken PC of rekencluster) uitgevoerd worden, waardoor de rekenkracht aanzienlijk vergroot kan worden. De eindgebruiker kan daarnaast verder met andere werkzaamheden in MorphAn terwijl de berekeningen extern worden uitgevoerd.



Figuur 6: Voorbeeld van een verbeterde structuur van data voor bulkberekeningen in MorphAn op basis van input van de pilotgroep eindgebruikers.

Tabel 1: Overzicht gebruikerswensen geïmplementeerd in MorphAn binnen het BOI Zandige Waterkeringen project

Gebruikerswensen MorphAn	Gebruikersinput
Inpassen grensprofiel op basis van landwaartse grens.	Raadgevend Overleg 07/09/2020, 11/2/2021
BOI eisen voor XBeach berekening (rekenrooster en verlenging) zijn ook geïmplementeerd in het losse XBeach model. Dit geeft de mogelijkheid om ook gevoeligheidsanalyses uit te voeren met het losse XBeach model.	Raadgevend Overleg 11/2/2021
Gebruiker heeft de vrijheid om instellingen gerelateerd aan het rekenrooster en de verlenging aan te passen in het losse XBeach model.	Raadgevend Overleg 11/2/2021
Mappen structuur is verbeterd binnen een werkruimte.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Exporteren afslagprofiel XBeach berekening.	Raadgevend Overleg 07/09/2020, 11/2/2021
Weergeven tijdsafhankelijke resultaten XBeach berekening.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Importeren en exporteren van XBeach sommen.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Visualisatie sedimentatie en erosie in het grensprofielmodel.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Resultaten initialiseren op de laatste tijdstap in het XBeach resultaat scherm.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Continuïteit structuur duinveiligheidsmodel: workflow niet erg veranderen t.o.v. voorgaande versies.	Raadgevend Overleg 11/2/2021
Projecten gemaakt met voorgaande versies van MorphAn worden gemigreerd naar de nieuwe versie (duinveiligheidsmodel met DUROS+ wordt verwijderd uit het project).	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Afslagpunt en afslagvolume wordt uitgerekend als post-processing in MorphAn (en kan worden geëxporteerd).	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
XBeach randvoorwaarden kunnen worden gevisualiseerd.	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022
Duinafslagberekeningen kunnen worden uitgevoerd voor zowel extreme als jaarlijkse condities. De gebruiker heeft de vrijheid om de hydraulische condities aan te passen.	Raadgevend Overleg 11/2/2021
Toevoegen van handmatige toeslagvolume voor e.g. gebruik bij gekromde kusten en overgangsconstructies [N.B. wordt vóór 1 juli 2023 geïmplementeerd in MorphAn]	Pilotgroep eindgebruikers 29/09/2022

7 Conclusies

In het project BOI Zandige Waterkeringen is een vernieuwd instrument ontwikkeld voor de beoordeling van duinwaterkeringen. Hierin zijn ontwikkelingen doorgevoerd op het gebied van de rekenkernel, het semi-probabilistische model, de beoordelingsmethodiek, de documentatie en de gebruikersschil. In dit document wordt beschreven hoe de wensen en kennis van gebruikers en experts (o.a. kustbeheerders, consultants en het raadgevende ENW) in de ontwikkeling van het instrument zijn meegenomen en tot welke verbeteringen deze input heeft geleid.

Geconcludeerd wordt dat de input van externe partijen substantieel heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van het instrument, en dat dit een zeer positief effect heeft gehad op de robuustheid en bruikbaarheid van het vernieuwde instrument. De interactie met de externe partijen heeft daarnaast ook de kennisoverdracht over de nieuwe beoordelingsmethodiek aangejaagd en versterkt. Een frequente interactie met externe partijen wordt daarom zeer

aanbevolen voor verdere ontwikkeling van dit instrument én bij het uitwerken van de andere ambitieniveaus van het Plan Zandige Waterkeringen voor complexere kustsecties.

Referenties

- Arcadis/Deltares (2021). Validation of dune erosion model XBeach; Development of 'BOI Sandy Coasts'. *Tech. rapport* D10029117:2.0. Auteurs: L/ Coumou, R. van Santen, J. van der Baan, R. McCall, A. de Bakker, E. Quataert, R. de Goede.
- Arcadis/Deltares (2023a). Achtergrond Sterktemodel Duinafslaginstrumentarium. *Tech. rapport* versie 2.1, 26 januari 2023. Auteurs: Steetzel, H., Van Santen, R., Coumou, L., McCall, R., De Goede, R., De Bakker, A. Achtergrondrapport basisinstrumentarium BOI. Gepubliceerd door Rijkswaterstaat.
- Arcadis/Deltares. (2023b). Semi-probabilistic model for XBeach - Definition of a semi-probabilistic method for 'BOI Sandy Flood Defences'. *Tech. rapport*. Auteurs: Steetzel, H., Lenstra, K., Velhorst, R. en Van der Baan, J. Definitieve versie 3.1, 3 januari 2023. Achtergrondrapport basisinstrumentarium BOI.
- Arcadis (2022). Cursus #3 BOI Zandige Waterkeringen; Aan de slag met de nieuwe beoordelingssystematiek – Deel II. Notulen, Arcadis, Amersfoort.
- Deltares/Arcadis (2019). Plan van Aanpak Vernieuwd Instrumentarium Zandige Keringen. *Tech. rapport* 11203720-014-GEO-0001. Auteurs: R. McCall, R. van Santen, H. Steetzel, A. van Dongeren.
- Deltares (2020). XBeach BOI - Approaches to reduce calculation time. *Tech. rapport* 11205758-029-GEO-0012. Auteurs: R. de Goede, M. de Ridder, E. Quataert, R. McCall.
- Deltares (2022). Niet functionele eisen: MorphAn. *Tech. memo* 11206818-018-GEO-0008. Auteur: M. de Ridder.
- Rijkswaterstaat (2021a). BOI Zandige Waterkeringen Fase 0 – Werkdocument Conceptvoorstel voor gebruikersschil inclusief voorstel ontsluiting gebruikersparameters.
- Rijkswaterstaat (2021b). BOI Zandige Waterkeringen Fase 1 – Werkdocument Conceptvoorstel voor gebruikersschil inclusief voorstel ontsluiting gebruikersparameters.
- Rijkswaterstaat (2022). Uitvoer HR Zandige Waterkeringen. *RWS Informatie memo*. Auteur: Pluis, S.
- Rijkswaterstaat (2023a). Technische Leidraad Katern Zandige Waterkeringen, BOI Zandige Waterkeringen. *RWS Informatie Rapport*
- Rijkswaterstaat (2023b). Handleiding Overstromingskansanalyse Faalpad Duinafslag, BOI Zandige Waterkeringen. *RWS Informatie Rapport*
- Roelvink, D., Reniers, A., Van Dongeren, A.P., De Vries, J.V.T., McCall, R. and Lescinski, J. (2009). Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. *Coastal engineering*, 56(11-12), pp.1133-1152.
- Roelvink, D., McCall, R., Mehvar, S., Nederhoff, K. and Dastgheib, A. (2018). Improving predictions of swash dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runup. *Coastal Engineering*, 134, pp.103-123.