

# Ontwerp erosiebuffer

Kansrijke alternatieven verkenning Veilige Vecht

2x klikken voor logo 2x klikken voor logo 2x klikken voor logo

# Inhoudsopgave

<b>1. Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2. Gehanteerde uitgangspunten</b>	<b>4</b>
2.1. Modelling	4
2.2. Hydraulische randvoorwaarden	4
2.3. Modelinstellingen	5
2.4. Locaties	6
<b>3. Ontwerp</b>	<b>7</b>
3.1. Afslagberekeningen	7
3.2. Effect stroming in langsrichting	9
3.3. Keuze buffer	11

Datum: 19-6-2023

Versie: 1.0

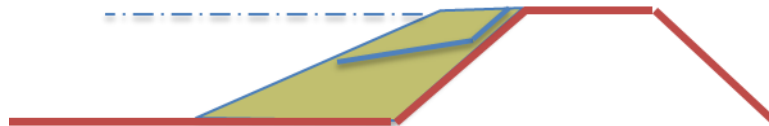
Opsteller: IT team Veilige Vecht

# 1. Inleiding

Tijdens de verkenningsfase is geconstateerd dat de bestaande bekleding op het buitentalud (GEBU) veelal niet voldoet onder maatgevende omstandigheden. Om dit probleem aan te pakken zijn diverse kansrijke alternatieven opgesteld. Een minder gebruikelijke oplossing die daaruit voortkwam, is de erosiebuffer van zand die uitgaat van het toe kunnen staan van afslag door voldoende restprofiel te garanderen.

*De Vechtdijken worden gekenmerkt door een zandlichaam die beschermd wordt door een grasbekleding. Dit maakt zowel de dijken als hun flora en fauna uniek in Nederland. Het toepassen van een standaardoplossing van steen of klei past niet bij het karakter van de Vechtdijken. Door te kiezen voor de erosiebuffer, die volledig uit zand bestaat, kunnen deze kenmerkende waarden worden behouden waarbij het achterland beschermd blijft.*

Het uitgangspunt bij deze technische bouwsteen in de kansrijke alternatieven is dat het volume dat kan eroderen tegen het bestaande dijklichaam wordt aangebracht. Daarmee blijft minimaal het bestaande profiel (volume) geborgd. Dit principe is in onderstaande Figuur 1-1 weergegeven. Omdat de vechtdijken zelf ook uit zand bestaan gaat het om het totale volume en kan de extra buffer dus ook aan de binnendijkse zijde worden toegevoegd waardoor er aan de buitenzijde ruimte ontstaat voor afslag.



Figuur 1-1 principe erosiebuffer – extra volume tegen dijklichaam

Om de omvang van de buffer te kunnen onderbouwen is een modelstudie van afslagberekeningen in MIKE uitgevoerd. Deze memo beschrijft hoe de modellering tot stand is gekomen en geeft de onderbouwing van de gekozen buffergrootte in het ontwerp van de kansrijke alternatieven.

In hoofdstuk 2 zijn de gehanteerde uitgangspunten beschreven waarna in hoofdstuk 3 de uitgevoerde berekeningen zijn toegelicht en het ontwerp is samengevat.

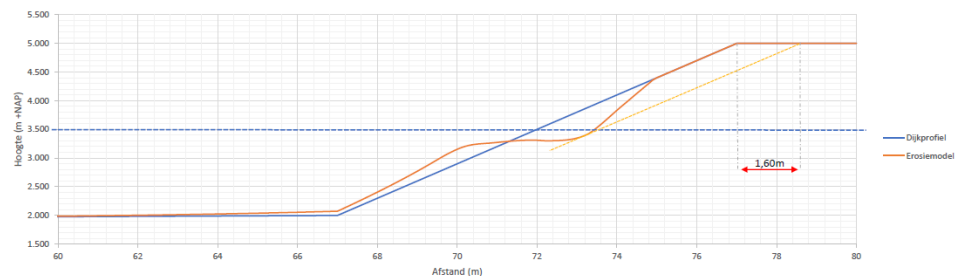
## 2. Gehanteerde uitgangspunten

Voor de modellering van de erosiebuffer zijn een aantal uitgangspunten genomen. In dit hoofdstuk worden deze toegelicht. Uit eerste verkennende berekeningen in MIKE, waarbij dijkprofielen zijn opgenomen en de hydraulische randvoorwaarden uit Riskeer waren toegepast, volgden uitkomsten die vragen oproepen. Om tot een goede modellering te komen zijn enkele analyses uitgevoerd die hebben geleid tot uitgangspunten die in dit hoofdstuk zijn opgenomen. De analyses zijn opgenomen in Bijlage 2.

### 2.1. Modellering

Voor het bepalen van de afmetingen van de erosiebuffer en het bijbehorende zandvolume is gebruik gemaakt van simulaties met het softwarepakket MIKE Litpack. Dit model is ontworpen voor deterministische simulaties van sedimenttransport en het voorspellen van oeverafslag onder verschillende golf- en waterstandsscenario's. Het model integreert de simulatie van golfvoortplanting met voorspellingen van erosie en sedimentatie binnen een vooraf gedefinieerd dwarsprofiel. De uitvoer wordt beschreven in termen van erosiebreedte en erosievolume, die als volgt zijn gedefinieerd:

- Erosiebreedte wordt bepaald aan de hand van een visualisatie van de optredende erosie. Vanaf het punt waar de insnijding het diepst is, wordt er een lijn getrokken met dezelfde hellingshoek als het bestaande buitentalud, tot aan de kruin van de dijk. Het verschil tussen de buitenkruinlijn en het snijpunt geeft de erosiebreedte weer. Zie onderstaande voorbeeld:



Figuur 2-1 Voorbeeld bepaling erosiebreedte

- Erosievolume volgt uit de logfiles van de MIKE berekeningen. Het erosievolume beschrijft hoeveel zand er in het dwarsprofiel verplaatst wordt als gevolg van de golfbelastingen. Dit volume wordt uitgedrukt in kubieke meter per meter ( $m^3/m$ ).

### 2.2. Hydraulische randvoorwaarden

Een maatgevende situatie voor de bekleding doet zich voor wanneer er sprake is van een hoge rivierafvoer in combinatie met een hoge waterstand op het IJsselmeer als gevolg van wind uit het Westnoordwesten. Tevens wordt ervan uitgegaan dat de Ramspolkering faalt wat leidt tot hoge waterstanden op de Vecht. In een dergelijke situatie kunnen op de Vecht golven ontstaan met hoogtes tussen de 0,58 en 1,02 meter.

Voor de modellering is een uitgangspunt gekozen voor de stormduur. Hier is de keuze gemaakt om de maatgevende golven 12 uur lang de dijk te belasten. Dit uitgangspunt is gekozen omdat dit door Deltares ook is toegepast in het

relevantieonderzoek gras op zand en een conservatieve aanname is voor een piekbelasting.

In de simulaties is gebruik gemaakt van een maatgevende golfhoogte, golfperiode en waterstand. Als basis is het volgende HLCD-bestand gebruikt in Riskeer om de maatgevende waterstand te bepalen bij categoriegrens IIIv (ondergrens norm):

- VV\_hlcd\_2080 (zichtjaar 2080, Klimaatscenario W+, Olst +70 m<sup>3</sup>/s, Meerpeil +0.3 m NAP).

Vervolgens is in BM-gras buitentalud het golfverloop bij storm gemodelleerd bij deze waterstand. Hierbij zijn de waarden van de maximale golfhoogte maatgevend voor de erosiemodellering. De input parameters voor de LITPACK modellering zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 2-1 Input parameter Wave Climate LITPACK

Profiel	Golfhoogte [m]	Golfrichting [°N]	Golfperiode [s]	Waterstand [m+NAP]
10A	0,58	225,0	2,29	3,50
16C	0,80	244,4	2,52	2,50
3	0,60	339,0	1,99	4,00
8	1,02	339,0	3,30	2,50

### 2.3. Modelinstellingen

Voor het modelleren worden diverse rekeninstellingen toegepast. Over het algemeen gaat het om standaardwaarden die worden toegepast. Hieronder worden de hoofdlijnen benoemd. Specifieke rekeninstellingen per profiel zijn opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 2-2 Rekeninstellingen

Parameter	Instelling
Theorie gebruikt voor tabelbereik	Vocoidal
Model golftheorie	Battjes en Janssen
Angle of normal to coast	90 (loodrecht op de dijk = conservatief)
Clay layer option	Exclude Clay layer
Energy loss due to bed friction option:	Include Energy loss
Wave climate	Variërend per profiel conform Tabel 1
Reference depth for wave climate	Variërend per profiel
Simulation period	12 uur
Irregular waves: wave breaking factor, Gamma 1	3 (verhoogd op advies DHI, zie Bijlage 2)
Irregular waves: wave breaking factor, Gamma 2	0,8

Voor het berekenen van het erosieprofiel is een zandlichaam met een uniforme korrelgrootte van 256 µm, zonder begroeiing of cohesief materiaal als uitgangspunt genomen. Deze waarde is bepaald door de geotechnisch specialist op basis van de beschikbare korrelverdeling in het gebied.

Uit de uitgevoerde analyses naar de wijze van modelleren (zie Bijlage 2) volgt daarnaast nog het uitgangspunt om het voorland dieper te schematiseren dan in werkelijkheid aanwezig is, om zo het diepte geïnduceerd breken van golven te voorkomen.

De ontwerpberekeningen zoals in het volgende hoofdstuk beschreven zijn gebaseerd op bovenstaande uitgangspunten. Dit betekent onder andere dat alle berekeningen worden uitgevoerd met behulp van de Vocoidal wave theorie en de golftheorie van Battjes en Janssen. Om hogere/steilere golven toe te staan wordt de  $\gamma_1$  verhoogd van 1 naar 3, terwijl de waarde van  $\gamma_2$  op de standaardwaarde van 0,88 blijft.

De overige parameters blijven ongewijzigd en zijn opgenomen in de logfiles van de berekeningen, die zijn bijgevoegd als Bijlage 3.

Het voorland is in de profielen verlaagd, de profielen 3 en 10 met 1,0 meter, de profielen 16C en 8 zijn 2,0 m lager geschematiseerd dan in werkelijkheid. Hierbij is vanuit de buitenkruinlijn het buitentalud met dezelfde helling doorgetrokken totdat de buitenteen 1,0 m of 2,0 m lager ligt. Dit zorgt voor een conservatief uitgangspunt vanwege:

- Een hogere hydraulische golfbelasting bereikt de dijk;
- Er is geen sprake meer van diepte geïnduceerd breken;
- De golven blijven aangrijpen op het beoogde punt op het dijkprofiel.

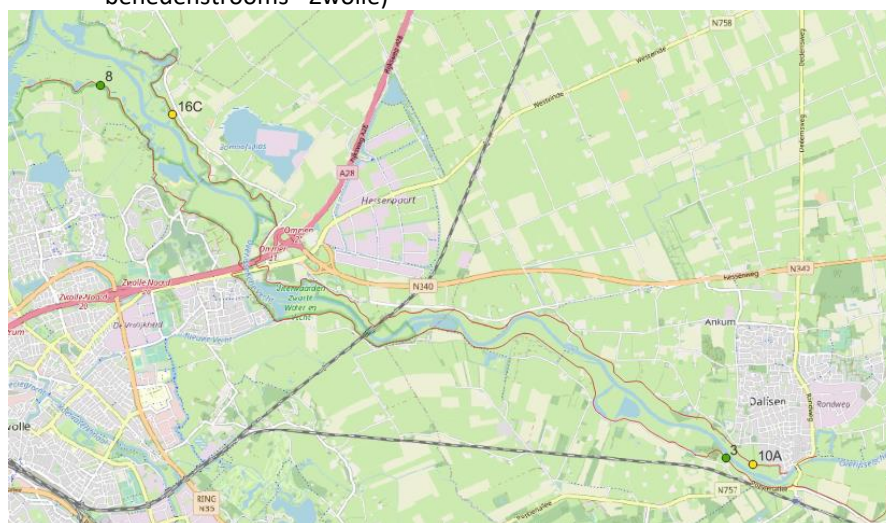
Deze schematisering zorgt voor een robuuste modelering van de erosie.

Door het verdiepen van het voorland zijn de opgegeven hydraulische randvoorwaarden (conform Tabel 2-1) mogelijk. Een verdere correctie op golflengte of steilheid is niet toegepast in de bepaling van de erosie.

## 2.4. Locaties

Voor de verkenningsfase zijn 4 locaties geselecteerd die zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts gelegen zijn. Dit biedt inzicht in de variatie over de lengte van de Vecht en de verschillen per dijktraject. Voor deze analyse zijn locaties gebruikt waar al een representatief profiel voor de GEKB-opgave beschikbaar was. De locaties zijn weergegeven in Figuur 2-2 en hieronder samengevat:

- Dijktraject 9-1 - representatief profiel 10A (uitvoerpunt 113 - bovenstrooms - Dalfsen)
- Dijktraject 53-3 - representatief profiel 3 (uitvoerpunt 121 - bovenstrooms - Dalfsen)
- Dijktraject 9-1 - representatief profiel 16C (uitvoerpunt 237 - benedenstrooms - Zwolle)
- Dijktraject 53-3 - representatief profiel 8 (uitvoerpunt 245 - benedenstrooms - Zwolle)



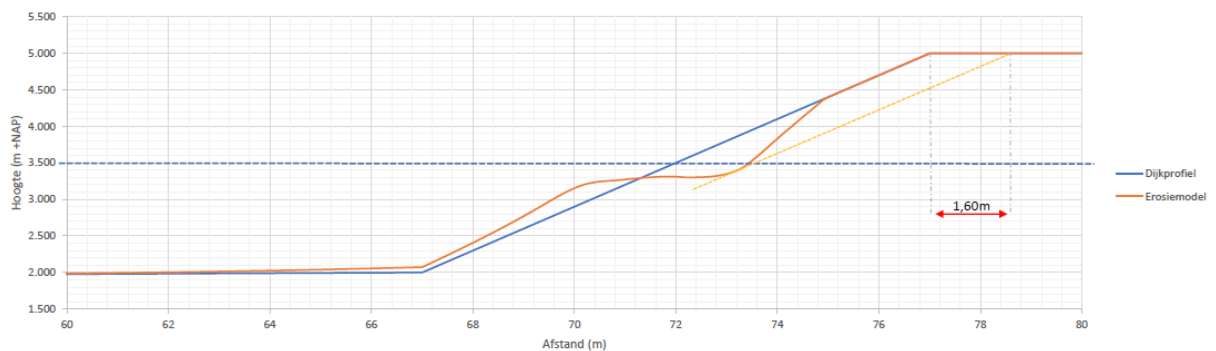
Figuur 2-2 Gekozen locaties voor het de analyse

# 3. Ontwerp

## 3.1. Afslagberekeningen

Voor de vier profielen zijn afslagberekeningen uitgevoerd. De kruinhoogte is bij het modelleren van belang, de golfbelasting moet op het talud komen en niet over de kruin slaan. Anders geeft dit geen goede uitkomst. Bovenstrooms is er in het project geen hoogteopgave (profielen 3A en 10), benedenstrooms is daarentegen wel sprake van kruinverhoging (8 en 16C). In de berekeningen de situatie na versterking beschouwd. Dat betekent voor 3A en 10 dat de gemodelleerde situatie gelijk is aan het huidige profiel. Voor 8 en 16C is de kruin verhoogd zodat de golf niet op de kruin kan breken. De dijken met kruinverhoging zijn echter ontworpen om een overslagdebiet van 10 l/s/m te kunnen weerstaan. Door de golfoverslag voorspelt het model echter een erosie over de gehele dijkkruin. In de praktijk zal de golf breken op de kruin en het water overslaan op het binnentalud. Hierdoor zijn de modelresultaten waarbij duidelijk golfoverslag plaatsvindt niet nauwkeurig.

Daarom is, indien uit de MIKE berekening volgt dat er sprake is van overslag, de kruinhoogte verhoogd met 1,0 meter. Dit is een conservatief uitgangspunt omdat hierdoor erosie van het buitentalud wordt verkregen in plaats van golfreductie op de kruin. Hieruit is vervolgens afgeleid hoe veel erosie er op dit profiel zou plaatsvinden. De breedte van de benodigde erosiebuffer is bepaald op de wijze zoals in onderstaande figuur is aangegeven.



Figuur 3-1 Fictief voorbeeld. Oranje lijn raakt aan afslagprofiel en geeft op kruinniveau de breedte van de buffer weer (hier 1,60 m).

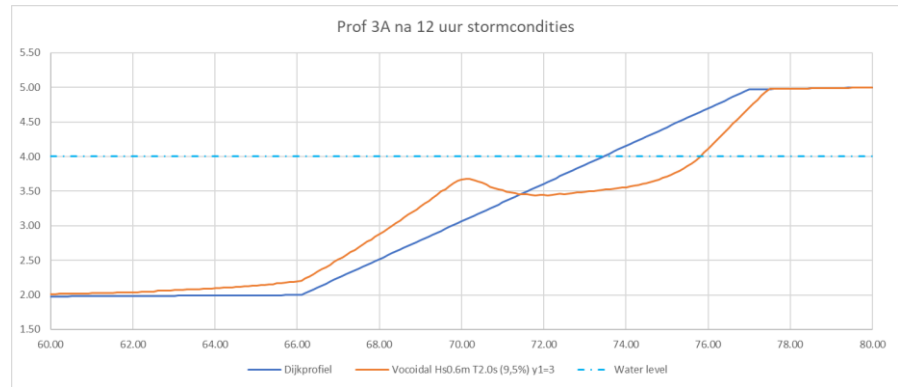
Onderstaande Tabel 3-1 presenteert de uitkomsten van de uitgevoerde berekeningen.

Tabel 3-1 Uitkomsten MIKE berekeningen

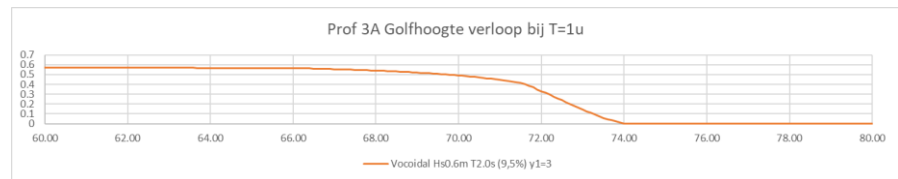
Profiel	Erosie breedte	Erosie volume m <sup>3</sup> /m
3A	2,90 m	-2,95 m <sup>3</sup> /m
10	2,30 m	-2,08 m <sup>3</sup> /m
16C	3,90 m	-3,76 m <sup>3</sup> /m
8	4.90 m	-2,55 m <sup>3</sup> /m

De figuren van de uitgevoerde berekeningen zijn aan het eind van deze paragraaf opgenomen.

### Profiel 3A

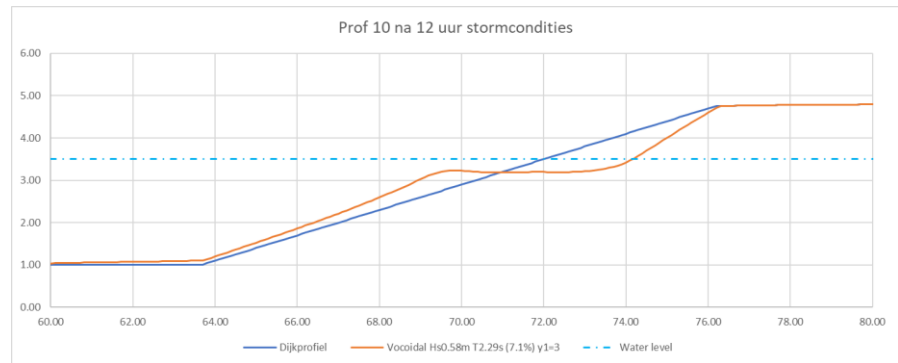


Figuur 3-2 Profiel 3A afslag

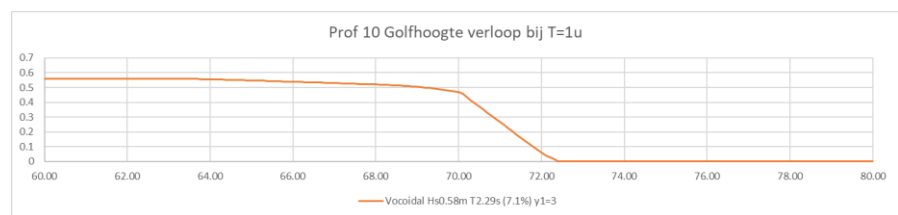


Figuur 3-3 Profiel 3A golfhoogteverloop

### Profiel 10



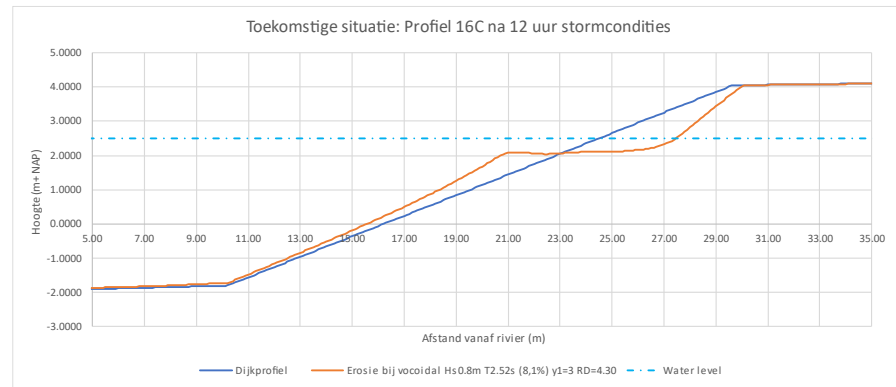
Figuur 3-4 Profiel 10 afslag



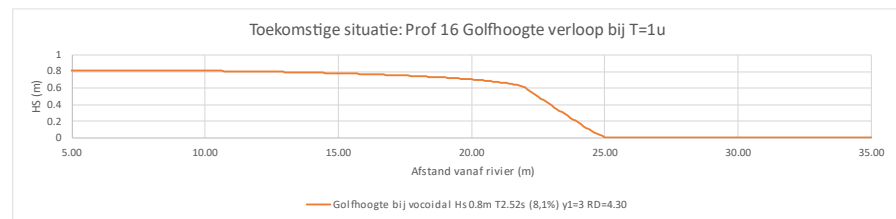
Figuur 3-5 Profiel 10 golfhoogteverloop



### Profiel 16C

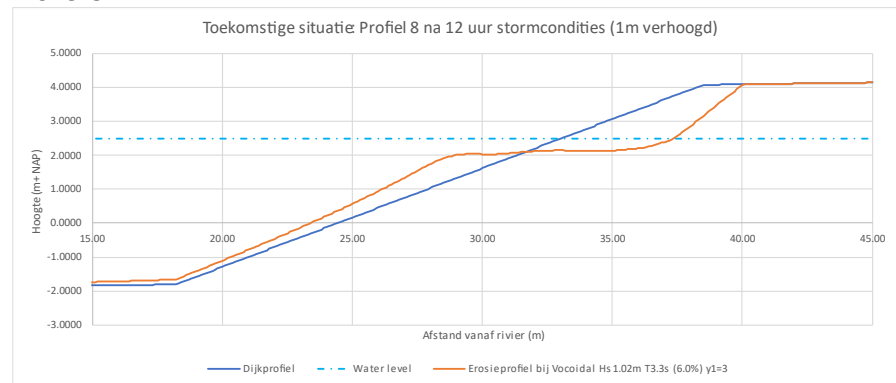


Figuur 3-6 Profiel 16C afslag

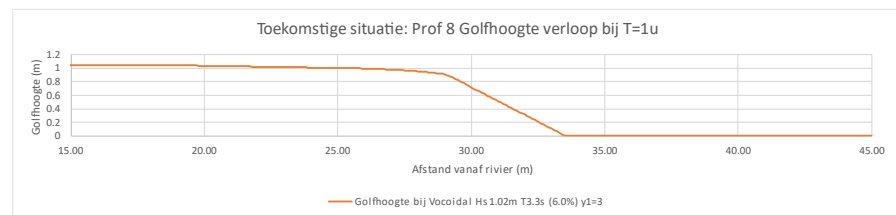


Figuur 3-7 Profiel 16C golfhoogteverloop

### Profiel 8



Figuur 3-8 Profiel 8 afslag



Figuur 3-9 Profiel 8 golfhoogteverloop

## 3.2. Effect stroming in langsrichting

### Optredende stroomsnelheid

Tot nu toe is enkel het effect van afslag in de dwarsrichting in beschouwing genomen. Om ook het effect van de stroming mee te nemen is teruggevallen op de WAQUA-berekeningen die in fase 2 van de verkenning zijn opgesteld. Hierbij is voor verschillende scenario's een bovengrens bepaald. Deze waarden zijn in de Tabel 3-2 weergegeven. De WAQUA-exports zijn toegevoegd aan de Bijlage 1.

Tabel 3-2 Stroomsnelheden bij afvoer- en stormgedomineerde situaties

Situatie	Stroomsnelheid bij profiel (m/s)					
	Benedenstroms			Bovenstroms		
	8	16C	Boven-grens	3	10A	Boven-grens
<b>C7 Afvoer gedomineerd</b> Afvoer Vecht 890 m <sup>3</sup> /s Meerpeil IJsselmeer +1.30m NAP	0,20	0,20	<b>0,65</b>	0,95	0,45	<b>1,00</b>
<b>C8 Storm gedomineerd</b> Gesloten Ramspolkering, veel wind Afvoer Vecht 400 m <sup>3</sup> /s Meerpeil IJsselmeer +0,40m NAP Windsnelheid 22 m <sup>3</sup> /s vanuit 292°	0,18	0,12	<b>0,40</b>	0,50	0,30	<b>0,60</b>

Vanuit deze analyse is niet exact een ontwerpuitgangspunt te bepalen. De locaties van de profielen liggen op de rand van het beoordeelde gebied. De stroomsnelheden om de punten variëren licht. Om hierin een uitgangspunt te nemen is globaal gekeken naar de stroomsnelheden ter plaatse van het profiel.

#### Erosie- en sedimentatiedynamiek

In de dwarsprofielen zoals berekend door het MIKE model is sprake van erosie door golven in het bovenste deel van het dijkprofiel en sedimentatie in het onderste deel van het dijkprofiel. Hierbij is het erosievolume gelijk aan het sedimentatievolume, want het door golven losgeslagen zand wordt lager op het talud weer afgezet. In wateren zoals de Vecht spelen niet alleen de golven, maar ook de stroming een rol bij erosie van de dijk. De drie belangrijkste factoren hierbij zijn:

1. Zandkorrels die door de golven zijn losgeslagen vanuit het erosieprofiel zullen deels met de rivierstroming worden meegenomen in benedenstroomse richting. Een groot deel hiervan zal dan verderop alsnog dicht langs de dijk worden afgezet en een ander deel zal, afhankelijk van het stromingspatroon, dieper in de uiterwaarde worden afgezet. Dit betekent concreet dat de sedimentatie in het onderste deel van het dwarsprofiel, zoals berekend in het MIKE model, naar verwachting een overschatting is. De sedimentatie heeft echter weinig effect op de erosiesnelheid, waardoor het transport van de afgeslagen zandkorrels weinig effect zal hebben op de erosie van het dijkprofiel.
2. De belasting door alleen rivierstroming langs de dijk kan ook zonder de golven leiden tot erosie van de dijk, mede afhankelijk van de sterkte van de toplaag. Zonder toplaag komt het zand al bij een stroomsnelheid van 0,1-0,2 m/s in beweging, wat volgens de WAQUA-sommen in een groot deel van de uiterwaarden bij maatgevende condities overschreden wordt (Tabel 3-2 en Bijlage 1). Met name in het bovenstroomse deel liggen de stroomsnelheden bij maatgevende condities een stuk hoger dan de kritische stroomsnelheid voor begin van beweging van los zand. Er zou dan erosie kunnen plaatsvinden over een groot deel van het onderwatertalud van de dijk. Echter, met een goede toplaag ligt deze kritische stroomsnelheid een stuk hoger en wordt het losse, non-

cohesieve zand beschermd tegen erosie. Essentieel is dus voldoende sterkte van deze toplaag.

3. Rond de waterlijn treedt belasting door een combinatie van golven en rivierstroming op. Deze combinatie geeft extra belasting op het dijklichaam, met schuifspanningen hoger dan veroorzaakt door alleen de golven of stroming. Gevolg is dat de beschermende toplaag eerder doorbroken kan worden en dat iets meer erosie plaatsvindt wanneer het losse zand bloot komt te liggen. In deze laatste situatie is het aanvullende effect van de rivierstroming naar verwachting relatief klein door de vorm en beperkte waterdiepte in de inham van het erosieprofiel. De stroomsnelheid langs de steilrand van het erosieprofiel is dus kleiner dan de rivierstroming in de uiterwaarden. Eventuele turbulentie en horizontale stromingscirculaties, die in het erosieprofiel ontstaan als gevolg van de rivierstroming, zullen vooral effect hebben op het transport van afgeslagen zand en naar verwachting weinig effect op de erosie van de steilrand zelf.

Deze drie factoren in beschouwing nemende, is het de verwachting dat de rivierstroming weinig effect zal hebben op de golfgedreven erosie van de dijk. Hierbij is dus wel belangrijk dat de toplaag voldoende sterkte biedt om de stroming alleen te kunnen weerstaan voorafgaand aan de golfbelasting.

### 3.3. Keuze buffer

De bufferbreedte die toegepast wordt bestaat in basis uit de berekende breedte (zie Tabel 3-3) waarna daar een toeslag op wordt toegepast voor onzekerheden in de modellering, zowel in de fysische processen als in de randvoorwaarden.

Uit de berekende erosiebreedtes is een onderscheid te zien tussen delen die stroomopwaarts in het afvoer gedomineerde deel liggen (3A en 10) en die in het benedenstroomse stormopzet gedomineerde deel (8 en 16C) liggen. In het stroomopzet gedomineerde deel is de golfbelasting hoger en daarmee moet de buffer ook een grotere omvang hebben. Uit de uitgevoerde optimalisatiestudie naar GEBU binnen de verkenning Veilige Vecht volgt dat de grens nabij de A28 ligt.

In onderstaande Tabel 3-3 is de range van de berekende buffer bovenstrooms (3A en 10 met range 2,3 m en 2,9 m) en benedenstrooms (8 en 16C met range 3,9 m en 4,9 m) opgenomen. Vervolgens is de hoogste waarde naar boven afgerond, bovenstrooms wordt uitgegaan van 3 m berekende buffer, benedenstrooms van 5 m berekende buffer.

Bovenop deze berekende buffer komt de toeslag voor onzekerheden. Deze is concreet vertaald naar een vaste marge van 2 meter breedte op de berekende dimensies. Zie ook Tabel 3-3. Dit is voor het afvoergedomineerde deel wat meer dan 50%, omdat als er onzekerheid is m.b.t. invloed van storming, dat daar aan de orde is. Voor het stormopzetgedomineerd is het iets minder dan 50%, maar daar speelt stroming minder dan bovenstrooms.

Tabel 3-3 ontwerpafmetingen erosiebuffer

Deelgebied	Range bereken de buffer	Uitgangspunt berekende buffer	Marge 2 [m]	Toe te passen buffer [m]
Bovenstrooms (afvoergedomineerd)	2,3-2,9	3	2	5
Benedenstrooms (stormopzetgedomineerd)	3,9-4,9	5	2	7

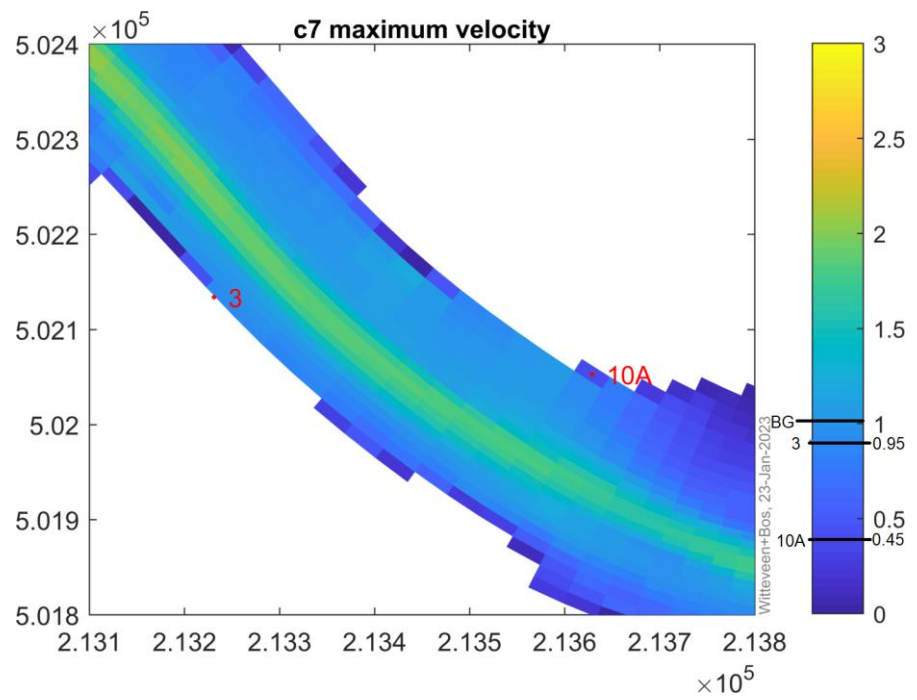
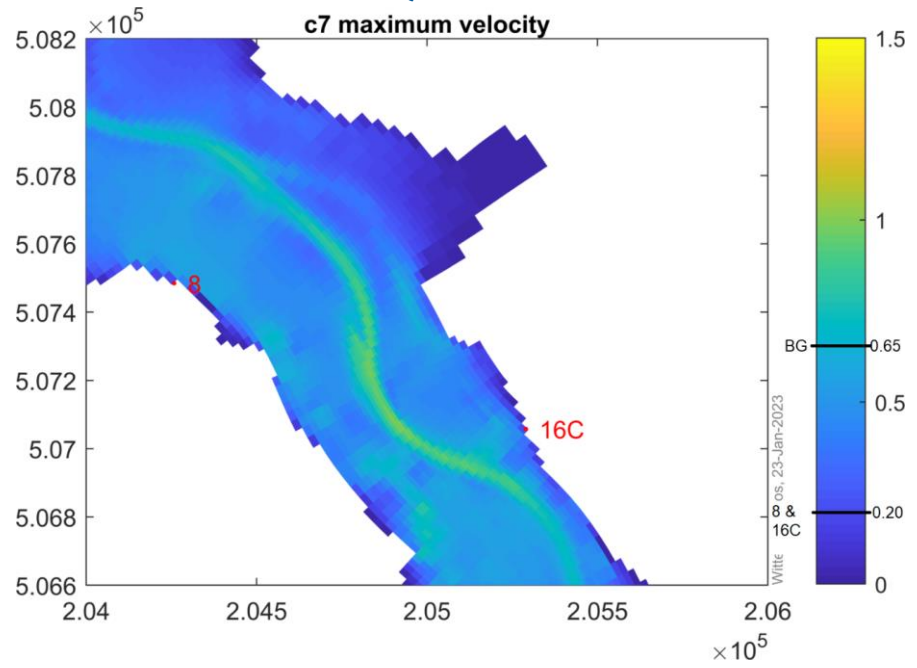
Samenvattend bestaat de erosiebuffer in de kansrijke alternatieven en in het VKA uit een vaste breedte op kruinniveau van 5 m in het afvoergedomineerde deel (ten oosten van de A28) en 7 m in het stormopzetgedomineerde deel (ten westen van de A28). De taludhelling waarmee de buffer naar maaiveld loopt is 1:35, de helling die vanuit B&O nodig is op dergelijke zandige taluds.

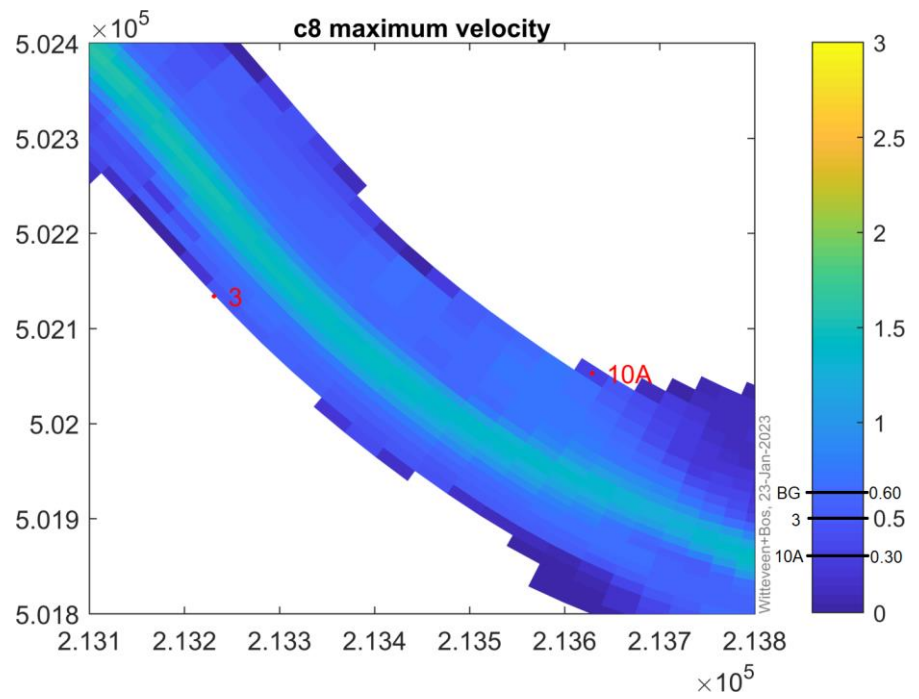
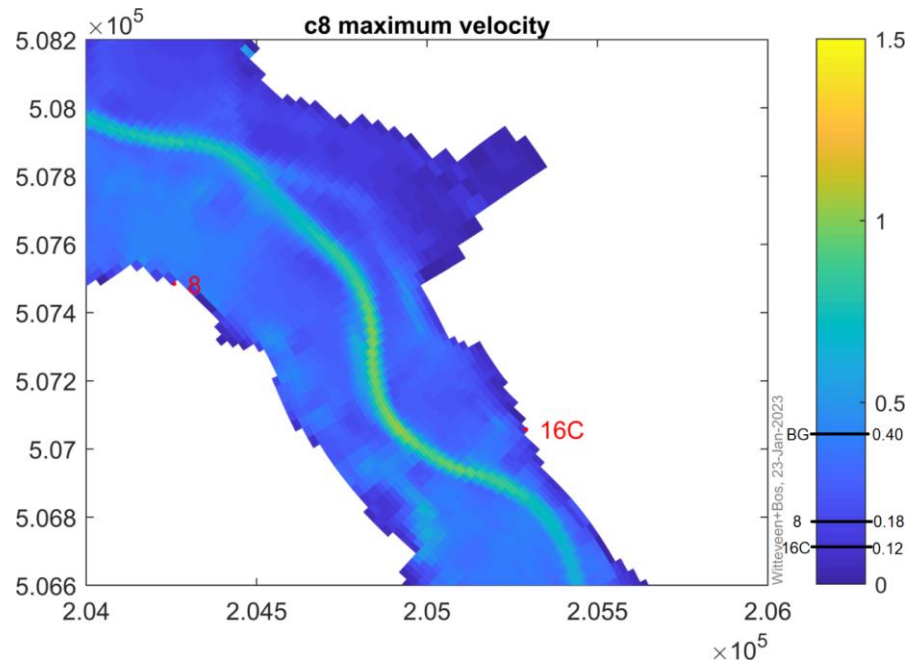
Ondanks de onzekerheden die er altijd zijn bij dit type morfologische berekeningen zit er enige robuustheid in de uitkomsten vanwege:

- Rekenen met volledig kaal zand in de afslagberekening, terwijl er wel een grasbekleding op komt die beheerd wordt. Ook al kan dit mogelijk extensiever dan in de huidige situatie biedt dit wel extra sterkte waar in de afslagberekening geen rekening mee is gehouden;
- Maatgevende hydraulische belasting is loodrecht op het profiel gezet, ongeacht de oriëntatie van de dijk. Dit zal niet overal het geval zijn, voor nu zo gehanteerd vanwege beperkt aantal doorgerekende profielen;
- Golf die bij teen van de dijk op het profiel wordt gezet zal in die omvang daar waarschijnlijk niet kunnen komen. Deze zal in werkelijkheid eerder breken waardoor de belasting afneemt.

# Bijlage 1.

# Export stroomsnelheden vanuit WAQUA





## Bijlage 2.

## Analyse wijze van modelleren

### Inleiding

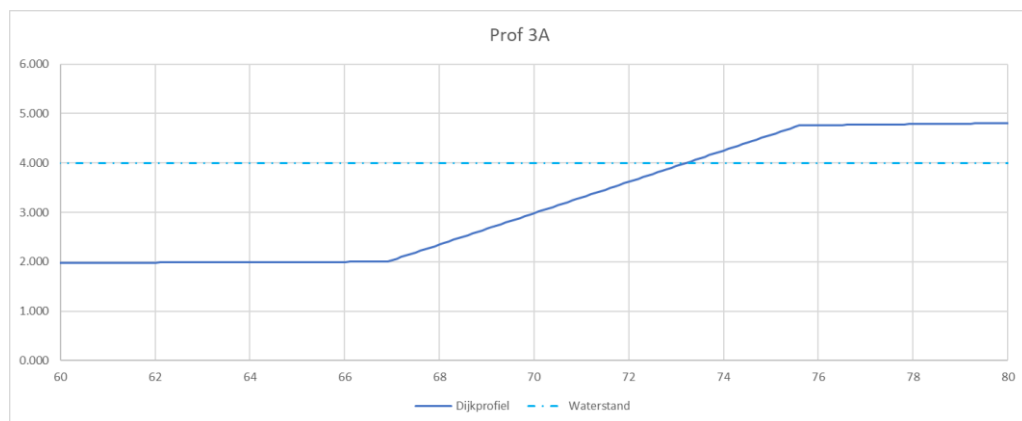
Uit eerste verkennende berekeningen in MIKE, waarbij dijkprofielen zijn opgenomen en de hydraulische randvoorwaarden uit Riskeer waren toegepast, volgden uitkomsten die vragen oproepen. Om de afslag van het dijklichaam te berekenen moet de opgegeven hydraulische belasting in het model daadwerkelijk de dijk belasten. MIKE bleek te rekenen met een gereduceerde golfbelasting bij de teen van de dijk, de opgegeven hydraulische belasting reduceerde over de lengte van het voorland tot aan de teen van de dijk. Onderzocht is hoe de rekeninstellingen in MIKE gezet moeten worden en hoe de situatie geschematiseerd moet zijn zodat de belasting ongewijzigd het dijktralud aanvalt. Hiertoe is onder andere afstemming geweest met DHI, de maker van de rekensoftware.

In de uitgevoerde analyse zijn de volgende drie vragen beschouwd

- Hoe gaat het MIKE model om met de hydraulische randvoorwaarden?
- Zijn de optredende golven fysisch mogelijk?
- Wat is het effect van het (modelmatig) weglaten van het voorland?

Uitgangspunten ten behoeve van de modellering die volgen uit de conclusies ten aanzien van deze drie onderwerpen zijn in hoofdstuk 2 bij de uitgangspunten voor de ontwerpberekeningen opgenomen.

De analyses zijn uitgevoerd aan de hand van profiel 3. Hier is de waterstand NAP +4,00 m, het voorland ligt op ongeveer NAP +2,00 m. Hiermee is er bij dit profiel ca. 2,00 meter waterdiepte. Naar verwachting is dit voldoende waterdiepte om het effect van golfreductie door het voorland buiten beschouwing te laten, dit is nader onderzocht. Hieronder is de situatie van profiel 3 geschematiseerd.



Figuur 3-10 schematisatie profiel 3A

### Hoe gaat het MIKE model om met de hydraulische randvoorwaarden?

Het vermoeden bestaat dat het MIKE model de golven goed modelleert maar dat de maatgevende golfcondities die uit Riskeer komen fysisch niet mogelijk zijn, doordat deze golven al breken of uitdempen voordat ze de dijk bereiken hebben. Twee belangrijke factoren hierbij zijn de beperkte waterdiepte boven het voorland en de steilheid van de golven. Bij een te kleine waterdiepte of te steile golf breken de golven op het voorland, waardoor de golfhoogte reduceert en daarmee tevens de erosie sterk gereduceerd wordt.

De golfsteilheid lijkt te steil te zijn omdat in Riskeer de golfhoogte met een toeslagfactor is verhoogd en dat daar ongewijzigde golfperiodes bij zijn gegeven.

*In de praktijk blijkt dat Riskeer in projecten vaker golven geeft die tegen het fysisch onmogelijke aan zitten of daar overheen gaan. In Nederland worden golfcondities voor de hydraulische randvoorwaarden afgeleid met SWAN modellen. Daar komen al vrij tot zeer steile golven uit (vaak al te steil voor een golfgoot). Maar vervolgens wordt er in nabewerking een grotere modelonzekerheidstoeslag op de golfhoogte toegepast dan op de golfperiode, waardoor de ontwerpgolven nog steiler en fysisch onrealistisch kunnen worden.*

*In Riskeer worden de modelonzekerheden gegeven voor de golfhoogte en golfperiode. De waarden zijn in onderstaande figuur opgenomen. Wat hierbij opvalt is dat de modelonzekerheid op golfhoogte afgerond 1,70 is en op de golfperiode 0,97*

Stochastwaarden	Aantal (10)
Windrichting [-]	0
Debiet Dalfsen [m <sup>3</sup> /s]	206,037
Waterstand IJsselmeer [m+NAP]	0,15936
Windsnelheid Schiphol 16 richtingen [m/s]	30,4399
Onzekerheid debiet Dalfsen [m <sup>3</sup> /s]	0,43681
Onzekerheid waterstand IJsselmeer [m]	0,00127
Onzekerheid windsnelheid Schiphol 16 richtingen [m/s]	1,03079
Modelonzekerheid lokale waterstand [m]	0
Modelonzekerheid golfhoogte [-]	1,69851
Modelonzekerheid golfperiode [-]	0,97

*Figuur 3-11, Modelonzekerheden zoals opgenomen in Riskeer bij profiel 3.*

*Door het toepassen van deze factoren wordt de verhouding tussen golfhoogte en golfperiode dermate aangepast dat er steilere golven ontstaan.*

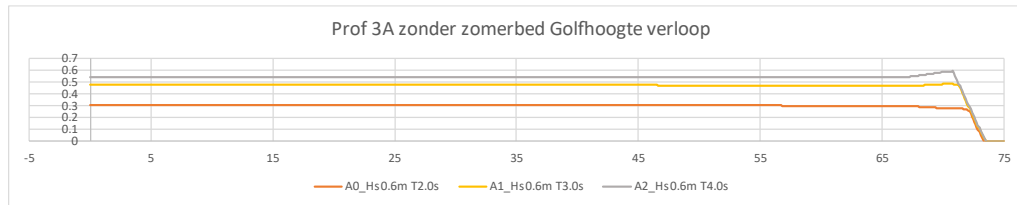
Om dit na te gaan of bovenstaande plaatsvindt en of door aanpassen van de golfperiode werkt wordt de Hs bij het 0-punt van het profiel vergeleken met de Hs bij de teen van de dijk. Conform de uitgangspunten in de schematisering dient de hydraulische belasting op te treden bij de teen.

In het model is stapsgewijs de golfsteilheid aangepast door de golfperiode te verhogen, waardoor de steilheid afneemt. De toegepaste golfsteilheden zijn respectievelijk: 9,7%, 4,3% & 2,4%. Alle overige variabelen zijn hierbij gelijk gehouden. In Tabel 3-4 zijn de resultaten samengevat. Figuur 3-12 visualiseert het golfverloop over het voorland en dijkprofiel en Figuur 3-13 visualiseert het effect van het aanpassen van de golfsteilheid bij een continue stormbelasting van 12 uur.

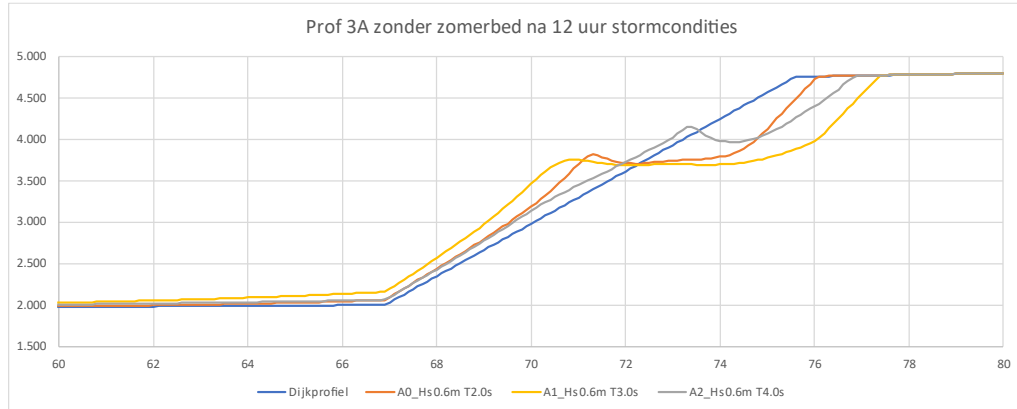
*Tabel 3-4 resultaten analyse bij verhogen golfperiode*

Berekening	Hs bij 0-punt [m]	Hs bij teen v/d dijk [m]	Erosiebreedte [m]
A0_HS0.6M T2.0S	0,33	0,30	1,6
A1_HS0.6M T3.0S	0,66	0,55	3,0
A2_HS0.6M T4.0S	0,71	0,66	3,9





Figuur 3-12 golfhoogteverloop in profiel 3a



Figuur 3-13 erosieprofielen bij gewijzigde golfperiode

### Conclusie

Vanuit de analyse wordt het volgende geconcludeerd: Bij de input volgens de uitgangspunten (HS0.60 T=2,00s) breekt de golf al meteen op het voorland. Dit komt vermoedelijk omdat deze een te grote golfsteilheid heeft en daardoor meteen breekt. Het is daardoor fysisch niet mogelijk dat deze golf bij maatgevende waterstand bij de teen van de dijk komt. Door de golfperiode te vergroten -en dus de golfsteilheid af te laten nemen- volgt een output die fysisch mogelijk blijkt. Aandachtspunt hierbij is wel dat de golfhoogte bij stap 0 eerst wordt verhoogd, waarna deze gelijkmatig afneemt totdat deze bij de dijk uit komt.

### Zijn de optredende golven fysisch mogelijk?

#### Maximale golfsteilheid

Vanuit de literatuur is de golfsteilheid te bepalen. Voor de output van Riskeer is de golfsteilheid bepaald met formule 2.6 uit (Deltares, 2012).

$$s = \frac{2\pi H_{m0}}{gT^2}$$

In hetzelfde rapport wordt voor bekleding een maximale golfsteilheid geadviseerd van 0.08 (8%). Waarden die daarboven vallen worden als "zeer bijzonder en mogelijk foutief" bestempeld. De input voor het model (afkomstig uit Riskeer) is getoetst aan deze maximale golfsteilheid. In Tabel 3-5 zijn de resultaten samengevat. De waarden groter of gelijk aan 8% zijn hierin oranje gemarkeerd.

#### Diepte-geïnduceerd breken

De mate van diepte-geïnduceerd breken is voornamelijk afhankelijk van de verhouding tussen de golfhoogte en de waterdiepte (van bodem tot vrij wateroppervlak). Het is verwaarloosbaar als de verhouding tussen de significante golfhoogte en de diepte is  $\frac{H_{M0}}{d} < 0.5$  (Klein\_Breteler, 1992)

We beschouwen het diepte-geïnduceerd breken op twee punten in het profiel. Bij het begin van het voorland en de teen van de dijk. De resultaten zijn samengevat in Tabel 3-5. De waarden groter dan 0,5 zijn oranje gemarkeerd.

Tabel 3-5 Hr input MIKE model

Pfrl.	Golfhoogte [m]	Golfperiode [s]	Waterstand [m+NAP]	Voorlandhoogte [m+NAP]		Waterdiepte [m]		H <sub>m0</sub> /d		Golfsteilheid
				Vl.	Teen	Vl.	Teen	Vl.	Teen	
10A	0,58	2,29	3,50	1,90	2,00	1,60	1,50	0,36	0,39	7,1%
16C	0,80	2,52	2,50	0,80	1,25	1,70	1,25	0,47	0,64	8,1%
3A	0,60	1,99	4,00	1,90	2,00	2,10	2,00	0,29	0,30	9,7%
8	1,02	3,30	2,50	0,25	1,50	2,25	1,00	0,45	1,02	6,0%

### Conclusie

**Golfbreken:** Vanuit de analyse kan worden geconstateerd dat er bij profiel 16C en profiel 8 -ter hoogte van de teen- diepte-geïnduceerd golfbreking plaatsvindt.

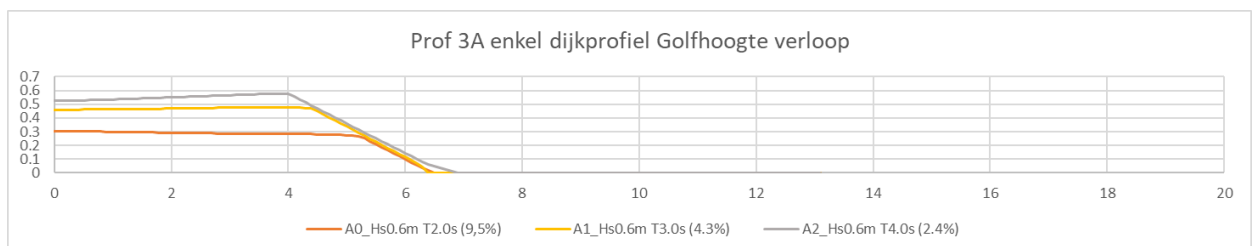
**Golfsteilheid:** Op twee locaties voldoet de golfsteilheid niet aan het gestelde maximum van 8%. Vanuit een reactie van DHI wordt gesteld dat de steile golven oorzaak zijn van het vroegtijdig breken. Als oplossing wordt aangegeven dat de  $\gamma_1$  verhoogd kan worden van 0,80 naar 3.

### Wat is het effect van het (modelmatig) weglaten van het voorland?

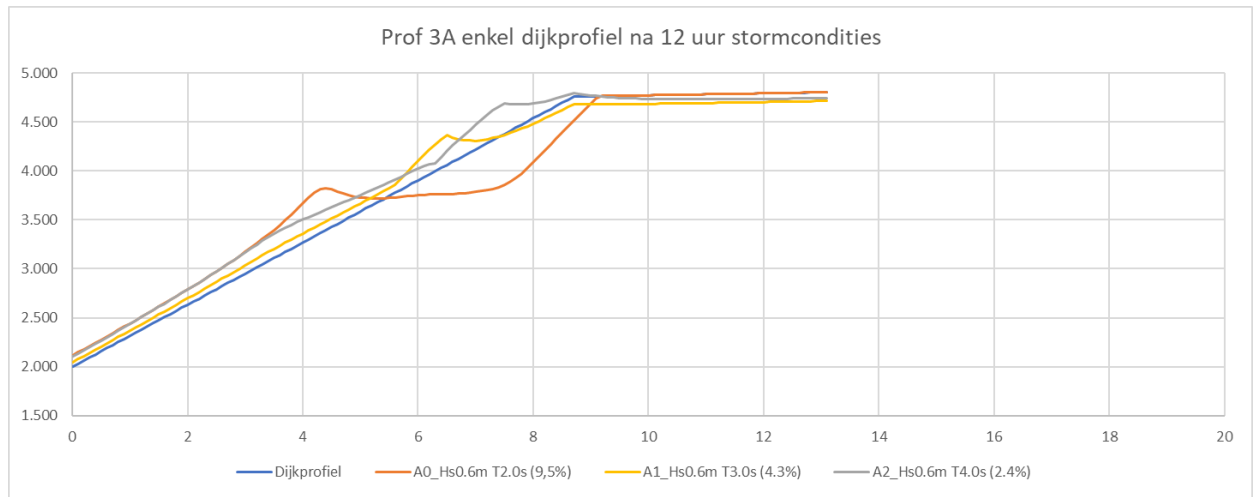
Om deze vraag te beantwoorden is het zomerbed en voorlandprofiel uit verwijderd. De randvoorwaarden zijn gelijk gebleven. Het idee van het modelmatig weglaten van het voorland, is dat de op de modelrand opgelegde golfhoogte dan ook bij de teen van de dijk komt, zonder dan een deel van de golven op het voorland al breken. Ook hier is gerekend met de variërende golfcondities die benoemd zijn in Tabel 3-5. Hierbij is de golflengte verhoogd waardoor de golfsteilheid afneemt. Deze zijn respectievelijk: 9,7%, 4,3% & 2,4%.

Tabel 3-6 effect van verlengen golfperiode

Berekening	Hs bij teen v/d dijk [m]
A0_Hs0.6m T2.0s (9,5%)	0,30
A1_Hs0.6m T3.0s (4,3%)	0,47
A2_Hs0.6m T4.0s (2,4%)	0,54



Figuur 3-14 golfhoogteverloop bij alleen dijkprofiel



*Figuur 3-15 erosie bij alleen dijkprofiel*

Het modelleren van deze schematisatie zorgt voor zeer uiteenlopende resultaten. Afhankelijk van de gekozen golfsteilheid neemt de golf af- of toe als deze hoger op het dijkprofiel komt. Ook de resultaten van de erosie lopen sterk uiteen, wat ondermeer veroorzaakt wordt doordat golfovertopping plaatsvindt. Deze resultaten beschouwend wordt geconcludeerd dat het weglaten van het voorland geen betrouwbare methode is voor het modelleren.

### Bijlage 3.

## Rekeninstellingen MIKE berekningen per profiel

#### Profiel 3A (verlaagd voorland)

```
// Created : 2023-03-08 11:57:08
// Executable : C:\Program Files (x86)\DHI\MIKE
Zero\2021\bin\x64\litprof.exe
// Version : 19.1.0.15119
=====
===
Target: PROFILE_DEVELOPMENT
Section: Profile_Specification -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\53-3_REP-PROF-
3_Verlaagd.dfs1
Profile_Orientation : 90
Cross_Shore_Grid_Spacing : 0.1
Include_Bed_Friction : 1
Include_Clay_Layer : 0
----- Data File Summary -----
-----
Data origin: MIKEZero - T1 Editor
Title : Simple cross-shore profile
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
1 1056 0.1 0 meter
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Bathymetry Bathymetry 0 5.26 0 meter
Roughness Roughness 0.002 0.002 0 meter
Mean grain diameter Grain diameter 0.256 0.256 0
millimeter
Fall velocity Settling velocity 0.034 0.034 0
meter/sec
Geometrical Spreadin Sediment Gradation 1.5 1.5 0 ( )
-----
---
Section: Hydrodynamics -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\VW_Climate-3.dfs0
Reference_Depth_Waves : 3.1
----- Data File Summary -----
-----
Data origin: MIKE Zero
Title : Uniform wave climate
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
time 2 3600 1990-01-01 00:00:00
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Time Undefined 0 12 0
undefined
Wave Height Wave height 0.6 0.6 0 meter
Wave Direction Mean Wave Direction 90 90 0
degree
Wave Period Wave period 2 2 0
second
Spreading Factor Spreading factor 5 5 0 ( )
Water Level Water Level 4 4 0 meter
-----
---
```

```

Section: Simulation_Period -----
-
Start_Time : 1990 1 1 0 0 0
End_Time : 1990 1 1 12 0 0
Max_Morphological_Timestep : 1800
Scale_Parameter : 1
Maximum_Bed_Slope : 30
Section: Global_Wave_Specifications -----
-
Regular_Irregular_Waves : 1
No_of_Irregular_Wave_Components : 1
Wave_Decay_Type : 1
Wave_Breaking_Factor_Gamma1 : 3
Wave_Breaking_Factor_Gamma2 : 0.8
Dissipation_Coeff_Roller : 0.15
Directional_Spreading_Parameter : 1
Section: Transport_Table -----
-
Sediment_Porosity : 0.4
Transport_Mode : 1
Incl_Morphological_Feedback : 1
Section: Transport_Table -----
-
Cross_Shore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\WV3-
Crosstable.dat
Cross Shore Transport Tables Litprof
Cross-shore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Transport_Table -----
-
Longshore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\WV3-
Longtable.dat
Longshore Transport Tables Litprof
Longshore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Revetment : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Submerged_Breakwater : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Beach_Nourishment : 0
Section: Output_Specifications -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\9-1_REP-CALC-3-
Verdiept.dfs1
Title : Profile Evolution
Output_Interval_in_Hours : 1
Section: Options_Parameters -----
-
_____Time step: 1
----- Data File Summary -----
-----

```

```

Data origin:
Title : Profile Evolution
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
time 13 3600 1990-01-01 00:00:00
1 1056 0.1 0 meter
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Bathymetry Bathymetry 0 5.26 0 meter
Longshore velocity Flow velocity 0 0.009999 0
meter/sec
Wave height Wave height 0 0.607067 0 meter
Water level Water Level 0 5.26 0 meter
Cross-shore transpor Sediment transport p -0.000137 0 0
meter^3/sec/meter
Longshore transport Sediment transport p 0 0 0
meter^3/sec/meter
Integr. cross-sh. tr Accumulated transpor -2.9479 0 0
meter^3/meter
Integr. longsh. tr. Accumulated transpor 0 0 0
meter^3/meter

```

```

-----
---
Successful completion

```

**Profiel 10 (verlaagd voorland)**

```

// Created : 2023-03-08 09:51:12
// Executable : C:\Program Files (x86)\DHI\MIKE
Zero\2021\bin\x64\litprof.exe
// Version : 19.1.0.15119

```

```

=====
===

```

```

Target: PROFILE_DEVELOPMENT
Section: Profile_Specification -----
-

```

```

File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e
analyse-DEF\9-1_REP-PROF-10A_Verdiept.dfs1
Profile_Orientation : 90
Cross_Shore_Grid_Spacing : 0.1
Include_Bed_Friction : 1
Include_Clay_Layer : 0

```

```

----- Data File Summary -----
-----

```

```

Data origin: MIKEZero - T1 Editor
Title : Simple cross-shore profile
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
1 1074 0.1 0 meter
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Bathymetry Bathymetry 0 5.07 0 meter
Roughness Roughness 0.002 0.002 0 meter
Mean grain diameter Grain diameter 0.256 0.256 0
millimeter
Fall velocity Settling velocity 0.034 0.034 0
meter/sec
Geometrical Spreadin Sediment Gradation 1.5 1.5 0 ( )

```

```

-----
---
Section: Hydrodynamics -----
-

```

```

File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke

```

alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\VW\_Climate-10A.dfs0

Reference\_Depth\_Waves : 4.5

----- Data File Summary -----

-----

Data origin: MIKE Zero

Title : Uniform wave climate

Delete : -1.000E-30

Axis Sets Interval Axis origin Unit

time 2 43200 1990-01-01 00:00:00

Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit

Time Undefined 0 12 0

undefined

Wave Height Wave height 0.579999 0.579999 0 meter

Wave Direction Mean Wave Direction 90 90 0

degree

Wave Period Wave period 2.29 2.29 0

second

Spreading Factor Spreading factor 5 5 0 ( )

Water Level Water Level 3.5 3.5 0 meter

-----

---

Section: Simulation\_Period -----

-

Start\_Time : 1990 1 1 0 0 0

End\_Time : 1990 1 1 12 0 0

Max\_Morphological\_Timestep : 180

Scale\_Parameter : 1

Maximum\_Bed\_Slope : 30

Section: Global\_Wave\_Specifications -----

-

Regular\_Irregular\_Waves : 1

No\_of\_Irregular\_Wave\_Components : 1

Wave\_Decay\_Type : 1

Wave\_Breaking\_Factor\_Gamma1 : 3

Wave\_Breaking\_Factor\_Gamma2 : 0.8

Dissipation\_Coeff\_Roller : 0.15

Directional\_Spreading\_Parameter : 1

Section: Transport\_Table -----

-

Sediment\_Porosity : 0.4

Transport\_Mode : 1

Incl\_Morphological\_Feedback : 1

Section: Transport\_Table -----

-

Cross\_Shore\_Table\_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656

Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen

kansrijke alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\VW3-Crosstable.dat

Cross Shore Transport Tables Litprof

Cross-shore transport table

Reading transport table ...

OK !

Section: Transport\_Table -----

-

Longshore\_Table\_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656

Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen

kansrijke alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\VW3-Longtable.dat

Longshore Transport Tables Litprof

Longshore transport table

Reading transport table ...

OK !

Section: Structures\_And\_Nourishment -----

-

```

Incl_Revetment : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Submerged_Breakwater : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Beach_Nourishment : 0
Section: Output_Specifications -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e
analyse-DEF\9-1_REP-CALC-10A-Verdiept.dfs1
Title : Profile Evolution
Output_Interval_in_Hours : 1
Section: Options_Parameters -----
-

```

```

_____Time step: 1
----- Data File Summary -----
-----

```

```

Data origin:
Title : Profile Evolution
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
time 12 3600 1990-01-01 00:00:00
1 1074 0.1 0 meter
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Bathymetry Bathymetry 0 5.07 0 meter
Longshore velocity Flow velocity 0 0.009999 0
meter/sec
Wave height Wave height 0 0.576689 0 meter
Water level Water Level 0 5.07 0 meter
Cross-shore transpor Sediment transport p -0.000112 0 0
meter^3/sec/meter
Longshore transport Sediment transport p 0 0 0
meter^3/sec/meter
Integr. cross-sh. tr Accumulated transpor -2.078373 0 0
meter^3/meter
Integr. longsh. tr. Accumulated transpor 0 0 0
meter^3/meter
-----

```

```

---
Successful completion

```

```

Profiel 16C (verlaagd voorland, kruin verhoogd)
// Created : 2023-03-12 22:46:00
// Executable : C:\Program Files (x86)\DHI\MIKE
Zero\2021\bin\x64\litprof.exe
// Version : 19.1.0.15119
=====
===
Target: PROFILE_DEVELOPMENT
Section: Profile_Specification -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e
analyse-DEF\9-1_REP-PROF-16C_Verdiept-2m-Toekomstig.dfs1
Profile_Orientation : 90
Cross_Shore_Grid_Spacing : 0.1
Include_Bed_Friction : 1
Include_Clay_Layer : 0

```



----- Data File Summary -----

-----  
Data origin: MIKEZero - T1 Editor  
Title : Simple cross-shore profile  
Delete : -1.000E-30  
Axis Sets Interval Axis origin Unit  
1 709 0.1 0 meter  
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit  
Bathymetry Bathymetry -2 4.46 0 meter  
Roughness Roughness 0.002 0.002 0 meter  
Mean grain diameter Grain diameter 0.256 0.256 0  
millimeter  
Fall velocity Settling velocity 0.034 0.034 0  
meter/sec  
Geometrical Spreadin Sediment Gradation 1.5 1.5 0 ()

---  
Section: Hydrodynamics -----

-  
File\_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige  
Vecht  
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen  
kansrijke  
alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\VW\_Climate-  
16C.dfs0  
Reference\_Depth\_Waves : 4.3

----- Data File Summary -----

-----  
Data origin: MIKE Zero  
Title : Uniform wave climate  
Delete : -1.000E-30  
Axis Sets Interval Axis origin Unit  
time 2 43200 1990-01-01 00:00:00  
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit  
Time Undefined 0 12 0  
undefined  
Wave Height Wave height 0.8 0.8 0 meter  
Wave Direction Mean Wave Direction 90 90 0  
degree  
Wave Period Wave period 2.52 2.52 0  
second  
Spreading Factor Spreading factor 5 5 0 ()  
Water Level Water Level 2.5 2.5 0 meter

---  
Section: Simulation\_Period -----

-  
Start\_Time : 1990 1 1 0 0 0  
End\_Time : 1990 1 1 12 0 0  
Max\_Morphological\_Timestep : 1800  
Scale\_Parameter : 1  
Maximum\_Bed\_Slope : 30

Section: Global\_Wave\_Specifications -----

-  
Regular\_Irregular\_Waves : 1  
No\_of\_Irregular\_Wave\_Components : 1  
Wave\_Decay\_Type : 1  
Wave\_Breaking\_Factor\_Gamma1 : 3  
Wave\_Breaking\_Factor\_Gamma2 : 0.8  
Dissipation\_Coeff\_Roller : 0.15  
Directional\_Spreading\_Parameter : 1

Section: Transport\_Table -----

-  
Sediment\_Porosity : 0.4  
Transport\_Mode : 1  
Incl\_Morphological\_Feedback : 1

Section: Transport\_Table -----

-

```

Cross_Shore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\W3-
Crosstable.dat
Cross Shore Transport Tables Litprof
Cross-shore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Transport_Table -----
-
Longshore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\W3-
Longtable.dat
Longshore Transport Tables Litprof
Longshore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Revetment : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Submerged_Breakwater : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Beach_Nourishment : 0
Section: Output_Specifications -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e
analyse-DEF\9-1_REP-CALC-16C_VP-2m-Toekomstig.dfs1
Title : Profile Evolution
Output_Interval_in_Hours : 1
Section: Options_Parameters -----
-
Time step: 1
----- Data File Summary -----
-----
Data origin:
Title : Profile Evolution
Delete : -1.000E-30
Axis Sets Interval Axis origin Unit
time 12 3600 1990-01-01 00:00:00
1 709 0.1 0 meter
Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit
Bathymetry Bathymetry -2 4.46 0 meter
Longshore velocity Flow velocity 0 0.009999 0
meter/sec
Wave height Wave height 0 0.809564 0 meter
Water level Water Level 0 4.46 0 meter
Cross-shore transpor Sediment transport p -0.000232 0 0
meter^3/sec/meter
Longshore transport Sediment transport p 0 0 0
meter^3/sec/meter
Integr. cross-sh. tr Accumulated transpor -3.758409 0 0
meter^3/meter
Integr. longsh. tr. Accumulated transpor 0 0 0
meter^3/meter
-----
---
```

Successful completion

**Profiel 8 (verlaagd voorland, kruin 2 m verhoogd)**

// Created : 2023-03-22 11:51:05  
// Executable : C:\Program Files (x86)\DHI\MIKE  
Zero\2021\bin\x64\litprof.exe  
// Version : 19.1.0.15119

=====  
===

Target: PROFILE\_DEVELOPMENT  
Section: Profile\_Specification -----  
-

File\_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige Vecht

WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen kansrijke

alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e

analyse-DEF\9-1\_REP-PROF-16C\_Verdiept-2m-Toekomstig3.dfs1

Profile\_Orientation : 90

Cross\_Shore\_Grid\_Spacing : 0.1

Include\_Bed\_Friction : 1

Include\_Clay\_Layer : 0

----- Data File Summary -----  
-----

Data origin: MIKEZero - T1 Editor

Title : Simple cross-shore profile

Delete : -1.000E-30

Axis Sets Interval Axis origin Unit

1 709 0.1 0 meter

Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit

Bathymetry Bathymetry -1.9709 3.717 0 meter

Roughness Roughness 0.002 0.002 0 meter

Mean grain diameter Grain diameter 0.256 0.256 0

millimeter

Fall velocity Settling velocity 0.034 0.034 0

meter/sec

Geometrical Spreadin Sediment Gradation 1.5 1.5 0 ( )

-----  
---

Section: Hydrodynamics -----  
-

File\_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige Vecht

WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen kansrijke

alternatieven\07\_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\WV\_Climate-8.dfs0

Reference\_Depth\_Waves : 4.5

----- Data File Summary -----  
-----

Data origin: MIKE Zero

Title : Uniform wave climate

Delete : -1.000E-30

Axis Sets Interval Axis origin Unit

time 2 43200 1990-01-01 00:00:00

Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit

Time Undefined 0 12 0

undefined

Wave Height Wave height 1.02 1.02 0 meter

Wave Direction Mean Wave Direction 90 90 0

degree

Wave Period Wave period 3.3 3.3 0

second

Spreading Factor Spreading factor 5 5 0 ( )

Water Level Water Level 2.5 2.5 0 meter

-----  
---

```

Section: Simulation_Period -----
-
Start_Time : 1990 1 1 0 0 0
End_Time : 1990 1 1 12 0 0
Max_Morphological_Timestep : 1800
Scale_Parameter : 1
Maximum_Bed_Slope : 30
Section: Global_Wave_Specifications -----
-
Regular_Irregular_Waves : 1
No_of_Irregular_Wave_Components : 1
Wave_Decay_Type : 1
Wave_Breaking_Factor_Gamma1 : 3
Wave_Breaking_Factor_Gamma2 : 0.8
Dissipation_Coeff_Roller : 0.15
Directional_Spreading_Parameter : 1
Section: Transport_Table -----
-
Sediment_Porosity : 0.4
Transport_Mode : 1
Incl_Morphological_Feedback : 1
Section: Transport_Table -----
-
Cross_Shore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\WV3-
Crosstable.dat
Cross Shore Transport Tables Litprof
Cross-shore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Transport_Table -----
-
Longshore_Table_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige
Vecht\BH2656
Veilige Vecht WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en
VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e analyse-DEF\WV3-
Longtable.dat
Longshore Transport Tables Litprof
Longshore transport table
Reading transport table ...
OK !
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Revetment : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Submerged_Breakwater : 0
Section: Structures_And_Nourishment -----
-
Incl_Beach_Nourishment : 0
Section: Output_Specifications -----
-
File_Name : C:\Users\908106\Box\BH2656 Veilige Vecht\BH2656 Veilige
Vecht
WIP\Stap 3 - Selectie VKA\3.2 Ontwerpen KA en VKA\3.2.1 Ontwerpen
kansrijke
alternatieven\07_GEBU\Erosiebuffer 9e
analyse-DEF\53-3_REP-CALC-8-Verdiept-2m-Toekomstig 3.dfs1
Title : Profile Evolution
Output_Interval_in_Hours : 1
Section: Options_Parameters -----
-
Time step: 1
----- Data File Summary -----
-----

```

Data origin:

Title : Profile Evolution

Delete : -1.000E-30

Axis Sets Interval Axis origin Unit

time 12 3600 1990-01-01 00:00:00

1 709 0.1 0 meter

Item name Item type Minimum Maximum Missing Unit

Bathymetry Bathymetry -1.9709 3.717 0 meter

Longshore velocity Flow velocity 0 0.009999 0  
meter/sec

Wave height Wave height 0 1.055835 0 meter

Water level Water Level 0 3.717 0 meter

Cross-shore transpor Sediment transport p -0.000083 0 0  
meter<sup>3</sup>/sec/meter

Longshore transport Sediment transport p 0 0 0  
meter<sup>3</sup>/sec/meter

Integr. cross-sh. tr Accumulated transpor -3.13738 0 0  
meter<sup>3</sup>/meter

Integr. longsh. tr. Accumulated transpor 0 0 0  
meter<sup>3</sup>/meter

-----  
---

Successful completion

