

8 juli 2015

Golfsimulatoren in het buitenland

Mogelijkheden en factoren voor de inzet van golfsimulatoren in het buitenland.



Bachelor Eindopdracht Civiele Techniek
Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
20 april 2015 – 9 juli 2015

Auteur:
UT-begeleider:
Bedrijfsbegeleider:

Dhr. H.J. aan het Rot
Dhr. Dr. J.J. Warmink
Dhr. W.H. Wong



UNIVERSITEIT TWENTE.

VOORWOORD

Voor u ligt mijn Bachelor Eindopdracht ter afronding van mijn bachelor Civiele Techniek aan de Universiteit Twente. Van april tot juli 2015 heb ik bij Infram onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor de toepassing van golfsimulatoren in het buitenland. Infram is een adviesbureau voor vraagstukken op het gebied van mobiliteit, ruimte en water. Zij adviseren over ontwikkeling, management, exploitatie en financiering van projecten. Infram werkt onder andere voor ministeries, provincies, waterschappen en kennisinstituten en is actief in binnen- en buitenland. Door de omvang van het bedrijf kent Infram talrijke organisaties, maar blijft zij in staat om de verbinding te leggen tussen mensen en vakgebieden. Infram voert al vele jaren onderzoek uit met de golfsimulatoren van Rijkswaterstaat. Middels dit onderzoek hoop ik Infram een advies te geven over de mogelijkheden die er zijn voor verdere exploitatie van de golfsimulatoren in het buitenland en welke stappen daarvoor gezeten dienen te worden.

Om een goed advies te kunnen geven aan Infram was het nodig om zelf goed te snappen wat de golfsimulatoren doen. Deze kennis heb ik in de eerste weken opgedaan door het bestuderen van de papers en rapporten die zijn geschreven over de golfsimulatoren. Vervolgens heb ik interviews gepland met professoren Van der Meer en Schultz. Tijdens deze interviews heb ik veel geleerd over waterveiligheidsproblemen in het buitenland en welke partijen daarvoor benaderd moeten worden. Het interviewen was daarnaast erg leuk om te doen en een leerzame ervaring.

Bij dezen wil ik graag mijn begeleider vanuit de universiteit, Jord Warmink, bedanken voor de prettige begeleiding en ondersteuning tijdens mijn onderzoek. Ook wil ik graag Wing Hong Wong en Kees Dorst bedanken voor de goede begeleiding vanuit Infram. Naast mijn begeleiders wil ik ook graag professor Van der Meer en professor Schultz bedanken voor het interview dat ik met hen gehouden heb.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Herm Jan aan het Rot

Enschede, 8 juli 2015

SAMENVATTING

Met het uitvoeren van dit onderzoek zijn de mogelijkheden voor de toepassing van de golfoverslagsimulator, de golfploopsimulator en de golfklapsimulator in het buitenland onderzocht. De golfsimulatoren worden op dit moment sporadisch gebruikt voor het testen van de erosiebestendigheid van dijken in Nederland en België, maar de verwachting is dat golfsimulatoren ook voor doeleinden in het buitenland ingezet kunnen worden. Het doel van het onderzoek is te ontdekken in welke landen goede kansen liggen om de golfsimulatoren in te zetten en welke stappen gezet moeten worden om dit daadwerkelijk te bereiken.

Om dit doel te bereiken is er gekeken naar de doeleinden waarvoor de golfsimulatoren in het verleden ingezet zijn. Vervolgens is er aan de hand van literatuur over de golfsimulatoren en interviews met professoren Van der Meer en Schultz een lijst met factoren opgesteld die van belang zijn voor de inzet van de golfsimulatoren. Deze lijst met factoren is gebruikt voor het beoordelen van landen die als kansrijk worden gezien door de professoren. Als laatste wordt er aan de hand van de interviews een advies gegeven over stappen die gezet kunnen worden om de kans op de inzet van de golfsimulatoren te vergroten.

De golfsimulatoren kunnen worden ingezet voor het onderzoeken van de invloed van aanwezige overgangen, initiële schade, de dijsamenstelling en niet-waterkerende objecten op de erosiebestendigheid van de dijkbekleding. Daarnaast kunnen de golfploopsimulator en de golfoverslagsimulator ook gebruikt worden voor het testen van constructies die belast worden door een lopende golftong. Alle type dijkbekledingen kunnen getest worden met de golfsimulatoren, maar in de praktijk is het alleen nuttig om grasbekledingen te onderzoeken. Alle golfsimulatoren zijn geschikt voor het testen van het buitentalud, de golfoverslagsimulator is daarnaast ook geschikt voor het testen van het binnentalud van een dijk.

Voor het inzetten van de golfsimulatoren in het buitenland blijken een aantal randvoorwaarden te zijn waaraan minimaal voldaan moet worden voordat de golfsimulatoren ingezet kunnen worden. Deze randvoorwaarden zijn: Het type dijkbekleding, de financiële draagkracht, de waarde van het te beschermen gebied, de relevantie van het probleem t.o.v. andere problemen in een land, het bewustzijn van de beleidsbepalers over de gevolgen van erosie van dijkbekleding, de behoefte om het probleem aan te pakken, de aanwezige connecties met politici en lokale bedrijven en de bekendheid van de golfsimulatoren. De financiële haalbaarheid is afhankelijk van het budget van de opdrachtgever, de bijdrage van ontwikkelingsbanken en overige subsidies die verkregen worden. Naast de randvoorwaarden voor de inzet van de golfsimulatoren zijn er nog enkele andere factoren die van minder grote invloed zijn op de inzetbaarheid van de golfsimulatoren in het buitenland.

De gevonden factoren dienen als input voor een multicriteria analyse waarbij de landen worden vergeleken. Op basis van deze analyse blijken Engeland, Duitsland en Singapore geschikt te zijn voor het inzetten van de golfsimulatoren. Wel moet in Engeland en Duitsland nog gewerkt worden aan de bekendheid van de golfsimulatoren onder politici en dijkbeheerders. Daarnaast moet gewerkt worden aan de behoefte om de simulatoren in te zetten. In Singapore moet de bekendheid van de golfsimulatoren vergroot worden en moeten connecties met lokale bedrijven en politici opgebouwd worden. Naast Duitsland, Engeland en Singapore liggen er ook kansen voor inzet van de golfsimulatoren in Thailand, Vietnam, China, Zuid-Korea en de Filipijnen.

Om de kans op succesvolle inzet te vergroten komen er uit het onderzoek een aantal stappen naar voren. Het uitbreiden van het netwerk kan gebeuren via internationale waterorganisaties waarbij veel vertegenwoordigers aanwezig zijn maar ook via universiteiten of de IHE. Financieel draagvlak voor het uitvoeren van proeven met de golfsimulatoren kan gecreëerd worden door mee te doen met subsidieprojecten van de Europese Unie of de Asian Development Bank. Voor zowel projecten binnen als buiten Europa lijkt het transporteren van de bestaande golfsimulatoren de voorkeur te genieten boven het bouwen van een nieuwe simulator.

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	4
1.1.	Achtergrondinformatie	4
1.2.	Aanleiding.....	6
1.3.	Doelstelling.....	6
1.4.	Afbakening.....	7
1.5.	Onderzoeksvragen.....	7
1.6.	Onderzoeksopzet.....	7
1.7.	Leeswijzer	8
2.	Theoretisch kader	9
2.1.	Golfoverslagsimulator	9
2.2.	Golfoploopsimulator	12
2.3.	Golfklapsimulator	14
2.4.	Onderzoek met de golfsimulator	16
3.	Methode.....	21
3.1.	Methode deelvraag 1: Bepalen doeleinden golfsimulatoren	21
3.2.	Methode deelvraag 2: factoren voor de inzet van de golfsimulatoren	21
3.3.	Methode deelvraag 3: Kansrijke landen voor de inzet van de golfsimulatoren	22
3.4.	Methode deelvraag 4: te doorlopen stappen	23
4.	Resultaten	24
4.1.	Deelvraag 1: doeleinden inzet golfsimulatoren	24
4.2.	Deelvraag 2: factoren voor de inzet van de golfsimulatoren.....	28
4.3.	Deelvraag 3: Kansrijke landen voor de inzet van de golfsimulatoren.....	35
4.4.	Deelvraag 4: Te doorlopen stappen	40
5.	Discussie	43
6.	Conclusie	44
7.	Bibliografie	46
8.	Bijlagen	48
8.1.	Bijlage 1: Interview professor Van der Meer	48
8.2.	Bijlage 2: Interview professor Schultz	53

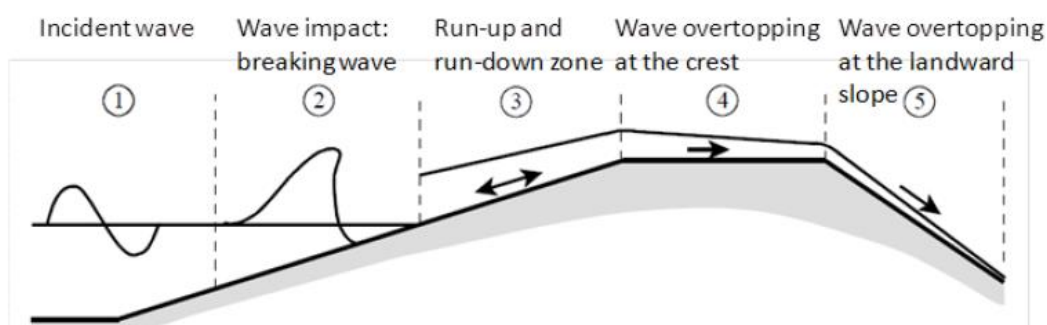
1. INLEIDING

In dit hoofdstuk zal er enkele achtergrondinformatie worden gegeven over de verschillende golfsimulatoren en waarvoor golfsimulatoren ingezet kunnen worden. Daarnaast worden de aanleiding, de doelstelling, de afbakening, de onderzoeksvragen, de onderzoeksofzet en de indeling van het rapport besproken.

1.1. ACHTERGRONDINFORMATIE

Voor de ontwikkeling van de golfsimulatoren was nog weinig bekend over de weerstand van grasbekleding en de daarin aanwezige overgangen tegen golfoploop, golfoverslag en golfklap (Infram, 2015). Beschadigingen aan de dijkbekleding, erosie en het afglijden van stukken grond zijn in het verleden vaak belangrijke oorzaken voor het falen van een dijk geweest. Zo was dat ook het geval bij de watersnoodramp van 1953 en recenter bij orkaan Katrina in de Verenigde Staten (van der Meer, Bernardini, Snijders, & Regeling, 2006). Door experimenteel te onderzoeken wat de sterkte van dijkbekleding is ontstaan nieuwe inzichten over de bescherming tegen extreme situaties. Zo is het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2007 gestart met het onderzoeksprogramma Sterkte en Belastingen Waterkeringen (SBW). Het programma dat uitgevoerd wordt door Rijkswaterstaat onderzoekt de sterkte van waterkeringen en de belastingen die optreden. Met behulp van de opgedane kennis en gegevens uit het onderzoek kunnen de bestaande rekenregels en modellen nauwkeuriger gemaakt worden. Met behulp van de nieuwe rekenregels en modellen konden de toetsvoorschriften in 2011 geüpdatet worden (Rijkswaterstaat, 2007). De toetsvoorschriften, die bestaan uit het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) en de Hydraulische Randvoorwaarden (HR) worden elke vijf jaar bijgewerkt met de nieuwste kennis en vastgesteld door de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat. Eén van de gebruikte methodes om de toetsvoorschriften te verbeteren was de inzet van de golfoverslagsimulator (Rijkswaterstaat, 2007).

Om te onderzoeken wat de gevolgen van golfklap, golfoploop en golfoverslag op grasbekledingen zijn, zijn drie golfsimulatoren ontwikkeld. In figuur 1 zijn de verschillende fases van het breken van een golf op een dijk weergegeven.



FIGUUR 1: GOLFKLAP, GOLFOPLOOP EN GOLFGOLFOVERSLAG (STEENDAM ET AL. 2013)

Golfklap is de bewoording voor het moment dat een golf met volle snelheid tegen een dijk klappt. De impuls (massa maal snelheid) van deze golf zal opgenomen moeten worden door de dijk, dit is weergegeven in zone twee in figuur 1. Als de dijkbekleding niet sterk genoeg is om weerstand te bieden tegen golfklap kan dit ernstige erosie van de dijkbekleding veroorzaken. De golfklapsimulator kan gebruikt worden om de weerstand van de dijkbekleding vast te stellen tegen golfklap.

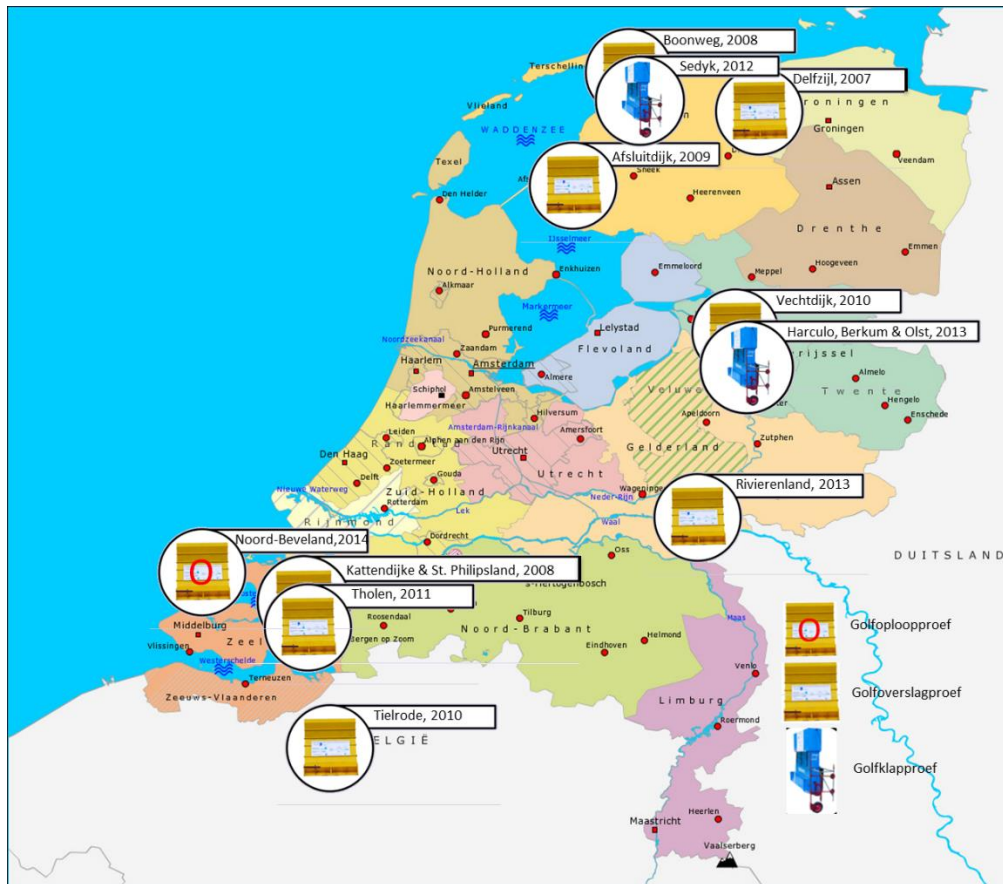
Naast golfklap kan ook golfoploop plaatsvinden. In de zone van de dijk waar golfoploop plaatsvindt, zal het water eerste omhoog stromen om vervolgens zijn snelheid te verliezen en terug te

stromen richting de zee/rivier, dit gebeurt in zone drie in figuur 1. Deze op- en neerwaartse beweging zal elke keer voor een tegengestelde kracht zorgen, met de golfploopsimulator kan onderzocht worden wat de weerstand van de dijkbekleding is tegen deze golfstroming.

Ook kan er golfoverslag plaatsvinden. In dat geval zal het water over de dijk stromen en aan de binnenzijde van de dijk weer naar beneden stromen, dit is weergegeven in zone vier en vijf in figuur 1. Het water stroomt bij golfoverslag dus in één richting. Met de golfoverslagsimulator kan de weerstand van de dijkbekleding tegen golfoverslag bepaald worden.

De golfsimulatoren waar Infram mee werkt zijn gebruikt voor de ontwikkeling van het nieuwe Wettelijk Toetsinstrumentarium (WTI) voor de sterkte van grasbekleding bij waterkeringen (Rijkswaterstaat, 2007). Het vernieuwde WTI zal vanaf 2017 gebruikt gaan worden voor toetsen van Nederlandse waterkeringen. Daarnaast worden de golfsimulatoren gebruikt voor een toets op maat, het testen van de effectiviteit van beheers- en noodmaatregelen en voor het in kaart brengen van krachten op innovatieve ontwerpen (Infram, 2015). Een zeedijk moet in staat zijn om de grote golven die ontstaan tijdens een storm te keren. In de meeste gevallen is de kruin van zeedijken veel hoger dan het waterlevel plus de golfhoogte, zodat mogelijke golfoverslag grotendeels voorkomen wordt. Rivierdijken moeten in staat zijn om extreme waterstanden te kunnen afvoeren, maar op rivieren is (over het algemeen) minder golfslag dan op zee. Dit betekent dan ook dat het verschil tussen de kruinhoogte en het waterlevel bij rivierdijken minder groot is dan het verschil bij zeedijken. Golven op rivieren zullen over het algemeen nooit hoger zijn dan één meter (van der Meer, Steendam, de Raat, & Bernardini, 2008). Desondanks blijft het testen van rivierdijken op golfoverslag zeer relevant omdat door het kleinere verschil er wel golfoverslag plaats kan vinden.

De golfsimulatoren zijn op dit moment meerdere keren in Nederland toegepast voor het testen van dijken en een enkele keer in België voor het testen van verticale constructies. Een overzicht van uitgevoerde proeven met de golfsimulatoren tot 2014 is te vinden in figuur 2 (Golfploopproeven in Noord Beverland ontbreken in de kaart).



FIGUUR 2: UITGEVOERDE PROEVEN MET DE GOLFSIMULATOREN IN NEDERLAND TOT 2014 (INFRAM)

1.2. AANLEIDING

De verwachting van Infram is dat de golfsimulatoren ook in het buitenland ingezet kunnen worden. De golfsimulatoren worden op dit moment sporadisch gebruikt in Nederland, maar er zijn vermoedelijk veel meer landen waar de golfsimulatoren ingezet kunnen worden. Deze verwachting vormt dan ook de aanleiding voor het onderzoek naar de toepassing van golfsimulatoren in het buitenland. Voor Infram is het onderzoek interessant omdat uit het onderzoek moet blijken waar mogelijkheden zijn om de golfsimulatoren in te zetten in het buitenland en welke stappen doorlopen moeten worden om de kans op succesvolle inzet te vergroten.

1.3. DOELSTELLING

Infram wil graag weten welke mogelijkheden er zijn om de golfsimulatoren in te zetten in het buitenland en welke kansen dit biedt voor de inzet van de Infram disciplines op het gebied van water, ruimte en mobiliteit. Middels dit onderzoek moet duidelijk worden in welke landen de golfsimulatoren ingezet kunnen worden en welke factoren van invloed zijn op de inzet van golfsimulatoren in het buitenland. Het resultaat van het onderzoek zal als advies voor Infram dienen waarin omschreven staat welke factoren van invloed zijn op een succesvolle inzet van de golfsimulatoren en in welke landen de golfsimulatoren (mogelijk) succesvol ingezet kunnen worden. Daarnaast zal een advies gegeven worden over welke stappen gezet kunnen worden die de kans op de inzet van de golfsimulatoren vergroten.

1.4. AFBAKENING

Deze afbakening is opgesteld om het onderzoek uit te kunnen voeren in 10 weken. Middels deze afbakening wordt duidelijk op welke aspecten van de deelvragen dit onderzoek ingaat.

Onderwerp

De geformuleerde doelstelling voor dit onderzoek geldt enkel voor de inzetbaarheid van de golfsimulatoren die in het bezit zijn van Rijkswaterstaat en die ontwikkeld zijn door professor Van der Meer. De golfsimulatoren die ontwikkeld zijn in de Verenigde Staten en in Vietnam worden buiten beschouwing gelaten.

Aspecten

Voor de inzet van de golfsimulatoren zijn vele aspecten van belang. Voor dit onderzoek zal hoofdzakelijk gekeken worden naar de technische en financiële aspecten. Maatschappelijke en juridische aspecten vallen grotendeels buiten dit onderzoek omdat het onderzoek uitgevoerd moet worden in 10 weken en de benodigde kennis hierover ontbreekt. Ook de financiële aspecten zullen niet tot op de bodem worden uitgezocht omdat voldoende kennis en tijd hiervoor ontbreekt. Deze zullen echter wel worden meegenomen als factor in de analyses over geschikte landen.

Locatie

Bij het analyseren van mogelijk geschikte landen voor de inzet van de golfsimulatoren zal alleen gekeken worden naar de landen die door experts benoemd zijn.

1.5. ONDERZOEKSVRAGEN

Om aan de doelstelling te voldoen is er een hoofdvraag opgesteld. De hoofdvraag voor het onderzoek is:

“Welke mogelijkheden zijn er om de golfsimulatoren in te zetten in het buitenland?”

De hoofdvraag zal beantwoord worden aan de hand van de volgende deelvragen:

1. Welke doeleinden kunnen bereikt worden met de inzet van de golfsimulatoren bij waterkerende constructies?
2. Welke factoren zijn van belang voor de inzet van de golfsimulatoren in het buitenland?
3. Welke landen zijn het meest geschikt om de golfsimulatoren in de toekomst voor in te zetten?
4. Welke stappen dienen doorlopen te worden om de kans op succesvolle inzet van golfsimulatoren in het buitenland te vergroten?

1.6. ONDERZOEKSOPZET

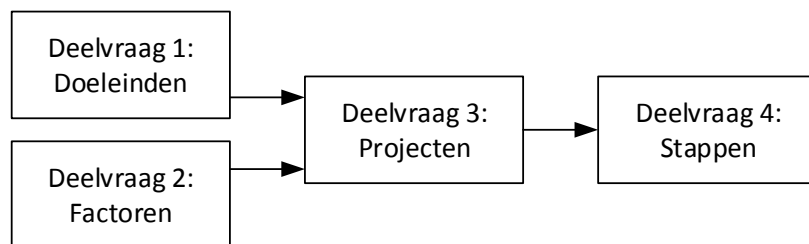
Om te bepalen welke kansen er zijn voor de inzet van de golfsimulatoren in het buitenland is het nodig te onderzoeken voor welke doeleinden de golfsimulatoren ingezet kunnen worden. Het vaststellen van de doeleinden gebeurt in deelvraag één. De doeleinden die bereikt kunnen worden met de inzet van de golfsimulatoren zijn bepaald met behulp van een literatuuronderzoek in technische rapporten van Infram en aangevuld met een face-to-face interview met de ontwikkelaar van de golfsimulatoren, professor van der Meer (zie bijlage 1).

In deelvraag twee is gekeken naar de factoren die van belang zijn voor de inzet van de golfsimulatoren. De factoren die van invloed zijn op de inzet van de golfsimulatoren en de weging van

deze factoren is bepaald met behulp van een literatuuronderzoek in technische rapporten en papers over de ontwikkeling en inzet van de golfsimulatoren. Daarnaast is gebruik gemaakt van interviews die gehouden zijn met professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2). Door deze lijst te bespreken met experts binnen Infram is een multicriteria analyse opgesteld om basis waarvan de verschillende landen onderzocht konden worden.

Bij de uitwerking van deelvraag drie zijn de landen die genoemd werden in de interviews met de experts vergeleken aan de hand van de multicriteria analyse. Door deze vergelijking ontstaat een beeld van de geschiktheid van de genoemde landen voor de inzet van de golfsimulatoren.

Bij het beantwoorden van deelvraag vier wordt onderzocht welke stappen doorlopen kunnen worden om de kans op de inzet van de golfsimulatoren te vergroten. Voor het onderzoeken van vervolgstappen zijn er vragen gesteld in de interviews met professoren Van der Meer en Schultz. Een schematische weergave van de relatie tussen de deelvragen is weergegeven in figuur 3.



FIGUUR 3: RELATIE DEELVRAGEN

Nadat de resultaten gepresenteerd zijn vindt een discussie over de resultaten en het onderzoek plaats. Op basis van de resultaten en de discussie zal dan een conclusie worden getrokken waarin in het kort antwoord wordt gegeven op de hoofd- en deelvragen.

1.7. LEESWIJZER

Voor het uitwerken van het onderzoek is het belangrijk een goed beeld te hebben van de werking van de golfsimulatoren, dit wordt beschreven in hoofdstuk twee. Per golfsimulator worden het faalmechanisme van de dijk, de werking en de instellingen voor het los te laten volume van de golfsimulatoren besproken. In hoofdstuk drie wordt vervolgens de onderzoeksmethode besproken waarin staat hoe de resultaten en antwoorden op de deelvragen verkregen zullen worden. In hoofdstuk vier zullen de resultaten van het onderzoek uitgewerkt worden om deze vervolgens te bediscussiëren en conclusies uit te trekken. Hoofdstuk drie en vier zijn opgedeeld in de deelvragen van het onderzoek zoals deze zijn gegeven in paragraaf 1.5.

2. THEORETISCH KADER

De golfsimulatoren zijn ontwikkeld om de sterkte van dijkbekledingen te testen op golfklap, golfoverslag en golfoploop. Het is niet mogelijk om op een goede manier een schaalmodel van een dijk te maken waarop de sterkte van de (gras)bekleding getest kan worden (Steendam, van der Meer, van Steeg, van Hoven, & van der Meer, 2013). Dit komt omdat de wortels en bijvoorbeeld de hechting van de verschillende lagen uit de dijk niet in het klein na te maken zijn. Zonder de golfsimulatoren moesten de dijkvakken getransporteerd worden naar een grootschalige testfaciliteit zoals de Deltagoot van Deltares. Met de komst van de golfsimulatoren kan een test worden uitgevoerd waarbij de testfaciliteit naar de dijk komt in plaats van andersom. In dit hoofdstuk zullen eerst de benodigde onderdelen die nodig zijn voor het uitvoeren van de simulaties besproken worden en vervolgens zal per simulator verder worden ingegaan op de werking van de desbetreffende golfsimulator.

2.1. GOLFOVERSLAGSIMULATOR

In paragraaf 2.1. zullen het faalmechanisme van golfoverslag, de werking van de golfoverslagsimulator en de bepaling van het volume van de golfoverslagsimulator besproken worden.

2.1.1. FAALMECHANISME GOLFOVERSLAG

Golfoverslag is het gemiddelde overslagdebiet uitgedrukt in m^3 per seconde per meter breedte of in liters per seconde per meter breedte. Het is het totale volume water dat over een dijk stroomt gedeeld door de totale tijdsduur. Met een onregelmatig interval bereiken golven de dijk, waarna een groot volume water over de top van de dijk stroomt. De overslaande golven leiden tot erosie wat een verlaging van de kruinhoogte en dus overstromingen tot gevolg kan hebben. Daarnaast leiden overslaande golven tot erosie van het binnentalud waardoor de grasbekleding en uiteindelijk de kern van de dijk kunnen eroderen. Als gevolg van deze erosie neemt de stabiliteit van de dijk af. Het afnemen van de stabiliteit leidt mogelijk tot een dijkdoorbraak (Reeve, Chadwick, & Fleming, 2004). Dit faalmechanisme wordt 'erosie kruin en binnentalud' genoemd.

2.1.2. WERKING

De golfoverslagsimulator is ontworpen en gebouwd in 2006 om de effecten van golfoverslag op dijkbekleding te kunnen testen. Er was weinig bekend over de erosie die ontstaat als gevolg van golfoverslag op dijken, taluds en oeverwallen. Dit kwam hoofdzakelijk doordat het onmogelijk is om onderzoek uit te voeren met een schaalmodel omdat gras en klei niet goed op schaal nagemaakt kunnen worden. Om iets te kunnen zeggen over de weerstand of krachten op een dijk zijn full-scale veldproeven nodig die door de komst van de golfoverslagsimulator mogelijk zijn geworden (van der Meer, Bernardini, Steendam, Akkerman, & Hoffmans, 2007). Bij het ontwerpen van de

golfoverslagsimulator is rekening gehouden met de volgende aspecten (van der Meer, Steendam, de Raat, & Bernardini, 2008):

- ❖ De simulator is 4 meter breed en heeft een volume van 22 m³ waardoor er maximaal 125 liter per seconde per meter gesimuleerd kan worden (de meeste Nederlandse dijken zijn ontworpen op 1 liter per seconde per meter);
- ❖ Zo hoog en slank mogelijke vorm van de opvangbak om de hoge snelheden te bereiken van grote overslagvolumes;
- ❖ Maximale opening is 0,5 meter;
- ❖ Door de ondersteunende balken van 2 meter lang is het mogelijk de simulator op verschillende hoogtes op een dijk te plaatsen;
- ❖ De 'hoek van uitval' kan worden aangepast tijdens de kalibratie.

De golfoverslagsimulator wordt aan de zee kant van de dijk geplaatst waar hij wordt gevuld met water. Tijdens het testen wordt water in de golfoverslagsimulator gepompt dat vervolgens wordt losgelaten door twee hydraulische kleppen (Steendam, van der Meer, van Steeg, van Hoven, & van der Meer, 2013). Het water dat losgelaten wordt stroomt vervolgens tussen twee houten schotten naar beneden over het binnentalud van de dijk. Door dit proces meerdere malen te herhalen kan de gewenste representatieve storm met de bijbehorende overslag debieten gesimuleerd worden. Een voorbeeld opstelling van de golfoverslagsimulator is weergegeven in figuur 4.

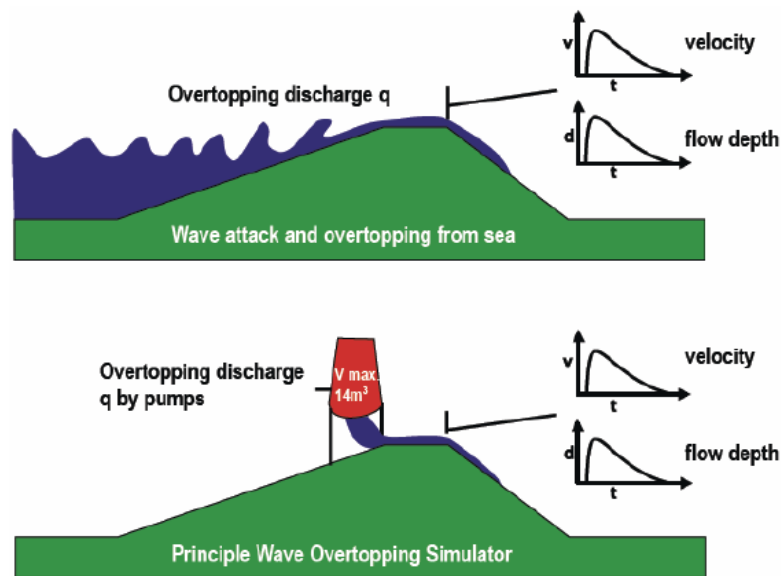


FIGUUR 4: OPSTELING GOLFOVERSLAGSIMULATOR (VAN DER MEER, PROVOOST, & STEENDAM, 2012)

2.1.3. BEPALING OVERSLAGVOLUME

Op basis van verwachte golfcondities aan de zee-/rivierzijde wordt het los te laten volume bepaald zodat een golf ontstaat die over de dijk stroomt. Het loslaten van de golf gebeurt op een manier zodat de golfsnelheid, turbulentie en waterhoogte overeenkomen met de verwachte karakteristieken voor de golfsnelheid, turbulentie en waterhoogtes van een overslaande golf. Kalibratie van de golfoverslagsimulator heeft aangetoond dat het mogelijk is om de vereiste snelheden en waterdieptes te simuleren voor een grote variatie in golfoverslag (van der Meer, Bernardini, Steendam, Akkerman,

& Hoffmans, 2007). Met de golfoverslagsimulator is het niet nodig om de hele golf te simuleren, maar enkel het gedeelte wat over de dijk heen slaat zoals weergegeven in figuur 5.



FIGUUR 5: WERKING WAVE OVERTOPPING SIMULATOR (VAN DER MEER, BERNARDINI, STEENDAM, AKKERMAN, & HOFFMANS, 2007)

Maatgevende stormen met een duur van zes uur kunnen realistisch gesimuleerd worden met overslaande golven van 0,1 liter per seconde per meter breedte tot 30 liter per seconde per meter breedte. De verdelingsfunctie die hierbij gebruikt wordt is een Weibull-verdeling met een vormfactor van 0,75 en een schaalfactor a . De factor a is afhankelijk van het gemiddelde overslagvolume en de waarschijnlijkheid van een golfoverslag (TAW,2002). Dit levert de volgende verdelingsfunctie op (van der Meer, Bernardini, Snijders, & Regeling, 2006):

$$P_V = P(\underline{V} \geq V) = \text{Exp} \left(- \left(\frac{V}{a} \right)^{0,75} \right) \text{ with } a = 0,84 \frac{T_m q}{P_{ov}}$$

Waarin geldt:

P_V = De kans op een bepaald volume

$P(\underline{V} \geq V)$ = De kans dat het gemiddelde volume groter of gelijk is aan het gevonden volume

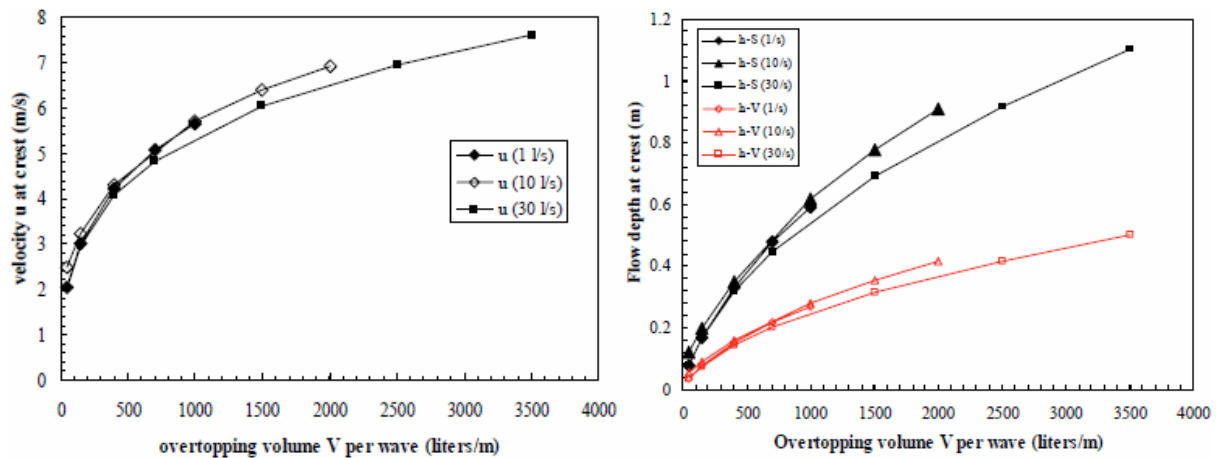
V = Volume

a = schaalfactor

$T_m q$ = Gemiddelde golfoverslagvolume

P_{ov} = De waarschijnlijkheid van een golfoverslag (TAW, 2002)

Het overslagvolume per golf bedraagt maximaal 3500 liter per meter. De golfsnelheid varieert tussen de 2 en 8 meter per seconde. Bij een toenemend overslagvolume zullen de stroomsnelheid en de waterdiepte toenemen zoals weergegeven in figuur 6.



FIGUUR 6: EFFECT OVERSLAGVOLUME OP DE MAXIMALE STROOMSNELHEID EN DE WATERDIEPTE (VAN DER MEER, BERNARDINI, SNIJDERS, & REGELING, 2006)

2.2. GOLFOPLOOPSIMULATOR

In paragraaf 2.2. zullen het faalmechanisme bij golfoploop, de werking van de golfoploopsimulator en de bepaling van het volume van de golfoploopsimulator besproken worden.

2.2.1. FAALMECHANISME

Bij veel dijken in Nederland is het onderste gedeelte van de dijk beschermd tegen golflap door basaltblokken, asfalt of andere materialen, maar is de bovenkant van de dijk bedekt met gras. Dit gras is ten tijde van een storm onderhevig aan golfoploop. Door de op- en neerwaartse beweging van het water ontstaan krachten op de dijkbekleding die mogelijke erosie van het buitentalud veroorzaken. Het eroderen van het buitentalud wordt door Reeve, Chadwick & Fleming (2005) genoemd als mogelijke oorzaak van een dijkdoorbraak. Zij suggereren dat erosie van het buitentalud leidt tot afglijden van de bekleding wat ernstige schade veroorzaakt aan de helling. Door de ontstane schade kan vervolgens de kern van de dijk eroderen wat leidt tot een dijkdoorbraak. Het is daarom ook van cruciaal belang om erosie van het buitentalud zoveel mogelijk te voorkomen. De mate waarin schade ontstaat aan een dijk is afhankelijk van de hoogte die de golven bereiken tijdens de oploop, de frontsnelheid waarmee de golf oploopt en de dikte van de golf (Steendam, van der Meer, van Steeg, van Hoven, & van der Meer, 2013).

2.2.2. WERKING

Het idee om een golfoploopsimulator te ontwikkelen is gebaseerd op de ervaringen met de golfoverslagsimulator. Bij het oploopproces is de snelheid van het front van de lopende golf van grote invloed op de erosie die ontstaat. Met de golfoverslagsimulator was het niet mogelijk om voldoende snelheid aan de golf te geven omdat het bij de golfoverslagsimulator vooral gaat om het volume en minder om de snelheid van de golftong. Door het slanke en hoge ontwerp (twee meter breed en acht meter hoog) van de golfoploopsimulator is hij in staat een golf te simuleren die met een grote snelheid tegen een dijk op stroomt en weer naar beneden stroomt. De golfoploopsimulator wordt 0,2 meter boven de dijk geplaatst zodat het water dat terugstroomt naar beneden onder de simulator door kan stromen. Op deze manier wordt voorkomen dat er waterophoping plaatsvindt vlak voor de simulator.

De golfploopsimulator wordt beneden aan de zeekant van de dijk geplaatst waar hij wordt gevuld met water door een pomp met een capaciteit van 500m³ per uur. Het water in de golfploopsimulator wordt losgelaten door twee kleppen aan de onderzijde van de simulator. Hierdoor ontstaat een golf die tegen de dijk oploopt en vervolgens weer terug naar beneden stroomt. De oplopende golf wordt begeleid door houten schotten die met palen op de plaats worden gehouden. Door dit proces meerdere malen te herhalen met een Rayleigh-verdeling (Weibull-verdeling met vormfactor 2) van golven kan de dijk belast worden op golfploop representatief voor de gewenste storms simulatie. De golfbelasting kan herhaald worden totdat er ernstige schade aan de dijkbekleding waar te nemen is, of de maatgevende storm van zes uur volledig gesimuleerd is. Achteraf wordt de dijkbekleding weer hersteld zodat de waterkerende functie van de dijk niet verminderd (Rijkswaterstaat, 2014). Een voorbeeld opstelling van de golfploopsimulator is weergegeven in figuur 7.



FIGUUR 7: OPSTELLING GOLFPLOOPSIMULATOR (INFRAM, 2014)

2.2.3. BEPALING OPLOOPVOLUME

Als startpunt voor het instellen van de golfploopsimulator wordt het 2% overschrijdingslevel bepaald ($R_{u2\%}$). Dit is de hoogte op de dijk die door 2% van de golven overschreden wordt. In de EurOtop Manual (2007) zijn formules gegeven voor het bepalen van deze waarde. In Van der Meer, Provoost & Steendam (2012) worden de volgende formules gegeven:

$$U_{2\%} = C_{u2\%} (g(R_{u2\%} - Z_A))^{0.5}$$

$$h_{2\%} = C_{h2\%} (R_{u2\%} - Z_A)$$

Waarin geldt:

$U_{2\%}$ = oploopsnelheid overschreden door 2% van de oplopende golven

$C_{u2\%}$ = coëfficiënt

g = zwaartekracht versnelling

$R_{u2\%}$ = maximale golfploophoogte ten opzichte van de normale waterhoogte

Z_A = locatie op het buitentalud, ten opzichte van de normale waterhoogte
 $h_{2\%}$ = golfdikte overschreden door 2% van de oplopende golven
 $C_{h2\%}$ = coëfficiënt

Voor dijken met een helling van 1:3 en 1:4 kan een $C_{h2\%}$ van 0,20 genomen worden. Voor een helling van 1:6 kan een $C_{h2\%}$ van 0,30 genomen worden. Interpolatie geeft een $C_{h2\%}$ van 0,25 voor een helling van 1:5. Voor dijken met een helling tussen 1:3 en 1:6 kan een $C_{u2\%}$ van 1,4-1,5 gekozen worden (van der Meer, Provoost, & Steendam, 2012). Door het invullen van bovenstaande formules kan met behulp van de golfploophoogte en de oploopsnelheid de dikte van de golfploopoptong bepaald worden. Als deze drie waardes bekend zijn kan de golfploopsimulator ingesteld worden en kan het volume voor de opvangbak bepaald worden voor de gewenste golf.

2.3. GOLFKLAPSIMULATOR

In paragraaf 2.3. zullen het faalmechanisme bij golfklap, de werking van de golfklapsimulator en de bepaling van het volume van de golfklapsimulator besproken worden.

2.3.1. FAALMECHANISME

De stabiliteit van een dijk is voor een gedeelte afhankelijk van de sterkte van de dijkbekleding. Op het moment dat de bekleding van een dijk niet sterk genoeg is om intact te blijven onder invloed van golfklap heeft dit grote gevolgen voor de sterkte van de dijk. De schade die ontstaat aan het buitentalud zal leiden tot erosie van de kern van de dijk, wat mogelijk een dijkdoorbraak veroorzaakt. Daarnaast kan golfklap leiden tot een grote mate van infiltratie van water in de dijk kern wat de stabiliteit van de dijk in gevaar kan brengen (Reeve, Chadwick, & Fleming, 2004).

2.3.2. WERKING

De golfklapsimulator is ontwikkeld aan het eind van 2011. In 2012 zijn er verschillende testen mee uitgevoerd. De golfklapsimulator bestaat uit een bak van 0,4 meter breed, 2 meter lang en is uitschuifbaar tot een hoogte van 2 meter. Het water kan uit deze bak worden gelaten met behulp van een geavanceerd systeem van twee kleppen van 0,2 meter breed. Door het geavanceerde openingssysteem is de golfklapsimulator in staat om over de gehele breedte de golf ongeveer op hetzelfde moment de dijk te laten bereiken (van Steeg, Labrujere, & Mom, 2015). Het water dat de dijk bereikt zorgt voor een hydraulische belasting op de dijk en het bijbehorende op- en aflopen van het water. Door de duur dat de golfklapsimulator gevuld wordt te variëren kunnen verschillende waterlevels bereikt worden in de simulator. Deze verschillende waterlevels leiden tot verschillende hydraulische drukken op de dijk. Op deze manier kan de gewenste representatieve storm worden

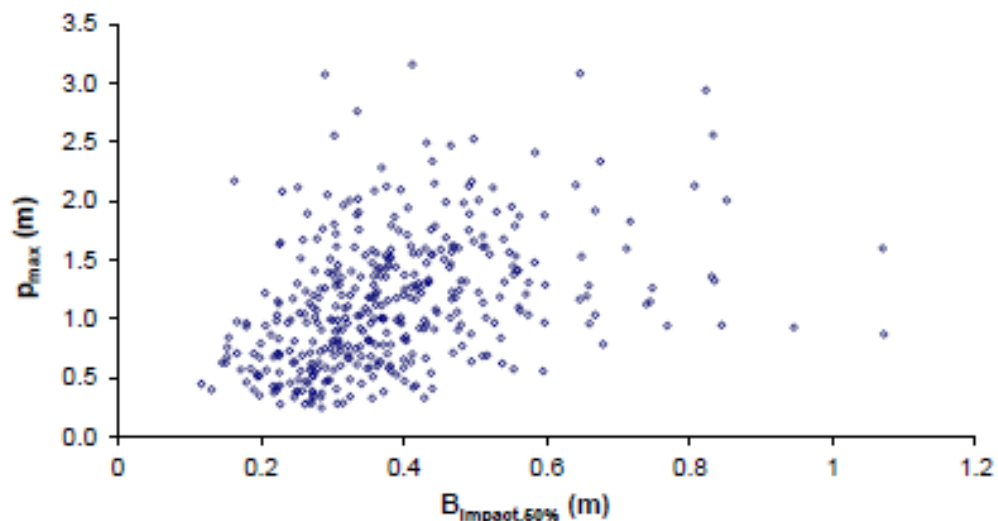
gesimuleerd met de golfklapsimulator. De opstelling van de golfklapsimulator is weergegeven in figuur 8.



FIGUUR 8: OPSTELLING GOLFKLAPSIMULATOR (VAN STEEG, LABRUJERE, & MOM, 2015)

2.3.3. BEPALING GOLFKLAPVOLUME

De krachten die op een dijk komen te staan als gevolg van golfklap zijn grotendeels afhankelijk van de hoogte van de golven. Zoals in figuur 9 is weergegeven zit er vrijwel geen correlatie tussen de breedte van de golf en de maximale druk (uitgedrukt in meters waterkolom) die op een dijk komt te staan.



FIGUUR 9: RELATIE TUSSEN DE GOLFBREEDTE EN DE MAXIMALE DRUK OP EEN DIJK (STEENDAM, VAN DER MEER, VAN STEEG, VAN HOVEN, & VAN DER MEER, 2013)

Andere factoren die van invloed zijn op de krachten die bij golfklap ontstaan zijn (Klein Breteler, van der Werf, & Wenneker, 2012 in Steendam et al., 2013):

- ❖ **De verticale hoogte van de waterhoogte tot de berm (h_b) (positief als de berm hoger ligt dan het waterlevel)**
Als de berm al veel hoger ligt dan het waterlevel zal een gedeelte van de golf al gekeerd worden door de berm. Er komt in dat geval minder water tegen de dijk zelf aan.
- ❖ **Een invloed factor van de berm ($\gamma_{\text{berm}, p_{\text{max}}}$)**
De invloed factor van de berm is afhankelijk van de verhouding tussen de verticale hoogte van de waterhoogte tot de berm (h_b) en de golfhoogte. Hele kleine golven zullen bij een grote h_b bijna geen effect meer hebben op de dijk zelf, bij grote golven en een kleine h_b is dit effect juist groter.
- ❖ **Dichtheid van het water (ρ_w)**
Een grotere dichtheid van het water leidt tot een grotere impact op de dijk. Het verschil is in de praktijk verwaarloosbaar.
- ❖ **Zwaartekrachtversnelling (g)**
Een grotere zwaartekracht leidt tot een grote impact op de dijk. Het verschil is in de praktijk verwaarloosbaar.

Door verschillende openingsintervallen kunnen de golfvolumes voor de gewenste representatieve storm met bijbehorende snelheid op de dijk losgelaten worden. Meestal wordt de golfklapgenerator toegepast op grasdijken die te maken hebben met golfhoogtes tot één meter. Bij het testen in de praktijk wordt enkel de 30% grootste golven gesimuleerd. De druk die een golf op een dijk uitoefent wordt benaderd door de empirische formule:

$$p_{\text{max}} = 1.10h_w + 0.87$$

Waarin geldt:

p_{max} = Golfdruk (m)

h_w = Hoogte van de waterkolom in de golfsimulator

De drukverdeling van aankomende golven is Rayleigh verdeeld. Door bij testen van een dijk een bepaalde waarschijnlijkheid van voorkomen te kiezen en hier een Rayleigh verdeling op toe te passen kan een representatieve storm gesimuleerd worden. Op deze manier is het mogelijk om een drukverdeling op de dijk los te laten die overeenkomt met de hydraulische druk van werkelijk golven (Steendam, van der Meer, van Steeg, van Hoven, & van der Meer, 2013).

2.4. ONDERZOEK MET DE GOLFSIMULATOR

Voor, tijdens en na het uitvoeren van proeven met de golfsimulators kunnen verschillende eigenschappen onderzocht worden die van invloed kunnen zijn op de sterkte van dijken. Door meer inzicht te krijgen in deze eigenschappen kunnen dijken op een slimmere manier ontworpen en beheerd worden. De volgende eigenschappen kunnen onderzocht worden (Infram, 2009) (Infram, 2010):

- ❖ **De doorworteling van de zode**
De sterkte van het gras wordt gemeten met een zodontrekker waarbij het gras losgetrokken wordt van de grond. Hierbij gaat het om de categorie (van nul (slecht) tot vijf (goed)) van het gras en een visuele beoordeling van de diepte tot waar de wortels zich bevinden (Infram, 2009).

Het vaststellen van de doorworteling van de zoden is van belang omdat de doorworteling een grote invloed heeft op de erosiebestendigheid van grasbekleding.

❖ **Grondonderzoek**

Bij het grondonderzoek wordt gekeken naar de erosiebestendigheid op basis van de vloeigrens, de plasticiteitsindex en het zandgehalte. Door zowel voor als na de golfsimulaties het grondonderzoek uit te voeren kan gekeken worden wat het effect van golfklap, golfoverslag en golfoploop op de grond is (Infram, 2009).

❖ **Hydraulische metingen aan de golven**

Bij de hydraulische metingen worden de eigenschappen van de golven onderzocht. Zo kunnen de (front)snelheden, laagdikte en luchtgehaltes van verschillende golfvolumes gemeten worden. Door hydraulische metingen te verrichten kunnen de golfsimulatoren zo ingesteld worden dat de geproduceerde golven representatief zijn voor de werkelijke golven. Daarnaast kan men meer te weten komen over het gedrag van golven op en rond dijken. Om de (mogelijke) invloed van het zoutgehalte op de eigenschappen te meten zijn de proeven uitgevoerd met zowel zoet- als zoutwater. De hydraulische metingen die plaatsvinden zijn:

○ **Waterlaagdikte**

Voor het meten van de laagdikte kan gebruik worden gemaakt van 'draadgolfhoogtemeters' of een 'surfplank' (Infram, 2009) (Infram, 2010).

De 'draadgolfhoogtemeters' bestaan uit twee metalen draden op 5 cm afstand van elkaar. Met een sensor wordt de weerstandsverandering als gevolg van de indompelingsdiepte in het water gemeten.

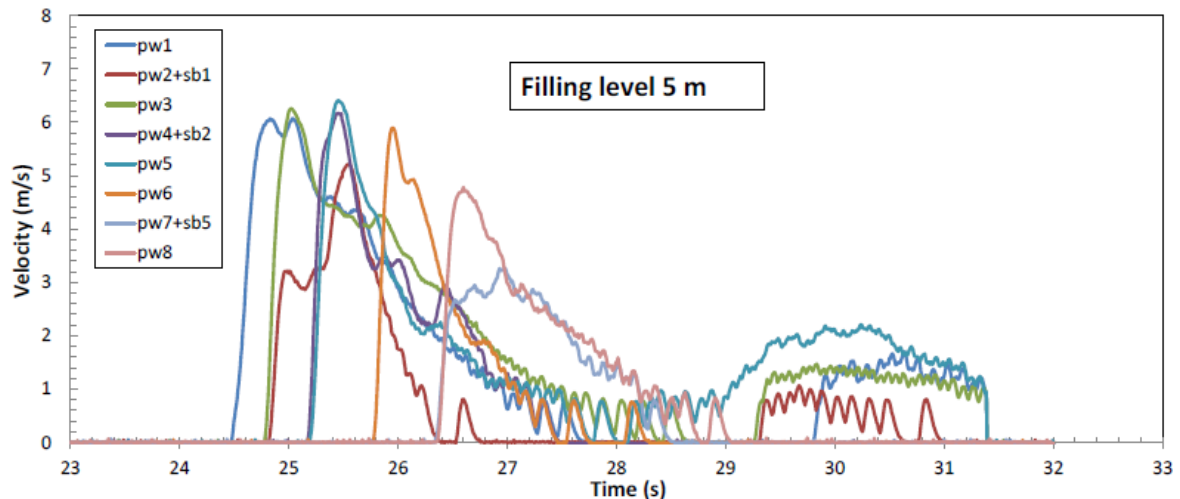
De 'surfplank' is een gebogen dunne plank die scharnierend aan de simulator wordt bevestigd. Door zijn vorm en het drijvende vermogen van de plank gaat hij op de golf 'surfen'. Door vervolgens de hoekverdraaiing van het scharnier over de tijd te meten kan de laagdikte van het water bepaald worden op ieder moment.

○ **Frontsnelheid**

Middels een highspeed camera worden alle simulaties opgenomen. Achteraf is het met behulp van aangebrachte referentiepunten mogelijk om de frontsnelheid van de verschillende volumes te bepalen (Infram, 2009). De frontsnelheid van de golven is volgens professor Van der Meer (zie bijlage 1) van grote invloed op de erosie die plaatsvindt.

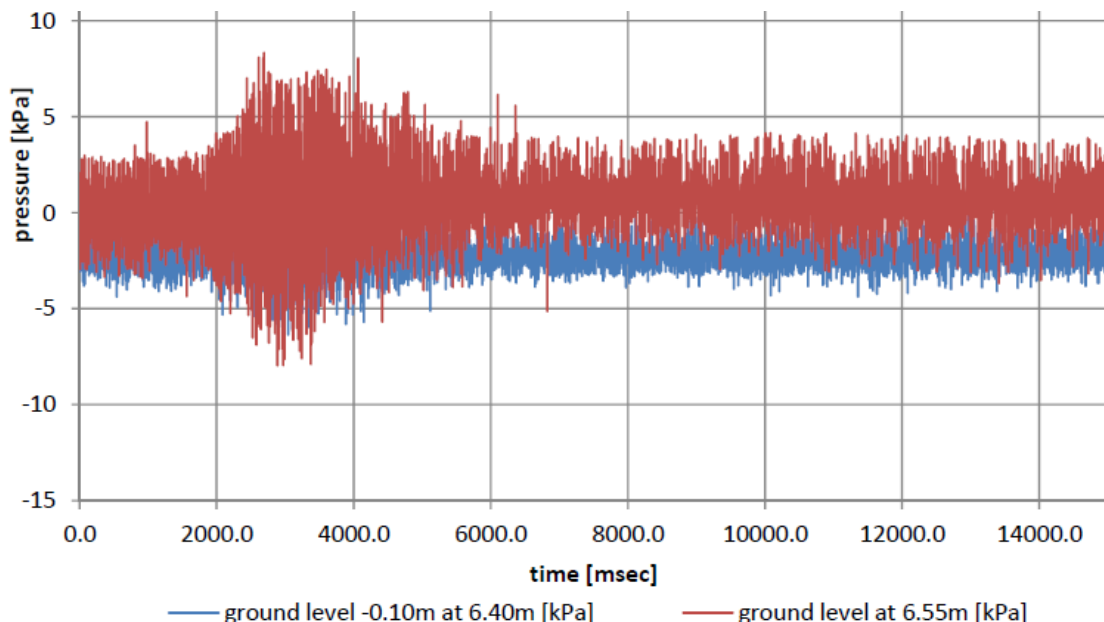
Daarnaast is het mogelijk om met zogenaamde 'paddlewheels' de snelheid van de golf te meten. De 'paddlewheels' zijn kleine schoepen die bij een toenemende watersnelheid sneller gaan draaien.

Met behulp van de 'draadgolfhoogtemeters' kan de frontsnelheid van een golf ook bepaald worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het tijdsverschil tussen de passage van een golf bij twee verschillende meters die op een afstand van 50 cm bij elkaar vandaan staan. Een voorbeeld van het resultaat van een frontsnelheid meting is weergegeven in figuur 10.



FIGUUR 10: VOORBEELD RESULTAAT FRONTSNELHEID METING (INFRAM, 2014)

- **Luchthalte**
Met behulp van een 'Void Fraction meter' kan de luchtinsluiting bepaald worden. Dit instrument kan eveneens de snelheid registreren (Infram, 2009).
- **Waterdruk**
Het meten van waterdrukken op het taludoppervlak en net onder de graszoden gebeurt met een aantal druksensoren (Infram, 2009). De drukmetingen in kPa kunnen worden uitgezet tegen de tijd (milliseconde) per golf. Een voorbeeld van het resultaat van een waterdrukmeting is weergegeven in figuur 11.



FIGUUR 11: VOORBEELD RESULTAAT WATERDRUK METING (INFRAM, 2014)

❖ Infiltratie

Omdat de mate waarin een dijk verzadigd is van groot belang is voor de schuifsterkte en het mogelijk afschuiven van een dijk, is het belangrijk om te weten wat er gebeurt met de infiltratie in een dijk. Met behulp van een tensiometer (vochtgehalte), een thêtaprobes (percentage bodemvocht met m.b.v. diëlektrische constante) en een PR-waterspanningsmeter (indrukbare

cone) kan de infiltratiecapaciteit gemeten worden (Infram, 2010). De metingen kunnen per tijdsinterval opgeslagen worden op een datalogger zodat de verandering van de waterdruk over de tijd bepaald kan worden. Ook de werkelijke infiltratiecapaciteit kan bepaald worden door het verschil tussen de in- en uitstroom op het talud te meten.

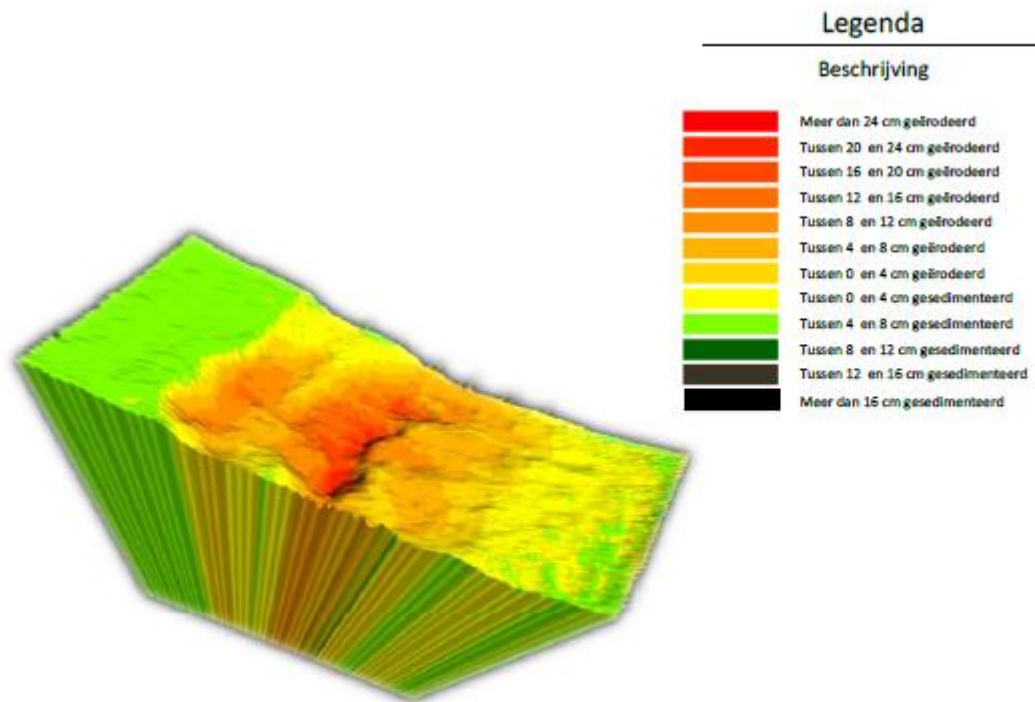
❖ **Erosie**

Erosie als gevolg van golfoverslag kan de kruin en het binnentalud van een dijk ernstig beschadigen (Infram, 2010). Erosie van het buitentalud zal optreden bij golfoploop en golfklap. Als er erosie van de dijkbekleding heeft plaatsgevonden zullen ook de onderliggende lagen met zand of klei snel eroderen (van der Meer, Steendam, de Raat, & Bernardini, 2008). Met behulp van film- en fotocamera's kan de erosie van de grasbekleding op het talud goed in beeld worden gebracht. De erosie van de onderliggende laag kan daarnaast goed worden vastgesteld met een 3D Laserscanner of handmatig met een peilstok en meetlint, dit is weergegeven in figuur 12.



FIGUUR 12: VOORBEELD PEILSTOK MEETLINT (SCHULTZ, 2007)

Met behulp van de 3D Laserscanner wordt een driedimensionaal beeld van de omgeving gemaakt wat is samengesteld uit miljoenen samengestelde 3D scanpunten. Uit deze driedimensionale beelden kunnen de diepte, lengte en breedte van de ontstane erosiekuilen bepaald worden. Mocht de erosie te snel of in extreme mate optreden dan kan in overleg met de dijkbeheerder gezocht worden naar de oorzaak en oplossingen. Een voorbeeld van het resultaat bij het gebruik van een 3D laserscanner is gegeven in figuur 13.



FIGUUR 13: RESULTAAT 3D LASERSCANNER

❖ **Deformatie**

De mogelijke vormverandering van de dijk, of gedeeltes van de dijk, kan nauwkeurig gemeten worden met behulp van de positie van 20 pikketen/paaltjes op het talud. In het geval dat de deformatie meer is dan gebruikelijk in vergelijkbare situatie dan kan in overleg met de dijkbeheerder gezocht worden naar de oorzaak en oplossingen (Infram, 2009).

3. METHODE

In dit hoofdstuk worden de gebruikte methodes per deelvraag toegelicht.

3.1. METHODE DEELVRAAG 1: BEPALEN DOELEINDEN GOLFSIMULATOREN

Om de doeleinden te bepalen die met het inzetten van de golfsimulatoren bereikt kunnen worden, zijn rapporten gebruikt waarin de resultaten van reeds uitgevoerde proeven staan omschreven. In deze rapporten staat duidelijk omschreven voor welke doelen de golfsimulatoren ingezet werden. De volgende rapporten zijn gebruikt:

- ❖ Factual Report Overslagproeven en afschuifproef Afsluitdijk, 2009
- ❖ Analyse van de frontsnelheden van overslaande golven, 2009
- ❖ Factual Report Overslagproeven en afschuifproef Vechtdijk, 2010
- ❖ Factual Report Overslagproeven en oploopproof Tholen, 2011
- ❖ Factual Report Wave Impact tests Sedyk Oosterbierum, 2012
- ❖ Factual Report Golfoplooppreeven Noord-Beverland, 2014

De gevonden doeleinden zijn voorgelegd aan professor Van der Meer (zie bijlage 1) om te controleren of de gevonden doeleinden juist en volledig zijn (zie bijlage 1). Professor Van der Meer is ook gevraagd deze zo nodig aan te vullen. Professor Van der Meer is de bedenker van de golfsimulatoren en heeft daarnaast meegewerkt aan vele rapporten over de golfsimulatoren. Zijn werk is opgenomen in diverse handleiding over de hele wereld en heeft een bijdrage geleverd aan de richtlijnen over golfoverslag. Hij heeft zestien jaar bij Deltaris (toen nog WL Delft) gewerkt, 10 jaar bij Infram en is nu 7 jaar eigenaar van Van der Meer Consulting en hoogleraar bij Unesco-IHE. Door de in de literatuur gevonden doeleinden aan professor Van der Meer voor te leggen kan de volledigheid en juistheid gecontroleerd worden door de bedenker van de golfsimulatoren.

3.2. METHODE DEELVRAAG 2: FACTOREN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

Als de doeleinden die bereikt kunnen worden met de inzet van de golfsimulatoren bekend zijn moeten de factoren onderzocht worden die de daadwerkelijke inzet van de golfsimulator beïnvloeden. Met behulp van de bestudeerde literatuur die binnen Infram aanwezig is, en via de interviews met professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2) wordt een lijst opgesteld met factoren die de inzet mogelijk beïnvloeden. Door per factor het belang van de desbetreffende factor te bepalen kunnen de factoren gebruikt worden voor het toetsen van de inzetbaarheid in bepaalde landen met behulp van een multicriteria analyse. Als een factor van dusdanig belang is dat het een randvoorwaarde is voor de inzet van de golfsimulatoren krijgt de factor een +. Als een factor een redelijk grote invloed heeft op de inzet van de golfsimulatoren, maar geen randvoorwaarden is, krijgt het een +/- . Als een factor niet van grote invloed is op het al dan niet doorgaan van het project krijgt het een -.

De weging per factor zal bepaald worden op basis van informatie die professoren Van der Meer (zie bijlage 1) en Schultz (zie bijlage 2) geven in de interviews en daarnaast op basis van de reeds gelezen rapporten uit deelvraag één. Professor Schultz is hoogleraar bij Unesco-IHE en heeft meer dan 35 jaar ervaring op het gebied van waterveiligheid, irrigatie, milieuontwikkeling en overstromingsmanagement over de hele wereld. Hij is tot 2009 topadviseur geweest bij Rijkswaterstaat en was verantwoordelijk voor diverse impact studies op hydraulische werken. Hij heeft meegewerkt aan de publicatie van meer dan 280 papers op het gebied van landaanwinning, drainage,

irrigatie en overstromingsbeheer. Professor Schultz weet veel over partijen die de waterkeringen beheren in het buitenland en de bestuurlijke hiërarchie. Hij heeft weinig ervaring met de golfsimulatoren, maar kan nuttige informatie geven over belangrijke factoren en stappen die gezet moeten worden voor de inzet van de golfsimulatoren (deelvraag vier).

De gekozen weging van de verschillende factoren zal ter controle worden voorgelegd aan, en besproken worden met een expert van Infram voordat deze worden gebruikt als toetsingscriterium bij het selecteren van kansrijke landen in deelvraag drie. De expert van Infram met wie de factoren besproken worden is de heer Steendam. De heer Steendam is betrokken bij het onderzoek naar de ontwikkeling en verbetering van de golfsimulatoren en heeft meegewerkt aan de papers die gebruikt zijn voor het opstellen van het theoretisch kader.

Omdat het onderzoek niet helemaal objectief uitgevoerd kan worden (er is immers weinig informatie over bekend buiten Infram), is gekozen voor deze semi kwantitatieve analyse. Op deze manier moet schijnnaauwkeurigheid voorkomen worden.

3.3. METHODE DEELVRAAG 3: KANSRIJKE LANDEN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

Om deelvraag drie te beantwoorden zal gebruik worden gemaakt van interviews met professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2). Uit deze interviews moet duidelijk worden welke waterveiligheidsproblemen er spelen in het buitenland en aan welke landen gedacht kan worden voor de inzet van de golfsimulatoren.

Voor het beantwoorden van deelvraag drie moeten de factoren die van grote invloed (+ bij deelvraag twee) zijn op de inzet van de golfsimulatoren worden vergeleken met de verschillende waterveiligheidsproblemen in het buitenland en de aankomende projecten. Uit de vergelijking moet duidelijk worden welke landen het meest kansrijk zijn voor de inzet van de golfsimulatoren. Aan de hand van de opgestelde factoren zal een multicriteria analyse opgesteld worden aan de hand waarvan de verschillende waterveiligheidsproblemen met elkaar vergeleken worden. Uit de multicriteria analyse zal duidelijk worden welke landen het meest geschikt zijn om de golfsimulatoren voor in te zetten. Bij het uitvoeren van de multicriteria analyse zal per belangrijke factor beschreven worden in hoeverre een land hieraan voldoet. Aan de hand van deze beschrijving zal vervolgens een waarde worden gegeven aan deze factor voor het betreffende land. Er is gekozen om alle belangrijke factoren (+ bij deelvraag twee) even zwaar mee te laten tellen om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen. Als meerdere landen op deze manier geanalyseerd zijn kan door het optellen van de totale waardering eenvoudig worden gekeken in hoeverre een land kansrijk is voor de inzet van de golfsimulatoren. Het analyseren van de landen met de multicriteria analyse zal gebeuren voor de landen die als meest kansrijk worden gezien door professor Van der Meer en professor Schultz. Er is gekozen voor het gebruik van een multicriteria analyse omdat door middel van een multicriteria analyse er op basis van meerdere factoren een rationele keuze kan worden gemaakt tussen de verschillende landen. De factoren die meegenomen worden en de weging van deze factoren zal gebeuren aan de hand van de uitkomsten van deelvraag twee.

3.4. METHODE DEELVRAAG 4: TE DOORLOPEN STAPPEN

In deelvraag vier zal naar voren komen welke stappen gezet kunnen worden om de kans op succesvolle inzet van de golfsimulatoren in het buitenland te vergoten. Voor het beantwoorden van deelvraag vier zullen in de interviews vragen gesteld worden over de uitvoering van projecten in het buitenland en wat er nodig is om een rol te kunnen spelen bij de uitvoering van deze projecten. Hierbij gaat het om vragen die inzicht bieden in de opdrachtgevers van projecten en de kosten die daarbij komen kijken. Op basis van de resultaten van deelvraag drie zal een advies gegeven worden over aan welke factoren nog gewerkt kan worden en hoe dit gedaan zou kunnen worden.

4. RESULTATEN

In dit hoofdstuk zullen de resultaten van het onderzoek gepresenteerd worden. De resultaten zijn deels gebaseerd op de interviews die gehouden zijn met professoren Van der Meer en Schultz die te vinden zijn in bijlage 1 (Interview met professor Van der Meer) en bijlage 2 (interview met professor Schultz). Als eerste zal bij het beantwoorden van deelvraag één worden ingegaan op de vraag welke doeleinden bereikt kunnen worden met het inzetten van de golfsimulatoren. Vervolgens zal bij het beantwoorden van deelvraag twee de factoren besproken worden die van invloed zijn op de inzet van de golfsimulatoren. Bij het beantwoorden van deelvraag drie wordt ingegaan op welke landen het meest geschikt zijn om de golfsimulator voor in te zetten. Als laatste wordt bij het beantwoorden van deelvraag vier een aantal stappen genoemd die gezet kunnen worden om de kans op de inzet van de golfsimulatoren in het buitenland vergroten.

4.1. DEELVRAAG 1: DOELEINDEN INZET GOLFSIMULATOREN

De doeleinden die bereikt kunnen worden met het inzetten van de golfsimulatoren worden gevonden in de rapporten die geschreven zijn over uitgevoerde proeven. De doeleinden van uitgevoerde proeven worden uitgewerkt in paragraaf 4.1.1., in paragraaf 4.1.2. wordt vervolgens per golfsimulator ingegaan op de doeleinden die bereikt kunnen worden met de inzet van de desbetreffende golfsimulator. Dit wordt gedaan door de opgedane kennis uit paragraaf 4.1.1. te combineren met informatie die professor Van der Meer heeft gegeven in het interview (zie bijlage 1).

4.1.1. DOELEINDEN UITGEVOERDE PROEVEN

Golfoverslagproeven

Voor het bepalen van de doelen van de golfoverslagsimulatoren is gebruik gemaakt van de rapporten die geschreven zijn over meerdere overslagproeven.

- ❖ Het rapport van Infram over de overslagproeven op de Vechtdijk (Infram, 2010) (zie figuur 2) kent de volgende doeleinden:
 - Het bezwijkmechanisme in kaart brengen;
 - Opdoen van kennis voor het afleiden van praktische toets- en ontwerpregels;
 - Het onderzoeken van het effect van een zeer hoog zandgehalte op de erosiebestendigheid van de grasmat bij golfoverslag;
 - Het onderzoeken van het effect van niet-waterkerende objecten op erosie bij golfoverslag.

De proeven hebben laten zien dat de beproefde grasmat veel weerstand biedt tegen erosie. De meeste grote erosieplekken zijn begonnen op plekken die door graafactiviteiten van mollen waren verstoord. Aan het eind van de proeven was een significant deel van de grasbekleding verdwenen. De aanwezigheid van bestrating zorgde voor een aanmerkelijke verzwakking van de erosiebestendigheid van de dijk (Infram, 2010).

- ❖ Het rapport van Infram over de overslagproeven bij Tholen (Infram, 2011) (zie figuur 2) kent de volgende doeleinden:
 - De op het dijklichaam aanwezige grasbekleding beproeven;
 - De invloed van een trap op de erosiebestendigheid van het binnentalud beproeven;
 - De gerepareerde 'inkassing' op het buitentalud bij verschillende belastingen beproeven;

- De sterkte van de kruin en het binnentalud beoordelen.

Het uitvoeren van de overslagproeven in Tholen is succesvol geweest en heeft geleid tot veel nieuwe en soms onverwachte informatie en inzichten. De belangrijkste conclusie is dat een redelijk goede grasbekleding aanwezig moet zijn om goede weerstand te bieden tegen golfoverslag (Infram, 2011). Daarnaast heeft deze proef geleid tot een nieuwe toetsregel in het toekomstige VTV (Voorschrift Toetsen op Veiligheid), die met name gericht is op het wel of niet aanwezig zijn van een op het oog goede en gesloten grasmat.

- ❖ Het rapport van Infram over de overslagproeven op de Afsluitdijk (Infram, 2009) (zie figuur 2) kent de volgende doeleinden:
 - Het testen van de erosiebestendigheid van de grasbekleding en de onderliggende kleilaag op het binnentalud;
 - Het testen van de bekleding op de weerstand tegen afschuiven als gevolg van infiltratie van overslaand water;
 - Het onderzoeken van de invloed van een in het talud opgenomen trap en de achter het talud liggende bestrating en hekwerk.

Het uitvoeren op de Afsluitdijk heeft aangetoond dat de beproefde grasbekleding veel weerstand biedt tegen erosie. Bij grote overslaande golven kon de grasmat aan de benedenstroomse kant van de erosieplekken losscheuren en naar beneden toe uitbreiden. Er was na het verdwijnen van de grasmat geen sprake van doorgaande erosie in de diepte. De overgangen zorgden voor een aanmerkelijke verzwakking van de waterkering.

Golfploopproeven Noord Beverland

Voor het bepalen van de doelen van de golfploopsimulator is gebruik gemaakt van het rapport dat geschreven is over de in 2014 uitgevoerde proeven in Noord Beverland. Met de oploopproeven op de waterkering van Noord-Beveland zijn de volgende doelen nagestreefd (Infram, 2014):

- ❖ Validatie van het erosiemodel voor golfploop;
- ❖ Het vaststellen van de erosiebestendigheid van de aanwezige grasbekleding bij golfploop;
- ❖ Het vaststellen van de invloed van aanwezige overgangen op de genoemde erosiebestendigheid;
- ❖ Het vaststellen van de reststerkte na initiële schade;
- ❖ Het vaststellen van de invloed van niet-waterkerende objecten bij golfploop;
- ❖ Het meten van de (front-)snelheid en de 'dikte' van het oplopende water.

Voor het bereiken van bovenstaande doelen werden meerdere teststroken ingericht zodat de invloed van verschillende overgangen en niet waterkerende elementen gemeten kon worden. Ondanks dat de metingen waren verricht bij het op het oog minst goede gras bleek de kwaliteit van het gras goed te zijn.

Golfklapproeven Sedyk Oosterbierum

Voor het bepalen van de doelen van de golfklapsimulator is gebruik gemaakt van het rapport dat geschreven is over de in 2012 uitgevoerde proeven in op de Sedyk bij Oosterbierum. Het doel van de test was om de reactie van de dijk te onderzoeken als gevolg van de impact van de golfklapsimulator. De condities die getest werden zijn (Infram, 2012):

- ❖ De grasbekleding van de dijk met ronde initiële schade met een diameter van 0,15 meter en een diepte van 0,20 meter;
- ❖ De grasbekleding van de dijk met ronde initiële schade met een diameter van 0,30 meter en een diepte van 0,20 meter;

- ❖ De kleilaag van de dijk (blootgelegd door het verwijderen van de bovenste 0,20 meter;
- ❖ Een trap op de dijk met daarnaast initiële schade van 0,30 meter breed en 0,20 meter diep;
- ❖ Een trap zonder initiële schade

Uit de test kwam duidelijk naar voren dat de schadeontwikkeling bij de trap sneller ging dan de schadeontwikkeling in de referentiestrook zonder overgang. Dit is het gevolg van het feit dat de trap op zand is geplaatst wat sneller erodeert dan de kleilaag. Ook de erosie onder de betonblokken ging sneller dan de erosie in de referentiestrook. Naast het uitvoeren van proeven bij Oosterbierum is de golfklapsimulator voor vrijwel dezelfde doeleinden ook gebruikt voor proeven in Harculo, Olst en Berkum (van Steeg, Labrujere, & Mom, 2015).

4.1.2. DOELEINDEN GOLFSIMULATOREN

De gevonden doeleinden zijn voorgelegd aan professor Van der Meer (zie bijlage 1). Zijn opmerkingen over de opgestelde doelen waren:

- ❖ Bij golfklap gaat het wel echt om grasbekleding.
- ❖ Het vaststellen van reststerkte kan tot aan bresgroei. De reststerkte is de erosiebestendigheid van de dijk nadat er schade is ontstaan.
- ❖ Het testen van afschuiven en ontstaan van overdrukken gebeurt met een geperforeerde buis van 30 meter lang.
- ❖ Ook krachten op verticale constructies kunnen gemeten worden waarbij het gaat om een lopende golftong. Het breken van golven kan niet gesimuleerd worden.

Golfoverslagsimulator

Uit de in de literatuur gevonden doelen, aangevuld met de opmerkingen van professor Van der Meer (zie bijlage 1) zijn de volgende doeleinden gekomen voor de inzet van de golfsimulatoren:

- ❖ Vaststellen van de erosiebestendigheid van de dijkbekleding van het binnentalud en de kruin bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van de erosiebestendigheid van de onderliggende laag als de dijkbekleding is weggeslagen bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van de effecten van de dijsamenstelling op de erosiebestendigheid van de grasmat bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van het effect van niet waterkerende objecten op de erosiebestendigheid bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van de invloed van aanwezige overgangen op de erosiebestendigheid bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van het effect van initiële schade op de erosie bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van de reststerkte na initiële schade tot aan bresgroei bij golfoverslag;
- ❖ Vaststellen van hydraulische gegevens van de overslaande golven;
- ❖ Vaststellen van de bestendigheid van verticale constructies tegen een golfoverslag tong.

Concluderend kan gesteld worden dat de golfoverslagsimulator geschikt is voor het testen van de erosiebestendigheid van dijkbekledingen op het binnentalud van zowel zee- als rivierdijken.

Golfoploopsimulator

Uit de in de literatuur gevonden doelen, aangevuld met de opmerkingen van professor Van der Meer zijn de volgende doeleinden gekomen voor de inzet van de golfsimulatoren:

- ❖ Vaststellen van de erosiebestendigheid van de dijkbekleding van het buitentalud bij golfoploop;

- ❖ Vaststellen van erosiebestendigheid van de onderliggende laag als de dijkbekleding is weggeslagen bij golfoploop;
- ❖ Vaststellen van het effect van niet-waterkerende objecten op de erosiebestendigheid bij golfoploop;
- ❖ Vaststellen van de invloed van aanwezige overgangen op de erosiebestendigheid bij golfoploop;
- ❖ Vaststellen van het effect van initiële schade op de erosie bij golfoploop;
- ❖ Vaststellen van de reststerkte na initiële schade tot aan bresgroei bij golfoploop;
- ❖ Vaststellen van hydraulische gegevens van het oplopende water;
- ❖ Vaststellen van de bestendigheid van verticale constructies tegen een golfoplooptong.

Concluderend kan gesteld worden dat de golfoploopsimulator geschikt is voor het testen van de erosiebestendigheid van dijkbekledingen op het buitentalud van zowel zee- als rivierdijken.

Golfklapsimulator

Uit de in de literatuur gevonden doelen, aangevuld met de opmerkingen van professor Van der Meer zijn de volgende doeleinden gekomen voor de inzet van de golfsimulatoren:

- ❖ Vaststellen van de erosiebestendigheid van grasbekleding bij golfklap;
- ❖ Vaststellen van de invloed van initiële schade op de erosiebestendigheid van de grasbekleding bij golfklap;
- ❖ Vaststellen van de erosiebestendigheid van een onderliggende laag als de grasbekleding is weggeslagen bij golfklap;
- ❖ Vaststellen van het effect van niet-waterkerende objecten op de erosiebestendigheid van grasbekleding bij golfklap;
- ❖ Vaststellen van de invloed van aanwezige overgangen op de erosiebestendigheid van grasbekleding bij golfklap;
- ❖ Vaststellen van de reststerkte na initiële schade bij grasbekleding tot aan bresgroei bij golfklap.

Concluderend kan gesteld worden dat de golfklapsimulator geschikt is voor het testen van de erosiebestendigheid van grasbekledingen op het binnentalud van zowel zee- als rivierdijken.

Uit de bovenstaande doeleinden blijkt dat de golfklapsimulator alleen toegepast kan worden als het gaat om grasbekleding. De golfoverslag- en de golfoploopsimulator kunnen ook toegepast worden bij andere type dijkbekledingen. Alle golfsimulatoren kunnen ingezet worden voor het testen van de invloed van initiële schade, de invloed van niet-waterkerende objecten en de invloed van aanwezige overgangen op de erosiebestendigheid van de grasbekleding van zee- en rivierdijken. Een overzicht van de doeleinden waarvoor de golfsimulatoren ingezet kunnen worden is weergegeven in tabel 1.

TABEL 1: OVERZICHT DOELEINDEN

	Erosiebestendigheid binnentalud	Erosiebestendigheid buitentalud	Erosiebestendigheid grasbekleding	Erosiebestendigheid andere bekledingen
Golfoploop- simulator		x	x	x
Golfoverslag- simulator	x	x	x	x
Golfklap- simulator		x	x	

4.2. DEELVRAAG 2: FACTOREN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

In deze paragraaf zullen verschillende factoren die van invloed zijn op de inzet van golfsimulatoren geanalyseerd worden. De factoren waar een weging aan gehangen wordt zijn gekozen aan de hand van de gelezen literatuur en antwoorden uit de interviews. De weging is bepaald in overleg met een expert van Infram. De factoren en de weging zullen gebruikt worden voor het vergelijken van landen in paragraaf 4.3. Als een factor van dusdanig belang is dat het een randvoorwaarde is voor de inzet van de golfsimulatoren krijgt de factor een +. Als een factor een redelijk grote invloed heeft op de inzet van de golfsimulatoren, maar geen randvoorwaarden is krijg het een +/- . Als een factor niet van grote invloed is op het al dan niet doorgaan van het project krijgt het een -. De factoren zijn op te splitsen in de drie deelgebieden 'technisch', 'financieel' en 'overig'.

Als uitgangspunt voor de analyse van de factoren wordt genomen dat een land dijken heeft die sterk genoeg zijn om te testen.

4.2.1. ANALYSE FACTOREN

Technisch

Technisch	Factor	Belang	Beschrijving
	T1 Type dijkbekleding	+	Elk type dijkbekleding kan getest worden, zowel natuurlijke als kunstmatige bekledingen. Dijkbekledingen van asfalt of Elastocoast zullen echter niet snel eroderen waardoor het testen met de golfsimulatoren niet veel effect heeft. Het is daarom belangrijk dat de dijk een grasbekleding heeft. Het type dijkbekleding zal dan ook een grote invloed hebben op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	T2 Afmetingen van de dijk	-	De dijk moet groot genoeg zijn om de golfsimulator op te kunnen plaatsen. In de praktijk zal dit echter geen beperkingen opleveren voor de inzet van de golfsimulatoren.
	T3 Helling van de dijk	-	De golfsimulatoren kunnen op alle dijkhellingen ingezet worden. De helling van de dijk zal dan ook geen grote invloed hebben op de inzet van de golfsimulatoren.
	T4 Kennis over de werking van de golfsimulatoren	+/-	Er is kennis vereist over de werking van de golfsimulatoren om deze op een goede manier te bedienen. Deze kennis kan eventueel overgedragen worden maar de eerste tests kunnen het beste onder leiding van Infram uitgevoerd worden. De aanwezigheid van kennis van de golfsimulatoren heeft dan ook een redelijk grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	T5 Kennis over de werking van golfprocessen	+/-	Er is kennis vereist over golfprocessen om de golfsimulatoren in te stellen. Deze kennis kan eventueel overgedragen worden maar de eerste tests kunnen het beste onder leiding van Jentsje van der Meer of Infram uitgevoerd worden. De aanwezigheid van kennis van de golfprocessen heeft dan ook een redelijk grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	T6 Bereikbaarheid van de dijk	+/-	De dijk moet bereikbaar zijn voor al het materieel dat vereist is. In de praktijk zal dit volgens professor Van der Meer niet tot hele grote problemen leiden omdat er

			altijd nog over de kruin van de dijk gereden kan worden (zie bijlage 1)). Het is echter wel gecompliceerd als er geen telekraan bij de dijk kan komen. Een machinist van een telekraan is niet snel geneigd om over een onverharde kruin te rijden. Dan moet de simulator dus overgeladen worden van de dieplader naar een platte wagen achter een tractor of oplegger en vervolgens moet een voldoende grote mobiele kraan de delen op elkaar zetten, dit leidt tevens tot een toename van de kosten van het project. De bereikbaarheid van de dijk heeft een redelijk grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	T7 Staat van de infrastructuur	-	Voor het uitvoeren van het onderzoek is het nodig dat zwaar materieel op de testlocatie kan komen. De staat van de infrastructuur in het buitenland is lang niet altijd even goed als in Nederland, maar het is volgens professor Van der Meer altijd wel mogelijk om een testlocatie te vinden die niet al te ver van een weg afligt (zie bijlage 1). De staat van de infrastructuur heeft dan ook geen grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	T8 Beschikbaarheid water	+/-	Indien er geen water aanwezig is wordt het uitvoeren van simulaties een complexere opgave. Professor Van der Meer heeft echter aangegeven dat er met de huidige technologieën altijd wel mogelijkheden zijn om dit probleem te omzeilen (bijlage 1). Een mogelijkheid om het gebrek aan water te omzeilen is het volstorten van een geul door tankauto's. Indien er geen water is zal het onderzoek echter wel meer kosten en meer tijd en moeite vergen. De aanwezigheid van water heeft dan ook een redelijk grote invloed op de inzet van golfsimulatoren.
	T9 Beschikbaarheid benodigde onderdelen (zoals een trekker en opname apparatuur)	+/-	Voor het uitvoeren van de golfsimulaties zijn er verschillende onderdelen en materialen nodig (Zie Theoretisch Kader, blz. 10). Deze onderdelen en materialen zullen voor een groot gedeelte vanuit Nederland meegenomen moeten worden. Het regelen van een trekker en een graafmachine zal in het buitenland moeten gebeuren. Als men erg afgelegen zit zou dit nog wel eens een probleem kunnen worden. De beschikbaarheid van benodigde onderdelen heeft dan ook een redelijk grote invloed op de inzet van de golfsimulatoren.

Uit de analyse van de factoren blijkt dat de aanwezigheid van een grasbekleding een randvoorwaarde is voor het inzetten van de golfsimulatoren. Als de dijkbekleding bestaat uit Elastocoast of andere materialen zal het inzetten van de golfsimulatoren voor een onderzoek naar de erosiebestendigheid geen zin hebben. De aanwezigheid van specialistische kennis, de bereikbaarheid van de dijk, beschikbaarheid van water en de beschikbaarheid van benodigde materialen zijn redelijk belangrijke factoren voor de inzet van de golfsimulatoren.

Financieel

Financieel	Factor	Belang	Beschrijving
	F1 Budget overheid	+	De financiële situatie van een land zal van invloed zijn op de bereidheid van een land om de dijken te onderzoeken. Rijkere landen hebben grotere onderzoeksbudgetten en zullen eerder geschikt zijn om de golfsimulatoren in te zetten.
	F2 Budget onderzoeksinstituten	+/-	Het budget dat onderzoeksinstituten (zoals de Environment Agency (EA)) mogen besteden zal van redelijk grote invloed zijn op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	F3 Bijdrage ontwikkelingsbank(en)	+	Naast de nationale en regionale overheden kunnen ook internationale ontwikkelingsbanken een bijdrage leveren aan de financiering van onderzoeken naar de erosiebestendigheid van dijken. De bijdrage van dergelijke ontwikkelingsbanken is van grote invloed op de mogelijke inzet van golfsimulatoren.
	F4 Overige subsidies	+	Mogelijke subsidies voor onderzoek zullen de kansen voor inzet van de golfsimulatoren sterk vergroten en zijn dus van grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	F5 Kosten transport van en naar de haven	-	Het transport van de opslagplaats naar de haven en van de haven naar de testlocatie zal geld kosten. Deze kostenpost zal de inzet van de golfsimulatoren echter niet sterk beïnvloeden omdat het een beperkt bedrag is ten opzichte van de kosten voor het gehele onderzoek.
	F6 Kosten verscheppen /transport vrachtwagen	+/- Buiten Europa - Binnen Europa	De kosten voor vervoeren naar het buitenland zullen groter zijn dan de kosten voor het vervoeren naar de haven, maar beperkt blijven t.o.v. de totale kosten. De kosten voor het transport per schip (buiten Europa) zullen een redelijke grote invloed hebben op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren. De kosten voor het transport op een vrachtwagen (binnen Europa) zullen ongeveer 2-3% van het totaal zijn en daarmee geen grote invloed hebben op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	F7 Kosten voor de bouw van een nieuwe golfsimulatoren	+/-	De kosten voor het bouwen van een nieuwe golfsimulator in het buitenland leveren een significante bijdrage aan de totale kosten voor het onderzoek. Indien de golfsimulator in het buitenland wordt gebouwd zullen er kosten gemaakt worden tijdens het fabricageproces en de systeemtests. Hierbij kan gedacht worden aan verblijfkosten, uren en de reis. De kosten lopen snel op en zullen daarom een significante bijdrage leveren aan het doorgaan van het project. Deze kosten zullen dan ook een redelijk grote invloed hebben op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren in het buitenland.
	F8 Huur van Rijkswaterstaat	-	Indien de golfsimulator gehuurd wordt van Rijkswaterstaat zijn hier enkel onderhoudskosten aan verbonden. De kosten voor de het onderhoud zullen echter beperkt zijn t.o.v. de totale kosten en geen grote

			invloed hebben op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	F9 Importkosten	-	Mogelijk moeten er importkosten betaald worden als de golfsimulator wordt ingevoerd. Deze kosten zullen echter niet veel bijdragen aan de totale kosten van het project.
	F10 Waarde van het te beschermen gebied	+	De waarde van het achterliggende gebied dat beschermt dient te worden is van groot belang voor de mogelijke inzet van de golfsimulatoren. De waarde van het te beschermen gebied bestaat onder andere uit het aantal inwoners, de industrie in het gebied en de aanwezig vastgoed. Indien een dijk(ring) slechts enkele boerderijen beschermt tegen overstromingen, wegen de kosten van het onderzoek niet op tegen de voordelen van het onderzoek. De waarde van het te beschermen gebied heeft een grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.

Uit de analyse van de financiële factoren blijkt dat het budget van de overheid, de bijdrage van de ontwikkelingsbanken en overige subsidies belangrijke factoren zijn voor de inzet van de golfsimulatoren. Deze drie factoren moeten samen het financiële draagvlak voor het onderzoek creëren. Een andere belangrijke factor voor de inzet is de waarde van het te beschermen gebied. De factoren die van redelijk groot belang blijken te zijn voor de inzet van de golfsimulatoren zijn: het budget van onderzoeksinstituten, de kosten voor het transport en de kosten voor de bouw van een nieuwe golfsimulator.

Overig

	Functie	Belang	
Overig	O1 Nevenfuncties van de dijk	+/-	Het is goed mogelijk dat de dijk allerlei nevenfuncties heeft zoals een ruimte om te grazen, parkeerplaatsen of een fietspad. Deze nevenfuncties zijn meestal geen beperking voor het uitvoeren van onderzoek met de golfsimulatoren omdat de golfsimulatoren elke situatie kan testen. Wel is het zo dat het testen van een dijk waar een weg overheen loopt niet zomaar mogelijk is. Het testen van een dijk waar een weg overheen loopt kan alleen getest worden als de weg afgesloten wordt, maar dat kan lang niet altijd. De nevenfuncties hebben dan ook een redelijke grote invloed op de inzet van de golfsimulatoren.
	O2 Milieukwesties	+/-	Milieuorganisaties hebben mogelijk problemen met het onderzoek naar de erosiebestendigheid van een dijk. Indien dit tot problemen leidt kan eventueel voor een ander dijkvak gekozen worden. Gebruikt zeewater dat verpompt wordt naar de simulator en over de dijk naar de zee stroomt kan een (milieutechnisch vergunning)probleem zijn. Dit is dan ook een redelijk belangrijke factor voor de inzet van de golfsimulatoren
	O3 Tijdsduur van het onderzoek	+/-	De tijdsduur van het onderzoek (inclusief de tijdsduur van het transport) is van invloed op de totale kosten en de tijd dat Rijkswaterstaat haar golfsimulator(en) kwijt is

			(bij transport van de huidige simulatoren). Des te langer het onderzoek duurt, des te complexer het plannen van het onderzoek wordt. De tijdsduur van het onderzoek is daarom een redelijk belangrijke factor voor de inzet van de golfsimulatoren.
	O4 Plannen van Rijkswaterstaat met de golfsimulatoren	-	Indien Rijkswaterstaat in een bepaalde periode al plannen heeft met de golfsimulatoren is het niet mogelijk de golfsimulatoren voor andere projecten te gebruiken. Het is natuurlijk wel mogelijk om een nieuwe golfsimulator te bouwen. Ook dient er rekening gehouden te worden met het winterseizoen waarin vaak de grootste kans is op extreme weersomstandigheden en de sterkte van de dijk niet aangetast mag worden. Bij de meeste projecten kan het testen echter ook wel een paar weken wachten zodat een gunstige periode uitgekozen kan worden. De plannen van RWS met de golfsimulatoren hebben dan ook weinig invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	O5 Relevantie van het probleem t.o.v. andere problemen in het buitenland	+	Als een land te maken heeft met grote problemen zal de behoefte om een onderzoek te doen naar de erosie van dijken niet heel groot zijn. Ten tijde van een crisissituatie zoals een oorlog zal de focus (meestal) niet liggen op het verbeteren van dijken. Daarnaast is het de vraag of het verstandig is om mensen en simulatoren naar onveilige gebieden te sturen. De relevantie van het probleem t.o.v. andere problemen in het land vormt dan ook een belangrijke factor voor de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	O6 Bewustzijn bij beleidsbepalers over de gevolgen van erosie van dijkbekleding	+	Indien beleidsbepalers zich bewust zijn van de gevaren van de erosie van dijkbekleding, zullen zij eerder bereid zijn hier iets aan te (laten) doen. Het bewustzijn heeft dan ook grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	O7 Behoefte om het probleem te willen aanpakken	+	Als het bewustzijn over de gevolgen van dijkerosie aanwezig is, is het belangrijk dat de beleidsbepalers het ook willen aanpakken. De behoefte om de problemen ook daadwerkelijk aan te pakken is van grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.
	O8 Aanwezige connecties en lokale partners	+	Als Nederlands bedrijf is het erg lastig om in het buitenland ergens binnen te komen. Aanwezige connecties met lokale bedrijven en politici kunnen hierin een cruciale rol spelen.
	O9 Bekendheid golfsimulator	+	Voordat de golfsimulatoren ingezet kan worden in het buitenland moet het bekend zijn dat de golfsimulatoren bestaan en welke doelen er mee bereikt kunnen worden. De bekendheid van de golfsimulatoren is dan ook van grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.

Uit de analyse van de overige factoren blijkt dat de relevantie van het probleem, het bewustzijn over de gevolgen van erosie van dijkbekleding en de behoefte om het probleem aan te pakken belangrijke

factoren zijn voor de inzet van de golfsimulatoren. Ook de bekendheid van de golfsimulatoren en de aanwezigheid van connecties zijn belangrijke factoren voor de inzet van de golfsimulatoren. De tijdsduur, milieukwesties en de nevenfuncties van de dijk blijken redelijk belangrijke factoren te zijn voor de inzet van de golfsimulatoren.

4.2.2. RANDVOORWAARDEN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

In deze paragraaf zullen de belangrijkste factoren voor de inzet van de golfsimulatoren uitgebreider beschreven worden om zo een goed beeld te schetsen van de randvoorwaarden die er zijn voor de inzet van de golfsimulatoren.

Technische randvoorwaarden

T1 Type dijkbekleding

Het type dijkbekleding dat op de dijk ligt is van groot belang voor de mogelijke inzet van de golfsimulatoren. Omdat dijkbekledingen van Elastocoast of asfalt amper eroderen heeft het geen zin om deze bekledingen te onderzoeken (zie bijlage 1). Voor het inzetten van de golfsimulatoren in het buitenland zal dan ook gezocht moeten worden naar dijken met een grasbekleding.

Financiële randvoorwaarden

Het project met financieel haalbaar zijn voordat het uitgevoerd kan worden. De financiële factoren die in paragraaf 4.2.1. aangemerkt zijn als belangrijke factoren leiden samen tot financiële haalbaarheid. Als één of meerdere van deze belangrijke factoren niet aanwezig is in een project, moet dit gecompenseerd worden door andere belangrijke factoren die een bijdrage leveren aan de financiële draagkracht. De belangrijke factoren die gezamenlijk moeten zorgen voor financiële draagkracht zijn:

F1 Budget overheid

Als zowel de nationale als de regionale overheid het nut van een onderzoek naar de erosiebestendigheid van dijken óf de krachten op verticale constructies inzielt, zullen zij eerder bereid zijn tot het financieel bijdragen aan het onderzoek. Als onderzoekstellingen zoals Deltares of de Environmental Agency en universiteiten het onderzoek naar de erosiebestendigheid van dijken of de krachten op verticale constructies steunen, zullen er eerder onderzoeksbudgetten vrijkomen die de financiële haalbaarheid verhogen.

F3 Bijdrage ontwikkelingsbanken

Internationale ontwikkelingsbanken kunnen een bijdrage leveren aan de financiële haalbaarheid van een project.

F2 Overige subsidies

Als er vanuit ontwikkelingsprogramma's subsidies mogelijk zijn voor het uitvoeren van onderzoek met de golfsimulatoren, vergroot dit de financiële haalbaarheid van een project aanzienlijk. Eén van de mogelijkheden tot het verkrijgen van subsidies zijn subsidieprojecten van de Europese Unie. Binnen het Horizon 2020 project is er tot 2020 ruim drie miljard euro beschikbaar voor onderzoek en innovatie op het gebied van klimaatverandering. Een andere mogelijke subsidie van de EU is het 'Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie (EUCP)'.

Naast de draagkracht voor de financiering van het gebied is er nog een belangrijke financiële randvoorwaarde voor het inzetten van de golfsimulatoren in het buitenland. Dit is:

F11 Waarde van het te beschermen gebied

Een ander onderdeel van de relevantie van het onderzoek is de waarde van het te beschermen gebied. Als de dijk doorbreekt moeten de gevolgen groot zijn, anders wegen de kosten van het onderzoek niet

op tegen de winst die het kan bieden. Een dijkkring die bijvoorbeeld slechts twee boerderijen beschermt is niet relevant genoeg om te onderzoeken met de golfsimulatoren.

Overige randvoorwaarden

O5 Relevantie van het probleem t.o.v. andere problemen in het buitenland

De belangrijkste factor voor het inzetten van de golfsimulatoren in het buitenland is de relevantie van het probleem. Een hooggelegen land dat niet aan zee ligt en niet te maken heeft met hoge golven op rivieren, zal geen belang hebben bij de inzet van de golfsimulatoren. De golfsimulatoren zijn in te zetten in situaties waar een waterveiligheidsprobleem te maken heeft met golfwerking op een zee-, rivier- of meerdijk (voor het testen van golfoverslag, golfoploop en golfklap) of met een hoge waterlevel dat overslag veroorzaakt. Voor het testen van verticale constructies moet een gebied te maken hebben met lopende golftongen. Indien een land/gebied niet te maken heeft met golfslag zullen er ook geen lopende golftongen zijn die de constructies belasten.

O6 Bewustzijn bij beleidsbepalers over de gevolgen van erosie van dijkbekleding

Het creëren van bewustzijn bij dijkbeheerders en (technische) overheidsinstanties over gevolgen van dijkerosie is een belangrijke factor die van invloed is op de inzet van de golfsimulatoren. Als zij weten dat de kwaliteit van de dijkbekleding grote invloed heeft op de snelheid waarmee dijken bezwijken, zullen ze eerder het belang van onderzoek met de golfsimulatoren inzien. Als men door het uitvoeren van proeven met de golfsimulatoren kan aantonen dat dijken bezwijken en waaraan ze bezwijken, kweekt men volgens professor Van der Meer begrip voor het beter ontwerpen van dijken (zie bijlage 1). Op die manier wordt de interesse in het uitvoeren van onderzoek naar de staat van de dijken gewekt. Daarnaast moet men zich er bewust van zijn dat de resultaten niet overal gelijk zijn. Door verschillende soorten gras en klei, en daarnaast verschillende manieren van dijkonderhoud, kunnen de resultaten tussen verschillende landen en gebieden sterk fluctueren. Het is daarom vereist dat het onderzoek altijd ter plaatse wordt uitgevoerd. De gevonden resultaten in Nederland geven slechts een ordegrootte, men moet echter ter plaatse de werkelijke eigenschappen onderzoeken.

O7 Behoeft om het probleem te willen aanpakken

Een andere belangrijke factor die van invloed is op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren is de behoefte om te weten wat de erosiebestendigheid van dijken is óf wat de krachten zijn die op een verticale constructie komen te staan bij een lopende golftong. Alle landen met dijken die de kans lopen om te overstroomd zijn geschikt voor de inzet van de golfsimulatoren, maar men moet het probleem zien en het vervolgens ook willen aanpakken (zie bijlage 1). Het gaan dan ook om de prioriteit die gegeven wordt aan het testen van de erosiebestendigheid van dijken. Deze prioritering om de problemen ook daadwerkelijk aan te pakken is van grote invloed op de mogelijke inzet van de golfsimulatoren.

O8 Aanwezige connecties en lokale partners

Uit de interviews met professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2) blijft dat het erg lastig is om als Nederlands bedrijf in het buitenland ergens binnen te komen. Connecties met mensen in de politiek en lokale bedrijven zullen van cruciaal belang zijn om een kans te maken op een succesvolle inzet van de golfsimulatoren.

O9 Bekendheid golfsimulatoren

Het bestaan en de mogelijkheden van de simulatoren zijn in de wetenschappelijke kringen vaak wel bekend. Maar dijkbeheerders en technici in het buitenland weten het volgens professor Van der Meer vaak niet. Voordat de golfsimulatoren ingezet kunnen worden is het echter belangrijk dat de politici en de technici ook van het bestaan en de mogelijkheden van de golfsimulatoren afweten. De politici zijn immers degene die (soms op advies van technici) beslissingen nemen over de doorgang van projecten.

4.3. DEELVRAAG 3: KANSRIJKE LANDEN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

Om de golfsimulator succesvol in te zetten in een bepaald gebied moet minimaal voldaan worden aan de belangrijkste factoren die zijn bepaald in deelvraag drie. Dit betekent dat het een relevant probleem moet zijn in het gebied/project, dat de behoefte en het bewustzijn om de erosiebestendigheid van dijken te testen aanwezig moet zijn en dat het uitvoeren van het onderzoek financieel haalbaar is. Daarnaast moet de waarde van het te beschermen gebied relatief groot zijn en moeten er connecties zijn met mensen, bedrijven of overheidsinstanties die van invloed kunnen zijn. In dit hoofdstuk zal er per gebied dat in de interviews met professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2) als meest kansrijk bestempeld is worden ingegaan op de belangrijkste factoren. Deze factoren maken het inzichtelijk waarom bepaalde landen wel/niet geschikt zijn voor proeven met de golfsimulatoren. De score per factor is gegeven van 1 (laag) tot 5 (hoog).

4.3.1. KANSRIJKE LANDEN

In het interview dat gehouden is met professor Van der Meer (zie bijlage 1) gaf professor Van der Meer aan dat hij de grootste kans voor de inzet van de golfsimulator ziet in Duitsland, Engeland en Singapore. Daarnaast geeft hij aan dat er plannen zijn om binnen het Horizon 2020 project naar Engeland, Italië, Frankrijk en Spanje te gaan om te testen. Als deze projecten voor 2/3 deel gesteund zouden worden vanuit dit project is er een goede kans dat de golfsimulatoren ook in deze landen ingezet kunnen worden. Professor Schultz vult de genoemde landen nog aan met de opkomende economieën in Azië. Landen die professor Schultz (zie bijlage 2) noemde zijn: Thailand, Vietnam, China, Japan, Zuid-Korea en de Filipijnen.

4.3.2. ANALYSE KANSRIJKE LANDEN

In deze paragraaf zal van de meest kansrijke landen een analyse worden gemaakt van de geschiktheid voor de inzet van de golfsimulatoren. Hierbij wordt er van uitgegaan dat er in alle landen grasdijken aanwezig zijn die onderzocht kunnen worden (factor T1).

Duitsland

Factor	Score	Beschrijving
F1-4 Financiële draagkracht	5	Duitsland bezit de op drie na sterkste economie van de wereld en is de financiële crisis van 2009 sneller bovenop gekomen dan veel andere Europese landen. Dit wijst erop dat de Duitse regering meer geld heeft te besteden dan veel andere landen. Het bruto binnenlands product per hoofd van de bevolking voor Duitsland hoort bij de beste 20 landen van de wereld. Daarnaast valt Duitsland binnen de Europese Unie waardoor Europese subsidies mogelijk zijn. Omdat Duitsland een welvarend land is en het daarnaast in aanmerking komt voor Europese subsidies zoals Horizon 2020 of het 'Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie (EUCP)' krijgt de financiële draagkracht een 5.
F10 Waarde gebied	5	Grote steden zoals Hamburg, Bremen en Keulen liggen aan rivieren/delta. De waarde van het beschermde gebied lijkt dan ook hoog genoeg te zijn om het testen relevant te maken en daarom krijgt de waarde van het te beschermen gebied een 5.
O5 Relevantie van het probleem	5	Duitsland heeft regelmatig te maken met extreme hoogwaterstanden op rivieren en de problemen die daar bij komen kijken (Der Spiegel, 2013). Hierin zouden de

		golfoverslagsimulatoren wellicht een rol kunnen spelen. In het noorden van het land grenst Duitsland aan de Noordzee en de Baltische zee, hier zouden de golfklap en de golfoploopsimulator wellicht ook ingezet kunnen worden. Duitsland heeft niet te maken met extreem grote financiële problemen die direct een beperking opleveren voor de inzet van de golfsimulatoren. Doordat Duitsland geen grote beperkingen kent voor de inzet van de golfsimulatoren en wel te maken heeft met waterveiligheidsproblemen krijgt de relevantie van het probleem een 5.
O6 Bewustzijn	4	Het bewustzijn van de gevaren van dijkerosie is wel aanwezig in Duitsland. Mensen zoals Holger Schüttrumpf, hoogleraar aan de universiteit van Aaken, willen het ook wel. In 2014 lagen er plannen voor het testen van stukken langs de Rijn op grastype en klei (zie bijlage 1). Doordat er concrete plannen lagen en er mensen zijn die het ook willen is het bewustzijn aanwezig binnen bepaalde partijen, maar nog niet overal. Het bewustzijn krijgt dan ook een 4.
O7 Behoefte	2	De behoefte om daadwerkelijk de dijken te testen op de werkelijke erosiebestendigheid lijkt niet zo groot te zijn omdat het bestaan van de golfsimulatoren en het nut wel bekend zijn bij sommige partijen, maar er geen actie ondernomen wordt. Zo lagen er in 2014 concrete plannen, maar is daar niets meer van gehoord achteraf. Het gaat volgens professor Van der Meer vooral om het overtuigen van de overheid daar (zie bijlage 1). Omdat het probleem wel relevant is, maar geen actie ondernomen wordt, krijgt de behoefte een 2.
O8 Connecties	4	Professor Van der Meer heeft aangegeven dat er goede connecties met mensen zijn bij de deelstaten in Duitsland en bij universiteiten in Duitsland om de golfsimulatoren succesvol in te zetten. Omdat het met de huidige connecties nog niet gelukt is om over te gaan tot het uitvoeren van proeven is het zaak dat er in Duitsland meer connecties worden gevonden. Omdat het aantal connecties nog uitgebreid dient te worden scoren de connecties een 4.
O9 Bekendheid golfsimulatoren	3	De kennis over het bestaan van de golfsimulator is volgens professor Van der Meer wel aanwezig bij diverse mensen in Duitsland (zie bijlage 1). Dit zijn echter vaak wel wetenschappers en geen technici of politici. Omdat de bekendheid binnen de politiek en dijkbeheerders nog beter kan krijgt de bekendheid van de golfsimulatoren een 3.

Score: 28/35

Op basis van bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat Duitsland geschikt lijkt voor de inzet van de golfsimulatoren. Wel ontbreekt het aan de behoefte in Duitsland om de dijken te onderzoeken op erosiebestendigheid, dit is wellicht mede het gevolg van te weinig connecties. Daarnaast is de bekendheid van de golfsimulatoren nog niet erg groot. Als deze zwakke plekke aangepakt kunnen worden zijn er goede kansen dat de golfsimulator daadwerkelijk ingezet kan worden.

Engeland

Factor	Score	Beschrijving
F1-4 Financiële draagkracht	5	Het bruto binnenlands product per hoofd van de bevolking voor Engeland hoort bij de beste 25 landen van de wereld. De afgelopen tien jaar laat de Engelse economie een gemiddelde groei van 2,7% zien. Daarnaast valt Engeland binnen de Europese Unie waardoor Europese subsidies mogelijk zijn. De financiële draagkracht krijgt van Engeland krijgt dan ook een 5.
F10 Waarde gebied	5	Grote steden zoals Liverpool, Southampton en Blackpool liggen aan de kust en worden beschermd tegen de zee. Dwars door London loopt de rivier de Tames. De waarde van het gebied krijgt dan ook een 5.
O5 Relevantie van het probleem	5	Engeland heeft regelmatig te maken met extreme hoogwaterstanden op rivieren en de problemen die daar bij komen kijken. Afgelopen winter nog had zuidwest Engeland te maken met grote overstromingen. Daarnaast is Engeland een groot eiland dat tussen de Noordzee en de Atlantische Oceaan in ligt, en dus te maken heeft met golfklap en golfploop. Volgens het Engels Parlement loopt één op de zes huishoudens het risico op een overstroming (The Guardian, 2015). De relevantie van het probleem krijgt dan ook een 5.
O6 Bewustzijn	5	In Engeland zijn ze zich erg bewust van de gevaren die het water met zich mee brengt. Overstromingen zoals in de winter van 2015 dragen bij aan dit bewustzijn. Het bewustzijn krijgt dan ook een 5.
O7 Behoefte	2	De behoefte om de dijken te testen op de werkelijke erosiebestendigheid lijkt niet zo groot te zijn omdat het bestaan van de golfsimulatoren en het nut wel bekend zijn bij sommige partijen, maar geen actie ondernomen wordt. Professor Van der Meer zegt hierover: 'De mensen bij Agency Waterfoot, Deltares van Engeland kennen de simulator wel en kennen wij ook goed. Zij houden dit wel in de gaten en willen het ook wel graag. Maar ze zijn er nog niet in geslaagd om dat er door te krijgen' (zie bijlage 1). Omdat het probleem wel relevant is, maar geen actie ondernomen wordt krijgt de behoefte een 2.
O8 Connecties	3	Er zijn goede connecties met mensen bij de Agency Waterfoot, dit is het Engelse Deltares. Bij de Environment Agency is dit wat minder en daarom is het van belang dat het aantal connecties in Engeland uitgebreid wordt. De connecties in Engeland krijgen dan ook een 3.
O9 Bekendheid golfsimulatoren	3	'De mensen bij Agency Waterfoot, Deltares van Engeland kennen de simulator wel en kennen wij ook goed. Maar ze zijn er nog niet in geslaagd om dat er door te krijgen' (zie bijlage 1). De golfsimulatoren zijn bij Agency Waterfoot wel bekend, maar de bekendheid onder politici lijkt nog tegen te vallen. De bekendheid van de golfsimulatoren krijgt dan ook een 3.

Score: 27/35

Op basis van bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat Engeland geschikt lijkt voor de inzet van de golfsimulatoren. Wel ontbreekt het aan de behoefte in Engeland om de dijken te

onderzoeken op erosiebestendigheid. Daarnaast is de bekendheid van de golfsimulatoren nog niet erg groot. Als deze zwakke plekke aangepakt kunnen worden zijn er goede kansen dat de golfsimulator daadwerkelijk ingezet kan worden.

Singapore

Factor	Score	Beschrijving
F1-4 Financiële draagkracht	5	Singapore heeft de meest open economie in de wereld en heeft het derde beste GDP in de wereld. Daarnaast heeft Singapore de afgelopen 40 jaren een ongekennde economische groei doorgemaakt van 6.9% per jaar terwijl de economische groei van Nederland op een keurige 4,7% per jaar ligt (ABN AMRO, 2015). Singapore ligt in Azië waardoor het in aanmerking komt voor subsidies van de Asian Development Bank. De financiële draagkracht krijgt dan ook een 5.
F10 Waarde gebied	5	Singapore is net iets groter dan de Nederlandse Noordoostpolder en heeft ongeveer zes miljoen inwoners. De waarde van stad vol met relatief nieuwe gebouwen is dan ook ontzettend groot en krijgt een 5.
O5 Relevantie van het probleem	5	Singapore is een eiland met daarom heen de oceaan. Het voorkomen van grote overstromingen is dan ook van cruciaal belang voor een land als Singapore. Doordat Singapore geen grote financiële beperkingen door andere problemen kent, en wel te maken heeft met waterveiligheidsproblemen krijgt de relevantie van het probleem een 5.
O6 Bewustzijn	5	Het bewustzijn van de gevaren van waterveiligheidsproblemen is wel aanwezig in Singapore. Overstromingen zoals in 2010 maken Singapore zich ervan bewust dat er actie ondernomen moet worden om nog grotere problemen in de toekomst te voorkomen. Het bewustzijn dat waterveiligheidsmaatregelen nodig zijn om de miljoenenstad te beschermen krijgt dan ook een 5.
O7 Behoefte	4	De behoefte om daadwerkelijk de dijken te testen op de werkelijke erosiebestendigheid lijkt redelijk groot te zijn omdat er veel gebeurd om Singapore veiliger te maken. In Singapore zijn ze ook van plan om een polder aan te leggen waarbij het misschien wel een goed idee is om het ontwerp te testen (zie bijlage 1). De behoefte krijgt dan ook een 4.
O8 Connecties	1	Het hebben van goede connecties met mensen in een ver land als Singapore is lastiger dan bij Europese landen. De laatste jaren zijn Nederlanders echter steeds vaker betrokken in Singapore waardoor gebruik gemaakt kan worden van de connecties van andere bedrijven. Deze connecties liggen er nu echter nog niet waardoor de connecties in Singapore een 1 krijgen.
O9 Bekendheid golfsimulatoren	1	De kennis over het bestaan van de golfsimulator is waarschijnlijk niet aanwezig in Singapore. Dit komt mede doordat er vrijwel niet wordt gedaan aan reclame en promotie van de golfsimulatoren. Omdat de bekendheid niet erg groot is krijgt deze een 1.

Score: 26/35

Op basis van bovenstaande analyse kan geconcludeerd worden dat Singapore geschikt lijkt voor de inzet van de golfsimulatoren. Wel ontbreekt het aan de connecties die nodig zijn om de inzet van de golfsimulatoren van de grond te krijgen. Een ander punt dat de inzet in de weg staat is de onbekendheid. Als het netwerk uitgebreid kan worden en er tevens meer bekendheid gecreëerd kan worden, zijn er goede kansen voor de inzet van de golfsimulatoren in het buitenland.

Overige landen

Ook in andere Europese landen zoals België, Frankrijk, Spanje en Italië zouden de golfsimulatoren succesvol ingezet kunnen worden. Binnen het Horizon 2020 project of het 'Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie (EUCP)' is het wellicht mogelijk om subsidies te krijgen voor het uitvoeren van testen in deze landen. Als dat tweederde van de kosten dekt en je krijgt daar de overheid en een onderzoeksinstelling mee kunnen de proeven volgens professor Van der Meer al uitgevoerd worden (zie bijlage 1). Qua financiële draagkracht lijken deze landen dus goed te scoren. Ook de waarde van het te beschermen gebied is in deze landen voor bepaalde gebieden erg hoog. In deze landen liggen echter nog minder connecties dan in Engeland of Duitsland. Het hebben van deze connecties is iets wat volgens professor Schultz (zie bijlage 2) van onmisbare waarde is. Zonder gebruik te maken van de lokale partijen is het volgens professoren Van der Meer en Schultz lastig om binnen te komen.

Professor Schultz (zie bijlage 2) ziet ook veel kansen in opkomende economieën in Azië en de mogelijke samenwerking met lokale partijen en de Asian Development Bank. De reden die hij daarvoor aandraagt is het feit dat Aziatische landen veel dichter bevolkt zijn dan Europese landen en dat zij te maken hebben met grotere waterveiligheidsproblemen. Landen waar volgens professor Schultz aan gedacht moet worden zijn de opkomende economieën zoals Thailand, Vietnam, China, Zuid-Korea en de Filipijnen. Vaak hebben deze landen goede overheidsinstanties die waterveiligheidsproblemen herkennen en willen aanpakken. Deze partijen zouden overtuigd moeten kunnen worden van het belang van het testen van de erosiebestendigheid en dat het testen het geld waard is. De tijdsduur waarin het onderzoek uitgevoerd moest worden stond een goede analyse van deze landen echter in de weg.

4.4. DEELVRAAG 4: TE DOORLOPEN STAPPEN

In dit hoofdstuk zullen verschillende stappen en aandachtspunten besproken worden die van belang zijn om de kans op inzet van de golfsimulatoren in het buitenland te vergroten. Als eerste wordt het belang van connecties en bekendheid besproken en vervolgens de financiële draagkracht. Ook wordt besproken welk pakket aan activiteiten het beste aangeboden kan worden en er wordt kort ingegaan op de balans tussen het transporten van de bestaande golfsimulatoren en het laten bouwen van een nieuwe golfsimulator. Er is gekozen om de te doorlopen stappen niet op te splitsen naar verschillende landen. Dit is gedaan omdat bijna alle stappen die in deze paragraaf besproken worden van toepassing zijn op alle landen.

BEKENDHEID EN BEHOEFTE CREËREN

Het is volgens professoren Van der Meer en Schultz (zie bijlage 1&2) erg moeilijk om zelf in het buitenland ergens binnen te komen. De eerste stap die gezet moet worden om de golfsimulator in het buitenland in te zetten is dan ook het zoeken van connecties die het bewustzijn en de behoefte om proeven uit te voeren binnen de politiek en onderzoeksinstituten kunnen kweken. Het is daarom van groot belang dat er connecties zijn met de nationale en lokale politiek in de betreffende landen. Connecties die er zijn met mensen als Holger Schüttrumpf (hoogleraar aan de universiteit van Aaken) en buitenlandse instanties zoals de 'Agency Waterfoot' en onderzoeksinstituten moeten onderhouden worden. Het is kansloos om zelf te gaan lobbyen in de buitenlandse politiek, maar via deze mensen en hun contacten zijn er mogelijkheden voor de inzet van de golfsimulatoren. Ook het IHE heeft contacten met allerlei afgestudeerden die werken bij overheidsdiensten in ontwikkelingslanden.

Naast het onderhouden van de bestaande connecties moeten nieuwe connecties met mensen uit de politiek of onderzoeksinstituten worden opgebouwd. Een ideale kans hiervoor is het actief worden in een internationale waterorganisatie zoals de 'International Association for Hydro-Environment Engineering and Research' en het bijwonen van congressen en de werkgroepen die daar zijn. Bij deze congressen zijn veel vertegenwoordigers van overheidsdiensten aanwezig en is tijdens de werkgroepen voldoende gelegenheid om met deze mensen te spreken over de gevaren van erosie van dijkbekleding en de proeven die mogelijk zijn met de golfsimulatoren.

Het bestaan en de mogelijkheden van de simulatoren zijn in de wetenschappelijke kringen vaak wel bekend. Maar dijkbeheerders en technici in het buitenland weten het vaak niet volgens professor Van der Meer (zie bijlage 1). Een mogelijkheid om meer bekendheid te creëren is het plaatsen van een artikel in buitenlandse vakbladen. Hierbij kan gedacht worden aan bladen zoals de Nederlandse 'Ingenieur' of 'Hydrolink' (magazine van de 'International Association for Hydro-Environment Engineering and Research').

Een belangrijke stap om de golfsimulatoren in te zetten in het buitenland is het zoeken van lokale partners. Lokale partners in het buitenland kunnen bedrijven zijn die lijken op Infram en dus advies geven op het gebied van ruimte en water(beheer). Daarnaast kan contact gezocht worden met lokale universiteiten waar de golfsimulatoren mogelijk een onderdeel uit kunnen maken van een onderzoek. Door contact te zoeken met deze partijen kan gebruik worden gemaakt van de connecties die deze partijen al hebben met overheidsinstanties en onderzoeksinstituten.

FINANCIËLE DRAAGKRACHT

Het creëren van financiële draagkracht is van cruciaal belang voor de mogelijke inzet van de golfsimulatoren in het buitenland. Professor Schultz heeft in het interview (zie bijlage 2) aangegeven dat de overheid altijd een groot gedeelte zal moeten betalen van de totale kosten van het onderzoek. Eén van de mogelijkheden tot het verkrijgen van subsidies zijn subsidieprojecten van de Europese Unie. Binnen het Horizon 2020 project is tot 2020 ruim drie miljard euro beschikbaar voor onderzoek en innovatie op het gebied van klimaatverandering. Het onderzoek met de golfsimulatoren kan hierin een bijdrage leveren aan gestelde doelen als 'Fighting and adapting to climate change' of 'Water

Innovation: Boosting its value for Europe' (PNO Consultants, 2014). Een andere mogelijke subsidie is het 'Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie (EUCP)'. Bij dit mechanisme gaat het vooral om het verbeteren van de effectiviteit van systemen ter voorkoming van rampen, systemen die paraatheid van lidstaten verbeteren of die de responscapaciteit vergroten (Europa Nu, sd). Het testen van dijken op erosiebestendigheid valt dan ook te scharen onder 'het verbeteren van de effectiviteit van systemen ter voorkoming van rampen'.

Een andere mogelijkheid tot het krijgen van subsidies zijn volgens professor Schultz (zie bijlage 2) de ontwikkelingsbanken zoals de Asian Development Bank. Deze ontwikkelingsbank investeert in projecten in Azië en kan mogelijk een bijdrage leveren om het project financieel te ondersteunen. Ook de nationale en lokale politiek kan een financiële bijdrage leveren aan het project. Het is dan ook zaak om connecties op te bouwen met mensen die zeggenschap hebben binnen deze politieke organisaties.

AANBIEDING

Uit het interview met professor Schultz (zie bijlage 2) blijkt dat het aanbieden van enkel onderzoek met de golfsimulatoren waarschijnlijk niet gaat werken. In Nederland is men vertrouwt met hoge normen voor dijkringen en kleiner overstromingskansen. In het buitenland worden vaak dijken gebouwd die 1/50 tot 1/100 jaar overstromen. Het is volgens professor Schultz cruciaal om inzichtelijk te maken wat die normstellingen betekenen. Door vervolgens de test uit te voeren en met hen samen te werken om de dijken te verbeteren wordt er een product geboden waar met echt wat mee kan.

Professor Van der Meer was echter van mening dat wat Infram moet aanbieden afhankelijk is van het probleem. Het hangt volgens hem erg af van wat de vraag is en in welk gebied de proeven worden uitgevoerd. In Duitsland zouden bijvoorbeeld prima alleen proeven aangeboden kunnen worden omdat zij in staat zijn om het andere werk zelf te doen.

Een goede kans om de golfsimulatoren in Duitsland in te zetten is het contact opnemen over de inzet van de golfsimulatoren langs de Rijn. Vorig jaar zijn een aantal locaties uitgezocht, maar daar is niets meer van vernomen. Door hier energie in te steken kan er wellicht een mooi project met de golfsimulatoren opgezet worden.

BOUWEN OF TRANSPORTEREN

Als de overheid overtuigd is en het project doorgaat, is het zaak om in overleg met de opdrachtgever(s) te bepalen of de golfsimulatoren van Rijkswaterstaat gebruikt moeten worden of dat het voordeliger is om nieuwe golfsimulatoren te bouwen. Het bouwen van een nieuwe golfsimulator is erg specifiek werk dat goed begeleid moet worden door professor Van der Meer en zijn Gerben van der Meer (werktuigbouwkundig). De kosten voor het bouwen van de simulator worden tussen de €60.000 en €100.000 geschat door professor Van der Meer en zijn onder andere afhankelijk van de staalprijs en salarissen. Er zijn drie opties voor het inzetten van de golfsimulatoren in het buitenland:

1. De Nederlandse golfsimulator wordt gebruikt en getransporteerd.

Het transporteren van een golfsimulator naar het buitenland kost tijd en geld. Het transport van de golfsimulator in een zeecontainer per vrachtschip naar Shanghai (oost Azië) zal bijvoorbeeld enkele weken in beslag nemen. Het transport zelf is niet extreem duur, de aanschaf van een tweedehands zeecontainer zal rond de €2000 bedragen en het transporteren per vrachtschip zal ongeveer €2000.- bedragen per trip (Xeneta, 2014). In totaal komen de aanvullende kosten voor het transport, naast de algemene transportkosten die sowieso gemaakt worden zoals het vervoeren per vrachtwagen, uit op ongeveer €8000.

Het nadeel van deze optie is dat de golfsimulator van Rijkswaterstaat gebruikt wordt en dat als zij in de tussentijd proeven willen doen, dit niet mogelijk is. Daarnaast dient de simulator in perfecte staat terug te komen en is men verantwoordelijk voor andermans apparaat (zie bijlage 1). Ook moet hij twee keer getransporteerd worden en misschien twee keer in- en uitgevoerd worden. Volgens professor Van der Meer is dit niet wenselijk.

2. In Nederland wordt een nieuwe golfsimulator ontworpen en gebouwd om deze vervolgens naar het buitenland te transporteren.

Tijdens het bouwen van de golfsimulatoren is intensieve begeleiding vereist omdat de machine erg specifiek is. In Nederland zijn al drie golfsimulatoren gemaakt door een machinebouwer, waardoor deze machinebouwer al ervaring heeft met de eisen van de golfsimulatoren. De kosten die gemaakt moeten worden bij het begeleiden van deze ervaren bouwer zullen daarom minimaal kunnen blijven.

3. In het buitenland wordt een nieuwe golfsimulator gebouwd onder begeleiding van professor van der Meer en zijn broer.

In het buitenland zijn de loonkosten en de staalprijs misschien wel goedkoper dan in Nederland maar is meer begeleiding nodig. Dit betekent dat professor Van der Meer en zijn broer er tijdens het proces én bij de systeemtests een keer naar toe moeten. De kosten voor de periode dat professor Van der Meer en zijn broer in het buitenland zitten (inclusief uren, verblijf en vliegkosten) zijn hoger dan kosten van het transporteren van een in Nederland gebouwde golfsimulator.

Vanuit financieel oogpunt is de beste optie voor een project in Europa om de golfsimulator van Rijkswaterstaat op een vrachtwagen te laden en naar het desbetreffende land te rijden. Vervolgens worden daar de proeven uitgevoerd en komt de golfsimulator weer terug naar Nederland. De golfsimulator zal voor een project in Europa slechts een korte periode weg zijn waardoor de niet beschikbaarheid voor Rijkswaterstaat minimaal blijft.

Voor een project buiten Europa is het inplannen van een project lastiger. De golfsimulatoren zullen relatief lang in het buitenland zijn, waardoor Rijkswaterstaat in die periode geen onderzoek uit kan voeren met de golfsimulatoren. De afspraak met Rijkswaterstaat is echter dat Infram geen huur hoeft te betalen als zij het onderhoud verzorgen (Steendam 2015). Daarnaast is men verantwoordelijk voor andermans machine die in goede staat terug moet komen, dat is volgens professor Van der Meer (zie bijlage 1) geen wenselijke situatie. Het prijsverschil tussen een nieuwe simulator bouwen en het transporteren van de bestaande simulator is echter dusdanig groot (+/- €50.000) dat het loont om met Rijkswaterstaat af te stemmen over de periode waarin de golfsimulatoren voor een langere periode gemist kunnen worden. Het transporteren van de bestaande golfsimulatoren is vanuit financieel oogpunt dan ook de beste optie.

5. DISCUSSIE

Het opstellen van een lijst met doelen per golfsimulator is gedaan op basis van de rapporten van enkele uitgevoerde proeven en het interview met professor Van der Meer die de opgestelde doelen heeft aangevuld. Omdat het aantal proeven dat is uitgevoerd beperkt is, is het onmogelijk om de volledigheid van de opgestelde doelen te garanderen. De golfsimulators kunnen wellicht nog voor andere doeleinden ingezet worden dan waarvoor ze tot op heden ingezet zijn. Het controleren van de doeleinden is gebeurd door professor Van der Meer, maar ook hij ziet wellicht doeleinden voor de toepassing van de golfsimulators over het hoofd.

De gehanteerde methode voor het vinden van factoren die van invloed zijn op de inzet van de golfsimulators bleek goed te werken voor het vinden van factoren. Door alle factoren die mogelijk van invloed zijn op te schrijven, kan later gefilterd worden welke relevant zijn voor de inzet en welke niet relevant genoeg zijn om mee te nemen. Het is echter zeer aannemelijk dat de opgestelde lijst met factoren niet compleet is. De gevonden factoren en de weging zijn voorgelegd aan een expert van Infram, maar als hij een bepaalde factor over het hoofd ziet die niet in de lijst staat is hij niet compleet. De analyse van geschikte landen zou daarom ook tot een ander resultaat kunnen leiden.

Daarnaast zijn de factoren die van belang zijn voor de inzet van de golfsimulators nu gepresenteerd als een statische lijst waaraan voldaan moet worden. In de realiteit is het echter een complex geheel dat dynamisch is en per project verschilt. Bepaalde factoren voor een project in Singapore zijn op zichzelf veel complexer dan dezelfde factor in Nederland. Ook is het zo dat de gebruikte factoren voor de analyse van kansrijke landen allemaal even zwaar meetellen in de multicriteria analyse. In de praktijk is het echter niet zo dat alle belangrijke factoren even veel invloed hebben op de inzet van de golfsimulators. Dit zorgt ervoor dat de uitkomst van de multicriteria analyse minder betrouwbaar is. Desalniettemin blijft de lijst met factoren een redelijk goed framework voor een eerste analyse naar de mogelijkheden voor de inzet van de golfsimulators.

De kansrijke landen zijn geanalyseerd op basis van de randvoorwaarden (belangrijkste factoren) voor de inzet van de golfsimulators. Het is echter goed mogelijk dat door de projecten te toetsen aan de redelijk belangrijke factoren er grote bezwaren bestaan voor de inzet van de golfsimulators in de desbetreffende landen die bij het toetsen aan de randvoorwaarden niet aan het licht zijn gekomen. Vanwege de periode waarin het onderzoek uitgevoerd diende te worden was het niet mogelijk om meer landen en de redelijk belangrijke factoren mee te nemen in de analyse. Het antwoord op de vraag in welke gebieden de golfsimulators ingezet kunnen worden is dan ook niet volledig maar geeft slechts een indicatie. Ondanks de onvolledigheid en subjectiviteit die aanwezig is in de analyse van de landen is de verwachting dat een toekomstige inzet van de golfsimulators in Duitsland, Engeland en Singapore realistisch is.

Een advies voor een vervolgonderzoek is om een onderzoek te houden waarin de aanwezige connecties in kaart worden gebracht en waarbij bij deze connecties gepeild wordt of er mogelijk kansen zijn voor de inzet van de golfsimulators in dat land. Door het uitvoeren van een dergelijk vervolgonderzoek wordt de kans dat de golfsimulators daadwerkelijk ingezet kunnen worden in het buitenland vergroot.

6. CONCLUSIE

Beschadigingen aan dijkbekledingen, erosie en het afglijden van stukken grond zijn in het verleden vaak de oorzaak geweest van overstromingen. Om te onderzoeken wat de gevolgen van golflap, golfoverslag en golfoploop zijn, zijn drie golfsimulatoren ontwikkeld. De golfsimulatoren worden op dit moment sporadisch gebruikt in Nederland en België voor het testen van de sterkte van dijkbekledingen bij golflap, golfoverslag en golfoploop. Op basis van de gevonden resultaten in dit onderzoek kan er een antwoord gegeven worden op de onderzoeksvragen.

6.1. DOELEINDEN INZET GOLFSIMULATOREN

De golfsimulatoren kunnen worden ingezet voor het testen van de erosiebestendigheid van dijkbekleding en voor het testen van verticale constructies die belast worden door een lopende golftong. Met de golfsimulatoren kan de invloed van overgangen naar andere materialen, de invloed van initiële schade, de invloed van de dijksamenstelling en de invloed van niet-waterkerende objecten op de erosiebestendigheid van de dijkbekleding vastgesteld worden. Alle golfsimulatoren zijn geschikt voor het testen van het buitentalud van een dijk, de golfoverslagsimulator kan daarnaast ook ingezet worden voor het testen van het binnentalud.

6.2. FACTOREN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

Om de golfsimulatoren in te zetten in het buitenland moet er voldaan worden aan enkele belangrijke factoren voor de inzet in het buitenland. Op basis van de resultaten uit de literatuurstudie en de interviews met professoren Van der Meer en Schultz is het mogelijk een lijst met factoren, inclusief weging, op te stellen voor de inzet van de golfsimulatoren. De factoren zijn in te delen in drie groepen: Technische, financiële en maatschappelijke factoren.

De belangrijkste technische factor is het type dijkbekleding (T1). Alle type dijkbekledingen kunnen onderzocht worden met de golfsimulatoren, maar in de praktijk is enkel het testen van grasbekleding en de onderliggende lagen geschikt. Dit komt omdat dijkbekledingen van Elastocoast of asfalt niet eroderen omdat het te sterk is. Naast deze belangrijke factor zijn er enkele technische factoren die van redelijke groot belang zijn. Dit zijn: Specialistische kennis (T4 & T5), de bereikbaarheid van de dijk (T6), de beschikbaarheid van water (T8) en de beschikbaarheid van benodigde onderdelen (T9).

De belangrijkste financiële factoren die cruciaal zijn voor de inzet van de golfsimulatoren zijn: Financiële draagkracht (F1-F4) en de waarde van het te beschermen gebied (F10). De financiële draagkracht is grotendeels afhankelijk van het budget van de overheid (F1), de bijdrage van ontwikkelingsbanken (F2) en overige subsidies die verkregen worden (F4). Naast deze belangrijke factoren zijn er enkele redelijk belangrijke factoren voor de inzet van golfsimulatoren. Dit zijn: Het budget van onderzoekinstellingen (F3), kosten voor het transport (F6) en de kosten voor het bouwen van een nieuwe golfsimulator (F7).

De belangrijkste overige factoren voor de inzet van de golfsimulatoren zijn: De relevantie van het probleem t.o.v. andere problemen (O5), het bewustzijn van de beleidsbepalers over de gevolgen van erosie van dijkbekleding (O6), de behoefte om het probleem aan te pakken (O7), de aanwezige connecties met politici en lokale bedrijven (O8) en de bekendheid van de golfsimulatoren (O9). Overige factoren die redelijk belangrijk zijn voor de inzet van de golfsimulatoren zijn: Nevenfuncties van de dijk (O1), milieukwesties (O2) en de tijdsduur van het onderzoek (O3).

6.3. KANSRIJKE LANDEN VOOR DE INZET VAN DE GOLFSIMULATOREN

Op basis van de multicriteria analyse blijkt dat er geen significant verschil is tussen de mogelijke inzet van de golfsimulatoren in Duitsland, Engeland en Singapore. Deze landen scoren tussen de 26 en 28 punten, waar 35 punten het maximum is. Professoren Van der Meer ziet in deze landen een reële kans voor de inzet van de golfsimulatoren. Uit de multicriteria analyse volgt dat in Engeland en Duitsland de bekendheid van de golfsimulatoren onder politici en dijkbeheerders nog niet heel hoog is (O9). Daarnaast is de behoefte om de testen daadwerkelijk uit te voeren erg laag (O7). Engeland en Duitsland scoren goed op de financiële draagkracht (F1-F4), de waarde van het te beschermen gebied (F10), de relevantie van het probleem (O5) en het bewustzijn (O6). In Singapore is de bekendheid van de golfsimulatoren erg laag (O9) en zijn er nog weinig goede connecties (O8). Singapore scoort goed op de financiële draagkracht (F1-F4), de waarde van het te beschermen gebied (F10), de relevantie van het probleem (O5), het bewustzijn (O6) en de behoefte (O7). Naast Duitsland, Engeland en Singapore noemt professor Schultz nog Thailand, Vietnam, China, Zuid-Korea en de Filipijnen als kansrijke landen voor de inzet.

6.4. TE DOORLOPEN STAPPEN

Om de golfsimulatoren in het buitenland in te zetten zijn er enkele stappen die gezet kunnen worden om de kans op inzet van de golfsimulatoren te vergroten. Ten eerste dient er aandacht te worden besteed aan het creëren van bekendheid bij zowel bestaande connecties als het uitbreiden van het netwerk. Zonder goede connecties met lokale politici of lokale bedrijven is het zeer lastig om de golfsimulatoren in een project in te zetten. Daarnaast is het noodzakelijk om financieel draagvlak te creëren. Dit kan gecreëerd worden door mee te doen met subsidieprojecten van de Europese Unie. Binnen het Horizon 2020 project en het 'Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie' liggen hier kansen. Ook bij de Asian Development Bank kan er mogelijk financiële draagkracht gevonden worden. Voor zowel projecten binnen als buiten Europa lijkt het transporteren van de golfsimulatoren de voorkeur te genieten boven het bouwen van een nieuwe simulator. Wel dient er hierbij goed overlegd te worden met Rijkswaterstaat over de tijdduur van het project.

6.5. MOGELIJKHEDEN VOOR DE INZET IN HET BUITENLAND

Concluderend kan gesteld worden dat er goede mogelijkheden zijn voor de inzet van de golfsimulatoren in Duitsland, Engeland en Singapore. Deze landen voldoen in grote mate aan de belangrijke factoren voor de inzet van de golfsimulatoren. Voordat de golfsimulatoren daadwerkelijk ingezet kunnen worden zal het netwerk met lokale politici en bedrijven aanzienlijk verbeterd moeten worden om zo de bekendheid van de golfsimulator en de behoefte om daadwerkelijk dijken te testen te vergroten.

7. BIBLIOGRAFIE

- ABN AMRO. (2015). *Singapore: van moeras tot miljardenstaat*. Opgeroepen op juni 16, 2015, van <https://financiaalfocus.abnamro.nl/singapore-van-moeras-tot-miljardenstaat/>
- Der Spiegel. (2013). *Europe Under Water: Record Floods Hit Eastern Germany*. Opgeroepen op juni 15, 2015, van <http://www.spiegel.de/international/europe/floods-in-europe-dresden-prepares-for-record-high-water-a-903872.html>
- Europa Nu. (sd). *Mechanisme voor civiele bescherming van de Unie (EUCP)*. Opgeroepen op Juni 10, 2015, van http://www.europa-nu.nl/id/vigmc5msq4oc/mechanisme_voor_civiele_bescherming_van
- Infram. (2009). *Factual Report Overslagproeven en afschuifproef Afsluitdijk*.
- Infram. (2010). *Factual Report Overslagproef Vechtdijk*.
- Infram. (2010). *Factual Report Overslagproeven en afschuifproef Afsluitdijk*.
- Infram. (2011). *Factual Report. Overslagproeven en oplooppoef Tholen*.
- Infram. (2012). *Factual Report. Wave impact tests –Sedyk Oosterbierum*.
- Infram. (2014). *Factual Report: Golfoplooppoeven Noord-Beverland*.
- Infram. (2015). *Omschrijving Bachelor Eindopdracht*. Opgeroepen op april 20, 2015, van <http://www.utwente.nl/ctw/wem/education/golfsimulatoren.pdf>
- Infram. (sd). *Kaart waar proeven zijn toegepast tot 2014*.
- PNO Consultants. (2014, Maart). *Horizon 2020 - societal challenges - climate action*. Opgeroepen op Juni 6, 2015, van <http://www.pnoconsultants.nl/Portals/2/Documenten/Documenten%20subsidies/Flyer-h2020-climate-action-environment-resource-efficiency-and-raw-materials.pdf>
- Reeve, D., Chadwick, A., & Fleming, C. (2004). *Coastal Engineering: Process, theory and design practice*. London and New York: Spon Press.
- Rijkswaterstaat. (2007). *Onderzoek en toetsing waterkeringen*.
- Rijkswaterstaat. (2007). *Sterkte & Belastingen Waterkeringen (SBW)*.
- Rijkswaterstaat. (2014). *Onderzoek naar sterkte grasmat op dijken*. Opgeroepen op juni 16, 2015, van http://www.rijkswaterstaat.nl/actueel/nieuws_en_persberichten/2014/februari2014/onderzoek_naar_sterke_grasmat_op_dijken.aspx
- Steendam, G. (2012). *Factual Report. Wave impact tests - Sedyk Oosterbierum*.
- Steendam, G., van der Meer, J., van Steeg, P., van Hoven, A., & van der Meer, G. (2013). *Simulators as hydraulic test facilities at dikes and other coastal structures*.
- TAW. (2002). *Wave run-up and wave overtopping at dikes*. Delft.

- The Guardian. (2015). *One in six UK homes at risk from flooding, says MPs report*. Opgeroepen op juni 16, 2015, van <http://www.theguardian.com/environment/2015/mar/25/one-in-six-uk-homes-risk-from-flooding-mps-report>
- van der Meer, J., Bernardini, P., Snijders, W., & Regeling, E. (2006). *The wave overtopping simulator*.
- van der Meer, J., Bernardini, P., Steendam, G., Akkerman, G., & Hoffmans, G. (2007). *The wave overtopping simulator in action*.
- van der Meer, J., Provoost, Y., & Steendam, G. (2012). *The wave run-up simulator, theory and first pilot test*.
- van der Meer, J., Steendam, G., de Raat, G., & Bernardini, P. (2008). *Further developments on the wave overtopping simulator*.
- van Steeg, P., Labrujere, A., & Mom, R. (2015). *Transition structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator*.
- Xeneta. (2014, mei 29). *Containervrachttarieven van Azië naar Noord-Europa blijven dalen in mei*. Opgeroepen op mei 29, 2015, van <http://www.kramergroup.nl/geen-categorie/containervrachttarieven-van-azie-naar-noord-europa-blijven-dalen-in-mei/>

8. BIJLAGEN

8.1. BIJLAGE 1: INTERVIEW PROFESSOR VAN DER MEER

Inleiding
Uitleg Bachelor Eindopdracht en doel + opbouw interview.
Wat zijn uw werkzaamheden? Ik houd me bezig met onderzoek en advies in de waterbouw en met name op het gebied van golf-constructie interactie. Dit gaat over stromen op constructies zoals dijken en havendammen die golven tegen moeten houden. Je kan daarbij denken aan de sterkte van dijken maar ook de sterkte van havendammen en daarnaast risicostudies wat betreft overstromingen en bresgroei.
Wat is uw rol m.b.t. de golfsimulatoren? Ik heb ze bedacht. In 2000 had ik het idee dat we van overstromingskans naar overstromingsrisico zouden gaan. Overstromingskans is dat een dijk ontworpen wordt zodat hij volstaat bij een storm die bv. 1/10.000 jaar voorkomt. Overstromingsrisico gaat ook over de kans dat de dijk daadwerkelijk doorbreekt. De dijken in Nederland zijn zo hoog en sterk dat we het in de praktijk niet meer kunnen toetsen. Dus we maken ze hoog en sterk en eens in de 10.000 jaar zal die storm wel ongeveer voorkomen, maar daar we moeilijk op wachten om te kijken of de dijk ook daadwerkelijk sterk genoeg is. Dus we ontwerpen hem sterk genoeg, maar wat is de kans dat hij doorbreekt? Wat moet er dan gebeuren? Dat kan betekenen dat hij of zwaarder moet zijn of dat er onderdelen zijn die minder goed zijn. Maar je moet eigenlijk het proces kennen tot doorbraak. Om dat van onze dijken te leren kennen kan niet uit de praktijk. Dat gebeurt of in een laboratorium of op een andere manier. Voor in een laboratorium kan je een dijk van klei en gras niet schalen, dus je zit op schaal 1:1. Je kan brokken of een kubus uit de dijk halen met klei en gras en dat beproeven met een deltagoot. Wat dan altijd gebeurt, is een sectie waar niets bij ziet, dus geen hek of dijpalen. Dus de werkelijkheid wordt geschematiseerd. Toen dacht ik: je gaat naar een goot om een golf te maken, maar voor golfoverslag heb ik geen golf nodig, maar alleen de golf die er overheen slaat. Dat is ten eerste veel minder water en dat zou je kunnen simuleren op een echte dijk. Dus met een bak zou je de overslaande golf moeten kunnen simuleren. Toen heeft het nog zes jaar geduurd totdat we in een Europees programma financiering kregen, toen heb ik hem ontworpen gemaakt en getest. Ik heb hem ontworpen en bedacht omdat ik goed weet hoe het overslagproces in elkaar zit. Mijn broer heeft hem werktuigbouwkundig ontworpen.
Werking en gebruik golfsimulatoren
Voorleggen doelen. Zijn er nog meer doeleinden waarvoor ze worden ingezet? Bij golfklap gaat het wel echt om grasbekleding. Het vaststellen van reststerkte kan tot aan bresgroei. Het testen van afschuiven en ontstaan van overdrukken gebeurt met een geperforeerde buis van 30 meter lang. We hebben ook proeven gedaan in België tegen een verticale wand. Daar worden testen uitgevoerd bij een boulevard waar de krachten op een stormmuurtje worden onderzocht. Dus ook krachten op verticale constructies kunnen gemeten worden waarbij het gaat om een lopende golftong. Het breken van golven kan niet gesimuleerd worden. We zitten nog wel eens met de toelaatbare overslag bij ruwe golfbrekers. Maar wat kan het nou hebben?
Welke aspecten worden er gemeten bij een test met de golfsimulatoren?

Er zijn instrumenten die de snelheid meten, Paddlewheels. En de laagdikte wordt gemeten met een surfplank die op het wateroppervlak drijft. Oploop en overslag werkt met een stuurfile, met een bepaalde hoeveelheid water dat er uit komt. Dus als je van een bepaalde hoeveelheid water dat gemeten hebt hoeft je dat tijdens een proef waar het om erosiebestendigheid gaat niet meer te meten.

Er is vaak een aparte sessie op een teststrook waarin de hydraulische kenmerken worden gemeten. Infiltratie in de grond kan wel per test en is ook afhankelijk van de tijdsduur, dus dat doe je in het dijkvak zelf.

Wat zijn de technische verschillen tussen de oploop- en de overslagsimulator?

De overslagsimulator heeft een groot volume en er kan tot 5,5 m³/m water in. Overslaande golven hebben een bepaald volume, dat volume geeft een bepaalde snelheid en laagdikte. Bij het uitvoeren van oploopprouwen gaat het niet om volumes maar meer over snelheden op het talud en de golven die een bepaalde hoogte moeten bereiken. Het dus meer om de snelheid dan het volume. Het is juist de snelheid van de tong die de schade veroorzaakt en niet zozeer het volume. Bij de overslagsimulator gaat het loslaten van het water niet snel genoeg om oploop te simuleren.

Kunnen de golfsimulatoren iets betekenen voor dijken zonder grasbekleding?

Bijvoorbeeld voor verticale muren of een kruinmuur bij een golfbreker. Daar waar golftongen lopen kunnen ze gebruikt worden. Zo is in Zeeland ook een keer Elastocoast en open steen asfalt getest, maar daar gebeurt niets mee.

Je ziet vaak dat er een groot verschil zit tussen het optreden van de eerste schade en het echt kapot gaan van de dijk. Dat zit vaak boven de 50 liter per seconde of nog meer.

Eisen voor de inzet van de golfsimulatoren

Worden de simulatoren op dit moment nog verbeterd? Of werken ze naar behoren?

Er is een simulator in Amerika gemaakt. En die in Vietnam is een kopie van de Nederlandse, maar iets anders omdat hij in één keer is gemaakt. Die in Amerika is drie keer zo groot, waarbij het mogelijk is om de overslag tijdsafhankelijk te maken. Hij kan op tijd gestuurd worden, dat betekent dat de klep 'geknepen' kan worden. Op die manier kan de tijd dat er water over het talud stroomt beïnvloeden. Verder weet ik niet wat er nog ontwikkeld kan worden.

Zijn er randvoorwaarden voor de inzet van de golfsimulatoren? Bv. Financieel haalbaar, water beschikbaar binnen X meter, wegen van goede kwaliteit.

Het probleem moet er zijn, dat men wil weten wat de erosiebestendigheid van de dijken is. Of wat de krachten op een verticale constructie zijn.

In principe is elk land dat dijken heeft en mogelijk wel eens overstroomd hiervoor geschikt.

Er zijn plannen in Duitsland alleen die lopen niet zo hard op dit moment. Er is een plan geweest om een groot onderzoek op te zetten maar toen verdwenen de onderzoeksbudgetten, nu moet het bij de deelstaten vandaan komen. Een tweede is dus dat er financiën moeten zijn.

Overall waar je dijk hebt is het toepasbaar, de methodiek van de golven is wel hetzelfde. Maar je weet niet hoe de dijken daar zijn onderhouden en wat voor soorten gras en klei ze hebben. Het onderzoek moet altijd daar gebeuren voor hun dijken, de resultaten in Nederland hoeven daar niet te gelden. Je weet wel een orde grote, maar moet het valideren.

Zijn er nog aanvullende factoren die de inzet van de golfsimulatoren kunnen beperken?

Het probleem zal er overal wel zijn, maar men moet het probleem willen zien en willen aanpakken. Als je door een proef kunt laten zien dat de dijken kapot gaan en waardoor ze kapot gaan, kweek je begrip voor het beter ontwerpen van dijken.

(Na doorvragen)

Vietnam is ook niet een land waar de infrastructuur geweldig is. Maar een dijk heeft altijd het voordeel dat een dijk een kruin heeft, dus je kunt altijd wel een testlocatie vinden die niet al te ver van een weg af ligt en het laatste stukje kun je over de kruin van de dijk. Je hebt een vrachtwagen en een telekraan nodig, dus er is wat zwaar materieel nodig dat er moet kunnen komen, dat zijn voorwaarden. Maar heel vaak als het om een dijk gaat kun je er ook wel komen.

Het is mooi als er water is, zoet of zout maakt niet uit. Als het er niet is zal je het moeten aanvoeren. Ter plekke zijn altijd wel dingen te verzinnen dat je zegt 'ja, dan kan ik hem wel uitvoeren'. Als er geen water is moet je zorgen dat er water wordt aangevoerd, het zal dan meer kosten, meer tijd en moeite vergen. Desnoods laat je een grote goot die je dicht maakt met folie vol storten door tankauto's en laat je het daar ook weer inlopen.

Welke praktische en theoretische kennis en ervaring is er nodig om de golfsimulatoren aan te sturen?

Je hebt de kennis van het totaal van overslaande en oplopende golven nodig. Daar komen snelheden en oploophoogtes uit. Een aantal van die dingen kun je van te voren kalibreren op een dijk. Dan stel je een stuurfile in met overslagvolumes of oploophoogtes en het type proces (Rayleigh of niet).

Is het aan te leren?

Ja, het is wel over te dragen, dat is in Vietnam en Amerika ook gebeurt. Je maakt een handleiding en beschrijft het proces. Wat meer tijd vergt is het hele logistieke traject zelf doen, wij zijn ook begonnen en hebben veel ervaring opgedaan. Als je een machine inzet heeft de opdrachtgever er altijd baat bij dat als hij een eigen simulator wil hebben, hij door ons ontworpen en begeleid wordt. En dat de eerste proeven door Infram worden uitgevoerd met zijn eigen werknemers erbij zodat zij daar ontzettend veel van kunnen leren. Op die manier kan een ander het leerproces veel sneller doorlopen.

Wat kost het bouwen van de golfsimulatoren en hoeveel werk is het om hem te transporteren? Hierbij gaat het om de keuze tussen daar een nieuwe laten bouwen of de golfsimulatoren van Rijkswaterstaat daar heen laten transporteren.

Voor Engeland of Duitsland zou ik gewoon degene die we hier hebben gebruiken. Ook als je naar Frankrijk of Italië moet zet je hem op de vrachtauto en dan gaat hij daar naar toe. Voor Singapore of Amerika is het anders.

Daar heb je drie keuzes. 1. Je gebruikt onze machine en zet die op transport en dan komt hij weer terug. 2. Wij ontwerpen hem, zij zoeken een machine bouwer uit en zij maken de machine onder begeleiding van ons. 3. Wij maken er hier één en verschepen hem daarnaartoe.

De eerste optie wordt wat moeilijk omdat hij van Rijkswaterstaat is. Als zij in de tussentijd andere proeven willen doen kan dat niet en hij moet in hele goede staat terug komen. Daarnaast zijn we verantwoordelijk voor een andermans machine en moeten we hem twee keer transporten en misschien twee keer in- en uitvoeren, dat moeten we eigenlijk niet willen. Dan blijven de andere twee opties over.

De klant moet dat beslissen, maar hier bouwen is waarschijnlijk goedkoper. Het kans best zijn dat de lonen goedkoper zijn en misschien het staal ook wel. Maar omdat het zo specifiek is, heb je goede begeleiding nodig. Dat betekent ook dat er iemand één of twee keer naar toe moet tijdens het proces en dat bij de systeemtests wij (professor Van der Meer en zijn broer) er een week zijn. Dus je zit op drie trips daar naar toe van een week. Met vlieggasten, verblijf en uren. Terwijl hier iemand zit die hem al gemaakt heeft en hem kent. Dus onze tijd voor het maken van een machine is in Nederland veel minder. Dat kan wel eens het goedkoopste zijn.

Het bouwen van elke simulator kost tussen de 60.000 en 100.000 euro. De golfklapsimulator is iets kleiner maar door de specifieke kleppen moeilijk te maken en ongeveer even duur. Het verschepen

kan nooit heel veel zijn, degene die hem wil gebruiken moet hem maar importeren, dat zijn niet de allergrootste kosten.

Heeft u suggesties in welke projecten of gebiedsontwikkelingen de golfsimulatoren ingezet zouden kunnen worden?

Duitsland en Engeland heb ik altijd in mijn hoofd. Ik heb daar ook wel collega's die van het bestaan van de simulatoren en die het ook graag zouden toepassen. Maar het gaat om het overtuigen van de overheid met hun onderzoeksbudgetten dat zet het inzien en er ook in willen investeren. Dat is het probleem maar daar kunnen wij niet zoveel aan doen. We moeten daarin onze collega's ondersteunen moet goede informatie zodat zij goede offertes kunnen maken.

In Singapore maken ze een polder, daar is het misschien wel een goed idee om het ontwerp te testen. Maar om nou de boer op te gaan langs alle landen die dijken hebben. In Bangladesh zal het er heel weinig toe doen, het is een laag land en heeft overal dijken, maar die zijn niet hoog genoeg en dat kan ook niet omdat het veel groter is dan Nederland. De dijken blijven daar overstromen en doorbreken, het is gewoon te groot en kost teveel geld om dat anders te doen.

Het hangt van het land af, ze moeten laaggelegen gebieden hebben die kunnen overstromen en de kosten daarvan moeten groot zijn. Het hangt er vanaf dat als er overstromingen zijn of er dan veel schade is. En het helpt als er wel een overstroming komt, veel landen buiten Nederland gaan pas actie ondernemen nadat er iets gebeurd is.

Welke partijen zijn belangrijk in deze landen?

In Duitsland gaat het vooral om de deelstaten. In Engeland gaat het om de Environment Agency (EA), dat is een moeilijke partij, ze zijn wat uitgedaagd de laatste jaren en er zit niet heel veel kennis meer dus zij zullen niet heel snel inzien dat het goed is om een duur onderzoek uit te voeren. De mensen bij Agency Waterfoot, Deltares van Engeland kennen de simulator wel en kennen wij ook goed. Zij houden dit wel in de gaten en willen het ook wel graag. Maar ze zijn er nog niet in geslaagd om dat er door te krijgen. Maar zelf kunnen we dat echt niet, je komt daar echt niet zomaar binnen, ook in Duitsland niet. Je moet dat via partners doen.

Dit kan bijvoorbeeld via Holger Schüttrumpf, hoogleraar aan de Universiteit van Aken. Hij wil het wel graag doen maar is erg druk en kan het niet genoeg prioriteit geven. Vorig jaar hebben ze aantal locaties uitgezocht langs de Rijn die dit jaar onderzocht zouden worden op grastype en klei, maar ik heb niks meer gehoord. Die kunnen we nog wel eens benaderen, hij heeft alle gegevens om een offerte te maken. Hij weet wat we kunnen en wat er gebeurt. Het gaat vooral om het overtuigen van de overheid daar.

In Singapore ligt nu een offerte, dat lijkt door te gaan.

We gaan wel altijd naar conferenties en vertellen wat we gedaan hebben. De mensen weten dat we een simulator hebben en wat hij doet, maar dat zijn vaak wel de wetenschappers en niet de politieke partijen. Maar dat zijn vaak wel de Deltarissen die wel inzien dat het in hun eigen land ook zou kunnen. Verder hebben we niet zoveel promotie acties.

Zijn er misschien bv. politieke of culturele bezwaren voor de betreffende projecten? Is het een actueel onderwerp onder de bevolking?

Nee, je lost een technische vraag op over hoe sterk de dijken zijn.

Ja, het is overal wel actueel, twee derde van de wereld leeft langs de kust en veel grote steden liggen aan het water.

Zijn er subsidies mogelijk in de genoemde gebieden?

Voor Vietnam denk ik wel, er zijn wel een aantal ontwikkelingsgebieden die gesteund worden door Nederlands geld. Dus als je al naar zulke landen zou willen dan moet je eens naar die

ontwikkelingslanden kijken. Maar eigenlijk moet je al een beetje contacten hebben, bv. tussen universiteiten. Misschien zijn er wel meer contacten naar ander landen, waar je kan zeggen waar we ons mee bezig houden en dat het goed voor de bevolking zou zijn om dit te testen. Hiervoor moet je weten welke landen dat zijn en welke universiteiten samenwerken. Ook IHE heeft contacten met alle ontwikkelingslanden waar ze aan 'capacity building' (opbouwen van kennis) doen, dit zou daar een onderdeel van kunnen zijn. Binnen Europa is er nu de vraag om project ideeën in te dienen voor demonstratie projecten. Het idee is dat we naar Duitsland, Engeland, Italië, Frankrijk en Spanje gaan om daar gebieden te testen die overstroomt kunnen worden. Als dat tweederde van de kosten dekt en je krijgt daar de overheid en een onderzoeksinstelling mee kan het al.
Welke stappen moeten gezet worden om de golfsimulatoren daar ook daadwerkelijk in te zetten? Bart Schültz is denk ik de ingang om te bekijken welke linken er liggen naar ontwikkelingslanden daarvoor geschikt zijn en waar Nederlands geld naar toe gaat. IHE is wel de ingang qua kennis van ontwikkelingslanden. Verder moet er gebruik worden gemaakt van de connecties die er liggen. In een ander land kom je sowieso moeilijk zelf binnen. Dus via Holger Schüttrumpf of Agency Waterfoot en hun contacten zijn er wel dingen mogelijk. Je kunt daar moeilijk zelf gaan lobbyen, dat moeten deze mensen doen.
Kan Infram het beste enkel het testen aanbieden of beter een heel pakket bestaande uit onderzoek, testen en ontwerpen? Ze kunnen alles aanbieden, dit hangt van het probleem af wat je tegenkomt. In Vietnam heeft iemand de eerste keer meegekeken en het de tweede keer zelf gedaan. Bij bv. enkele proeven in Duitsland zal alles door Infram uitgevoerd kunnen worden met een paar Duitsers. Het hangt er vanaf waar je zit en wat de vraag is.
Ziet u de genoemde kansen als reële opties om de simulatoren in te zetten? Duitsland en Engeland heb ik nog steeds hoop, Singapore het meeste. In Indonesië gaat Royal Haskoning bezig met een plan voor de bescherming van Jakarta, als dat doorgaat zou je daar misschien ook kunnen testen.
Overig
Wat moet ik nog meer meenemen/overwegen in mijn onderzoek? Het enige wat we doen aan reclame is naar conferenties gaan. We hebben 25-30 papers geschreven voor conferenties. We doen nauwelijks iets in Journals.
Heeft u nog vragen of aanvullende opmerkingen? Ik kan me voorstellen dat er een heleboel beheerders van dijken zijn die niet weten wat de simulatoren kunnen omdat ze niet op zulke conferenties komen. Misschien kan er publiciteit gezocht worden, zodanig dat beheerders in andere landen het ook zien. Dit kan bijvoorbeeld door vakbladen (zoals de Ingenieur) waar misschien een artikel in geplaatst kan worden.

8.2. BIJLAGE 2: INTERVIEW PROFESSOR SCHULTZ

Inleiding
Uitleg Bachelor Eindopdracht en doel + opbouw interview.
Uitleggen werking golfsimulatoren.
Wat zijn uw werkzaamheden? Ik heb 23 jaar bij de Rijksdienst voor IJsselmeerpolders gewerkt, en daar deed ik eigenlijk de hele waterhuishouding van de polders en ook de Markerwaard. Toen ben ik naar de bouwdienst van Rijkswaterstaat gegaan en daar heb ik 14 jaar gewerkt als hoofd van de afdeling milieubouw. Dat was vooral slibverwerking en Milieu Effect Rapportages, eigenlijk ben ik bij alle grote werken in de tijd betrokken geweest. (Maaswerken, eiland Noordzee 2 ^e maasvlakte). Vanaf 1993 ben ik parttime hoogleraar Land and Waterdevelopment geweest bij UNESCO IHE, een instuur voor internationaal onderwijs en daar ben ik nu met mijn laatste PhD's bezig. Bij RWS ben ik in 2009 gepensioneerd en bij IHE in 2012. Heel af en toe doe ik daar nog is wat, zoals een excursie.
Wat zijn uw ervaringen m.b.t. waterveiligheid in het buitenland? Ik ben nooit echt in de consultancy geweest, maar heel veel projecten formuleren, evalueren, onderzoek en lesgeven. Ik ben in totaal in zo'n 30-40 landen geweest. Ik heb vrij veel gedaan, en ben daar nog mee bezig over aan welke normen een hoogwaterbeheersingsplan zou moeten voldoen versus de economische schade en het risico op overlijden/slachtoffers. Daarin behoor ik tot de kant die zeespiegelstijging een oninteressant probleem vind, dat vind iedereen heel gek. Maar we houden gigantische conferenties over drie millimeter zeespiegelstijging per jaar, tot maximaal een centimeter per jaar, terwijl in heel veel kustgebieden de bodemdaling 5 tot 10 centimeter per jaar is. Dat is vele male de zeespiegelstijging. We bouwen 80-90% van de gebouwen achter dijkes van 1/50 tot 1/100. Dus eigenlijk is de bodemdaling en de veiligheidsniveaus vele male belangrijker dan de hele zeespiegelstijging. In de Nederlandse veenpolders is de zakking nog steeds 1 cm per jaar.
Waterveiligheidsproblemen en kansen voor de inzet van golfsimulatoren
Wat zijn veel voorkomende waterveiligheidsproblemen in het buitenland? (Hebben ze in het buitenland ook te maken met de risico's van golfklap, golfploop en golfoverslag?) Bodemdaling en volstrekt onvoldoende veiligheidsniveaus. Ik heb geanalyseerd hoe de bodemdaling en de veiligheidsniveaus in verschillende gebieden zijn, en dat is zeer beangstigend. Per jaar overlijden er ongeveer 24.000 mensen aan overstromingen en de schade is 30 miljard. Daarnaast groeit de wereldbevolking tot 2100 tot ongeveer 10 miljard. Deze bevolkingsgroei vindt eigenlijk alleen plaats in de steden, maar daar zijn onvoldoende veiligheidsvoorzieningen. In het buitenland hebben ze uiteraard ook te maken met golven, nog erger dan wij. Orkanen e.d. kennen wij helemaal niet.
Heeft u suggesties in welke projecten of gebiedsontwikkelingen de golfsimulatoren ingezet zouden kunnen worden? (Waarom?) Eigenlijk moet je je plannen klaar hebben voor de ramp komt. Als je bij de ramp nog moet gaan uitzoeken met de golfsimulator hoe het moet, ben je te laat. Je moet dus landen hebben met goede rijkswaterstaatsdiensten, die op tijd onderzoek doen en die hun plannen klaar hebben liggen als de ramp komt. Bijna alle plannen worden uitgevoerd na de ramp, daardoor zijn de kosten vele malen hoger dan als je hetzelfde besluit had genomen voor de ramp. De schade bij een waterkering met de stad erachter is zo groot dat je op een veel hogere veiligheidsnorm moet gaan zitten. Voor de inzet kan je naar Azië kijken, alle Aziatische landen zijn dichter bevolkt en hebben grotere problemen dan wij.

Bv. China en India hebben goede overheidsdiensten. Maar je moet niet de arme landen hebben, die zijn er nog niet aan toe, maar de opkomende economieën. Landen als Thailand, Vietnam, China, Japan, Zuid-Korea, Filipijnen, daar moet je aan denken.

In landen in Europa kan het ook voor stedelijke gebieden in de overstroombare delen. Dat zal dan vooral gelden voor gebieden langs de kusten.

Welke partijen zijn belangrijk in deze landen?

De ministeries van verkeer en waterstaat, waterresources heet het vaak. Maar je moet met de technische mensen praten, politici heeft geen zin, die steunen ook op die diensten. In Thailand heb je bijvoorbeeld royal irrigation department, in China Ministry of waterresources. Maar China heeft ook hele goede riverbasin commissions, en daarnaast nog twee grote instituten die onder het ministry vallen. In Indonesië heb je PU (Public works).

Je moet bij die verkeer en waterstaat achtige diensten zijn, maar al die landen hebben een Deltaris. Ook de universiteiten kunnen hierin een rol spelen, maar het moet dan wel in het 'proposal' zitten. Maar zulke landen werken veel met universiteiten.

Maar het beste is lokale consultants en lokale universiteiten.

Ook vanuit UNESCO IHE is er wel mogelijk. Dat zijn allemaal buitenlandse studenten die bij overheidsdiensten in het buitenland terecht komen. IHE heeft een gigantisch netwerk van allerlei afgestudeerden die in die landen werken. Dat is een goed netwerk.

Welke uitdagingen zijn er om in de genoemde landen / projecten / gebiedsontwikkelingen een waterveiligheidsproject uit te voeren?

(Hoe wordt er in de genoemde gebieden aangekeken tegen waterveiligheid? Is het een actueel onderwerp onder de bevolking?)

Het probleem wordt alleen maar groter, er komen meer mensen te wonen en de economie gaat omhoog, dus de waarde gaat omhoog. Dat worden steeds grotere problemen. De bevolking is er niet echt mee bezig, ze zijn ook veel fatalistischer.

Zijn er subsidies mogelijk in de genoemde gebieden? (waar komen deze subsidies vandaan?)

De overheid moet sowieso een groot deel betalen. Vanuit Nederland gebeurt er niet zoveel meer. Degene die het meest operationeel is, is de Asian Development Bank. Dat is een grote ontwikkelingsbank. China is nu ook een eigen bank aan het oprichten voor zulke projecten, maar daar kom je als Europeaan nooit tussen.

In Bangkok zit het Asian Institute of Technology, dat is net zoiets als UNESCO IHE, die doen ook het nodige.

De ingenieursbureaus regelen het vaak zelf.

Welke stappen moeten gezet worden om de golfsimulatoren daar ook daadwerkelijk in te zetten? (Hoe moeten de partijen benaderd worden? Hoe kunnen we het in zulke landen bekend maken?)

Heel veel gebeurt via lokale counterparts. Als Nederlands bedrijf kom je daar niet binnen, ze werken allemaal met lokale counterparts. Deltaris zit daar veel beter in, en er liggen ook wel samenwerkingsverbanden. De consultants moeten het van de lokale consultant hebben, als je dat niet hebt ben je kansloos.

In de wereld heb je elf internationale waterorganisaties, dat zijn een soort van vakgenoten clubs. Wat de kustwaterbouw betreft heb je Pianc en de International Association of Hydraulic Research. Als je actief bent in zo'n club, dan krijg je ook je netwerk. Nederlandse consultants en ingenieursbureau doen daar niet zoveel aan, maar ik denk dat ze daar wel kansen laten liggen. Iedere één of twee jaar heb je wel een conferentie met daarin werkgroepen. Bij die werkgroepen

zit je met mensen aan tafel die ook in dat vakgebied zitten. Er lopen daar overheidsdiensten uit andere landen met 5/6 man rond, daar kan je dan mee praten.

Kan Infram het beste enkel de proeven met de golfsimulatoren aanbieden of beter een heel pakket bestaande uit onderzoek, proeven en ontwerpen?

Alleen het onderzoek werkt waarschijnlijk niet. Wij hebben allemaal normen, maar andere landen hebben dat vaak niet. Het inzichtelijk maken van die normstelling en wat het betekent is volgens mij cruciaal. Je zit toch in de voorfase van de besluitvorming en er is veel geld mee gemoeid. Als je goedkoop bouwt krijg je veel schade en als je duur bouwt krijg je weinig schade. Dat inzichtelijk maken en dan samen met hun overleggen over hoe het zou kunnen is belangrijk, de golfsimulator moet daar wel in kunnen passen.

Alleen aankomen zetten met de golfsimulator heeft geen zin.

Zet weten op zich wel van de gevaren en risico's, want in die landen heb je counterparts die allemaal op een universiteit of een IHE in Europa hebben gezeten.

Ziet u de genoemde kansen als reële opties om de simulatoren in te zetten?

Ik denk dat het reële opties zijn. Ze hebben vaak instituten als Deltares en doen proeven. En het zijn vaak goede clubs!

Overig

Wat moet ik nog meer meenemen/overwegen in mijn onderzoek?

Ik denk dat ja hier je handen al wel vol aan hebt, je kan niet heel veel meer doen.

Heeft u nog vragen of aanvullende opmerkingen?

Nee