

**Monitoring en fysieke
modelproeven overgangen
met grasbekledingen 2016-
2020**



Monitoring en fysieke modelproeven overgangen met grasbekledingen 2016-2020

Plan van Aanpak

P. van Steeg

1220039-007

Titel

Monitoring en fysieke modelproeven overgangen met grasbekledingen 2016-2020

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat, WVL	1220039-007	1220039-007-VEB-0009	32

Trefwoorden

Overgang, grasbekleding

Samenvatting

Overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen onder hydraulische belasting zijn potentiële zwakke plekken. Om deze reden dient de stabiliteit van deze overgangen beter in beeld te worden gebracht. Er wordt beoogd om dit te doen door middel van het uitvoeren van fysieke modelproeven. In dit rapport worden de grote verscheidenheid aan overgangen en mogelijke oplossingsrichtingen geprioriteerd. Dit is gedaan op basis van een serie interviews welke is gehouden met een zestal waterschappen, op basis van inzichten welke zijn verkregen bij eerder uitgevoerde proeven en op basis van een theoretische beschouwing.

Uit deze beschouwing bleek onder andere dat:

- overgangen zogenaamde primaire effecten en secundaire effecten hebben met betrekking tot de stabiliteit van de grasbekleding. In het ontwerp van de testen dient er expliciet te worden ontworpen op een primair effect of op een secundair effect.
- Primaire effecten van overgangen verzwakken de overgang maar niet noodzakelijkerwijs tot een niveau waardoor de bekleding zal bezwijken. Hier dient bij het ontwerp van de testopstellingen rekening te worden gehouden (een testopstelling met overgang maar zonder oplossingsrichting dient zodanig getest te worden dat deze volgens het predictiemodel bezwijkt).

In dit rapport wordt vervolgens een globaal voorstel gegeven voor het uitvoeren van fysieke modelproeven met betrekking tot overgangen in grasbekledingen in de periode 2016 - 2020. Deze proeven bestaan uit drie testseries waarin verschillende innovatieve oplossingen worden getest. Iedere testserie bestaat uit twee delen: een deel waarin de ontwikkeling van de zode bij de overgang wordt gemonitord en een deel waarin de zode rondom de overgang fysiek wordt getest.

Referenties

- KPP requirements 2015 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid'

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
V1	april. 2015	P. van Steeg		A. van Hoven			
V2	nov. 2015	P. van Steeg		A. van Hoven		W.M.K. Tilmans	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Organisatie	1
2 Prioritering overgangen en oplossingsrichtingen	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Prioritering te testen overgangen	3
2.2.1 Overzicht categorieën overgangen	3
2.2.2 Uitgangspunten met betrekking tot prioriteren	5
2.2.3 Conclusie: prioriteitenlijst van type overgangen	10
2.3 Prioritering te testen oplossingsrichtingen	12
2.4 Conclusies en samenvatting	12
3 Theoretische benadering problematiek overgangen	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Primaire effecten	15
3.3 Secundaire effecten	17
3.4 Combinatie van primaire en secundaire effecten	18
3.5 Samenvatting en conclusies	18
4 Opzet uitvoering fysieke proeven	21
4.1 Inleiding	21
4.2 Globale aanpak nieuwe oplossingsrichtingen	21
4.3 Globale aanpak bestaande oplossingsrichtingen	22
4.4 Spreiding van testen in de tijd	22
4.5 Globale aanpak van een testserie	22
4.5.1 Proevenprogramma	22
4.5.2 Opbouw	23
4.5.3 Monitoring	24
4.5.4 Testen	24
4.5.5 Eisen aan testlocaties	25
4.5.6 Te testen alternatieven	26
4.6 Testen bestaande oplossingsrichtingen	26
5 Uit te voeren activiteiten	27
6 Literatuur	29

Bijlage(n)

A	Illustraties van verschillende categorieën overgangen	A-1
B	Verslag interviews Waterschappen	B-1
C	Analyse respons interviews m.b.t. frequentie en invloed op stabiliteit	C-1
	C.1 Inleiding	C-1
	C.2 Respondenten	C-1
	C.3 Respons	C-2
	C.4 Analyse respons	C-4
D	Toelichting voor respondenten	D-1
E	Responsformulieren m.b.t. frequentie van voorkomen en invloed op stabiliteit	E-1
F	Paper: Transition structures in grass covered slopes of primary flood defenced tested with the wave impact generator (IAHR, Den Haag, 2015)	F-1
G	Prioritering oplossingsrichtingen	G-1

1 Inleiding

Overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen zijn een potentiële zwakke plek in de waterkering (Van Steeg en Van Hoven, 2013a,b). Om deze reden is in 2014 begonnen met het onderzoeken van dit onderwerp binnen het KPP (Kennis Primaire Processen) project 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid'. In deze voorstudie (Van Steeg, 2014b) is een verbeterd overzicht en een ordenend principe aangebracht met betrekking tot overgangen en potentiële oplossingsrichtingen. Tevens is een database beschreven welke alle bekende testen met betrekking tot overgangen bevat.

Er is tevens onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de toetsing van overgangen in grasbekledingen. Hiervoor is binnen het kader van het project WTI-2017 een zogenaamde cumulatieve overbelasting benadering ontwikkeld waarin ook overgangen zijn beschouwd (Hoffmans, 2015a).

Het uiteindelijke doel van dit project is om een goed inzicht te krijgen in welke typen overgangen een zwakke plek vormen en wat potentiële maatregelen zijn om deze zwakke plekken weg te nemen. In Van Steeg (2014) is onderbouwd dat voor een nadere beschouwing van overgangen in grasbekledingen fysieke modelproeven onontbeerlijk zijn. Beoogd wordt om deze fysieke modelproeven in de komende jaren uit te gaan voeren. Hierbij wordt voornamelijk gedacht aan onderzoek met de verschillende hydraulische simulatoren en / of met de Deltagoot.

Dit rapport beschrijft verschillende overwegingen met betrekking tot fysieke modelproeven waarmee overgangen in grasbekledingen kunnen worden getest. Een belangrijke overweging is welke overgangen en welke oplossingsrichtingen getest dienen te worden. Gezien de grote hoeveelheid combinaties is het ondoenlijk om alle mogelijke opties te testen. Om deze reden worden de overgangen en oplossingsrichtingen geprioriteerd (Hoofdstuk 2).

Dit rapport richt zich op fysieke testen naar de toename van de stabiliteit van een overgang als gevolg van een maatregel. Andere aspecten die van belang zijn voor succesvolle maatregelen, zoals de maakbaarheid, aanleg, beheerbaarheid, uitbreidbaarheid, controle van de aanwezige kwaliteit (toetsing), levensduur en de kosten van de maatregel zullen in een latere fase van het project aan bod komen (buiten de scope van de activiteiten in 2015).

Om een eerste inzicht te krijgen van de invloed van overgangen op de stabiliteit van grasbekledingen is een analyse uitgevoerd (Hoofdstuk 3). De opzet van de beoogde fysieke modelproeven wordt nader beschouwd in Hoofdstuk 4.

1.1 Organisatie

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het KPP (Kennis Primaire Processen) project VOW (Versterking Onderzoek Waterveiligheid), deelproject overgangsconstructies. Het rapport is samengesteld door ir. P. van Steeg van Deltares. Een aanzienlijke input voor dit rapport is geleverd door Infram BV. Dit betreft onder andere de volgende activiteiten:

- Interviews Waterschappen (Bijlage B)
- Prioritering oplossingsrichtingen (Bijlage G)

De interne kwaliteitscontrole van dit rapport is verzorgd door ir. A. van Hoven van Deltares.

Vanuit Rijkswaterstaat is de totstandkoming van dit rapport begeleid door mevrouw B. Hardeman. Het rapport is tevens inhoudelijk beschouwd door een externe klankbordgroep welke bestaat uit de volgende personen:

- dhr. H.J. Verhagen Technische Universiteit Delft
- dhr. M. van der Meer Technische Universiteit Delft / Fugro
- dhr. E. van Kuijk Rijkswaterstaat
- dhr. K. Dorst Infram
- mevr. B. Hardeman Rijkswaterstaat

Een eerste versie van dit rapport is met de externe klankbordgroep besproken d.d. 15 april 2015. In deze bijeenkomst is geconcludeerd dat het noodzakelijk is om een predictie op te stellen van de standtijd van de verschillende typen overgangen. Deze predictie is vervolgens opgesteld en gerapporteerd in Van Steeg (2015). De bevindingen van dat rapport zijn in het voorliggende rapport verwerkt.

2 Prioritering overgangen en oplossingsrichtingen

2.1 Inleiding

Onder andere in Calle en van der Meer (2012) is, op basis van een bijeenkomst met verschillende experts met betrekking tot waterkeren, aangegeven dat overgangen in dijkbekledingen een potentiële zwakke plek zijn met betrekking tot de stabiliteit van de waterkering.

Er zijn vele soorten overgangen denkbaar. Een aanzet tot categorisering hiervan is gegeven in Van Steeg en Van Hoven (2013a,b) en Van Steeg (2014b). Dit heeft uiteindelijk geleid tot zestien verschillende categorieën overgangen. Een overzicht en illustratieve voorbeelden zijn weergegeven in Bijlage A.

Tevens zijn in Van Steeg (2014) verschillende oplossingsrichtingen benoemd. Gezien de zeer grote hoeveelheid potentiële oplossingsrichtingen zijn ook deze gegroepeerd waardoor er vijf categorieën oplossingsrichtingen zijn gegenereerd.

Vervolgens is er een matrix opgesteld waarbij de combinaties van 'categorie overgang' en 'potentiële oplossingsrichting' worden verkend. De combinaties van deze vijf categorieën oplossingsrichtingen en zestien categorieën overgangen (dus $5 \times 16 = 80$ combinaties) zijn beschouwd. Uit de genoemde beschouwing blijkt dat 37 combinaties niet mogelijk lijken. 43 combinaties van categorieën oplossingsrichtingen en categorieën overgangen zijn dus wel relevant. Aangezien er binnen de verschillende categorieën nog verschillende varianten zijn, is het werkelijk aantal veel hoger dan 43.

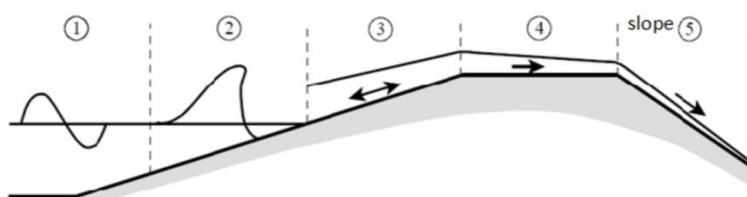
Het zal ondoenlijk zijn om alle relevante combinaties van overgangen en oplossingsrichtingen met een fysiek model te testen. Om deze reden dient er geprioriteerd te worden. Hoe dit wordt gedaan is het onderwerp van dit hoofdstuk. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een prioritering met betrekking tot de categorie overgang (Paragraaf 2.2) en een prioritering met betrekking tot oplossingsrichtingen (Paragraaf 2.3).

2.2 Prioritering te testen overgangen

2.2.1 Overzicht categorieën overgangen

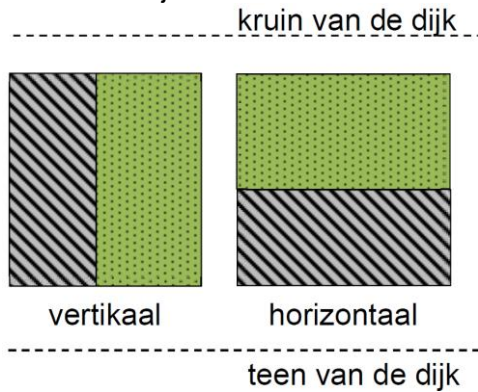
In Van Steeg (2014b) worden overgangen op vier niveaus onderscheiden. Deze zijn hieronder samengevat.

- Belasting (B1)
 - B1: stroming (locatie 3, 4 en 5 in Figuur 2.1)
 - B2: impact (locatie 2 in Figuur 2.1)



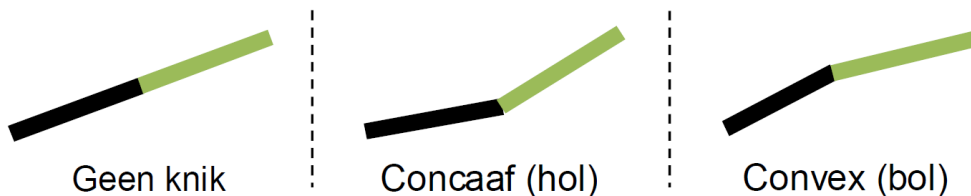
Figuur 2.1 Locatie op de dijk (bron: Schüttrumpf, 2001)

- Oriëntatie (O)
 - O1: Horizontaal
 - O2: Verticaal
 - O3: Object



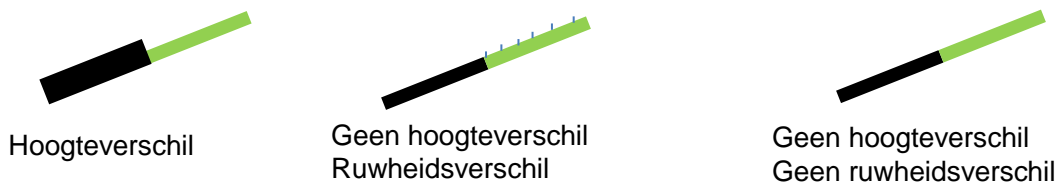
Figuur 2.2 Verticale overgang en horizontale overgang (Van Steeg, 2013a)

- Knik (K)
 - K1: Vlak
 - K2: Holle knik



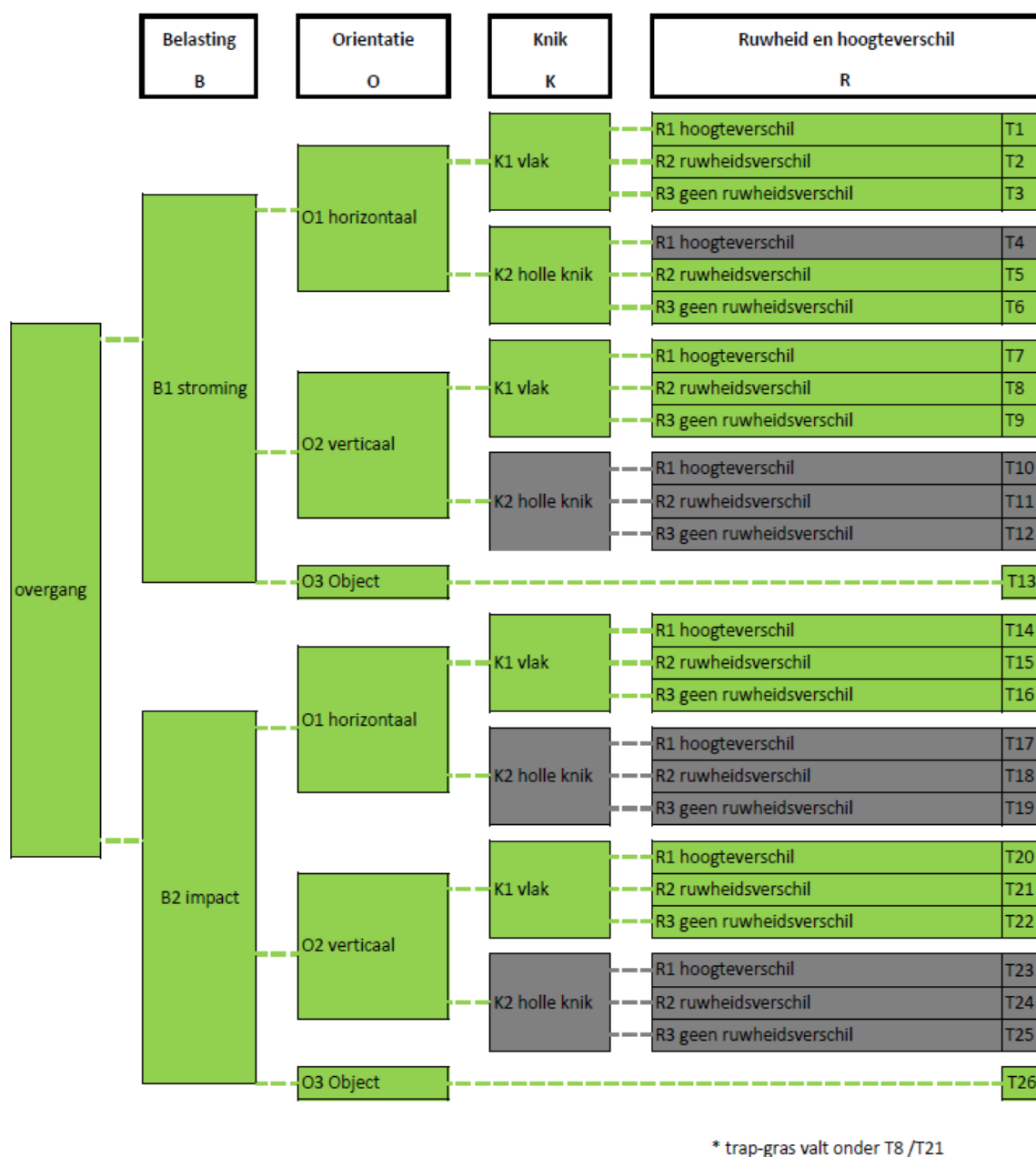
Figuur 2.3 Indeling overgangen op basis van knikken (Bron: Van Steeg, 2013a)

- Hoogteverschil en ruwheidsverschil (R)
 - H1: Hoogteverschil
 - H2: Ruwheidsverschil
 - H3: Geen ruwheidsverschil



Figuur 2.4 Indeling overgangen op basis van hoogteverschil en ruwheidsverschil. Hier aangegeven op basis van een horizontale overgang

De mogelijke combinaties van deze vier aspecten zijn verkend wat heeft geleid tot 26 combinaties waarvan zestien combinaties worden gezien als interessant, omdat deze relatief veel voorkomen en/of omdat uit proeven en waarnemingen bij hoogwaters blijkt dat dit zwakke plekken zijn en/of omdat hiervoor op voorhand wordt beoordeeld dat er kansrijke oplossingen mogelijk zijn. Dit is weergegeven in Figuur 2.5. Illustratieve voorbeelden van deze zestien categorieën zijn weergegeven in Bijlage A.



Figuur 2.5 Overzicht mogelijke combinaties van type belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en hoogte- en ruwheidsverschil (H). Onderscheid is gemaakt tussen interessante typen overgangen (groen) en minder interessante overgangen (grijs). (bron: Van Steeg, 2014b)

De zestien genoemde categorieën worden als uitgangspunt genomen om te prioriteren. Dit is onderwerp van de volgende paragrafen.

2.2.2 Uitgangspunten met betrekking tot prioriteren

Om de zestien categorieën te prioriteren worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Uitgangspunt 1: Het type overgang dient in Nederland veel voor te komen.
- Uitgangspunt 2: Het type overgang dient in potentie een zwakke overgang te zijn.

Bovenstaande uitgangspunten zijn zodanig gedefinieerd alsof de kennis om dit te beoordelen voorhanden is. Dit is echter niet het geval. Er is niet bekend hoeveel overgangen van een bepaalde categorie in Nederland voorkomt (Uitgangspunt 1) en van de stabiliteit van overgangen is niet veel bekend (Uitgangspunt 2). Toch dient er zo goed mogelijk op basis van deze overgangen geprioriteerd te worden.

Om de zestien typen overgangen te prioriteren worden de volgende methoden geëxploreerd:

- interviews met waterschappen
- uitkomsten expertmeeting 2011
- algemene beschouwing
- predictierapport (Van Steeg, 2015)

Interviews met Waterschappen

In januari zijn een zestal Waterschappen geïnterviewd. Onderwerp van deze interviews was overgangen in grasbekledingen op primaire waterkeringen. Hierbij is tevens gevraagd om een formulier in te vullen met betrekking tot de frequentie van voorkomen (Uitgangspunt 1) en de inschatting hoe groot de invloed op de stabiliteit is (Uitgangspunt 2). De vraag om deze formulieren in te vullen is tevens gevraagd aan een zevental experts. Een verslag van de interviews met de waterschappen is weergegeven in Bijlage B. De precieze vraagstelling met betrekking tot Uitgangspunt 1 en Uitgangspunt 2 is weergegeven in Bijlage D. De ontvangen invulformulieren zijn weergegeven in Bijlage E. Een analyse van deze antwoorden is gegeven in Bijlage C. Uit deze analyse blijkt de grootste behoefte te zijn naar oplossingsrichtingen met betrekking tot de volgende categorieën overgangen:

- T2 – stroming – horizontaal – vlak - ruwheidsverschil,
Voorbeeld: overgang tussen steenbekleding en gras in oploopzone)
- T8 –stroming – verticaal – vlak - ruwheidsverschil,
Voorbeeld: een trap op het binnentalud
- T5 - stroming – horizontaal – holle knik – ruwheidsverschil
Voorbeeld overgang tussen een horizontale berm en bovenliggend grastalud
- T6 – stroming – horizontaal – holle knik – geen ruwheidsverschil.
Voorbeeld: teen aan landzijde van de dijk

Het valt op dat in deze top 4 geen overgang voorkomt onder golfklapbelasting. Dit lijkt voornamelijk het geval te zijn omdat deze relatief weinig voorkomen. Indien deze voorkomt lijkt de invloed van de overgang op de stabiliteit echter wel hoog te zijn. Bij overgangen onder golfklapbelasting is categorie T15 de belangrijkste overgang (impact - horizontaal – vlak – ruwheidsverschil).

Uitkomsten expertmeeting 2011

In 2011 is een expertmeeting georganiseerd welke is gerapporteerd in Calle en Van der Meer (2012) en is samengevat in Van Steeg en Van Hoven (2013a). De scope van deze meeting was groter dan alleen overgangen in grasbekledingen. Binnen de tien belangrijkste geïdentificeerde overgangen werden de volgende overgangen met betrekking tot gras genoemd (volgorde op basis van aflopende score). Ten tijde van deze bijeenkomst was de categorisering zoals deze in voorliggend rapport is toegepast nog niet bekend. Om deze reden is in de onderstaande analyse deze categorisering (zie Figuur 2.5) toegepast op de uitkomsten van deze expertmeeting.

- Aansluiting gras op dijkmeubilair zoals trappen, dijkpalen, groot meubilair etc.

(T1 t/m T26)

- Aansluiting gras op niet waterkerende objecten (NWO's)
(T1 t/m T26)
- Aansluiting gras op steenzetting
T2 / T3 / T5 / T6 / T8 / T9 / T15 / T16 / T21 / T22
- Geometrische overgang
T1 / T7 / T14 / T20
- Zand op grastalud nabij duin
N.v.t.

Noot: Wat opvalt, is dat bij de expertmeeting 'zand op grastalud nabij duin' wordt genoemd en dat dit niet kan worden gecategoriseerd in de huidige indeling. Strikt genomen klopt dit aangezien dit niet de invloed van de overgang zelf betreft maar het feit dat het zand van een nabijgelegen locatie op het gras komt te liggen. Het zand stuift gemakkelijk over de onderliggende asfaltbekleding, maar wordt gevangen tussen het gras op de overgang tussen asfalt en gras. Er wordt niet betwijfeld of dit relevant is maar het is als expliciet overgangstype niet in dit project meegenomen. Vanwege het specifieke mechanisme van stuifzand op een buitentalud zal het zeer lastig zijn om hiervoor een testlocatie te vinden die tevens geschikt is voor de andere te testen overgangen (waar zand ongewenst is).

Wanneer bovenstaande genoemde overgangen worden geprojecteerd op de categorisering welke wordt gehanteerd in het huidige project dan valt het op dat alle genoemde type overgangen relevant zijn maar nogal globaal omschreven. Binnen de beperkte scope van de expert meeting in 2011 was het niet mogelijk om de overgangen veel specifieker te benoemen. Het is derhalve niet goed mogelijk om een zinnige prioritering op basis van deze expertmeeting te maken. Er wordt echter opgemerkt dat de expert meeting de prioritering van de overgangen T2, T8, T5, T6 en T15 zeker niet tegenspreekt.

Algemene beschouwing

In deze paragraaf worden enkele algemene beschouwingen gegeven met betrekking tot de frequentie van voorkomen van de typen overgangen in Nederland.

Belasting (B): *'impact' vs. 'stroming'*

Bij rivier- en meerdijken zal zowel impact (golfklappen van relatief kleine golven) als stroming voorkomen. Bij zeedijken zal het gras (en dus de overgang naar gras) buiten de golfklapzone liggen. Vooralnog wordt ingeschat dat zowel 'impact' als 'stroming' beiden veel voorkomen in Nederland

Oriëntatie (O): *'horizontaal' vs. 'verticaal' vs. 'object'*

Er wordt ingeschat dat er meer horizontale overgangen zijn, in elk geval meer strekkende meters, dan verticale overgangen. Echter, er komen veel verticale overgangen voor. Er zijn ook vele objecten op dijken maar hoe dit zich verhoudt tot de horizontale of verticale overgangen kan niet goed worden ingeschat. Vooralnog wordt ingeschat dat alle drie de typen veel voorkomen in Nederland.

Knik (K): 'vlak' vs. 'holle knik'

Zowel 'vlak' (overgang naar steenzetting of asfalt) als 'holle knik' (berm, teen) komt veel voor in Nederland.

Ruwheid en hoogteverschil (R): 'Hoogteverschil', 'ruwheidsverschil', 'geen ruwheidsverschil'

Zowel 'Hoogteverschil', 'ruwheidsverschil' als 'geen ruwheidsverschil' komt veel voor in Nederland.

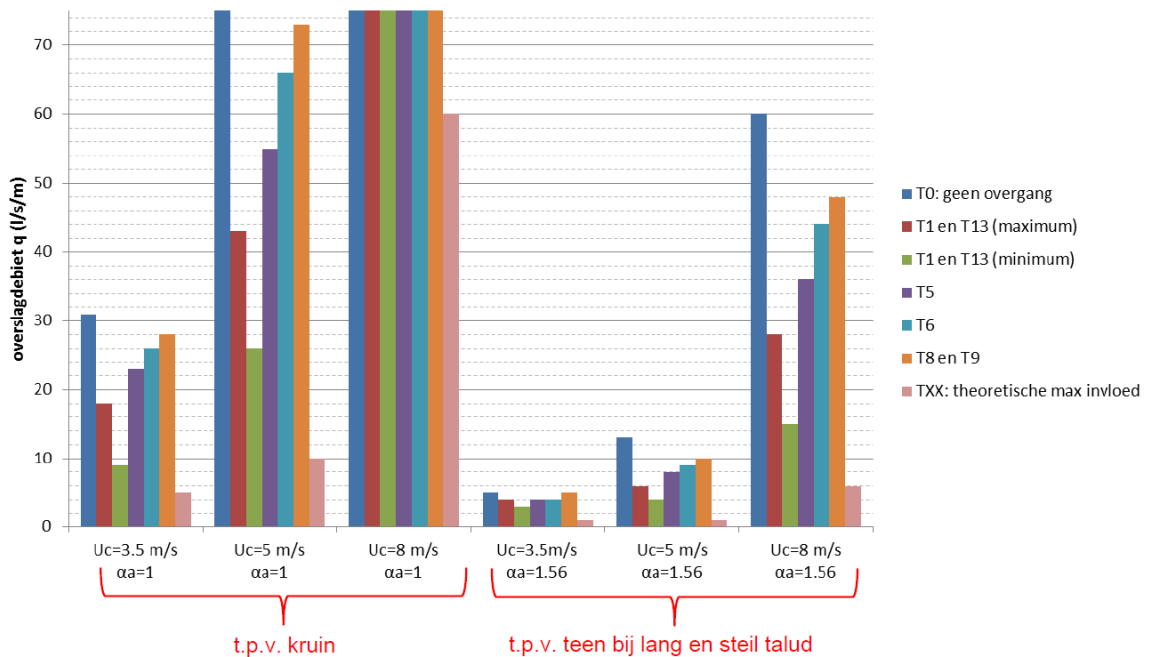
Zoals hierboven valt te zien is het niet goed mogelijk om op basis van de individuele aspecten 'Belasting', 'Oriëntatie', 'Knik' en 'Ruwheid en Hoogteverschil' onderscheid te maken op de frequentie van voorkomen in Nederland.

Predictierapport (Van Steeg, 2015)

Na het opstellen van een eerste versie van voorliggend rapport is in samenspraak met de externe klankbordgroep (zie Paragraaf 1.1) besloten om een theoretische predictie te maken van de standtijd van de verschillende typen overgangen zonder oplossingsrichting. Hiertoe is een separaat rapport (Van Steeg, 2015) opgesteld. Met behulp van dit rapport, waarbij de meest recente kennis uit de onderzoeken van WTI2017 is meegenomen, is een beter inzicht verkregen in welk type overgang daadwerkelijk zwak is. Hierbij worden de primaire effecten beschouwd en worden de secundaire effecten buiten beschouwing gelaten.

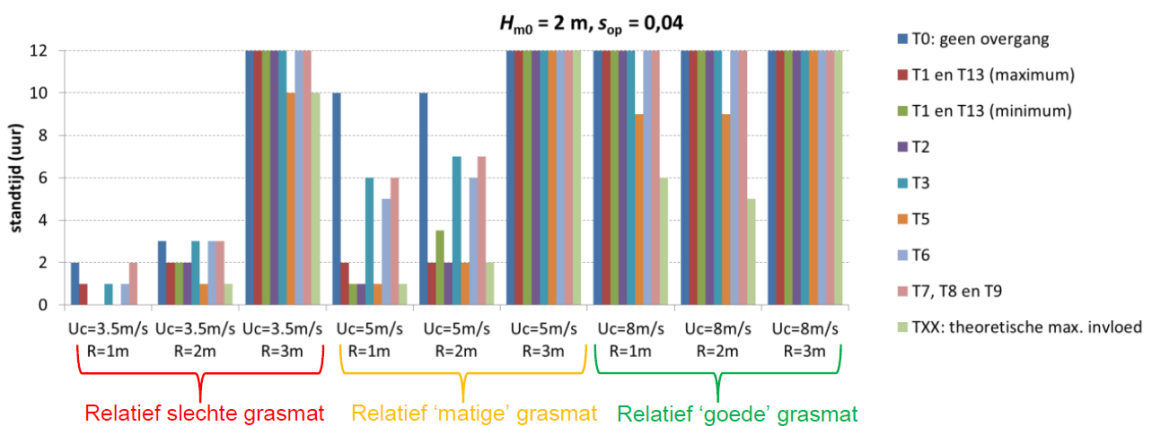
Van Steeg (2015) beschrijft een model waarmee het kwantificeren van de invloed van primaire effecten van overgangen voor zowel golfoploop en golfoverslag mogelijk is. Met behulp van dit model is een predictie gegeven van de benodigde belasting die nodig is om de proefvakken te laten bezwijken. Daarvoor is gebruik gemaakt van in WTI 2017 opgestelde kennis en theorieën (o.a. Hoffmans 2015a en 2015b). De gebruikte theorieën zijn nog zeer beperkt gevalideerd.

Met behulp van het model is het golfoverslagdebiet q bepaald waarbij bezwijken van de bekleding ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) rondom de overgang optreedt tijdens een 12 uur durende storm met een significante golfhoogte van $H_s = 2,0 \text{ m}$ en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$. Dit is gedaan voor een situatie zonder overgang en situaties met verschillende typen overgangen. Het overslagdebiet q waarbij schade optreedt, is onder andere afhankelijk van het type overgang en de erosiebestendigheid van het gras (uitdrukt in de kritieke stroomsnelheid U_c). De resultaten met betrekking tot golfoverslag zijn samengevat in Figuur 2.6.



Figuur 2.6 Samenvatting invloed overgangen bij golfoverslag ($H_s = 2$ m, standtijd = 12 uur, $D = 7000$ m²/s²) (bron: Van Steeg, 2015)

Voor golfoploop is de standtijd bepaald waarbij bezwijken van de bekleding ($D = 7000$ m²/s²) rondom de overgang optreedt tijdens een storm met een significante golfhoogte van $H_s = 2$ m. Dit is gedaan voor een situatie zonder overgang en situaties met verschillende typen overgangen. De standtijd is onder andere afhankelijk van het type overgang, de positie van de overgang op het talud (uitgedrukt in de verticale afstand ten opzicht van de stilwaterlijn R) en de erosiebestendigheid van het gras (uitdrukt in de kritieke stroomsnelheid U_c). De resultaten zijn samengevat in Figuur 2.7.



Figuur 2.7 Samenvatting invloed overgangen bij golfoploop ($H_{m0} = 2$ m, $D = 7000$ m²/s², $\cot(\alpha_{\text{buitentalud}}) = 4$) (bron: Van Steeg, 2015)

Uit de figuren kan worden afgelezen dat in sommige gevallen het verschil tussen een situatie met of zonder oplossingsrichting relatief klein. In het geval van golfoploop is de standtijd van sommige overgangen in specifieke situaties groter dan 12 uur. In het geval van golfoverslag zijn sommige overgangen nog niet gefaald na 12 uur lang belast te zijn met meer dan 75 l/s/m. In dergelijke gevallen lijkt het weinig zinvol om hier een oplossingsrichting te gaan

testen. Op basis van de gegeven predictie wordt in Van Steeg (2015) voorgesteld om Categorie T2 (oploop), Categorie T8 (oploop) en Categorie T6 (overslag) te testen. Bij de andere categorieën is er volgens het predictiemodel een grote analogie met Categorie T2 (T5 en T6 bij golfoploop), valt er geen schade te verwachten of is het verschil met een situatie zonder overgang niet significant.

Met behulp van het predictiemodel zijn de te hanteren parameters zodanig vastgesteld dat er schade kan worden verwacht. Deze parameters zijn weergegeven in Tabel 4.2. Er wordt benadrukt dat de gegeven waarden verwachtingswaarden zijn. Dit is gezien het doel, een predictie maken van de standtijd van een op te stellen proef, een logische keuze. Men dient zich er echter bewust van te zijn dat wanneer het gebruikte model wordt geprojecteerd op toets- of ontwerpinstrumentaria er veiligheidsfactoren toegepast dienen te worden op de verwachtingswaarden. Hierdoor zullen de standtijden naar verwachting significant lager zijn en daarmee wordt het belang van overgangen en verbeteringen hiervan groter.

2.2.3 Conclusie: prioriteitenlijst van type overgangen

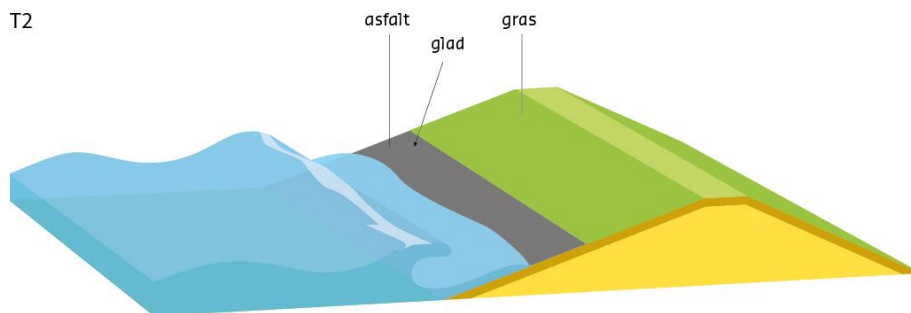
De prioritering van overgangen is beschouwd door middel van het bevragen van Waterschappen en experts met betrekking tot de frequentie van voorkomen van de verschillende categorieën overgangen (uitgangspunt 1) en de ingeschatte invloed van deze overgang op de stabiliteit van de bekleding (uitgangspunt 2). Daarnaast is er gebruik gemaakt van de resultaten van een expert meeting in 2011 en zijn de overgangen nog globaal beschouwd op basis van de typen 'Belasting', 'Oriëntatie', 'Knik' en 'Ruwheid en hoogteverschil'. De laatste twee methoden gaven geen duidelijk onderscheid in de verschillende categorieën. Tevens is er een predictie opgesteld van de standtijd van de verschillende typen overgangen onder golfoploop en golfoverslagbelasting (Van Steeg, 2015). De prioritering van de categorieën overgangen is gebaseerd op de respons van de Waterschappen en experts en op het predictierapport (Van Steeg, 2015). Op basis van bovenstaande analyse zijn de volgende categorieën overgangen als belangrijkste geïdentificeerd met betrekking tot het aandragen van een oplossingsrichting:

- T2 stroming – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil (oploop)
- T8 stroming – verticaal – vlak – ruwheidsverschil (incl. trappen) (oploop)
- T6 stroming – horizontaal – holle knik – geen ruwheidsverschil (overslag)

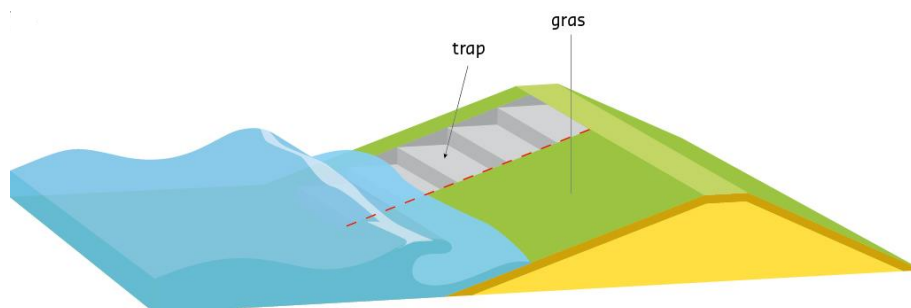
Wat opvalt is dat, op basis van de gehanteerde methode de overgangen in de golfklapzone niet tot de belangrijkste typen overgangen behoren. Van de overgangen in de golfklapzone wordt categorie T15 (Golfklap – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil) als de meest belangrijke beschouwd.

Een indruk van deze vier genoemde typen overgangen is weergegeven in onderstaande figuren.

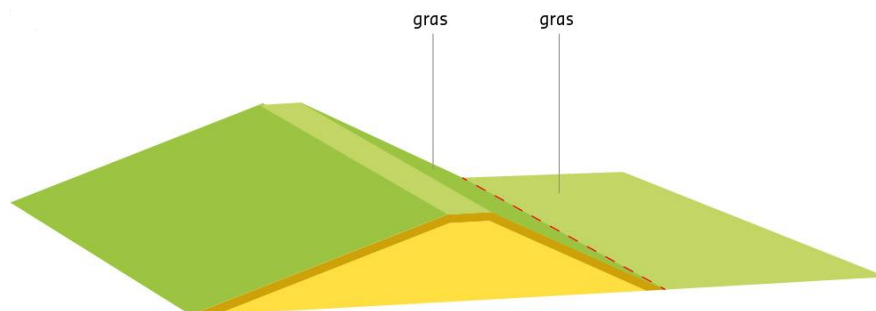
Er wordt benadrukt dat de gekozen aanpak de best mogelijke aanpak voorhanden is. Dit wil echter niet zeggen dat door deze methode ook daadwerkelijk de belangrijkste typen overgangen zijn geïdentificeerd. Uit de respons van de Waterschappen en de experts blijkt een grote spreiding in antwoorden te zitten wat een indicatie is dat er een grote onzekerheid is over met name de invloed van de overgang. Om deze reden dienen de overige overgangen daarom niet als onbelangrijk te worden beschouwd maar worden deze slechts voorlopig als minder urgent beschouwd ten opzichte van T2, T8, T6 en T15.



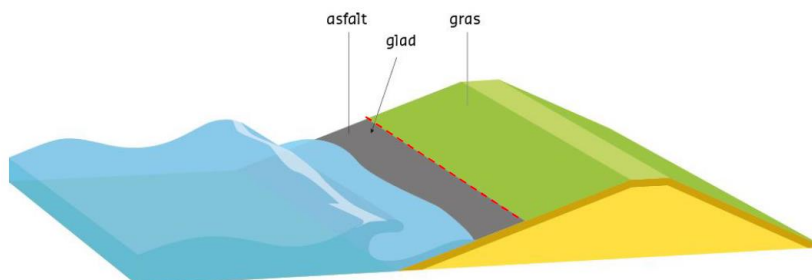
Figuur 2.8 Categorie T2: stroming – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil. Deze categorie kan zowel in de oploopzone (buitentalud) als in de overslagzone (binnentalud) voorkomen



Figuur 2.9 Categorie T8: stroming – verticaal – vlak – ruwheidsverschil (incl. trappen). Deze categorie kan zowel in de oploopzone (buitentalud) als in de overslagzone (binnentalud) voorkomen



Figuur 2.10 Categorie T6: stroming – horizontaal – holle knik – geen ruwheidsverschil. Deze categorie kan zowel in de oploopzone (buitentalud) als in de overslagzone (binnentalud) voorkomen



Figuur 2.11 Categorie T15: golfklap – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil. Deze categorie komt alleen in de golfklapzone voor.

2.3 Prioritering te testen oplossingsrichtingen

In Infram (2015), welke is toegevoegd als Bijlage G van voorliggend rapport, is een prioritering met betrekking tot oplossingsrichtingen voorgesteld. Deze studie is in deze paragraaf samengevat en bewerkt.

De potentiële oplossingsrichtingen welke zijn geprioriteerd, zijn opgesteld en onderbouwd in Van Steeg (2014) en betroffen:

- 1 Verhogen overgang
- 2 Stroomlijnen van een knik
- 3 Opheffen ruwheidsverschillen
- 4 Doorgroeibaar medium
- 5 Aanbrengen reststerkte

Op basis van Infram (2015), welke is weergegeven in Bijlage G, wordt voorgesteld om Alternatief 1 te onderzoeken middels een bureaustudie en Alternatief 4 en Alternatief 5 te testen met behulp van fysiek modelonderzoek. Alternatief 3 wordt vooralsnog als een minder kansrijke oplossingsrichtingen gezien. Redenen hiervoor zijn o.a. het feit dat de overgang in een andere categorie valt (en het probleem mogelijk dus nog niet is verholpen) en dat het opruwen van de harde bekleding mogelijk negatieve effecten heeft op de secundaire functie van de harde bekleding (bijvoorbeeld het gebruik als weg of fietspad). Om deze redenen wordt voorgesteld om Alternatief 3 (opheffen ruwheidsverschillen) niet nader te onderzoeken. (overigens worden de al veel toegepaste betonnen doorgroeistenen niet onder deze categorie geschaard maar onder de categorie 'doorgroeibaar medium'). Over Alternatief 2 bestaat twijfel. Om deze reden wordt voorgesteld om deze eerst middels een bureaustudie te onderzoeken en vervolgens de keuze te maken of dit wel of niet getest dient te worden. Wanneer de prioriteringen met betrekking tot oplossingsrichtingen en type overgangen worden gecombineerd ontstaat de matrix zoals weergegeven in Figuur 2.12.

	verhogen overgang	Stroomlijnen van knik	Doorgroeibaar medium	Reststerkte aanbrengen
T2 oploop	bureaustudie		fysiek model	fysiek model
T6 overslag		theorie / fysiek model		
T8 oploop				
T15 klap	(buiten klapzone halen)			

Figuur 2.12 Combinaties van typen overgangen en oplossingsrichtingen

2.4 Conclusies en samenvatting

In dit hoofdstuk is een prioritering van de categorieën overgangen en oplossingsrichtingen gegeven. Deze prioritering is grotendeels gebaseerd op een consultatie van waterschappen en experts en een theoretische beschouwing met betrekking tot de verwachte standduur welke is uitgewerkt in Van Steeg (2015). Uitgangspunten bij de prioritering van de overgangen zijn de frequentie van voorkomen en de (negatieve) invloed op de grasbekleding.

De overgangen welke als belangrijkste zijn geïdentificeerd zijn de overgangen welke zijn gecategoriseerd als T2 (oploop), T6 (overslag) en T8 (oploop). Van de overgangen in de golfklapzone is de categorie T15 als belangrijkste geïdentificeerd. Deze overgangen zijn grafisch weergegeven in Figuur 2.8 tot en met Figuur 2.11.

Van de oplossingsrichtingen worden de oplossingsrichting 'aanbrengen reststerkte', 'doorgroeibaar medium' en 'verhogen overgang' als meest kansrijk geacht. Er wordt

voorgesteld om de eerste twee oplossingsrichtingen door middel van een fysiek modelonderzoek te beschouwen. Voor de oplossingsrichting 'Verhogen overgang' wordt aanbevolen om deze middels een bureaustudie te beschouwen. Er is twijfel over de oplossingsrichting 'stroomlijnen knik'. Om deze reden wordt aanbevolen om deze oplossingsrichting eerst in een bureaustudie te beschouwen alvorens wordt besloten of dit een kansrijke oplossingsrichting is. De oplossingsrichting 'opheffen ruwheidsverschillen' wordt niet als kansrijk beschouwd en er wordt derhalve aanbevolen om deze niet verder te beschouwen.

De aanpak resulteert in vier aanbevolen testseries en twee bureaustudies:

- Testserie 1: Categorie T2 (oploop)
 - o Testserie 1a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 1b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
- Testserie 2: Categorie T8 (oploop)
 - o Testserie 2a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 2b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
- Testserie 3: Categorie T6 (overslag)
 - o Testserie 3a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 3b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
 - o Testserie 3c: 'Stroomlijnen van knik' (optioneel)
- Testserie 4: Categorie T15 (golfklap)
 - o Testserie 4a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 4b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
- Bureaustudie 1: Verhogen overgang (meerdere typen overgangen)
- Bureaustudie 2: Stroomlijnen van knik (meerdere typen overgangen)

In sommige gevallen kan een toepassing onder meerdere oplossingsrichtingen worden geschaard. Zo kan een betonnen doorgroeisteen zowel onder 'doorgroeibaar medium' als 'reststerkte / verborgen bekleding' worden geschaard.

3 Theoretische benadering problematiek overgangen

3.1 Inleiding

In Hoofdstuk 2 is een prioritering gegeven van de categorieën overgangen en de oplossingsrichtingen. Alvorens deze te gaan testen is een beter inzicht benodigd in de invloed van de overgang op de bekleding. Een eerste opzet van deze invloed wordt in dit hoofdstuk gegeven. De in dit hoofdstuk gegeven inzichten zullen helpen bij het ontwerp van de testopstellingen (Hoofdstuk 4).

In Paragraaf 2.2 (en Bijlage C) is een beeld geschetst van de invloed van overgangen op de stabiliteit volgens enkele waterschappen en enkele experts. In deze paragraaf wordt de mogelijke invloed van overgangen op de stabiliteit verder uitgewerkt. Hiertoe wordt er onderscheid gemaakt in twee typen invloeden:

- Primaire invloed
- Secundaire invloed

De primaire invloed is de directe invloed op de sterkte en de belasting als direct gevolg van de aanwezigheid van de overgang. De directe invloed op de sterkte komt doordat de zode is onderbroken door de overgang. De directe invloed op de belasting komt door (i) een ruwheidsverschil tussen de bekleding aan beide zijden van de overgang (meer turbulentie), (ii) geometrische veranderingen zoals een berm of een teen wat leidt tot een zogenaamde jet of (iii) voorwerpen welke de stroming onderbreken wat leidt tot een andere sleepkracht (drag force). Primaire effecten worden behandeld in Paragraaf 3.2.

In Rijkswaterstaat (2012) worden verschillende secundaire invloeden van overgangen benoemd zoals de invloed van beschadigingen aan het gras zoals bandensporen of beschadigingen door muizen en mollen. Secundaire effecten worden behandeld in Paragraaf 3.3.

Bij overgangen dienen zowel de primaire als de secundaire effecten te worden beschouwd. Voor de primaire effecten is er een rekenmodel beschikbaar met betrekking tot golfoverslag. In dit rekenmodel kan de invloed van overgangen worden meegenomen. Dit rekenmodel is voor deze toepassing uitgewerkt in Van Steeg (2015) en wordt behandeld in Paragraaf 3.2. Voor de secundaire effecten zijn geen rekenmodellen voorhanden maar wel ervaringen met de verschillende simulatoren. De secundaire effecten worden behandeld in Paragraaf 3.3. Vervolgens wordt een conclusie getrokken in Paragraaf 3.4.

3.2 Primaire effecten

In het kader van onder andere WTI2017 zijn verschillende overgangen getest met de golfoverslagsimulator, de golfoploopsimulator en de golfklapgenerator. Vervolgens is binnen WTI een rapport (Hoffmans, 2015a) opgesteld waarin de invloed van overgangen onder stromingsbelasting (oploop en overslag) is gekwantificeerd. Dit is verder uitgewerkt in Van Steeg (2015) en in deze paragraaf samengevat. De onderstaande tekst is deels uit het genoemde rapporten overgenomen.

Uitgangspunt voor de theorie is de cumulatieve overbelastingsmethode bij pulsieve stroming. Het uitgangspunt voor deze theorie is de volgende vergelijking:

$$\sum_{i=1}^N (U_i^2 - U_c^2) = D \quad \text{voor } U_i > U_c$$

Waarin

D	=	schadegetal (m^2/s^2)
U_i	=	lokale stroomsnelheid op beschouwde locatie van overslaande of oplopende golf (m/s)
U_c	=	kritieke stroomsnelheid (m/s)
N	=	aantal golven tijdens beschouwde storm

Elke golf geeft een bijdrage aan schade/erosie mits de stroomsnelheid van de overslaande of oplopende golf (U_i) groter is dan de kritische stroomsnelheid (U_c). Het schadegetal (D) bepaalt de mate van schade op het talud en varieert van 'geen/begin schade' tot 'falen van de bekleding' en wordt bepaald na N golven tijdens de beschouwde stormconditie. Om de effecten van overgangen en obstakels te verdisconteren bovenstaande vergelijking als volgt aangepast:

$$\sum_{i=1}^N (\alpha_M U_i^2 - \alpha_s U_c^2) = D \quad \text{voor } \alpha_M U_i^2 > \alpha_s U_c^2$$

Waarin

α_M	belastingfactor (-)
α_s	sterktefactor (-)

De eerste term aan de linkerkant van de vergelijking is een maat voor de belasting. De tweede term is een maat voor de sterkte. De vergelijking vertegenwoordigt een hypothese, die in de genoemde studie met prototype experimenten wordt gevalideerd.

Hierbij worden de volgende schadegetallen (D) gehanteerd:

• 'geen schade'	$0 < D < 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
• 'begin schade'	$D = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
• 'schade op meerdere plekken'	$D = 4000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
• 'falen van de bekleding'	$D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

De schadegetallen zijn gekalibreerd met de beschikbare overslagproeven. Hierbij wordt opgemerkt dat het model het meest betrouwbaar is voor het voorspellen van 'falen van de bekleding' en veel minder voor het voorspellen van 'begin van schade' en 'schade op meerdere plekken'.

De in Hoffmans (2015a) gegeven waarden per type overgang zijn een schatting op basis van theorie. De validatie bleek voor een aantal type overgang uitermate lastig, waardoor de onzekerheid over de theoretische waarden groot is. Voor de details over de theorie en validatie wordt verder verwezen naar Hoffmans (2015a).

In Van Steeg (2015) is de theorie van Hoffmans zodanig aangepast dat hiermee de standtijd kan worden bepaald voor zowel golfoploop als golfoverslag en kan worden toegepast op de

geïdentificeerde typen overgangen. De resultaten van die exercitie zijn samengevat in Figuur 2.6 (overslag) en Figuur 2.7 (oploop).

Met betrekking tot de sterkte van overgangen in grasbekledingen onder golfklapbelasting is in het kader van WTI2017 in 2012 de golfklapgenerator ontwikkeld. De ontwikkeling en validatie van deze machine is beschreven in Van Steeg et al (2014a,b). Een overzicht van de uitgevoerde testen in het veld is beschreven in Van Steeg et al (2015) welke tevens is toegevoegd als Bijlage F. De gesimuleerde significante golfhoogte van de golfklapgenerator is 0,6 a 0,7 m. De schade bij overgangen door middel van de golfklapgenerator was aanzienlijk en kwam vaak voor. Dit is echter niet verwerkt in een theoretisch model zoals dit is gedaan voor golfoploop en golfoverslag. Een van de redenen is dat de opgetreden schades vrijwel allemaal waren te wijten aan zogenaamde secundaire effecten. Dit is verder beschreven in Paragraaf 3.33.4.

3.3 Secundaire effecten

Het onderscheid tussen primaire en secundaire effecten van een overgang op de bekleding is beschreven in Paragraaf 3.1. Secundaire effecten zijn hier gedefinieerd als indirecte effecten van een overgang op de bekleding. Hierbij kan worden gedacht aan onder andere:

- Indirecte invloed op sterkte gras
 - o Beschadiging
 - Schapenpaden
 - bandensporen
 - rommel wat tijdens dagelijkse omstandigheden langs het gras schuurt (rondom de waterlijn)
 - o Lagere graskwaliteit langs de overgang
 - Slechter grasbeheer doordat maaimachines er niet bij kunnen
 - Minder doorworteling door teveel bemesting
 - Schapen (paden)
 - hondenuitlaat
 - Minder zonlicht door schaduw
- Indirecte invloed op sterkte klei
 - o Andere kleisoort bij aanleg overgang (soms zelf zand in plaats van klei)
 - o Lagere dichtheid van klei doordat (maai)machines hier niet overheen kunnen rijden of doordat schapen hier niet kunnen lopen
- Indirecte invloed op belasting
 - o Zogenaamde 'plonsbelasting' bij grotere hoogteverschillen
 - o Lokaal sterkere stroming
 - Door geulvorming langs overgang
 - Schuine overgang verzamelt veel water → sterkere stroming

Met de golfklapgenerator zijn negen verschillende overgangen getest. Een overzicht van deze testen is beschreven in Van Steeg *et al* (2015) welke tevens is toegevoegd als Bijlage F van dit rapport. Uit de testen met de golfklapgenerator blijkt dat bij vrijwel alle geteste overgangen er sprake was van zogenaamde secundaire effecten.

De secundaire effecten komen veelal voort uit een gebrekkig beheer, een gebrekkige mogelijkheid om beheer goed uit te kunnen voeren of een gebrekkige uitvoering van werken die in de huidige praktijk op veel dijken de realiteit is. Deze secundaire effecten zijn voor een deel op te heffen door bij het ontwerp en de aanleg of verbetering van overgangen deze aspecten voldoende aandacht te geven. Vooralsnog wordt dit in dit project verder niet behandeld. Dit behoeft echter wel aandacht in de nabije toekomst.

Voor de waarde van de invloedsfactoren betekent dit dat ze als gevolg van min of meer toevallige andere omstandigheden bij een overgang (veel) groter of kleiner moeten zijn. Het zal dus heel lastig zijn om voor alle toevallige factoren een maatwerk invloedsfactor te bepalen. Hiermee kan op verschillende manieren worden omgegaan, bijvoorbeeld door het in acht nemen van grote veiligheidsmarges of een systematiek van kwaliteitsklassen, waarbij voor een overgang afhankelijk van een kwaliteitsoordeel een hoge of wat lagere invloedsfactor wordt toegekend. Dit spoor is in het kader van WTI2017 nog niet uitgewerkt. In het kader van dit project zal hier niet verder op worden ingegaan.

3.4 Combinatie van primaire en secundaire effecten

In bovenstaande paragrafen zijn de primaire en secundaire effecten toegelicht. Uit deze analyse blijkt dat de (relevante) invloed van primaire effecten zeer afhankelijk is van de gegeven omstandigheden zoals bijvoorbeeld het overslagdebiet. In vele gevallen zal een primair effect niet leiden tot een standtijd lager dan 12 uur en wordt daarom niet relevant geacht (zie ook Van Steeg, 2015 en Figuur 2.6 en Figuur 2.7). Uit de analyse met betrekking tot secundaire effecten bleek dat deze effecten rondom de overgang veelal leiden tot een grasmat van een relatief lage kwaliteit. Hierdoor kunnen de secundaire effecten zorgen dat de primaire effecten een negatieve uitwerking hebben op de erosiebestendigheid. Volgens deze theorie zou een overgang dus aan de volgende voorwaarden moeten voldoen om geen (relevante) negatieve invloed te hebben op de bekleding:

- Geen secundaire effecten
- Voldoen aan eisen met betrekking tot primaire effecten. Deze eisen zullen voor golfoverslag en golfploop vastgesteld kunnen worden op basis van de resultaten welke zijn gepresenteerd in Van Steeg (2015) en samengevat in Figuur 2.6 en Figuur 2.7. Hierbij wordt opgemerkt dat die theorie nog niet is gevalideerd.

Bovenstaande randvoorwaarden behoeven enige nuances:

- Het theoretische model is gebruikt om een eerste indruk te verkrijgen. Er zijn enkele berekeningen gemaakt van vereenvoudigde situaties. Het gebruik van invloedsfactoren en de benodigde veiligheid hierop is nog niet uitgewerkt voor toets- of ontwerpdoeleinden.
- Er is in de bovenstaande aanpak geen veiligheidsfactor opgenomen. De genoemde standtijden betreffen een verwachtingswaarde.

3.5 Samenvatting en conclusies

Er is onderscheid gemaakt in primaire en secundaire effecten als gevolg van de aanwezigheid van een overgang. Hierbij is tevens onderscheid gemaakt in golfploop, golfoverslag en golfklapbelasting. Met primaire effecten worden bedoeld de verzwakking van het gras doordat het aan één kant niet vast zit (langs de overgang) en de verhoging van de belasting door:

- overgang glad – ruw;
- knik van talud naar berm;
- object in de stroming.

Secundaire effecten zijn gedefinieerd als extra verzwakking van het gras en de klei door toevallige afwijkingen rondom een overgang, veroorzaakt door gebrekkig beheer en of aanleg. Belastingverhoging door secundaire effecten zijn indirecte effecten als gevolg van de aanwezigheid van een overgang welke specifiek zijn benoemd in Paragraaf 3.3.

Op basis van proeven met de golfklapgenerator, maar ook enkele proeven met de overslagsimulator en de oploopsimulator lijken zowel primaire als secundaire effecten maatgevend te kunnen zijn. Door de secundaire effecten kan lokaal een lage kwaliteit gras ontstaan, of het gras zelfs afwezig zijn, waardoor de primaire effecten weer een significante invloed kunnen krijgen op de stabiliteit van de bekleding.

Gebaseerd op het inzicht dat zowel primaire als secundaire aspecten een potentiële invloed hebben op de stabiliteit van overgangen, verdient het aanbeveling om expliciet aandacht te besteden aan zowel primaire effecten en secundaire effecten van overgangen op de grasbekleding. Bij het ontwerp van de proefopstelling dient daarom bewust te worden gekozen waar de focus van een specifieke test op is gericht. Vooralsnog wordt de focus primair gelegd op de primaire aspecten.

Voor een eerste inschatting (predictie) van de invloed van primaire effecten, uitgedrukt in standtijd (golfoploop) of uitgedrukt in golfoverslagdebiet (golfoverslag), kan het theoretische model dat is beschreven in Van Steeg (2015), welke is gebaseerd op Hoffmans (2015a) worden gebruikt.

4 Opzet uitvoering fysieke proeven

4.1 Inleiding

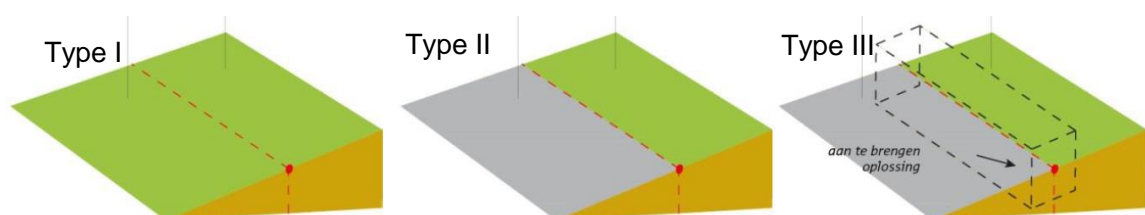
In Hoofdstuk 2 zijn de volgende testseries voorgesteld:

- Testserie 1: Categorie T2 (oploop)
 - o Testserie 1a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 1b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
- Testserie 2: Categorie T8 (oploop)
 - o Testserie 2a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 2b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
- Testserie 3: Categorie T6 (overslag)
 - o Testserie 3a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 3b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'
 - o Testserie 3c: 'Stroomlijnen van knik' (optioneel)
- Testserie 4: Categorie T15 (golfklap)
 - o Testserie 4a: 'Doorgroeibaar medium'
 - o Testserie 4b: 'Reststerkte / verborgen bekleding'

4.2 Globale aanpak nieuwe oplossingsrichtingen

Binnen iedere testserie zijn vele alternatieven denkbaar. Een (generieke) testserie zal tenminste dienen te bestaan uit de volgende testen:

- I. Een referentietest zonder overgang (alleen grasbekleding)*
* indien mogelijk
- II. Een referentietest met overgang maar zonder oplossingsrichting
- III. Een aantal overgangen met oplossingsrichting



Figuur 4.1 V.l.n.r.: Referentietest zonder overgang, referentietest met overgang en zonder oplossingsrichting, referentietest met overgang en met oplossingsrichting. Bron: Van Steeg (2014)

De referentietesten zonder overgangen (type I) en met overgangen (type II en type III) zijn nodig om een indruk te krijgen van de invloed van de overgang met en zonder overgangsconstructie.

De verwachting is dat voor het bouwen en monitoren van overgangen er, in verhouding met de kosten van het testen zelf, relatief lage budgetten benodigd zijn. Om deze reden wordt er voorgesteld om meerdere oplossingsrichtingen te bouwen (circa tien per testserie) en deze te monitoren tijdens het groeien van het gras. Aan de hand van deze monitoring kan een

selectie worden gemaakt van de overgangen welke getest dienen te worden. Voorbeeld: bij een doorgroeibaar grid zouden vijf verschillende varianten gebouwd kunnen worden. De varianten hebben mogelijk een invloed op de graskwaliteit. Deze invloed zal blijken tijdens de monitoring. Uiteindelijk kan er voor worden gekozen om slechts twee varianten daadwerkelijk te testen.

4.3 Globale aanpak bestaande oplossingsrichtingen

Sommige oplossingsrichtingen worden al toegepast. Te denken valt aan bijvoorbeeld doorgroeistenen. Het voordeel van al bestaande oplossingsrichtingen is dat deze niet meer gebouwd hoeven te worden en dat er niet meer twee groeiseizoenen hoeft te worden gewacht alvorens deze kunnen worden getest. Er wordt voorgesteld om bestaande oplossingsrichtingen te zoeken welke direct kunnen worden getest. Uitgangspunt voor deze testen blijft de prioritering zoals deze is aangegeven in Hoofdstuk 2. Daarnaast dient vooraf goed te worden gecontroleerd in hoeverre er secundaire aspecten (zie Paragraaf 3.3) vallen te verwachten. Ook de referentietest naast de oplossingsrichting is een aandachtspunt. De referentiestrook dient vergelijkbaar beheerd en gelegd te zijn.

4.4 Spreiding van testen in de tijd

Er wordt voorgesteld om de genoemde testen (bestaande oplossingsrichtingen en nieuwe oplossingsrichtingen) te verspreiden over meerdere jaren. Globaal gezien kunnen de activiteiten binnen het uitvoeren van een testserie worden onderverdeeld in (1) opbouw, (2) monitoring, (3) testen en (4) evaluatie. De testen op bestaande overgangen hoeven niet te worden aangelegd en niet te worden gemonitord. De globale planning is weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Concept planning uitvoer van drie testseries

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Testserie 1	voorbereiding	opbouw / monitoring	monitoring	testen		
Testserie 2			opbouw / monitoring	monitoring	testen	
Testserie 3				opbouw / monitoring	monitoring	testen
Bestaande overgangen		testen	testen			

De testen worden gespreid in de tijd uitgevoerd. Dit heeft een aantal voordelen:

- Het benodigde budget wordt regelmatig verspreid over een aantal jaren.
- Er kan worden geleerd van ervaringen van de voorgaande testseries.
- De testen zullen onder de aandacht komen van verschillende stakeholders waardoor er mogelijk aanvullende financiering kan komen om extra testseries op te starten.

4.5 Globale aanpak van een testserie

4.5.1 Proevenprogramma

De volgende testsecties dienen per type overgang te worden opgebouwd en in het veld te worden gemonitord (de aantallen zijn slechts een indicatie):

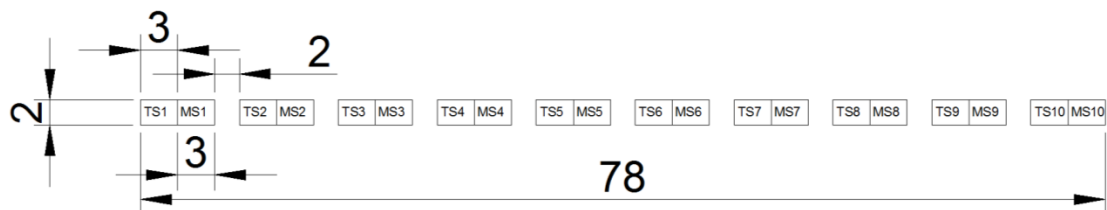
- Type I (geen overgang en geen oplossingsrichting)
 - 1 testsectie
 - 1 monitoringsectie
- Type II (overgang zonder oplossingsrichting)
 - 1 testsectie
 - 1 monitoringsectie

- Type III (overgang met oplossingsrichting)
 - doorgroeibaar medium
 - 5 testsecties
 - 5 monitoringsecties
 - Reststerkte
 - 3 testsecties
 - 3 monitoringsecties

In totaal zijn er tien testsecties en tien monitoringssecties benodigd. Er wordt benadrukt dat niet alle testsecties zullen worden beproefd. Het kan zijn dat tijdens de monitoring inzichten ontstaan waardoor blijkt dat testen geen toegevoegde waarde heeft (bijvoorbeeld omdat het gras niet kan groeien).

4.5.2 Opbouw

Vooralsnog wordt aangenomen dat zowel een testsectie als een monitoringsectie een breedte dienen te hebben van 3 m. Bij voorkeur is deze lengte groter. Dit zal in een later stadium bepaald dienen te worden (o.a. afhankelijk van de kosten en type simulator / Deltagoot). Er wordt aangenomen dat een monitoringsectie en een testsectie op elkaar mogen aansluiten. Dit wordt een 'set' genoemd. Tussen iedere set dient 2 m vrije ruimte aanwezig te zijn. Een eerste indruk is weergegeven in Figuur 4.2. Opgemerkt wordt dat de afmetingen een eerste inschatting zijn en in een later stadium definitief bepaald dienen te worden.



Figuur 4.2 Impressie van proeftuin bij tien testsecties en tien monitoringssecties (bovenaanzicht, maten in meters)

Om de laaggelegen bekleding (veelal een steenzetting of asfalt) te simuleren kan mogelijkerwijs een bestaande bekleding worden gebruikt. De kans hierop wordt echter niet groot geacht. Om deze reden wordt er voorgesteld om een relatief zware betonband te gebruiken. De ruimte welke lager dan de betonband ligt dient te worden opgevuld met een erosiebestendig materiaal (bijvoorbeeld een stalen plaat). Dit hoeft alleen tijdens de testen te worden opgevuld en niet tijdens het monitoren.

Om de testresultaten van de verschillende oplossingsrichtingen zo vergelijkbaar mogelijk te maken is het van belang dat de condities van de verschillende proeven zo gelijk mogelijk, maar wel realistisch, zijn. Het is dus van belang dat, binnen deze testserie, overal dezelfde grond, hetzelfde grasmengsel en hetzelfde beheer wordt toegepast. Daarnaast dienen het aantal uren zon, de waterhuishouding en de overige belastingen (zoals verkeer, maaimachines, beweiding et cetera) hetzelfde te zijn. Alleen op deze manier kunnen verschillende testresultaten worden toegeschreven aan de verschillen in de oplossingsrichting.

Om bovenstaande reden dienen dus ook de referentiesecties (type I en type II) opnieuw te worden aangelegd.

De te gebruiken klei en grascombinatie dient zodanig te worden gekozen dat er schade aan de referentiesecties valt te verwachten. Indien dit namelijk niet het geval zal zijn, is de effectiviteit van de overgangen lastig te bepalen. Op basis van de studie welke is weergegeven in Van Steeg (2015) dienen de volgende parameters gehanteerd te worden:

Tabel 4.2 Overzicht voorgestelde testcondities op basis van Van Steeg (2015)

Categorie overgang		T2	T6	T8
Invloedsfactor sterkte	α_s	0,89	1,0	0,89
Invloedsfactor belasting	α_M	1,75	1,15	1,0
Type belasting		oploop	overslag	oploop
Schadecriterium	D (m ² /s ²)	7000	7000	7000
Graskwaliteit	U_c (m/s)	5 ("redelijk")	8 ("goed")	5 ("redelijk")
Hydraulisch regime (zee / rivier)		zee	zee	zee
Significante golfhoogte	H_{m0} (m)	2	2	2
Golfsteilheid	s_{op} (-)	0,04	0,04	0,04
Positie overgang boven SWL (verticaal)	R (m)	1 - 2	*	1 - 2
Stormduur bij bezwijken				
- met overgang	t_{storm} (uur)	1-2	12	6-7
- zonder overgang		10	12	10
Overslagdebiet bij bezwijken				
- met overgang	q (l/s/m)	n.v.t.	44	n.v.t.
- zonder overgang			60	

* aan de teen van een lang (25 m) en steil (1:2,4) talud

Om de benodigde groeitijd te kunnen verkorten verdient het aanbeveling om na te gaan of dit versneld kan worden.

4.5.3 Monitoring

Na aanleg dient de testsectie twee a drie groeiseizoenen te groeien. Om de testcondities zo gelijk mogelijk te houden is het van belang dat de testsecties vrijwel tegelijkertijd (binnen enkele weken van elkaar) worden aangelegd en vrijwel tegelijkertijd worden getest. Tijdens de groeiseizoenen kunnen de secties gemonitord worden. Hierbij kan worden gedacht aan onder andere de doorworteling, de bedekkingsgraad van de zode en de interactie tussen de graszode en de oplossingsrichting. Hoe de monitoring dient te worden uitgevoerd dient in een later stadium te worden bepaald. Voor de monitoring is het vrijwel zeker noodzakelijk om de graszode open te graven. Om deze reden wordt de monitoring uitgevoerd op de zogenaamde monitoringsecties en niet op de testsecties.

4.5.4 Testen

Het testen van de overgangen met betrekking tot golfoploopbelasting en golfoverslagbelasting kan worden uitgevoerd met de golfoploopsimulator, de golfoverslagsimulator en de Deltagoot. Vooralsnog wordt er nog geen keuze gemaakt met betrekking tot hoe de testen worden uitgevoerd en dient de testsectie zodanig aangelegd te worden dat beide opties (simulators en Deltagoot) mogelijk zijn. Welke praktische consequenties dit heeft met betrekking tot de aanleg van de testsecties dient in een later stadium uitgezocht te worden.

De basisgedachte is om de belasting op iedere testsectie gelijk te houden. Het proevenprogramma is voor iedere testsectie dus gelijk. Het proevenprogramma zal in een later stadium worden bepaald.

Vooralsnog wordt aangenomen dat er in totaal zeven testsecties per testserie worden beproefd. Dit betreft twee referentiesecties (1x type I en 1x type II) en vijf secties met een oplossingsrichting (type III).

4.5.5 Eisen aan testlocaties

Om de testen te kunnen uitvoeren is er een testlocatie benodigd. Deze locatie dient te voldoen aan een aantal eisen. Een eerste opzet van deze eisen is gegeven in Van Steeg (2014) welke hieronder verder zijn uitgewerkt.

Het uitgangspunt van de eisen is dat de testsecties representatief zijn voor de Nederlandse primaire waterkeringen en dat de uitvoering van de testen zo efficiënt mogelijk kan worden gerealiseerd.

Ruimtelijke en geometrische eisen

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| - Taludhelling | 1:2.5 a 1:5 |
| - Breedte | circa 100 meter |
| - Hoogte van het talud (verticaal) | > 4 m |
| - Graskwaliteit | zie Tabel 4.2 |
| - Kleikwaliteit | weinig erosiebestendige klei |

Logistieke eisen

- Groeitijd van tenminste twee groeiseizoenen
- Aanvoer en afvoer van water dient mogelijk te zijn
- Voldoende ruimte en infrastructuur om golfoploopsimulator te plaatsen
- Schade moet zijn toegestaan in winterseizoen (wordt na afloop wel hersteld)
- Werkzaamheden en aangelegde objecten moeten zijn toegestaan
- Beheer, onderhoud en monitoring dient tijdens de groeitijd mogelijk te zijn

Eisen met betrekking tot stabiliteit

- De testsectie moet zodanig kunnen worden beproefd dat schade van het niveau 'bezwijken van de bekleding' mag worden verwacht. Als uitgangspunt dient het model in Van Steeg (2015) te worden genomen. In dit model kan de waarde $D = 7.000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ worden gehanteerd in het geval dat er geen oplossingsrichting aanwezig zou zijn.
- Indien de primaire effecten worden getest dient de testsectie zodanig te worden ingericht dat er geen secundaire effecten aanwezig zijn op het moment van testen.
- Indien secundaire effecten worden getest dient de testsectie zodanig te worden ingericht dat er geen primaire effecten aanwezig zijn op het moment van testen.

Bovenstaande eisen zijn schematisch weergegeven in Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Schematisatie eisen met betrekking tot combinatie van primaire eisen en secundaire eisen

	primaire effecten aanwezig	geen primaire effecten aanwezig
secundaire effecten aanwezig	ongeschikte test	geschikte test
geen secundaire effecten aanwezig	geschikte test	ongeschikte test

Eisen met betrekking tot monitoring

Bij de monitoringssecties dient specifiek aandacht te worden besteed aan de secundaire aspecten. Er dient daarom specifiek aandacht te worden besteedt aan het beheer van de overgang. Eventueel kan ervoor worden gekozen om verschillende beheervormen toe te passen op monitoringssecties welke verder identiek zijn.

4.5.6 Te testen alternatieven

In Paragraaf 2.3 is aangegeven dat voor het type T2/T5/T6 een doorgroeibaar medium en reststerkte kansrijk zijn en getest dienen te worden. In Van Steeg (2014) is de oplossingsrichting 'doorgroeibaar medium' verder uitgewerkt:

Doorgroeibaar medium

- Doorgroeibare vormvaste elementen
 - o Doorgroeistenen
 - o Doorgroeibare kunststoffen
 - o Doorgroeibaar gekit materiaal
- Doorgroeibare grids
- Doorgroeibaar geotextiel

Reststerkte (of 'verborgen bekleding') is nog niet verder uitgewerkt. Reststerkte kan op meerdere manieren worden uitgevoerd:

- Klei
- Harde bekleding zoals asfalt, open steenasfalt of steenzetting
- Overige manieren

Van de bovengenoemde oplossingsrichtingen zijn verschillende deelalternatieven mogelijk. Hierop dient nog geprioriteerd te worden.

4.6 Testen bestaande oplossingsrichtingen

Om bestaande oplossingsrichtingen te kunnen testen dienen testlocaties te worden gezocht. Hiertoe kunnen de geïnterviewde waterschappen worden benaderd om testlocaties met bestaande oplossingsrichtingen beschikbaar te stellen.

5 Uit te voeren activiteiten

In dit rapport zijn de uitgangspunten voor een uit te voeren testprogramma met overgangen in grasbekledingen geïdentificeerd. Om een dergelijke testprogramma uit te kunnen voeren zijn verschillende activiteiten noodzakelijk. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de noodzakelijke activiteiten. Hierbij wordt tevens een tijdsindicatie gegeven.

- Bepalen geschikte locatie (eind 2015)
- Detailontwerp oplossingen (eind 2015 / begin 2016)
- Detailuitwerking beheer en monitoringsplan (eind 2015 / begin 2016)
- Bouwen modelopstellingen (na 1 april 2016)
- Optioneel: marktbenadering (eind 2015 / begin 2016)
- Opstellen testprotocol

In het testprogramma dient zoveel mogelijk flexibiliteit te worden ingebouwd. Indien er geen schade optreedt bij de beoogde belasting dient er een terugvaloptie te zijn waarbij wel schade wordt verwacht. Hierbij kan worden gedacht aan het kunstmatig aanbrengen van 'secundaire effecten' of het aanbrengen van hogere belastingen.

Het is afhankelijk van de kosten en de beschikbare financiering (binnen en buiten het kader van dit project) of de verschillende typen overgangen tegelijkertijd kunnen worden gebouwd.

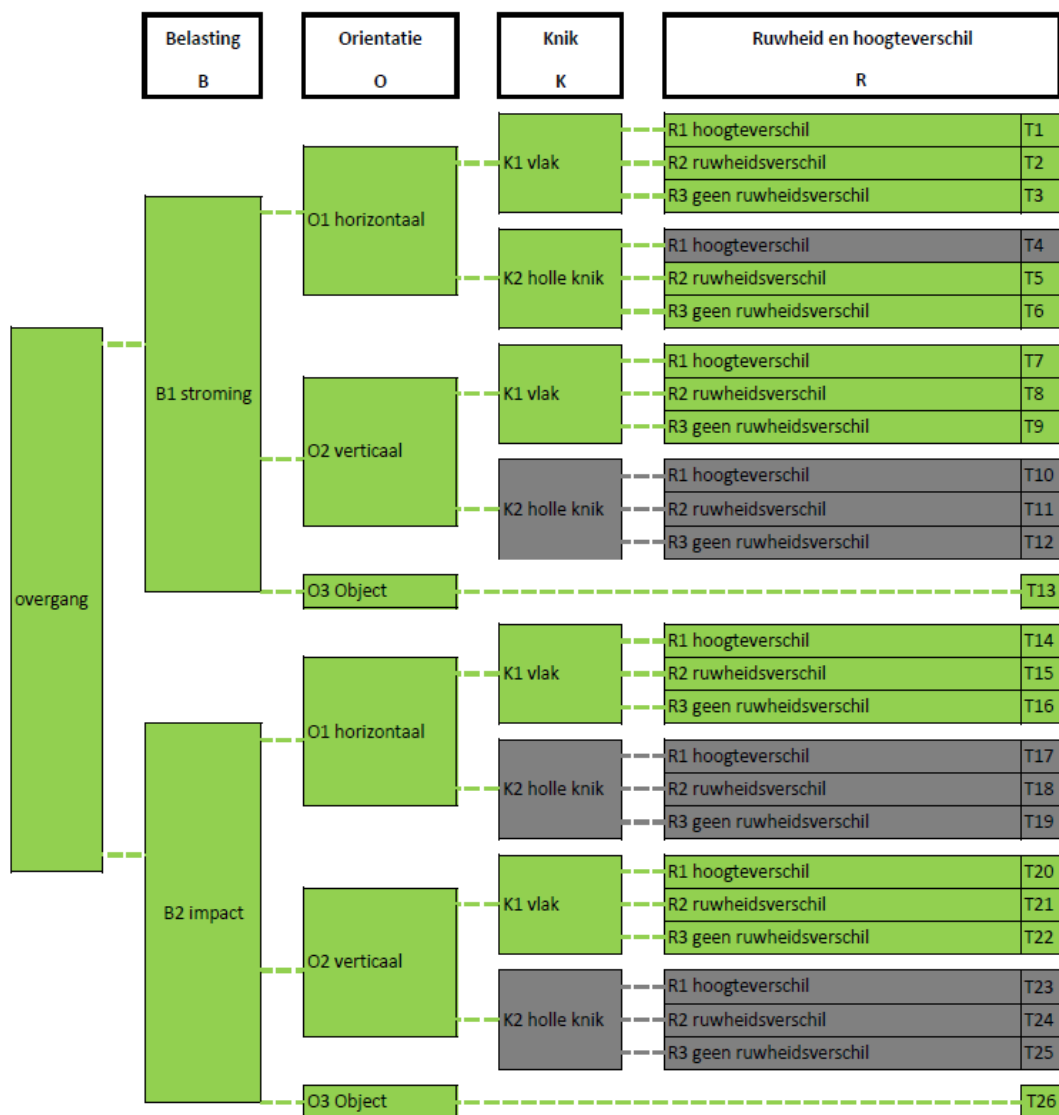
6 Literatuur

- Calle, E.O.F., en van der Meer, M., 2012, SBW Golfoverslag en bekledingen deelproject overgangsconstructies, Deltares rapport met kenmerk 1204204-011-GEO-0006-jvm
- Hoffmans, G., 2015a, WTI 2017 Onderzoek en ontwikkeling landelijk toetsinstrumentarium Product 5.8 Validatie erosiebestendigheid overgangen, Deltares report 1209437-003
- Hoffmans, G., 2015b, Invloed van overgangen op het kritieke overslagdebiet, Deltares report 1220086-016
- Rijkswaterstaat, 2012, Handreiking Toetsen Grasbekledingen op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Schüttrumpf, H.F.R., 2001, Wellenüberlaufströmung bei See-deichen, Ph.D.-th. Techn. Un. Braunschweig.
- Van der Meer, J., Hoffmans, G., Van Hoven, A., 2015, WTI Onderzoek en ontwikkeling landelijk toetsinstrumentarium Product 5.12: Analyses grass erosion in wave run-up and wave overtopping conditions, Deltares report 1209437
- Van Steeg, P., 2015, 'Predictierapport fysieke modeltesten overgangen in grasbekledingen', Deltares rapport 1220039-007-VEB-0002, versie 2, Augustus 2015
- Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013a, 'Overgangen en overgangsconstructies', Deltares rapport 1208394-HYE-0011, November 2013.
- Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013b, 'Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen' Deltares rapport 1208394-HYE-0012, november 2013
- Van Steeg, P., Klein Breteler, M. and Labrujere, A. (2014a). Design of wave impact generator to test stability of grass slopes under wave attack, *5th Conf. on the Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection, Coastlab*, 29 September. – 2 October 2014, Varna, Bulgaria
- Van Steeg, P., Klein Breteler, M. and Labrujere, A. (2014b). Use of wave impact generator and wave flume to determine strength of outer slopes of grass dikes under wave loads, *34th Int. Conf. on Coastal Engineering*, 15-20 June 2014, Seoul, Korea
- Van Steeg, P., 2014, Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen. Voorstudie ten behoeve van fysiek modelonderzoek. Deltares rapport 1209380-006, december 2014.
- Van Steeg, P., Labrujere, A., Roy, M., 2015, Transition structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator, E-proceeding of the 36th IAHR World Congress, 28-june - 3 July 2015, The Hague, The Netherlands

Van Steeg, P., 2015, Predictierapport fysieke modeltesten overgangen in grasbekledingen, Deltares rapport 1220039-007-VEB-0002, augustus 2015

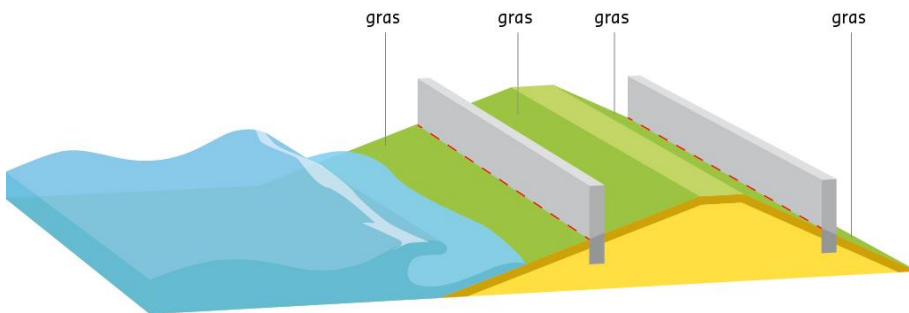
A Illustraties van verschillende categorieën overgangen

De onderstaande illustraties zijn overgenomen uit Van Steeg (2014b).

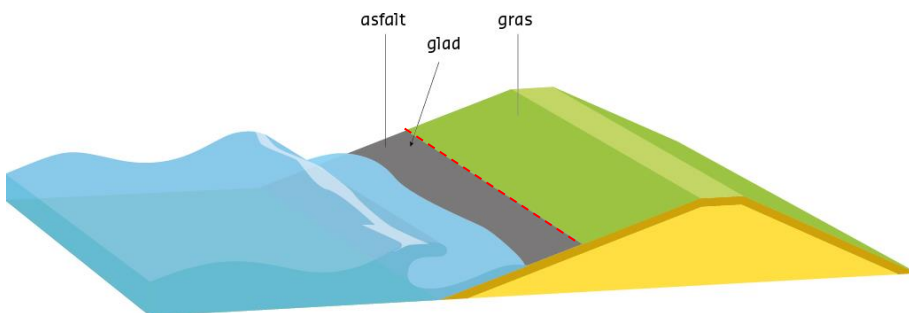


* trap-gras valt onder T8 /T21

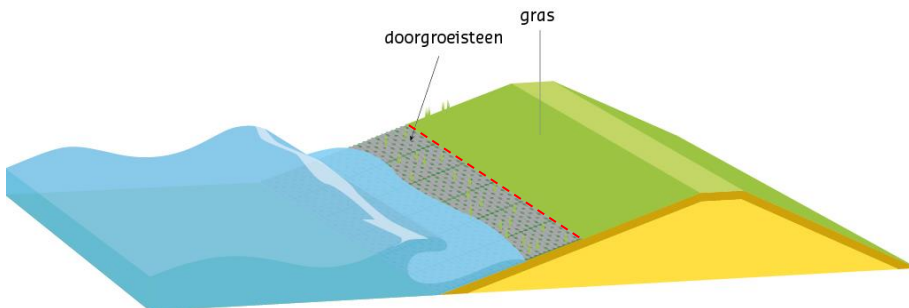
Figuur A.1 Overzicht mogelijke combinaties van type belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en hoogte- en ruwheidsverschil (H). Onderscheid is gemaakt tussen interessante typen overgangen (groen) en minder interessante overgangen (grijs).



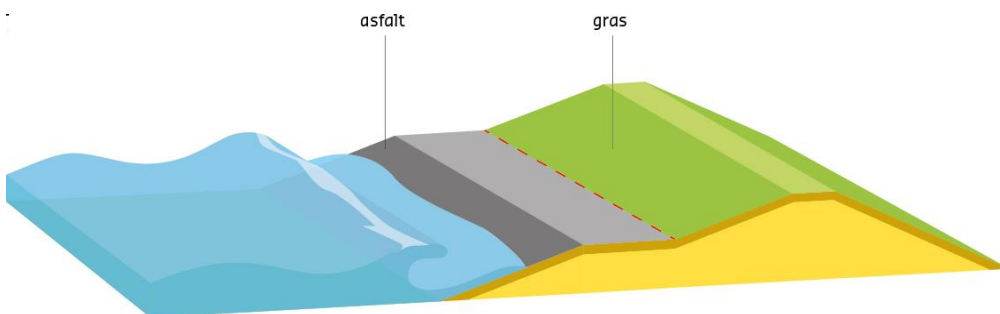
Figuur A.2 Impressie van overgang van overgangstypen T1 in stromingszone en T14 in impactzone (horizontaal, vlak, hoogteverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)



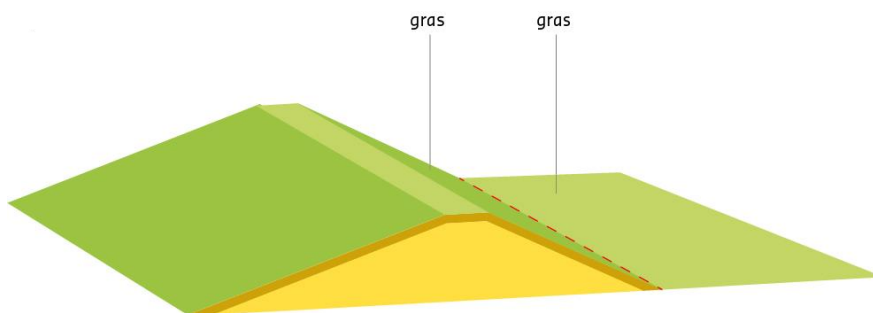
Figuur A.3 Impressie van overgang van overgangstypen T2 in stromingszone en T15 in impactzone (horizontaal, vlak, ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)



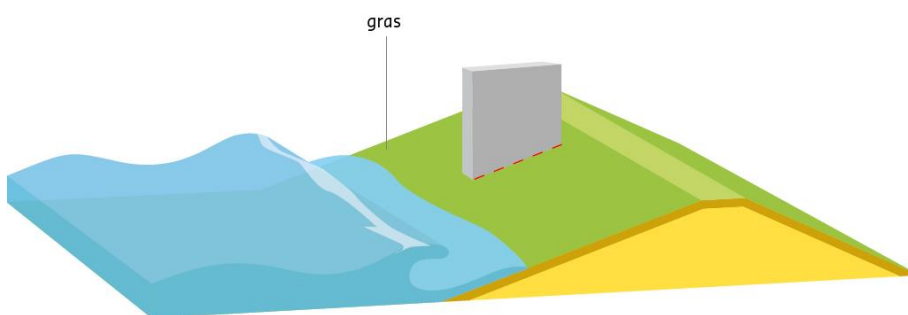
Figuur A.4 Impressie van overgang van overgangstypen T3 in stromingszone en T16 in impactzone (horizontaal, vlak, geen ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven). Er wordt hier aangenomen dat doorgroeiestenen met gras dezelfde ruwheid hebben als gras.



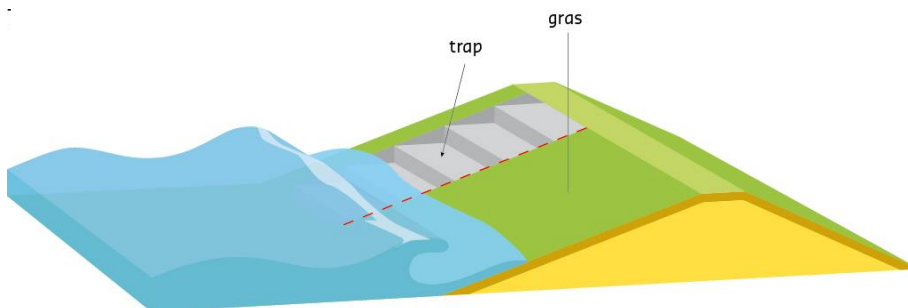
Figuur A.5 Impressie van overgang van overgangstypen T5 op buitentalud (stroming, horizontaal, holle knik, ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)



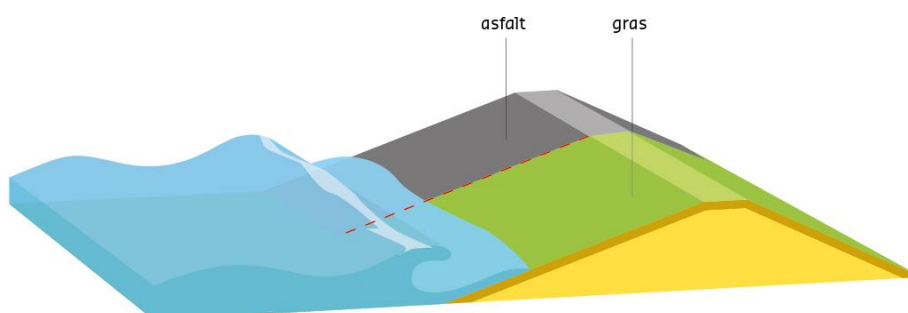
Figuur A.6 Impressie van overgang van overgangstypen T6 op binnentalud (stroming, horizontaal, holle knik, geen ruwheidsverschil)



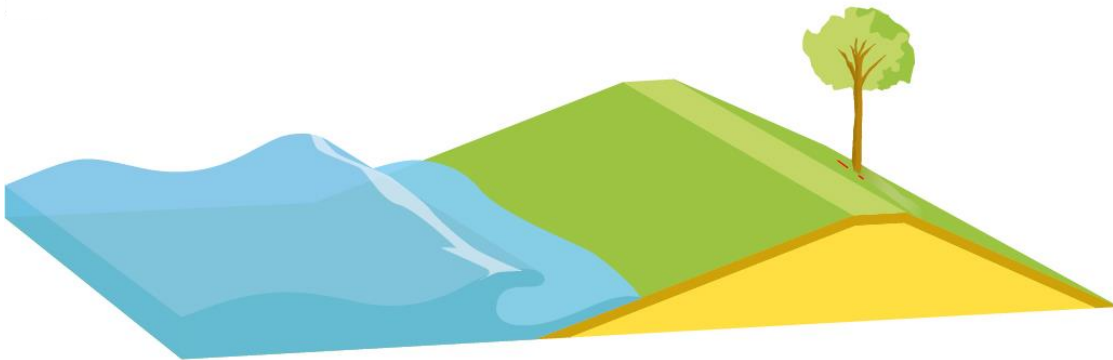
Figuur A.7 Impressie van overgang van overgangstype T7 in stromingszone en T20 in impactzone (verticaal, vlak, hoogteverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)



Figuur A.8 Impressie van overgang van overgangstype T8 in stromingszone en T21 in impactzone (verticaal, vlak, ruwheidsverschil)



Figuur A.9 Impressie van overgang van overgangstype T9 in stromingszone en T22 in impactzone (verticaal, vlak, geen ruwheidsverschil)



Figuur A.10 Impressie van overgang van overgangstypen T13 (stroming) en T26 (impact) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone op het binnentalud weergegeven)

B Verslag interviews Waterschappen

MEMO

Aan: Paul van Steeg
Deelnemers interviews

Van: Alida Galema
Kees Dorst

Onderwerp: Inventarisatie ervaringen
waterkeringbeheerders met
overgangen in grasbekledingen

Bijlage(n): 4

Kenmerk: 14i107.150305.03

Status: Definitief

Datum 06-03-2015

Inleiding en doel

In het vigerende Wettelijk Toetsinstrumentarium (WTI) en Ontwerp Instrumentarium (OI) is weinig informatie opgenomen over overgangen op waterkeringen. Hierbij valt onder andere te denken aan overgangen tussen verschillende bekledingen, maar ook overgangen tussen verschillende types waterkeringen (duinen, dijken, kunstwerken). Ten behoeve van het WTI 2017 en het OI 2018 is reeds in beperkte mate onderzoek gedaan naar de overgangen in grasbekledingen. Uit praktijkproeven is gebleken dat geknikte taluds bij teen en bermen en de aansluiting van gras naar een harde constructie of NWO (steen, beton, boom e.d.) veelal zwakke punten zijn van de waterkering.

In het deelproject 'Overgangen in grasbekledingen op primaire waterkeringen', wat onder het KPP (Kennis Primaire Processen) project 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid' van Rijkswaterstaat valt, wordt onderzoek gedaan naar overgangen in grasbekledingen. De focus van dit deelproject ligt op het ontwerpen van stabiele overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen. Deltares voert onderzoek uit om oplossingen te verkrijgen voor het versterken van deze overgangen. Het merendeel van de waterkeringen wordt echter getoetst en beheerd door waterschappen en hoogheemraadschappen. Om die reden is INFRAM gevraagd om middels het afnemen van interviews te inventariseren of beheerders overgangen met gras als zwak punt van de waterkering zien en hoe zij met overgangen in hun beheergebied omgaan.

Doel van dit memo is om een overzicht te geven van de belangrijkste punten/ bevindingen uit de interviews. Bijlage van dit memo zijn de verslagen van de interviews.

Geïnterviewde waterkeringbeheerders

Een zestal waterkeringbeheerders is geïnterviewd, dit betreffen de volgende beheerders:

- Waterschap Scheldestromen;
 - Waterschap Hollandse Delta;
-

- Waterschap Rivierenland;
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier;
- Waterschap Zuiderzeeland;
- Wetterskip Fryslân.

Dit betreffen met name waterkeringbeheerders met een groot aantal kilometers aan primaire keringen en/of een grote versterkingsopgave. Tevens behoren hiertoe beheerders met rivierkeringen, zeekeringen en/ of meerkeringen.

In totaal zijn vier interviews afgenomen. Het interview met de waterschappen Scheldestromen en Hollandse Delta is namelijk gecombineerd evenals het interview met waterschappen Zuiderzeeland en Wetterskip Fryslân. De beheerders zijn benaderd met de vraag om tijdens het interview zowel kennis vanuit de theorie (ontwerpen, toetsen) als uit de praktijk (dagelijks beheer) in te brengen.

In de interviews zijn drie hoofdvragen behandeld:

1. Erkenning: of beheerders overgangen met gras als zwak punt van de waterkering zien;
2. Beleid en maatregelen: hoe de beheerders omgaan met overgangen;
3. Participatie: hoe beheerders willen participeren in het onderzoek.

Resultaten interviews

Alle zes benaderde waterkeringbeheerders zijn bereid gevonden om op zeer korte termijn tijd vrij te maken voor een interview. In totaal is met 13 personen gesproken. De verslagen van de vier interviews zijn als bijlage bijgevoegd aan dit memo. Hieronder is een overzicht gegeven van de belangrijkste bevindingen uit de interviews.

Erkenning

Een viertal waterkeringbeheerders ziet overgangen als zwak punt van de waterkeringen:

- Hoogheemraadschap Hollandse Noorderkwartier geeft aan dat overgangen dé zwakke punten zijn op primaire keringen waar weinig aandacht voor is. Ook in de leidraden en technische rapporten zijn de handreikingen voor overgangen zeer beperkt.
- Waterschap Rivierenland constateert onder dagelijkse omstandigheden al veel schades aan overgangen. Hieruit blijkt dat overgangen zwakke punten zijn.
- Waterschap Hollandse Delta heeft veel overgangen (o.a. trappen) op de keringen in haar beheergebied en ziet overgangen als zwak punt. Met name omdat hier in het verleden geen eisen aan gesteld zijn.
- Waterschap Scheldestromen vindt overgangen een zwak onderdeel van de kering en vraagt extra aandacht voor welke typen overgangen en mechanismen bijdragen aan het abrupt falen van de dijk.

Twee waterkeringbeheerders zien overgangen meer als aandachtspunt:

- Bij Wetterskip Fryslân vindt men overgangen niet risicovol. Zij constateren weinig schades aan hun overgangen bij dagelijkse omstandigheden; veel overgangen liggen bij maatgevend hoogwater onder water of boven de golfklapzone. Overslag is niet van toepassing omdat de dijken voldoende kruinhoogte hebben. Daarnaast worden beheersmaatregelen genomen om overgangen te versterken zoals het aanbrengen van doorgroeistenen om afrastering heen.

Waterschap Zuiderzeeland ziet overgangen op primaire keringen niet als een groot probleem maar wel als een belangrijk aandachtspunt. Men vindt het wenselijk om handvaten te hebben als input voor bijvoorbeeld bestekken

of vergunningaanvragen. Door toenemende druk op de kering, zoals recreatief gebruik en andere toepassingen zullen overgangen in toenemende mate van belang worden.

Hoe vaak verschillende typen overgangen voorkomen en wat de invloed is van de overgang op de stabiliteit van de bekleding verschilt per beheergebied. De verschillende beheerders hebben aangegeven dat het is lastig is om te bepalen welke overgangen onder maatgevende omstandigheden kwetsbaar zijn en wat de gevolgen daarvan zijn voor de stabiliteit van de dijk, omdat die omstandigheden nog niet voorgekomen zijn. Bij rivierdijken worden vaak al onder dagelijkse omstandigheden schades aan overgangen geconstateerd; bij zeedijken is dit veel minder het geval. Op rivierdijken zijn ook zeer veel objecten op de kering aanwezig (bebouwing, wegen, schakelkasten e.d.).

De conclusie is dat onderstaande overgangen als kwetsbaar worden gezien en bovendien veel voorkomen:

- Langs trappen (op zowel binnen- als buitentaluud) → stroming bij oploop en overslag;
- Langs binnenkant inspectiewegen op buitenberm (met name bij zeedijken) → voornamelijk stroming bij oploop, mogelijk ook golfklap;
- In de knik buitenberm-bovenbeloop → voornamelijk stroming bij oploop, mogelijk ook golfklap;
- In de knik binnentalud – teen of binnenberm → stroming bij overslag, veelal in combinatie een weg, afrasteringen en schapenpaadjes;
- Langs (uitwaterings)constructies op het buitentaluud → langsstroming en oploop;
- Boven een harde bekleding op het buitentaluud (met name bij rivierdijken) → langsstroming, golfoploop en golfklappen.

Bij bovengenoemde overgangen treedt erosie op aan de grasbekleding. Als gevolg van doorgaande erosie verzakken constructies.

De oorzaken van schades aan overgangen zijn divers en verschillen per beheergebied. Enkele veelgehoorde oorzaken zijn:

- Gebruiksschade (rijschade aan bermen van wegen, bij trappen zonder fietsgoot en schapenpaadjes). Door zulk soort initiële schade zijn er door golf- en stromingsaanval extra aangrijpingspunten waardoor eerder erosie optreedt.
- Opstapeling bij combinaties van overgangen (knik bij teen van de dijk, i.c.m. weg, afrastering en schapenpaadjes)

Verkeerde aanleg (stellaag van zand te dik, kleilaag te dun, klei onvoldoende verdicht of slechte kwaliteit of toepassen van verkeerd materiaal)

Beleid en maatregelen

Alle zes waterschappen geven aan dat er vanuit hun organisatie geen tot zeer weinig beleid is ten aanzien van overgangen. Bij enkele beheerders is de afdeling vergunningverlening wel extra alert bij het verlenen van vergunningen voor de aanleg van trappen. De beheerders geven echter aan dat hier meer aandacht voor zou moeten zijn, ook voor toezicht op de uitvoering.

De door waterkeringbeheerders genomen beheersmaatregelen verschillen per beheersgebied. De getroffen beheersmaatregelen per waterkeringbeheerder zijn opgenomen in bijgevoegde verslagen van de interviews.

Enkele beheersmaatregelen die door meerdere waterkeringbeheerders genoemd zijn, betreffen:

- Aanbrengen kleilaag (reststerkte). De dikte van de kleilaag varieert per waterkeringbeheerder.
- Vanuit vergunning verlening aan voorkant eisen stellen (met name aan trappen).

- Aannemer strengere voorschriften opleggen en controleren (o.a. ook aandacht voor einde werk zodat overgang netjes opgeleverd wordt).
- Uitvoeren extra inspecties na hoogwater en verrichten herstelwerkzaamheden.
- Versterken overgang (o.a. middels aanbrengen van overgangsconstructies)
- Verlagen belasting overgang (o.a. door het hoger doortrekken van de bekleding op het talud).

De waterkeringbeheerders zijn nog zoekende naar goede manieren om overgangen aan te leggen en te herstellen/ versterken. Hiervoor hebben ze behoefte aan handvaten en kennis over wat wel en niet goed werkt.

Het merendeel van de geïnterviewde waterkeringbeheerders heeft een database waar (een deel van) de overgangen in opgenomen (is) zijn. Bij de meeste waterkeringbeheerders is de database (nog) niet volledig. Met name in het rivierengebied komen erg veel objecten voor op de dijken (bijv. 50.000-10.000 bomen) en is het zeer arbeidsintensief om alle objecten op te nemen in een database.

Vanuit de STOWA en Rijkswaterstaat is in het kader van het programma Professionaliseren Inspecties Waterkeringen (PIW) Digispectie ontwikkeld. Dit is een applicatie voor het digitaal opnemen en vastleggen van visuele schades. Daarnaast is de Digigids opgesteld waarin gekwantificeerde schadebeelden zijn opgenomen (<http://digigids.hetwaterschapshuis.nl>). Ook overgangen zijn opgenomen in beide instrumenten, wat moet leiden tot een verbetering van visuele inspecties. De geïnterviewde waterschappen zijn betrokken bij het PIW project.

Kennis van overgangen is van belang voor voornamelijk vergunningverlening, beheer en ontwerpen maar ook voor toetsen.

Het opnemen van overgangen in het Ontwerpinstrumentarium (OI) en het Wettelijk Toets Instrumentarium (WTI) heeft meerwaarde maar moet praktisch benaderd worden. Eerst dienen overgangen vanuit de praktijk beschouwd te worden alvorens er aan te rekenen in het WTI. Het begint met het verkrijgen van handvatten voor aanleg en beheer.

Participatie

Alle zes waterkeringbeheerders hebben aangegeven aangehaakt te willen blijven bij de voortgang van het project, kennis in willen brengen en indien nodig zich in te willen zetten om een proeflocatie beschikbaar te stellen. Op basis van bijvoorbeeld bestekstekeningen kunnen waterkeringbeheerders meer informatie verstrekken over de overgangen en overgangsconstructies en wat in de praktijk wel en niet lijkt te werken.

De namen van de contactpersonen zijn opgenomen in bijgevoegde vergaderverslagen.

De STOWA pakt de problematiek van overgangen zelf nog niet op maar het is wel verstandig om de STOWA te betrekken omdat zij voornamelijk ook naar het beheer van keringen kijken. Suggestie is om net zoals bij de projecten asfaltdijkbekleding en steenbekledingen een gezamenlijke projectorganisatie van RWS en STOWA op te tuigen.

Conclusie

Alle zes geïnterviewde waterkeringbeheerders zien overgangen in meer of mindere mate als aandachtspunt. Een viertal waterkeringbeheerders zien overgangen als zwak punt van de waterkeringen. Omgaan met overgangen is niet tot nauwelijks opgenomen in het beleid van de geïnterviewde waterkeringbeheerders. Het merendeel van de

geïnterviewde beheerders heeft wel (grotendeels) inzicht hoeveel en welke typen overgangen in hun beheergebied voorkomen.

Het is lastig in te schatten welke overgangen het meest risicovol en kwetsbaar zijn bij maatgevende omstandigheden omdat deze omstandigheden nog niet zijn voorgekomen. Een verwachting van de meest risicovolle en kwetsbare overgangen die veel voorkomen zijn weergegeven Tabel 1. Hierin is tevens onderscheid gemaakt tussen het type belasting en de type keringen.

Tabel 1 Meest voorkomende risicovolle en kwetsbare overgangen

Type overgangen	Type belastingen			Type keringen		
	Golfklap	Oploop	Overslag	Zee dijken	Rivier dijken	Meer dijken
Langs trappen		x	x	x	x	x
Langs binnenkant inspectiewegen op buitenberm	x	x		x		
In de knik buitenberm-bovenbeloop	x	x		x		x
In de knik binnentalud – teen of binnenberm			x	x	x	x
Langs (uitwaterings)constructies op het buitentalud		x		x	x	x
Boven een harde bekleding op het buitentalud (met name bij rivierdijken)	x	x (ook langsstroming)		x	x	x

De oorzaken van schades aan overgangen zijn divers en verschillen eveneens per beheergebied. Veelgehoorde oorzaken zijn gebruiksschade, opstapeling bij combinaties van overgangen en verkeerde aanleg van trappen. Gevolg hiervan is erosie van de grasbekleding en eventueel verzakken van de harde bekleding/ constructies.

Elke beheerder treft in meer- of mindere mate beheersmaatregelen om schade aan overgangen te voorkomen. Onterecht is aan overgangen landelijk weinig aandacht besteed en men heeft behoefte aan handvaten voor het omgaan met overgangen (vergunningverlening, toetsing) en praktische ervaring met beheersmaatregelen (beheer en ontwerp) om overgangen te kunnen versterken.

Alle beheerders zijn bereid om te participeren in het vervolgonderzoek naar overgangen in grasbekleding.

Bijlage: Viertel verslagen interviews

VERGADERVERSLAG

Bijeenkomst: Interview m.b.t. overgangen waterschap Rivierenland
Afschrift aan: Deelnemers
Paul van Steeg (Deltares)

Deelnemers: Sander Kapinga (WSRL, toetsing)
Jaap Bronsveld (WSRL, beleid waterkeringen)
Wim Cornelisse (WSRL), dagelijks beheerder
Kees Dorst (Infram)
Alida Galema (Infram)

Afwezig:

Opgemaakt door: Alida Galema	Kenmerk: 14i107.20150127.01
Aantal pagina's: 3	Datum: 27-01-2015
	Status : definitief

Resultaten interview:

- *Ziet u overgangen op waterkeringen als zwakke punten van de waterkeringen?*
Ja, overgangen tussen bekledingen zijn een zwak punt. Schades worden nu al geconstateerd, terwijl dat nog lang geen maatgevende omstandigheden betreffen.
- *Komt het woord overgang ergens in uw beleidstukken voor?*
Momenteel schrijft men een onderhoudsconcept voor steen- en grasbekledingen. Hierin is nog geen aandacht besteed aan overgangen, maar tijdens het interview wordt door de medewerkers van Rivierenland opgemerkt dat dat nog wel toegevoegd moet worden.
- *Heeft u een beeld hoeveel overgangen met gras in uw beheersgebied voorkomen en heeft u een database met zogenaamde niet-waterkerende objecten?*
Men is gestart met het op orde krijgen van de data. De bekledingen zijn reeds redelijk goed opgenomen in de database.
Wat betreft NWO's zijn eerst de huizen in kaart gebracht, en er zijn alleen al meer dan 50.000-100.000 bomen op keringen. Niet alle overgangen en NWO's zijn dus al opgenomen in een database. De typen overgangen en de hoeveelheden zijn nog niet bekend.
- *Aan welke overgangen worden vaak schades geconstateerd of verwacht u onder maatgevende omstandigheden schades?*
 - Basaltonbekleding naar doorgroeistenen op buitentalud → reeds geconstateerd
 - Doorgroeistenen naar grasbekleding op buitentalud → reeds geconstateerd
 - Gras naar doorgroeistenen hoger op het buitentalud onder de ondersteuning van de doorgroeistenen welke bestaat uit houten paaltjes en een houten plank. De grond verzakt en het hout verrot. → reeds geconstateerd

- Opsluitband bij steenbekleding op buitentalud → reeds geconstateerd
 - Bij trappen op buitentalud → reeds geconstateerd
 - Overgang betonnen constructie (bijv. uitstroombouw/ uitlaat) naar grasbekleding → reeds geconstateerd
 - Overgang grasbekleding naar asfaltweg op kruin van de dijk → rij schade reeds geconstateerd
 - Overgang damwand naar gras met doorgroeistenen.
 - Putten en kolkenstrengen in regionale keringen die reeds lek zijn vormen een risico. Daar is namelijk reeds initiële schade en dus aangrijpingspunten voor erosie/stromingsaanval.
 - Schades aan binnentalud geconstateerd bij overlopen van zomerkades.
 - Algemeen: veel schade aan blokkenmatten en doorgroeistenen.
- *Wat zijn de oorzaken van deze schades aan voorgenoemde overgangen?*
 - Langsstroming (met name veel schade gezien bij doorgroeistenen en bij de overgang boven de basaltbekleding op buitentalud).
 - Onderspoeling onderlaag bij trappen
 - Drijfvuil. Met name de grasbekleding boven doorgroeistenen lijkt extra gevoelig te zijn voor schade door drijfvuil. Drijfvuil veroorzaakt mechanische schade, door het langdurig schuren langs het gras.
 - Bodemleven. Muizen graven in/onder doorgroeistenen waardoor het gras in de stenen niet wil groeien.
 - Beschadiging grasbekleding door gebruik round-up of door borstelen bij bijvoorbeeld trappen. Schade bij trappen treedt ook op door uitspoeling bij regenval.
 - Gebruiksschade. Rij schade aan de randen wegen op de kruin van de dijk. Bij trappen worden fietsen omhoog verplaatst via de grasmat.
 - Verkeerde aanleg van doorgroeistenen. Grond onder de stenen wordt te zwaar verdicht of is te magere zand waardoor gras niet goed kan groeien.
- *Welke beheersmaatregelen treft u?*
 - De overgangen dienen op de kleilaag van 60 cm gelegd te worden zodat er voldoende reststerkte is als de bekleding bezwijkt. In de praktijk ligt er echter vaak een laagje zand om e.e.a. te stellen. Bij bebouwing kan de 60 cm niet gegarandeerd worden omdat dit vaak in de tuin van eigenaren zit (met moestuintjes, tegelpadjes e.d.). Huizen staan echter op plekken waar het niet heel erg stroomt of andere belastingen zwaar zijn.
 - Na hoogwater vindt inspectie plaats en worden herstelwerkzaamheden uitgevoerd. Er is echter wel behoefte aan een structurele oplossing.
 - Uit ervaring met verschillende overgangsconstructies is helder welke methoden beter of slechter werken. Bij nieuwe bestekken zullen detailtekeningen/ principes voorgeschreven worden aan de aannemer hoe de overgangen aan te leggen. Voorheen werd het overgelaten aan de aannemer welke een kostenoptimalisatie aanbracht. Gevolg was eerder schade met hogere kosten van beheer en onderhoud.
 - Verder worden geen overgangsconstructies aangelegd om overgangen van hard- naar gras te versterken of de belasting te verminderen.
- *Vind u dat het opnemen van overgangen in het OI en WTI meerwaarde heeft?*

Het dient wel in het OI en WTI opgenomen te worden, maar de regels moeten niet zodanig ingewikkeld worden dat veel tijd/geld besteed moet worden aan toetsen en ontwerpen. Vanuit de praktijk moeten maatregelen beproefd/getest en bewezen worden.
- *Welke criteria moeten gesteld worden aan mogelijke oplossingen (o.a. vanuit beheer)?*
 - De bekleding dient stabiel te zijn (geen erosie)
 - Levensduur/ degeneratie dient in beschouwing genomen te worden.
 - Regulier B&O dient toegepast te kunnen worden met normaal materieel.
 - Gemakkelijk te repareren bij schades
 - Voldoende flexibiliteit. Want de ondergrond beweegt altijd.
 - Kosten aspect.
 - Neveneffecten. Elke constructie roept mogelijk andere problemen op.
 - Goede ervaringen vastleggen en deze optimaliseren.
- *Heeft u bezwaar tegen kunststoffen in de grasmat?*

Kunststof is wellicht lastig om weg te halen bij volgende dijkverbeteringen. Alhoewel, niet lastiger dan het verwijderen van doorgroeistenen.

Degradatie speelt een rol waardoor microplastics in het ecosysteem kunnen komen. Dat leidt in de toekomst mogelijk tot schade aan mens en milieu. Versterken van gras met geotextiel lijkt echter toch wel kansrijk. Wel oppassen met de kwetsbaarheid ervan tijdens het maaien.

- *Welke goede ervaringen heeft u met overgangen?*

Grasbetonsteen (doorgroeistenen) is in principe goed maar de steen moeten goed doorworteld zijn. In de praktijk wordt deze op een stellaag van zand aangebracht of op te zwaar verdichte klei waardoor het gras niet goed groeit.

Herstel met goede grond onder doorgroeistenen gaf geen schade meer, maar met doorgroeistenen wordt de overgang verplaatst naar de rand (overgang doorgroeisteen- gras).

- *Wilt u participeren in het vervolgtraject, zo ja op welke wijze?*

- Detailtekeningen van overgangen bij diverse bestekken kunnen beschikbaar gesteld worden. Een ir bureau zou deze uit de vele bestekken kunnen filteren.
- Indien nodig kunnen proeflocaties beschikbaar gesteld worden. Contactpersoon hiervoor is Sander Kapinga of Jaap Bronsveld.
- STOWA probeert de kennis die uit onderzoeken komt op te pikken en uit te rollen. Vanuit projecten komen kennisvragen omhoog. De STOWA pakt de overgang problematiek zelf nog niet op.

Einde interview.

VERGADERVERSLAG

Bijeenkomst: Interview m.b.t. overgangen waterschap Scheldestromen (WSSS) en waterschap Hollandse Delta (WSHD)

Afschrift aan: Deelnemers
Paul van Steeg (Deltares)

Deelnemers: Hans v/d Sande (WSSS, toetsing, ontwerp)
Martin Evers (WSHD, toetsing)
Marieke Hollebek (WSHD, toetsing)
Arie Breeman (WSHD, beheerder)
Yede Bruinsma (WSHD, toetsing)
Kees Dorst (Infram)
Alida Galema (Infram)

Afwezig:

Opgemaakt door: Alida Galema

Kenmerk: 14i107.20150204.01

Aantal pagina's: 4

Datum: 02-02-2015

Status : concept

Resultaten interview:

- *Ziet u overgangen op waterkeringen als zwakke punten van de waterkeringen?*
WSHD:
 - Ja, overgangen tussen bekledingen van harde- naar zachte bekleding zijn een zwak punt.WSSS:
 - Ja, overgangen zijn een zwak punt.

- *Aan welke overgangen worden vaak schades geconstateerd of verwacht u onder maatgevende omstandigheden schades?*
WSHD:
 - Overgang steenbekleding grasbekleding onder dagelijkse omstandigheden in de olopzone. Op meerdere locaties is de harde bekleding niet hoog genoeg doorgetrokken op het talud, waardoor de overgang steen- naar grasbekleding in de golfklapzone zit. Bij hoogwater zit de betreffende overgang onder water.
 - Bij een peilschaal met basalt er omheen ter plaatse van het Calantkanaal is erosie om de paal heen geconstateerd (geen filterwerking). Hetzelfde is eens gezien bij een paal met asfalt er omheen waar de grond onder het asfalt uitspoelde.
 - Trappen. Er zijn veel trappen aanwezig, en in het verleden werden hier geen eisen aan gesteld bij de aanleg van een trap. Aan recentelijk aangelegde trappen zijn wel eisen gesteld, en deze zijn sterker.

- Bij bebouwing, schakelkasten, kleine transformator kubussen vlak bij de teen van het talud bij overslag. Hier zijn namelijk geen extra voorzieningen getroffen. In het beheergebied van Hollandse Delta is echter weinig overslag. De HWBP-2 dijken zijn ontworpen op 1 l/m/s overslag.
- Uitstroomconstructies, afwateringsputten en dergelijke. Hier treedt schade aan de grasbekleding op bijvoorbeeld langs de damwand of de constructie zelf.

WSSS:

- Veel bekledingen en overgangen zijn afgelopen jaren opnieuw aangebracht. Bij de overgangen van harde- naar zachte bekleding is klei aangebracht. Alle andere overgangen zitten op de berm of boven MHW.
- Knikken in grasbekleding worden extra zwaar belast.
- De teen van het binnentalud in combinatie met een inspectie pad wordt zwaar belast bij overslag. Hier speelt mee dat er bij de teen een knik zit en een overgang van gras- naar harde bekleding met ruwheidsverschil en/of hoogteverschil.
- Inspectiestrook op buitenberm in combinatie met knik in de grasbekleding als overgang naar bovenbeloop. De sterkte is afhankelijk van dikte van de kleilaag. Hier is pas sinds enkele jaren aandacht voor.

- *Wat zijn de oorzaken van deze schades aan voorgenoemde overgangen?*

WSHD:

- Trap zonder fietsgoot. Doordat fietsen over de grasmat gereden worden, is de grasmat beschadigt en ontstaat een gootje waar het regenwater langs stroomt en de grond verder erodeert.
- Rijschade langs wegen. De wegen zijn vaak zo smal dat twee auto's elkaar niet kunnen passeren zonder door de berm te rijden.
- Golfbelasting op (te lage) overgangen
- Erosie rond objecten door stroomcontracties

WSSS:

- Afwatering van de weg ter plaatse van knik bij de teen van de dijk. Wegen langs de teen van het talud dienen naar de buitenzijde af te wateren, maar wateren in de praktijk vaak naar beide kanten af. Gevolg is dat langs de weg aan de kant van de dijk, ter plaatse van de knik, de graskwaliteit verslechterd en dat bij onderhoud (maaïen) de grasbekleding en ook een daaronder liggende wig grond wordt verwijderd. Hierdoor wordt ook het talud bij de teen van de dijk steiler. Tevens is op enkele plaatsen drainage aangebracht om verweking tegen te gaan, of zijn afwateringsputten in de knik aangebracht. Oplossing is om de weg verder van de teen van de dijk aan te brengen (meer landinwaarts).
- Afrastering in knik van de teen van de dijk. De teen van de dijk is al een zwak punt, maar door aanbrengen van afrastering wordt deze overgang nog zwakker. Mede omdat hierlangs vaak schapenpaadjes ontstaan. Oplossing is om de afrastering hoger op het talud (in het talud) aan te brengen of juist voorbij de knik op de vlakke berm.
- Rijschade bij wegen langs de teen van de dijk.
- Combinaties van bovenstaande oorzaken waardoor opstapeling van zwakke punten plaatsvindt.

- *Welke beheersmaatregelen treft u?*

WSHD:

- Aan de overgang van steenbekleding met een betonband naar grasbekleding op onderberm werd voorheen schade geconstateerd. Door middel van het aanbrengen van doorgroeiënen in de grasbekleding, is dit opgelost.
- Strengere eisen zijn gesteld aan vergunningen voor trappen. Gevolg is dat de recentelijk aangelegde trappen minder kwetsbaar zijn. In de praktijk worden eisen echter niet altijd nageleefd. Hierbij valt te denken aan de eis dat maximaal 1 cm zand onder de trap aangelegd mag worden om de trap te stellen terwijl in de praktijk toch vaak meer dan 3 cm zand gebruikt is. Op zich niet heel erg want het zand wordt wel altijd met cement gestabiliseerd.

WSSS:

- Onder en naast trappen moet nu een kleilaag van minimaal 1,4 m dik worden aangebracht. Bij een ontwerp met overslag van 1 l/m/s betreft de dikte van de kleilaag vanaf de berm tot het binnentalud 1.40 m.

- Aandacht voor einde werk zodat de overgang netjes opgeleverd wordt.
 - Ter plaatse van knikken in het talud de harde bekleding verder doortrekken.
 - Bij 10% van de trappen zijn de beheersmaatregelen goed. De rest blijft zwak. Gedacht kan worden aan het aanbrengen van noodmaatregelen bij dreiging zoals het aanbrengen van stenen op het talud bij de trap. Ook kan ter plaatse van de trap de kruin hoger worden aangelegd om de contraherende stroom verder van de trap af te leiden. Zulke maatregelen zijn echter nog niet opgenomen in het draaiboek.
- *Komt het woord overgang ergens in uw beleidstukken voor?*
 WSHD:
 - Nee, vanuit beleid en vergunningen zijn geen bijzondere eisen aan overgangen gesteld. Nieuwe woningen in de dijk worden echter niet toegestaan. Aan reeds aanwezige bebouwing wordt geen extra aandacht besteed.
 - In het hellende vlak zijn de vergunningen wel aangepast (trappen), maar nog niet in het horizontale vlak.
 - Er schort iets aan het toezicht. Door gemeentes worden namelijk trappen aangebracht op de primaire waterkeringen, zonder dat toestemming is gevraagd aan het waterschap.
- *Heeft u een beeld hoeveel overgangen met gras in uw beheersgebied voorkomen en heeft u een database met zogenaamde niet-waterkerende objecten?*
 WSHD:
 - Nee. In GIS zijn alleen de steenzettingen te onderscheiden, maar niet de overgangsconstructies (opsluitbanden e.d.). Alleen als het waterschap zelf trappen aanlegt worden ze opgenomen in GIS.
 - Het programma Maximo is ondersteunend aan de voor- en najaarsinspectie. Elka jaar wordt een aandachtspunt meegegeven aan de inspecteurs. Voor 2015 zullen dat waarschijnlijk de overgangen zijn.
 WSSD:
 - Ja, de database is bijna volledig.
 - Dijkpalen zijn wel opgenomen maar andere kleine objecten (bankjes en afrasteringen) niet. Hiervoor zijn selectiecriteria opgesteld zodat duidelijk is welke objecten (o.b.v. afmetingen) al of niet op te nemen in de database.
- *Welke criteria moeten gesteld worden aan mogelijke oplossingen (o.a. vanuit beheer)?*
 - Aard van diverse overgangen onderscheiden (is reeds gedaan in het onderzoek).
 - Rekening houden met concentratie van zwakke punten om opstapeling van effecten te voorkomen (bijv. teen van de dijk met afrastering en een weg).
 - Nadruk op overgangen op zwaar belaste plekken.
 - Het inkassen van maatregelen (in talud verzonken of er bovenop) ook in het kader van beheerbaarheid. Bij opsluitbanden welke op dezelfde hoogte liggen als het talud maar iets hellend zijn ten opzichte van de rest van het maaiveld, wordt de grasbekleding vaak beschadigd tijdens het maaien.
 - Herstelbaarheid van schade van de oplossingsrichting.
 - Uitbreidbaarheid van de oplossingsrichting.
- *Vind u dat het opnemen van overgangen in het OI en WTI meerwaarde heeft?*
 - Deels wel omdat de kans groot is dat het bij overgangen misgaat. Overgangen horen echter (gedeeltelijk) bij de zorgplicht thuis omdat veel geregeld kan worden in beheer. Overgangen hebben echter wel een faalkans en zullen daarom ook (gedeeltelijk) opgenomen moeten worden in de toetsing.
 - De kansbijdrage is onbekend. Voorkomen moet worden dat toetsen duurder is dan het nemen van maatregelen (versterken overgang). Er zal dus een combinatie van toetsen en het treffen van maatregelen gemaakt moeten worden.
 - Voor het toetsen van overgangen dient een classificatie aangebracht te worden (bijv. op basis van de hoeveelheid golfaanval) voor verschillende overgangen.

- *Heeft u bezwaar tegen kunststoffen in de grasmat?*
 - Niet vanuit technische toepasbaarheid. Bij dijkversterkingsprojecten wordt de oude grasbekleding ook afgevoerd. Het lijkt geen probleem te zijn als daar dan een geotextiel in zit. Wel moet bekeken worden hoe het geotextiel en de grond vervolgens gescheiden kunnen worden.
 - De herstelbaarheid bij schade is een aandachtspunt.
 - Bij WSHD worden honingraat platen (grindstabilisatieplaten) in de grasbekleding niet meer geaccepteerd omdat het aanbrengen en repareren ervan lastig is. Tevens zijn de honingraat platen aan de onderkant bijna dicht, waardoor de worteltjes van het gras er niet doorheen kunnen groeien. Daarnaast treed kolomwerking op omdat de worteltjes niet in horizontale richting kunnen groeien.

- *Wat zijn volgens u belangrijke aandachtspunten bij dit onderzoek? Wat wilt u ons nog meegeven?*

WSHD:

 - In 2013 is door hevige regenval een regionale kering bezweken. Oorzaak was een afrit (zonder klei er onder) met verkeersborden en vangrail in combinatie met hevige regenval. Ter plaatse van de paaltjes van de vangrail is door verweking de dijk afgeschoven.
 - Binnen het beheergebied van Hollandse Delta worden bij hoogwater voorliggende keringen gesloten waardoor de achterliggende keringen minder belast worden. Dit beperkt tevens de hoogte van de waterstand.

WSSS:

 - Mogelijke oplossingen zijn: i) belasting verminderen door kruin ter plaatse van trappen op het binnentalud te verhogen, ii) belasting verminderen bij teen van de dijk door talud daar flauwer te maken, iii) rasterwerken (grasversterking) in de graszode te drukken.
 - Aandacht zetten op wat voor overgangen en mechanismen bijdragen aan het abrupt falen van de dijk.
 - Om en nabij de golklapzone zijn de belastingen groot en dus zwakke punten.
 - Golf- oploop en neerloop heffen elkaar op en is daardoor minder belastend dan overslag.
 - Overgangen aan de teen van het binnentalud worden zwaarder belast dan overgangen op het boventalud en dus kwetsbaarder.

- *Wilt u participeren in het vervolgtraject, zo ja op welke wijze?*

WSHD:

 - Vanuit de techniek wil men graag participeren. De bestuurders moeten echter eerst geprikkeld worden om hier capaciteit voor vrij te kunnen maken of om een proeflocatie beschikbaar te stellen.
 - Yede Bruinsma is contactpersoon voor concrete vragen.

WSSS:

 - Ja, Hans van der Sande is contactpersoon voor concrete vragen.

- *Is dit een onderwerp wat door de STOWA opgepakt moet worden?*
 - Ja, de STOWA kijkt vooral naar het beheer. Eventueel kan ook bij het HWBP aangeklopt worden.

Einde interview.

VERGADERVERSLAG



Bijeenkomst: Interview m.b.t. overgangen Waterschap Zuiderzeeland (WSZZ) en Wetterskip Fryslân (WSF)

Afschrift aan: Deelnemers
Paul van Steeg (Deltares)

Deelnemers: Andre Zijlstra (WSF, Projectleider, technisch manager versterkingsprojecten)
Ria Janzen (WSF, Veiligheidstoetsing waterkeringen)
Oanne van Dijk (WSF, Beheerder waterkeringen)
Jan Boezeman (WSZZ, Opzichter waterkeringen)
Jes Kaihatu (WSZZ, Beleidsadviseur waterkeringen)
Alida Galema (Infram)
Wing Hong Wong (Infram)

Afwezig:

Opgemaakt door: Wing Hong Wong

Aantal pagina's: 5

Kenmerk: 14i107.20150211.01

Datum: 11-02-2015

Status : definitief

Resultaten interview:

- *Ziet u overgangen op waterkeringen als zwakke punten van de waterkeringen?*

WSF:

- Onze overgangen bevinden zich hoog op het talud. Doordat maatgevend hoogwater niet voorgekomen is, hebben we weinig schades geconstateerd bij de overgangen. Tevens is uit proeven op de dijken in Friesland gebleken dat de overgangen pas bezwaken bij omstandigheden hoger dan maatgevend hoogwater in Friesland. Daarnaast hebben de dijken voldoende overhoogte en komt golfoverslag niet voor. Wij zien overgangen daarom niet als een groot risico.

WSZZ:

- Wij zien de overgangen niet als een groot problemen, maar meer als belangrijk aandachtspunt.

- *Aan welke overgangen worden vaak schades geconstateerd of verwacht u onder maatgevende omstandigheden schades en wat zijn de oorzaken hiervan?*

WSZZ:

- De maatgevende condities zijn nog niet opgetreden waardoor de overgangen nooit met maatgevende belasting beproefd zijn;
- Op enkele locaties zijn windmolens gesitueerd in het binnenbeloop van de dijk. Bij dagelijkse omstandigheden zijn uitspoelingen geconstateerd rondom windmolens wat door hemelwater veroorzaakt wordt. Bij golfoverslag tijdens storm zijn deze overgangen potentiële zwakke punten;
- Binnenberm door regenwater (knik)
- Voor taludtrappen hebben wij een ontwikkeling meegemaakt in de laatste tientallen jaren
 - In het verleden hadden we houten trappen met een doek eronder. Hier zagen we veel uitspoelingen waardoor deze niet meer worden toegestaan;
 - Vervolgens is de overstap gemaakt naar betonnen trappen zonder gestabiliseerd zand. Deze zijn vaak omsloten doormiddel van een betonband. Bij regenwater zie je al uitspoeling langs de betonband. Verder zijn er geen fietsgoten waardoor er rijschades ontstaat langs de trappen wat weer tot uitspoeling leidt;
 - Ondertussen worden sinds enkele jaren nieuwe trappen die op gestabiliseerd zand aangebracht. Langs de trappen wordt een strook grasbetonstenen aangelegd welke fungeren als overgangsconstructies op het gras;

- *Welke beheersmaatregelen treft u?*

WSF:

- Op basis van resultaten van golfoverslag- en golfklapproeven zijn reeds enkele beheersmaatregelen genomen zoals het anders aanleggen van trappen. De beproefde taludtrappen zijn opnieuw aangepakt. Hierbij is er zand met een meter klei onder de taludtrap aangebracht. Verder is een cunet in betongranulaat gezet.
- Afgesproken is dat taludtrappen met een overslag van meer dan 0,1 l/s/m aangepakt worden. Na een beschouwing bleek dat er geen trappen zijn die onder maatgevende condities blootgesteld worden aan een overslag van meer dan 0,1 l/s/m.
- Bij groene dijken is onder de dwarsafasteringen op het zand een zanddichte doek van 12 m breed aangelegd. Daarboven ligt anderhalf meter klei. Dit kan gezien worden als een verborgen bekleding.
- Bij opritten (met name buitendijks) wordt de volgende opbouw gehanteerd:
 - Naast de asfaltweg liggen grasbetontegels;
 - Onder de asfaltweg ligt 40 cm aan hoogovenslakken. De hoogovenslakken steken aan beide kanten 50 cm uit en lopen over de klei heen;
 - Daaronder ligt een cunet wat even breed als het asfalt;
 - Daaronder ligt anderhalf meter klei.
- Aanbrengen doorgroeistenen. Hierin maken wij wel een onderscheid tussen type A en type B doorgroeistenen:
 - Type A: Dit zijn doorgroeistenen met langsgroeven. Deze doorgroeistenen worden veelal langs een weg geplaatst;

- Type B: Dit zijn doorgroeistenen met dwarsgroeven. Deze stenen plaatsen we vaak boven de glooiing. Als het water oploopt zal er minder snel uitspoeling optreden.

Bij het plaatsen van de doorgroeistenen houden we dus rekening met de ligging,

- o Doorgroeistenen rondom afrasteringen. We plaatsen eerst de stenen, vervolgens gaan de palen er doorheen. Daarna zouden de palen boven de stenen ingezaagd moeten worden zodat bij hoge belastingen de paal breekt en de bekleding niet aangetast wordt.

WSZZ:

- o Aan de voorkant in het vergunningentraject wordt op overgangen gelet. Een voorbeeld hiervan is een vergunningaanvraag voor een taludtrap. Hierbij heeft het waterschap voorgesteld om de trap te integreren in de basaltbekleding zodat er geen kwetsbare overgang aanwezig is.

- *Komt het woord overgang ergens in uw beleidstukken voor?*

WSF:

- o Overgangen komen niet voor in het beleid van Wetterskip Fryslân. De werknemers regelen dit zelf op basis van de kennis en ervaringen die ze hebben op het gebied van bekleding en overgangen. Hierbij valt te denken aan het vermijden van NWO's in het beoordelingsprofiel.

WSZZ:

- o Bij Waterschap Zuiderzeeland zijn overgangen ook niet in het beleid opgenomen. Het is wenselijk om handvaten te hebben als input voor bijvoorbeeld een bestek of een vergunningaanvraag.
- o Er worden geen vergunningen afgegeven voor het aanbrengen van houten trappen.
- o Door toenemende druk op de kering, zoals recreatief gebruik en andere toepassingen zullen overgangen in toenemende mate van belang worden.

- *Voor welke processen binnen het waterschap zijn overgangen van belang?*

WSF:

- o In de toetsing worden overgangen meegenomen.
- o Bij vergunningverlening wordt niet expliciet naar overgangen gekeken maar met name naar NWO's.
- o Met de toetsing wordt de invloed van overgangen en met name NWO's zoveel mogelijk meegenomen.
- o Bij het ontwerp wordt er niet expliciet aandacht besteedt aan overgangen. Wel ervaringen vanuit beheer.

WSZZ:

- o Binnen het beheersgebied van Zuiderzeeland zijn meerdere verkeersovergangen op de primaire waterkeringen gesitueerd. Denk hierbij aan wegen en rotondes. Hierdoor zijn overgangen zeer relevant voor vergunningverlening.
- o De overgangsconstructies krijgen bij ons ruimte in de toetsrapportages. Behalve de overgangconstructies bij steenzettingen, waarbij enkel wordt getoetst op het spoor 'invloed overgang op toplaagstabiliteit van de steenzetting', zijn er geen toetsregels voor overgangsconstructies. Op basis van het beheerdersoordeel nemen wij de overgangsconstructies op in de toetsrapportages; waarbij het met name gaat om de kwaliteit van de grasmat bij de aansluiting van de grasmat op de betreffende NWO's

- De overgangen krijgen al aandacht in de bestekken. Er zijn voor overgangen landelijk echter geen handvaten gegeven. Het helpt als bij het toetsen, ontwerpen en de vergunningverlening handvaten beschikbaar zijn voor overgangen.
- *Heeft u een beeld hoeveel overgangen met gras in uw beheersgebied voorkomen en heeft u een database met zogenaamde niet-waterkerende objecten?*

WSF:

 - Waarschijnlijk wel, maar dat kan niet met zekerheid gezegd worden. Ria gaat dit na.

WSZZ:

 - Veel gegevens zitten in het beheerregister, maar het is niet compleet. Kleine objecten, zoals verkeersborden, staan er bijvoorbeeld niet in.
 - De overgangen staan tevens in de toetsrapporten. Hierbij betreft het grote objecten, en niet kleine objecten zoals verkeersborden.
- *Welke criteria moeten gesteld worden aan mogelijke oplossingen (o.a. vanuit beheer)?*

WSZZ:

 - Men moet in staat zijn om grasmatten te herprofilieren of de taluds te egaliseren.
 - Toepassen van doelmatig en efficiënt dijkbeheer. De invulling kan per beheerder verschillen. Hierbij valt te denken aan inspecteerbaarheid, maaien niet kostenverhogend en dergelijke.
- *Vindt u dat het opnemen van overgangen in het OI en WTI meerwaarde heeft?*

WSZZ:

 - Er zijn geen handvaten voor overgangen. Dit is wel gewenst. Het is niet wenselijk dat bijvoorbeeld bepaalde overgangen toegestaan worden bij vergunningaanvragen, en deze overgangen vervolgens tijdens de toetsing afgekeurd worden.
- *Wilt u participeren in het vervolgtraject, zo ja op welke wijze?*

WSF:

 - Voor het inbrengen van kennis of het bespreken van mogelijkheden voor het beschikbaar stellen van proeflocaties kan er contact opgenomen worden met Ria Janzen.

WSZZ:

 - Voor het inbrengen van kennis of het bespreken van mogelijkheden voor het beschikbaar stellen van proeflocaties kan er contact opgenomen worden met Jes Kaihatu.
- *Is dit een onderwerp wat door de STOWA opgepakt moet worden?*

WSF:

 - Lastig te zeggen.

WSZZ:

 - Ja, dit is een onderwerp wat door STOWA opgepakt moet worden. Dit past in het werk wat STOWA uitvoert.

Overige informatie welke aan bod is gekomen tijdens het interview:

Wetterskip Fryslân

- Wij hebben twee typen dijken, namelijk circa 70 km dijk met steenbekleding met een asfaltglooiing erboven die doorloopt tot 6 à 7 m + NAP. Daarboven zit gras. De kering heeft een taludhelling van 1 op 5. Verder hebben we ook een groene dijk. Daar zit om en nabij 4 m + NAP een pad van doorgroeistenen. Het pad is aangelegd ten behoeve van de bereikbaarheid bij calamiteiten. Het is echter nooit gebruikt.
- Bij Ameland hebben we keringen met een bekleding van klinkers. Tussen de klinkers groeit er gras. Bij stormen onder niet maatgevende condities stript het gras eraf maar blijven de klinkers gewoon liggen. Tijdens maatgevende condities liggen de klinkers zo ver onderwater dat belastingen door golfklap niet kan optreden.
- We hebben stroken met Noorse keien. In het verleden hebben we die eruit gehaald en gewogen. Maar dat is niet te toetsen omdat er niet veel informatie over beschikbaar is. Het komt bijvoorbeeld voor dat men bij een ogenschijnlijk kleine kei verwacht dat die bij een storm makkelijk weg zal spoelen. Na het uitgraven van de kei bleek deze een lengten van 75 cm te hebben.
- Na de 2^e toetsronde hadden we voor vrij veel bekledingen geen oordeel. Voor de 3^e toetsronde hebben we veel gegevens verzameld en in Steentoets ingevuld. Toen bleek in Steentoets een groot grijs gebied aanwezig te zijn.
- Overgangen tussen asfalt en doorgroeistenen kunnen aandachtspunten zijn. Wanneer het gras is er is opgegroeid, hebben golven aangrijppunten bij die overgangen omdat er een hoogteverschil tussen het asfalt en het gras is.

Waterschap Zuiderzeeland

- Op IJsselmeerdijk tussen Lelystad en de Ketelbrug is een bekleding van betonzuilen aanwezig wat aansluit op een grasbekleding. De betonzuilen zijn afgedekt met een laagje grond en gras. We hebben in de praktijk meegemaakt dat tijdens een storm de graszode bovenop de betonzuilen erodeerde. De onderliggende betonzuilen waren wel voldoende erosiebestendig tijdens die storm.
De betonzuilen sluiten hoger op het talud aan op een grasbekleding. Het is de vraag wat er gebeurt met de overgang tussen de betonzuilen en de grasbekleding wanneer deze belast worden door golfaanvallen bij stormen.
- Binnen waterschap Zuiderzeeland zijn er mensen die de stormramp hebben meegemaakt. Zij zeggen dat de zwakke punten toen in de overgangen zaten, zoals bij de op- en afritten en bij bijzondere constructies.

Einde interview.

VERGADERVERSLAG

Bijeenkomst: Interview m.b.t. overgangen Hoogheemraadschap
Hollands Noorderkwartier

Afschrift aan: Deelnemers
Paul van Steeg (Deltares)

Deelnemers: Ruud Joosten (HHNK)
Roy Mom (Infram)
Alida Galema (Infram)

Afwezig:

Opgemaakt door: Alida Galema

Kenmerk: 14i107.20150213.01

Aantal pagina's: 3

Datum: 13-02-2015

Status : Definitief

Resultaten interview:

- *Ziet u overgangen op waterkeringen als zwakke punten van de waterkeringen?*
Absoluut, het zijn dé zwakke punten en er is weinig aandacht voor. Ook in de leidraden en technische rapporten zijn de handreikingen voor overgangen zeer beperkt.
- *Komt het woord overgang ergens in uw beleidstukken voor?*
Nee. Voorheen (ca. 10 jaar geleden) is er een beleidsadvies opgesteld voor beheer en vergunningen met betrekking tot trappen. Hierin was o.a. opgenomen dat er klei onder een trap aangebracht moest zijn, en dat de rand van de trap verdiept aangebracht moest zijn ten opzichte van het maaiveld (zodat er over heen te maaien is).
Na fusies en dergelijke is dit beleidsadvies uit het zicht geraakt en wordt het niet meer toegepast. Tevens is er geen specifieke aandacht voor in het inspectieprotocol.
- *Heeft u een beeld hoeveel overgangen met gras in uw beheersgebied voorkomen en heeft u een database waarin overgangen opgenomen zijn?*
Ja, de meeste overgangen zijn middels een GIS te benaderen. Ook objecten zoals bankjes, hekjes en dergelijke zijn op te vragen. Men is momenteel bezig met het op orde brengen van de (beheer)gegevens.
- *Aan welke overgangen worden vaak schades geconstateerd of verwacht u onder maatgevende omstandigheden schades?*
Voor zover bekend zijn er onder de opgetreden belastingen geen schades ontstaan. Verwacht wordt dat onder maatgevende omstandigheden wel schades aan de volgende overgangen ontstaan:
 - Asfaltdekkingsbepaling op de buitenberm welke in sommige gevallen is opgesloten middels een trottoirband. In sommige gevallen loopt het asfalt deels tot onder de andere bekleding.
 - Binnenteen bij overslag. Circa 2 meter uit de teen is vaak een weg waarbij vaak drainage in de berm aanwezig is.

- Trappen (bij zeedijken zowel aan de binnen- als buitenzijde en bij meerdijken vooral aan de binnenzijde)
 - Opritte/dijkovergangen, al dan niet met asfalt of granulaat verhard.
 - Bebouwing op kruin.
 - Overgangen tussen harde bekledingen en gras (veel in de oplooptoneel)
 - Knikken tussen talud en horizontaal (de knik is vaak nat)
- Uitstroomopeningen liggen vaak onder maatgevend hoogwater en worden daardoor niet zwaar belast.
- *Wat zijn de oorzaken van deze schade aan voornoemde overgangen?*
Ruud heeft geen informatie over schade die onder dagelijkse omstandigheden geconstateerd worden dan wel de oorzaken daarvan. Wel verwacht hij dat de volgende punten invloed hebben op de sterkte van overgangen:
 - Rijschade aan bermen van wegen op dijken verzwakken de overgang.
 - Combinaties van overgangen zoals bij de teen van de dijk, met een asfaltweg, drainage en afrastering dicht bij elkaar.
 - Openingen tussen grasbekleding en harde bekleding/ constructie. Naar verloop van tijd ontstaat een kier tussen de grasbekleding en harde bekleding of grasbekleding en constructie zoals een gemaalwand.
 - *Voor welke processen binnen het waterschap is kennis over de sterkte van overgangen van belang?*
Voor beheer (inspectie diagnostiek en prognosticeren) en ontwerp (dijkversterkingen). In de eisenspecificatie behorende bij de dijkversterkingen dienen punten opgenomen te worden met betrekking tot overgangen zodat de opdrachtnemer hier aandacht voor heeft. Daarvoor zijn nu feitelijk geen handvatten, dus zijn de oplossingen in ontwerpen niet objectief op deugdelijkheid te beoordelen.
 - *Welke beheersmaatregelen treft u?*
Eventuele beheersmaatregelen kent Ruud niet uit de rapportages, berichten of overlevering. De verwachting is daarom dat er geen beheersmaatregelen door beheer genomen worden m.b.t. overgangen omdat er geen aandacht voor is. Tevens is het lerend vermogen van beheer zeer gering als gevolg van vele personele wisselingen door de tijd heen per beheerobject. Voorheen werd er in het beheergebied van HHNK echter wel veel doorgroeiende toegepast. Nadien, vanaf 1999 zijn die echter allemaal verwijderd in verbeterprojecten omdat ze als niet al adequate steenzetting werden gezien, en de grasmat er erg fragmentarisch was.
 - *Vind u dat het opnemen van overgangen in het OI en WTI meerwaarde heeft?*
Opnemen in het WTI is te formeel en het is nog te vroeg om te rekenen aan overgangen. Eerst dient er bij gebrek aan goede en gevalideerde oplossingen en bijbehorende rekenmethoden vanuit de praktijk naar gekeken te worden. Het begint met het verkrijgen van handvatten voor aanleg en beheer. Het toepassen van reststerkte hoort bij een scherpe toetsing. Niet voor het ontwerp. Ruud ziet het aanbrengen van een extra dikke kleilaag/ betere kwaliteit klei bij overgangen dan ook niet als een oplossing. Aandachtspunt is dat in erosiebestendige klei het gras slecht kan wortelen.
 - *Welke criteria moeten gesteld worden aan mogelijke oplossingen (o.a. vanuit beheer)?*
 - Haalbaarheid
 - Maakbaarheid: niet alleen toepasbaar voor nieuw aan te leggen overgangen maar ook het aanpassen/ repareren van al aanwezige overgangen.
 - Controleerbaarheid
 - Repareerbaarheid van overgangsconstructie
 - Beheer c.q. onderhoud uit te voeren met regulier materieel
 - Geen kwetsbaarheid bij dagelijks gebruik van de waterkering
 - *Heeft u bezwaar tegen kunststoffen in de grasmat?*
Nee, voorheen is bij het Noordhollands kanaal Enkamat® als erosiepreventie toegepast. De wortels van de graszode groeien door deze polyamide structuurmat heen waardoor de grasmat zeer sterk en overslagbestendig werd. Tijdens het maaien is de maaibalk in de Enkamat® gekomen, waardoor de gehele Enkamat® en grasbekleding eruit getrokken is. De mat moet dus voldoende diep aangebracht worden om maaischade te voorkomen. De Enkamat® bij het Noordhollands kanaal lag circa 5 cm onder het maaiveld.

- *Wat zijn volgens u belangrijke aandachtspunten bij dit onderzoek? Wat wilt u ons nog meegeven?*
 - Oplossingen om overgangen te versterken dienen getest te worden met een 1:1 schaal om de werking ervan aan te tonen. Dit is belangrijk voor de acceptatie.
 - Witteveen+Bos en Deltares hebben beschreven hoe het acceptatieproces van onderzoeken er uit moet zien. De oplossingen voor overgangen dienen geaccepteerd te worden, ENW heeft daar bijvoorbeeld een rol in.
 - Specifieke oplossingen moeten niet tot heel hoge aanleg en onderhoudskosten leiden? Dan is de acceptatie ook niet meer helemaal gewaarborgd.
 - Eventueel ook RWS beheerders bevragen over hun ervaringen omdat zij als beheerder waarschijnlijk met dezelfde problematiek te maken hebben. Hierbij valt te denken aan het interviewen van Eric Regeling, Yvo Provoost en Harmen Faber.

- *Wilt u participeren in het vervolgtraject, zo ja op welke wijze?*
 - Ja, Ruud wordt graag op de hoogte gehouden en wil waar mogelijk kennis inbrengen.
 - RWS richt zich voornamelijk op de veiligheid (ontwerp/toets). De STOWA kijkt ook naar het beheer van keringen. Ruud suggereert om bij het onderzoek naar overgangen ook de STOWA te betrekken. Dit wordt bij het project asfaltdijkbekleding ook gedaan. Hier is een gezamenlijke projectorganisatie van RWS en STOWA opgetuigd met twee directeuren in de stuurgroep. Daaronder hangt een werkgroep. Hetzelfde wordt voor steenbekledingen gedaan.

Einde interview.

C Analyse respons interviews m.b.t. frequentie en invloed op stabiliteit

C.1 Inleiding

Om het onderzoek naar overgangen uit te kunnen voeren is een prioritering van de verschillende typen overgangen noodzakelijk. Om deze prioritering uit te kunnen voeren zijn aan dertien personen / instanties gevraagd om het volgende per categorie overgangen aan te geven:

- Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?
- Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?

De respondenten is gevraagd om per categorie overgang en per vraag een getalsmatige score tussen 1 ('komt niet vaak voor' of 'heeft een lage invloed op de stabiliteit') en 5 ('komt vaak voor' of 'heeft een grote invloed op de stabiliteit').

C.2 Respondenten

De gevraagde respondenten zijn:

Waterschappen

- Waterschap Zuiderzeeland
 - J. Kaihatu (Dijkkring 7)
 - J. Boezeman (Dijkkring 8)
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
 - Ruud Joosten
- Waterschap Scheldestromen
 - H. van der Sande
- Waterschap Rivierenland
 - S. Kapinga
 - J. Bronsveld
 - W. Cornelisse
- Wetterskip Fryslân
 - A. Zijlstra
- Waterschap Hollandse Delta
 - M. Evers
 - M Hollebek
 - A. Breeman
 - Y. Bruinsma

Overige experts m.b.t. grasbekledingen en / of overgangen

- Dhr. K. Dorst Infram
- Dhr. M. van der Meer Fugro
- Dhr. H.J. Verhagen TU Delft
- Dhr. A. van Hoven Deltares
- Dhr. M. Klein Breteler Deltares
- Dhr. P. van Steeg Deltares

De Waterschappen hebben het formulier ingevuld nadat zij mondeling uitleg hebben gekregen tijdens interviews welke zijn uitgevoerd door Infram BV. Een verslag van deze interviews is weergegeven in Bijlage B. De overige experts zijn per e-mail gevraagd om het formulier in te vullen. Alle respondenten hebben vooraf tevens een schriftelijke toelichting ontvangen welke is weergegeven in Bijlage D.

C.3 Respons

Alle respondenten hebben een formulier teruggestuurd. Deze zijn weergegeven in Bijlage E. Wat opvalt, is dat een aantal respondenten in sommige gevallen ook een score "0" hebben gegeven (er was gevraagd om een score tussen "1" en "5" te geven). In de analyse is er voor gekozen om de score "0" te hanteren.

In sommige gevallen is er geen score gegeven m.b.t. de invloed van het type overgang. De gegeven reden is dat deze overgang volgens de respondent niet voorkomt.

Waterschap Zuiderzeeland heeft twee formulieren teruggestuurd: 1 formulier heeft betrekking op Dijkkring 7 en 1 formulier heeft betrekking op Dijkkring 8.

De Waterschappen hebben aangegeven dat de scores alleen betrekking hebben op hun beheersgebied en dus niet noodzakelijkerwijs van toepassing zijn op de algehele Nederlandse situatie.

Een respondent (dhr. M. Klein Breteler van Deltares) heeft aangegeven dat zijn respons alleen van toepassing is op Zee- en Meerdijken en niet op rivierdijken.

Naast het geven van scores konden de respondenten ook een opmerking invoegen. Een overzicht van de opmerkingen is hieronder weergegeven.

Tabel C.1 Overzicht opmerkingen respondenten

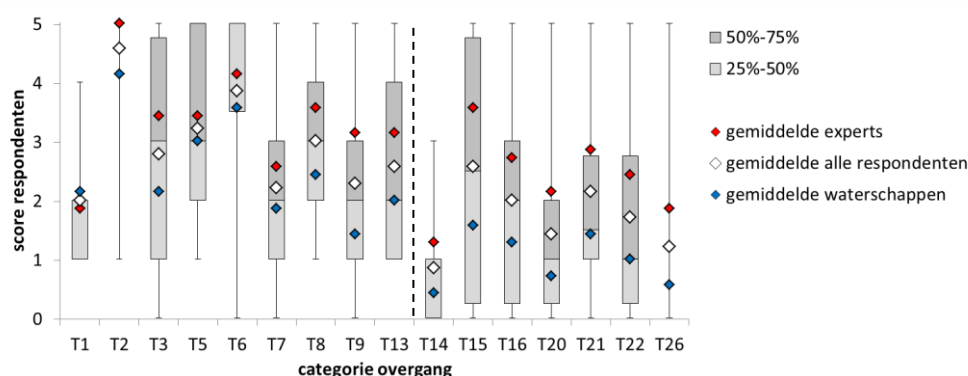
T1	Bebouwing
T2	Bij wegen op buitenberm is asfalt tot boven de knik opgetrokken.
	Overgangen steenbekleding - gras
	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
	Overgang steen- grasbekleding
T3	Overgangen doorgroeistenen/blokkenmatten - gras
T5	meestal is er op de berm ook een randje gras. Mogelijk dat dit niet te maken is.
	geen weg op kruin
	96 km weg op kruin div. dijken
	Alleen op Texel.
	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
T7	Uitstroomopeningen, sluizen e.d. (ca. 30 stuks)
	Weinig overslag
	lichtopstanden, kunstwerken
	Constructies bij uitlaten e.d.
T8	Trappen veelal op binnentalud (ca. 100)
	Uitstroomopeningen
	400 trappen op dijken langs Westerschelde, Oosterschelde en Noordzee totale lengte van 350 km. => gemiddeld 1 trap per kilometer
	Trappen, ook op binnentalud
T9	lichtopstanden, kunstwerken
	Trappen
T13	alleen bij kunstwerken zijn er objecten aan de binnenzijde
	geen bomen op de dijk, wel soms struiken bijv op walcheren bij de kom van Westkapelle
	10.000 - 50.000 bomen in beheergebied.
	Vanwege klein overslagdebiet
T14	Schakelkasten, kleine transformator kubussen e.d. op binnentalud.
T15	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
T21	alleen bij schor geen golfbelasting
	Uitstroomopeningen
T26	geen bomen aan de buitenzijde
	Beeindiging van harde bekledingen

C.4 Analyse respons

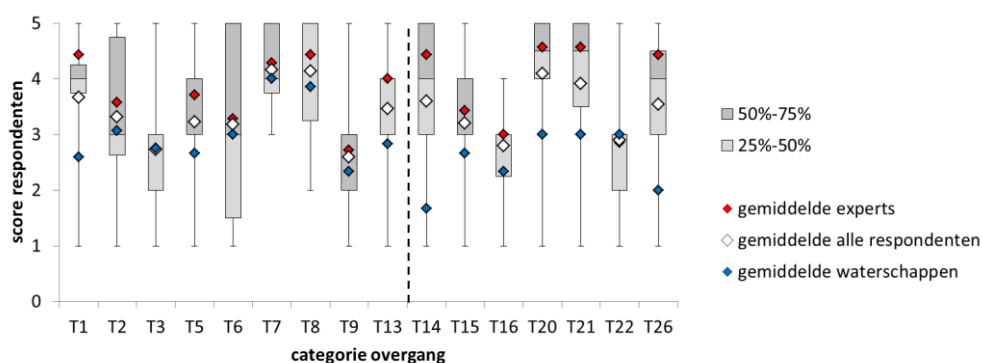
De respons is als volgt geanalyseerd:

- De gegeven waarden zijn verwerkt tot een boxplot. Een boxplot is een grafische weergave van de minimum waarde, het eerste kwartiel, de mediaan, het derde kwartiel en de maximum waarde. Een boxplot geeft een goed overzicht van de spreiding van een set waarden.
 - Het eerste kwartiel is de getalswaarde die de laagste 25% van de getalswaarden onderscheidt van de hogere waarden.
 - De mediaan is de getalswaarde die het midden van de set aangeeft
 - Het derde kwartiel is de getalswaarde die de hoogste 25% van de getalswaarden onderscheidt van de hogere waarden.
- De gemiddelde waarde is bepaald. Dit is gedaan voor alle respondenten tezamen, voor de waterschappen tezamen en voor de experts tezamen.
- De respons van iedere respondent is op gelijke waarde geschat. Aangezien er zeven respondenten vanuit Waterschappen zijn en zeven respondenten vanuit de groep 'experts' kan worden gesteld dat deze 'even zwaar' meewegen.

De resultaten met betrekking tot de frequentie van voorkomen is weergegeven in Figuur C.1. De resultaten met betrekking tot de invloed op de stabiliteit van de bekleding is weergegeven in Figuur C.2. In deze figuren is op de horizontale as de categorie overgang aangegeven. Op de verticale as staat de gegeven score.



Figuur C.1 Boxplot (alle respondenten) en gemiddelde scores met betrekking tot frequentie van voorkomen

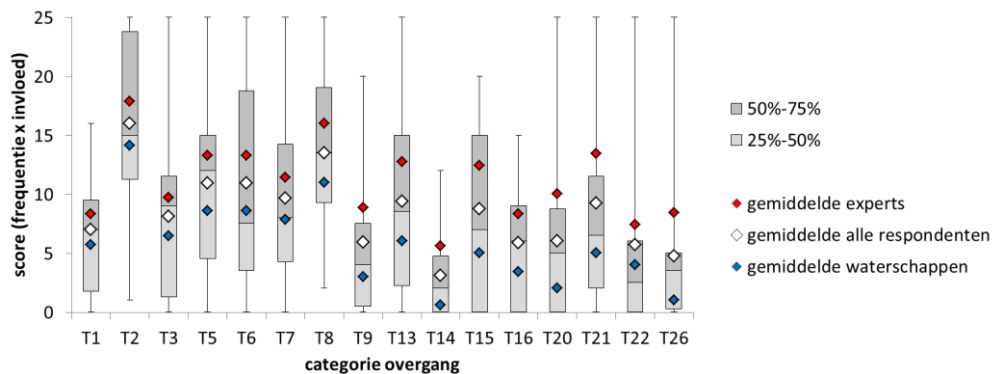


Figuur C.2 Boxplot (alle respondenten) en gemiddelde scores met betrekking tot 'invloed op de stabiliteit van de bekleding'

Uit Figuur C.1 en Figuur C.2 valt het volgende af te leiden:

- De spreiding van de scores is groot. Bij vrijwel alle categorieën is er een respondent geweest die de maximale score heeft ingevuld en is er een respondent geweest die de minimale score heeft ingevuld.
- Voor vrijwel ieder type overgang is de gemiddelde score van experts hoger dan de gemiddelde score van de waterschappen.
- Overgangen van het type 'stroming' (B1: T1 t/m T13) komen significant vaker voor dan overgangen van het type 'impact' (B2: T14 t/m T26).
- Zowel overgangen van het type 'stroming' als van het type 'impact' hebben volgens de respondenten een behoorlijke invloed op de stabiliteit van de bekleding.
- Veel voorkomende categorieën overgangen zijn volgens de respondenten T2, T3, T5, T6 en T15. Over T15 zijn de respondenten overigens erg verdeeld. Weinig voorkomende typen overgangen zijn T1, T14, T20 en T26
- De overgangen met relatief veel invloed op de stabiliteit van de bekleding zijn volgens de respondenten: T1, T7, T8, T14, T20, T21 en T26. Volgens de respondenten hebben T3, T9, T16 en T22 relatief weinig invloed.

Om een maat te verkrijgen voor de urgentie van een type overgang is per respondent de score m.b.t. frequentie vermenigvuldigd met de score met betrekking tot invloed op de stabiliteit. De resultaten zijn weergegeven in Figuur C.3.



Figuur C.3 Boxplot (alle respondenten) en gemiddelde scores met betrekking tot scores 'invloed op de stabiliteit van de bekleding' x 'frequentie van voorkomen'

Uit bovenstaande figuur zou men kunnen afleiden wat de relatieve noodzaak is van het aandragen van een oplossingsrichting voor een bepaalde categorie overgang. Op basis van deze aanpak wordt geconcludeerd dat:

- Categorie T2, T5, T6 en T8 hebben de grootste noodzaak m.b.t. het aandragen van een oplossingsrichting.
- Categorie T1, T9, T14, T20, T22 en T26 hebben een relatief lage noodzaak met betrekking tot het aandragen van een oplossingsrichting.
- Er is een relatief grote verdeeldheid over de noodzaak van categorie T2, T6, T13 en T15.

D Toelichting voor respondenten

De memo op de volgende pagina's is toegestuurd naar de respondenten.

Memo

Aan

-

Datum

13 januari 2015

Aantal pagina's

9

Van

Paul van Steeg

Doorkiesnummer

+31(0)88335 8376

E-mail

paul.vansteege@deltares.nl

Onderwerp

Prioritering overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen

1 Inleiding

Deltares heeft van Rijkswaterstaat opdracht gekregen om overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen te onderzoeken. De primaire vraag is welk type overgangen potentieel zwak zijn en hoe dergelijke overgangen zodanig kunnen worden ontworpen dat deze geen zwak onderdeel van de waterkering zijn. In een drietal eerdere rapporten (Van Steeg en Van Hoven, 2013a,b, Van Steeg, 2014) is de grote verscheidenheid aan overgangen zo goed mogelijk in kaart gebracht en gecategoriseerd. Tevens is gesteld dat onderzoek naar dergelijke overgangen alleen kan plaatsvinden met behulp van fysiek modelonderzoek op werkelijke schaal. Hierbij kan worden gedacht aan onderzoek met de Deltagoot of de golfklap-, golfploop-, of golfoverslagsimulator (Zie Figuur 1).



Figuur 1: v.l.n.r.: impressie van onderzoek in Deltagoot, golfklapgenerator, golfploopsimulator en golfoverslagsimulator

In de bovengenoemde studies zijn 26 verschillende categorieën overgangen geïdentificeerd waarvan zestien categorieën als relevant worden beschouwd. Hoe deze categorisering tot stand is gekomen is weergegeven in Van Steeg (2014) en samengevat in Bijlage A van deze memo.

Het is ondoenlijk om alle denkbare oplossingsrichtingen voor de zestien categorieën overgangen te testen. Om deze reden dienen de zestien categorieën geprioriteerd te worden. Op basis van deze prioritering kan er focus in het onderzoek worden aangebracht. Prioriteren van de verschillende typen overgangen is getracht door middel van een literatuurstudie maar hier kwam geen eenduidige beeld uit naar voren. Om deze reden is er besloten om enkele experts en enkele waterschappen te vragen om de zestien categorieën zo goed mogelijk te prioriteren. De uitgangspunten van deze prioritering zijn toegelicht in Hoofdstuk 2. De in te

vullen scoretabel is weergegeven in Hoofdstuk 0. In Bijlage A is een overzicht van de verschillende categorieën overgangen gegeven.

2 Uitgangspunten prioritering

Om de overgangen te prioriteren worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 1 De indeling zoals weergegeven in Bijlage A wordt als ordenend principe gebruikt.
- 2 De prioritering vindt plaats door middel van een inschatting van beheerder van waterkeringen en experts.
- 3 De prioritering is op basis van de volgende overwegingen
 - Hoe frequent komt deze categorie kering veel op Nederlandse primaire waterkeringen met grasbekledingen voor?
 - Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
- 4 De bovenstaande overwegingen worden per type overgang (zestien in totaal) aangegeven door middel van het geven van een score van 1, 2, 3, 4 of 5. Bij een score van 1 komt de categorie weinig voor, bij een score van 5 komt deze veel voor. Bij een score van 1 heeft de overgang naar verwachting weinig invloed op de stabiliteit van de grasbekleding. Bij een score van 5 heeft de overgang naar verwachting een grote invloed op de stabiliteit van de grasbekleding.

3 Scoretabel

In onderstaande scoretabel kunnen de scores worden ingevuld. De tabel is tevens als Excel bestand meegeleverd.

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <- -> veel	kleine invloed <- -> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5			
	T2	Figuur 0.6			
	T3	Figuur 0.7			
	T5	Figuur 0.8			
	T6	Figuur 0.9			
	T7	Figuur 0.10			
	T8	Figuur 0.11			
	T9	Figuur 0.12			
	T13	Figuur 0.13			
	Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13				
golflapzone	T14	Figuur 0.5			
	T15	Figuur 0.6			
	T16	Figuur 0.7			
	T20	Figuur 0.10			
	T21	Figuur 0.11			
	T22	Figuur 0.12			
	T26	Figuur 0.13			
	Ingevuld door:				
	Naam:				
	Organisatie:				
	Functie:				

Literatuur

Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013a, 'Overgangen en overgangsconstructies', Deltares rapport 1208394-HYE-0011, November 2013.

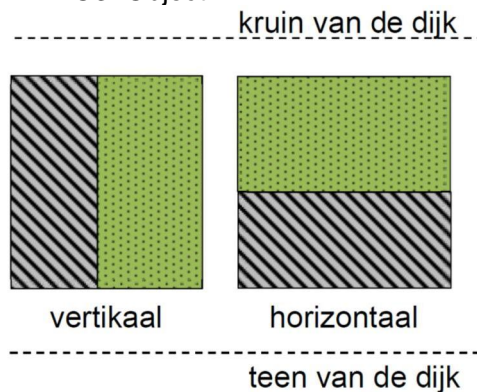
Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013b, 'Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen' Deltares rapport 1208394-HYE-0012, november 2013

Van Steeg, P., 2014, Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen. Voorstudie ten behoeve van fysiek modelonderzoek. Deltares rapport 1209380-006, december 2014.

Bijlage A: Overzicht categorieën overgangen

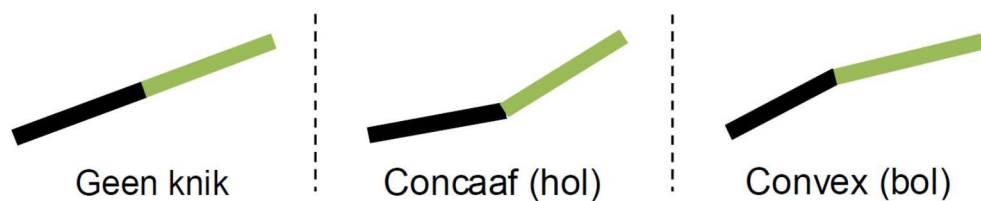
In Van Steeg (2014) worden overgangen op vier niveaus onderscheden. Deze zijn hieronder samengevat.

- Belasting (B1)
 - B1: stroming (golfloop of gofloverslag)
 - B2: impact
- Oriëntatie (O)
 - O1: Horizontaal
 - O2: Verticaal
 - O3: Object



Figuur 0.1 Verticale overgang en horizontale overgang (Van Steeg, 2013a)

- Knik (K)
 - K1: Vlak
 - K2: Holle knik



Figuur 0.2 Indeling overgangen op basis van knikken (Bron: Van Steeg, 2013a)

- Hoogteverschil en ruwheidsverschil (R)
 - H1: Hoogteverschil
 - H2: Ruwheidsverschil
 - H3: Geen ruwheidsverschil

E Responsformulieren m.b.t. frequentie van voorkomen en invloed op stabiliteit

Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
		1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
		weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed
		Score (1-5)	Score (1-5)
T1	Figuur 0.5	1	5
T2	Figuur 0.6	5	3
T3	Figuur 0.7	1	2
T5	Figuur 0.8	5	4
T6	Figuur 0.9	5	2
T7	Figuur 0.10	2	3
T8	Figuur 0.11	3	3
T9	Figuur 0.12	2	2
T13	Figuur 0.13	4	3
T14	Figuur 0.5	1	5
T15	Figuur 0.6	2	4
T16	Figuur 0.7	2	4
T20	Figuur 0.10	2	5
T21	Figuur 0.11	3	4
T22	Figuur 0.12	2	3
T26	Figuur 0.13	2	4

Ingevuld door:	
Naam:	Andre van Hoven
Organisatie:	Deltares
Functie:	expert grasbekledingen

Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
		1 - 2 - 3 - 4 - 5 weinig <-- --> veel Score (1-5)	1 - 2 - 3 - 4 - 5 kleine invloed <-- --> grote invloed Score (1-5)
T1	Figuur 0.5	2	4
T2	Figuur 0.6	5	5
T3	Figuur 0.7	4	3
T5	Figuur 0.8	3	4
T6	Figuur 0.9	5	5
T7	Figuur 0.10	1	4
T8	Figuur 0.11	5	5
T9	Figuur 0.12	2	4
T13	Figuur 0.13	4	4
T14	Figuur 0.5	1	3
T15	Figuur 0.6	3	2
T16	Figuur 0.7	3	2
T20	Figuur 0.10	1	4
T21	Figuur 0.11	5	5
T22	Figuur 0.12	2	3
T26	Figuur 0.13	1	4

Ingevuld door:	
Naam:	Eric van Kuijk
Organisatie:	Rijkswaterstaat (GPO)
Functie:	Adviseur Waterbouwkunde

Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
		1 - 2 - 3 - 4 - 5 weinig <-- --> veel	1 - 2 - 3 - 4 - 5 kleine invloed <-- --> grote invloed
		Score (1-5)	Score (1-5)
T1	Figuur 0.5	2	4
T2	Figuur 0.6	5	3
T3	Figuur 0.7	5	3
T5	Figuur 0.8	5	3
T6	Figuur 0.9	5	1
T7	Figuur 0.10	2	4
T8	Figuur 0.11	2	5
T9	Figuur 0.12	3	2
T13	Figuur 0.13	1	5
T14	Figuur 0.5	3	4
T15	Figuur 0.6	5	3
T16	Figuur 0.7	5	3
T20	Figuur 0.10	2	4
T21	Figuur 0.11	2	5
T22	Figuur 0.12	3	2
T26	Figuur 0.13	1	5

Ingevuld door:	
Naam:	Henk Jan Verhagen
Organisatie:	TU Delft
Functie:	universitair hoofddocent

Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
		1 - 2 - 3 - 4 - 5 weinig <-- --> veel Score (1-5)	1 - 2 - 3 - 4 - 5 kleine invloed <-- --> grote invloed Score (1-5)
T1	Figuur 0.5	3	5
T2	Figuur 0.6	5	5
T3	Figuur 0.7	4	4
T5	Figuur 0.8	5	5
T6	Figuur 0.9	3	5*
T7	Figuur 0.10	4	5
T8	Figuur 0.11	5	5
T9	Figuur 0.12	4	5
T13	Figuur 0.13	3	4
T14	Figuur 0.5	1	5
T15	Figuur 0.6	4	5
T16	Figuur 0.7	3	4
T20	Figuur 0.10	2	5
T21	Figuur 0.11	2	5
T22	Figuur 0.12	3	5
T26	Figuur 0.13	1	5

Ingevuld door:	
Naam:	Kees Dorst
Organisatie:	Infram
Functie:	adviseur

* Met nieuwe normen komt deze vaker voor, ook in combi met overgangen naast wegen op de kruin (+ bolle knik)

Zee- en meerdijken

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed
			Score (1-5)	Score (1-5)
stroming	T1	Figuur 0.5	1	4
	T2	Figuur 0.6	5	2
	T3	Figuur 0.7	5	2
	T5	Figuur 0.8	1	3
	T6	Figuur 0.9	5	3
	T7	Figuur 0.10	1	5
	T8	Figuur 0.11	3	4
	T9	Figuur 0.12	3	2
klapzone	T13	Figuur 0.13	1	3
	T14	Figuur 0.5	0	5
	T15	Figuur 0.6	2	3
	T16	Figuur 0.7	2	3
	T20	Figuur 0.10	1	5
	T21	Figuur 0.11	1	4
	T22	Figuur 0.12	1	2
T26	Figuur 0.13	1	4	

*

Ingevuld door:	
Naam:	Mark Klein Breteler
Organisatie:	Deltares
Functie:	onderzoek / adviseur

* meestal is er op de berm ook een randje gras. Mogelijk dat dit niet te maken is.

Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?
		1 - 2 - 3 - 4 - 5 weinig <-- --> veel Score (1-5)	1 - 2 - 3 - 4 - 5 kleine invloed <-- --> grote invloed Score (1-5)
T1	Figuur 0.5	2	5
T2	Figuur 0.6	5	4
T3	Figuur 0.7	3	3
T5	Figuur 0.8	3	4
T6	Figuur 0.9	1	3
T7	Figuur 0.10	5	5
T8	Figuur 0.11	3	5
T9	Figuur 0.12	5	3
T13	Figuur 0.13	5	5
T14	Figuur 0.5	2	5
T15	Figuur 0.6	5	4
T16	Figuur 0.7	3	3
T20	Figuur 0.10	5	5
T21	Figuur 0.11	5	5
T22	Figuur 0.12	5	3
T26	Figuur 0.13	5	5

kunstwerken

kunstwerken

Ingevuld door:	
Naam:	Martin van der Meer
Organisatie:	Fugro
Functie:	Technical Director Flood Defense

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in Nederland?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	2	4	
	T2	Figuur 0.6	5	3	
	T3	Figuur 0.7	2	2	
	T5	Figuur 0.8	2	3	
	T6	Figuur 0.9	5	4	
	T7	Figuur 0.10	3	4	
	T8	Figuur 0.11	4	4	
	T9	Figuur 0.12	3	1	
	T13	Figuur 0.13	4	4	
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golfklapzone	T14	Figuur 0.5	1	4	
	T15	Figuur 0.6	4	3	
	T16	Figuur 0.7	1	2	
	T20	Figuur 0.10	2	4	
	T21	Figuur 0.11	2	4	
	T22	Figuur 0.12	1	2	
	T26	Figuur 0.13	2	4	

Ingevuld door:	
Naam:	P. van Steeg
Organisatie:	Deltares
Functie:	onderzoeker / adviseur

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen binnen uw beheersgebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <- -> veel	kleine invloed <- -> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5		2	
	T2	Figuur 0.6		5	5 Overgangen steenbekleding - gras
	T3	Figuur 0.7		5	5 Overgangen doorgroeienden/blokkenmatten - gras
	T5	Figuur 0.8		1	
	T6	Figuur 0.9		5	Onbekend. Afhankelijk van hoeveelheid overslag
	T7	Figuur 0.10		4	5 Nog geen ervaringen met overslag. Ook overgang gras-asfalt op de kruin wordt dan een probleem
	T8	Figuur 0.11		4	5 Constructies bij uitlaten e.d.
	T9	Figuur 0.12		1	5 Trappen, ook op binnentalud
	T13	Figuur 0.13		5	4 Invloed op grasbekleding nog onbekend maar wordt hoog ingeschat
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golfklapzone	T14	Figuur 0.5	nvt		
	T15	Figuur 0.6	nvt		
	T16	Figuur 0.7	nvt		
	T20	Figuur 0.10	nvt		
	T21	Figuur 0.11	nvt		
	T22	Figuur 0.12	nvt		
	T26	Figuur 0.13	nvt		

Ingevuld door:	S. Kapinga / J. Bronsveld / W. Cornelisse
Naam:	
Organisatie:	waterschap Rivierenland
Functie:	Toetsen/ beleidsmedewerker/ beheerder

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	1	1	
	T2	Figuur 0.6	1	1	
	T3	Figuur 0.7	1	1	
	T5	Figuur 0.8	4	4	
	T6	Figuur 0.9	5	5	Introduceert abrupt falen als kleilaag te dun is of ontbreekt
	T7	Figuur 0.10	2	4	lichtopstanden, kunstwerken
	T8	Figuur 0.11	3	5	400 trappen op dijken langs Westerschelde, Oosterschelde en Noordzee totale lengte van 350 km. ==> gemiddeld 1 trap per kilometer
	T9	Figuur 0.12	2	2	lichtopstanden, kunstwerken
	T13	Figuur 0.13	1	5	alleen bij kunstwerken zijn er objecten aan de binnenzijde geen bomen op de dijk, wel soms struiken bijv op walcheren bij de kom van Westkapelle
	Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13				
golfkapzone	T14	Figuur 0.5	0	1	
	T15	Figuur 0.6	0	1	
	T16	Figuur 0.7	0	1	
	T20	Figuur 0.10	0	1	
	T21	Figuur 0.11	1	1	alleen bij schor geen golfbelasting
	T22	Figuur 0.12	0	1	
	T26	Figuur 0.13	0	1	geen bomen aan de buitenzijde

Ingevuld door:	Hans van der Sande
Naam:	
Organisatie:	Waterschap Scheldestromen
Functie:	Beleidsmedewerker

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	1	1	
	T2	Figuur 0.6	5	3	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
	T3	Figuur 0.7	5	2	
	T5	Figuur 0.8	5	3	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
	T6	Figuur 0.9	5	1	Vanwege klein overslagdebiet
	T7	Figuur 0.10	1	3	
	T8	Figuur 0.11	1	3	
	T9	Figuur 0.12	1	2	
	T13	Figuur 0.13	1	1	Vanwege klein overslagdebiet
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golfkapzone	T14	Figuur 0.5	1	3	
	T15	Figuur 0.6	5	4	Vanwege opgroeien graszode hoogteverschil
	T16	Figuur 0.7	5	3	
	T20	Figuur 0.10	1	5	
	T21	Figuur 0.11	1	5	
	T22	Figuur 0.12	1	3	
	T26	Figuur 0.13	0	nvt	

Ingevuld door:	
Naam:	A. Zijlstra
Organisatie:	Wetterskip Fryslan
Functie:	Projectleider keringen

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	2	3	Bebouwing
	T2	Figuur 0.6	5	3	Overgang steen- grasbekleding
	T3	Figuur 0.7	3	3	
	T5	Figuur 0.8	3	3	Door rijschade.
	T6	Figuur 0.9	5	1	Weinig overslag
	T7	Figuur 0.10	3	3	Uitstroomopeningen
	T8	Figuur 0.11	5	5	Trappen
	T9	Figuur 0.12	5	3	Beeindiging van harde bekledingen
	T13	Figuur 0.13	4	3	Schakelkasten, kleine transformator kubussen e.d. op binnentalud.
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golfklapzone	T14	Figuur 0.5	1	1	
	T15	Figuur 0.6	5	3	
	T16	Figuur 0.7	3	3	
	T20	Figuur 0.10	3	3	Uitstroomopeningen
	T21	Figuur 0.11	5	5	
	T22	Figuur 0.12	5	5	Beeindiging van harde bekledingen
	T26	Figuur 0.13	1	1	

Ingevuld door:	M. Evers/ M. Hollebek/ A. Breeman/ Y. Bruinsma
Naam:	
Organisatie:	Waterschap Hollandse Delta
Functie:	Toetsers, beheerder

Dijkkring 7

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	4	4	
	T2	Figuur 0.6	4	2	
	T3	Figuur 0.7	0		
	T5	Figuur 0.8	1	1	geen weg op kruin
	T6	Figuur 0.9	0		
	T7	Figuur 0.10	0		
	T8	Figuur 0.11	1	2	
	T9	Figuur 0.12	0		
	T13	Figuur 0.13	1	2	
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golflapzone	T14	Figuur 0.5	0		
	T15	Figuur 0.6	0		
	T16	Figuur 0.7	0		
	T20	Figuur 0.10	0		
	T21	Figuur 0.11	1	2	
	T22	Figuur 0.12	0		
	T26	Figuur 0.13	1	3	

Ingevuld door:	
Naam:	Jes Kaihatu
Organisatie:	Waterschap zuiderzeeland
Functie:	beleidsadviseur waterkeringen

Dijkkring 8

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5	4 (15 km)	4	
	T2	Figuur 0.6	4 (31 km)	2 a 3	
	T3	Figuur 0.7	0		
	T5	Figuur 0.8	5 (44 km steenbekleding)	3	96 km weg op kruin div. dijken
	T6	Figuur 0.9	0		
	T7	Figuur 0.10	0		
	T8	Figuur 0.11	1	2	
	T9	Figuur 0.12	0		
	T13	Figuur 0.13	1	2	
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golflapzone	T14	Figuur 0.5	0		
	T15	Figuur 0.6	0		
	T16	Figuur 0.7	0		
	T20	Figuur 0.10	0		
	T21	Figuur 0.11	1	2	
	T22	Figuur 0.12	0		
	T26	Figuur 0.13	1	3	

Ingevuld door:	
Naam:	Jan Boezeman
Organisatie:	Waterschap zuiderzeeland
Functie:	Senior opzichter waterkeringen

	Type overgang	Figuur	Hoe vaak komt dit type overgang voor op grasbekledingen bij primaire keringen in uw beheergebied?	Wat is de invloed van dit type overgang op de stabiliteit van de grasbekleding?	Opmerkingen
			1 - 2 - 3 - 4 - 5	1 - 2 - 3 - 4 - 5	
			weinig <-- --> veel	kleine invloed <-- --> grote invloed	
			Score (1-5)	Score (1-5)	
stromingszone	T1	Figuur 0.5			
	T2	Figuur 0.6	5	5	Bij wegen op buitenberm is asfalt tot boven de knik opgetrokken.
	T3	Figuur 0.7			
	T5	Figuur 0.8	2	2	Alleen op Texel.
	T6	Figuur 0.9	5	5	Alleen bij overslag.
	T7	Figuur 0.10	3	5	Uitstroomopeningen, sluisen e.d. (ca. 30 stuks)
	T8	Figuur 0.11	2	5	Trappen veelal op binnentalud (ca. 100)
	T9	Figuur 0.12			
	T13	Figuur 0.13			
Let op: onderstaande verwijzingen naar figuren behorende bij T14 tm T26 zijn anders dan verwijzingen naar figuren behorende bij T1 tm T13					
golfklapzone	T14	Figuur 0.5			
	T15	Figuur 0.6			
	T16	Figuur 0.7			
	T20	Figuur 0.10	Bij maatgevend hoogwater ligt het meerendeel van de overgangen niet meer in de golfklapzone.		
	T21	Figuur 0.11			
	T22	Figuur 0.12			
	T26	Figuur 0.13			

Ingevuld door:	Ruud Joosten
Naam:	
Organisatie:	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Functie:	Adviseur waterkeringen

F Paper: Transition structures in grass covered slopes of primary flood defences tested with the wave impact generator (IAHR, Den Haag, 2015)

TRANSITION STRUCTURES IN GRASS COVERED SLOPES OF PRIMARY FLOOD DEFENCES TESTED WITH THE WAVE IMPACT GENERATOR

PAUL VAN STEEG⁽¹⁾, ASTRID LABRUJERE⁽²⁾ & ROY MOM⁽³⁾

⁽¹⁾ Deltares, Delft, The Netherlands, paul.vansteeg@deltares.nl

⁽²⁾ Ministry of Infrastructure and Environment, Rijkswaterstaat, Lelystad, The Netherlands, astrid.labrujere@rws.nl

⁽³⁾ Infram, Maarn, The Netherlands, roy.mom@infram.nl

ABSTRACT

The stability of grass covered slopes on primary flood defences under wave attack is an important aspect with respect to the strength of the entire dike. In a grass slope many transitions to objects (poles, stairs, fences, buildings et cetera) or other revetments (concrete, asphalt, placed block revetment) can be present. This can potentially lead to a lower strength or a higher local load leading to a lower stability of the grass cover and therefore a lower stability of the entire dike. To study the influence of transitions to the strength of a grass slope under wave impact loading, physical model tests were carried out with the wave impact generator. This is a special designed machine that can simulate wave impacts to a certain extend and that can be placed on a real existing dike.

The wave impact generator was used on fourteen test sections. Five test sections (reference tests) are on grass slopes without transitions and are with different grass and clay quality. Nine tests were performed on transition structures and objects in the grass slope. Impressions of damage to the grass slope after testing are given and are compared with the reference tests. It was concluded that for several tests the stability of the grass slope was significantly lower when a transition was applied. This implies that transition structures and objects are in some cases normative for the strength of grass slopes.

Keywords: grass dikes, transitions, objects, wave impact generator,

1. INTRODUCTION

1.1 Background

Within the Dutch research project WTI 2017 (“Research and development of safety assessment tools of Dutch flood defences”) research is carried out on the stability of grass covered slope under hydraulic loads. Considered hydraulic loads are wave impacts, wave run-up/run-down and wave overtopping. To study the stability of grass slopes under hydraulic loads high quality benchmark data is required. Since grass cannot be scaled properly, full-scale physical modelling is therefore required. This can be done in large-scale flumes such as the Deltares Delta Flume or with the use of hydraulic simulators such as the wave overtopping simulator, the wave run-up simulator and the wave impact generator. An overview of these simulators is given in Steendam et al (2013). An impression of the Delta Flume and the various simulators is given in Figure 1.



Figure 1. Impression of testing stability of grass slopes with the use of the Deltares Delta Flume (impacts and wave run-up), wave impact generator, and wave overtopping simulator.

To consider the strength of grass slopes under wave impacts a hybrid approach, where a full-scale wave flume (Deltares Delta Flume) and the so-called wave impact generator was used, was chosen. This approach is described in Van Steeg et al (2014b). The wave impact generator was designed and build specifically for this purpose. After the development of the wave impact generator, several tests in the field were performed to study the influence of several aspects such as (i) grass quality, (ii) clay quality and (iii) the influence of transitions. The present paper has a focus on the tests with transitions and objects under wave impact loading.

1.2 Transitions

There are many types of transitions. A transition in a grass slope can be a geometrical transition. Examples of geometric transitions are sharp bends at the toe of the dike or at a berm. A change between two different kind of revetments (e.g. grass and asphalt) forms also a transition. Also the presence of objects in a grass slope forms a transition between the grass and this object.

At each single grass revetment there are several transitions. Each grass revetment 'ends somewhere' and thus must have a transition to a different situation. In the grass revetment itself there are usually berms, roads, crests, toe's, buildings, fences et cetera. Therefore it is estimated that on a few kilometre of revetment dozens of transitions can be identified.

1.3 Literature review

Transitions in primary flood defences in general are discussed in Van Steeg and Van Hoven (2013a). In that report it was shown that transitions in flood defences are considered as a potential risk and need specific attention in the design, construction, maintenance and assessment of a flood defence. This is worked out in more detail for primary flood defences with grass slopes in Van Steeg and Van Hoven (2013b). In that study a brief overview of performed tests with transitions with the various simulators and the Delta Flume is presented. Also a first suggestion for categorisation of transitions and potential solutions for transitions are suggested. Both are worked out in more detail in Van Steeg (2014). In the Netherlands, transitions in flood defences obtained recently more attention and are subjected to several research projects which have a focus on the assessment (WTI 2017 project of Rijkswaterstaat) or the design and maintenance (other research projects of Rijkswaterstaat such as 'KPP Versterking Onderzoek Waterveiligheid, deelproject Overgangsconstructies') of dikes.

To assess the stability of Dutch grass revetments under wave impact loading an empirical model as described in Rijkswaterstaat (2012) is used. In this model no influence of transitions is included which might lead to an underestimation of the actual strength of the dike. In Hoffmans et al (2014) an erosion model for grass revetments under pulsive flow conditions (wave overtopping and wave run-up / run-down) is presented which also includes the influence of transitions. This is, due to a fundamental different mechanism (wave impact versus wave overtopping), not directly applicable to wave impact processes. The approach given by Hoffmans et al focuses on the influence of the transition to the local increase of the hydraulic load and the direct influence to the strength of the grass. The identified effects on the hydraulic load is due to (i) difference in roughness between both sides of the transition which leads to higher turbulence (ii) geometrical changes such as a berm or a toe which leads to a jet and (iii) flow blocking objects leading to different drag. In the present paper the above described mechanisms are identified as 'primary effects'.

In Rijkswaterstaat (2012) some secondary effects of transitions are identified such as the influence of damage due to tire tracks or the influence of mice holes and mole tunnels.

2. METHODOLOGY AND TEST SET-UP

2.1 General

Fourteen test sections were tested with the wave impact generator. This was done on four different locations ('Oosterbierum', 'Harculo', 'Olst' and 'Berkum') in the Netherlands. Each location contained multiple test sections. Five test sections were without a transition or object and are described in Van Steeg et al (2014b). In the present paper these tests are considered as reference tests which are used to compare a situation with and without the presence of a transition. The test conditions of the reference tests are summarized in Table 1. In Table 1 the test sections are categorized according to grass and clay quality which is explained in Van Steeg et al (2014b). In addition nine tests were performed with transitions or objects. An overview of these tests is given in Table 2.

Prior to several tests, the test section was damaged artificially to simulate initial damage which could also be the case during real storm conditions (e.g. due to debris that damaged the dike or small poles which are dislodged during storm conditions).

Table 1. Overview of tests performed with the wave impact generator without transitions or objects (Van Steeg et al, 2014b).

LOCATION	TEST	GRASS QUALITY		SOIL QUALITY	ARTIFICIAL	TOTAL NR
		SOD COVER	ROOT DENSITY	TYPE OF SOIL	INITIAL DAMAGE	OF IMPACTS
OOSTERB	Oo.1	99%	high	low resistance clay	yes	7001
HARCULO	Ha.1	86%	poor	low resistance clay	yes	6014
BERKUM	Be.1	98%	moderate	sand	yes	2234
OLST	OI.1	78%	poor	sand	yes	3000
OLST	OI.3	64%	poor	sand	no	1260

Table 2. Overview of tests performed with the wave impact generator on transitions or objects.

LOCATION	TEST	DESCRIPTION	ORIENTATION	ARTIFICIAL	TOTAL
				INITIAL DAMAGE	NR OF IMPACTS
OOSTERB.	Oo.3	stairs	vertical	yes	1000
OOSTERB.	Oo.4	stairs	vertical	no	1000
OOSTERB.	Oo.5	stairs + open concrete blocks	vertical	no	5000
OOSTERB.	Oo.7	artificial vertical structure	vertical	no	5800
HARCULO	Ha.2	pole	object	no	2500
HARCULO	Ha.3	horizontal asphalt road	horizontal	yes	2360
BERKUM	Be.2	open concrete blocks (clay)	horizontal	yes	3500
BERKUM	Be.3	open concrete blocks (sand)	horizontal	yes	4000
OLST	OI.2	concrete revetment	vertical	no	500

2.2 Description of the wave impact generator

All described tests are performed with the wave impact generator. The design process of the wave impact generator is described in Van Steeg et al (2014a). With the wave impact generator a schematized load, which resembles wave impacts as a result of waves breaking on a slope, is generated. The wave impact generator consists of a tank filled with water that can be opened with a special valve on a predetermined way. This results in water falling on the dike causing a hydraulic load ('impact') on the dike followed by a run-up and a run-down of the water mass. The different opening time intervals lead to different water levels in the tank and thus to different peak pressures on the slope during impact. In this way a pressure distribution on the slope can be realized which is close to the pressure distribution of wave impacts due to natural waves on a slope. The wave impact generator is intended to give a hydraulic load which results in an erosion rate of the same order of magnitude as real waves in Dutch river dikes. For this research the estimated equivalent significant wave height is estimated at $H_s \approx 0.6 \text{ m} - 0.7 \text{ m}$. This estimate is based on the hydraulic pressure distribution and by comparing erosion rates of grass slopes that were tested with the wave impact generator and the Delta Flume (Van Steeg et al, 2014b). Although the loads of the wave impact generator are in the same order of magnitude as real waves, results of tests obtained with the wave impact generator should not be considered as an absolute value; the results, however, are very suitable to compare different situations with each other (e.g. clay and grass quality, the presence of transitions and objects, et cetera).

The duration of testing with the wave impact generator is expressed in the number of impacts. This can be translated into a storm duration (hours) as given in Van Steeg et al (2014a).

3. DESCRIPTION OF TESTS AND RESULTS

3.1 Test sections at location Oosterbierum (Oo.1, Oo.3, Oo.4, Oo.5 and Oo.7)

At location Oosterbierum five tests were carried out; one reference test without a transition (Oo.1), three tests with a transition from stairs (concrete block steps) to grass (Oo.3, Oo.4 and Oo.5) and one test with an artificially made vertical transition (Oo.7). The dike of location Oosterbierum is a dike consisting of 'low resistance clay' and grass with a high quality. Testing at test sections Oo.1, Oo.3 and Oo.4 was performed in May 2012. After these tests the dike and stairs were damaged and repaired. To repair the stairs, open concrete blocks were placed directly besides the stairs. This type of transition (Oo.5) was tested in November 2014 as well as Test Section Oo.7.

At the reference test (Oo.1) artificial initial damage (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.2 m) was applied. During testing, 7001 impacts were applied resulting in only minor damage.



Figure 2. Impression of testing at reference section (Oo.1). From left to right: impression during testing, initial situation, after 860 impacts, after 7001 impacts.

Test Section Oo.3 and Test Section Oo.4 were on the same stairs and had the same grass and soil quality. The difference between the two tests was the artificial initial damage that was applied prior to testing Test Section Oo.3. This artificial initial damage was not applied to Test Section Oo.4. The artificial initial damage at Test Section Oo.3 had a cylindrical shape, a diameter of 0.3 m and a depth of 0.2 m. At both test sections the stairs were constructed on a layer of sand. The grass quality of Oo.3 and Oo.4 was comparable with the grass quality of the reference test (Oo.1). The soil besides the stairs was comparable with the reference section. However, during testing it turned out that the soil under the stairs consisted of sand instead of clay. The damage progression of both test sections was comparable and was dominated by the erosion of sand under the stairs. After 1000 impacts severe damage was observed. An impression is given in Figure 3.

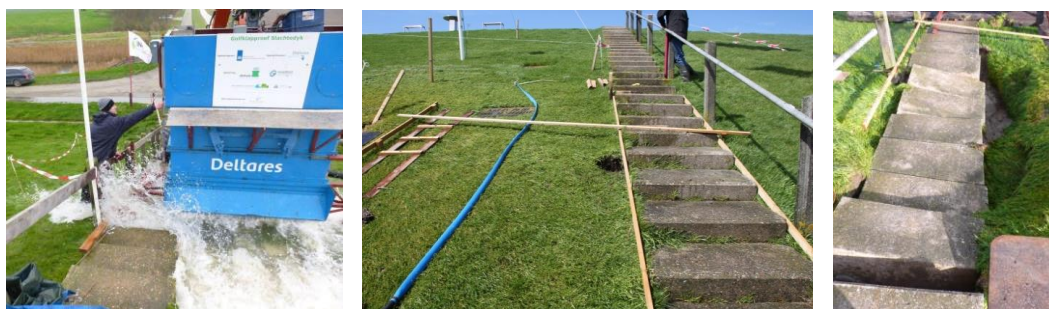


Figure 3. From left to right: impression of testing at the stairs, initial condition (Oo.4), condition after 1000 impacts (Oo.4).

Test Section Oo.5 was on the repaired stairs. Besides the repaired stairs, open concrete blocks (allowing grass growth through the blocks) with a width of 0.6 m (perpendicular to the crest of the dike) were placed. In this way two transitions were created: the transition from the stairs to the open concrete blocks (red line in Figure 4) and the transitions from the open concrete blocks to the grass (blue line in Figure 4). No artificial damage was applied. Within the first 600 impacts, granulated material (0-20 mm) was washed away from under the stairs leading to a 'sinking' stairs. It was then decided to interrupt the test and cover the transition from the stairs to grass with a foil to avoid further erosion directly under the stairs. In this way it was still possible to test the transition from the open concrete to the grass. At this transition severe damage was obtained after 3000 impacts. An impression is given in Figure 4.

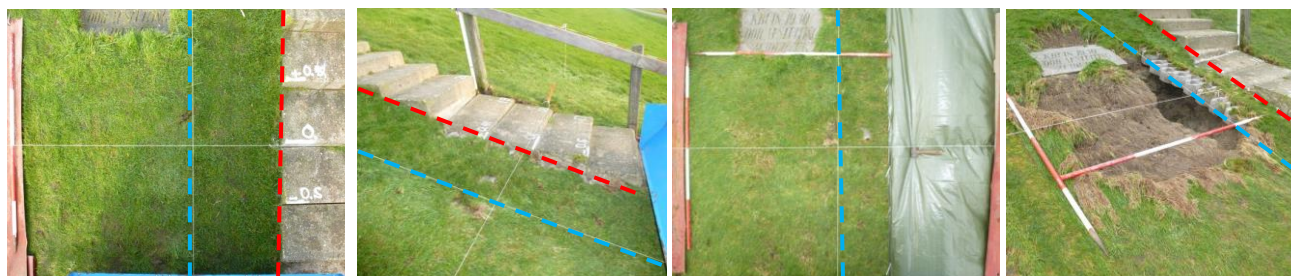


Figure 4. Impression of testing at stairs with open concrete blocks (Oo.5). From left to right: initial condition; after 600 impacts; after foil cover; damage after 3000 impacts (foil was removed before the picture was taken).

The artificial vertical transition (Oo.7) was made by pressing a steel plate into the grass slope. Prior to this an incision into the grass sod was made to avoid distortion of the grass sod. The grass and soil quality of Test Section Oo.7 was comparable to the grass and soil quality of the reference test (Oo.1). During the first 4800 impacts, damage progression was comparable to the damage progression of the reference test (Oo.1). Therefore it was decided to increase the hydraulic load per impact for the following 1000 impacts. This was done by applying the maximum water level in the wave impact generator leading to maximum possible loads. An impression of the tests is given in Figure 5.



Figure 5. Impression of Test Section Oo.7. Left and middle: initial condition, right: after 5800 impacts of which 1000 impacts were with maximum water level.

The damage development of the four test sections is expressed as the maximum measured depth as function of the simulated storm duration. This is shown in Figure 6. More information about the damage development of the test sections at location Oosterbierum is given in Steendam (2012), Bakker and Mom (2015) and Van Steeg (2013).

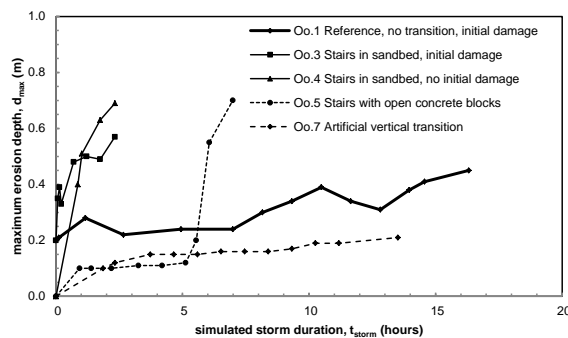


Figure 6. Maximum measured depth as function of simulated storm duration for location Oosterbierum.

Based on the given photographs and the maximum depth development in Figure 6 a good first insight is given in the influence of the tested transitions on the erosion.

It can clearly be seen that damage progression at the test sections with the stairs (Oo.3, Oo.4 and Oo.5) was faster than the damage progression at the reference section without a transition (Oo.1). The fast erosion at the stairs is attributed to the fact that the concrete blocks of the stairs were placed on a sand layer which has less erosion resistance than clay. Probably it was built in this way because it is easier for a contractor to build such structures in sand than in clay (which is more difficult to handle during construction).

Also the concrete blocks of the improved stairs (Oo.5) were not placed directly on clay but on a gravel layer. This resulted into erosion of the granulated material under the stairs. Besides the stairs (under and directly besides the open concrete blocks) proper clay was used. However, this clay clearly eroded faster than the clay at the reference section (Oo.1). This can be explained in two ways: (1) the clay was less dense and (2) the grass was relatively young indicating a less developed root system than the root system at the reference test section (Oo.1). Both aspects are likely to weaken the top layer resulting in more erosion.

The erosion rate of the artificial vertical transition (Oo.7) was in the same order of magnitude as the reference test section (Oo.1). This indicates that this transition had no significant influence to the stability of the revetment. The grass and clay conditions of Test Section Oo.7 have the same properties as the reference section (Oo.1). It is therefore estimated that higher local loads or lower local strength do not significantly influence the stability of the grass revetment layer directly besides this type of transition under this hydraulic loading. It is however unknown whether this would also be the case for situations with higher external hydraulic loads or cases with lower strength of the revetment.

3.2 Test sections at location Berkum (Be.1, Be.2 and Be.3)

At location Berkum three tests were carried out; one reference test without a transition (Be.1) and two tests with a horizontal transition from open concrete blocks to grass (Be.2 and Be.3). The dike of location Berkum is a dike consisting of sand and a grass layer with a high quality. During testing it turned out that the open concrete blocks of Test Section Be.2 were placed on a layer of clay (before the test was started it was believed that the blocks were placed on sand). Therefore an additional test (Be.3), with concrete blocks placed on sand, was performed.

At the reference test (Be.1), no transition was tested. Prior to testing, initial artificial damage was applied (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.2 m). In total 2234 impacts were released on this test section, which lead to severe erosion as can be seen in Figure 7.



Figure 7. Impression of damage development and initial artificial damage of reference test without transition (Be.1). Artificial initial damage is indicated with a red circle. Left: initial condition, right: after 2234 impacts.

Testing at Test Section Be.2 started without initial artificial damage. Since hardly any damage progression was observed during the first 1500 impacts, artificial damage was applied after 1000 impacts (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.07 m) and increased artificially after a total of 1500 impacts (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.2 m). The damage development of Test Section Be.2 is shown in Figure 8. It can clearly be seen that the grass on top of the open concrete blocks eroded but that this did not lead to erosion of the soil under or besides the blocks.



Figure 8. Impression of damage development and artificial damage of Test Section Be.2. Artificial damage is indicated with red circle. Left: initial condition, middle: after 1500 impacts, right: after 3500 impacts.

Testing at Test Section Be.3 also started without initial artificial damage. After 500 impacts it was decided to create artificial damage (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.07 m). After a total of 1000 impacts the depth of this damage was artificially enlarged to 0.2 m. In total, Test Section Be.3 was tested with 4000 impacts. An impression of the damage development is given in Figure 9.



Figure 9. Impression of damage development and artificial damage of Test Section Be.3. Artificial damage is indicated with red circle. Left: initial condition, middle: after 1000 impacts, right: after 4000 impacts.

The damage development of the three test sections is expressed as the maximum measured depth as function of the simulated storm duration. This is shown in Figure 9. It is remarked that the impacts that were released prior to the artificial damage applied to Test Section Be.2 (3500 – 1000 = 2500 impacts) and Be.3 (4000 - 1000 = 3000 impacts) are not taken into account in this graph. More background information about the damage development is given in Galema and Mom (2013) and Van Steeg (2013).

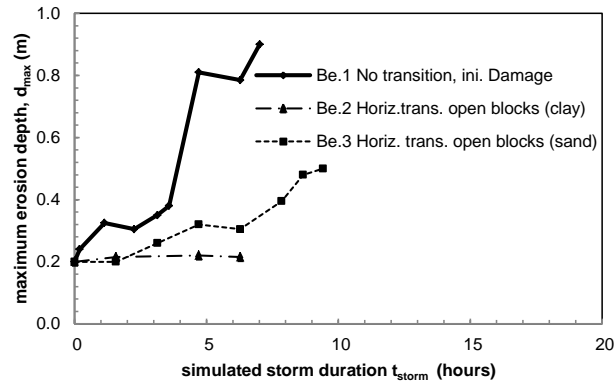


Figure 10. Maximum measured depth as function of simulated storm duration for location Berkum.

Based on the given photographs and the depth development in Figure 10 a good first insight is given in the influence of the tested transitions on the erosion.

It can clearly be seen that the damage progression at the test sections with transitions (Be.2 and Be.3) is slower than at the reference section (Be.1) without a transition. For Test Section Be.2 this can be explained by the fact that the soil under and around the transition consisted of clay and not of sand. However, this is not the case for Test Section Be.3. Apparently the presence of the open concrete blocks contributed to the strength of this revetment.

3.3 Test sections at location Harculo (Ha.1, Ha.2, Ha.3)

At location Harculo three tests were carried out; one reference test without a transition (Ha.1), one test with a small object (Ha.2) and one test with a horizontal transition from grass to asphalt (Ha.3).

At the reference test (Ha.1) no transition was tested. Initial artificial damage was applied (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.2 m) prior to testing. In total 6014 impacts were released on this test section, which lead to minor erosion as can be seen in Figure 11. Next to the artificial initial damage a second erosion hole developed. This area is, for analysis purposes, identified as a fourth reference test without artificial initial damage (Ha.4) and is indicated with a red marker in Figure 11.



Figure 11. Impression of reference test without transition (Ha.1). Left: during testing, Middle: damage after 2500 impact; the red marker indicates the second erosion hole which is indicated as a separate test section (Ha.4). The blue circle indicates the original location of the artificial initial damage. Right: damage after 6014 impacts.

Test Section Ha.2 consisted of a grass slope with a rectangular shaped pole. For practical reasons the pole was cut-off at ground level and artificially heightened to a level of 0.13 m above ground level. The size of the pole parallel to the crest of the dike was 0.3 m, the width of the pole (perpendicular to the crest of the dike) was 0.2 m. It is assumed that the hydraulic load on the grass and clay will be approximately the same for this adapted pole as for the original pole. Test Section Ha.2 had the same clay conditions and vegetation as Test Section Ha.1. However, the soil of the upper 0.2 m around the pole was less compacted than the soil at Test Section Ha.1. No artificial damage was made. In total 2500 impacts were released on this test section. An impression is given in Figure 12.



Figure 12. Impression of test with pole (Ha.2). Left: initial condition, right: damage after 2500 impacts.

The test at Test Section Ha.3 started without initial artificial damage. After 360 impacts it was decided to create artificial damage (cylindrical shape, diameter = 0.3 m, depth = 0.2 m). After a total of 1360 impacts it was decided to add a drainage gutter at the downstream side. This was done since the water in the hole could not flow away and was potentially ‘dampening’ the wave impact. In total 2360 impacts were applied. No significant erosion process was observed during the test.



Figure 13. Impression of Test Section Ha.3 (horizontal transition from asphalt to grass). Left: initial condition. Middle: condition prior to impact 1360 with artificial damage including a gutter. Right: impression of damage after a total of 2360 impacts.

The damage development of the three test sections is expressed as the maximum measured depth as function of the simulated storm duration. This is shown in Figure 14. More information about the damage development is given in Galema and Mom (2013) and Van Steeg (2013).

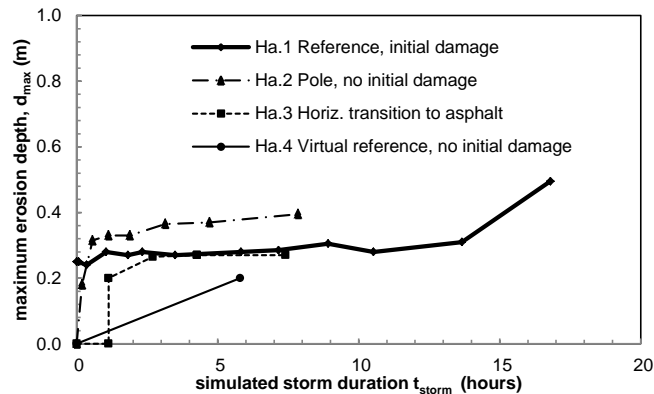


Figure 14. Maximum measured depth as function of simulated storm duration for location Harculo.

Based on the given photographs and the depth development in Figure 14 a good first insight is given in the influence of the tested transitions on the erosion.

No negative influence of the transition from asphalt to grass (Ha.3) can be found. It is however unknown whether this conclusion is also valid for conditions with higher hydraulic loads or conditions where the strength is lower.

The pole (Ha.2) significantly influences the stability of the top layer of the grass revetment (compare Ha.1 and Ha.4 in Figure 14). This can be explained by the low density of the top layer which is likely due to the maintainability of the soil around the pole. Mechanical mowing is not possible around the pole: heavy equipment does not access this part of the grass and therefore does not compress this top layer. Due to no or fewer mowing activities also the grass quality is lower. However, at deeper sections the influence of the pole to the erosion is negligible. It is assumed that the lack of mowing activities does not influence the density of the soil deeper than approximately 0.2 m to 0.3 m.

3.4 Test sections at location Olst (Ol.1, Ol.2, Ol.3)

At location Olst, three tests were carried out; two reference tests without transitions (Ol.1 and Ol.3) and one test with a vertical transition from grass to a smooth concrete revetment. The dike of Olst is a very sandy dike with a poor grass quality. The difference between the two reference tests is the presence of artificial initial damage (Ol.1) and the absence of this (Ol.3). At both Test Section Ol.1 and Test Section Ol.3 erosion occurred very rapidly resulting in large erosion pits. An impression of the damage development of Test Section Ol.1 is given in Figure 15.



Figure 15. Left: initial condition at Ol.1. Right: after 3000 impacts.

At the test with the vertical transition from grass to a smooth concrete revetment (Ol.2) damage occurred faster than at the reference tests (Ol.1 and Ol.3) and was aborted after 500 impacts. An impression of the damage development is given in Figure 16.



Figure 16. Impression of Test Section Ol.2. Left: initial condition. Middle and right: condition after 500 impacts.

The damage development of the three test sections is given in Figure 17. More information about the damage development is given in Galema and Mom (2013) and Van Steeg (2013).

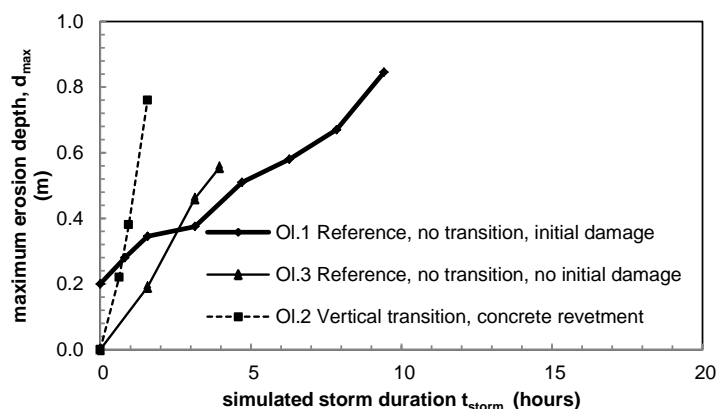


Figure 17. Maximum measured depth as function of simulated storm duration for location Olst.

In Figure 17 it can clearly be seen that the damage development at the tested transition (Ol.2) is higher than the damage development at the reference tests (Ol.1 and Ol.3). This is explained due to three potential reasons: (1) due to lower maintainability the upper 0.2 m of the soil was less compacted leading to less strength; (2) due to the transition cohesion of the grass was lower leading to less strength, and (3) due to the geometry of the structure higher local hydraulic loads occurred.

3.5 Overview of tested sections

An overview of the tested sections is given in Table 3. In this table the grass quality, the soil quality and the erosion rate of the test sections are made relative to the grass quality, the soil quality and the erosion rate of the reference tests.

Table 3. Overview of test results.

LOCATION	TEST	GRASS QUALITY		SOIL QUALITY	EROSION RATE
OOSTERB.	Oo.3	≈ Oo.1	<< Oo.1	sand	> Oo.1
OOSTERB.	Oo.4	≈ Oo.1	<< Oo.1	sand	> Oo.1
OOSTERB.	Oo.5	< Oo.1 ^{*1}	> Oo.1 ^{*5}	low and high res. clay	> Oo.1
OOSTERB.	Oo.7	≈ Oo.1	≈ Oo.1	low res. clay	≈ Oo.1
HARCULO	Ha.2	< Ha.1 ^{*2}	< Ha.1 ^{*5}	low res. clay	> Ha.1
HARCULO	Ha.3	< Ha.1 ^{*3}	≈ Ha.1	low res. clay	< Ha.1
BERKUM	Be.2	≈ Be.1	>> Be.2	low or high res. clay	< Be.1
BERKUM	Be.3	≈ Be.1	≈ Be.1	sand	< Be.1
OLST	OI.2	< OI.1 ^{*4}	≈ OI.1 ^{*5}	sand	> OI.1

(*1) The grass condition at Test Section Oo.5 is probably lower than at Test Section Oo.1. The grass at Test Section Oo.5 was relatively young (testing was approximately 2.5 years after sowing) resulting in a less developed root anchoring.

(*2) The grass condition is probably lower than at Test Section Ha.1. This is most likely a result of the maintenance being locally different: mowing activities are interrupted because of the presence of the pole.

(*3) The grass condition at Test Section Ha.3 is probably lower than the grass condition at Test Section Ha.1 due to the presence of tire tracks.

(*4) The quality of the grass sod at Test Section OI.2 was clearly lower than the quality of the grass sod at Test Section OI.1. This is most likely a result of locally deviating maintenance: mowing activities are interrupted because of the presence of the concrete bank protection.

(*5) Clay with lower density.

4. DISCUSSION

Most of the tested transitions have a lower stability compared to the reference test where no transition was applied. In all cases this was likely due to secondary effects. It is estimated that primary effects, such as local higher hydraulic loads or lower strength due to an interrupted grass sod, had minor influence to the stability. This is not necessarily the case for other situations. Based on the test results the secondary effects as described in the following sections are identified. It is emphasized that not all effects are shown with the performed test but that these effects are nonetheless likely to occur in other situations.

4.1 Secondary effects due to construction process

The construction of a transition or an object in a grass revetment could influence the stability of the revetment significantly. The tests at location Oosterbierum showed that the stairs were constructed in a sand layer (Oo.3 and Oo.4) or in a gravel layer (Oo.5) and not in a clay layer. These test sections were very weak since this sand and gravel layer flushed away immediately after the start of the test leading to almost a complete loss of strength.

Construction work in a grass revetment dike leads to an area along the transition which consists of relatively 'young' clay and grass. In the first couple of years this could be a weak part of the dike since the grass roots are not well developed. This probably had also some influence on the test at Test Section Oo.5.

4.2 Secondary effects due to maintenance

Maintenance of the grass revetment around the transition can have a significant influence to the stability. Often mechanical mowing is applied which compresses the top layer of a grass revetment and makes it therefore most likely stronger. The grass near transitions is not always accessible for the mechanical mowers leading to a less dense (and thus weaker) top layer (e.g. Ha.2 and OI.2). Also the grass quality itself can be lower when mowing is not performed properly. A lower grass quality will also lead to a lower strength of the dike.

4.3 Other secondary effects

The area around transitions could be more attractive to small animals such as mice or moles since this might give more shelter (longer grass) and the clay is (sometimes) less dense. These animals dig holes/tunnels in the dike which could lead to lower strength.

Large animals such as sheep sometimes have the intention to walk repeatedly besides a transition leading to a lower grass quality (or complete absence of grass) and thus a lower strength.

Tire tracks might lead to a lower grass quality and thus to a lower strength.

In some cases grass gets less sun near a transition (e.g. shadow of a building) which leads to a lower grass quality and thus to a lower strength.

4.4 How to deal with transitions?

Transitions in grass revetments cannot be avoided. For multifunctional use of dikes (e.g. combination of flood defence and road, recreation, buildings, et cetera) more transitions are unavoidable. Therefore there is a need to ensure the stability of the transition by giving specific attention to transitions in the design, construction, assessment and maintenance of grass covers on dikes. A first step should be to avoid secondary effects since it is unfeasible to include secondary effects in stability modelling (not to speak of applying these models to all transitions at primary flood defences). The effects of primary influences (higher local loads of the interruption of the grass sod) should be accounted for by mitigating measures such as decreasing the external hydraulic load or by strengthening of the grass revetment.

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Transitions on a grass slope under wave impact loading are a potential weak part of a dike. This is illustrated with field tests with the wave impact generator. At several tests with transitions the stability of the grass revetment was significantly lower than the stability of a reference test section where no transition was applied. It is difficult to deal with transitions due to the large variety. It is recommended to include transitions in protocols with respect to design, construction, maintenance and assessment of primary flood defences with grass revetments. Secondary aspects as described in this paper should be avoided as much as possible. The influence of unavoidable secondary aspects or the influence of primary influences (higher local loads, lower strength due to interruption of the grass sod) should be compensated with mitigating measures. These mitigating measures are subject to future research.

ACKNOWLEDGEMENTS

The described tests are performed within the framework of two projects: (i) WTI 2017 (“Research and stability of safety assessment tools of Dutch flood defences”) and (ii) the project KPP VOW (Strengthening Research Flood Safety, subproject: transitions). Both projects are financed by the Dutch Ministry of Public Works and Environment (Rijkswaterstaat). The physical model testing with the wave impact generator in the field was performed by Infram BV.

REFERENCES

- Bakker, J. and Mom, R. (2015). In Dutch: Factual report: golfklapproeven Oosterbierum (Factual report: wave impact tests Oosterbierum), *Infram report 14i062 (concept)*, 18 January 2015
- Galema, A., Mom, R. (2013) Factual report wave impact tests – Harculo, Berkum and Olst, *Infram report 12i072*, 21 October 2013
- Hoffmans, G.J.C.M, Van Hoven, A., Hardeman, B., Verheij, H.J. (2015). Erosion of grass covers at transitions and objects on dikes, *Proc. 7th ICSE 2014*, pp 643- 649
- Rijkswaterstaat (2012). In Dutch: Toetsen Grasbekledingen op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerderoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, (Assessment of grass revetments), Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 25 October 2012
- Steendam, G.J. (2012). Factual report Wave impact tests – Sedyk Oosterbierum, *Infram report 12i005*, October 2012
- Steendam, GJ, 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, *Proc. ICE, Coasts, Marine Structures and Breakwaters 2013*, Edinburgh, UK
- Van Steeg, P. (2013). Residual strength of grass on river dikes under wave attack, WTI 2017, Phase 2: Analysis of wave impact generator tests on 4 dike locations, *Deltares report 1207811-008-HYE-005*, October 2013
- Van Steeg, P. (2014). In Dutch: Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen (Desk study transitions with grass in primary flood defences), *Deltares report 1209380-006-VEB-0005*, 2 December 2014
- Van Steeg, P., Klein Breteler, M. and Labrujere, A. (2014a). Design of wave impact generator to test stability of grass slopes under wave attack, *5th Conf. on the Application of Physical Modelling to Port and Coastal Protection, Coastlab*, 29 September. – 2 October 2014, Varna, Bulgaria
- Van Steeg, P., Klein Breteler, M. and Labrujere, A. (2014b). Use of wave impact generator and wave flume to determine strength of outer slopes of grass dikes under wave loads, *34th Int. Conf. on Coastal Engineering*, 15-20 June 2014, Seoul, Korea
- Van Steeg, P. and Van Hoven, A. (2013a). In Dutch: Overgangen bij primaire waterkeringen (Transitions in primary flood defences), *Deltares report 1208394-000-HYE-0011*, November 2013

Van Steeg, P. and Van Hoven, A., (2013b). In Dutch: Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen (Transitions in grass revetments of primary flood defences.) *Deltares report 1208394-000-HYE-0012*, November 2013

G Prioritering oplossingsrichtingen

Om oplossingsrichtingen te kunnen prioriteren is door Infram BV een bureaustudie uitgevoerd. Deze studie is in deze bijlage opgenomen.



**BEOORDELING
OPLOSSINGSRICHTINGEN EN
PRIORITEREN
OVERGANGSTYPEN**

Definitief

Opdrachtgever: Deltares

Projectnummer: 15i007

Versie: 20

03-003-2015



INFRAM B.V.

Postbus 150

3950 AD MAARN

Tel: +(0)343 – 745 600

www.infram.nl

Projectgegevens

Titel: Beoordeling oplossingsrichtingen en prioriteren overgangstypen
Versie: 2.0
Status: Definitief
Datum: 03-03-2015
Opdrachtgever: Deltares
Projectnummer: 15i007
Partners:

Auteurs: Alida Galema
Uitgevoerd door: Kees Dorst
Datum \ Paraaf 03-03-2015

Inhoudsopgave

1	Inleiding en aanleiding	1
1.1	Opdracht	1
1.2	Aanpak en leeswijzer	2
2	Criteria en proces van trechters	3
2.1	Opstellen criteria	3
2.2	Wijze van beoordelen van oplossingsrichtingen	4
2.3	Wijze van prioriteren van typen overgangen	4
3	Beoordelen oplossingsrichtingen	5
3.1	Verhogen van de locatie van de overgang	5
3.2	Stroomlijnen van knik	6
3.3	Ruwheidsverschillen opheffen	7
3.4	Doorgroeibaar medium	8
3.5	Aanbrengen verborgen (rest)sterkte	9
3.6	Gemeenschappelijke negatieve score op criterium	9
3.7	Samenvatting beoordeling	10
4	Prioriteren overgangen	12
5	Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	16
6	Literatuur	18
	BIJLAGEN	19
A.	Beoordeling oplossingsrichtingen	20

1 Inleiding en aanleiding

Overgangen in bekledingen op primaire keringen zijn potentieel zwakke punten van de waterkering, zo ook en met name overgangen in grasbekleding (knik bij teen en bermen) en van gras naar een harde constructie (steen, beton e.d.). Dit is reeds beschreven in Van Steeg en Van Hoven (2013a,b) en is tevens gebleken uit diverse golfklap-, golfploop- en golfoverslagproeven welke onder andere in het kader van het Wettelijk Toetsinstrumentarium 2017 uitgevoerd zijn.

In het deelproject 'Overgangen in grasbekledingen op primaire waterkeringen', wat onder het KPP (Kenniss Primaire Processen) project 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid' van Rijkswaterstaat valt, wordt onderzoek gedaan naar overgangen in grasbekledingen. De focus van dit deelproject ligt op het ontwerpen van stabiele overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen.

In Van Steeg (2014) zijn vele typen overgangen in grasbekledingen beschreven. Zo zijn bijvoorbeeld verticale en horizontale overgangen te onderscheiden maar ook overgangen die belast worden door stroming (golfploop of golfoverslag) of door golfklappen. Doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te krijgen welke typen overgangen het meest risicovol zijn en welke potentiële maatregelen genomen kunnen worden om deze risico's te reduceren.

Als potentiële maatregelen worden in Van Steeg (2014) de volgende mogelijke oplossingsrichtingen benoemd:

1. Verhogen van de locatie van de overgang (verplaatsen overgang)
2. Stroomlijnen van overgang (knik)
3. Opheffen van ruwheidsverschillen
4. Versterken van de grasmat met doorgroeibaar materiaal
5. Aanbrengen dikkere/ betere kleilaag (reststerkte)

In Van Steeg en Van Hoven (2013a,b) is beschreven dat fysieke modelproeven onontbeerlijk zijn voor een nadere beschouwing van overgangen in grasbekledingen. Een vervolg van deze studie is dan ook het beproeven van de meest kansrijke oplossingsrichtingen op de meest voorkomende en risicovolle typen overgangen.

Van Steeg (2014) beschrijft de bureaustudie welke is uitgevoerd voorafgaande aan fysiek model onderzoek. In de genoemde bureaustudie zijn overgangen in grasbekledingen gecategoriseerd en zijn reeds oplossingsrichtingen aangedragen.

1.1 Opdracht

Dit document is in opdracht van Deltares tot stand gekomen. De opdracht is om aan de hand van diverse criteria kansrijke oplossingsrichtingen te bepalen voor het versterken van overgangen van grasbekledingen naar harde constructies op primaire waterkeringen en een prioritering aan te brengen in de te beproeven typen overgangen met bijbehorende kansrijke oplossingsrichtingen.

1.1.1 Afbakening

In beginsel zijn de potentiële oplossingsrichtingen zoals beschreven in Van Steeg (2014) geprioriteerd. Waar INFRAM nog aanvullende potentiële oplossingsrichtingen heeft gevonden is dit apart aangegeven.

Parallel aan deze opdracht voerde INFRAM interviews uit met een zestal waterkeringbeheerders om ervaringen met overgangen in grasbekledingen te inventariseren. De resultaten van die interviews zijn weergegeven in het memo "Inventarisatie ervaringen waterkeringbeheerders met overgangen in grasbekledingen" van 27 februari 2015. Inzichten verkregen uit deze interviews zijn verwerkt in voorliggend rapport.

1.2 Aanpak en leeswijzer

Als eerste zijn de criteria opgesteld op basis waarvan de oplossingsrichtingen beoordeeld zijn en is de wijze van beoordelen en prioriteren bedacht (hoofdstuk 2).

Hiermee is de beoordeling uitgevoerd van de oplossingsrichtingen zoals beschreven in Van Steeg (2014). Het doel van deze beoordeling is om tot een selectie te komen van kansrijke oplossingsrichtingen (hoofdstuk 3). Vervolgens zijn de typen overgangen in combinatie met de oplossingsrichtingen geprioriteerd (hoofdstuk 4)

Gebaseerd op het resultaat van de prioritering volgt ten slotte een aanbeveling voor nader onderzoek naar enkele typen overgangen in combinatie met kansrijke oplossingsrichtingen (hoofdstuk 5).

2 Criteria en proces van trechters

2.1 Opstellen criteria

Voor het onderling vergelijken van de verschillende oplossingsrichtingen en het benoemen van kansrijke oplossingen hanteren wij een aantal criteria. Deze criteria zijn gebaseerd op Van Leeuwddrent, (2014) (Fugro rapportage) welke waar mogelijk in overeenstemming met het Technisch Rapport Dijkbekledingen opgesteld zijn. In Van Leeuwddrent (2014) is een lijst met criteria gegeven welke bedoeld is als aanzet tot een handreiking voor ontwerpers om op een overzichtelijke manier het juiste type overgang te kiezen. Enkele criteria uit Van Leeuwddrent (2014) zijn echter buiten beschouwing gelaten omdat het nog innovaties betreffen waar vervolgonderzoek naar uitgevoerd wordt of nog moet worden. Een voorbeeld is het criterium of de oplossing zich voldoende bewezen heeft bij de maatgevende hydraulische belastingen. Voor alle vijf oplossingsrichtingen is de score negatief voor dit criterium omdat het nog niet voldoende bewezen is. Tevens zijn enkele criteria aangescherpt en meer SMART geformuleerd.

Naast de criteria genoemd in Van Leeuwddrent (2014) zijn op basis van interviews met waterkering-beheerders en expert judgement enkele criteria toegevoegd:

- Geen negatief effect op de ruimtelijke inpassing en LNC waarden;
- Eenvoudig te repareren;
- Geen toename van de onderhoudsinspanning in geld en tijd Geen maatwerk benodigd;
- Levensduur moet in verhouding staan tot de aanlegkosten;
- Toepassing van duurzame materialen. Mogelijkheid tot hergebruik;
- Relatief gemakkelijk aan te brengen bij nieuw aan te leggen overgangen;
- Relatief gemakkelijk aan te brengen bij bestaande overgangen;
- Toepasbaar op veel voorkomende overgangen;
- Toepasbaar op zeer kwetsbare typen overgangen.

In de lijn met de beoordelingstabel in van Leeuwddrent (2014) is bij deze toegevoegde criteria eveneens onderscheid gemaakt tussen eisen en wensen.

De criteria zijn, in lijn met Van Leeuwddrent (2014) geclusterd in een achttal categorieën, namelijk:

- Waterkerende functie;
- Secundaire functies;
- Inspecteerbaarheid, toetsbaarheid en beheer & onderhoud;
- Levensduur;
- Milieu aspecten;
- Maakbaarheid;
- Financiële aspecten (LCC);
- Toepasbaarheid.

De geclusterde criteria, in totaal 23, zijn samengevat in een tabel, zie bijlage **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

In de categorie 'toepasbaarheid' worden onder andere de criteria gesteld betreffende de toepasbaarheid voor veel voorkomende typen overgangen en voor zeer kwetsbare typen overgangen. Parallel aan het prioriteren van de oplossingsrichtingen loopt een onderzoek naar het prioriteren van de verschillende

typen overgangen. Input voor het laatstgenoemde onderzoek zijn onder andere ervaringen van waterkeringbeheerders die geïnventariseerd zijn middels het afnemen van interviews. De resultaten hiervan zijn betrokken in de prioritering van de oplossingsrichtingen..

2.2 Wijze van beoordelen van oplossingsrichtingen

Bij de beoordeling van de vijf oplossingsrichtingen hanteren we drie scores:

Groen	Positieve beoordeling
Rood	Negatieve beoordeling
Oranje	Beoordeling alleen positief wanneer de oplossingsrichting gecombineerd wordt met andere oplossingsrichting

Indien een oplossingsrichting op een bepaald criterium een negatieve beoordeling heeft gekregen, dan is dit onderbouwd. Positieve beoordelingen zijn niet onderbouwd omdat dit voornamelijk 'open deuren' betreffen.

De resultaten van de beoordeling geven aan welke oplossingsrichtingen kansrijk zijn en welke niet.

2.3 Wijze van prioriteren van typen overgangen

Uit de beoordelingstabel zijn kansrijke oplossingen geselecteerd. De volgende stap is het prioriteren van typen overgangen in combinatie met de kansrijke oplossingen. Deze prioritering is nodig omdat uit financieel oogpunt maar een beperkt aantal overgangstypen en kansrijke oplossingsrichtingen beproefd kunnen worden. Bovendien is het waarschijnlijk ook niet noodzakelijk om alle kansrijke oplossingsrichtingen op alle typen overgangen te testen omdat proefresultaten doorvertaald kunnen worden.

In voorliggende rapportage is reeds een voorschot gegeven op de prioritering van overgangen. Input hiervoor betreffen onder andere de eerder genoemde interviews met waterkeringbeheerders. Deltares voert nog nader en meer uitgebreid onderzoek uit naar het prioriteren van typen overgangen.

De prioritering van typen overgangen vindt gedeeltelijk plaats op basis van de meest risicovolle overgangen en veel voorkomende overgangen.

Uitgangspunten voor deze prioritering zijn:

- Meest voorkomende risicovolle en kwetsbare typen overgangen beproeven
- Meest zwaar belaste overgangen beproeven
- De mogelijkheid om verkregen proefresultaten te kunnen doorvertalen naar andere typen overgangen.

Het is wenselijk om zowel een overgang op stroming als op golfklappen te beproeven zodat mogelijk een vertaling gemaakt kan worden van beproefde overgangen op stroming naar dezelfde typen overgangen op golfklap.

3 Beoordelen oplossingsrichtingen

Van Steeg (2014) beschrijft een vijftal potentiële oplossingsrichtingen, namelijk:

1. Verhogen van de locatie van de overgang (verplaatsen overgang)
2. Stroomlijnen van overgang (knik)
3. Opheffen van ruwheidsverschillen
4. Versterken van de grasmat met doorgroeibaar materiaal
5. Aanbrengen dikkere/ betere kleilaag (reststerkte)

De vijfde oplossingsrichting hebben wij hernoemd naar:

5. Aanbrengen van verborgen (rest)sterkte. Zo past ook de toepassing van andere materialen dan klei, bijvoorbeeld grasblokken, bentoniet en OSA (open steenasfalt), binnen deze oplossingsrichting.

Bij het toekennen van de beoordelingen is uitgegaan van de categorisering zoals in figuur 2.6 van Van Steeg (2014) gehanteerd is. Overgangen met een bolle knik (bijvoorbeeld kruin van de dijk met een weg) zijn in lijn met Van Steeg (2014) niet beschouwd bij de beoordeling van de oplossingsrichtingen. *Noot: Voor enkele waterschappen vormt deze overgang op termijn (met de komst van de nieuwe normering) mogelijk wel een probleem.*

De resultaten van de beoordeling van de oplossingsrichtingen zijn samengevat in een beoordelingstabel, zie bijlage A. De meer uitgebreide onderbouwing van negatieve scores per oplossingsrichting is gegeven in de volgende paragrafen.

3.1 Verhogen van de locatie van de overgang

Het verhogen van de locatie van de overgang scoort op zes criteria negatief. Hieronder zijn de betreffende punten weergegeven en toegelicht.

- *Inpassing omgeving en LNC waarden?*
Gevolg van het verhogen van de locatie van de overgang is het verder doortrekken van de harde bekleding in verticale richting op het talud. Hierdoor neemt de hoeveelheid grasbekleding (tussen overgang en kruin) af. Dit heeft invloed op het beeld en aanzicht van de dijk. Het hoger optrekken van de harde bekleding verhoogt de ruwheid in de golfploopzone waardoor deze maatregel bij een hoogtetekort een kruinverhoging mogelijk kan voorkomen of reduceren. Andersom zal deze maatregel in de praktijk geen aanleiding zijn om de kruin van een dijk zonder hoogtetekort te verlagen. Om die reden blijft de score van de oplossing negatief.
- *Negatieve neveneffecten op secundaire functies?*
Doordat de hoeveelheid gras afneemt hebben pachters minder weidegrond tot hun beschikking. Pachters met lopende contracten zullen hiervoor gecompenseerd moeten worden.
- *Relatief gemakkelijk aan te brengen bij bestaande overgangen?*
Het hoger op het talud aanbrengen van de huidige overgangen is arbeidsintensief. Dit houdt namelijk het (deels) verwijderen van de bestaande grasbekleding in en het aanleggen van

stukken nieuwe harde bekleding. Tevens is de aansluiting van de nieuwe strook harde bekleding op de reeds aanwezige harde bekleding een punt van aandacht.

- *Zijn de aanlegkosten van de overgangsconstructie optimaal in relatie tot de baten?*
Het is een kostbare oplossing welke alleen een reductie van de belasting oplevert. De overgang wordt niet sterker. De precieze baten zijn locatie afhankelijk/ project specifiek.
- Voor overige negatieve scores op de criteria zie paragraaf 3.6.

3.2 Stroomlijnen van knik

Het stroomlijnen van een knik als oplossingsrichting scoort op vijf criteria negatief en op één punt is de beoordeling alleen positief bij het combineren van de oplossingsrichting met een andere oplossingsrichting (oranje).

- *Zijn alle ontwerpbepalende faalmechanismen bekend en voldoende afgedekt?*
Het is de vraag of het toepassen van deze oplossingsrichting alleen voldoende is (oranje score). Een reductie van de belasting wordt bewerkstelligd door de overgang te stroomlijnen waardoor het water minder abrupt van richting veranderd. Het is echter de vraag of de grasbekleding alsnog voldoende sterk is om deze belasting te kunnen weerstaan. Met name bij overgangen waarin tevens ruwheidsverschillen aanwezig zijn (bijvoorbeeld bij een weg langs de teen van de dijk) worden zwakke punten van de overgang niet volledig aangepakt. Tevens hebben veel dijken een binnentalud met een helling van 1:2,5/ 1:3 waarbij de 'knik' al erg flauw is. Onduidelijk is of bij het verder verflauwen/ stroomlijnen van de knik, de belasting voldoende gereduceerd wordt om schade aan de overgang te voorkomen. In combinatie met een oplossingsrichting waarbij het gras versterkt is, wordt het stroomlijnen van knik als kansrijke oplossing gezien.
- *Neemt de onderhoudsinspanning toe (geld/ tijd)? Is maatwerk nodig?*
- Om een knik te stroomlijnen zal een holle boog gemaakt worden. De verwachting is dat een gestroomlijnde knik uitgevoerd in gras lastig te maaien is met juist beschadigingen aan de grasbekleding tot gevolg. Onbekend is waar de grens ligt van boogstralen die nog wel of niet te maaien zijn. Momenteel wordt het talud boven een knik vanaf het talud gemaaid en het horizontale deel eronder vanaf dit horizontale deel, bijvoorbeeld de weg. Door de aanwezigheid van een boog (i.p.v. knik) is de kans groot dat aan één rand van de maaimachine de graszode en grond beschadigen waardoor er 'hoekjes' uitgaan bij de teen van de dijk. Hierdoor wordt het talud op die plekken juist weer steiler. Verraderlijk hierbij is dat de bestuurder van de maaimachine niet doorheeft dat de gestroomlijnde teen eruit gemaaid wordt en weer een knik ontstaat. *Zijn de benodigde voorschriften op dit moment bekend en beschikbaar m.b.t. uitvoering?*
Vanuit de theorie zijn reeds voorstellen gedaan op welke wijze de knik te stroomlijnen is (hoe rond, welke hellingen e.d.) om de overgang voldoende stabiel te maken. In de praktijk is dit echter nog niet bewezen. Hiervoor dient nader onderzoek uitgevoerd te worden.
- *Zijn de aanlegkosten van de overgangsconstructie optimaal in relatie tot de baten?*
De oplossing is relatief eenvoudig aan te leggen en daardoor redelijk goedkoop mits er voldoende ruimte is. Nadeel is namelijk het ruimtebeslag van deze maatregel. Een grote boogstraal vraagt inpassingsruimte.. Als hierdoor bijvoorbeeld een weg moet worden verlegd dan is deze oplossing niet efficiënt.

- *Zijn de beheerkosten optimaal in relatie tot de baten?*
Doordat de overgang extra aandacht behoeft tijdens maaien nemen de beheerkosten toe, terwijl de werking twijfelachtig is.
- Voor overige negatieve scores op de criteria zie paragraaf 3.6.

3.3 Ruwheidsverschillen opheffen

Het opheffen van ruwheidsverschillen betreft de overgang van een harde gladde bekleding naar de ruwere grasbekleding, waarbij op de harde bekleding extra ruwheid aangebracht wordt. Daarom is het opheffen van ruwheidsverschillen alleen van toepassing bij de overgang van asfaltbekleding naar grasbekleding. Het toevoegen van overgangsconstructies zoals het aanbrengen van doorgroeistenen is geschaard onder de oplossingsrichting 'doorgroeibaar medium' en niet onder het opheffen van ruwheidsverschillen.

Deze oplossingsrichting scoort op 12 punten negatief en op één punt alleen positief als de oplossingsrichting gecombineerd wordt met een andere oplossingsrichting.

- *Zijn alle ontwerpbepalende faalmechanismen bekend en voldoende afgedekt?*
Het toepassen van deze oplossingsrichting alleen lijkt niet voldoende te zijn. Door het opheffen van het ruwheidsverschil valt de overgang in een andere categorie zoals gehanteerd is in tabel 4.11 uit Van Steeg (2014), namelijk T9 of T16. Door het verruwen van harde bekleding, kan het snelheidsverschil tussen de harde- en grasbekleding opgeheven worden, maar in de praktijk spelen ook andere mechanismen een rol. Denk hierbij aan hoogteverschil tussen de harde- en grasbekleding, vuil wat op de harde bekleding tegen de grasmat ligt, slechtere kwaliteit gras aan de rand van de harde bekleding. Hierdoor is de kans dat de grasmat beschadigt, opbolt en eventueel faalt nog steeds significant.
De oplossingsrichting is niet negatief beoordeeld omdat deze mogelijk kansrijk is in combinatie met een andere oplossingsrichting namelijk versterking van de grasbekleding.
- *Negatieve neveneffecten op secundaire functies?*
Het opruwen van een weg heeft negatieve invloed op het gebruik ervan.
- *Kan de oplossing relatief eenvoudig worden gerepareerd indien nodig?*
Indien het asfalt met extra ruwheid beschadigt raakt dan is dat lastig te herstellen.
- *Neemt de onderhoudsinspanning toe (geld/ tijd)? Is maatwerk nodig?*
Op (onderhouds)wegen dient eens in de ca 10-15 jaar een slijtlaag aangebracht te worden. Het aanbrengen van een slijtlaag op het verruwde asfalt is een punt van aandacht. De extra ruwheid kan bovendien dichtslibben en dus gladder worden hetgeen leidt tot extra onderhoud. Of de aanslibbing moet tijdens de stormduur vanzelf uit kunnen spoelen.
- *Kan op redelijke wijze aantoonbaar gemaakt worden dat de oplossing voldoet m.b.t. levensduur (50 jr)?*
De levensduur van asfalt is 20 à 30 jaar. Bij het vervangen van het asfalt zal opnieuw de extra ruwheid aangebracht moeten worden om de ruwheidsverschillen tussen het gras en asfalt op te heffen.
- *Zijn alle oplossingsonderdelen op dit moment gestandaardiseerd en verkrijgbaar op de markt?*
Nee, het opruwen van asfalt voor deze toepassing dient nog ontwikkeld te worden. Opties zijn frezen of het aanbrengen van een ruwe slijtlaag.
- *Zijn de benodigde voorschriften op dit moment bekend en beschikbaar m.b.t. uitvoering?*

Hiervoor is nader onderzoek nodig.

- *Zijn de aanlegkosten van de overgangsconstructie optimaal in relatie tot de baten?*
Het is waarschijnlijk een relatief goedkope oplossing, maar de effectiviteit is twijfelachtig omdat er veel andere factoren een rol spelen bij de overgang (hoogteverschil, aanwezigheid vuil, kwaliteit grasmat, e.d.).
- *Zijn de beheerkosten optimaal in relatie tot de baten?*
Eventuele schade is lastig te repareren maar de frequentie ervan is laag. De effectiviteit van de oplossingsrichting wordt echter betwijfeld waardoor de baten gering zijn.
- *Toepasbaar op veel voorkomende overgangen?*
De overgang van asfalt naar grasbekleding komt alleen voor op het buitentalud in de stromingszone.
- *Toepasbaar op zeer kwetsbare typen overgangen?*
- De overgang van asfalt naar grasbekleding in de golfklapzone is kwetsbaar, omdat daar de belastingen op dit type overgang groter zijn dan in de stromingszone. Het opheffen van ruwheidsverschillen bij overgangen van asfalt- naar grasbekleding in de golfklapzone is geen oplossing omdat de golfhoogte vele malen groter is dan de ruwheidshoogte. Alleen wanneer de ruwheidshoogte van de bekleding van dezelfde orde is als de golfhoogte heeft de extra ruwheid invloed op de golfklappen. Het aanbrengen van zoveel ruwheid is echter niet realistisch. Voor overige negatieve scores op de criteria zie paragraaf 3.6.

3.4 Doorgroeibaar medium

Het versterken van de grasmat middels aanbrengen van een doorgroeibaar medium scoort op negen punten negatief. Hieronder zijn de betreffende punten weergegeven en toegelicht.

- *Is eventuele schade eenvoudig zichtbaar voor de dagelijks beheerder? (controleerbaarheid)*
Het doorgroeibaar medium zit in- en onder de grasmat waardoor een deel van de constructie niet zichtbaar is.
- *Kan de oplossing relatief eenvoudig worden gerepareerd indien nodig?*
Indien schade ontstaat aan het doorgroeibaar medium dan zal de grasmat open gemaakt moeten worden om het doorgroeibaar medium te repareren of opnieuw aan te brengen. Ook het inzaaien van het gras moet dan opnieuw gebeuren, tenzij het terugleggen van de oude grasmat een optie is.
- *Neemt de onderhoudsinspanning toe (geld/ tijd)? Is maatwerk nodig?*
Het beschadigen van de grasmat en het doorgroeibare medium tijdens het maaien is een risico. Dit kan gebeuren als de klepel van de maaimachine door bijvoorbeeld onoplettendheid/ onvoorzichtigheid van de loonwerker te diep komt. Het gebruik van afstandhouders op de maaier of het handmatig maaien van de overgangen kunnen beheersmaatregelen zijn.
- *Zijn de toe te passen materialen duurzaam? Is hergebruik mogelijk of is afvoeren noodzakelijk?*
Bij sloop moet het doorgroeibaar medium gescheiden worden van gras en grond of als afval (stort) ingediend worden bij een erkende verwerker.
- *Zijn alle oplossings onderdelen op dit moment gestandaardiseerd en verkrijgbaar op de markt?*
Nee, dit is nog in ontwikkeling. Het betreft een nieuw innovatief product.
- *Zijn de benodigde voorschriften op dit moment bekend en beschikbaar m.b.t. uitvoering?*

Nee, nader onderzoek is noodzakelijk. Het betreft een innovatieve oplossing waarin verschillende doorgroeibare producten mogelijk toegepast kunnen worden. Vanwege dit innovatieve karakter moet een aantal vragen nog beantwoord worden. Zo is de invloed van schapenpaadjes op het doorgroeibaar medium onbekend. Ook het fenomeen van “opgroeien” van het gras, wat op termijn de werking van het doorgroeibaar medium mogelijk minder functioneel maakt, is een punt van aandacht.

- *Zijn de beheerkosten optimaal in relatie tot de baten?*
Waarschijnlijk nemen de beheerkosten toe ten opzichte van het huidige beheer omdat maaien met huidig materieel lastig/ risicovol is. Ook dit is nog een aspect welke in de praktijk moet worden ondervonden.
- Voor overige negatieve scores op de criteria zie paragraaf 3.6.

3.5 Aanbrengen verborgen (rest)sterkte

Het aanbrengen van verborgen (rest)sterkte als oplossingsrichting, scoort op zes punten negatief:

- *Is eventuele schade eenvoudig zichtbaar voor de dagelijks beheerder? (controleerbaarheid)*
De (rest)sterkte gevende constructie zit onder de bekleding en is dus niet zichtbaar.
- *Is er een betrouwbaar degradatiemodel beschikbaar?*
Van klei is het structureringsproces onbekend. Overige producten als grasblokken of bentoniet zijn innovatieve producten waarvan de erosiebestendigheid nog in de praktijk moet worden aangetoond.
- *Relatief gemakkelijk aan te brengen bij bestaande overgangen?*
Het aanbrengen van een dikke kleilaag onder bestaande overgangen is relatief arbeidsintensief omdat de dikte al snel 1 m zal moeten bedragen. Gebruik van grasblokken en open steen asfalt (OSA) is hiermee vergelijkbaar. Toepassing van bentoniet, waarvan een veel dunnere laag mogelijk al voldoende erosiebestendig is, scoort op dit punt beter.
- *Zijn de aanlegkosten van de overgangsconstructie optimaal in relatie tot de baten?*
Dit aspect is sterk afhankelijk van het toe te passen materiaal (klei, grasblokken, OSA, bentoniet). Afhankelijk van de zwakte van de huidige overgang is dit locatie- en projectspecifiek.
- Voor overige negatieve scores op de criteria zie paragraaf 3.6.

3.6 Gemeenschappelijke negatieve score op criterium

Voor een tweetal criteria zijn de antwoorden voor alle vijf oplossingsrichtingen gelijk. Dit betreft de volgende criteria:

- Is er een betrouwbaar ontwerpmodel of geobjectiveerde ontwerpervaring beschikbaar?
- Kunnen de waarden van de verschillende benodigde parameters eenvoudig worden vastgesteld?

Een betrouwbaar ontwerpmodel en geobjectiveerde ontwerpervaring ontbreekt nog omdat de oplossingsrichtingen nog niet specifiek voor overgangen toegepast zijn. Hier hebben alle oplossingsrichtingen dus negatief op gescoord. Nuancering hierbij is het stroomlijnen van een knik waarvoor reeds theoretische voorstellen gedaan zijn voor de benodigde boogstralen. In de praktijk is dit

echter nog niet bewezen. Tevens is het nog onduidelijk of deze voorstellen in toetsvoorschriften toegepast zullen gaan worden.

Aan de tweede vraag is geen score gegeven. Enkele parameters (bijvoorbeeld α) zijn momenteel nog niet te bepalen voor overgangen en dus ook niet voor de oplossingsrichtingen. Het bepalen van deze parameters wordt als aandachtspunt meegenomen in het onderzoek naar overgangen.

3.7 Samenvatting beoordeling

Het hoger aanbrengen van de overgang op het buitentalud is kostbaar, zeer ingrijpend en het beeld van de dijk verandert. Deze oplossingsrichting heeft slechts een beperkt aantal negatieve beoordelingen gekregen. Het verplaatsen van de overgang is namelijk een kansrijke oplossing als de grens tussen de kritieke belasting dicht op de overgang ligt waardoor de bekleding maar een klein stukje doorgetrokken hoeft te worden. Ook bij rivierdijken waar veel schade door schurend veek optreedt is deze oplossingsrichting kansrijk. Deze oplossingsrichting wordt in de praktijk ook al toegepast.

De effectiviteit van de oplossingsrichting is zeer locatieafhankelijk en project specifiek.

Het is de vraag of stroomlijnen een op zichzelf staande oplossing is of dat deze oplossing alleen interessant is in combinatie met een andere oplossingsrichting. Hierbij valt bij te denken aan het versterken van het gras of het aanbrengen van reststerkte. Middels nader onderzoek is meer duidelijkheid te verkrijgen over de kansrijkheid van stroomlijnen. Het maaien van de gestroomlijnde knik en het benodigde ruimtebeslag om de maatregel aan te brengen zijn echter aandachtspunten.

Het opheffen van ruwheidsverschillen is toe te passen op een beperkt aantal typen overgangen, m.n. in de overgang van asfalt naar gras. Het is de vraag is of de belasting voldoende gereduceerd wordt om het gras niet te beschadigen. De aansluiting tussen asfalt- naar grasbekleding blijft kwetsbaar omdat ook andere mechanismen hierbij een rol spelen (o.a. hoogteverschil bekledingen).

Het doorgroeibaar medium is een kansrijke oplossingsrichting met als grote voordeel dat het breed toepasbaar is voor veel verschillende typen overgangen. Deze oplossingsrichting is echter op enkele criteria negatief beoordeeld. De oorzaak hiervan is dat het een innovatie betreft en nader onderzoek nodig is. Belangrijk aandachtspunt bij vervolgonderzoek is het uitvoeren van regulier beheer en onderhoud en het toetsen van de overgangsconstructie.

Aanbrengen van verborgen (rest)sterkte als oplossingsrichting heeft een laag aantal negatieve beoordelingen gekregen. Het is dan ook niet geheel toevallig dat deze oplossingsrichting al bij diverse overgangen door verschillende beheerders wordt toegepast. De oplossingsrichting is breed toepasbaar en is relatief simpel als aandachtspunt mee te nemen bij dijkversterkingsprojecten, mits de bekleding toch al opengebrouwen wordt of bij aanleg van nieuwe overgangen. Voor bestaande overgangen kan het afhankelijk van het toe te passen materiaal ingrijpend zijn, maar de oplossingsrichting is zeker kansrijk met komst van nieuwe (innovatieve) materialen.

Drie van de vijf oplossingsrichtingen worden als kansrijk bestempeld omdat ze de overgang versterken, breed toepasbaar zijn, en de (aanleg/ of beheer)kosten in verhouding staan tot de baten.

Dit betreft:

- Hoger aanbrengen van de overgang

- Doorgroeibaar medium
- Aanbrengen van verborgen (rest)sterkte

Voor het stroomlijnen van knik als oplossingsrichting is nog discussie en onduidelijkheid over de kansrijkheid. Zonder het uitvoeren van nader onderzoek is niet te beredeneren of de oplossing al dan niet kansrijk is. Aanbeveling is om met nader onderzoek de kansrijkheid van de oplossing te bepalen.

4 Prioriteren overgangen

Het hoger op het talud aanbrengen van de overgang onderscheidt zich van de andere twee kansrijke oplossingen, omdat de belasting op de overgang gereduceerd wordt. Bij de andere twee kansrijke oplossingsrichtingen vindt versterking van de overgang plaats en blijft de belasting gelijk.

De reductie van de belasting bij het hoger aanbrengen van de overgang op het talud wordt alleen effectief geacht voor drie situaties:

- De overgang boven de golfklapzone te brengen. Immers is de belasting door golfklappen veel groter dan golfploopbelasting;
- De overgang boven een bepaalde waterstand te brengen waar mechanische schuring van veek een gevaar is voor de stabiliteit van het gras;
- Waar de belasting als gevolg van de golven en dus ook de golfploophoogte relatief gering is. Bij het verhogen van het overgangsniveau neemt de totale belasting op de overgang af omdat de overgang minder vaak belast wordt; dit effect is groter bij lagere golven. Bekijken we dit aspect per individuele golfploop dan geldt ook dat de efficiëntie toeneemt voor de kleine golven; de belasting in de golfploopzone neemt pas na 75% van de golfploophoogte significant af en bij een te grote oploophoogte moet dus een te groot oppervlak verhard worden.

Een eerste indicatie van de benodigde hoogteligging is te bepalen met de bestaande theorie en modellen. Voor deze oplossingsrichting is om die reden geen praktijkonderzoek nodig en komt daarom in de volgende paragrafen niet meer aan bod.

Voor het toepassen van het doorgroeibaar medium en het aanbrengen van verborgen (rest)sterkte is wel praktijkonderzoek nodig. Binnen deze twee kansrijke oplossingsrichtingen zijn 16 typen overgangen waar de oplossingsrichtingen toepasbaar zijn (zie figuur 4.11 in Van Steeg (2014)). Het is zeer kostbaar en waarschijnlijk ook niet nodig om voor al deze 16 categorieën de twee geselecteerde oplossingsrichtingen te beproeven. Om die reden is een prioritering van de typen overgangen nodig.

Uitgangspunten hierbij zijn:

- Meest voorkomende risicovolle en kwetsbare typen overgangen beproeven;
- Meest zwaar belaste overgangen beproeven;

De mogelijkheid om verkregen proefresultaten te kunnen doorvertalen naar andere typen overgangen.

4.1.1 Meest voorkomende risicovolle en kwetsbare typen overgangen

Middels het afnemen van interviews met een zestal waterkeringbeheerders is geïnterviewd hoe vaak de verschillende typen overgangen voorkomen en wat de invloed is van de overgang op de stabiliteit van de bekleding. Dit verschilt per beheergebied maar de conclusie is dat onderstaande overgangen kwetsbaar zijn en veel voorkomen:

- Langs trappen (op zowel binnen- als buitentalud) / stroming bij oploop en overslag
- Langs binnenkant inspectiewegen op buitenberm (met name bij zeedijken) / vnl. stroming bij oploop, mogelijk ook golfklap
- In de knik buitenberm-bovenbeloop / vnl. stroming bij oploop, mogelijk ook golfklap
- In de knik binnentalud – teen of binnenberm / stroming bij overslag, veelal in combinatie een weg, afrasteringen en schapenpaadjes
- Langs (uitwaterings)constructies op het buitentalud / langsstroming en oploop

- Boven een harde bekleding op het buitentalud (met name bij rivierdijken) / langsstroming, golfloop en golfklappen

4.1.2 Te beproeven overgangen

Eén van de uitgangspunten voor de prioritering is het beproeven van de meest zwaar belaste overgangen. Als uit proeven blijkt dat de twee oplossingsrichtingen voldoende sterk zijn bij de zwaarste belaste typen overgangen, dan kan geconcludeerd worden dat de oplossing ook voldoet bij vergelijkbare maar minder zwaar belaste overgangen. Voorbeeld hiervan is de verwachting dat belasting bij golfoverslag groter is dan die bij golfloop. Risico van deze proefaanpak is echter dat de oplossingen (net) niet voldoen bij de zwaarste belasting, maar uitstekend kunnen functioneren bij minder zware belasting. Beheersmaatregel hiervoor is om tijdens uitvoering van de proeven de belasting te variëren. Gestart kan worden met een lagere belasting, om vervolgens bij weinig schade de belasting te verhogen.

Een ander uitgangspunt betreft het beproeven van zowel een overgang op stroming als op golfklappen. Uit interviews met beheerders is gebleken dat veel overgangen van harde bekleding naar grasbekleding op het buitentalud onder dagelijkse omstandigheden door golfklap belast worden. Onder maatgevende omstandigheden staan die overgangen onder water en wordt de dijk hoger op het talud belast door golfklap. Voor onder dagelijks omstandigheden beschadigde overgangen is hersteltijd nodig. Bij opkomende maatgevende omstandigheden, is het een risico dat deze overgangen niet tijdig zijn hersteld. Om die reden en uit het oogpunt van kostenbesparing op beheer is het belangrijk dat ook overgangen in de golfklapzone voldoende stabiel zijn en dat daarom ook hiervoor oplossingsrichtingen gezocht en beproefd worden.

Het laatste uitgangspunt is de mogelijkheid om verkregen proefresultaten te kunnen doorvertalen naar andere typen overgangen. Dit geldt bijvoorbeeld voor een horizontale overgang met holle knik en ruwheidsverschil (T5). Indien een overgangsconstructie voldoet voor type T5, dan zal deze ook sterk genoeg zijn voor T6.

Op basis van de interviews en de uitgangspunten is het voorstel om onderstaande typen overgangen te beproeven welke geordend zijn op mate van belangrijkheid.

1. Verticale overgang met ruwheidsverschil/hoogteverschil beproeven met overslag (T8).
Op de waterkeringen komen namelijk veel trappen voor op zowel het binnen- als het buitentalud. Uit praktijkproeven blijken de trappen zelf vaak niet sterk genoeg te zijn waardoor deze eerder bezwijkt dan de overgang; het bezwijken van de overgang komt dan door het bezwijken van de trap. Beheersmaatregel hiervoor is om de trap zelf te versterken door het bijvoorbeeld in één geheel te storten of prefab als geheel aan te brengen.
Tijdens de proeven zal er met name gekeken worden naar de overgang van de rand van de trap (en andere soortgelijke constructies met hoogteverschillen) naar de grasbekleding.
2. Horizontale overgang met holle knik beproeven met overslag (T6).
Veel beheerders zien de knik bij de teen van de dijk op het binnentalud als risicovol. Middels het beproeven van deze overgang is mogelijk ook inzicht te krijgen in de knik bij bermen op het buitentalud in zowel de stromingszone als de golfklapzone. Waarschijnlijk is de belasting op de binnenteen van de dijk hoger dan bij stroming (door golfloop en golfneerloop) op de

buitenberm maar komt die belasting minder vaak voor. Na het beproeven van de teen van de dijk met overslag is ook conclusie te trekken over de overgang in de buitenberm in de golfklapzone. Bij golfklap breekt de golf namelijk op de berm, waardoor de knik voornamelijk op oploop belast wordt.

3. Horizontale overgang van harde bekleding naar grasbekleding in de oploopzone (T2). Op de Nederlandse dijken zijn vele kilometers overgang aanwezig van dit type. Tevens zijn resultaten van deze proeven (net zoals beproeven T5) mogelijk door te vertalen naar andere typen overgangen zoals (T5). Na het beproeven van dit type overgang en de onder punt 2 genoemde overgang, kan een horizontale overgang van een weg naar de grasbekleding op het buitentalud ook beschouwd worden.
4. Optioneel: Horizontale overgang van harde bekleding naar zachte bekleding in golfklapzone (T15). Afhankelijk van de waterstand en golfhoogte verandert het niveau van de golfklapzone waardoor de overgang bij dagelijks omstandigheden meer belast kan worden dan bij maatgevende omstandigheden.
5. Optioneel: Langs (uitwaterings)constructies op het buitentalud op langsstroming en oploop (T7). Het is lastig overgangen te beproeven op langsstroming. Eventueel kan een horizontale vlakke overgang met hoogteverschil (T1) beproefd worden met overslag waarmee een beschouwing te maken is voor constructies belast op langsstroming. De belasting met een horizontale constructie op overslag is namelijk zwaarder dan bij een verticale overgang met hoogteverschil op langsstroming.

In Figuur 1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is overzichtelijk weergegeven welke typen overgangen te beproeven. Voor de geel gearceerde typen overgangen en oplossingsrichtingen is de aanbeveling om deze te beproeven. De oranje zijn optioneel.

	Belasting B	Orientatie O	Knik K	Ruwheid en hoogteverschil R	Doorgroeibaar medium	Aanbrengen meer / betere klei
overgang	B1 stroming	O1 horizontaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T1		
				R2 ruwheidsverschil T2		
				R3 geen ruwheidsverschil T3		
			K2 holle knik	R1 hoogteverschil T4	1	1
				R2 ruwheidsverschil T5		
				R3 geen ruwheidsverschil T6		
		O2 verticaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T7		
				R2 ruwheidsverschil T8		
				R3 geen ruwheidsverschil T9		
			K2 holle knik	R1 hoogteverschil T10	1	1
				R2 ruwheidsverschil T11	1	1
				R3 geen ruwheidsverschil T12	1	1
	O3 Object					
	B2 impact	O1 horizontaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T14		
				R2 ruwheidsverschil T15		
				R3 geen ruwheidsverschil T16		
			K2 holle knik	R1 hoogteverschil T17	1	1
				R2 ruwheidsverschil T18	1	1
				R3 geen ruwheidsverschil T19	1	1
		O2 verticaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T20		
				R2 ruwheidsverschil T21		
				R3 geen ruwheidsverschil T22		
			K2 holle knik	R1 hoogteverschil T23	1	1
				R2 ruwheidsverschil T24	1	1
				R3 geen ruwheidsverschil T25	1	1
		O3 Object				

Figuur 1 Koppeling kansrijke oplossingsrichtingen aan verschillende categorieën overgangen. In het grijs zijn overgangen weergegeven welke in de praktijk niet bestaan of welke geen bedreiging zijn voor de bekleding zijn oplossingsrichtingen aangegeven welke geen reële oplossing lijken te zijn voor een specifieke categorie. In het groen zijn oplossingsrichtingen aangegeven welke wel een reële oplossing lijken te zijn voor een specifieke overgangstype. Bron: Van Steeg (2014b,B). In het geel zijn de aanbevolen te beproeven typen overgangen voor de kansrijke oplossingsrichtingen weergegeven en in het oranje optioneel te beproeven overgangen.

5 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Nader onderzoek stroomlijnen van knik

De kansrijkheid van het stroomlijnen van knik (bij de binnenteen van de dijk) als oplossingsrichting wordt betwijfeld door gebrek aan informatie en praktijkervaring. Hierdoor is het niet mogelijk om de oplossingsrichting als kansrijk te bestempelen maar er zijn eveneens onvoldoende argumenten om de oplossingsrichting buiten beschouwing te laten in het verdere onderzoek. Aanbeveling is om middels nader onderzoek te bepalen of het stroomlijnen van knik een significante invloed heeft en onder welke omstandigheden. Vervolgens is een uitspraak te doen over de kansrijkheid van de oplossingsrichting. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn het benodigde ruimtebeslag bij aanleg van de oplossing en het maaien ervan zonder schade aan te brengen.

Beproeven van oplossingsrichtingen

Aanbeveling is om een vijftal verschillende typen overgangen te beproeven voor een tweetal oplossingsrichtingen. Het betreft de oplossingsrichtingen doorgroeibaar medium en het aanbrengen van verborgen (rest)sterkte. Aanbeveling is om de volgende typen overgangen te beproeven voor deze oplossingsrichtingen:

1. Verticale overgang met hoogteverschil beproeven met overslag (T8).
2. Horizontale overgang met holle knik beproeven met overslag (T6).
3. Horizontale overgang van harde bekleding naar grasbekleding in de oploopzone (T2).
4. Optioneel: Horizontale overgang van harde bekleding naar zachte bekleding in golfklapzone (T15).
5. Optioneel: Langs (uitwaterings)constructies op het buitentalud op langsstroming en oploop (T7).
Middels beproeven van horizontale overgang met hoogteverschil (T2) op overslag, te beschouwen.

De wijze van beproeven bepaalt de kosten. Met het beproeven van de overgangen middels simulatoren, kan gekeken worden of meerdere overgangen binnen één proefvak te beproeven zijn. Ook kan de Deltagoot mogelijk worden ingeschakeld.

Bepalen van de belastingsreductie middels hoger aanbrengen van de overgang

Aanbeveling is om nader onderzoek te verrichten naar het hoger aanbrengen van de overgang op het talud met gebruikmaking van bestaande theoretische modellen en voor welke situaties deze oplossingsrichting effectief en efficiënt kan worden ingezet.

Overgang stroming, bolle knik, ruwheidsverschil en/of hoogteverschil is zwak punt

Overgangen met een bolle knik (bijvoorbeeld kruin van de dijk met een weg) zijn buiten beschouwing gelaten bij de beoordeling van de oplossingsrichtingen. Waterschap Rivierenland heeft tijdens het interview aangegeven dit type overgang op termijn als zwak punt te zien met de komst van de nieuwe normering waardoor waarschijnlijk gerekend moet worden met golfoverslag over rivierdijken. Met name in combinatie met rijschade langs wegen, lijkt deze overgang risicovol.

Aanbeveling is om hier nader onderzoek naar te verrichten.

Bepalen parameters (α) voor overgangen

Enkele parameters (bijvoorbeeld α) zijn momenteel nog niet te bepalen voor overgangen en dus ook niet voor de oplossingsrichtingen. Het bepalen van deze parameters wordt als aandachtspunt meegegeven in het onderzoek. Maar misschien is gebruik van het theoretische model bij het ontwerp niet nodig als beproefde overgangen met bewezen stabiliteit aangelegd worden. Het kan zelfs efficiënt zijn om op deze manier ook het opstellen van een moeilijke en onbetrouwbare toetsmethode te omzeilen.

Combinaties van overgangen zijn risicovol

Tijdens interviews met waterkeringbeheerders hebben een tweetal beheerders aangegeven dat de teen van het binnentalud als risicovol gezien wordt bij overslag omdat de belasting hoog is. Tevens zijn bij de teen van de dijk vaak meerdere typen overgangen dicht bij elkaar te vinden. Denk hierbij aan de aanwezigheid van een weg, afrastering (met schapenpaadjes), drainage en dergelijke. Door opstapeling van verschillende factoren zijn de betreffende overgangen nog kwetsbaarder.

Aanbeveling is om nader onderzoek te verrichten naar cumulatieve effecten

Overgangen kwetsbaar door gebruiksschade

Uit de interviews is gebleken dat de grasmat (bij overgangen) vaak beschadigd is door gebruiksschade.

Hierbij valt te denken aan:

- Fietsen langs trap (zonder fietssleuf) bewegen
- Rijschade naast wegen
- Schapenpaadjes

Aanbeveling is om met name voor rijschade maatregelen te nemen in het beheer. Hierbij valt te denken aan het aanbrengen van fietssleuven, en overgangsconstructies langs wegen om schade aan de grasmat te voorkomen.

De invloed van schapenpaadjes op de sterkte van de dijk en mogelijke beheersmaatregelen zijn nog onbekend. Aanbeveling is om middels een doorgroeibaar medium versterkte schapenpaadjes te beproeven op overslag.

6 Literatuur

Leeuwdront, W.J., 2014 'Aanzet tot (bouwstenen voor) ontwerphandreiking overgangsconstructies'. Fugro rapport 1213-0077-000, 5 maart 2014.

Van Steeg, P., 2014 'Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen: Voorstudie ten behoeve van fysiek model onderzoek'. Deltares rapport 1209380-006-VEB-0005, 2 december 2014.

Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013a, 'Overgangen en overgangsconstructies', Deltares rapport 1208394-HYE-0011, November 2013.

Van Steeg, P. en Van Hoven, A., 2013b, 'Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen' Deltares rapport 1208394-HYE-0012, november 2013.

BIJLAGEN

A. Beoordeling oplossingsrichtingen

Categorie	Omschrijving	Criterium	Oplossingsrichtingen				
			Verhogen overgang	Stroom-lijnen van knik (gras)	Ruwheids-verschillen opheffen	Doorgroeibaar medium	Aanbrengen meer/betere klei
Waterkerende functie	Zijn alle ontwerpbepalende faalmechanismen bekend en voldoende afgedekt?	Eis					
	Is er een betrouwbaar ontwerpmodel of geobjectiveerde ontwerpervaring beschikbaar?	Eis	Het betreffen innovaties waardoor een betrouwbaar ontwerpmodel en geobjectiveerde ontwerpervaring nog ontbreekt.				
Secundaire functies	Zijn alle niet-water-gerelateerde belastingen bekend en voldoende afgedekt?	Eis					
	Inpassing omgeving en LNC waarden.	Wens	Grasbekleding wijkt voor harde bekleding.				
	Negatieve neveneffecten op secundaire functies?	Eis	Minder gras te verpachten.		Opruwen weg heeft negatieve invloed op gebruik v/d weg.	Invloed schapenpaadjes onbekend.	
Inspecteerbaarheid, toetsbaarheid en B&O	Kunnen de waarden van de verschillende benodigde parameters eenvoudig worden vastgesteld?	Wens	Enkele paramaters (bijv. alpha's) zijn momenteel nog niet te bepalen voor overgangen en dus ook niet voor de oplossingsrichtingen. Dit wordt als aandachtspunt meegenomen in het onderzoek.				
	Is eventuele schade eenvoudig zichtbaar voor de dagelijks beheerder? (controleerbaarheid)	Wens				Zit onder het gras, dus niet zichtbaar.	Zit onder het gras, dus niet zichtbaar.
	Kan de oplossing relatief eenvoudig worden gerepareerd indien nodig?	Eis			Indien asfalt beschadigd raakt door aanwezigheid van extra ruwheid is dat lastig te herstellen.	Indien een gat ontstaat in het geotextiel, zal de grasmat opengehaald moeten worden om het te repareren. Bij een gat in het geotextiel moet de grasmat eruit.	
	Neemt de onderhoudsinspanning toe (geld/ tijd)? Is maatwerk nodig?	Wens		Een holle knik is lastig om te maaien.	Slijtlaag lastig aan te brengen op verruwde deel.	Klepel kan tijdens maaien te diep komen waardoor geotextiel wordt beschadigd.	
	Kan op redelijke wijze aantoonbaar gemaakt worden dat de oplossing voldoet m.b.t. levensduur (50 jr)?	Eis			Levensduur asfalt is 20 à 30 jaar	Levensduur geotextiel is 100 jaar	
Levensduur	Is er een betrouwbaar degradatiemodel beschikbaar?	Wens	N.v.t.	N.v.t.			Structureringsproces is onbekend.
	Staat de levensduur in verhouding tot de aanlegkosten?	Eis					
	Zijn alle materialen toe te passen zonder milieuschade te veroorzaken?	Eis					
Milieu aspecten	Zijn de toe te passen materialen duurzaam? Is hergebruik mogelijk of afvoeren noodzakelijk?	Wens				Grasmat/ grond met geotextiel afvoeren en scheiden.	
	Zijn alle oplossingsonderdelen op dit moment gestandaardiseerd en verkrijgbaar op de markt?	Wens			Opruwen asfalt nog in ontwikkeling.	Nog in ontwikkeling	
Maakbaarheid	Zijn de benodigde voorschriften op dit moment bekend en beschikbaar m.b.t. uitvoering?	Wens		Nader onderzoek	Nader onderzoek	Nader onderzoek	
	Is de overgangsconstructie door een standaard aannemer te maken?	Wens					
	Relatief gemakkelijk aan te brengen bij nieuw aan te leggen overgangen?	Eis					
	Relatief gemakkelijk aan te brengen bij bestaande overgangen?	Wens	Is veel werk, bestaande bekleding (deels) verwijderen.				Is veel werk, bestaande bekleding (deels) verwijderen.

Financiële aspecten (LCC)	Zijn de aanlegkosten van de overgangsconstructie optimaal in relatie tot de baten?	Wens	Dure oplossing, terwijl overgang niet versterkt wordt, maar reductie van belasting.	Aanleg is goedkope oplossing maar heeft een groot ruimtebeslag.	Goedkope oplossing, werking twijfelachtig. Spelen veel factoren een rol (o.a. hoogteverschil overgang).		Ingrijpende oplossing
	Zijn de beheerkosten optimaal in relatie tot de baten?	Wens		Lastig te maaien en werking twijfelachtig.	Lastig te repareren maar met lage frequentie. Werking is twijfelachtig.	Lastig maaien en werking twijfelachtig	
Toepasbaarheid	Toepasbaar op veel voorkomende overgangen?	Wens		Alleen bij overslag.	Overgang asfalt-gras alleen aan buitentalud in stromingszone.		
	Toepasbaar op zeer kwetsbare typen overgangen?	Wens			Geen oplossing voor overgangen in de golfklapzone.		

Weging:

Groen	Positieve beoordeling
Rood	Negatieve beoordeling
Oranje	Positief maar alleen icm andere oplossingsrichting



Amersfoortseweg 9
3951 LA Maarn

Postadres:
Postbus 150
3950 AD Maarn

T: +31 (0)343 - 745 600
info@infram.nl

www.infram.nl

