

Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen

Voorstudie ten behoeve van fysiek model onderzoek



Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen

Voorstudie ten behoeve van fysiek model onderzoek

ir. P. van Steeg

1209380-006

Titel

Bureaustudie overgangen met gras in primaire waterkeringen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie van Infrastructuur en Milieu	1209380-006	1209380-006-VEB-0005	38

Trefwoorden

Overgangen, grasbekledingen

Samenvatting

In het kader van het KPP (Kennis Primaire Processen) project 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid' wordt onderzoek uitgevoerd naar overgangen met gras in primaire waterkeringen. Dit rapport beschrijft de bureaustudie welke is uitgevoerd voorafgaande aan de uitvoering van in de toekomst geplande testen. Het doel van dit rapport is viervoudig:

- Het categoriseren van overgangen in grasbekledingen (Hoofdstuk 2)
- Overzicht creëren van al eerder geteste overgangen (Hoofdstuk 3)
- Aandragen van oplossingsrichtingen (Hoofdstuk 4)
- Discussie aantoonbaarheid van een oplossingsrichting (Hoofdstuk 5)

Om een ordenend principe in de grote verscheidenheid aan soorten overgangen aan te brengen is er een categorisering opgesteld. In het verleden zijn er, met de golfklapgenerator, golfoverslagsimulator, golfoploopsimulator en Deltagoot, vele testen uitgevoerd in relatie tot overgangen. Al deze testen zijn in een database ingevoerd en geordend conform de opgestelde categorisering.




Verschillende oplossingsrichtingen zijn uitgewerkt en de toepasbaarheid voor alle typen overgangen is ingeschat.

Tot slot is de aantoonbaarheid van een oplossingsrichting beschreven.

Er blijkt een grote verscheidenheid aan typen overgangsconstructies en oplossingsrichtingen te zijn. Deze zijn overzichtelijk in beeld gebracht. De volgende stap is het prioriteren van de verschillende oplossingsrichtingen en typen overgangen. Hiertoe wordt aanbevolen om een stakeholdersanalyse uit te voeren.

Referenties

-

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
V1	jul. 2014	Ir. P. van Steeg		Ir. A. van Hoven		Ir. K.J. Bos	
V2	Sept. 2014	Ir. P. van Steeg		Ir. A. van Hoven			
V3	Dec. 2014	Ir. P. van Steeg		Ir. A. van Hoven		Dr. ir. M.R.A. van Gent	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Leeswijzer	1
1.2	Organisatie	2
2	Verskillende typen overgangen	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Overzicht categorisering	3
2.3	Reduceren van combinaties van categorieën	4
2.4	Overzicht van relevante combinaties van categorieën	7
2.4.1	O1 (horizontaal), K1 (vlak)	8
2.4.2	O1 (horizontaal), K2 (holle knik)	9
2.4.3	O2 (verticaal), K1 (vlak)	9
2.4.4	O3 (object)	10
2.5	Voorbeelden	10
3	Overzicht van eerder geteste overgangen	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Proeven met simulatoren en Deltagoot	13
3.2.1	Proeven met golfoverslagsimulator	14
3.2.2	Proeven met golfklapgenerator	14
3.2.3	Proeven met golfoploopsimulator	15
3.2.4	Proeven met Deltagoot	15
3.3	Categoriseren van eerder uitgevoerde proeven	15
3.4	Samenvatting en Conclusies	17
4	Suggesties oplossingsrichtingen ontwerp overgangen	19
4.1	Inleiding	19
4.2	Generieke keuzes m.b.t. het testen van oplossingsrichtingen	20
4.3	Type B2 Verhogen van de locatie van de overgang	21
4.4	Type B3 Constructieve oplossing (m.b.t. verlagen belasting)	22
4.4.1	Oplossingsrichting B3a Stroomlijnen van overgang (bij knik in gras)	22
4.4.2	Type B3b Nivelleren van hoogteverschillen in overgang	23
4.4.3	Type B3c Opheffen ruwheidsverschillen	23
4.5	Type S1 Constructieve oplossing t.b.v. het verhogen van de sterkte	23
4.6	Type O1 Accepteren schade (aanbrengen reststerkte)	26
4.7	Samenvatting potentieel te testen oplossingsrichtingen	27
5	Aantoonbaarheid van oplossingsrichtingen	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Potentiele testfaciliteiten	31
5.3	Aanpak	32
5.4	Eisen aan testsecties	33
6	Conclusies	35
6.1	Conclusies	35
6.2	Aanbevelingen	36

7 Literatuur	37
Bijlage(n)	
A Database geteste overgangen	A-1
B Foto's geteste overgangen met golfoverslagsimulator	B-1
C Foto's geteste overgangen met golfklappgenerator	C-1
D Foto's geteste overgangen met Deltagoot	D-1
E Foto's geteste overgangen met golfoploopsimulator	E-1

1 Inleiding

In Van Steeg en Van Hoven (2013a,b) is beschreven dat overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen een potentieel zwakke plek zijn in de waterkering. Naar aanleiding van deze rapporten is besloten om dit onderwerp verder te onderzoeken binnen het KPP (Kennis Primaire Processen) project 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid' (project 1209380.006 overgangen in primaire waterkeringen).

Parallel aan dit project wordt onderzoek uitgevoerd naar de toetsing van overgangen in grasbekledingen. Hiervoor is binnen het kader van het project WTI-2017 een zogenaamde cumulatieve overbelasting benadering ontwikkeld. Naar verwachting zal hier tevens de invloed van (bestaande) overgangen in worden opgenomen.

Het uiteindelijke doel 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 en Van Hoven (2013b) 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.

Dit rapport beschrijft de bureaustudie welke is uitgevoerd voorafgaande aan de uitvoering van deze geplande testen. Het doel van dit rapport is viervoudig:

- Het categoriseren van overgangen in grasbekledingen (Hoofdstuk 2)
- Overzicht creëren van al eerder geteste overgangen (Hoofdstuk 3)
- Aandragen van oplossingsrichtingen (Hoofdstuk 4)
- Discussie aantoonbaarheid van een oplossingsrichting (Hoofdstuk 5)

1.1 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bouwt voort op de categorisering welke is beschreven in Van Steeg en Van Hoven (2013b). Het doel is om een ordenend principe aan te brengen in de grote verscheidenheid van types overgangen in grasbekledingen. Er zijn naast de overgangen in grasbekledingen verschillende andere overgangen denkbaar. Deze vallen echter buiten het kader van dit onderzoek. Een eerste aanzet is van deze overige typen overgangen is echter wel gegeven in Van Steeg en Van Hoven (2013a)

In het verleden zijn al vele testen uitgevoerd met betrekking tot overgangen. Hiervan is in Van Steeg en Van Hoven (2013b) een globaal overzicht gegeven. In Hoofdstuk 3 is dit overzicht verder uitgewerkt en is de database welke is opgezet beschreven. Iedere uitgevoerde test met overgangen is tevens gecategoriseerd conform de categorisering zoals beschreven in Hoofdstuk 2.

In Hoofdstuk 4 zijn de potentiële oplossingsrichtingen zoals beschreven in Van Steeg en Van Hoven (2013b) verder uitgewerkt. Een eerste inschatting van de toepasbaarheid van iedere oplossingsrichting voor ieder type overgang (conform de categorisering zoals beschreven in Hoofdstuk 2) is gegeven.

In Hoofdstuk 5 wordt bediscussieerd hoe de betrouwbaarheid van een oplossingsrichting kan worden aangetoond.

Hoofdstuk 6 geeft de conclusies en aanbevelingen weer.

1.2 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 opgesteld door dhr. P. van Steeg van Deltares. De interne kwaliteitscontrole is uitgevoerd door dhr. A. van Hoven van Deltares. Vanuit Rijkswaterstaat is de totstandkoming van dit rapport begeleidt door mevrouw B. Hardeman. Het rapport is tevens inhoudelijk beschouwd door een externe klankbordgroep welke bestaat uit de volgende personen:

- H.J. Verhagen Technische Universiteit Delft
- M. van der Meer Technische Universiteit Delft
- E. van Kuijk Rijkswaterstaat
- K. Dorst Infram

2 Verschillende typen overgangen

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de verschillende mogelijke typen overgangen beschreven (Paragraaf 2.2). Het zal blijken dat er in theorie zeer veel typen overgangen bestaan. Om dit overzichtelijk te houden worden het aantal categorieën gereduceerd zoals is beschreven in Paragraaf 0. Vervolgens worden deze categorieën nader beschreven in Paragraaf 2.4.

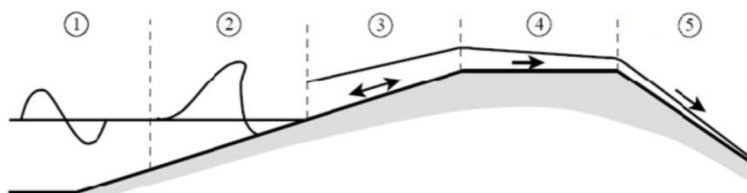
2.2 Overzicht categorisering

Een indeling van verschillende typen overgangen in grasbekledingen is weergegeven in Van Steeg en Van Hoven (2013a,b). In Van Steeg (2013b) is een uitgebreidere indeling gemaakt op basis van verschillende invalshoeken zoals keringtype, geometrie van de overgang, fysica, locatie op de kering en type beheer en inspectie. In het onderstaande overzicht is voor een praktische benadering gekozen waarin een aantal aspecten in eerste instantie achterwege worden gelaten of zijn vereenvoudigd. Dit zal allereerst worden onderbouwd.

- Alleen het keringtype 'Dijken' wordt hier beschouwd (duinen, kunstwerken, NWO's et cetera blijven vooralsnog buiten beschouwing)
- De categorisering op basis van de fysica wordt vooralsnog achterwege gelaten omdat deze sterk is verbonden met de categorisering op basis van de 'locatie op de dijk' (welke wel wordt beschouwd).
- Een categorisatie op basis van het type beheer en inspectie wordt vooralsnog buiten beschouwing gelaten om het aantal categorieën beperkt te houden.

De overgebleven aspecten worden hieronder samengevat:

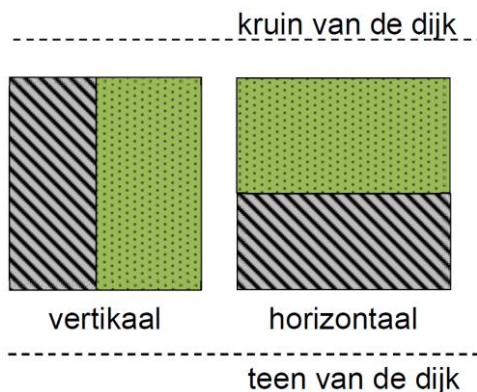
- Locatie (L) op de dijk (3x)
 - Golfimpact zone ('2' in Figuur 2.1)
 - Golfploop/neerloop zone ('3' en '4' in Figuur 2.1)
 - Golfoverslagzone ('5' in Figuur 2.1)



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

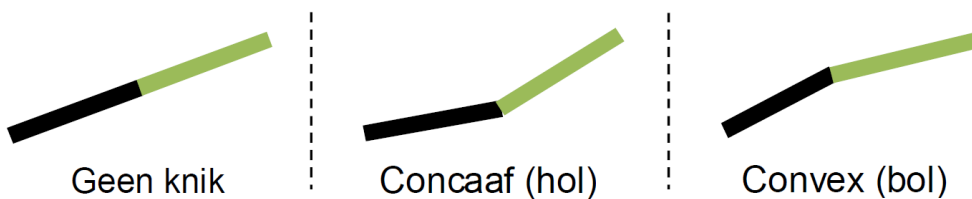
- Oriëntatie (O) van de overgang (3x)
 - Horizontaal (Zie Figuur 2.2)
 - Verticaal (Zie Figuur 2.2)
 - (Klein) Object

Een zogenaamde 'schuine' overgang komt in de praktijk veel voor maar is hier achterwege gelaten om het aantal verschillende categorieën beperkt te houden. In een latere fase zal beoordeeld dienen te worden of deze alsnog als een aparte categorie dient te worden benoemd.



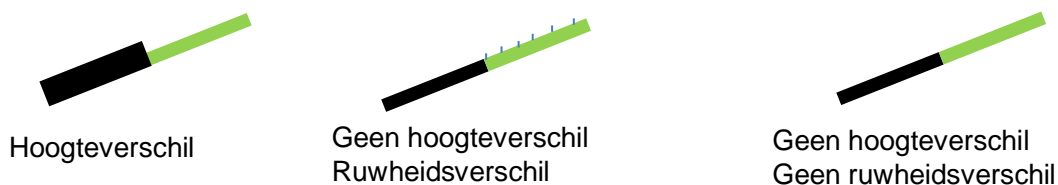
Figuur 2.2 Verticale overgang en horizontale overgang (bron: Van Steeg, 2013a)

- Knik (K) (3x)
 - Geen knik
 - Concave knik (hol, bijvoorbeeld teen aan binnentalud)
 - Convexe knik (bol, bijvoorbeeld bij kruin)



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

- Hoogteverschillen en ruwheidsverschillen (H) (3x)
 - Hoogteverschil aanwezig
 - Geen hoogteverschil aanwezig, wel ruwheidsverschil aanwezig
 - Geen hoogteverschil aanwezig, geen ruwheidsverschil aanwezig



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

2.3 Reduceren van combinaties van categorieën

Indien alle combinaties zoals beschreven in Paragraaf 2.1 worden toegepast zijn er $3 \times 3 \times 3 = 27$ overgangen denkbaar. Dit is een onoverzichtelijk groot aantal om te beschouwen. Een aantal overgangen is echter niet relevant (niet ongunstig), komt niet of nauwelijks voor, of kunnen worden samengevoegd. Dit wordt hieronder uitgewerkt.

Reductie m.b.t. Locatie (L) op de dijk

Oploop/neerloop zones en overslagzone worden voorsnog als één locatie beschouwd (cyclische stromingsbelasting). In plaats van 'Locatie L' wordt dit gehergroepeerd in 'Belasting B'.

- Belasting B1: stromingszone (oploop of overslag, '2' t/m '5' in Figuur 2.1)
- Belasting B2: impactzone ('2' in Figuur 2.1).

Reductie met betrekking tot Oriëntatie (O) van de overgang

Zowel een horizontale overgang als een verticale overgang wordt van belang geacht. De fysische processen zijn dermate anders dat deze niet als dezelfde oriëntatie beschouwd kunnen worden.

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

Reductie met betrekking tot een knik in de overgang

Op basis van eerdere ervaringen met de golfoverslagsimulator hebben convexe (bolle) knikken geen invloed op de stabiliteit van een overgang (zie Paragraaf 3.2.1). In de praktijk dient echter voor iedere afzonderlijke situatie opnieuw beschouwd (expert judgement) te worden of dit een potentiële zwakke locatie is. In dit rapport wordt een convexe knik echter buiten beschouwing gelaten.

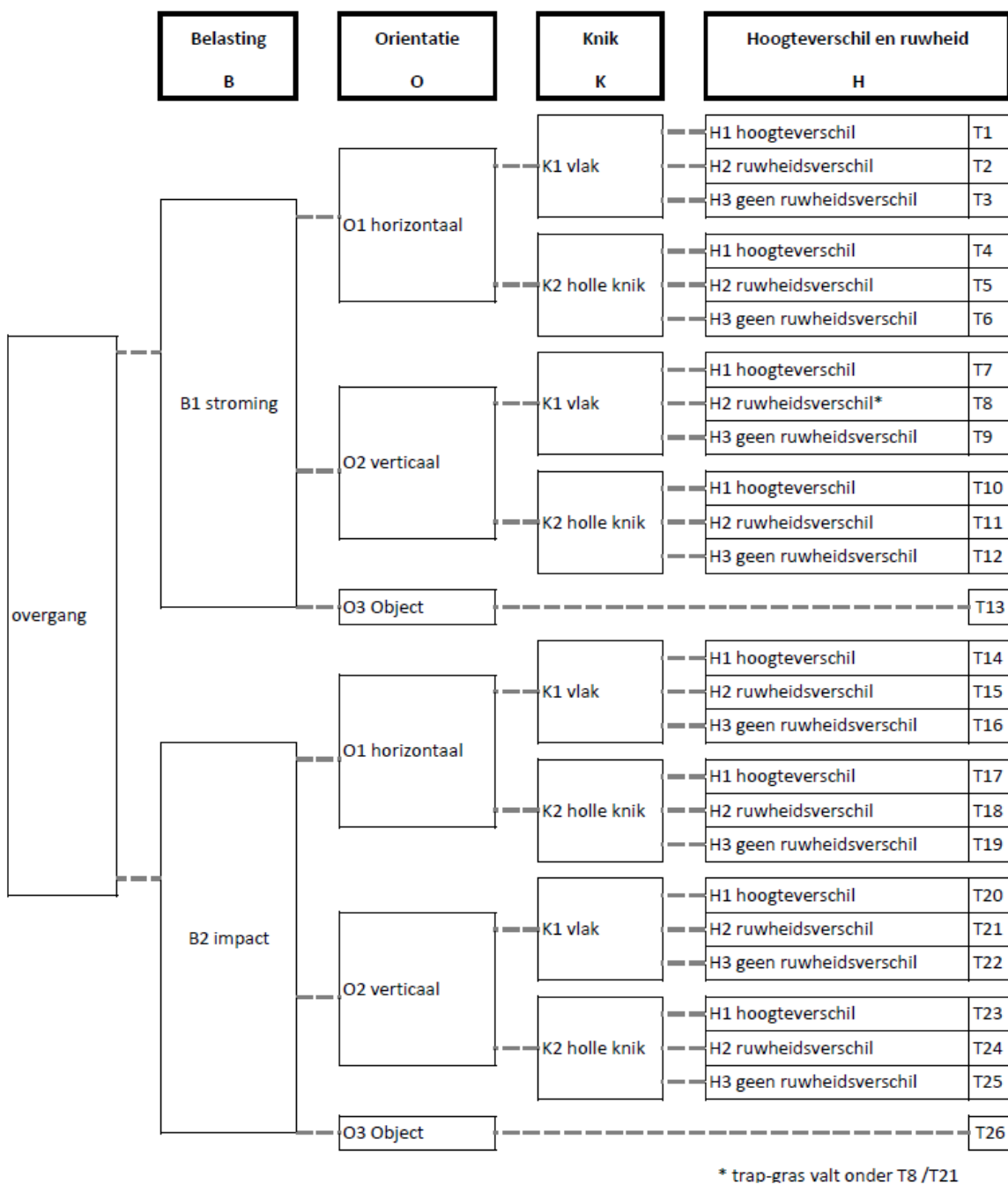
- Knik K1: Geen knik
- Knik K2: Concave (holle) knik

Reductie met betrekking tot ruwheid en hoogteverschil (R)

De drie genoemde opties lijken allen veel voor te komen en van belang te zijn:

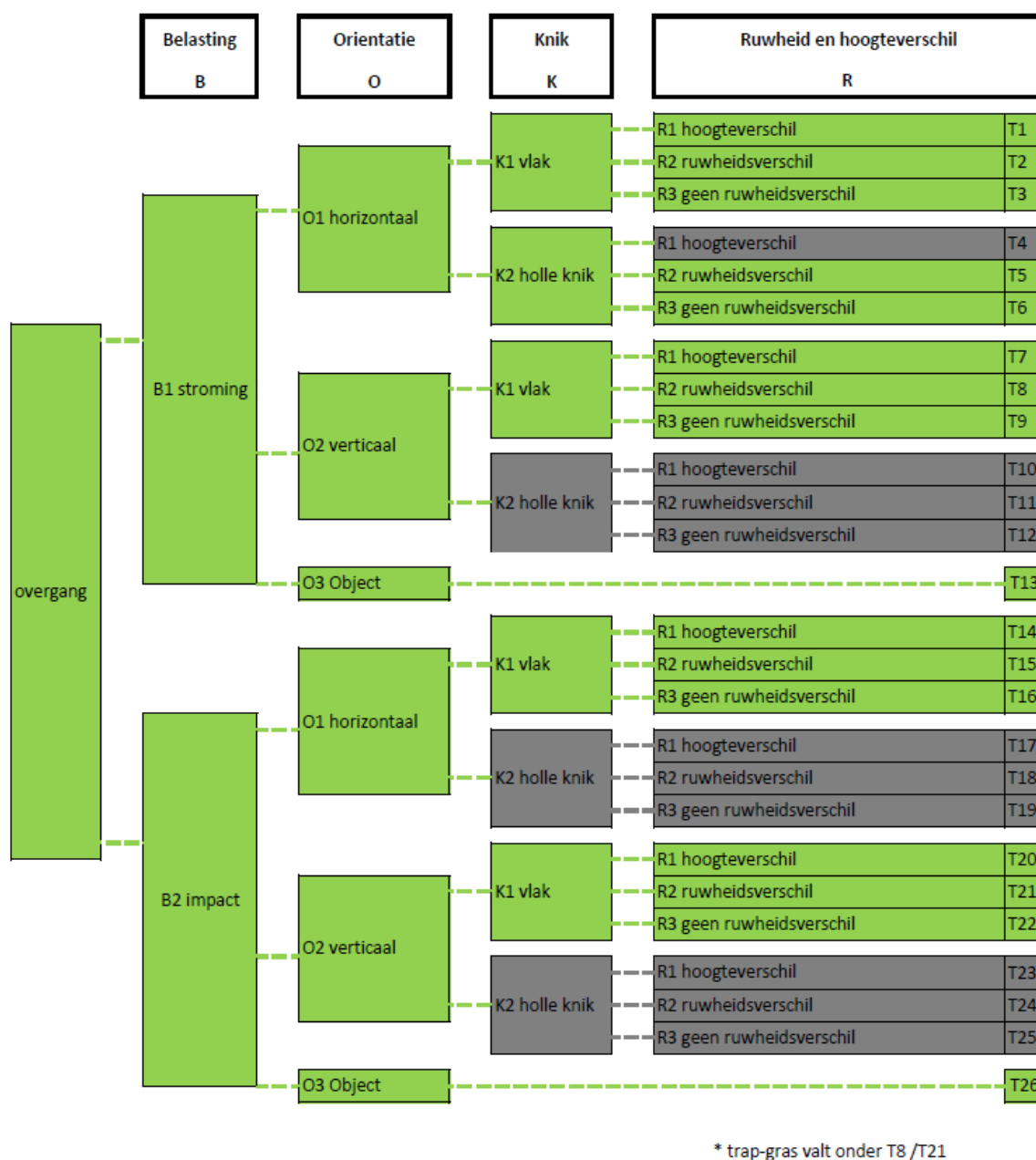
- Hoogteverschil R1: hoogteverschil (vnl. NWO's en waterkerende kunstwerken)
- Hoogteverschil R2: geen hoogteverschil maar groot verschil in ruwheid
- Hoogteverschil R3: geen hoogteverschil en geen verschil in ruwheid

Door bovenstaande reducties toe te passen zijn er 26 verschillende combinaties denkbaar. Deze zijn schematisch weergegeven in Figuur 2.5.



Figuur 2.5 Overzicht mogelijke combinaties van type belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en ruwheids- en hoogteverschil (R).

Niet alle gegeven combinaties zijn interessant om verder uit te zoeken. Dit is voornamelijk het geval omdat ze in de praktijk niet voorkomen. Een selectie is weergegeven in de Figuur 2.6. Hierbij zijn in het groen de combinaties aangegeven welke interessant kunnen zijn om te testen en in het grijs de combinaties welke niet interessant lijken om te testen.



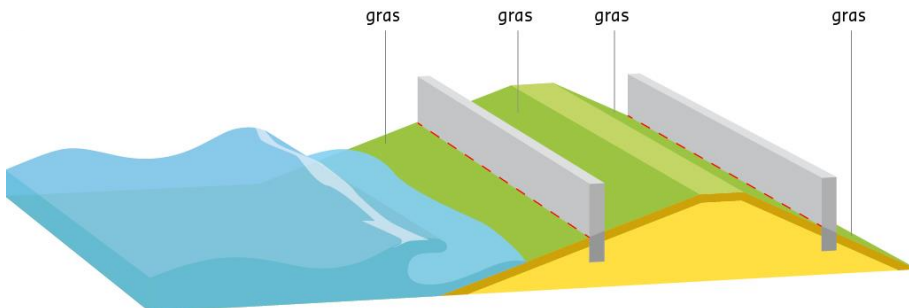
Figuur 2.6 Overzicht mogelijke combinaties van type belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en hoogte- en ruwheidsverschil (H). Onderscheid is gemaakt tussen interessante typen overgangen (groen) en minder interessante overgangen (rood en grijs).

Van de 26 typen overgangen zoals weergegeven in Figuur 2.6, zijn er in totaal nog zestien typen overgangen resterend welke interessant zijn om te testen. Voorbeelden van deze zestien typen zijn in de volgende paragraaf weergegeven.

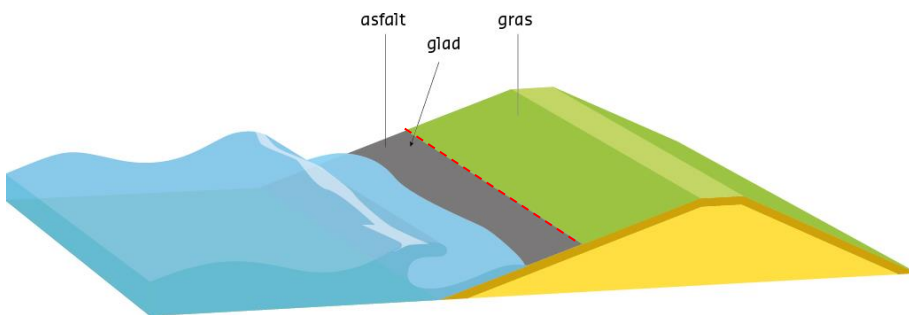
2.4 Overzicht van relevante combinaties van categorieën

Impressies van voorbeelden van de geïdentificeerde categorieën zijn weergegeven in de onderstaande paragrafen. Hierbij is gebruik gemaakt van geschematiseerde tekeningen. Aanbevolen wordt om van deze categorieën ook foto's van werkelijke situaties te verzamelen. Op deze manier kan dan ook worden nagegaan of deze categorieën in de praktijk (veel) voorkomen.

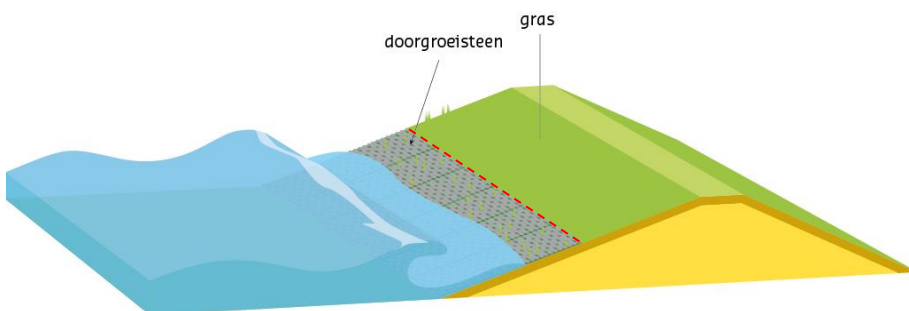
2.4.1 O1 (horizontaal), K1 (vlak)



Figuur 2.7 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)

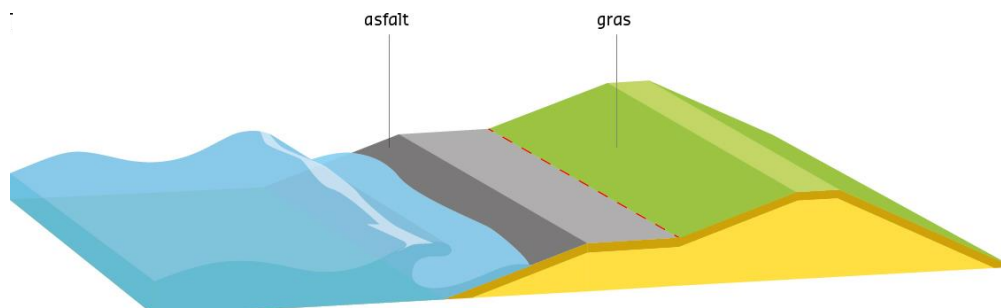


Figuur 2.8 Impressie van overgang van overgangstypen T2 in stromingszone en T15 in impactzone (horizontaal, vlak, ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)

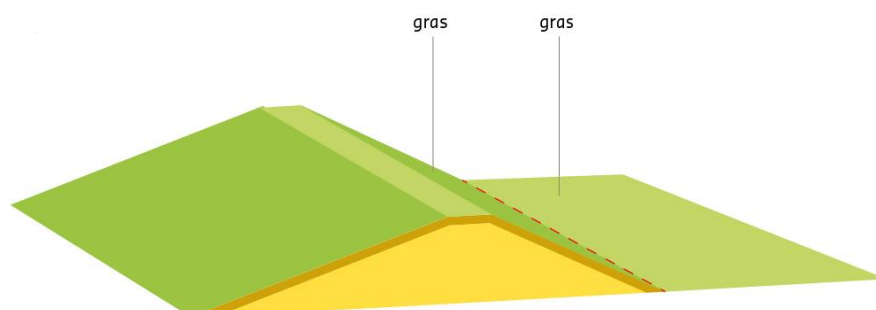


Figuur 2.9 Impressie van overgang van overgangstypen T3 in stromingszone en T16 in impactzone (horizontaal, vlak, geen ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven). Er wordt hier aangenomen dat doorgroeistenen met gras dezelfde ruwheid hebben als gras.

2.4.2 O1 (horizontaal), K2 (holle knik)

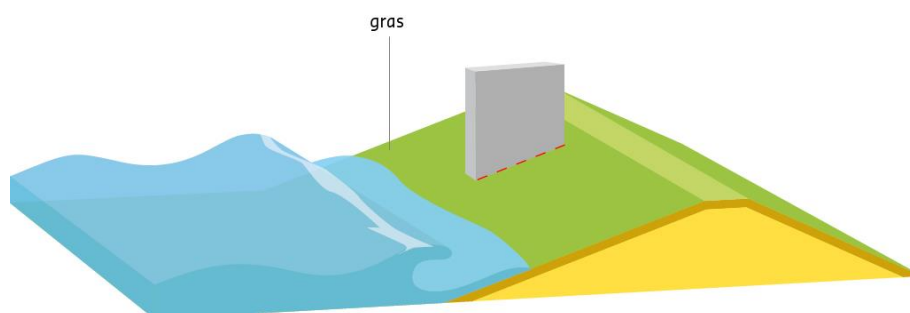


Figuur 2.10 Impressie van overgang van overgangstypen T5 op buitentalud (stroming, horizontaal, holle knik, ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)

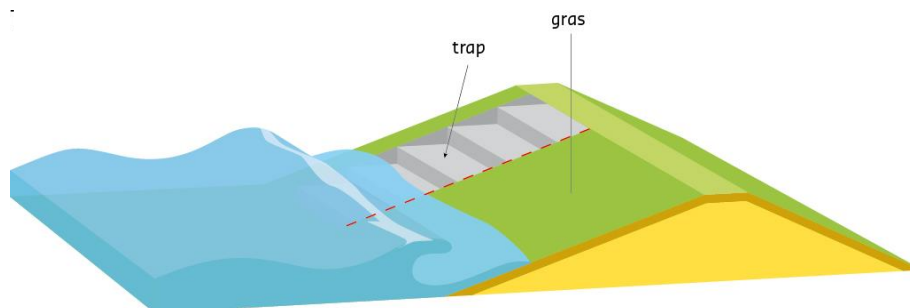


Figuur 2.11 Impressie van overgang van overgangstypen T6 op binnentalud (stroming, horizontaal, holle knik, geen ruwheidsverschil)

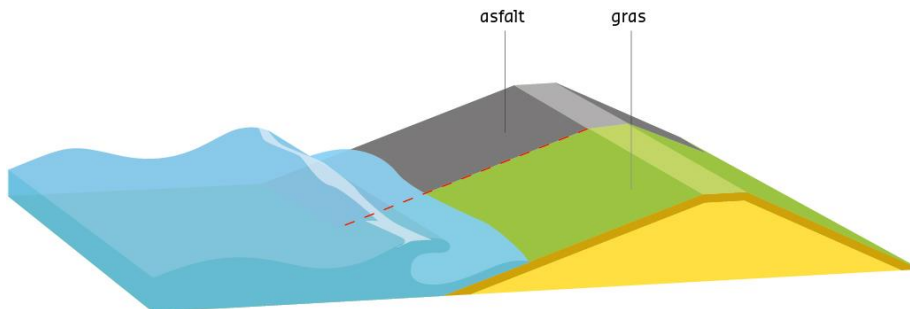
2.4.3 O2 (verticaal), K1 (vlak)



Figuur 2.12 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)

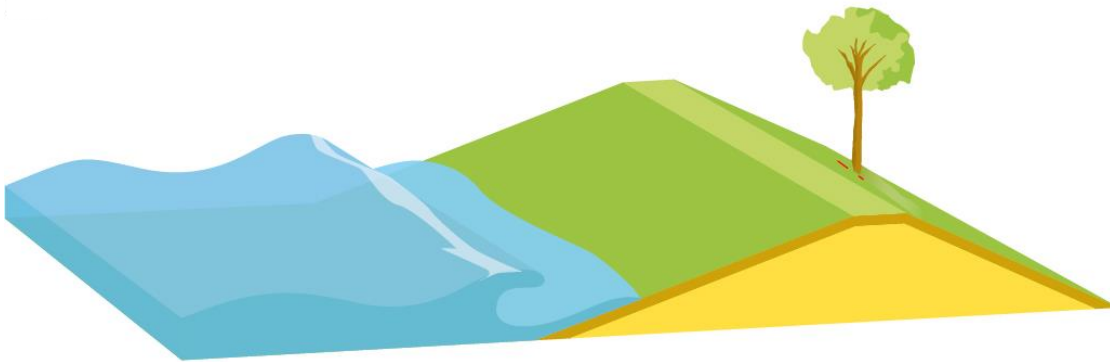


Figuur 2.13 Impressie van overgang van overgangstype T8 in stromingszone en T21 in impactzone (verticaal, vlak, ruwheidsverschil)



Figuur 2.14 Impressie van overgang van overgangstype T9 in stromingszone en T22 in impactzone (verticaal, vlak, geen ruwheidsverschil)

2.4.4 O3 (object)



Figuur 2.15 Impressie van overgang van overgangstypen T13 (stroming) en T26 (impact) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone op het binnentalud weergegeven)

2.5 Voorbeelden

In deze paragraaf worden enkele voorbeelden van veel voorkomende overgangen gegeven en hoe deze gecategoriseerd dienen te worden. Via het schema in Figuur 2.6 wordt per voorbeeld het type overgang bepaald.

Windmolen

- Categorie 'Belasting' B: Indien een windmolen op een dijk zou voorkomen dan zal dit vrijwel zeker in een stromingszone (type B1) zijn en niet in de impactzone (type B2).
- Categorie 'Oriëntatie' O: Een windmolen heeft een dermate grote afmeting in het vlak van de dijk dat hier niet meer over een klein object (type O3) kan worden gesproken (overigens is er nog geen maximum afmeting voor een klein object bepaald). Afhankelijk van hoe de overgang tussen de windmolen en het gras zal worden ontworpen zal er waarschijnlijk sprake zijn van zowel een horizontale overgang (type O1) als een verticale overgang (type O2).
- Categorie 'Knik' K: Het type knik is afhankelijk van het ontwerp van de overgang maar waarschijnlijk zal er geen knik aanwezig zijn (type K1).
- Categorie 'Ruwheid en hoogteverschil' R: Bij windmolens is sprake van een hoogteverschil (Type R1).
- Bovenstaande in acht nemend zou een windmolen onder categorie T1 (stroming-horizontaal-vlak-hoogteverschil) of onder categorie T7 (stroming-verticaal-vlak-hoogteverschil) vallen.

Wegen (niet zijnde op- of afritten aangezien deze schuin lopen, zie ook Paragraaf 2.2).

- Categorie 'Belasting' B: Een weg zal vrijwel altijd in de stromingszone (type B1) liggen. In enkele gevallen kan deze ook in de impactzone (type B2) liggen.
- Categorie 'Oriëntatie' O: Het betreft vrijwel altijd een horizontale overgang (type O1). Bij op- en afritten zal dit een schuine overgang zijn.
- Categorie 'Knik' K: De overgang kan vlak zijn (type K1). Indien de weg aan de rand van de berm of de kruin ligt kan dit een holle knik (type k2) of een bolle knik zijn.
- Categorie 'Ruwheid en hoogteverschil' R: Over het algemeen zal er geen hoogteverschil zijn en wel een ruwheidsverschil (type R2).
- Bovenstaande in acht nemend zou een weg onder de volgende categorieën kunnen vallen: T2, T5, T15 of T18. Categorie T18 is in dit rapport als niet bestaand of als niet relevant aangeduid. Indien een specifieke weg als type T18 wordt geïdentificeerd kan deze als een type T15 worden beschouwd (verschil is 'geen knik' in plaats van een 'holle knik').

Stormvloedberm

- Categorie 'Belasting' B: Een stormvloedberm is in principe zodanig ontworpen dat deze gedurende ontwerppeil gelijk is aan de waterstand. In dat geval zal de berm niet of nauwelijks golfimpacts als belasting hebben en alleen golfoploop (type B1). Echter, tijdens de levensduur van een stormvloedberm worden de toetsrandvoorwaarden mogelijk anders. Indien deze opgelegde waterstand hoger wordt dan de hoogte van de stormvloedberm, zal de stormvloedberm tijdens deze ontwerpcondities onder de waterstand komen te liggen en dus door golfimpacts worden belast (type B2).
- Categorie 'Oriëntatie' O: De overgangen bij een stormvloedberm zijn horizontaal (Type O1). Eventuele op- en afritten worden hierbij buiten beschouwing gelaten.
- Categorie 'Knik' K: De stormvloedberm heeft aan de buitenzijde een bolle knik (te beschouwen als vlak: K1) en aan de dijkzijde een holle knik (type K2).
- Categorie 'Ruwheid en hoogteverschil' R: Over het algemeen zal er geen hoogteverschil zijn. Afhankelijk van de bekleding zal er een ruwheidsverschil (type R2) of geen ruwheidsverschil (type R3) zijn.
- Bovenstaande in acht nemend zou de buitenzijde van een stormvloedberm onder de volgende categorieën kunnen vallen: T2, T3, T15, T16.
- De dijkzijde van een stormvloedberm valt onder de volgende categorieën: T5, T6, T15, T16 (strikt genomen valt dit onder T18 en T19 maar m.b.t. holle knikken wordt aangenomen dat deze als vlak mogen worden beschouwd).

3 Overzicht van eerder geteste overgangen

3.1 Inleiding

Een globaal overzicht van eerder geteste overgangen is weergegeven in Van Steeg en Van Hoven (2013b). Dit overzicht is verder uitgewerkt tot een database waarbij het volgende is toegepast:

- De database is aangevuld met recentelijke testen (o.a. golfploopsimulator)
- Iedere test is gecategoriseerd conform de categorieën welke zijn beschreven in Hoofdstuk 2.

Deze database is weergegeven in Bijlage A. Deze database bevat alleen de testen met een overgang. In totaal betreft dit 32 testen (hierbij is set herhalingstesten met andere hydraulische belastingen als een enkele test beschouwd). De hydraulische belasting waarbij de overgang faalde, is niet opgenomen in deze database. Voor deze belasting wordt verwezen naar het WTI onderzoek waarbinnen de proefnemingen zijn uitgevoerd. Binnen WTI zijn verschillende proeven met overgangen uitgevoerd welke inzicht kunnen geven in de invloed van overgangen. Toekomstige inzichten binnen WTI zullen worden meegenomen in dit onderzoek.

In het kader van het project ComCoast zijn proeven met de overslagsimulator uitgevoerd op een doorgroeibaar geogrid. Dit betrof echter geen overgangen. Om deze reden zijn deze proeven dan ook niet opgenomen in de database. Achtergronden van deze testen zijn onder andere te vinden in Galema et al (2006) en Van Gerven en Akkerman (2006).

Testen welke zijn uitgevoerd in België (Steendam et al, 2011), de Verenigde Staten (Thornton et al, 2011 en Van der Meer et al 2011) en Vietnam (Trung et al, 2011, Trung et al 2014) zijn niet opgenomen. Bij de proeven in België en Vietnam zijn overgangen getest, bij de proeven in de Verenigde Staten is het onbekend. De proefresultaten van België en Vietnam zijn nog niet opgenomen in de database. Aanbevolen wordt om deze resultaten bij een volgende update op te nemen in de database (in november / december 2014 worden aanvullende proeven met de golfklapgenerator uitgevoerd welke in de database opgenomen worden. De proeven van België en Vietnam zullen dan tevens worden opgenomen).

3.2 Proeven met simulatoren en Deltagoot

In het verleden zijn al verschillende proeven met betrekking tot overgangsconstructies uitgevoerd. Veelal zijn hiervoor de Deltagoot of de simulatoren gebruikt. De Deltagoot is een grootschalige golfgoot waarin op werkelijke schaal kan worden getest. Met de golfoverslagsimulator, golfimpactgenerator en golfploopsimulator kunnen overslag, impact en oloopprocessen op locatie worden gesimuleerd.

In de volgende paragraaf wordt een kort overzicht gegeven van de proeven met de simulatoren en de Deltagoot



Figuur 3.1 V.l.n.r.: Indruk van Deltagoot, golfklapgenerator en golfoverslagsimulator

3.2.1 Proeven met golfoverslagsimulator

Veelal trad bij de genoemde proeven schade op bij een overgang. Vervolgens is deze plek beschermd en is gekeken wanneer het talud zonder overgang zou bezwijken. De hydraulische belasting waarbij het talud zonder overgang faalde geldt als referentie.

Conclusies welke in bovenstaand overzicht zijn getrokken zijn onder andere:

- Een convexe (bol) overgang lijkt geen zwakke plek te zijn.
- Een concave (hol) overgang is veelal een zwakke plek.
- Kleine objecten (<15 cm) zijn veelal geen zwakke plek.
- Stroming langs een klein object is geen zwakke plek.
- Stroming loodrecht op een object is een zwakke plek.
- Langs overgangen hebben secundaire aspecten (muizen, gebruik van pesticiden) een negatieve invloed.
- Langs overgangen hebben secundaire aspecten (afwijkend beheer → dikkere graszode → lagere belasting) een positieve invloed.
- De reststerkte bij een overgang kan een relevante bijdrage zijn aan de sterkte van de kering.

In het kader van WTI 2017 worden de uitgevoerde testen met overgangen opnieuw beschouwd, om de effecten van overgangen te kunnen verdisconteren in het erosiemodel voor gras. Deze studie is op moment van het opstellen van dit rapport nog niet afgerond (geplande oplevering rapport december 2014). Deze zullen in een latere fase worden meegenomen in dit onderzoek.

3.2.2 Proeven met golfklapgenerator

Bij alle testen welke zijn uitgevoerd met de golfklapgenerator is er tevens een referentiemeting uitgevoerd. Opgemerkt wordt dat de focus van dat onderzoek lag op reststerkte en dat om deze reden bij vrijwel alle testen kunstmatige initiële schade was aangebracht.

Conclusie van dit onderzoek zijn:

- Bij de trap was er zeer veel invloed. Dit kwam waarschijnlijk doordat de trap in een zandlaag was gebouwd welke snel erodeerde.
- De stabiliteit van bekledingen met horizontale vlakke overgangen was nauwelijks beïnvloed.
- De sterkte van dijkbekledingen met verticale overgangen was beduidend lager.
- De sterkte van de bekleding met een paal met een kleine diameter was iets lager.

De proeven met de golfklapgenerator zijn beschreven in Steendam (2012) en Galema en Mom (2013) en zijn geanalyseerd in Van Steeg (2013).

3.2.3 Proeven met golfploopsimulator

Er zijn proeven uitgevoerd met de golfploopsimulator. Tijdens de proeven is niet of nauwelijks schade opgetreden. Niet bij de overgangen tussen gras en asfalt/haringmanblokken en niet op de overgangen tussen berm en talud. Het is daarom onbekend in hoeverre de overgangen een zwakke plek vormden ten opzichte van de graszode zonder deze overgangen. Uitzondering is de teststrook met taludtrap, de treden van de trap bezweken snel. Door de beperkte breedte van de strook bleven de treden echter liggen en beschermden zo de onderliggende klei. Verder doorgaande erosie bleef daarom uit. Rapportage van de analyse van de proeven wordt verwacht eind oktober 2014.

3.2.4 Proeven met Deltagoot

In het kader van WTI-2017 is in 2013 een proef uitgevoerd in de Deltagoot. Hierbij werd een grasbekleding belast met golven totdat bezwijken optrad. Hierbij zijn twee aspecten welke beschouwd kunnen worden:

- Het talud was opgebouwd uit grasblokken. De aansluiting tussen twee grasblokken vormde een horizontale naad. Bij sommige proeven bleek dit een zwakke plek te zijn.
- De aansluiting van het gras op de gootwand kan worden beschouwd als een verticale overgang. Bij één proef bleek dit een zwakke plek te zijn.

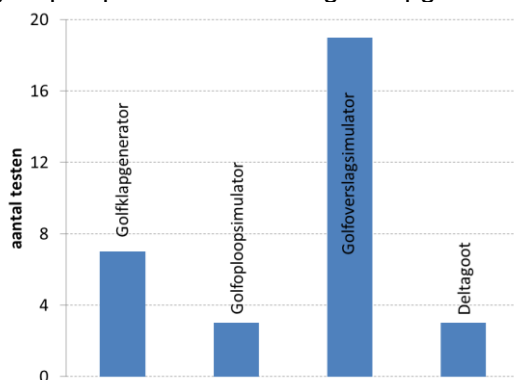
De proef was zodanig ontworpen en uitgevoerd dat deze neveneffecten geen invloed hadden op de resultaten van de proeven. Het feit dat dit neveneffect echter optreedt, geeft wel aanleiding te veronderstellen dat deze typen overgangen van invloed kunnen zijn op de sterkte van een waterkering.

De proeven in de Deltagoot zijn beschreven in Van Steeg (2014).

3.3 Categoriseren van eerder uitgevoerde proeven

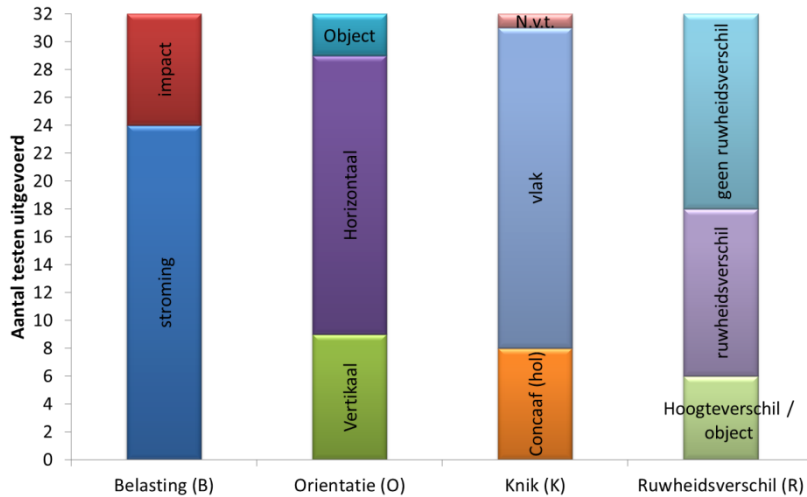
De proeven welke zijn beschreven in Paragraaf 3.2 zijn in het kader van onderhavig project gecategoriseerd conform de categorisering zoals beschreven in Hoofdstuk 2. Hiertoe is een database opgezet (zie Bijlage A) en is iedere proef gelabeld met het type belasting (B), de oriëntatie van de overgang (O), het type knik (K), en of er een ruwheidsverschil of hoogteverschil (R) aanwezig is.

In totaal zijn er 32 testen uitgevoerd (19 x golfoverslagsimulator, 3 x Deltagoot, 3 x golfploopsimulator en 7 x golfklapgenerator). Dit is grafisch weergegeven in Figuur 3.2.



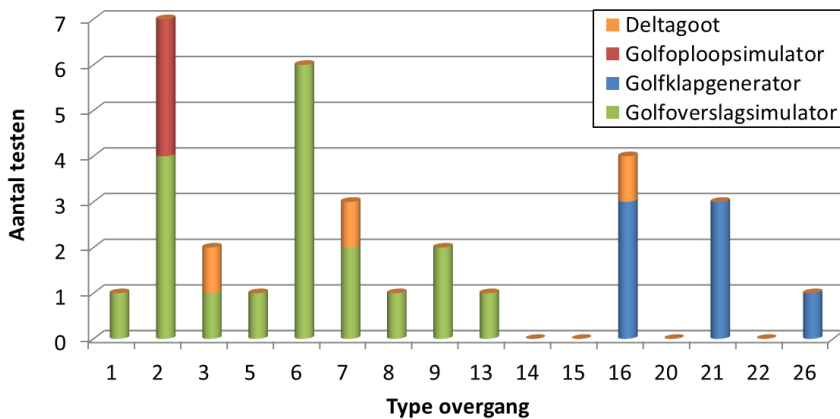
Figuur 3.2 Aantal uitgevoerde testen per type onderzoeksinstrument

Tevens is het aantal testen per categorie bepaald. Dit is weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3 Aantal uitgevoerde testen ingedeeld naar type Belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en Ruwheidsverschil (R)

Indien wordt uitgegaan van de combinaties van categorieën, zoals weergegeven in Figuur 2.6, zijn er, zoals besproken in Hoofdstuk 2, 26 verschillende categorieën te onderscheiden. Hiervan worden er zestien als relevant beschouwd. De uitgevoerde testen zijn ingedeeld in deze zestien verschillende categorieën. Dit is weergegeven in Figuur 3.4. Hierbij zijn typen welke conform Hoofdstuk 2 niet relevant zijn (voorbeeld: type 4) achterwege gelaten.



Figuur 3.4 Aantal uitgevoerde testen ingedeeld naar type categorie (typen welke conform Hoofdstuk 2 niet relevant zijn (voorbeeld: type 4), zijn achterwege gelaten).

Hierbij valt het volgende op:

Er zijn relatief veel testen uitgevoerd van:

- Type 2 (stroming – horizontaal – vlak - ruwheidsverschil)
 - Voorbeeld: gras-asfalt
- Type 6 (stroming - horizontaal - holle knik - geen ruwheidsverschil)
 - Voorbeeld: gras-gras op binnentalud

Er zijn geen testen uitgevoerd van:

- Type 14 (impact – horizontaal – vlak – hoogteverschil)
– Voorbeeld: kunstwerk in impactzone (horizontaal)
- Type 15 (impact – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil)
– Voorbeeld: overgang asfalt-gras
- Type 20 (impact – verticaal – vlak – hoogteverschil)
– Voorbeeld: kunstwerk in impactzone
- Type 22 (impact – verticaal – vlak – geen ruwheidsverschil)
– Voorbeeld: doorgroeisteen – gras (verticaal)

Een overzicht van alle testen gekoppeld aan het type overgang is weergegeven in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Koppeling testen in database aan type overgang (zie Bijlage A voor de gegevens van de testen)

Type	Test in database						
T1	B43						
T2	B131	B132	B137	B31	B37	B78	B123
T3	TS3a	B24					
T5	B100						
T6	B19/B10/B11/B11-4	B19	B21/B22	B26/B30/B32	B112	B114	
T7	TS3c	B34	B86				
T8	B81						
T9	B113	B117					
T13	B93						
T14							
T15							
T16	Be.2	Be.3	Ha.3	TS3b			
T20							
T21	Oo.3	Oo.4	Ol.2				
T22							
T26	Ha.2						

3.4 Samenvatting en Conclusies

Een beknopt overzicht van de proeven met de verschillende simulatoren en de Deltagoot is gegeven in Van Steeg en Van Hoven (2013b). Dit overzicht is geactualiseerd en gecategoriseerd conform de categorisering in Hoofdstuk 2. Hiervoor is een database opgesteld (zie Bijlage A). Met behulp van deze database is een duidelijk overzicht verkregen van de verschillende testen welke zijn uitgevoerd voor de verschillende typen overgangen. Er wordt het volgende geconcludeerd:

- Er is per categorie een beperkte hoeveelheid data beschikbaar. Voor sommige categorieën is er geen data beschikbaar. Dit betekent dat er voor deze categorieën niet op basis van fysieke experimenten kan worden gesteld dat deze kwetsbaar zijn. Er kan dus worden overwogen om de kwetsbaarheid van overgangen in deze categorieën alsnog te beschouwen.
- De categorisering zoals deze is voorgesteld in Hoofdstuk 2 is goed toepasbaar op de uitgevoerde testen resulterend in een uniforme database.

4 Suggesties oplossingsrichtingen ontwerp overgangen

4.1 Inleiding

In voorgaande hoofdstukken is een categorisering van overgangen opgesteld en zijn al eerder uitgevoerde testen ingedeeld volgens deze categorisering. De volgende stap om potentiële oplossingsrichtingen te identificeren (op generiek niveau in Paragraaf 4.2 en verder uitgewerkt in Paragraaf 4.3 tot en met Paragraaf 4.6) en te projecteren op de categorisering (Paragraaf 4.7).

In Van Steeg en Van Hoven (2013a,b) zijn op generiek niveau verschillende oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen genoemd. De oplossingsrichtingen zijn potentiële oplossingen en niet noodzakelijkerwijs aangetoonde oplossingen. Deze worden hieronder samengevat:

Verlagen belasting

- B1 Verlagen externe belasting
 - B1a Verhogen kruin
 - B1b Ruwer maken buitentalud
 - B1c Berm aanbrengen op het buitentalud
- B2 Verplaatsen overgang
- B3 Constructieve oplossing
 - B3a (bij knik in gras) stroomlijnen van overgang
 - B3b (bij hoogteverschillen in overgang) nivelleren van overgang
 - B3c constructieve oplossing zodanig dat lokale stromingsconcentraties of wervelingen kunnen worden voorkomen

Verhogen sterkte

- S1 Constructieve oplossing
 - S1a verankering poreus medium aan harde constructie. Gras kan zich verankeren in poreus medium (zie Figuur 4.7 voor een indruk)
 - S1b Aanbrengen doorgroeistenen
 - S1c Aanbrengen doorgroeimat welke kan worden verankerd aan een harde constructie (zie Figuur 4.8 voor een indruk)
 - S1d Aanbrengen andersoortig (doorgroeibaar) gridconstructie zoals geogrid, of Enkamat.
 - S1e Vervangen zand rondom overgang door een kleilaag
- S2 Beheer en onderhoud (hier niet verder uitgewerkt)

Overige oplossingsrichtingen (schade accepteren)

- O1: Schade aan de overgang mag worden geaccepteerd zolang kan worden aangetoond dat de kering haar waterkerende functie niet verliest. Dit wordt veelal uitgedrukt als reststerkte. Een mogelijke oplossing kan zijn om de reststerkte hoger te maken (bijvoorbeeld het toepassen van een dikkere kleilaag of een in het object verankerd geotextiel). Een andere vorm is een zogenaamde verborgen constructie. In dit geval heeft het gras slechts een esthetische functie en ligt de werkelijke bekleding onder de grasmatten.

4.2 Generieke keuzes m.b.t. het testen van oplossingsrichtingen

De opties B1a, B1b B1c (verlagen belasting) worden (als te testen oplossingsrichting) buiten beschouwing gelaten. Het effect van deze oplossingsrichtingen op de belasting kan veelal al met bestaande modellen worden bepaald. Het heeft een relatief lage prioriteit om te worden aangetoond met fysieke experimenten.

Optie B2 (verhogen overgang op het buitentalud) zou theoretisch onderzocht kunnen worden. Een uitkomst van deze theoretische beschouwing zou kunnen zijn om de belasting op de overgang als functie van de hoogte van de overgang, de geometrie van het buitentalud en de hydraulische parameters uit te drukken:

Belasting = f (positie overgang, geometrie, hydraulische parameters)

Optie B3 (constructieve oplossing ten behoeven van het verlagen van de belasting) zou eventueel met een fysiek modelonderzoek kunnen worden uitgevoerd. Van belang hierbij is dat de focus bij deze oplossing ligt op het verlagen van de belasting. Idealiter zou de sterkte dus gelijk moeten blijven. (Strikt genomen is een situatie waarbij de belasting meer afneemt dan de sterkte ook acceptabel is). Het is onaannemelijk dat dit het geval is bij deze oplossing. Indien er voor een fysiek modelonderzoek naar optie B3 wordt gekozen zal de hydraulische belasting (bijvoorbeeld snelheid, druk of turbulentie) gemeten dienen te worden.

Optie S1 (verhogen sterkte) is een aantrekkelijke optie om in het fysiek modelonderzoek te beschouwen.

Optie S2 (Beheer en onderhoud) is een aantrekkelijke optie om in een bureaustudie, met veldwaarnemingen of met een fysiek modelonderzoek te beschouwen. Hierbij kan onder andere worden gedacht aan de volgende aspecten

- beheersaspecten zoals maaien
- beschadiging van het gras als gevolg van secundair gebruik (schapenpaden, tractorsporen et cetera).

Optie O1 (toepassing reststerkte) is een aantrekkelijk optie welke verder uitgewerkt zou kunnen worden. Hierbij kan worden gedacht aan een extra kleilaag of een geotextiel.

Gebaseerd op bovenstaande kan het interessegebied worden verkleind tot het overzicht zoals weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Overzicht principekeuzes m.b.t. onderzoek overgangen

code	Oplossingsrichting	Mogelijke aanpak
B1	Verlagen belasting	Verlagen externe belasting
B2		Verhogen overgang (buitentalud)
B3		Constructieve oplossing
S1	Verhogen sterkte	Constructieve oplossing
S2		Beheer en onderhoud
O1	Accepteren schade	Reststerkte aanbrenge d.m.v. dikkere kleilaag
		beschouwing bestaande kennis m.b.t. klei erosie

Type B2, B3, S1 en O1 worden in onderstaande paragrafen verder uitgewerkt.

4.3 Type B2 Verhogen van de locatie van de overgang

Bij een buitentalud onder golfaanval ligt veelal op het lagere gedeelte van het talud een steenzetting of een asfaltbekleding en op het hogere gedeelte gras. Tussen deze harde bekleding en de grasbekleding is een horizontale overgang aanwezig. Een binnentalud is vrijwel altijd geheel met gras bekleed. In deze beschouwing wordt echter aangenomen dat ook hier het lagere gedeelte uit een harde bekleding bestaat en het hogere gedeelte uit een grasbekleding. De overgang kan om drie redenen een zwakke plek zijn:

1. De overgang zelf is een zwakke plek
 - a. Doordat de sterkte van het gras boven de overgang lager is
 - b. Doordat de belasting op het gras boven de overgang hoger is. De oorzaak hiervan is het ruwheidsverschil tussen de onderste (relatief gladde) bekledingslaag en de (ruwere) graslaag.
2. Het gras direct boven de overgang (buitentalud) wordt, door de relatief lage ligging, zwaarder aangevallen dan het gras wat hoger op de dijk ligt. Op deze positie valt dus als eerste schade te verwachten. (op het laagstgelegen gedeelte van de grasbekleding vallen de meeste golftongen, de grootste laagdiktes en de hoogste snelheden te verwachten).
3. Het gras direct boven de overgang (binnentalud) wordt, door de relatief lage ligging, zwaarder aangevallen dan het gras wat hoger op de dijk ligt. Op deze positie valt dus als eerste schade te verwachten. (Op de lageregelegen gedeelten van het talud vallen hogere frontsnelheden te verwachten).

Indien deze overgang een zwakke plek is kan ervoor worden gekozen om de overgang op een hoger gedeelte (waar de belasting lager is) van het talud te plaatsen. Een nadeel van deze oplossing is dat het harde gedeelte van het talud verhoogd dient te worden wat een relatief dure oplossing is. Een principeschets is weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Principeoplossing B2: Verhogen van de locatie van de overgang op het buitentalud (bron: Van Steeg en Van Hoven, 2013b)

Deze principeoplossing kan allereerst theoretisch worden beschouwd door de afname van de belasting te bepalen als functie van de verhoging van de overgang. Indien de overgang hoger op het talud zal worden geplaatst, zullen er minder golfoplopen over de overgang stromen. Daarnaast zal de snelheid over deze overgang lager zijn.

4.4 Type B3 Constructieve oplossing (m.b.t. verlagen belasting)

In Van Steeg en Van Hoven (2013b) zijn drie deeloplossingen binnen de categorie B3 (constructieve oplossing m.b.t. verlagen belasting) gegeven.

- Oplossingsrichting B3a (bij knik in gras) stroomlijnen van overgang
- Oplossingsrichting B3b (bij hoogteverschillen in overgang) nivelleren van overgang
- Oplossingsrichting B3c constructieve oplossing zodanig dat lokale stromingsconcentraties of wervelingen kunnen worden voorkomen

De genoemde deeloplossingen worden in de onderstaande paragrafen verder uitgewerkt.

4.4.1 Oplossingsrichting B3a Stroomlijnen van overgang (bij knik in gras)

Een prinsipschets van type B3a is weergegeven in Figuur 4.2.



Figuur 4.2 Prinsipschets oplossingsrichting type B3a

Uit eerder onderzoek bleek dat de abrupte overgang aan de teen aan de binnenzijde van de dijk een punt is wat een zwaardere hydraulische belasting krijgt te verduren. Mogelijk is deze belasting lager indien deze abrupte knik geleidelijk is. Vanuit de theorie volgt dat de impulsuitwisseling tussen stroming en taludoppervlak bij stroomlijning gladder verloopt en daardoor ook lager is dan bij abrupte geometrische overgangen. Bij deze oplossingsrichting spelen aspecten ten aanzien van aanleg, onderhoud en beheer. Bij een verdere uitwerking zullen ook deze aspecten moeten worden belicht.

Het bovenstaande zou kunnen worden getest met de golfoverslagsimulator.

4.4.2 Type B3b Nivelleren van hoogteverschillen in overgang
Hoogteverschillen tussen overgangen komen vrijwel niet voor. Een uitzondering hierop zijn NWO's en waterkerende objecten. Hier is het vrijwel niet mogelijk om de hoogteverschillen te nivelleren. Om deze reden wordt deze optie buiten beschouwing gelaten.

4.4.3 Type B3c Opheffen ruwheidsverschillen
Lokale stromingsconcentraties of wervelingen kunnen leiden tot een hogere belasting waardoor eerder erosie optreedt. Een voorbeeld hiervan is een verschil in ruwheid. Bij een golfoploop van een relatief glad talud (bijvoorbeeld asfalt) naar een talud met een hogere ruwheid (bijvoorbeeld grasbekleding) ontstaan wervelingen welke leiden tot een hogere belasting op het gras en daarmee mogelijk meer erosie. Dit zou voorkomen kunnen worden door ruwheidsverschillen weg te nemen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht om meer ruwheid op het bovenstroomse deel van het talud aan te brengen (opruwen asfalt of aanbrengen doorgroeistenen). Er dient hierbij wel te worden nagegaan of dit geen negatieve effecten heeft.

4.5 Type S1 Constructieve oplossing t.b.v. het verhogen van de sterkte

In Van Steeg en Van Hoven (2013b) zijn vijf deeloplossingen binnen deze categorie gegeven. Vier deeloplossingen zijn doorgroeibare media welke zorgen voor een sterker gras. In sommige gevallen kan dit medium ook worden verankerd aan een harde constructie (voorbeeld: kunstwerk of NWO). Een vijfde oplossing (S1e) was het vervangen van zand rondom de overgang door een kleilaag. In dit rapport wordt deze optie niet als een oplossing beschouwd maar als een randvoorwaarde bij het aanleggen van overgangen en wordt derhalve niet meer beschouwd als een te testen oplossingsrichting.

In onderstaande beschouwing worden de deeloplossingen S1a, S1-b, S1-c en S1-d opnieuw gecategoriseerd. Alle oplossingsrichtingen gaan uit van materialen welke doorgroeibaar zijn met gras.

S1-1 Doorgroeibare vormvaste elementen

- Doorgroeistenen (Figuur 4.3)
 - Voorbeeld 1: Grasbetontegels
 - Voorbeeld 2: Steenzetting met gras van Hillblock BV
 - Voorbeeld 3: Rona® Zwijnverdwijnblok
- Doorgroeibare kunststoffen (Figuur 4.4)
 - Voorbeeld 4: Ecomodule van Enviroplast
 - Voorbeeld 5: Multiraster pro van Enviroplast
 - Voorbeeld 6: KLP® Ecoraster
- Doorgroeibaar gekit materiaal
 - Voorbeeld 7: Elastocoast van BASF

Er is twijfel of doorgroeistenen significant bijdragen aan de sterkte van een grasmat. Uit Engels onderzoek (CIRIA, 1987) blijkt de sterkte met doorgroeistenen iets hoger is dan de sterkte zonder doorgroeistenen. De grasmat zelf wordt iets zwakker maar de aanwezigheid van de steen zelf draagt bij aan de sterkte.

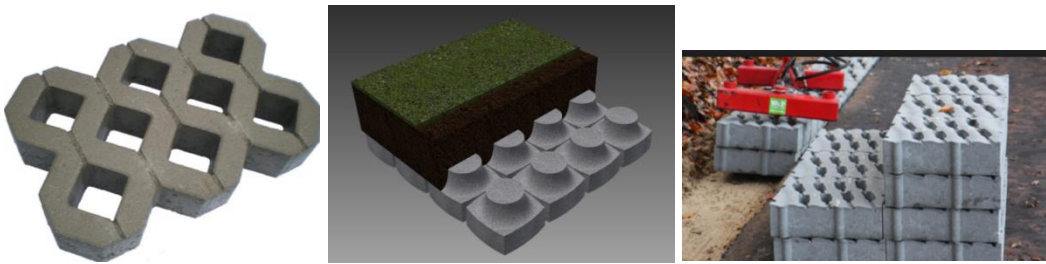
S1-2 Doorgroeibare grids (Figuur 4.5)

- Voorbeeld 8: Enkamat
- Voorbeeld 9: Geogrid

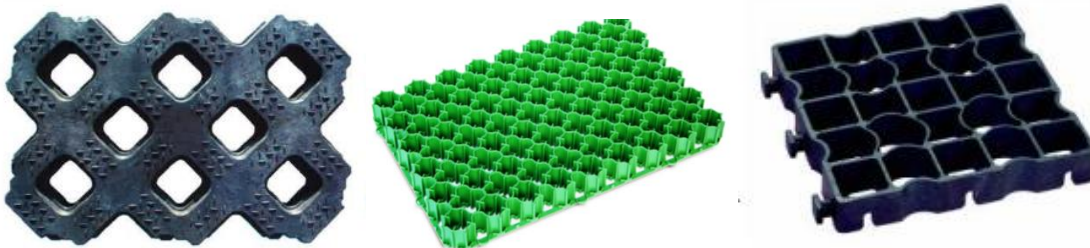
Dergelijke systemen zijn al eens met de golfoverslagsimulator getest (zie o.a. Van Gerven en Akkerman, 2006 en Galema en de Jong, 2006). Dit was echter niet bij een overgangsconstructie.

S1-3 Doorgroeibaar geotextiel

- Voorbeeld 10: Ten Cate Geotube® GT 525
- Voorbeeld 11: Ten Cate PE 180 – PE1000 (opening size O_{90} 180-600 μm)
- Voorbeeld 12: Naue Secumat®
- Voorbeeld 13: Bonar Technical Fabrics HF Woven Textile (opening size 175-1200 μm)



Figuur 4.3 Voorbeelden S1-1 (beton) vlnr: grasbetontegel, grasblock van Hillblock BV, Rona® zwijnverdwijnblok



Figuur 4.4 Voorbeelden Type S1-1 (Kunststof) v.l.n.r. Ecomodule van Enviroplast, Multiraster pro van enviroplast, KLP® Ecoraster



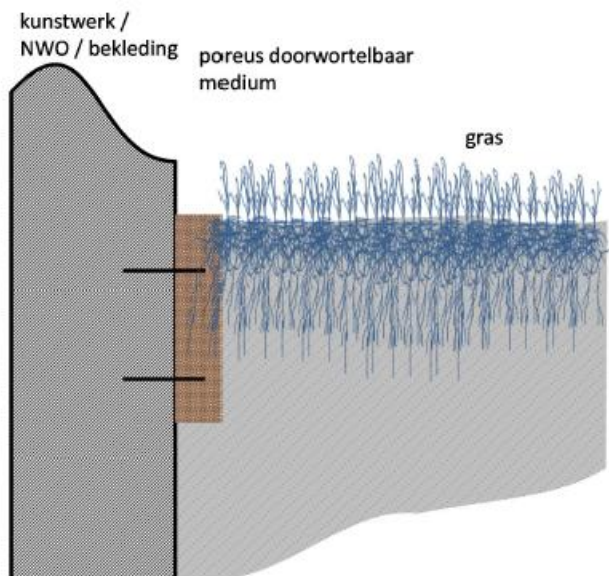
Figuur 4.5 Voorbeelden S1-2 vlnr: Enkamat, TriAx geogrid, Biaxial Geogrid, uniaxial Geogrid (bron: www.hfgeosynthetics.com)



Figuur 4.6 Voorbeelden S1-3 (v.l.n.r. Ten Cate GeoTube® GT525¹ NAUE Secumat®², Bonar TF HF³)

Genoemde voorbeelden zijn slechts een kleine greep uit een korte zoektocht op internet.

Voor verscheidene typen kan het doorgroeibare medium eventueel worden verankerd. Het is echter van de situatie afhankelijk of dit mogelijk is. Voorbeelden hiervan zijn in onderstaande figuren weergegeven.

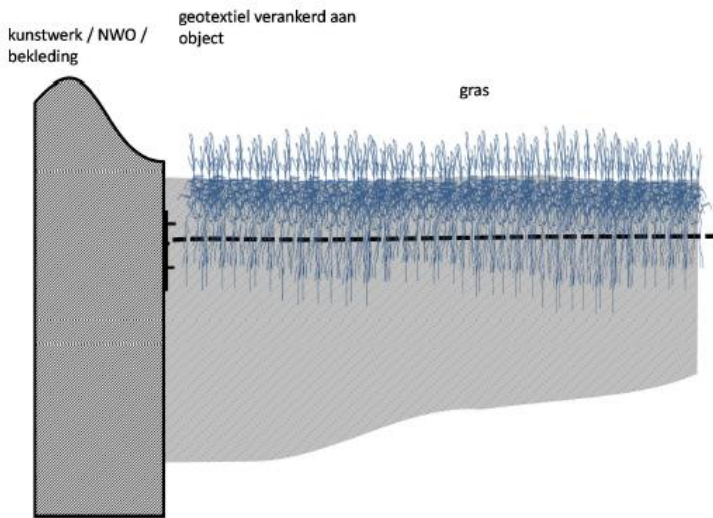


Figuur 4.7 Poreus doorwortelbaar medium

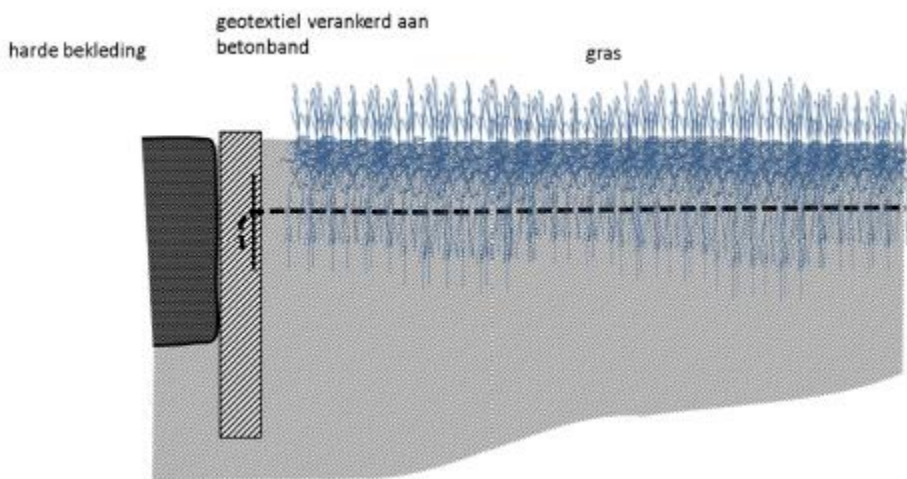
¹ Uit verslaglegging Mycorrhizeringsproeven door BioSymb BV. Mycorrhize is een natuurlijk groeibevorderend middel waarmee in korte tijd een graszode kan worden verkregen.

² <http://www.naue.com/en/products/secumat.html>

³ <http://www.bonartf.com/en/x/61/hf>



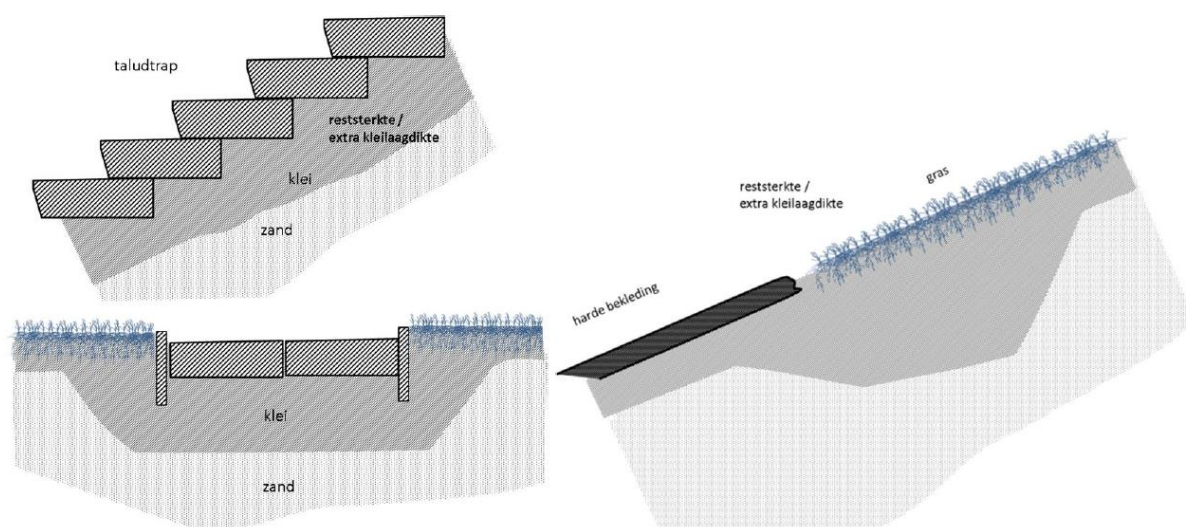
Figuur 4.8 Doorgroeibaar textiel verankerd aan harde constructie



Figuur 4.9 Doorgroeibaar geotextiel verankerd aan betonband. Een soortgelijke oplossingsrichting is tevens aangedragen in de kansenscan van het HWBP (HWBP, 2014).

4.6 Type O1 Accepteren schade (aanbrengen reststerkte)

De reststerkte van een grasbekleding wordt in de praktijk gerealiseerd door een onderliggende kleilaag. Additionele reststerkte kan worden toegepast door een betere kleikwaliteit te gebruiken of een dikkere kleilaag toe te passen. Enkele voorbeelden zijn weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 4.10 Aanbrengen reststerkte: extra dikke kleilaag

Tevens kan worden gedacht aan een verborgen constructie. Bij een verborgen constructie wordt er (rekenkundig) geen sterkte ontleend aan de grasbekleding. De grasbekleding heeft geen constructieve functie (maar bijvoorbeeld wel een esthetische functie). Wanneer de grasmatten erodeert komt de constructie vrij te liggen welke de sterkte van de toplaag bepaald. Te denken valt aan klei, doorgroeistenen of een ander type bekleding.

4.7 Samenvatting potentieel te testen oplossingsrichtingen

Een samenvatting van potentieel te testen oplossingsrichtingen is weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Samenvatting potentieel te testen oplossingsrichtingen

code	Oplossingsrichting		deeloplossingsrichting	Aanpak onderzoek
B2	Verlagen belasting	Verplaatsen overgang	B2 Verhogen overgang (buitentalud)	Theoretisch
B3			Constructieve oplossing	B3a stroomlijnen van knik
S1	Verhogen sterkte	Constructief (doorgroeibaar materiaal)	S1-1 vormvast	Fysiek model
			S1-2 grid	Fysiek model
			S1-3 geotextiel	Fysiek model
O1	Accepteren schade	Reststerkte aanbrengen	Aanbrengen dikkere kleilaag	theoretisch

Niet iedere oplossingsrichting kan worden toegepast op ieder type overgang. Het is mogelijk om de oplossingsrichtingen zoals beschreven in dit hoofdstuk te koppelen aan de verschillende categorieën overgangen zoals beschreven in Hoofdstuk 2. Dit is weergegeven in Figuur 4.11.

Categorisering overgang (H2)				Oplossingsrichting (H4)				
Belasting B	Orientatie O	Knik K	Ruwheid en hoogteverschil R					
				B2 verhogen overgang	B3a Stroomlijnen van knik	B3c Ruwheidsverschillen opheffen	S1 Doorgroeibaar medium	O1 Aanbrengen meer / betere klei
B1 stroming	O1 horizontaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T1		2/3	2/4		
			R2 ruwheidsverschil T2		3			
			R3 geen ruwheidsverschil T3		3	4		
		K2 holle knik	R1 hoogteverschil T4	1	1	1	1	1
			R2 ruwheidsverschil T5	6				
			R3 geen ruwheidsverschil T6	6		4		
	O2 verticaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T7	5	2/3	2/4		
			R2 ruwheidsverschil T8	5	3	8		
			R3 geen ruwheidsverschil T9	5	3	4		
		K2 holle knik	R1 hoogteverschil T10	1	1	1	1	1
			R2 ruwheidsverschil T11	1	1	1	1	1
			R3 geen ruwheidsverschil T12	1	1	1	1	1
O3 Object		T13	9	7	7			
B2 impact	O1 horizontaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T14		2/3	2/4		
			R2 ruwheidsverschil T15		3			
			R3 geen ruwheidsverschil T16		3	4		
		K2 holle knik	R1 hoogteverschil T17	1	1	1	1	1
			R2 ruwheidsverschil T18	1	1	1	1	1
			R3 geen ruwheidsverschil T19	1	1	1	1	1
	O2 verticaal	K1 vlak	R1 hoogteverschil T20	5	2/3	2/4		
			R2 ruwheidsverschil T21	5	3	8		
			R3 geen ruwheidsverschil T22	5	3	4		
		K2 holle knik	R1 hoogteverschil T23	1	1	1	1	1
			R2 ruwheidsverschil T24	1	1	1	1	1
			R3 geen ruwheidsverschil T25	1	1	1	1	1
O3 Object		T26	9	7	7			

Figuur 4.11 Koppeling oplossingsrichting aan verschillende categorieën overgangen. In het grijs zijn oplossingsrichtingen aangegeven welke geen reële oplossing lijken te zijn voor een specifieke categorie. In het groen zijn oplossingsrichtingen aangegeven welke een potentiële verbetering zijn van een overgang

De combinaties van oplossingsrichtingen en typen overgangen welke niet realistisch zijn, zijn in grijs aangegeven en genummerd. Voor ieder nummer is hieronder onderbouwd waarom de oplossingsrichting niet mogelijk lijkt voor dat type overgang.

- 1 Dit type overgang komt niet / nauwelijks voor
- 2 Een overgang van het type 'hoogteverschil' (R1) kan niet worden opgelost door ruwheidsverschillen (B3c) op te heffen of door een knik te stroomlijnen (B3a)
- 3 Een overgang van het type 'vlak' (K1) kan niet worden gestroomlijnd (B3a)
- 4 Een overgang van het type 'geen ruwheidsverschil' (R3) of het type 'hoogteverschil' (R1) kan niet worden opgelost door het ruwheidsverschil op te heffen (B3c)
- 5 Een overgang van het type 'Verticaal' (O2) kan niet worden opgelost door de overgang te verhogen (B2)

- 6 Bij het type T6 en T7 is veelal sprake van een berm of de teen aan het binnentalud. In het geval van een berm: deze heeft een reducerende werking m.b.t. golfoploop. Indien de overgang wordt verhoogd, zal ook de berm worden verhoogd. Hierdoor zal de reducerende werking met betrekking tot golfoploop afnemen wat ongewenst is. In het geval van de teen van het binnentalud: het is niet mogelijk om de teen te verhogen.
- 7 Er wordt aangenomen dat bij objecten (O3) geen sprake is van knikken of ruwheidsverschillen. Een oplossing waarbij een knik wordt gestroomlijnd (B3a) of waarbij ruwheidsverschillen worden opgeheven (B3c) zijn derhalve niet realistisch.
- 8 Er wordt aangenomen dat de golfimpact en oploop / neerloop loodrecht op de kruin van de dijk invallen. Het opheffen van ruwheidsverschillen aan weerszijden van een overgang van het type 'verticaal' (O2) zal daarom geen invloed hebben. Bij een waterstroming met een component evenwijdig aan de kruin van de dijk zou dit in theorie wel kunnen bijdragen. Vooralsnog wordt dit buiten beschouwing gelaten.
- 9 Het verhogen van de overgang betekent in dit geval dat het object dient te worden verplaatst. Dit wordt niet als een acceptabele oplossing gezien.

Het totaal aantal oplossingsrichtingen op basis van Figuur 4.11 bedraagt 43. Binnen deze oplossingsrichtingen zijn nog vele keuzes mogelijk. Dit aantal is te groot om te testen. Er zal daarom nog geprioriteerd dienen te worden.

5 Aantoonbaarheid van oplossingsrichtingen

5.1 Inleiding

Omdat de interactie tussen gras, klei, overgangen en hydraulische belasting niet goed wordt begrepen zal de aantoonbaarheid van oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen grotendeels afhankelijk zijn van empirie. Hiervoor zijn goede brongegevens (benchmark data) nodig welke met behulp van experimenteel onderzoek kunnen worden verkregen. Hiervoor zijn verschillende testfaciliteiten voorhanden welke in Paragraaf 5.2 worden besproken. Eventueel zou kunnen worden overwogen om, naast het gebruik van fysieke faciliteiten ook numerieke experimenten uit te voeren. Numerieke experimenten zijn mogelijk van nut bij het bepalen van de invloed van een oplossingsrichting op de belasting. Vooralsnog wordt dit buiten beschouwing gelaten.

Bij het uitvoeren van de fysieke experimenten is het voorwerk van groot belang. Zo zal er onder andere een predictie worden gemaakt en zal het fysieke modelwerk aan een externe klankbordgroep worden voorgelegd. De klankbordgroep kan ook de uitvoerbaarheid en beheerbaarheid van oplossingsrichtingen belichten.

5.2 Potentiele testfaciliteiten

De interactie tussen de waterbeweging en gras en klei is niet schaalbaar. Om deze reden dienen experimenten op volledige schaal te worden uitgevoerd. Hiertoe zijn de volgende experimentele middelen voorhanden:

- Deltagoot
- Golfklapgenerator
- Golfoverslagsimulator
- Golfoploopsimulator



Figuur 5.1 Impressie van testen met de Deltagoot (Noordoostpolder), de golfklapgenerator, de golfoploopsimulator en de golfoverslagsimulator

Overige experimentele middelen waarmee op volledige schaal zou kunnen worden getest zijn niet bekend en worden hier verder ook niet beschouwd.

De Deltagoot in Delft is een grootschalige golfgoot waarin golven met een significante golfhoogte tot circa $H_s = 2.2$ m kunnen worden opgewekt. De goot heeft een breedte van 5 m, een diepte van 9,5 m en een lengte van 300 m. Het voordeel van deze goot is dat hydraulische belastingen zeer natuurgetrouw kunnen worden nagebootst. Indien voor deze testfaciliteit wordt gekozen dient de overgang op een locatie buiten de goot te worden gebouwd. Nadat het gras voldoende is gegroeid zou de overgang (inclusief gras) uit de

dummy locatie gehaald moeten worden en in zijn geheel moeten worden getransporteerd naar de Deltagoot. Er wordt, in het licht van het feit dat de nieuwe Deltagoot op korte termijn in gebruik wordt genomen, aanbevolen om deze optie nader te beschouwen en de voor- en nadelen ten opzichte van de simulatoren te benoemen.

De golfklapgenerator, golfoverslagsimulator en golfploopsimulator hebben als voordeel dat hiermee proeven op de dijken zelf kunnen worden uitgevoerd. Een te bouwen overgang hoeft dus niet verplaatst te worden waardoor deze aanzienlijke kosten kunnen worden vermeden. De overgangen kunnen ook in het reguliere beheer van de dijk waarop ze worden aangelegd worden meegenomen.

Opgemerkt wordt dat de golfklapgenerator eventueel ook golflopen van kleine golven ($H_s \approx 0,6$ m) kan simuleren. Vooralsnog wordt deze optie niet beschouwd.

Tevens kan de golfklapgenerator op relatief eenvoudige wijze worden aangepast waardoor zwaardere impacts kunnen worden aangebracht. Hier zal echter wel een aanvullende kalibratie en bureaustudie aan vooraf moeten gaan.

Er kan tevens worden overwogen om samenwerking met buitenlandse onderzoekers (bijvoorbeeld Vietnam waar ook een golfoverslagsimulator in gebruik is) te overwegen zodat ook daar testen met betrekking tot overgangen kunnen worden uitgevoerd.

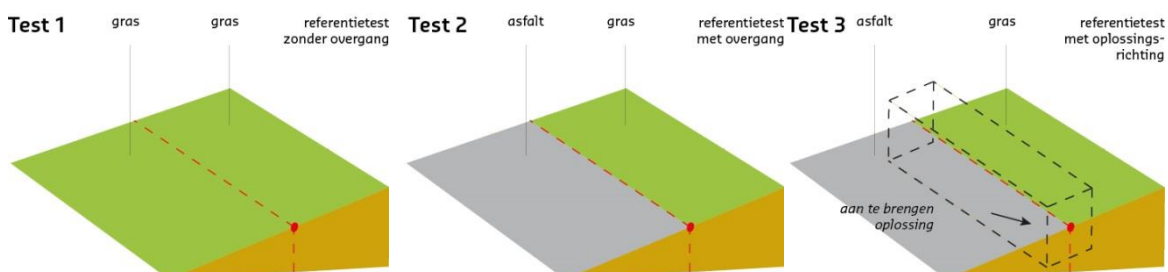
In de verdere beschouwing wordt als uitgangspunt genomen dat testen worden uitgevoerd met de Deltagoot in Delft, de golfklapgenerator, de golfploopsimulator en / of de golfoverslagsimulator.

5.3 Aanpak

Het doel van de testen is om vast te stellen dat voor een gekozen oplossingsrichting de overgang niet het zwakke punt van de bekleding vormt. Dit kan worden gedaan door een drietal testen uit te voeren:

- een test met de oplossingsrichting
- een referentietest waarbij geen overgang aanwezig is
- een referentietest waarbij de overgang aanwezig is zonder de gegeven oplossingsrichting.

Bovenstaande aanpak is weergegeven in Figuur 5.2



Figuur 5.2 Combinatie van drie testen om invloed van oplossingsrichting te bepalen

Het is van belang dat de graskwaliteit, kleikwaliteit en hydraulische condities in deze drie testen gelijk zijn teneinde de verschillen toe te kunnen schrijven aan de invloed van de overgang. De sectie met de oplossingsrichting zal nieuw worden aangelegd. Om dezelfde graskwaliteit bij de referentiesectie te verkrijgen dient ook hier het gras opnieuw te worden aangelegd. Indien voor een grasgroei bevordering wordt gekozen om binnen korte tijd een

representatieve graszode te krijgen (e.g. mest, besproeiing, micorrhiza), dan moet dit voor elk van de drie secties gelijk worden gedaan.

Wanneer meerdere oplossingsrichtingen getest worden kunnen dezelfde referentietesten worden gehanteerd. Bij het testen van N oplossingsrichtingen binnen een overgangscategorie zijn er dus $N+2$ testen benodigd. (Eventueel zou nog wel kunnen worden overwogen om herhalingstesten uit te voeren om uitspraken te kunnen doen over bijvoorbeeld de invloed van heterogeniteit). De kosten voor het testen van een enkele oplossingsrichting zijn dus relatief hoog omdat er twee referentietesten benodigd zijn. De kosten per oplossingsrichting worden lager naarmate er meerdere oplossingsrichtingen worden getest aangezien de referentietesten niet opnieuw hoeven te worden uitgevoerd (aannemende dat gras en klei condities nauwelijks variëren tussen de verschillende testsecties).

5.4 Eisen aan testsecties

De testsecties zullen aan verschillende eisen moeten voldoen. Hoewel de eisen deels afhankelijk zullen zijn van de te testen typen overgangen en de te testen oplossingsrichtingen worden hieronder globale eisen gesteld. Deze zullen in een later stadium (nadat een keuze is gemaakt voor de te testen oplossingsrichting en het type overgang) beter gedefinieerd dienen te worden.

Het uitgangspunt van de eisen is enerzijds de representativiteit van de testsecties voor Nederlandse primaire waterkeringen en anderzijds de uitvoerbaarheid van de testen.

Ruimtelijke en geometrische eisen

- Taludhelling circa 1:2,5 a 1:4
- breedte (parallel aan de kruin van de dijk)
 - per testsectie circa 5 a 10 m
 - alle testsecties samen circa 100 a 300 m
- Hoogte van het talud (verticaal)
 - Golfklapgenerator > 2 m
 - Golfploopsimulator > 3 m
 - Golfoverslagsimulator > 3 m
- Bestaande overgangen zijn gewenst
- Zo homogeen mogelijk gras en klei
- Graskwaliteit representatieve kwaliteit
- Kleikwaliteit 'schrale of stevige grond' [ref. Handreiking toetsen gras]
- Het gras dient bij voorkeur in winterconditie te zijn.

Logistieke eisen

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

6 Conclusies

6.1 Conclusies

Een categorisering van overgangen bij grasbekledingen op dijken is opgesteld. Deze categorisering maakt onderscheid op vier niveaus:

- Belasting
 - B1: stroming
 - B2: impact

- Oriëntatie
 - O1: Horizontaal
 - O2: Verticaal
 - O3: Object

- Knik
 - K1: Vlak
 - K2: Holle knik

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

Verskillende combinaties van bovengenoemde niveaus blijken niet voor te kunnen komen of niet relevant te zijn waardoor er zestien relevante categorieën overgangen overblijven.

Eerder uitgevoerde testen (met name in het kader van WTI2017) met de golfoploopsimulator, golfklapgenerator, golfoverslagsimulator en Deltagoot zijn beschouwd. Hiertoe is een database opgesteld waarin iedere test is gelabeld conform de hierboven beschreven categorisering. Op deze manier is er een degelijk overzicht verkregen van de al bestaande kennis.

Tevens zijn oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen in grasbekledingen op een generieke manier beschouwd. Een overzicht van deze potentiële oplossingsrichtingen en hoe deze onderzocht kunnen worden is weergegeven in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Samenvatting potentieel te testen oplossingsrichtingen

code	Oplossingsrichting		deeloplossingsrichting	Aanpak onderzoek
B2	Verlagen belasting	Verplaatsen overgang	B2 Verhogen overgang (buitentalud)	Theoretisch
B3		Constructieve oplossing	B3a stroomlijnen van knik B3c ruwheidsverschil verkleinen	Fysiek model Fysiek model
S1	Verhogen sterkte	Constructief (doorgroeibaar materiaal)	S1-1 vormvast	Fysiek model
			S1-2 grid	Fysiek model
			S1-3 geotextiel	Fysiek model
O1	Accepteren schade	Reststerkte aanbrengen	Aanbrengen dikkere kleilaag	Theoretisch

Van iedere oplossingsrichting is een inschatting gemaakt op welk type overgang dit potentieel toepasbaar is (zie Figuur 4.11). Dit leidt tot in totaal 43 combinaties van oplossingsrichting-type overgang.

6.2 Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen om de 43 geïdentificeerde combinaties oplossingsrichtingen-type overgangen te prioriteren. Hiertoe zijn de volgende vragen van belang:

- Welke vragen liggen er op dit moment bij de stakeholders zoals waterkering beheerder, projectbureaus (voorbeeld: nHWBP), fabrikanten en aannemers / welke vragen zijn actueel met betrekking tot waterbouwkundige werken welke op korte termijn en middellange termijn worden uitgevoerd?
- Welke typen overgangen zijn aantoonbaar geen zwakke schakel in de primaire kering? Indien een overgang geen zwakke schakel is dan is er ook geen oplossingsrichting noodzakelijk (en reduceert het aantal combinaties oplossingsrichting-type overgang).
- Aspecten als maakbaarheid, beheer en onderhoud, life cycle kosten, duurzaamheid, haalbaarheid, inpassing in omgeving, controleerbaarheid moeten worden meegenomen bij de prioritering.

Om bovenstaande vragen te beantwoorden wordt aanbevolen om:

- Een stakeholder analyse uit te voeren
- Het inhoudelijk beschouwen van de testresultaten met betrekking tot overgangen welke zijn uitgevoerd binnen WT12017. Hierbij dient deze beschouwing langs de categorisering zoals in dit rapport beschreven plaats te vinden.
- Te beschouwen hoe het fysieke modelwerk optimaal kan worden uitgevoerd. Hierbij dient een vergelijking te worden gemaakt tussen de verschillende simulatoren en de Deltagoot (Delft).

7 Literatuur

- CIRIA, 1987, Design of reinforced grass waterways, CIRIA report 116, Hewlett, H.W.M, et al, London, 1987
- Galema, A.A., de Jong, R.H., Pruis, K.W., Wisse, A., 2006, 'Golfoverslag en sterkte binnentalud van dijken', rapportage afstudeeronderzoek Noordelijke Hogeschool Leeuwarden, Marknesse, juni 2006
- Galema, A.A., and Mom, R., 2013, 'Factual report wave impact tests – Harculo, Berkum and Olst', Infram rapport 12i072,
- HWBP, 2014 'HWBP Kansenscan kennis en innovatie 2014.
- Schüttrumpf, H.F.R., 2001, Wellenüberlaufströmung bei See-deichen, Ph.D.-th. Techn. Un. Braunschweig.
- Steendam, G.J., Peeters., P., Van der Meer, J.W., Van Doorslaer, K., and Trouw, K., 2011, 'Destructive wave overtopping tests on Flemish dikes' ASCE, Proc. Coastal Structures 2011, Yokohama, Japan
- Steendam, G.J., 2012, 'Factual report. Wave impact tests Slachtedyk –Sedyk', Infram rapport 12i005, oktober 2012
- Trung, L.H., Van der Meer, J., Schiereck, G.J., Cat, V.M., Van der Meer, G, 2014, 'Wave overtopping tests in Vietnam', 34th International Conference on Coastal Engineering, Seoul Korean, 15-20 June, 2014
- Trung, L.H., Verhagen H.J. and Van der Meer, J.W., 2011, 'Wave overtopping resistance of grassed slopes in Viet Nam. ASCE, Proc. Coastal Structures 2011, Yokohama, Japan
- Thornton, C., Van der Meer, J.W., and Hughes, S.A., 2011, 'Testing levee slope resiliency at the new Colorado State University Wave Overtopping Test Facility'. ASCE, Proc. Coastal Structures 2011, Yokohama, Japan
- Van der Meer, J.W., Thornton, C., and Hughes, S., 2011, 'Design and operation of the US Wave Overtopping Simulator'. ASCE, Proc. Coastal Structures 2011, Yokohama, Japan.
- Van Gerven, K.A.J. and Akkerman, G.J., 2006, 'Workpackage 3: Development of Alternative Overtopping-Resistant Sea Defences Phase 3: Placement of Smart Grass Reinforcement at Test Sections Groningen Sea Dyke, 20 november 2006
- Van Steeg, P., 2013, ' Residual strength of grass on river dikes under wave attack, WTI-2017 Cluster 5. Phase 2: Analysis of wave impact generator tests on 4 dike locations, Deltares rapport 1207811-008-HYE-0005, oktober 2013
- 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, 'Residual strength of grass on river dikes under wave attack. Phase 3: Large scale flume model tests on soil and grass of locations Harculo and Oosterbierum, Deliverable nr. 5.9', Deltares rapport 1207811-009

A Database geteste overgangen

De testnummers in de onderstaande tabellen corresponderen met de fotonummers welke zijn gegeven in Bijlage B, Bijlage C, Bijlage D en Bijlage E.

Tabel A.1 Testen uitgevoerd met golfklapgenerator (overgangen)

Test	Locatie	Omschrijving	getest met	Belasting (B)	Orientatie (O)	Knik (K)	Ruwheidsverschil (R)	type
Oo.3	Oosterbierum	trap in zandbed	Golfklapgenerator	impact	Vertikaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	21
Oo.4	Oosterbierum	trap in zandbed	Golfklapgenerator	impact	Vertikaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	21
Ha.2	Harculo	paaltje	Golfklapgenerator	impact	Object	N.v.t.	Hoogteverschil / object	26
Be.2	Berkum	hor. Overgang met doorgroeistenen in klei	Golfklapgenerator	impact	Horizontaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	16
Be.3	Berkum	hor. Overgang met doorgroeistenen in zand	Golfklapgenerator	impact	Horizontaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	16
Ha.3	Harculo	hor. Overgang asfalt-gras met knik	Golfklapgenerator	impact	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	19
Ol.2	Olst	schuine overgang gras-betonplaat	Golfklapgenerator	impact	Vertikaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	21

Tabel A.2 Testen uitgevoerd met Deltagoot (overgangen)

Test	Locatie	Omschrijving	getest met	Belasting (B)	Orientatie (O)	Knik (K)	Ruwheidsverschil (R)	type
TS3a	Deltagoot	horizontale naad tussen twee grasblokken	Deltagoot	stroming	Horizontaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	3
TS3b	Deltagoot	horizontale naad tussen twee grasblokken	Deltagoot	impact	Horizontaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	16
TS3c	Deltagoot	overgang grasblok-gootwand	Deltagoot	stroming	Vertikaal	vlak	Hoogteverschil / object	7

Tabel A.3 Testen uitgevoerd met golfploopsimulator (overgangen)

Test	Locatie	Omschrijving	getest met	Belasting (B)	Orientatie (O)	Knik (K)	Ruwheidsverschil (R)	type
B131	Collijnsplaat	sectie 1 asfalt-gras	Golfploopsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2
B132	Collijnsplaat	sectie 2, berm-boventalud	Golfploopsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2
B137	Collijnsplaat	sectie 5, trap	Golfploopsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2

Tabel A.4 Testen uitgevoerd met golfoverslagsimulator (overgangen)

Test	Locatie	Omschrijving	getest met	Belasting (B)	Orientatie (O)	Knik (K)	Ruwheidsverschil (R)	type
B19	Boonweg	sectie 1 t/m 4, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B10								
B11								
B11-4								
B19	St. Philipsland	sectie 1, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B24	Kattendijke	sectie 2, schade injecteur	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	3
B21	Kattendijke	sectie 1, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B22								
B26	Afsluitdijk	sectie 1-3, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B30								
B32								
B31	Afsluitdijk	sectie 2, bestrating	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2
B34	Afsluitdijk	sectie 3, trap	golfoverslagsimulator	stroming	Vertikaal	vlak	Hoogteverschil / object	7
B37	Vechtdijk	sectie 1, dijkovergang	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2
B43	Vechtdijk	sectie 2, boom	golfoverslagsimulator	stroming	Object	vlak	Hoogteverschil / object	1
B79	Tholen	sectie 1, buitentalud-berm	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2
B81	Tholen	sectie 2, trap	golfoverslagsimulator	stroming	Vertikaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	8
B86	Tholen	sectie 3, afrastering	golfoverslagsimulator	stroming	Vertikaal	vlak	Hoogteverschil / object	7
B93	Tholen	sectie 3, afrastering/paal	golfoverslagsimulator	stroming	Object	vlak	Hoogteverschil / object	13
B100	Tholen	sectie 4, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	ruwheidsverschil aanwezig	5
B112	Nijmegen	sectie 1, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B113	Nijmegen	sectie 1, langs betonnen rand	golfoverslagsimulator	stroming	Vertikaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	9
B114	Nijmegen	sectie 2, teen	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	Concaaf (hol)	geen ruwheidsverschil aanwezig	6
B117	Nijmegen	sectie 2, betonnen wand	golfoverslagsimulator	stroming	Vertikaal	vlak	geen ruwheidsverschil aanwezig	9
B123	Millingen	sectie 1, asfaltverharding	golfoverslagsimulator	stroming	Horizontaal	vlak	ruwheidsverschil aanwezig	2

B Foto's geteste overgangen met golfoverslagsimulator

(overgenomen uit: Toetsen Grasbekledingen op Dijken. t.b.v. het opstellen van het beheedersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde. Datum 25-10-2012)

De nummers onder de foto's corresponderen met de nummers in de database (Bijlage A).

De foto's van testen B112, B113, B114, B117 en B120 zijn vooralsnog niet beschikbaar en zullen later worden toegevoegd.

C Foto's geteste overgangen met golfklapgenerator

De nummers onder de foto's corresponderen met de nummers in de database (Bijlage A).



Foto C.1 Oo.3

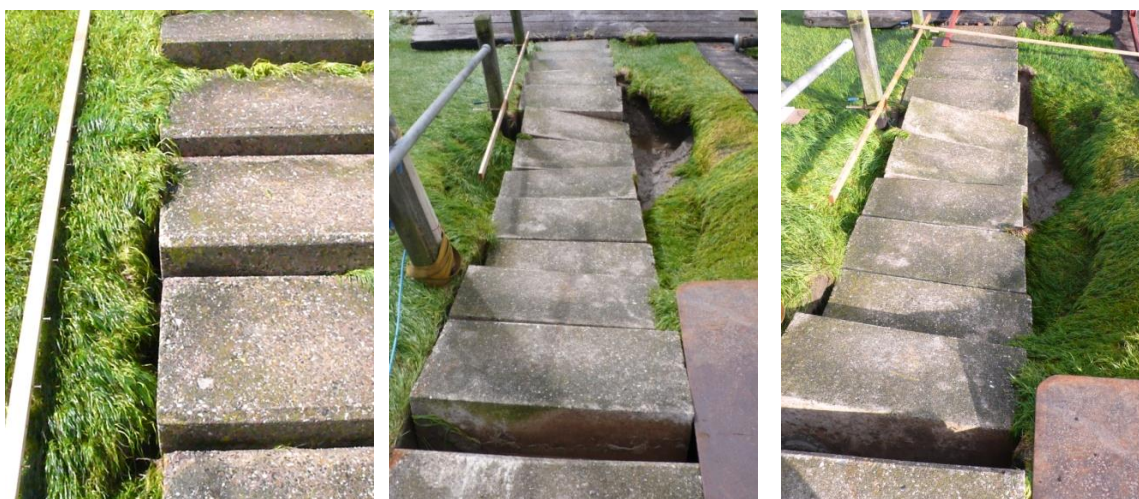


Foto C.2 Oo.4



Foto C.3 Ha.2



Foto C.4 Be.2



Foto C.5 Be.3



Foto C.6 Ha.3



Foto C.7 Ol.2

D Foto's geteste overgangen met Deltagoot

De nummers onder de foto's corresponderen met de nummers in de database (Bijlage A).

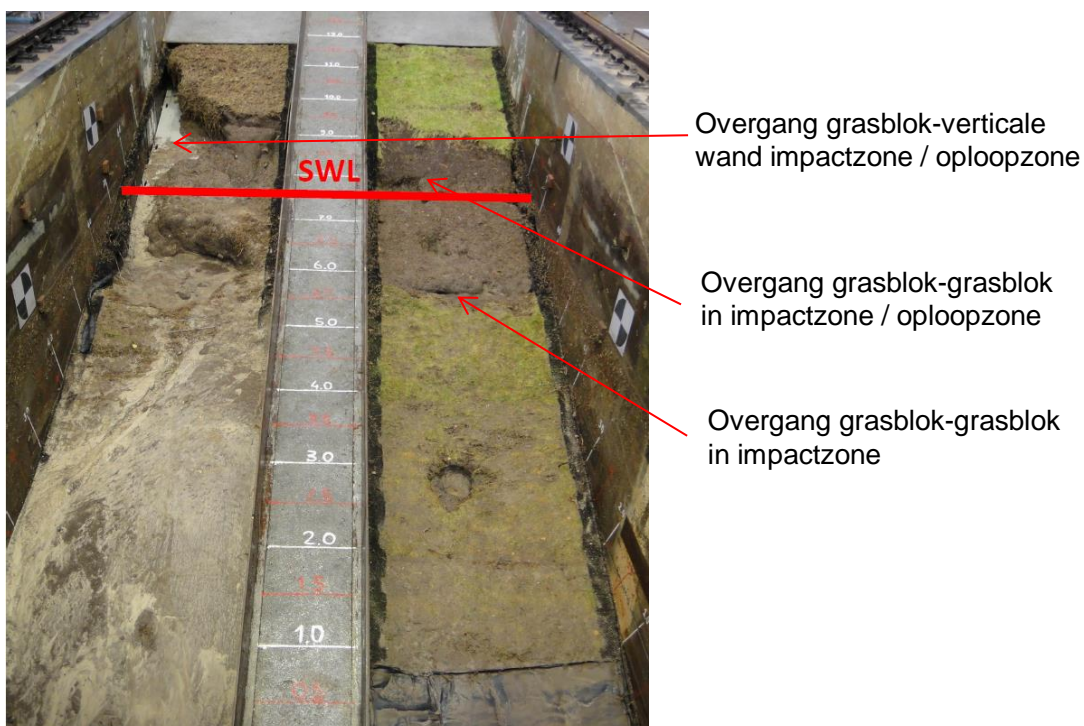


Foto D.1 TS3a, TS3b, TS3c

E Foto's geteste overgangen met golfloopsimulator

De foto's van de testen met de golfloopsimulator zijn nog niet beschikbaar en zullen in een latere fase worden toegevoegd.

PM

Foto E.1 B131

PM

Foto E.2 B132

PM

Foto E.3 B137