

**Predictierapport fysieke
modeltesten overgangen in
grasbekledingen**



Predictierapport fysieke modeltesten overgangen in grasbekledingen

ir. P. van Steeg

1220039-007

Titel

Predictierapport fysieke modeltesten overgangen in grasbekledingen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat WVL	1220039-007	1220039-007-VEB-0002	59

Trefwoorden

Overgangen, grasbekleding, golfoploop, golfoverslag

Samenvatting

Overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen onder hydraulische belastingen zijn potentieel zwakke plekken. In Van Steeg (2015) wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire effecten van deze overgangen. Om de invloed van deze effecten te compenseren is fysiek modelonderzoek beoogd waarbij verschillende maatregelen kunnen worden geëvalueerd. Echter, om dergelijke proeven te kunnen ontwerpen is inzicht nodig in welk type overgang daadwerkelijk zwak is zodat daar de focus van het onderzoek zich op kan richten. Het kwantitatieve inzicht hierin ontbreekt voornamelijk waardoor het niet mogelijk is om de proeven optimaal te ontwerpen en er een risico ontstaat dat de proeven geen bruikbaar resultaat opleveren.

Dit rapport 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. De gebruikte theorieën zijn nog zeer beperkt gevalideerd waardoor de uitkomsten van de kwantificering niet mogen worden toegepast voor ontwerp of toetsing van grasbekledingen.

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 $H_s = 2,0 \text{ m}$. 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 U_c). De resultaten zijn samengevat in Figuur 5.1.

Voor golfoploop is de standtijd bepaald waarbij bezwijken van de bekleding ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) rondom de overgang optreedt tijdens een storm met een significante golfhoogte van $H_s = 2 \text{ m}$. 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 en de erosiebestendigheid van het gras (uitdrukt in U_c). De resultaten zijn samengevat in Figuur 5.2.

Het opgedane inzicht is toegepast ten behoeve van het prioriteren en dimensioneren van toekomstige experimenten met betrekking tot overgangen in grasbekledingen.

Referenties

- KPP requirements 2015 'Versterking Onderzoek Waterveiligheid'

Titel
Predictierapport fysieke modeltesten overgangen
in grasbekledingen

Opdrachtgever Rijkswaterstaat WVL **Project** 1220039-007 **Kenmerk** 1220039-007-VEB-0002 **Pagina's** 59

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
V1	Apr. 2015	ir. P. van Steeg		ir. A. van Hoven		Dr. ir. M.R.A. van Gent	
V2	Aug. 2015	ir. P. van Steeg		ir. A. van Hoven		Dr. ir. M.R.A. van Gent	

Status
definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Theoretisch model	3
2.1	Cumulatieve overbelastingsbenadering	3
2.2	Aanpak	4
2.3	Golfoverslag	5
2.3.1	Algemeen	5
2.3.2	Invloed van overgangen uitgesplitst per categorie	8
2.4	Golfoploop	10
2.4.1	Achtergronden golfoploopmodel	10
2.4.2	Opzet Matlab model	11
2.4.3	Gevoeligheidsanalyse zonder overgangen	12
2.4.4	Gevoeligheidsanalyse golfoploop met overgangen	14
3	Prioritering overgangen op basis van predictiemodel	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Categorie T2	17
3.3	Categorie T6	19
3.3.1	Golfoploop	19
3.3.2	Golfoverslag	19
3.4	Categorie T5	20
3.5	Categorie T8	22
3.5.1	Golfoploop	22
3.5.2	T8: Golfoverslag	23
3.6	Samenvatting	23
4	Predictie effectiviteit oplossingsrichtingen (Cat. 2)	25
4.1	Inleiding	25
4.2	Voorbeeld	25
4.3	Categorie 2	26
4.3.1	Oplossingsrichting A en B	27
4.3.2	Oplossingsrichting C	29
4.3.3	Oplossingsrichting D: Verhogen graskwaliteit	29
4.3.4	Samenvatting en conclusies overgangen van Categorie 2 bij golfoploop	29
5	Samenvatting, conclusies en aanbevelingen	31
5.1	Samenvatting predictiemodel golfoverslag	31
5.2	Samenvatting predictiemodel golfoploop	32
5.3	Prioritering te testen overgangen op basis van predictiemodel	33
6	Referenties	35

Bijlage(n)

A Predictie bij golfoverslag	A-1
A.1 Golfoverslag: Categorie T1	A-1
A.2 Golfoverslag: Categorie T2	A-2
A.3 Golfoverslag: Categorie T3	A-2
A.4 Golfoverslag: Categorie T5	A-3
A.5 Golfoverslag: Categorie T6	A-5
A.6 Golfoverslag: Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9	A-6
A.7 Golfoverslag: Categorie T13	A-7
B Predictie bij golfoploop	B-1
B.1 Golfoploop: Categorie T1	B-1
B.2 Golfoploop: Categorie T2	B-3
B.3 Golfoploop: Categorie T3	B-4
B.4 Golfoploop: Categorie T5	B-5
B.5 Golfoploop: Categorie T6	B-7
B.6 Golfoploop: Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9	B-8
B.7 Golfoploop: Categorie T13	B-9
C Grafieken golfoploop	C-1
D Beschrijving categorieën overgangen	D-1

1 Inleiding

Overgangen in grasbekledingen van primaire waterkeringen onder hydraulische belastingen zijn zwakke plekken. In Van Steeg (2015) wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire effecten van deze overgangen.

Met primaire effecten wordt bedoeld de verzwakking van het gras doordat het aan een kant niet vast zit (langs de overgang) en de verhoging van de lokale belasting door: (1) overgang van glad naar ruw waardoor extra turbulentie wordt gecreëerd, (2) knik van talud naar berm of (3) een object in de stroming.

Secundaire effecten zijn gedefinieerd als extra verzwakking van het gras en de klei door afwijkingen rondom de overgang, veroorzaakt door gebrekkig beheer, en / of aanleg. Belastingverhoging door secundaire effecten zijn indirecte effecten als gevolg van de aanwezigheid van een overgang (zie Van Steeg, 2015).

In Van Steeg (2015) is geconcludeerd dat het aannemelijk is dat zowel primaire effecten als secundaire effecten van belang zijn voor de stabiliteit van de overgang. Om de primaire effecten beter te kunnen kwantificeren is in dat rapport aanbevolen om een predictie van de invloed van het primaire effect te maken per gedefinieerde categorie overgang. Op deze manier kan een indruk worden verkregen van de noodzaak tot een oplossingsrichting per type overgang. Een 'zwakke' plek kan namelijk ook sterk genoeg zijn en dan is het niet zinnig om hiervoor oplossingsrichtingen te testen.

Er is nog een beperkt inzicht in wat de verwachte stabiliteit is per type overgang vergeleken met een zelfde situatie waarbij geen overgang aanwezig zou zijn. Deze kennis is echter onontbeerlijk om tot een weloverwogen prioritering van de vele soorten overgangen te komen.

Daarnaast is dit inzicht van belang om het onderzoek zo efficiënt mogelijk uit te kunnen voeren. Te denken valt hierbij aan de magnitude van de hydraulische belasting maar ook de te gebruiken graskwaliteit. Een mogelijk risico indien dit inzicht in de stabiliteit ontbreekt, is dat de proeven een onbruikbaar resultaat opleveren (bijvoorbeeld dat er geen schade ontstaat doordat de klei/graslaag te sterk of de hydraulisch opgelegde belasting te laag is).

Het doel van dit rapport is om, met behulp van al bestaande kennis, inzicht te verschaffen in de te verwachten stabiliteit van verschillende typen overgangen onder verschillende typen belastingen. Dit is nodig om toekomstige proeven optimaal in te richten en de werkelijke zwakke overgangen te identificeren. Dit sluit aan bij het algemene doel van het project namelijk om oplossingsrichtingen voor zwakke plekken bij overgangen te genereren.

Dit rapport beschrijft de predictie van de primaire effecten welke per type overgang is gemaakt. Er wordt benadrukt dat het centrale uitgangspunt is om de werkelijke verwachte schade, toegestaan overslagdebiet, et cetera te bepalen. Hierbij zijn dus geen veiligheidsfactoren in acht genomen. Dit uitgangspunt is een goed uitgangspunt ten behoeve van het ontwerpen van een test, maar is ongeschikt voor toetsing of ontwerp van dijken in de praktijk aangezien er geen veiligheidsfactoren zijn toegepast.

Er wordt in dit rapport onderscheid gemaakt in golfploop- en golfoverslagbelasting. Golfklapbelasting is vooralsnog buiten beschouwing gelaten aangezien hiervoor geen theoretisch model beschikbaar is. Daarnaast zijn alle testresultaten met de golfklapgenerator vrijwel zeker een gevolg van secundaire aspecten waardoor het kwantificeren van deze testresultaten als gevolg van primaire effecten ondoenlijk is.

Er wordt benadrukt dat de invloed van secundaire effecten in dit rapport buiten beschouwing wordt gelaten. Secundaire effecten zijn indirecte effecten welke onder andere zijn beschreven in Van Steeg (2015).

In Hoofdstuk 2 wordt de achterliggende theorie van het predictiemodel behandeld. Eerst wordt in Paragraaf 2.1 de cumulatieve overbelastingsmethode toegelicht en vervolgens toegepast op overgangen in de golfoverslagzone (Paragraaf 2.3) en overgangen in de golfploopzone (Paragraaf 2.4). Vervolgens wordt in Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 4 het predictiemodel toegepast om de verschillende categorieën overgangen te prioriteren en om oplossingsrichtingen grofstoffelijk te kunnen evalueren alvorens deze worden getest. In Hoofdstuk 5 worden een samenvatting, conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 Theoretisch model

2.1 Cumulatieve overbelastingsbenadering

In het kader van onder andere WTI2017 zijn verschillende overgangen getest met de golfoverslagsimulator, de golfploopsimulator en de golfklapgenerator. Vervolgens is binnen WTI een rapport (Hoffmans, 2014) opgesteld waarin de invloed van overgangen onder stromingsbelasting (oploop en overslag) is gekwantificeerd. De onderstaande tekst is deels uit het genoemde rapport overgenomen.

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

$$\sum_{i=1}^N (U_i^2 - U_c^2) = D \quad \text{voor } U_i > U_c \quad (2.1)$$

Waarin

D	=	schadegetal (m^2/s^2)
U_i	=	lokale stroomsnelheid op beschouwde locatie van overslaande of oplopende golf (m/s) = $\alpha_a U_o$
α_a	=	versnellingsfactor (-)
U_o	=	snelheid direct achter de kruin
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 is vergelijking (2.1) als volgt aangepast:

$$\sum_{i=1}^N (\alpha_M (\alpha_a U_o)^2 - \alpha_s U_c^2) = D \quad \text{voor } \alpha_M U_i^2 > \alpha_s U_c^2 \quad (2.2)$$

Waarin

α_M	belastingfactor (-)
α_s	sterktefactor (-)

De eerste term aan de linkerkant van vergelijking (2.2) is een maat voor de belasting. De tweede term is een maat voor de sterkte. Vergelijking (2.2) vertegenwoordigt een hypothese, die in de genoemde studie met prototype experimenten is 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 voor het voorspellen van 'falen van de bekleding' en veel minder voor het voorspellen van 'begin van schade' en 'schade op meerdere plekken'.

Vervolgens worden in Hoffmans (2014) verschillende typen overgangen die op de dijk bij de overslag en oploopprouwen zijn aangetroffen besproken. Hierbij is een andere indeling gehanteerd dan de indeling welke in voorliggend rapport is toegepast.

In het genoemde rapport worden kwantitatieve conclusies getrokken (er worden waarden van de sterktefactor α_s en de belastingfactor α_M gegeven). Theoretische waarden voor de factoren zijn gevalideerd aan de hand van uitgevoerde overslagproeven waarbij overgangen aanwezig waren. Uit de genoemde analyse bleken er theoretische extreme waarden te zijn voor overgangen:

$$\begin{aligned} \alpha_{s,\min} &= 0,8 \\ \alpha_{M,\max} &= 2,0 \end{aligned}$$

De hierboven gegeven waarden zijn dus volgens dit model de waarden welke de meest negatieve invloed hebben op de stabiliteit van de bekleding.

De in Hoffmans 2014 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 (2014).

2.2 Aanpak

In het vervolg van dit rapport wordt gewerkt met standduren in plaats van het schadegetal D . Een te kiezen waarde van het schadegetal D blijft echter het te hanteren uitgangspunt. Hierbij is gekozen voor een waarde van $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ omdat een schade behorend bij dat schadegetal ('falen van de bekleding') bereikt dient te worden bij de te ontwerpen fysieke modeltesten. Met behulp van het model zoals beschreven Paragraaf 2.1 wordt vervolgens de bijbehorende standtijd uitgerekend voor een situatie met en een situatie zonder een overgang. Op deze manier wordt de invloed van de overgang overzichtelijk in kaart gebracht voor verschillende belastingregimes, verschillende typen overgangen en verschillende graskwaliteiten. Dit is als volgt weergegeven:

Standtijd = functie (belasting, type overgang, kwaliteit klei en gras, toegestane schade) (2.3)

Bij golfoverslag is de belasting gekarakteriseerd door het golfoverslagdebiet q . De belasting bij golfoploop is gekarakteriseerd met de golfhoogte H_{m0} (m) in combinatie met de locatie op het talud (uitgedrukt in de verticale afstand tot de stilwaterlijn R (m)). Het type overgang is gekarakteriseerd door de invloedsfactor op de belasting α_M (-) en de invloedsfactor op de sterkte α_s (-). De kwaliteit van het gras is uitgedrukt in de kritieke stroomsnelheid van het gras U_c (m/s). De toegestane schade is uitgedrukt in de schadeparameter D (m^2/s^2). De standtijd $t_{\text{bezwijken}}$ (uur) is de belastingsduur benodigd is om de bekleding te laten bezwijken.

Vergelijking **Error! Reference source not found.** kan nu als volgt worden herschreven:

$$\text{Golfoverslag: } t_{\text{bezijden}} = f(q, \alpha_M, \alpha_s, U_c, D) \quad (2.4)$$

$$\text{Golfoploop: } t_{\text{bezijden}} = f(H_{m0}, R, \alpha_M, \alpha_s, U_c, D) \quad (2.5)$$

Tijdens het opzetten van het model bleek het praktischer om voor met mechanisme golfoverslag een iets andere aanpak te hanteren waarbij het overslagdebiet wordt bepaald als functie van verschillende parameters:

$$\text{Golfoverslag: } q_{\text{bezijden}} = f(t_{\text{storm}}, \alpha_M, \alpha_s, U_c, D) \quad (2.6)$$

Vergelijking (2.4), Vergelijking (2.5) en Vergelijking (2.6) kunnen niet analytisch opgelost worden. Om deze reden is dit numeriek gedaan. Hoe dit precies is gedaan is beschreven in Paragraaf 2.3 (golfoverslag) en Paragraaf 2.4 (golfoploop).

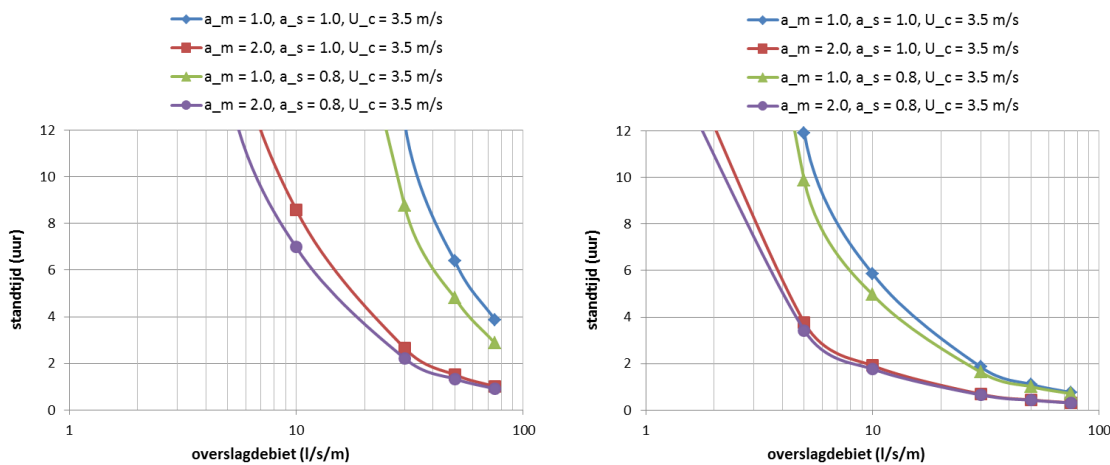
2.3 Golfoverslag

2.3.1 Algemeen

In Paragraaf 2.1 is een inzicht gegeven van de cumulatieve overbelastingsmethode en de te hanteren invloedsfactoren (α_s en α_M). De gegeven theorie geeft echter nog geen inzicht in de standtijd (uitgedrukt in uren) van een overgang. In deze paragraaf wordt de in Paragraaf 2.1 beschreven theorie zodanig bewerkt dat een eerste inzicht wordt verkregen van de invloed van een overgang op de standtijd van een grasbekleding in het geval van golfoverslag. Hierbij wordt een constante waterstand en constante golfcondities aangenomen. Verschillende invloedsfactoren worden toegepast en vergeleken met de situatie waarbij er geen overgang aanwezig zou zijn geweest ($\alpha_s = 1$, $\alpha_M = 1$, dit is de lichtblauwe lijn in Figuur 2.1). Er is hierbij gekozen voor een schadegetal van $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Deze keuze is gemaakt omdat de testen zodanig worden ontworpen dat een dergelijke schade ('falen van de bekleding') mag worden verwacht. Dit type schade blijkt, op basis van ervaring met de simulatoren, ook beter te voorspellen.

De resultaten voor de meest extreme gevallen (minimale sterkte: $\alpha_s = 0,8$ en maximale belasting: $\alpha_M = 2,0$, zie Hoffmans (2014) voor een onderbouwing) zijn weergegeven in Figuur 2.1. Hierbij is een kritieke stroomsnelheid van $U_c = 3,5 \text{ m/s}$ aangenomen. Dit is volgens Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015) de laagste waarde waarbij er nog sterkte aan het gras mag worden toegekend (vergelijkbaar met graskwaliteit van de Vechtdijk). Tevens is uitgegaan van een zeeregime met een significante golfhoogte van 2 m.

De snelheid U_i van het front van de overslaande watertong op de locatie van de overgang is afhankelijk van de taludhelling, de lengte van het talud en de initiële snelheid op de kruin. Dit wordt toegelicht in Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015). De snelheid wordt verdisconteerd met de versnellingsfactor α_a . In het hier gegeven voorbeeld worden twee extreme waarden genomen: op de kruin zelf (versnellingsfactor $\alpha_a = 1,0$) en een talud met een lengte van 25 m en een taludhelling van 1:2,4 (versnellingsfactor $\alpha_a = 1,56$).



Figuur 2.1 Invloed van invloedsfactoren α_s en α_m op de standtijd als functie van het overslagdebiet (bij $U_c = 3,5$ m/s, schadegetal $D = 7000$ m²/s² en een zogenaamd zeeregime ($H_s = 2$ m)) links: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,0$, rechts: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,56$ (talud met een lengte van 25 m en een hoek van 1:2,4)

Voorbeeld 1: Er is geen overgang aanwezig (blauwe lijn) en het golfoverslagdebiet is 30 l/s/m. In het geval van een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1$ (bijvoorbeeld op de kruin van de dijk) dient de linkergrafiek in Figuur 2.1 te worden gehanteerd. Hier valt te zien dat de standtijd volgens dit model 12 uur bedraagt.

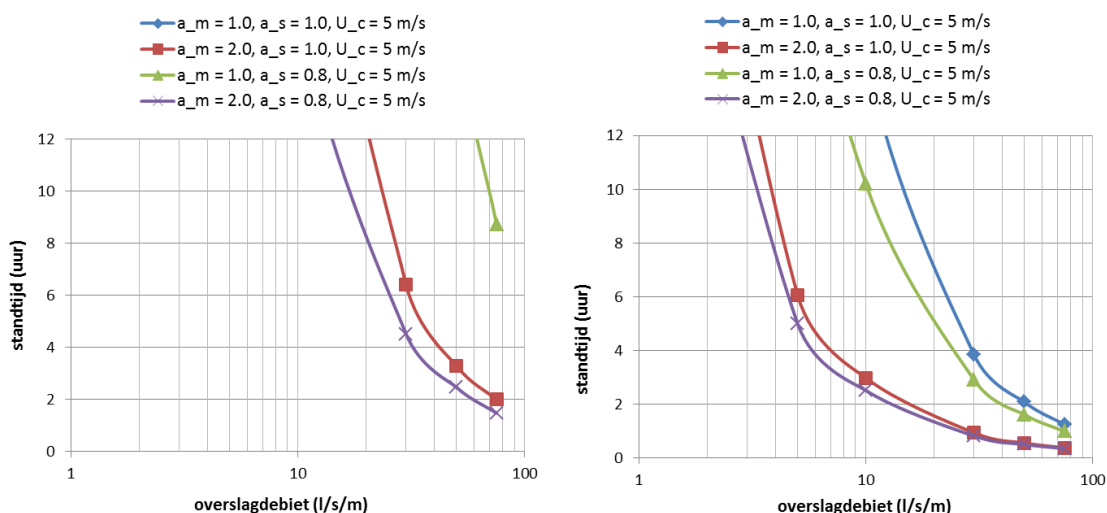
Voorbeeld 2: Er is een overgang aanwezig waarbij zowel de hydraulische belasting maximaal wordt beïnvloed ($\alpha_M = 2,0$) als de sterkte maximaal wordt beïnvloed ($\alpha_S = 0,8$). Dit betreft de paarse lijn. Ook hier wordt een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1$ gehanteerd (linkergrafiek in Figuur 2.1). Er valt te zien dat de standtijd in dit geval 2 uur bedraagt.

Voorbeeld 3: In voorbeeld 3 zijn alle gegevens gelijk aan voorbeeld 1 en voorbeeld 2 met uitzondering van de versnellingsfactor welke gelijk is aan $\alpha_a = 1,56$ (rechtergrafiek in Figuur 2.1). Hier valt te zien dat de standtijd met en zonder overgang gelijk is aan respectievelijk 2 uur en 0,5 uur.

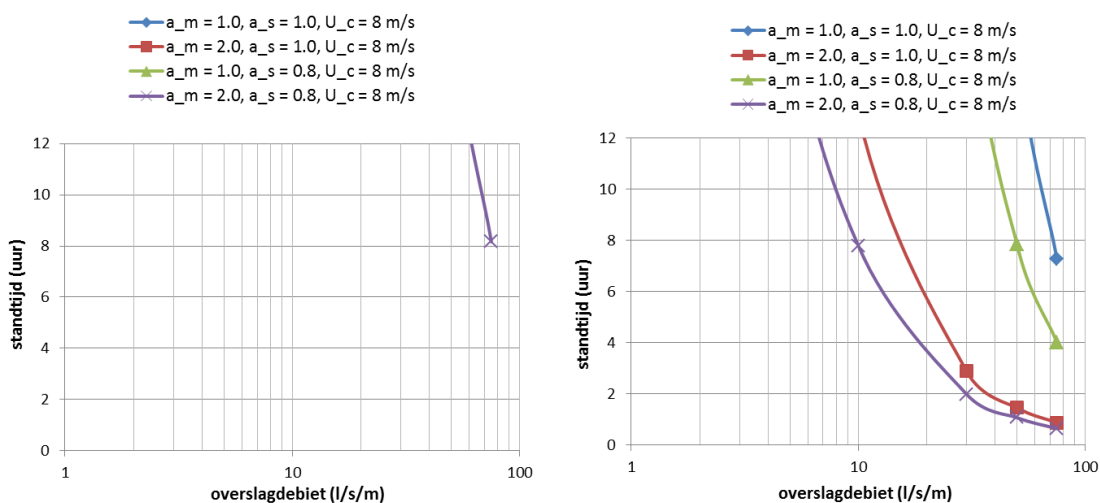
Er wordt vooralsnog aangenomen dat standtijden voor golfoverslag langer dan 12 uur in de praktijk niet relevant zijn en dus buiten beschouwing kunnen worden gelaten. De focus is dus op standtijden welke korter zijn dan 12 uur. Omdat het gaat om een schadegetal van 7000 m²/s² zijn dit de standtijden die leiden tot een schadebeeld ‘falen van de bekleding’.

Er wordt benadrukt dat het resultaat zoals is weergegeven in Figuur 2.1, een eerste indruk geeft van een grasbekleding met en zonder overgang op basis van theoretische waarden van de invloedsfactoren met een beperkte validatie (Hoffmans 2014). Er dient beseft te worden dat de validatie van de onderliggende theorie zeer beperkt is. Vooralsnog is dit echter state of the art.

Een zelfde analyse is uitgevoerd voor sterkere grassoorten ($U_c = \{3,5$ m/s, 5 m/s, 8 m/s}). Een U_c van 3,5 m/s representeert min of meer een minder goed gesloten zode, een U_c representeert een redelijk goed gesloten zode en een U_c van 8 m/s representeert een goed gesloten zode. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.2 en Figuur 2.3.



Figuur 2.2 Invloed van invloedsfactoren α_s en α_m op de standtijd als functie van het overslagdebiet (bij $U_c = 5,0 \text{ m/s}$, schadegetal $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ en een zogenaamd zeeregime ($H_s = 2 \text{ m}$)) links: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,0$, rechts: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,56$ (talud met een lengte van 25 m en een hoek van 1:2,4)



Figuur 2.3 Invloed van invloedsfactoren α_s en α_m op de standtijd als functie van het overslagdebiet (bij $U_c = 8,0 \text{ m/s}$, schadegetal $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ en een zogenaamd zeeregime ($H_s = 2 \text{ m}$)) links: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,0$, rechts: versnellingsfactor $\alpha_a = 1,56$ (talud met een lengte van 25 m en een hoek van 1:2,4)

Op basis van de bovenstaande figuren kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken:

- De maximale invloed van de belasting ($\alpha_s = 1$ en $\alpha_m = 2,0$; rode lijn) is groter dan de maximale invloed van de sterkte ($\alpha_s = 0,8$ en $\alpha_m = 1,0$; groene lijn). Hierbij wordt opgemerkt dat er wel wordt uitgegaan van een graszode die aansluit op het object of ander type bekleding. Een strook kale grond langs een constructie zal veel sneller kunnen falen;
- Overgangen hebben een potentieel drastische invloed op de standtijd maar in veel gevallen hoeft dit niet te leiden tot falen van de bekleding (aannemende dat een standtijd van 12 uur afdoende is). Een overzicht is gegeven in Tabel 2.1.
- De kwantitatieve analyse in deze paragraaf is een zo goed mogelijke inschatting van de gemiddelde standtijden. Dit is echter ongeschikt voor ontwerp- of toetsdoeleinden, omdat er geen rekening is gehouden met onzekerheden.

Om een eerste indruk te krijgen zijn de hierboven gegeven grafieken samengevat in Tabel 2.1. Er wordt benadrukt dat de eerder omschreven uitgangpunten ook op deze tabel van toepassing zijn.

Tabel 2.1 *Inschatting minimaal benodigd overslagdebiet gedurende 12? uur om schade aan een overgang te kunnen creëren (primair effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De minimaal gegeven waarden van q is bij een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1,56$. De maximaal gegeven waarde van q is bij een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1,0$. Het betreft het overslagregime bij een zeedijk.*

U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	golfoverslagdebiet waarbij geen falen van de bekleding optreedt (verwachtingswaarde, primair effect), q (l/s/m)		
		Maximale toename belasting	Maximale afname sterkte	combinatie maximale afname sterkte en toename belasting
		$\alpha_s = 1,0$	$\alpha_s = 0,8$	$\alpha_s = 0,8$
		$\alpha_M = 2,0$	$\alpha_M = 1,0$	$\alpha_M = 2,0$
3,5	Vechtdijk	< 2 – 7	< 4 – 20	< 1 – 5
5	(zeezijde Tholen)	< 3 – 20	< 8 - 60	< 1 – 10
8	Boonweg, Delfzijl	< 10 – 75*	< 30 - 75*	< 6 - 60

* De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m.

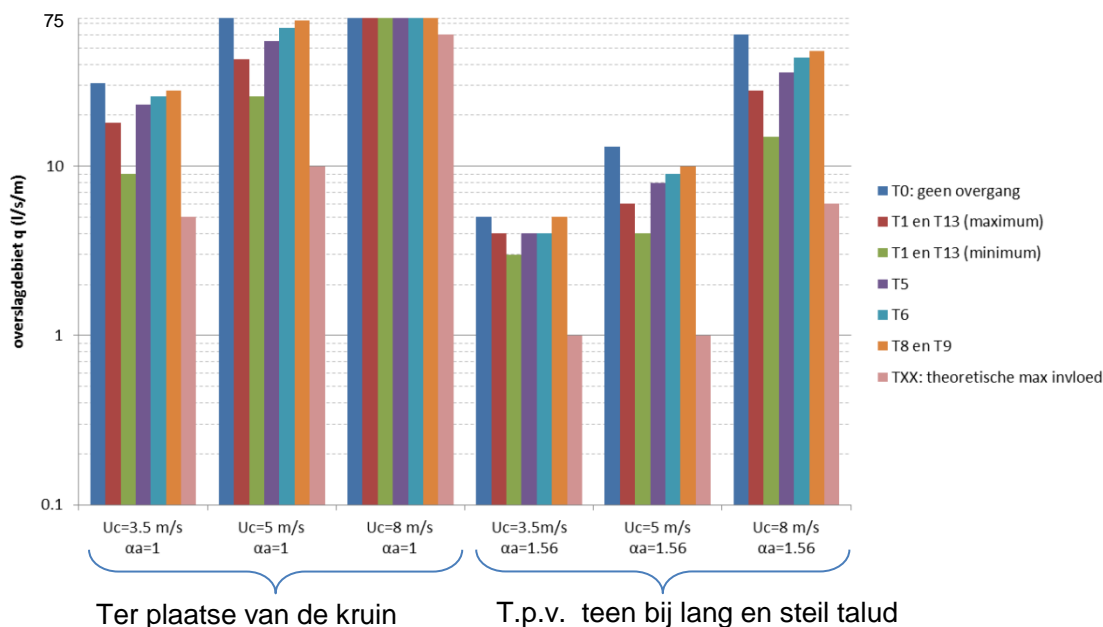
Op basis van Tabel 2.1 kan worden geconcludeerd dat er een grote spreiding is met betrekking tot het toelaatbaar overslagdebiet q . Dit kan worden verklaard door de relatief grote invloed van versnellingsfactor α_a , de grote invloed van U_c en de relatief grote invloed van de invloedsfactoren van de overgang α_M en α_s . Een dergelijke spreiding is te groot voor het ontwerpen van een proef en dient daarom verkleind te worden. In de volgende paragraaf zal dit verder worden beschouwd door de invloed van de overgang per categorie te beschouwen.

2.3.2 Invloed van overgangen uitgesplitst per categorie

De bovenstaande analyse is illustratief voor golfoverslag in het algemeen (de waarden in Tabel 2.1 zullen uiteraard significant anders zijn bij andere golfcondities). Hierbij is de theoretische maximale waarde voor de invloedsfactor voor belasting α_M en de theoretische minimale waarde voor de invloedsfactor voor sterkte α_M gehanteerd. Echter, bij de verschillende categorieën overgangen hebben de invloedsfactoren voor belasting en sterkte echter andere, minder conservatieve, waarden. Dit is per categorie overgang uitgewerkt in Bijlage A.

De resultaten van de uitwerking in Bijlage A zijn hieronder samengevat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in het type gras en de versnellingsfactor α_a . Bij het type gras is er onderscheid gemaakt in een relatieve slechte gesloten zode ($U_c = 3,5$ m/s), een redelijke gesloten zode ($U_c = 5$ m/s) en een goede gesloten zode ($U_c = 8$ m/s). Een open of fragmentarische zode heeft een lagere U_c . Voor de versnellingsfactor zijn er twee waarden gebruikt: Een situatie direct achter de kruin (het water is dus nog niet versneld): $\alpha_a = 1,0$, en een situatie waarbij het water een grote versnelling heeft ondergaan (een talud met een lengte van 25 m en een hoek van 1:2,4): $\alpha_a = 1,56$.

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.4. Als referentie is een situatie zonder overgang tevens weergegeven (type T0). Ook de theoretisch maximale invloed ($\alpha_s = 0,8$ en $\alpha_M = 2,0$) is weergegeven (type TXX). In alle gevallen wordt uitgegaan van een zeeregime met een significante golfhoogte van $H_{m0} = 2$ m, een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$, een belastingduur van $t_{storm} = 12$ uur en een schadecriterium van $D = 7000$ m²/s².



Figuur 2.4 Overslagdebiet volgens huidige theorie per type overgang. De situatie zonder overgang is aangegeven als type T0. De stormduur is gelijk aan 12 uur, het schadegetal is gelijk aan $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Er is onderscheid gemaakt tussen drie kwaliteiten van de grasmat ($U_c = 3,5 \text{ m/s}$, 5 m/s en 8 m/s). Daarnaast is er onderscheid gemaakt voor een situatie direct achter de kruin ($\alpha_a = 1,0$) en een situatie waarbij er een forse versnelling van het overslaande water heeft opgetreden ($\alpha_a = 1,56$). Waarden groter dan 75 l/s/m zijn niet berekend en weergegeven als 75 l/s/m .

Voorbeeld: In het geval van een redelijke grasmat met $U_c = 5 \text{ m/s}$ en een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1,56$ dient de vijfde verzameling staven in Figuur 2.4 te worden gehanteerd. In het geval dat er geen overgang aanwezig is (blauwe staaf) is overslagdebiet waarbij falen van de bekleding na 12 uur optreedt volgens dit model gelijk aan circa 15 l/s/m . Indien een overgang van het type T1 wordt aangelegd (waarbij geen secundaire effecten zijn te verwachten) is het overslagdebiet waarbij falen van de bekleding optreedt gelijk aan 4 l/s/m (groene staaf) tot 6 l/s/m (rode staaf).

Een beschrijving van de verschillende categorieën overgangen is weergegeven in Bijlage D. Volgens de hierboven gehanteerde aanpak hebben overgangen van de categorie T5, T6, T8 en T9 in de overslagzone een beperkte relevante invloed op de stabiliteit van de bekleding als geen veiligheid in acht wordt genomen. Bij categorie T1 en T13 zijn twee situaties gehanteerd welke een minimale en maximale invloed representeren. In het meest negatieve geval (groene staven) is er een behoorlijke invloed.

De gehanteerde uitgangspunten voor de gebruikte theorie zijn hieronder samengevat:

- | | |
|----------------------------|--|
| - Gebruikte theorie: | overbelastingsmethode |
| - Schadecriterium: | $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ |
| - Stormduur: | $t_{\text{storm}} = 12 \text{ uur}$ |
| - Maximaal overslagdebiet: | $q_{\text{max}} = 75 \text{ l/s/m}$ |
| - Type belasting: | Zeeeregime, $H_s = 2 \text{ m}$, $s_{\text{op}} = 0,04$ |

Op basis van de hierboven gehanteerde aanpak zou alleen type T1 en T13 potentieel een significant lagere stabiliteit hebben. Er wordt hierbij benadrukt dat de gehanteerde theorie

alleen van toepassing is op de primaire effecten. Secundaire effecten zijn niet in het bovenstaande theoretische model opgenomen.

2.4 Golfloop

2.4.1 Achtergronden golfloopmodel

De methode om de schade als gevolg van golfloop te bepalen is grotendeels overgenomen uit Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015). Deze methode is hieronder samengevat en bewerkt.

De methode bestaat uit vijf stappen

- | | | |
|--|--------------|--------------|
| 1. Bepalen 2% golfploophoogte | $(R_{u2\%})$ | → Vgl. (2.7) |
| 2. Bepalen golfploophoogte van alle golven | $(R_{ui\%})$ | → Vgl. (2.8) |
| 3. Bepalen van frontsnelheid van iedere golf | $(U_{i\%})$ | → Vgl. (2.9) |
| 4. Bepalen van schadegetal per golf | (D_i) | → Par. 2.1 |
| 5. Bepalen schadegetal golfveld | (D) | → Par. 2.1 |

De hierboven genoemde stappen zijn hieronder uitgewerkt:

Stap 1.

Het 2% golfploophoogteniveau kan worden berekend conform de methoden zoals weergegeven in TAW(2002), formule 5a en 5b, de gemiddelde trend. Deze formule voor het 2% golfploophoogteniveau is:

$$\frac{R_{u2\%}}{H_{m0}} = \min \left[\frac{1.65 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_{m-1.0}}{\gamma_f \cdot \gamma_\beta \left(4.0 - \frac{1.5}{\sqrt{\xi_{m-1.0}}} \right)} \right] \quad (2.7)$$

Met:

- | | | |
|----------------|---|--|
| $R_{u2\%}$ | = | golfploophoogteniveau, verticaal gemeten ten opzichte van de stilwaterlijn, waarbij het aantal oplopen dat dit niveau overschrijdt 2% is van het aantal inkomende golven (m) |
| H_{m0} | = | significante golfhoogte gebaseerd op het golfspectrum (m) |
| γ_b | = | invloedfactor voor een berm (-) |
| γ_f | = | invloedfactor voor de ruwheid van het talud (-) |
| γ_β | = | invloedfactor voor scheve golfaanval (-) |
| $\xi_{m-1.0}$ | = | brekerparameter (-) gebaseerd op de spectrale periodemaat $T_{m-1.0}$ |

Stap 2

Wanneer het 2% golfploophoogteniveau $R_{u2\%}$ bekend is kunnen alle golfploophoogten worden bepaald met de volgende vergelijking:

$$R_{ui\%} = R_{u2\%} \sqrt{\frac{\ln(P_{ovi})}{\ln(0.02)}} \quad (2.8)$$

Waarbij P_{ovi} de kans is dat golf i voorbij het niveau $R_{ui\%}$ komt. Nu is voor iedere kans van voorkomen de golfploophoogte bepaald.

Stap 3

Ten behoeve van de overbelastingsmethode is tevens de frontsnelheid benodigd. De frontsnelheid is in werkelijkheid variabel over de hoogte van het talud. Echter, het blijkt dat deze nagenoeg constant is over de onderste 75% van de oploophoogte. In de resterende 25% van de hoogte neemt dit snel af. In de modellering wordt de snelheid in de bovenste 25% gelijk gesteld aan nul. Dus alleen golven welke hoger oplopen dan $1/0,75 = 1,33$ hoger dan het interessegebied worden meegeteld in de overbelastingsbenadering. Dit leidt tot een onderschatting van de overbelasting voor niveaus hoog boven de waterlijn. Voor niveaus dicht bij de waterlijn levert de vereenvoudiging goede resultaten.

De frontsnelheid (in de onderste 75% van de oploophoogte) wordt gegeven door de volgende vergelijking:

$$U_{i\%} = c_u \sqrt{g \cdot R_{ui\%}} \quad (2.9)$$

Waarbij c_u een stochastische variabele is met $\mu(c_u) = 1,0$ welke normaal is verdeeld met $V = 0,25$.

Stap 4

Nu is het mogelijk om een lijst van golven te maken gedurende bijvoorbeeld een uur. Stel dat een golfperiode wordt gekozen met een gemiddelde periode van $T_m = 5$ s dan zijn er $(3600\text{s/uur}) / (5 \text{ s/golf}) = 700$ golven/uur. Van iedere golf wordt de kans van voorkomen en de bijbehorende frontsnelheid bepaald. Dit kan worden gebruikt in de overbelastingsbenadering (zie Paragraaf 2.1).

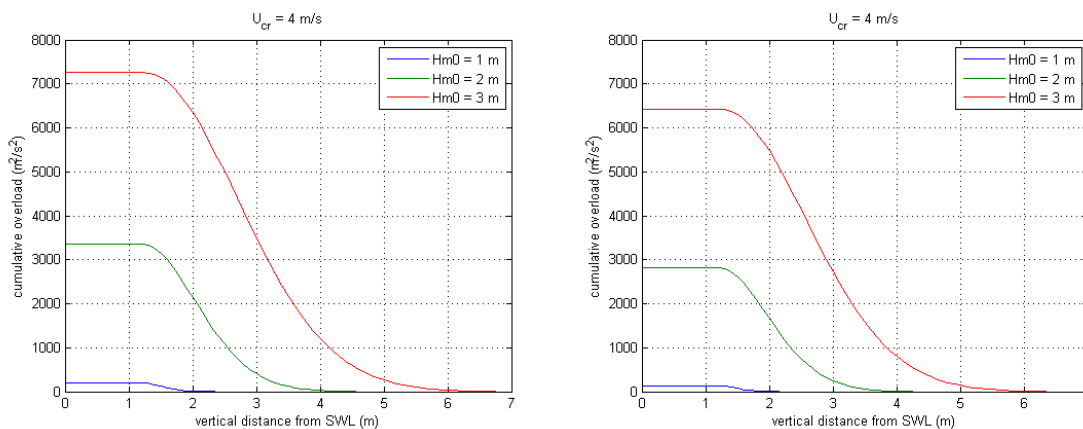
Stap 5

Door de schadegetallen van de individuele golven te sommeren wordt de cumulatieve schadeparameter bepaald.

2.4.2 Opzet Matlab model

In Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015) is een grafiek weergegeven waarbij de schadeparameter als functie van kritische snelheid (U_c), de significante golfhoogte (H_s) en de positie op het talud wordt bepaald. Hierbij worden een aantal parameters (taludhelling, golfsteilheid, stormduur) gekozen als een vaste waarde.

Ten behoeve van het huidige project is een numeriek (Matlab) model opgezet waarin de hierboven gegeven theorie is geïmplementeerd. Een indruk van de uitkomsten van dit model zijn weergegeven in Figuur 2.5. Ter controle zijn dezelfde waarden gehanteerd als in Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015). Het is in het Matlab model echter eenvoudig om deze waarden aan te passen.



Figuur 2.5 Schadeparameter D (m^2/s^2) gedurende 1 uur storm als functie van de significante golfhoogte H_{m0} en de positie op het talud. (1:4 talud, $s_{op} = 0,04$, $T_m = T_p / 1,1$). De linker figuur is gelijk aan de figuur welke is weergegeven in Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015). Bij de rechterfiguur is gebruik gemaakt van Vergelijking (2.7)

De linker grafiek in Figuur 2.5 geeft dezelfde uitkomsten als de figuren welke zijn weergegeven in Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven (2015). Hierbij wordt opgemerkt dat de uitkomsten in de rechtergrafiek hetzelfde zouden zijn indien niet voor Vergelijking (2.7) werd gekozen de maar voor de voor toetsing en ontwerp aanbevolen vergelijking in TAW (2002) waarin de benodigde veiligheid is opgenomen. In het vervolg van deze analyse wordt echter vergelijking (2.7) gehanteerd, dit is immers de vergelijking welke de best mogelijke voorspelling geeft van het overslagdebiet (en geen conservatieve waarde geeft).

Nu is het mogelijk om voor verschillende waarden van de kritische snelheid U_c de schadeparameter te bepalen. Dit is onderwerp van de volgende paragraaf.

2.4.3 Gevoeligheidsanalyse zonder overgangen

Deze paragraaf beschrijft de theoretische invloed van overgangen. Hiervoor is het model gebruikt dat in Paragraaf 2.4.2 is beschreven.

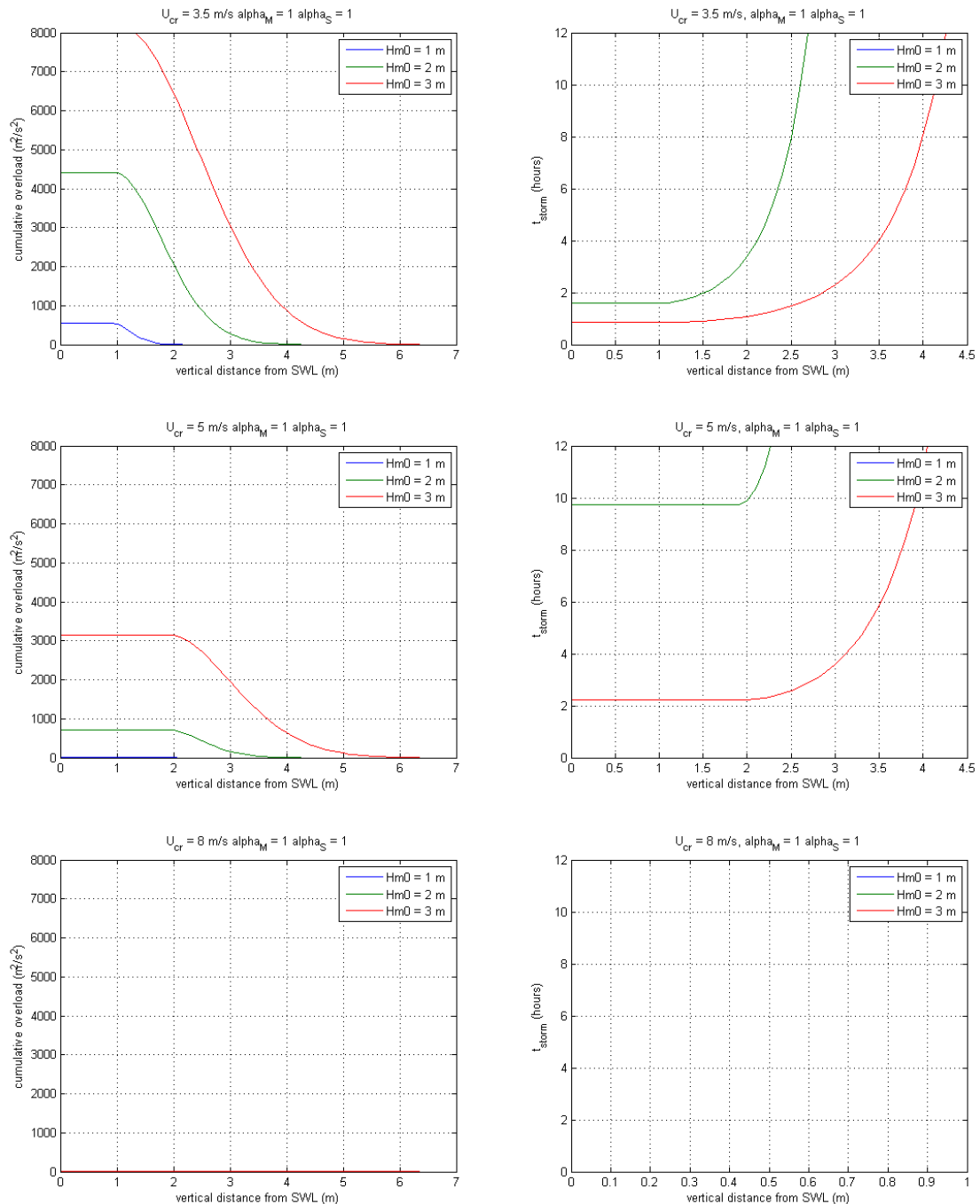
Allereerst is dit gedaan voor situaties waarbij overgangen geen invloed hebben ($\alpha_M = 1$, $\alpha_s = 1$). Hierbij is bepaald wat de benodigde stormduur (t_{storm}) is alvorens een schadegetal van $D = 7000 m^2/s^2$ is bereikt. Hierbij zijn de volgende instellingen gehanteerd:

- $s_{op} = 0,04$
- stormduur: 1 uur (linker grafieken in de onderstaande figuren)
- Schadegetal: $D = 7000 m^2/s^2$ (rechter grafieken in de onderstaande figuren)
- Gebruik van Vergelijking (2.7) ten behoeven van het bepalen van de 2% golfploophoogte
- Geen invloed van bermen ($\gamma_b = 1$), ruwheid ($\gamma_f = 1$) of scheve golfaanval ($\gamma_\beta = 1$)
- Geen invloed van overgangen ($\alpha_M = 1$, $\alpha_s = 1$)

Er wordt benadrukt dat de gegeven grafieken niet voor ontwerp- of toetsdoeleinden kunnen worden gebruikt, omdat de hiervoor benodigde veiligheid in deze aanpak ontbreekt. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.6. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen:

- Drie verschillende kwaliteiten grasbekledingen
 - o uitgedrukt in $U_c = \{3,5; 5; 8\} m/s$
 - o Onderscheid in bovenste, middelste en onderste grafieken.

- Drie verschillende significante golfhoogten
 - o $H_{m0} = 1$ m, 2 m, 3 m)
 - o Onderscheid door middel van drie verschillende lijnen (blauw, groen, rood)
- De positie op het talud
 - o Dit is een variabele welke is weergegeven op de horizontale as
 - o Deze is uitgedrukt als verticale afstand tot de stilwaterlijn.



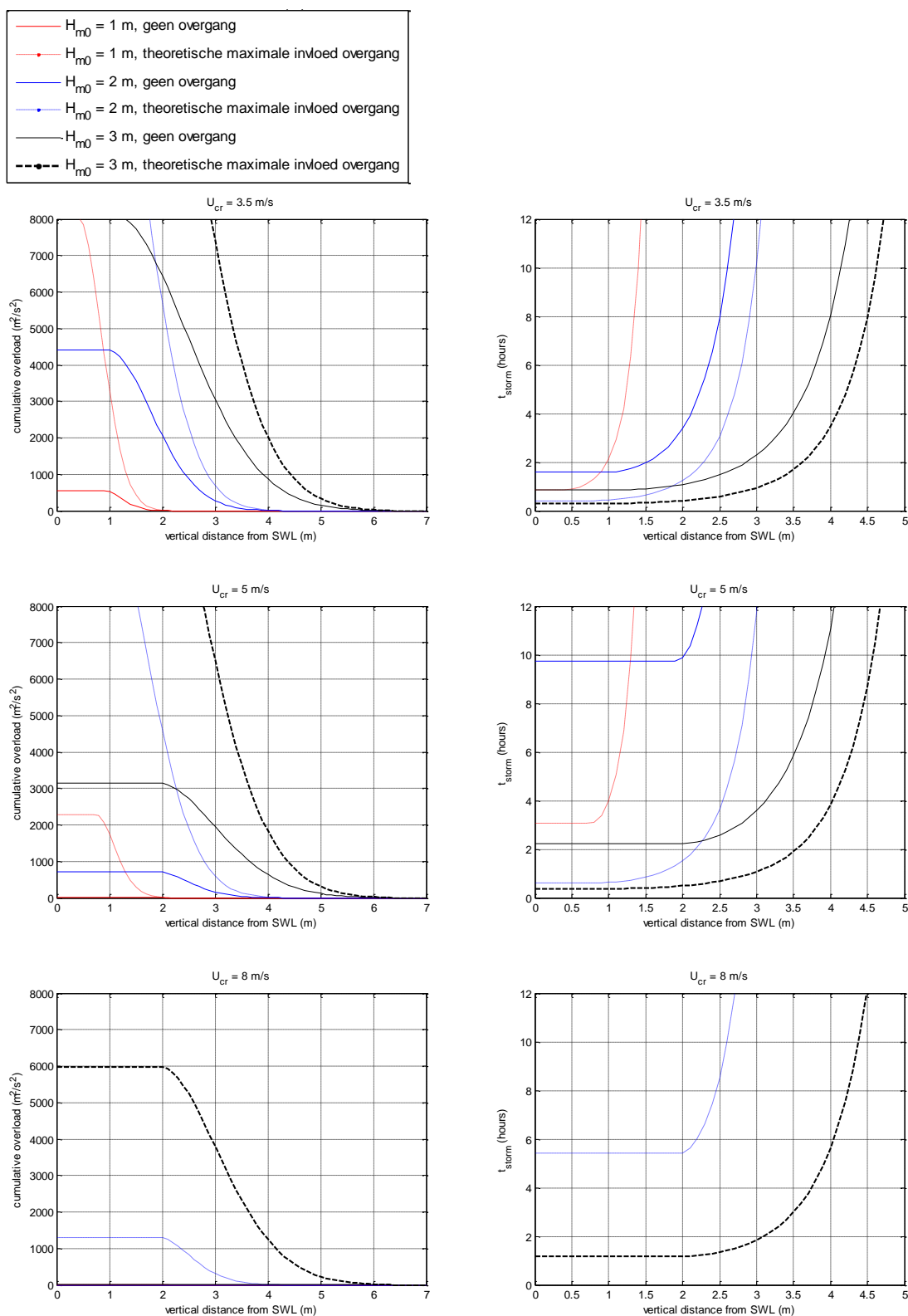
Figuur 2.6 Schadeparameter D per stormuur (linker figuren) en benodigde stormtijd totdat $D = 7000$ m^2/s^2 is bereikt (rechter figuren) voor $U_c = 3,5$ m/s (boven), $U_c = 5$ m/s (midden) en $U_c = 8$ m/s (onder).

Voorbeeld: Een storm met een golfhoogte van $H_{m0} = 2$ m en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$. De golven vallen loodrecht in op een glad talud waar geen bermen op aanwezig zijn. De dijk bestaat uit een redelijke grasmatt waarvan wordt aangenomen dat de kritische snelheid gelijk is aan $U_c = 5$ m/s. Uit Figuur 2.6 (middelste linker figuur, groene lijn) kan het volgende worden afgelezen: De schade per uur storm is bij een locatie op 0 tot 2 m boven de stilwaterlijn gelijk aan circa $800 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Op hoger gelegen locaties neemt dit relatief snel af. Bij een locatie 4 m boven de stilwaterlijn is het schadegetal gelijk aan $D = 0 \text{ m}^2/\text{s}^2$. De stormduur totdat falen van de bekleding optreedt ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) kan uit de rechter grafieken worden afgelezen. In dit gegeven voorbeeld (middelste rechter grafiek, groene lijn) is de stormduur totdat falen van de bekleding optreedt iets minder dan 10 uur op een locatie lager dan 2 m boven de stilwaterlijn.

2.4.4 Gevoeligheidsanalyse golfoploop met overgangen

Een zelfde analyse is uitgevoerd waarbij de invloed van overgangen is meegenomen. Allereerst is dit gedaan door de theoretisch maximum waarde voor de invloedsfactor voor belasting ($\alpha_M = 2$) en de theoretisch minimale waarde voor de invloedsfactor voor sterkte ($\alpha_s = 0,8$) toe te passen. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.7.

Voorbeeld: Een storm met een golfhoogte van $H_{m0} = 2$ m en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$. De golven vallen loodrecht in op een glad talud waar geen bermen op aanwezig zijn. De dijk bestaat uit een redelijke grasmatt waarvan wordt aangenomen dat de kritische snelheid gelijk is aan $U_c = 5$ m/s. Uit Figuur 2.7 (middelste linker figuur, blauwe lijn) kan het volgende worden afgelezen: De schade per uur storm is bij een locatie op 0 tot 2 m boven de stilwaterlijn gelijk aan circa $D = 800 \text{ m}^2/\text{s}^2$ indien geen overgang is toegepast. Indien wel een overgang wordt toegepast (hier wordt aangenomen dat de theoretisch maximale invloed betreft) kan de schade per uur hoger worden dan $8000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. De standtijd is in dat geval minder dan een uur.

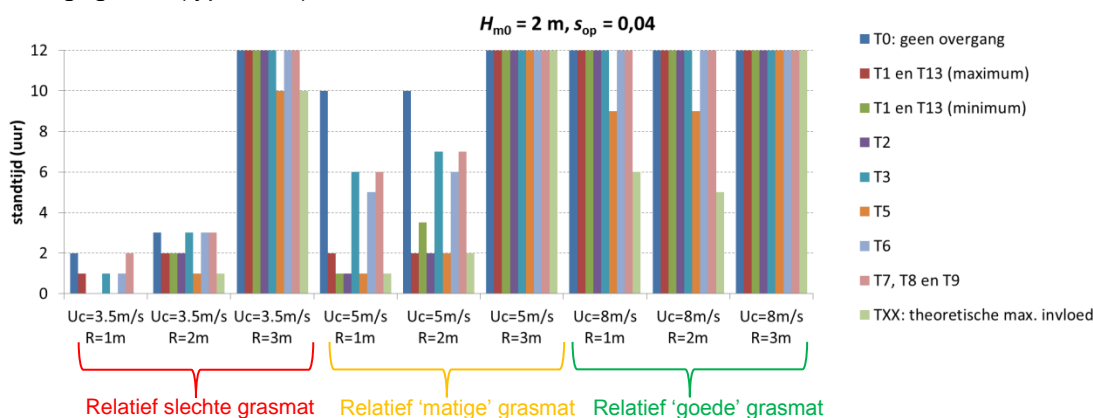


Figuur 2.7 Schadeparameter (links) en stormduur totdat de bekleding faalt ($D = 7000 m^2/s^2$). Boven: een relatief slechte grasmat ($U_c = 3.5$ m/s). Midden: een 'redelijke' grasmat: ($U_c = 5$ m/s). Onder: een relatief goede grasmat ($U_c = 8$ m/s). De doorgetrokken lijn representeert een situatie zonder overgang. De onderbroken lijn representeert de theoretisch maximale invloed van een overgang ($\alpha_s = 0,8$, $\alpha_M = 2$)

Uit de grafieken blijkt dat overgangen potentieel een grote invloed hebben op de stabiliteit van de bekleding. Echter, veelal zal per overgang geen maximale invloed ($\alpha_M = 2$, $\alpha_s = 0.8$) van toepassing zijn. In Bijlage B is dit per type overgang bepaald voor $H_s = 2$ m en $U_c = 3,5$ m/s, 5 m/s en 8 m/s. In Bijlage C zijn de grafieken weergegeven per categorie overgang.

De resultaten van de uitwerking in Bijlage B zijn hieronder samengevat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in het type gras en de positie op het talud. Bij het type gras is er onderscheid gemaakt in een relatieve slechte grasmat ($U_c = 3,5$ m/s), een redelijke grasmat ($U_c = 5$ m/s) en een goede grasmat ($U_c = 8$ m/s). Voor de positie op het talud zijn er twee waarden gebruikt: 2 m en 3 m boven de stilwaterlijn.

De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.8. Als referentie is een situatie zonder overgang tevens weergegeven (type T0). Ook de theoretisch maximale invloed ($\alpha_s = 0,8$ en $\alpha_M = 2,0$) is weergegeven (type TXX).



Figuur 2.8 Standtijd bij golfoploop volgens huidige theorie per type overgang bij een significante golfhoogte van $H_{m0} = 2$ m en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$. Het schadegetal is gelijk aan $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Er is onderscheid gemaakt tussen een slechte grasmat ($U_c = 3.5$ m/s), een redelijke grasmat ($U_c = 5$ m/s) en een goede grasmat ($U_c = 8$ m/s). De beschouwde positie op het talud is op $R = 1, 2$, en 3 m boven de stilwaterlijn.

Voorbeeld: Een storm met een significant golfhoogte van $H_{m0} = 2$ m en een golfsteilheid van $s_{op} = 0,04$. Er is een redelijke grasmat met $U_c = 5$ m/s (4^e , 5^e en 6^e verzameling staven van Figuur 2.8). De positie op het talud is 2 m boven de stilwaterlijn (5^e verzameling staven van Figuur 2.8). In de grafiek valt te zien dat indien er geen overgang wordt toegepast (Categorie T0, blauwe staaf) de standtijd gelijk is aan 10 uur. Bij de Categorie T2 (paarse staaf) is de standtijd 2 uur.

Volgens de hierboven gehanteerde aanpak hebben overgangen van de categorie T1, T2 en T5 de olopzone een significante invloed. In het interessegebied is dit alleen van toepassing indien er een 'redelijke' grasmat aanwezig is. Indien er een goede grasmat aanwezig is dan hebben de primaire effecten geen relevant effect op de stabiliteit van de bekleding. In de toegepaste theorie is geen rekening gehouden met secundaire effecten.

De gehanteerde uitgangspunten voor de gebruikte theorie zijn hieronder samengevat:

- Gebruikte theorie: cumulatieve overbelastingmethode
- Schadecriterium: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Golfsteilheid: $s_{op} = 0,04$
- Taludhelling: $\cot(\alpha_{\text{buitentalud}}) = 4$

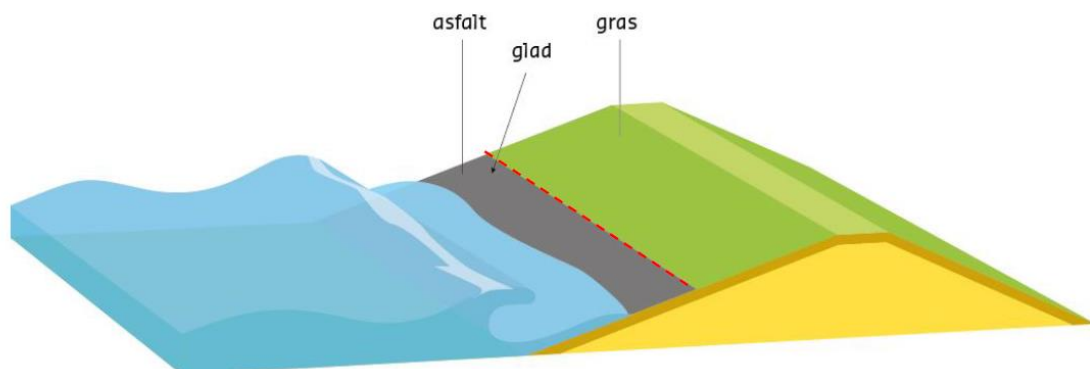
3 Prioritering overgangen op basis van predictiemodel

3.1 Inleiding

In Van Steeg (2015) is een prioritering van de verschillende typen overgangen gegeven op basis van de frequentie van voorkomen van de overgangen en de te verwachten invloed van de overgangen. Hiertoe zijn een zestal waterschappen geïnterviewd. Daarnaast zijn dezelfde zes waterschappen en zes experts gevraagd om een waarde tussen 0 en 5 te geven voor de frequentie van voorkomen en de te verwachten invloed van de overgang op de stabiliteit van de bekleding. Op basis van deze informatie is in Van Steeg (2015) geconcludeerd dat overgangen van het type T2, T5, T6 en T8 de belangrijkste overgangen zijn om te testen. Deze overgangen worden in voorliggend hoofdstuk nogmaals beschouwd waarbij de inzichten welke met het predictiemodel zijn opgedaan worden meegenomen.

3.2 Categorie T2

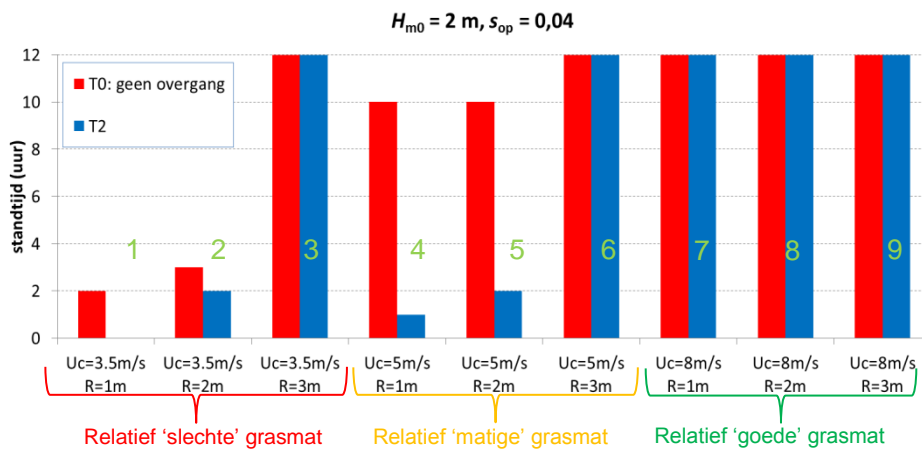
Categorie T2 betreft een horizontale overgang zonder hoogteverschil, zonder knik en met ruwheidsverschil. Een impressie is gegeven in Figuur 3.1. Strikt genomen kan deze op het binnentalud en het buitentalud liggen. Uit de interviews met de waterschappen blijkt echter overduidelijk dat de prioriteit bij de overgangen van dit type ligt welke op het buitentalud is geplaatst. De focus dient hierbij dus op golfoploop te liggen en niet op golfoverslag.



Figuur 3.1 Impressie overgang van overgangstype T2

De resultaten van het predictiemodel zijn opnieuw weergegeven in Figuur 3.2. Dit is gedaan voor de volgende condities:

- Regime	Zeeregime
- Significante golfhoogte	$H_s = 2,0$ m
- Golfsteilheid	$s_{op} = 0,04$
- Graskwaliteit	$U_c = \{3,5; 5,0, 8,0\}$ m/s
- Positie op talud	$R = \{1, 2, 3\}$ m



Figuur 3.2 Resultaten predictiemodel voor overgangsconstructie van het type T2 en een situatie zonder overgang (type T0) voor golfloop

Op basis van Figuur 3.2 kan het volgende worden geconcludeerd (nummers corresponderen met de nummers welke in het groen in de grafiek zijn weergegeven:

Situatie 1 en 2:

Bij een relatief slechte grasmat ($U_c = 3,5 \text{ m/s}$) is de standtijd zeer beperkt bij een grasbekleding welke lager ligt dan $R = 2 \text{ m}$. Naar verwachting zal een dergelijke grasbekleding, ongeacht of er wel of geen overgang ligt, bezwijken. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden is daarom niet zinvol. Wel is het mogelijk zinvol om proeven uit te voeren met een kleinere significante golfhoogte. Deze optie is in dit rapport echter niet verder uitgewerkt.

Situatie 3, 6, 7, 8 en 9

In de omstandigheden bij situatie 3, 6, 7, 8 en 9 is de verwachting dat zowel bij de situatie met en zonder overgang de standtijd tenminste 12 uur is. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden wordt daarom niet zinvol geacht.

Situatie 4 en 5

In situatie 4 en situatie 5 is de verwachte standtijd van de bekleding zonder overgangsconstructie gelijk aan 10 uur. Indien een overgangsconstructie van Categorie T2 zonder versterkingsmaatregel wordt toegepast is de verwachte standduur gelijk aan 1 uur (situatie 4) of 2 uur (situatie 5). Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden wordt derhalve zinvol geacht. In dit geval zouden er drie proeven uitgevoerd dienen te worden:

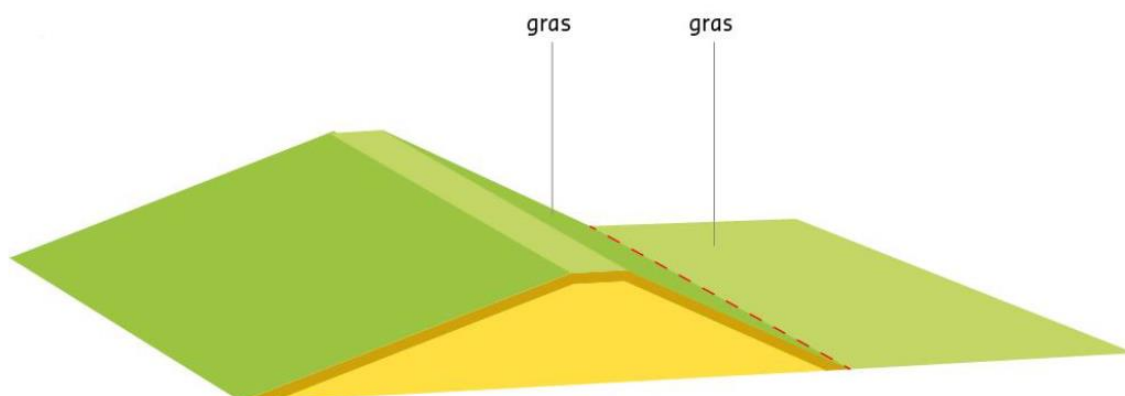
1. Proef zonder overgang
2. Proef met overgang, zonder oplossingsrichting
3. Proef met overgang, met oplossingsrichting.

Op basis van bovenstaande analyse wordt geconcludeerd dat het uitvoeren van proeven bij situatie 4 en situatie 5 zinvol kan zijn. Bij de andere situaties lijkt dit niet zinvol. Eventueel kan ook worden overwogen om proeven bij situatie 1 en 2 uit te voeren met een lagere significante golfhoogte. Dit lijkt echter niet nuttig omdat een dergelijk lage graskwaliteit niet vaak voorkomt. Om deze reden wordt deze optie niet verder beschouwd. In onderstaande analyse wordt verder ingegaan op situatie 4 en situatie 5. Er wordt opgemerkt dat het verschil

tussen situatie 4 en situatie 5 alleen de positie van de overgang ten opzichte van de stilwaterlijn is (1 m of 2 m afstand). Uiteraard zijn ook de tussenliggende positie mogelijk.

3.3 Categorie T6

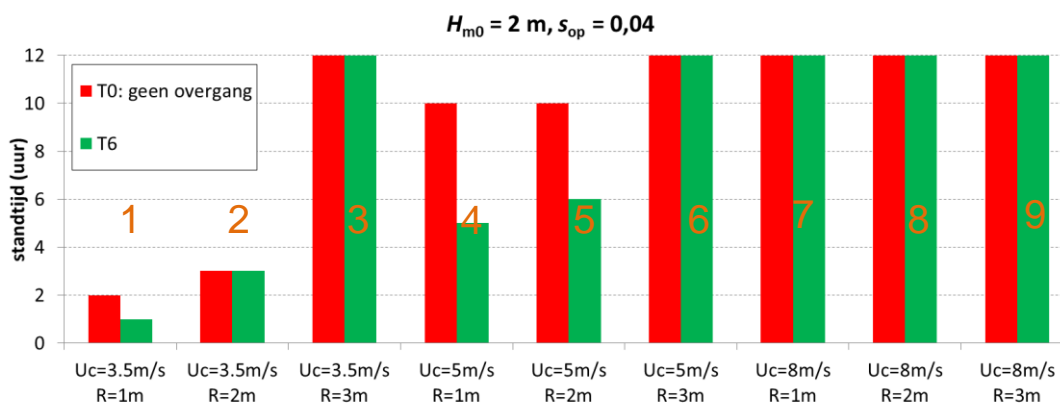
Categorie T6 betreft een horizontale overgang met een holle knik en zonder hoogteverschil. Een impressie is gegeven in Figuur 3.3. Dit type overgang kan zowel in de golfoploopzone als in de golfoverslagzone liggen.



Figuur 3.3 Impressie overgang van Categorie T6

3.3.1 Golfoploop

Bij golfoploop is de standtijd weergegeven in Figuur 3.4.

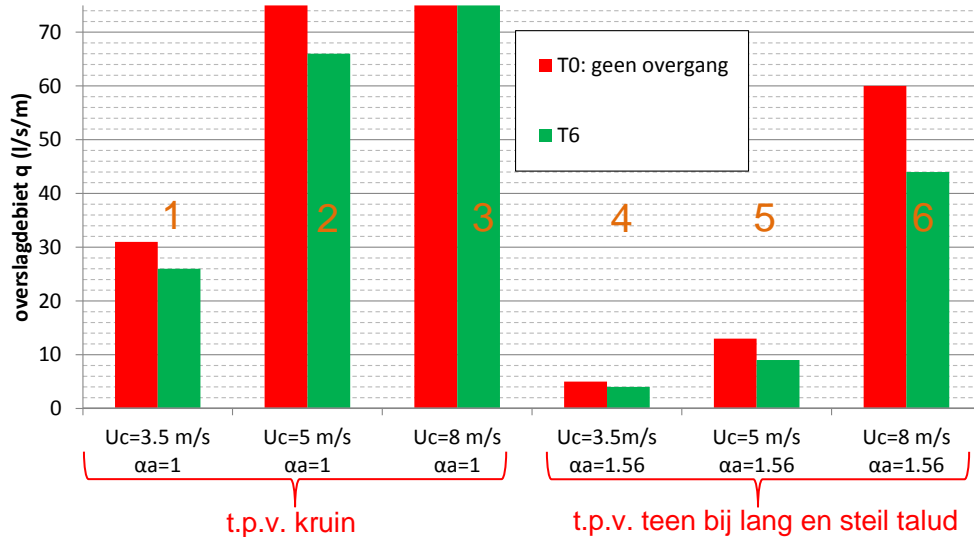


Figuur 3.4 Resultaten predictiemodel voor overgangsconstructie van het type T6 en een situatie zonder overgang (type T0) voor golfoploop

De resultaten zijn zeer vergelijkbaar met de resultaten van Categorie T2 (zie ook Figuur 2.8). Om deze reden zijn de conclusies voor golfoploop bij Categorie T6 gelijk aan de conclusies van Categorie T2. Een uitzondering hierop is de kwantitatieve uitwerking van situatie 4 en situatie 5. Bij situatie 4 en 5 heeft de overgang een langere standtijd (5 en 6 uur) dan bij overgangen van Categorie 2 (1 uur en 2 uur). Om deze reden wordt aanbevolen om oplossingsrichtingen niet aan de hand van Categorie T6 te testen maar aan de hand van Categorie T2 aangezien de kans op schade deze categorie T2 groter is en er zinnige resultaten kunnen worden behaald.

3.3.2 Golfoverslag

De resultaten met betrekking tot golfoverslag van een situatie zonder overgang en een situatie met een overgang van Categorie T6 zijn weergegeven in Figuur 3.5.



Figuur 3.5 Benodigd overslagdebiet q om schade toe te brengen ($H_s = 2$ m, standtijd = 12 uur, $D = 7000$ m²/s²)

Op basis van Figuur 3.5 kan het volgende worden geconcludeerd (nummers corresponderen met de nummers welke in het oranje in de grafiek zijn weergegeven):

Situatie 1, 2, 3, 4 en 5

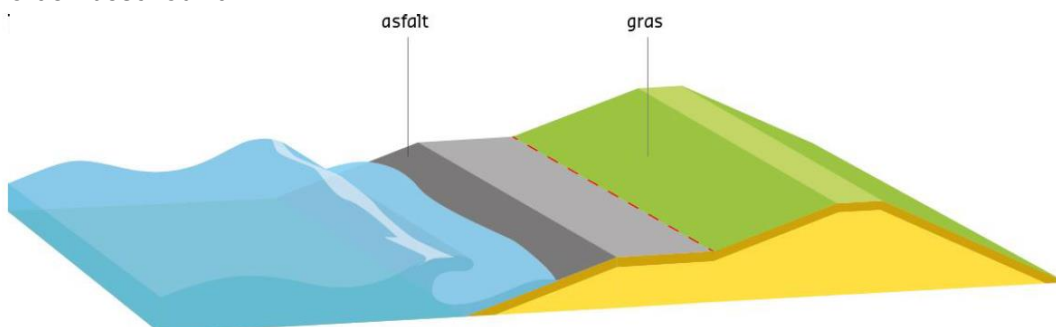
De verschillen tussen een situatie zonder een overgang en een overgang van categorie T6 lijken te klein om testen zinvol uit te kunnen voeren. Het is aannemelijk dat heterogene aspecten van de grasbekleding meer invloed hebben dan de invloed van de overgang.

Situatie 6

Bij een goede grasmat ($U_c = 8$ m/s) waarbij het water relatief veel is versneld als gevolg van een lang en steil talud ($\alpha_a = 1,56$) is er een relatief groot verschil te verwachten tussen een situatie zonder overgang en een situatie met een overgangsconstructie van Categorie T6. Het is echter de vraag in hoeverre in de praktijk een dergelijk steil (1:2,4) en lang (25 m) talud is te vinden.

3.4 Categorie T5

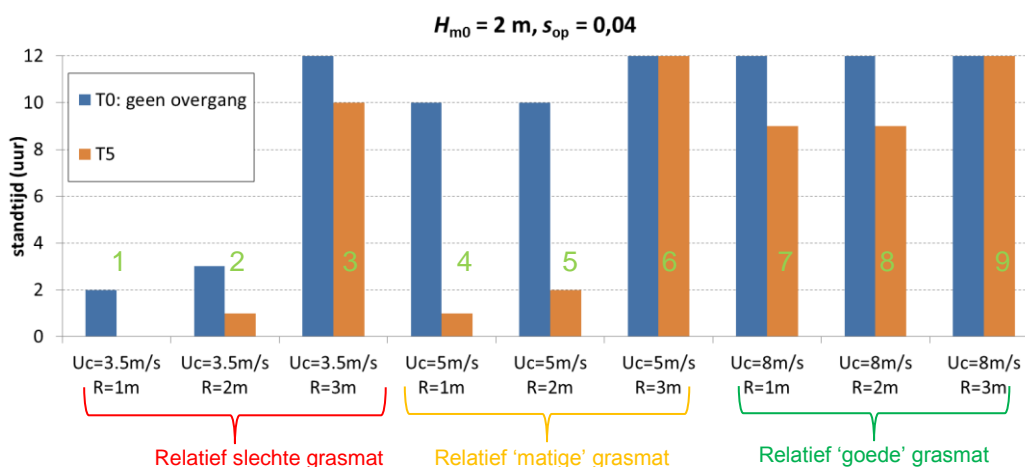
Categorie T5 betreft een horizontale overgang zonder hoogteverschil, met knik en met ruwheidsverschil. Een impressie is weergegeven in Figuur 3.6. Strikt genomen kan deze overgang op binnen en buitentalud liggen. In de praktijk zal dit type overgang echter nauwelijks op het binnentalud liggen zodat hier alleen het buitentalud (golfoploopzone) zal worden beschouwd.



Figuur 3.6 Impressie overgang Categorie T5

De resultaten van het predictiemodel zijn opnieuw weergegeven in Figuur 3.7. Dit is gedaan voor de volgende condities:

- Regime Zeeregime
- Significante golfhoogte $H_s = 2,0$ m
- Golfsteilheid $s_{op} = 0,04$
- Graskwaliteit $U_c = \{3,5; 5,0, 8,0\}$ m/s
- Positie op talud $R = \{1, 2, 3\}$ m



Figuur 3.7 Resultaten predictiemodel voor overgangsconstructie van het type T5 en een situatie zonder overgang (type T0) voor golfoverslag

Op basis van Figuur 3.7 kan het volgende worden geconcludeerd (nummers corresponderen met de nummers welke in het groen in de grafiek zijn weergegeven):

1 en 2

Bij een relatief slechte grasmat ($U_c = 3,5$ m/s) is de standtijd zeer beperkt bij een grasbekleding welke lager ligt dan $R = 2$ m. Naar verwachting zal een dergelijke grasbekleding, ongeacht of er wel of geen overgang ligt, bezwijken. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden is daarom niet zinvol. Wel is het mogelijk zinvol om proeven uit te voeren met een kleinere golfhoogte.

6 en 9

In de omstandigheden bij situatie 6 en 9 is de verwachting dat zowel bij de situatie met en zonder overgang de standtijd tenminste 12 uur is. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden wordt daarom niet zinvol geacht.

3, 7 en 8

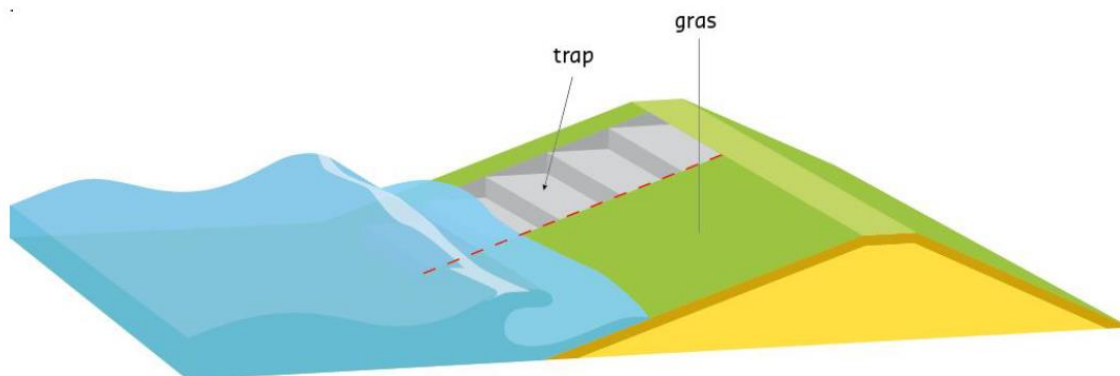
Het verschil met betrekking tot de standtijd in de situatie met en zonder overgang is relatief laag. Het is daarom maar zeer de vraag of er met proeven significante verschillen worden gevonden. Daarom is het met behulp van proeven lastig om aan te tonen of een oplossingsrichting significant bijdraagt aan de stabiliteit.

4 en 5

Er is een significant verschil met betrekking tot de standtijd tussen de situatie met en zonder overgang. Het is daarom aannemelijk dat de toegevoegde waarde van een oplossingsrichting kan worden aangetoond met behulp van fysiek modelonderzoek.

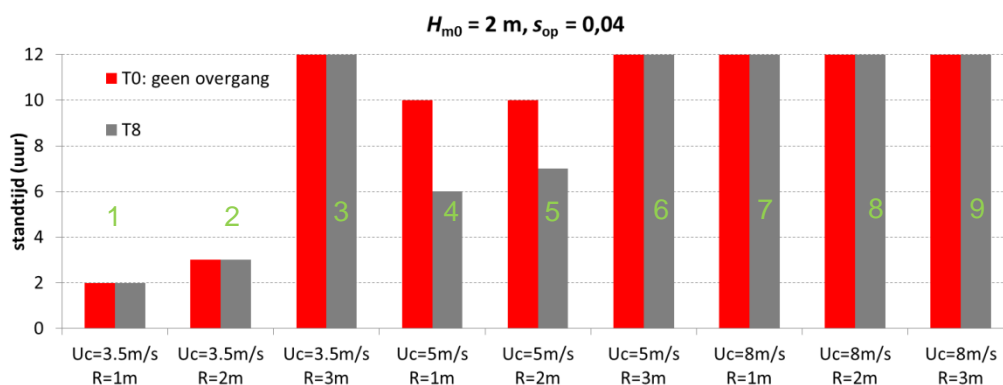
3.5 Categorie T8

Categorie T8 betreft een verticale overgang zonder knik. Een impressie is gegeven in Figuur 3.8. Dit type overgang komt zowel voor op het binnentalud (golfoverslag) als op het buitentalud (golfoploop).



Figuur 3.8 Impressie overgang van Categorie T8

3.5.1 Golfoploop



Figuur 3.9 Resultaten predictiemodel voor overgangsconstructie van het type T8 en een situatie zonder overgang (type T0) voor golfoploop

Op basis van Figuur 3.9 kan het volgende worden geconcludeerd (nummers corresponderen met de nummers welke in het groen in de grafiek zijn weergegeven):

Situatie 1 en 2

Er is geen verschil te verwachten tussen een situatie met en zonder een overgang. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden is daarom niet zinvol.

Situatie 3, 6, 7, 8, 9

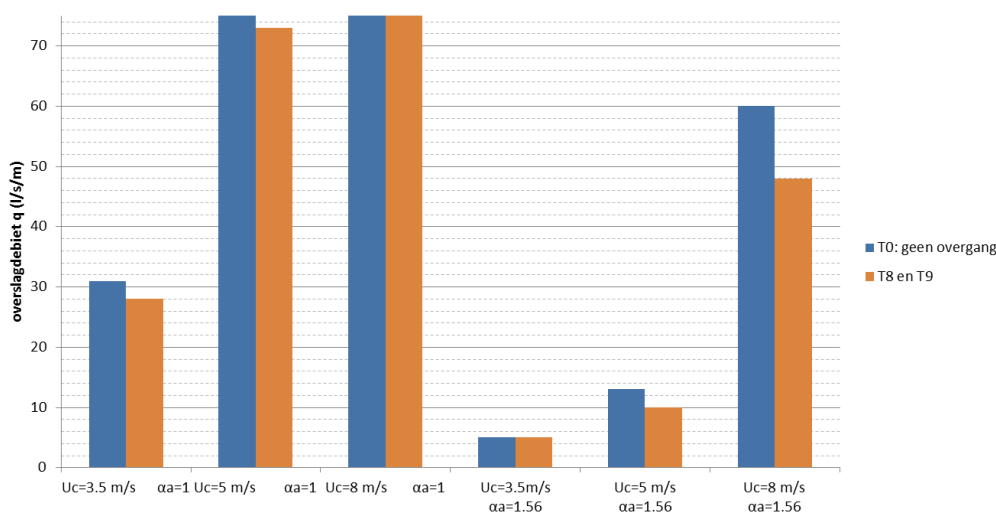
De standtijd bij 3, 6, 7, 8 en 9 is zowel met als zonder overgang van Categorie T8 gelijk of groter dan 12 uur. Het uitvoeren van proeven in deze omstandigheden is daarom niet zinvol.

Situatie 4 en 5

Er zijn significante verschillen tussen een situatie zonder overgang en een overgang van Categorie T8. Proeven lijken hier zinvol te zijn al hoewel wordt opgemerkt dat de verschillen niet erg groot zijn en er een risico is dat er met de proeven geen verschil wordt gevonden tussen de situatie met en zonder overgang.

3.5.2 T8: Golfoverslag

Er is geen significant verschil te verwachten tussen een situatie zonder een overgangsconstructie en een situatie met een overgangsconstructie van Categorie T8 (zie Figuur 3.10). Het wordt daarom niet zinnig geacht om proeven uit te voeren met betrekking tot oplossingsrichtingen voor deze categorie.



Figuur 3.10 Resultaten predictiemodel voor overgangsconstructie van het type T8 en een situatie zonder overgang (type T0) voor golfoverslag

3.6 Samenvatting

Een samenvatting van de bevindingen uit vorige paragrafen is weergegeven in Tabel 3.1. Hierbij wordt benadrukt dat deze conclusies slechts zijn gebaseerd op de analyse met behulp van het predictiemodel. Secundaire effecten zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel 3.1 Overzicht potentiële testen op basis van predictiemodel

Type overgang	Testen zinnig?	Toelichting
T2, oploop	ja	grote verschillen tussen situatie met en zonder overgang
T2, overslag	nee	Komt in praktijk nauwelijks voor
T6, oploop	nee	Vergelijkbaar met T2 maar minder invloed van overgang
T6, overslag	discutabel	Alleen zinnig bij een zeer lang en steil talud
T5, oploop	discutabel	Vergelijkbaar met T2
T5, overslag	nee	Komt in praktijk nauwelijks voor
T8, oploop	ja, maar risico	Geen erg grote verwachte invloed van overgang
T8, overslag	nee	Invloed is naar verwachting niet meetbaar

Een overzicht van de zinnig geachte testen en verdere detaillering hiervan is gegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Detaillering zinnig geachte testen

Type overgang	Toelichting
T2, T5, T8: Oploop	$H_s = 2,0$ m, $R = 1$ a 2 m, $U_c = 5$ m/s ('redelijk' gras)
T6: overslag	Zeeregime, lang (25 m) en steil (1:2,4) talud, $q =$ circa 60 l/s/m.

4 Predictie effectiviteit oplossingsrichtingen (Cat. 2)

4.1 Inleiding

Het doel van het voorliggend rapport is om het ontwikkelde predictiemodel te beschrijven. Dit predictiemodel kan worden gebruikt om te identificeren in welke gevallen overgangen zwak zijn (Hoofdstuk 3) maar ook om grofstoffelijk oplossingsrichtingen te evalueren alvorens deze oplossingsrichtingen te testen. Dit laatste is het doel van voorliggend hoofdstuk.

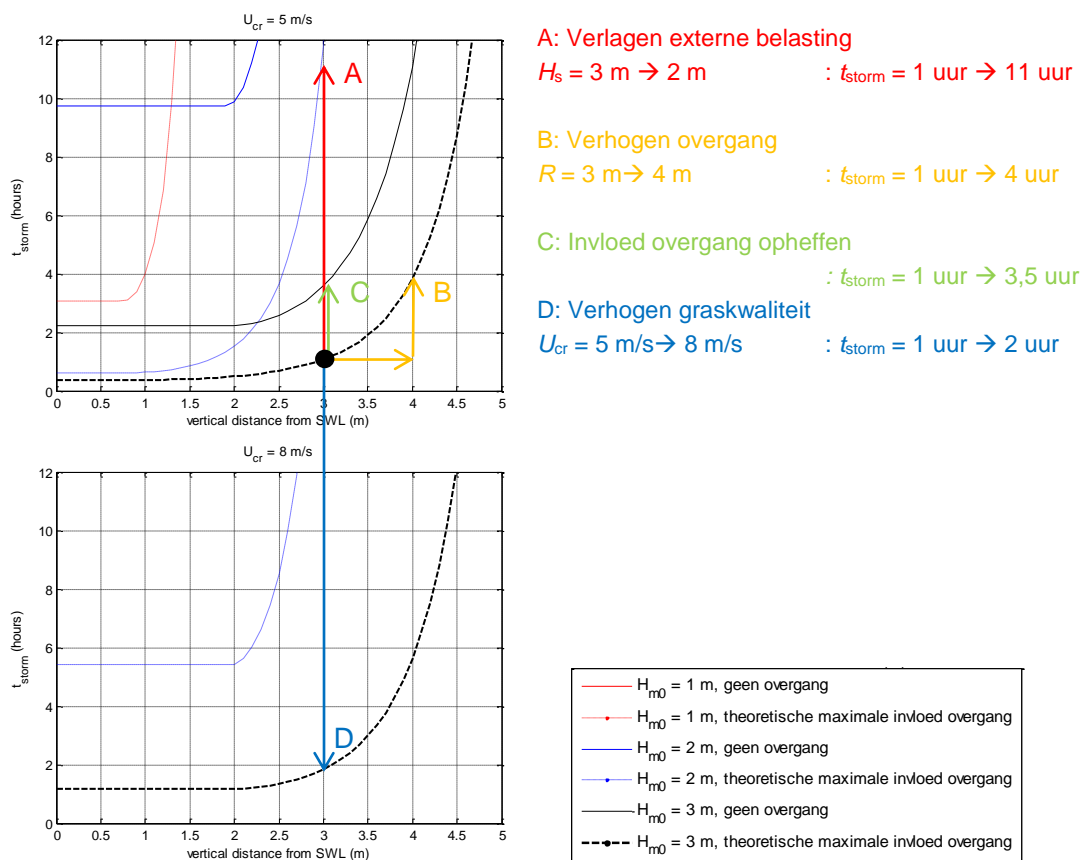
4.2 Voorbeeld

In deze paragraaf wordt een conceptueel voorbeeld gegeven hoe oplossingsrichtingen grofstoffelijk kunnen worden geëvalueerd met behulp van het predictiemodel. In het voorbeeld wordt het buitentalud (golfoploop) beschouwd waarbij de theoretisch maximale invloed van een overgang op de stabiliteit van de grasbekleding ($\alpha_s = 0,8$, $\alpha_M = 2$) is verondersteld. In het voorbeeld worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Locatie	Golfoploopzone
Significante golfhoogte	$H_s = 3,0$ m (Zeeregime)
Golfsteilheid	$s_{op} = 0,04$
Invloed belasting	$\alpha_M = 2$
Invloed sterkte	$\alpha_s = 0,8$
Sterkteparameter gras	$U_{cr} = 5$ m/s
Positie overgang	$R = 3$ m (boven SWL)
Schadeparameter	$D = 7000$ m ² /s ²

De hierboven geschetste situatie is weergegeven met een zwarte punt in Figuur 4.1. Hierbij wordt opgemerkt dat deze figuur alleen van toepassing is op de hier gegeven condities. Bij andere condities dient er een andere figuur te worden gegenereerd. Er valt in de figuur af te lezen dat in dit specifieke geval de standtijd 1 uur bedraagt. Verschillende generieke oplossingsrichtingen worden beschouwd.

- A. Verlagen externe belasting.
Stel dat de externe belasting zodanig kan worden verlaagd dat de significante golfhoogte afneemt van $H_{m0} = 3$ m naar $H_{m0} = 2$ m (er wordt voor dit voorbeeld aangenomen dat de golfsteilheid gelijk blijft) dan neemt de standtijd toe tot circa 11 uur. Dit is geïllustreerd met de rode pijl.
- B. Verhogen overgang
Indien de overgang wordt verhoogd van $R = 3$ m naar $R = 4$ m dan neemt de standtijd toe tot 4 uur. Dit is geïllustreerd met de oranje pijl.
- C. Invloed overgang opheffen
Indien de invloed van de overgang wordt opgeheven ($\alpha_M = 1$, $\alpha_s = 1$) dan neemt de standtijd toe tot 3,5 uur. Dit is geïllustreerd met de groene pijl.
- D. Verhogen graskwaliteit
Indien de graskwaliteit wordt verhoogd tot $U_c = 8$ m/s dan neemt de standtijd toe tot 2 uur. Dit is geïllustreerd met de blauwe pijl. (Hierbij dient er gebruik te worden gemaakt van een nieuw gegenereerde grafiek).



Figuur 4.1 Voorbeeld evaluatie oplossingsrichtingen met behulp van het rekenmodel. (bovenste grafiek: $U_c = 5 \text{ m/s}$, onderste grafiek, $U_c = 8 \text{ m/s}$)

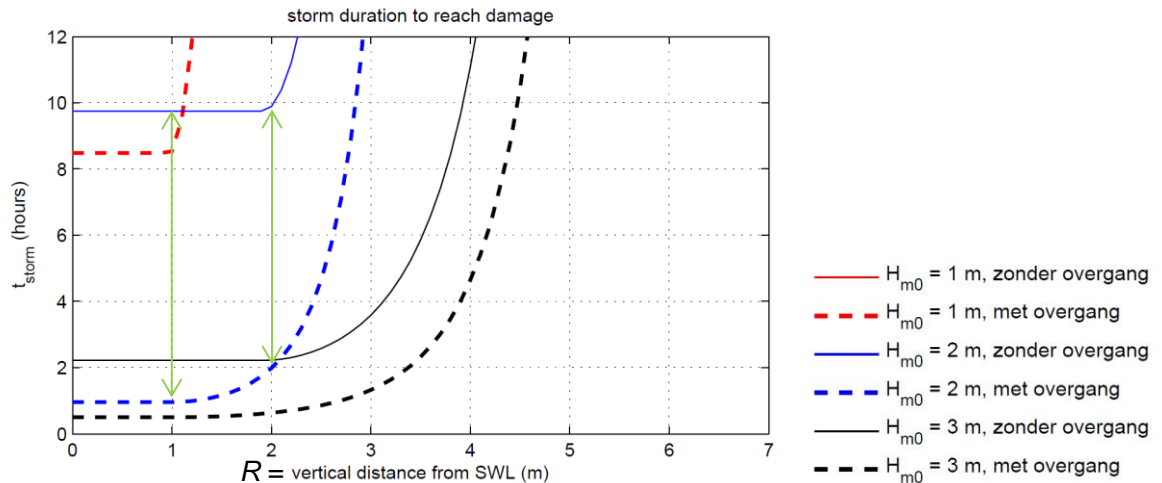
Het verdient aanbeveling om een gesuggereerde oplossingsrichting te analyseren op de bovenstaande manier. Veelal zal er echter een onzekerheid zijn met betrekking tot de te hanteren invloedsfactoren voor de belasting (α_M) en de te hanteren invloedsfactor voor de sterkte (α_s). In de bovenstaande aanpak is het type overgang (resultierend in een specifieke waarde van α_M en α_s) niet meegenomen maar is uitgegaan van de theoretisch maximale invloed van de overgang.

4.3 Categorie 2

De in de vorige paragraaf genoemde oplossingsrichtingen worden in voorliggende paragraaf beschouwd voor overgangen van Categorie T2. Hierbij worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Locatie
- Significante golfhoogte $H_s = 2,0 \text{ m}$ (Zeeregime)
- Golfsteilheid $s_{\text{op}} = 0,04$
- Invloed belasting $\alpha_M = 1,75$
- Invloed sterkte $\alpha_s = 0,89$
- Sterkteparameter gras $U_{\text{cr}} = 5 \text{ m/s}$
- Positie overgang $R = \{1, 2\} \text{ m}$
- Schadeparameter $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Alleen primaire effecten, geen secundaire effecten

De resultaten van het predictiemodel waarbij falen van de bekleding optreedt als functie van de golfhoogte H_{m0} en de positie van de overgang R zijn weergegeven in Figuur 4.2. Hierbij is zowel een situatie met overgang (onderbroken lijnen) als een situatie zonder overgang (doorgetrokken lijnen) weergegeven. De in Paragraaf 3.2 voorgestelde testcondities ($R = 1$ m en $R = 2$ m) zijn weergegeven met de groene pijlen. De figuur is alleen van toepassing op de condities zoals hierboven aangegeven.



Figuur 4.2 Gevoeligheid van parameters R , t_{storm} en H_s voor Categorie T2 (bij vaste waarden van $U_c = 5$ m/s, $D = 7000$ m²/s², $s_{op} = 0,04$)

In de volgende paragrafen worden de vier oplossingsrichtingen verder uitgewerkt op basis van Figuur 4.2.

4.3.1 Oplossingsrichting A en B

Oplossingsrichting A bestaat uit het verlagen van de externe belasting. In het hier gegeven voorbeeld wordt de externe belasting weergegeven als de significante golfhoogte H_{m0} . Er wordt verondersteld dat de golfsteilheid onveranderd blijft indien de externe belasting wordt verlaagd. Uiteraard kan de externe belasting ook op andere manieren worden verlaagd maar dit blijft verder buiten beschouwing.

Oplossingsrichting B bestaat uit het verplaatsen van de overgang in opwaartse richting. Hierdoor zullen er minder golfoplopen over de constructie heen stromen en zal deze minder zwaar worden aangevallen.

De invloed van oplossingsrichting A en oplossingsrichting B hangen met elkaar samen. Daarom worden deze in deze paragraaf integraal behandeld.

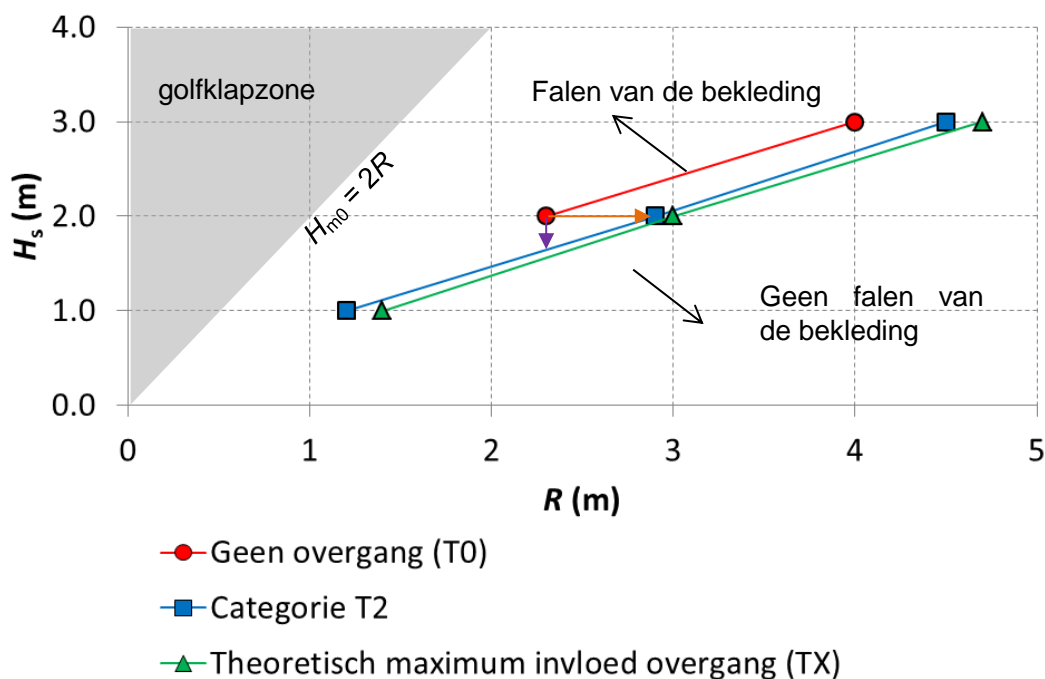
Stel dat het schadegetal, de stormduur en de golfsteilheid als volgt als vaste waarden worden aangenomen:

- Schadegetal $D = 7000$ m²/s²
- Golfsteilheid $s_{op} = 0,04$
- Stormduur $t_{storm} = 12$ uur
- Sterkte van het gras $U_c = 5$ m/s

Op basis van Figuur 4.2 kan dan worden gesteld dat in de dit voorbeeld gegeven geval de belasting wordt gevormd door de significante golfhoogte H_{m0} en de sterkte door de hoogte

van de bekleding (met of zonder overgang) boven de stilwaterlijn R . Dit is natuurlijk een wat vreemde beschouwing maar zal, zo zal hieronder blijken, toch inzicht verschaffen in de gevoeligheid van de parameters H_{m0} en R .

De stabiliteit van de bekleding is weergegeven door een sterkte-belasting diagram weer te geven in Figuur 4.3. Deze grafiek is geconstrueerd op basis van Figuur 4.2 (door de waarden van H_s en R af te lezen bij $t_{storm} = 12$ uur). Hierbij is de 'sterkte' gerepresenteerd door de hoogte van de bekleding (en de overgang) en de belasting door de significante golfhoogte. Behalve overgangen van Categorie T2 is tevens een overgang van Categorie TX beschouwd. Dit is een denkbeeldige overgang waarbij de invloedsfactor voor belasting en sterkte maximaal ($\alpha_M = 2,0$, $\alpha_s = 0,8$) zijn.



Figuur 4.3 Schadelijnen als functie van de hoogte van de bekleding en de significante golfhoogte ($U_c = 5$ m/s, $t_{storm} = 12$ uur, $D = 7000$ m²/s², $s_{op} = 0,04$) op basis van het predictiemodel

Voor iedere situatie (variatie in D , t_{storm} , s_{op} , U_c en het type overgang) zijn separate lijnen te construeren. De getekende lijnen zijn dus alleen geldig voor het hier gegeven voorbeeld.

In de figuur is tevens de golfklapzone weergegeven met behulp van een grijs vlak. Dit is van belang omdat de verwachting is dat in de golfklapzone de golfklap dominant is ten opzichte van golfploop. Er is aangenomen dat op een hoogte hoger dan $0,5H_s$ boven de stilwaterlijn geen golfimpacts meer plaatsvinden wat resulteert in: $H_{m0} = 2R$. De golfklapzone wordt in dit rapport verder niet meer beschouwd.

Linksboven de lijnen zou de bekleding volgens het golfploopmodel falen ($D = 7000$ m²/s² na 12 uur storm). Rechtsonder de lijnen zou de bekleding volgens het model niet falen ($D < 7000$ m²/s² na 12 uur storm). Door de lijn behorend bij de overgang (blauw) te vergelijken met de lijn waarbij geen invloed van de overgang is toegepast (rood) ontstaat er inzicht in de invloed van de overgang.

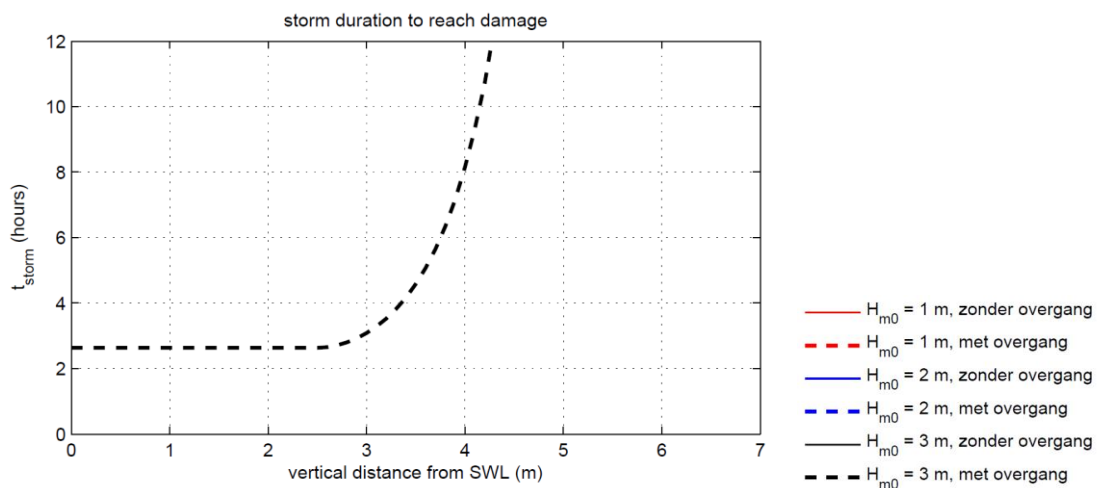
Zo kan bijvoorbeeld op basis van Figuur 4.3 worden gesteld dat bij een H_s van 2,0 m een grasbekleding zonder overgang (rode lijn) vanaf een hoogte R van circa 2,3 m niet meer zal falen (rode marker). Indien een overgang van Categorie T2 wordt toegepast is deze hoogte gelijk aan $R = 2,9$ m (blauwe marker). Een mogelijke oplossingsrichting is dus om de locatie van de overgang ($2,9$ m - $2,3$ m =) $0,6$ m te verhogen (verticaal gemeten). Deze oplossingsrichting (B) is in de figuur grafisch weergegeven met de oranje pijl. Op dezelfde manier kan ook voor oplossingsrichting A (verlagen externe belasting) worden gekozen. Hierbij dient de significante golfhoogte verlaagd te worden van $H_{m0} = 2,0$ m naar $H_{m0} = 1,5$ m. Dit is geïllustreerd met de paarse pijl.

4.3.2 Oplossingsrichting C

Bij oplossingsrichting C worden versterkingsmaatregelen toegepast zodanig dat de (negatieve) invloed van de overgang wordt opgeheven. In het hier gegeven voorbeeld wordt aangenomen dat de overgang zodanig kan worden aangepast dat dit het geval is en dat de invloedsfactoren gelijk zijn aan $\alpha_s = \alpha_m = 1,0$. Deze situatie wordt gerepresenteerd door de rode lijn in Figuur 4.3.

4.3.3 Oplossingsrichting D: Verhogen graskwaliteit

Bij oplossingsrichting D wordt de graskwaliteit verhoogd. De graskwaliteit in het gegeven voorbeeld is 'redelijk' ($U_c = 5$ m/s). Door de graskwaliteit te verhogen tot een niveau waarbij $U_c = 8$ m/s wordt de zode rondom de overgang sterker. Dit is grafisch weergegeven in Figuur 4.4. In de figuur zijn de lijnen voor $H_{m0} = \{1,0; 2,0\}$ m niet zichtbaar omdat de standtijd groter is dan 12 uur ongeacht de hoogte van de overgang. Er kan derhalve worden gesteld dat deze oplossing voldoet voor de beschouwde situatie.



Figuur 4.4 Gevoeligheid van parameters R , t_{storm} en H_s voor Categorie T2 (bij vaste waarden van $U_c = 8$ m/s, $D = 7000$ m²/s², $s_{op} = 0,04$)

4.3.4 Samenvatting en conclusies overgangen van Categorie 2 bij golfoploop

Een samenvatting van de predictie van de oplossingsrichtingen voor Categorie T2 is weergegeven in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Overzicht oplossingsrichtingen voor overgang categorie T2, golfoploopzone (Zeeregime, $t_{storm} = 12$ uur, $s_{op} = 0,04$, $D_{criterium} = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$)

Oplossingsrichting	Parameter	Wijziging van...	Wijziging naar...	bij...
A: verlagen belasting	H_{m0}	2,0 m	1,5 m	$U_c = 5 \text{ m/s}$, $R = 2,3 \text{ m}$
B: verhogen overgang	R	2,3 m	2,9 m	$U_c = 5 \text{ m/s}$, $H_{m0} = 2,0 \text{ m}$
C: verbeteren overgang	$\{\alpha_s, \alpha_m\}$	$\{0,89; 1,75\}$	$\{1, 1\}^*$	$R = 2,3\text{m}$, $H_{m0} = 2,0 \text{ m}$
D: verbeteren graskwaliteit	U_c	5 m/s	8 m/s*	$R = 2,3\text{m}$, $H_{m0} = 2,0 \text{ m}$

* Mogelijk dat de overgang ook voldoet bij lagere waarden

5 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

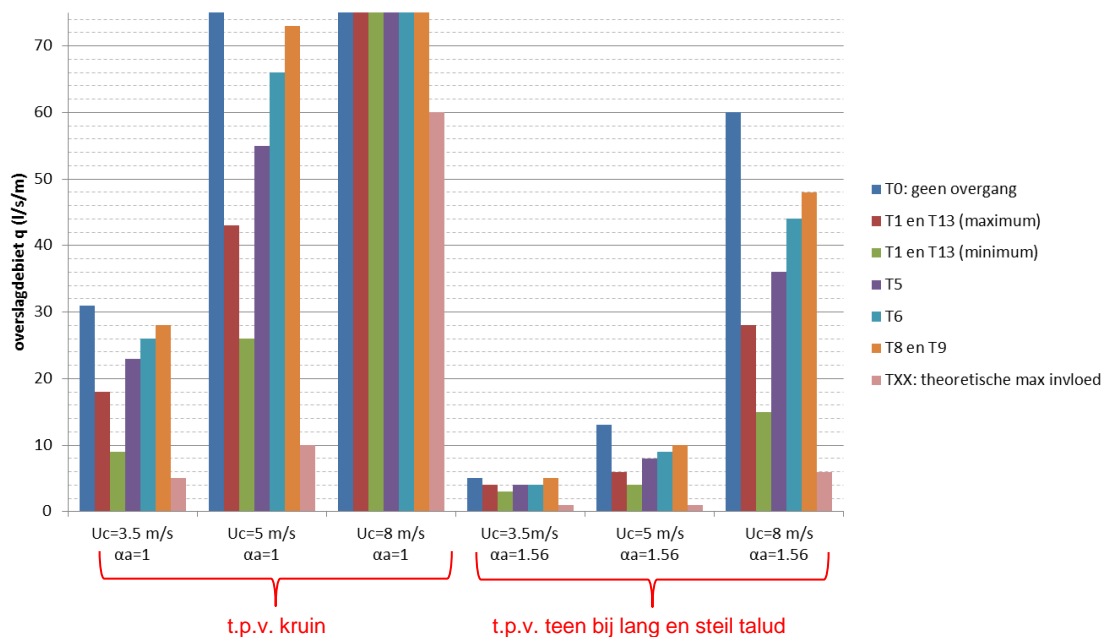
Ten behoeve van het ontwerp van toekomstige fysieke modelproeven op overgangen in grasbekledingen op primaire waterkeringen is een predictie gemaakt van de benodigde condities om een grasbekleding te laten falen. Hiertoe is de cumulatieve overbelasting-methode toegepast op de verschillende categorieën overgangen in de golfoploopzone en de golfoverslagzone. Op deze manier is inzicht verkregen in de verwachte invloed (primaire effecten) van de verschillende categorieën overgangen op de stabiliteit van de grasbekleding. Dit is complex gezien de grote hoeveelheid parameters (D , t_{storm} , H_s , T_p , γ_b , γ_β , γ_f , R_c , R , U_c , α_M , α_s , α_a , $\cot\alpha_{\text{buitentalud}}$, $\cot\alpha_{\text{binnentalud}}$) en de onzekerheid rondom de empirische relaties en toegepaste coëfficiënten welke zijn toegepast in het model.

5.1 Samenvatting predictiemodel golfoverslag

Voor golfoverslag is de invloed van de overgangsconstructies uitgedrukt in het overslagdebiet q (l/s/m) waarbij bezwijken van de bekleding na een storm van 12 uur optreedt. Hierbij zijn de volgende eigenschappen gehanteerd:

- Significante golfhoogte $H_{m0} = 2,0$ m (zeeregime)
- Golfsteilheid $S_{op} = 0,04$
- standtijd $t_{\text{storm}} = 12$ uur
- schadegetal $D = 7000$ m²/s² (falen van de bekleding)

De resultaten van de berekeningen met het predictiemodel zijn samengevat in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Samenvatting invloed overgangen bij golfoverslag ($H_s = 2$ m, standtijd = 12 uur, $D = 7000$ m²/s²)

De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende sterktes van de graszode ($U_c = 3,5$; 5 en 8 m/s). Hiermee wordt de range van mogelijke sterktes van een gesloten zode afgedekt. Op voorhand is moeilijk te voorspellen wat de kwaliteit van de zode op de proeflocatie gaat zijn.

Vanwege de relatief korte groeiperiode van 2 jaar wordt verwacht dat de sterkte nog niet volledig zal zijn ontwikkeld, dus mogelijk in de buurt van 5 m/s ligt.

Voorbeeld: Grasmatt van relatief goede kwaliteit ($U_c = 8$ m/s) gedurende 12 uur durende storm
 Vlak achter de kruin ($\alpha_a = 1 \rightarrow 3^e$ kolom met staven in Figuur 5.1) treedt bij geen van de overgangen falen van de bekleding ($D < 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) op bij een golfoverslagdebiet van 75 l/s/m of minder (m.u.v. Categorie TXX). Lager op het talud, bijvoorbeeld bij een versnellingsfactor van $\alpha_a = 1,56$ (er is dan een relatief zeer lang en steil talud), is er zonder overgang een overslagdebiet van maximaal 60 l/s/m zonder dat er falen van de bekleding optreedt. De meeste potentiële invloed heeft de overgang van de Categorie T1 en de Categorie T13 waarbij bij een overslagdebiet van 15 a 28 l/s/m de bekleding na 12 uur belasten zal bezwijken. De overige categorieën overgangen hebben ook een invloed maar deze is relatief beperkt. Er wordt opgemerkt dat de gekozen waarde van $\alpha_a = 1,56$ relatief hoog is en in de praktijk veelal lager zal zijn.

Er wordt benadrukt dat de gegeven waarden niet gelden voor de secundaire effecten of voor situaties met andere condities dan hierboven gegeven.

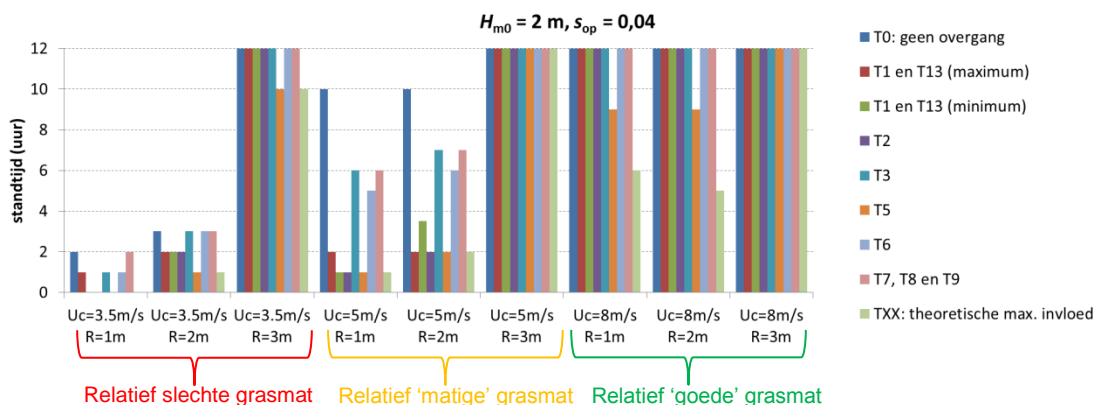
De gebruikte waarden kunnen niet voor toetsing en ontwerp van dijken worden gebruikt omdat er geen veiligheidsfactoren zijn toegepast. Wel kunnen de waarden worden gebruikt voor het ontwerp van een proefopstelling. Hierbij dient echter beseft te worden dat er een grote onzekerheid is rondom de gehanteerde methodiek waardoor er ook een grote onzekerheid is rondom de gegeven predictie.

5.2 Samenvatting predictiemodel golfoploop

Voor golfoploop is de invloed van overgangsconstructies uitgedrukt door de standtijd te beschouwen. Hierbij zijn de volgende eigenschappen gehanteerd:

- Significante golfhoogte $H_{m0} = \{1,0; 2,0 \text{ m}; 3,0 \text{ m}\}$
- Golfsteilheid $s_{op} = 0,04$
- Taludhelling $\cot(\alpha_{\text{buitentalud}}) = 4$
- schadegetal $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ (falen van de bekleding)

De resultaten, waarbij $H_{m0} = 2,0$ m, zijn samengevat in Figuur 5.2. Voor overige resultaten (o.a. $H_{m0} = 1$ m en $H_{m0} = 3$ m) wordt verwezen naar Bijlage B en Bijlage C.



Figuur 5.2 Samenvatting invloed overgangen bij golfoploop ($H_{m0} = 2$ m, $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$, $\cot(\alpha_{\text{buitentalud}}) = 4$)

Er wordt benadrukt dat de gegeven waarden niet gelden voor de secundaire effecten.

De gebruikte waarden kunnen niet voor toetsing en ontwerp van dijken worden gebruikt omdat er geen veiligheidsfactoren zijn toegepast. Wel kunnen de waarden worden gebruikt voor het ontwerp van een proefopstelling. Hierbij dient echter beseft te worden dat er een grote onzekerheid is rondom de gehanteerde methodiek waardoor er ook een grote onzekerheid is rondom de gegeven predictie.

5.3 Prioritering te testen overgangen op basis van predictiemodel

(samenvatting Hoofdstuk 3)

In Van Steeg (2015) is op basis van interviews van Waterschappen en experts geconcludeerd dat de categorieën T2, T5, T6 en T8 de belangrijkste overgangen zijn om te testen. Dit is gebaseerd op de frequentie van voorkomen van deze typen overgangen op Nederlandse primaire waterkeringen en een inschatting hoe zwak deze waterkeringen zijn. Indien een prioritering wordt gemaakt op basis van alleen de frequentie van voorkomen dan komt men tot dezelfde conclusie.

Uit voorliggende predictiestudie (zie Figuur 5.1 en Figuur 5.2) blijkt echter dat overgangen van categorie T1 en T13 potentieel het zwakste type overgang is. Omdat uit de interviews met de waterschappen blijkt dat deze echter relatief weinig voorkomen worden deze verder buiten beschouwing gelaten. Ook de categorieën T2, T5, T6 en T8 geven in vele gevallen een significant lagere stabiliteit. Deze vier categorieën zijn in detail geanalyseerd met behulp van het predictiemodel. Hierbij zijn de volgende criteria gehanteerd ten behoeve van het zinnig kunnen uitvoeren van een test:

- De verwachte belastingsduur van een grasbekleding zonder overgang totdat falen van de bekleding optreedt ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) dient kleiner te zijn dan 12 uur;
- Er dient een significant verschil te zijn in de standtijd van een situatie met een overgang en de standtijd van een situatie zonder een overgang;
- De verwachte standtijd van een situatie zonder overgang dient significant (> 6 uur) te zijn.

Deze analyse is weergegeven in Hoofdstuk 3. Op basis hiervan wordt voorgesteld om testen uit te voeren op de volgende categorieën overgangen:

- Categorie T2 onder golfploopbelasting (horizontale overgang)
- Categorie T8 onder golfploopbelasting (verticale overgang)
- Categorie T6 onder golfoverslagbelasting (knik bij binnentalud van de dijk)

Bij de andere categorieën is er volgens het predictiemodel een grote analogie met Categorie T2 (T5 en T6 bij golfploop), echter is er geen grote meetbare invloed van de overgang te verwachten, of er valt geen schade te verwachten. Dit is in detail uitgewerkt in Hoofdstuk 3.

Met behulp van het predictiemodel zijn de te hanteren parameters zodanig vastgesteld dat er schade kan worden gecreëerd en dat er een significant te meten verschil valt te verwachten tussen een situatie met een overgang en een situatie zonder overgang. De hieruit volgende voorgestelde indicatieve testcondities zijn samengevat in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Samenvatting voorgestelde indicatieve testcondities

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

Gezien de grote onzekerheden in de modellering en in de te hanteren parameters wordt aanbevolen om de proef zo flexibel mogelijk in te richten. Hierbij kan onder andere worden gedacht aan:

- Mogelijkheid tot het verhogen van de belasting (bijvoorbeeld 'volle bakken' belasting)
- Introduceren van kunstmatige secundaire effecten.

De hierboven gegeven conclusies zijn alleen van toepassing voor de primaire effecten. Secundaire effecten zijn buiten beschouwing gelaten.

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.

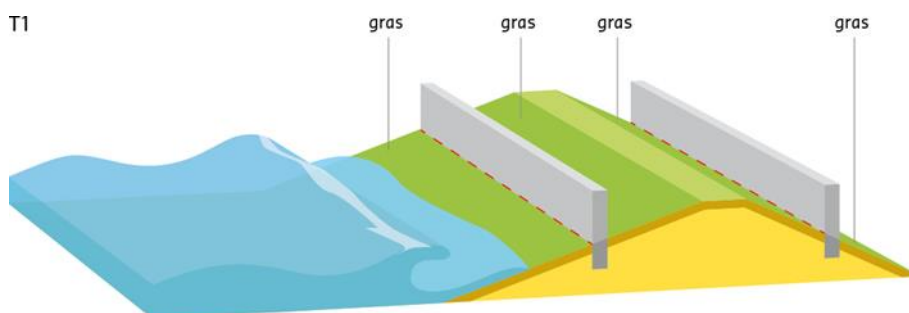
6 Referenties

- Hoffmans, G., 2014, Erosiebestendigheid overgangen. Validatie engineering tools, Deltares report 1209437-003
- Hoffmans, G.J.C.M., Van Hoven, A., Hardeman, B, Verheij, H.J., Erosion of grass covers at transitions and objects of dike, Proceedings 7th Int. Conf. On Scour and Erosion, ICSE 2014
- 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., 2014, Monitoring en fysieke modelproeven overgangen met grasbekledingen 2015-2020 (concept) Deltares report 1220039-007.
- TAW, 2002, Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken, Technische Advies Commissie voor de Waterkeringen, Delft, mei 2002.

A Predictie bij golfoverslag

A.1 Golfoverslag: Categorie T1

Een impressie van categorie T1 is weergegeven in Figuur A.1.



Figuur A.1 Categorie T2: Stroming – horizontaal – vlak- hoogteverschil (tekening weergegeven in geval van golfloop en golfoverslag)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Dit is de gemiddelde waarde gebaseerd op een meetrange waarvan de gemeten waarden varieerden tussen 0,82 en 0,97. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor wordt op basis van Hoffmans *et al* (2014) geschat op $\alpha_M = 1,3 - 1,7$.

- Categorie T1
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,3 - 1,7$
- Stormduur: 12 uur
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Zeeregime

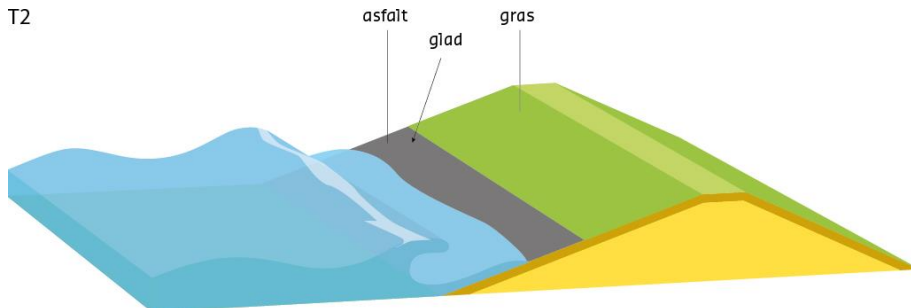
Tabel A.1 Inschatting benodigd overslagdebiet om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T1 te kunnen creëren (primair effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De maximaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,3$. De minimaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,7$. De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.

U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	q (l/s/m) indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	
		$\alpha_a = 1,0$ (kruin)	$\alpha_a = 1,56$ (onderaan zeer lang en steil talud)
3,5	Vechtdijk	9 - 18 (31)	3 - 4 (5)
5	zeezijde Tholen	26 - 43 (75*)	4 - 6 (13)
8	Boonweg, Delfzijl	75* (75*)	15 - 28 (60)

* De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m

A.2 Golfverslag: Categorie T2

Een impressie van categorie T2 is weergegeven in Figuur A.2.

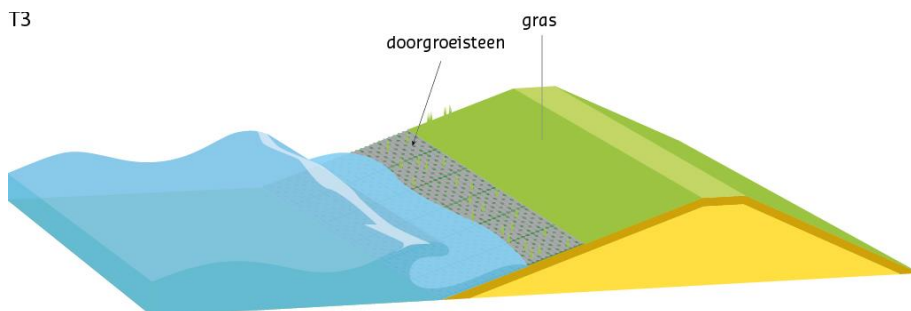


Figuur A.2 Categorie T2: Stroming – horizontaal – vlak – ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfoploop)

Er wordt aangenomen dat in de golfverslagzone dit type overgang niet of nauwelijks voorkomt. Voor wat betreft golfverslag is dit dus geen relevant type overgang en wordt derhalve niet verder beschouwd.

A.3 Golfverslag: Categorie T3

Een impressie van categorie T3 is weergegeven in Figuur A.3.

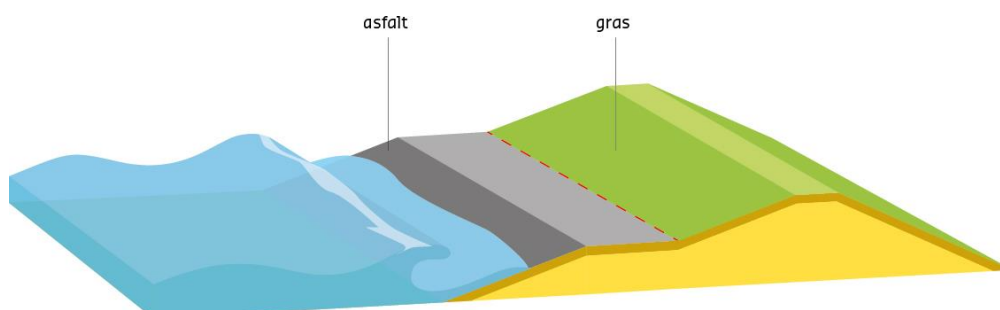


Figuur A.3 Categorie T3: Stroming – verticaal – vlak – geen ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfoploop)

Er wordt aangenomen dat in de golfverslagzone dit type overgang niet of nauwelijks voorkomt. Voor wat betreft golfverslag is dit dus geen relevant type overgang en wordt derhalve niet verder beschouwd.

A.4 Golfoverslag: Categorie T5

Een impressie van categorie T5 is weergegeven in Figuur A.4.



Figuur A.4 Categorie T5: Stroming – verticaal – holle knik – ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfloop)

Er wordt bij categorie T5 in de golfoverslagzone aangenomen dat bij de holle knik het gras boven en de harde gladde bekleding onder ligt.

De sterktefactor heeft, conform Bijlage A.1, een waarde van $\alpha_s = 0,89$.

De belastingsfactor is afhankelijk van twee aspecten:

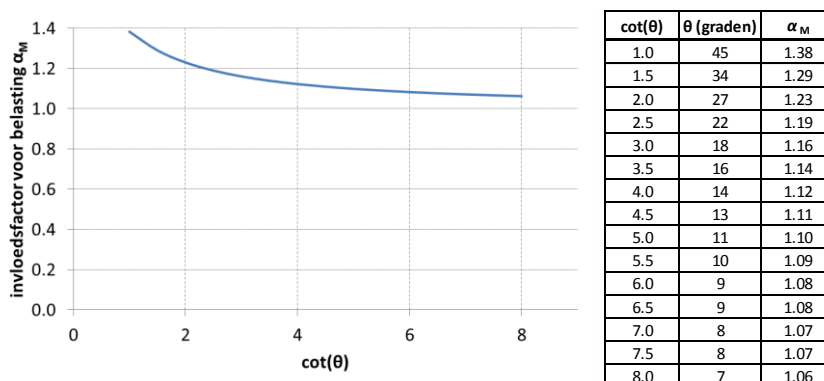
- 1) De overgang van gras naar de harde bekleding
- 2) De knik

Aangezien de overgang van gras naar een gladde bekleding is, valt er geen verhoogde belasting te verwachten en kan de belastingfactor voor dit aspect gelijk worden gesteld aan $\alpha_s = 1,0$.

De belastingfactor als gevolg van de aanwezigheid van de knik is afhankelijk van hoe de detaillering rondom de knik is. Indien het gras op de knik of tot voorbij de knik ligt dient er een belastingfactor in rekening te worden gebracht. Indien dit niet het geval is (de harde bekleding ligt dan tot voorbij de knik getrokken), dan is de belastingfactor voor dit aspect gelijk aan $\alpha_s = 1,0$. Indien het gras op of tot voorbij de knik ligt dan dient de volgende belastingfactor in rekening te worden gebracht:

$$\alpha_M = 1 + \sin \frac{1}{2} \theta$$

Waarbij θ de hoek is tussen de helling en de horizontaal.



Figuur A.5 invloedfactor voor belasting α_M bij een knik in het talud als functie van de taludhelling θ .

Veelal ligt de taludhelling tussen 1:2.5 en 1:5. De bijbehorende invloedsfactor voor belasting is gelijk aan $\alpha_M \approx 1,15$.

- Categorie T5
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1$ (geen gras op de knik zelf)
- $\alpha_M = 1,15$ (gras op de knik)
- Stormduur: 12 uur
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Zeeregime

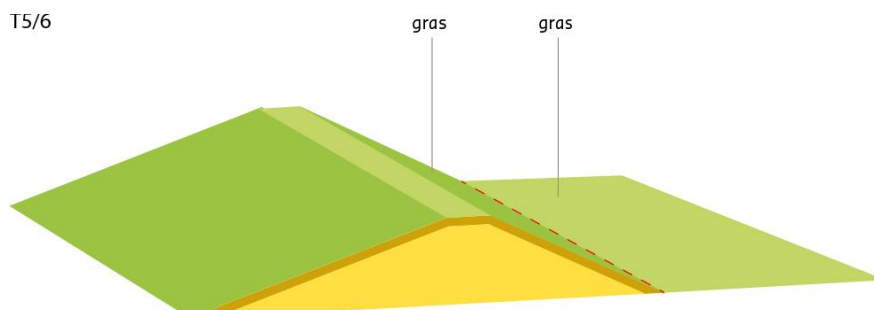
Tabel A.2 *Inschatting overslagdebiet om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T5 te kunnen creëren (primaire effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn. Er is een waarde voor de belastingfactor van $\alpha_M = 1,15$ aangehouden.*

U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	q (l/s/m) indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	
		$\alpha_a = 1,0$ (kruin)	$\alpha_a = 1,56$ (onderaan talud)
3,5	Vechtdijk	23 (31)	4 (5)
5	(zeezijde Tholen)	55 (75*)	8 (13)
8	Boonweg, Delfzijl	75* (75*)	36 (60)

* * De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m

A.5 Golfoverslag: Categorie T6

Een impressie van categorie T6 is weergegeven in Figuur A.4.



Figuur A.6 Categorie T6: Strooming – horizontaal – holle knik – geen ruwheidsverschil

De sterktefactor heeft een waarde van $\alpha_s = 1,0$ (het gras is immers niet onderbroken).

De belastingfactor is gelijk aan de belastingfactor zoals deze is vastgesteld in Paragraaf A.4.

- Categorie T6
- $\alpha_s = 1,0$
- $\alpha_M = 1,15$
- Stormduur: 12 uur
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Zeeregime

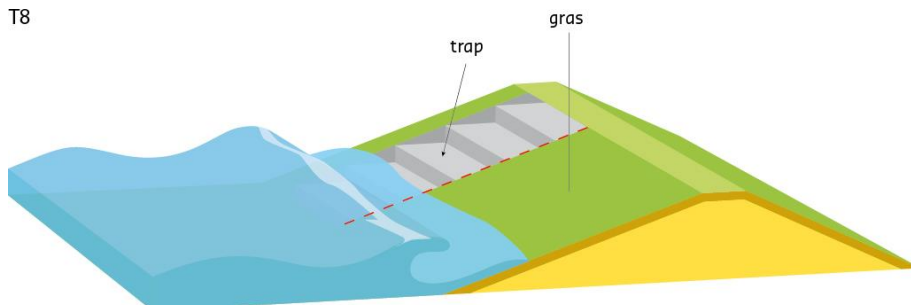
Tabel A.3 Inschatting minimaal benodigd overslagdebiet om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T5 te kunnen creëren (primair effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.

U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	q (l/s/m) indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	
		$\alpha_a = 1,0$ (kruin)	$\alpha_a = 1,56$ (onderaan talud)
3,5	Vechtdijk	26 (31)	4 (5)
5	(zeezijde Tholen)	66 (75*)	9 (13)
8	Boonweg, Delfzijl	75* (75*)	44 (60)

* * De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m

A.6 Golfoverslag: Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9

Een impressie van categorie T8 is weergegeven in Figuur A.7.



Figuur A.7 Categorie T8: Strooming – verticaal – vlak - ruwheidsverschil (incl. trappen) (tekening weergegeven in geval van golfoploop)

De sterktefactor heeft, conform Bijlage A.1, een waarde van $\alpha_s = 0,89$.

Het is onduidelijk welke belastingsfactor hier toegekend mag worden. Mogelijk is er, bij een goed aansluitende mat, geen sprake van een toegenomen belasting en kan een invloedsfactor van $\alpha_M = 1,0$ worden gehanteerd.

- Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,0$
- Stormduur: 12 uur
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Zeeregime

Tabel A.4 Inschatting minimaal benodigd overslagdebiet om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T8 te kunnen creëren (primaire effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.

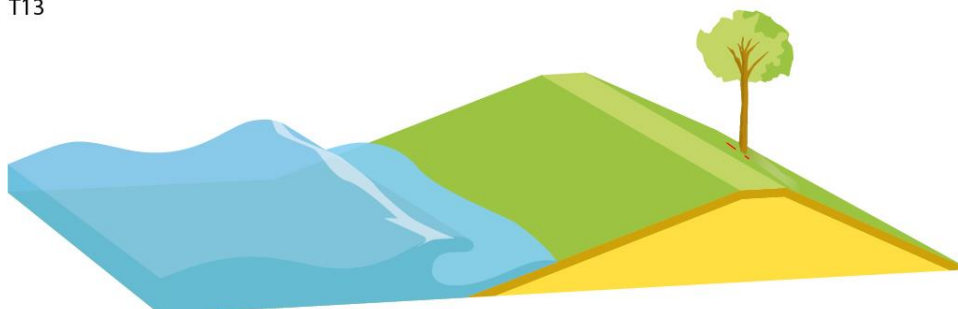
U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	q (l/s/m) indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	
		$\alpha_a = 1,0$ (kruin)	$\alpha_a = 1,56$ (onderaan talud)
3,5	Vechtdijk	28 (31)	5 (5)
5	(zeezijde Tholen)	73 (75*)	10 (13)
8	Boonweg, Delfzijl	75* (75*)	48 (60)

* * De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m

A.7 Golfoverslag: Categorie T13

Een impressie van categorie T13 is weergegeven in Figuur A.8.

T13



Figuur A.8 Categorie T13: Stroming – object (tekening weergegeven in geval van golfoverslag)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor wordt op basis van Hoffmans *et al* (2014) geschat op $\alpha_M = 1,7$.

- Categorie T1
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,3 - 1,7$
- Stormduur: 12 uur
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Zeeregime

Tabel A.5 *Inschatting benodigd overslagdebiet om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T1 te kunnen creëren (primair effect) als functie van de kritische stroomsnelheid U_c . De maximaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,3$. De minimaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,7$. De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.*

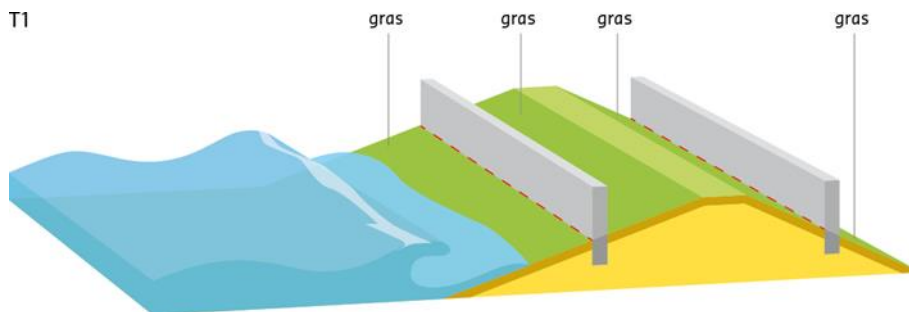
U_c (m/s)	Voorbeeldlocatie (Van der Meer, Hoffmans en Van Hoven, 2015)	q (l/s/m) indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	
		$\alpha_a = 1,0$ (kruin)	$\alpha_a = 1,56$ (onderaan zeer lang en steil talud)
3,5	Vechtdijk	9 - 18 (31)	3 - 4 (5)
5	zeezijde Tholen	26 - 43 (75*)	4 - 6 (13)
8	Boonweg, Delfzijl	75* (75*)	15 - 28 (60)

* De waarden zijn bepaald tot 75 l/s/m. Waarschijnlijk is de werkelijke waarde veel hoger dan 75 l/s/m

B Predictie bij golfoploop

B.1 Golfoploop: Categorie T1

Een impressie van categorie T1 is weergegeven in Figuur B.1.

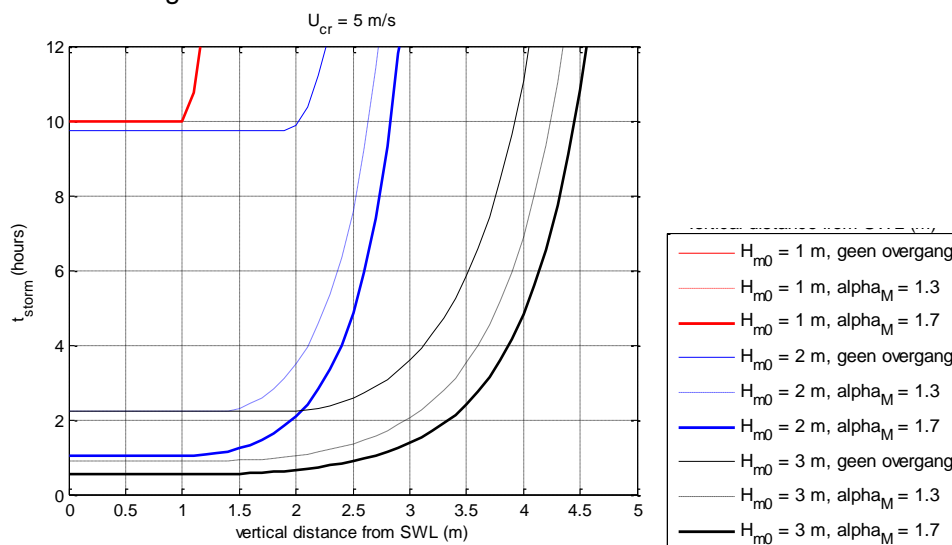


Figuur B.1 Categorie T2: Stroming – horizontaal – vlak- hoogteverschil (tekening weergegeven in geval van golfoploop en golfoverslag)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Dit is de gemiddelde waarde gebaseerd op een meetrange waarvan de gemeten waarden varieerden tussen 0,82 en 0,97. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor wordt op basis van Hoffmans *et al* (2014) geschat op $\alpha_M = 1,3 - 1,7$.

- Categorie T1
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,3 - 1,7$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$



Figuur B.2 Benodigde stormduur (uur) om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T1 te kunnen creëren (primair effect) als functie van de significante golfhoogte, de positie op het talud en de kritische stroomsnelheid U_c

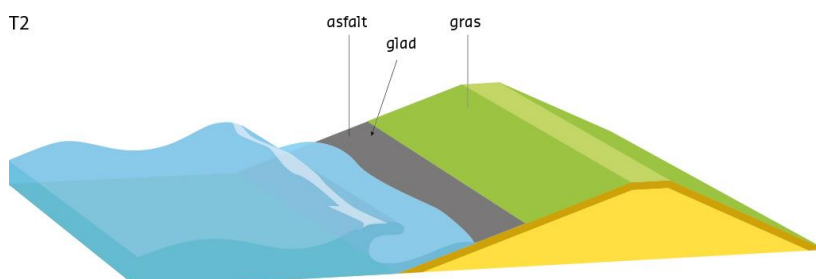
Tabel B.1 *Inschatting benodigde stormduur (uur) om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T1 te kunnen creëren (primaire effect) als functie van de significante golfhoogte, de positie op het talud en de kritische stroomsnelheid U_c . De maximaal gegeven waarde is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,3$. De minimaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,7$. De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.*

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ $U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2 (3)	12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	1-2 (2)	4-6 (8)
$U_c = 5 \text{ m/s}$			
1	>10 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2-3,5 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (2)	2 (4)	5-7 (11)
$U_c = 8 \text{ m/s}$			
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	3 - >12 (>12)	3 - >12 (>12)	9 - >12 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor andere waarden van U_c .

B.2 Golfloop: Categorie T2

Een impressie van categorie T2 is weergegeven in Figuur B.3.



Figuur B.3 Categorie T2: Stroming – horizontaal – vlak- ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfloop)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Dit is de gemiddelde waarde gebaseerd op een meetrange waarvan de gemeten waarden varieerden tussen 0,82 en 0,97. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor wordt op basis van Hoffmans *et al* (2014) geschat op $\alpha_M = 1,7$ a $1,8$ (overgang van asfalt naar gras).

- Categorie T2
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,7 - 1,8$ (in hieronder gegeven uitwerking $\alpha_M = 1,75$)
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

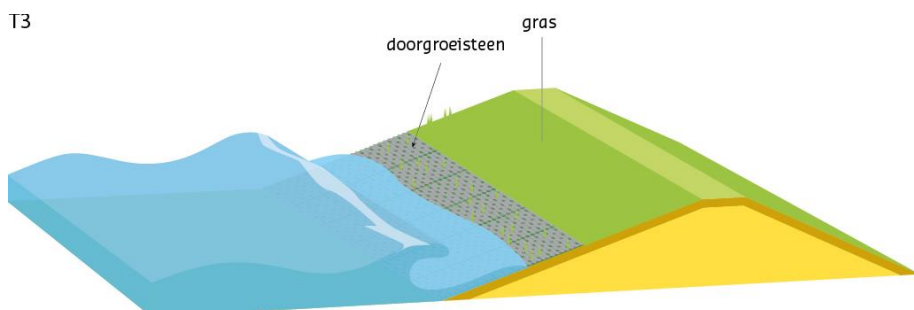
Tabel B.2 Inschatting standtijd (uur) tot $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ bij een overgang van Categorie T2 (primair effect) als functie van de significante golfhoogte H_{m0} , de positie op het talud R en de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft de standtijd indien er geen overgang zou zijn.

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ $U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2 (3)	12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	1 (2)	4 (8)
	$U_c = 5 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (2)	1 (4)	5 (11)
	$U_c = 8 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	>12 (>12)	>12 (>12)	8 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

B.3 Golfloop: Categorie T3

Een impressie van categorie T3 is weergegeven in Figuur B.4.



Figuur B.4 Categorie T3: Stroming – verticaal – vlak – geen ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfloop)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Dit is de gemiddelde waarde gebaseerd op een meetrange waarvan de gemeten waarden varieerden tussen 0,82 en 0,97. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor is gelijk aan 1,0.

- Categorie T3
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

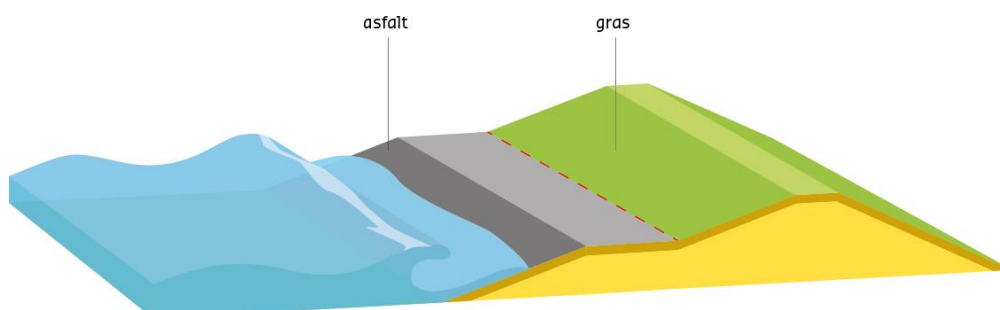
Tabel B.3 Inschatting standtijd (uur) tot $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ bij een overgang van Categorie T3 (primair effect) als functie van de significante golfhoogte H_{m0} , de positie op het talud R en de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft de standtijd indien er geen overgang zou zijn.

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
	$U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	3 (3)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	2 (2)	8 (8)
	$U_c = 5 \text{ m/s}$		
1	<12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	7 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	2 (2)	3 (4)	10 (11)
	$U_c = 8 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

B.4 Golfloop: Categorie T5

Een impressie van categorie T5 is weergegeven in Figuur B.5.



Figuur B.5 Categorie T5: Stroming – verticaal – helle knik – ruwheidsverschil (tekening weergegeven in geval van golfloop)

Er wordt bij categorie T5 in de golfloopzone aangenomen dat bij de helle knik het gras boven en de harde gladde bekleding onder ligt.

De sterktefactor heeft, conform Bijlage A.1, een waarde van $\alpha_s = 0,89$.

De belastingsfactor is afhankelijk van twee aspecten:

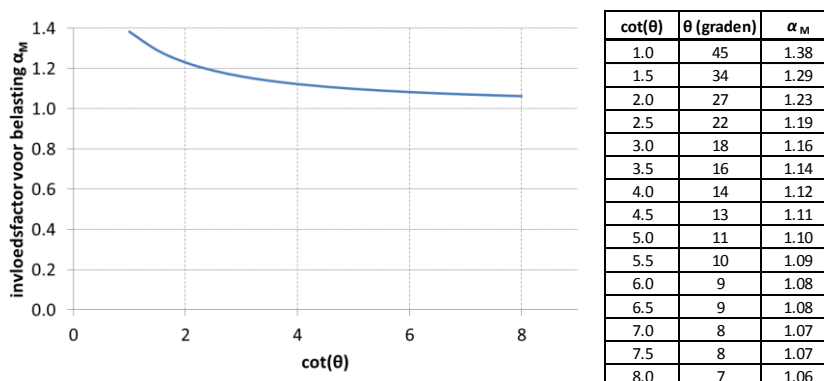
- 3) De overgang van gras naar de harde bekleding
- 4) De knik

Aangezien de overgang van een gladde bekleding naar gras is, valt er een verhoogde belasting te verwachten. Hier wordt aangenomen dat het asphalt betreft. De belastingfactor is dan conform Paragraaf B.3 gelijk aan $\alpha_s = 1,75$.

De belastingfactor als gevolg van de aanwezigheid van de knik is afhankelijk van hoe de detaillering rondom de knik is. Indien het gras op de knik ligt dient er een belastingfactor in rekening te worden gebracht. Indien dit niet het geval is (de harde bekleding ligt dan tot voorbij de knik getrokken), dan is de belastingfactor voor dit aspect gelijk aan $\alpha_s = 1,0$. Indien het gras op of tot voorbij de knik ligt dan dient de volgende belastingfactor in rekening te worden gebracht:

$$\alpha_M = 1 + \sin \frac{1}{2} \theta$$

Waarbij θ de hoek is tussen de helling en de horizontaal.



Figuur B.6 invloedfactor voor belasting α_M bij een knik in het talud als functie van de taludhelling θ .

Veelal ligt de taludhelling tussen 1:2.5 en 1:5. De bijbehorende invloedsfactor voor belasting is gelijk aan $\alpha_M \approx 1,15$.

Er zijn twee belastingsfactoren vastgesteld: 1 belastingsfactor voor het feit dat het een knik betreft en een belastingsfactor vanwege het ruwheidsverschil. Er wordt aangenomen dat deze factoren met elkaar vermenigvuldigd dienen te worden. In dit geval is de belastingsfactor gelijk aan $\alpha_M = 1,75 * 1,15 = 2,0$

- Categorie T5
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 2,0$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

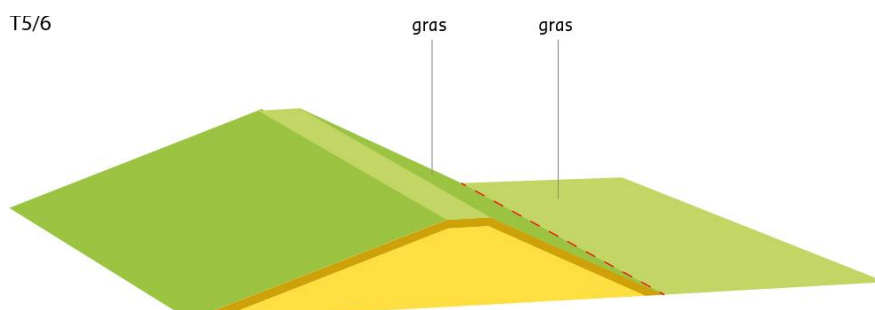
Tabel B.4 Inschatting standtijd (uur) tot $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ bij een overgang van Categorie T5 (primair effect) als functie van de significante golfhoogte H_{m0} , de positie op het talud R en de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft de standtijd indien er geen overgang zou zijn.

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ $U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	1 (3)	10 (>12)	>12 (>12)
3	0 (1)	1 (2)	4 (8)
	$U_c = 5 \text{ m/s}$		
1	<12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2 (10)	12 (>12)	>12 (>12)
3	0 (2)	1 (4)	4 (11)
	$U_c = 8 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	9 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	2 (>12)	2 (>12)	6 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

B.5 Golfloop: Categorie T6

Een impressie van categorie T6 is weergegeven in Figuur B.7.



Figuur B.7 Categorie T6: Strooming – horizontaal – holle knik – geen ruwheidsverschil (situatie weergegeven in geval van golfoverslag)

De sterktefactor heeft een waarde van $\alpha_s = 1,0$ (het gras is immers niet onderbroken).

De belastingfactor is gelijk aan de belastingfactor zoals deze is vastgesteld in Paragraaf A.4.

- Categorie T6
- $\alpha_s = 1,0$
- $\alpha_M = 1,15$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

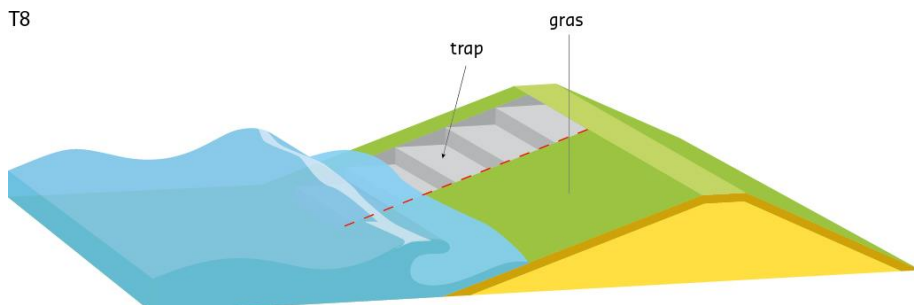
Tabel B.5 Inschatting standtijd (uur) tot $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ bij een overgang van Categorie T6 (primair effect) als functie van de significante golfhoogte H_{m0} , de positie op het talud R en de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft de standtijd indien er geen overgang zou zijn.

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ $U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	3 (3)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	2 (2)	7 (8)
	$U_c = 5 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	6 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	2 (2)	3 (4)	9 (11)
	$U_c = 8 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

B.6 Golfloop: Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9

Een impressie van categorie T8 is weergegeven in Figuur B.8.



Figuur B.8 Categorie T8: Strooming – verticaal – vlak - ruwheidsverschil (incl. trappen) (tekening weergegeven in geval van golfloop)

De sterktefactor heeft, conform Bijlage A.1, een waarde van $\alpha_s = 0,89$.

Het is onduidelijk welke belastingsfactor hier toegekend mag worden. Mogelijk is er, bij een goed aansluitende mat, geen sprake van een toegenomen belasting en kan een invloedsfactor van $\alpha_M = 1,0$ worden gehanteerd.

- Categorie T7, Categorie T8 en Categorie T9
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,0$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Tabel B.6 Inschatting standtijd (uur) tot $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ bij een overgang van Categorie T7, T8 en T9 (primair effect) als functie van de significante golfhoogte H_{m0} , de positie op het talud R en de kritische stroomsnelheid U_c . De waarde tussen haakjes geeft de standtijd indien er geen overgang zou zijn.

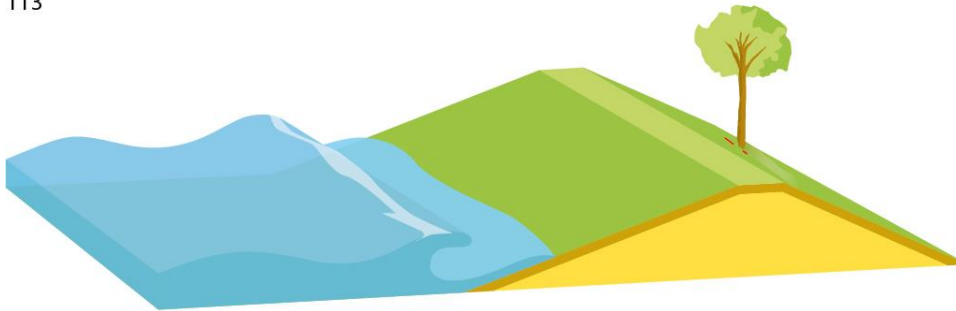
H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$		
	$U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	3 (3)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	2 (2)	8 (8)
	$U_c = 5 \text{ m/s}$		
1	<12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	7 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	2 (2)	3 (4)	10 (11)
	$U_c = 8 \text{ m/s}$		
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

B.7 Golfoploop: Categorie T13

Een impressie van categorie T13 is weergegeven in Figuur B.9.

T13

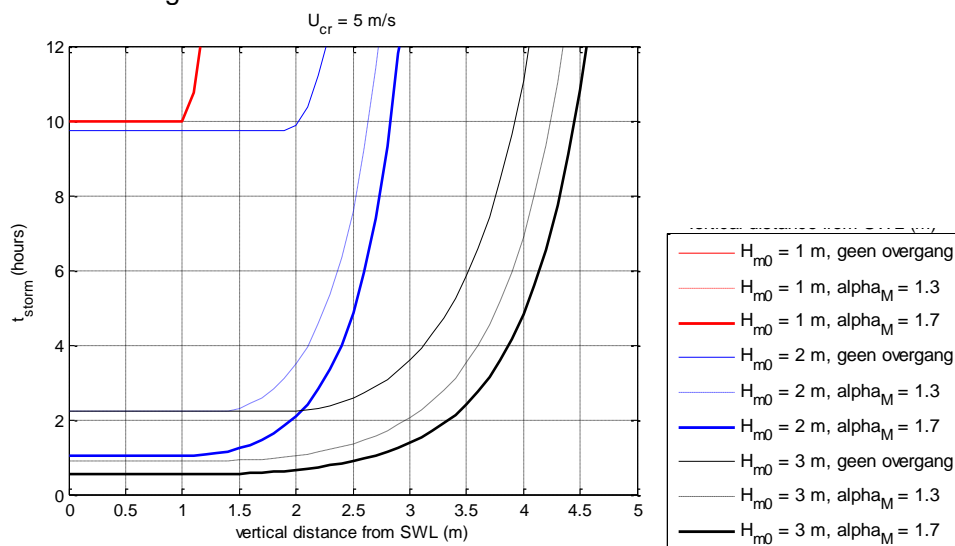


Figuur B.9 Categorie T13: Strooming – horizontaal – vlak- hoogteverschil (tekening weergegeven in geval van golfoverslag)

Op basis van Hoffmans *et al* (2014) wordt een invloedsfactor voor sterkte van $\alpha_s = 0,89$ aangenomen. Dit is de gemiddelde waarde gebaseerd op een meetrange waarvan de gemeten waarden varieerden tussen 0,82 en 0,97. Deze factor is gebaseerd op proeven met een zogenaamde grastrekker. Deze waarde is echter onzeker aangezien deze niet is gevalideerd met prototype experimenten.

De belastingsfactor wordt op basis van Hoffmans *et al* (2014) geschat op $\alpha_M = 1,3 - 1,7$.

- Categorie T1
- $\alpha_s = 0,89$
- $\alpha_M = 1,3 - 1,7$
- Schadegetal: $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$



Figuur B.10 Benodigde stormduur (uur) om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T13 te kunnen creëren (primair effect) als functie van de significante golfhoogte, de positie op het talud en de kritische stroomsnelheid U_c .

Tabel B.7 Inschatting benodigde stormduur (uur) om schade ($D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$) aan een overgang van Categorie T13 te kunnen creëren (primaire effect) als functie van de significante golfhoogte, de positie op het talud en de kritische stroomsnelheid U_c . De maximaal gegeven waarde is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,3$. De minimaal gegeven waarde van q is bij een belastingsfactor van $\alpha_M = 1,7$. De waarde tussen haakjes geeft het benodigde overslagdebiet indien er geen overgang zou zijn.

H_s (m)	t_{storm} indien $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$ $U_c = 3,5 \text{ m/s}$		
	$R = 2 \text{ m}$	$R = 3 \text{ m}$	$R = 4 \text{ m}$
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2 (3)	12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (1)	1-2 (2)	4-6 (8)
$U_c = 5 \text{ m/s}$			
1	>10 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	2-3,5 (10)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	1 (2)	2 (4)	5-7 (11)
$U_c = 8 \text{ m/s}$			
1	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
2	>12 (>12)	>12 (>12)	>12 (>12)
3	3 - >12 (>12)	3 - >12 (>12)	9 - >12 (>12)

In Bijlage C zijn grafieken weergegeven voor de standtijd als functie van U_c .

C Grafieken golfoploop

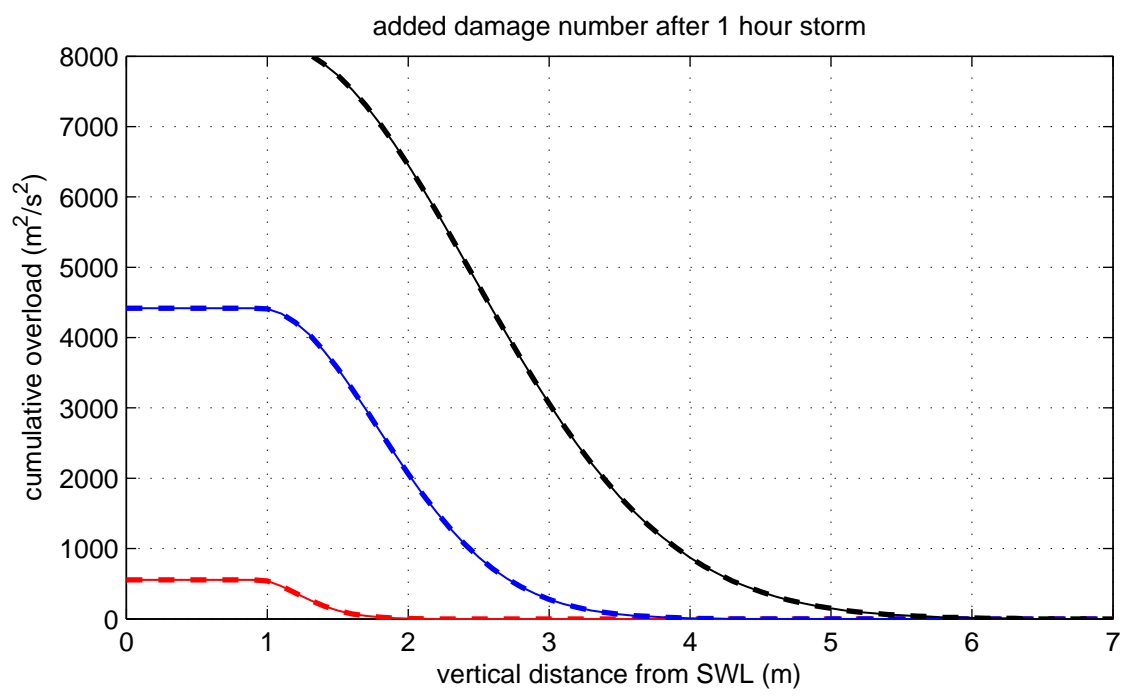
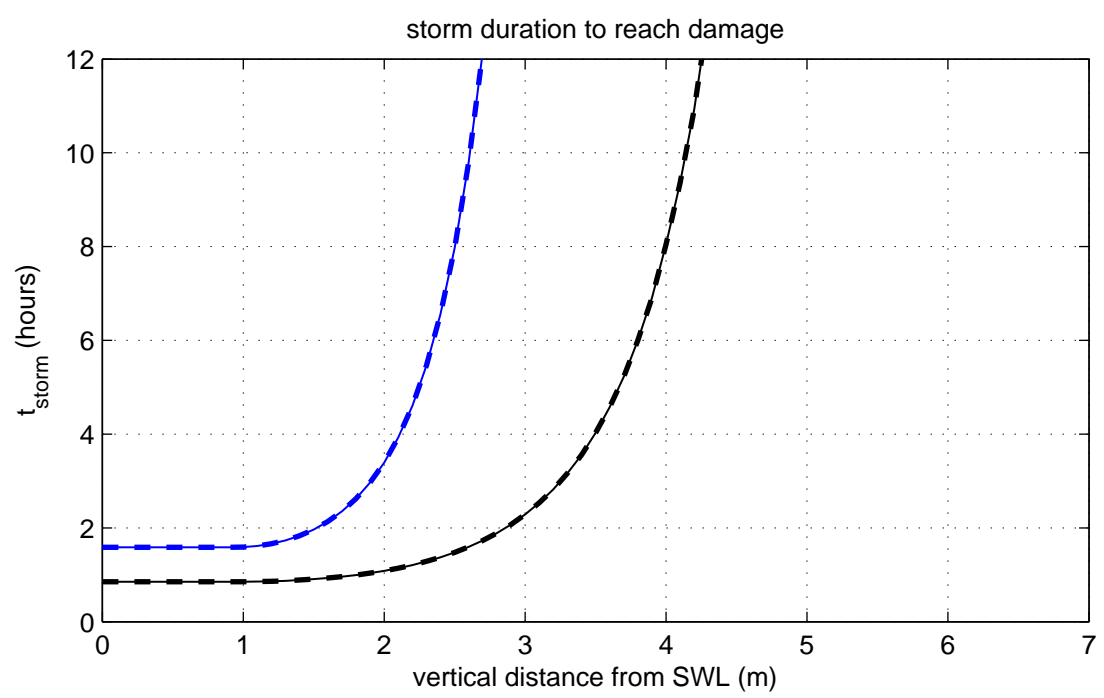
Tabel C.1 Overzicht figuren en toegepaste waarden voor α_s , α_M en U_c voor golfoploop

Categorie	Invloed sterkte α_s	Invloed belasting α_M	$U_c = 3.5$ m/s 'slecht' gras	$U_c = 5$ m/s 'redelijk' gras	$U_c = 8$ m/s 'goed' gras
T0 (geen overgang)	1	1	Fig. C.1	Fig. C.2	Fig. C.3
T1 / T13 (maximum)	0,89	1,3	Fig. C.4	Fig. C.5	Fig. C.6
T1 / T13 (minimum)	0,89	1,7	Fig. C.7	Fig. C.8	Fig. C.9
T2	0,89	1,75	Fig. C.10	Fig. C.11	Fig. C.12
T3	0,89	1	Fig. C.13	Fig. C.14	Fig. C.15
T5	0,89	2	Fig. C.16	Fig. C.17	Fig. C.18
T6	1	1,15	Fig. C.19	Fig. C.20	Fig. C.21
T7, T8, T9	0,89	1	Fig. C.22	Fig. C.23	Fig. C.24
TXX (theoretisch maximum)	0,8	2	Fig. C.25	Fig. C.26	Fig. C.27

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T0, geen overgang

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 1$
 $U_{crit} = 3.5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.1

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T0, geen overgang

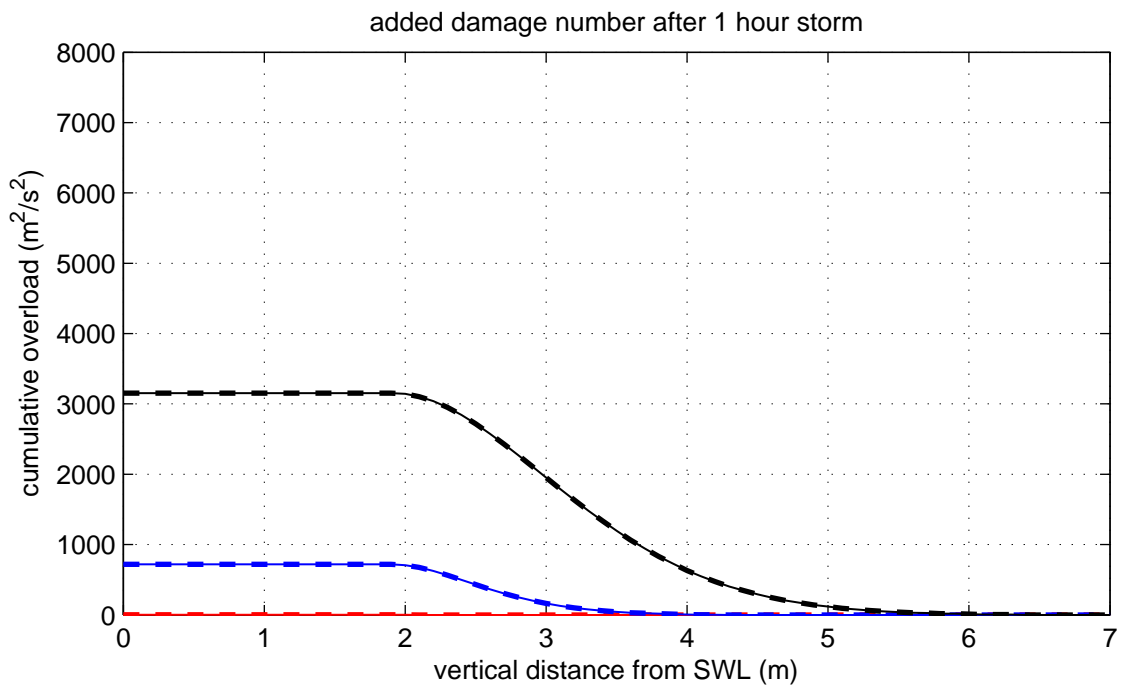
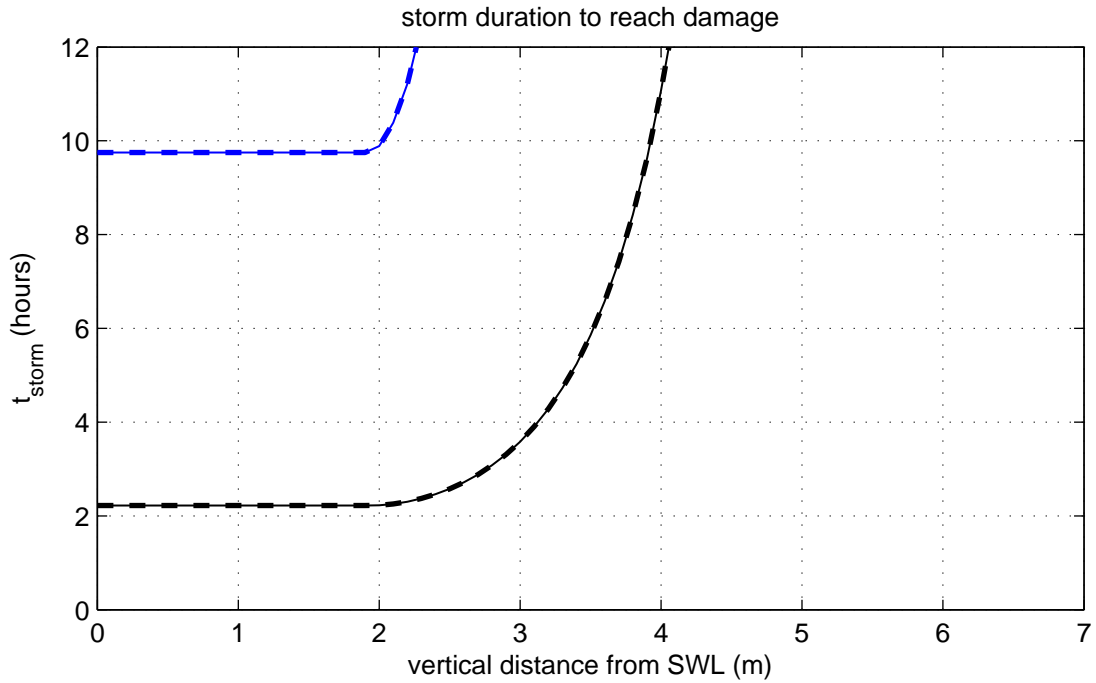
$\alpha_M = 1$

$\alpha_s = 1$

$U_{crit} = 5$ m/s

$S_{op} = 0.04$

$D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T0, geen overgang

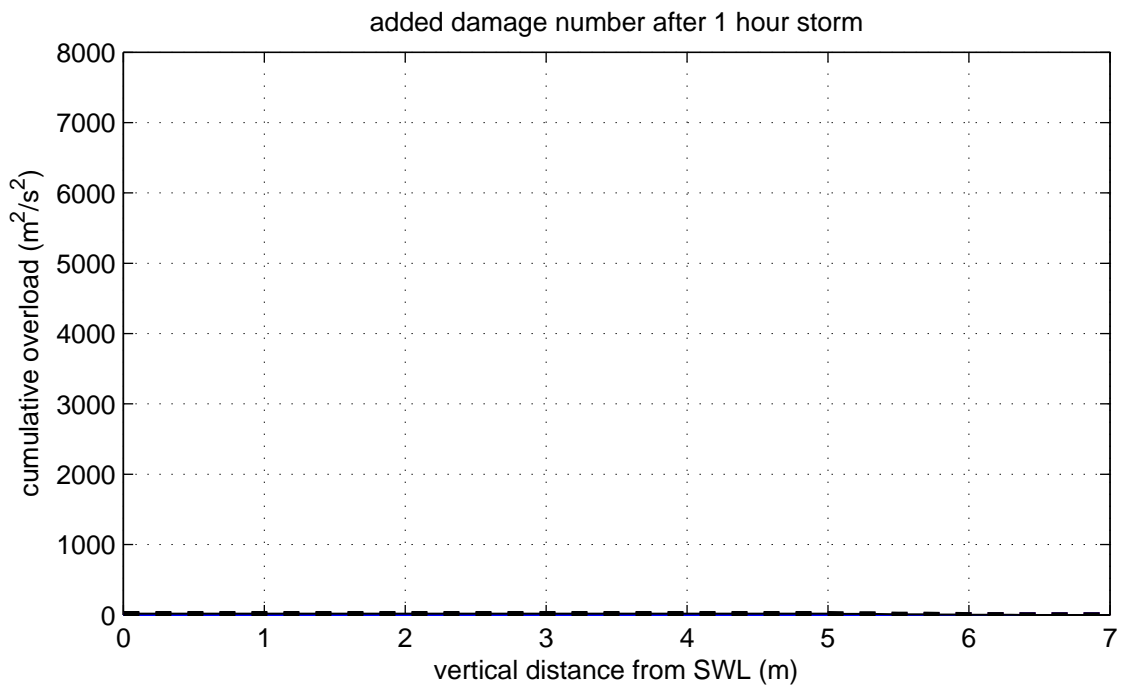
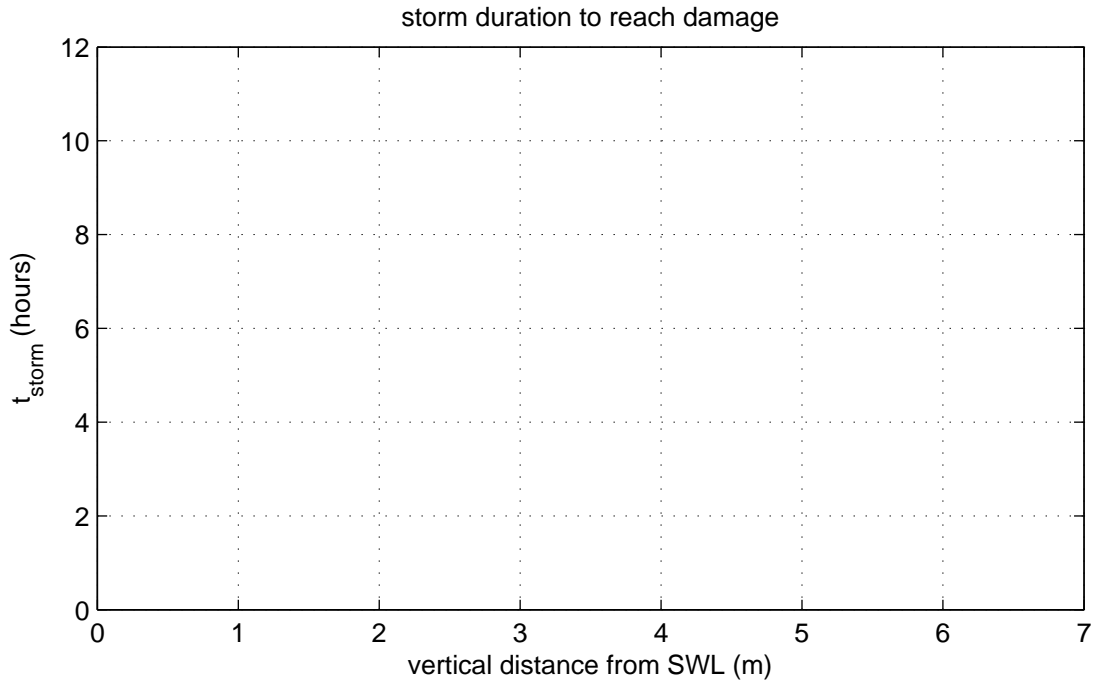
$\alpha_M = 1$

$\alpha_s = 1$

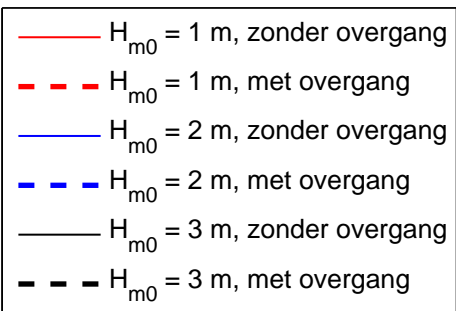
$U_{crit} = 8$ m/s

$S_{op} = 0.04$

$D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding



Category T1 (maximum)

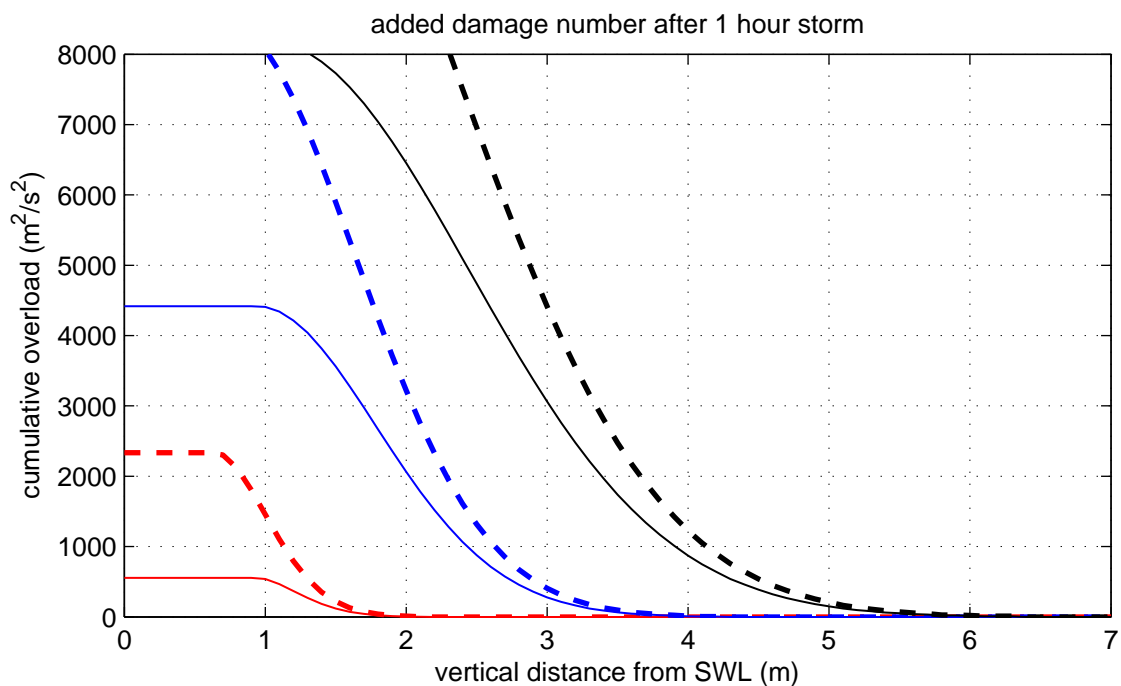
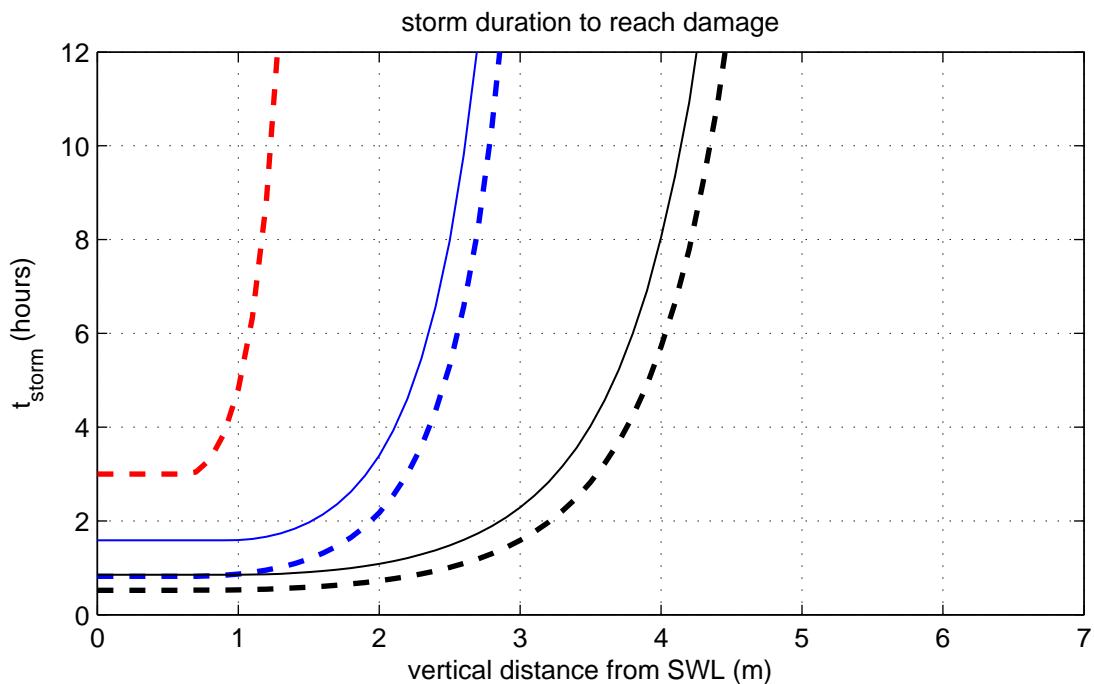
$$\alpha_M = 1.3$$

$$\alpha_s = 0.89$$

$$U_{crit} = 3.5 \text{ m/s}$$

$$S_{op} = 0.04$$

$$D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

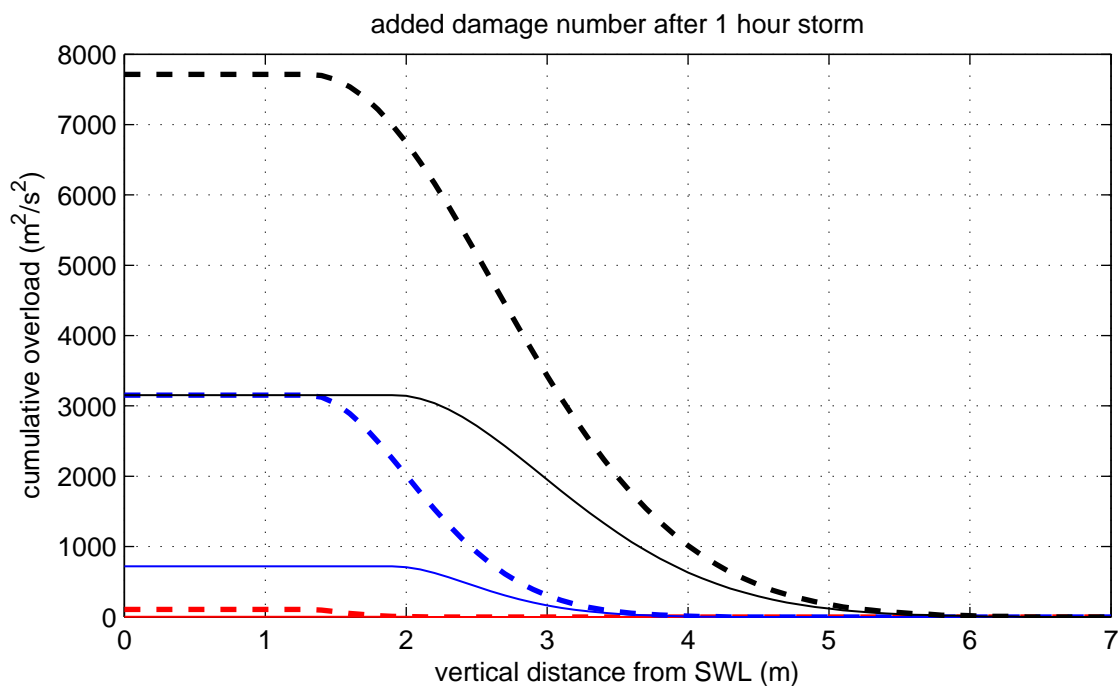
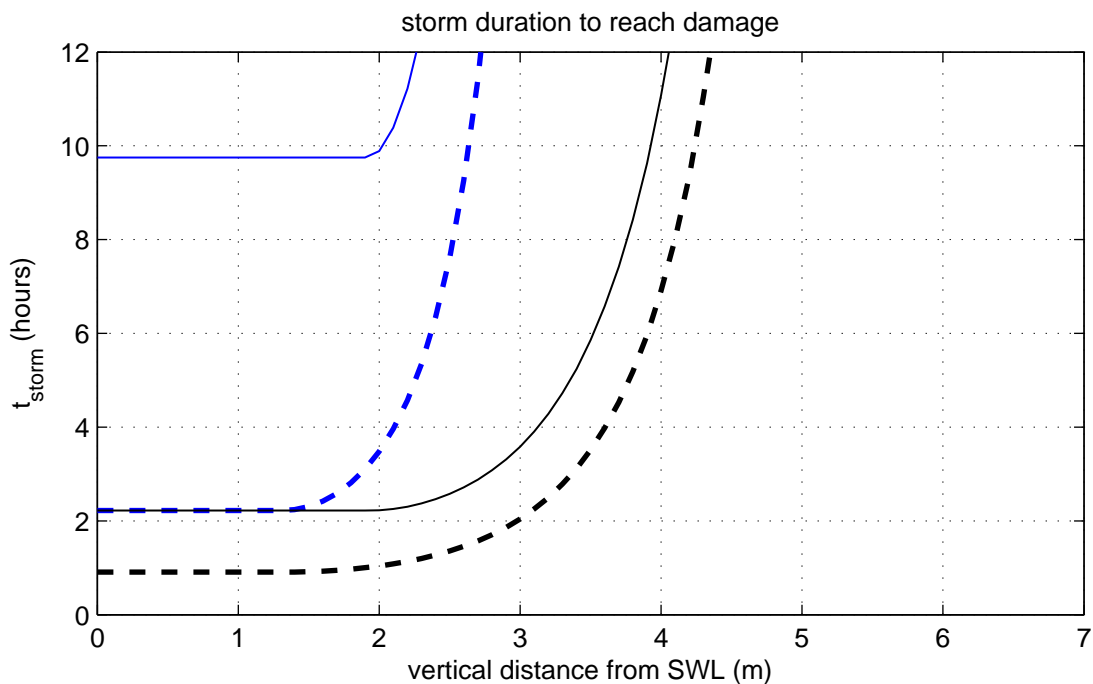


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T1 (maximum)

$\alpha_M = 1.3$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

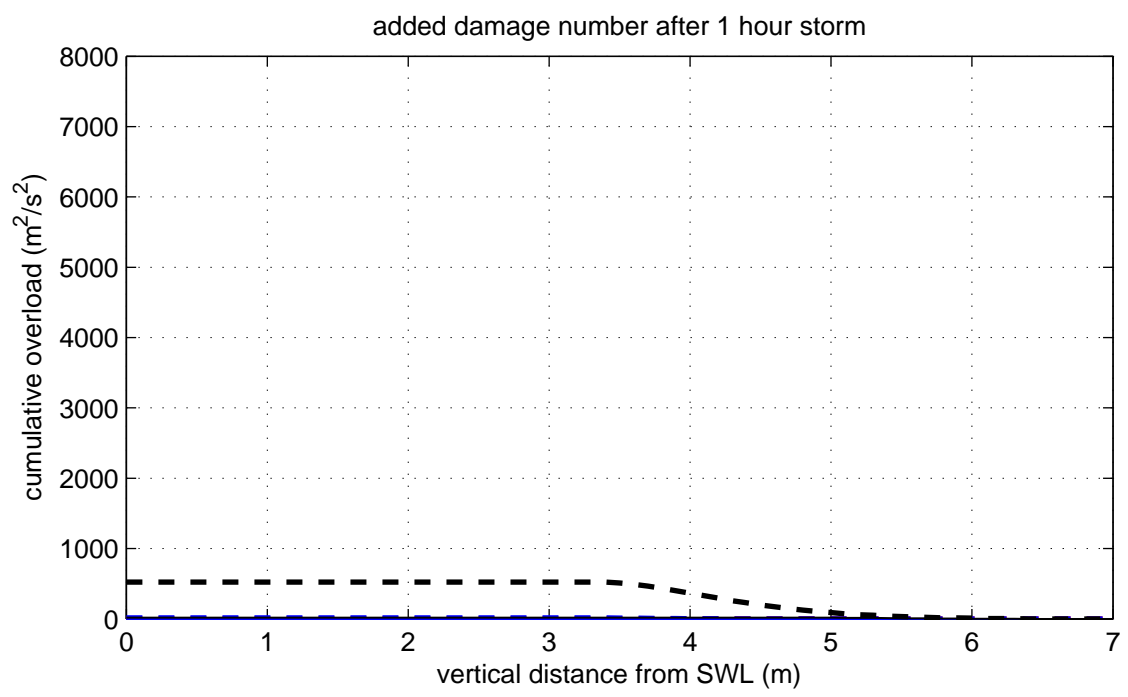
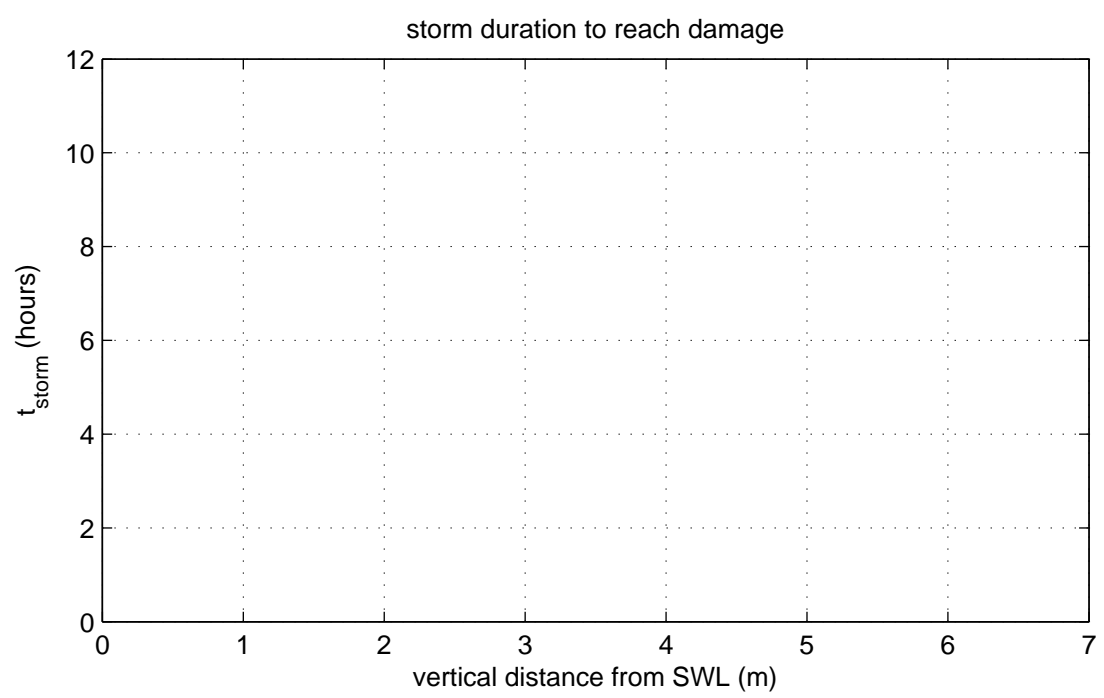


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T1 (maximum)

$\alpha_M = 1.3$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.6

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T1 (minimum)

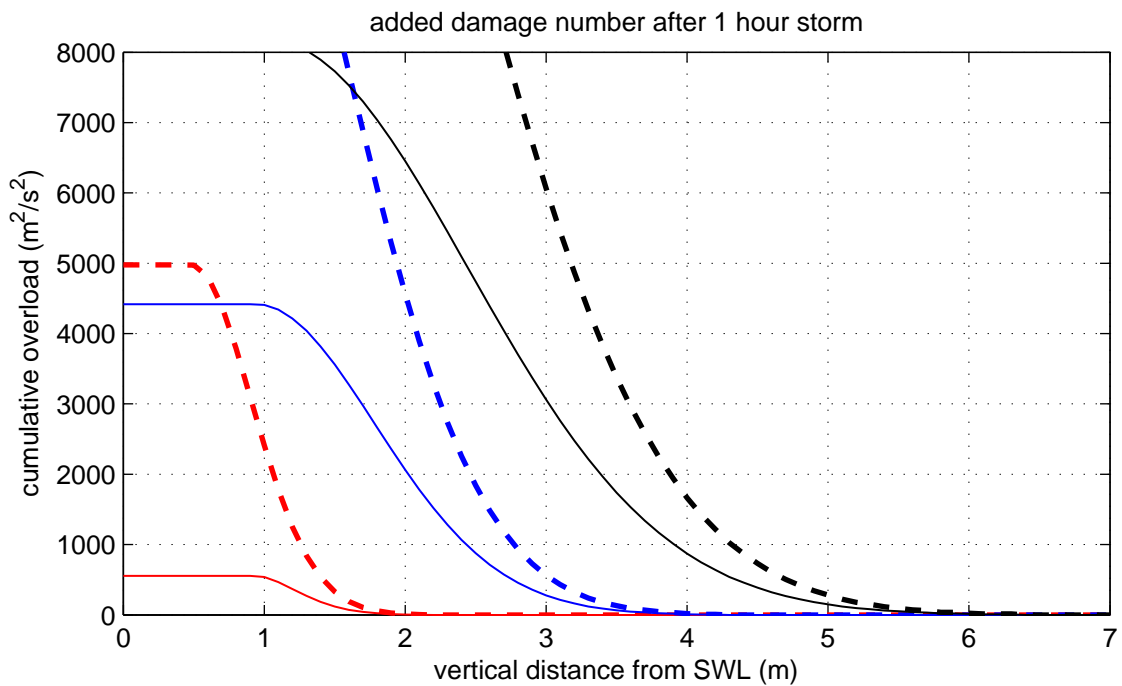
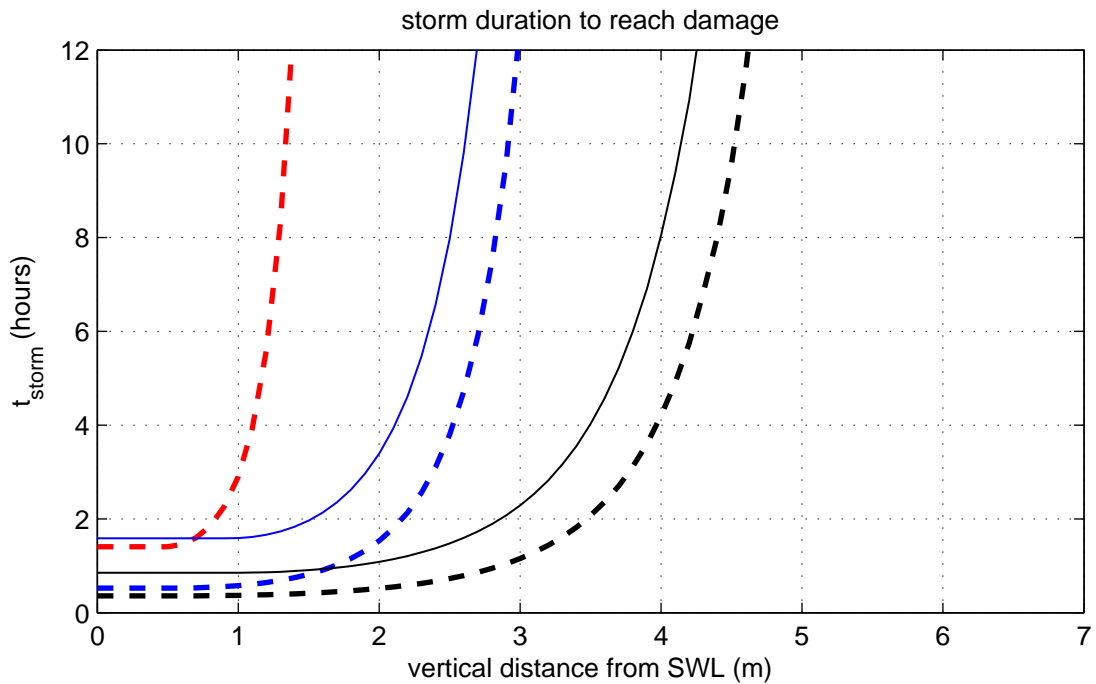
$\alpha_M = 1.7$

$\alpha_s = 0.89$

$U_{crit} = 3.5$ m/s

$S_{op} = 0.04$

$D = 7000$ m²/s²

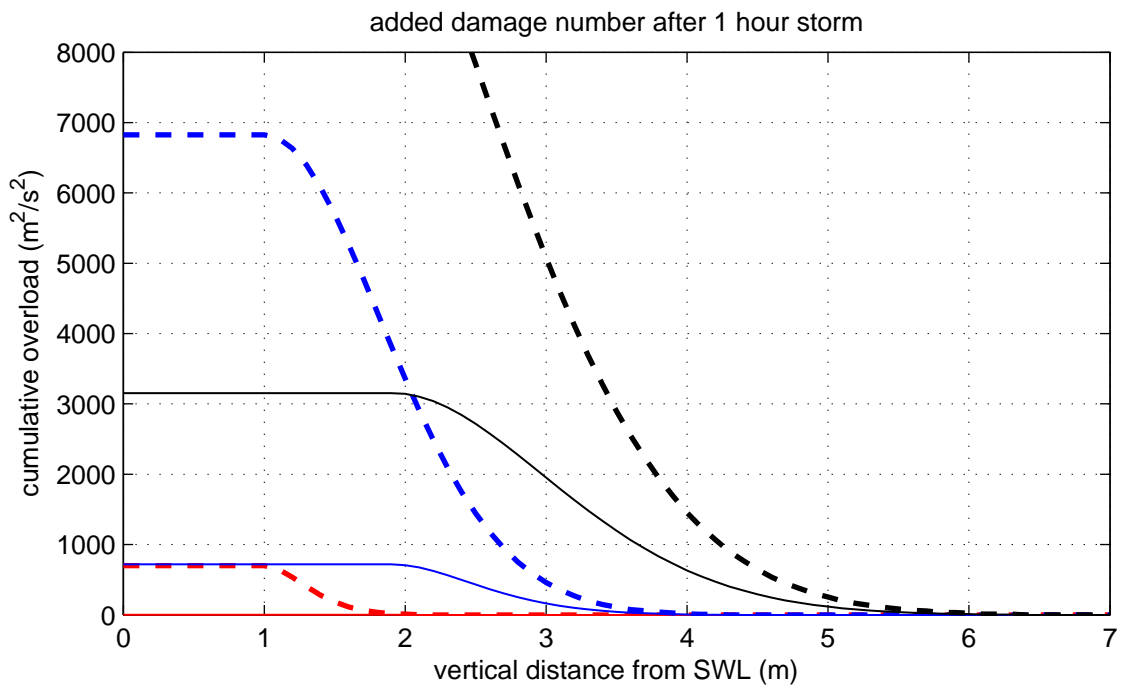
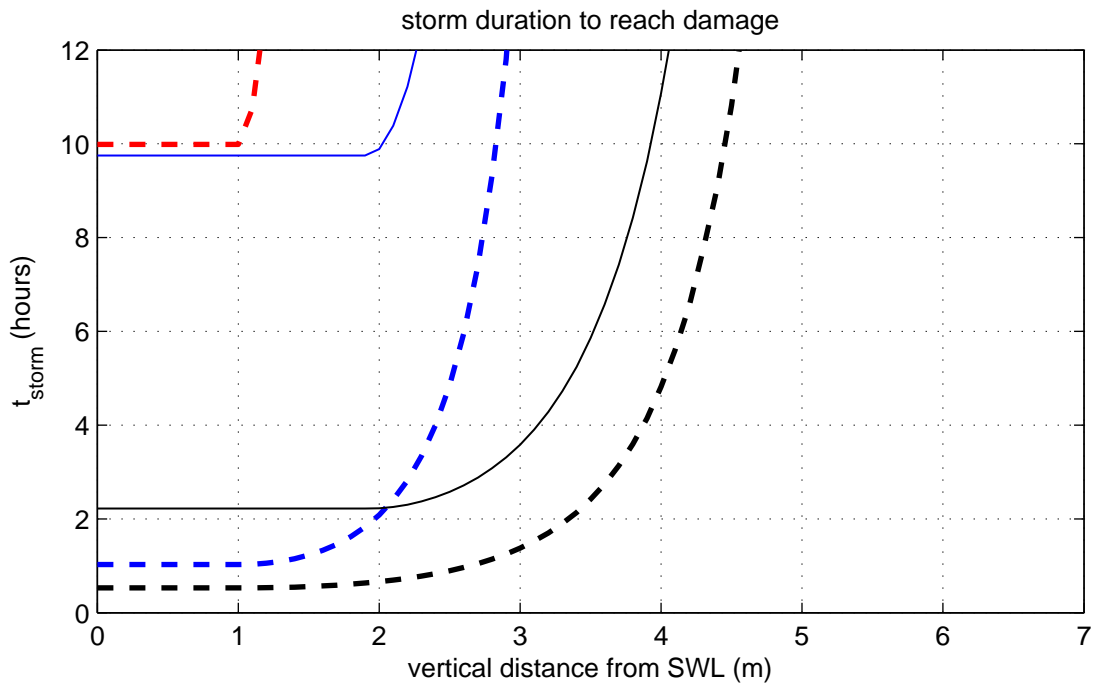


Overgangen in grasbekleding

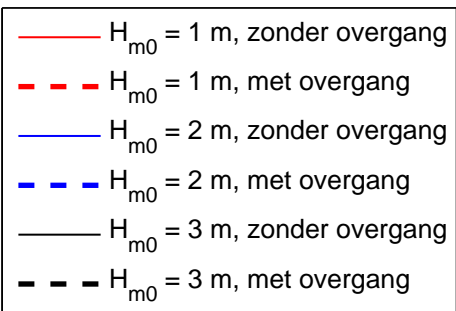
- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T1 (minimum)

$\alpha_M = 1.7$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding



Category T1 (minimum)

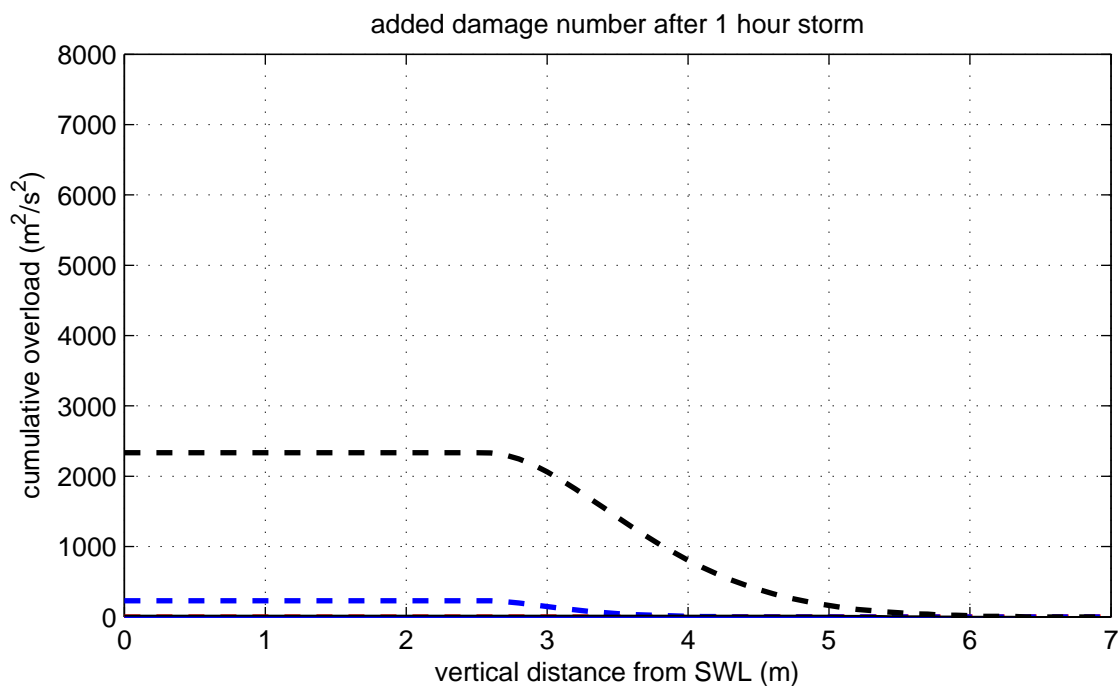
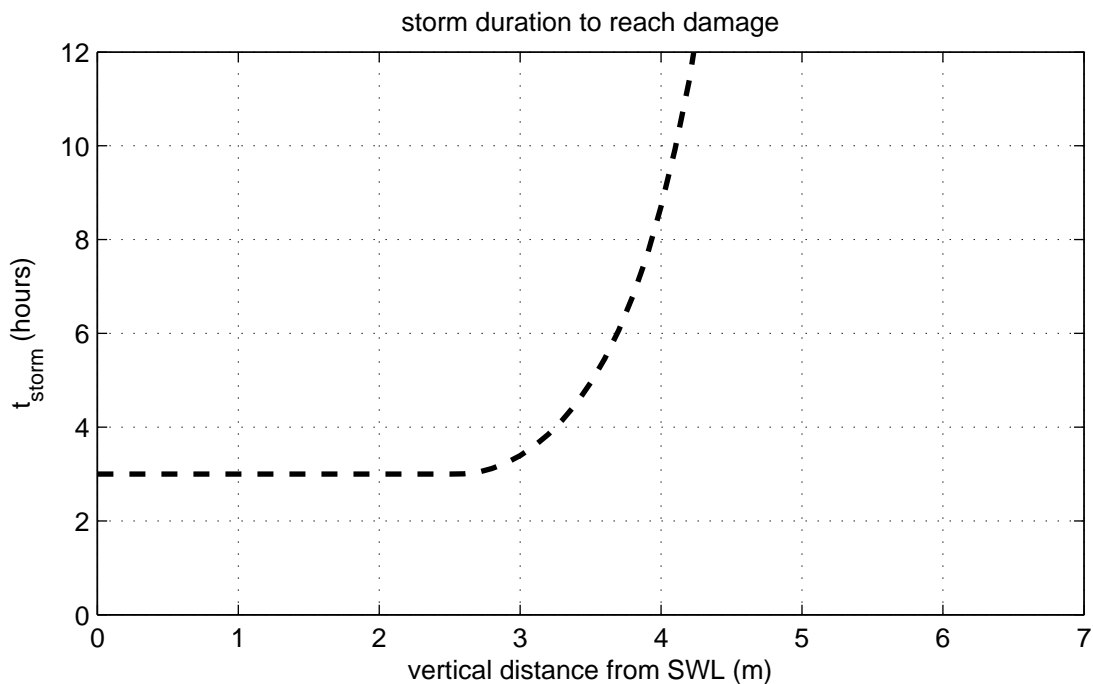
$$\alpha_M = 1.7$$

$$\alpha_s = 0.89$$

$$U_{crit} = 8 \text{ m/s}$$

$$S_{op} = 0.04$$

$$D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$$



Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T2

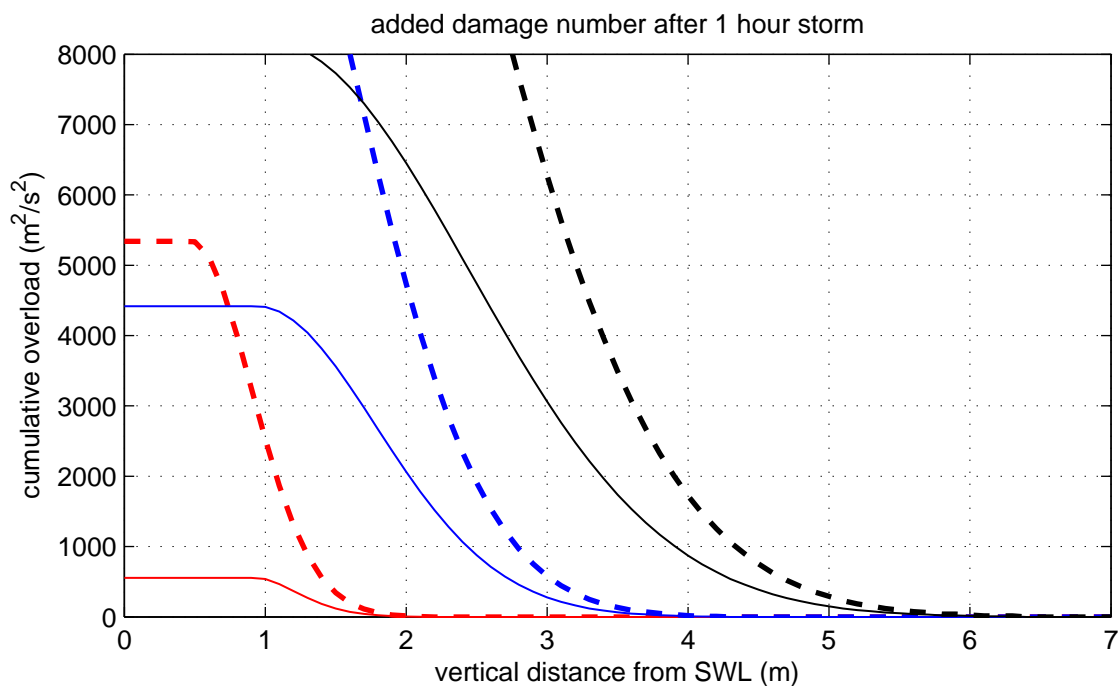
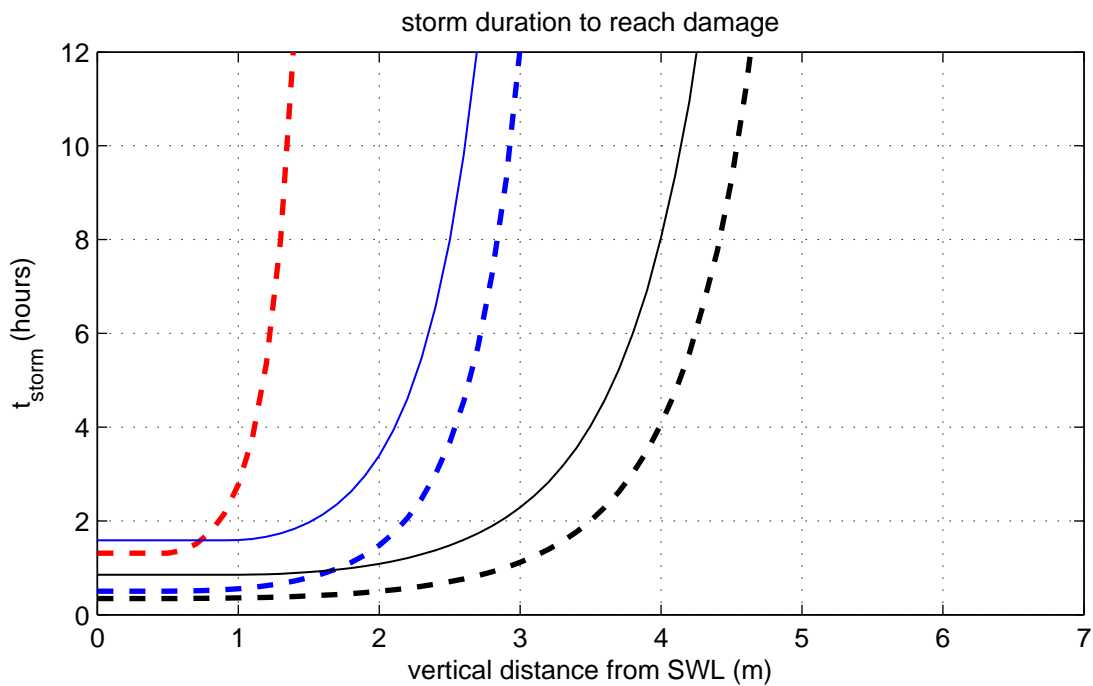
$\alpha_M = 1.75$

$\alpha_s = 0.89$

$U_{crit} = 3.5$ m/s

$S_{op} = 0.04$

$D = 7000$ m²/s²

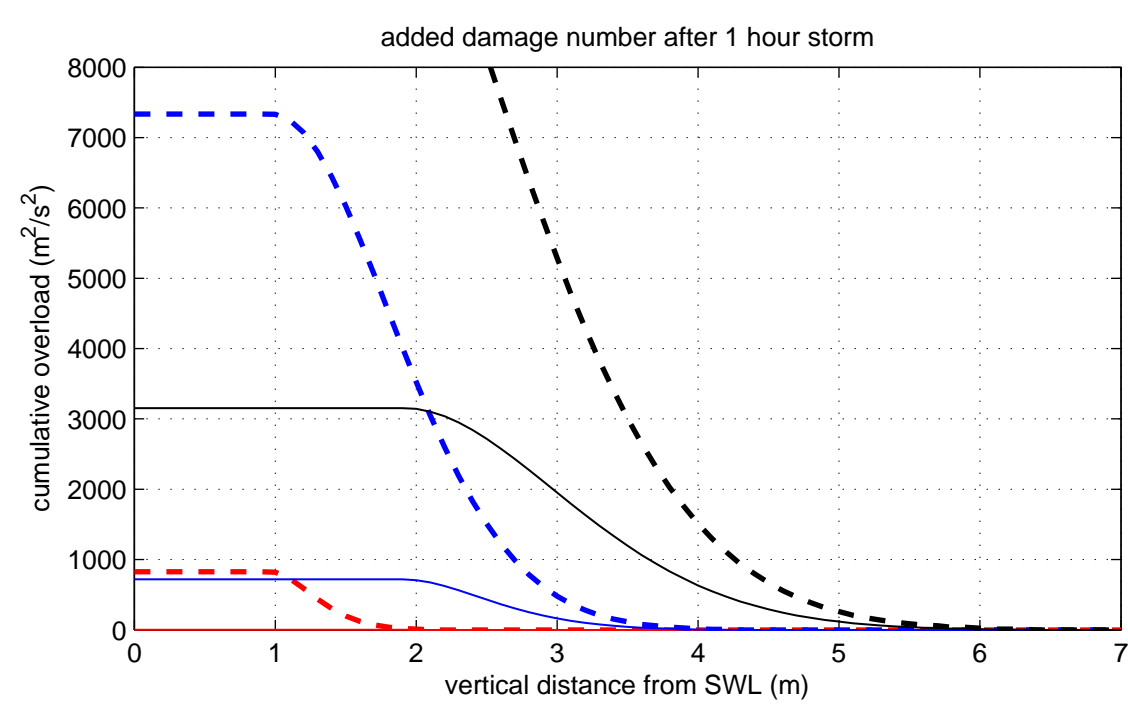
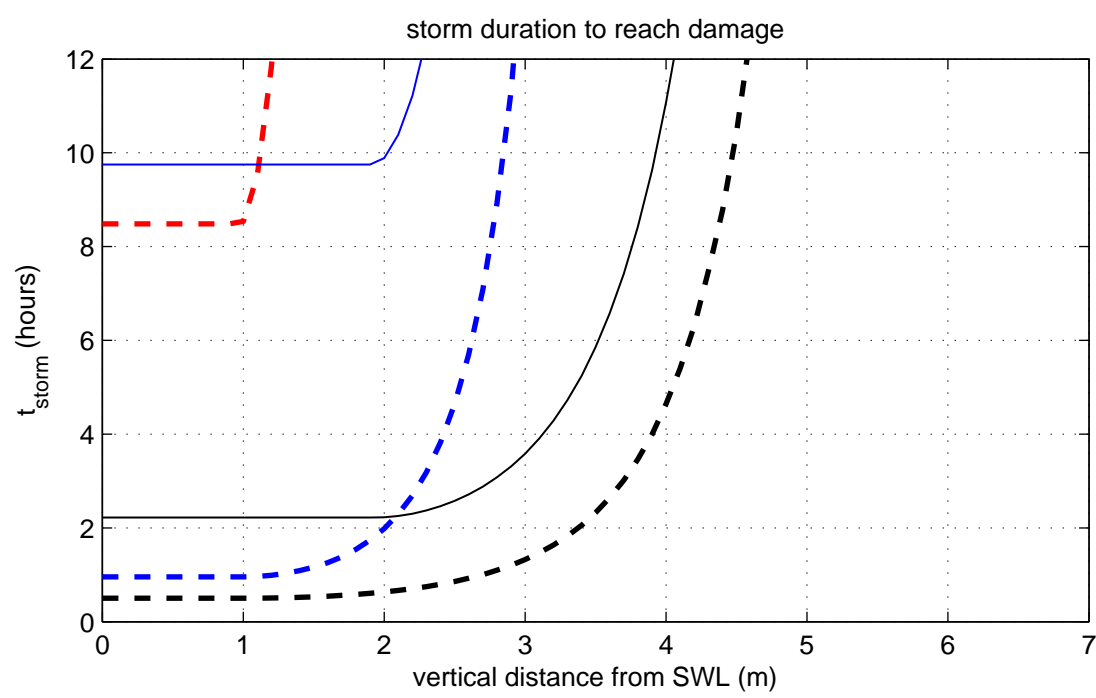


Overgangen in grasbekleding

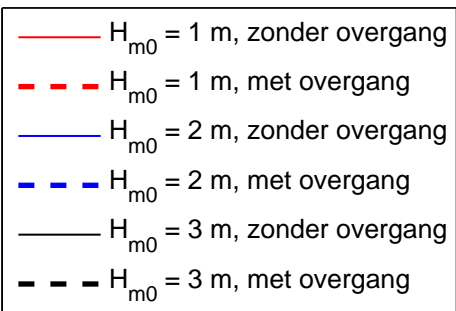
- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T2

$\alpha_M = 1.75$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.11



Category T2

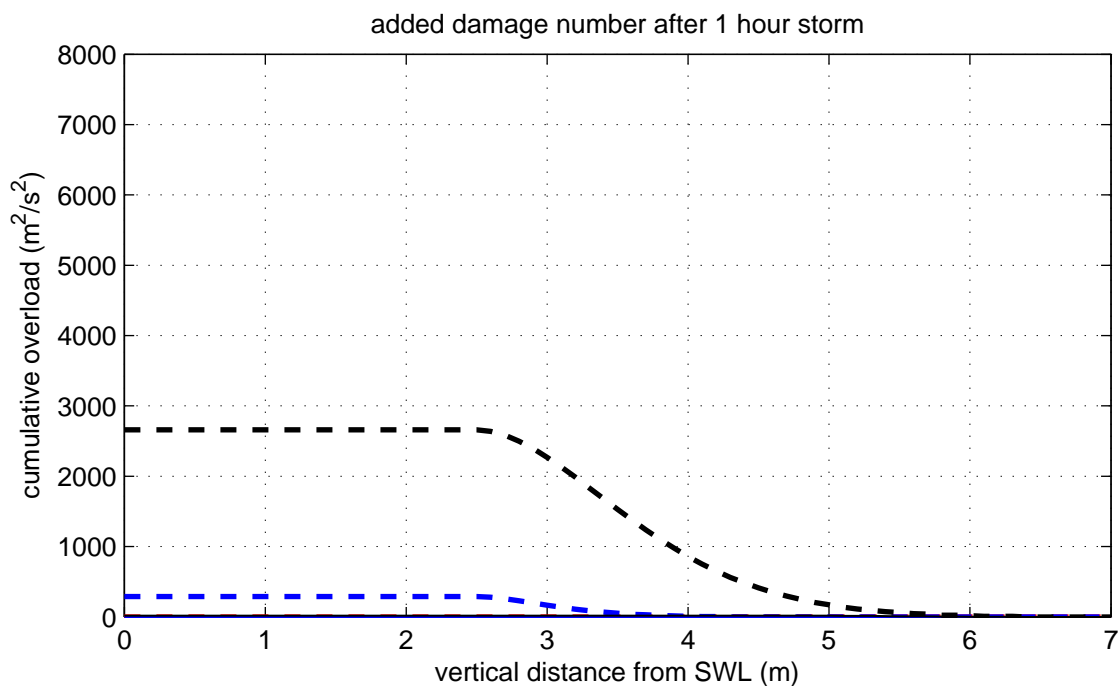
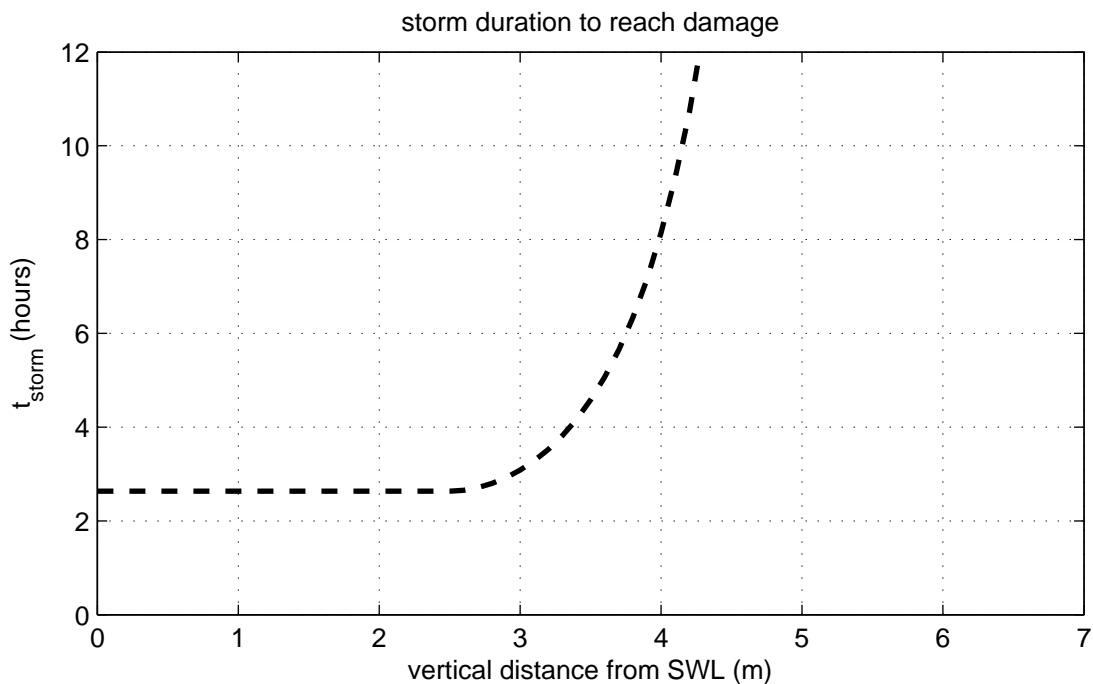
$\alpha_M = 1.75$

$\alpha_s = 0.89$

$U_{crit} = 8$ m/s

$S_{op} = 0.04$

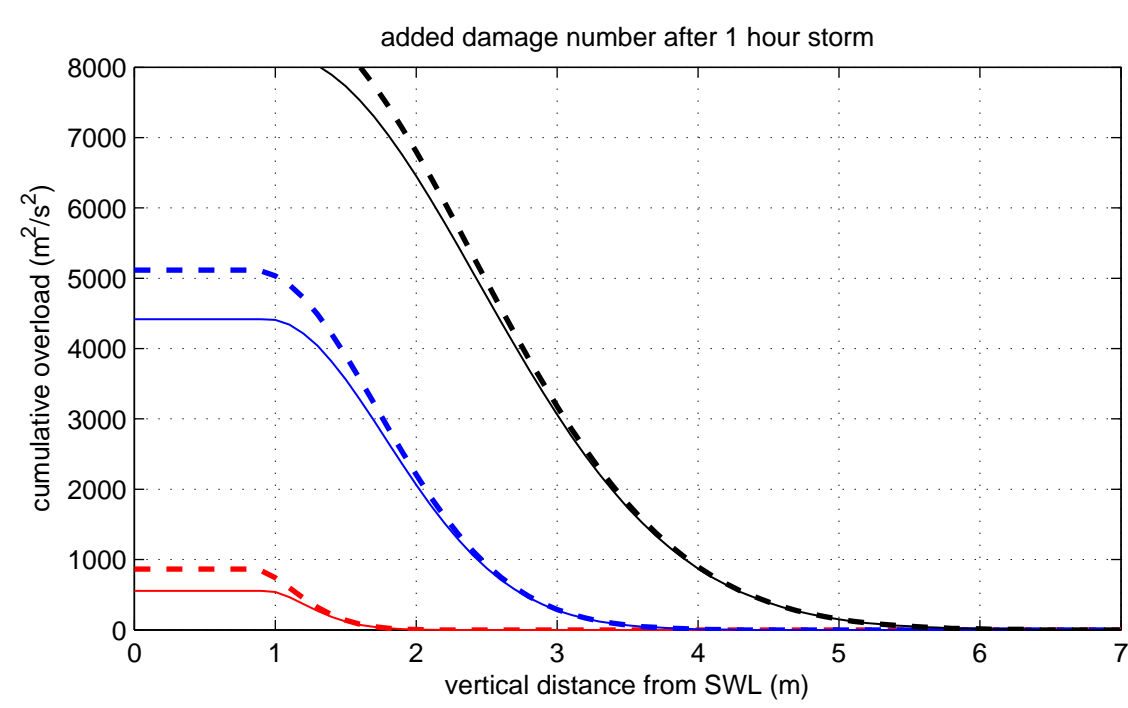
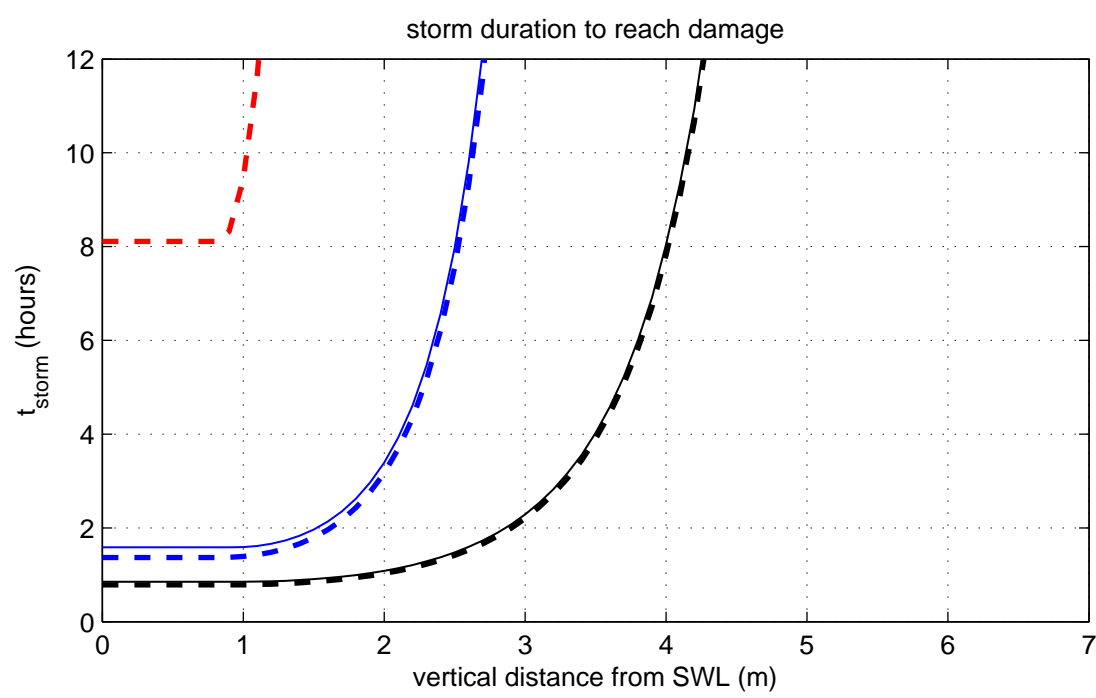
$D = 7000$ m²/s²



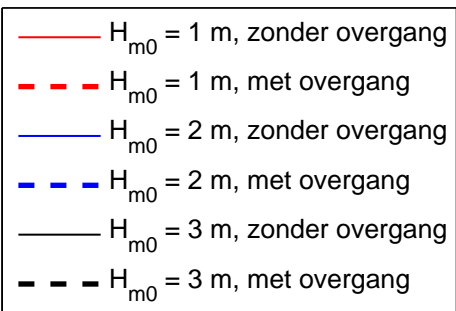
Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T3
 $\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 3.5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

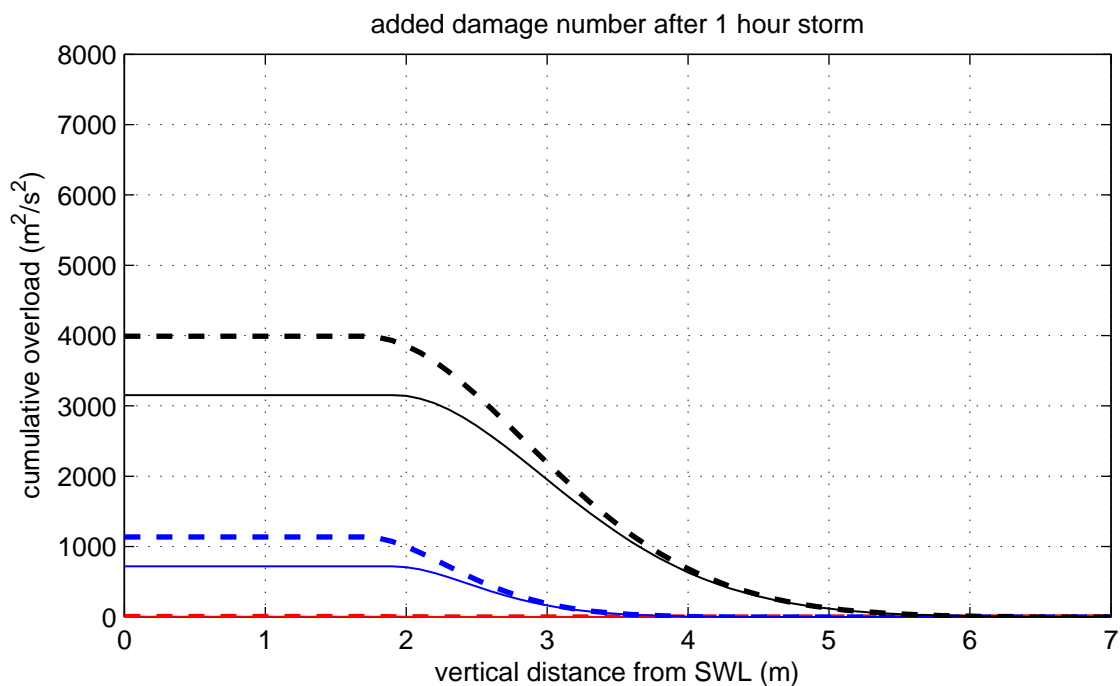
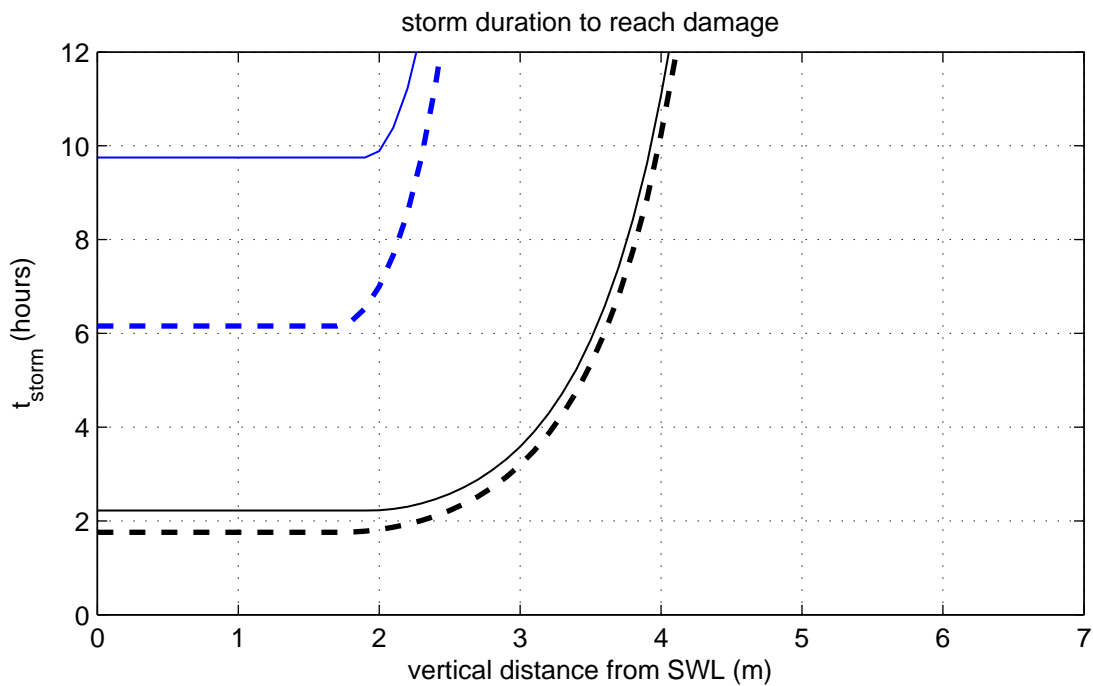


	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.13



Category T3

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

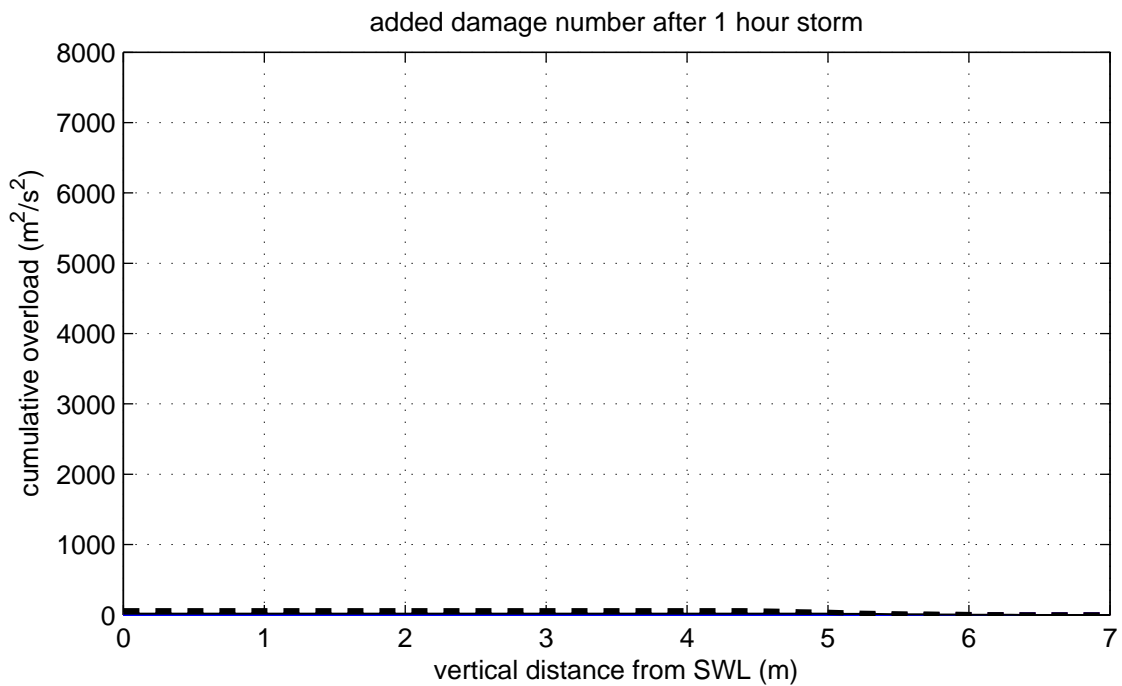
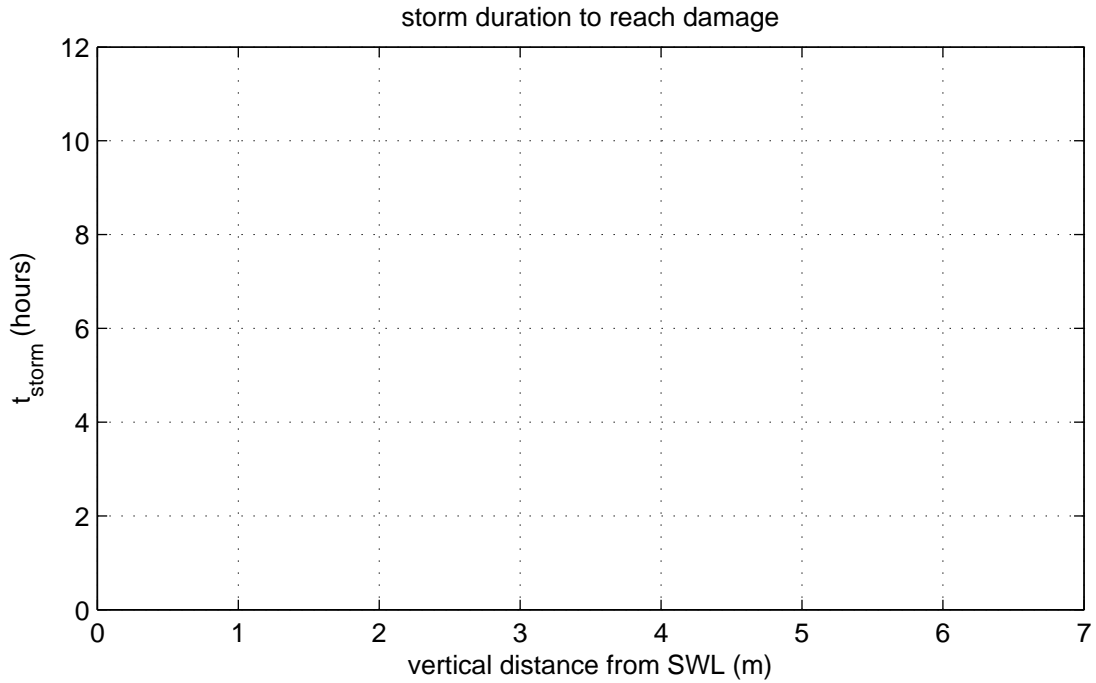


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T3

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

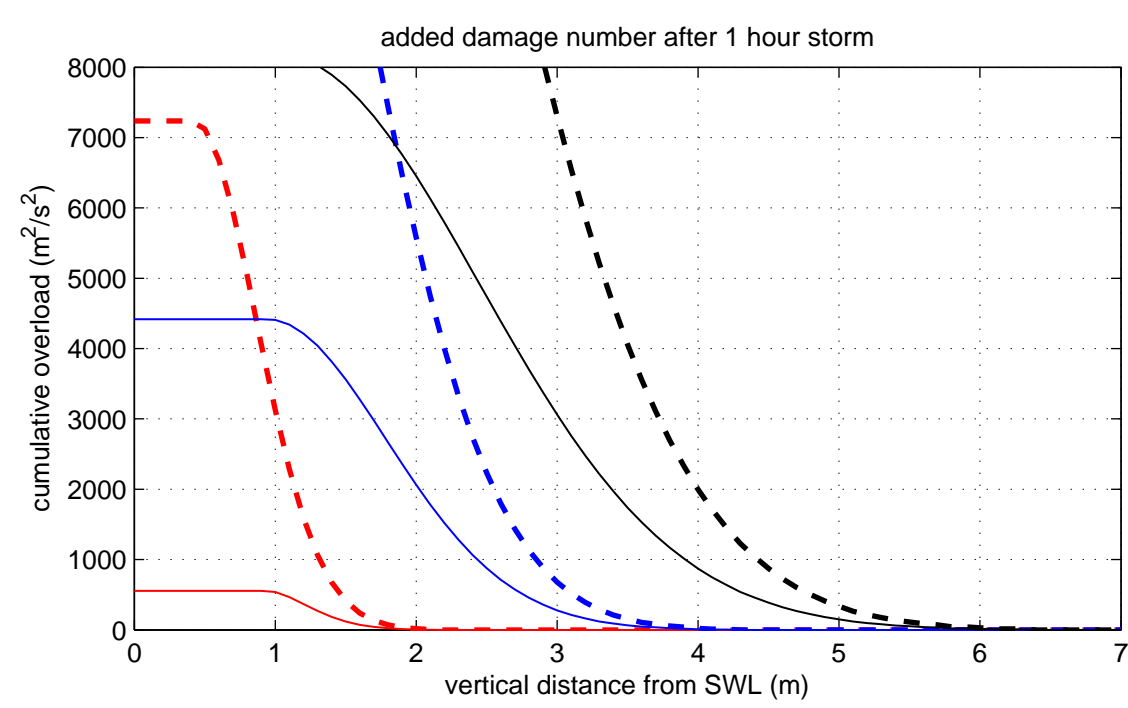
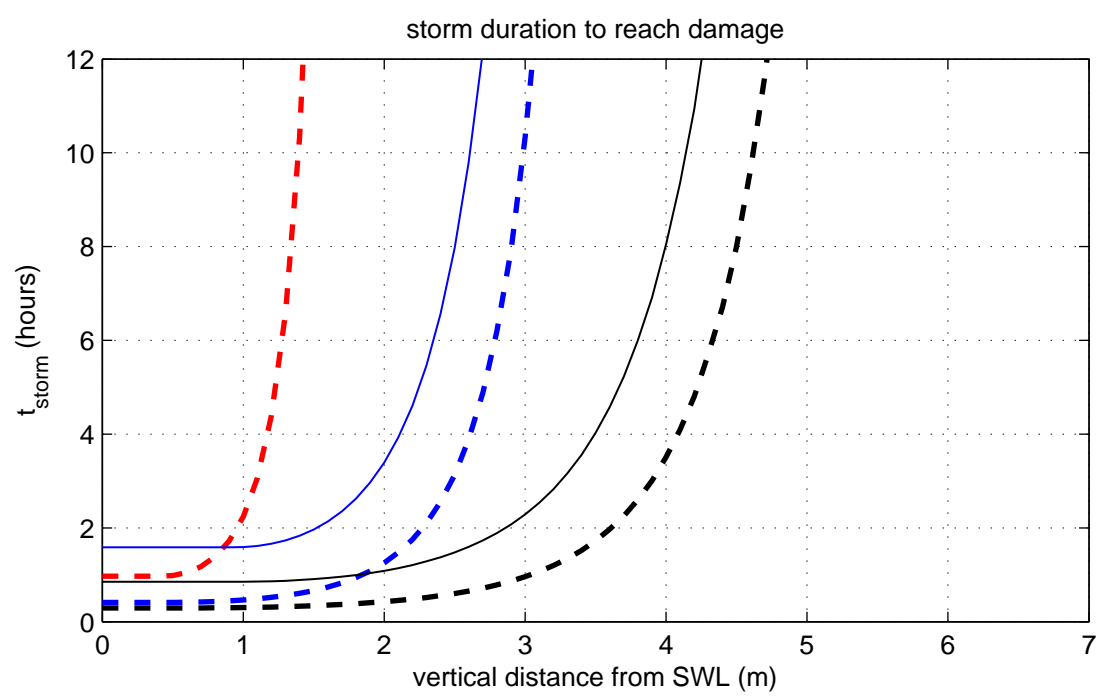


	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.15

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T5

$\alpha_M = 2$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 3.5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

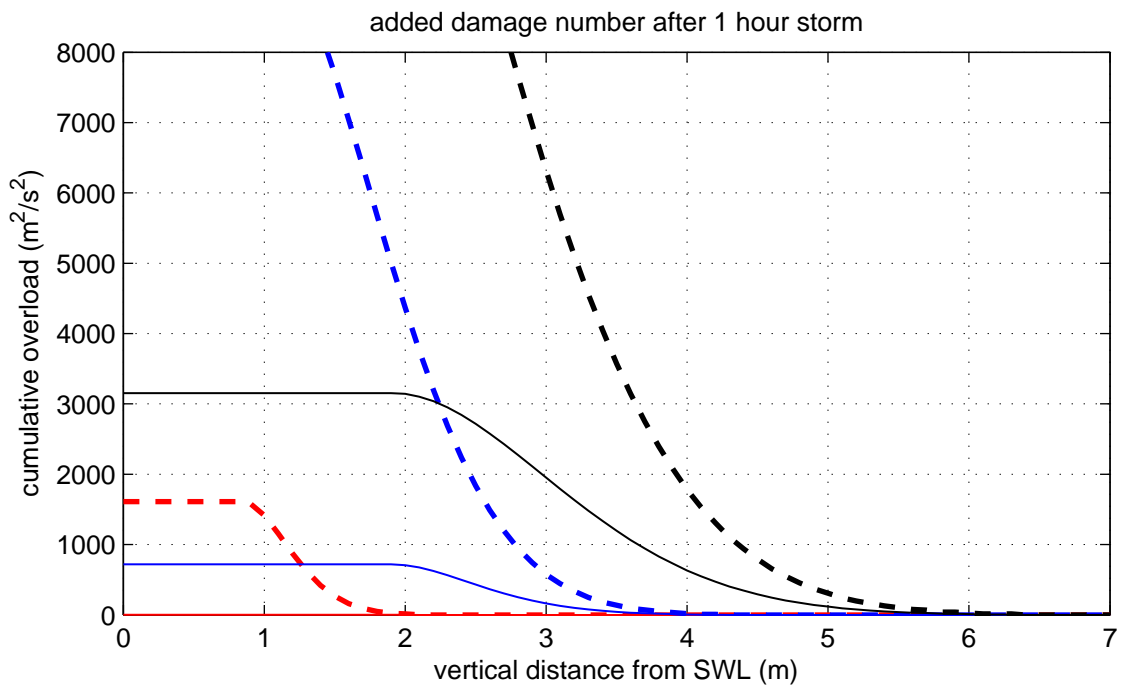
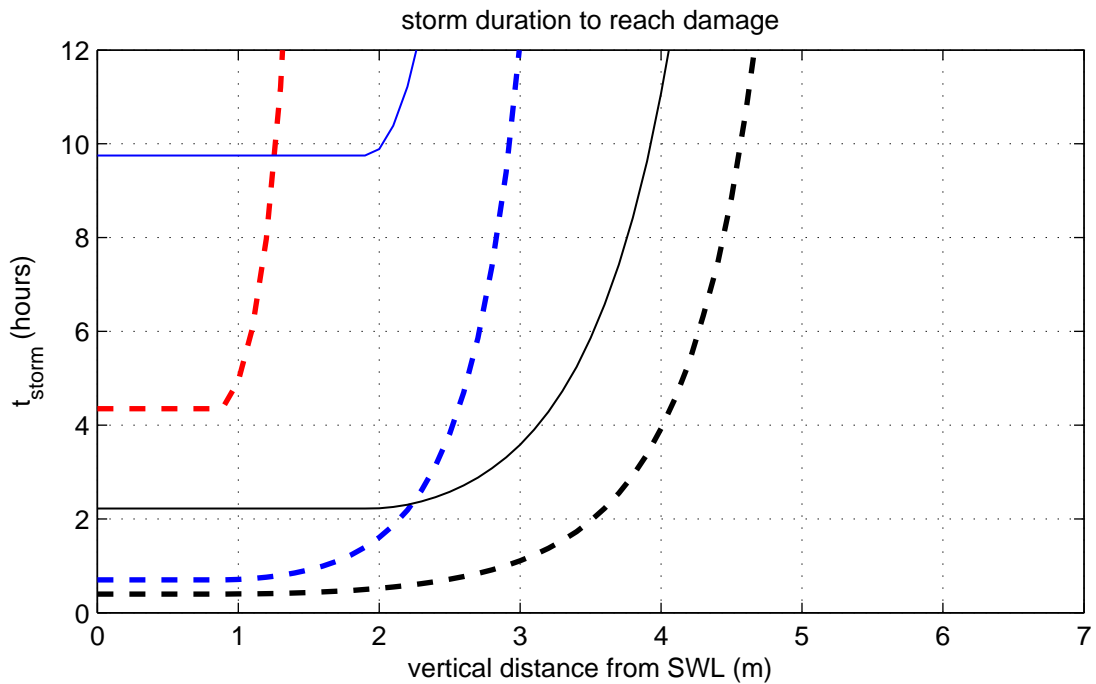


	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.16

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T5

$\alpha_M = 2$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

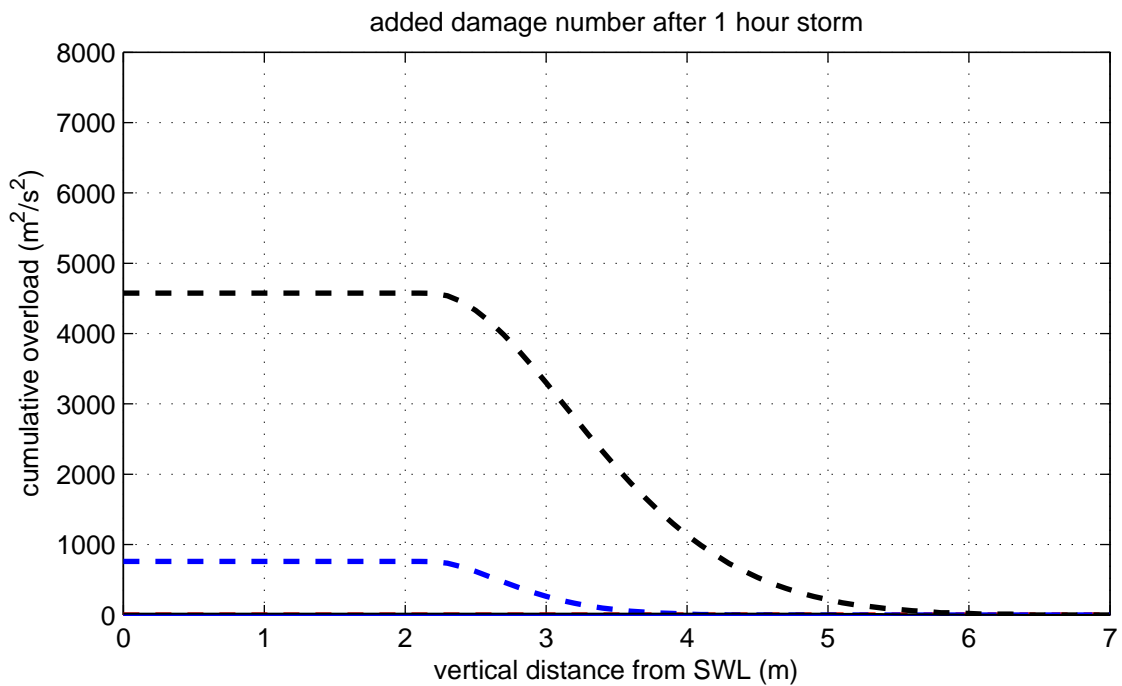
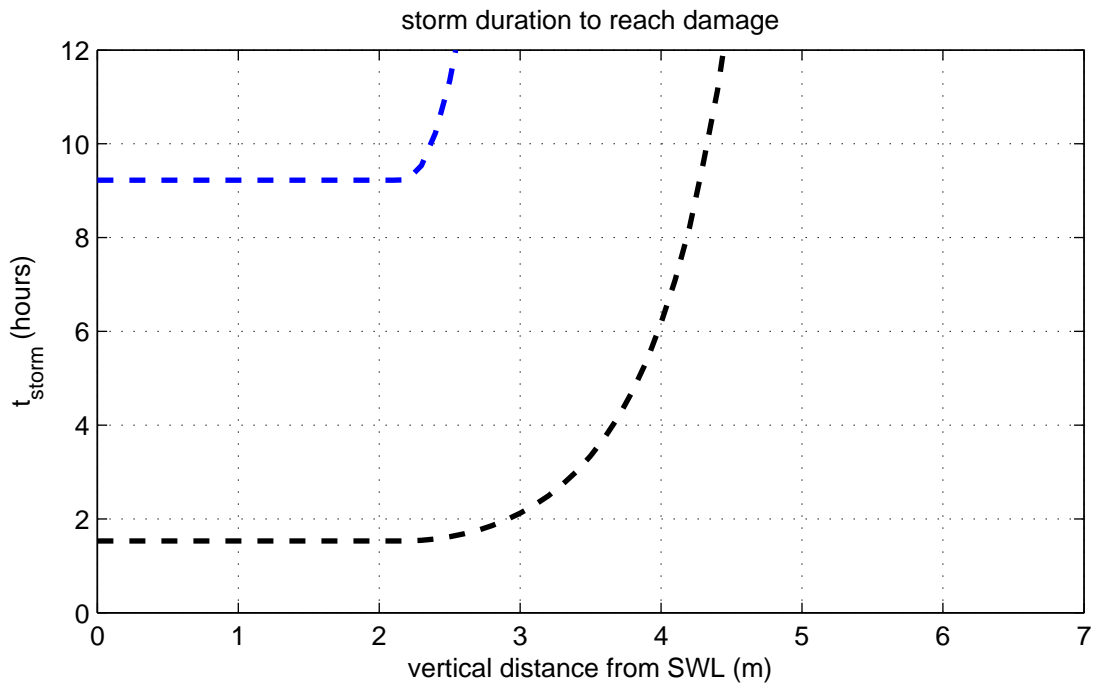


Overgangen in grasbekleding

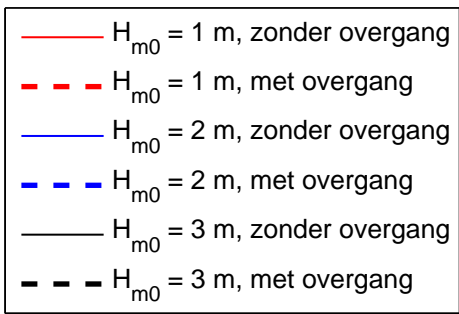
- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T5

$\alpha_M = 2$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding



Category T6

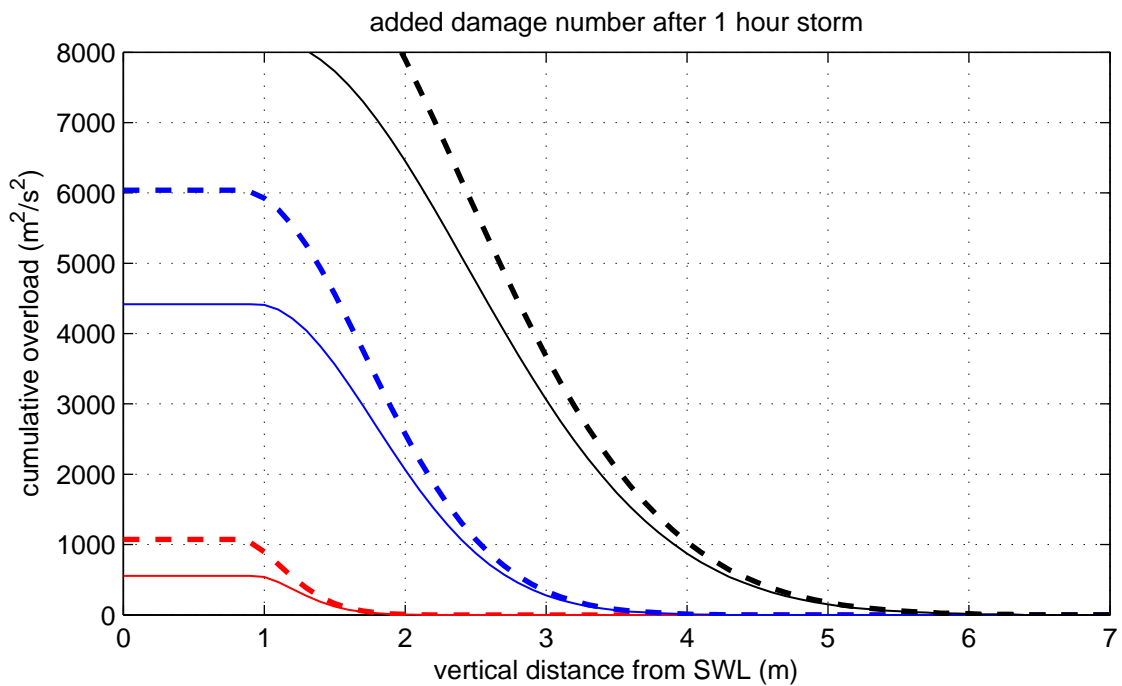
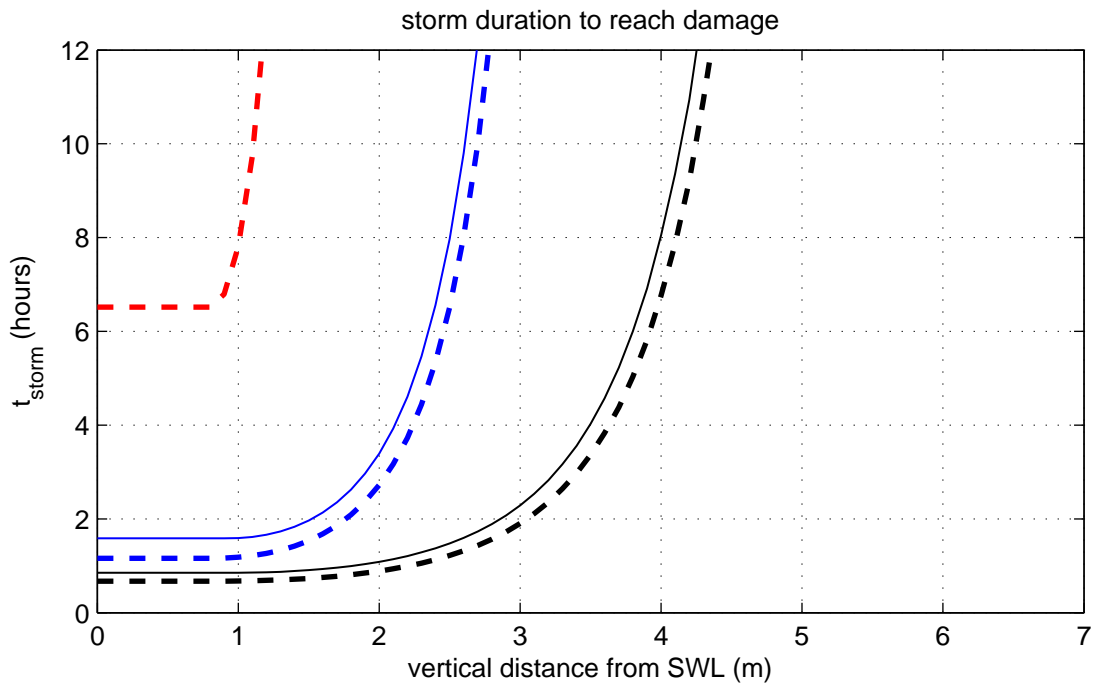
$\alpha_M = 1.15$

$\alpha_s = 1$

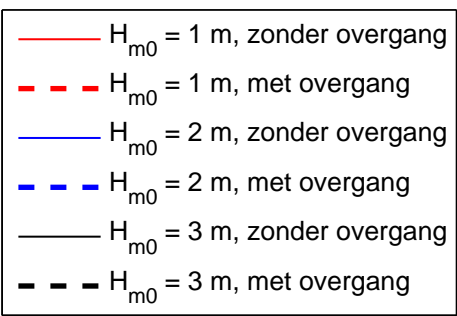
$U_{crit} = 3.5$ m/s

$S_{op} = 0.04$

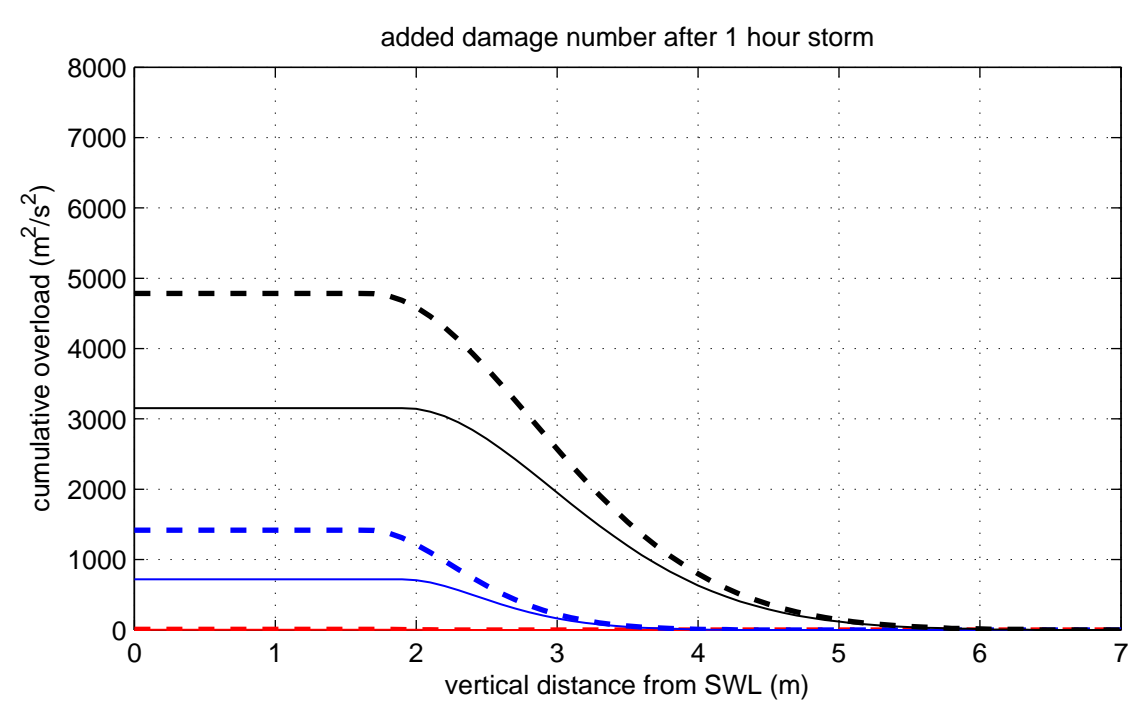
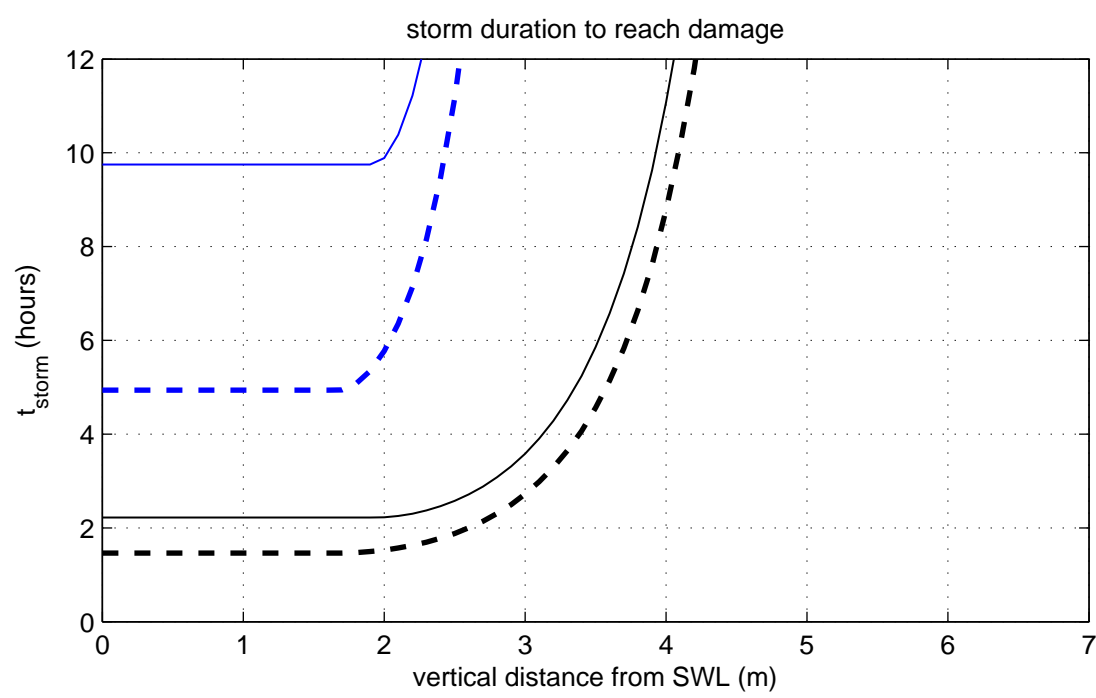
$D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding



Category T6
 $\alpha_M = 1.15$
 $\alpha_s = 1$
 $U_{crit} = 5 \text{ m/s}$
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000 \text{ m}^2/\text{s}^2$

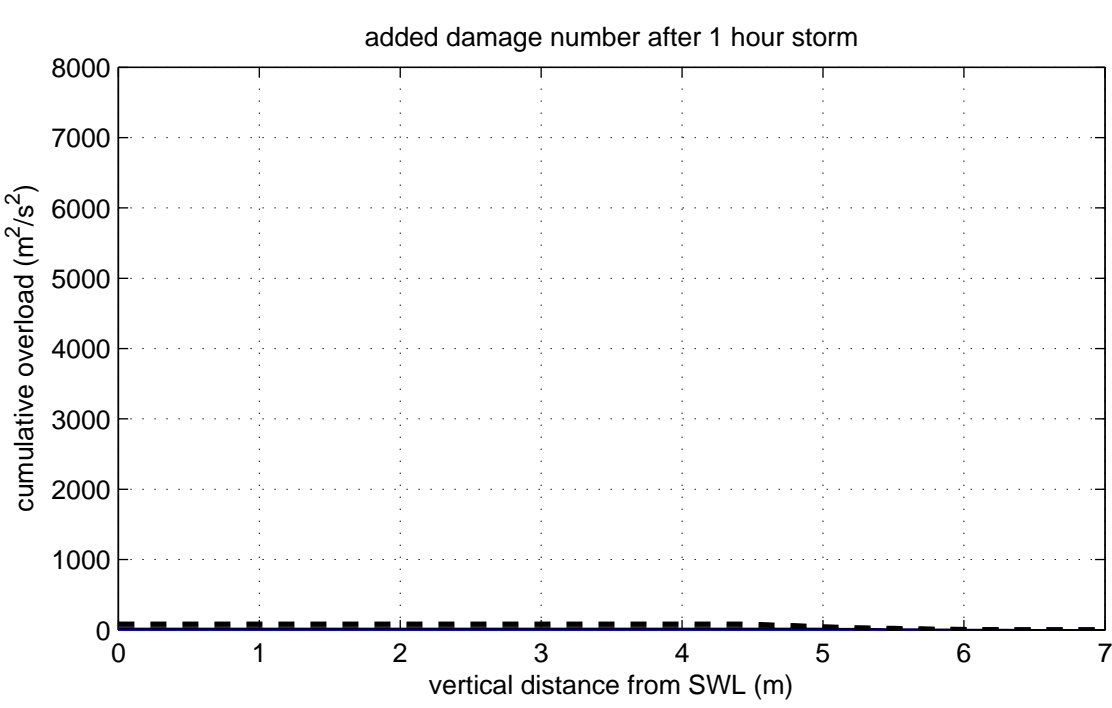
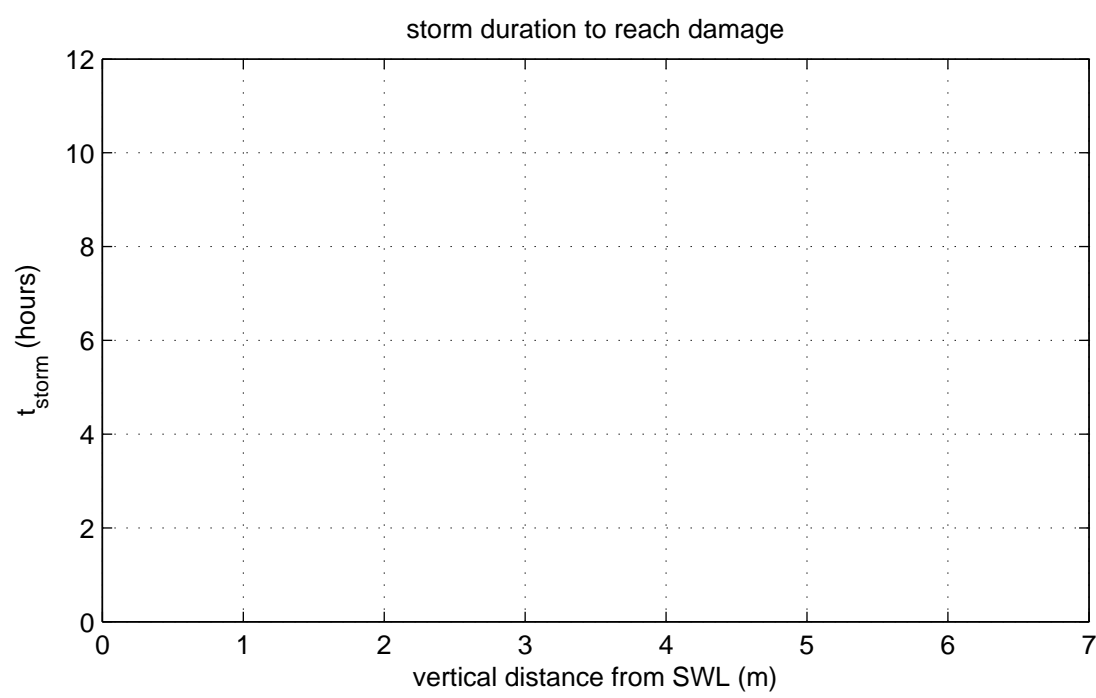


		Overgangen in grasbekleding
Deltares	1220039.007	Fig C.20

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T6

$\alpha_M = 1.15$
 $\alpha_s = 1$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

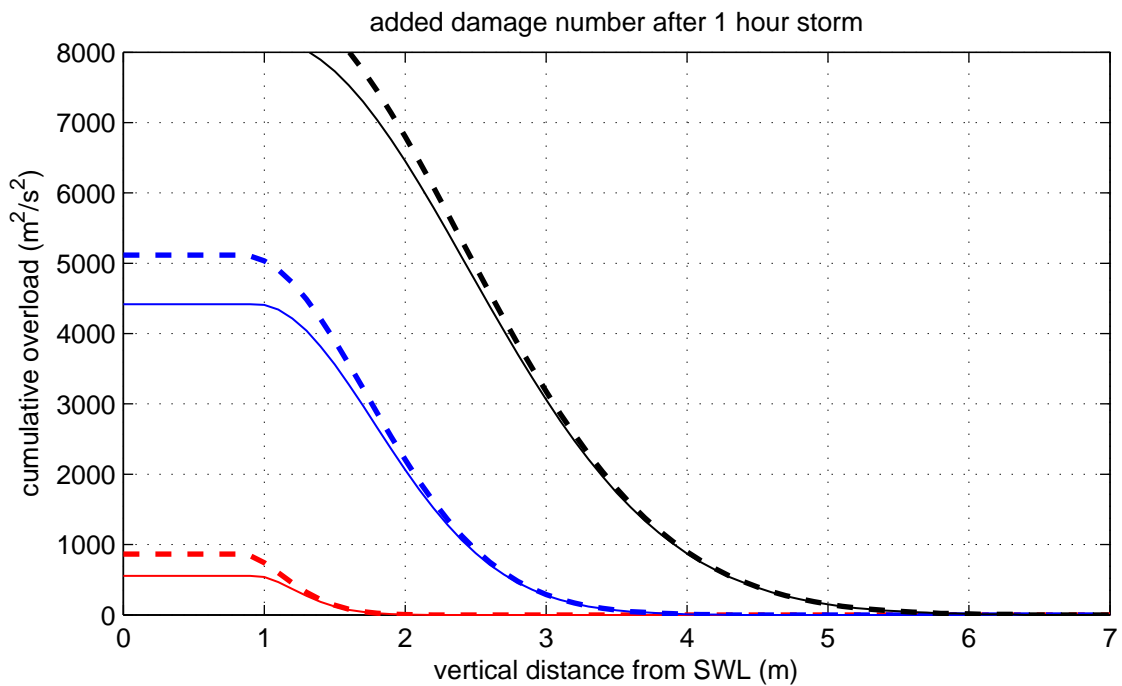
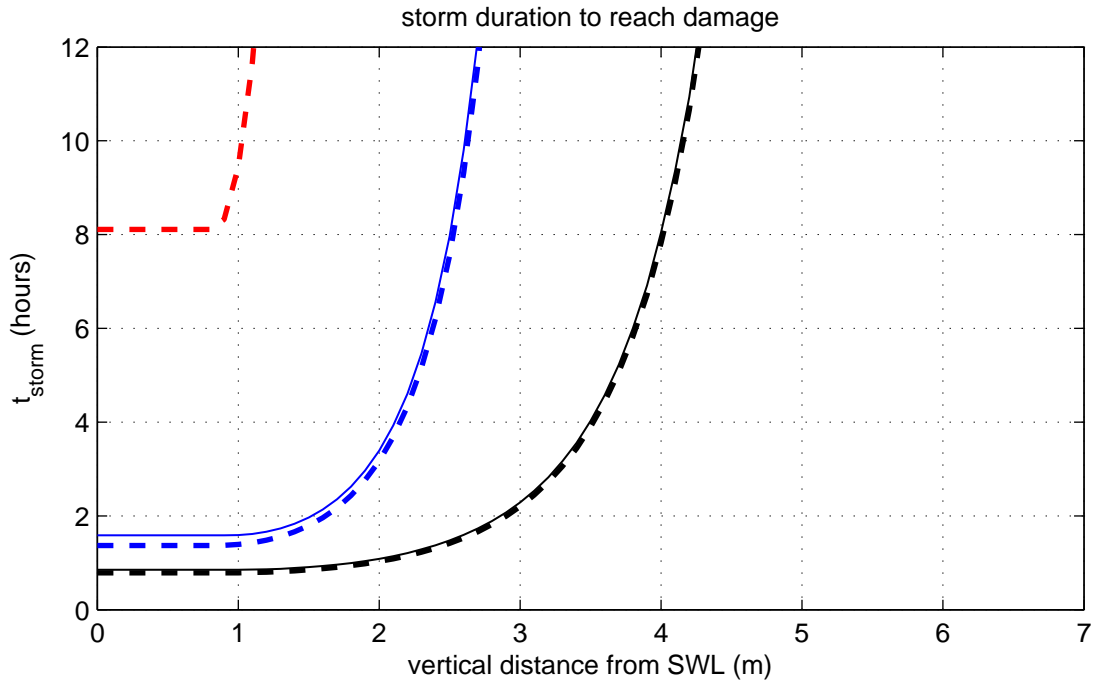


	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.21

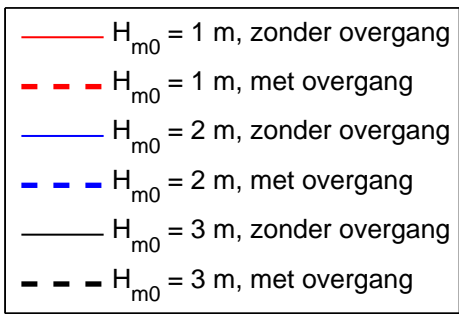
- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T7, T8 and T9

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 3.5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

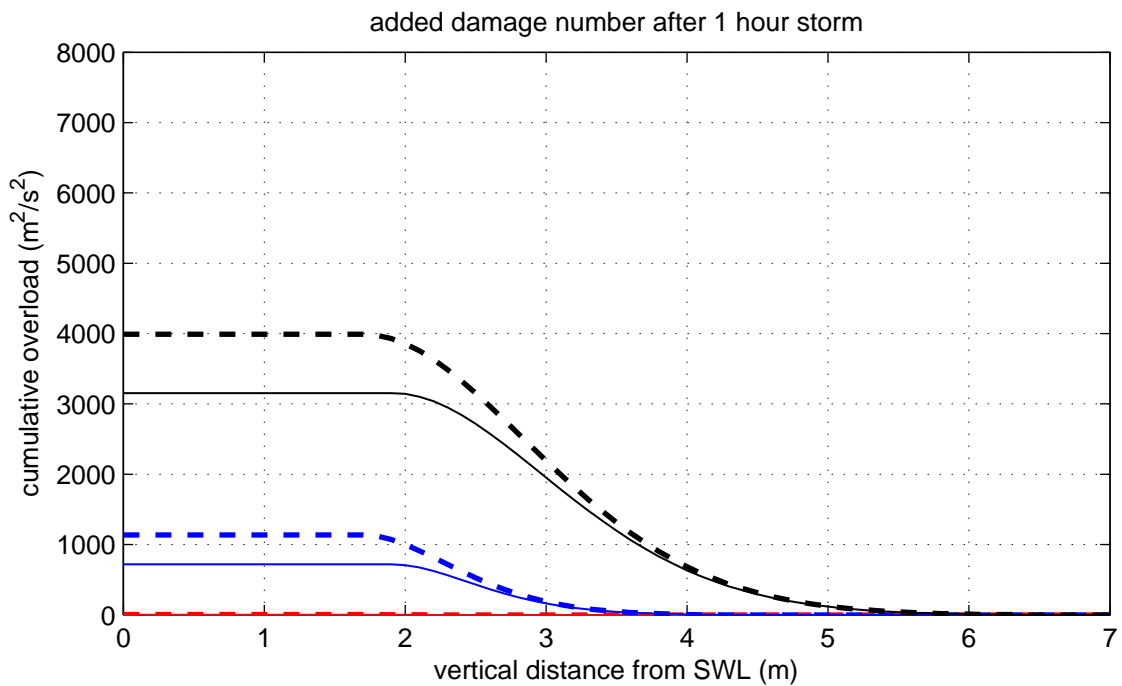
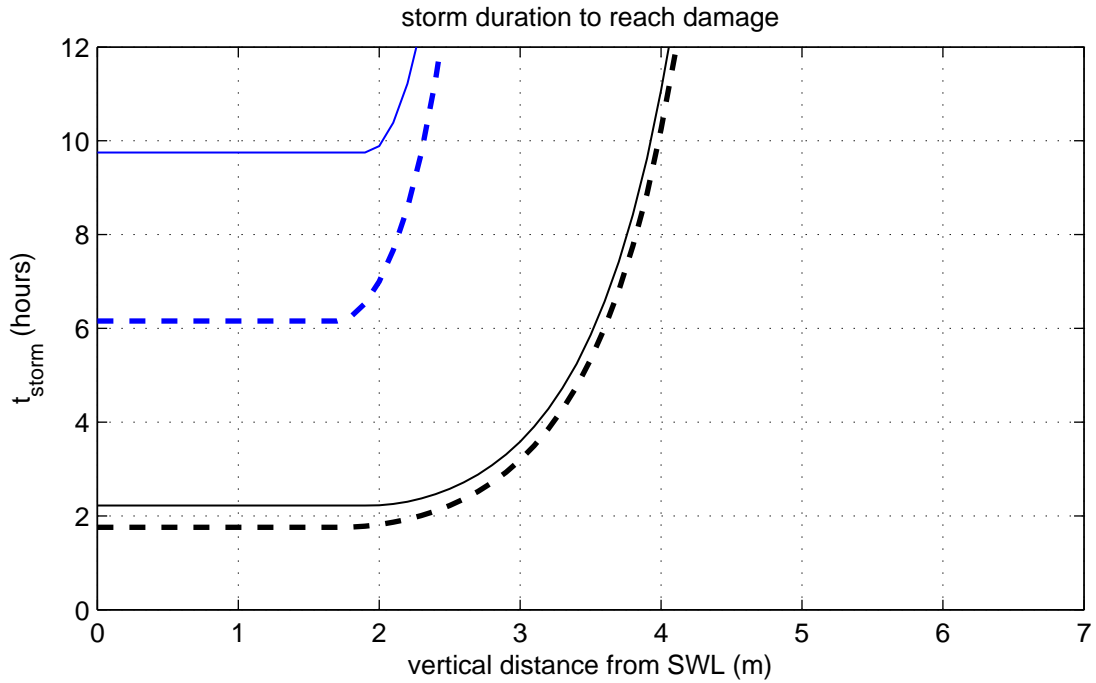


Overgangen in grasbekleding



Category T7, T8 and T9

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

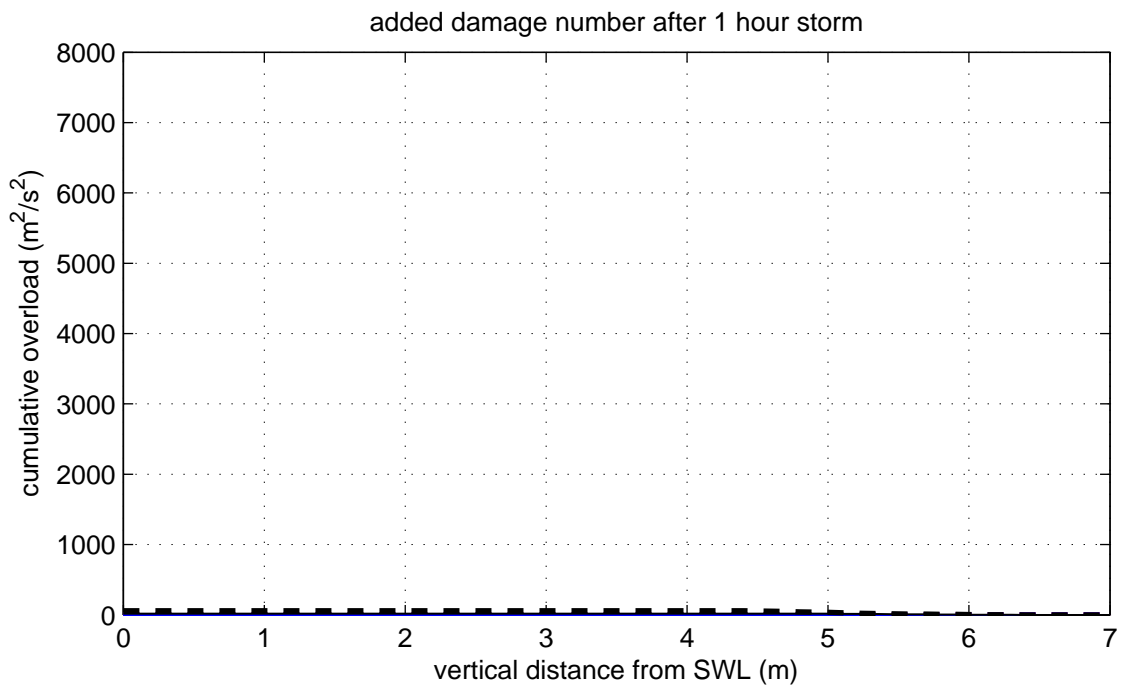
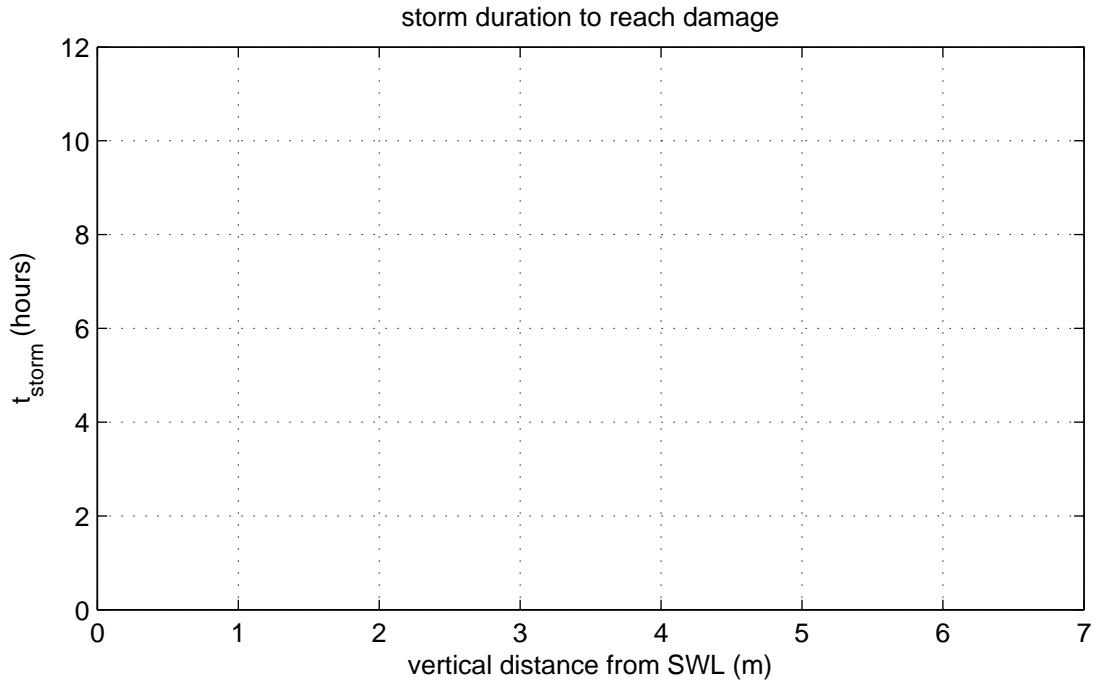


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category T7, T8 and T9

$\alpha_M = 1$
 $\alpha_s = 0.89$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $S_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category TXX (maximum theoretische invloed)

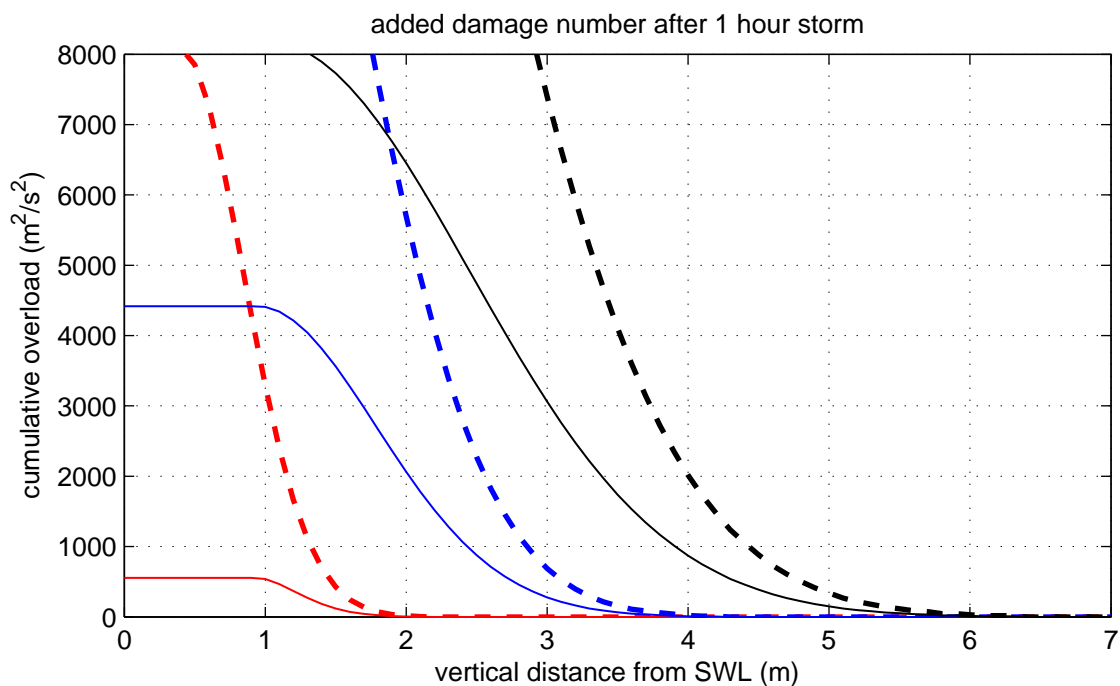
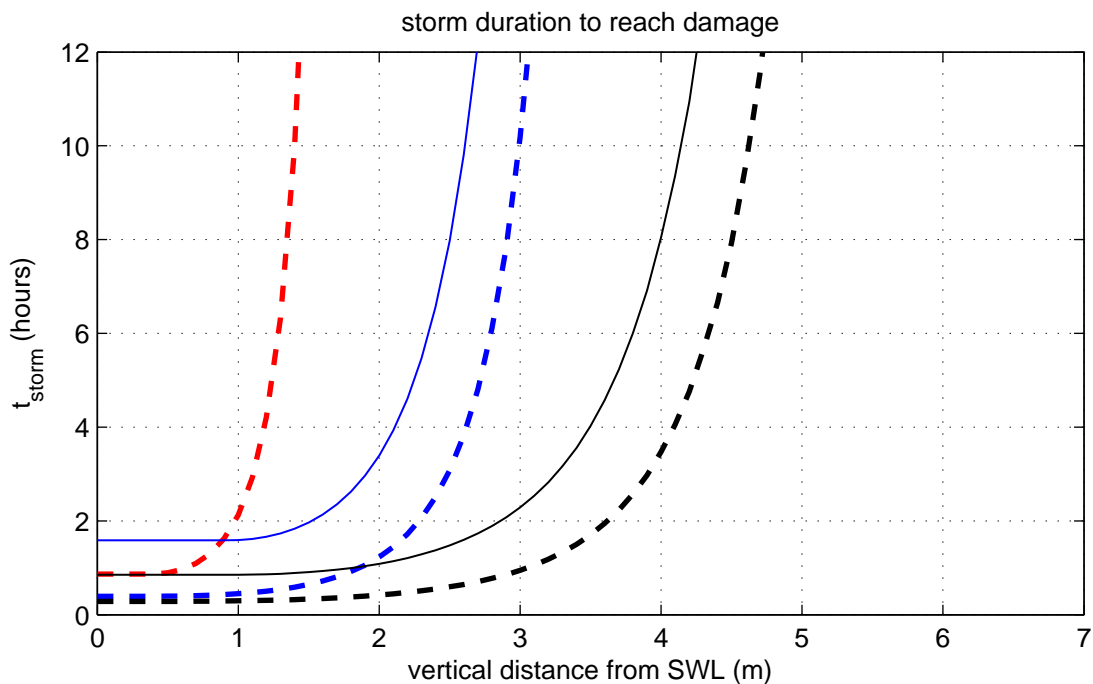
$\alpha_M = 2$

$\alpha_s = 0.8$

$U_{crit} = 3.5$ m/s

$s_{op} = 0.04$

$D = 7000$ m²/s²

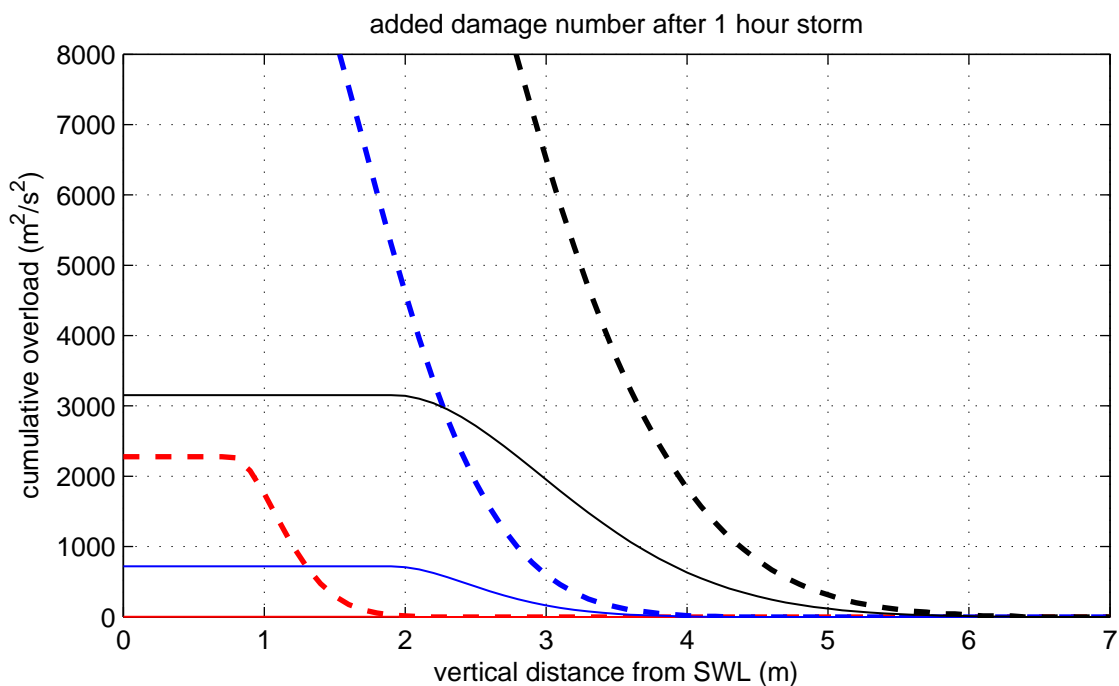
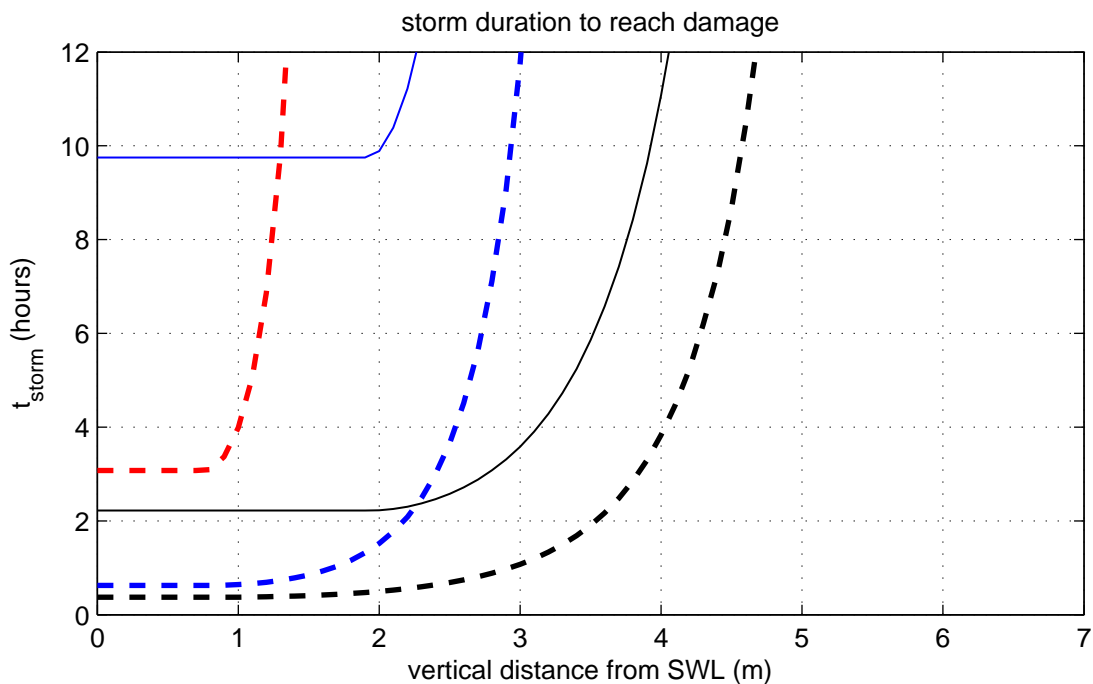


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category TXX (maximum theoretische invloed)

$\alpha_M = 2$
 $\alpha_s = 0.8$
 $U_{crit} = 5$ m/s
 $s_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²

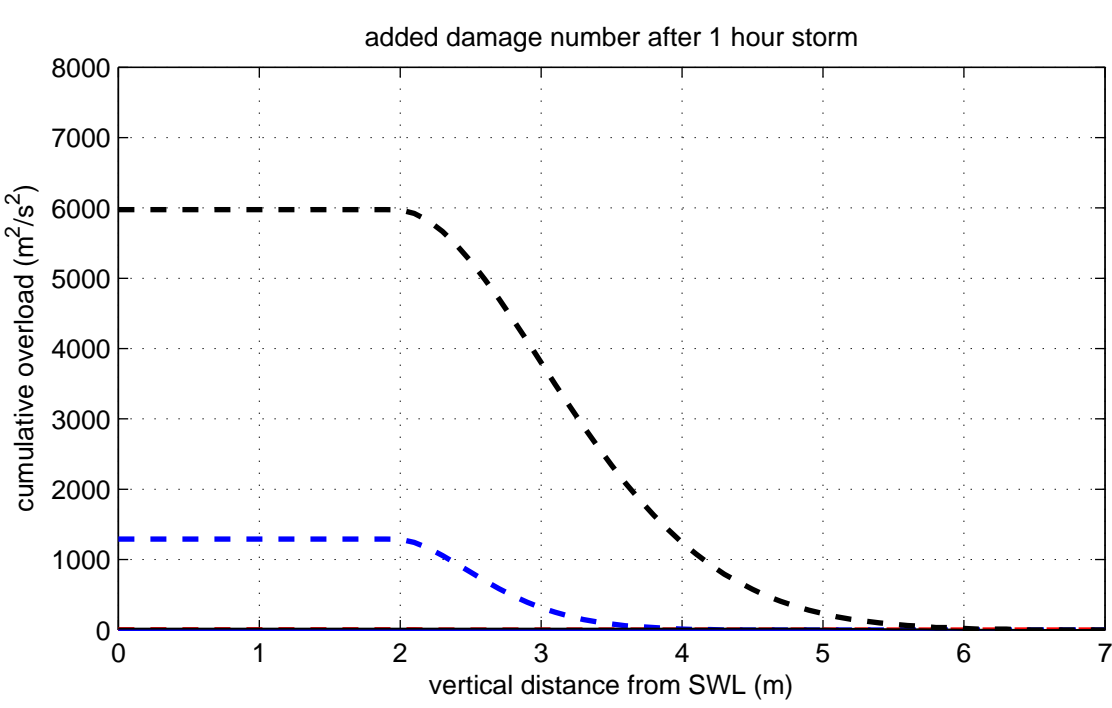
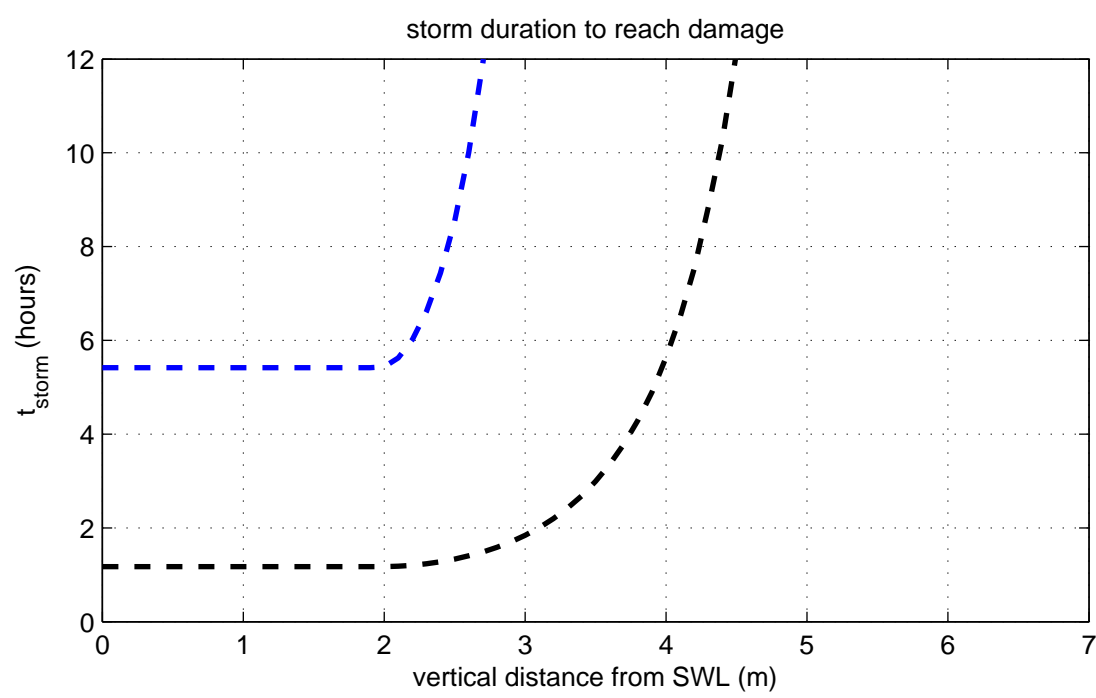


Overgangen in grasbekleding

- $H_{m0} = 1$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 1$ m, met overgang
- $H_{m0} = 2$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 2$ m, met overgang
- $H_{m0} = 3$ m, zonder overgang
- - $H_{m0} = 3$ m, met overgang

Category TXX (maximum theoretische invloed)

$\alpha_M = 2$
 $\alpha_s = 0.8$
 $U_{crit} = 8$ m/s
 $s_{op} = 0.04$
 $D = 7000$ m²/s²



	Overgangen in grasbekleding	
Deltares	1220039.007	Fig C.27

D Beschrijving categorieën overgangen

Memo

Aan

-

Datum

17 april 2015

Aantal pagina's

6

Van

Paul van Steeg

Doorkiesnummer

+31(0)88335 8376

E-mail

paul.vansteege@deltares.nl

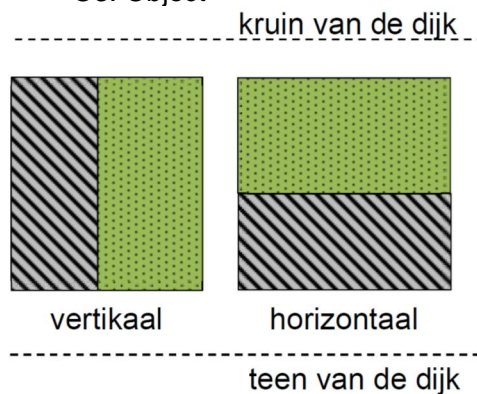
Onderwerp

Overzicht overgangen in grasbekledingen

Overzicht categorieën overgangen

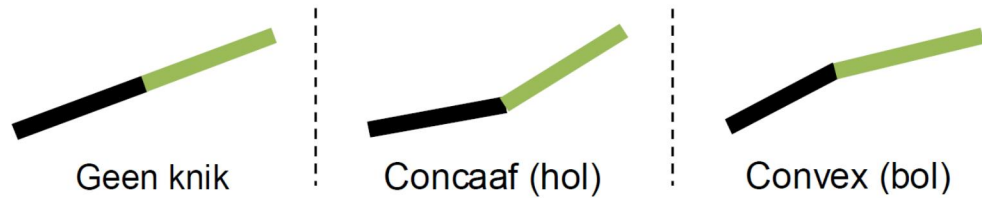
In Van Steeg (2014) worden overgangen op vier niveaus onderscheiden. Deze zijn hieronder samengevat.

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



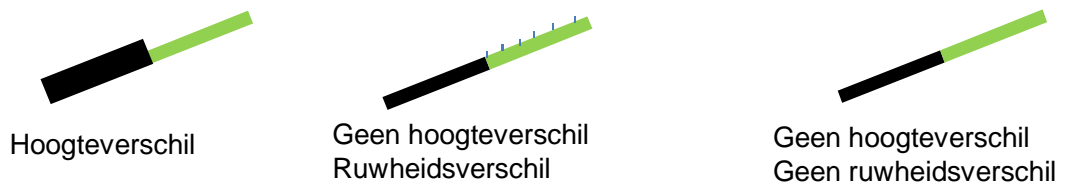
Figuur 0.1 Verticale overgang en horizontale overgang (Van Steeg, 2013a)

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



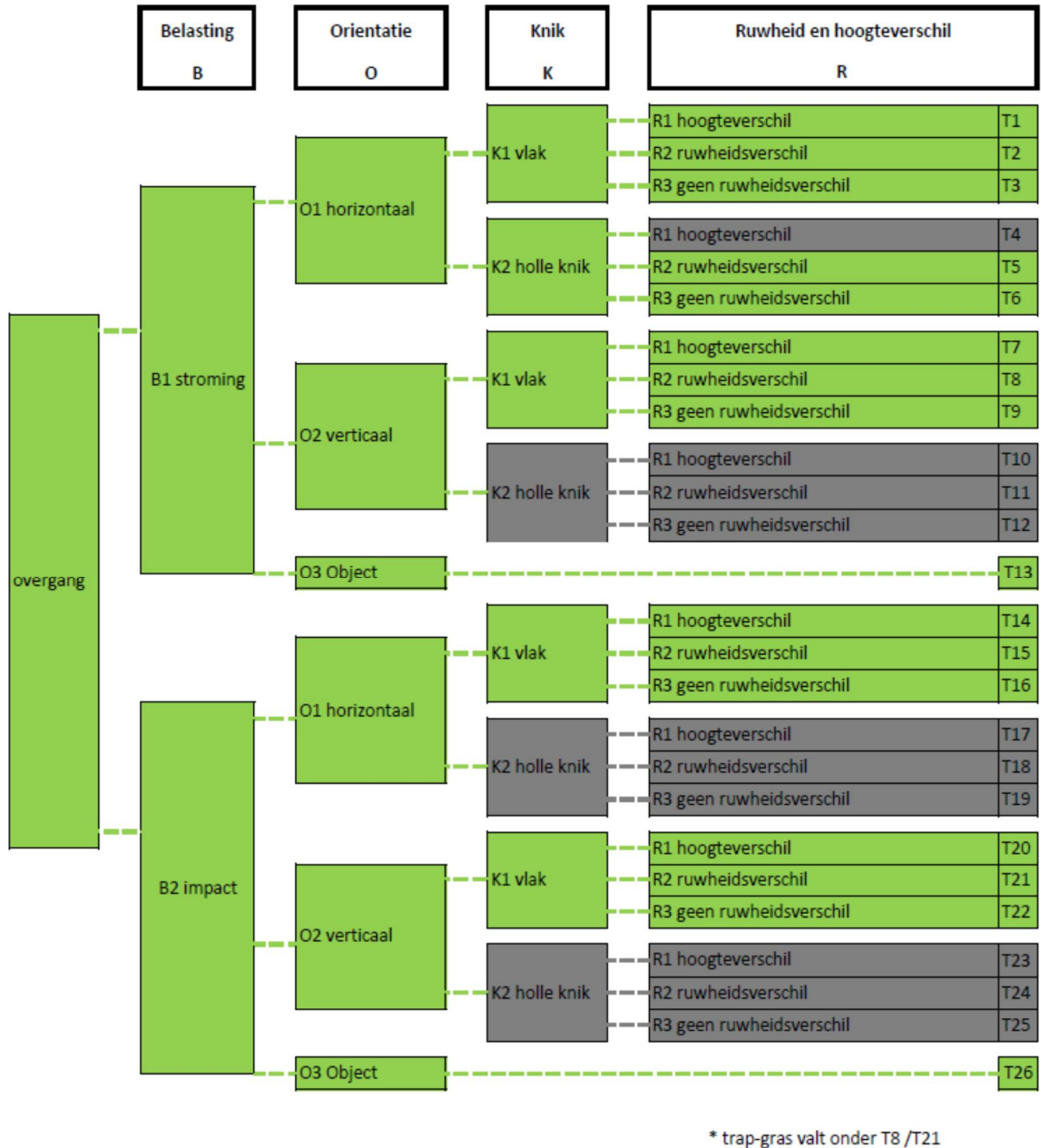
Figuur 0.2 Indeling overgangen op basis van knikken (Bron: Van Steeg, 2013a)

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



Figuur 0.3 Indeling overgangen op basis van hoogteverschil en ruwheidsverschil. Hier aangegeven op basis van een horizontale overgang

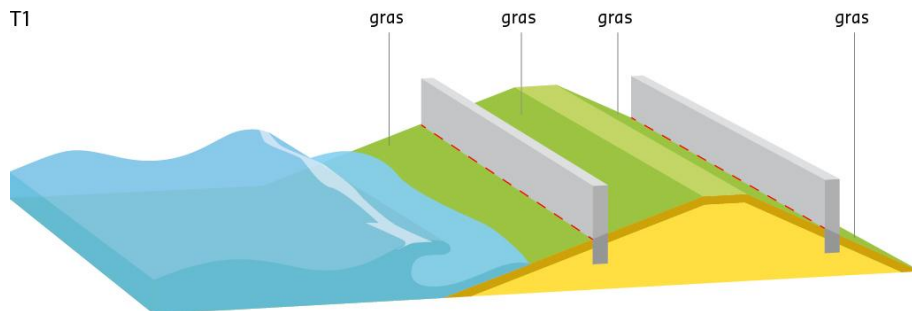
De mogelijke combinaties van deze vier aspecten zijn verkend wat heeft geleid tot 26 combinaties waarvan zestien combinaties worden gezien als interessant. Dit is weergegeven in Figuur 0.4. Illustratieve voorbeelden van deze zestien categorieën zijn weergegeven in Figuur 0.5 tot en met Figuur 0.13.



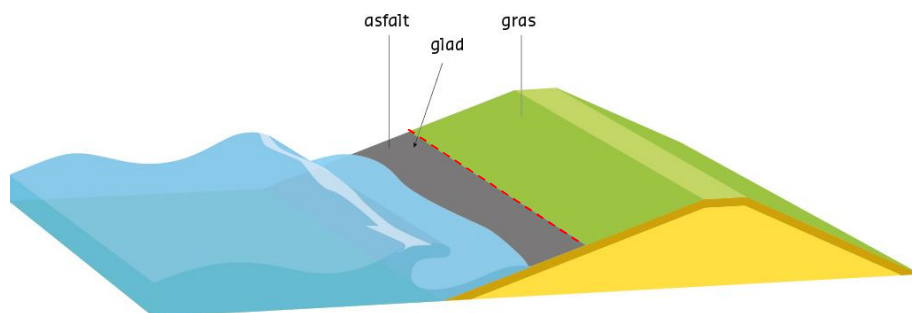
Figuur 0.4 Overzicht mogelijke combinaties van type belasting (B), Oriëntatie (O), Knik (K) en hoogte- en ruwheidsverschil (H). Onderscheid is gemaakt tussen interessante typen overgangen (groen) en minder interessante overgangen (grijs).

Datum
17 april 2015

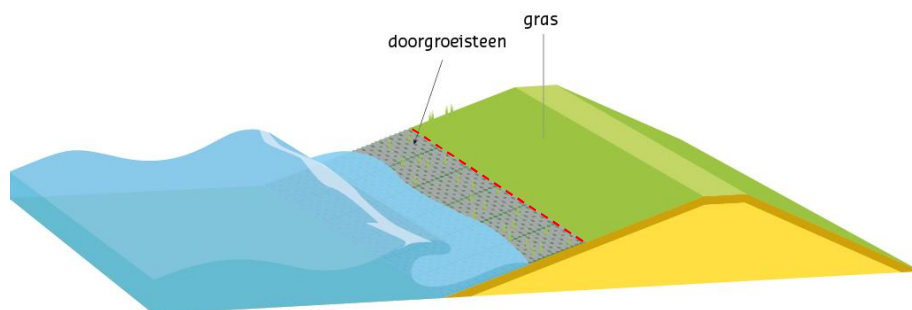
Pagina
4/6



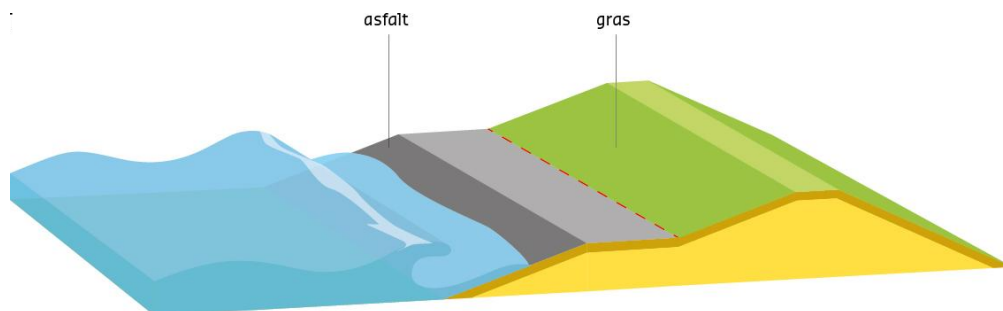
Figuur 0.5 Impressie van overgang van overgangstypen T1 in stromingszone en T14 in impactzone (horizontaal, vlak, hoogteverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)



Figuur 0.6 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)



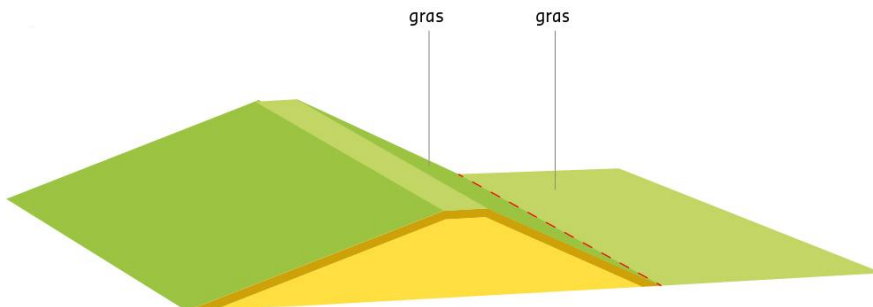
Figuur 0.7 Impressie van overgang van overgangstypen T3 in stromingszone en T16 in impactzone (horizontaal, vlak, geen ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven). Er wordt hier aangenomen dat doorgroeistenen met gras dezelfde ruwheid hebben als gras.



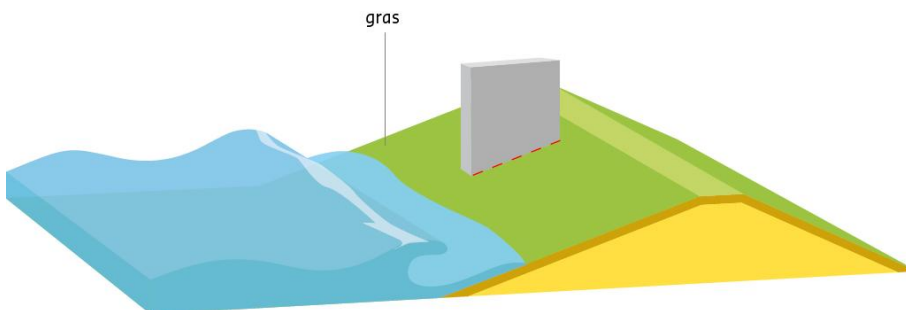
Figuur 0.8 Impressie van overgang van overgangstypen T5 op buitentalud (stroming, horizontaal, holle knik, ruwheidsverschil) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone weergegeven)

Datum
17 april 2015

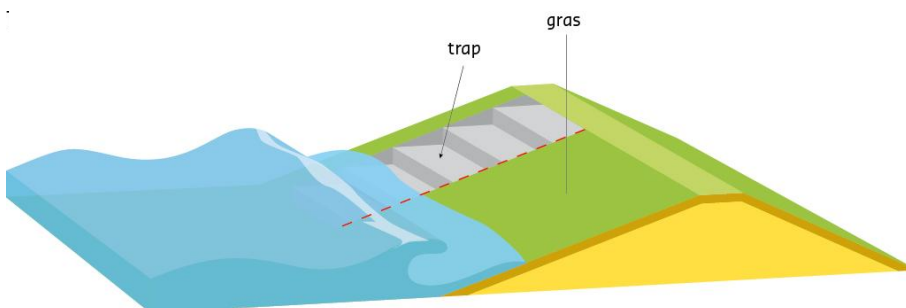
Pagina
5/6



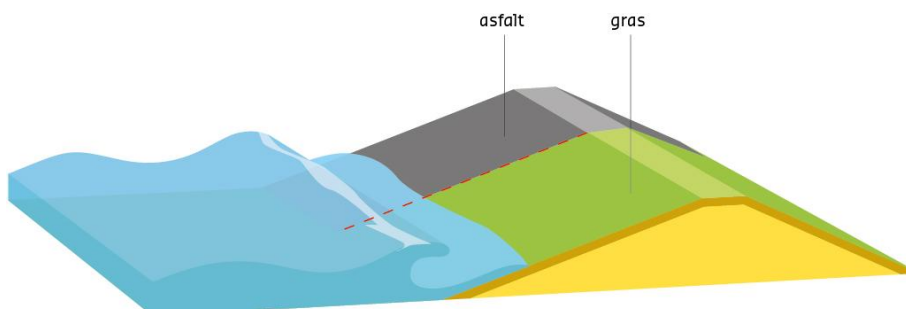
Figuur 0.9 Impressie van overgang van overgangstypen T6 op binnentalud (stroming, horizontaal, holle knik, geen ruwheidsverschil)



Figuur 0.10 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 0.11 Impressie van overgang van overgangstype T8 in stromingszone en T21 in impactzone (verticaal, vlak, ruwheidsverschil)

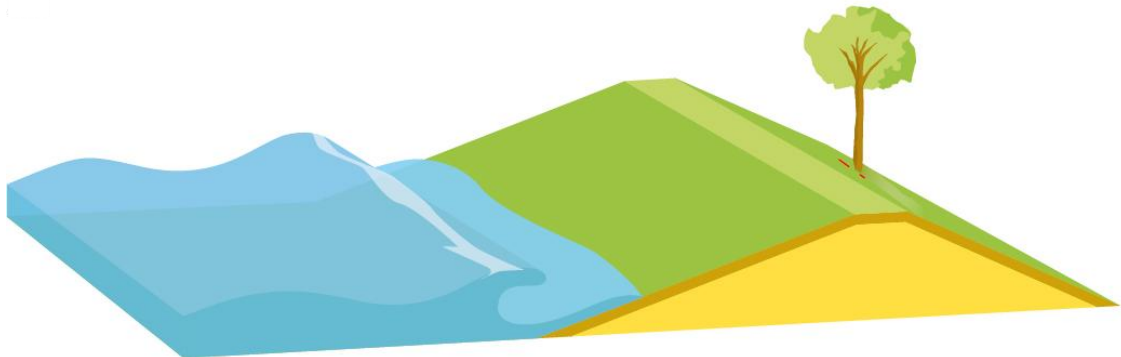


Figuur 0.12 Impressie van overgang van overgangstype T9 in stromingszone en T22 in impactzone (verticaal, vlak, geen ruwheidsverschil)



Datum
17 april 2015

Pagina
6/6



Figuur 0.13 Impressie van overgang van overgangstypen T13 (stroming) en T26 (impact) (In de figuur is alleen een overgang in de stromingszone op het binnentalud weergegeven)