

# **Toetsmethode griendijk Fort Steurgat**

**Hoofdrapport**





# **Toetsmethode griendijk Fort Steurgat**

**Hoofdrapport**

ing. J.E. Venema  
H.A. Schelfhout  
M.D. van der Meulen MSc

1206002-000



**Titel**  
Toetsmethode grienddijk Fort Steurgat

<b>Opdrachtgever</b> RWS WV	<b>Project</b> 1206002-000	<b>Kenmerk</b> 1206002-000-GEO-0023	<b>Pagina's</b> 27
--------------------------------	-------------------------------	--	-----------------------

**Trefwoorden**

Toetsing, reductie golfhoogte, griend, wilgen, vegetatie, monitoring, beheer.

**Samenvatting**

Dit rapport is één van de twee rapportages over de toetsing van de grienddijk rondom Fort Steurgat. Naast het onderliggende rapport is er een Achtergrondrapport [Ref. 3].

In dit rapport wordt de stappen ten behoeve van de toetsmethode van het griend specifiek bij Fort Steurgat uitgewerkt. Het toetsschema bestaat uit resultaten van monitoring, modelcontrole en toetsuitgangspunten en –randvoorwaarden. De toetsstappen voorzien in een visuele inspectie, metingen en de bepaling van de effectieve breedte van het griend.

Voor het beheer wordt een overzicht gegeven van de faalfactoren die kunnen optreden bij het griend, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen regulier beheer en onderhoud en noodmaatregelen bij calamiteiten en extreme weersomstandigheden.

Ten slotte worden er aanbevelingen gedaan over de verslaglegging rondom monitoring en beheer die nodig zijn voor de toetsing van het griend.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf Review	Paraaf Goedkeuring	Paraaf
01	jan 2013	Ing. J.E. Venema H.A. Schelfhout M.D. van der Meulen MSc.	Dr. B.G.H.M. Wichman	Ir. L. Voogt	
02	sept 2013	Ing. J.E. Venema H.A. Schelfhout M.D. van der Meulen MSc.	Dr. B.G.H.M. Wichman	Ir. L. Voogt	
03	apr 2014	Ing. J.E. Venema H.A. Schelfhout M.D. van der Meulen MSc.	Dr. B.G.H.M. Wichman	Ir. L. Voogt	

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Algemeen	3
1.2 Relatie met het WTI	3
1.2.1 Hoogtetoets	3
1.2.2 Overige toetssporen	3
<b>2 Beoordelingsschema's</b>	<b>5</b>
<b>3 Eenvoudige toetsmethode</b>	<b>9</b>
3.1 Inleiding	9
3.2 STAP 1a: Is er meer dan 50% van de oppervlakte van het griend aanwezig?	9
3.3 STAP 1b: Wordt voldaan aan de monitoringscriteria voor erosie en/of ziekte/vraat?	9
3.3.1 Afname van het griend door erosie.	9
3.3.2 Afname van het griend door ziekte/vraat.	10
3.4 STAP 2: Modelcontrole: Is de reductie van de golfhoogte $\geq 60\%$ ?	10
3.5 STAP 3: Wordt voldaan aan de monitoringscriteria voor hoogte en dichtheid?	11
3.6 STAP 4: Wordt voldaan aan de toetsuitgangspunten of -randvoorwaarden?	13
<b>4 Toets op maat</b>	<b>17</b>
4.1 Beoordeling van de erosie aan de rivierzijde	17
4.2 Beoordeling afname van het griend door ziekte/vraat	17
4.3 Nieuwe berekeningen met de meest actuele vegetatiemodule van SWAN-MOD	18
4.4 Verdisconteren scheve invalshoek golven	18
4.5 Analyse van het bio-volume van het griend	20
<b>5 Monitoring en beheer</b>	<b>23</b>
5.1 Beheer en onderhoud	23
5.2 Noodmaatregelen	23
5.3 Verslaglegging beheer en monitoring	24
<b>6 Referenties</b>	<b>27</b>





# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In het kader van de ontpoldering van de Noordwaard wordt dijkkring 23 (Biesbosch) verkleind. Er wordt bij Fort Steurgat een nieuwe primaire waterkering aangelegd met een golfremmende voorziening ervoor in de vorm van een griend met een wilgenbeplanting van takken en stoven. Een wilg is een boom die bestaat uit een onderstam met knot (stoof), waaruit de takken groeien. De golfreducerende werking wordt voornamelijk gerealiseerd door de takken. Daarom is de eis gesteld dat er minimaal 50% takken aanwezig moet zijn.

De combinatie van dijk en griend wordt in dit rapport grienddijk genoemd. Een en ander betekent dat het griend ook onderdeel van de waterkering is en daarom ook in het kader van de Waterwet periodiek moet worden getoetst op veiligheid. Het huidige Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV2006) [Ref. 1] voorziet niet in een toetsmethode voor een grienddijk.

In dit rapport wordt een toetsmethode uitgewerkt, die voorziet in de toetsing van het griend op basis van een methodiek die representatief is voor de situatie bij Fort Steurgat. Omdat dit maatwerk is voor de betreffende locatie en nog geen algemeen toepasbare methode is, worden daarbij conservatieve veilige uitgangspunten uit het ontwerp toegepast. Dit is nader ingevuld door toepassing van een veilige ondergrens voor de golfhoogte reducerende werking van het griend (60%). Dit vloeit voort uit het onderzoek dat ten grondslag ligt aan het ontwerp. Bij de toetsing worden deze ontwerpuitgangspunten gecontroleerd.

De onderbouwing van de toetsmethode en de daarbij gebruikte informatie en uitgangspunten zijn vastgelegd in het achtergrondrapport [Ref. 3] van dit rapport.

## 1.2 Relatie met het WTI

Bij de vierde toetsronde die begint in 2017 moet de grienddijk voor het eerst worden getoetst. Het gaat hierbij enerzijds op de toets van het griend, en anderzijds om de hoogtetoets van de dijk. Het daarvoor benodigde toetsinstrumentarium (WTI2017) is in ontwikkeling. Recent is een concept-Voorschrift Toetsen op Veiligheid uitgebracht, nl. het VTV2011 [Ref. 2], waarbij in dit rapport aansluiting is gezocht. De nadruk ligt daarbij op de beoordeling van het griend als golfremmer in relatie tot de kerende hoogte van de dijk. De andere faalmechanismen worden wel benoemd maar niet verder uitgewerkt, omdat deze met het beschikbare toetsinstrumentarium kunnen worden uitgewerkt.

### 1.2.1 Hoogtetoets

De toetsing van de kruinhoogte van de dijk vindt plaats in hoofdstuk 3 van het VTV2011, Hoogte waterkerende grondlichaam (HTwg). Bij de nadere uitwerking in dit rapport wordt alleen ingegaan op de golfhoogte reducerende werking van het griend. Het resultaat daarvan vormt input voor de hoogtetoets van de dijk.

### 1.2.2 Overige toetssporen

De overige relevante toetssporen zijn:

- Macrostabieliteit Buitenwaarts (STBU): Bij de beoordeling moet de invloed van het griend op de stabiliteitsfactor worden meegenomen;
- Piping (STPH): Bij de beoordeling moet de invloed van het griend op de aanwezige kwelweglengte worden meegenomen;

- Bekleding (STBK): Door de aanwezigheid van het griend wordt de golfhoogte gereduceerd. De mate van reductie is mede bepalend voor de in rekening te brengen belasting op de bekleding in de golfklapzone.
- Niet-waterkerende Objecten (NWO): Het griend kan worden beschouwd als NWO in de categorie begroeiing (NWObo). Bij de toetsing moet worden nagegaan of het griend als niet-waterkerend object geen nadelige invloed uitoefent op de buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) en op de aanwezige kwelweglengte (STPH).

## 2 Beoordelingsschema's

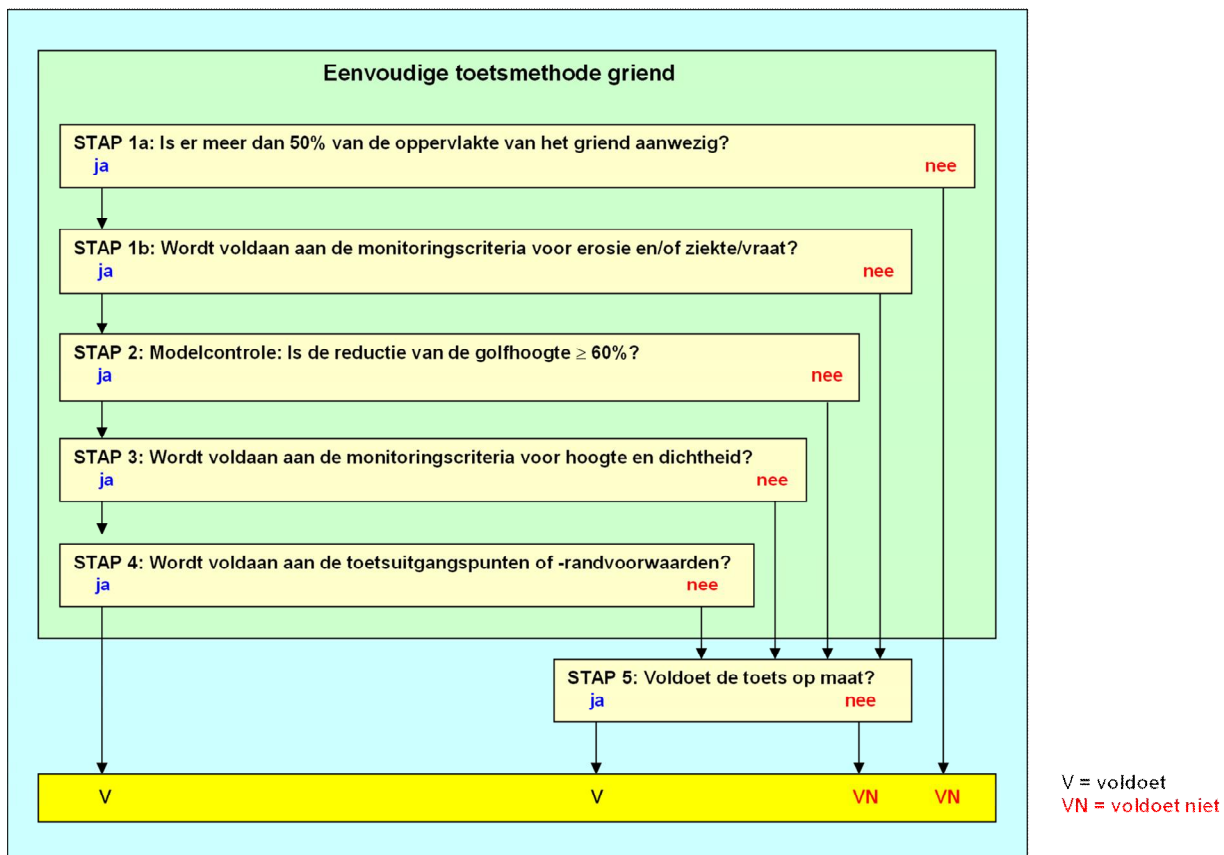
De toetsing van de griendijk bestaat uit een toetsing van de golfhoogte reducerende werking van het griend en een toetsing van de kruinhoogte van dijk. De volgorde van toetsing is vrij aan de toetser. Er kan voor worden gekozen om eerst de toetsing van de golfhoogte reducerende werking van het griend uit te voeren en daarna de toetsing van de kruinhoogte van de dijk of andersom. De volgorde wordt mede bepaald door de beschikbare gegevens en de resultaten van de eerste toetsstappen. Aanbevolen wordt om beide toetssporen zoveel mogelijk parallel uit te voeren, zodat kan worden gewerkt van grof naar fijn. In dit rapport ligt de nadruk op de beschrijving van de toetsing van de golfhoogte reducerende werking van het griend. Daarbij wordt wel de relatie met de toetsing van de kruinhoogte van de dijk aangeven, zoals die is vastgelegd in het VTV2011.

In het VTV2011 wordt per toetsspoor een drietal beoordelingsniveaus onderscheiden:

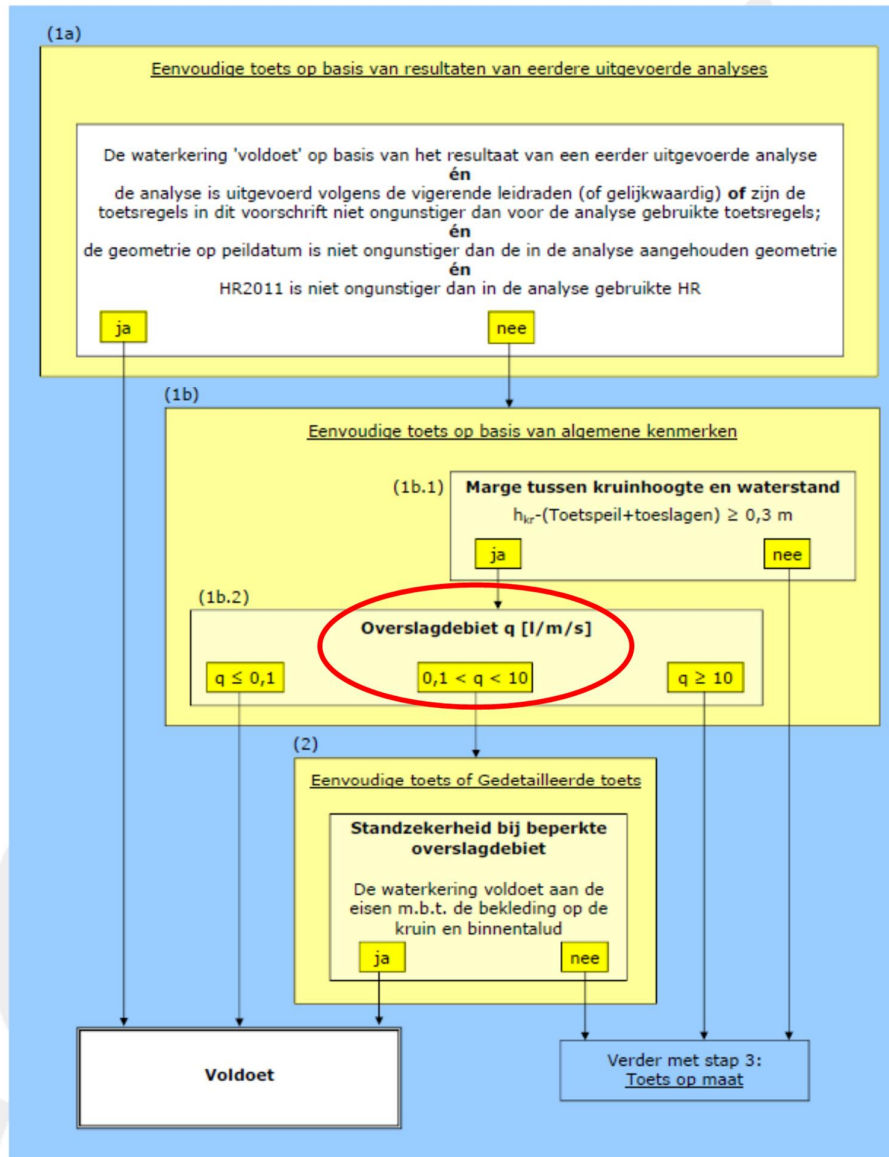
- eenvoudige toetsmethode;
- gedetailleerde toetsmethode;
- toets op maat (voorheen geavanceerde toetsmethode genoemd).

Omdat er voor de toetsing van de golfhoogte reducerende werking van een griend nog geen gevalideerde gedetailleerde toetsmethode beschikbaar is, worden in dit rapport enkel de eenvoudige toetsmethode en de toets op maat beschreven. In figuur 2.1 zijn in het beoordelingsschema de toetsstappen voor de beoordeling van de golfhoogte reducerende werking van het griend weergegeven. Omdat de hoogtetoets van de dijk een grote relatie heeft met de toetsing van het griend, is in figuur 2.2 het toetschema uit het VTV2011 voor de kerende hoogte weergegeven. Het rood omcirkelde overslagdebiet in figuur 2.2 komt overeen met het gehanteerde overslagdebiet bij het ontwerp van de griendijk (1,0 l/s.m).

In hoofdstuk 3 worden de stappen uit figuur 2.1 nader toegelicht.



Figuur 2.1: Beoordelingsschema voor toetsing van het griend bij Fort Steurgat.



Figuur 2.2: Beoordelingsschema voor toetsing kerende hoogte van een dijk  
 (Figuur 3-1 op pag. 16 van het VTV2011 [Ref. 2])



### 3 Eenvoudige toetsmethode

#### 3.1 Inleiding

De eenvoudige toetsmethode bestaat uit 4 stappen:

1. Een beoordeling op basis van monitoringsgegevens van de oppervlakte (stap 1a) en erosie en ziekte/vraat (stap 1b) van het griend.
2. Een controle van het model waarmee de golfhoogte reducerende werking van het griend is berekend (stap 2).
3. Een beoordeling op basis van monitoringsgegevens van de hoogte en de dichtheid van het griend (stap 3).
4. Een controle van de toetsuitgangspunten/-randvoorwaarden ten opzichte van het ontwerp (stap 4).

In de toelichting op stap 1 en 3 worden de monitoringsaspecten beschreven die vanuit het beheer nodig zijn bij het toetsen van het griend op veiligheid. Daarnaast is de achtergrondinformatie van deze aspecten beschreven in het achtergrondrapport.

Het resultaat van de toetsstappen is de score 'Voldoet' of 'Voldoet Niet'. De score 'Voldoet Niet' betekent dat de golfhoogte reducerende werking van het griend niet voldoet aan de ontwerpuitgangspunten. Er kan dus wel golfhoogte reductie bepaald worden, bijvoorbeeld van het voorland zelf (zie figuur 3.1), die gebruikt kan worden in de hoogtetoets van de dijk.

Bij de monitoring van het griend wordt uitgegaan van voortschrijdend inzicht door de jaren heen. De verslaglegging van de bevindingen speelt hierbij een belangrijke rol (zie paragraaf 5.3).

#### 3.2 STAP 1a: Is er meer dan 50% van de oppervlakte van het griend aanwezig?

Dit criterium is een stopcriterium en wordt beoordeeld op basis van een visuele inspectie.

De beoordelingsstappen zijn:

1. Als minder dan 50% van het griend aanwezig is zijn er geen stroken meer aan te wijzen waar nog een significante golfhoogte reductie kan worden gerealiseerd. Het toetsresultaat is dan "Voldoet niet". De toetsing wordt dan vervolgd met de hoogtetoets van de dijk met een ongereduceerde golfhoogte.
2. Als er nog minstens 50% van de oppervlakte van het griend aanwezig is wordt de toetsing vervolgd met stap 1b (paragraaf 3.3).

#### 3.3 STAP 1b: Wordt voldaan aan de monitoringscriteria voor erosie en/of ziekte/vraat?

De mate van erosie, ziekte of vraat wordt beoordeeld op basis van een visuele inspectie. Ten gevolge van erosie en/of ziekte en vraat kan het griend plaatselijk verstoringen vertonen, die niet mogen worden meegenomen in de bepaling van de golfhoogte reductie van het griend.

##### 3.3.1 Afname van het griend door erosie.

In de buitenste rand van het griend aan de rivierzijde is het mogelijk dat door erosie de wortels van de bomen niet meer bedekt zijn met grond of dat de bomen zijn ontworteld. In dat geval is de standzekerheid van die bomen in maatgevende omstandigheden niet meer gewaarborgd.

De beoordelingsstappen zijn:

1. Als meer dan 5% van de wortels van de bomen is vrijgekomen door erosie kan niet meer op eenvoudige wijze worden getoetst en wordt de toetsing vervolgd met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).
2. Als meer dan 95% van de wortels van de bomen nog bedekt is met grond wordt de toetsing vervolgd met de beoordeling van ziekte/vraat (paragraaf 3.3.2).

### 3.3.2 Afname van het griend door ziekte/vraat.

Het is mogelijk dat de bomen zijn aangetast door ziekte en/of vraat. In dat geval zijn de takken te zwak om in maatgevende omstandigheden de golven te reduceren. Er zijn verschillende kenmerken om dit te ontdekken, namelijk bladverlies of verkleuring en insectenvraat (voor inspectiemethoden en maatregelen zie het achtergrondrapport paragraaf 8.2):

#### A. Bladverlies of verkleuring.

De beoordelingsstappen zijn:

1. Bij minder dan 5% van de bomen van het totale griend is sprake van bladverlies of verkleuring. Ga naar onderdeel B.
2. Bij meer dan 5% van de bomen van het totale griend is sprake van bladverlies en/of verkleuring (controle daarvan geschiedt door 5 takken aan het uiteinde van de wilg af te snijden en de doorsnede te bekijken):
  - i. De takken hebben een gezonde kleur. Ga naar onderdeel B.
  - ii. De takken zijn verkleurd. Ga naar stap 5, Toets op maat (hoofdstuk 4).

#### B. Insectenvraat (zie paragraaf 5.2 voor nadere informatie).

De beoordelingsstappen zijn:

1. Er is minder dan 5% insectenvraat. De toetsing wordt vervolgd met stap 2 (paragraaf 3.4).
2. Er is meer dan 5% insectenvraat. De toetsing wordt vervolgd met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).

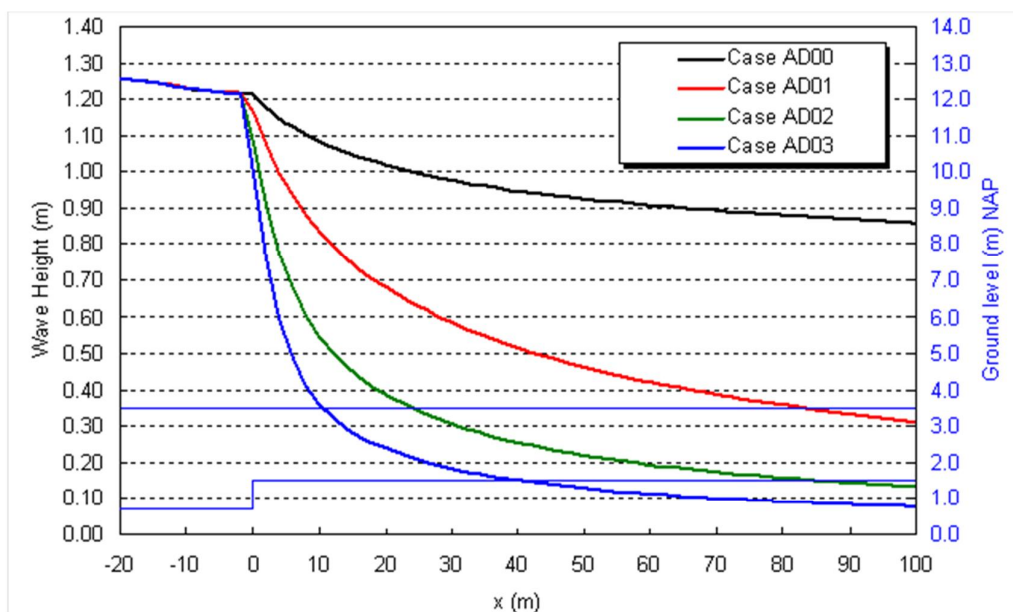
### 3.4 STAP 2: Modelcontrole: Is de reductie van de golfhoogte $\geq 60\%$ ?

In deze stap wordt geverifieerd of het bij het ontwerp gebruikte rekenmodel zodanig is gewijzigd dat dit consequenties heeft voor de in het ontwerp gehanteerde golfhoogte reductie van 60% door het griend.

De vegetatie module in SWAN is nog niet gekalibreerd en gevalideerd. Bij het ontwerp is gebruik gemaakt van SWAN-MOD, versie 40.55 [Ref. 7]. Dit rekenmodel is toegepast om het effect van vegetatie op golven te bepalen. Het model is toegepast bij verschillende gemeten dichtheden en leeftijden van een griend. Hieruit kwam naar voren dat er 60% tot 90% golfhoogte reductie bij een breedte van 40 meter van het griend kan worden gerealiseerd (zie Achtergrondrapport). Het resultaat is weergegeven in de golfhoogte-breedte-grafiek van figuur 3.1. Als veilige aanname is ervoor gekozen om de ondergrens van 60% uit het ontwerp toe te passen (zie de rode lijn in figuur 3.1, die bij een inkomende golfhoogte van 1,20 m en



een breedte van het griend van 40 meter een golfhoogte van 0,50 m of een golfhoogte reductie van 0,70 m oplevert).



Figuur 3.1: Figuur 4-5 uit het Deltares rapport [Ref. 7]: Golfhoogte (linker-as) in het vegetatieveld berekend met SWAN-MOD, versie 40.55. De bodemhoogte van het griend (NAP + 1,50 m) is aangegeven met de dunne blauwe lijn (rechter-as). Het vegetatieveld start bij de berm ( $x = 0$  m) en is hier 100 m breed.

In eerste instantie dient te worden geverifieerd of de validatie en kalibratie van het model leidt tot andere waarden voor de golfhoogte reductie. Deze controle bestaat uit verificatie van het rekenmodel (SWAN-MOD, versie 40.55) en de daarbij gebruikte formules en rekenparameters. Meer informatie hierover is te vinden in paragraaf 3.5 van het achtergrondrapport.

De beoordelingsstappen zijn:

1. Als uit de verificatie van het rekenmodel blijkt dat de golfhoogte reductie gelijk of meer dan 60% bedraagt, wordt de toetsing vervolgd met stap 3 (paragraaf 3.5).
2. Als de golfhoogte reductie minder dan 60% is, dient de toets te worden voortgezet met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).

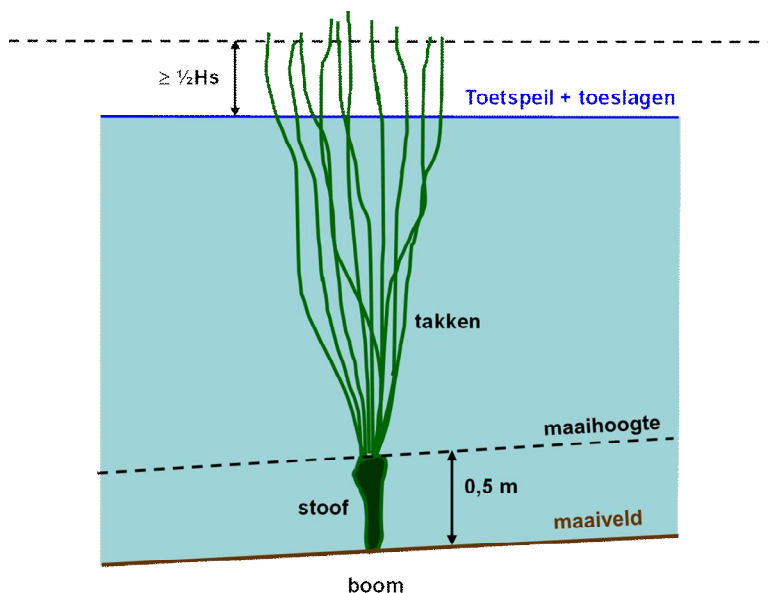
De waterkeringbeheerder kan ervoor kiezen om de modelcontrole uit te laten voeren door een specialistisch bureau of de Helpdesk Water.

### 3.5 STAP 3: Wordt voldaan aan de monitoringscriteria voor hoogte en dichtheid?

Deze stap bestaat uit twee onderdelen, die voorzien in de beoordeling van de hoogte van de takken en de dichtheid van de niet gemaaide stroken van het griend, en het aantal stoven. Hiervoor moeten metingen in het veld worden uitgevoerd.

#### A. Beoordeling van de hoogte van de takken.

Hierbij is de gemeten hoogte van de takken in relatie tot de hydraulische randvoorwaarden (Toetspeil, vermeerderd met toeslagen en inkomende golfhoogte) bepalend. Bij de beoordeling is van belang of de hoogte van de takken in de niet gemaaide stroken gelijk of hoger dan Toetspeil + toeslagen +  $\frac{1}{2} H_s$  (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2 Illustratie van de onderdelen van het griend.

De beoordelingsstappen zijn:

1. De takken zijn gelijk aan of hoger dan Toetspeil + toeslagen +  $\frac{1}{2} H_s$ . De toetsing wordt vervolgd met de beoordeling van de dichtheid van het griend volgens onderdeel B.
2. De takken zijn lager dan Toetspeil + toeslagen +  $\frac{1}{2} H_s$ . De golven planten zich voort boven de takken, zodat het golfhoogte reducerend werking van het griend niet kan worden gegarandeerd. De toetsing wordt vervolgd met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).

#### B. Beoordeling van de dichtheid.

Voor de dichtheidsmetingen wordt een raai gelopen ter plaatse van de rekenpunten 4, 5, 6 en 7 (zie figuur 3.3), vanaf de dijk in de richting de buitenrand van het griend. In de stroken met stoven en takken wordt een representatieve steekproef gedaan in een meetvak van  $2 \times 2$  meter. Hierin wordt het aantal stoven geteld en de diameter daarvan opgemeten. Daarnaast wordt per meetvak bij 3 bomen in het midden van het vak geteld hoeveel takken er per stoof aanwezig zijn ( $N/\text{stoof}$ ) en wordt de gemiddelde lengte van de takken bepaald. Nu kan per meetvak een gemiddeld aantal takken per  $\text{m}^2$  worden berekend ( $N/\text{m}^2$ ). Ook wordt er van 1 boom per meetvak de diameter van alle takken ( $\emptyset$  in mm) gemeten. De takken moeten worden gemeten op een hoogte van 1,0 meter boven de grond. Hierbij moet het griend voldoen aan de minimale eigenschappen zoals weergegeven in tabel 3.1.

	D (mm)	N/stoof	N/m <sup>2</sup>
Takken	≥ 9	≥ 30	≥ 129
Stoven	≥ 100		≥ 4,3

Tabel 3.1: Minimale eigenschappen van het griend [Ref. 7].

met:            D = gemiddelde diameter van de takken [mm] op een hoogte van 1,0 meter boven de grond  
                   N/stoof = aantal takken per stoof  
                   N/m<sup>2</sup> = aantal takken per vierkante meter

De beoordelingsstappen zijn:

1. Er wordt voldaan aan alle criteria van tabel 3.1. De toetsing kan worden vervolgd met de beoordeling van de toetsuitgangspunten en randvoorwaarden in stap 4 (paragraaf 3.6).
2. Er wordt niet voldaan aan alle criteria van tabel 3.1. De toetsing wordt vervolgd met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).

### 3.6 STAP 4: Wordt voldaan aan de toetsuitgangspunten of -randvoorwaarden?

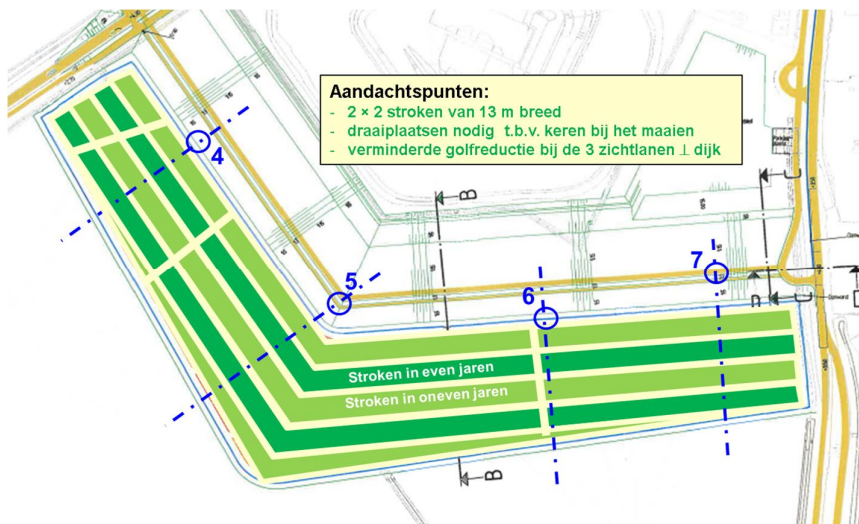
De toets wordt voortgezet met de vergelijking tussen de ontwerp- en de toetsrandvoorwaarden en –uitgangspunten.

In het ontwerp is uitgegaan van een golfhoogte reductie van 60% van de inkomende golven op het griend. Bij elk rekenpunt is er een andere inkomende golf, waardoor de effectieve benodigde breedte van het griend ook verandert. De effectieve breedte van het griend kan worden bepaald door de breedte te meten, zonder open ruimtes zoals de paden en gangen. In het ontwerp is uitgegaan van een golfhoogte reductie bij een gecombineerde vegetatie van takken en stoven. Daarbij is uitgegaan van een 50% bijdrage van de takken in de niet gemaaide stroken en 50% van stoven in de gemaaide stroken. De invloed van de stoven is kleiner dan die van takken. Om aan de gecombineerde vegetatie te voldoen moet het griend minimaal bestaan uit 50% takken.

Bij de bepaling van de effectieve breedte wordt de breedte van de onderhoudspaden niet meegeteld. De oriëntatie van de onderhoudspaden mag niet evenwijdig zijn met de invallende golfrichting, door ze evenwijdig aan de dijk te leggen, wordt een optimale golfhoogte reductie bewerkstelligd. .

Bij 2 stroken op bijvoorbeeld 60 meter griend (de breedte van het griend varieert) wordt de effectieve breedte 57 meter (een strook van 28,5 meter + een onderhoudspad van 3 meter + een strook van 28,5 meter).

Bij 4 stroken (zie figuur 3.3) op 60 meter griend zijn er 3 onderhoudspaden en wordt de effectieve breedte 51 meter.



Figuur 3.3: Voorbeeld van een mogelijke aanleg van het griend

Bij de bepaling van de effectieve breedte gelden de volgende uitgangspunten:

- 1) de effectieve breedte wordt per dijkvak (ter plaatse van de rekenpunten 4, 5, 6 of 7) bepaald (zie figuur 3.3);
- 2) deze stap gaat uit van om en om stroken met takken en stoven;
- 3) de stroken met takken en stoven liggen naast elkaar, maar er ligt wel een pad tussen.

Bij de eenvoudige toetsing wordt voor de bepaling van de effectieve breedte van het griend uitgegaan van loodrecht invallende golven.

### Uitleg van tabel 3.2.

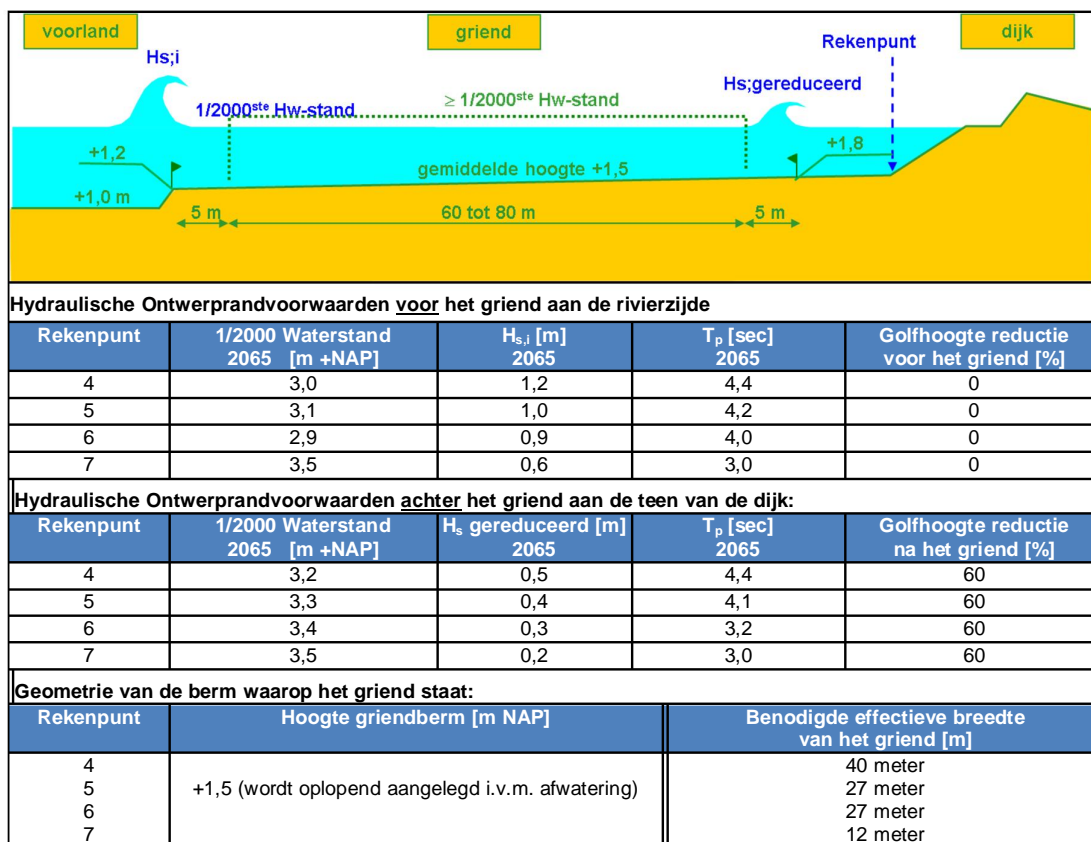
In het ontwerp is uitgegaan van een golfhoogte reductie van 60% van de inkomende golven op het griend. Bij elk rekenpunt is er een andere inkomende golf, waardoor de effectieve benodigde breedte van het griend ook verandert.

Deze stap bestaat uit twee onderdelen:

- A. De hydraulische randvoorwaarden bestaan uit toetspeilen en golfrandvoorwaarden. Deze moeten gelijk of lager zijn dan de ontwerp randvoorwaarden.
- B. De geometrie van het griend mag niet ongunstiger zijn dan bij het ontwerp. Dit betreft de hoogte en de effectieve breedte van de griendberm. Deze waarden moeten gelijk of groter zijn dan de ontwerpwaarden.

De beoordelingsstappen zijn:

1. Indien aan A en B wordt voldaan is de eindscore "Voldoet";
2. Indien niet wordt voldaan aan A en B, moet worden vervolgd met stap 5: Toets op maat (hoofdstuk 4).



Tabel 3.2: Hydraulische randvoorwaarden en geometrische criteria van het griend bij Fort Steurgat



## 4 Toets op maat

Bij de toets op maat kan een aanscherping plaatsvinden van de uitgangspunten die bij de eenvoudige toetsing van het griend zijn toegepast.

De Toets op maat is maatwerk en is niet vast omschreven en kan, mits goed onderbouwd, vrij worden ingevuld. In dit rapport wordt nader ingegaan op een Toets op maat op basis van verfijning van de eenvoudige toetsmethode:

- beoordeling van de erosie aan de rivierzijde (4.1);
- afname van het griend door ziekte/vraat (4.2);
- nieuwe berekeningen met de meest actuele vegetatiemodule van SWAN-MOD (4.3).

Verder is ook een Toets op maat mogelijk op basis van bijvoorbeeld:

- het verdisconteren van de scheve invalshoek van de golven (4.4);
- een analyse van het bio-volume van het griend (4.5);

Deze onderdelen worden hieronder nader toegelicht.

### 4.1 Beoordeling van de erosie aan de rivierzijde

Als uit stap 1b blijkt dat er mogelijk sprake is van meer dan 5% erosie aan de rand van het griend (bijvoorbeeld door heftige regenval of golfaanval, waarbij ook bomen zijn ontworteld), kan een expertgroep worden geraadpleegd die ter plaatse advies kan uitbrengen over de bepaling van de invloed ervan op de breedte van het griend. Deze groep zou kunnen bestaan uit vertegenwoordigers vanuit verschillende vakdisciplines en –specialismen.

De beoordelingstappen zijn:

- Bepaal de nieuwe erosievrije breedte
- Doe de gehele toets opnieuw, en begin bij stap 1a.

### 4.2 Beoordeling afname van het griend door ziekte/vraat

Als uit stap 1b blijkt dat meer dan 5% van het griend is aangetast door ziekte/vraat, kan met de bepaling van het bio-volume (paragraaf 4.5) nog een bepaalde golfhoogte reducerende werking gerealiseerd worden.

De beoordelingstappen zijn:

- Bepaal de nieuwe ziektevrije en vraatvrije breedte
- Doe de gehele toets opnieuw, en begin bij stap 1a.

#### 4.3 Nieuwe berekeningen met de meest actuele vegetatiemodule van SWAN-MOD

Als uit stap 2 blijkt dat de berekende golfhoogte reductie kleiner is dan 60%, wordt de golfhoogte reductie door het griend volgens het ontwerp niet gerealiseerd.. Door deskundigen moet een nieuwe golfhoogte-breedte grafiek (zoals figuur 3.1) worden aangeleverd. Hiermee wordt de toets van het griend opnieuw uitgevoerd.

De beoordelingsstappen zijn:

- Maak een nieuwe golfhoogte-breedte griend grafiek (nieuwe figuur 3.1).
- Maak een nieuwe tabel 3.2 op grond van de nieuwe golfhoogte reductie.
- Ga verder met stap 3 van het toetschema en gebruik in stap 4 deze nieuwe gegevens.

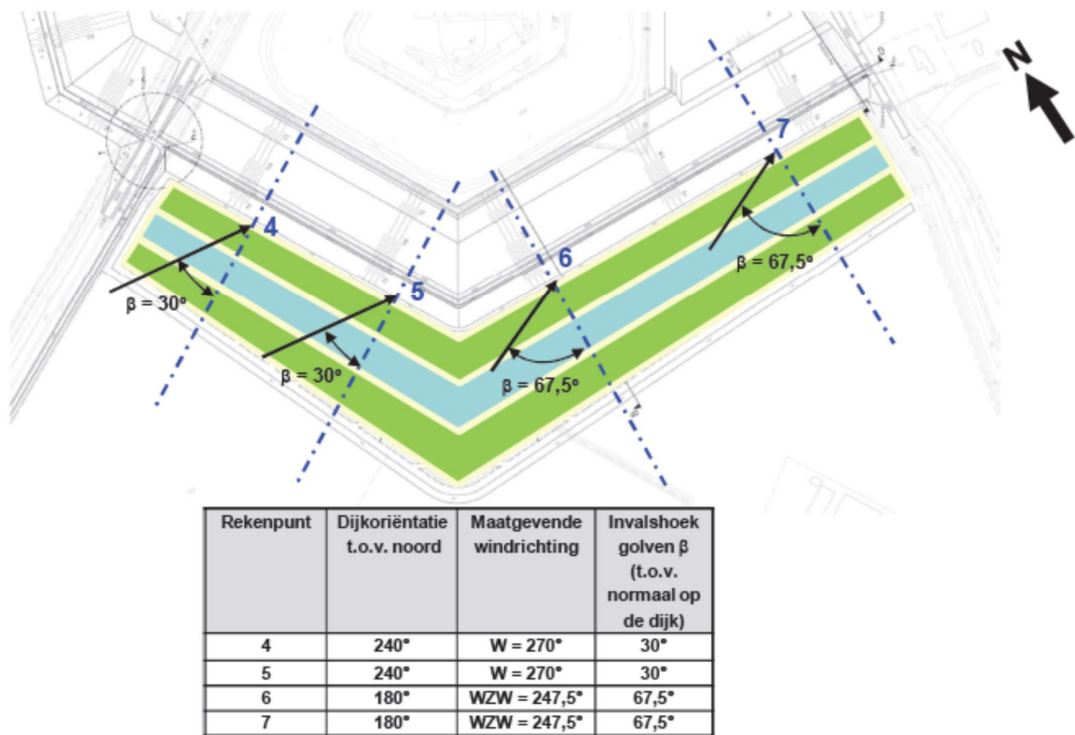
Als uit deze herberekening blijkt dat de berekende golfhoogte reductie kleiner is dan de gewenste reductie (60%) is de eindscore van het griend "Voldoet niet". Het eindresultaat kan ondanks deze score wel de input zijn voor de hoogtetoets van de dijk.

#### 4.4 Verdisconteren scheve invalshoek golven

De effectieve breedte van het griend kan worden vergroot via een correctiefactor die afhankelijk is van de invalshoek van de golven ten opzichte van de normaal. De invalshoek kan worden bepaald met het rekenmodel dat bij de volgende toetsronde beschikbaar zal zijn. Voor de stilwaterstand moet het Toetspeil + toeslagen worden aangehouden.

Per rekenpunt zijn bij het ontwerp met het rekenmodel Hydra-BT de toetspeilen en golfrandvoorwaarden (niet gereduceerde golven ter plaatse van de nieuwe buitenteen van de dijk) bepaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4.1.





Figuur 4.1: Invalshoek golfaanval per rekenpunt volgens ontwerp (Ref [4]), met een mogelijke aanleg van het griend.

Uit figuur 4.1 blijkt dat de invalshoek van de golven, ten opzichte de normaal van de dijk ( $\perp$ ), varieert tussen 30° en 67,5°. Dit betekent dat er een correctie nodig is van de effectieve breedte van het griend, die kan worden berekend met de volgende formule:

$$B_{\text{scheef}} = B_{\text{effectief}} / \cos \beta \quad (1)$$

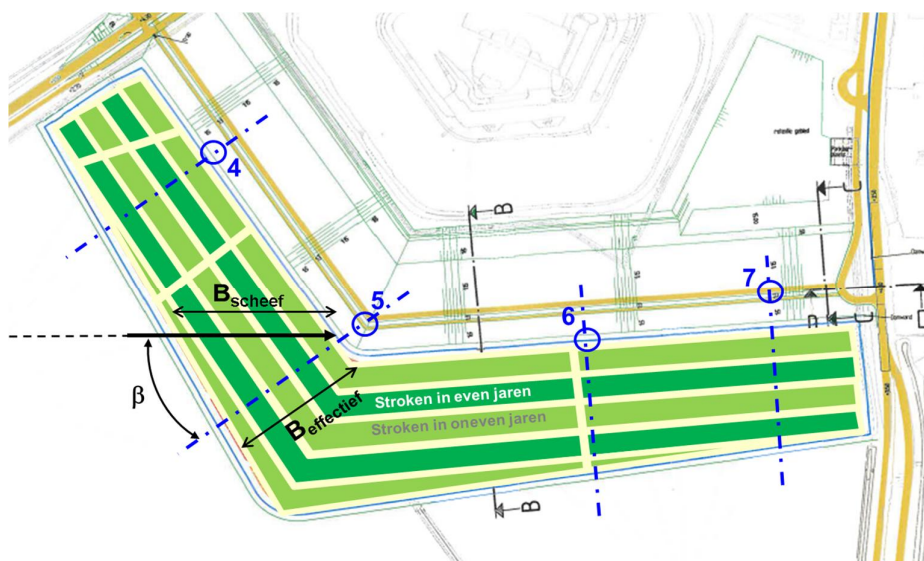
met:  $B_{\text{scheef}}$  = gecorrigeerde effectieve breedte van het griend bij scheef invallende golven in meters. Deze waarde moet voldoen aan de waarden van tabel 4.1.

$B_{\text{effectief}}$  = effectieve breedte van het griend, gemeten ten opzichte van de normaal op de dijk ( $\perp$ ) in meters.

$\cos \beta$  = invalshoek van de golfaanval t.o.v. de normaal op de dijk in graden.

Op basis daarvan kan bijvoorbeeld voor rekenpunt 5 de volgende correctie van de breedte worden berekend (mits wordt voldaan aan de eisen in deze stap):

- De breedte van het griend is bijvoorbeeld 80 meter;
- De effectieve breedte van het griend bij stroken van 13 meter en tussenruimten van 3 meter is  $B_{\text{effectief}} = 65$  m (5 stroken van 13 meter)
- $\beta = 30^\circ$  geeft  $B_{\text{scheef}} = 65 / 0,866 \approx 75$  m (zie figuur 4.2).



Figuur 4.2 Voorbeeld correctie  $B$  in verband met een scheve invalshoek golfaanval in rekenpunt 5, met een mogelijke strookindeling van het griend.

Als  $B_{\text{effectief}}$  of  $B_{\text{scheef}}$  voldoet aan de eisen van tabel 4.1 is de eindscore “Voldoet”, anders kan de Toets op maat worden vervolgd.

Rekenpunt	$H_{s,i} = 1,2 \text{ m}$	$H_{s,i} = 1,3 \text{ m}$	$H_{s,i} = 1,4 \text{ m}$
4	40	65	100
5	27	40	65
6	27	40	65
7	12	19	27

Tabel 4.1: Benodigde effectieve breedte van het griend bij hogere inkomende golven [m]

#### 4.5 Analyse van het bio-volume van het griend

Het programma SWAN is uitgebreid met de vegetatiemodule (SWAN-MOD). Deze module is gebaseerd op de formuleringen van Dalrymple [Ref. 7].

Het programma SWAN heeft de daarvoor de volgende extra invoer nodig:

- $C_D$  = weerstandscoefficiënt [-]
- $D$  = diameter van de takken [m]
- $N$  = aantal takken per  $\text{m}^2$  [stuks]
- $H_{s,i}$  = inkomende significante golfhoogte aan rivierzijde [m]
- $T_p$  = piekperiode bij  $H_{s,i}$  [sec]
- Geometrie = bodemschematisatie [m +NAP]

Indien de bij stap 4 berekende golfhoogte reductie niet voldoet aan de eis kan deze worden verhoogd door rekening te houden met het bio-volume van de in het griend aanwezige vegetatie. Het bio-volume kan worden berekend met de volgende formule:

$$V_{bio} = \frac{N * \pi * D^2}{4} \quad (2)$$

met:

$V_{bio}$  = bio-volume van de vegetatie in m<sup>3</sup> per eenheid van hoogte

De stoven mogen daarbij niet worden meegeteld.

Met behulp van het bio-volume kan aan de hand van tabel 4.2 de ruwheidscoëfficiënt  $C_D$  worden aangescherpt:

$V_{bio}$ [m <sup>3</sup> ]	Leeftijd takken [jaar]	Ruwheidscoëfficiënt $C_D$ [-]
0	0	0
0,008	0,5	0,5
0,011	1	0,7
0,012	1,5	0,75
0,013	2	0,8

Tabel 4.2: Bepaling ruwheidscoëfficiënt  $C_D$

In de Dalrympleformulering wordt vegetatie beschreven met drie parameters, namelijk de diameter ( $D$ ), aantal takken per m<sup>2</sup> ( $N$ ) en de weerstandscoëfficiënt  $C_D$ . De  $C_D$  heeft de waarde 1 voor stijve ronde cilinders. De drie parameters kunnen worden vermenigvuldigd en leveren dan de zogenaamde vegetatiefactor  $V_f$ , als volgt:

$$V_f = C_D * N * D \quad (3)$$

Wanneer  $V_f$  afwijkt van de basiswaarde die bij het ontwerp is toegepast ( $V_f = 0,7$ ) zijn er mogelijkheden om de golfhoogte reductie te optimaliseren door nieuwe berekeningen te maken met de vegetatiemodule van SWAN.



## 5 Monitoring en beheer

### 5.1 Beheer en onderhoud

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op die aspecten van beheer en onderhoud die een directe relatie hebben met de toetsing van de golfhoogte reducerende werking van het griend.

Het beheer en onderhoud is erop gericht om het griend in stand te houden en te vrijwaren van ziektes, vraat en andere vormen van aantasting gebaseerd op het onderhoud van griendplantages.

#### Maai frequentie

Bij het griend bij het Fort Steurgat wordt voorgesteld om 1 keer per jaar om en om in stroken te maaien na het stormseizoen. Dit betekent dat bepaalde stroken in de oneven jaren moeten worden gemaaid, en de andere stroken in de even jaren (zie figuur 3.3 of 4.2). Het maaien van de stroken zou evenwijdig moeten zijn aan de dijk om optimale golfhoogte reductie in het stormseizoen te kunnen waarborgen. Dit maaibeleid zorgt ervoor dat het griend gedurende het groeiseizoen weer aan kan groeien en in het stormseizoen een optimale golfhoogte reducerende werking heeft. Het belangrijkste aspect van het maaien is dat de takken in de gemaaide stroken hun minimale hoogte (Toetspeil + toeslagen +  $\frac{1}{2} H_s$ ) hebben bereikt (afhankelijk van de plek in het griend) als het stormseizoen begint.

#### Stroken

De breedte van de stroken waarin gemaaid wordt kan aan de wensen van de beheerder worden aangepast. Zolang de effectieve breedte voldoet aan de minimale eisen (zie stap 3 van het toetsschema) kan de breedte van de stroken gevarieerd worden. Zo zou men in stukken waar het griend 80 meter is 4 stroken van 20 m (inclusief maaipaden) kunnen maken, maar er zou ook voor gekozen kunnen worden om twee stroken van elk 40 m te maken.

Om de stroken te kunnen maaien worden er maaipaden aangelegd, zo min mogelijk in de richting van de golfvoortplanting, dus bij voorkeur parallel aan dijk. Deze maaipaden zorgen voor extra licht op bepaalde delen van het griend. Dit kan effecten hebben op de groeirichting van het griend.

Daarnaast heeft de aanwezigheid van open ruimten (als gevolg van de maaipaden tussen de stroken griend) ook effect op de golfhoogte reducerende werking van het griend.

#### Maaihoogte

Om de groei van takken aan de stoven te stimuleren wordt geadviseerd om de wilgen net boven de oogjes te maaien. Uit deze oogjes komen het volgend jaar nieuwe takken. Afhankelijk van de voorkeur vanuit het beheer kan de maaihoogte gevarieerd worden, echter met machinaal maaien is de maximale hoogte ongeveer 40 cm.

### 5.2 Noodmaatregelen

Als de staat van het griend ongunstiger is geworden is het nodig om noodmaatregelen te nemen.

Tijdens en na calamiteiten moeten er noodmaatregelen worden genomen. Een calamiteit wordt hier gedefinieerd als een situatie waarbij significante schade aan het griend is geconstateerd.

#### Erosie (zie paragraaf 3.3.1)

Als uit de monitoring blijkt dat er mogelijk sprake is van erosie (> 5%) aan de rand van het griend (bijvoorbeeld door heftige regenval of golfaanval), waarbij ook bomen zijn ontworteld.

Maatregelen:

- Raadpleeg een expertgroep die ter plaatse advies kan uitbrengen over de eventueel te nemen maatregelen. Deze groep zou kunnen bestaan uit vertegenwoordigers vanuit verschillende vakdisciplines en –specialismen.
- Herplanten van de ontwortelde bomen.

#### Ziektes en vraat (zie paragraaf 3.3.2)

De ziektes (> 5%) die een griend kan krijgen zijn onder te verdelen in twee groepen, infecties (bijvoorbeeld door een bacterie of virus) en insectenvraat.

Maatregelen:

- *Selectieve kap*  
Vanwege het voorzorgsprincipe wordt hier voorgesteld om met selectief kappen te beginnen als 5% van het griend kenmerken vertoont van ziekte (verdorpe bladeren, bij doorsnijden van takken sprake van aantasting, et cetera). Als het watermerkziekte betreft moet het houtafval worden verbrand om verspreiding te voorkomen (zie website Groen Kennisnet [Ref. 5]). De gevoeligheid van wilgen voor deze ziekte verschilt per soort. De kap zou dan zo vroeg mogelijk in het groeiseizoen moeten plaatsvinden om herstel van de bomen vóór het volgende stormseizoen te kunnen realiseren.
- *Bestrijdingsmiddelen*  
Insectenvraat kan bestreden worden met bestrijdingsmiddelen. Ook voor watermerkziekte is het mogelijk om bestrijdingsmiddelen in te zetten om de verspreiding van de infectie te voorkomen. Hierbij wordt het sterk aangeraden om biologische bestrijdingsmiddelen in te zetten.

### 5.3 Verslaglegging beheer en monitoring

Een belangrijk aspect van het beheer en monitoring ten behoeve van de toetsing van het griend is de verslaglegging. Omdat er binnen dit project veel nieuwe kennis en ervaring wordt opgedaan met het inzetten van vegetatie als golfhoogte reducerende voorziening, is goede documentatie belangrijk. Elke monitoringsronde zou dan ook, in elk geval gedurende de eerste 5 jaar, gepaard moeten gaan met een kort verslag van de bevindingen. Zo ontstaat een iteratief proces, waarbij monitoring en beheer kunnen worden aangepast op basis van eerdere ervaringen. Dit verslag wordt geschreven door degene die verantwoordelijk is voor de monitoring, daarbij wellicht ondersteund door bijvoorbeeld een griendteler, en is ten behoeve van de partij die eindverantwoordelijk is voor de kering. Zo kunnen keuzes die worden gemaakt bij de toetsing worden onderbouwd.

In een dergelijk verslag zou aandacht moeten worden besteed aan de volgende zaken:

- Aanwezigheid en percentage aantasting als gevolg van ziekte.
- Aanwezigheid en percentage aantasting als gevolg van (bever-) vraat.

- Optreden van erosie (uitspoeling rond wortels) aan de rand van het griend.
- Optreden andere calamiteiten en uitgevoerde acties vanuit beheer.
- Optreden extreme weersomstandigheden en uitgevoerde acties vanuit beheer.
- Eventuele afwijkingen in groeirichting als gevolg van lichtbeschikbaarheid in maaipaden.

Het wel of niet aanwezig zijn van ziektes en/of vraat geeft inzichten in de algemene conditie van het griend en kan helpen bij het verbeteren en verfijnen van monitoring en beheer. Zo kan worden vastgesteld in welke perioden van het jaar het griend gevoelig is voor ziektes en/of vraat en kan het jaar daarop extra aandacht worden besteed aan gebieden die bij een vorige monitoringsronde waren aangetast. Daarnaast geeft het bijhouden van het optreden van ziekten en/of vraat, in samenhang met de dichtheid en hoogte van het griend, inzichten in de effecten van aantasting op de groei van het griend. Hier zou dan in het beheer rekening mee kunnen worden gehouden. Ditzelfde geldt voor de erosie aan de rand van het griend; verslaglegging rondom erosie geeft aan waar gevoelige punten in het griend zitten wat kan helpen bij beheer in de daaropvolgende jaren.

Het maaien van het griend gebeurt in stroken, die bij voorkeur parallel aan de dijk liggen, waarbij tevens maaipaden worden aangelegd. Deze maaipaden zorgen voor extra licht op bepaalde delen van het griend. Dit kan effecten hebben op de groeirichting van het griend. De wilgen worden in principe redelijk dicht op elkaar aangeplant om er voor te zorgen dat deze, door concurrentie om licht, recht de hoogte in groeien. Lange, rechte takken zijn namelijk waardevoller voor de markt dan korte, gebogen takken. Voor de golfhoogte reducerende werking hoeft een andere groeivorm geen negatieve gevolgen te hebben, omdat verdere vertakking een groter bio-volume, en daarmee een grotere golfhoogte reducerende werking kan hebben. Hierbij moet wel nog steeds voldaan worden aan de eisen van de dichtheid van het griend (zie paragraaf 3.5) en van de effectieve breedte (zie paragraaf 3.6). Bevindingen over de groeirichting van het griend zouden hiermee onderdeel moeten worden van de verslaglegging.





## 6 Referenties

- [1]. Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (VTV2006), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007
- [2]. Voorschrift Toetsen op Veiligheid, Technisch Deel, (VTV2011 – Technisch deel). Concept Wettelijk Toetsinstrumentarium (WTI2011), 21 mei 2012, concept, Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- [3]. Toetsmethode griendijk Fort Steurgat, Achtergrondrapport, rapport nummer 1206002-000-GEO-0024, 20 februari 2014, concept van Deltares.
- [4]. Planstudie Ontpoldering Noordwaard, Ontwerp Innovatieve dijk Bureau Noordwaard, 16 juli 2009, 9R8354.F0
- [5]. Website Groen Kennisnet:  
<http://databank.groenkennisnet.nl/watermerkziekte.htm>
- [6]. Website Rijkswaterstaat:  
<http://www.vaarweginformatie.nl/fdd/main/berichtgeving/ijskaart>
- [7]. Ontwerp groene golfremmende dijk Fort Steurgat bij Werkendam, verkennende studie, De Vries, M., Dekker, F., Deltares, 2009.