



Schematiseringshandleiding golfafslag voorland

WBI 2017

Datum	1 december 2016
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Informatie	Helpdesk Water, www.helpdeskwater.nl
Contact	helpdeskwater@rws.nl
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving
Datum	1 december 2016
Status	Definitief
Versienummer	2.0

Inhoud

Schematiseringshandleidingen en WBI 7

1 Inleiding Schematiseringshandleiding golfafslag voorland 9

- 1.1 Uitgangspunten 9
- 1.2 Opbouw 9

2 Stappenschema 11

- 2.1 Inleiding 11
- 2.2 Golfafslag voorland 11

3 Belastinggevallen 13

- 3.1 Hydraulische Belastingen 13

4 Inventarisatie gegevens 15

- 4.1 Algemeen 15
- 4.2 Invloedszone 15

5 Schematisering 17

- 5.1 Algemeen 17
- 5.2 Uitwendige geometrie 17
- 5.3 Karakterisering erosiebestendigheid van het voorland 18

6 Vakindeling 19

- 6.1 Bepaling vakgrenzen 19

7 Parameters 21

- 7.1 Inleiding 21
- 7.2 Waterstand 21
- 7.3 Golfhoogte 21
- 7.4 Niveau rand voorland 21
- 7.5 Breedte voorland 21
- 7.6 Erosiebestendigheid van het voorland 22

8 Voorbeeld 23

A Literatuur 27

B Schema werkwijze beoordeling golfafslag voorland 29

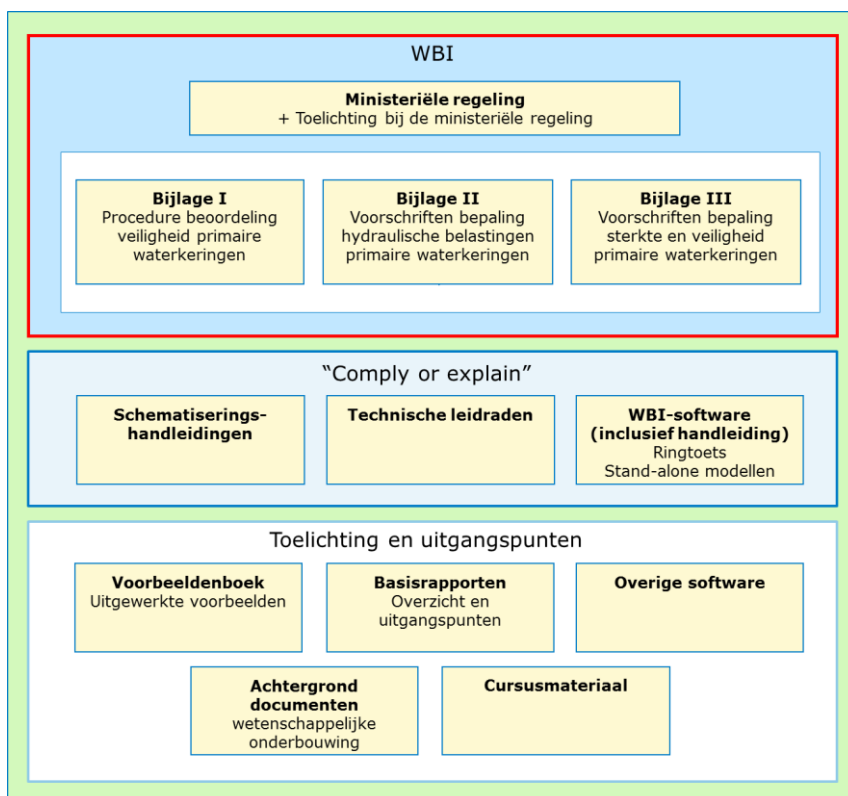
- B.1 Toelichting op het schema werkwijze beoordeling 29
- B.2 Schema werkwijze beoordeling Golfafslag voorland (VLGA) 30
- B.3 Referenties bij het schema werkwijze beoordeling Golfafslag voorland (VLGA) 30

Schematiseringshandleidingen en WBI

Deze schematiseringshandleiding is opgesteld in het kader van het Wettelijk Beoordelings-instrumentarium (hierna: WBI 2017 of WBI). Het WBI voor de beoordelingsronde 2017-2023 bestaat uit de ministeriële regeling en 3 bijlagen. Die drie bijlagen zullen verder worden aangeduid als:

- *WBI 2017 Bijlage I Procedure.*
- *WBI 2017 Bijlage II Hydraulische belastingen.*
- *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid.*

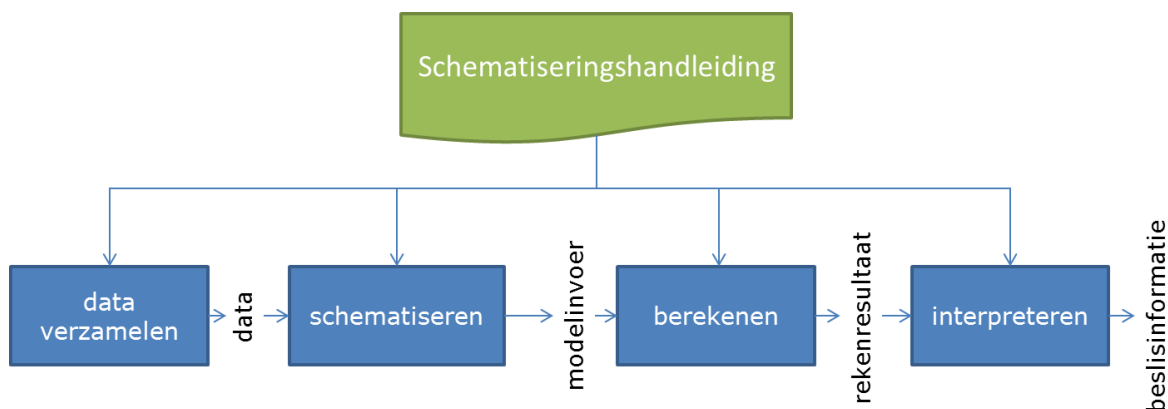
Het WBI bevat de voorschriften voor het uitvoeren van de beoordeling. In deze voorschriften wordt verwezen naar een aantal documenten en applicaties die de beheerder moet gebruiken bij het uitvoeren van de beoordeling, waaronder de schematiseringshandleidingen en de WBI software. Een overzicht van de structuur van het WBI en de daaraan gerelateerde documenten staat in Figuur 1.



Figuur 1 Het WBI 2017 en daaraan gerelateerde documenten

Doel

Het uitvoeren van een toets (eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of toets op maat) voor het beoordelen van primaire waterkeringen bestaat op hoofdlijnen uit vier activiteiten, zie Figuur 2. In een schematiseringshandleiding wordt, gegeven een rekenmethode of model, de samenhang aangegeven tussen deze vier activiteiten: welke data benodigd is, hoe moet worden geschematiseerd, welke software hiervoor beschikbaar is en in sommige gevallen hoe de resultaten kunnen worden geïnterpreteerd.



Figuur 2 Activiteiten verbonden met een toets

De activiteit schematiseren wordt hier gedefinieerd als het vertalen van de gegevens over de waterkering naar invoer voor de methode (meestal een rekenmodel al dan niet in software) waarmee de toets wordt uitgevoerd. De gegevens kunnen meetgegevens zijn uit het veld of het laboratorium, ontwerp- of revisietekeningen zijn, maar kunnen ook kennis en ervaring betreffen. Bij het schematiseren speelt de beschikbare hoeveelheid gegevens en de kwaliteit ervan een grote rol. Bij weinig gegevens is de schematisering grof of globaal en met een grote onzekerheid. Naarmate er meer en betere gegevens beschikbaar zijn, wordt de schematisering fijner en preciezer.

Het doorlopen van de vier activiteiten is in veel gevallen een iteratief proces. Zeker als ervoor wordt gekozen om te starten met een grove schematisering. In de vierde activiteit wordt bekeken of door het inwinnen van extra gegevens en/of het verfijnen van de schematisering, het resultaat van de derde activiteiten kan worden aangescherpt. Het is uiteraard ook mogelijk om meteen te kiezen voor een gedetailleerde schematisering.

De schematiseringshandleiding geeft aanwijzingen voor het type en de benodigde hoeveelheid aan onderzoek om tot een goede schematisering te kunnen komen. Verder ondersteunt de schematiseringshandleiding gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de toets kan worden toegepast. De wijze waarop gegevens ingewonnen moeten worden (bijvoorbeeld hoe veldonderzoek of laboratoriumonderzoek uitgevoerd wordt) wordt slechts summier behandeld.

Deze handleiding is specifiek opgesteld voor het beoordelen van primaire waterkeringen en kan daarom niet zomaar worden toegepast voor andere doeleinden (regionale keringen, ontwerp, et cetera). Onderdelen van de schematiseringshandleiding zijn mogelijk wel toepasbaar voor andere doeleinden, maar op punten zal deze handleiding niet van toepassing of onvolledig zijn.

Uitgangspunten

Voor alle schematiseringshandleidingen gelden de volgende uitgangspunten:

- Voor de gegevens die in het rekenmodel voor het toetsspoor worden ingevoerd wordt een format voorgeschreven. Het format sluit aan bij de Aquo standaard. Verdere informatie hierover is te vinden in de Handleiding datamanagement WBI [2].
- Deze schematiseringshandleiding ondersteunt gebruikers in het omzetten van (veld)gegevens naar de juiste rekenparameters en goede schematiseringen die in de beoordelingsmethoden kunnen worden toegepast.
- Deze schematiseringshandleiding geeft tevens aanwijzingen voor default waarden die voor parameters aangehouden kunnen worden als meetgegevens niet aanwezig zijn.

Doelgroep

De schematiseringshandleiding is geschreven voor een deskundig gebruiker die bekend is met de voorschriften en de (deel)faalmechanismen en modellen die van toepassing zijn voor deze schematiseringshandleiding.

1 Inleiding Schematiseringshandleiding golfafslag voorland

1.1 Uitgangspunten

Voor deze Schematiseringshandleiding *golfafslag voorland* gelden de volgende uitgangspunten:

- *Golfafslag voorland* betreft de erosie van het voorland gedurende een periode van maatgevende omstandigheden. Deze Schematiseringshandleiding is uitdrukkelijk niet van toepassing op de erosieverschijnselen die leiden tot het geleidelijk verplaatsen van een stroomgeul als gevolg van de dagelijkse stroming. Dit type erosie – op een veel langere tijdschaal – heeft indirect gevolgen voor de toetsporen *afschuiving voorland* (VLAF) en *zettingsvloeiing voorland* (VLZV). Het erosieproces dient beheerst te worden via de actieve zorgplicht van de beheerder van de waterkering.
-

1.2 Opbouw

De opbouw van deze handleiding is als volgt:

Onderwerp	Locatie
Stappenschema	Hoofdstuk 2
Belastinggevallen	Hoofdstuk 3
Inventarisatie gegevens	Hoofdstuk 4
Schematisering	Hoofdstuk 5
Vakindeling	Hoofdstuk 6
Parameters	Hoofdstuk 7
Voorbeeld	Hoofdstuk 8

Het *stappenschema in hoofdstuk 2* vormt de basis van de schematiseringshandleiding. Dit stappenschema geeft een overzicht van de te volgen stappen voor het schematiseren. Per stap wordt een verwijzing gegeven naar een paragraaf of hoofdstuk van deze schematiseringshandleiding waarin dit verder wordt uitgewerkt. Hoofdstuk 2 kan dus als leeswijzer of leidraad voor het toepassen van dit rapport worden gebruikt.

Voor verklaring van begrippen en afkortingen wordt verwezen naar Appendix B van *WBI 2017 Bijlage I Procedure*.

2 Stappenschema

2.1 Inleiding

De toetsprocedure is vastgelegd in het wettelijk vastgelegde *WBI 2017 Bijlage I Procedure* beoordeling veiligheid primaire waterkeringen. Hierin is onder andere de wijze van doorlopen van *eenvoudige toets* naar *gedetailleerde toets* en vervolgens naar een eventuele *toets op maat* (voorheen geavanceerde toets) toegelicht.

De technische beschrijving hoe de *eenvoudige toets*, de *gedetailleerde toets* en de *toets op maat* uitgevoerd dienen te worden is niet in het *WBI 2017 Bijlage I Procedure* opgenomen. Daarvoor verwijst *Bijlage I Procedure*, waar relevant, naar *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid* (met de toetsschema's en de criteria waarop beoordeeld moet worden), deze schematiseringshandleiding, en een eventuele Handreiking toets op maat.

2.2 Golfafslag voorland

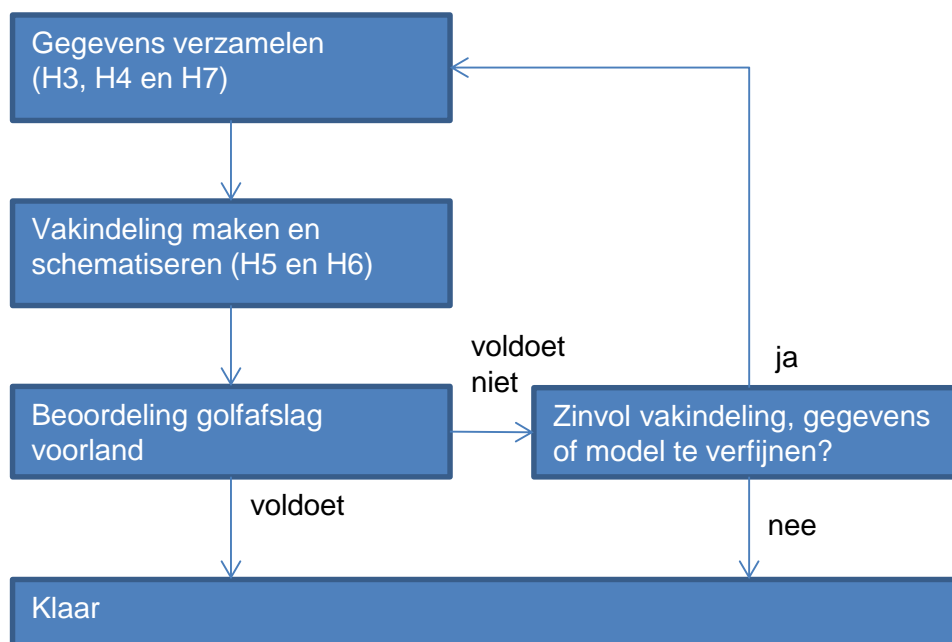
Golfafslag van het voorland is een toetsspoor dat wordt aangeduid als indirect faalmechanisme. De golfafslag zelf is meestal niet direct bedreigend voor de stabiliteit van de waterkering, maar het kan de weg openen voor andere mechanismen zoals piping (door verplaatsing van het intredepunt), instabiliteit van de bekleding (via een grotere golfbelasting), buitenwaartse stabiliteit (door wegvallen deel van de passieve zone) of binnenwaartse stabiliteit (door vermindering van de hydraulische weerstand van het voorland). Bij de beoordeling volgens dit toetsspoor wordt nagegaan of de invloed van golfafslag op andere (directe) faalmechanismen significant zou kunnen zijn.

In de *eenvoudige toets* wordt nagegaan of het voorland voldoet aan algemene geometrische kenmerken. Dit betreft kenmerken van de geometrie van het voorland en de samenstelling van de (onder)grond van het maaiveld. In de *eenvoudige toets* worden achtereenvolgens het schadelijkheids criterium en het optredingscriterium gecheckt. Voor dit toetsspoor is geen *gedetailleerde toets* ontwikkeld.

De fase van het schematiseren verloopt grofweg van het verzamelen van de gegevens tot de beoordeling van de golfafslag. Omdat het wellicht lonend is om van grof naar fijn te werken zal mogelijk een of meerder iteratieslagen nodig zijn om te komen tot een scherpe beoordeling. Het cyclische stappenschema is gegeven in Figuur 2.1.

De eerste stap bestaat uit het verzamelen van gegevens. Vaak zal het economisch zijn om te werken van grof naar fijn. De inwinning richt zich dan op de minimaal benodigde gegevens voor het doorlopen van de *eenvoudige toets*, waarbij eventueel conservatieve aannamen worden gedaan voor niet direct beschikbare gegevens. De veelal snel traceerbare gegevens met betrekking tot het voorland zijn archiefgegevens, gegevens van eerdere beoordelingen, bestek- en revisietekeningen, geometrie-gegevens uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) en ondergrond-gegevens uit de Stochastische Ondergrond Schematisering (SOS). De hydraulische randvoorwaarden, zie hoofdstuk 3, worden ontleend aan Ringtoets.

In latere cycli kunnen eventueel meer gegevens met betrekking tot het voorland worden verzameld: veldwaarnemingen en -metingen en laboratoriumonderzoek.



Figuur 2.1 Schema voor cyclisch proces van schematiseren

In de tweede stap moet op basis van de ingewonnen gegevens geschematiseerd en een vakindeling worden gemaakt. In de eerste cyclus zal dit minimaal gebeuren op basis van parameters die nodig zijn voor de *eenvoudige toets*. Dit betreft alleen de globale kenmerken van de dijk: geometrie, en (veronderstelde) samenstelling (zand/ klei) en/of begroeiing van het voorland. Daarna kan het van nut zijn om vakken te verfijnen aan de hand van nader ingewonnen gegevens.

In stap drie wordt met de schematisering een dijkvak beoordeeld. Het beoordelingscriterium voor het toetsspoor *golfafslag voorland* is opgenomen in hoofdstuk 22 van het *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid*.

Indien het dijkvak (nog) niet voldoet aan de gestelde eisen, dan moet worden bepaald of het mogelijk en zinvol is om:

- De schematisering aan te passen. Als de schematisering (deels) was gebaseerd op conservatieve aannamen, kan het lonen deze aannamen te vervangen door op metingen gebaseerde gegevens.
- De vakindeling te verfijnen. Dit lijkt vooral zinvol als de eigenschappen van het voorland en/of de hydraulische randvoorwaarden sterk verlopen. Een dergelijke aanpassing zal er meestal slechts toe leiden dat een deel van het oorspronkelijke vak kan worden goedgekeurd.

Bij een dijkvak dat (nog) niet voldoet en waar sprake is van een voorliggende golfreducerende dam moet - in de toets op maat - worden nagegaan of deze dam bij de Hydraulische Belastingen verdisconteerd kan worden en of de bijbehorende belastingreductie alsnog tot een oordeel 'voldoet' voor het huidige toetsspoor leidt; zie Hoofdstuk 26 van WBI2017 Bijlage III Sterkte en Veiligheid, en de Schematiseringshandleiding Bepaling Hydraulische Conditie bij de Dijkteen.

Indien het dijkvak wel voldoet, het indirecte mechanisme geen significante invloed heeft op één of meerdere directe mechanismen, dan is de beoordeling van het betreffende dijkvak gereed.

3 Belastinggevallen

3.1 **Hydraulische Belastingen**

De enige belastingen die relevant zijn voor het toetsspoor *golfafslag voorland* zijn de hydraulische belastingen. In de *eenvoudige toets* zijn de waterstand bij de norm en de golfhoogte bij de norm de relevante parameters; zie hoofdstuk 7 voor details. Conform de werkwijze bij de eenvoudige toets worden deze belastingparameters bepaald op basis van hun afzonderlijke marginale statistieken. Binnen het WBI 2017 worden de hydraulische belastingen verkregen via Ringtoets.

4 Inventarisatie gegevens

4.1 Algemeen

Voor analyse van het mechanisme *golfafslag voorland* zijn de volgende gegevens noodzakelijk met betrekking tot het voorland en de ontwikkeling daarvan in de loop der jaren:

- De geometrie. De kenmerkende gegevens zijn:
 - de horizontale afstand van de geulrand tot de teen van de dijk
 - het niveau van het voorland ter plaatse van de geulrand.
- De erosiebestendigheid. De erosiebestendigheid van het voorland wordt bepaald door:
 - de aanwezigheid van een (intacte) grasmat,
 - indien geen grasmat, de samenstelling van de (onder)grond aan het maaiveld: zand, cohesieve grond en/of bodemverdediging in de vorm van bestorting of zinkstukken.

De gegevens noodzakelijk voor een goede schematisering zijn o.a.:

- Gegevens gebruikt voor vorige beoordeling(en).
- Historische vakindeling.
- VNK2 resultaten.
- Informatie over aanwezige bodembeschermingen: bestek- en revisietekeningen.
- Beschikbaar veld- en laboratoriumonderzoek (inmetingen, lodingen, grondonderzoek, waarnemingen grasmat et cetera).
- Andere informatie uit het beheerregister.
- Ervaringen van de beheerder (veldwaarnemingen).

Deze gegevens zullen veelal niet afzonderlijk voor het toetsspoor *golfafslag voorland* ingezameld worden. Het ligt voor de hand dit te integreren met het verzamelen van gegevens ten behoeve de ander toetssporen betreffende het voorland en de gegevens van de dijk zelf. Veel gegevens zullen overlappen zoals geometrie van het voorland.

4.2 Invloedszone

Naast de gegevens met betrekking tot de actuele toestand van het voorland en de ontwikkeling daarvan in de loop der jaren, is het voor de beoordeling noodzakelijk te weten tot hoever de invloedszone zich uitstrekt. Die invloedszone zal moeten worden bepaald op basis van berekeningen aan directe faalmechanismen. Zie daarvoor Appendix A van *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid*.

5 Schematisering

5.1 Algemeen

Dit hoofdstuk geeft aanwijzingen en aandachtspunten voor het opstellen van de schematisering ten behoeve van het toetsspoor *golfafslag voorland*.

De globale werkwijze bij het schematiseren betreft drie stappen:

- Bepaling uitwendige geometrie.
- Karakterisering van de erosiebestendigheid van het maaiveld in de omgeving van de dijk.
- Keuze maatgevend dwarsprofiel (zie hoofdstuk 6: Vakindeling).

5.2 Uitwendige geometrie

Evenals bij de toetssporen *afschuiving voorland* en *zettingsvloeiing voorland* dient bij het toetsspoor *golfafslag voorland* expliciet rekening te worden gehouden met morfologische veranderingen. Een voorspelling van de toekomstige geometrie kan gemaakt worden op basis van extrapolatie van peilingen van de afgelopen jaren, tenzij verwacht wordt dat belangrijke veranderingen zullen optreden in het stroompatroon of op basis van de opbouw van de ondergrond een hogere of lagere erosiesnelheid verwacht wordt. In het geval van verwachte veranderingen in het stroompatroon (bijvoorbeeld door de aanleg van een strekdam of een bestorting) kan de geometrie voorspeld worden met hydraulische en morfologische modellen zoals SOBEK of Delft3D. Waar een taludbescherming of een bodembescherming aanwezig is kan ervan uitgegaan worden dat de geometrie constant is.

Deze analyse is ook noodzakelijk voor de toetssporen *afschuiving voorland* en *zettingsvloeiing voorland* en kan daarmee samen worden uitgevoerd. Voor de laatstgenoemde toetssporen is het gehele over de geulhoogte gemiddelde profiel relevant: het rekenprofiel. Voor het toetsspoor *golfafslag voorland* is slechts de locatie van de geulrand relevant.

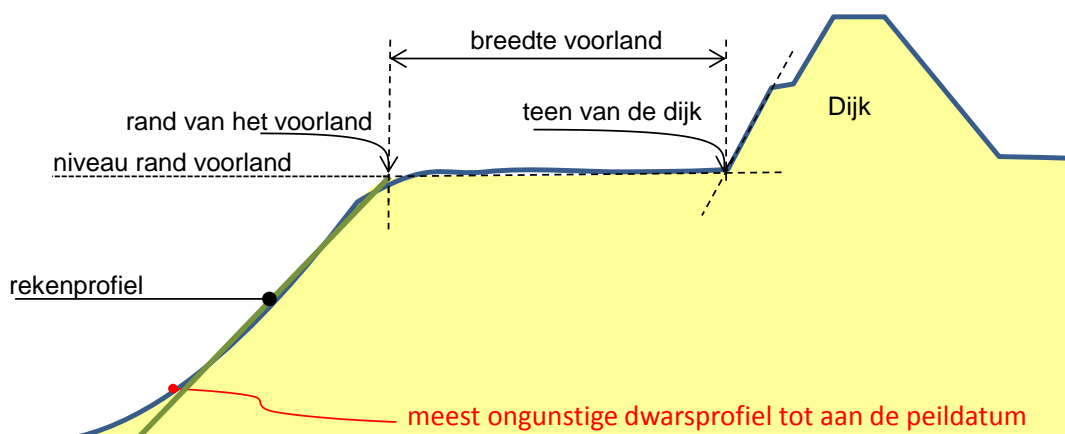
Voor de schematisering dient dus de verwachte verandering in locatie en hoogteligging van de geulrand tot de peildatum te worden meegenomen. De meest ongunstige situatie tot aan de peildatum dient te worden gebruikt voor de beoordeling.

Als op grond van de morfologische ontwikkeling het meest ongunstige profiel is bepaald dient dit te worden geschematiseerd zodanig dat daarin de volgende kenmerkende punten naar voren komen, zie Figuur 5.1:

- De teen van de dijk.
- De rand van het voorland, ook wel aangeduid als de geulrand.

Het is niet altijd meteen duidelijk waar de geulrand zich bevindt. De locatie moet mede op basis van engineering judgement worden gekozen waar een duidelijke versteiling optreedt van het min of meer horizontale voorland naar het talud van de geul. De ligging van de rand van het voorland wordt uiteindelijk door twee parameters gekarakteriseerd:

- Het niveau van de rand van het voorland, zie §7.2.
- De breedte van het voorland die volgt uit de horizontale afstand tussen de teen van de dijk en de rand van het voorland, zie §7.5.



Figuur 5.1 Geschematiseerd profiel met geometrische parameters

5.3 Karakterisering erosiebestendigheid van het voorland

Voor de *eenvoudige toets* is van belang of het voorland erosiebestendig is of niet. Als het voorland uit niet-bedekte grond bestaat, moet de grond op het voorland in het kader van het schematiseren gekarakteriseerd worden als zandig of cohesief (klei). Dit zijn namelijk de klassen onderscheiden in de grafiek voor de maximale afslagbreedte als functie van de golfhoogte zoals opgenomen in *WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid*.

Als de rand van het voorland is bedekt door een intacte grasmat, een bodembescherming of een andere (dijk)bekleding en de golfhoogte is kleiner dan 0,75 meter dan is de faalkans als gevolg van golfafslag verwaarloosbaar.

6 Vakindeling

6.1 Bepaling vakgrenzen

De beheerder deelt het te beoordelen dijktraject in vakken op. In hoofdstuk 5 zijn de geometrie, bekleding en/of de erosiebestendigheid van het voorland in kaart gebracht, daarna en op basis daarvan wordt de vakindeling opgesteld. Overwegingen voor die onderverdeling zijn vooral fysieke omgevingsfactoren. Maar ook historische vakgrenzen, grenzen met betrekking tot het beheer en peilgebieden kunnen een overweging zijn. Daarnaast kunnen veranderingen in de invloedszone aanleiding geven tot vakgrenzen. Vakgrenzen met betrekking tot het voorland zelf worden gelegd:

- Waar het voorland van type verandert, bijvoorbeeld wel of geen bestorting.
- Bij duidelijke veranderingen in de geometrie.
- Bij duidelijke veranderingen in de grondsamenstelling of kwaliteit van de grasbekleding.

De keuze voor de vakindeling moet zodanig zijn dat één situatie kenmerkend geacht kan worden voor de gehele strekking van het vak. Met die kenmerkende situatie wordt de stabiliteit van het voorland geanalyseerd. Voor verschillende faalmechanismen zijn verschillende kenmerken van toepassing en voor *golfafslag voorland* kan dus een andere vakindeling gewenst zijn dan voor bij voorbeeld het toetspoot *macrostabiliteit binnenwaarts* dat zich richt op het dijklichaam.

Wanneer het oordeel daar aanleiding toe geeft kan de indeling worden aangepast (iteratief proces). Bij voorbeeld kan bij een verdere onderverdeling van het vak voor één deel het maatgevende profiel gunstiger uitvallen en de toets alsnog leiden tot goedkeuring van dat deel.

7 Parameters

7.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft aanwijzingen voor de bepaling van de relevante parameters voor een beoordeling van het mechanisme *golfafslag voorland*. De *eenvoudige toets* vereist hydraulische randvoorwaarden, enkele geometrische parameters en de erosiebestendigheid van het voorland. Voor dit toetsspoor is geen *gedetailleerde toets* ontwikkeld.

7.2 Waterstand

Wat is het

De eenheid van de buitenwaterstand is [m t.o.v. NAP].

Hoe te bepalen

Binnen het WBI 2017 worden de hydraulische belastingen verkregen via Ringtoets. Voor het toetsspoor *golfafslag voorland* is de waterstand bij de norm op basis van de marginale statistiek van belang.

7.3 Golfhoogte

Wat is het

De golfhoogte (H_{m0} [m]) is de hoogte van de (windgerelateerde) golven op de betreffende locatie.

Hoe te bepalen

Binnen het WBI 2017 worden de hydraulische belastingen verkregen via Ringtoets. Voor het toetsspoor *golfafslag voorland* is de significante golfhoogte (H_{m0} [m]) bij de norm op basis van de marginale statistiek van belang.

7.4 Niveau rand voorland

Wat is het

Het niveau rand voorland is het niveau [m t.o.v. NAP] van het snijpunt van de lijn die de gemiddelde geulwand beschrijft met de lijn die het gemiddelde verloop van het nagenoeg horizontale deel van het voorland schematiseert: het niveau van het knikpunt van het onderwatertalud naar het voorland. Indien geen vlak voorland aanwezig is (het onderwatertalud sluit direct aan op de teen van de waterkering; de breedte van het voorland is nul), dan kan de laagwaterlijn genomen worden.

Hoe te bepalen

Het niveau van de rand van het voorland [m t.o.v. NAP] volgt direct uit de geschematiseerde geometrie, zie §5.2.. Normaliter is het niveau van de rand van het voorland gelijk aan het niveau van het voorland zelf.

7.5 Breedte voorland

Wat is het

De breedte van het voorland [m] is de horizontale afstand van de teen van de dijk tot de rand van het voorland volgens het geschematiseerde profiel. Indien geen vlak voorland aanwezig is, is de breedte gelijk aan 0,0 m.

Hoe te bepalen

De breedte van het voorland [m] wordt altijd gebaseerd op het geschematiseerde profiel, zie §5.2.

7.6 Erosiebestendigheid van het voorland

Wat is het

Voor de erosiebestendigheid van het maaiveld van (de rand van) het voorland is van belang of er een intacte grasmat of een andere vorm van bescherming tegen erosie aanwezig is en of het materiaal 'zand' of 'klei' is. De erosiebestendigheid wordt onderscheiden in drie klassen:

- Beschermd.
- Klei.
- Zand.

Hoe te bepalen

Voor de wijze van beoordelen of er een intacte grasmat aanwezig is wordt verwezen naar paragraaf 6.4 van de *Schematiseringshandleiding grasbekleding*. In geval van een open of een gesloten zode is sprake van een intacte grasmat en is de erosiebestendigheid 'beschermd'. In geval van een fragmentarische zode is de erosiebestendigheid 'niet beschermd'.

Of op de rand van het voorland een bodembescherming of harde bekleding aanwezig is, volgt uit de grenzen aangegeven op een besteks- of revisietekening in combinatie met waarnemingen met betrekking tot de geometrie. Als het voorland wordt verdedigd door een bodembescherming of harde bekleding, is de erosiebestendigheid 'beschermd'.

Als het voorland niet de classificatie 'beschermd' krijgt moet de erosie verder beoordeeld worden voor een voorland van klei of een voorland van zand.

Voor de karakterisering van de grond aan het maaiveld in 'zand' of 'klei' wordt verwezen naar de internationale norm NEN-EN-ISO 14688 [3].

8 Voorbeeld

Ter hoogte van het plaatsje G. in de gemeente V. moet de dijk langs de rivier worden beoordeeld. Buitendijks ligt een ruig grasland van enkele tientallen meters breed, dat aan de rivierzijde begrensd wordt door deels een steile wand en deels een erosiebestendige oeverbekleding. Het toetsspoor *golfafslag voorland* moet worden doorlopen om vast te stellen of erosie van dit voorland mogelijk significante invloed heeft op de veiligheid van de dijk (Fig. 8.1).



Figuur 8.1 Luchtfoto van het projectgebied. Links van de krib is het deel van de oever waar sprake is van de steilrand, zie ook Figuur 8.2.

Dit voorbeeld bespreekt het schematiseren van een dijkvak voor het beoordelen van het toetsspoor *golfafslag voorland*. Hiervoor worden gegevens verzameld waarmee uiteindelijk de twee vragen in de eenvoudige toets moeten worden beantwoord, te weten: "Is golfafslag schadelijk?" en "Treedt golfafslag op?", zie hoofdstuk 22 *Golfafslag voorland WBI 2017 Bijlage III Sterkte en veiligheid*.

Gebiedsbeschrijving

De oevers van de rivier ter hoogte van het projectgebied bestaan uit begrazingsgebieden van Staatsbosbeheer. Uit het archief bleek dat in 2010 de afstand tussen de steilrand en de teen van de dijk was ingemeten, zie tweede kolom van Tabel 8.1 (2010). De breedte van de strook ruig grasland varieerde van 29 m tot 52 m.

Tabel 8.1 Gemeten breedte van voorland

Raai	Afstand dijkteen naar steilrand [m]		Oevererosie [m]	Prognose breedte voorland op peildatum (2023) [m]
	2010	juni 2016		
A	52	50	2	48
B	43	41	2	39
C	35	29	6	22
D	29	22	7	14
E	36	30	6	23
F	60	60	0	60
G	60	60	0	60

Om actuele gegevens te verzamelen is in juni 2016 een veldbezoek gebracht. Het gebied werd toen begraasd door koeien. Het dijktalud is begroeid met grazige vegetatie en op de kruin van de dijk ligt een weg.

De oever in het erosiegevoelige dijkvak (van raai A tot en met raai E) lijkt regelmatig af te kalven, want er is sprake van een vrijwel onbegroeide, ca. 1 meter hoge steilrand, zie Figuur 8.2. Tijdens het veldbezoek is de positie van de steilrand ten opzichte van de teen van de dijk ter plaatse van de raaien opnieuw ingemeten. Deze positie varieert ten tijde van die meting tussen 22 m uit de dijkteen (raai D) tot 50 m uit de dijkteen (raai A), zie derde kolom Tabel 1 (juni 2016).



Figuur 8.2 Foto-impressie van het projectgebied, juni 2016: steile oever door erosie

De metingen tonen aan, dat de oever van 2010 tot 2016 is geërodeerd ter plaatse van de raaien A t/m E, waarbij de teruggang het grootste is in raai D. Dat is tevens de raai waar de steilrand het dichtst bij de teen van de dijk ligt. De oorzaak van de erosie is niet bekend, maar verondersteld wordt dat golfslag veroorzaakt door scheepvaart een belangrijke bijdrage levert aan de erosie.

Uit berekeningen betreffende de primaire mechanismen (piping en macrostabiliteit) is gebleken dat de invloedzone waterkering buitendijks tot 10 meter uit de huidige buitenteen van de dijk reikt.

Voor de schematisering dient de verwachte verandering in locatie en hoogteligging van de geulrand tot de peildatum te worden meegenomen. De meest ongunstige situatie tot aan de peildatum dient te worden gebruikt voor de beoordeling. Uitgaande van de oevererosie die de laatste 6 jaren is opgetreden kan de ligging van de rand van het voorland worden geprognosticeerd door lineaire extrapolatie. Op de peildatum (2023) varieert de voorlandbreedte voor het erosiegevoelige deel dan tussen 14 en 48 m.

Werkend van grof naar fijn wordt in eerste instantie het gehele krib-vak als dijkvak aangemerkt en daarmee alleen met de meest ongunstigste raai (D) rekening gehouden, zie ook Tabel 1.

Voor het beoordelen van het voorland op golfafslag zijn de volgende gegevens vereist:

- Breedte voorland (zie Tabel 8.1).
- Invloedszone waterkering buitendijks (i.e. 10 m).
- Significante golfhoogte bij de norm (= 0,8 m) en erosiebestendigheid van bekleding voorland (= zand), deze combinatie van gegevens bepaalt of golfafslag schadelijk is (schadelijkheids criterium).
- Waterstand bij de norm (15 m + NAP) en hoogte voorland (10 m + NAP), deze hoogtes bepalen of golfafslag optreedt (optredings criterium).

Ringtoets levert de genoemde hydraulische belastingen voor het te beschouwen dijkvak: de significante golfhoogte bij de norm is gelijk aan 0,8 m en de waterstand bij de norm bedraagt NAP + 15 m.

Op het voorland ligt een fragmentarische grasbekleding (erosiebestendigheid hiervan is vergelijkbaar met zand, zie Schematiseringshandleiding grasbekleding) met daaronder een laag van zandige klei.

Ten aanzien van de geometrie geldt: het voorland ter plaatse van de oevererosie heeft op de peildatum een breedte van 14 m (i.e., afstand tussen teen van de dijk en rand van het voorland). In toetsstap E.1 (zie Figuur 22.1 Schema eenvoudige toets golfafslag bij voorlanden) moet worden bepaald of golfafslag van het voorland schadelijk is (schadelijkheids criterium). De maximale afslagbreedte voor zand bedraagt ongeveer 25 m (zie Figuur 22.3 Minimaal benodigde marge buiten de invloedszone). Dit betekent dat de breedte van het voorland onvoldoende is, immers er is een tekort van 21 m ($25\text{ m} + 10\text{ m} - 14\text{ m} = 21\text{ m}$). Daarom wordt de eenvoudige toets met stap E.2 vervolgd.

Voor het bepalen of golfafslag mogelijk is (optredings criterium) dient het verschil tussen hoogte van het maaiveld en de waterstand bij de norm kleiner te zijn dan twee keer de golfhoogte. Het verschil is $15\text{ m} - 10\text{ m} = 5\text{ m}$ en is dus groter dan $2 \times 0,8\text{ m} = 1,6\text{ m}$. Omdat het een laag voorland betreft, zijn de golven op het voorland relatief klein ten opzichte van de optredende waterdiepte, dus golfafslag treedt tijdens maatgevende condities niet/nauwelijks op.

Indien het maaiveld niet op 10 m + NAP is gelegen, maar op 13,8 m + NAP (dus het voorland is in dit geval 3,8 m hoger), dan is de verhouding tussen waterdiepte en golfhoogte gelijk aan $(15 - 13,8)/0,8 = 1,5$ en is dus kleiner dan 2. Hieruit volgt dat aan twee criteria voor het optreden van golfafslag voldaan wordt en dus is het voorland gevoelig voor golferosie. De toetsing kan nu op tweeërlei wijzen worden voortgezet. Er kan een andere vakindeling worden aangenomen of de toetsing kan met de *toets op maat* worden vervolgd.

De gemiddelde breedte van het voorland buiten de oevererosie bedraagt 60 m. Nu geldt voor stap E.1 dat de breedte van het voorland voldoende is, immers er is nu een overschot aan breedte, te weten: $60\text{ m} - (25\text{ m} + 10\text{ m}) = 25\text{ m}$. Hieruit blijkt dat (mocht een gedeelte van het dijkvak niet voldoen) het lonend kan zijn om het dijkvak in twee delen op te splitsen.

Verantwoording

Deze *Schematiseringshandleiding golfafslag voorland* is in opdracht van Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving opgesteld door Deltares. Dit document is als onderdeel van het WBI 2017 besproken met keringbeheerders in de WBI-coördinatiegroep en beoordeeld door de ENW Voorbereidingsgroep WBI 2017.

Schrijver:

J.K. van Deen (Deltares).

Regie:

J. van der Hammen (RWS).
K.S. Lam (Deltares).
M.M. de Visser (Arcadis).

Review:

G.J.C.M. Hoffmans (Deltares).
R. Slomp (RWS).

Eindredactie:

R. 't Hart (Deltares).
A. Bizzarri (RWS).
M. Hazelhoff (RWS).

Eindcontrole:

R.M. Slomp (RWS).
J.G. Knoeff (Deltares).
M. Bottema (RWS).

A Literatuur

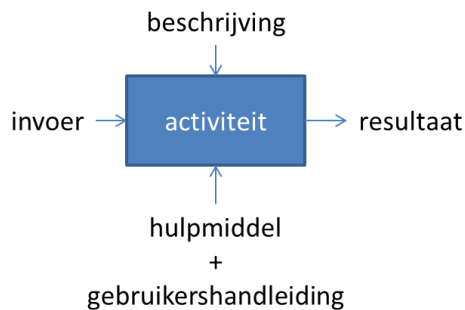
- [1] *Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)*. <http://www.ahn.nl/index.html>. Programmasecretariaat AHN, Amersfoort.
- [2] *Handleiding datamanagement WBI 2017*. Rijkswaterstaat – Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.
- [3] *NEN-EN-ISO 14688: Geotechnisch onderzoek en beproeving - Identificatie en classificatie van grond*. Nederlands Normalisatie Instituut. Delft, februari 2016.

B Schema werkwijze beoordeling golfafslag voorland

Hieronder is schematisch de werkwijze van de beoordeling van het toetsspoor Golfafslag voorland (VLGA) weergegeven (Figuur B.2).

B.1 Toelichting op het schema werkwijze beoordeling

De werkwijze bestaat uit opvolgende activiteiten waarbij het resultaat van de voorgaande activiteit de invoer is van de volgende activiteit. Deze activiteiten moeten doorlopen worden om te komen tot een oordeel. Per activiteit kan worden beschreven hoe men van de invoer komt tot de benodigde uitvoer. Daarnaast wordt aangegeven of een activiteit door hulpmiddelen wordt ondersteund. Het schema van een activiteit ziet er in het algemeen uit zoals Figuur B.1.

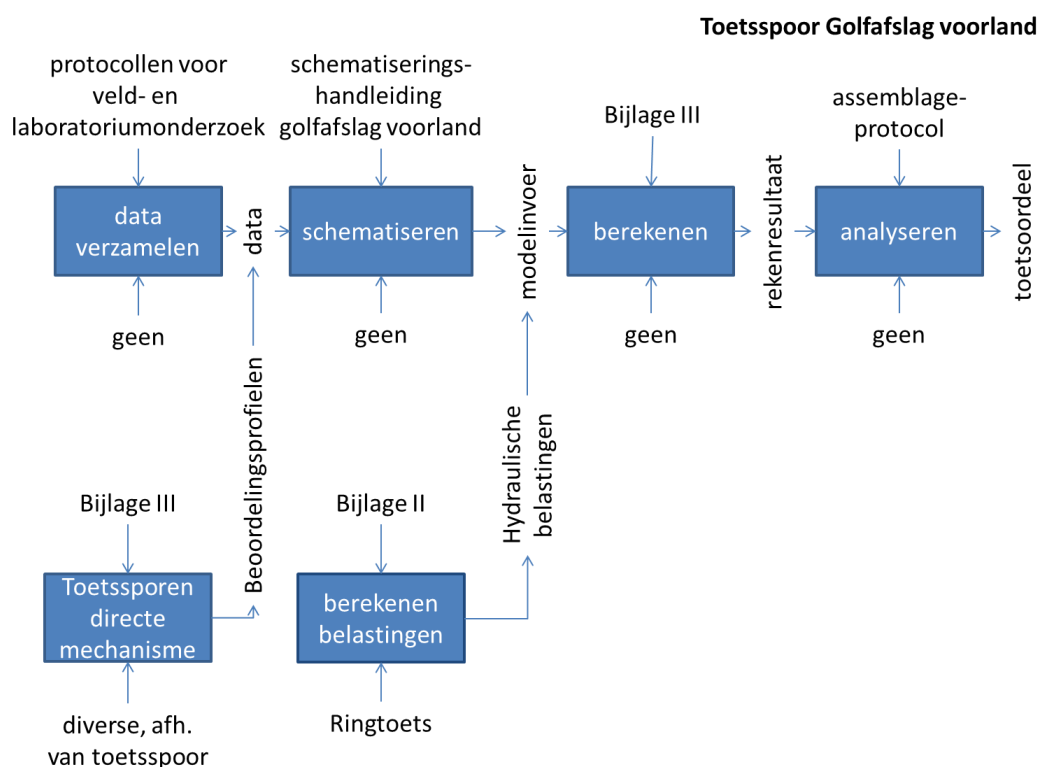


Figuur B.1 Het algemene schema van een activiteit. Een aaneenschakeling van benodigde activiteiten bij een beoordeling geeft de schematische werkwijze van de beoordeling weer.

Het beoordelingsinstrumentarium bestaat uit verschillende documenten en tools/software om te komen tot een oordeel. In het schema is aangegeven welke (hoofd) documenten en tools/software betrekking hebben op een activiteit. Bij de activiteit wordt in de referenties na het schema gerefereerd naar de alle beschikbare documenten en/of tools/software behorende bij de activiteit. Op deze manier kan de beoordelaar bij elke activiteit achterhalen welke documenten en/of tools/software van het beoordelingsinstrumentarium relevant zijn om die activiteit uit te kunnen voeren. Er wordt in het schema niet uitsluitend verwezen naar documenten en/of tools/software van het beoordelingsinstrumentarium.

Benadrukt wordt dat dit schema niet het beoordelingsproces beschrijft. Het beoordelingsproces wordt beschreven in Bijlage I 'Procedure' van de Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. Het beoordelingsproces is iteratief waarbij één of meerdere activiteiten uit het schema meerdere malen kan worden doorlopen. Afhankelijk van waar men zich bevindt in het beoordelingsproces, kan de invulling van de activiteit anders zijn. Bijvoorbeeld bij de activiteit 'berekenen' kan dit door middel van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak of een toets op maat. Verder wordt benadrukt dat de beschrijvingen en hulpmiddelen niet uitputtend zijn. Niet alle invullingen van een activiteit zijn beschreven of worden ondersteund (denk hierbij aan toets op maat).

B.2 Schema werkwijze beoordeling Golfafslag voorland (VLGA)



Figuur B.2 Schema werkwijze beoordeling Golfafslag voorland (VLGA). In het schema zijn alleen de belangrijkste documenten en/of tools/software genoemd. De lijst met alle beschikbare documenten en tools/software die betrekking hebben op een activiteit wordt hieronder beschreven.

B.3 Referenties bij het schema werkwijze beoordeling Golfafslag voorland (VLGA)

B.3.1 Activiteit 'data verzamelen'

Referenties beschrijving activiteit

- Voor de beschrijving van deze activiteit wordt verwezen naar de algemeen geaccepteerde en van toepassing zijnde protocollen, voorschriften en normen in de grond-, water- en wegebouw die te vinden zijn bij CROW en NEN.

Referenties hulpmiddel activiteit

- geen

B.3.2 Activiteit 'schematiseren'

Referenties beschrijving activiteit

- *Schematiseringshandleiding Golfafslag voorland, WBI 2017*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- geen

B.3.3 Activiteit 'berekenen hydraulische belastingen'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belastingen primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Ringtoets, Software voor de beoordeling van primaire waterkeringen*. Deltares, Delft, september 2016.
- *Ringtoets, Installatiehandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Deltares, Delft, september 2016.
- *Ringtoets, Gebruikershandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Deltares, Delft, september 2016.

B.3.4 Activiteit 'berekenen toetsoordeel'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Ringtoets, Software voor de beoordeling van primaire waterkeringen*. Deltares, Delft, september 2016.
- *Ringtoets, Installatiehandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Deltares, Delft, september 2016.
- *Ringtoets, Gebruikershandleiding, Wettelijk Toets Instrumentarium 2017*. Deltares, Delft, september 2016.
- *Fenomenologische beschrijving faalmechanismen WBI*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.

B.3.5 Activiteit 'analyseren'

Referenties beschrijving activiteit

- *Ministeriële Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen*. Rijkswaterstaat, Water, Verkeer en Leefomgeving. Lelystad, september 2016.
- *Assemblageprotocol WBI2017, Nadere uitwerking van het beoogde assemblageprotocol voor het wettelijke beoordelingsinstrumentarium*. F. Diermans, K.S. Lam, H. Knoeff, Deltares rapport 1230086-010-GEO-0001, Delft, juni 2016.

Referenties hulpmiddel activiteit

- *Assemblagetool WBI2017*. Nog in ontwikkeling.

B.3.6 Toelichting bij de referenties

Het softwareprogramma Ringtoets kan verschillende (sub)activiteiten ondersteunen bij het berekenen van de hydraulische belastingen en bij het berekenen van het rekenresultaat. Daarom wordt Ringtoets meerdere malen genoemd bij de referenties.

De bestandsformaten behorende tot een software of tool zijn beschreven in de handleiding van de betreffende software of tool.