



## **Regeling van de Minister van Infrastructuur en Milieu, van 2 december 2016, nr. IENM/BSK-2016/283517, ter uitvoering van de artikelen 2.3, eerste lid, en 2.12, vierde lid, van de Waterwet, houdende regels voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte en procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017)**

De Minister van Infrastructuur en Milieu,

Gelet op de artikelen 2.3, eerste lid, en 2.12, vierde lid, van de Waterwet;

BESLUIT:

### **Artikel 1**

De door de beheerder te verrichten beoordeling van de veiligheid van een primaire waterkering, bedoeld in artikel 2.12, vierde lid, van de Waterwet, geschiedt volgens de in bijlage I bij deze regeling opgenomen Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen.

### **Artikel 2**

Bij het bepalen van de hydraulische belasting op een primaire waterkering, bedoeld in artikel 2.3, eerste lid, van de Waterwet, gaat de beheerder uit van de in bijlage II bij deze regeling opgenomen Voorschriften bepaling hydraulische belastingen primaire waterkeringen.

### **Artikel 3**

Bij het bepalen van de sterkte van een primaire waterkering, bedoeld in artikel 2.3, eerste lid, van de Waterwet, gaat de beheerder uit van de in bijlage III bij deze regeling opgenomen Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen.

### **Artikel 4**

De Regeling veiligheid primaire waterkeringen wordt ingetrokken.

### **Artikel 5**

Deze regeling treedt in werking op het tijdstip waarop de Wet van 2 november 2016 tot wijziging van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen) in werking treedt. Indien die wet in werking treedt na 1 januari 2017, werkt deze regeling terug tot en met die datum.

### **Artikel 6**

Deze regeling wordt aangehaald als: Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017.

Deze regeling zal met de toelichting in de Staatscourant worden geplaatst.

*De Minister van Infrastructuur en Milieu,  
M.H. Schultz van Haegen-Maas Geesteranus*



## BIJLAGE I PROCEDURE BEOORDELING VEILIGHEID PRIMAIRE WATERKERINGEN (BIJLAGE BIJ ARTIKEL 1 VAN DE REGELING VEILIGHEID PRIMAIRE WATERKERINGEN 2017)

### Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017

#### Bijlage I Procedure

#### Colofon

Uitgegeven door Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Informatie Helpdesk Water [http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-\(wbi\)/](http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-(wbi)/)  
Uitgevoerd door Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving

#### Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Het Wettelijk beoordelingsinstrumentarium	3
1.2	Signaleringswaarde en ondergrens	3
1.3	Gehanteerde begrippen	3
1.4	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>De beoordeling op hoofdlijnen</b>	<b>4</b>
2.1	Inleiding	4
2.2	Vorbereiding	5
2.3	Uitvoering	5
2.3.1	Algemeen filter	5
2.3.2	De toetsprocedure	6
2.3.3	Het veiligheidsoordeel	6
2.4	Rapportage	6
<b>3</b>	<b>Uitvoering</b>	<b>7</b>
3.1	Algemeen filter	7
3.1.1	Inleiding	7
3.1.2	Filter op trajectniveau	7
3.1.3	Filter op vakniveau	8
3.2	Toetsprocedure	9
3.2.1	Schematiseren	9
3.2.2	De eenvoudige toets	9
3.2.3	De gedetailleerde toets per vak	10
3.2.4	Toetsoordeel per vak	10
3.2.5	Vervolgstappen	11
3.2.6	Gedetailleerde toets per traject	12
3.2.7	De toets op maat	12
3.2.8	Toetsoordeel per traject	13
3.3	Veiligheidsoordeel	13
<b>4</b>	<b>Rapportage</b>	<b>14</b>
4.1	Inleiding	14
4.2	Rapportageverplichtingen	14
4.2.1	Veiligheidsoordeel	15
4.2.2	Duiding van het veiligheidsoordeel	15
4.2.3	Een overzicht van de te treffen voorzieningen	15
4.2.4	Aanvullende informatie	16
<b>5</b>	<b>Kwaliteitsborging en herleidbaarheid</b>	<b>16</b>
5.1	Inleiding	16
5.2	Schematisering	16
5.3	Beoordeling volgens het algemene filter	16
5.4	Beoordeling volgens de eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak per toetsspoor	16
5.5	Beoordeling volgens toets op maat	16
5.6	Logboek en overige informatie	17
<b>6</b>	<b>Bijzondere beoordelingen</b>	<b>17</b>
6.1	Inleiding	17
6.2	Voorliggende keringen	17
6.2.1	Inleiding	17
6.2.2	Stormvloedkeringen	18
6.2.3	Oosterscheldekering	18
6.2.4	Te beoordelen zijde van voorliggende keringen	18
6.3	Compartmenterende keringen	18
6.4	Keringen langs het Volkerak-Zoommeer	19
6.5	Niet-waterkerende objecten (NWO's)	19
6.6	Voorlanden	19
6.7	Projecten opgenomen in het programma van het HWBP	19
6.8	Recent opgeleverde projecten	20



6.9	Keringen in het buitenland	20
6.10	Innovatie	20
<b>Appendix A</b>	<b>Overzicht documenten en software</b>	<b>21</b>
<b>Appendix B</b>	<b>Begrippenlijst</b>	<b>22</b>
<b>Appendix C</b>	<b>Filter op trajectniveau</b>	<b>43</b>
<b>Appendix D</b>	<b>Afkortingen</b>	<b>44</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Het Wettelijk beoordelingsinstrumentarium

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (hierna: WBI 2017) bevat zowel de voorschriften voor het bepalen van de hydraulische belastingen en de sterkte, als de procedurele voorschriften voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Het WBI 2017 bestaat uit een ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017) met de volgende bijlagen:

Bijlage I	<u>Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage I Procedure). In deze bijlage staat de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling en worden de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het WBI 2017 worden gebruikt.
Bijlage II	<u>Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen). In deze bijlage wordt de methode beschreven om de hydraulische belastingen op de primaire waterkeringen te bepalen.
Bijlage III	<u>Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage III Sterkte en veiligheid). In deze bijlage staat op welke manier de primaire waterkering moet worden beoordeeld om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de gehele kering.

Het voorliggende document is Bijlage I Procedure.

Toelichtende teksten bij de regels zijn cursief weergegeven.

### 1.2 Signaleringswaarde en ondergrens

*Het wetsvoorstel nieuwe normering primaire waterkeringen introduceert signaleringswaarden en ondergrenzen voor de primaire waterkeringen. Overschrijding van de signaleringswaarde is meestal een vroegtijdig signaal dat een kering op termijn versterkt moet worden. Er is dan voldoende tijd voor de uitvoering van versterkingsmaatregelen. Het streven is dat die maatregelen afgerond zijn voordat de ondergrens wordt overschreden oftewel voordat de kering niet meer voldoet aan de maximaal toelaatbare overstromingskans of faalkans. Als een kering niet meer aan de signaleringswaarde voldoet, wordt dit gemeld aan de Minister van I en M en start een proces voor versterking.<sup>1</sup> Bij de melding wordt uiteraard ook aangegeven of de kering nog voldoet aan de ondergrens.<sup>2</sup>*

*Om de werkzaamheden en inspanning die voor de beoordeling geleverd moeten worden, af te stemmen op de risico's voor de veiligheid wordt het in sommige gevallen aan de beheerder overgelaten om de afweging te maken tussen een beoordeling op basis van de signaleringswaarde of de ondergrens. In deze gevallen staat in de tekst het woord 'norm'. In die gevallen waar de keuze niet aan de beheerder is, wordt de term 'signaleringswaarde' of 'ondergrens' gebruikt.*

*Als de beheerder bijvoorbeeld verwacht dat het te beoordelen dijktraject ruim niet aan de ondergrens zal voldoen, zal dat de meest logische waarde zijn om de berekeningen mee uit te voeren. Vervolgens wordt voor alle vakken en toetsporen binnen het dijktraject de ondergrens gebruikt.*

### 1.3 Gehanteerde begrippen

Hieronder staan de definities van de meest voorkomende begrippen. Voor een uitgebreid overzicht van de begrippen wordt verwezen naar appendix B.

<sup>1</sup> Artikel 2.12, vijfde lid, Waterwet.

<sup>2</sup> Zie artikel 2.12, vierde lid, Waterwet.



Tabel 1-1 Definities van de meest voorkomende begrippen.

<b>Dijktraject</b>	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.
<b>Faalkans</b>	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie. <sup>1</sup>
<b>Faalkans per vak of Faalkans per doorsnede of Faalkans per kunstwerk</b>	Faalkans voor een vak voor een toetsspoor als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per vak. Een vak heeft betrekking op een dijkdorsnede, duinenraai of kunstwerk.
<b>Faalkans per traject</b>	Faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per traject of in de toets op maat.
<b>Faalkanseis per traject</b>	Toelaatbare faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen voor een faalkansbegroting afgeleid uit de norm.
<b>Faalkanseis per vak of Faalkanseis per doorsnede of Faalkanseis per kunstwerk</b>	Toelaatbare faalkans voor een vak per toetsspoor afhankelijk van de faalkansbegroting, het lengte-effect en de norm.
<b>Norm</b>	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens of signaleringswaarde.
<b>Toetsoordeel</b>	Resultaat van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets of toets op maat.
<b>Toetsoordeel per traject</b>	Resultaat van een toetsspoor of een combinatie van toetssporen voor een dijktraject.
<b>Toetsoordeel per vak of Toetsoordeel per vak per toetsspoor</b>	Resultaat van een toetsspoor voor een vak
<b>Toetsspoor</b>	De wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.
<b>Signaleringswaarde</b>	Overstromingskans van het dijktraject waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de Minister van I en M.
<b>Ondergrens</b>	Overstromingskans van het dijktraject die hoort bij het minimale beschermingsniveau dat de kering moet bieden.
<b>Vak</b>	Een deel van een waterkering – dijkdorsnede, duinenraai of kunstwerk – met uniforme eigenschappen en belasting <sup>2</sup> .
<b>Veiligheidsoordeel</b>	Oordeel over de veiligheid tegen overstromen van het dijktraject.

<sup>1</sup> Deze definitie van faalkans wijkt af van de definitie van faalkans in artikel 1.1. van de Waterwet. Het begrip 'faalkans' in de Waterwet is specifiek gekoppeld aan voorliggende keringen, en komt daar in de plaats van het begrip 'overstromingskans' dat voor de overige primaire keringen wordt gebruikt.

<sup>2</sup> Hoe te komen tot een vakindeling staat in de schematiseringshandleidingen.

## 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2

*beschrijft de procedure op hoofdlijnen voor de beoordelingsperiode 2017–2023.*

Hoofdstuk 3

*beschrijft de uitvoering van de beoordeling.*

Hoofdstuk 4

*geeft de eisen weer die worden gesteld aan de rapportage van de keringsbeheerder.*

Hoofdstuk 5

*geeft de eisen weer die worden gesteld aan de kwaliteitsborging en herleidbaarheid van de resultaten.*

Hoofdstuk 6

*beschrijft hoe dient te worden omgegaan met een aantal bijzondere beoordelingen.*

### Appendices:

A: *Overzicht te gebruiken documenten en software in de beoordeling*

B: *Begrippenlijst voor het gehele WBI 2017*

C: *Overzicht trajecten voor het filter op trajectniveau*

D: *Afkortingen*

## 2. De beoordeling op hoofdlijnen

### 2.1 Inleiding

De beoordeling bestaat uit de volgende fases:

I. Voorbereiding

II. Uitvoering

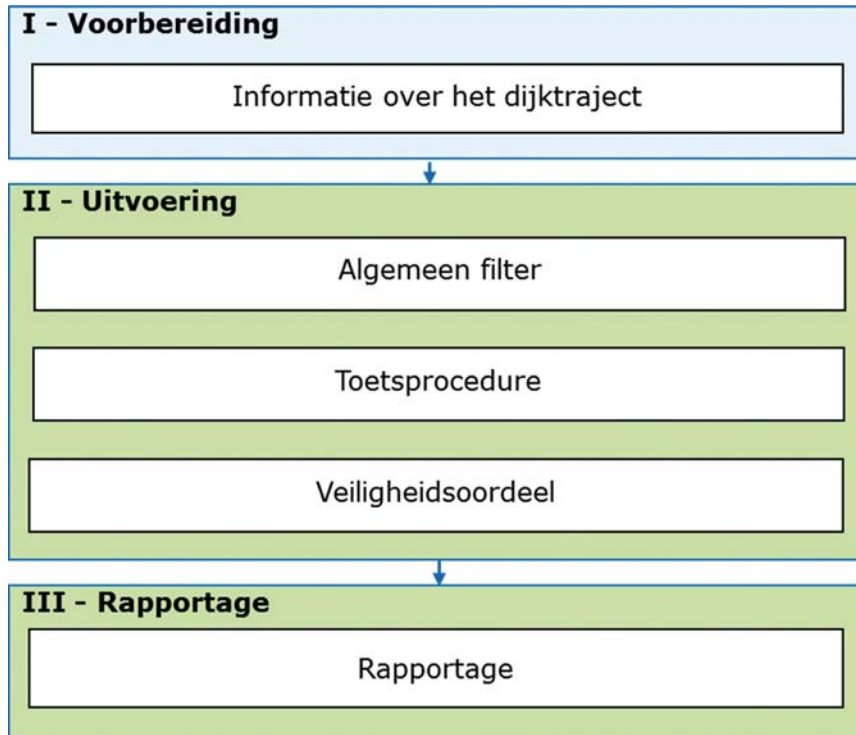
III. Rapportage

Een fase kan uit verschillende onderdelen bestaan.



## Kennis van de keringbeheerder

Van de keringbeheerder wordt verwacht dat hij zijn gebiedskennis en kennis van de kering inbrengt in alle fases en stappen van de beoordeling.



Figuur 2-1 Fases en onderdelen van fases in de beoordeling.

## 2.2 Voorbereiding

*De voorbereiding bestaat uit het verzamelen van de voor de beoordeling benodigde informatie en het opstellen van een beoordelingsstrategie. De voorbereiding start met het verzamelen van alle bestaande relevante informatie over het te beoordelen traject. Op basis van deze informatie wordt een beoordelingsstrategie en een strategie voor het verkrijgen van de ontbrekende gegevens opgesteld. Het is mogelijk om bij het verkrijgen van ontbrekende gegevens van grof naar fijn te werken en pas gedetailleerde extra gegevens in te winnen als er te weinig gegevens voorhanden zijn om een betrouwbaar resultaat te verkrijgen.*

## 2.3 Uitvoering

De uitvoeringsfase van de beoordeling van de primaire keringen in de periode 2017 tot 2023 bestaat op hoofdlijnen uit drie onderdelen:

- Het toepassen van het algemene filter (zie paragraaf 2.3.1).
- Het doorlopen van de toetsprocedure, die bestaat uit verschillende toetsen (zie paragraaf 2.3.2).
- Het opstellen van het veiligheidsoordeel over het traject (zie paragraaf 2.3.3).

De beoordeling inclusief de resultaten van de analyses worden geadmistreerd in de WBI 2017-software.

### 2.3.1 Algemeen filter

Het algemene filter bestaat uit een aantal criteria (zie paragraaf 3.1.2 en 3.1.3) op basis waarvan de beheerder kan bepalen of het mogelijk is direct tot een oordeel over het traject te komen. Het algemene filter is gebaseerd op beleidsmatige afwegingen passend binnen de ambitie voor de beoordelingsperiode 2017-2023. Als niet aan de criteria van het algemene filter wordt voldaan, wordt de beoordeling voortgezet volgens de voorgeschreven toetsprocedure (zie paragraaf 3.2).

Het algemene filter bestaat uit een filter op trajectniveau en een filter op vakkniveau. Een traject is een



dijktraject als bedoeld in de Waterwet. Een vak is een gedeelte van een dijktraject en kan een dijk zijn, maar ook een dam, een kunstwerk, of een duin. Voor dijktrajecten die aan de criteria van het algemene filter voldoen, kan direct een veiligheidsoordeel worden opgesteld. Voor vakken die voldoen aan de criteria van het algemene filter op vakniveau kan direct een toets op maat worden uitgevoerd.

### 2.3.2 De toetsprocedure

Voor de trajecten die niet voldoen aan de voorwaarden van het algemene filter, wordt de beoordeling voortgezet volgens de in dit deel beschreven toetsprocedure en de in Bijlage II Hydraulische belastingen en Bijlage III Sterkte en veiligheid beschreven voorschriften.

De toetsprocedure verloopt stapsgewijs en bestaat uit verschillende toetsen. Deze toetsen gaan van globaal, eenvoudig en generiek naar scherp en (vaak) complex en locatiespecifiek. Dat betekent dat:

- De conservatieve schattingen in de beoordelingsmethode afnemen met de volgende toets. De beoordeling moet worden voortgezet in de volgende toets, als niet aan de eisen van de voorafgaande toets wordt voldaan.
- Het detailniveau van de informatie die de toetsing oplevert met de volgende toets toeneemt. Hoe gedetailleerder het resultaat, hoe nauwkeuriger kan worden bepaald in welke de categorie het veiligheidsoordeel valt.

De procedure bestaat uit de volgende vier verschillende soorten toetsen (van globaal naar gedetailleerd):

- Eenvoudige toets: deze wordt uitgevoerd per vak en per toetsspoor.
- Gedetailleerde toets per vak: uitgevoerd per vak en per toetsspoor.
- Gedetailleerde toets per traject: deze toets wordt uitgevoerd voor het gehele dijktraject waarbij vakken of toetssporen worden gecombineerd.

En

- Toets op maat: deze toets kan zowel worden uitgevoerd per vak en per toetsspoor als voor het gehele dijktraject.

Voor de uitvoering van de eenvoudige toets en de gedetailleerde toetsen zijn in Bijlage III Sterkte en veiligheid voorschriften opgenomen. Deze voorschriften zijn afgeleid voor een breed toepassingsgebied en daarmee generiek van aard. De kwaliteit en de toepasbaarheid van deze voorschriften is reeds aangetoond.

Als de generieke toetsen (eenvoudige toets, gedetailleerde toets per vak en per traject) niet toepasbaar zijn op een specifieke locatie of een te conservatief beeld geven van de veiligheid, maakt de toets op maat het mogelijk om:

- Locatiespecifieke analyses uit te voeren die beter aansluiten bij de lokale situatie of waarnemingen van de beheerder, of
- Geavanceerde analyses uit te voeren.

Voor de toets op maat zijn in Bijlage III Sterkte en veiligheid geen specifieke voorschriften opgenomen, maar worden alleen mogelijkheden voor nadere analyses aangereikt.

Als de beheerder van mening is dat de resultaten van de andere toetsen geen juist beeld opleveren van de veiligheid van de kering, biedt de toets op maat de mogelijkheid om een 'beheerdersoordeel' te onderbouwen.

In hoofdstuk 3 van dit document worden de verschillende toetsen op hoofdlijnen beschreven en wordt aangegeven hoe de procedure moet worden doorlopen.

### 2.3.3 Het veiligheidsoordeel

Als het algemene filter op trajectniveau van toepassing is, of wanneer alle toetsen zijn uitgevoerd, stelt de beheerder het veiligheidsoordeel op over het traject. Het veiligheidsoordeel wordt uitgedrukt in categorieën. De categorieën geven inzicht in de mate waarin het traject wel of niet voldoet aan de norm, zie paragraaf 3.3.

## 2.4 Rapportage

De beheerder moet over de resultaten van de beoordeling rapporteren aan de minister. In hoofdstuk 4 van Bijlage I Procedure staan de eisen die worden gesteld aan deze rapportage.

*In de praktijk rapporteert de beheerder aan de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), die namens*

de minister het toezicht houdt op de primaire keringen.

### 3 Uitvoering

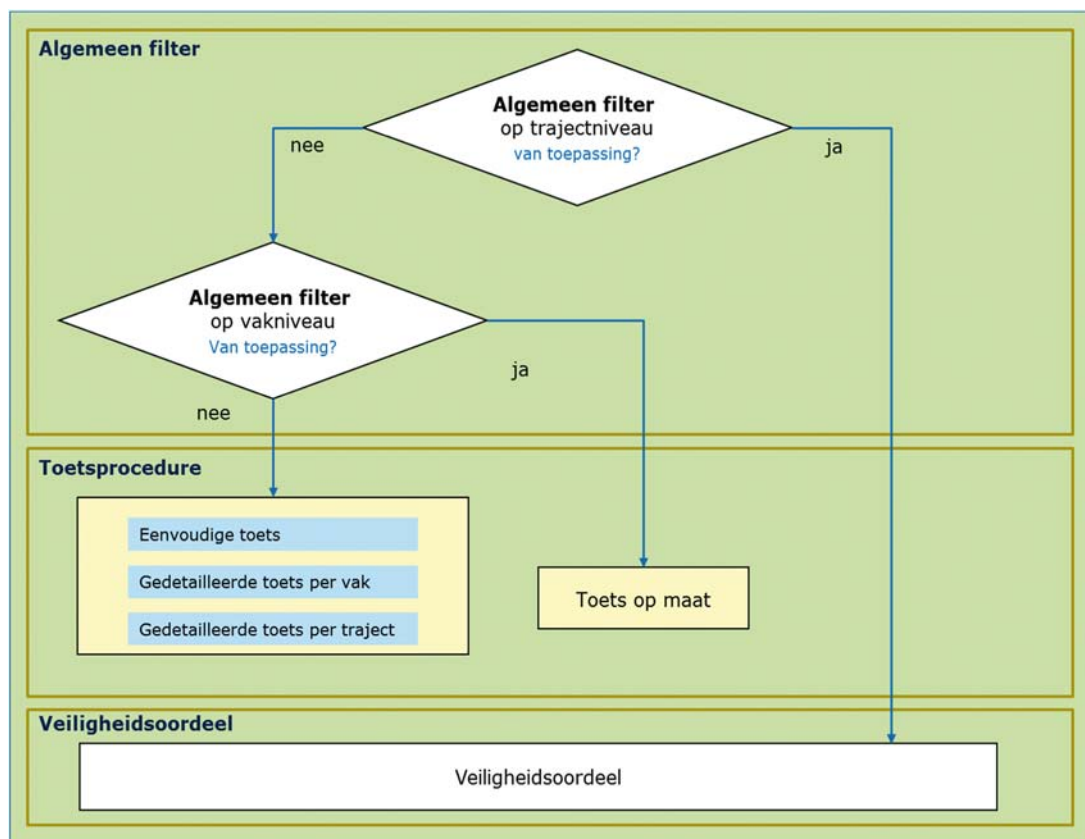
#### 3.1 Algemeen filter

##### 3.1.1 Inleiding

De uitvoering begint met het algemene filter. Het algemene filter bevat een filter op het niveau van het dijktraject en een filter op het niveau van een vak.

Als het dijktraject voldoet aan de criteria van het filter op trajectniveau, kan de beheerder op basis van de resultaten van het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) en expert judgement een veiligheidsoordeel over het traject opstellen.

Op vakniveau geldt dat als wordt voldaan aan de criteria de beheerder direct een toets op maat kan uitvoeren. Als niet wordt voldaan aan de criteria wordt de beoordeling voortgezet met het uitvoeren van de generieke toetsen. Deze werkwijze is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 3-1 Het algemene filter.

Voor een schematisch overzicht van de gehele uitvoering wordt verwezen naar figuur 3-4.

##### 3.1.2 Filter op trajectniveau

Het algemene filter op trajectniveau selecteert dijktrajecten waarvan de overstromingskans veel groter of juist veel kleiner is dan de signaleringswaarde. Voor de geselecteerde dijktrajecten mag de beheerder direct een veiligheidsoordeel opstellen op basis van de resultaten van VNK en expert judgement.

Het doel van het filter is het efficiënt inzetten van de beschikbare tijd en middelen bij de beheerders bij de eerste beoordeling op basis van de nieuwe veiligheidsbenadering. Daarom is op grond van de kennis die al beschikbaar is vanuit het project VNK en de beleidsmatige afwegingen een selectie gemaakt van dijktrajecten met een, naar verwachting, veel grotere of veel kleinere overstromingskans dan de signaleringswaarde.



De dijktrajecten waarvoor in het project VNK een veel grotere overstromingskans is berekend dan de signaleringswaarde, zijn opgenomen in tabel 1 in appendix C.

Het filter op dijktrajectniveau is van toepassing als:

- Het traject is opgenomen in tabel 1 van appendix C, èn
- De beheerder kan aantonen dat het totaal aan nieuwe inzichten die verwerkt zijn in het WBI 2017 en wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die gehanteerd is in VNK, niet leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject.

De dijktrajecten waarvoor in het project VNK een veel kleinere overstromingskans is bepaald dan de signaleringswaarde, zijn opgenomen in tabel 2 in appendix C.

Het filter op dijktrajectniveau is van toepassing als:

- Het dijktraject is opgenomen in tabel 2 van appendix C, èn
- De beheerder kan aantonen dat het totaal aan nieuwe inzichten dat verwerkt is in het WBI 2017 en wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die is gehanteerd in VNK, niet leiden tot een substantieel grotere overstromingskans voor het traject.

### **Onderbouwing van 2e criterium**

*Het project VNK heeft voor een groot deel van Nederland de overstromingskansen en -risico's in beeld gebracht. De uitkomsten van dit studieproject zijn gebaseerd op het kennisniveau van 2006. In het WBI 2017 zijn nieuwe inzichten verwerkt, waardoor er verschillen zullen zijn tussen de resultaten van VNK en de uitkomsten van de beoordeling. Ook kan de kering zelf zijn veranderd. Om gebruik te kunnen maken van de resultaten van VNK, moet de beheerder aantonen dat het totaal aan nieuwe inzichten in het WBI 2017 geen positieve of negatieve invloed heeft op de overstromingskans van het traject en dat het resultaat van VNK nog steeds een goede inschatting is van de overstromingskans van het traject.*

### Veiligheidsoordeel

Wanneer het algemene filter op trajectniveau van toepassing is, kan direct een veiligheidsoordeel worden gegeven. Het veiligheidsoordeel is het oordeel over het gehele traject, uitgedrukt in de categorieën zoals beschreven in hoofdstuk 3.3. Voor trajecten waarop het algemene filter van toepassing is geldt:

- Het traject valt in veiligheids categorie D wanneer het traject is opgenomen in tabel 1 van appendix C.
- Het traject valt in veiligheids categorie A wanneer het traject is opgenomen in tabel 2 van appendix C.

### **3.1.3 Filter op vakniveau**

Het algemeen filter op vakniveau geldt per vak en per toetsspoor. Voordat het algemeen filter op vakniveau kan worden toegepast, moet het dijktraject zijn ingedeeld in vakken. Hoe wordt gekomen tot een vakindeling staat beschreven in de schematiseringshandleidingen (zie paragraaf 3.2.1).

Als het filter op vakniveau van toepassing is, kan direct een toets op maat worden uitgevoerd. Het filter op vakniveau is van toepassing als wordt voldaan aan één of meer van de onderstaande criteria:

- 1: Toepassen van de generieke toetsen voor een vak voor één of meer toetssporen leidt niet tot een betrouwbaar oordeel.

*De voorschriften in het WBI 2017 zijn vastgesteld voor een breed toepassingsgebied. Dit betekent dat in sommige situaties deze generieke regels niet goed toepasbaar zijn. Ook kan het voorkomen dat het WBI 2017 voor de betreffende situatie geen voorschriften bevat. De beheerder kan gebruik maken van resultaten uit de voorafgaande beoordelingsperiode om aan te tonen dat het WBI 2017 niet leidt tot een betrouwbaar oordeel, als in de vorige beoordelingsperiode de voorschriften niet konden worden toegepast en de voorschriften niet gewijzigd zijn.*

- 2: Het direct uitvoeren van een toets op maat leidt met minder inspanning tot een vergelijkbaar resultaat als het toepassen van de voorschriften uit het WBI 2017.

*Dit criterium biedt mogelijkheden voor de beoordeling van recent versterkte vakken. Een vergelijkbaar resultaat wil zeggen dat het toetsoordeel even betrouwbaar is als wanneer de voorschriften worden gevolgd.*

Als de beheerder kan aantonen dat aan één van bovenstaande criteria wordt voldaan, is het filter van toepassing en kan direct een toets op maat worden uitgevoerd.



## 3.2 Toetsprocedure

### 3.2.1 Schematiseren

Om de analyses die voor de verschillende toetsen nodig zijn te kunnen uitvoeren, moeten de beschikbare gegevens over het dijktraject worden omgezet in geschikte invoer voor de rekenmodellen die voor de verschillende toetssporen worden gebruikt. Dit proces wordt schematiseren genoemd.

*De hoeveelheid gegevens die nodig is om te schematiseren en het detailniveau waarop het vak wordt geschematiseerd verschilt per toets en is sterk locatieafhankelijk. Schematiseren is een iteratief proces, passend bij de werkwijze 'van grof naar fijn'. De beoordeling kan worden gestart met een grove schematisering op basis van de beschikbare gegevens. Vervolgens wordt de schematisering tijdens de hele beoordeling verfijnd als dat nodig is om te komen tot een scherper oordeel. Om de schematisering te verfijnen, kunnen extra gegevens nodig zijn.*

#### **Schematiseringshandleidingen**

De schematiseringshandleidingen (zie appendix A) beschrijven voor de verschillende toetssporen de werkwijze om te komen tot de schematisering. Het gebruik van de schematiseringshandleidingen is voorgeschreven voor de eenvoudige toets en gedetailleerde toetsen per vak en per dijktraject. Als wordt afgeweken van de werkwijze die is beschreven in de schematiseringshandleidingen, moet dit worden gemotiveerd en wordt de gehanteerde werkwijze vastgelegd in het logboek (zie Hoofdstuk 5 over kwaliteitsborging en herleidbaarheid).

#### **Referentie voor de schematisering**

De beoordeling van de veiligheid gaat uit van de sterkte van de kering aan het einde van de beoordelingsperiode. Dit is voor de beoordelingsperiode 2017-2022, 31 december 2022. Dit wordt de peildatum genoemd. Deze datum is ook gehanteerd voor het afleiden van de hydraulische belastingen.

Het uitgangspunt voor de beoordeling is dan ook de verwachte toestand van de waterkering en het watersysteem op de peildatum.

Met verwachte toestand wordt bedoeld:

- 1: Het verwachte profiel van de waterkering op de peildatum.  
*Dit is meestal de actuele kruinhoogte en profiel gecorrigeerd voor de zetting en klink en/of de ontwikkeling van voorland of duin die wordt verwacht tot peildatum.*
- 2: De verwachte toestand van onderdelen van de waterkering op de peildatum.  
*De verwachte toestand van een waterkering of onderdelen daarvan op peildatum kan bepaald worden op basis van de resultaten van (visuele) inspectie of monitoring en/of op basis van de programmering van de benodigde (onderhouds)maatregelen. Daarbij geldt het volgende:*
  - *(Onderhouds)maatregelen die zijn opgenomen in de programmering en naar verwachting voor peildatum zijn gerealiseerd, worden als uitgevoerd beschouwd. De betreffende onderdelen van de waterkering worden geschematiseerd in de reeds verbeterde toestand.*
  - *Onderhoudsmaatregelen die niet zijn opgenomen in de programmering of niet voor de peildatum zijn gerealiseerd, worden buiten beschouwing gelaten. In de schematisering van de waterkering wordt rekening gehouden met de mogelijk verminderde sterkte van de betreffende onderdelen door schade of degradatie. In dergelijke gevallen is het vaak niet mogelijk om op basis van een generieke toets tot een oordeel te komen, maar is een toets op maat nodig.*

Als rekening wordt gehouden met een verminderde sterkte of onderhoudsaspecten van de kering, geeft de beheerder dit aan in de motivering bij de schematisering en in de rapportage.

### 3.2.2 De eenvoudige toets

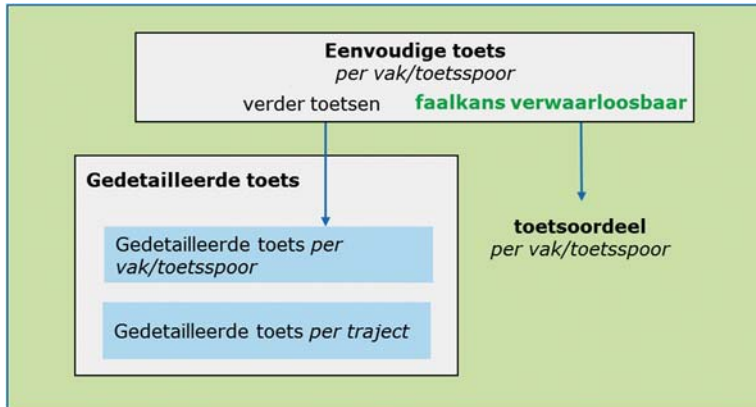
Als het filter op trajectniveau en het filter op vakniveau niet van toepassing zijn, begint de toetsprocedure met het uitvoeren van de eenvoudige toets.

In de eenvoudige toets wordt per vak en per toetsspoor met eenvoudige beslisregels gecontroleerd of het toetsspoor relevant is. De beslisregels zijn gebaseerd op veilige afmetingen van (onderdelen van) de kering, algemene eigenschappen van de kering waardoor een faalmechanisme niet kan optreden of eenvoudige rekenregels.

Als wordt voldaan aan de beslisregels is de bijdrage van het mechanisme of van het falen van het onderdeel van de kering aan de overstromingskans van het traject verwaarloosbaar klein. Als niet wordt voldaan aan de beslisregels moet de beoordeling worden voortgezet met een gedetailleerde

toets per vak. Deze werkwijze is weergegeven in figuur 3-2.

*De beslisregels voor de eenvoudige toets worden beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid.*



Figuur 3-2 Stappen na eenvoudige toets.

De beheerder kan zelf de keuze maken de eenvoudige toets over te slaan en de beoordeling te starten met de gedetailleerde toets per vak en per toetsspoor. Voor enkele toetssporen is geen eenvoudige toets beschikbaar. Daarbij begint de beoordeling altijd met de gedetailleerde toets per vak en per toetsspoor.

### 3.2.3 De gedetailleerde toets per vak

Bij de gedetailleerde toets per vak worden de eisen die aan het vak worden gesteld afgeleid uit de wettelijke overstromingskansen van het dijktraject (de norm). Daarvoor wordt deze overstromingskansen via een in Bijlage III Sterkte en veiligheid voorgeschreven verhouding toegedeeld aan de faalmechanismen die in de verschillende toetssporen worden beoordeeld (faalkansbegroting) en vervolgens over de vakken. Op deze manier wordt per toetsspoor voor ieder vak de maximaal toelaatbare faalkans afgeleid: de faalkanseis per vak. De toets bestaat uit het beoordelen of de berekende faalkans voldoet aan de faalkanseis.

De beoordeling vindt per toetsspoor plaats door het uitvoeren van probabilistische of semi-probabilistische berekeningen. Op basis van deze berekeningen kan worden bepaald of de kans dat de kering faalt doordat het betreffende mechanisme optreedt (of het onderdeel van de kering faalt) kleiner is dan de faalkanseis voor het vak. Het resultaat van deze toets is een oordeel per vak per toetsspoor, uitgedrukt in een categorie. In Bijlage III Sterkte en veiligheid worden per toetsspoor de voorschriften beschreven en wordt aangegeven op welke manier de eisen per vak worden afgeleid.

De eerste stap binnen elk toetsspoor is het controleren of een rekenmodel wordt voorgeschreven (zie Bijlage III Sterkte en veiligheid bij de verschillende toetssporen) en of het voorgeschreven rekenmodel voor het te beschouwen vak toepasbaar is. Wanneer dit niet het geval is kan direct naar 'vervolgstappen' worden gegaan (zie 3.2.5). Voor de overige vakken wordt per vak en per toetsspoor gecontroleerd of aan de eisen uit deze toets wordt voldaan.

De uitvoering van de gedetailleerde toets per vak kan een iteratief proces zijn, bijvoorbeeld als een verfijning van de schematisering nodig is om te komen tot een scherper oordeel.

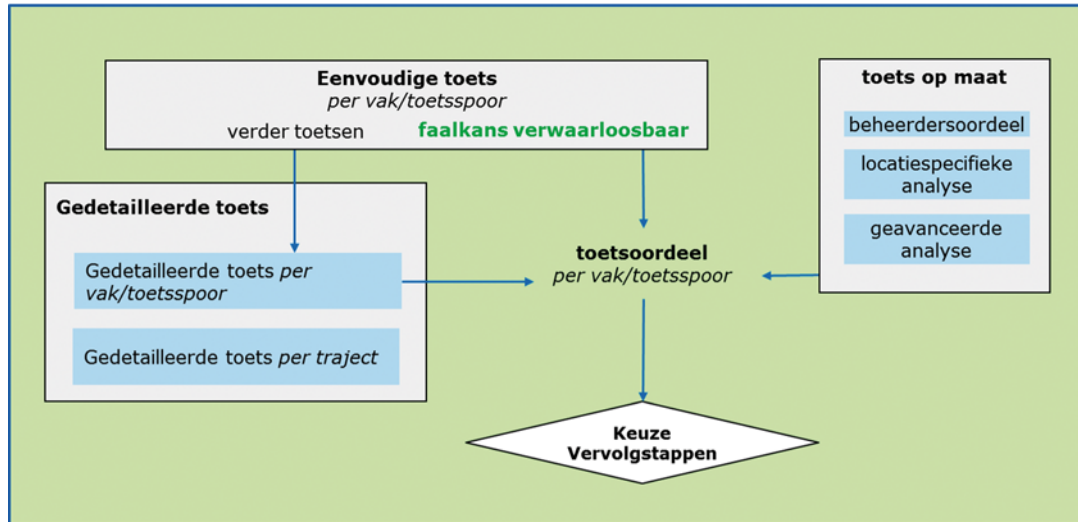
### 3.2.4 Toetsoordeel per vak

Na de uitvoering van de eenvoudige toets, de gedetailleerde toets per vak en/of de toets op maat (voor die vakken waar het filter op vakniveau van toepassing is), kan voor elk toetsspoor een oordeel over het vak worden gegeven, het toetsoordeel per vak.

De toetsoordelen per vak worden uitgedrukt in categorieën. Deze categorieën zijn gerelateerd aan de afstand tot de norm van het traject. De categorieën voor het toetsoordeel per vak zijn en de wijze waarop wordt bepaald tot welke categorie een vak behoort staan beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid (hoofdstuk 2).

Op basis van alle toetsoordelen worden de vervolgstappen bepaald. Bovenstaande werkwijze is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.





Figuur 3-3 Toetsoordeel per vak en per toetsspoor en keuze vervolgstappen.

### 3.2.5 Vervolgstappen

Op basis van het eerste toetsoordeel per vak en per toetsspoor dient de beheerder te beoordelen welke vervolgstappen nodig zijn om tot een veiligheidsoordeel per traject te komen. In het schema in figuur 3-4 is dit aangegeven met 'keuze vervolgstappen'. Dit is ook het moment waarop de beheerder oordeelt of er discrepantie bestaat tussen zijn ervaring met en kennis van het dijktraject en het resultaat uit de toetsing.

Er zijn vier mogelijke vervolgstappen:

- 1: Uitvoeren van een gedetailleerde toets per traject  
Het toetsoordeel wordt aangescherpt door het gebruik van probabilistische benadering op trajectniveau waarbij (onder andere) de faalkansbegroting wordt losgelaten (zie paragraaf 3.2.6). De faaldefinitie en de modellen die hierbij gebruikt worden wijzigen niet. Het resultaat is een oordeel per traject.
- 2: Aanscherpen van de schematisering  
Het toetsoordeel wordt aangescherpt door het aanscherpen (verfijnen) van de schematisering van de kering of van de geschematiseerde eigenschappen. Dit kan zowel worden overwogen voor de gedetailleerde toets per vak als de gedetailleerde toets per traject.
- 3: Uitvoeren van een toets op maat  
Het toetsoordeel per vak en per toetsspoor zal in de meeste gevallen zijn bepaald met generieke en breed toepasbare faaldefinities en modellen. Daardoor kan het voorkomen dat het toetsoordeel geen betrouwbaar resultaat geeft voor de specifieke lokale situatie. Het toetsoordeel kan worden aangescherpt door het toepassen van locatiespecifieke kennis of geavanceerde analyses. Gecontroleerd kan worden of met andere rekenmodellen of het aanscherpen van de definitie van falen (die dus dichterbij daadwerkelijk falen ligt, bijvoorbeeld door het meenemen van reststerkte) een scherper beeld kan worden verkregen van de mate waarin de waterkering al dan niet voldoet aan de norm.  
Als het toetsoordeel niet in overeenstemming is met de kennis en ervaring van de beheerder, dan kan de toets op maat bestaan uit een oordeel, onderbouwd op basis van de kennis en ervaring van de beheerder (beheerdersoordeel).
- 4: Stoppen van de beoordeling  
De beheerder bepaalt dat de beoordeling van een traject wordt beëindigd. Dit kan als volgt voldaan aan de volgende criteria:
  - De beheerder kan onderbouwen dat het uitvoeren van nadere analyses er niet toe zal leiden dat het toetsoordeel in een andere categorie valt.  
*Nadere analyses zijn bijvoorbeeld de verdere verfijning van de schematisering, het uitvoeren van een gedetailleerde toets per traject of een toets op maat.*
  - De beoordeling levert ten minste de in hoofdstuk 4 genoemde informatie voor het opstellen van de rapportage.
  - Als met een kosten-baten analyse kan worden aangetoond dat het aanscherpen van het toetsoordeel niet kosteneffectief is ten opzichte van het uitvoeren van een herstel- of verbetermaatregel.  
*De analyses die nodig zijn voor het aanscherpen van het toetsoordeel kunnen duurder zijn dan*



*de verbetermaatregel. In dat geval heeft verbeteren de voorkeur boven het aanscherpen van het toetsoordeel.*

Er is een uitzondering mogelijk waarin niet wordt voldaan aan bovenstaande criteria, maar de beheerder kan besluiten voor deze ronde te stoppen met beoordelen. Als de beheerder kan motiveren dat het oordeel over het traject niet in categorie D valt en verder aanscherpen van het oordeel voor het betreffende vak of toetsspoor geen toegevoegde waarde heeft voor het oordeel over het traject in deze beoordelingsronde. De beheerder geeft in dat geval aan in de rapportage dat het eindoordeel een voorlopig veiligheidsoordeel is, in welke categorie(en) hij verwacht dat het uiteindelijke oordeel zal vallen en wanneer de beoordeling in de volgende ronde (2023–2034) wordt afgerond.

*Er is bijvoorbeeld sprake van een voorlopig oordeel dat ertoe leidt dat verbetering een lage prioriteit heeft ten opzichte van andere oordelen en maatregelen binnen het gebied van de beheerder.*

*In de rapportage geeft de beheerder aan welke beheersmaatregelen worden getroffen in de periode tot de beoordeling is afgerond. Als een voorlopig oordeel over het traject wordt afgegeven, kan het traject na een afgeronde beoordeling in de volgende beoordelingsronde worden aangemeld voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma.*

*Tijdens de beoordeling zullen beheerders ervaring opdoen met bovenstaande criteria. Daarom worden gedurende de beoordelingsperiode praktijkvoorbeelden en de daarbij gekozen vervolgstappen toegevoegd aan het voorbeeldenboek, zodat deze door alle beheerders te raadplegen zijn en in gelijke gevallen gelijke keuzes worden gemaakt.*

### 3.2.6 Gedetailleerde toets per traject

In de gedetailleerde toets per traject wordt een probabilistische benadering op het traject toegepast waarin het vaste lengte-effect en de vaste faalkansruimteverdeling tussen toetssporen worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject in het WBI 2017 heeft betrekking op een beperkt aantal toetssporen. In Bijlage III Sterkte en veiligheid, staat voor welke toetssporen deze toets kan worden uitgevoerd.

*Bij de gedetailleerde toets per traject kan gebruik worden gemaakt van dezelfde fysische en statistische modellen als bij de gedetailleerde toets per vak. In dit geval kan in beide toetsen dezelfde schematisering worden gebruikt en er zijn geen andere invoergegevens nodig. De resultaten van de gedetailleerde toets per traject geven inzicht in welke onderdelen en eigenschappen van de kering de grootste invloed hebben op de overstromingskans van een traject. In sommige gevallen kan deze informatie inzichtelijk maken waar meer of nauwkeurigere gegevens kunnen leiden tot een scherper toetsoordeel. Dit kan aanleiding zijn om de berekeningen te maken met aangescherpte invoergegevens.*

Het resultaat van de gedetailleerde toets per traject is een oordeel over het gehele traject voor de toetssporen die probabilistisch kunnen worden benaderd.

### 3.2.7 De toets op maat

De beoordelingen uit de gedetailleerde toetsen gaan uit van generieke voorschriften die worden beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid. De toets op maat maakt het mogelijk om nadere analyses uit te voeren:

- locatiespecifieke analyses,
- geavanceerde analyses, of
- een oordeel te geven dat gebaseerd is op de kennis en ervaring van de beheerder.

Nadere analyses in de toets op maat, die beter aansluiten bij de lokale situatie of waarnemingen van de beheerder, kunnen variëren van eenvoudig tot geavanceerd en van deterministisch tot probabilistisch per vak of per traject. Een nadere analyse is ook de aanscherping van de hydraulische belasting.

*Voor de toets op maat staan geen voorschriften in Bijlage III Sterkte en veiligheid. Handvatten voor het uitvoeren van toetsen op maat worden opgenomen in technische rapporten. Relevante voorbeelden kunnen worden opgenomen in het voorbeeldenboek.*

De beheerder is zelf verantwoordelijk voor het onderbouwen van de resultaten en moet zelf de kwaliteitsborging organiseren (zie hoofdstuk 5).

De onderbouwing van de toets op maat moet worden gerapporteerd, zoals beschreven in hoofdstuk 4.





### 3.2.8 Toetsoordeel per traject

De toetsoordelen per traject na het uitvoeren van de gedetailleerde toets per traject en/of de toets op maat worden uitgedrukt in categorieën. Deze categorieën zijn gerelateerd aan de afstand tot de signaleringswaarde van het traject. De indeling in categorieën van het toetsoordeel per traject en de manier om deze te bepalen staat beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid (hoofdstuk 2).

### 3.3 Veiligheidsoordeel

Na het doorlopen van de toetsprocedure stelt de beheerder het veiligheidsoordeel op. Het veiligheidsoordeel is het oordeel over het traject, rekening houdend met alle toetssporen.

Het veiligheidsoordeel wordt bepaald door de ongelijksoortige toetsoordelen per vak en per toetspoot en per traject te combineren. Dit proces wordt assembleren genoemd en staat beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid (hoofdstuk 28).

Door het assembleren wordt het mogelijk om globaal de afstand tot de signaleringswaarde en ondergrens voor het dijktraject te bepalen. Daarvoor wordt het veiligheidsoordeel in onderstaande categorieën ingedeeld.

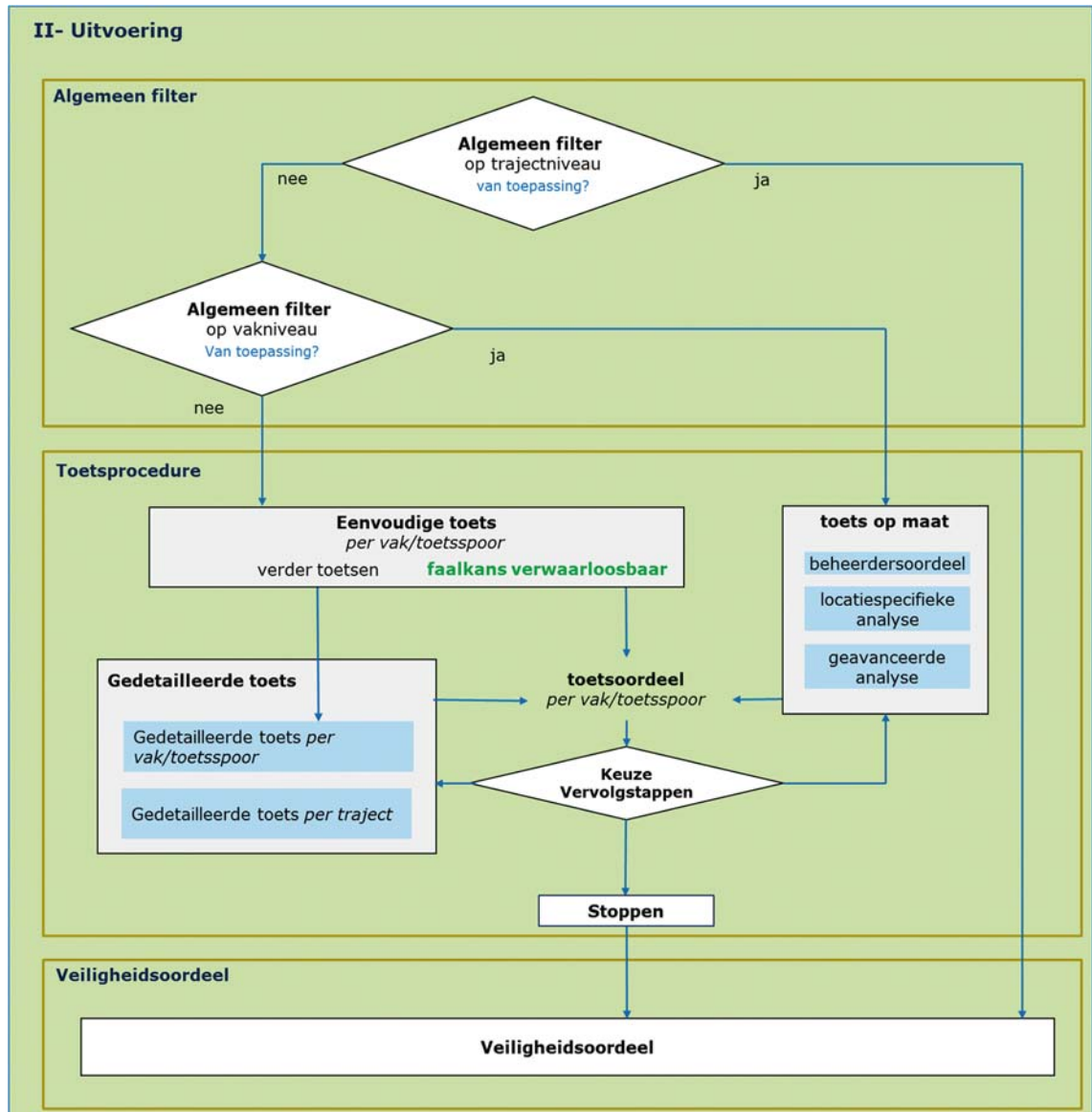
Tabel 3-1 Categorieën voor het veiligheidsoordeel.

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel
A+	Overstromingskans van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i>
A	Overstromingskans van het dijktraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.</i>
B	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.</i>
C	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens</i>
D	Overstromingskans het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.</i>

Het maken van het onderscheid tussen categorie A en A+ in het bepalen van het veiligheidsoordeel is niet voorgeschreven.

*Het assembleren van de toetsoordelen tot een veiligheidsoordeel volgt na de beslissing van de beheerder om de toetsprocedure te beëindigen. Dit kan als wordt voldaan aan de criteria in paragraaf 3.2.5. Het (tussentijds) assembleren van de toetsoordelen kan de beheerder echter ondersteunen bij de keuze om de toetsprocedure te beëindigen of voort te zetten.*

In figuur 3-4 worden alle stappen in de uitvoering weergegeven.



Figuur 3-4 Schematische weergave van de uitvoering.

## 4 Rapportage

### 4.1 Inleiding

Per dijktraject wordt een rapportage opgesteld en aangeboden aan de minister.

*In de praktijk wordt deze aan de ILT gestuurd. De afspraken over het aanbieden van de rapportage worden vastgelegd in het draaiboek Eerste beoordeling primaire keringen (hierna: Draaiboek). De rapportage wordt via het waterveiligheidsportaal ter beschikking gesteld aan de minister. Het waterveiligheidsportaal is een gemeenschappelijke informatievoorziening die het uitwisselen van relevante informatie tussen de verschillende partijen die zijn betrokken bij het beheer van waterkeringen, ondersteunt. De informatie die wordt uitgewisseld via het waterveiligheidsportaal en de informatie in de rapportage moet consistent zijn en mag geen tegenstrijdigheden bevatten.*

*Dit hoofdstuk beschrijft de onderdelen die moeten worden opgenomen in de rapportage. De eisen die worden gesteld aan de overige informatie die moet worden aangeleverd aan de ILT vanwege de herleidbaarheid van de resultaten, worden vastgelegd in het Draaiboek.*

### 4.2 Rapportageverplichtingen

De rapportage bevat ten minste de volgende informatie:



- Het veiligheidsoordeel.
- Een duiding van dit veiligheidsoordeel.
- Een overzicht van de te treffen voorzieningen.
- Aanvullende informatie:
  - Veiligheidsoordeel ten opzichte van aanvullende eisen aan de waterkeringen

#### 4.2.1 Veiligheidsoordeel

Het veiligheidsoordeel wordt uitgedrukt in een van de volgende categorieën.

Tabel 4-1 Overzicht van categorieën waarin het veiligheidsoordeel wordt uitgedrukt.

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel
A+	Overstromingskans van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i>
A	Overstromingskans van het dijktraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.</i>
B	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.</i>
C	Overstromingskans van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens</i>
D	Overstromingskans het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.</i>

Het maken van het onderscheid tussen categorie A en A+ in het bepalen van het veiligheidsoordeel is niet voorgeschreven.

#### 4.2.2 Duiding van het veiligheidsoordeel

In dit onderdeel geeft de beheerder een nadere duiding van het veiligheidsoordeel.

Daarvoor wordt het veiligheidsoordeel in meer detail uitgewerkt en toegelicht.

In de duiding van het veiligheidsoordeel moeten ten minste de volgende punten worden behandeld:

- De toetssporen en/of dijkvakken die de grootste bijdrage leveren aan het veiligheidsoordeel: wordt het oordeel bepaald door één specifiek dijkvak op basis van één toetsspoor, of zijn er vele dijkvakken of faalmechanismen die gezamenlijk het oordeel bepalen.
- Invloed van de onderhoudstoestand van de kering op het veiligheidsoordeel.
- Hebben de bijzondere beoordelingen, zoals van voorliggende keringen, 'Niet-waterkerende objecten (NWO's) en/of voorlanden, een relevante bijdrage aan het veiligheidsoordeel en zo ja, hoe werken deze door voor het dijktraject.
- De vakken die niet zijn meegenomen in het veiligheidsoordeel, omdat voor deze vakken een verkenning of planstudie is gestart voor verbetermaatregelen of deze worden gerealiseerd.

#### 4.2.3 Een overzicht van de te treffen voorzieningen

De wet schrijft voor dat als de beoordeling van de veiligheid daartoe aanleiding geeft, de rapportage een omschrijving bevat van de voorzieningen die op een daarbij aan te duiden termijn nodig worden geacht (artikel 2.12, zesde lid, van de Waterwet).

Dit voorschrift brengt met zich mee dat moet worden beschreven op welke manier het veiligheidsoordeel doorwerkt in alle facetten van het waterkeringbeheer. Dit geldt niet alleen voor trajecten die niet aan de norm voldoen. Ook voor een traject waarbij het oordeel is dat het ruim aan de norm voldoet, kan er aanleiding zijn om het waterkeringbeheer aan te passen.

*Gedacht kan worden aan de gevolgen van het veiligheidsoordeel voor het beheer op de volgende onderdelen:*

- *Beheer en onderhoud*
- *Monitoring en inspectie*
- *Concrete verbetermaatregelen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen versterkingsprojecten die bij het HWBP worden aangemeld en overige verbeterprojecten buiten het HWBP*
- *Calamiteitenorganisatie en dijkbewaking*
- *Aanpassen van keur en legger*



- *Aanpassen van de beleids- en vergunningsregels als juridische instrumenten ten behoeve van de vergunningverlening en handhaving.*

*Deze opsomming is niet limitatief en illustreert slechts de mogelijke aanpassingen van het waterkeringbeheer.*

#### **4.2.4 Aanvullende informatie**

In de gevallen waarin aan een traject naast een overstromingskans of faalkans per jaar aanvullende eisen worden gesteld, zoals bij stormvloedkeringen en de keringen langs het Volkerak-Zoommeer, moet in de rapportage ook worden aangegeven of aan deze aanvullende eisen wordt voldaan.

### **5 Kwaliteitsborging en herleidbaarheid**

#### **5.1 Inleiding**

De resultaten van de beoordeling moeten betrouwbaar en herleidbaar zijn. Het is de verantwoordelijkheid van de beheerder de kwaliteit van de resultaten te waarborgen en vast te leggen hoe de resultaten tot stand zijn gekomen.

Tijdens de beoordeling maakt de beheerder voortdurend keuzes. De relevante keuzes die worden gemaakt tijdens de uitvoering van de toetsing en de motivering daarvan worden vastgelegd in een logboek.

*Bij het maken en onderbouwen van de keuzes tijdens de uitvoering van de beoordeling kan specialistische kennis of kennis van probabilistische rekentechnieken nodig zijn. De beheerder kan de Helpdesk Water raadplegen voor advies hierover. De Helpdesk kan ook worden geraadpleegd om advies te vragen over de kwaliteit van de uitgevoerde analyses.*

In dit hoofdstuk wordt per toets beschreven op welke manier inzichtelijk moet worden gemaakt hoe de resultaten tot stand zijn gekomen.

#### **5.2 Schematisering**

De toelichting bij de schematisering moet ten minste de volgende onderdelen bevatten:

- Beschrijving van de uitgangspunten bij het schematiseren van de werkelijke situatie (zie referentie bij schematisering, paragraaf 3.2.1).
- Als is afgeweken van de werkwijze die is beschreven in de schematiseringshandleidingen, moet dit worden gemotiveerd en wordt de gehanteerde werkwijze vastgelegd.
- Motivering van de gemaakte keuzes bij het schematiseren van de sterkte van en de belasting op de kering.

#### **5.3 Beoordeling volgens het algemene filter**

Bij het toepassen van het algemeen filter op trajectniveau moet de beheerder aantonen dat aan de criteria van het filter wordt voldaan (zie paragraaf 3.1.2).

Bij het toepassen van het algemeen filter op vakniveau moet de beheerder motiveren dat wordt voldaan aan de criteria van het filter en wordt het oordeel door middel van een toets op maat onderbouwd. (zie paragraaf 3.1.3).

#### **5.4 Beoordeling volgens de eenvoudige toets en gedetailleerde toets per vak per toetsspoor**

De beheerder toont aan dat het instrumentarium op de juiste wijze wordt toegepast door de keuzes te motiveren en vast te leggen. De beheerder legt ten minste vast welke uitgangspunten zijn gehanteerd voor het bepalen van de sterkte van de kering en de hydraulische belastingen. In het geval de gedetailleerde toets per traject wordt uitgevoerd, worden ook de uitgangspunten voor de probabilistische analyse in deze toets vastgelegd.

#### **5.5 Beoordeling volgens toets op maat**

De toets op maat maakt het mogelijk om locatiespecifieke analyses of geavanceerde analyses uit te voeren die beter aansluiten bij de lokale situatie of waarnemingen van de beheerder. Gecontroleerd kan worden of met andere rekenmodellen of het aanscherpen van de definitie van falen (die dus dichter bij daadwerkelijk falen ligt, bijvoorbeeld door het meenemen van reststerkte, of aangepaste hydraulische belastingen) een scherper beeld kan worden verkregen over in hoeverre de waterkering



al dan niet voldoet aan de norm. Als het toetsoordeel niet in overeenstemming is met de kennis en ervaring van de beheerder, kan de toets op maat bestaan uit een onderbouwd oordeel van de beheerder.

Afhankelijk van het type analyse dat wordt uitgevoerd, moet de volgende informatie worden vastgelegd:

- Bij een locatiespecifieke analyse: de uitgevoerde analyse, de daarbij gehanteerde uitgangspunten en de onderbouwing in het logboek.
- Bij het uitvoeren van een geavanceerde analyse die wordt beschreven in een technische leidraad of achtergrondrapport bij het WBI 2017: de uitgevoerde analyse, de daarbij gehanteerde uitgangspunten en de onderbouwing van de beoordeling in het logboek. Als onderdeel van de onderbouwing kan worden verwezen naar bestaande technische leidraden en achtergrondrapporten als de uitgevoerde analyse. Hierin zijn handvatten voor het toepassen van geavanceerde analyses of modellen opgenomen. In dit geval is het niet nodig de kwaliteit van de analyse aan te tonen, alleen de kwaliteit van de uitvoering.
- Als de beheerder op basis van zijn kennis en ervaring het resultaat uit de eenvoudige toets of gedetailleerde toets per vak per toetsspoor niet overneemt, moet het oordeel worden onderbouwd met waarnemingen en/of historische gegevens of door een analyse waarvan de kwaliteit is aangetoond.
- Bij het toepassen van fundamenteel nieuwe kennis die nog niet opgenomen is in technische leidraden: de beheerder moet aantonen dat de nieuwe kennis gevalideerd is en toepasbaar voor de betreffende kering. Hiervoor moet de beheerder ENW om advies vragen. Vervolgens moet de beheerder aantonen dat de nieuwe kennis op de juiste manier is toegepast.

## 5.6 Logboek en overige informatie

In het logboek legt de beheerder de voor de beoordeling relevante keuzes vast en de in de procedure gevraagde onderbouwingen. Het logboek maakt geen deel uit van de rapportage, maar kan wel worden opgevraagd en ingezien door de toezichthouder, de ILT.

Ook de volgende informatie hoeft niet in de rapportage te worden opgenomen, maar moet wel worden vastgelegd en toegankelijk zijn, onder andere voor de ILT:

- Brongegevens als grondboringen en peilen (de keringbeheerder dient deze herleidbaar op te slaan)
- De ligging van de kering.

*In het Draaiboek leggen de beheerders en de ILT de afspraken vast die zij maken over de invulling van dit logboek.*

## 6 Bijzondere beoordelingen

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe in de beoordeling moet worden omgegaan met een aantal bijzondere elementen in waterkeringen die van belang zijn voor het bepalen van het veiligheidsbeeld:

- Voorliggende keringen
- Compartimenterende keringen
- Keringen langs het Volkerak-Zoommeer
- Niet-waterkerende objecten (NWO's)
- Voorlanden
- Vakken op het HWBP
- Recente opgeleverde projecten
- Innovatie

### 6.2 Voorliggende keringen

#### 6.2.1 Inleiding

*Per 1-1-2017 zijn ook voor voormalige 'b-keringen' normen vastgelegd in de Waterwet. Een deel betreft keringen die direct beschermen tegen overstromingen, een ander deel betreft zogenoemde voorliggende keringen. Voorliggende keringen zijn keringen die een rivier- of zeearm geheel of onder speciale omstandigheden afsluiten en daarmee de kansen op extreme belastingen op achterliggende keringen reduceren, waaronder de Afsluitdijk, de Oosterscheldekering en de Maeslantkering die de stormvloed van zee buiten houden.*

*Verlies van waterkerend vermogen leidt bij voorliggende keringen niet altijd tot een overstroming van*



*het achterland, maar zorgt dat de hydraulische belasting op achterliggende primaire waterkeringen substantieel wordt verhoogd. Als dit het geval is, zijn voor de desbetreffende kering in de wet faalkansen vastgelegd in plaats van overstromingskansen als het gaat over de betrouwbaarheid.*

De voorschriften om voorliggende keringen te beoordelen zijn opgenomen in Bijlage III Sterkte en veiligheid.

### 6.2.2 Stormvloedkeringen

*Het betreft de Maeslantkering, de Hartelkering, de stormvloedkering in de Hollandsche IJssel en de Ramspolkering, die alle worden beheerd door Rijkswaterstaat. Deze keringen bevatten beweegbare onderdelen. De keringen worden alleen in extreme omstandigheden gesloten; onder normale omstandigheden zijn zij open. Het niet-sluiten van de kering, op een moment dat de kering gesloten moet worden, heeft waterstandsverhoging in het achterliggende gebied tot gevolg. Naast een faalkans is daarom voor deze keringen in de Waterwet een aparte eis voor betrouwbaarheid van de sluiting vastgelegd. Deze eis heeft als eenheid 'kans per sluitvraag' en dus niet kans per jaar. Met deze kans wordt rekening gehouden bij het vaststellen van de hydraulische belasting op achterliggende dijktrajecten.*

De voorschriften om de kans op niet sluiten te beoordelen zijn opgenomen in Bijlage III Sterkte en veiligheid.

### 6.2.3 Oosterscheldekering

*De Oosterscheldekering is een bijzondere kering. Voor deze kering is het niet mogelijk om de kans op niet sluiten uit te drukken in een enkel getal, omdat het keringen met meerdere schuiven betreft. Zo heeft de Oosterscheldekering 62 schuiven. Het is onmogelijk om dit te herleiden tot één getal voor de sluitvraag. De gevolgen van het falen worden niet alleen bepaald door de hoeveelheid schuiven die niet sluiten, maar tevens door de positie van deze schuiven ten opzichte van elkaar en de positie van deze schuiven binnen de kering. Het betreft een technisch zeer complex vraagstuk. Daarom wordt voor deze kering de kans op niet sluiten meegenomen in de hydraulische belasting (HB) die op grond van artikel 2.3 van de Waterwet voor de achterliggende primaire keringen wordt bepaald.*

De beoordeling van de Oosterscheldekering bestaat uit twee onderdelen:

- Is de faalkans in gesloten toestand kleiner dan de norm in de Waterwet, en
- Wordt voldaan aan de afspraken die zijn gemaakt over de prestatiepeilen in het achterland, die zijn gehanteerd bij het afleiden van de hydraulische belasting?

Voor het tweede deel van de beoordeling van de Oosterscheldekering zijn geen generieke voorschriften beschikbaar. Daarom moet een toets op maat worden uitgevoerd.

### 6.2.4 Te beoordelen zijde van voorliggende keringen

Voorliggende keringen worden aan twee kanten belast. Voor de beoordeling moet de zijde met de grootste bedreiging worden beoordeeld. In het Bijlage II Hydraulische belastingen, staat voor elke voorliggende kering aangegeven welke zijde dit is. Er is ook een aantal keringen waarvan geen dominante belastingzijde is aan te wijzen. In die gevallen moeten beide zijden worden beoordeeld. Ook dit staat aangegeven in het deel Hydraulische belastingen.

## 6.3 Compartimenterende keringen

*In de Waterwet is voor één compartimenterende kering een overstromingskans opgenomen, namelijk de Diefdijk. Compartimenterende keringen zijn keringen die onder normale omstandigheden geen water keren. Deze keringen ondervinden alleen hydraulische belasting door het overstromen van het door een voorliggend dijktraject beschermd gebied. Bij overstroming uit de Betuwe beschermt de Diefdijk de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en andersom (dubbelkerende functie).*

*Voor de Diefdijk is geen overstromingskans per jaar vastgesteld, maar een overstromingskans per keer dat deze belast wordt door overstroming van het gebied achter een voorliggend dijktraject.*

Het afleiden van de hydraulische belastingen voor de Diefdijk betreft maatwerk en valt daarmee onder toets op maat.

*Een methode hiervoor kan gevonden worden op de Helpdesk Water in 'Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport Diefdijklinie (dijkring 16). PR1322. November 2008'.*





## 6.4 Keringen langs het Volkerak-Zoommeer

*Aan de keringen langs het Volkerak-Zoommeer worden extra eisen gesteld. De reguliere eis is niet toegesneden op de extra hoeveelheid water die moet worden gekeerd in die gevallen dat het Volkerak-Zoommeer wordt ingezet als waterberging.*

*De aanvullende eis is geformuleerd als een voorwaardelijke overstromingskans. Dat wil zeggen dat het dijktraject berekend moet zijn op extra hydraulische belasting bij inzet van de maatregel.*

Deze extra hydraulische belasting kan worden bepaald met de WBI 2017-software.

## 6.5 Niet-waterkerende objecten (NWO's)

Niet-waterkerende objecten zijn objecten in of op de kering die geen waterkerende functie hebben. Een niet-waterkerend object draagt daarom in principe niet bij aan de veiligheid van de kering. NWO's kunnen wel de sterkte van de waterkering reduceren. De eerste vraag bij de beoordeling van NWO's is dan ook of het object bijdraagt aan de overstromingskans of dat deze bijdrage verwaarloosbaar is.

De beoordeling begint met het identificeren van de mogelijk risicovolle NWO's. Daarvoor is een beoordelingsmethode opgenomen in Bijlage III Sterkte en veiligheid.

De beheerder kan kiezen om de beoordeling van de NWO's uit te stellen tot de volgende beoordelingsperiode, als deze keuze voldoet aan de voorwaarden om de beoordeling te beëindigen (zie paragraaf 3.2.5).

*De beoordelingsmethode voor NWO's in Bijlage III Sterkte en veiligheid bevat drie stappen:*

- 1: Eenvoudige toets: Bij voldoen aan de eenvoudige toets is de bijdrage van de NWO aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein.*
- 2: Gedetailleerde toets: op basis van modellen wordt bepaald of de bijdrage van de potentieel risicovolle NWO's aan de overstromingskans klein is ten opzichte van de overige faalmechanismen van de waterkering.*
- 3: Toets op maat: op basis van scenario's wordt de bijdrage in rekening gebracht van het NWO aan de overstromingskans.*

## 6.6 Voorlanden

De periodieke beoordeling van de waterkeringen gaat uit van het werkelijke profiel van de kering en toestand op de peildatum. Dit betekent dat ook het voorland moet worden meegenomen in de schematisering en de beoordeling als dit aanwezig is – ook als het voorland niet opgenomen is in de legger. Hoe de voorlanden moeten worden geschematiseerd, wordt beschreven in de schematiseringshandleidingen. In Bijlage III Sterkte en veiligheid is de methode opgenomen waarmee de standzekerheid van het voorland kan worden beoordeeld.

*Als het voorland is opgenomen in de legger, beschikt de beheerder over instrumenten via vergunningverlening en handhaving om te bewaken dat er geen activiteiten plaatsvinden in het voorland die een negatief effect hebben op de veiligheid. Maar ook als het voorland niet is opgenomen in de legger, kan de beheerder maatregelen treffen om te voorkomen dat er ongemerkt activiteiten in het voorland plaatsvinden die de veiligheid negatief beïnvloeden.*

*Het Beslisschema voorlanden [2015] kan de beheerder ondersteunen bij het treffen van beheersmaatregelen of het maken van afspraken met derden over het gebruik van het voorland.*

## 6.7 Projecten opgenomen in het programma van het HWBP

Projecten die in het HWBP 2017-2022 zijn opgenomen en tevens onderdeel uitmaken van een traject waarop het algemeen filter op trajectniveau wordt toegepast, kunnen bij toepassing van het algemeen filter in 2017 als 'nog niet gerealiseerd' worden beschouwd.

Voor projecten die in het HWBP 2022-2027 in de jaren 2022 en 2023 zijn geprogrammeerd (verkenning/planstudie of realisatie) geldt dat deze in de beoordelingsronde die start in 2017-2023 niet hoeven te worden beoordeeld.

*In de Memorie van Toelichting bij wetsvoorstel wijziging Waterwet staat dat 'Als een versterkingsmaatregel in het jaar voorafgaand aan de landelijke rapportage in een van de daaropvolgende twee jaren is geprogrammeerd, is het niet opportuun te beoordelen. De versterking zal immers snel volgen; de actuele situatie is daarom minder relevant.' Daarom kan de beheerder aannemen dat de bijdrage*



---

van dit vak aan de overstromingskans van het traject verwaarloosbaar is.

Het algemeen filter op trajectniveau is gebaseerd op een integrale beschouwing van het traject.

### **6.8 Recent opgeleverde projecten**

*Bij de beoordeling van projecten die zijn recent gerealiseerd in het kader van Ruimte voor de Rivier, Tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma of HWBP kan de beheerder het algemene filter op vakniveau benutten om de bijdrage aan de overstromingskans van het traject weer te geven.*

### **6.9 Keringen in het buitenland**

Er zijn enkele keringen in België en Duitsland die de veiligheid tegen overstromingen in Nederland moeten garanderen. Deze keringen vallen buiten het areaal dat beoordeeld wordt met het WBI 2017. Deze keringen worden door het ministerie van I en M en de Belgische en Duitse overheid gezamenlijk beoordeeld. Dit past in de filosofie van de richtlijn overstromingsrisico's waar wordt gestreefd naar gezamenlijke waterbeheerplannen.

### **6.10 Innovatie**

Als er in een kering een innovatieve techniek is toegepast, zijn de voorschriften zoals geïmplementeerd in Bijlage III Sterkte en veiligheid vaak niet toepasbaar of beschikbaar. Innovaties zijn nieuwe of varianten van bestaande maatregelen. Deze maatregelen zijn uniek, en/of maken gebruik van nieuwe technieken, waardoor er nog geen generieke toetschema's en rekenmodellen opgenomen zijn in het WBI 2017.

Voor de beoordeling van innovaties is in het WBI 2017 het toetsspoor Technische Innovatie (INN) opgenomen in Bijlage III Sterkte en veiligheid.





---

## Appendix A Overzicht documenten en software

Onderstaande documenten zijn beschikbaar via de Helpdesk Water.

### ***Schematiseringshandleidingen***

- Afschuiving voorland
- Asfalt
- Betrouwbaarheid sluiten kunstwerken
- Duinen
- Golfafslag voorland
- Gras
- Handleiding datamanagement
- Hoogte
- Hoogte kunstwerken
- Hydraulische condities dijkteen
- Macrostabieliteit
- Microstabieliteit
- Piping
- Piping kunstwerken
- Steen
- Sterkte en stabiliteit kunstwerken
- Zettingsvloeiing voorland

### ***Voorgeschreven software applicaties***

- Asfalt
- Assemblage
- D-Flow Slide voorlanden
- D-Soil
- Gras
- Hydra-NL
- Macro
- Morphan – Duinen
- Steen
- Waterstandsverlopen
- WBI 2017-software



## Appendix B Begrippenlijst

Begrip	Omschrijving
<b>Aanleghoogte</b>	Kruinhoogte van de waterkering onmiddellijk na het gereedkomen ervan.
<b>Aansluitingsconstructie</b>	Aansluiting van twee typen waterkeringen, bijvoorbeeld een dijk, een duin, hybride kering, kunstwerken en hoge gronden.
<b>Aanverwant bekledingstype</b>	Niet-standaardsteenzetting of bekledingstype dat verwant is aan steenzettingen.
<b>Achterland</b>	Gebied aansluitend aan de landzijde van de waterkering.
<b>Achterloopsheid (duinen)</b>	Proces waarbij water zijdelings achter een waterkering langs stroomt.
<b>Achterloopsheid (kunstwerken)</b>	Ontstaan van holle ruimten aan de zijkant van een kunstwerk als gevolg van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd. Hierbij loopt de kwelstroom langs het kunstwerk op het grensvlak van een cohesieve laag en zand.
<b>Actuele sterkte</b>	Huidige werkelijke sterkte.
<b>Afdeklaag</b>	Ondoorlatende of slecht doorlatende laag op het zandpakket aan de binnendijkse zijde, bestaande uit klei of veen.
<b>Afschuiving</b>	Verplaatsen van een deel van een grondlichaam of bekleding door overschrijding van het evenwichtsdraagvermogen.
<b>Afslag</b>	Erosie van het duinprofiel tijdens storm.
<b>Afslaglijn</b>	Lijn in lengterichting van de kust die de afslagpunten verbindt.
<b>Afslagprofiel</b>	Profiel van duin of dijk met voorland waarbij tijdens storm afslag is opgetreden
<b>Afslagpunt</b>	Snijpunt van het afgeslagen duinfront met het Rekenpeil, waarbij het kritieke afslagpunt die mate van duinafslag aangeeft waarbij nog juist geen doorbreken optreedt.
<b>Afslagzone</b>	Deel van een duingebied waar tijdens storm afslag optreedt.
<b>Afsluitmiddel</b>	Beweegbaar onderdeel van een waterkerend kunstwerk waarmee de doorgang in de waterkering ten behoeve van goederen, voertuigen en/of personen waterkerend kan worden afgesloten.
<b>Afstandhouder</b>	Kunststof of metalen element dat tussen toplaagelementen wordt aangebracht om het open-ruimtepercentage te vergroten.
<b>Afvoer</b>	Afvoer is het volume water dat per seconde door een dwarsdoorsnede van bijvoorbeeld een rivier stroomt.
<b>Afvoerdebiet</b>	Rivierafvoer.
<b>Afvoergolf</b>	Zie hoogwatergolf.
<b>Afvoerpiek</b>	Grootste debiet in een gemodelleerde afvoergolf.
<b>Afvoerstochast</b>	Afvoer in het rivierengebied is een basisstochast omdat de afvoer in grote mate bijdraagt aan de natuurlijke variabiliteit van de hydraulische belasting in dat gebied.
<b>Afvoerverloop</b>	Verloop in de tijd van de rivierafvoer op een bepaalde locatie.
<b>Afzinktunnel</b>	Tunnel bestaande uit geprefabriceerde elementen, die in drijvende toestand worden verplaatst en in een vooraf gebaggerde sleuf worden afgezonken.
<b>Aggregaten</b>	Natuurlijk gevormde brokken grond met afmetingen van millimeters tot decimeters.
<b>Aquaduct</b>	Kunstwerk waarmee een waterloop in een open constructie over een weg of andere waterloop wordt gevoerd.
<b>Aquifer</b>	Grondlagen waarbinnen de relatief (ten opzichte van de omgeving) hoge doorlatendheid aanzienlijk transport van grondwater mogelijk maakt.
<b>Aquitard</b>	Grondlagen met een in vergelijking tot een aquifer lage doorlatendheid (bijvoorbeeld een kleipakket). De horizontale stroming in een aquitard is zeer gering, terwijl wel aanzienlijke verticale stroming mogelijk is.
<b>AQUO</b>	Aquo-standaard – de uniforme taal voor de uitwisseling van gegevens binnen de watersector.
<b>Artesisches water</b>	(Grond)water met een wateroverspanning ten opzichte van een hydrostatische waterspanningsverdeling waarbij de wateroverspanning het gevolg is van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.
<b>Artesisches watervoerend pakket</b>	Afgesloten watervoerend pakket waarin de stijghoogte van het grondwater boven het maaiveld uitkomt.
<b>Asfalt</b>	Natuurlijk of kunstmatig mengsel van bitumen en minerale stoffen.
<b>Asfaltkleefmiddel</b>	Dun vloeibaar mengsel van bitumen en een vluchtig oplosmiddel.
<b>Asfaltmestiek</b>	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen dat nagenoeg geen holle ruimte heeft.
<b>Asfaltmortel</b>	Mengsel van bitumen met zand en vulstof als component van een asfaltmengsel.
<b>Astronomisch getij</b>	Getijbeweging als gevolg van de veranderlijke resultante van de aantrekkingskracht van de maan en de zon op de watermassa's op aarde, niet gestoord door weerkundige omstandigheden.
<b>Autocorrelatiefunctie</b>	Functie die de mate van samenhang aangeeft tussen de waarde van een variabele op locatie x en de waarde van diezelfde variabele op naburige locaties.

Begrip	Omschrijving
<b>Balgstuw</b>	Type stuw, dat ook kan worden ingezet als keersluis. Bij dit type stuw wordt een rubber doek bevestigd aan constructies op de bodem van de watergang en de oevers. Als men wil dat de stuw het water tegenhoudt, pompt men de balg vol met water en lucht, waardoor de stuw omhoog komt. Afhankelijk van het gewenste waterpeil kan men in de stuw meer of minder water/lucht laten stromen.
<b>Bandijk</b>	Dijk die het winterbed omsluit.
<b>Basalt</b>	Type betonzuil.
<b>Basaltzuil</b>	Zuilvervormig toplaagelement van basalt.
<b>Basisinstrumentarium</b>	Beoordelingsschema's, rekentechnieken en modellen, aangevuld met handleidingen en achtergronddocumenten.
<b>Basiskustlijn</b>	De kustlijn die in het kader van het kusthandhavingsbeleid als referentie dient. In het algemeen de positie van de 'gemiddelde' kustlijn op 1 januari 1990.
<b>Basismateriaal</b>	Bovenste laag van het grondlichaam onder de bekledingsconstructie.
<b>Basisstochasten</b>	Stochasten die de belangrijkste bedreigingen in het belastingmodel beschrijven: rivierafvoer, wind, zeewaterstand, meerpeil en golven op zee.
<b>Basispeil</b>	Extreme hoogwaterstand met (per definitie) een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar.
<b>Basisveiligheid</b>	Minimale veiligheid tegen overstromingen voor iedereen achter de dijk.
<b>Beddingsconstante</b>	Coëfficiënt die de verhouding aangeeft tussen de door de grond geleverde tegendruk en de zakking van de grond ten gevolge van een bovenbelasting (een parameter die de stijfheid van de ondergrond uitdrukt).
<b>Beheer</b>	Geheel van activiteiten dat noodzakelijk is om te waarborgen dat de functies van de waterkering blijven voldoen aan de daarvoor vastgestelde eisen en normen.
<b>Beheerder</b>	Zie waterkeringbeheerder.
<b>Beheerdersoordeel</b>	Beoordeling van de veiligheid op basis van een onderbouwde inschatting van de beheerder.
<b>Beheergebied</b>	In de legger gespecificeerd areaal, dat als waterkering wordt aangemerkt en door de waterkeringbeheerder wordt beheerd.
<b>Beheerplan</b>	Document waarin het geplande beheer van een kering is vastgelegd.
<b>Beheerregister</b>	Ook wel Technisch beheerregister. Document met de beschrijving van de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie en de feitelijke toestand van de waterkering.
<b>Bekkenpassage</b>	Vispassage bestaande uit een cascade van kleine bakken met stromend water, waarbij de vis steeds naar een hoger niveau moet zwemmen of springen om een waterbouwkundig kunstwerk te passeren.
<b>Bekleding</b>	Afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen, langstromend water, golfoverslag en overloop.
<b>Bekledingsconstructie</b>	Geheel van lagen die tot doel hebben de dijk kern te beschermen tegen erosie door de waterbeweging, bestaande uit een toplaag met daaronder (eventueel) uitvul-, filter- en keilagen.
<b>Belasting</b>	Op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten, ofwel de mate waarin een constructie door in- en uitwendige krachten wordt aangesproken, uitgedrukt in een fysische grootte.
<b>Beleid</b>	Het geheel van gemaakte bestuurlijke keuzen.
<b>Beleidsanalyse</b>	Methodiek waarmee systematisch alternatieve oplossingen worden ontwikkeld en afgewogen.
<b>Benedenbeloop</b>	Deel van het talud tussen teen en buitenberm.
<b>Benedenrivierengebied</b>	Deel van de benedenstroomse takken van de Rijn en de Maas verstaan waarvoor, tijdens grote afvoergolven, de waterstanden een significante invloed ondervinden van de waterstanden op de Noordzee.
<b>Benedenstrooms</b>	Stroomafwaarts.
<b>Benedenstroomse richting</b>	Voor het mechanisme piping: de richting waarheen het kwelwater stroomt.
<b>Beoordelen</b>	Het uitvoeren van een veiligheidsbeoordeling conform het WBI 2017.
<b>Beoordelings-instrumentarium</b>	De door de minister gestelde nadere regels over de beoordeling van de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen.
<b>Beoordelingsprofiel</b>	Denkbeeldig minimum profiel van gedefinieerde afmetingen waarbinnen zich geen objecten bevinden, dat binnen het werkelijk aanwezige profiel moet passen en dat de garantie moet bieden dat de waterkering voldoende sterk is.
<b>Berm</b>	Extra verbreding aan de binnendijkse of buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, zandmeevoerende wellen te voorkomen en de golfslag en/of golfoverslag te reduceren.
<b>Bermfactor</b>	Factor bepaald door golfhoogte en waterdiepte boven de berm, benodigd voor ontwerp en toetsing op toplaaginstabiliteit van steenzettingen op een buitenberm.
<b>Beschermingsniveau</b>	Zie veiligheidsnorm.



Begrip	Omschrijving
<b>Beschermingszone</b>	In de keur beschreven zone ter weerszijden aan het waterstaatswerk waarbinnen een beperkt gebodsregime geldt met als doel aantasting van de waterkering door bijzondere belastingen (delfstofwinning, seismisch onderzoek, explosies van leidingen) te voorkomen.
<b>Beslisregel</b>	Regel aan de hand waarvan een beslissing moet worden genomen.
<b>Betonblok</b>	Blokvormig toplaagelement van beton.
<b>Betonpuin</b>	Restproduct dat wordt gebruikt als granulair materiaal.
<b>Betonzuil</b>	Zuilvervormig toplaagelement van beton.
<b>Betrouwbaarheid sluiting van kunstwerk</b>	Betrouwbaarheid van de sluitingsoperatie van de hoogwaterkerende keermiddelen van een waterkerend kunstwerk.
<b>Betrouwbaarheidseis</b>	Eis die gesteld wordt aan de betrouwbaarheid (faalkans) van een constructie. De wettelijke norm is een voorbeeld van een betrouwbaarheidseis aan de waterkeringen.
<b>Betrouwbaarheidseis op doorsnedeniveau</b>	Eis die wordt gesteld aan de kans van falen van een dijkdorsnede (faalkanseis).
<b>Betrouwbaarheidsindex</b>	Waarde die de mate van 'betrouwbaarheid' van een waterkering weergeeft. Een hoge betrouwbaarheid correspondeert met een kleine faalkans.
<b>Bezwijken</b>	Het optreden van verlies van inwendig evenwicht (bijvoorbeeld afschuiven) en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal (bijvoorbeeld het verweken) en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen van de waterkering.
<b>Bezwijkmechanisme</b>	Wijze waarop een constructie bezwijkt.
<b>Bijzonder waterkerend object</b>	Kering geplaatst en ontworpen ter bescherming van waterstaatswerken in oorlogstijd.
<b>Bijzondere waterkerende constructie</b>	Constructie om, in combinatie met een grondlichaam (dijk) of in plaats van een grondlichaam, water te keren, zoals muralt- of dijkmuuren, damwanden, kistdammen, keermuren en kwelschermen.
<b>Binnenberm</b>	Extra verbreding aan de landzijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.
<b>Binnendijks</b>	Aan de kant van het land of het binnenwater.
<b>Binnendijks duingebied</b>	Duingebied waarvoor de primaire veiligheid volgens de Waterwet wordt geborgd.
<b>Binnenduin</b>	Duin dat niet direct aan het strand grenst.
<b>Binnenduinrand</b>	Overgang tussen een duingebied en het laaggelegen achterland.
<b>Binnenkruinlijn</b>	Lijn die de overgang markeert tussen de kruin en het binnentalud.
<b>Binnentalud</b>	Hellend vlak van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk.
<b>Binnenteen</b>	De onderrand van het dijklichaam aan de landzijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld).
<b>Bitumen</b>	Een zeer viskeuze vloeistof of vaste stof, in hoofdzaak bestaande uit koolwaterstoffen of hun derivaten, die vrijwel geheel oplosbaar is in zwavelkoolstof.
<b>Bitumenemulsie</b>	Een homogeen mengsel van bitumen en water waarbij bitumen in de vorm van zeer kleine bolletjes is gedispergeerd in water.
<b>Blok</b>	De rechthoekige vorm waarmee een tijdafhankelijk proces als bijvoorbeeld afvoer wordt geschematiseerd.
<b>Blokduur</b>	De representatieve duur van het tijdafhankelijke proces dat met een blok wordt geschematiseerd.
<b>Blokken</b>	Toplaagelementen die nauw op elkaar aansluiten en waarbij de spleetbreedte rondom elk element min of meer constant en meestal klein is.
<b>Blokkenmat</b>	Geprefabriceerde toplaagelementen die onderling door kabels of een geokunststof zijn verbonden tot een mat.
<b>Bochtwerking</b>	Waterstandsverhoging ter plaatse van de waterkering als gevolg van scheefstand van het wateroppervlak in een bocht van een rivier.
<b>Bodemligging</b>	Positie van de bodem ten opzichte van een referentievlak, dikwijls NAP.
<b>Boortunnel</b>	Ondergrondse tunnel die wordt samengesteld achter de boorinstallatie waarmee de grond aan de kop van deze installatie wordt verwijderd.
<b>Bovenbeloop</b>	Deel van het talud tussen buitenberm en kruin.
<b>Bovenrivierengebied</b>	Deel van de Maas, de Rijn en haar takken, waarbij de waterstanden tijdens hoge afvoergolven niet meer beïnvloed worden door de waterstand op de Noordzee en het IJsselmeer.
<b>Bovenstrooms</b>	Stroomopwaarts.
<b>Bovenstroomse richting</b>	Hier gebruikt in de zin van de stroming van het kwelwater onder de dijk door, vanuit de in-/toestromende zijde van de dijk.
<b>Boventafel</b>	Bovenste gedeelte van de taludbekleding (boven Gemiddeld Hoogwater of boven een overgangsconstructie).
<b>Brekerparameter</b>	Verhouding tussen de taludhelling en de (wortel uit) de golfsteilheid, die een indicatie is voor de wijze waarop golven op het talud breken.
<b>Bres</b>	Een gat in de waterkering.
<b>Bresvloeiing</b>	Bezwijken van een onderwatertalud door het gestaag wegstromen van zandlagen, gevoed door een steil taludopwaarts bewegende verstoring.



Begrip	Omschrijving
<b>Breksteenoverlaging</b>	Constructie waarbij op een bestaande, te lichte steenzetting ter versterking een pakket breksteen is aangebracht.
<b>Bui-oscillaties</b>	Onregelmatige schommelingen van het wateroppervlak met een wisselende periode die vooral bij zware storm optreden.
<b>Buistoot</b>	Afzonderlijk optredende vrij kort durende waterspiegelverheffing als gevolg van een zware bui.
<b>Buitenberm</b>	Extra verbreding aan de buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, om zandmeevoerende wellen te voorkomen en/of om de golfloop te reduceren.
<b>Buitendijks</b>	Aan de kant van het te keren (buiten)water.
<b>Buitenknik</b>	Knik tussen de berm en het benedenbeloop.
<b>Buitenkruinlijn</b>	Lijn die de overgang markeert tussen de kruin en het buitentalud.
<b>Buitentalud</b>	Hellend vlak van het dijklichaam aan de kerende zijde.
<b>Buitenteen</b>	Onderrand van het dijklichaam aan de buitendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld en/of voorland).
<b>Buitenwater</b>	Water van een oppervlaktewaterlichaam waarvan de waterstand direct invloed ondervindt van hoge stormvloed, bij hoog oppervlak van een van de grote rivieren, bij hoog water van het IJsselmeer of het Markermeer, dan wel bij een combinatie daarvan, alsmede het Volkerak-Zoommeer, Grevelingenmeer, getijdedeel van de Hollandse IJssel en de Veluwerandmeren.
<b>Caisson</b>	Een betonnen rechthoekige bak die in de waterbouw over het algemeen dienst doet als golfbreker of als hulpconstructie bij de sluiting van dijken en/of dammen.
<b>Calamiteitenplan</b>	Een draaiboek waarin verschillende acties om de dijk te bewaken (in geval van calamiteit) staan vermeld. Volgens de Waterwet zijn waterbeheerders verplicht dit op te stellen.
<b>Cascade-effect</b>	Het trapsgewijze verloop van water van hoog naar laag, vertraagd door obstakels in het landschap (zie ook systeemwerking).
<b>Cellenwand</b>	Gewichtsconstructie opgebouwd uit damwanden, die tot cirkelvormige of deels cirkelvormige cellen worden geconstrueerd en met grond of een ander materiaal worden gevuld om voldoende massa te krijgen. Door de cellen onderling te verbinden ontstaat een cellenwand.
<b>Cohesieve laag</b>	Zie afdeklag.
<b>Combiwand</b>	Een constructie opgebouwd uit een combinatie van open buispaal-elementen (of H-profielen) die een hoge sterkte en stijfheid bezitten en damwandelementen.
<b>Compartimentering</b>	Het verkleinen van een overstroombaar gebied in (een aantal) kleinere compartimenten om de gevolgen van een overstroming te beperken.
<b>Consolidatie tijd</b>	Tijdsduur die nodig is om vanaf het aanbrengen van een belasting, de wateroverspanning in de grond te laten afnemen tot deze (vrijwel) geheel is verdwenen.
<b>Constructieve functie (kunstwerken)</b>	Het bijdragen aan het in stand houden van de waterkering, door het afdragen naar de ondergrond van belastingen die niet direct gerelateerd zijn aan de waterkerende functie.
<b>Contractant gedrag</b>	Volumevermindering ten gevolge van een opgelegde schuifvervorming van grond.
<b>Correlatie in de tijd</b>	Mate van samenhang tussen de waarde van een variabele op tijdstip t en de waarde van diezelfde variabele op een ander tijdstip.
<b>Correlatiefuncties</b>	Statistische functies die de mate van samenhang tussen twee stochasten kwantificeren.
<b>Correlatielengte</b>	Lengtemaat die bepalend is voor de mate van ruimtelijke (auto)correlatie van een parameter.
<b>Coupure</b>	Onderbreking in de waterkering voor de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge buitenwaterstanden afsluitbaar is.
<b>Cumulatieve kansverdeling</b>	Functie die de kans van onderschrijden beschrijft van alle (relevante) mogelijke uitkomsten van een stochastische variabele.
<b>Dam</b>	Waterbouwkundige constructie met aan twee zijden water. Kan zijn aangelegd om de golfhoogte er achter te reduceren, als havendam, of als (voorliggende) primaire waterkering.
<b>Damwand</b>	Een damwand is een verticale grond- en/of waterkerende constructie, die bestaat uit een rij losse de grond in gedreven wandelementen (planken of panelen) die door middel van een grondlichte en in sommige gevallen ook waterdichte messing-en-groefverbinding (genoemd 'slot' bij stalen damwanden) met elkaar zijn verbonden.
<b>Debiet</b>	Het vloeistofvolume dat per tijdseenheid door een doorsnede stroomt.
<b>Decimeringshoogte</b>	Absoluut verschil in hoogte tussen het een waterstand met een bepaalde overschrijdingsfrequentie en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die een factor 10 hoger of lager is.
<b>Deelfaalmecanisme</b>	Zie deelmechanisme.
<b>Deelmechanisme</b>	Deel van het faalproces dat voortkomt uit het falen van onderdelen van het systeem, maar waarbij nog geen sprake hoeft te zijn van volledig functieverlies.



Begrip	Omschrijving
<b>Deining</b>	Windgeïnduceerde watergolven, die niet meer onder invloed zijn van het windveld dat deze golven opwekte.
<b>Dekzand</b>	Door de wind afgezet zand, dat als een dek op oudere zanden of afzettingen ligt in een laag, variërend van enkele decimeters tot meerdere meters dikte.
<b>Delta</b>	Uitmonding van een rivier als een stelsel van aftakkingen.
<b>Demontabele kering</b>	Mobiele kering waarvan een deel van de constructie alleen bij dreigend hoogwater wordt opgebouwd en waarvan onder normale omstandigheden slechts een beperkt deel van de constructie (zoals funderingsbalken, kwelschermen, of aansluitingen op bestaande constructies) achterblijft op het waterkeringstracé.
<b>Depositie</b>	Aanzanding van het afgeslagen duinzand.
<b>Deterministisch</b>	Hiermee wordt bedoeld dat tijdens een berekening een parameter niet als stochastisch wordt gemodelleerd. De waarde van deze parameter wordt als "bekend" verondersteld.
<b>Deterministisch model</b>	Een model dat de invoer volgens een vaststaande wetmatigheid omzet in uitvoer, zonder rekening te houden met onzekerheden.
<b>Dicht steenasfalt</b>	Een licht overvuld mengsel met een gap-graded aggregaat, waardoor verdichting door eigen gewicht optreedt.
<b>Dichtheid</b>	Verhouding tussen massa en volume van het materiaal (volumieke massa, soortelijke massa).
<b>Dichtingslaag</b>	Een laag bindmiddel aangebracht op een oppervlak van waterbouwasfaltbeton.
<b>Diepwand</b>	Doorgaande (meestal onverankerde) wandconstructie, die is opgebouwd uit (trillingsvrij) in de grond vervaardigde betonnen panelen voorzien van wapening.
<b>DiffRACTIE</b>	Buiging van golfvront/golfstraal in het schaduwgebied van een obstakel.
<b>Dijk</b>	Waterkerend grondlichaam.
<b>Dijkbasis</b>	De zich binnen de invloedssfeer van de dijk bevindende ondergrond.
<b>Dijkdeuvels</b>	Versterking van de dijk waarbij worden stalen buizen tot onder de teen van de dijk in de diepere zandlaag ingebracht. Om deze buizen zijn kousen van geotextiel aangebracht, die na installatie met cement-bentoniet worden volgepompt. Daardoor zet de kous uit als een langwerpige ballon, waarmee potentiële afschuifvlakken van de dijk worden gestabiliseerd.
<b>Dijk-in-duin</b>	Hybride kering waarbij een dijk wordt beschermd door een voorliggend volume zand.
<b>Dijkkern</b>	Grondlichaam van zand en/of klei in een dijk dat moet worden beschermd tegen de inwerking van de waterbeweging.
<b>Dijkmuur</b>	Constructie op een dijk aangebracht om golfoverslag over de dijk te beperken.
<b>Dijkkringlijn</b>	Lijn die de ligging van de primaire waterkering aangeeft.
<b>Dijktraject</b>	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.
<b>Dijkvak</b>	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting. Zie ook vak.
<b>Dijkvernageling</b>	Techniek om een dijk te versterken. Hierbij worden nagels met een kern van staal of kunststof in de dijk geplaatst. De kern is omhuld met een schil van grout (cement en water) die zorgt voor een goede hechting tussen de nagels en de grond in de dijk. Hiermee worden potentiële afschuifvlakken van de dijk gestabiliseerd.
<b>Dilatant gedrag</b>	Volumetoename ten gevolge van een opgelegde schuifvervorming van grond.
<b>Doorgaand kanaal</b>	Kanaal van de benedenstroomse naar de bovenstroomse zijde.
<b>Doorgroeisteen</b>	Platte betontegel of betonblok met gaten er in die begroeiing mogelijk maken (grasbetonstenen).
<b>Doorlatendheid</b>	Het vermogen van de grond om vloeistof door te laten. Verhouding tussen specifiek debiet en verhang. Darcy doorlatendheid, afhankelijk van de viscositeit van het water.
<b>Doornikse steen</b>	Blokvormig toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Doornik, België.
<b>Drukstaafmethode</b>	Methode om de stabiliteit van de dijk te benaderen onder inachtneming van de vervorming van het slappe grondpakket achter de dijk, dat hiertoe als een door druk belaste staaf wordt opgevat (opdrijven).
<b>Dubbele duinen</b>	Meerdere duinregels die samen een duinwaterkering vormen.
<b>Duin</b>	Min of meer aansluitende zandheuvels langs de kust, al dan niet door de natuur gevormd, die het waterkerend vermogen ontlenen aan de geometrie en de hoeveelheid zand binnen het dwarsprofiel.
<b>Duinafslag</b>	Faalmechanisme voor duinen dat betrekking heeft op de erosie van een duin onder stormcondities.
<b>Duinfront</b>	Zeezijde van het duinprofiel.
<b>Duinregel</b>	Gesloten duinenrij.
<b>Duinvak</b>	Zie dijkvak.
<b>Duinvoet</b>	Overgang van strand naar duin. De positie van de duinvoet in een dwarsprofiel wordt door veel beheerders gedefinieerd met behulp van een in de tijd constante hoogtelijn (bijvoorbeeld NAP +3 m).





Begrip	Omschrijving
<b>Duinvoetverdediging</b>	Harde waterkeringsconstructie die het achterliggend duin beschermt tegen duinafslag, gezamenlijk vormt dit een hybride kering.
<b>Duinwaterkering</b>	Deel van een duingebied dat aangemerkt is als primaire waterkering.
<b>Economische schade</b>	De schade die opgelopen is door ontvricting van economische processen.
<b>Ecotop</b>	Ruw laagje op de bovenkant van toplaagelementen ter bevordering van flora en fauna.
<b>Eenheid/Eenheden (van WBI-SOS)</b>	WBI-SOS verdeelt de ondergrond in eenheden, in totaal 43 (Bijlage B). Een WBI-SOS eenheid bestaat uit een grondlaag of grondlagen die relatief homogeen verdeelde eigenschappen hebben. De lithologie kan homogeen zijn, maar het is ook mogelijk dat de eenheid een homogene afwisseling bevat van verschillende lithologieën, bijvoorbeeld zand/klei afwisselingen. De eenheden zijn zo opgezet en beschreven dat ze herkend kunnen worden in boringen en sonderingen en dat ze relatief eenvoudig zijn te koppelen aan proevenverzamelingen.
<b>Eenvoudige toets</b>	Onderdeel van de toetsprocedure. In de eenvoudige toets wordt per vak en per toetsspoor met eenvoudige beslisregels gecontroleerd of het toetsspoor relevant is. De beslisregels zijn gebaseerd op veilige afmetingen van (onderdelen van) de kering, algemene eigenschappen van de kering waardoor een faalmechanisme niet kan optreden of eenvoudige rekenregels.
<b>Emulgator</b>	Een stof die een emulsie stabiel houdt (er voor zorgt dat de geëmulgeerde stof niet samenklontert).
<b>Erosie</b>	Het proces waarbij grond, gesteente en dergelijke verplaatst worden door c.q. wegspoelen onder invloed van wind, stromend water of bewegende ijsmassa's.
<b>Erosie van de onderlagen</b>	Faalmechanisme van bekledingen dat zich voordoet als de beschermende werking van de toplaag weggevallen is.
<b>Erosiescherm</b>	Een in het buitentalud aanwezige wandconstructie, die bij een geërodeerd buitentalud samen met het resterende deel van de dijk de waterkerende functie overneemt.
<b>Estuarium</b>	Wijde trechtervormige riviermond, waarin het getij zich sterk doet gevoelen.
<b>Evenstandslijn</b>	Lijn die weergeeft hoe plaatselijk een bepaalde waterstand kan ontstaan onder invloed van combinaties van de rivierafvoer en de hoogwaterstand te Hoek van Holland.
<b>Faaldefinitie</b>	(Praktische en juridisch relevante) afspraak over wat in het WBI 2017 als falen wordt beschouwd. De faaldefinitie beschrijft de situatie die in de gedetailleerde toets voor falen van de waterkering wordt aangehouden.
<b>Faalkans</b>	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie.
<b>Faalkansbegroting</b>	Verdeling van de toegestane faalkans over de faalmechanismen. Wordt toegepast in de gedetailleerde toets per vak, waarbij een faalkansbegroting wordt voorgeschreven. In de gedetailleerde toets per traject wordt de faalkansbegroting vrijgelaten.
<b>Faalkans(en)budget</b>	Zie faalkansbegroting.
<b>Faalkans per vak, doorsnede of kunstwerk</b>	Faalkans voor een vak voor een toetsspoor als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per vak. Een vak heeft betrekking op een dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk.
<b>Faalkans per traject</b>	Faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per traject of in de toets op maat.
<b>Faalkanseis per traject</b>	Toelaatbare faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen voor een faalkansbegroting afgeleid uit de norm.
<b>Faalkanseis per vak, doorsnede of kunstwerk</b>	Toelaatbare faalkans voor een vak voor een toetsspoor voor een faalkansbegroting en lengte-effect afgeleid uit de norm. Een vak is een dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk.
<b>Faalmechanisme</b>	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
<b>Faaltraject</b>	Geheel van (deel)processen en stadia die worden doorlopen alvorens daadwerkelijk falen optreedt.
<b>Falen</b>	Falen van een technisch systeem of onderdeel ervan houdt in dat het zich bevindt in een toestand waarbij een of meer functies daadwerkelijk niet meer (kunnen) worden vervuld. In de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen is dat de waterkerende functie.
<b>Fauna-uitstapplaats</b>	Een voorziening langs een steile oever van een waterweg, waar (te water geraakte) dieren aan land kunnen komen.
<b>Fictieve taludhelling</b>	Gewogen gemiddelde van de taludhelling onder en boven de buitenberm, benodigd voor ontwerp en toetsing op toplaaginstabiliteit van steenzettingen op de berm.
<b>Filter</b>	Tussenlaag in de taludbekleding die uitspoeling van fijnkorrelig materiaal uit de ondergrond door de bovenliggende laag van de bekleding voorkomt.
<b>Flexibiliteit</b>	Buigzaamheid, het vermogen om vervormingen te kunnen ondergaan waarbij het materiaal intact blijft.



Begrip	Omschrijving
<b>Fluctuatieschaal</b>	Lengtemaat die bepalend is voor de mate van ruimtelijke variabiliteit van een parameter.
<b>Fluidisatie</b>	Proces waarbij fijne vaste deeltjes door een stromend gas of vloeistof in beweging worden gebracht.
<b>Foutenboom</b>	Schematische weergave van combinaties van oorzaken die tot een bepaalde ongewenste gebeurtenissen, topgebeurtenissen genoemd, aanleiding kunnen geven.
<b>Fractie</b>	Verzameling korrels die de grootste van twee nader aangeduide zeven (nominale fractiegrenzen) passeert en blijft liggen op de kleinste. De ondergrens kan daarbij ook nul zijn.
<b>Freatisch vlak</b>	Vlak in de grond waar de druk in het poriën water gelijk is aan nul.
<b>Freatische lijn</b>	Niveau van de grondwaterspiegel in een dijklichaam.
<b>Frequentielijn</b>	Het gemiddeld aantal keren per periode (jaar/seizoen) dat een betreffende stochastwaarde wordt overschreden.
<b>Functiescheidend scherm</b>	In de waterkering aanwezige wandconstructie om te voorkomen dat de onderdelen die gezamenlijk de waterkerende functie vervullen (i.e. grondlichaam, constructieve elementen) onder normale omstandigheden de aangrenzende niet-waterkerende functies (bv wonen, werken, recreatie) negatief beïnvloeden als gevolg van grondbelastingen en -vervormingen.
<b>Fysisch model</b>	Een natuurkundige beschrijving van een grenstoestandfunctie (zie aldaar).
<b>Gap-graded</b>	Type korrelverdeling waarbij alleen grove en fijne korrels voorkomen, de tussenliggende maat ontbreekt (vrijwel) geheel.
<b>Gedetailleerde toets</b>	Toets in de toetsprocedure die uitgaat van een voorgeschreven faaldefinitie en bijbehorend generiek rekenmodel.
<b>Gedetailleerde toets per vak</b>	Toets gebaseerd op modelmatige analyses en generieke rekenregels met vaste faalkansverdeling op per vak.
<b>Gedetailleerde toets per traject</b>	Toets gebaseerd op modelmatige analyses en generieke rekenregels voor het gehele traject. In deze toets wordt de vaste faalkansverdeling losgelaten.
<b>Gedragsmodel</b>	Zie fysisch model.
<b>Gegradeerde korrelverdeling</b>	Een monster korrels met een gelijk matig verdeelde diameter.
<b>Gelaagdheid</b>	Hiermee wordt aangegeven dat de oorspronkelijk gelaagde structuur t.g.v. de afzetting van de lagen nog aanwezig is.
<b>Geldigheidsgebied</b>	Het geheel van voorwaarden waaronder een model mag worden toegepast.
<b>Gemaal</b>	Kunstwerk om water van een laag peil naar een hoog peil te brengen, waarvan de noodzaak kan liggen in wateroverschot aan de lage kant (afvoer) of in waterbehoefte in het gebied aan de hoge kant (aanvoer). Een gemaal is een samenstel van verschillende onderdelen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• één of meerdere doorvoerleidingen of -kokers</li> <li>• één of meerdere afsluitmiddelen</li> <li>• een gebouw met installaties.</li> </ul>
<b>Gemiddeld hoog water</b>	De gemiddelde hoogte van hoogwater op een locatie over een periode van 19 jaar (in een getijdgebied).
<b>Geokunststof</b>	Kunststof doek dat bijvoorbeeld op zand of klei wordt toegepast om uitspoeling ervan te voorkomen.
<b>Geometrisch dicht</b>	criterium voor gronddichtheid van een filter, waarbij materiaaltransport fysiek onmogelijk is doordat de openingen in het filter kleiner zijn dan de korrelafmetingen van het basismateriaal.
<b>Geotechnisch profiel</b>	De verticale opbouw in grondmechanische zin van een waterkering.
<b>Gepenetreerde steenzetting</b>	Steenzetting waarbij tussen de toplaagelementen beton of asfalt is aangebracht om de sterkte te vergroten.
<b>Geschakelde steenzetting</b>	Blokkenmat of interlock-elementen.
<b>Geschiktheidsonderzoek</b>	Onderzoek waarbij een proefproductie (veelal een dagproductie, volgens de RAW-standaard: 40 ton van waterbouwasfaltbeton of 16 ton in geval van open steenasfalt) bereid en verwerkt wordt op de door de aannemer voorgestelde werkwijze, met als doel aan te tonen dat de beoogde werkwijze tot de vereiste kwaliteit leidt.
<b>Getijhoogwaterstijging</b>	De relatieve stijging van de gemiddelde hoogwaterstand (inclusief NAP-daling).
<b>Getijkans</b>	De kans dat gedurende een getijperiode een bepaalde windsnelheid een keer wordt overschreden.
<b>Getijperiode</b>	Tijdsduur van (ongeveer) 1 getij.
<b>Gewapende grond</b>	Bij kerende constructies met een steile of verticale begrenzing in gewapende grond wordt de inwendige stabiliteit verzekerd door meerdere lagen van wapening (strippen, roosters of grids) die, door interactie (wrijving) tussen grond en wapening trekkracht kunnen overdragen.
<b>Gewichtsmuur</b>	Op staal gefundeerde grondkerende constructie die zijn algehele stabiliteit ontleent aan zijn eigen gewicht (inclusief eventueel door de muur ondersteunde volumes aanvulling).
<b>Gietasfalt</b>	Warm bereid asfalt met een mengsel van gegradeerd grind (of steenslag) en een overmaat aan asfaltmastiek, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft.





Begrip	Omschrijving
<b>Glijvlak</b>	Het vlak waarlangs een afschuivende grondmoot afschuift over het stabiele deel van een grondlichaam en waarlangs door de grond schuifsterkte wordt gemobiliseerd.
<b>Glijvlak model</b>	Rekenmodel waarmee de weerstand van een grondmoot tegen afschuiven langs een schuifvlak wordt berekend.
<b>Golfbelastingen</b>	Golfcondities die worden gebruikt voor het toetsen en ontwerpen van de diverse faalmechanismen.
<b>Golfcondities</b>	Weergave van de toestand van een golfveld op een bepaald moment, veelal in termen van significante golfhoogte, (gemiddelde of piek)periode en gemiddelde golfrichting.
<b>Golfhoogte</b>	De verticale afstand tussen dal en top van een golf.
<b>Golfhoogte duinafslag</b>	Rekenwaarde voor de golfhoogte waarmee in de gedetailleerde toets voor het toetsspoor duinafslag dient te worden gerekend.
<b>Golfklap</b>	Korte drukstoot op het talud die ontstaat doordat de watermassa van een brekende golf het talud met grote snelheid treft.
<b>Golfklapzone</b>	Deel van het talud dat door golfklappen wordt belast.
<b>Golfoploop</b>	Het tegen het talud oplopen van golven.
<b>Golfoploophoogte</b>	Hoogste niveau ten opzichte van de stilwaterlijn tot waar een golf het talud nat maakt.
<b>Golfoploopzone</b>	Deel van het talud dat niet door golfklappen maar door golfoploop wordt belast, gelegen boven de stil waterstand.
<b>Golfoverslag</b>	Situatie waarbij de waterstand lager is dan de hoogte van de waterkering en waarbij golven over de waterkering heen slaan.
<b>Golfoverslagdebiet</b>	De hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseenheid over de waterkering slaat.
<b>Golfoverslaghoogte</b>	De hoogte ten opzichte van de waterstand, waarbij een bepaald opgegeven debiet optreedt. Iets preciezer gezegd is de golfoverslaghoogte het verschil tussen het niveau van de buitenkruinlijn en de lokale waterstand in de situatie dat de buitenkruinlijn zo hoog ligt dat de overslag daarover precies gelijk is aan het opgegeven debiet.
<b>Golfperiode</b>	Tijdsduur tussen twee opeenvolgende neergaande passages van de middenstand van een golf.
<b>Golfspectrum</b>	Verdeling van de golfenergiedichtheid als functie van de periode (bij een breed spectrum zijn de golfperiodes van de windgolven onderling sterk verschillend).
<b>Golfsteilheid</b>	Verhouding tussen de hoogte en de lengte van een golf.
<b>Gradiënt</b>	Verloop van een grootte per eenheid van lengte. Zie: verhang.
<b>Granietblok</b>	Blokvormig toplaagelement van graniet.
<b>Granulaire laag</b>	Laag van korrelig materiaal van beperkte dikte die onder de toplaag kan liggen, fungerend als filterlaag en/of uitvullaag.
<b>Gras</b>	Individuele plantensoort (enkelvoud) of begroeiing met een grasachtig uiterlijk (meervoud; dan ook 'grasland', 'grasvegetatie'). Echte grassen (Poaceae) of verwante eenzaadlobbige soorten zijn dominant of beeldbepalend. In de meeste dijkgraslanden komen echter ook kruiden voor.
<b>Graszode</b>	Het intensief doorwortelde bovenste deel van de toplaag, bestaande uit substraat plus wortels. In de zode zijn de wortels van individuele spruiten meestal sterk vervlochten. De zode is gewoonlijk 5 tot 10 cm dik.
<b>Grenslaag</b>	Onderste deel van het afdekkende pakket. Bij hoogwater wordt de waterspanning in de grenslaag beïnvloed door de stijghoogte in de onderliggende aquifer.
<b>Grenspotentiaal</b>	Stijghoogte in de aquifer die in evenwicht is met het gewicht van het afdekkende pakket.
<b>Grensprofiel</b>	Deel van de duinwaterkering landwaarts van de afslagzone dat bedoeld is om golfoverslag te voorkomen.
<b>Grensstijghoogte</b>	Zie Grenspotentiaal.
<b>Grenstoestand</b>	Toestand waarin de sterkte van een constructie of een onderdeel daarvan nog juist evenwicht maakt met de daarop werkende belastingen.
<b>Grenstoestandfunctie</b>	Wiskundige functie die voor alle mogelijke uitkomsten van de combinaties van betrokken stochastische variabelen beschrijft of de waterkering wel/niet faalt.
<b>Grindasfaltbeton</b>	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van grind, zand en vulstof, dat een laag percentage holle ruimte heeft.
<b>Grof zand</b>	Aanduiding voor zanden met een gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie tussen 210 en 2000 µm.
<b>Grondbreuk</b>	Zie hydraulische grondbreuk.
<b>Grondwaterstand</b>	Hoogteligging van het freatisch vlak.
<b>Haringmanblok</b>	Type betonblokken met inkeping ter beperking van golfoploop.



Begrip	Omschrijving
<b>Havendam</b>	Dam gelegen voor de primaire waterkering die zich uitstrekt vanaf de kust of oever het open water in, om de stroming en golven te beïnvloeden of om te voorkomen dat de toegang tot een haven of een rivier dichtslibt.
<b>Havenslintering</b>	Zie seiche.
<b>Heave</b>	Situatie waarbij verticale korrelspanningen in een zandlaag wegvallen onder invloed van een verticale grondwaterstroming; ook fluidisatie of de vorming van drijfzand genoemd.
<b>Heterogeen</b>	Van punt tot punt belangrijke verschillen in eigenschappen bezittend.
<b>Hevel(pers)leiding</b>	Kokervormige constructie met een verhoogd middengedeelte, in de regel over waterkering of (stroom)scheiding heen, dat twee wederzijds gelegen wateren met elkaar verbindt. Het overbrengen van water via de hevel vindt plaats op basis van de principes van communicerende vaten en wordt in gang gebracht door het aanbrengen van een vacuüm in de leiding.
<b>Hoge drempel</b>	Een element in een niet hoogwaterkerend gesloten kunstwerk, dat zorgt voor een drempel waar het water via golfoverslag en/of overloop overheen moet stromen zonder dat het invloed van eventueel aanwezig binnenwater ondervindt.
<b>Hoge gronden</b>	De natuurlijke hoge delen van Nederland.
<b>Hogedrukleiding (vloeistof, gas)</b>	Leiding deel uitmakend van een systeem waarin een bedrijfsdruk groter dan of gelijk aan 1 MPa (10 bar) wordt aangehouden.
<b>Hoogwatergolf</b>	Tijdelijk verhoogde waterstanden in een rivier (met een golfvorm) door een vergrote rivierafvoer. De hoogwatergolf kan enkele uren tot enkele dagen aanhouden.
<b>Hybride kering</b>	Primaire kering, bestaande uit een combinatie van een zandlichaam (duin) en een harde waterkeringsconstructie.
<b>Hydraulisch belastingniveau</b>	De kruinhoogte waarbij de kans op het overschrijden van een kritiek golfoverslaggebied met een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de norm van het dijktraject waar de waterkering onderdeel van uitmaakt.
<b>Hydraulisch dicht</b>	Criterium voor grond dichtheid van een filter, waarbij materiaaltransport onmogelijk is doordat de weerstand tegen uitspoeling voldoende groot is bij de maatgevende belasting.
<b>Hydraulisch materiaal</b>	Granulair materiaal dat kan samenkiten.
<b>Hydraulische belasting</b>	Belasting op de waterkering als gevolg van de lokale waterstand en bijbehorende golven.
<b>Hydraulische condities</b>	De condities die bepalend zijn voor de hydraulische belasting. Het betreft onder meer waterstanden, stroming, golfhoogten en golflengten.
<b>Hydraulische grondbreuk</b>	Verlies van korrelcontact in de grond als gevolg van te hoge wateroverspanningen; in geval van een cohesieve afdekkende grondlaag leidt dit tot opdrijven en opbarsten, in geval van een niet cohesieve grondlaag tot heave.
<b>Hydraulische waterspanning</b>	(Grond)waterspanning in een punt in de (onder)grond die overeenkomt met de waterspanning als gevolg van een kolom water vanaf dat punt tot aan de vrije grondwaterspiegel.
<b>Hydraulische weerstand</b>	Karakterisering van de doorlatendheid van grondlagen. Weerstand die een bepaalde laag biedt tegen (meestal verticale) grondwaterstroming. Bij een homogene laag is deze grootheid gelijk te stellen aan het quotiënt van laagdikte $D$ en (verticale) doorlaatcoëfficiënt $k$ .
<b>Hydrodynamisch model</b>	Model waarmee de stroming in open en gesloten waterlopen berekend kan worden.
<b>Hydrodynamische periode</b>	Zie Consolidatie tijd
<b>Hydrostatische waterspanning</b>	(Grond-)waterspanning in een punt in de (onder-)grond die overeenkomt met de waterspanning als gevolg van een kolom water vanaf dat punt tot aan de vrije grondwaterspiegel.
<b>In de grond ingebedde grondkering</b>	Relatief dunne wanden van staal, gewapend beton of hout, ondersteund door ankers, stempels en/of passieve gronddruk. De buigweerstand van dergelijke wanden speelt een significante rol in de ondersteuning van het materiaal, terwijl het gewicht van de ingebedde wand zelf onbelangrijk is.
<b>Indirect faalmechanisme</b>	Mechanisme dat niet direct tot falen van het systeem leidt maar de kans op falen door een vervolgmecanisme vergroot.
<b>Indringingslengte</b>	Verticale afstand aan de onderzijde van de slecht doorlatende deklaag waarover de waterspanning in de deklaag verandert bij waterspanningsvariaties in de watervoerende zandlaag.
<b>Infiltratie</b>	Indringen van water in de dijk of ondergrond.
<b>Infiltratiecapaciteit</b>	Het vermogen van de grond om water te laten indringen ( $m^3/s/m^2$ ).
<b>Infrastructurele functie</b>	Het indirect mogelijk maken van (spoor)wegverkeer, scheepvaart en nutsvoorzieningen.
<b>Ingegoten steenzetting</b>	Steenzetting waarbij tussen de toplaagelementen van boven af tot meer dan de helft van de toplaagdikte beton of asfalt is aangebracht ('vol en zat' gepenetreerde steenzettingen).



Begrip	Omschrijving
<b>Inlaatduiker</b>	Kokervormige constructie door een grondconstructie, eventueel voorzien van keermiddelen, met als doel om onder vrij verval (via een vrij wateroppervlak) buitenwater in te laten.
<b>Inscharingslengte</b>	De lengte gerekend vanaf de geulrand waarover het voorland landinwaarts wordt aangetast.
<b>Instandhouden</b>	Het behouden van de veiligheidstoestand conform de vigerende eisen van de waterkering.
<b>Interne instabiliteit</b>	Migratie van de fijne fractie van een filter door de poriën van het filter.
<b>Intreepunt</b>	(Theoretisch) punt waar het buitenwater tot de aquifer toetreedt, als gevolg van het verval over de waterkering.
<b>Intreeweerstand</b>	Weerstand veroorzaakt door een slecht-doorlatend sliblaagje ter plaatse van het intreepunt.
<b>Invloedscoëfficiënt</b>	Indicator voor het relatieve belang van een stochastische variabele in de faalkansberekening, d.w.z. in vergelijking met de andere stochastische variabelen.
<b>Invloedsgebied</b>	Gebied waarbinnen het bezwijken of falen van een waterkerend kunstwerk, bijzondere constructie of niet-waterkerend object merkbaar is. Denk hierbij aan de ontgrondingskuil rond een bezweken leiding of een ontwortelde boom.
<b>Invloedslijn</b>	Uiterste lijn op het maaiveld waarvoor geldt dat als aan de dijkzijde van die lijn het maaiveld wordt verstoord de veiligheid van de waterkering zakt onder de (volgens de toetsing) vereiste veiligheid, gelet op alle directe faalmechanismen.
<b>Invloedsstrook</b>	Strook, direct landwaarts van de reservestrook, waar aan gebruiksfuncties beperkingen worden gesteld teneinde de waterkering in stand te houden.
<b>Invloedszone</b>	De zone waarbinnen de invloed van een bepaald faalmechanisme aanwezig is.
<b>Inwas materiaal</b>	Granulair materiaal dat in de spleten tussen de stenen wordt aangebracht om de interactiekrachten tussen de blokken te vergroten.
<b>Inwateringssluis</b>	Waterstaatkundige constructie die in de waterkering is gelegen en bedoeld is om (vers) water in de polder te laten.
<b>Inwendige stabiliteit</b>	mate van weerstand van een asfaltmengsel tegen blijvende en ongewenste vervormingen ten gevolge van het eigen gewicht of externe belastingen (bijvoorbeeld walsen).
<b>Inzanding</b>	De ophoping van zand in de toplaag en de granulaire laag, afkomstig van bijvoorbeeld het voorland (zie ook inslibbing).
<b>JARKUS</b>	Landelijk databestand van jaarlijks diepte- en hoogtemetingen van de zandige kust (JAaRlijks KUSTmetingen).
<b>Kade</b>	Kleine dijk.
<b>Kademuur</b>	Grondkerende constructie om schepen aan af te meren, opdat overslag van goederen mogelijk kan worden gemaakt.
<b>Kadewand</b>	In de grond ingebedde wandconstructie langs een oeverstrook waarlangs de schepen kunnen aanleggen, die de overslag en tijdelijke opslag van (bulk)goederen mogelijk maakt.
<b>Kalibratiecriterium</b>	Criterium op basis waarvan veiligheidsfactoren worden vastgesteld. Het criterium heeft in de regel de vorm van een faalkanseis voor een doorsnede van een waterkering.
<b>Kansdichtheidfunctie</b>	Functie die aangeeft welke mogelijke uitkomsten van een variabele de grootste kans van optreden heeft (formeel: de grootste kansdichtheid).
<b>Karakteristieke lijnen</b>	Lijn die de karakteristieke punten met elkaar verbindt.
<b>Karakteristieke punten</b>	Kenmerkende punten in het dwarsprofiel voor de schematisering van de waterkering voor de analyse van een faalmechanisme.
<b>Karakteristieke waarde</b>	Waarde met een voorgeschreven onder- of overschrijdingskans, bepaald op grond van een statistische analyse van beschikbare gegevens.
<b>Keermuur (of keerwand)</b>	Muur die door vorm, gewicht en fundering zonder verankering de grond keert.
<b>Keersluis</b>	Een sluis die als voornaamste doel het keren van hoogwater heeft.
<b>Kerende hoogte</b>	Laagste punt van de bovenrand van de waterkering, het niveau waarbij overloop optreedt als de buitenwaterstand dit niveau overschrijdt.
<b>Kernzone</b>	Zie waterstaatswerk.
<b>Keur</b>	Verordening met strafbepaling van een waterschap.
<b>Keurgebied</b>	Gebied waarop de keur van toepassing is.
<b>Keurzone</b>	Zie keurgebied.
<b>Kistdam</b>	Set damwandschermen verbonden door één of meerdere ankers waarbij de ruimte tussen de schermen gevuld is met grond.
<b>Kleibekleding</b>	Laag klei, inclusief een eventueel aanwezig laagje teelaarde, die dient ter bescherming van het onderliggende kernmateriaal van een dijk of dam.
<b>Klemming</b>	Bijdrage aan de weerstand tegen toplaaginstabiliteit doordat naast elkaar liggende toplaagelementen onderlinge beweging onmogelijk maken.
<b>Klink</b>	Dikteafname van een grondconstructie of -laag ten gevolge van autonome verdichting van het materiaal.
<b>Klinker</b>	Toplaagtype.



Begrip	Omschrijving
<b>Kolk</b>	Ontgrondingskuil direct achter of voor een dijk die is ontstaan bij een oude dijkdoorbraak waar nu vaak de dijk in een kronkel omheen ligt. Het is dan een klein meertje geworden.
<b>Kombergend vermogen</b>	Het vermogen van het achterliggende watersysteem van een waterkerend kunstwerk om een bepaalde hoeveelheid instromend water te bergen, zonder dat dit in het achterland tot sterkte reducerende schade aan kades dan wel een substantiële hoeveelheid water op straat in bebouwd gebied leidt.
<b>Koperslakblok</b>	Blokvormig topplagelement, gemaakt van het restmateriaal koperslakken.
<b>Kopsloot</b>	(Polder)sloot die dwars op de dijk of kade is gesitueerd.
<b>Korrelgroep</b>	Verzameling korrels die met uitzondering van geringe percentages boven- en ondermaat blijft liggen tussen twee nader aangeduide zeven.
<b>Korrelverdeling</b>	Verdeling van de korrels naar afmeting in de diverse fracties binnen een korrelgroep.
<b>Kosten-batenanalyse</b>	Een analyse waarbij men de voor- en nadelen van een project of maatregelen vergelijkt, uitgedrukt in geld. Als de baten groter zijn dan de kosten, is het project economisch rendabel.
<b>Kreukelberm</b>	Zie 'teenbestorting'.
<b>Kritiek grensprofiel</b>	Meest landwaarts gelegen grensprofiel.
<b>Kritiek verval</b>	Waarde van het verval, of de lengte van de maatgevende kwelweg, waarbij juist geen piping of heave optreedt.
<b>Kritieke kwelweglengte</b>	De lengte van de maatgevende kwelweg waarbij wel zandtransport, maar juist geen piping of heave optreedt.
<b>Kruiden</b>	Tweezaadlobbige plantensoorten, vaak gekenmerkt door een weinig 'grasachtig' uiterlijk en – in vergelijking met grassen – veel opvallender bloemen. In natuurlijke graslanden en ook op de meeste dijkgraslanden komen naast grasachtigen ook kruiden voor.
<b>Kruin</b>	Strook tussen buitenkruinlijn en binnenkruinlijn; 2. Hoogste punt in het dwarsprofiel van het dijklichaam; 3. Buitenkruinlijn.
<b>Kruinhoogte</b>	Hoogte van de waterkering.
<b>Kruip</b>	In de tijd doorgaande vervorming van een materiaal ten gevolge van een belasting.
<b>Kunstwerk (Waterkerend)</b>	Constructie die onderdeel uitmaakt van een waterkering en over een beperkte lengte de waterkerende functie van het grondlichaam geheel of gedeeltelijk overneemt, maar is aangelegd ten behoeve van een andere (utilitaire) functie die de waterkering kruist (zoals schutten en spuien). In verband met deze utilitaire functie zijn deze waterbouwkundige constructies meestal voorzien van één of meer beweegbare afsluitmiddelen.
<b>Kustlijn</b>	Gemiddelde laagwaterlijn. Deze is aangegeven op de door de Minister van Verkeer en Waterstaat of haar opvolger vastgestelde peilkaart.
<b>Kwantiel</b>	Waarde die hoort bij een bepaalde kans. Bijvoorbeeld er is een kans van 10% dat een 'willekeurige' korreldiameter kleiner is dan het 10%-kwantiel.
<b>Kwel</b>	Het uittreden van grondwater (water dat door of onderdoor een waterkering stroomt) als gevolg van het te keren verval over de waterkering (waterstandsverschil). Doorsijpeling van water onder de dijk door. In het algemeen: het diffuus uittreden van grondwater. In het bijzonder: het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten elders in het hydrologische systeem.
<b>Kweldergebied</b>	Een begroeide buitendijkse landaanwas die alleen bij extreem hoge waterstanden blank komt te staan en bij een gemiddeld hoogwater niet meer onderloopt.
<b>Kwelkade</b>	In het direct aan de dijk grenzende achterland aangebrachte kade om afstromen van kwelwater te verminderen waarmee wordt getracht het optreden van pipingverschijnselen te voorkomen alsmede wateroverlast binnendijs tijdens hoge rivierafvoeren te beperken.
<b>Kwelscherm</b>	Een ondoorlatende, in de regel verticale, constructie voor verlenging van de kwelweg.
<b>Kwelsloot</b>	Sloot aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft kwelwater op te vangen en af te voeren.
<b>Kwelweg</b>	Mogelijk pad in de grond dat het kwelwater aflegt, van het intreepunt naar het uitreepunt.
<b>Kwelweglengte</b>	Lengte van de kwelweg, dit is de afstand die het kwelwater ondergronds aflegt voordat het weer aan de oppervlakte komt.
<b>Laag duin</b>	Duin waarbij er sprake is van golfoverslag.
<b>Lage drempel</b>	Een element in een niet hoogwaterkerend gesloten kunstwerk, dat zorgt voor een drempel waarbij er na overstromen direct contact ontstaat tussen buiten- en binnenwater, zodat het debiet aan instromend water door de binnenwaterstand wordt beïnvloed.
<b>Lagedrukleiding (vloeistof, gas)</b>	Leiding deel uitmakend van een systeem waarin een bedrijfsdruk kleiner dan 1 MPa (10 bar) wordt aangehouden.
<b>Landwaartse grens waterstaatswerk</b>	Overgang tussen een duinwaterkering en het binnendijs duingebied.

Begrip	Omschrijving
<b>Langsconstructie</b>	Type kunstwerk in een waterkering waarvoor geldt dat de onzekerheden gerelateerd aan de (relatief) grote lengte in de richting van de as van de waterkering (ten opzichte van de lengte loodrecht op de as van de waterkering) in de beoordeling moeten worden meegenomen zoals kademuren en stabiliteitschermen.
<b>Langsstroming</b>	Stroming van water over het talud evenwijdig aan de as van de dijk.
<b>Langsvoeg</b>	Spleet tussen blokvormige toplaagelementen aan de lange zijde van de blokken.
<b>Leendertse blokken</b>	Type interlockelementen.
<b>Legger</b>	Kaart met juridische status die waterkeringbeheerders op grond van artikel 5.1 van de Waterwet moeten opstellen. Hierop staat de exacte ligging van de waterkering en de daarin te onderscheiden zones (waterstaatswerk, beschermingszone en buitenbeschermingszone).
<b>Leklengte</b>	Lengte waarover een stijghoogteverschil binnen een watervoerende laag halveert als gevolg van stroming naar een relatief slecht doorlatende deklaag (piping en stabiliteit toplaag steenzettingen).
<b>Lekfactor</b>	Zie Leklengte.
<b>Lengte-effect</b>	Invloed van variaties van dijk- en ondergrondeigenschappen binnen een dijktraject op de faalkans van (een faalspoor binnen) dat dijktraject, wiskundig gezien gelijk is aan de verhouding tussen de faalkans van een "uniform" dijksegment en de faalkans van een dwarsdoornede uit datzelfde segment.
<b>Lessinese steen</b>	Blokvormig toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Lessine, België.
<b>Levensduurfactor</b>	Factor om de invloed van het gecorreleerd zijn van faalkansen in afzonderlijke jaren binnen de levensduur op de faalkans voor de gehele levensduur in rekening te brengen.
<b>Life cycle analysis</b>	Beschouwing over één of meer aspecten van een product, proces, et cetera, waarbij de gehele levenscyclus van het onderzochte in de beschouwing voorkomt.
<b>Liquefactie</b>	Zie verweking.
<b>LNC- waarden</b>	Landschaps-, Natuur- en Cultuurhistorische waarden.
<b>Lokale opstuwing</b>	lokale waterstandsverhoging ter plaatse van de waterkering als gevolg van obstakels in het rivierbed.
<b>Lokale opwaaiing</b>	Opwaaiing tussen de locatie waarvoor de hydraulische randvoorwaarde wordt gegeven en de waterkering.
<b>Lokale schematisatie</b>	Detailering van de WBI-SOS scenario's voor een faalmechanisme die in de WBI 2017-software (Ringtoets) wordt gebruikt om de faalkans van een dijkstrekking te bepalen.
<b>L-wand</b>	Al dan niet verankerde grondkerende constructie in de vorm van een L, waarvan de verticale wand primair is om de grond te keren en het horizontale deel om de stabiliteit van de constructie te waarborgen.
<b>Maatgevend afslagpunt</b>	Afslagpunt in een dwarsraai berekend tijdens de toetsing van een duinwaterkering.
<b>Maatgevende afslagzone</b>	Afslagzone berekend tijdens de toetsing van een duinwaterkering.
<b>Maatgevende afvoer</b>	De afvoer die bepalend is gesteld voor het ontwerp of een deel ervan.
<b>Maatgevende Hoogwaterstand</b>	De waterstand met een kans van voorkomen gelijk aan de normfrequentie van het dijktraject waar de waterkering onderdeel van uitmaakt.
<b>Maatgevende waterstand</b>	Waterstandsniveau waarbij de bekleding volgens de berekening zal bezwijken.
<b>Macro-instabiliteit</b>	Het afschuiven van grote delen van het grondlichaam van een dijk langs rechte of gebogen glijvlakken, dan wel het evenwichtsverlies ten gevolge van het ontstaan van grote plastische zones.
<b>Macrostabiliteit</b>	Weerstand tegen het optreden van een glijvlak in het talud en de ondergrond.
<b>Marginale statistiek</b>	De kans- of frequentieverdeling van één afzonderlijke stochastische variabele, zonder rekening te houden met de invloed van eventuele andere stochastische variabelen die daarmee al dan niet gecorreleerd zijn.
<b>Mastiek</b>	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft (asfaltmastiek).
<b>Materiaalfactor</b>	Partiële factor, die op de karakteristieke materiaalparameter wordt toegepast om onzekerheden in de grondeigenschappen te verdisconteren.
<b>Materiaaltransport</b>	Faalmechanisme waarbij uitspoeling vanuit onderlagen leidt tot ondermijning van de toplaag.
<b>Meerdijk</b>	Primaire waterkering, gelegen langs in het algemeen grote wateren, anders dan rivieren, zonder getijdenwerking.
<b>Meerpeil</b>	De waterstand op een bepaald moment, gemiddeld over het beschouwde meer.
<b>Microstabiliteit</b>	Weerstand tegen erosie van het talud als gevolg van uittredend water.
<b>Middenkruinlijn</b>	Midden van buiten-en binnenkruinlijn.
<b>Mijnsteen</b>	Restproduct van mijnbouw bestaand uit breed gegradeerd granulair materiaal.
<b>Mineraal aggregaat</b>	Mengselcomponent in asfalt, bestaande uit grind of steenslag, zand en vulstof of een combinatie hiervan.
<b>Mobiele kering</b>	Demontabele of tijdelijk keermiddel dat niet permanent aanwezig is en apart moet worden opgebouwd bij een (dreigend) hoogwater.



Begrip	Omschrijving
<b>Modelfactor</b>	Partiële factor waarin onzekerheden in de berekeningsmethodes zijn verdisconteerd.
<b>Modelonzekerheidsfactor</b>	Stochast die de modelonzekerheid beschrijft.
<b>Morfologie</b>	Leer en beschrijving van de bodemligging van zee, zeearmen, meren en rivieren.
<b>NAP-daling</b>	Daling van het NAP-vlak als gevolg van onderlinge bewegingen in de aardkorst. Wegens het ontbreken van een meetbaar referentiepunt kan deze daling niet zelfstandig, maar alleen in combinatie met de getijhoogwaterstijging worden gekwantificeerd.
<b>Nat kunstwerk</b>	Civiel-bouwkundige constructie die onderdeel is van een vaarweg of waterweg met als doel regulering van de waterstanden, passage van schepen, hoogwaterbescherming, kruising van waterwegen of afvoer van water.
<b>Naviduct</b>	Combinatie van sluis en aquaduct die als constructie één geheel vormen.
<b>Niet waterkerend object</b>	Objecten op of in de dijk die geen waterkerende functie hebben, zoals leidingen, woningen en andere opstallen, gemalen en bomen.
<b>Nominale waarde</b>	Gemiddelde waarde of mediane waarde.
<b>Noorse steen</b>	Verzamelaam voor stenen die in de ijstijd door ijsmassa's zijn meegenomen en die in de 19e en begin 20e eeuw in Midden- en Noord-Nederland als bekleding op de dijk zijn aangebracht (Noordse steen, Drentse steen, Poolse steen, flinten).
<b>Norm</b>	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens of signaleringswaarde.
<b>Normaal Amsterdams Peil</b>	Hoogte ten opzichte van het 'Amsterdams Peil', de gemiddelde zomervloedstand van het IJ voor Amsterdam toen dit nog in vrije verbinding stond met de Zuiderzee.
<b>Normfalen</b>	Normfalen van een technisch systeem houdt in dat het systeem rekenkundig voor een of meer functies niet aan de wettelijke of juridische kansnorm wordt voldaan.
<b>Normfrequentie</b>	Nog net toelaatbare overstromingskans van een dijktraject.
<b>Normtraject</b>	Waterkeringtraject of (in juridische termen) dijktraject waarvoor in de Waterwet een faalkans is gegeven (ook traject).
<b>Nulfractie</b>	Fractie van granulair materiaal met kleine diameter, globaal kleiner dan 10 mm (nulfractie).
<b>Numeriek model</b>	Model dat door middel van discretisatie de differentiaalvergelijkingen oplost, die de fysische processen beschrijven.
<b>Object</b>	Een in of op de waterkering aanwezige constructie of aanwezig element (bv begroeiing, bebouwing, pipleidingen of weg en dijkmeubilair) met of zonder waterkerende functie.
<b>Ondergrens</b>	Overstromingskans van het dijktraject die hoort bij het minimale beschermingsniveau dat de kering moet bieden.
<b>Ondergrond</b>	Zand of klei onder de filterlaag.
<b>Ondergrondmodel</b>	Een ondergrondmodel geeft de ruimtelijke verdeling van geologische, geotechnische of hydrologische eenheden in de ondergrond, vaak in 3D.
<b>Ondergrondprofiel</b>	2D dwars- of langsprofiel waarin de opbouw van de ondergrond wordt weergegeven. Meestal grotendeels gebaseerd op een extrapolatie van informatie uit ondergrondgegevens.
<b>Ondergrondscenario</b>	De stapelingen van WBI-SOS eenheden die binnen segmenten kunnen voorkomen worden scenario's of WBI-SOS scenario's genoemd. Vanwege de onzekerheid over de werkelijke grondopbouw op elke locatie langs de dijk worden er meestal meerdere scenario's vastgesteld en wordt voor elk van die scenario's de kans van aantreffen gegeven. De WBI-SOS scenario's worden tijdens het beoordelen lokaal verijnd tot lokale scenario's.
<b>Ondergrondschematisatie</b>	Een schematische weergave van (een deel) van de ondergrond voor een bepaald gebied.
<b>Onderlagen</b>	Alle lagen tussen de dijk kern en de toplaag.
<b>Onderloopsheid</b>	Lekstroom onder een constructie door.
<b>Onderloopsheid (faalmechanisme)</b>	Het ontstaan van holle ruimten onder een kunstwerk als gevolg van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd. Hierbij loopt de kwelstroom onder het kunstwerk door op het grensvlak van constructie en zand.
<b>Ondertafel</b>	Onderste gedeelte van de taludbekleding (onder Gemiddeld Hoogwater of onder een overgangconstructie).
<b>Onderwateroever</b>	Zie vooroever.
<b>Ongesorteerd</b>	Aanduiding van granulair materiaal waaruit de nulfractie niet is uitgesorteerd.
<b>Ontgronding</b>	Erosie van de waterbodembodem of vooroever als gevolg van stroming en golfbeweging.
<b>Onvolkomen stroming</b>	De situatie waarin het benedenwater achter een (lange) overlaat wordt gestuurd door het water dat over de overlaat stroomt, waarbij zich benedenstrooms een bodemneer vormt.
<b>Opbarsten</b>	Scheuren (bezwijken) van de binnendijs gelegen afdekkende laag die is opgedreven als gevolg van een te grote wateroverspanning in de daaronder gelegen watervoerende laag. Algemeen: Bezwijken van de grond door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond, onder invloed van wateroverdrukken.



Begrip	Omschrijving
<b>oprijfveiligheid</b>	Verhouding tussen het gewicht van het afdekkend pakket slecht doorlatende lagen (klei/veen) en de opwaartse waterdruk direct er onder, uitgedrukt in de parameter 'n'.
<b>Oprijfzone</b>	Zone achter de dijk waar de grenspotential wordt bereikt.
<b>Oprijven (asfalt, bekledingen)</b>	Onder extreme omstandigheden optredende neiging tot oplichten van een bekleding langs het talud door een wateroverdruk onder de bekleding die groter is dan de component van het eigen gewicht loodrecht op het talud.
<b>Oprijven (piping, macrostabiliteit)</b>	Vorm van hydraulische grondbreuk waarbij een cohesieve afdekkende laag wordt opgelicht ten gevolge van wateroverspanning in de onderliggende watervoerende laag. Opdrukken van het afdekkende pakket door het bereiken van de grenspotential.
<b>Open keerhoogte</b>	De kerende hoogte van een waterkering met beweegbare afsluitmiddelen bij open afsluitmiddel; 2. De kerende hoogte van de kaden langs het achterliggende (binnen)watersysteem wanneer dit bij open afsluitmiddel in directe verbinding staat met het buitenwater.
<b>Open keerpeil</b>	Buitenwaterstand welke bij open afsluitmiddel nog juist niet tot een ontoelaatbaar instromend volume buitenwater leidt.
<b>Open ruimte</b>	Het deel van het oppervlak dat niet door de toplaagelementen wordt bedekt.
<b>Open steenasfalt</b>	warm bereid asfalt met een mengsel van grof en uniform gegraadeerd steenslag en een ondermaat aan asfaltmestiek, dat een hoog percentage holle ruimte heeft.
<b>Open tunnelbak</b>	Weg in een constructie welke onder (grond)waterniveau ligt.
<b>Oppervlakbehandeling</b>	Een dichtingslaag en/of een slijtlaag op een bekleding van asfaltbeton.
<b>Oprollen</b>	Combineren van faalkansen van faalmechanismen en dijvakken.
<b>Oscillatie</b>	Het rond een vast punt heen en weer gaan van massa of energie.
<b>Overgang</b>	Een ruimtelijke verandering (dus geen veranderingen in de tijd) in de bekleding of constructie in het vlak van de buitencontour van een primaire waterkering.
<b>Overgangsconstructie</b>	Aansluiting tussen twee wezenlijk verschillende type constructies. Het kan gaan om de aansluiting tussen een duin, dijk en/of kunstwerk, maar ook om een overgang tussen twee verschillende typen bekledingen.
<b>Overgoten steenzettingen</b>	Steenzettingen waarbij tussen de toplaagelementen van boven af tot minder dan de helft van de toplaagdikte beton of asfalt is aangebracht (oppervlakkig gepentreeerde steenzettingen).
<b>Overlaat</b>	Drempel waarover water van de ene naar de andere zijde stroomt.
<b>Overloop</b>	Het verschijnsel waarbij water over de (kruin van de) waterkering het achterland in loopt, omdat de waterstand in het buitenwater (rivier, zee, meer) hoger is dan de waterkering.
<b>Overloopdebiet</b>	De hoeveelheid water die door overloop per strekkende meter gemiddeld per tijdseenheid over de waterkering loopt.
<b>Overloopscherm</b>	Ondoorlatende wandconstructie ter vergroting van de kerende hoogte van een waterkering, die daarmee binnen de waterkerende functie een bijdrage levert aan de weerstand tegen overloop en golfoverslag.
<b>Overlopen</b>	Het over de waterkering heen stromen van water, als de waterstand hoger is dan de waterkering.
<b>Overschrijdings-frequentie</b>	Gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt of overschrijdt.
<b>Overslagdebiet</b>	Volume water dat per strekkende meter per seconde door de golfbeweging over de buitenkruinlijn slaat.
<b>Overstroming</b>	De situatie dat er dusdanig veel water in het gebied achter de (primaire) kering komt te staan dat dodelijke slachtoffers vallen of substantiële economische schade ontstaat.
<b>Overstromingskans</b>	Kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade.
<b>Overstromingskansbenadering</b>	Veiligheidsbeoordeling op basis van overstromingskansen, die tot uitdrukking worden gebracht in de kans dat de belasting van een dijktraject groter is dan de sterkte.
<b>Overstromingskansnorm</b>	De normspecificatie geldend voor een dijktraject.
<b>Pakking of pakkingsdichtheid</b>	Mate waarin korrels in een zandpakket dicht opeenvolgend zitten.
<b>Palenwand</b>	Een palenwand is opgebouwd uit een rij in de grond gevormde, overlappende palen van beton of cementgrout, eventueel gewapend om buigende momenten te kunnen opnemen.
<b>Partiële (veiligheids)factor</b>	Vermenigvuldigingsfactor die (mits >1 en voor een parameter die bijdraagt aan de sterkte) resulteert in een strengere betrouwbaarheidseis.
<b>Partiële factor</b>	Factor waarmee een representatieve waarde vermenigvuldigd (of gedeeld) wordt ter verkrijging van de rekenwaarde. De partiële factoren dienen om onzekerheden in belastingen, materiaaleigenschappen, rekenmethodes, gevolgen van falen en de overschrijdingskans van grenstoestanden in rekening te brengen.
<b>Patroonpenetratie</b>	Penetratie met asfalt of beton van een breuksteenbekleding over een deel van het oppervlak.



Begrip	Omschrijving
<b>Peil</b>	De hoogte van de waterstand.
<b>Peilbuis</b>	Algemene term voor een in de grond geplaatste buis of soortgelijke constructie met een kleine diameter voorzien van een filter, waarin de grondwaterstand c.q. stijghoogte kan worden gemeten.
<b>Peildatum</b>	Datum, vastgesteld door de Minister van Infrastructuur en Milieu, waarop het veiligheidsoordeel over de primaire waterkering betrekking heeft.
<b>Persleiding</b>	Leidingsysteem waar onder druk een vloeistof of een gas doorheen wordt gepompt.
<b>Piping</b>	Het verschijnsel dat onder een waterkering (dijk of kunstwerk) holle pijpvormige ruimte ontstaan, ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd; dit verschijnsel wordt ook onderloopsheid genoemd. In de feitelijke definitie is sprake van piping indien zich een doorgaand open kanaal heeft gevormd van intreepunt tot uitreepunt doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt.
<b>Plaatbekleding</b>	Monoliete en waterdichte bekleding.
<b>Plasberm</b>	Zie teenbestorting.
<b>Plus/min-afweging</b>	Afweging waarbij de volgorde van geschiktheid van varianten wordt bepaald.
<b>Polder</b>	Op de boezem uitslaand of lozend gebied met geregelde waterstand.
<b>Polderpeil</b>	Peil van het oppervlaktewater binnen een beheersgebied.
<b>Porositeit</b>	Verhouding tussen de open ruimte tussen de korrels en het totale volume (open ruimte + korrels) van het granulaire materiaal.
<b>Potentiaal</b>	Stijghoogte ten opzichte van een referentievlak.
<b>Primaire waterkering</b>	Waterkering die beveiliging biedt tegen overstroming doordat deze behoort tot een dijkttraject waarvoor een norm is opgenomen in de Waterwet.
<b>Probabilistische analyse/faalkansberekening</b>	Analyse waarin de faalkans van een waterkering wordt bepaald, rekening houdend met alle relevante onzekerheden (natuurlijke variabiliteit en kennisonzekerheden).
<b>Probabilistische beoordeling</b>	Beoordeling of een waterkering voldoet, op basis van een probabilistische analyse.
<b>Probabilistische rekenhart</b>	Verzameling rekenmodules van de software waarmee probabilistische berekeningen uitgevoerd worden.
<b>Probabilistische rekentechniek</b>	Rekenmethode om faalkansen te bepalen. Er zijn meerdere rekentechnieken beschikbaar in de software.
<b>Probabilistische toets</b>	Toets op basis van probabilistische analyses.
<b>Proctordichtheid, maximum</b>	Hoogste dichtheid van grond die in een gestandaardiseerde proefprocedure wordt bereikt als het watergehalte wordt gevarieerd.
<b>Proevenverzameling</b>	Verzameling/steekproef van in het terrein gemeten of in het laboratorium bepaalde waarden van grondeigenschappen, ingedeeld naar geologische/geotechnische formatie.
<b>Puntconstructie</b>	Type kunstwerk in een waterkering waarvoor geldt dat de onzekerheden gerelateerd aan de lengte in de richting van de as van de waterkering (relatief beperkt ten opzichte van de lengte loodrecht op de as van de waterkering) over het algemeen een ondergeschikte rol speelt, zoals sluizen en coupures.
<b>Randvoorwaardelocatie</b>	Locatie waarvoor de hydraulische randvoorwaarden worden gegeven.
<b>Randvoorwaarden</b>	Beschrijving van de wijze waarop uitwisseling (massa, energie) van het gemodelleerde systeem met de omgeving plaatsvindt.
<b>Refractie</b>	Zwenking van golfkammen onder invloed van veranderende bodemdpte of van stroomgradiënten.
<b>Regionale (water)kering</b>	Niet-primaire waterkering.
<b>Rekenwaarde</b>	Volgens de definitie in [CUR162 1992], de parameterwaarde die wordt berekend door de karakteristieke waarde te delen door of, in het geval dat dit ongunstiger is, te vermenigvuldigen met een partiële veiligheidsfactor.
<b>Relatieve dichtheid</b>	Relatief gewicht van materie onder water, gedefinieerd als het soortelijk gewicht van de materie minus het soortelijk gewicht van het water, gedeeld door het soortelijk gewicht van het water.
<b>Representatieve waarde</b>	De basiswaarde die de werkelijke waarde van een parameter met voldoende zekerheid representeert. De representatieve waarde is gelijk aan de karakteristieke waarde of een nominale waarde. Hieruit wordt met behulp van de partiële factor de rekenwaarde bepaald.
<b>Reserveringsstrook</b>	Strook (duin), direct landwaarts van het grensprofiel, deel uitmakend van de primaire waterkering, onder meer ten behoeve van de opvang van de effecten van de verwachte getijhoogwaterstijging over een periode van 200 jaar.
<b>Reservestrook</b>	Zie 'Reserveringsstrook'.
<b>Restcorrelatie (rho_x)</b>	Ondergrens voor de mate van ruimtelijke (auto-)correlatie van een stochastische variabele.
<b>Restproduct</b>	Bijproduct van productieprocessen dat als constructiemateriaal wordt gebruikt.
<b>Ronaton</b>	Type betonzuil.
<b>Reststerkte</b>	Sterkte die kan worden ontleend aan het deel van het faaltraject dat na de toestand beschreven door de faaldefinitie moet worden doorlopen alvorens de waterkering daadwerkelijk faalt.





Begrip	Omschrijving
<b>Retentiegebied</b>	In dit gebied bergt men tijdelijk, bij hevige regenval, water. Dit opdat stroomafwaarts gelegen gebieden niet overstroomd.
<b>Rijksstrandpalenlijn</b>	Langs de gehele kust gelegen referentielijn voor meetraaien (hoofdraai).
<b>Rijkszeeweringenreglement</b>	Verordening met verbods- en gebodsbepalingen van het Rijk als beheerder van een zeewering. Vergelijkbaar met de Keur.
<b>Risicoanalyse</b>	Het nagaan van de kans op een ongewenste gebeurtenis en de gevolgen daarvan.
<b>Rivierdijk</b>	Dijk langs een rivier.
<b>Rolweerstandshoek</b>	Hoek in het krachteenevenwicht die aangeeft hoeveel de korrels bieden tegen rollen.
<b>RSP-lijn</b>	Rijksstrandpalenlijn; de langs de gehele zandige kust gelegen referentielijn voor meetraaien (hoofdraai).
<b>Ruigte</b>	Begroeiing met doorgaans vrij forse en hoog opgaande plantensoorten. Dit kunnen forse grassen zijn, zoals Kropaar ( <i>Dactylis glomerata</i> ) of Kweek ( <i>Elytrigia repens</i> ). Echter, vaak domineren kruiden zoals Fluitenkruid ( <i>Anthriscus sylvestris</i> ), Gewone berenklauw ( <i>Heracleum sphondylium</i> ), Grote brandnetel ( <i>Urtica dioica</i> ) of Japanse duizendknoop ( <i>Fallopia japonica</i> ). Kenmerkend voor veel ruigtevegetaties is de relatief lage soortenrijkdom en de matig tot zeer slechte bedekkings- en doorwortelingsgraad.
<b>Ruimen</b>	Proces in het faaltraject Piping, dat volgt op terugschrijdende erosie, waarbij het kanaal van de bovenstroomse zijde naar de benedenstroomse zijde schoongedrukt (schoongespoeld en verbreed) wordt.
<b>Ruimtelijke (uit)middeling</b>	gemiddelde waarde van een stochastische variabele over een bepaalde ruimtelijke grootte.
<b>Ruimtelijke correlatie</b>	Mate van samenhang tussen de waarde van een variabele op locatie x en de waarde van diezelfde variabele op naburige locaties.
<b>Ruimtelijke variabiliteit</b>	Variatie van een stochastische variabele over een waterkering, in dwarsrichting en/of lengterichting.
<b>Ruwheidselement</b>	Uitsteeksel op toplaagelementen met als functie het beperken van de golfoploop.
<b>Scenario</b>	Een beschrijving van een keten van gebeurtenissen die leidt tot de ongewenste gebeurtenis (falen van de waterkeringen in een dijktraject. In de beoordeling kunnen alle onzekerheden die niet als nette/continue kansverdeling zijn weer te geven, kunnen in de beoordeling als scenario's worden weergegeven, daarbij kan gedacht worden aan onzekerheden in ondergrond en dijkopbouw, de al dan niet daaraan gerelateerde waterspanningen of situaties met falen van NWO's en/of al dan niet aangetaste voorlanden en havendammen.
<b>Schaardijk</b>	Dijk die onmiddellijk aan de rivier ligt en niet door uiterwaarden daarvan gescheiden is.
<b>Schadefactor</b>	Partiële veiligheidsfactor die verband houdt met schade, die in rekening brengt in welke mate de vereiste betrouwbaarheid afwijkt van het basisbetrouwbaarheidsniveau.
<b>Schadegetal</b>	Dimensieloze parameter die de schade aan een breuksteenverdediging beschrijft.
<b>Schematisch ondergrondmodel</b>	De stratigrafie (gelaagdheid) waarop het (ondergrond)model is gebaseerd.
<b>Schematisering</b>	Vereenvoudigde voorstelling van de ruimtelijke en temporele verdeling van systeemvariabelen en parameters.
<b>Schematiseringshandleiding</b>	Handleiding waarin voor één of meer toetssporen staat hoe de relevante aspecten van een kering geschematiseerd moeten worden om deze te kunnen beoordelen.
<b>Scheve windopzet</b>	Het verschil tussen een maximale hoogwaterstand en astronomisch hoogwater, waarbij een eventueel tijdsverschil tussen beide wordt genegeerd.
<b>Schrale klei</b>	Weinig erosiebestendige klei.
<b>Schroefstraal</b>	Beweging in het water achter de draaiende schroef van het schip.
<b>Schuifsterkte</b>	De sterkte die de grond kan mobiliseren langs het (potentiële) schuifvlak.
<b>Schutsluis</b>	Een kunstwerk waarmee het mogelijk is om schepen van het ene naar het andere waterpeil te brengen en die, indien gelegen in de primaire waterkering, tegelijkertijd buitenwater keert.
<b>Sedimentatie/resedimentatie</b>	(Opnieuw) bezinken van zandkorrels en/of slib in een stroming.
<b>Segment</b>	Bij het opstellen van WBI-SOS (zie WBI-SOS) zijn de dijken opgedeeld in segmenten. Aan elk segment zijn scenario's van mogelijke grondopbouw toegekend.
<b>Seiche</b>	Resonantieverschijnsel in bekkens (onder andere havens) als gevolg van laagfrequente variaties van de buitenwaterstand of de wind.
<b>Semi-probabilistische analyse</b>	Analyse of de kering voldoet aan een gestelde betrouwbaarheidseis op basis van karakteristieke waarden en veiligheidsfactoren.
<b>Semi-probabilistische beoordeling</b>	Beoordeling op basis van een semi-probabilistische analyse.
<b>Sifon</b>	Een duikervormige constructie waarmee, bij een kruising van twee waterlopen, water van de ene waterloop onder een ander waterloop wordt geleid.
<b>Signaleringswaarde</b>	Overstromingskans van het dijktraject waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de Minister van I en M.



Begrip	Omschrijving
<b>Significante golfhoogte</b>	De gemiddelde golfhoogte van het hoogste één derde deel van de golven (op diep water is dat de golfhoogte die door ongeveer 33% van de golven wordt overschreden) gedurende een bepaalde periode, bijvoorbeeld een half uur.
<b>Sijpelloppervlak</b>	Deel van het dijktaalud waar grondwater uittreedt.
<b>Sijpelpunt</b>	Hoogste punt op het dijktaalud waar grondwater uittreedt.
<b>Silex</b>	Restproduct van de cementindustrie, bruikbaar als granulair materiaal.
<b>Slakken</b>	Restproduct, in bepaalde gevallen bruikbaar als granulair materiaal.
<b>Slijterosie</b>	In de loop der jaren geleidelijk dunner worden van de dijkbekleding door afslijten als gevolg van de waterbeweging op het talud of door vorstschade.
<b>Sluis</b>	Kunstmatige, beweegbare waterkering die de verbinding tussen twee wateren (met eventueel een verschillende waterpeil) kan afsluiten of openstellen (voor scheepvaart) en daartoe van deuren of schuiven is voorzien.
<b>Sluitproces</b>	De gehele procedure die nodig is om een kunstwerk hoogwaterkerend te sluiten dat bestaat uit de deelprocessen alarmering, mobilisatie, bediening en bedrijfszekerheid keermiddel(len) en eventueel het herstel van een falend sluitproces.
<b>Sluitpeil</b>	Waterstand waarbij de kering wordt gesloten.
<b>Spectrum</b>	Zie golfspectrum.
<b>Spindelschuif</b>	Een door middel van spindels verticaal beweegbare waterkerende schuif (afsluitemiddel) in een watervoerend element, waarmee dit element kan worden afgesloten.
<b>Spreidingslengte</b>	Zie Leklengte
<b>Squeezing</b>	Plotseling optredende grote horizontale, van de as van de grondconstructie af gerichte verplaatsingen in de ondergrond onder de grondconstructie.
<b>Stabiliteitsfactor</b>	De verhouding tussen sterkte en belasting (veelal in een stabiliteitsberekening van een waterkering).
<b>Stabiliteitsnorm</b>	De minimale waarde van de stabiliteitsfactor, waaraan een waterkering moet voldoen.
<b>Stabiliteitsscherm</b>	In de waterkering aanwezige al dan niet verankerde verticale wandconstructie die, in combinatie met het grondlichaam, de macrostabiliteit van de waterkering verhoogt en daarmee binnen de waterkerende functie mede de verantwoordelijkheid draagt voor de stabiliteit van de waterkering.
<b>Stabiliteitszone</b>	De terreinstrook naast het waterstaatswerk die wordt bepaald door het faalmechanisme macro-instabiliteit van het waterstaatswerk.
<b>Standaarddeviatie/standaardafwijking</b>	Maat voor de variatie van de waarde van een stochastische variabele.
<b>Standaardelement</b>	Toplaagelement van een standaardtype: niet onderling verbonden, zonder gaten, zonder grote uitsteeksels.
<b>Standaardsortering</b>	Sortering van granulair materiaal volgens erkende normen.
<b>Standaardsteen-zetting</b>	Steenzetting met een toplaag van standaardelementen.
<b>Standtijd</b>	Tijdsduur van begin van belasting tot aan bezwijken van het betreffende onderdeel van de waterkering.
<b>State parameter</b>	Maat voor verwekingsgevoeligheid: verschil tussen poriëngetal van het zand en poriëngetal in critical state bij dezelfde spanning.
<b>Steenslag</b>	Procesmatig gebroken gesteente, waarbij onder gesteente wordt verstaan gesteente van natuurlijke oorsprong en kunstmatig gevormde gesteente zoals slakken, granulaten, gecalcineerd bauxiet, gecalcineerde vuursteen e.d.
<b>Steenstoets</b>	Excel-programma voor de beoordeling van de stabiliteit van steenzettingen.
<b>Steenzetting</b>	Bekleding waarvan de toplaag bestaat uit in verband geplaatste elementen.
<b>Stevige klei</b>	Klei die voldoet aan de voorwaarden van erosiebestendige klei.
<b>Stijghoogte</b>	Niveau tot waar het water zou stijgen in een peilbuis met filter ter plaatse van het punt; wordt uitgedrukt in meters waterkolom ten opzichte van een referentievlak.
<b>Slijtlaag</b>	Dunne laag vloeibitumen of bitumenemulsie die wordt aangebracht op een asfaltbetonbekleding om de bekleding te conserveren, afgestrooid met steenslag of grind om het aanzicht te verbeteren.
<b>Stochast/stochastische variabele</b>	Variabele die een onzeker proces beschrijft.
<b>Stochastische ondergrond (schematisatie)</b>	Met stochastisch wordt bedoeld dat een bepaald aspect, bij WBI-SOS de opbouw van de ondergrond, variabel is. Deze variabiliteit wordt bij WBI-SOS gevat in verschillende scenario's met kansen van aantreffen.
<b>Stoorlaag</b>	Dunne klei-, leem-, of veenlaag in een overigens dik zand- of grindpakket.
<b>Stootvoeg</b>	Spleet tussen blokvormige toplaagelementen aan de korte zijde van de blokken.
<b>Stopwerk</b>	Voegvulling in de vorm van brokken en scherven van toplaagelementen die in de spleten zijn vastgezet.
<b>Stormduur</b>	Duur van de storm (niet alleen de stormtop, maar tenzij anders vermeld de gehele storm). Voor kunstwerken: de duur van de tot hoogwaterblok gemodelleerde piek van de storm waarmee het instromende volume van buitenwater kan worden bepaald.
<b>Stormopzet</b>	Zie windopzet.



Begrip	Omschrijving
<b>Stormseizoen</b>	Periode waarin geen werkzaamheden aan waterkeringen mogen worden uitgevoerd, meestal 15 oktober-15 april (gesloten seizoen).
<b>Stormvloed</b>	Hoogwaterperiode waarbij te Hoek van Holland het grenspeil (met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 0,5 per jaar) wordt bereikt of overschreden (voor het grenspeil: zie getijtafels op <a href="http://www.getij.nl">www.getij.nl</a> ).
<b>Strandmuur</b>	Verticale muur die het achterliggend duin beschermt tegen duinafslag, gezamenlijk vormt dit een hybride kering.
<b>Strijklengte</b>	Lengte waarover de wind over het wateroppervlak strijkt.
<b>Stripping</b>	Degradatieproces van asfaltmengsels onder invloed van water waarbij in de loop van de tijd de hechting tussen het bitumen en de korrels wordt verbroken.
<b>Strook</b>	Een gedeelte van de bekleding tussen twee horizontale begrenzingen.
<b>Stuw</b>	Vaste of beweegbare keerconstructie voor het bovenstrooms van de constructie beheersen van het waterpeil, ten behoeve van scheepvaart, waterkwantiteit en/of waterkwaliteit.
<b>Superstorm</b>	Storm die de maatgevende omstandigheden langs de kust tot gevolg heeft.
<b>Suspensiestroming</b>	Stroming van een vloeistof met turbulent gesuspendeerd materiaal, bijvoorbeeld zand.
<b>Talud</b>	De schuin aflopende zijden aan de binnen- en buitenkant van een dijk of andere aardenbaan.
<b>Taludbekleding</b>	Afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen en langstromend water. De taludbekleding bestaat uit een erosiebestendige toplaag, inclusief de onderliggende vlijlaag, filterlaag, kleilaag en/of geotextiel.
<b>Te toetsen kustlijn</b>	Gemiddelde ligging van de kustlijn in een willekeurig jaar na 1990. Het verschil in de posities van de TKL en de BKL is maatgevend in het beleid om de ligging van de kustlijn te handhaven.
<b>Technisch rapport</b>	Publicatie van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) waarin een afzonderlijk deelaspect van waterkeringen wordt behandeld.
<b>Technische toepasbaarheid</b>	Mate waarin een bekleding sterk genoeg is om te worden toegepast in het projectgebied.
<b>Teenbescherming</b>	Constructie die het talud beschermt door ontgronding en/of afslag van de voorliggende oever te voorkomen.
<b>Teenbestorting</b>	Horizontaal gedeelte van een dijk, aan de buitenzijde gelegen, als overgang tussen de harde bekleding en de rest van het talud of de vooroever. Ook wel 'kreukelberm' (Zeeland) of 'plasberm' genoemd.
<b>Teenconstructie</b>	Constructie aan de onderzijde van het talud als overgang naar het voorland of de teenbestorting.
<b>Teer</b>	Een viskeuze zwarte vloeistof met hechtvermogen, verkregen door destructieve destillatie van steenkool, hout, leisteen e.d. Wanneer de oorsprong niet wordt vermeld, houdt dit in dat de teer is verkregen uit steenkool (steenkoolteer).
<b>Terp</b>	Kunstmatige heuvels die met name in Noord-Nederland werden opgeworpen om bij hoogwater een droge plek te hebben.
<b>Terugslagklep</b>	Een onder invloed van zwaartekracht (en waterdruk) sluitende waterkerende klep, waarmee een watervoerend element kan worden afgesloten (wat terugstromen van water voorkomt).
<b>Theoretische potentiaal</b>	Potentiaal in de aquifer indien deze niet wordt begrensd door bijvoorbeeld het gewicht van het afdekkende pakket.
<b>Tijdelijke kering</b>	Een mobiele waterkering waarvoor geen permanent op locatie achterblijvende voorzieningen zoals fundatiebalk, sponningen et cetera benodigd zijn. In de meeste gevallen wordt een tijdelijke kering vooral toegepast om golfoverslag te voorkomen. De kerende hoogte van de tijdelijke kering is dan ook beperkt.
<b>Toeslagvolume duinafslag</b>	Extra hoeveelheid duinafslag boven de waterstand waarmee de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor duinafslag is gekalibreerd.
<b>Toets</b>	Onderdeel van de toetsprocedure waarmee bepaald wordt of een vak of een traject voldoet aan de eisen.
<b>Toets op maat</b>	Toets op basis van analyses die in specifieke situatie beter aansluiten bij de lokale situatie of waarnemingen van de beheerder en waarvan geen voorschriften in het WBI 2017 zijn opgenomen.
<b>Toetsoordeel</b>	Resultaat van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets of toets op maat.
<b>Toetsoordeel per traject</b>	Resultaat van een toetsspoor of een combinatie van toetssporen voor een dijktraject.
<b>Toetsoordeel per vak of per vak per toetsspoor</b>	Resultaat van een toetsspoor voor een vak.
<b>Toetsprocedure</b>	Het uitvoeren van de toetsprocedure is onderdeel van een veiligheidsbeoordeling conform het beoordelingsinstrumentarium WBI 2017. De toetsprocedure bestaat uit verschillende toetsen die moeten worden uitgevoerd om te komen tot een veiligheidsoordeel over het traject.
<b>Toetsspoor</b>	De wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.
<b>Toetsvlak</b>	Een deel van de bekleding waarvoor geldt dat de randvoorwaarden en kenmerken bij benadering constant zijn.



Begrip	Omschrijving
<b>Toetsvoorschrift</b>	De receptuur voor het bepalen van een toetsoordeel. De voorschriften betreffen de beoordeling per toetsspoor.
<b>Tonronde</b>	De ronding in het oppervlak van de toplaag (in de verticale dwarsdoorsnede).
<b>Toplaag</b>	Buitenste verdedigingslaag van een taludbekleding.
<b>Toplaagdikte</b>	Het gemiddelde van de elementhoogte over het elementoppervlak (toplaagelementhoogte).
<b>Toplaaginstabiliteit</b>	Faalmechanisme waarbij één of meer toplaagelementen uit de zetting worden gedrukt door waterdruk onder de toplaag.
<b>Topvervlakking</b>	Het verschijnsel dat een hoogwatergolf benedenwaarts gaande afvlakt.
<b>Transmissiviteit</b>	Het gemak waarmee water door een granulaire laag kan stromen, gelijk aan het product van de waterdoorlatendheid en de laagdikte.
<b>Tunnel</b>	Ondergrondse of onder water gelegen civiel-bouwkundige constructie, die onderdeel is van een (auto-, spoor- of water)weg bij kruising met een andere weg of een terreinverdieping waarbij aan beide zijden grond en/of (grond)water moet worden gekeerd en/of een overdekt gedeelte van meer dan 80 m ontstaat voor de onderdoorgaande weg.
<b>Tussenlaag</b>	Constructielaag tussen toplaag en basismateriaal.
<b>Tussenraai</b>	Een extra raai tussen twee JARKUS-raaien waarvoor tijdens de toetsing een maatgevend afslagpunt wordt berekend.
<b>Uiterwaard</b>	Zie 'winterbed'.
<b>Uitlogen</b>	Het proces waarbij water in een materiaal dringt en bepaalde stoffen oplost waardoor deze in de omgeving terecht komen.
<b>Uitspoeling</b>	Transport van materiaal vanuit tussenlaag of ondergrond door de toplaag naar buiten.
<b>Uittreepunt</b>	Locatie aan de landzijde waar kwelwater het eerst aan het oppervlak treedt.
<b>Uittreeverhang</b>	Verhang in het grondwater ter plaatse van het uittreepunt.
<b>Uittreeweerstand</b>	Weerstand veroorzaakt door een slecht-doorlatend laagje ter plaatse van het uittre(d)epunt.
<b>Uitvoerlocatie</b>	Locatie waarvoor de hydraulische belastingen worden gegeven.
<b>Uitvullaag</b>	Dun laagje granulaire materiaal, bedoeld om oneffenheden van het oppervlak van de laag eronder op te vullen, zodat een vlak oppervlak voor het plaatsen van de toplaagelementen wordt verkregen.
<b>Uitwateringsduiker</b>	Kokervormige constructie door een grondconstructie, eventueel voorzien van keermiddelen, met als doel om onder vrij verval (via een vrij wateroppervlak) overtollig binnenwater te lozen op het buitenwater.
<b>Uitwateringssluis</b>	Waterstaatkundige constructie die in de waterkering is gelegen en tot doel heeft overtollig binnenwater te spuien en buitenwater te keren.
<b>Vak</b>	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting.
<b>Variante</b>	Maat voor de variatie van de waarde van een stochastische variabele. De variatie is het kwadraat van de standaarddeviatie.
<b>Variatiecoëfficiënt</b>	Quotiënt van de standaarddeviatie en de verwachtingswaarde.
<b>Vegetatie</b>	Begroeiing, in casu op dijken. Een voorbeeld van een dijkvegetatie is een 'grasmat' (bestaande uit grasachtigen en kruiden) of een ruigte.
<b>Veiligheidsfactor</b>	Zie partiële veiligheidsfactor.
<b>Veiligheidsmarge</b>	De mate waarin extra veiligheid aanwezig is.
<b>Veiligheidsoordeel</b>	Oordeel over de veiligheid tegen overstromen van het dijktraject.
<b>Veiligheidstoetslag</b>	Toetslag op de in rekening te brengen hydraulische belasting bij kunstwerken om de onzekerheid in de bepaling van de hydraulische belasting te compenseren.
<b>Verborgene bekleding</b>	Bekleding die afgedekt is met grond.
<b>Verdelingstype</b>	Kansverdeling waarvan de parameters bepaald moeten worden uit meetgegevens. Voorbeelden: Gumbel, normale verdeling.
<b>Verdichtingsgraad (van grond)</b>	Verhouding tussen de werkelijk bereikte dichtheid en een referentiedichtheid (bijvoorbeeld de maximum proctordichtheid).
<b>Verdrongen koker</b>	Een geheel onder water gelegen buis of koker waardoor bij het niet hoogwaterkerend gesloten zijn van het kunstwerk water naar binnen stroomt, waarbij er direct contact is tussen binnen- en buitenwater.
<b>Verhang</b>	Verhouding tussen het verschil in stijghoogte tussen twee punten en de afstand tussen die punten; wordt ook gradiënt genoemd.
<b>Verhanglijn</b>	De waterspiegel volgens de stroomrichting in een waterloop bij een bepaalde afvoer of onder bepaalde omstandigheden.
<b>Vermoeiing</b>	Het veranderen van de mechanische eigenschappen van een materiaal ten gevolge van herhaalde belastingen.
<b>Veroudering</b>	Het veranderen van de materiaaleigenschappen onder invloed van licht, lucht en belastingen.
<b>Verstoringsprofiel</b>	2-dimensionale begrenzing van de verstoringszone in het dwarsprofiel.



Begrip	Omschrijving
<b>Verstoringszone</b>	Zone om een niet-waterkerend object, waarbinnen de invloed van de aanwezigheid, bezwijken of falen van het niet-waterkerende object in de grond merkbaar is.
<b>Verval</b>	Verskil in stijghoogte tussen twee plaatsen.
<b>Verwachtingswaarde</b>	Verwachte uitkomst van het gemiddelde.
<b>Verweking</b>	Verlies aan samenhang van het korrelskelet als gevolg van toename van de waterspanning (in de poriën).
<b>Verwekingspunt ring en kogel (van bitumen)</b>	De temperatuur waarbij een schijfje van het materiaal, vastgehouden in een ring, onder standaard proefomstandigheden door het gewicht van een kogel een standaardvervorming ondergaat.
<b>Verwekingsvloeiing</b>	Bezwijken van een onderwatertalud door het plotseling wegstromen van verweekt zand.
<b>Verzadigde doorlatendheid</b>	Doorlatendheid van verzadigde grond (m/s).
<b>Vilvoordse steen</b>	Toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Vilvoorde, België.
<b>Viscositeit</b>	Een maat voor de weerstand tegen vervorming van een vloeistof onder invloed van een belasting (een maat voor de dikvloeibaarheid of stroperigheid).
<b>Vistrap</b>	Een waterbouwkundig kunstwerk waarmee vissen zich stapsgewijs van het ene naar het andere waterniveau kunnen verplaatsen, om zichzelf toegang te verschaffen tot een door een dijk, dam, stuw of sluis ontoegankelijk geworden gebied.
<b>Vlies</b>	Geokunststof van korte vezels die willekeurig georiënteerd aan elkaar zijn gehecht (non-woven).
<b>Vlijlaag</b>	Constructielaag met filterfunctie, bestaande uit één of meer lagen plat gelegde bakstenen die in verband zijn geplaatst.
<b>Vloedmerk (veek)</b>	Drijfvuil dat na hoge waterstanden op het buitenbeloop achterblijft.
<b>Vloeibitumen</b>	Een mengsel van een penetratiebitumen (zie NEN-EN 12591) en een aardoliedestillaat.
<b>Voegvulling</b>	Granulair materiaal dat in de spleten tussen de toplaagelementen wordt aangebracht om de wrijving en/of klemming te vergroten.
<b>Vol en zat penetratie</b>	Het volledig vullen van de holle ruimten in een laag breuksteen met gietasfalt of asfaltmastiek over de gehele dikte en over het gehele oppervlak van de laag, zodanig dat de steenstukken in de bovenste laag voor ten minste 50% zijn ingebed in het gietasfalt of asfaltmastiek.
<b>Volkomen stroming</b>	De situatie waarin het benedenwater achter een (lange) overlaat niet wordt gestuwd door het water dat over de overlaat stroomt, waarbij zich benedenstrooms een watersprong vormt.
<b>Volumetrisch ontwerp</b>	Ontwerpmethode voor de mengselsamenstelling van open steenasfalt waarbij wordt berekend hoeveel mastiek nodig is, uitgaande van de gradering van de steen en een gewenste laagdikte van de mastiekomhulling.
<b>Volumieke massa van droge korrels</b>	De massa per volume van het droge toeslagmateriaal met poriën.
<b>Voorland</b>	Buitendijks terrein tussen de dijk en de rivier, of ondiepe waterbodem voor de teen van de dijk.
<b>Vooroever</b>	Waterbodem in de zone voor de teen van een dijk, tot aan het diepste punt van de geul.
<b>Vooroeververdediging</b>	Lage dam op enige afstand van de primaire waterkering die een onder water gelegen ondiep deel van de oeverzone en waterkering beschermt, voornamelijk om mogelijkheden voor flora- en faunaontwikkeling te creëren of structurele kusterosie te bestrijden.
<b>Vooronderzoek</b>	Onderzoek waarin wordt vastgesteld of de te gebruiken bouwstoffen aan de eisen voldoen en in welke mengverhouding deze bouwstoffen moeten worden toegepast om te komen tot een stabiel, goed verwerkbaar en duurzaam asfaltmengsel.
<b>Vrij vervalleiding</b>	Een onder afschot aangelegd leidingstelsel waarbij, onder invloed van de zwaartekracht, water via natuurlijke stroming wordt afgevoerd.
<b>Vulstof voor bitumineuze mengsels</b>	Een homogeen poeder op basis van mineralen, bereid in een daartoe ingerichte installatie volgens een beheerst productieproces.
<b>Walsnelheid</b>	Snelheid waarmee een actieve bres of taludverstoring taludopwaarts terugschrijdt.
<b>Waterbouw-asfaltbeton</b>	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van steenslag (of grind), zand en vulstof, dat een laag percentage holle ruimte heeft.
<b>Waterkerend kunstwerk</b>	Constructie die onderdeel uitmaakt van een waterkering of de waterkering vervangt, maar is aangelegd ten behoeve van een andere functie, die de waterkering kruist (bv. schutten, spuien).
<b>Waterkerend object</b>	Object in of op de waterkering dat volledig zelfstandig of in combinatie met andere onderdelen waaruit de kering is opgebouwd, de waterkerende functie voor zijn rekening neemt.
<b>Waterkerende functie</b>	Het beveiligen tegen overstroming en scheiden van binnen- en buitenwater.
<b>Waterkering</b>	Kunstmatige hoogten en die (gedeelten van) natuurlijke hoogten of hooggelegen gronden, met inbegrip van daarin of daaraan aangebrachte werken, die een waterkerende of mede een waterkerende functie hebben, en die als zodanig in de legger zijn aangegeven.



Begrip	Omschrijving
<b>Waterkeringbeheerder</b>	Krachtens de Waterwet aangewezen verantwoordelijke voor het beheren van de (primaire) waterkeringen.
<b>Waterkeringszone</b>	Zie keurgebied.
<b>Waterkwaliteits-functie</b>	Het beheren van de waterkwaliteit van een bepaald gebied of watergang.
<b>Waterkwantiteitsfunctie</b>	Het reguleren van waterstanden middels het in- of uitlaten van water uit een bepaald gebied.
<b>Waterover-/ onderspanning</b>	Verskil tussen de aanwezige waterspanning en de hydrostatische waterspanning.
<b>Wateroverdruk</b>	Waterdruk onder een gesloten bekleding ten gevolge van een waterstandsverschil binnen en buiten het dijklichaam.
<b>Waterreguleringswerk</b>	Stuwen, overlaten, doorlaatwerken, duikers.
<b>Waterspanning</b>	Druk van het grondwater in de grond, vooral van belang bij samendrukbare lagen. Bij watervoerende lagen is sprake van stijghoogte of van een freatische waterstand in deze laag.
<b>Waterstaatswerk</b>	Waterkering plus het gebied dat zich uitstrekt tot waar bezwijkmechanismen van de waterkering reiken. Denk hierbij aan het uittreepunt in het maaiveld van een glijcirkel. <sup>1</sup>
<b>Waterstand bij de norm</b>	Maatgevende waterstand in de eenvoudige en de gedetailleerde toets met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de overstromingskans van het dijktraject.
<b>Waterstandsverloop</b>	Het verloop van de waterstand als functie van de tijd op een bepaalde locatie.
<b>Weefsel</b>	Geokunststof van garens of bandjes met een geordende structuur (woven).
<b>Wel</b>	Geconcentreerde uitstroming van kwelwater, bijvoorbeeld door een opbarstkanaal of een gat in de afdekkende kleilaag of langs een object in de afdekkende laag.
<b>Werklijn</b>	De relatie tussen de daadwerkelijke rivierafvoer en de rekenkundig bepaalde overschrijdingsfrequentie van deze afvoer.
<b>Windgolven</b>	Golven, ontstaan door de wrijving en drukwerking van de lucht over het water.
<b>Windopzet</b>	Lokale waterstandverhoging als gevolg van de door de wind op een watermassa uitgeoefende kracht. Ook wel aangeduid als opwaaing.
<b>Winterbed</b>	Deel van de rivierbedding tussen zomerbed en bandijk.
<b>WBI-SOS</b>	Stochastische Ondergrond Schematisering
<b>Wrijving</b>	Bijdrage aan de weerstand tegen topplaaginstabiliteit doordat bij onderlinge beweging van naast elkaar liggende topplagelementen een kracht wordt opgewekt.
<b>Zandasfalt</b>	Warm bereid asfalt met gegradeerd zand en een ondermaat aan bitumen, dat een hoog percentage holle ruimte heeft.
<b>Zandmeevoerende wel</b>	Wel, die zand meevoert uit de (onder)grond. Kan zo onbeheersbaar worden dat piping optreedt.
<b>Zandscheg</b>	Een insluiting van zand tussen de kleilaag van de bekleding en de kleikern.
<b>Zandverlies in langsricting</b>	Situatie waarbij tijdens storm netto zandvolume uit een raai verdwijnt als gevolg van een langstransportgradiënt.
<b>Zeedijk</b>	Primaire waterkering die zout water keert.
<b>Zeereep</b>	Eerste aaneengesloten duinenrij vanaf het strand.
<b>Zeespiegelstijging</b>	De stijging van de gemiddelde zeestand ten opzichte van NAP.
<b>Zetting</b>	Verticale verplaatsing als gevolg van volumeverkleining van samendrukbare lagen in de ondergrond, hoofdzakelijk ten gevolge van een bovenbelasting, de eigen massa en/of het uit treden van water.
<b>Zettingsvloeiing</b>	Een mechanisme waarbij zand in een onderwatertalud schijnbaar spontaan vervloeit, waardoor tot honderdduizenden kubieke meters zand over afstanden van soms honderden meters verplaatst kunnen worden.
<b>Zode</b>	Zie graszode.
<b>Zomerbed</b>	Deel van de rivier waar bij normale en lagere waterstanden de rivierafvoer plaatsvindt.
<b>Zonnebrand</b>	Het verschijnsel van incidentele basaltzuilen die sterk ververen.
<b>Zorgplicht</b>	De wettelijke taak van de beheerder om de primaire kering aan de veiligheidseisen te laten voldoen en voor het noodzakelijke preventieve beheer en onderhoud te zorgen.
<b>Zuilen</b>	Veelhoekige topplagelementen waarbij de spleetbreedte rondom elk element variabel is en meestal relatief groot.

<sup>1</sup> Deze definitie wijkt af van de definitie van waterstaatswerk in artikel 1.1 van de Waterwet. 'Waterstaatswerk' is in de Waterwet gedefinieerd als oppervlaktewaterlichaam, bergingsgebied, waterkering of ondersteunend kunstwerk.





## Appendix C Filter op trajectniveau

Tabel c-1: De trajecten waarvoor in het project VNK een overstromingskans is bepaald die minimaal een factor 90 groter is dan de signwaarde.

	Beheerdersder	Traject
1	Rivierenland	16_4
2	Vallei & Veluwe	45_1
3	Rivierenland	43_5
4	Schieland en de Krimpenerwaard/Rijnland/Stichtse Rijnlanden	14_1
5	Rivierenland	43_4
6	Rivierenland	43_6
7	Hollands Delta	20_3
8	Rivierenland	16_3
9	Stichtse Rijnlanden	44_1
10	Rivierenland	43_3
11	Aa en Maas	36_3
12	Scheldestromen	30_3
13	Scheldestromen	30_2
14	Schieland en de Krimpenerwaard	15_3

Tabel C-2: De trajecten waarvoor in het project VNK een overstromingskans is bepaald die minimaal een factor 100 kleiner is dan de signaleringswaarde

	Beheerder	Traject
1	RWS	3_1
2	Delfland	14_5
3	Delfland	14_6
4	Hollandse Delta	18_1
5	Hollandse Delta	20_1
6	Scheldestromen	27_1
7	Zuiderzeeland	7_1
8	Vallei en Veluwe	46_1
9	Amstel, Gooi en Vecht	13_a1



## Appendix D Afkortingen

### ABO Bezijken onderlagen voor asfaltbekledingen (toetsspoor VTV2006, toets op maat WBI 2017)

AGK	Golfklappen op asfaltbekleding (toetsspoor WBI 2017).
AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland
AWO	Wateroverdruk bij asfaltbekleding (toetsspoor WBI 2017).
AES	Beoordeling ernstige schade voor asfaltbekledingen (toetsspoor VTV2006)
AMT	Beoordeling materiaaltransport voor asfaltbekledingen (toetsspoor VTV2006)
BCI	Base Curvature Index (VGD-metingen)
BCI	Base Damage Index (VGD-metingen)
BSKW	Betrouwbaarheid sluiting van het kunstwerk (toetsspoor WBI 2017).
CRS	Constant Rate of Strain
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving.
DA	Duinafslag
DAB	Dicht asfaltbeton (type asfaltmengsel gebruikt in wegebouw).
DSS	Direct Simple Shear
EEM	Eindige-elementenmethode
FM	Fenomenologisch beschrijving van de faalmechanismen (dit rapport)
GABI	Grasbekledingen afschuiven binnentalud (toetsspoor WBI 2017)
GABU	Grasbekleding afschuiven buitentalud (toetsspoor WBI 2017)
GEBU	Grasbekledingen erosie buitentalud (toetsspoor WBI 2017)
GEKB	Grasbekledingen erosie kruin en binnentalud (toetsspoor WBI 2017)
GGA	Gemiddelde getijamplitude
GWS	Gemiddelde buitenwaterstand
HAV	Havendammen (toetsspoor WBI 2017)
HB	Hydraulische Belasting(en)
HR	Hydraulische Randvoorwaarden (verouderd begrip, nu: Hydraulische belastingen)
HTKW	Overslag/overloop van het kunstwerk (toetsspoor WBI 2017)
HW	Hoogwater
NEN	Stichting Nederlands Normalisatie-instituut
MGWS	maatgevende grondwaterstand
MHW	Maatgevend Hoogwater
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NWO	Niet-waterkerende objecten (toetsspoor WBI 2017)
NWObe	Bebouwing als niet-waterkerende object (onderdeel van NWO)
NWObo	Begroeiing als niet-waterkerende object (onderdeel van NWO)
NWOkI	Kabels en leidingen (onderdeel van NWO)
NWOoc	Overige constructies (onderdeel van NWO)
OCR	Overconsolidatie ratio
OKH	Open Keerhoogte
OKP	Open Keerpeil
OSA	Open steenasfalt (type asfaltmengsel)
PKW	Achter- of onderloopsheid van het kunstwerk
POP	Pre-overburden pressure
RWS	Rijkswaterstaat
SCI	Surface Curvature Index (VGD-metingen)
STBI	Macrostabieliteit binnenwaarts (toetsspoor WBI 2017)
STBU	Macrostabieliteit buitenwaarts (toetsspoor WBI 2017)
STKWI	Sterke en stabiliteit van het kunstwerk: langsconstructie (toetsspoor WBI 2017)
STKWp	Sterke en stabiliteit van het kunstwerk: puntconstructie (toetsspoor WBI 2017)
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
STPH	Opbarsten, heave en piping
STVL	Stabiliteit voorland
TR	Technisch Rapport



## BIJLAGE II VOORSCHRIFTEN BEPALING HYDRAULISCHE BELASTINGEN PRIMAIRE WATERKERINGEN (BIJLAGE BIJ ARTIKEL 2 VAN DE REGELING VEILIGHEID PRIMAIRE WATERKERINGEN 2017)

### Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017

#### Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen

##### Colofon

Uitgegeven door Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Informatie Helpdesk Water [http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-\(wbi\)/](http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-(wbi)/)  
Uitgevoerd door Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving

##### Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>46</b>
1.1	Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium	46
1.2	Gehanteerde begrippen	46
1.3	Basisrapport en achtergrondrapporten	47
1.4	Leeswijzer	47
<b>2</b>	<b>Van bedreiging naar hydraulische belasting</b>	<b>47</b>
2.1	Inleiding	47
2.2	Watersystemen	48
2.3	De hydraulische belasting	50
<b>3</b>	<b>Afleiden van hydraulische belastingen</b>	<b>51</b>
3.1	Inleiding	51
3.2	Uitvoerpunten	51
3.3	Proces afleiding hydraulische belastingen met WBI 2017-software	52
3.3.1	Algemeen	52
3.3.2	Voorlanden en dammen	53
3.4	Relatie tussen faalkanseis en norm en hydraulische belastingen	54
3.5	Belastingparameters voor de eenvoudige en gedetailleerde toets	56
3.5.1	Waterstand bij de norm	56
3.5.2	Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand	56
3.5.3	Belastingduur en waterstandverloop	56
3.5.4	Waterstandsfrequentielijn	58
3.5.5	Waterstanden en golfhoogten voor de eenvoudige toets	58
3.5.6	Combinatie van waterstanden en golfcondities voor de gedetailleerde toets	58
3.5.7	Overslagdebiet	58
3.5.8	Waterstanden en golfcondities voor bekledingen buitentalud	59
3.6	Toeslagen	59
3.7	Mogelijkheden toets op maat	59
3.7.1	Beheerdersoordeel	59
3.7.2	Analyse lokale hydraulische effecten	60
3.7.3	Geavanceerde analyse	60
<b>4</b>	<b>Schematisering</b>	<b>60</b>
4.1.1	Eenvoudige toets	60
4.1.2	Gedetailleerde toets	61
<b>5</b>	<b>Belastingmodellen en watersystemen</b>	<b>61</b>
5.1	Inleiding	61
5.2	Bovenrivierengebied	62
5.2.1	Beschrijving	62
5.2.2	Waterlichamen	62
5.2.3	Bedreigingen	64
5.2.4	Voorliggende waterkeringen	64
5.3	Benedenrivierengebied	64
5.3.1	Beschrijving	64
5.3.2	Waterlichamen	65
5.3.3	Bedreigingen	66
5.3.4	Voorliggende waterkeringen	67
5.4	Vecht- en IJsseldelta	67
5.4.1	Beschrijving	67
5.4.2	Waterlichamen	69
5.4.3	Bedreigingen	69
5.4.4	Voorliggende waterkeringen	69
5.5	Merengebied	69
5.5.1	Beschrijving	69
5.5.2	Waterlichamen	70
5.5.3	Bedreigingen	71
5.5.4	Voorliggende waterkeringen	71
5.6	Kustgebied	71
5.6.1	Beschrijving	71
5.6.2	Waterlichamen	71



5.6.3	Bedreigingen	72
5.6.4	Voorliggende waterkeringen	72
5.7	Oosterschelde	73
5.7.1	Beschrijving	73
5.7.2	Waterlichamen	73
5.7.3	Bedreigingen	74
5.7.4	Voorliggende waterkeringen	74
5.8	Duinen	75
5.8.1	Beschrijving	75
5.8.2	Waterlichamen	76
5.8.3	Bedreigingen	76
<b>Referenties</b>		<b>78</b>
Achtergrondrapporten		78
<b>Appendix A      Uitvoerpunten per type kering</b>		<b>80</b>
A.1	Uitvoerpunten per type kering	80
A.2	Speciale uitvoerlocaties	80
A.3	Bovenrivierengebied	81
A.4	Benedenrivierengebied	82
<b>Appendix B      Overzicht waterbeweging- en golfmodellen</b>		<b>83</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (hierna: WBI 2017) bevat zowel de regels voor het bepalen van de hydraulische belastingen en de sterkte, als de procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Het WBI 2017 bestaat uit een ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017) met de volgende bijlagen:

Bijlage I	Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen (hierna: Bijlage I Procedure). In deze bijlage staat de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling en worden de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het WBI 2017 worden gebruikt.
Bijlage II	Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen). In deze bijlage wordt de methode beschreven om de hydraulische belastingen op de primaire waterkeringen te bepalen.
Bijlage III	Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen (hierna: Bijlage III Sterkte en veiligheid). In deze bijlage staat op welke manier de primaire waterkering moet worden beoordeeld om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de gehele kering.

Het voorliggende document is Bijlage II Hydraulische belastingen.

Toelichtende teksten bij de regels zijn cursief weergegeven.

### 1.2 Gehanteerde begrippen

Hieronder staan de definities van de meest voorkomende begrippen. Voor een uitgebreid overzicht van de begrippen wordt verwezen naar Bijlage I Procedure, appendix B.

Tabel 1-1 Definities van de meest voorkomende begrippen

Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.
<b>Faalkans</b>	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie. <sup>1</sup>
<b>Faalkans per vak of Faalkans per doorsnede of Faalkans per kunstwerk</b>	Faalkans voor een vak voor een toetsspoor als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per vak. Een vak heeft betrekking op een dijkdorsnede, duinenraai of kunstwerk.
<b>Faalkans per traject</b>	Faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per traject of in de toets op maat.
<b>Faalkanseis per traject</b>	Toelaatbare faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen voor een faalkansbegroting afgeleid uit de norm.



<b>Dijktraject</b>	<b>Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.</b>
<b>Faalkanseis per vak of Faalkanseis per doorsnede of Faalkanseis per kunstwerk</b>	Toelaatbare faalkans voor een vak per toetsspoor afhankelijk van de faalkansbegroting, het lengte-effect en de norm.
<b>Norm</b>	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens of signaleringswaarde.
<b>Toetsoordeel</b>	Resultaat van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets of toets op maat.
<b>Toetsoordeel per traject</b>	Resultaat van een toetsspoor of een combinatie van toetssporen voor een dijktraject.
<b>Toetsoordeel per vak of Toetsoordeel per vak per toetsspoor</b>	Resultaat van een toetsspoor voor een vak
<b>Toetsspoor</b>	De wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.
<b>Signaleringswaarde</b>	Overstromingskans van het dijktraject waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de Minister van I en M.
<b>Ondergrens</b>	Overstromingskans van het dijktraject die hoort bij het minimale beschermingsniveau dat de kering moet bieden.
<b>Vak</b>	Een deel van een waterkering – dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk – met uniforme eigenschappen en belasting <sup>2</sup> .
<b>Veiligheidsoordeel</b>	Oordeel over de veiligheid tegen overstromen van het dijktraject.

<sup>1</sup> Deze definitie van faalkans wijkt af van de definitie van faalkans in artikel 1.1. van de Waterwet. Het begrip 'faalkans' in de Waterwet is specifiek gekoppeld aan voorliggende keringen, en komt daar in de plaats van het begrip 'overstromingskans' dat voor de overige primaire keringen wordt gebruikt.

<sup>2</sup> Hoe te komen tot een vakindeling staat in de schematiseringshandleidingen.

### 1.3 Basisrapport en achtergrondrapporten

*In deze bijlage wordt beschreven op welke manier de hydraulische belastingen moeten worden afgeleid voor de beoordeling. Het afleiden van deze hydraulische belastingen gebeurt met de WBI 2017-software. In deze software zijn daarvoor databases van statistiek opgenomen. De databases met fysische gegevens [ref 31] moeten per traject door de beheerder worden gekoppeld. Deze databases zijn beschikbaar via de Helpdesk Water. Voor de achtergronden en uitgangspunten die zijn gehanteerd voor deze databases wordt verwezen naar de achtergrondrapportage HB2017 [ref 48].*

### 1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2

**Van bedreiging naar hydraulische belastingen** beschrijft hoe vanuit de bedreigingen wind, waterstanden en golven de hydraulische belastingen worden afgeleid.

Hoofdstuk 3

**Afleiden hydraulische belastingen** beschrijft per toets en mechanisme welke hydraulische belastingen benodigd zijn en hoe deze bepaald moeten worden. In hoofdstuk 2 van bijlage III Sterkte en veiligheid worden daarvoor per toets de eisen gegeven.

Hoofdstuk 4

**Schematisering** beschrijft op hoofdlijnen het proces van schematiseren voor het afleiden van de hydraulische belastingen.

Hoofdstuk 5

**Belastingmodellen en watersystemen** beschrijft de belastingmodellen en de watersystemen.

Appendix A

bevat de koppeling tussen waterlichamen en belastingsysteem.

Appendix B

geeft een overzicht van types uitvoerpunten en kaarten met direct beschikbare uitvoerpunten.

Appendix C

geeft een overzicht van de gebruikte waterbeweging- en golfmodellen.

## 2 Van bedreiging naar hydraulische belasting

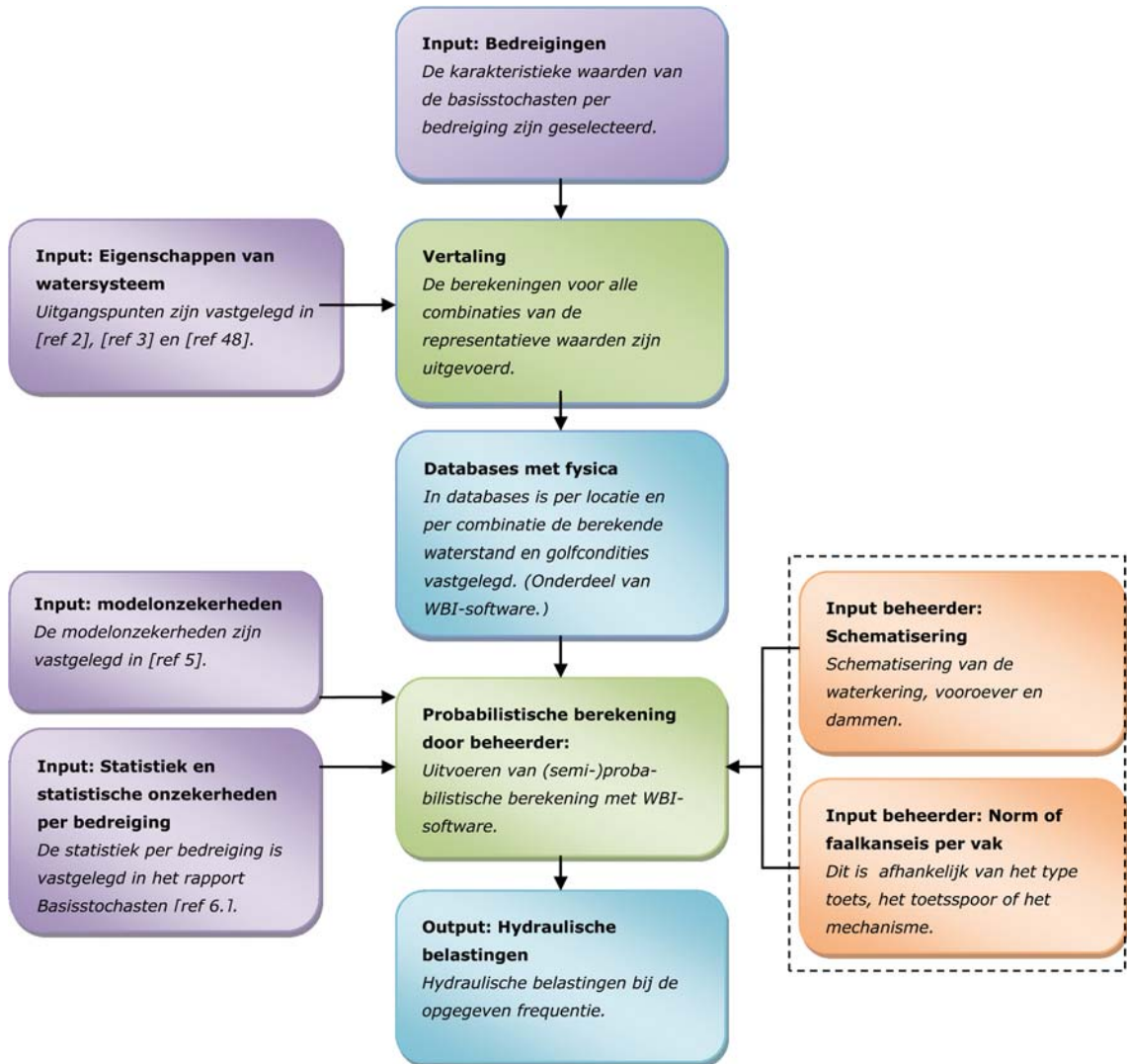
### 2.1 Inleiding

Om de beoordeling uit te kunnen voeren zijn hydraulische belastingen benodigd. Deze verschillen per toetsspoor en per toets en bestaan uit combinaties van waterstanden (inclusief het verloop daarvan) en golfcondities. De wijze waarop de hydraulische belastingen worden bepaald, is per toetsspoor, per toets en per mechanisme voorgeschreven (zie hoofdstuk 3). Het afleiden van de hydraulische belastingen gebeurt met behulp van de WBI 2017-software op basis van de door de beheerder ingevoerde schematisering en, afhankelijk van het toetsspoor of toets, de norm of faalkanseis per vak. Voor het weergeven van het verloop van de waterstanden over de tijd wordt aparte software gebruikt: 'Waterstandsverloop' [ref 12]

*De hydraulische belastingen (combinaties van waterstand en golven) op de waterkeringen worden veroorzaakt door de bedreigingen die in een gebied voorkomen, zoals wind, getij en afvoer van de*

rivier. De windrichting en snelheid, de afvoer van de rivier, de zeewaterstand, de interactie van opzet met het getij, het meerpeil, de voorspelnaauwkeurigheid van de sluiting van de stormvloedkeringen en de toestand (open of gesloten zijn) van de stormvloedkeringen worden de basisstochasten genoemd (zie [ref 6], [ref 13 t/m 16]), [ref 22]. De combinaties van basisstochasten die de hydraulische belasting bepalen, verschillen per gebied). Daarom zijn watersystemen gedefinieerd.

Figuur 2-1 geeft het proces voor het afleiden van de hydraulische belastingen schematisch weer. De gevraagde input van de beheerder (norm of faalkanseis per vak en schematisering) staat rechts.



Figuur 2-1: Processchema van bedreiging naar hydraulische belastingen.

## 2.2 Watersystemen

Een watersysteem is een gebied waar de waterveiligheid bedreigd wordt door een specifieke combinatie van stochasten (rivierafvoer, getijden, wind, meerpeil en toestand keringen), oftewel variabelen die de (variatie in) hydraulische belastingen bepalen.

Elk watersysteem kent een eigen wijze van vertaling van de basisstochasten naar de hydraulische belasting op de waterkering. De manier waarop deze vertaling plaatsvindt, heet het belastingmodel (zie figuur 2-1 en tabel 2-1) [ref 1], [ref 9 t/m 11] en [ref 22 t/m 26]. De statistiek van de basisstochasten, de correlatiemodellen en modelonzekerheden wordt daarvoor via een probabilistisch model gecombineerd met:

- Een windmodel (ref 53)
- Hydrodynamische waterbewegings- en golfmodellen inclusief een speciale dam- en voorlandmodule om de basisstochasten te vertalen in een hydraulische belasting nabij de kering [ref 32].





- Een schematisering van de kering en golfoploop tegen en golfoverslag over de kering, als aanvullende input voor een aantal toetssporen. zie ook [ref 4], [ref 28], ref [50], en [ref 51]

Modelonzekerheden zijn door het ministerie van I en M per watersysteem expliciet opgegeven (zie [ref 5]).

Voor een groot aantal realisaties<sup>3</sup> (getalswaarden en combinaties daarvan) van de basisstochasten zijn waterbewegings- en golfmodellen gedraaid om voor elk van deze realisaties een vertaling van basisstochasten (die geldig zijn voor een heel watersysteem) naar een lokale hydraulische belasting op een uitvoerpunt (zie paragraaf 3.2) bij een specifieke kering te kunnen geven. Deze grote hoeveelheid modelberekeningen wordt ook wel aangeduid met de term 'productieberekeningen'. Het resultaat van de productieberekeningen is dat bij elke basisstochastwaarde (en combinatie daarvan) een lokale hydraulische belasting beschikbaar is aan de teen van de waterkering, en dat de 'vertaalmatrix' van basisstochastwaarden (voor een compleet watersysteem) naar lokale hydraulische belasting beschikbaar is in één of meer databases.

In onderstaande tabel 2-1 staan de verschillende watersystemen en belastingmodellen weergegeven die worden onderscheiden binnen WBI 2017. In figuur 2-2 staat de opdeling van de watersystemen (inclusief de binnen WBI 2017 gehanteerde nummering) in Nederland.

Tabel 2-1 Overzicht belastingmodellen en watersystemen.

Belastingmodel	Watersysteem	Nummer
Bovenrivierengebied	Bovenrivieren (Rijn)	1
	Bovenrivieren (Maas)	2
	Maasvallei <sup>1</sup>	18
Benedenrivierengebied	Benedenrivieren (Rijn)	3
	Benedenrivieren (Maas)	4
	Europoort	17
	Volkerak-Zoommeer	21
Vecht en IJssel-delta	Hollandse IJssel	22
	IJsseldelta	5
	Vechtdelta	6
Merengebied	IJsselmeer	7
	Markermeer	8
	Veluwerandmeer	19
	Grevelingen	20
	Kustgebieden (dijken) (Kust)	Waddenzee Oost
	Waddenzee West	10
	Hollandse Kust Noord	11
	Hollandse Kust Midden	12
	Hollandse Kust Zuid	13
	Westerschelde	15
Oosterschelde (OS)	Oosterschelde	14
Duinen (D)	Duinen	16
Droge keringen	Diefdijk	23

<sup>1</sup> voorheen Limburgse Maas

<sup>3</sup> Trekking die hoort bij de kansverdeling van basisstochast of combinatie daarvan.

De belastingmodellen en watersystemen worden in hoofdstuk 5 nader toegelicht.



Figuur 2-2: Overzichtskaart watersystemen zoals die onderverdeeld zijn in de WBI 2017-software.

### 2.3 De hydraulische belasting

De hydraulische belasting door golven en waterstanden wordt uitgedrukt in belastingparameters: duur, richting en hoogte van combinaties van waterstanden en golven. De te gebruiken hydraulische belastingen verschillen per toets, toetsspoor, maar ook per mechanisme binnen een toetsspoor. In paragraaf 3.4, tabel 3-2, is een overzicht gegeven van de te gebruiken belastingparameters.

De hydraulische belastingparameters per vak om de beoordeling uit te voeren zijn:

- Waterstanden:
  - waterstand bij de norm of per faalkanseis per vak,
  - gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand,
  - laagwaterstand met overschrijding 1/10 per jaar en
  - waterstandsfrequentielijn.
- Golven voor bekledingen: waterstandsniveau, golfhoogte, golfperiode en golfrichting bij de norm óf bij een faalkanseis per vak.
- Waterstandsverloop: verloop van de waterstand gedurende de hoogwatergolf.



- Golfhoogteverloop voor bekledingen: Verloop van golfhoogte en golfperiode, als functie van het windverloop of waterstandsverloop.
- Val van hoogwater: voor de stabiliteit van voorlanden zijn extreme vallen van de waterstand van belang.
- Belastingduur: de duur van de belasting. De manier waarop deze wordt bepaald is afhankelijk van het toetsspoor en het watersysteem. Dit wordt in detail aangegeven in de schematiseringshandleidingen.

Bij de toets per traject worden belastingen en sterkte geheel in samenhang probabilistisch beoordeeld.

Het afleiden van de hydraulische belasting gebeurt middels een probabilistische analyse die wordt uitgevoerd met behulp van probabilistische WBI-software, op basis van een door de beheerder ingevoerde schematisering van de waterkering, inclusief voorland of voorliggende dammen (zie figuur 1 en paragraaf 4.3) en norm of faalkanseis per vak.

*De hydraulische belastingen die uit de probabilistische software van WBI 2017 volgen zijn topwaterstanden en golfmaxima uit de hydrodynamische berekeningen. De tijdsafhankelijkheid is per toetsspoor uitgewerkt in de waterstandsverlopen.*

*Voor elk mechanisme is in de WBI 2017-software een sterktefunctie opgenomen die voor de betreffende kering de kritische combinatie van hydraulische parameters definieert. Dit gebeurt middels de grenstoestandfunctie  $Z$ . Deze functie beschrijft de kans dat de belasting ( $S$ ) groter is dan de sterkte van een waterkering ( $R$ ) en is daarmee een maat voor de faalkans.*

*De grenstoestandfunctie is de koppeling tussen de belastingen en sterkte van de waterkering bij de opgegeven faalkanseis per vak of voor de norm. Per combinatie van belastingparameters is bekend hoe groot de kans van voorkomen van die combinatie is. Op basis hiervan kan voor de semi-probabilistische toets per vak ook de meest waarschijnlijke combinatie van parameters worden bepaald die leidt tot de hydraulische belastingen (gegeven de faalkanseis). Voor een uitgebreide beschrijving van de probabilistiek en de grenstoestandfunctie  $Z$  wordt verwezen naar [ref 9].*

Buistoten, buioscillaties en seiches zijn kortdurende waterstandveranderingen door zware buien en grote veranderingen of fluctuaties in de wind. Op dit moment zijn dergelijke toeslagen alleen in rekening gebracht in de databases en daarmee de eenvoudige en gedetailleerde toets voor het Europoortgebied. Voor de overige gebieden is minder evident dat dergelijke toeslagen noodzakelijk zijn. Indien nodig kunnen ze voor deze gebieden alsnog worden toegevoegd in de toets op maat.

### 3 Afleiden van hydraulische belastingen

#### 3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft hoe per toetsspoor en per toets (eventueel per mechanisme) de hydraulische belastingen op de waterkering worden bepaald, en op welke wijze deze gecombineerd worden met de faalkanseis. Zo wordt duidelijk hoe, gegeven de norm, de benodigde belastingparameters moeten worden bepaald.

#### 3.2 Uitvoerpunten

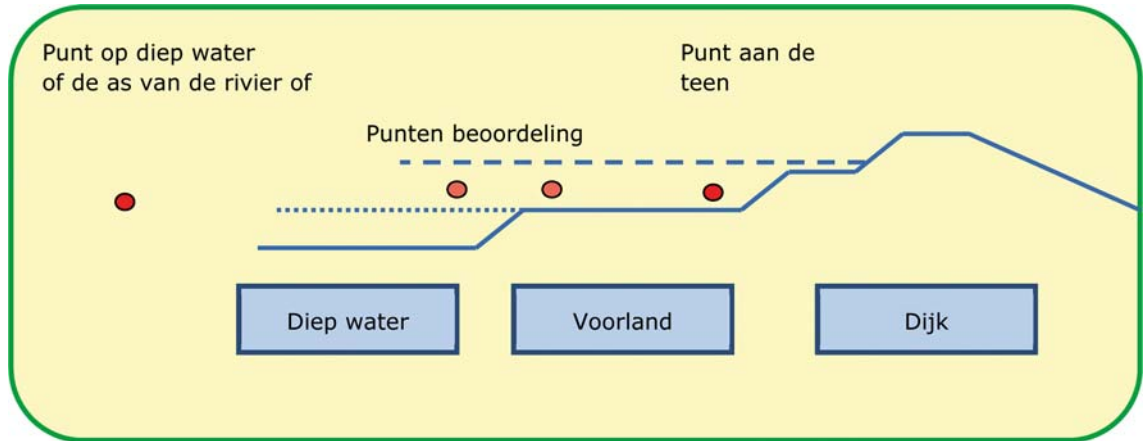
De databases met fysica (resultaten productieberekeningen van waterstanden en golfcondities behorende bij combinaties van basisstochastwaarden zijn afgeleid voor de uitvoerpunten zoals weergegeven in het zijaanzicht en het bovenaanzicht in figuur 3-1 en 3-2. Dit zijn ook de uitvoerpunten die in de beoordeling moeten worden gebruikt. In de WBI 2017-software koppelt de beheerder deze zelf aan de geschematiseerde doorsneden van de kering.

*Standaard worden de uitvoerpunten om hydraulische belastingen mee te bepalen op diep water/as van de rivier en aan de teen van de waterkering uitgeleverd. De overige punten zijn opvraagbaar.*

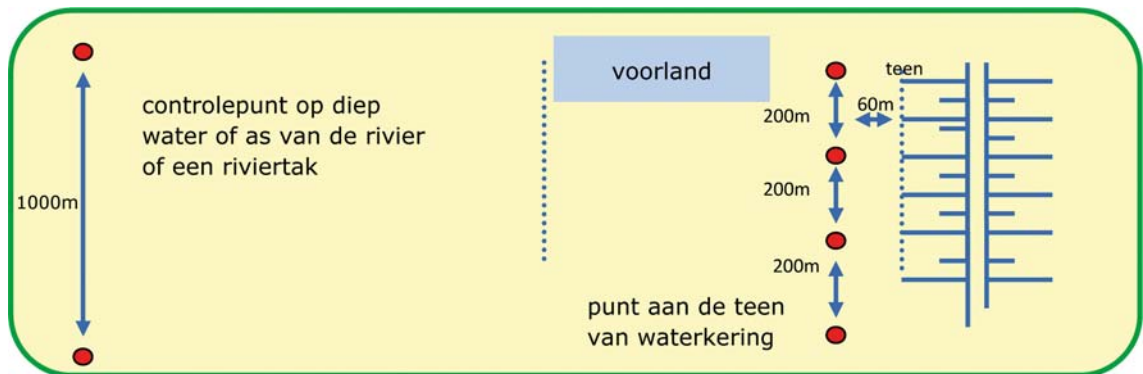
*Voor het beoordelen van havendammen, strekdammen en duinen liggen de punten op enkele honderden meters uit de kering. Voor het beoordelen van dijken en kunstwerken liggen de punten, afhankelijk van het systeem tussen de tientallen en enkele honderden meters van de dijk of voor het kunstwerk. Voor het beoordelen van voorlanden<sup>4</sup> worden punten voor en na het begin van het voorland gegeven.*

<sup>4</sup> Extra punten kunnen worden opgevraagd bij de Helpdesk Water. Het productieproces daarvoor bedraagt enkele weken.

Appendix A geeft een volledig overzicht van de beschikbare uitvoerpunten voor de verschillende watersystemen en figuren voor hoge gronden, kunstwerken en duinen.



Figuur 3-1: Locatie van de uitvoerpunten voor het afleiden van de hydraulische belastingen bij een dijk, zijaanzicht.

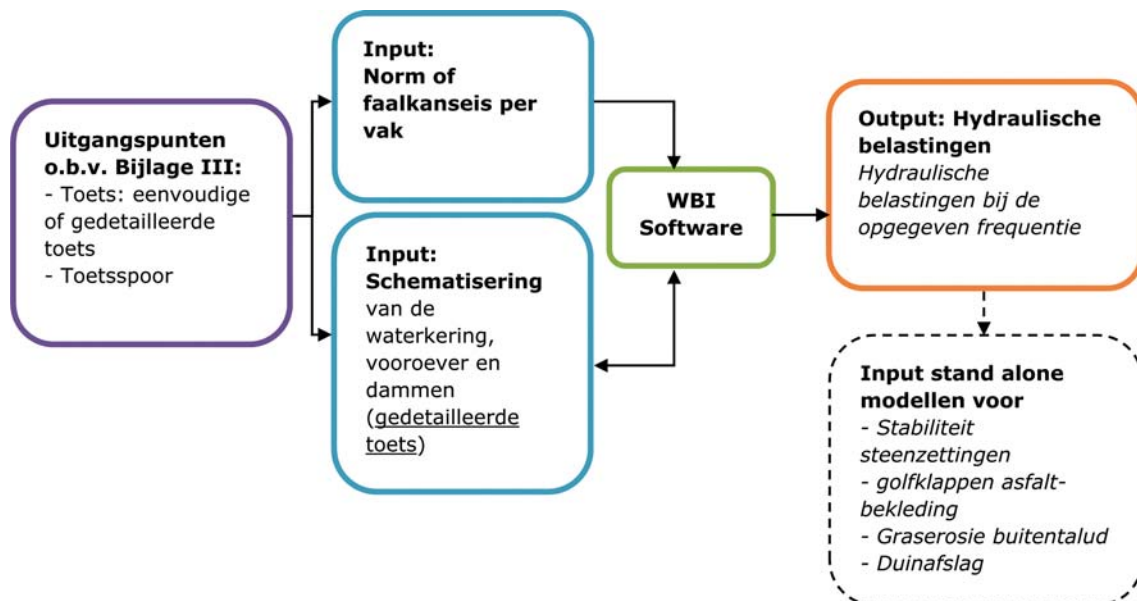


Figuur 3-2: Locatie van de uitvoerpunten voor het afleiden van de hydraulische belasting bij een dijk, bovenaanzicht.

### 3.3 Proces afleiding hydraulische belastingen met WBI 2017-software

#### 3.3.1 Algemeen

Figuur 3-3 geeft schematisch het proces weer voor het bepalen van de hydraulische belastingen met behulp van de WBI 2017-software. Dit processchema is voor de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets. Voor een toets op maat is geen vastgesteld processchema beschikbaar.



Figuur 3-3: Proces afleiden hydraulische belastingen met WBI 2017-software (voor het afleiden van de golfbelasting is dit een iteratief proces)

De gegevens die moeten worden ingevoerd in de WBI 2017-software voor het afleiden van de hydraulische belastingen voor de eenvoudige en gedetailleerde toets worden bepaald door het type toetsspoor (betreft het een probabilistisch of semi-probabilistisch toetsspoor) en het type toets (eenvoudig of gedetailleerd). In tabel 3-1 wordt aangegeven welke waarde wordt ingevoerd in de WBI 2017-software.

Het probabilistisch bepalen van de hydraulische belastingen voor de Grevelingen, Hollandse IJssel, Veluwerandmeer en Volkerak-Zoommeer gebeurt tot 1-1-2019 met Hydra-NL, daarna kunnen de hydraulische belastingen voor deze watersystemen ook met de WBI 2017-software worden afgeleid.

*In Bijlage III Sterkte en veiligheid is een overzicht opgenomen van de verschillende typen toetssporen (zie paragraaf 2.1)*

### 3.3.2 Voorlanden en dammen

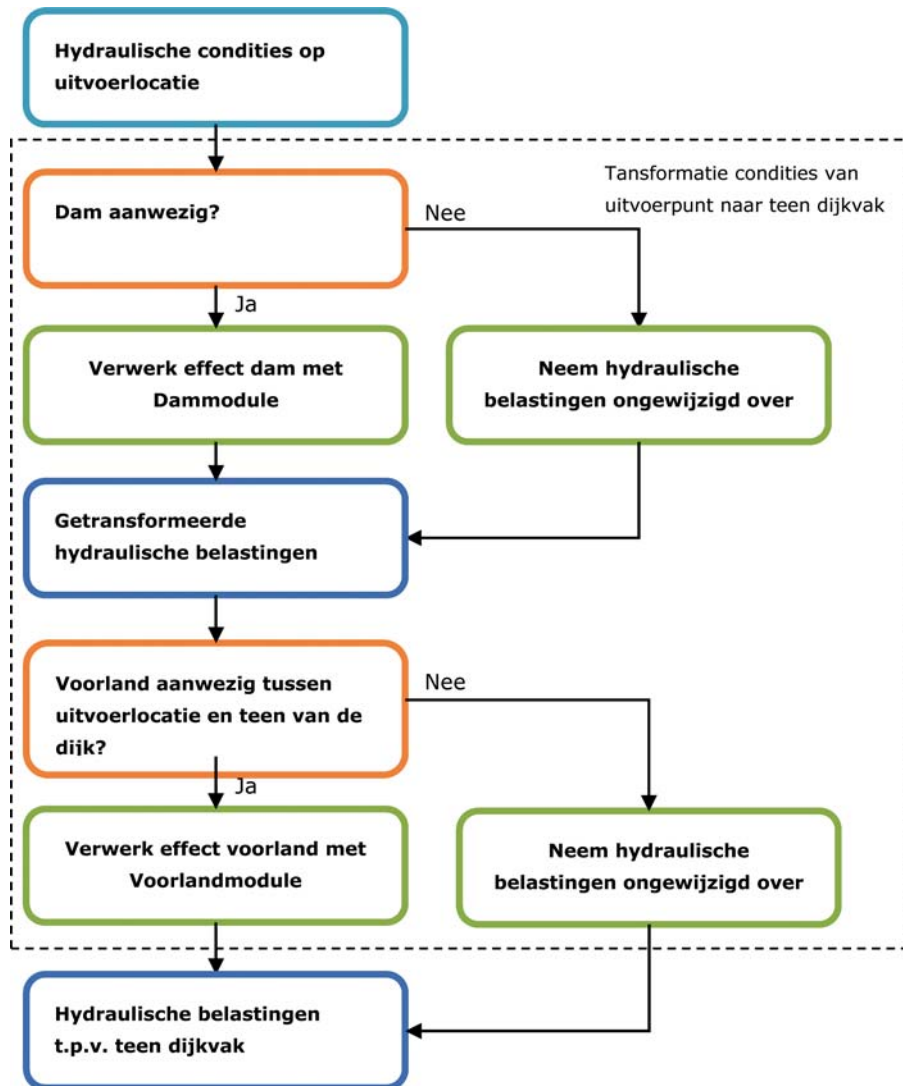
Voorlanden of dammen zijn van invloed op de vertaling van de hydraulische belastingen van de uitvoerlocatie naar de teen van de waterkering. De golfcondities (met name de golfhoogte en -richting) kunnen veranderingen ondergaan door de aanwezigheid van een dam of een ondiep voorland. Als de aanwezigheid van een dam of voorland invloed heeft op de hydraulische belastingen moet deze worden opgenomen in de schematisering.

De transformatie van de hydraulische belastingen van de uitvoerlocatie (over het algemeen op 25-75m van de dijk) naar de dijkteen als er sprake is van voorland of een dam wordt uitgevoerd door de beheerder door middel van de voorland- en dammodules, die zijn opgenomen in de WBI 2017-software.

*In sommige gevallen zijn dammen en voorlanden al meegenomen in de productieberekeningen voor de uitvoerpunten. In de achtergrondrapportages van HB2017 [ref 41 t/m 46] staan voor de verschillende watersystemen de uitgangspunten beschreven en welke dammen en voorlanden al zijn meegenomen in de productieberekeningen.*

*De werking van de modules is schematisch weergegeven in figuur 3-4*





Figuur 3-4: Stroomschema voor de transformatie van de hydraulische condities op uitvoerlocatie naar de dijkteen (voorland- en dammodule).

### 3.4 Relatie tussen faalkanseis en norm en hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen dienen te worden afgeleid voor een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de norm of faalkanseis per vak. Dit kan per toets en toetsspoor verschillen.

Hoe de faalkanseis per vak voor de verschillende toetssporen wordt afgeleid staat beschreven in Bijlage III Sterkte en veiligheid. Tabel 3-2 legt het verband tussen het type toets en de te hanteren uitgangspunten voor het afleiden van de hydraulische belastingen per toetsspoor.

*Voor havendammen geldt dat bepaalde toetssporen niet van toepassing zijn. De werkwijze voor de bepaling van de hydraulische belastingen voor havendammen is analoog aan die van dijken.*

Tabel 3-2: Hydraulische belastingen per toetsspoor.

Toetsspoor	Label toetsspoor	Eenvoudige toets		Gedetailleerde toets per vak		
		waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Overslagdebiet
Macrostabiel binnewaarts	STBI	– waterstand bij de norm.	geen golfcondities benodigd.	– waterstand bij de norm, – waterstandverloop,	geen golfcondities benodigd.	Geen overslagdebiet benodigd.





Toetsspoor	Label toets-spoor	Eenvoudige toets		Gedetailleerde toets per vak		
		waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Overslagdebiet
Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	– waterstand bij de norm, – gemiddelde waterstand.	geen golfcondities benodigd.	– waterstand bij de norm, – gemiddelde laagwaterstand	geen golfcondities benodigd.	Geen overslagdebiet benodigd.
Piping	STPH	– waterstand bij de norm.	geen golfcondities benodigd.	– waterstand bij de norm, – waterstandverloop.	geen golfcondities benodigd.	Geen overslagdebiet benodigd.
Microstabiliteit	STMI	– waterstand bij de norm.	geen golfcondities benodigd.	– waterstand bij de norm	geen golfcondities benodigd.	overslagdebiet bij de norm.
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	– waterstand bij de norm.	significante golfhoogte, bepaald uit marginale golfstatistiek bij de norm.	Per waterstandsniveau wordt bij de norm de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI 2017-software <sup>1</sup> .		Geen overslagdebiet benodigd.
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	– waterstand bij de norm, – gemiddelde waterstand.	geen golfcondities benodigd.	geen gedetailleerde toets beschikbaar.		Geen overslagdebiet benodigd.
Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	– Waterstand bij de faalkanseis per doorsnede, – Gemiddelde laagwaterstand.	Significante golfhoogte bij de faalkanseis per doorsnede.	Per waterstandsniveau bij de faalkanseis per doorsnede wordt de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI 2017-software.		Geen overslagdebiet benodigd.
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	Geen waterstanden nodig.	Significante golfhoogte bij de norm.	Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI 2017-software.		Geen overslagdebiet benodigd.
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	Geen eenvoudige toets beschikbaar.		Alle mogelijke combinaties van golven en waterstanden worden meegenomen in de uitvoering van de toets met de WBI 2017-software.		Geen overslagdebiet benodigd.
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	Waterstand bij de norm.	Significante golfhoogte bij de norm.			overslagdebiet bij de norm
Stabiliteit steenzetting	ZST	Geen eenvoudige toets beschikbaar.		Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en periode bepaald met WBI 2017-software.		Geen overslagdebiet benodigd.
Duinafslag	DA	Geen eenvoudige toets beschikbaar.		Waterstand op diep water voor een faalkanseis per doorsnede.	Conditionele verwachtingswaarde golfhoogte en -periode bij waterstand (op diep water).	
Hoogte kunstwerk	HTKW	Geen waterstand benodigd.	Geen golfcondities benodigd.	Alle mogelijke combinaties van golven en waterstanden worden meegenomen in de uitvoering van de toets met de WBI 2017-software.		
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	Geen waterstand benodigd.	Geen golfcondities benodigd.	waterstandsverloop (voor de berekening van de komberging) <i>De drukkrachten op de waterkering worden middels Goda-tabellen vertaald, zie software documentatie [ref 27].</i>		
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	Geen eenvoudige toets beschikbaar.				
Piping bij kunstwerk	PKW	Waterstand bij de norm.	Geen golfcondities benodigd.	Waterstand bij de norm.	Geen golfcondities benodigd.	
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	Waterstand bij de norm.	Significante golfhoogte bij de norm <sup>2</sup> .	Geen gedetailleerde toets beschikbaar.		
Technische innovaties	INN	Geen waterstand nodig.	Geen golfcondities benodigd.	Geen gedetailleerde toets beschikbaar. <i>Dit is een toets op maat. De WBI 2017-software kan benut worden voor het afleiden van de hydraulische belastingen.</i>		
Golfafslag voorland	VLGA	Per waterstandsniveau bij de norm wordt de significante golfhoogte en -periode bepaald met WBI 2017-software.		Geen gedetailleerde toets beschikbaar.		
Afschuiving voorland	VLAF	Geen waterstand nodig.	Geen golfcondities nodig.	– Waterstand bij de norm, – Waterstandsverloop, – Gemiddelde laagwaterstand.	Geen golfcondities benodigd.	



Toetsspoor	Label toets-spoor	Eenvoudige toets		Gedetailleerde toets per vak		
		waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Waterstand	golfcondities (hoogte, periode, richting)	Overslagdebiet
Zettingsvloeiing voorland	VLZV	– Waterstand bij de norm, – Gemiddelde waterstand.	–	– Waterstand bij de norm – Laag laag water spring (LLWS), – Overeengekomen Laag Water (OLW), – Overeengekomen Lage Rivierwaterstand (OLR) [ref 30]	geen golfcondities benodigd	
Havendammen	HAV	Geen waterstand nodig.	Geen golfcondities nodig.	Zie relevante toetssporen.	Zie relevante toetssporen.	
Bebouwing	NWObe	Benut hydraulische belastingen bij het betreffende toetsspoor <sup>3</sup>		Geen gedetailleerde toets beschikbaar.		
Begroeiing	NWObo			Geen gedetailleerde toets beschikbaar.		
Kabels en leidingen	NWOkI			Zie NEN 3653.	Zie NEN 3654.	
Overige constructies	NWOoc			Geen gedetailleerde toets beschikbaar.		

<sup>1</sup> Waterstanden en golven zijn over het algemeen gecorreleerd.

<sup>2</sup> In de bovenrivieren is deze benadering extreem conservatief, zie ook paragraaf 3.4.5.

<sup>3</sup> Het is niet toegestaan de hydraulische belasting te gebruiken uit een combinatie van waterstand bij de norm en golfhoogte en -periode uit de marginale statistiek.

### 3.5 Belastingparameters voor de eenvoudige en gedetailleerde toets

In deze paragraaf volgt een beschrijving van de verschillende belastingparameters die worden gebruikt in de eenvoudige en gedetailleerde toets. Het gaat daarbij om de volgende parameters:

- Waterstand bij de norm,
- Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand,
- Belastingduur en waterstandverloop,
- Waterstandfrequentielijn,
- Waterstanden en golfhoogten,
- Combinatie van waterstanden,
- Overslagdebiet,
- Waterstanden en golfcondities.

#### 3.5.1 Waterstand bij de norm

Voor zowel de eenvoudige als de gedetailleerde toets wordt de waterstand afgeleid bij de norm<sup>5</sup>. Hierbij geldt dat als golven een rol spelen bij het toetsspoor de waterstand bij de norm alleen in de eenvoudige toets gebruikt mag worden.

In een eenvoudige toets hoeft, behoudens enkele in bijlage III Sterkte en Veiligheid specifiek benoemde uitzonderingen, geen rekening gehouden te worden met de faalkansbegroting en het lengte-effect. In de gedetailleerde toets wordt de waterstand bij de norm gehanteerd, behalve waar golven een rol bij de belastingen spelen.

#### 3.5.2 Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand

De gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand dienen te worden afgeleid op basis van meetreeksen. Meetreeksen van de formele meetstations zijn beschikbaar via de waternormalen<sup>6</sup>.

Voor het afleiden van de waterstanden voor tussengelegen stations kunnen berekeningen worden gemaakt of kan gebruik worden gemaakt van betrekkinglijnen voor de rivieren [ref 19 en 20] en voor de kustgebieden en het merengebied van triangulaire interpolatie.

#### 3.5.3 Belastingduur en waterstandverloop

De manier waarop de belastingduur wordt bepaald is afhankelijk van het toetsspoor en het watersys-

<sup>5</sup> 'Bij de norm' is gedefinieerd als een kans van voorkomen die getalsmatig gelijk is aan de norm.

<sup>6</sup> [www.waternormalen.nl](http://www.waternormalen.nl) en in [ref 30]



teem. In de verschillende schematiseringshandleidingen wordt per toetsspoor en eventueel per watersysteem aangegeven hoe de duur van de belasting in rekening wordt gebracht. In die gevallen dat de belastingduur wordt afgeleid uit de waterstandverlopen, worden de waterstandverlopen afgelezen uit de software 'Waterstandsverloop'.

*Voor een volledige beschrijving van de software 'Waterstandsverloop' wordt verwezen naar [ref 12] en per watersysteem is de informatie beschikbaar in [ref 42-44].*

*De belastingduur is niet gelijk aan de stormduur en de stormopzetduur die is gebruikt voor het afleiden van de databases met fysica [ref 48].*

*In windgedomineerde gebieden moeten de waterstandsverlopen worden gecorrigeerd, zoals beschreven in de schematiseringshandleidingen.*

*In kustgebieden, benedenrivieren, meren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm grotendeels door wind bepaald en duren deze relatief kort (uren tot dagen).*

*In de meren worden de meerpeiltoppen bepaald door de wateraanvoer en het niet kunnen lozen op de Noordzee. De gehele duur van een verhoogd meerpeil is over het algemeen lang, in de orde van weken. Waterstanden bij de norm kunnen zowel door hoge meerpeilen veroorzaakt worden (bijvoorbeeld bij Uitdam (NH)) of door stormopzet (zoals bij het Ketelmeer).*

*In de bovenrivieren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm grotendeels door afvoer bepaald (deze duren van dagen tot weken). In de overgangsgebieden van de rivieren worden de waterstandsverlopen voor waterstanden bij de norm zowel door de wind als door de afvoer bepaald of door de wind, het meerpeil en de afvoer. De duur is van dagen tot weken.*

*De software ([ref 12], [ref 36], [ref 37], [ref 38], en [ref 39]) biedt de mogelijkheid om een locatie en de norm of faalkans per vak te selecteren, waarna het waterstandsverloop wordt gepresenteerd. Het betreft een standaard-waterstandsverloop waarin de natuurlijke variatie en andere spreidings- en onzekerheidsfactoren niet expliciet zijn meegenomen.*

#### Macrostabieliteit binnenwaarts en piping

Voor de toetssporen Macrostabieliteit binnenwaarts en Piping is de belastingduur af te leiden uit de waterstandsverlopen. Deze waterstandverlopen kunnen voor de verschillende watersystemen worden afgelezen uit de software 'Waterstandsverloop'.

#### Duinen

Voor het beoordelen van duinen is het waterstandsverloop geprogrammeerd in de software Morphan.

#### Grasbekleding

De waterstandsverlopen voor het toetsspoor Graserosie kruin en buitentalud worden als synthetische reeks ingevoerd in de WBI 2017-software. Deze werkwijze wordt beschreven in schematiseringshandleiding Grasbekledingen.

#### Steen- en asfaltbekleding

De belastingduur voor de beoordeling van steenbekledingen is impliciet verwerkt in de WBI 2017-software. De belastingduur verschilt per taluddeel, omdat de waterstanden over het algemeen tijdens een storm veranderen.

Voor het toetsspoor Golfklappen op asfaltbekleding AGK wordt voor het afleiden van de belastingduur dezelfde methode als voor steenbekledingen gebruikt.

#### Oosterschelde

De belastingduur voor bekledingen op keringen langs de Oosterschelde is afhankelijk van de waterstand. Zie [ref 55]

#### Beoordelen van kunstwerken

De belastingduur voor de beoordeling van kunstwerken (toetssporen HTKW, BSKW, STKWp) is standaard gelijk aan 6 uur (een halve getijperiode).

*In een toets op maat kan deze waarde kan eventueel (onderbouwd) worden aangepast op basis van de software 'Waterstandsverloop'.*

Voor de overige toetssporen is in de gedetailleerde toets geen waterstandverloop nodig.



### 3.5.4 Waterstandsfrequentielijn

De waterstandsfrequentielijn wordt samengesteld door de waterstand bij verschillende frequenties te berekenen.

*De waterstandsfrequentielijn is nodig om een beoordeling bij verschillende overstromingskansen (anders dan de norm) uit te kunnen voeren, maar ook voor het bepalen van het toetsoordeel voor een aantal toetssporen (in het bijzonder Duinafslag en Grasbekleding erosie buitentalud). Hiervoor wordt de WBI 2017-software gebruikt, waarin de waterstandsfrequentielijn met één berekening kan worden afgeleid. De waterstandsfrequentielijn is onafhankelijk van de norm van de waterkering.*

### 3.5.5 Waterstanden en golfhoogten voor de eenvoudige toets

In de eenvoudige toets wordt gebruik gemaakt van een waterstand en de significante golfhoogte,  $H_s$  of  $H_{m0}$ <sup>7</sup>. Hierbij dient uitgegaan te worden van de waterstand en significante golfhoogte bij de norm<sup>8</sup>. De golfperiode is niet van belang in de eenvoudige toets.

*Deze golfhoogte wordt niet bepaald bij een faalkanseis per vak, omdat niet wordt geschematiseerd, en daarmee in de hydraulische belasting geen rekening gehouden wordt met de faalkansbegroting of het lengte-effect. De berekende golfhoogten zijn gebaseerd op marginale golfstatistiek en zijn golven bij de norm. Er wordt geen rekening gehouden met het al dan niet aanwezig zijn van correlatie met de waterstanden. Voor de bovenrivieren waar geen correlatie is tussen wind en waterstand is deze benadering extreem conservatief. Daarnaast zijn voorland, dammen en de golfrichting niet beschouwd. Dit is een conservatieve benadering.*

### 3.5.6 Combinatie van waterstanden en golfcondities voor de gedetailleerde toets

Alle mogelijke combinaties van waterstanden en golfcondities worden gebruikt om probabilistisch de faalkans te bepalen van de kering of een onderdeel daarvan. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de WBI 2017-software.

*De wijze waarop waterstanden en golfcondities worden gecombineerd wordt toegelicht in het Basisrapport HB2017 en in [ref 33].*

### 3.5.7 Overslagdebiet

Het overslagdebiet is nodig voor de toetssporen Hoogte kunstwerken (HTKW), Microstabiliteit (STMI) en Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI) en wordt met behulp van de WBI 2017-software berekend (in l/s/m). Het overslagdebiet is een zogenaamde afgeleide hydraulische belasting, die op basis van de software voor de hydraulische belasting wordt bepaald door de geometrie, ruwheid en ligging van de waterkering. Het overslagdebiet wordt afgeleid bij de faalkanseis per vak of bij de norm, zie tabel 3.2.

In de faalkanseis per vak dient rekening gehouden te worden met de faalkansbegroting en het lengte-effect zoals beschreven in bijlage III Sterkte en veiligheid, paragraaf 2.1. Het lengte-effect wordt gegeven in de schematiseringshandleiding Grasbekleding en Hoogte.

Het overslagdebiet bij dijken wordt bepaald via de WBI 2017-software met de formules uit het Technisch rapport golfploop en golfoverslag bij dijken [ref 4], [ref 28] en [ref 49]. Daarnaast is voor golfreductie de voorland- en dammodule noodzakelijk ([ref 32] en [ref 50]). Golfbreking wordt hiermee in rekening gebracht. Extra opzet over het voorland wordt verwaarloosd.

#### Microstabiliteit

Het overslagdebiet wordt voor microstabiliteit bepaald bij de norm met de WBI 2017-software<sup>9</sup>. Daarbij wordt de schematisering van het toetsspoor Grasbekleding erosie kruin en binnentalud gebruikt.

#### Kunstwerken

Bij het toetsspoor Hoogte kunstwerk wordt formule 1.6 uit [ref 8] gebruikt voor de bepaling van het

<sup>7</sup>  $H_s$  en  $H_{m0}$  zijn verschillende maar gelijkwaardige schatters voor de significante golfhoogte.

<sup>8</sup> Dit is een expliciete keuze in WBI 2017 om conservatisme tegen te gaan.

<sup>9</sup> Deze mag niet bepaald worden met hydraulische belastingen voor de eenvoudige toets. Dit is een expliciete keuze in WBI 2017 om conservatisme tegen te gaan, zie ook paragraaf 3.4.5



overslagdebit. Dit is een volledige probabilistische berekening die rekening houdt met zowel lage als hoge waterstanden.

*Met het overslagdebit wordt beoordeeld of wordt voldaan aan de eisen ten aanzien van waterbezwaar/komberging in het achterland/achterliggende watersysteem en wordt de erosie van de bodem van het kunstwerk bepaald (standzekerheid).*

### 3.5.8 Waterstanden en golfcondities voor bekledingen buitentalud

De combinaties van waterstanden en golfcondities voor de beoordeling van harde bekledingen (steen, asfalt) op het buitentalud in de gedetailleerde toets worden bepaald bij de norm. Voor zachte bekledingen (gras) bij de faalkanseis per vak (toetsspoor Grasbekledingen erosie buitentalud).

Voor de beoordeling van bekledingen zijn golfcondities nodig bij verschillende waterstandniveaus. Hierbij is de waterstand geen stochast, maar een vaste waarde<sup>10</sup>. Per waterstandniveau dient een belasting te worden bepaald die gebaseerd is op de gecombineerde kans van voorkomen van de waterstand en golfcondities. De waterstand en golfcondities zijn gecorreleerd en dragen beide bij aan de faalkans.

*Het lengte-effect is verwerkt in de partiële veiligheidsfactoren. Uitzonderingen zijn het deelspoor golfklap onder Grasbekledingen erosie buitentalud en het toetsspoor Grasbekledingen kruin binnentalud waar het lengte-effect in de doorsnede-eis en de te hanteren belastingen verwerkt is. Bij Steenbekledingen is bovendien een conservatieve maat voor de reststerkte van de onderliggende klei verwerkt in de veiligheidsfactoren.*

## 3.6 Toeslagen

Alleen voor de toetssporen Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEBK), Hoogte kunstwerk (HTKW) en eventueel Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW) in het Europoortgebied dient in de gedetailleerde rekening gehouden te worden met toeslagen, voor buistoten, buioscillaties en seiches.

*Deze fenomenen worden gekarakteriseerd door kortdurende waterstandsveranderingen en treden op tijdens zware buien of stormen [ref 40]. Een seiche is een resonantieverschijnsel in bekkens (zoals havens) ten gevolge van laagfrequente variaties van de buitenwaterstand door wind. Onder dit type bedreigingen worden ook de slingeringen op de meren (IJsselmeer en Markermeer) gerekend. De toeslagen voor buistoten, buioscillaties en seiches zijn verwerkt in de databases voor het Europoortgebied die onderdeel zijn van de WBI 2017-software.*

*In de toets op maat kunnen toeslagen door de gebruiker worden toegevoegd voor andere gebieden dan Europoort in Nederland [ref 52]. De gebruiker moet zelf beoordelen of deze toegevoegd dienen te worden.*

## 3.7 Mogelijkheden toets op maat

*De toets op maat geeft een oordeel per vak, of per traject en per toetsspoor. Voor hydraulische belastingen omvat de toets op maat de mogelijkheid om door de beheerder veranderingen door te voeren in modellen of schematiseringen in golfmodellen zoals Bretschneider en SWAN. Dit kan leiden tot aangepaste waterstanden of golfbelastingen [ref 54] en [ref 7].*

*Daarnaast kan de faalkansverdeling aangepast worden met andere faalkanseisen per doorsnede tot gevolg. Dit resulteert in andere waarden voor de hydraulische belastingen.*

*In deze paragraaf worden de diverse mogelijkheden binnen de toets op maat beschreven. De toets op maat maakt het mogelijk om:*

- een beheerdersoordeel op te stellen;
- locatiespecifieke analyses uit te voeren;
- geavanceerde analyses uit te voeren.

### 3.7.1 Beheerdersoordeel

*De toets op maat kan bestaan uit het opstellen van een onderbouwd beheerdersoordeel. Bij hydraulische belastingen kan dit bestaan uit voorbeelden van metingen die aantonen dat de hydraulische belastingen frequenter of minder frequent zijn dan gemodelleerd in de formele modellen. Dit kan de*

<sup>10</sup> Een indicatie van de kans op voorkomen van deze waterstand kan worden bepaald met de waterstands frequentielijn.





mate van beschutting of juist het ontbreken hiervan aantonen. Voorbeelden zijn:

- *Veestrandmetingen<sup>11</sup> om golfoploop te meten voor een individuele storm*
- *Lange reeksen (meer dan 30 jaar) van waterstandsmetingen van beheerders bij gemalen. Hierbij moet de beheerder naast de betrouwbaarheid van de reeks ook de betrouwbaarheid van de meetinstallatie aantonen. Dit is met name relevant op smalle wateren ver van formele meetstations.*

### 3.7.2 Analyse lokale hydraulische effecten

*Een tweede mogelijkheid binnen de toets op maat is het uitvoeren van een analyse naar lokale effecten. Voor golfbelastingen kunnen veranderingen worden aangebracht op basis van eigen analyses ten aanzien van objecten die voor de waterkering liggen:*

- *voor het kustgebied is een systematiek uitgewerkt. Voor waterkeringen gelegen in havens of achter dammen kan een analyse worden uitgevoerd conform [ref 7];*
- *voor het bovenrivierengebied en de smalle wateren van het benedenrivierengebied kan de beheerder aangepaste strijklengten of bodemhoogten zelf afleiden met software uit eerdere toetsronden [ref 18] en [ref 54]. De beheerder kan in de achtergrondrapportages per watersysteem voor de Hydraulische belastingen vinden welke objecten zijn meegenomen in de berekeningen. Tevens kan een bestand worden aangevraagd bij de Helpdesk Water waarin is aangegeven welke objecten zijn gehanteerd of welke representatieve bodemhoogte/waterdiepte en strijklengtes zijn gehanteerd bij de golfberekeningen. Voor bodemhoogten kan de effectieve strijklengte aangepast worden met behulp van Baseline-data van de rivieren. Hiervoor moet een serviceverzoek Gebieds-schematisering gedaan worden bij de Helpdesk Water.*

*Indien voorliggende eilanden of dammen niet zijn meegenomen in de formele berekening van de hydraulische belastingen, kan de beoordeling resulteren in een conservatiever oordeel dan noodzakelijk. Of deze zijn meegenomen in de analyse, is te vinden in de achtergrondrapportages van de golfanalyses voor de verschillende watersystemen. Om deze te kunnen beoordelen is een gedegen kennis nodig van de achterliggende modellen. De schematisering van de bodem kan aangescherpt worden door het vergelijken van de huidige bodemligging met de gehanteerde bodemligging.*

*Dit betekent dat de onderliggende modelberekeningen aangepast moeten worden in de bepaling van de hydraulische belastingen met SWAN of Bretschneider [ref 35], [ref 18] en [ref 54].*

### 3.7.3 Geavanceerde analyse

*De derde mogelijkheid is een geavanceerde analyse. Bij hydraulische belastingen is binnen de WBI 2017-software het lengte-effect aan het model opgelegd. Dit model is opgesteld op basis van werkelijke dijken in de studie die is uitgevoerd in het kader van Veiligheid Nederland in Kaart. Hoe uniformer de waterkeringen worden (na enkele beoordelings- en ontwerprouden) hoe groter het lengte-effect wordt. Bij twijfel over de waarde van het lengte-effect kan met Hydra-NL de benchmark/referentie voor Hydraulische belastingen [ref 18] een controleberekening worden uitgevoerd waarbij de schematisering niet wordt gewijzigd. Het lengte-effect neemt toe bij onafhankelijke bedreigingen, zoals afvoer, storm, zeewaterstand en bij stormvloedkeringen de keringssituatie (open/dicht).*

*Een andere mogelijkheid is om nauwkeuriger te kijken naar de belastingduur en het waterstandsverloop. Met name in windgedreven systemen of windgedreven locaties in watersystemen is de belastingduur in werkelijkheid relatief kort. In dergelijke gevallen kan een correctie toegepast worden vanwege de korte duur van de belasting.*

## 4 Schematisering

### 4.1.1 Eenvoudige toets

In de eenvoudige toets wordt de waterkering niet geschematiseerd voor het afleiden van de hydraulische belastingen.

*In deze toets zijn zowel de waterstand als de golfhoogte onafhankelijk van het profiel van de kering.*

<sup>11</sup> Golven laten vuil achter waar ze maximaal oplopen op een dijk. Deze rand kan ingemeten worden en is indicatie voor de storm. Door dit te koppelen aan meetstations waar wind, waterstanden en golfmetingen plaats vinden kan een beeld over de frequentie van voorkomen gegeven worden.





#### 4.1.2 Gedetailleerde toets

Voor de volgende toetssporen is de ligging, het profiel van de kering en ruwheid van de bekleding van invloed op het afleiden van de belastingparameters:

- Golfklappen op asfaltbekleding
- Grasbekleding afschuiven binnentalud
- Grasbekleding afschuiven buitentalud
- Grasbekleding erosie buitentalud
- Grasbekleding erosie kruin en binnentalud
- Havendammen
- Hoogte kunstwerk
- Niet-waterkerende constructies – Bebouwing
- Stabiliteit steenzetting
- Sterkte en stabiliteit punt- en langsconstructies
- Voorland
- Wateroverdruk bij asfaltbekleding

*De ligging, het profiel van de kering en de ruwheid van de kering is van invloed op de hydraulische belastingen voor bekledingen en bij het bepalen van de golfploop/golfoverslag.*

De waterkering wordt geschematiseerd (ligging (dijknormaal), profiel van de kering en de ruwheid van de bekleding) inclusief het voorland of dammen, zoals beschreven in Bijlage I Procedure. De werkwijze staat beschreven in de schematiseringshandleidingen voor bovengenoemde toetssporen.

*De verwijzing naar de juiste schematiseringshandleiding is te vinden in tabel 2-1 van Bijlage III Sterkte en veiligheid.*

## 5 Belastingmodellen en watersystemen

### 5.1 Inleiding

De belastingmodellen en watersystemen zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht. Hierbij is aandacht voor de waterlichamen, de bedreigingen, de basisstochasten, de achterliggende statistiek en de gebruikte modellen.

*Voor meer details en uitgangspunten wordt verwezen naar de achtergrondrapportage HR2017.*



Figuur 5-1 Overzichtskaart belastingsmodellen.

## 5.2 Bovenriviereengebied

### 5.2.1 Beschrijving

Het Bovenriviereengebied is het deel van de Maas, de Rijn en haar takken, waarbij de waterstanden tijdens hoge afvoergolven niet meer beïnvloed worden door de waterstand op de Noordzee en het IJsselmeer. De getijhoogwaterstijging op zee speelt in dit gebied geen directe rol. Deze is opgenomen in de benedenranden van de WAQUA modellen.

In het Bovenriviereengebied is onderscheid gemaakt tussen de volgende drie watersystemen (zie tabel 5-1 en figuur 5-2):

- Bovenrivieren-Rijn (1)
- Bovenrivieren (Maas) (2)
- Maasvallei<sup>12</sup> (18)

### 5.2.2 Waterlichamen

Binnen de drie watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- Afgedamde Maas (Waal zijde)
- Boven-Rijn
- IJssel
- Maas
- Oude IJssel
- Pannerdensch Kanaal

<sup>12</sup> In eerdere documenten aangeduid als Limburgse Maas.



Figuur 5-2 Overzichtskaart watersystemen in het Bovenrivierengebied



### 5.2.3 Bedreigingen

De waterkeringen in het Bovenrivierengebied worden voornamelijk belast door waterstanden. Hoge waterstanden komen voort uit een hoge afvoer. De bijdrage van de wind aan de belasting van de waterkering is relatief gering, maar niet verwaarloosbaar.

#### *Bovenrivieren (Rijn) (1)*

Het belastingmodel voor het watersysteem Bovenrivieren (Rijn) (1) gaat uit van de Rijnafvoer bij Lobith. Voor deze basisstochast zijn twee situaties beschouwd; de situatie met overstromingen in Duitsland in combinatie met maatregelen om de overstromingen te beperken en de situatie zonder overstromingen in Duitsland. De eerste situatie is gebruikt voor de WAQUA productieberekeningen [ref 6].

#### *Bovenrivieren (Maas)(2) en Maasvallei (18)*

De basisstochasten voor de watersystemen Bovenrivieren<sup>13</sup> (Maas) en Maasvallei zijn identiek. Dit gaat uit van de Maasafvoer bij Borgharen<sup>14</sup>/Lith. De indeling van de Maas in twee watersystemen heeft te maken met de aanwezigheid van de dijken in Limburg die overstromen bij extreem hoge afvoeren [ref 6]:

- voor de bepaling van de hydraulische belastingen op de Maasdijken in het watersysteem Bovenrivieren (Maas) in Brabant en Gelderland wordt uitgegaan van de werkelijke dijkhoogten in de Maasvallei. De dijken in de Maasvallei in Nederland zijn daarmee als overstroombaar gemodelleerd bij hoge afvoeren<sup>15</sup>.
- voor de bepaling van de hydraulische belastingen van de Maasdijken in het watersysteem Maasvallei (18), zijn de dijken als oneindig hoog verondersteld, consistent met de rest van Nederland.

### 5.2.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen het Bovenrivierengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-1: Voorliggende waterkeringen in het Bovenrivierengebied.

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
224	Heerewaardense Afsluitdijk, incl. Schutsluis Sint Andries	Waal (Bovenrivieren (Rijn) (1))

## 5.3 Benedenrivierengebied

### 5.3.1 Beschrijving

Onder het Benedenrivierengebied wordt dat deel van de benedenstroomse takken van de Rijn en de Maas verstaan waarvoor, tijdens grote afvoergolven, de waterstanden een significante invloed ondervinden van de waterstanden op de Noordzee.

<sup>13</sup> in Gelderland en Noord-Brabant

<sup>14</sup> Het meetpunt is omstreeks 2010 verlegd van Borgharen naar Sint Pieter. De modelgrens is Borgharen.

<sup>15</sup> Het verschil in normfrequentie (1:300 Maasvallei-1:10.000 Brabant) is circa 1000m<sup>3</sup>/s. Dat komt neer op orde 1m verschil in waterstand. Daarmee wordt het uitgangspunt van het hanteren werkelijke hoogte van keringen in de Maasvallei voor het berekenen van waterstanden in benedenstrooms van de Maasvallei reëel geacht. In WBI 2017 is de keuze gemaakt om voor waterstandsberendingen stroomafwaarts van de Maasvallei in de Maasvallei uit te gaan van de werkelijke hoogte van de Maasvallei-keringen na uitvoering van Maaswerken. Dit is consistent met de aanpak op de Rijn waarbij in Duitsland ook de werkelijke hoogte van de Rijnkeringen is meegenomen ivm de relatief soepele normen. Op de Maas is het aannemelijk dat, bij de condities voor de dijken die benedenstrooms van de Maasvallei relevant zijn, de Maasvalleikeringen zullen instromen. Overigens is binnen de Maasvallei wel van oneindig hoge keringen uitgegaan vanwege het geringe verschil in normfrequenties. Over het geheel bezien zijn de waterstanden op de Maas iets aan de conservatieve kant door bijvoorbeeld het niet meenemen van (het beperkte effect van) overstromingen van de Maas in Wallonie en het hanteren van een vrij smalle Maas modelschematisering.



Figuur 5-3 Overzichtskartaal watersystemen in het Benedenrivierengebied

In het Benedenrivierengebied worden de volgende vijf watersystemen onderscheiden (zie tabel 5-1 en figuur 5-3):

- Benedenrivieren (Rijn) (3);
- Benedenrivieren (Maas) (4);
- Europoort (17);
- Volkerak-Zoommeer (21);
- Hollandse IJssel (22).

Het Volkerak-Zoommeer en de Hollandse IJssel zijn gebieden met twee voorliggende keringen en zijn daarom als specifiek watersysteem aangemerkt.

### 5.3.2 Waterlichamen

Binnen deze vijf watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- Amer (4)
- Hollandsch Diep (3)





• Amertak	(4)	• Lek	(3)
• Beneden Merwede	(3)	• Nieuwe Maas	(3)
• Bergsche Maas	(4)	• Nieuwe Merwede	(3)
• (ontpolderde) Biesbosch	(3)	• Nieuwe Waterweg	(17)
• Boven Merwede	(3)	• Noord	(3)
• Calandkanaal	(17)	• Oude Maas	(3)
• Donge	(4)	• Spui	(3)
• Dordtsche Kil	(3)	• Steurgat	(4)
• Getijde Hollandsche IJssel	(22)	• Volkerak-Zoommeer	(21)
• Haringvliet	(3)	• Wantij	(3)
• Hartelkanaal	(17)	• Wilhelminakanaal	(4)

### 5.3.3 Bedreigingen

In het Benedenriviereengebied worden hoge waterstanden veroorzaakt door een combinatie van hoge afvoeren van de rivieren Rijn en Maas en hoge waterstanden op zee, meer specifiek bij Hoek van Holland, als gevolg van stormopzet en (spring)tij. Ook de opwaaing door wind boven het Benedenriviereengebied én de aanwezigheid in combinatie met het beheer van de stormvloedkering in de Nieuwe Waterweg (de Maeslantkering) en in het Hartelkanaal (de Hartelkering) spelen een belangrijke rol bij het optreden van hoge waterstanden. Naast deze stormvloedkeringen zijn er verschillende andere stormvloedkeringen in het Benedenriviereengebied (Hollandse IJssel, Kromme Nol) en inlaten (Volkeraksluizen). De belasting op de waterkering wordt daarnaast beïnvloed door windgolven en voor het Europoortgebied door seiches.

In principe kan een hoge waterstand worden veroorzaakt door een oneindig aantal combinaties van de volgende bedreigingen: het stormvloedpeil te Hoek van Holland, de windrichting, de windsnelheid, de afvoer van de Rijn te Lobith en de afvoer van de Maas te Lith. Hierbij heeft elke combinatie van deze bedreigingen een eigen kans van voorkomen die kan worden bepaald met behulp van de statistieken van voornoemde bedreigingen.

Afhankelijk van de locatie in het benedenriviereengebied spelen de aspecten afvoer, zeewaterstanden/getij, wind en de Europoortkering een belangrijke rol.

*Om het systeem te doorgronden, is het van belang om de werking van het systeem te begrijpen:*

- **Afvoergebied:** dit is het gebied waar de maatgevende situatie nagenoeg volledig wordt bepaald door hoge rivierafvoeren, verdeeld in:
  - **Rijndominant gebied (watersysteem 3):** Dit watersysteem ligt aan de binnenzijde van de Europoortkering. In dit gebied is de invloed van de Rijn groter dan van de Maas. Bij maatgevende omstandigheden zouden de stormvloedkeringen (Maeslantkering en Hartelkering) in de Europoortkering gesloten moeten zijn. Een falende kering heeft een groot effect op de waterstanden in dit watersysteem;
  - **Maasdominant gebied (watersysteem 4):** In dit gebied is de invloed van de Maas groter dan dat van de Rijn. Het betreft de waterkeringen langs de Bergsche Maas en de Maas bovenstrooms van km 246. Dit is afvoergedomineerde deel van de Maas;
- **Zeegebied:** dit is het gebied buiten de Europoortkering, waarbij de maatgevende situatie volledig wordt bepaald door stormvloed langs de Hollandse kust (watersysteem 17);
- **Faalkansgebied (watersysteem 3):** dit is het gebied waarbij de maatgevende situatie wordt gevormd door een niet-extreme storm in combinatie met een waterstand van ca 3,5 m+NAP te Maasmond in combinatie met het falen van de sluiting van de Europoortkering. Dit gebied ligt aan de binnenzijde van de Europoortkering en strekt zich uit tot km 998 op de Nieuwe Maas;
- **Bergingsgebied (watersysteem 3):** de maatgevende situatie is een niet-extreme afvoer die samenvalt met een niet-extreme storm die de afvoer vanuit de Rijn- en Maasmond naar zee enige tijd stremt;
- **Overgangsgebieden:** in de overgangsgebieden is sprake van een combinatie van bovenstaande bedreigingen in wisselende samenstelling. Drie overgangen zijn gedefinieerd (watersysteem 3 en 4):
  - de overgang van het faalkansgebied naar het riviereengebied: de rol van de afvoer wordt steeds belangrijker en de rol van de stormopzet minder;
  - de overgang van het faalkansgebied naar het bergingsgebied: van open naar dichte stormvloedkeringen;
  - overgang van het bergingsgebied naar het afvoergebied: van dichte naar open stormvloedkering waarbij de rol van de afvoer steeds hoger wordt en die van stormopzet terugloopt.

Bovenstaande is relevant voor zowel het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3) als voor Benedenrivieren (Maas) (4).

De watersystemen Europoort (17), Volkerak -Zoommeer (21) en Hollandse IJssel (22) zijn bijzondere





gebieden en zijn daarom hieronder nader toegelicht.

#### *Europoort (17)*

Watersysteem Europoort (17) betreft het gebied aan de buitenzijde van de Europoortkering. Feitelijk maakt de Europoort onderdeel uit van watersysteem Hollandse Kust Midden (12), maar vanwege de rol van deining en seiches is dit gebied als een afzonderlijke watersysteem gedefinieerd. Het watersysteem is uitgewerkt als een variant van het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3). Het belastingmodel is voor deze watersystemen gelijk.

De keringen sluiten tijdens maatgevende omstandigheden. Het effect van eventuele geopende keringen op de waterstanden aan de zeezijde is minimaal. De keringen zijn daarom niet als stochast meegenomen, zie [ref 66].

#### *Volkerak-Zoommeer (21)*

Het belastingmodel voor het watersysteem Volkerak-Zoommeer (21) komt overeen met het belastingmodel voor het Merengebied tot een peil van 2,60 m+NAP bij Rak Noord. Boven deze waterstand heeft het watersysteem de functie van waterbergingsgebied voor de rivieren en maakt daarmee formeel deel uit van het watersysteem Benedenrivieren (Rijn) (3).

Voor het Volkerak-Zoommeer gelden aanvullende hydraulische belastingen in het geval het wordt ingezet als bergingsgebied<sup>16</sup>.

#### *Hollandse IJssel (22)*

Het watersysteem Hollandse IJssel (22) wordt beschermd door twee opeenvolgende stormvloedkeringen; de Maeslantkering en de Algerakering (stormvloedkering Hollandse IJssel). De toestand van de keringen (open /dicht) dienen meegenomen te worden als stochast in het belastingmodel<sup>17</sup>.

### **5.3.4 Voorliggende waterkeringen**

Binnen het Benedenrivierengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

**Tabel 5-2 Voorliggende waterkeringen in het Benedenrivierengebied.**

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
208	Stormvloedkering Nieuwe Waterweg	Europoort (17)
209	Hartelkering	Europoort (17)
210	Stormvloedkering Hollandsche IJssel	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Nieuwe Maas
211	Haringvlietdam	Noordzee, zie paragraaf 5.65.6
212	Biesboschsluis	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Nieuwe Merwede
213	Afsluitdijk Andel en Wilhelminasluis	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Waal
215	Hellegatsdam en Volkeraksluizen	Benedenrivieren (Rijn) (3) / Hollandsch Diep
216	Grevelingendam	Oosterschelde, zie paragraaf 5.7 Volkerak-Zoommeer (22)

## **5.4 Vecht- en IJsseldelta**

### **5.4.1 Beschrijving**

In de Vecht- en IJsseldelta worden de volgende twee watersystemen onderscheiden: (zie figuur 5-4)

- IJsseldelta (5);
- Vechtdelta (6).

De grens tussen de IJssel- en Vechtdelta wordt gevormd door de Spooldersluis en de Rampspolkering (tabel 5-3).

<sup>16</sup> Beschikbaar in Hydra-NL vanaf halverwege 2017.

<sup>17</sup> Hiervoor wordt Hydra-NL gebruikt.

Tabel 5-3 Grenzen van de Vecht- en IJsseldelta.

Waterlichaam	Locatie	Trajecten
IJssel	Rechteroever: km 981(Spooldersluis)	53-2 en 206
	Linkeroever: km 972 (Wapenveld)	52-4 en 11-1
Vecht	Bovenstrooms: km 36 (Ommen)	Overgang naar hoge gronden

Het watersysteem IJsseldelta (5) is het benedenstroomse gedeelte van de IJssel en vormt de schakel tussen het Bovenriviereengebied en het IJsselmeer. De waterlichamen binnen het watersysteem staan onder invloed van de afvoer van de IJssel, de afvoer van de Overijsselse Vecht, het peil op het IJsselmeer en de toestand van de Ramspolkering.

Het watersysteem Vechtdelta (6) bestaat uit het deel van de Overijsselsche Vecht benedenstrooms van Ommen, het Zwarte Water (inclusief het Zwolle-IJsselkanaal), het Zwarte Meer (inclusief het Ganzen-diep, de Goot en de Veneriete) en de wateren van Kampereiland.



Figuur 5-4 Overzichtskartaal watersystemen in Vecht- en IJsseldelta.



## 5.4.2 Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

• IJssel (km 974 tot km 1002)	(5)	• Zwarte Water	(6)
• Vecht	(6)	• Bypass Kampen (fase 1) <sup>1</sup>	(5)
• Zwarte Meer	(6)		

<sup>1</sup> Voor de Bypass Kampen fase 1 worden geen hydraulische belastingen afgeleid, deze worden afgeleid bij fase 2, wanneer een openverbinding met het Vossemeer/IJsselmeer is gecreëerd.

## 5.4.3 Bedreigingen

De Vecht- en IJsseldelta vormen beide een overgang van een riviersituatie naar een meersituatie. De waterstanden van beide systemen zijn gecorreleerd via het Ketelmeer. Als de IJsseldelta hoge waterstanden kent, dan geldt dat ook voor de Vechtdelta.

*De Vecht- en IJsseldelta is in complexiteit vergelijkbaar met het Benedenrivierengebied (zie paragraaf 5.3.3). Binnen deze watersystemen kunnen dezelfde deelsystemen worden geïdentificeerd. Variërend over de verschillende watersystemen is de invloed van het meerpeil of de invloed van de rivierafvoer dominant.*

### IJsseldelta (5)

In het watersysteem IJsseldelta (5) worden de extreme waterstanden bepaald door een combinatie van een hoge afvoer op de IJssel en stormopzet op het IJsselmeer. De invloed van stormopzet op de waterstanden neemt in stroomopwaartse richting af en heeft invloed tot Olst.

### Vechtdelta (6)

De waterstand op de Overijsselse Vecht is voornamelijk gedomineerd door afvoer. In benedenstroomse richting gaat de wind een steeds grotere rol spelen. Het Zwarte Water en het Zwarte Meer zijn windgedomineerde systemen met een bergende functie als de Ramspolkering is gesloten.

*Het buitendijkse gebied Kampereiland kan zowel bedreigd worden door het vollopen van het gebied achter de Ramspolkering (door berging) als door het overlopen van de waterkering tussen IJsselmuiden en Ramspol.*

Wanneer de Ramspolkering is gesloten, zijn de bedreigingen voor de Vechtdelta niet gelijk aan die van de IJsseldelta.

Binnen het watersysteem Vechtdelta (6) ligt een overgang tussen het deel wat gedomineerd wordt door afvoer (vergelijkbaar met het Bovenrivierengebied) en het deel dat gedomineerd wordt door waterstand en wind. Deze overgang ligt ter hoogte van Dalfsen (km 45).

## 5.4.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen de Vecht- en IJsseldelta zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-4 Voorliggende waterkeringen in de Vecht- en IJsseldelta.

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
225	Ramspolkering	IJsseldelta IJsselmeer, zie paragraaf 0
206	Spoldersluis	IJsseldelta
202	Kadoelersluis	Zwarte Meer (Vechtdelta)

## 5.5 Merengebied

### 5.5.1 Beschrijving

Tot het Merengebied behoren het IJsselmeer (7), het Markermeer (8), het Veluwerandmeer (19) en de Grevelingen (20) en de waterlichamen die in directe open verbinding staan met deze meren.

De volgende watersystemen maken onderdeel uit van het Merengebied (zie tabel 5-11 en figuur 4-5):

- IJsselmeer (7);

- Markermeer (8);
- Veluwerandmeer (19);
- Grevelingen (20).

### 5.5.2 Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

• IJsselmeer	(7)	• Nijkerkernauw	(8)
• Ketelmeer	(7)	• IJmeer	(8)
• Vossemeer	(7)	• Eem	(8)
• Markermeer	(8)	• Veluwerandmeer	(19)
• Gooimeer	(8)	• Grevelingen	(20)
• Eemmeer	(8)		



Figuur 5-5 Overzichtskaarten watersystemen in het Merengebied.



### 5.5.3 Bedreigingen

De hydraulische belasting op de waterkeringen langs de meren wordt veroorzaakt door hoge meerpeilen (door hoge watertoevoer in combinatie met spuibeperkingen), harde wind (opwaaiing en golven) of een combinatie daarvan. In principe kan een belasting op een waterkering worden veroorzaakt door een oneindig aantal combinaties van de bedreigingen meerpeil en wind (bestaande uit windrichting en windsnelheid). Hierbij heeft elke combinatie van deze bedreigingen een eigen kans van voorkomen, die bepaald kan worden met behulp van de statistiek van voornoemde bedreigingen.

### 5.5.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen het Merengebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 5-5 Voorliggende waterkeringen in het Merengebied.

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
201	Afsluitdijk	Waddenzee, zie paragraaf 5.6
204	Houtribdijk	tweezijdig
205	Nijkerkersluis	Markermeer
225	Ramspolkering	IJsselmeer
234 / 227	Roggebotsluisa / Reevesluis	IJsselmeer
214	Brouwersdam	Noordzee, zie paragraaf 5.6
216	Grevelingendam	Oosterschelde (zuidelijk deel); Volkerak-Zoommeer (noordelijk deel)b, zie paragraaf 5.7

- De Roggebotsluis komt in fase II van het project IJsseldelta Zuid te vervallen. De voorliggende waterkering wordt in dat geval de nog te realiseren Reevesluis naar verwachting op 31-12-2022;
- De grens ligt bij de aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam.

## 5.6 Kustgebied

### 5.6.1 Beschrijving

Het Kustgebied wordt gevormd door de Noordzee, Waddenzee en Westerschelde. De maatgevende situatie wordt in het Kustgebied volledig bepaald door hoge stormvloed en golfcondities.

Het Kustgebied is opgedeeld in de volgende zes watersystemen (zie tabel 5-1 en figuur 5-6):

- Waddenzee Oost (9)
- Waddenzee West (10)
- Hollandse Kust Noord (11)
- Hollandse Kust Midden (12)
- Hollandse Kust Zuid (13)
- Westerschelde (15)

De Oosterschelde valt vanwege de Oosterscheldekering niet binnen het belastingmodel Kustgebied en is apart toegelicht in paragraaf 5.7.

### 5.6.2 Waterlichamen

Binnen deze watersystemen zijn de volgende waterlichamen aangemerkt:

- Eems-Dollard
- Waddenzee
- Noordzee (Hollandse kust)
- Zuidwestelijke Delta: zee en Westerschelde





Figuur 5-6 Overzichtskaart watersystemen in het Kustgebied.

### 5.6.3 Bedreigingen

De waterkeringen langs de Noordzee, de Westerschelde en de Waddenzee worden belast door waterstanden en windgolven. De waterstanden en windgolven worden veroorzaakt door stormvloedpeilen (op de Noordzee) en extreme windsnelheden. Het belastingmodel is identiek voor al deze locaties.

### 5.6.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen het Kustgebied zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in tabel 5-6





Tabel 5-6 Voorliggende waterkeringen in het Kustgebied.

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
201	Afsluitdijk	Waddenzee
211	Haringvlietdam	Noordzee
214	Brouwersdam	Noordzee
217	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert	Westerschelde
218	Oosterscheldekering	Noordzee
223	Zeedijk Paviljoenpolder	Westerschelde

## 5.7 Oosterschelde

### 5.7.1 Beschrijving

De Oosterschelde is als apart belastingmodel aangeduid vanwege de grote invloed van de Oosterscheldekering. De Oosterschelde bestaat uit één watersysteem, de Oosterschelde (14), zoals weergegeven in tabel 5-1 en figuur 5-7.

In tegenstelling tot de andere watersystemen in het Kustgebied wordt de waterstand in de Oosterschelde beperkt door de Oosterscheldekering. Dit heeft gevolgen voor de maximale waterstanden en de bijbehorende golfbelastingen. Het watersysteem Oosterschelde wordt zeewaarts begrensd door de Oosterscheldekering en landwaarts door Noord- en Zuid-Beveland, Schouwen-Duiveland, Tholen, St. Philipsland, de Oesterdam, de Philipsdam en de Grevelingendam.

### 5.7.2 Waterlichamen

Het watersysteem Oosterschelde bevat als waterlichaam alleen de Oosterschelde.



Figuur 5-7 Overzichtskaart watersysteem in de Oosterschelde.

### 5.7.3 Bedreigingen

Waterkeringen langs de Oosterschelde worden belast door waterstanden en windgolven. Deze worden veroorzaakt door stormvloedpeilen op de Noordzee en extreme windsnelheden.

### 5.7.4 Voorliggende waterkeringen

Binnen de Oosterschelde zijn voorliggende waterkeringen aanwezig. De dominante bedreigingen per voorliggende waterkering zijn weergegeven in tabel 5-7.

Tabel 5-7 Voorliggende waterkeringen de Oosterschelde.

Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
174	Zandkreekdam	Oosterschelde



Nr	Naam	Dominante bedreiging (waterlichamen)
199	Philipsdam	Oosterschelde
216	Grevelingendam	Oosterschelde Volkerak-Zoommeera, zie paragraaf 5.3
217	Sluizen kanaal door Zuid-Beveland te Hansweert	Westerschelde, zie paragraaf 5.6
218	Oosterscheldekering	Noordzee, zie paragraaf 5.6
219	Oesterdam	Oosterschelde

- a. De grens ligt bij de aansluiting van de Philipsdam op de Grevelingendam.

## 5.8 Duinen

### 5.8.1 Beschrijving

Duinen zijn feitelijk geen watersysteem, maar zijn in het WBI 2017 wel als zodanig aangemerkt (in tabel 1-1). Dit watersysteem omvat de duinen langs het hele kustgebied. De maatgevende situatie wordt, evenals voor het kustgebied, volledig bepaald door stormvloed en in combinatie met het getij en golfcondities.

Het watersysteem bevat duinen langs de Zeeuwse kust, de Hollandse kust en de Waddeneilanden, zoals weergegeven op onderstaande kaart in tabel 5-1 en figuur 5-8.



Figuur 5-8 Overzichtskaart watersysteem in Duinen en hybride duin keringen.

### 5.8.2 Waterlichamen

Het watersysteem Duinen bevat als waterlichaam de Noordzee en de monding van de Westerschelde.

### 5.8.3 Bedreigingen

De duinen langs Zeeuwse kust, Hollandse kust en Waddeneilanden worden belast door waterstanden en golfvolgen, veroorzaakt door stormvloedpeilen (op de Noordzee) en extreme windsnelheden.

Zeewaterstanden en golfcondities zijn invoerparameters voor duinafslagmodellen.

*De zeewaterstandsstatistiek voor duinen is identiek aan die voor het Kustgebied. De golfcondities (golfhoogte  $H_s$  en golfperiode  $T_p$ ) worden zonder modellen bepaald ten behoeve van de duinafslagmodellen op diepwater op de doorgaande 20 m-NAP dieptelijn [ref 34 en ref 47]. In de zuidwestelijke*



---

*delta worden correcties toegepast voor ondiepe voorlanden en geulen. Soortelijke getallen zijn gegeven voor de Waddeneilanden. Echter daar is het alleen beschikbaar voor de toets op maat [ref 41].*



## Referenties

### Achtergrondrapporten

1. Deltares, Basisrapport WTI 2017, Waal, JP de, (redactie) (31 januari 2016)
2. Deltares, Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017, Aansturing, schematisaties en uitvoerlocaties, 1207807-009-HYE-0006, definitief, okt-13
3. Deltares, Uitgangspunten productieberekeningen WTI2017, Aanvulling op uitgangspunten vastgesteld in 2013, 1209433-001-HYE-0005, concept, mei-14
4. TAW, Meer, van der J.W. Technisch Rapport Golfloop en Golfoverslag bij Dijken, 2002
5. Deltares, Chbab H Modelonzekerheid belastingen, Wettelijk Toetsinstrumentarium WTI-2017, (2016)
6. Deltares, Chbab H. Basisstochasten WTI-2017, Statistiek en statistische onzekerheid, 1209433-012-HYE-0007, voorlopig, 2-dec-15
7. RWS-WVL, van Vledder, G (2014) Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied, een eenvoudige methode voor het bepalen van golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen, RWS.2014.001, -,
8. Deltares, WTI2017 – CTK van Bree, B. (2015) Functional design failure mechanism height of structures, 1209438-000-GEO-0024-gbh,
9. Deltares, WTI – Diermanse F (2016) Onzekerheden, Overzicht van belasting- en sterkteonzekerheden in het wettelijk toetsinstrumentarium,
10. HKV, Geerse, C.P.M. (2010) Overzichtsdocument probabilistische modellen zoete wateren, Hydra-VIJ, Hydra-B en Hydra-Zoet,
11. HKV, Geerse C.P.M. (2011) Hydra-Zoet for the fresh water systems in the Netherlands Probabilistic model for assessment of dike heights,
12. HKV, J. Ansink, J, Kamp R, Geerse C.P.M. (2014) HKV, Gebruikershandleiding Waterstandsverloop
13. Deltares, Caires, S. (2009) Extreme wind statistics for the inference of the hydraulic boundary conditions for the Dutch primary water defences. SBW-Belastingen: Phase 2 of subproject 'Wind modelling'
14. KNMI, Rijkooit P.J. 1983 A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions, WR 83-13,
15. Deltares, Hegnauer M., Beersma, J.J, Boogaard, H.F.P. van den Buisland, T.A., Passchier, R.H., Lammersen R. and Buiteveld, H. (2016) Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins – Final report of GRADE 2.0
16. Deltares, Hegnauer, M. 2015 Onzekerheidsanalyse hydraulica in GRADE. 1220082-010-ZWS-0001. 2015
17. Deltares, Roscoe C. et al. en Diermanse, F, Balen, W..... Hydra-Ring Scientific Documentation. Deltares & TNO-Bouw. Deltares rapport 1206006-004. 2016
18. HKV, Hydra-NL Duits, M Gebruikershandleiding,(2016)
19. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Rolf van der Veen Betrekkingslijnen Rijn, versie 2010, 14-7-201.
20. Rijkswaterstaat Zuid-Nederland, Rolf van der Veen Bijsluiter betrekkingslijnen 2013\_2014, geldigheidsbereik 1 november 2013-31 oktober 2014.
21. Rijkswaterstaat Bouwdienst. Sipke van Manen Prestatiepeilen Oosterschelde. Kenmerk: PPEILSVKO-T-2. 24 april 2008. Definitief versie 2.0.
22. Fokkink, R.J. Onafhankelijk Onderzoek Markermeer, Fase-rapport 1A, deelonderzoek meerpeilstatistiek.
23. Rijkswaterstaat(2004). ProMoVera: Probabilistisch Model voor de Veluwerandmeren. RIZA werkdokument 2004.089X. 23 april 2004.
24. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport keringen langs het Volkerak-Zoommeer (dijkring 25,27,31,33, 34). PR1322. November 2008.
25. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport keringen langs het Grevelingenmeer (dijkring 25 en 26). PR1322. November 2008.
26. HKV. Hydraulische randvoorwaarden voor categorie c-keringen. Achtergrondrapport Diefdijklinie (dijkring 16). PR1322. November 2008.
27. Deltares, Hydra Design document, version 2, Draft, A. Markus, e.a, december 2011. 1204145-004-ZWS-0003.
28. Rijkswaterstaat, J.P. de Waal. 1999, Achtergronden Hydraulische Belastingen Dijken IJsselmeergebied. Een ontwerpmethodiek, RIZA, Deelrapport 9: Modelleren dammen, voorlanden en golfloop. RIZA rapport 99.046.
29. Deltares. Functional Design for the implementation of load uncertainties in Hydra-Ring., February 2014.
30. Rijkswaterstaat, 1985. Referentiewaarden waterstanden. Rijkswaterstaat.
31. Deltares, WTI2017 datamanagement watersystemen, Uitgangspunten notitie ontwerp hydraulische belasting database, 3-dec-13
32. Software Package: DaF module, Dam and Foreshore module, Theoretical Documentation Jan Kramer, 2016



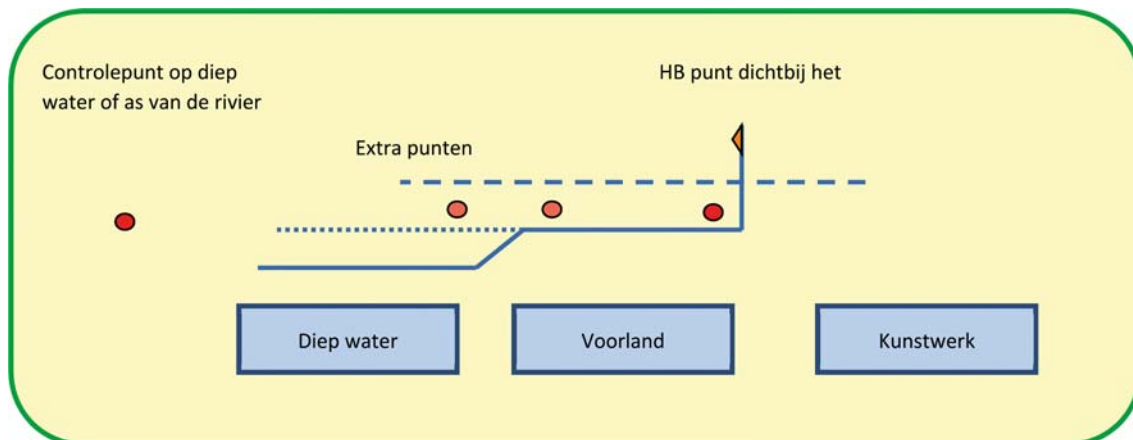


33. HKV Lijn in water (div. auteurs), Rekenmodel Dijkbekleding Hydra-Q, 3 delen (Definitiestudie, Technische Documentatie, Handleiding), 1999/2006
34. Semi-probabilistisch toetsvoorschrift voor duinen ten behoeve van WTI2017 1220080-008 © Deltares, 2015, B Ferdinand Diermanse Pieter van Geer
35. Input database for the Bretschneider wave calculations for narrow river areas In preparation for the WTI-2017 production runs. Amaury Camarena Calderon Alfons Smale Joana van Nieuwkoop Jamie Morris
36. Waterstandsverlopen meren; IJsselmeer en Markermeer Deltares, rapport 1204143-003-ZWS-0027, 4 juli 2012 Chbab, Houcine (2015)
37. Deltares, 2015. Waterstandsverlopen WTI-2017 voor de kustgebieden. Deltares rapport 1220082-0002-HYE-0003, december 2015 (Chbab, E.H.).
38. Deltares, 2016c. Waterstandsverlopen Benedenrivierengebied voor WTI2017. Deltares rapport 1220082-002-HYE-0004, februari 2016 (A. Kieftenburg en D. Stuparu).
39. Deltares, 2016b. Waterstandsverlopen WTI-2017 voor de Vecht- en IJsseldelta. Deltares rapport 1220082-0002-HYE-0005, 2016 (Chbab, E.H. en D. Stuparu).
40. Reijmerink S.P. en M.P.C. de Jong, 2014. Actualisatie seiches Rotterdam WTI2017 Waterstandsafhankelijke seiche-waarden. Deltares rapport 1209433-006-HYE-0002.
41. Deltares (2012). Achtergrondrapportage HR2011 voor zee en estuaria. Deltares rapport 1204143-002, maart 2012 (C. Gautier en J. Groeneweg).
42. Deltares (2016f). Hydraulische Belastingen Meren. Deltares rapport 1230087-001-HYE-0001, juni 2016 (N. Kramer, A. Smale, J. den Bieman, J. Groeneweg).
43. Deltares (2016g). Hydraulische Belastingen Kust. Deltares rapport 1230087-002-HYE-0001, juni 2016 (J. Groeneweg, J. den Bieman).
44. Deltares (2016h). Hydraulische Belastingen Rijntakken en Maas. Deltares rapport 1230087-003-HYE-0001, juni 2016 (H. Chbab, J. den Bieman, J. Groeneweg).
45. Deltares (2016i). Hydraulische Belastingen Benedenrivieren. Deltares rapport 1230087-004-HYE-0001, augustus 2016 (A. Smale, J. den Bieman, H. Chbab).
46. Deltares (2016j). Hydraulische Belastingen Vecht- en IJsseldelta. Deltares rapport 1230087-005-HYE-0002, augustus 2016 (T. Botterhuis, J. den Bieman, H. Chbab).
47. Deltares 1220082-004-HYE-0003-r-Hydraulische Belastingen 2017 voor Duinwaterkeringen.
48. 1230087-008-HYE-0001-v1-r-Achtergrondrapport Hydraulische Belastingen, Houcine Chbab
49. Deltares (2016k). Golfbelasting op bekledingen in Hydra-Ring. Deltares rapport 1230087-000-HYE-0004, augustus 2016 (J. den Bieman).
50. Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen WBI 2017. Hans de Waal
51. Schematiseringshandleiding hoogte WBI 2017 Hans de Waal
52. Seiches – Invloed op waterkeringen, beperkingen in opwekking en analyse waterstandsmetingen aug 2016, M.P.C. de Jong, S.P. Reijmerink en J.v.L. Beckers.
53. Windmodellering voor bepaling waterstanden en golven Een analyse van de bouwstenen RIZA werkdokument 2003.118. Hans de Waal
54. Hydra Tools Gebruikshandleiding HYDRA TOOLS juli 2005 versie 1.3.0 Alkyon P. Santbergen.
55. Klein Breteler, M., 2016. Documentatie Steentoets2015. Excel-programma voor het berekenen van de stabiliteit van steenzettingen. Deltares rapport 1209832-006-0019, oktober 2016.

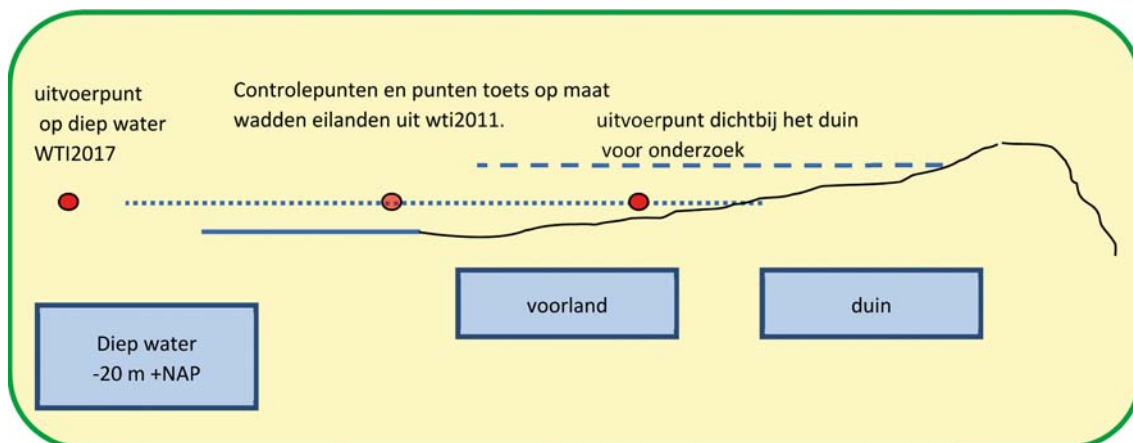
## Appendix A Uitvoerpunten per type kering

### A.1 Uitvoerpunten per type kering

Per type waterkering of toets zijn uitvoerlocaties op een andere afstand noodzakelijk.



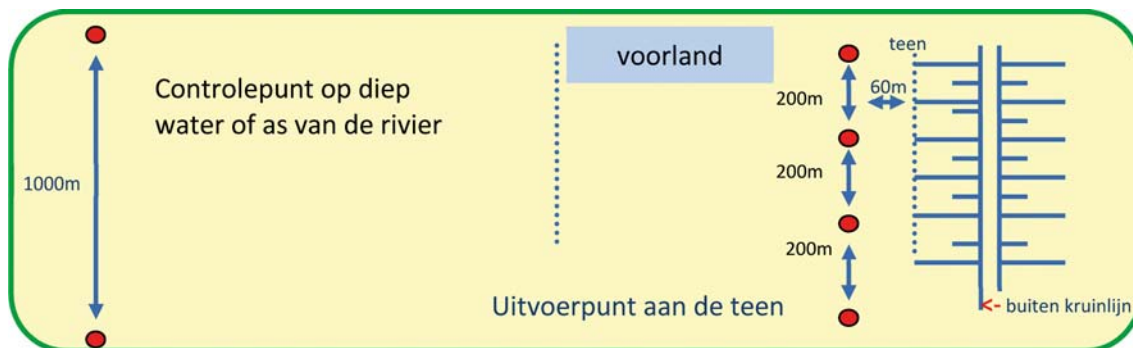
Figuur A-1 Uitvoerpunten van de hydraulische belastingen (HB) bij een kunstwerk (zijaanzicht).



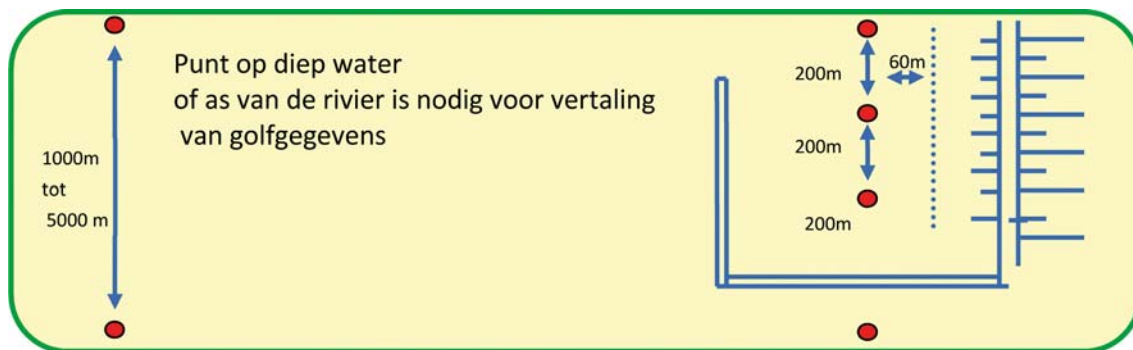
Figuur A-2 Uitvoerpunten van de HB, zijaanzicht bij duinen.

*Zie ook [ref 47]. Bij de Hollandse en Zeeuwse kust zijn er alleen punten op diep water met een correctiefactor voor de ondiepten in Zeeland.*

*Bij de Waddenzee liggen voor de toets op maat met D++ de punten dicht bij de duin, op ongeveer -5 m + NAP. Informatie hierover is beschikbaar in WTI2011 /CR2011[ref 41]*



Figuur A-3 Uitvoerpunten van de hydraulische belastingen bij een dijk.

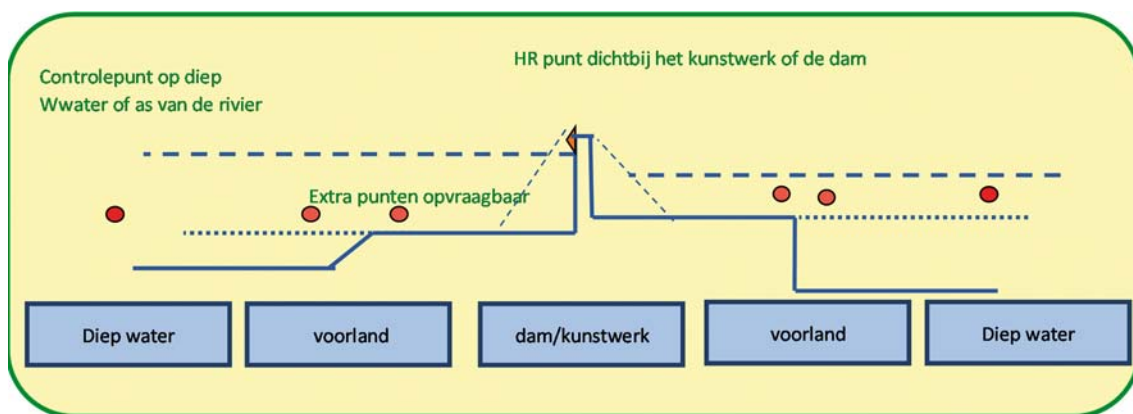


Figuur A-4 Uitvoerpunten van de Hydraulische Belastingen, bovenaanzicht bij een havendam.

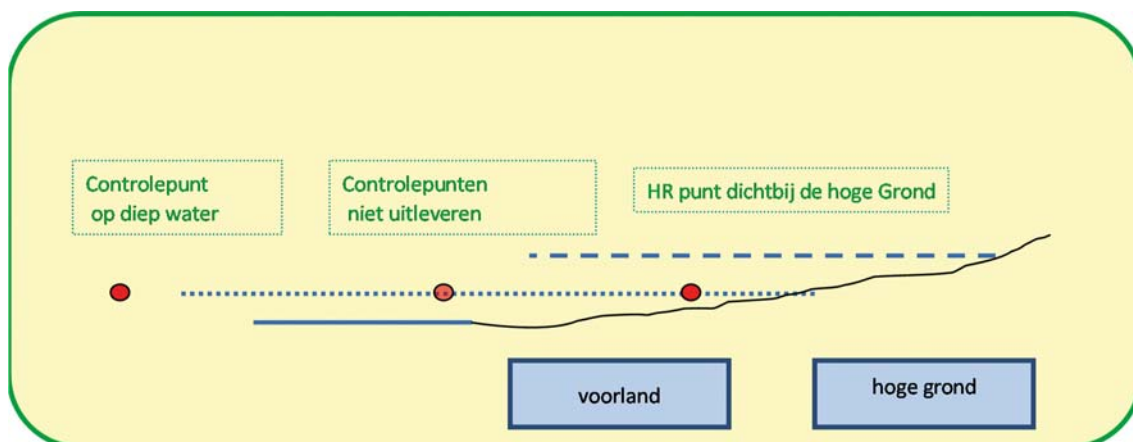
*Bij havendammen die integraal een deel uitmaken van de waterkeringen zijn de diepwaterpunten essentieel. De vertaling van de belasting bij grote havenbekkens naar binnen de haven is een onderdeel van toets op maat [ref 7].*

### A.2 Speciale uitvoerlocaties

Dergelijke punten kunnen worden opgevraagd via de Helpdesk Water<sup>18</sup>.



Figuur A- 5 Uitvoerpunten van de HR bij een kunstwerk (zijaanzicht)

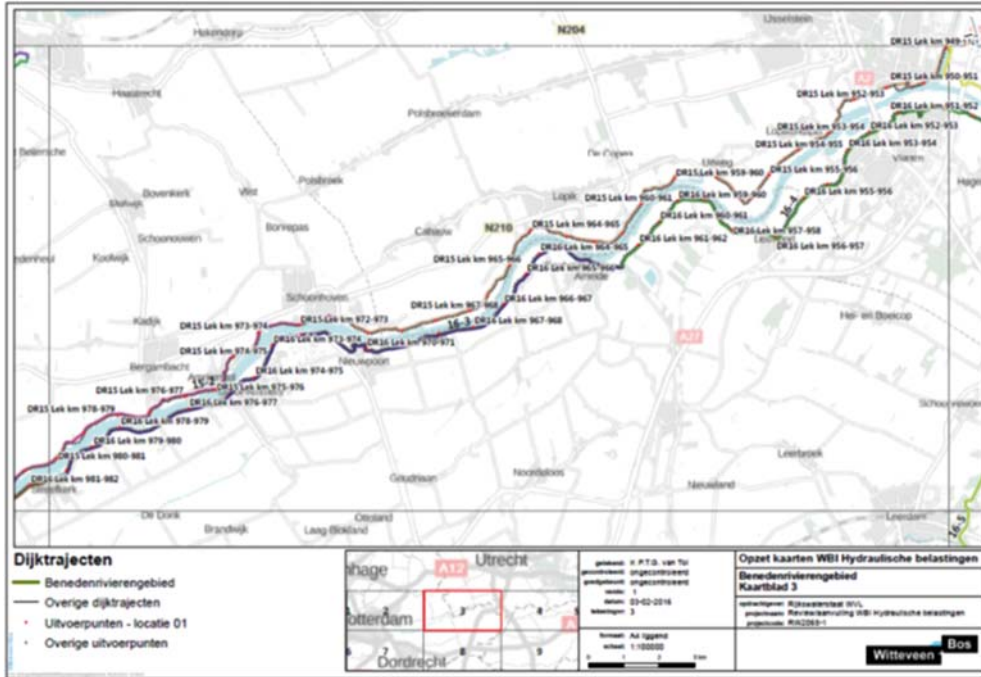


Figuur A- 6 Uitvoerpunten van de Hydraulische Belastingen, zijaanzicht bij hoge gronden

*Het is aan te raden de uitvoerpunten niet te dicht op hoge gronden lijn te kiezen. Dan is er geen golfbelasting, kies bijvoorbeeld op 50 of 100 meter afstand. Dit is een iteratief proces.*

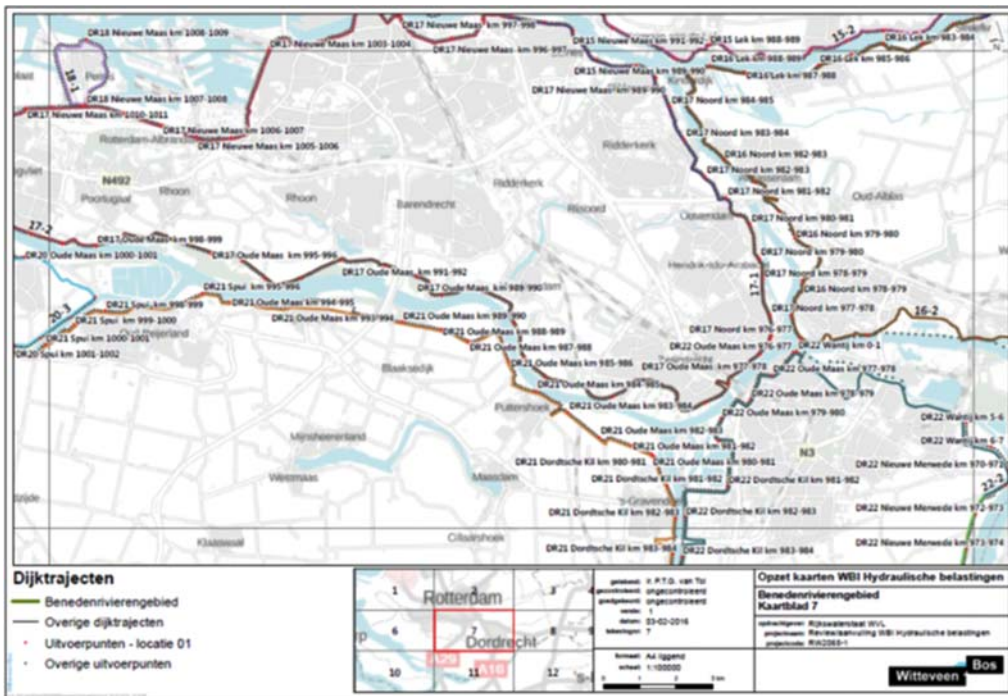
### A.3 Bovenrivierengebied

<sup>18</sup> [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl)



Figuur A- 7 Voorbeeld voor de Lek.

#### A.4 Benedenrivierengebied



Figuur A- 8 Voorbeeld Benedenrivieren





## Appendix B Overzicht waterbeweging- en golfmodellen

Er zijn diverse (numerieke) waterbewegingsmodellen en golfmodellen ingezet om de bedreigingen te vertalen naar hydraulische belastingen op de teen van een waterkering. Tabel B-1 geeft een samenvatting van de toegepaste modellen.



Tabel B-1: Toegepaste modellen per watersysteem

Belastingmodel	Watersysteem	Model	
		Waterstand	Golven
Bovenrivierengebied	1. Bovenrivieren (Rijn)	WAQUA	Bretschneider
	2. Bovenrivieren (Maas)		
	18. Maasvallei		
Benedenrivierengebied	3. Benedenrivieren (Rijn)	WAQUA	SWAN/ Bretschneidera
	4. Benedenrivieren (Maas)		SWAN
	17. Europoort	WAQUA	Bretschneider
	21. Volkerak-Zoommeer		SOBEK
Vecht en IJssel-delta	5. IJsseldelta	WAQUA	SWAN/ Bretschneiderb
	6. Vechtdelta		
Merengebied	7. IJsselmeer	WAQUA	SWAN
	8. Markermeer		HISWA/SWAN/ Bretschneiderc
	19. Veluwerandmeer	WAQUA	Bretschneider
	20. Grevelingen	WAQUA	Bretschneider
	Kustgebieden (dijken)	9. Waddenzee Oost	triangulaire interpolatie methode
10. Waddenzee West			
11. Hollandse Kust Noord			
12. Hollandse Kust Midden			
13. Hollandse Kust Zuid			
Oosterschelde (dijken)	14. Oosterschelde	IMPLICd	SWAN
Duinen	16. Duinen	triangulaire interpolatie methode	marginale statistiek
Droge keringen	23. Diefdijk	n.v.t. (toets op maat)	

- Binnen het Benedenrivierengebied wordt SWAN alleen toegepast voor de brede wateren van de watersystemen Benedenrivieren (Rijn) (3), de brede wateren van Benedenrivieren (Maas) (4) en Europoort (17). Voor de overige delen wordt Bretschneider toegepast.*
- Binnen de Vecht- en IJsseldelta wordt SWAN toegepast het Zwarte Meer (onderdeel van het watersysteem IJsseldelta (5)). Voor de overige delen van de watersystemen IJsseldelta (5) en voor de Vechtdelta (6) wordt Bretschneider gehanteerd.*
- Binnen het Merengebied wordt SWAN toegepast voor het watersysteem IJsselmeer (7) en voor een deel van het IJmeer (onderdeel van het watersysteem Markermeer (8)). Bretschneider wordt toegepast voor de Eem (onderdeel van het watersysteem Markermeer (8)). Voor de overige delen van het Markermeer (8) wordt HISWA toegepast.*
- Zie rapport Prestatiepeilen Oosterschelde [ref 21].*





## BIJLAGE III VOORSCHRIFTEN BEPALING STERKTE EN VEILIGHEID PRIMAIRE WATERKERINGEN (BIJLAGE BIJ ARTIKEL 3 VAN DE REGELING VEILIGHEID PRIMAIRE WATERKERINGEN 2017)

### Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017

#### *Bijlage III Sterkte en veiligheid*

#### Colofon

Uitgegeven door Ministerie van Infrastructuur en Milieu  
Informatie Helpdesk Water [http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-\(wbi\)/](http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen-(wbi)/)  
Uitgevoerd door Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving

#### Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>87</b>
1.1	Inleiding	87
1.2	Gehanteerde begrippen	87
1.3	Leeswijzer	88
<b>2</b>	<b>Toetssporen</b>	<b>88</b>
2.1	Overzicht toetssporen	88
2.2	Eenvoudige toets	90
2.3	Gedetailleerde toets per vak	90
2.4	Gedetailleerde toets per traject	93
2.5	Toets op maat	93
2.6	Toetsoordeel: indeling in categorieën	94
2.6.1	Categorieën voor het toetsoordeel per vak per toetsspoor	94
2.6.2	Categorieën toetsoordeel per traject	95
2.6.3	Toekenning van een categorie op basis van de bepaalde faalkans	96
<b>3</b>	<b>Hydraulische en overige belastingen</b>	<b>96</b>
3.1	Hydraulische belastingen	96
3.2	Overige belastingen	96
<b>4</b>	<b>Algemeen proces van schematiseren</b>	<b>98</b>
4.1	Stappenplan schematisering	98
<b>5</b>	<b>Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)</b>	<b>99</b>
5.1	Eenvoudige toets	99
5.2	Gedetailleerde toets per vak	101
5.3	Gedetailleerde toets per traject	103
5.4	Toets op maat	103
<b>6</b>	<b>Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)</b>	<b>103</b>
6.1	Eenvoudige toets	104
6.2	Gedetailleerde toets per vak	105
6.3	Toets op maat	107
<b>7</b>	<b>Piping (STPH)</b>	<b>107</b>
7.1	Eenvoudige toets	107
7.2	Gedetailleerde toets per vak	111
7.3	Gedetailleerde toets per traject	114
7.4	Toets op maat	114
<b>8</b>	<b>Microstabieliteit (STMI)</b>	<b>115</b>
8.1	Eenvoudige toets	115
8.2	Gedetailleerde toets per vak	115
8.3	Toets op maat	117
<b>9</b>	<b>Golfklappen op asfaltbekleding (AGK)</b>	<b>117</b>
9.1	Eenvoudige toets	117
9.2	Gedetailleerde toets per vak	118
9.3	Toets op maat	121
<b>10</b>	<b>Wateroverdruk bij asfaltbekleding (AWO)</b>	<b>121</b>
10.1	Eenvoudige toets	121
10.2	Toets op maat	125
<b>11</b>	<b>Grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)</b>	<b>125</b>
11.1	Eenvoudige toets	125
11.2	Gedetailleerde toets per vak	126
11.3	Toets op maat	129
<b>12</b>	<b>Grasbekleding afschuiven buitentalud (GABU)</b>	<b>129</b>
12.1	Eenvoudige toets	129
12.2	Gedetailleerde toets per vak.	130



12.3	Toets op maat	131
<b>13</b>	<b>Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)</b>	<b>131</b>
13.1	Gedetailleerde toets per vak	131
13.2	Gedetailleerde toets per traject	132
13.3	Toets op maat erosie	132
<b>14</b>	<b>Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)</b>	<b>132</b>
14.1	Eenvoudige toets	133
14.2	Gedetailleerde toets per vak	133
14.3	Toets op maat afschuiven binnentalud	134
<b>15</b>	<b>Stabiliteit steenzetting (ZST)</b>	<b>134</b>
15.1	Gedetailleerde toets per vak	134
15.2	Toets op maat	137
<b>16</b>	<b>Duinafslag (DA)</b>	<b>137</b>
16.1	Gedetailleerde toets per vak	137
16.2	Gedetailleerde toets per traject	140
16.3	Toets op maat	140
<b>17</b>	<b>Hoogte kunstwerk (HTKW)</b>	<b>140</b>
17.1	Eenvoudige toets	140
17.2	Gedetailleerde toets per vak	140
17.3	Gedetailleerde toets per traject	142
17.4	Toets op maat	142
<b>18</b>	<b>Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)</b>	<b>142</b>
18.1	Eenvoudige toets	142
18.2	Gedetailleerde toets per vak	144
18.3	Gedetailleerde toets per traject	145
18.4	Toets op maat	145
<b>19</b>	<b>Piping bij kunstwerk (PKW)</b>	<b>145</b>
19.1	Eenvoudige toets piping	145
19.2	Gedetailleerde toets per vak	146
19.3	Toets op maat	148
<b>20</b>	<b>Sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie (STKWp)</b>	<b>148</b>
20.1	Gedetailleerde toets per vak	148
20.2	Gedetailleerde toets per traject	150
20.3	Toets op maat sterkte en stabiliteit puntconstructie	150
<b>21</b>	<b>Sterkte en stabiliteit kunstwerk, langsconstructie (STKWI)</b>	<b>150</b>
21.1	Eenvoudige toets	150
21.2	Toets op maat	151
<b>22</b>	<b>Golfafslag voorland (VLGA)</b>	<b>151</b>
22.1	Eenvoudige toets	151
22.2	Toets op maat	153
<b>23</b>	<b>Afschuiving voorland (VLAF)</b>	<b>153</b>
23.1	Eenvoudige toets	153
23.2	Gedetailleerde toets per vak	156
23.3	Toets op maat	157
<b>24</b>	<b>Zettingsvloeiing voorland (VLZV)</b>	<b>157</b>
24.1	Eenvoudige toets	157
24.2	Gedetailleerde toets per vak	160
24.3	Toets op maat	162
<b>25</b>	<b>Niet waterkerende objecten (NWO)</b>	<b>162</b>
25.1	Eenvoudige toets NWO	162
25.2	Bebouwing (NWObe)	163
25.2.1	Eenvoudige toets	163
25.2.2	Toets op maat	166
25.3	Begroeiing (NWObo)	166
25.3.1	Eenvoudige toets	166
25.3.2	Toets op maat	170
25.4	Kabels en Leidingen (NWOkl)	170
25.4.1	Eenvoudige toets	170
25.4.2	Gedetailleerde toets per vak	172
25.4.3	Toets op maat	173
25.5	Overige constructies (NWOoc)	173
<b>26</b>	<b>Havendammen (HAV)</b>	<b>174</b>
26.1	Eenvoudige toets	174
26.2	Gedetailleerde toets per vak	175
26.2.1	Havendam met grondlichaam 124	175
26.2.2	Verticale havendammen of verticale elementen in havendammen	176



26.2.3	Toetsoordeel havendam	176
26.3	Toets op maat	176
<b>27</b>	<b>Technische innovatie (INN)</b>	<b>176</b>
27.1	Eenvoudige toets	176
27.2	Toets op maat technische innovatie	178
<b>28</b>	<b>Assembleren, van toetsoordeel per vak naar veiligheidsoordeel</b>	<b>178</b>
28.1	Veiligheidsoordeel	178
28.2	Assembleren	179
<b>29</b>	<b>Symbolen</b>	<b>180</b>
<b>30</b>	<b>Afkortingen</b>	<b>183</b>
<b>31</b>	<b>Literatuur</b>	<b>183</b>
<b>Appendices</b>		<b>184</b>
<b>A. Zonering en profielen</b>		<b>184</b>
<b>B. Ondergrondscenario's</b>		<b>190</b>
<b>C. Indeling objecten/kunstwerken</b>		<b>191</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Inleiding

Het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (hierna: WBI 2017) bevat zowel de voorschriften voor het bepalen van de hydraulische belastingen en de sterkte, als de procedurele voorschriften voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Het WBI 2017 bestaat uit een ministeriële regeling (Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017) met de volgende bijlagen:

Bijlage I	<u>Procedure beoordeling veiligheid primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage I Procedure). In deze bijlage staat de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling en worden de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het WBI 2017 worden gebruikt.
Bijlage II	<u>Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen). In deze bijlage wordt de methode beschreven om de hydraulische belastingen op de primaire waterkeringen te bepalen.
Bijlage III	<u>Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen</u> (hierna: Bijlage III Sterkte en veiligheid). In deze bijlage staat op welke manier de primaire waterkering moet worden beoordeeld om te komen tot een oordeel over de veiligheid van de gehele kering.

Het voorliggende document is Bijlage III Sterkte en veiligheid.

Toelichtende teksten bij de regels zijn cursief weergegeven.

### 1.2 Gehanteerde begrippen

Hieronder staan de definities van de meest voorkomende begrippen. Voor een uitgebreid overzicht van de begrippen wordt verwezen naar Bijlage I Procedure, appendix B.

Tabel 1-1 Definities voor de meest voorkomende begrippen.

<b>Dijktraject</b>	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk genormeerd is.
<b>Faalkans</b>	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie. <sup>1</sup>
<b>Faalkans per vak of Faalkans per doorsnede of Faalkans per kunstwerk</b>	Faalkans voor een vak voor een toetsspoor als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per vak. Een vak heeft betrekking op een dijkdorsnede, duinenraai of kunstwerk.
<b>Faalkans per traject</b>	Faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen als resultaat van de analyse in de gedetailleerde toets per traject of in de toets op maat.
<b>Faalkanseis per traject</b>	Toelaatbare faalkans voor een dijktraject voor een toetsspoor of combinatie van toetssporen voor een faalkansbegroting afgeleid uit de norm.



<b>Faalkanseis per vak of Faalkanseis per doorsnede of Faalkanseis per kunstwerk</b>	Toelaatbare faalkans voor een vak per toetsspoor afhankelijk van de faalkansbegroting, het lengte-effect en de norm.
<b>Norm</b>	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens of signaleringswaarde.
<b>Toetsoordeel</b>	Resultaat van een eenvoudige toets, gedetailleerde toets of toets op maat.
<b>Toetsoordeel per traject</b>	Resultaat van een toetsspoor of een combinatie van toetssporen voor een dijktraject.
<b>Toetsoordeel per vak of Toetsoordeel per vak per toetsspoor</b>	Resultaat van een toetsspoor voor een vak
<b>Toetsspoor</b>	De wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld.
<b>Signaleringswaarde</b>	Overstromingskans van het dijktraject waarvan overschrijding gemeld moet worden aan de Minister van I en M.
<b>Ondergrens</b>	Overstromingskans van het dijktraject die hoort bij het minimale beschermingsniveau dat de kering moet bieden.
<b>Vak</b>	Een deel van een waterkering – dijkdoorsnede, duinenraai of kunstwerk – met uniforme eigenschappen en belasting <sup>2</sup> .
<b>Veiligheidsoordeel</b>	Oordeel over de veiligheid tegen overstromen van het dijktraject.

- <sup>1</sup> Deze definitie van faalkans wijkt af van de definitie van faalkans in artikel 1.1. van de Waterwet. Het begrip 'faalkans' in de Waterwet is specifiek gekoppeld aan voorliggende keringen, en komt daar in de plaats van het begrip 'overstromingskans' dat voor de overige primaire keringen wordt gebruikt.
- <sup>2</sup> Hoe te komen tot een vakindeling staat in de schematiseringshandleidingen.

### 1.3 Leeswijzer

Het voorliggende document bevat de voorschriften voor het bepalen van de sterkte en het beoordelen van de veiligheid van de primaire waterkering. De volgende hoofdstukken zijn opgenomen.

<i>Hoofdstuk 2</i>	<b>Toetssporen.</b> Dit hoofdstuk beschrijft de opbouw van de toetssporen en de indeling van het toetsoordeel in categorieën. Op basis van dit hoofdstuk kunnen, per type waterkering, de toetssporen worden bepaald die dienen te worden doorgelopen.
<i>Hoofdstuk 3</i>	<b>Hydraulische en overige belastingen.</b> In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe de hydraulische en overige belastingen per toetsspoor worden bepaald.
<i>Hoofdstuk 4</i>	<b>Algemeen proces van schematiseren.</b> Dit hoofdstuk behandelt het globaal proces van schematiseren.
<i>Hoofdstuk 5 t/m 26</i>	<b>Uitwerking toetssporen.</b> Deze hoofdstukken bevatten de uitwerking van de verschillende toetssporen. De beoordeling per toetsspoor vindt plaats volgens de procedure zoals beschreven in Bijlage I Procedure. In elke van de hoofdstukken 5 t/m 26 worden de stappen van de beoordeling voor een toetsspoor beschreven.
<i>Hoofdstuk 28</i>	<b>Assembleren, van toetsoordeel per vak naar veiligheidsoordeel.</b> Dit hoofdstuk beschrijft de wijze van assembleren van de toetsoordelen naar een veiligheidsoordeel.
<i>Hoofdstuk 29</i>	<b>Symbolen.</b> Lijst van symbolen.
<i>Hoofdstuk 30</i>	<b>Afkortingen.</b> Lijst met gehanteerde afkortingen.
<i>Hoofdstuk 31</i>	<b>Literatuur.</b> Lijst van verwijzingen naar gehanteerde literatuur.

## 2 Toetssporen

Dit hoofdstuk beschrijft welke toetssporen per type waterkering dienen te worden doorlopen en welke hydraulische en overige belastingen relevant zijn.

### 2.1 Overzicht toetssporen

De beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen kent verschillende toetssporen.

*Een toetsspoor is de wijze waarop een mechanisme of een onderdeel van de waterkering wordt beoordeeld. Een toetsspoor bestaat in de meeste gevallen uit een: eenvoudige toets, een gedetailleerde toets en een toets op maat. De verschillende toetsen worden in de volgende hoofdstukken per toetsspoor uitgewerkt.*

De toetssporen kunnen op grond van de beschikbare berekeningswijze en of zij betrekking hebben op directe of indirecte mechanismen, worden onderverdeeld in vijf groepen:



groep 1	<i>Toetssporen waarbij de gedetailleerde toets per vak met een probabilistische analyse wordt uitgevoerd.</i> Het betreft de toetssporen hoogte kunstwerk, betrouwbaarheid sluiting kunstwerk, sterkte en stabiliteit puntconstructie, grasbekleding erosie kruin en binnentalud.
groep 2	<i>Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd die door extrapolatie een afstand tot de norm levert.</i> Het betreft de toetssporen macrostabiliteit binnenwaarts, piping en piping bij kunstwerk, waarbij de onzekerheid in de sterkte dominant is.
groep 3	<i>Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd.</i> De veiligheidsfactoren voor deze analyse zijn voor het WBI 2017 opnieuw afgeleid. Er zijn aparte berekeningen nodig met aangepaste hydraulische belastingen, om de afstand tot de norm te geven. Het betreft de toetssporen duinafslag, stabiliteit steenzetting, golfklappen op asfaltbekleding, grasbekleding erosie buitentalud.
groep 4	<i>Toetssporen waarvoor geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening met veiligheidsfactoren die voor WBI 2017 zijn afgeleid beschikbaar zijn.</i> Het betreft de toetssporen die niet zijn gewijzigd ten opzichte van het voorgaande toetsinstrumentarium danwel toetssporen waarvoor geen gedetailleerde toets beschikbaar is. Het gaat om de toetssporen microstabiliteit, wateroverdruk bij asfaltbekleding, grasbekleding afschuiven buitentalud, grasbekleding afschuiven binnentalud, sterkte en stabiliteit langsconstructies en technische innovatie en macrostabiliteit buitenwaarts. Het toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts is in feite een indirect mechanisme, maar valt in het WBI 2017 in groep 4.
groep 5	<i>Toetssporen die de beoordeling van indirecte mechanismen beschrijven.</i> Een indirect mechanisme is een mechanisme dat niet direct leidt tot falen van de waterkering, maar de kans op falen door een vervolgmecanisme vergroot. Het betreft de toetssporen golfafslag voorland, afschuiving voorland, zettingsvloeiing voorland, havendammen en niet waterkerende objecten (bebouwing, begroeiing, kabels en leidingen en overige constructies).

Afhankelijk van de groep wordt de nuancering (indeling in categorieën) in het toetsoordeel per toetsspoor op een andere wijze bepaald. In tabel 2-1 zijn per type waterkering de relevante toetssporen en weergegeven. Per toetsspoor worden de beschikbare toetsen en schematiseringshandleidingen weergegeven. Voor de toets op maat zijn geen voorschriften beschikbaar (zie paragraaf 2.5).

Tabel 2-1 Toetssporen per type waterkering. (ET= eenvoudige toets, GT= gedetailleerde toets, X= voorschrift aanwezig)

Toetssporen	Code	Groep	ET	GT per vak	GT per traject	Hoofdstuk	Schematiserings-handleiding
<b>Dijken en dammen</b>	STBI	2	X	X	X	5	Macrostabiliteit
Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	4	X	X		6	Macrostabiliteit
Piping	STPH	2	X	X	X	7	Piping
Microstabiliteit	STMI	4	X	X		8	Microstabiliteit
<i>(Bekledingen)</i>							
Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	3	X	X		9	Asfaltbekleding
Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	4	X	X		10	Asfaltbekleding
Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	3	X	X		11	Grasbekleding
Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	4	X			12	Grasbekleding
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	1			X	13	Grasbekleding en Hoogte
Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	4	X			14	Grasbekleding en Hoogte
Stabiliteit steenzetting	ZST	3	X			15	Steenzetting
<b>Duinwaterkering</b>							
Duinafslag	DA	3		X	X	16	Duinafslag
<b>Kunstwerken</b>							
Hoogte kunstwerk	HTKW	1	X	X	X	17	Hoogte kunstwerk
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	1	X	X	X	18	Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk
Piping bij kunstwerk	PKW	2	X	X		19	Piping bij kunstwerk
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	1		X	X	20	Sterkte en stabiliteit kunstwerk,
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	4	X			21	puntconstructie
<b>Voorland</b>							
Golfafslag voorland	VLGA	5	X			22	Voorland golfafslag
Afschuiving voorland	VLAF	5	X	X		23	Afschuiving voorland
Zettingsvloeiing voorland	VLZV	5	X	X		24	Zettingsvloeiing
<b>Niet-waterkerende objecten</b>						25	
Bebouwing	NWObe	5	X				
Begroeiing	NWObo	5	X				
Kabels en leidingen	NWOkl	5	X	X			
Overige constructies	NWOoc	5					



Toetssporen	Code	Groep	ET	GT per vak	GT per traject	Hoofdstuk	Schematiserings-handleiding
Havendammen	HAV	5	X	X		26	Hydraulische condities aan de dijkteen
Technische innovatie	INN	4	X			27	

## 2.2 Eenvoudige toets

In de eenvoudige toets wordt per vak en per toetsspoor met eenvoudige beslisregels gecontroleerd of het toetsspoor relevant is. Als wordt voldaan aan de beslisregels is de bijdrage van het mechanisme of falen van het onderdeel van de waterkering aan de overstromingskans van het dijktraject verwaarloosbaar klein. De beslisregels zijn gebaseerd op veilige afmetingen van (onderdelen van) de waterkering, algemene eigenschappen van de waterkering waardoor een mechanisme niet kan optreden of eenvoudige rekenregels. Het resultaat van de eenvoudige toets is een toetsoordeel per vak.

Als niet wordt voldaan aan de eisen van de eenvoudige toets wordt de beoordeling voortgezet met een gedetailleerde toets per vak.

De beheerder kan de keuze maken de eenvoudige toets over te slaan en de beoordeling starten met de gedetailleerde toets per vak. Voor enkele toetssporen is geen eenvoudige toets beschikbaar en begint de beoordeling altijd met de gedetailleerde toets per vak.

*Voor de eenvoudige toets gelden de volgende uitgangspunten:*

- Voor de eenvoudige toets wordt een dijktraject voor elk toetsspoor opgedeeld in vakken. Per toetsspoor wordt de wijze van oordelen beschreven in de schematiseringshandleidingen.
- Resultaat van een beslisregel is de conclusie dat wel of niet aan de voorwaarde van voldoende kleine kans op falen wordt voldaan.
- Eenvoudige beslisregels zijn gebaseerd op eenvoudig in te winnen gegevens. De beslisregels zijn gebaseerd op historische analyses, (gebieds)eigenschappen met betrekking tot de waterkering en eenvoudige relaties.
  - *Beslisregels die aangeven of een mechanisme relevant is voor het betreffende type waterkering.*
  - *Beslisregels die aangeven of de kans op een mechanisme onafhankelijk van Hydraulische Belastingen klein is (piping treedt bijvoorbeeld niet op bij een zanddijk op een zandondergrond).*
  - *Beslisregels die aangeven of de kans op een mechanisme gegeven maatgevende Hydraulische Belastingen klein is (er treedt bijvoorbeeld geen erosie van het buitentalud op bij golven kleiner dan 0,25 m).*

*Beslisregels kunnen zijn onderbouwd door een theoretische beschouwing, probabilistische analyses of pragmatische expert judgement. Onderbouwingen van de beslisregels staan in achtergrondrapporten.*

## 2.3 Gedetailleerde toets per vak

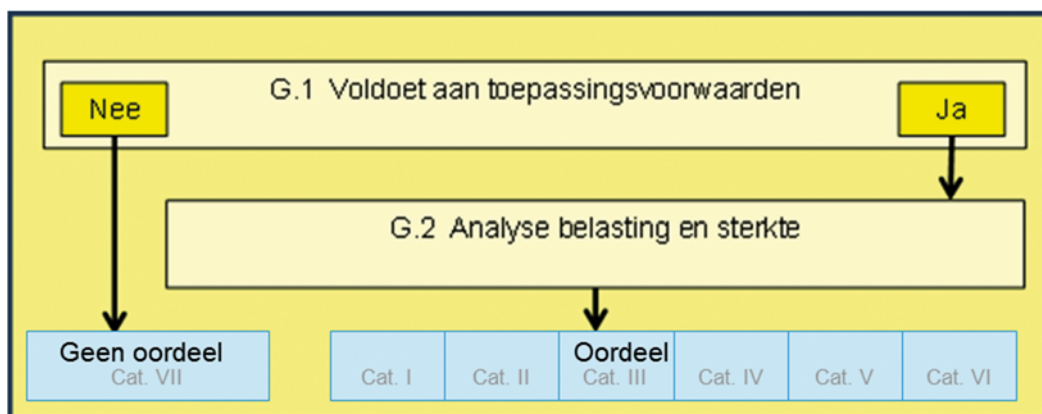
In de gedetailleerde toets per vak wordt met rekenmodellen gecontroleerd of aan de eisen wordt voldaan. Per toetsspoor wordt een faaldefinitie gegeven en een rekenmodel voorgeschreven. Bij het rekenmodel horen toepassingsvoorwaarden en een schematiserings-handleiding.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

Indien op grond van de toepassingsvoorwaarden de conclusie wordt getrokken dat het toetsspoor niet relevant is, of dat het rekenmodel niet toepasbaar is, dan kan er geen oordeel worden geveld.



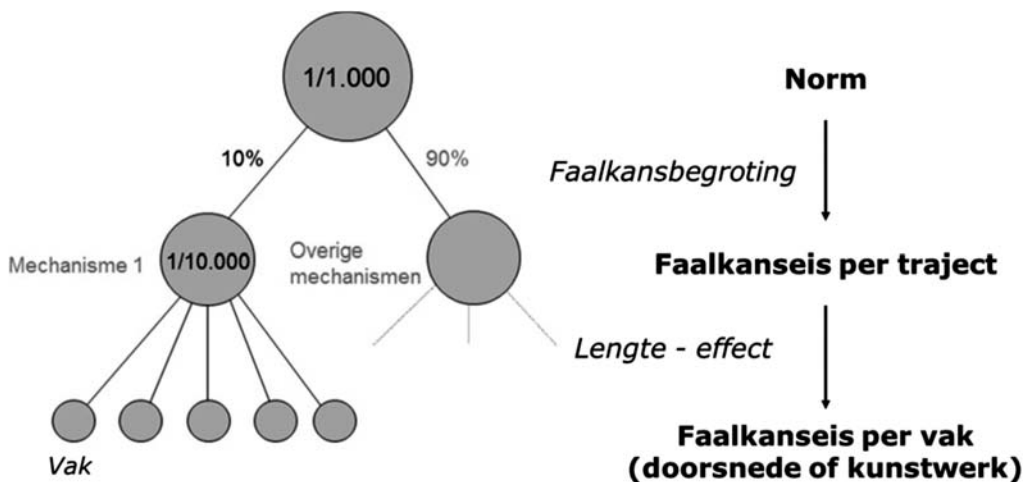


Figuur 2-1 Generiek schema gedetailleerde toets.

Als aan de toepassingsvoorwaarden wordt voldaan, dan worden in een analyse de belasting, sterkte en de eisen met elkaar vergeleken. Op die vergelijking wordt het toetsoordeel gebaseerd waarbij onderscheid wordt gemaakt in zeven categorieën, zie par. 2.6.1 (tabel 2-3). De analyse bestaat uit het vergelijken van de faalkans per vak met de faalkanseis per vak. De faalkans per vak wordt uitgedrukt in faalkans per doorsnede of kunstwerk.

#### Faalkanseis per vak (doorsnede of kunstwerk)

De toelaatbare overstromingskans van het dijktraject (de norm) wordt via een voorgeschreven methode verdeeld over de toetssporen (faalkansbegroting) en daarna per toetsspoor over de bijhorende vakken door het in rekening brengen van een lengte-effect. Op deze manier wordt voor ieder toetsspoor een faalkanseis per vak (doorsnede of kunstwerk) afgeleid. Deze stappen zijn ter illustratie weergegeven in figuur 2-3.



Figuur 2-3 Illustratie van het bepalen van de faalkanseis per vak (doorsnede of constructie) voor een toetsspoor.

#### Faalkansbegroting

De faalkansbegroting is de verdeling van de faalkansruimte over de verschillende toetssporen. De beschikbare faalkansruimte van een toetsspoor wordt aangegeven met een faalkansruimtefactor  $\omega$ . In tabel 2-2 is deze faalkansruimtefactor voor de verschillende toetssporen aangegeven.

Tabel 2-2 Faalkansruimtefactor  $\omega$  voor de verschillende toetssporen voor de gedetailleerde toets per vak.

Toetsspoor	Duinen	Dijken en dammen
Hoogte kunstwerk (HTKW) of <sup>1</sup> Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	0	0,24
Piping (STPH)	0	0,24
Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	0	0,04
Gras Erosie Buitentalud (GEBU)	0	0,05
Overige bekledingen buitentalud	0	0,05



Toetsspoor	Duinen	Dijken en dammen
Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)	0	0,04
Piping bij kunstwerk (PKW)	0	0,02
Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	0	0,02
Duinafslag (DA)	0,70	0
Overige toetssporen	0,30	0,30

<sup>1</sup> Een vak bestaat uit een kunstwerk of grasbekleding.

### Faalkanseis per traject

De faalkanseis per traject is gelijk aan  $\omega P_{eis}$  met:

$P_{eis}$  Norm van het dijktraject [1/jaar].  
 $\omega$  Faalkansruimtefactor voor het betreffende toetsspoor, voorgeschreven voor de gedetailleerde toets per vak, zie tabel 2-2 [-].

### Lengte-effect

De faalkanseis per doorsnede of kunstwerk wordt voor een toetsspoor afgeleid door het in rekening brengen van een lengte-effect. Het lengte-effect wordt bepaald door de variabiliteit binnen een dijktraject.

De wijze waarop een lengte-effectfactor voor een doorsnede of kunstwerk  $N_{dsn}$  wordt bepaald is afhankelijk van het toetsspoor en is onderdeel van het schematiseringsproces. Dit wordt in dit voorschrift bij de betreffende toetssporen aangegeven.

### Faalkanseis per vak (doorsnede of kunstwerk)

De faalkanseis per doorsnede of kunstwerk die aan een toetsspoor wordt gesteld wordt als volgt afgeleid:

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega P_{eis}}{N_{dsn}} \quad \text{Vgl 2.1}$$

Waarin:

$P_{eis;dsn}$  Faalkanseis per doorsnede of kunstwerk [1/ jaar].  
 $P_{eis}$  Norm van het dijktraject [1/jaar].  
 $\omega$  Faalkansruimtefactor voor het betreffende toetsspoor [-].  
 $N_{dsn}$  Lengte-effectfactor voor een doorsnede of kunstwerk [-].

### Analyse belasting en sterkte

De wijze waarop de faalkansbegroting en het lengte-effect moeten worden meegenomen in de analyse verschilt per toetsspoor.

Voor de vijf in paragraaf 2.1 aangegeven groepen geldt:

- groep 1 *Toetssporen waarbij de gedetailleerde toets per vak met een probabilistische analyse wordt uitgevoerd. Voor deze toetssporen zijn de faalkansbegroting en het lengte-effect van invloed op het bepalen van de hydraulische belasting. De faalkans per vak wordt direct vergeleken met de faalkanseis per doorsnede of kunstwerk.*
- groep 2 *Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd die door extrapolatie een afstand tot de norm levert. Voor deze toetssporen wordt de norm van het dijktraject gebruikt voor het afleiden van de hydraulische belastingen. De faalkansruimte en het lengte-effect voor het betreffende toetsspoor worden in de rekenregels voor het bepalen van de faalkans verdisconteerd.*
- groep 3 *Toetssporen waarbij in de gedetailleerde toets per vak een semi-probabilistische analyse wordt uitgevoerd. Voor deze toetssporen wordt de norm van het dijktraject gebruikt voor het afleiden van de hydraulische belastingen. De faalkansruimte en het lengte-effect voor het betreffende toetsspoor wordt in de rekenregels voor het bepalen van de faalkans verdisconteerd. Uitzondering hierop is het toetsspoor duinafslag, evenals het toetsspoor grasbekleding erosie buitentalud. Voor dit toetsspoor wordt de faalkansbegroting en het lengte-effect in de rekenregels voor het bepalen van de faalkans verdisconteerd.*



groep 4	<i>Toetssporen waarvoor geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening met veiligheidsfactoren die voor WBI 2017 zijn afgeleid beschikbaar zijn. Voor deze toetssporen wordt, uitgezonderd het toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts, niet gerekend met de faalkanseis per doorsnede of constructie. Faalkansbegroting en lengte-effect worden niet in rekening gebracht. Voor het afleiden van de hydraulische belastingen wordt de norm van het dijktraject gebruikt.</i>
groep 5	<i>Toetssporen die de beoordeling van indirecte mechanismen beschrijven. Deze toetssporen hebben betrekking op indirecte mechanismen, waarvoor geen faalkanseis per doorsnede of kunstwerk geldt. Voor het afleiden van de hydraulische belastingen wordt de norm van het dijktraject gebruikt.</i>

In de volgende hoofdstukken wordt per toetsspoor aangegeven op welke wijze de analyse belasting en sterkte wordt uitgevoerd.

*Voor de toetssporen in groep 1 is de faalkans per vak het resultaat van een berekening. Het resultaat van de belasting en sterkte analyse voor de overige toetssporen is een benaderde faalkans. In het voorschrift wordt voor het resultaat van de analyse belasting en sterkte analyse voor alle toetssporen aangeduid met 'faalkans per vak'.*

## 2.4 Gedetailleerde toets per traject

De gedetailleerde toets per traject bestaat uit een probabilistische beoordeling per dijktraject. Dit is een nadere (scherpere) beoordeling waarbij de vaste faalkansruimteverdeling per toetsspoor en het vaste lengte-effect kunnen worden losgelaten. De analyse bestaat uit de vergelijking van de faalkans per traject met de faalkanseis per traject. Het resultaat is een toetsoordeel per traject.

De gedetailleerde toets per traject is beschikbaar voor de toetssporen in groep 1, groep 2 en voor het toetsspoor duinafslag.

Een beoordeling per dijktraject voor de toetssporen waarvoor de gedetailleerde toets per traject niet beschikbaar is, is alleen mogelijk binnen de toets op maat.

*De gedetailleerde toets per traject maakt gebruik van dezelfde toepassingsvoorwaarden en fysische en statistische modellen als de gedetailleerde toets per vak. Ook kan dezelfde schematisering worden gebruikt en er zijn geen andere invoergegevens nodig. De resultaten van de gedetailleerde toets per traject geven inzicht in welke eigenschappen van de waterkering de grootste invloed hebben op de overstromingskans van het dijktraject. In sommige gevallen kan deze informatie inzicht geven waar meer of nauwkeurigere gegevens kunnen leiden tot een scherper toetsoordeel. Dit is dan aanleiding om de berekeningen te maken met aangescherpte invoergegevens.*

## 2.5 Toets op maat

De toets op maat maakt het mogelijk om locatie-specifieke analyses of geavanceerde analyses uit te voeren die beter aansluiten bij de lokale situatie of waarnemingen van de beheerder. Gecontroleerd kan worden of met andere rekenmodellen of het aanscherpen van de definitie van falen (die dus dichterbij daadwerkelijk falen ligt, bijvoorbeeld door het meenemen van reststerkte, of aangepaste hydraulische randvoorwaarden) een scherper beeld kan worden verkregen over in hoeverre de waterkering al dan niet voldoet aan de norm. Als het toetsoordeel niet in overeenstemming is met de kennis van de beheerder, dan kan de toets op maat bestaan uit een onderbouwd oordeel van de beheerder.

Binnen de Toets op maat is het mogelijk de generieke faalkansbegroting uit de gedetailleerde toets per vak (zie paragraaf 2.2) te optimaliseren voor de specifieke omstandigheden van het traject. Daarbij geldt dat:

- Het totaal van de faalkansruimtefactoren voor de toetssporen 100% blijft.
- De faalkansbegroting geldt voor het hele traject. Een wijziging heeft consequenties voor alle vakken van een toetsspoor waarvan de faalkansruimtefactor wijzigt.
- Een gedetailleerde toets per traject geeft een nauwkeuriger resultaat.

*Aanpassen van faalkansbegroting kan zinvol zijn:*

- Wanneer de faalkansruimte significant (circa 5 keer) groter wordt en
- Het vak in de gedetailleerde toets per vak net niet aan de faalkanseis per vak voldoet (toetsoordeel na gedetailleerde toets per vak is categorie IIIv)

Binnen de toets op maat wordt per toetsspoor een overzicht gegeven van mogelijke analyses die kunnen worden uitgevoerd voor een nadere veiligheidsanalyse.

## 2.6 Toetsoordeel: indeling in categorieën

De toetsoordelen per vak voor een toetsspoor en de toetsoordelen per traject voor een toetsspoor of de combinatie van meerdere toetssporen worden uitgedrukt in categorieën. De begrenzing van de categorieën is gerelateerd aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens van het dijktraject. Een toetsoordeel wordt ingedeeld in een categorie op basis van de voorschriften in paragraaf 2.6.1 t/m 2.6.3.

In hoofdstuk 28 wordt beschreven hoe op basis van de toetsoordelen per vak en toetsoordelen per traject per toetsspoor of combinatie van toetssporen het veiligheidsoordeel over het dijktraject wordt bepaald. Deze samenvoeging wordt assembleren genoemd.

### 2.6.1 Categorieën voor het toetsoordeel per vak per toetsspoor

De toetsoordelen per vak per toetsspoor worden uitgedrukt in zeven categorieën, gerelateerd aan de afstand tot de norm. De categorieën van het toetsoordeel per vak per toetsspoor zijn weergegeven in tabel 2-3.

Tabel 2-3 Categorieën voor het toetsoordeel per vak per toetsspoor.

Cat.	Aanduiding categorie toetsoordeel per vak per toetsspoor	Begrenzing categorie
		$P_{f,dsn}$ Faalkans per vak (doorsnede of kunstwerk) [1 jaar] $P_{eis;sig}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;ond}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;sig;dsn}$ Faalkanseis per doorsnede of kunstwerk [1/jaar]
I <sub>v</sub>	voldoet ruim aan de signaleringswaarde	$P_{f,dsn} < \frac{1}{30} P_{eis;sig;dsn}$
II <sub>v</sub>	voldoet aan de signaleringswaarde	$\frac{1}{30} P_{eis;sig;dsn} < P_{f,dsn} < P_{eis;sig;dsn}$
III <sub>v</sub>	voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde	$P_{eis;sig;dsn} < P_{f,dsn} < P_{eis;ond;dsn}$
IV <sub>v</sub>	voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde	$P_{eis;ond;dsn} < P_{f,dsn} < P_{eis;ond}$
V <sub>v</sub>	voldoet niet aan de ondergrens	$P_{eis;ond} < P_{f,dsn} < 30P_{eis;ond}$
VI <sub>v</sub>	voldoet ruim niet aan de ondergrens	$P_{f,dsn} > 30P_{eis;ond}$
VII <sub>v</sub>	nog geen oordeel	

In tabel 2-3 wordt de faalkanseis per doorsnede of kunstwerk, die is afgeleid uit de signaleringswaarde aangehouden voor de categoriegrenzen voor het toekennen van het toetsoordeel per vak en per toetsspoor aan categorie I<sub>v</sub> t/m III<sub>v</sub>.

- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie I<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet ruim'.
- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie II<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet zeker aan de signaleringswaarde'.
- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie III<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet zeker aan de ondergrens'.

*De toetsoordelen van de verschillende vakken en toetssporen samen bepalen uiteindelijk of het dijktraject aan signaleringswaarde voldoet.*

- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie IV<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet mogelijk aan de ondergrens of de signaleringswaarde'.

*De toetsoordelen van de verschillende vakken en toetssporen samen bepalen uiteindelijk of het dijktraject de aan signaleringswaarde of ondergrens voldoet.*

De ondergrens van het dijktraject wordt aangehouden voor de categoriegrenzen voor het toekennen van het toetsoordeel per vak en per toetsspoor aan categorie V<sub>v</sub> t/m VI<sub>v</sub>.

- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie V<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet niet aan de ondergrens'. De toetsoordelen van de overige toetssporen



kunnen er niet toe leiden dat het vak aan de ondergrens en dus ook niet aan signaleringswaarde voldoet.

- Als de faalkans per vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie VI<sub>v</sub>, is het toetsoordeel per vak gelijk aan 'voldoet ruim niet aan de ondergrens'.

Als de beoordeling (nog) niet heeft geleid tot een toekenning van een oordeel in de overige categorieën wordt het toetsoordeel 'nog geen oordeel'. Het vak voor het betreffende toetsspoor valt in categorie VII<sub>v</sub>.

## 2.6.2 Categorieën toetsoordeel per traject

Als de toetsoordelen per vak voor een toetsspoor of voor een combinatie van meerdere toetssporen worden gecombineerd tot een toetsoordeel per traject, dan worden de toetsoordelen per dijktraject uitgedrukt in zes categorieën, gerelateerd aan de afstand tot de norm. De indeling in categorieën van het toetsoordeel per traject is weergegeven in tabel 2-4.

Tabel 2-4 Categorieën van het toetsoordeel per traject.

Cat.	Aanduiding categorie toetsoordeel per traject	Begrenzing categorie
		$P_{f;traject}$ Faalkans per traject [1/jaar]. $P_{eis;sig}$ Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar]. $P_{eis;ond}$ Ondergrens van het dijktraject [1/jaar]. $\Omega$ Gecombineerde faalkansruimtefactor
I <sub>t</sub>	voldoet ruim aan de signaleringswaarde	$P_{f;traject} < \frac{1}{30} \Omega P_{eis;sig}$
II <sub>t</sub>	voldoet aan de signaleringswaarde	$\frac{1}{30} \Omega P_{eis;sig} < P_{f;traject} < \Omega P_{eis;sig}$
III <sub>t</sub>	voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de ondergrens	$\Omega P_{eis;sig} < P_{f;traject} < P_{eis;sig}$
IV <sub>t</sub>	voldoet mogelijk aan de ondergrens	$\Omega P_{eis;ond} < P_{f;traject} < P_{eis;ond}$
V <sub>t</sub>	voldoet niet aan de ondergrens	$P_{eis;ond} < P_{f;traject} < 30 P_{eis;ond}$
VI <sub>t</sub>	voldoet ruim niet aan de ondergrens	$P_{f;traject} > 30 P_{eis;ond}$

De beschikbare faalkansruimte voor de gecombineerde toetssporen wordt per dijktraject aangegeven met de gecombineerde faalkansruimtefactor  $\Omega$ . Deze wordt bepaald door de som van de faalkansruimtefactoren van de beschouwde toetssporen.

*De gecombineerde faalkansruimtefactor  $\Omega$  is in principe niet groter dan 0,7. Dit omdat 30% van de faalkansruimte is gereserveerd voor de 'overige' toetssporen van tabel 2-2.*

In tabel 2-4 wordt de signaleringswaarde van het dijktraject aangehouden voor de categoriegrenzen voor het toekennen van het toetsoordeel per traject aan categorie I<sub>t</sub> t/m III<sub>t</sub>.

- Als de faalkans per traject valt in categorie I<sub>t</sub>, is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet ruim aan de signaleringswaarde'.
- Als de faalkans per traject valt in categorie II<sub>t</sub>, is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet aan de signaleringswaarde'.
- Als de faalkans per traject valt in categorie III<sub>t</sub>, is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde'.

*De toetsoordelen van de verschillende vakken en toetssporen samen bepalen uiteindelijk of het dijktraject aan de signaleringswaarde voldoet*

- Als de faalkans per traject valt in categorie IV<sub>t</sub>, is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet mogelijk'.

*De toetsoordelen van de verschillende vakken en toetssporen samen bepalen uiteindelijk of het dijktraject aan de signaleringswaarde of de ondergrens voldoet.*

De ondergrens van het dijktraject wordt aangehouden voor de categoriegrenzen voor het toekennen



van het toetsoordeel per traject aan categorie  $V_t$  t/m  $VI_t$ .

- Als de faalkans per traject valt in categorie  $V_t$ , is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet niet aan de ondergrens'.

*De toetsoordelen van de overige toetssporen kunnen er niet toe leiden dat het dijktraject aan de ondergrens, en dus ook niet aan signaleringswaarde, voldoet.*

- Als de faalkans per traject valt in categorie  $VI_t$ , is het toetsoordeel per traject voor het betreffende toetsspoor of de combinatie van toetssporen gelijk aan 'voldoet ruim niet aan de ondergrens'.

### 2.6.3 Toekenning van een categorie op basis van de bepaalde faalkans

De wijze waarop een categorie wordt toegekend aan een toetsoordeel is afhankelijk van de uitgevoerde toets. Voor de toetssporen die behoren tot groep 1 t/m 4 geldt:

- Als uit de eenvoudige toets resulteert dat de faalkans per vak verwaarloosbaar is of dat het toetsspoor niet relevant is dan wordt de categorie  $I_v$  aan het vak toegekend voor het betreffende toetsspoor.
- Indien het toetsoordeel volgt uit een gedetailleerde toets per vak, kan de categorie voor het toetsoordeel per vak en per toetsspoor rechtstreeks worden bepaald. Uitzondering hierop vormen de toetssporen uit groep 3. Voor deze toetssporen zijn aanvullende berekening met hydraulische belastingen en een veiligheidsfactor bij de verwachte overstromingskans waarbij het toetsspoor voldoet nodig om de categorie van het toetsoordeel te bepalen.
- De wijze waarop de categorie van het toetsoordeel in een toets op maat wordt bepaald is afhankelijk van de uitgevoerde toets op maat en onderdeel van de toets zelf.
- Indien het toetsoordeel volgt uit een gedetailleerde toets per traject kan de categorie van het toetsoordeel rechtsreeks worden bepaald uit de faalkans per traject op basis van tabel 2-4.
- Voor de toetssporen in groep 5 geldt dat wanneer is geconcludeerd dat een indirect mechanisme significante invloed heeft op een of meer directe mechanismen, de invloed op het toetsoordeel van de betreffende toetssporen in de toets op maat wordt bepaald. Bij een significante invloed wordt de categorie van de toetsoordelen van de betreffende toetssporen aangepast.

*Toetssporen in groep 5 hebben betrekking op de beoordeling van indirecte mechanismen. Dit zijn mechanismen die niet direct leiden tot falen van de waterkering, maar de kans op falen door een vervolgmecanisme vergroten.*

De toekenning van categorieën aan de toetsoordelen wordt ondersteund door de WBI 2017-software.

## 3 Hydraulische en overige belastingen

Als onderdeel van het uitvoeren van de beoordeling dienen per toetsspoor de relevante belastingen op de waterkering te worden bepaald. Hoe de belasting moet worden bepaald is voorgeschreven in Bijlage II Hydraulische belastingen. Er worden twee type belastingen onderscheiden:

- Hydraulische belastingen.
- Overige belastingen.

### 3.1 Hydraulische belastingen

*De hydraulische belastingen worden gevormd door:*

- Waterstanden, inclusief waterstandverlopen en lokale toeslagen.
- Windgolven.
- Stroming.

*Voor de verschillende toetssporen worden deze belastingen beschreven door Bijlage II Hydraulische belastingen.*

### 3.2 Overige belastingen

*Overige belastingen kunnen worden omschreven als invloeden of processen die de stabiliteit van de waterkering bedreigen, anders dan hydraulische belastingen, zoals:*

- Wind.
- IJs.
- Aardbevingen en aardschokken.
- Hydraulische belasting als gevolg van scheepvaart.
- Verkeer.
- Aanvaringen.





## Wind

De indirecte invloed van wind op de waterkeringen via waterstand en golven is onderdeel van de berekening van de hydraulische belastingen. De invloed van wind is in het geval van zandtransport door wind bij zeeweringen en golfvorming of spray bij golfoverslag verdisconteerd in de rekenregels.

Hoe moet worden omgegaan met de invloed van windbelasting op niet waterkerende objecten (NWO's) en via NWO's op andere toetssporen is aangegeven in hoofdstuk 26, toetsspoor Niet Waterkerende Objecten NWO.

## IJs

In Nederland bestaat geen regelgeving omtrent de wijze waarop bij het ontwerpen en beoordelen van grondconstructies rekening moet worden gehouden met ijsbelasting.

*Bij het ontwerp van constructies wordt kruierend ijs of drijvend ijs meegenomen als belasting. In de Leidraad kunstwerken is dit omschreven (TAW, 2003).*

## Aardbevingen en aardshokken

In het WBI 2017 zijn geen methoden opgenomen voor de beoordeling van de invloed van aardbevingen op de overstromingskans van een dijktraject. Met aardbevingen die het gevolg zijn van gaswinning wordt in de toets op maat binnen het toetsspoor macrostabiliteit binnenwaarts rekening gehouden.

Voor andere toetssporen en overige aardbevingen geldt dat wanneer gemotiveerd kan worden dat de overstromingskans door aardbevingen wordt beïnvloed, een toets op maat wordt uitgevoerd.

*Hierbij is het ter overweging van de beheerder of het aanscherpen van het toetsoordeel door kennis te ontwikkelen ten behoeve van de onderbouwing van de toets op maat, kosteneffectief is ten opzichte van het uitvoeren van een verbetermaatregel (zie stopcriteria in Bijlage I Procedure).*

## Hydraulische belasting als gevolg van scheepvaart

*Scheepsgolven kunnen op smalle wateren (zoals de Lek of smaller) maatgevend zijn boven windgolven. Scheepsgolven hebben echter geen invloed op golfoverslag. Bij extreem hoogwater wordt de scheepvaart, vooral in het riviereengebied, stilgelegd. De belasting van scheepsgolven op de bekleding komt voor onder dagelijkse omstandigheden en valt onder beheer en onderhoud. Indien de beheerder het noodzakelijk acht, kunnen scheepsgolven berekend worden met [PIANC, bulletin No 57].*

## Verkeer

Verkeersbelasting heeft effect op de stabiliteit van de waterkering. De wijze waarop de invloed van verkeer wordt meegenomen in de beoordeling staat beschreven in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

## Aanvaringen

Aanvaringen worden als belasting voor grondlichamen in dit voorschrift alleen meegenomen bij de beoordeling van afsluitmiddelen in kunstwerken (toetsspoor sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie).

*Drijvend vuil en wrakhout zijn in het algemeen te klein om serieuze schade aan een grondlichaam of een bekleding te veroorzaken; beschadiging van een grasbekleding is wel mogelijk, maar wordt niet behandeld in het kader van de beoordeling.*

## Hydraulische belasting als gevolg van scheepvaart

De waterbeweging als gevolg van langsvarende schepen bestaat uit:

- Een primaire scheepsgolf: frontgolf, tijdelijke waterspiegeldaling en haalgolf.
- Een secundaire scheepsgolf: boeg- dan wel hekgolf.
- Stroming: retourstroom en stroming door de schroefstraal.

In het algemeen zal een scheepsgeïnduceerde belasting geen rol spelen bij de beoordeling.



## 4 Algemeen proces van schematiseren

De wijze waarop de modelschematisering dient te worden opgezet is voor elk toetsspoor beschreven in de betreffende schematiseringshandleiding. De beschikbare schematiseringshandleidingen zijn per toetsspoor aangegeven in Tabel 2-1 (zie hoofdstuk 2). De wijze waarop een stochastische ondergrond-schematisering wordt meegenomen in de (volledige) schematisering en het uiteindelijke toetsoordeel staat beschreven in Appendix B.

Het proces van schematiseren is een iteratief proces, passend bij de werkwijze 'van grof naar fijn'. De beoordeling wordt gestart met een grove schematisering op basis van de beschikbare gegevens. Vervolgens wordt de schematisering tijdens de hele beoordeling verfijnd als dat nodig is om te komen tot een scherper oordeel. Om de schematisering te verfijnen kunnen extra gegevens nodig zijn.

Dit hoofdstuk beschrijft het iteratieve proces van schematiseren van de sterkte van de waterkering. Dit proces wordt uitgevoerd en gestopt conform de beoordelingsprocedure in hoofdstuk 3 Uitvoering van Bijlage I Procedure.

### 4.1 Stappenplan schematisering

Het schematiseren gebeurt per toetsspoor en bestaat uit de volgende stappen:

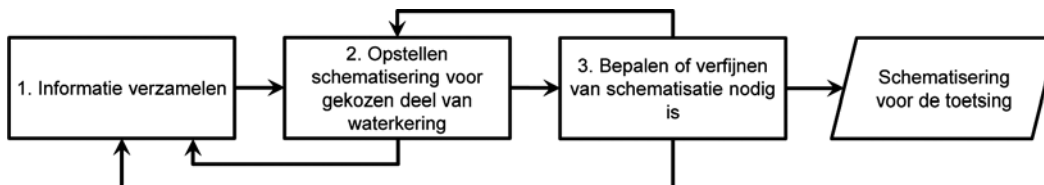
1. Het verzamelen van de relevante informatie over de waterkering met betrekking tot het toetsspoor.  
De mechanismebeschrijving en parameterlijst geven aan welke informatie relevant kunnen zijn voor het schematiseren van het mechanisme binnen een toetsspoor. Onder informatie wordt onder andere verstaan: meetgegevens, waarnemingen, ervaringen, eerdere schematiseringen en analyses (of analyseresultaten). Het verzamelen van informatie hoeft niet uitputtend te worden uitgevoerd.  
*De beheerder maakt op basis van technisch inhoudelijke kennis een afweging tussen de verwachte benodigde informatie en benodigde inspanning om te komen tot de gewenste schematisering. Mocht het in een vervolgstap noodzakelijk blijken meer informatie in te winnen, dan kan die informatie alsnog en gericht worden ingewonnen.*
2. Het opstellen van een schematisering voor een gekozen deel van de waterkering op basis van de verzamelde relevante informatie over de waterkering.  
Een schematisering heeft altijd betrekking op een gekozen deel van de waterkering. Andersom geldt dat de eigenschappen in het gekozen deel van de waterkering de schematisering bepaalt. De beheerder stelt op basis van technisch inhoudelijke kennis van het gedrag en de opbouw van de waterkering de schematisering op. De beheerder maakt in feite een technisch inhoudelijke onderbouwde vertaling van de verzamelde relevante informatie naar een schematisering. Hierbij dienen de aanwijzingen in de schematiserings-handleidingen als hulpmiddel voor het op objectieve en uniforme wijze komen tot een schematisering. Gemotiveerd afwijken van de aanwijzingen kan in bepaalde gevallen nodig zijn.  
*Bij het schematiseren werkt de beheerder van grof naar fijn. Het is vaak niet nodig om een zeer verfijnde schematisering op te stellen. De beheerder maakt op basis van technisch inhoudelijke kennis een inschatting van de benodigde mate van fijnheid van de schematisering om te komen tot het toetsoordeel. Ook kan de afweging worden gemaakt in inspanning om eerst met een beperkte inspanning grof te schematiseren en daarna met een gerichte inspanning de schematisering te verfijnen of om direct een relatief grotere inspanning te leveren om te komen tot een verfijnde schematisering.*  
Schematiseringskeuzes dienen te zijn onderbouwd op basis van de verzamelde informatie en te worden vastgelegd. Bij het schematiseren dient niet alleen rekening gehouden te worden met de beschikbare informatie, maar ook met de onzekerheden door het ontbreken van informatie. In deze stap kan de conclusie ook zijn dat er onvoldoende informatie beschikbaar is om (een deel) van de schematisering in de gewenste fijnheid op te kunnen stellen. In dat geval gaat de beheerder terug naar stap 1 en wint de benodigde informatie alsnog in.
3. Het bepalen of verdere verfijningen van delen van de schematisering of van de geschematiseerde eigenschappen van de waterkering nodig is.  
Om te kunnen beoordelen of een schematisering goed genoeg is, is een vergelijking tussen de resultaten op basis van de schematisering en de verwachtingen van de beheerder nodig. Hierbij is ook kennis nodig van de gebruikte modellen: het resultaat kan ook afwijken van de verwachting door het gebruikte model. Het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse kan de beheerder helpen om te bepalen of verfijningen van delen van de schematisering of geschematiseerde eigenschappen van de waterkering nodig zijn.

Het schematiseren en verfijnen van de schematisering kan worden beëindigd als:

- de verfijning van de schematisering of geschematiseerde eigenschappen niet leidt tot een ander toetsoordeel (andere categorie),
- wordt voldaan aan een van de criteria aangegeven in hoofdstuk 3 van Bijlage I Procedure (zie

paragraaf 3.2.5). Als verfijning van de schematisering nodig is, gaat de beheerder terug naar stap 2. Ook in deze stap kan de conclusie zijn dat er onvoldoende informatie beschikbaar is om (een deel) van de schematisering goed op te kunnen stellen. In dat geval gaat de beheerder terug naar stap 1 en wint de benodigde informatie alsnog in.

De flowchart van de schematiseringstappen is gegeven in figuur 4-1.



Figuur 4-1 Proces van schematiseren weergegeven in de vorm van een flowchart.

De onderbouwing van de stappen in de schematisering wordt vastgelegd in het logboek. Als is afgeweken van de werkwijze die is beschreven in de schematiseringshandleidingen, moet dit worden gemotiveerd en wordt de gehanteerde werkwijze vastgelegd.

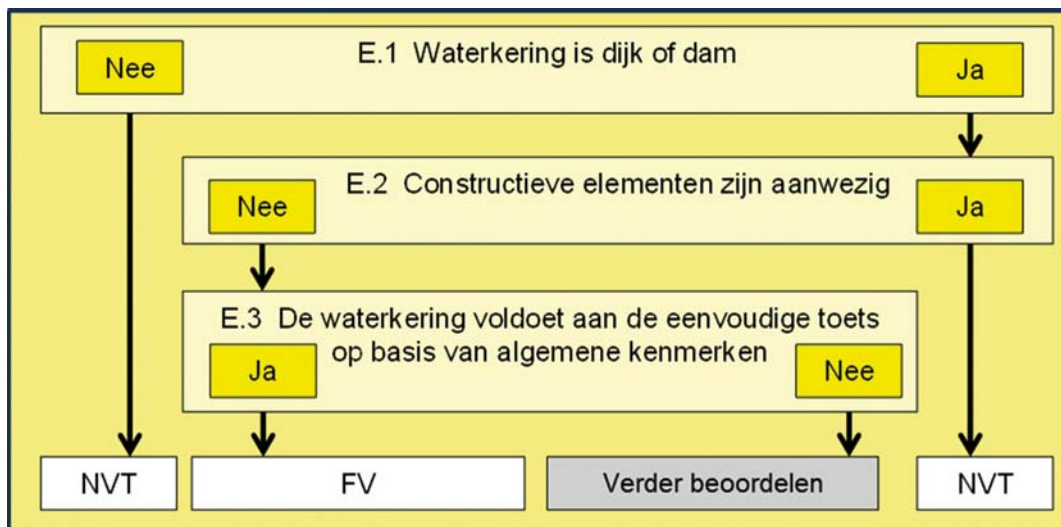
## 5 Macrostabieleit binnenwaarts (STBI)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de stabiliteit van een grondmoot, niet de stabiliteit van de bekleding of toplagen.

### 5.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets bestaat, zoals in Figuur 5-1 is aangegeven, uit drie stappen:

- Stap E.1 en E.2: Relevantietoets op basis van type waterkering.
- Stap E.3: Toets op basis van algemene kenmerken.



Figuur 5-1 Schema eenvoudige toets macrostabieleit binnenwaarts (STBI).

Stap E.1: Waterkering is dijk of dam.

Als de waterkering wordt gevormd door een grondlichaam anders dan een duin, dan dient de toets te worden vervolgd met Stap E.2.

Anders is het oordeel 'niet van toepassing' voor dit faalmechanisme. Het grondlichaam dient dan te worden beoordeeld als duinwaterkering (hoofdstuk 16, Duinafslag (DA)).

Stap E.2: Constructieve elementen zijn aanwezig in het grondlichaam.

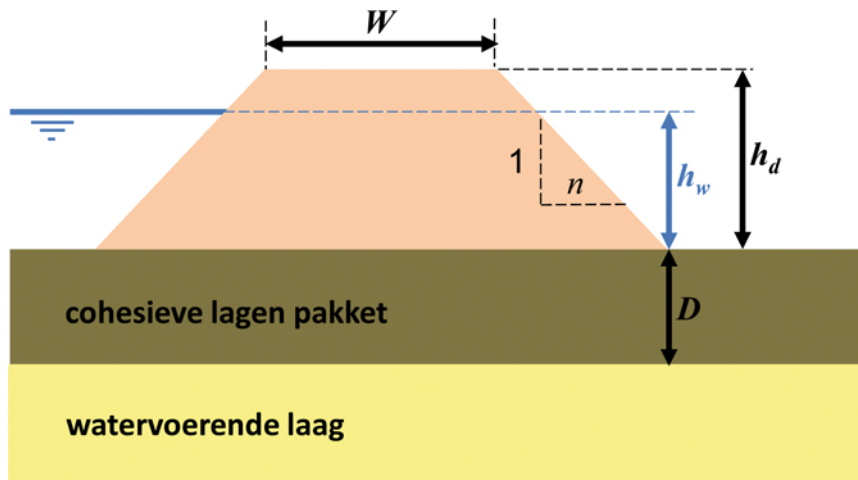
Wanneer het grondlichaam voor de binnenwaartse stabiliteit sterkte ontleent aan constructieve elementen (ankers, nagels, damwanden etc.) of kunstmatig versterkte grondkolommen of lagen (bijvoorbeeld Mixed in Place of versterkt veen) is de beoordeling op macrostabieleit binnenwaarts niet van toepassing. Afhankelijk van het type object(en) zal de macrostabieleit binnenwaarts worden

beoordeeld volgens één van de volgende toetsporen: sterkte en stabiliteit puntconstructie, sterkte en stabiliteit langsconstructie of technische innovatie.

Stap E.3: De waterkering voldoet aan de eenvoudige toets op basis van algemene kenmerken.

In de eenvoudige toets wordt nagegaan of op basis van het profiel van de kering kan worden gesteld of voldoende restprofiel overblijft na het optreden van een afschuiving. Als voldoende restprofiel aanwezig is, dan voldoet de waterkering aan de eenvoudige toets op basis van geometrische kenmerken. De faalkans is dan verwaarloosbaar klein. Deze toets is beschikbaar voor een kleidijk en voor een zanddijk met eventuele kleiafdekking. Wanneer in de dijk veenlagen aanwezig zijn op een niveau hoger dan het binnendijks maaiveldniveau kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Als de dijk voldoende hoog is in vergelijking met de waterhoogte die moet worden gekeerd, dan vindt de toets plaats op basis van grafieken, de zogenaamde contourplots. Deze zijn opgesteld op basis van een groot aantal berekeningen voor dijken van zand en van klei met uiteenlopende geometrieën. De geometrische parameters van de dijk die van belang zijn voor het aflezen van de contourplots zijn in Figuur 5-2 aangegeven.



Figuur 5-2 Overzicht geometrische kenmerken dijk.

Hierbij geldt:

$W$	Kruinbreedte [m]; range van 3 tot 30 m.
$n$	Cotangens van de helling van het binnentalud; $n$ in de range van 1 tot 6.
$h_d$	Dijkhoogte boven maaiveld binnendijks [m].
$D$	Dikte cohesieve lagen pakket [m].
$h_w$	Hoogte buitenwaterstand bij de norm boven het maaiveld binnendijks [m].

De buitenwaterstand bij de norm wordt bepaald volgens Bijlage II Hydraulische belastingen.

De toets op basis van algemene kenmerken mag alleen worden toegepast wanneer aan alle twee de volgende voorwaarden wordt voldaan:

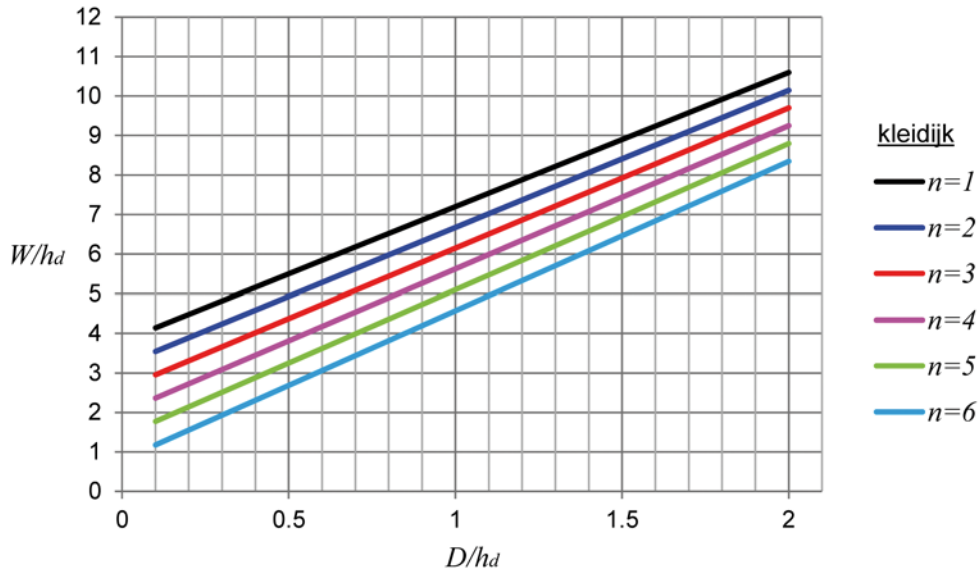
- De kruinbreedte en de helling van het binnentalud vallen binnen de bij deze parameters aangegeven ranges,
- De waterhoogte die de dijk keert is kleiner of gelijk aan 2/3 van de hoogte van het dijklichaam:

$$h_w \leq \frac{2}{3} h_d$$

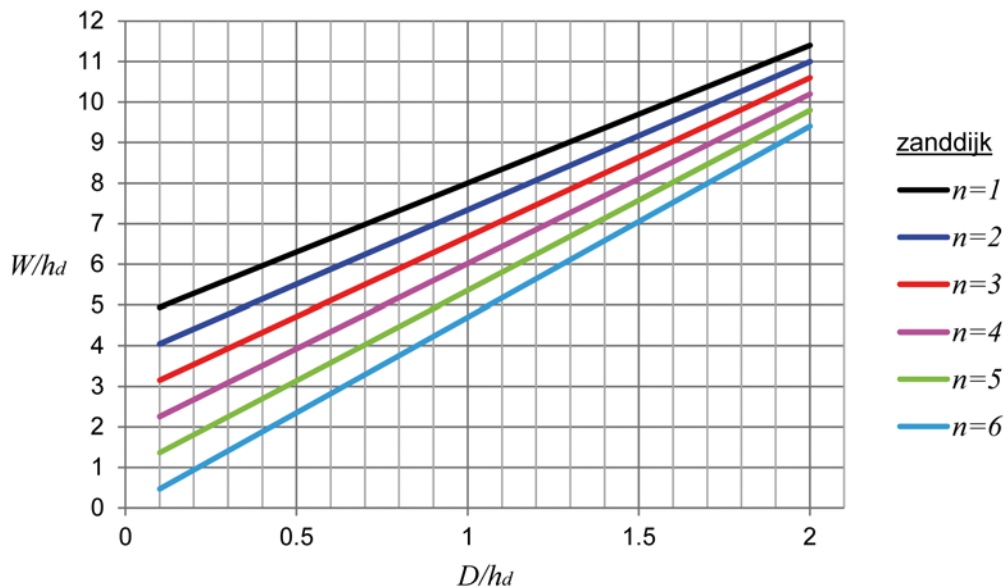
Vgl 5.1

Wanneer langs de binnenteenlijn een berm aanwezig is, moet voor de beoordeling uitgegaan worden van een dwarsprofiel waarbij de berm achterwege is gelaten, zie schematiserings-handleiding macrostabiliteit. In de schematiseringshandleiding macrostabiliteit is ook aangegeven hoe rekening te houden met een eventuele watergang (sloot) nabij de binnenteen.

In figuur 5-3 en figuur 5-4 zijn de contourlijnen voor een kleidijk respectievelijk een zanddijk weergegeven. Een zanddijk met een kleiafdekking dient te worden beoordeeld als zanddijk. Wanneer sprake is van een gemengde opbouw van de dijk waarbij veenlagen zijn uitgesloten, dienen de veilige afmetingen voor zanddijken te worden gebruikt.



Figuur 5-3 Contourplot met veilige afmetingen kleidijk.



Figuur 5-4 Contourplot met veilige afmetingen zanddijk.

In beide figuren is op de verticale as het quotiënt van de kruinbreedte  $W$  en de dijkhoogte  $hd$  weergegeven. Op de horizontale as staat het quotiënt van de dikte van de cohesieve lagen  $D$  en de dijkhoogte  $h_c$ . De gekleurde lijnen geven de lijnen voor de specifieke taludhellingen 1:  $n$ , met  $n = 1$  tot  $n = 6$ .

Gelet op de binnenwaartse stabiliteit heeft de dijk veilige afmetingen wanneer de te keren waterhoogte kleiner of gelijk is aan  $2/3$  van de dijkhoogte en de dijk wordt gekarakteriseerd door een punt met de coördinaten  $D/hd$  en  $W/hd$  boven de lijn die hoort bij de helling van het binnentalud. De faalkans is dan verwaarloosbaar (FV).

Wanneer de te keren waterhoogte groter is dan  $2/3$  van de hoogte van het dijklichaam of het punt waarmee de dijk wordt gekarakteriseerd ligt lager dan de lijn behorende bij de helling van het binnentalud, dan kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

## 5.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets wordt falen gedefinieerd als het binnenwaarts afschuiven van een grondmoot waardoor de kruin van de dijk wordt verlaagd en functieverlies van de waterkering zal optreden.

Dit mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).



De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3, Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

#### Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde.

Toepassingsvoorwaarde voor de in Stap G.2 voorgeschreven analyse, heeft betrekking op dezelfde check als stap E.2 uit de eenvoudige toets: het grondlichaam is vrij van constructieve elementen (ankers, nagels, damwanden etc.) en kunstmatig versterkte grondkolommen of grondlagen (bijvoorbeeld Mixed in Place of versterkt veen) Het gaat dan om het gedeelte van het grondlichaam dat wordt aangesproken bij mogelijk relevante binnenwaartse afschuivingen.

Indien er in het gedeelte van het grondlichaam dat wordt aangesproken bij mogelijk relevante binnenwaartse afschuivingen, wel sprake is van constructieve elementen die een bijdrage leveren aan de stabiliteit van de waterkering, dan is het rekenmodel niet van toepassing. De gedetailleerde toets leidt dan tot het oordeel: niet van toepassing. Afhankelijk van het type object(en) moet de macrostabiliteit binnenwaarts worden beoordeeld volgens één van de volgende toetsporen: sterkte en stabiliteit puntconstructie, sterkte en stabiliteit langconstructie of technische innovatie.

#### Stap G.2: Analyse belasting en sterkte.

De hydraulische belastingen worden bepaald volgens Bijlage II Hydraulische belastingen. Hoe hieruit een verloop van de freatische lijn wordt bepaald, wordt behandeld in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Voor het berekenen van de sterkte, de binnenwaartse stabiliteit wordt gebruik gemaakt van glijvlakanalyses volgens de methode LiftVan. De wijze waarop de analyse moet worden uitgevoerd staat beschreven in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Voor de glijvlakanalyses volgens de methode LiftVan is als stand-alone software DGStab beschikbaar. Voor de schematisering van de ondergrond staat in het kader van WBI 2017 de software D-soilmodel en SOS ter beschikking.

Teneinde rekening te houden met de onzekerheid in de opbouw van de ondergrond worden voor een doorsnede meerdere scenario's doorgerekend. In Appendix B wordt aangegeven hoe met deze scenario's wordt omgegaan.

#### *Faalkans per doorsnede*

De faalkans per doorsnede wordt voor de gedetailleerde toets gevonden op basis van de berekende stabiliteitsfactoren per scenario. Op basis van de onderstaande correlatie worden de faalkansen teruggerekend vanuit de berekende evenwichtsfactor. Hierbij wordt uitgegaan van de navolgende relatie tussen faalkans en stabiliteitsfactor:

$$P_{f,i} = \Phi \left( -\frac{\left(\frac{F_{d,i}}{\gamma_d}\right) - 0,41}{0,15} \right) \quad \text{Vgl 5.2}$$

Waarin:

$P_{f,i}$	Faalkans voor scenario $i$ [1/jaar].
$\Phi$	Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-].
$F_{d,i}$	Berekende stabiliteitsfactor voor een scenario $i$ , gebaseerd op de rekenwaarde voor de schuifsterkte (karakteristieke waarde gedeeld door de materiaalfactor) [-].
$\gamma_d$	Modelfactor [-].

De veiligheidsfactoren benodigd voor deze analyses staan beschreven in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Om te komen tot de kans op falen van de doorsnede moet de faalkans per scenario worden vermenigvuldigd met de kans op dat scenario en dat product moet voor alle scenario's worden gesommeerd:





$$P_{f;dsn} = \sum_{i=1}^n (P(S_i) \cdot P_{f;i}) \quad \text{Vgl 5.3}$$

Waarin:

$P_{f;dsn}$	Faalkans per doorsnede [1/jaar].
$P(S_i)$	Kans van voorkomen van een scenario $i$ [-].
$P_{f;i}$	Faalkans bij scenario $i$ [1/jaar].

*Faalkanseis per doorsnede*

De faalkanseis per doorsnede ( $P_{eis;dsn}$ ) wordt met Vgl 2.1 (zie hoofdstuk 2) bepaald uit de norm van het dijktraject ( $P_{eis}$ ).

De waarden voor  $N_{dsn}$ , de lengte-effectfactor voor een dijkdoorsnede, wordt voor het toetspoo macrostabiliteit binnenwaarts gegeven door:

$$N_{dsn} = 1 + \frac{a_l \cdot L_{traject}}{b_l} \quad \text{Vgl 5.4}$$

Waarin:

$a_l$	Mechanismegevoelige fractie van de dijktrajectlengte [-].
$b_l$	Lengtemaat die de intensiteit van het lengte-effect weergeeft binnen de mechanismegevoelige lengte van het dijktraject [m].
$L_{traject}$	Lengte van het dijktraject zoals vastgelegd in Bijlage II van de Waterwet[m].

De waardes van  $a_l$  en  $b_l$  staan in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

*Toetsoordeel per vak*

Op basis van de faalkans per doorsnede en de faalkanseis per doorsnede wordt het toetsoordeel per vak bepaald (zie paragraaf 2.6).

### 5.3 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor macrostabiliteit binnenwaarts worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

### 5.4 Toets op maat

*De mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyse binnen de toets op maat macrostabiliteit binnenwaarts staan beschreven in de diverse achtergrondrapporten. Nadere analyses betreffen onder andere:*

- *Bewezen sterkte onderzoeken (parameter optimalisatie op basis van waarnemingen van overleefde hoge waterstanden).*
- *Toepassen van Eindige Elementen Modellen (EEM).*
- *Toepassen tijdsafhankelijk grondwaterstromingsmodellen voor schematiseren waterspanningen.*
- *Het in rekening brengen van reststerkte van de waterkering.*

Bij de beoordeling van de veiligheid van de in Noord-Nederland gelegen waterkeringen dient rekening gehouden te worden met de belasting door geïnduceerde aardbevingen. Uitgangspunt voor deze beoordeling is een aardbeving met een maximum magnitude van 5. Daaruit worden piekgrondversnellingen ter plaatse van de waterkering afgeleid waarmee de veiligheid wordt beoordeeld. Deze beoordeling betreft een toets op maat.

*Referenties kunnen opgevraagd worden bij de helpdesk.*

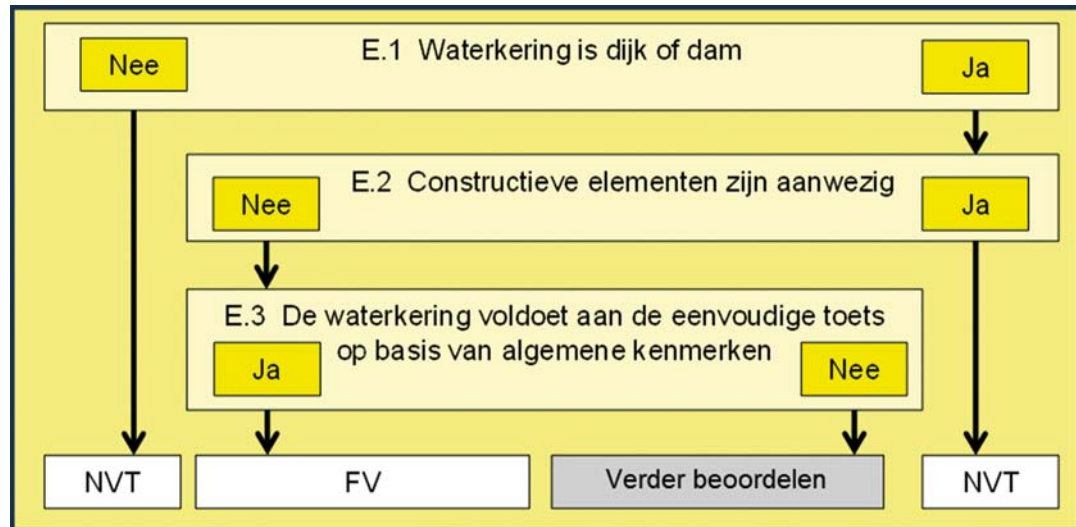
## 6 Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

Dit toetspoo betreft de beoordeling van de stabiliteit van een grondmoot, niet de stabiliteit van de bekleding of de toplagen.

## 6.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets bestaat, zoals in figuur 6-1 is aangegeven, bestaat uit drie stappen:

- Stap E.1 en E.2: Relevantietoets op basis van type waterkering.
- Stap E.3: Toets op basis van algemene kenmerken.



Figuur 6-1 Schema eenvoudige toets macrostabiliteit buitenwaarts (STBU).

Stap E.1: Waterkering is dijk of dam.

Als de waterkering wordt gevormd door een grondlichaam anders dan een duin, dan dient de beoordeling te worden vervolgd met Stap E.2.

Anders is het oordeel 'niet van toepassing' voor dit toetsspoor. Het grondlichaam dient dan te worden beoordeeld als duinwaterkering (hoofdstuk 16, Duinafslag (DA)).

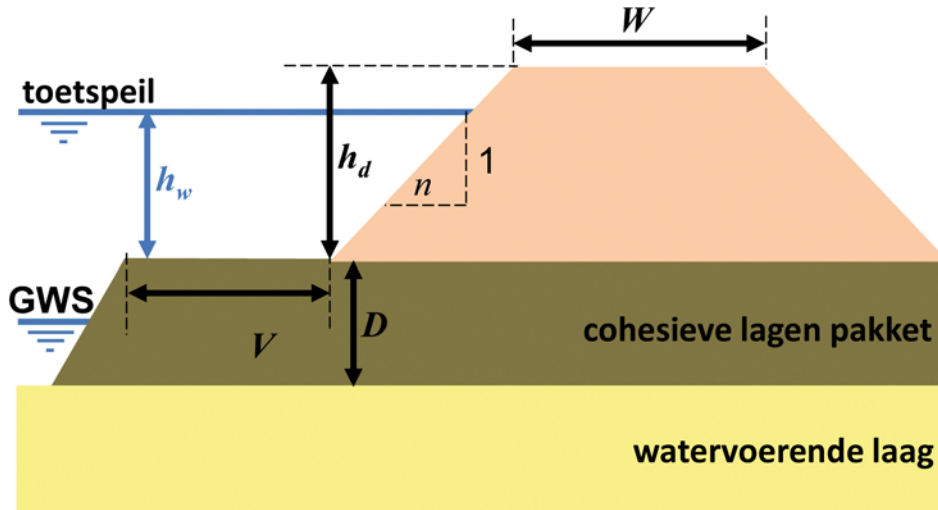
Stap E.2: Constructieve elementen zijn aanwezig in het grondlichaam.

Wanneer het grondlichaam voor de buitenwaartse stabiliteit sterkte ontleent aan constructieve elementen (ankers, nagels, damwanden etc.) of kunstmatig versterkte grondkolommen of lagen (bijvoorbeeld Mixed in Place of versterkt veen) is de toets op macrostabiliteit buitenwaarts niet van toepassing. Afhankelijk van het type object(en) zal de macrostabiliteit buitenwaarts worden beoordeeld volgens één van de volgende toetssporen: sterkte en stabiliteit puntconstructie, sterkte en stabiliteit langsconstructie of technische innovatie.

Stap E.3: De waterkering voldoet aan de eenvoudige toets op basis van algemene kenmerken.

In de eenvoudige toets wordt nagegaan of op basis van het profiel van de kering kan worden gesteld of voldoende restprofiel overblijft na het optreden van een afschuiving. Als voldoende restprofiel aanwezig is, dan voldoet de waterkering aan de eenvoudige toets op basis van geometrische kenmerken (faalkans verwaarloosbaar klein). Deze toets wordt uitgevoerd wanneer er sprake is van een kleidijk, of zanddijk met kleiafdekking. Wanneer in de dijk veenlagen aanwezig zijn op een niveau hoger dan het binnendijks maaiveldniveau kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Als de dijk voldoende hoog is in vergelijking met de waterhoogte die moet worden gekeerd, dan vindt de toets plaats op basis van grafieken, zogenaamde contourplots. Deze zijn opgesteld op basis van een groot aantal berekeningen voor dijken van zand en van klei met uiteenlopende geometrieën. De geometrische parameters van de dijk die van belang zijn voor het aflezen van de contourplots zijn in figuur 6-2 weergegeven.



Figuur 6-2 Overzicht geometrische kenmerken dijk.

Hierbij geldt:

$W$	Kruinbreedte [m]; range van 3 tot 30 m.
$V$	Breedte van het voorland [m].
$n$	Cotangens van de helling buitentalud; $n$ in de range van 1 tot 6.
$h_d$	Dijkhoogte boven maaiveld buitendijks [m].
$D$	Dikte cohesieve lagen pakket [m].
$h_w$	Hoogte buitenwaterstand bij de norm boven het maaiveld buitendijks [m].

De waterstand bij de norm wordt bepaald volgens Bijlage II Hydraulische belastingen.

De toets op basis van algemene kenmerken mag alleen worden toegepast wanneer aan alle drie de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De kruinbreedte en de helling van het buitentalud vallen binnen de bij deze parameters aangegeven ranges.
- De waterhoogte die de dijk keert is kleiner of gelijk aan  $2/3$  van de hoogte van het dijklichaam:

$$h_w \leq \frac{2}{3} h_d \quad \text{Vgl 6.1}$$

- De breedte van het voorland is minimaal 2 keer de hoogte van de waterkering:

$$V \geq 2h_d \quad \text{Vgl 6.2}$$

Wanneer langs de buitenteenlijn een berm aanwezig is, moet voor de toets uitgegaan worden van een dwarsprofiel waarbij de berm achterwege is gelaten, analoog aan de toets op macrostabiliteit binnenwaarts. Dit is terug te vinden in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit. In de handleiding staat eveneens uitgelegd hoe rekening te houden met een eventuele watergang (sloot) nabij de buitenteen.

De toets is hetzelfde als die bij stap E.3 van Macrostabiliteit Binnenwaarts. Ook voor macrostabiliteit buitenwaarts wordt gebruik gemaakt van de contourlijnen in figuur 5-3 en figuur 5-4 (zie hoofdstuk 5.1).

Er is onderscheid gemaakt in een kleidijk en een zanddijk. Een zanddijk met een kleiafdekking dient te worden beoordeeld als zanddijk. Wanneer sprake is van een gemengde opbouw van de dijk waarbij veenlagen zijn uitgesloten, dienen de veilige afmetingen voor zanddijken te worden gebruikt.

Wanneer de te keren waterhoogte groter is dan  $2/3$  van de hoogte van het dijklichaam of de breedte van het voorland is kleiner dan 2 keer de hoogte van de waterkering of het punt waarmee de dijk wordt gekarakteriseerd ligt lager dan de lijn behorende bij de helling van het binnentalud, dan kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. Anders is de faalkans verwaarloosbaar.

## 6.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets wordt falen gedefinieerd als het buitenwaarts afschuiven van een grondmoot waardoor de kruin van de dijk wordt verlaagd en functieverlies van de waterkering zal optreden.



Dit mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3 Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

#### Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde.

Toepassingsvoorwaarde voor de in Stap G.2 voorgeschreven analyse, heeft betrekking op dezelfde check als stap E.2 uit de eenvoudige toets: het grondlichaam is vrij van constructieve elementen (ankers, nagels, damwanden etc.) en kunstmatig versterkte grondkolommen of grondlagen (bijvoorbeeld Mixed in Place of versterkt veen) is het rekenmodel voor de gedetailleerde toets toepasbaar. Het gaat dan om het gedeelte van het grondlichaam dat wordt aangesproken bij mogelijk relevante buitenwaartse afschuivingen.

Indien er in het gedeelte van het grondlichaam dat wordt aangesproken bij mogelijk relevante buitenwaartse afschuivingen, wel sprake is van constructieve elementen die een bijdrage leveren aan de stabiliteit van de waterkering, dan leidt de gedetailleerde toets niet tot een oordeel. Afhankelijk van het type object(en) zal de macrostabiliteit buitenwaarts worden beoordeeld volgens één van de volgende toetssporen: sterkte en stabiliteit puntconstructie, sterkte en stabiliteit langsconstructie of technische innovatie.

#### Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

Functieverlies wordt beoordeeld door na te gaan of de faalkans per vak groter of gelijk is aan de faalkanseis per vak voor. Voor het berekenen van de buitenwaartse stabiliteit wordt gebruik gemaakt van glijvlakanalyses volgens de methode LiftVan. De wijze waarop de analyse moet worden uitgevoerd staat beschreven in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Voor de glijvlakanalyses volgens de methode LiftVan wordt DGStab als stand-alone software gebruikt. Voor de schematisering van de ondergrond wordt de software D-soilmodel en SOS gebruikt.

Teneinde rekening te houden met de onzekerheid in de opbouw van de ondergrond worden voor een doorsnede meerdere scenario's doorgerekend. In Appendix B wordt aangegeven hoe met deze scenario's wordt omgegaan.

#### *Faalkans per doorsnede*

De faalkans per doorsnede wordt voor de gedetailleerde toets per vak gevonden op basis van de berekende stabiliteitsfactoren per scenario. Op basis van de onderstaande correlatie worden de faalkansen teruggerekend vanuit de berekende evenwichtsfactor. Hierbij wordt uitgegaan van de navolgende relatie tussen faalkans en stabiliteitsfactor:

$$P_{f,i} = \Phi \left( -\frac{\left(\frac{F_{d,i}}{\gamma_d}\right) - 0,41}{0,15} \right) \quad \text{Vgl 6.3}$$

Waarin:

$P_{f,i}$	Faalkans voor scenario $i$ [1/jaar].
$\Phi$	Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-].
$F_{d,i}$	Berekende stabiliteitsfactor voor een scenario $i$ , gebaseerd op de rekenwaarde voor de schuifsterkte (karakteristieke waarde gedeeld door de materiaalfactor) [-].
$\gamma_d$	Modelfactor [-].

De veiligheidsfactoren benodigd voor deze analyses staan beschreven in de Schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Om te komen tot de kans op falen van de doorsnede moet de faalkans per scenario worden vermenigvuldigd met de kans op dat scenario en dat product moet voor alle scenario's worden gesommeerd:

$$P_{f;dsn} = \sum_{i=1}^n (P(S_i) \cdot P_{f;i}) \quad \text{Vgl 6.4}$$

Waarin:

$P_{f;dsn}$	Faalkans per doorsnede [1/jaar].
$P(S_i)$	Kans van voorkomen van een scenario $i$ [-].
$P_{f;i}$	Faalkans bij scenario $i$ [1/jaar].

*Faalkanseis per doorsnede*

De faalkanseis per doorsnede ( $P_{eis;dsn}$ ) wordt met Vgl 2.1 (zie hoofdstuk 2) bepaald uit de norm van het dijktraject ( $P_{eis}$ ). Omdat het toetsspoor Macrostabieliteit buitenwaarts een indirect mechanisme betreft, wordt met een factor 10 grotere faalkans berekend in vergelijking met de toetssporen voor de directe mechanismen. De faalkanseis per traject wordt daarmee  $\omega(10 * P_{eis})$  met  $\omega = 0,04$ . De faalkanseis per doorsnede voor Macrostabieliteit buitenwaarts volgt uit:

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega(10 * P_{eis})}{N_{dsn}} \quad \text{Vgl 6.5}$$

De waarden voor  $N_{dsn}$ , de lengte-effectfactor voor een dijkdoorsnede, wordt gegeven door:

$$N_{dsn} = 1 + \frac{a_i \cdot L_{traject}}{b_i} \quad \text{Vgl 6.6}$$

Waarin:

$a_i$	Mechanismegevoelige fractie van de dijktrajectlengte [-].
$b_i$	Lengtemaat die de intensiteit van het lengte-effect weergeeft binnen de mechanismegevoelige lengte van het dijktraject [m].
$L_{traject}$	Lengte van het dijktraject zoals vastgelegd in de Waterwet[m].

De waarden van  $a_i$  en  $b_i$  voor het toetsspoor macrostabieliteit buitenwaarts zijn opgenomen in de Schematiseringshandleiding macrostabieliteit.

*Toetsoordeel per vak*

Op basis van de faalkans per doorsnede en de faalkanseis per doorsnede wordt het toetsoordeel per vak bepaald (zie paragraaf 2.6).

### 6.3 Toets op maat

*De mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyse binnen de toets op maat macrostabieliteit buitenwaarts staan beschreven in de diverse achtergrondrapporten. Nadere analyses betreffen onder andere:*

- *Bewezen sterkte onderzoeken (parameter optimalisatie op basis van waarnemingen van overleefde hoge waterstanden).*
- *Toepassen van Eindige Elementen Modellen (EEM).*
- *Toepassen tijdsafhankelijk grondwaterstromingsmodellen voor schematiseren waterspanningen.*
- *Het in rekening brengen van de reststerkte van de waterkering.*

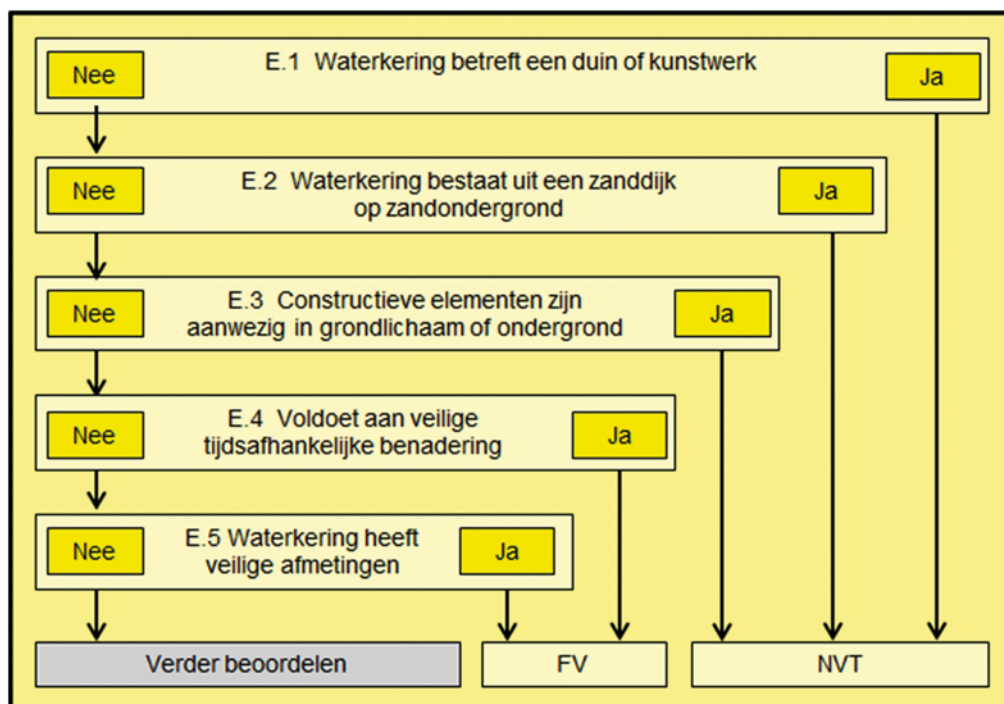
## 7 Piping (STPH)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de weerstand tegen piping.

### 7.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets bestaat, zoals in figuur 7-1 aangegeven, uit vijf stappen:

- Stap E.1: Relevantietoets op basis van type kering
- Stap E.2: Relevantietoets op basis van ondergrondkenmerken.
- Stap E.3: Toepassingsvoorwaarde voor eenvoudige en gedetailleerde toets
- Stap E.4: Toets op tijdsafhankelijke benadering.
- Stap E.5: Toets op basis van geometrische kenmerken.



Figuur 7-1 Schema eenvoudige toets piping STPH.

Stap E.1: Waterkering betreft een duin of kunstwerk.

Als de waterkering een duin of kunstwerk betreft is het oordeel “niet van toepassing” voor dit toetspooor. Als de waterkering wordt gevormd door een dijk of dam, dan dient de toets te worden vervolgd met Stap E.2. Als de waterkering een constructie betreft, dient deze op piping te worden getoetst volgens het toetspooor Piping bij kunstwerk (hoofdstuk 19 (PKW)).

Stap E.2: Waterkering bestaat uit een zanddijk op een zandondergrond.

Piping treedt niet op bij een zanddijk op een goed doorlatende ondergrond, waarbij direct onder de zool van de zanddijk geen slecht doorlatende (klei dan wel veen) lagen aanwezig zijn. In de Schematiseringshandleiding piping wordt aangegeven hoe dit wordt aangetoond, in het SOS staat aangegeven welke ondergrondscenario's uitgaan van een zandlaag direct onder maaiveld.

Bij zanddijken op een goed doorlatende ondergrond moet worden opgemerkt dat er bij de aanleg van een dijk een sliblaagje kan zijn achtergebleven waaronder een voor piping mogelijk kritieke kwelweg zou kunnen ontstaan. In dat geval is geen sprake van een zanddijk op een goed doorlatende ondergrond en wordt de toetsing voortgezet met Stap E.3.

In geval van twijfel over de opbouw van de dijk wordt uitgegaan van een kleidijk. Indien wordt aangetoond dat de dijk aan binnenwaartse zijde bestaat uit een zandlichaam, bijvoorbeeld door binnendijkse of vierkante verzwarening in zand, dan wordt voor het beoordelen van piping uitgegaan van een zanddijk.

Stap E.3: Constructieve elementen zijn aanwezig in het grondlichaam of de ondergrond.

Wanneer het grondlichaam, of de ondergrond, elementen bevat zijnde geen natuurlijke grond (bijvoorbeeld leidingen, damwanden, geotextielen, drainage of filterconstructies), dan is de beoordeling volgens het toetspooor piping niet van toepassing. In deze gevallen wordt piping beoordeeld in de toets op maat of volgens één van de volgende toetspoooren: niet waterkerende objecten, piping bij kunstwerken, langsconstructies of technische innovatie. Indien het grondlichaam geen vreemde elementen bevat wordt de beoordeling voortgezet met stap E.4.

Stap E.4: De dijk voldoet op basis van een eenvoudige tijdsafhankelijke benadering

Indien aan alle vijf volgende criteria wordt voldaan, zal binnen de duur van hoogwater geen doorgaande pipe ontstaan. De bijdrage aan de overstromingskans als gevolg van piping is daardoor verwaarloosbaar.



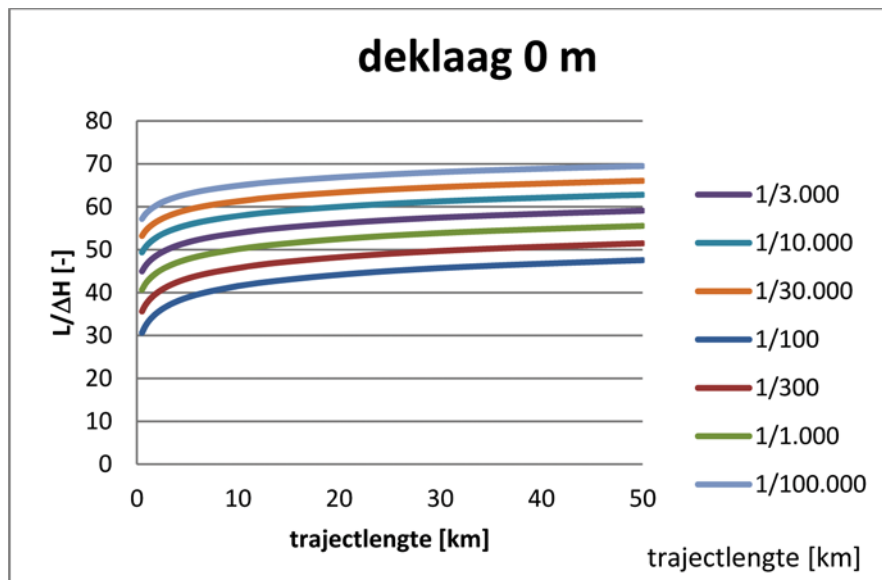
De voorwaarden zijn:

- Er is geen sprake van een aansluiting op een constructie of van een doorgaande leiding onder de waterkering.
- Kwelweglengte is groter dan 50 m.
- Rivierafvoer speelt geen rol bij het verval over de waterkering.
- Er zijn rapporten of waarnemingen beschikbaar op basis waarvan kan worden aangetoond dat in het verleden geen zandmeevoerende wel is waargenomen.
- In calamiteitenplannen wordt rekening gehouden met maatregelen die moeten worden genomen wanneer twee extreme hoogwatergolven achter elkaar optreden.

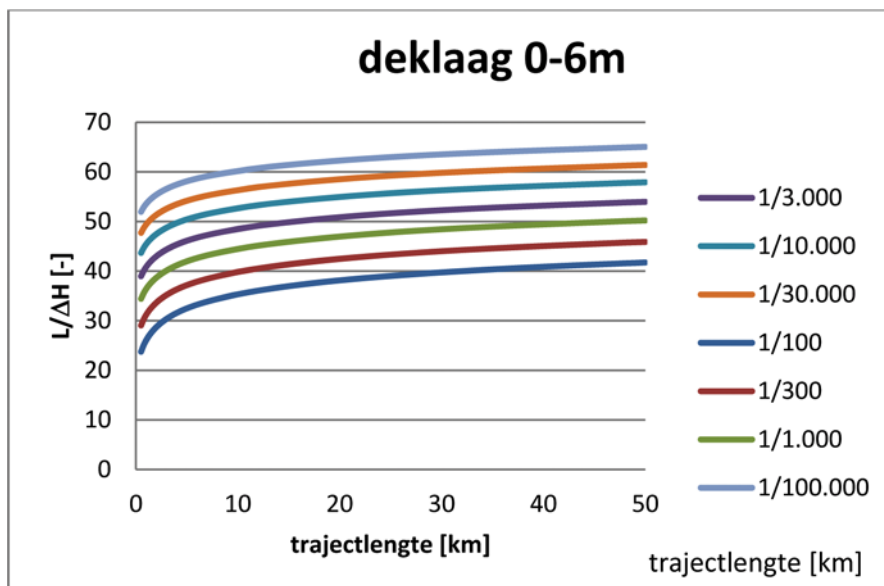
Wordt aan ten minste één van deze voorwaarden niet voldaan, dan wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.5. Ook bij twijfel over in het verleden al gesignaleerde zandmeevoerende wellen wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.5.

Stap E.5: De waterkering heeft veilige afmetingen.

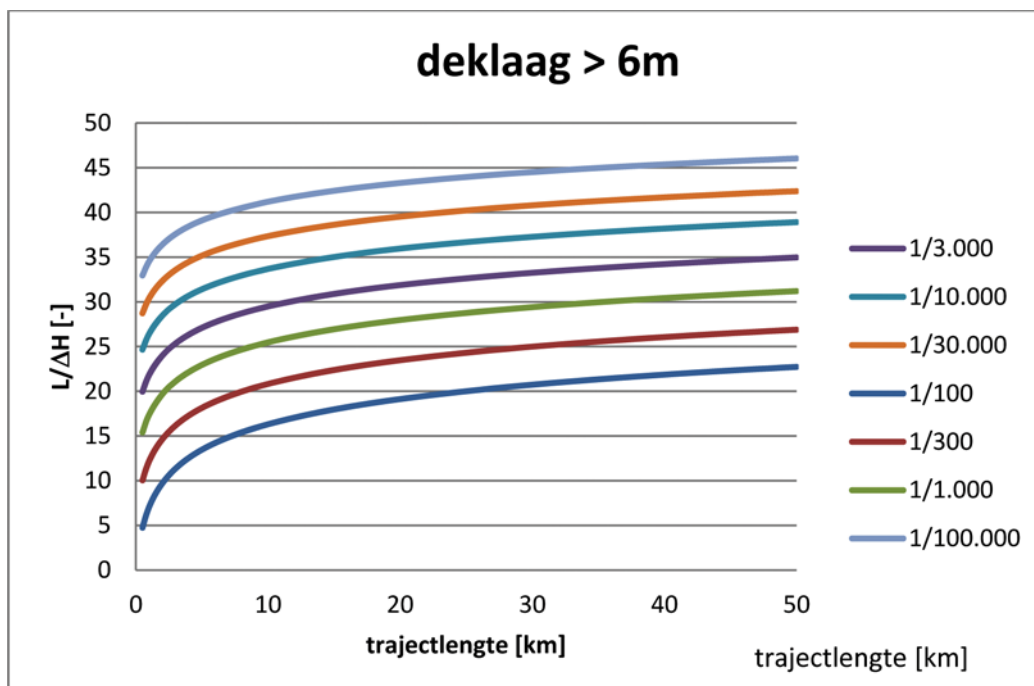
Bij een bepaalde verhouding tussen kwelweglengte en het verval over de waterkering is de kans op piping verwaarloosbaar. De verhouding is afhankelijk van de dikte van de deklaag, de lengte van het dijktraject en de norm. De verhouding tussen kwelweglengte en het verval over de kering kan worden afgelezen uit onderstaande figuren.



Figuur 7-2 Verhouding tussen kwelweglengte en verval over de waterkering in functie van de trajectlengte bij afwezigheid van een deklaag.



Figuur 7-3 Verhouding tussen kwelweglengte en verval over de waterkering in functie van de trajectlengte bij een deklaag met een dikte tussen 0 en 6 m.



Figuur 7-4 Verhouding tussen kwelweglengte en verval over de waterkering in functie van de trajectlengte bij een deklaag met een dikte groter dan 6 m.

Waarin:

$L$	Afstand tussen intrede- en uitredepunt [m].
$\Delta H$	Verskil tussen de buitenwaterstand behorende bij de norm en waterstand bij uitredepunt [m].
$D_{deklaag}$	Dikte slecht waterdoorlatende laag (deklaag bestaande uit klei- of veenlagen) boven op de pipinggevoelige zandlaag [m].

De Schematiseringshandleiding piping beschrijft hoe de bovenstaande parameters  $L$ ,  $\Delta H$  en  $D_{deklaag}$  te bepalen.

Als de verhouding tussen kwelweglengte en het verval over de waterkering groter is dan de relaties uit voorgaande figuren, dan is de kans op piping verwaarloosbaar. Voldoet de verhouding tussen kwelweglengte en het verval over de waterkering niet, dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

## 7.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets wordt falen als gevolg van piping gedefinieerd als het overschrijden van het kritieke verval waarbij het progressieve erosieproces niet meer tot evenwicht komt.

*Dit mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving (’t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016)*

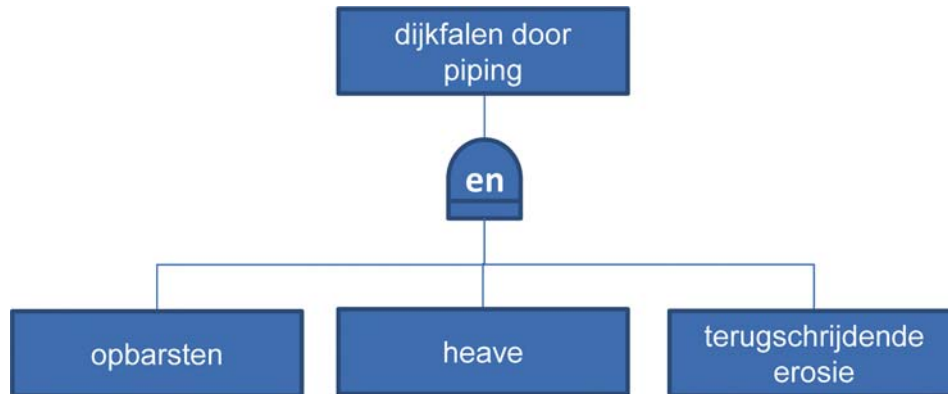
De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding piping.

Afgezien van de relevantietoets gegeven door stap E.1 kent de gedetailleerde toets piping geen toepassingsvoorwaarden.

In de gedetailleerde toets wordt, zoals in figuur 7-5 is weergegeven, de kans op optreden bepaald waarbij de volgende drie deelmechanismen een rol spelen:

- Opbarsten.
- Heave.
- Terugschrijdende erosie.

In de gedetailleerde toets per vak wordt de kans op falen door piping bepaald door daarvoor de kleinste van de kans op falen door één van deze drie deelmechanismen te nemen.



Figuur 7-5 Foutenboom beoordeling op piping STPH.

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van WBI 2017-software.

Bij de toets worden voor een vak een of meerdere scenario's doorgerekend, zoals is aangegeven in Appendix B, dit geldt voor alle drie de deelmechanismen.

### *Faalkans<sup>19</sup> per vak voor het deelmechanisme opbarsten*

Eerste voorwaarde voor het optreden van piping is het opbarsten van de deklaag. Opbarsten ontstaat wanneer de waterdruk in de zandlaag hoger wordt dan het gewicht van deklaag. De controle op opbarsten is gebaseerd op het verticaal evenwicht van de deklaag achter de dijk. Opgemerkt wordt dat als voorwaarde geldt dat de deklaag intact moet zijn en niet geperforeerd. Als bij een opgetreden hoogwater is geconstateerd dat er wellen achter de dijk aanwezig waren of als bekend is dat de deklaag plaatselijk onderbroken is of zelfs geheel ontbreekt, is niet voldaan aan deze voorwaarde en wordt de faalkans per vak voor dit deelmechanisme ( $P_{f;u}$ ) meteen op 1 gezet ( $P_{f;u} = 1,0$ ). De Schematiseringshandleiding piping geeft aan hoe de voor piping relevante parameters dienen te worden bepaald.

Voor opbarsten moet (per scenario) de stabiliteitsfactor met betrekking tot opbarsten ( $F_u$ ) worden bepaald. De stabiliteitsfactor is het quotiënt van het kritisch stijghoogteverschil over de deklaag en het optredend stijghoogteverschil.

<sup>19</sup> De analyse levert feitelijk een benaderde faalkans.



$$F_u = \frac{\Delta\phi_{c,u}}{\Delta\phi} \quad \text{Vgl 7.1}$$

Waarin:

$F_u$	Berekende stabiliteitsfactor voor het deelmechanisme opbarsten [-].
$\Delta\phi_{c,u}$	Kritisch stijghoogteverschil over de deklaag (bij uittredepunt) [m].
$\Delta\phi$	Optredend stijghoogteverschil over de deklaag (bij uittredepunt) [m].

Het kritisch stijghoogteverschil, de sterkte, wordt gegeven door:

$$\Delta\phi_{c,u} = \frac{D_{deklaag}(\gamma_{sat} - \gamma_{water})}{\gamma_{water}} \quad \text{Vgl 7.2}$$

Waarin:

$D_{deklaag}$	Laagdikte van de cohesieve deklaag [m].
$\gamma_{water}$	Volumiek gewicht van water [kN/m <sup>3</sup> ].
$\gamma_{sat}$	Verzadigd volumiek gewicht van de cohesieve deklaag [kN/m <sup>3</sup> ].

Het optredend stijghoogteverschil, de belasting, volgt uit:

$$\Delta\phi = \phi_{exit} - h_{exit} = (h - h_{exit})r_{exit} \quad \text{Vgl 7.3}$$

Waarin:

$\phi_{exit}$	Stijghoogte in de watervoerende laag bij uittredepunt ten opzichte van NAP [m].
$h_{exit}$	Freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld, bij uittredepunt ten opzichte van NAP [m].
$h$	Niveau van de buitenwaterstand ten opzichte van NAP, met een kans van voorkomen gelijk aan de norm [m].
$r_{exit}$	Demping- of responsfactor bij uittredepunt [-].

De faalkans voor het deelmechanisme wordt bepaald met de volgende vergelijking:

$$P_{f;u} = \Phi \left( -\frac{\ln\left(\frac{F_u}{0,48}\right) + 0,27\beta_{norm}}{0,46} \right) \quad \text{Vgl 7.4}$$

Waarin:

$F_u$	Berekende stabiliteitsfactor voor het deelmechanisme opbarsten [-].
$\Phi$	Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-].
$\beta_{norm}$	Betrouwbaarheidsindex van het dijktraject [-].
$P_{f;u}$	Faalkans per vak voor het deelmechanisme opbarsten [1/jaar].

#### Faalkans per vak voor het deelmechanisme heave

De tweede voorwaarde voor het optreden van piping is dat de verticale stroming in het opbarstkanaal zo groot is dat de zandkorrels uit de watervoerende laag naar het maaiveld worden meegevoerd. De stabiliteitsfactor, die bepaalt of het deelmechanisme heave wel of niet kan optreden, is het quotiënt van de kritische gradiënt en de optredende gradiënt in het opbarstkanaal:

$$F_h = \frac{i_{c,h}}{i} \quad \text{Vgl 7.5}$$

Waarin:

$F_h$	berekende stabiliteitsfactor voor het deelmechanisme heave [-].
$i_{c,h}$	kritieke heave gradiënt = 0,3 [-].
$i$	berekende heave gradiënt [-].

De heave gradiënt, de belasting component, volgt uit:



$$i = \frac{(h - h_{exit})r_{exit}}{D_{deklaag}} \quad \text{Vgl 7.6}$$

Waarin:

$h$	Niveau van de buitenwaterstand ten opzichte van NAP, met een kans van voorkomen gelijk aan de norm [m].
$h_{exit}$	Freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld, bij uittredepunt ten opzichte van NAP [m].
$r_{exit}$	Demping- of responsfactor bij uittredepunt [-].
$D_{deklaag}$	Laagdikte van de cohesieve deklaag [m].

De faalkans voor het deelmechanisme wordt bepaald met de volgende vergelijking:

$$P_{f,h} = \Phi \left( - \frac{\ln \left( \frac{F_h}{0,37} \right) + 0,3\beta_{norm}}{0,48} \right) \quad \text{Vgl 7.7}$$

Waarin:

$F_h$	Berekende stabiliteitsfactor voor het deelmechanisme heave [-].
$\Phi$	Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-].
$\beta_{norm}$	Betrouwbaarheidsindex van het dijktraject [-].
$P_{f,h}$	Faalkans voor het deelmechanisme heave [1/jaar].

#### Faalkans per vak voor het deelmechanisme terugschrijdende erosie

De derde voorwaarde voor het optreden van piping is het optreden van doorgaande terugschrijdende erosie. Terugschrijdende erosie is een erosieproces waarbij een pipe onder de dijk ontstaat. Het erosieproces begint bij het uittredepunt. De stabiliteitsfactor, die bepaalt of het deelmechanisme terugschrijdende erosie wel of niet kan optreden, is het quotiënt van het kritieke verval en het optredende verval over de waterkering:

$$F_p = \frac{\Delta H_c}{(h - h_{exit} - r_c D_{deklaag})} \quad \text{Vgl 7.8}$$

Hierin is:

$\Delta H_c$	Het kritieke verval over de waterkering [m].
$F_p$	Stabiliteitsfactor voor terugschrijdende erosie [-].
$h$	Niveau buitenwaterstand ten opzichte van NAP met een kans van voorkomen gelijk aan de norm [m].
$h_{exit}$	Freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld, bij uittredepunt ten opzichte van NAP [m].
$r_c$	Reductiefactor voor de weerstand bij het uittredepunt = 0,3 [-].
$D_{deklaag}$	Dikte van het afdekkende pakket bij het uittredepunt [m].

De sterkte, oftewel het kritiek verval over de waterkering ( $\Delta H_c$ ), wordt bepaald met de rekenregel van Sellmeijer. Wanneer de  $d_{70}$  kleiner is dan 63  $\mu\text{m}$  of groter dan 500  $\mu\text{m}$  kan de rekenregel niet in de gedetailleerde toets worden toegepast.

De stabiliteitsfactoren berekend per scenario worden op basis van de onderstaande correlatie terugerekend naar faalkansen:

$$P_{f,p} = \Phi \left( - \frac{\ln \left( \frac{F_p}{1,04} \right) + 0,43\beta_{norm}}{0,37} \right) \quad \text{Vgl 7.9}$$

Waarin:

$F_p$	Stabiliteitsfactor voor terugschrijdende erosie (piping) [-].
$\Phi$	Standaard (cumulatieve) normale verdeling [-].
$\beta_{norm}$	Betrouwbaarheidsindex van het dijktraject [-].

$P_{f;p}$  Faalkans voor deelmechanisme terugschrijdende erosie [1/jaar].

*Faalkans per doorsnede.*

Als voor elk ondergrondscenario de faalkansen voor de drie deelmechanismen zijn bepaald, moet op grond hiervan de totale faalkans per doorsnede als gevolg van het mechanisme piping ( $P_{f;dsn}$  [1/jaar]) worden bepaald en vergeleken met de faalkanseis. Allereerst moet per scenario  $i$  de faalkans voor het mechanisme piping ( $P_{f;i}$  [1/jaar]) worden bepaald. Die faalkans voor scenario  $i$  wordt benaderd door het minimum van de kansen voor de deelmechanismen bij dat scenario:

$$P_{f;i} = \min(P_{f;u;i}; P_{f;h;i}; P_{f;p;i}) \quad \text{Vgl 7.10}$$

Om te komen tot de kans op falen van de doorsnede moet de faalkans per scenario worden vermenigvuldigd met de kans op dat scenario en dat product moet voor alle scenario's worden gesommeerd:

$$P_{f;dsn} = \sum_{i=1}^n (P(S_i) \cdot P_{f;i}) \quad \text{Vgl 7.11}$$

Waarin:

$P_{f;dsn}$  Faalkans per doorsnede [1/jaar].  
 $P(S_i)$  Kans van voorkomen van een scenario  $i$  [-].  
 $P_{f;i}$  Faalkans bij scenario  $i$  [1/jaar].

*Faalkanseis per doorsnede*

De faalkanseis per doorsnede ( $P_{eis;dsn}$ ) wordt met Vgl 2.1 (zie hoofdstuk 2) bepaald uit de norm van het dijktraject ( $P_{eis}$ ).

De waarde voor  $N_{dsn}$ , de lengte-effectfactor voor een doorsnede, wordt voor het toetspoot piping gegeven door:

$$N_{dsn} = 1 + \frac{a_l \cdot L_{traject}}{b_l} \quad \text{Vgl 7.12}$$

Waarin:

$a_l$  Mechanismegevoelige fractie van de dijktrajectlengte [-].  
 $b_l$  Lengtemaat die de intensiteit van het lengte-effect weergeeft binnen de mechanismegevoelige lengte van het dijktraject [m].  
 $L_{traject}$  Lengte van het dijktraject zoals vastgelegd in Bijlage II van de Waterwet[m].

De waarden van  $a_l$  en  $b_l$  worden bepaald volgens de Schematiseringshandleiding piping.

*Toetsoordeel per vak*

Op basis van de faalkans per doorsnede en de faalkanseis per doorsnede wordt het toetsoordeel per vak bepaald (zie paragraaf 2.6).

### 7.3 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor piping worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

### 7.4 Toets op maat

*Nadere analyses binnen de toets op maat voor piping betreffen onder andere:*

- Uitvoeren van tijdsafhankelijke grondwaterstromingsberekeningen.
- Het in rekening brengen van heterogeniteit en ruimtelijke variatie van de ondergrond.



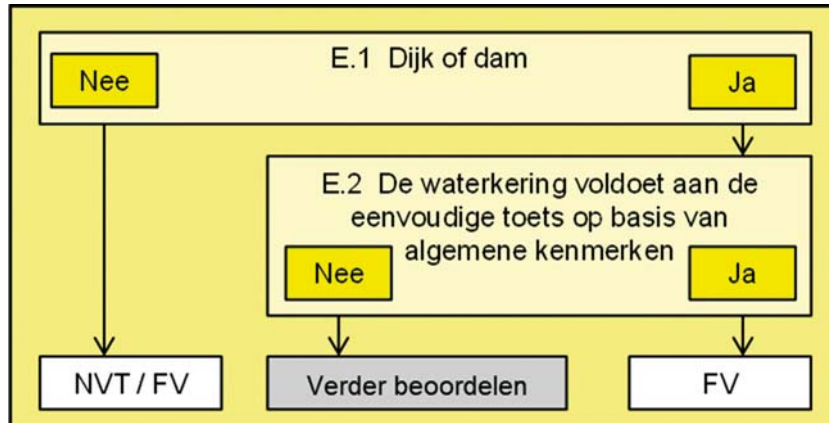
## 8 Microstabiliteit (STMI)

Dit toetspoot betreft het controleren of micro-instabiliteit binnen de duur van een hoogwater kan leiden tot kruinverlaging.

### 8.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets bestaat, zoals in Figuur 8-1 aangegeven, uit twee stappen:

- Stap E.1: Relevantietoets op basis van type waterkering.
- Stap E.2: Toets op basis van algemene kenmerken.



Figuur 8-1 Schema eenvoudige toets microstabiliteit (STMI).

Stap E.1: Relevantietoets op basis van type waterkering.

Het mechanisme micro-instabiliteit kan alleen bij dijken en dammen tot falen van de waterkering leiden. Voor duinen en kunstwerken is het geen relevant mechanisme en leidt de eenvoudige toets tot het oordeel: niet van toepassing.

Stap E.2: Toets op basis van algemene kenmerken.

Indien aan één of meerdere van de volgende criteria wordt voldaan, is de bijdrage van microstabiliteit aan de overstromingskans verwaarloosbaar klein:

1. Het wordt aangetoond dat de binnenteen van de waterkering in voldoende mate gedraineerd wordt. *Dit kan door aan te tonen dat een drainageconstructie in de teen van de waterkering goed functioneert.*
2. De waterkering heeft een (slecht doorlatende) kleikern waarvan de hoogte gelijk is aan of hoger is dan de waterstand bij de norm en waarvan de basis aansluit op een slecht doorlatende ondergrond.
3. Het gehele dijklid binnewaarts van de binnenkruinlijn bestaat volledig uit klei.
4. De waterkering is zandig en heeft een zandig binnentalud met een helling flauwer dan 1V:5H. Met zandig binnentalud wordt bedoeld een binnentalud met ongeveer gelijke doorlatendheid als de kern van de dijk. Een kleibekleding ontbreekt in dit geval.

Als aan geen van de vier bovenstaande criteria wordt voldaan, dan kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

### 8.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets wordt falen gedefinieerd als het optreden van kruinverlaging door micro-instabiliteit.

*Dit mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding microstabiliteit.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3 Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.

- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

#### Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde.

De eerste stap bestaat uit een controle of de microstabiliteit moet worden beoordeeld. Naast de in stap E.1 van de eenvoudige toets beschreven relevantietoets, gebeurt dit aan de hand van de grootte van het overslagdebiet. Dit debiet moet worden bepaald met behulp van een overslagberekening waarbij rekening moet worden gehouden met het geschematiseerde dijkprofiel en hydraulische belastingen bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen.

WBI 2017-software wordt gebruikt voor de bepaling van de hydraulische belastingen en een berekening van het overslagdebiet bij de norm.

Indien het overslagdebiet bij een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de norm kleiner is dan 0,1 l/s/m dan is infiltratie van water in het binnentalud niet relevant, maar kan door het verhogen van het freatisch vlak in de dijk door een hoge buitenwaterstand mogelijk wel micro-instabiliteit optreden. Dit moet worden gecontroleerd in Stap G.2.

Als het overslagdebiet groter is dan 0,1 l/s/m is de beoordeling van GABI maatgevend boven de beoordeling van de microstabiliteit, het toetsspoor microstabiliteit is dan niet van toepassing.

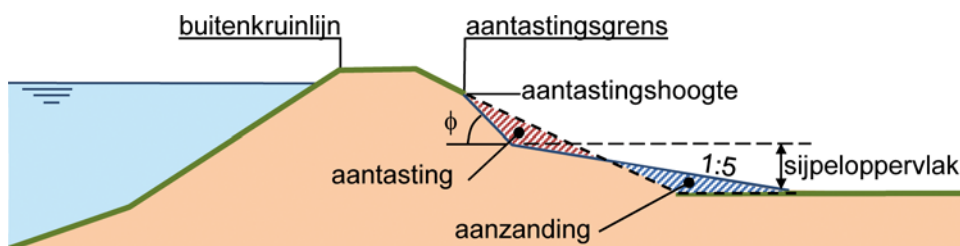
*Indien het overslagdebiet groter is dan 0,1 l/s/m, dan moet wel rekening worden gehouden met infiltratie van overslaand water, waardoor het freatisch vlak in de dijk extra snel zal stijgen. Het effect van infiltratie komt bovenop de verhoging van het freatisch vlak door een hoge buitenwaterstand en het daardoor door de dijk sijpelen van water. Met de gevolgen van infiltratie van water door het binnentalud wordt expliciet rekening gehouden bij de beoordeling van de stabiliteit van de bekleding op het binnentalud (GABI).*

Opgemerkt wordt dat kleidijken, of dijken die binnenwaarts van de binnenkruinlijn uit klei bestaan al in de eenvoudige toets van het predikaat faalkans verwaarloosbaar zijn voorzien. Deze dijken worden bij het toetsspoor GABI echter nog wel gecontroleerd op stabiliteit.

#### Stap G.2: Analyse belasting en sterkte met betrekking tot microstabiliteit.

In Stap G.2 zijn twee methoden beschikbaar om vast te stellen of micro-instabiliteit tot falen kan leiden:

- G.2.a Met op evenwichtsvergelijkingen gebaseerde rekenregels wordt vastgesteld of micro-instabiliteit kan optreden. Deze rekenregels zijn beschreven in de schematiseringshandleiding microstabiliteit. Indien wordt voldaan aan deze rekenregels, dan voldoet de waterkering aan de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor microstabiliteit.
- G.2.b Geometrische toets of micro-instabiliteit kan leiden tot kruinverlaging.
- De geometrische toets gaat uit van de restprofiel benadering. Daarin wordt gecontroleerd of een restprofiel acceptabel is vanuit het oogpunt van veiligheid. Noodzakelijk voor de controle van het profiel van de kering is de ligging van de freatische lijn in de dijk. Die bepaalt namelijk het sijpeloppervlak op het binnentalud.
- Voor de bepaling van het restprofiel gelden de volgende aannamen, zie Figuur 8-2:
  - Het weggespoelde materiaal wordt afgezet onder een evenwichtshelling van 1V:5H.
  - Het hoger gelegen materiaal zakt bij onder een helling van het natuurlijk talud.
  - Het oppervlak van de aantasting in de dwarsdoorsnede moet overeenstemmen met het oppervlak van de aanzanding.



Figuur 8-2 Schadeprofiel microstabiliteit waarbij de aantasting in evenwicht moet zijn met de aanzanding.

Als voldoende restprofiel aanwezig is (aantasting leidt niet tot kruindaling), dan voldoet de waterkering aan de gedetailleerde toets per vak



### *Toetsoordeel per vak*

Als wordt voldaan aan de gedetailleerde toets per vak wordt een toetsoordeel per vak toegekend volgens de criteria opgenomen in paragraaf 2.6 (zie hoofdstuk 2).

Als micro-instabiliteit niet kan worden uitgesloten (G2.a) en als aantasting door micro-instabiliteit kan leiden tot kruindaling (G.2.b) dan kan op grond van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld (zie paragraaf 2.6 in hoofdstuk 2).

### **8.3 Toets op maat**

*In een toets op maat kan de stabiliteit van een kleibekleding met meer geavanceerde modellen worden beoordeeld. Ook kan met grondwaterstromingsmodellen een nauwkeuriger schematisering van de grondwaterstand in de kering worden gemaakt, waarmee de rekenregels uit stap G.2a opnieuw kunnen worden gemaakt.*

*Voor de berekening van het overslaggebied in complexe situaties kan gebruik worden gemaakt van PC Overslag.*

### **9 Golfklappen op asfaltbekleding (AGK)**

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van een asfaltbekleding belast door golfklappen.

Het toetsspoor heeft betrekking op de volgende typen asfaltbekledingen:

- Waterbouw-asfaltbeton (WAB).
- Vol en zat geopenetreerde breuksteen (V&ZG).
- Asfaltmastiek.
- Dicht steenasfalt.
- Geprefabriceerde open steenasfaltmatten (eventueel) met wapening.
- Open steenasfalt.
- Zandasfalt (toplaag of onderlaag).
- Patroongepentreeerde breuksteen

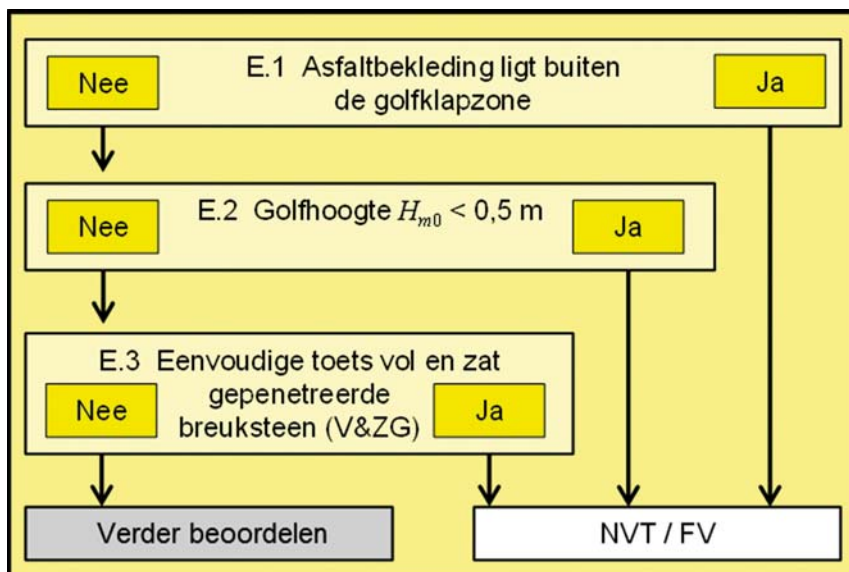
*Bij de beoordeling van alle bekledingen is de referentie voor schematiseren de verwachte toestand als beschreven in paragraaf 4.2.2 uit Bijlage I Procedure. In de Handreiking Continu Inzicht Asfaltdijkbekledingen (STOWA/RWS, verwacht 2016) wordt gespecificeerd wat de minimale staat van onderhoud inhoudt door gebruik te maken van schadescores.*

*Bij het toetsspoor golfklappen op asfaltbekleding wordt de vermoeiing van het asfalt tijdens een storm berekend. De belasting wordt gevormd door de spanningswisselingen in de bekleding ten gevolge van gedurende de storm optredende golfklappen.*

De hier beschreven toets betreft alleen de bekleding op het buitentalud. Er is geen toets beschikbaar voor asfaltbekledingen die slechts in de oloploopzone, op de kruin of op het binnentalud liggen.

#### **9.1 Eenvoudige toets**

De eenvoudige toets van golfklappen op asfaltbekleding bestaat uit drie beslisregels. Deze staan weergegeven in het schema in Figuur 9-1. Indien er aan één van de drie regels wordt voldaan, dan is de bijdrage aan de overstromingskans door falen van de asfaltbekleding door golfklappen verwaarloosbaar. Als aan geen van de regels 1 t/m 3 wordt voldaan, dan kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.



Figuur 9-1 Schema eenvoudige toets voor golfklappen op asfaltbekleding (AGK).

Voor de eenvoudige toets worden de volgende parameters bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen:

- Waterstand  $h$  ten opzichte van NAP [m].
- Golfhoogte  $H_{m0}$  [m].

Deze parameters worden met behulp van de WBI 2017-software berekend.

Deze parameters worden gegeven voor verschillende overschrijdingskansen [1/jaar]. Voor deze toets moet hiervoor de waterstand behorende bij de norm worden genomen.

Stap E.1: De asfaltbekleding ligt buiten de golfklapzone.

Het asfalt wordt niet door golfklappen belast als het taluddeel geheel buiten de golfklapzone ligt. Deze golfklapzone loopt tot aan een kwart van de golfhoogte ( $H_{m0}$ ) boven de waterstand bij de norm. Ligt de asfaltbekleding buiten de golfklapzone, dan is de faalkans voor het toetsspoor golfklappen op asfaltbekleding verwaarloosbaar klein. Ligt de asfaltbekleding geheel of gedeeltelijk in de golfklapzone dan wordt de toets vervolgd met stap E.2.

Stap E.2: De golfhoogte  $H_{m0} < 0,5$  m.

Bij een significante golfhoogte kleiner dan 0,5 m treedt bij een asfaltbekleding geen schade door golfbelasting op: de faalkans voor het toetsspoor golfklappen op asfaltbekleding is verwaarloosbaar klein. Is de significante golfhoogte groter dan of gelijk aan 0,5 m, dan wordt de toets vervolgd met stap E.3.

Stap E.3: Eenvoudige toetsregel V&ZG.

Als in het geval van vol en zat gepenetreerde (V&ZG) breuksteen de dikte van de bekleding voldoende is en de belasting niet al te extreem kan de bekleding worden beoordeeld met een eenvoudige regel. Er sprake is van vol en zat gepenetreerde breuksteen als de bovenste laag breuksteen ten minste voor 2/3 deel is ingebed in de penetratiemortel (gietasfalt of asfaltmastiek).

De dikte van de V&ZG breuksteen is toereikend als er een steensortering van 5-40 kg of 10-60 kg met een laagdikte van  $1,5 \cdot D_{N50}$  aanwezig is.  $D_{N50}$  is de nominale steendiameter [m] van de breuksteensortering. Voor de golfhoogte geldt als eis:  $H_{m0} < 3$  m. Indien aan deze voorwaarden wordt voldaan dan is de faalkans voor de V&ZG breuksteenbekleding voor het toetsspoor golfklappen op asfaltbekleding verwaarloosbaar klein.

Als de bekleding niet voldoet aan deze voorwaarden, dan kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

## 9.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets wordt falen gedefinieerd als het begin van scheuren aan de onderzijde van het asfalt.



*Dit mechanisme beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

Dit wordt beoordeeld aan de hand van de cumulatieve vermoeiingsschade van het asfalt door herhaalde golfklappen (Minersom). De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3 Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

De gedetailleerde toets voor het toetsspoor golfklappen op asfaltbekleding betreft een semi-probabilistische analyse, voorafgegaan door een achttal toepassingsvoorwaarden.

Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarden rekenmodel gedetailleerde toets.

Het rekenmodel dat wordt gebruikt voor de gedetailleerde toets, kent acht toepassingsvoorwaarden:

- De bekleding bestaat uit waterbouwasfaltbeton (WAB).  
*Alleen voor een asfaltbekleding die uit één of twee goed gehechte lagen waterbouwasfaltbeton bestaat, is er een uitgewerkte procedure om de materiaal- en constructie-eigenschappen te bepalen. Deze procedure is beschreven in de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding. De grenzen aan de mengselsamenstelling voor waterbouwasfaltbeton staan vermeld in de Handreiking dijkbekledingen deel 3: asfaltbekledingen. Voor de overige typen asfaltbekledingen is er dus geen gedetailleerde toets beschikbaar.*
- $H_{m0} \leq 3\text{m}$ .  
*Bij extreem grote golfhoogtes leiden golfklappen mogelijk tot grondmechanisch bezwijken van de ondergrond.*
- GRWS < onderrand asfaltbekleding.  
*Indien het niveau van het grondwater in de dijk onder maatgevende omstandigheden (GRWS) tot onder de asfaltbekleding aanwezig is, dan kunnen golfklappen aanleiding geven tot verwekingsverschijnselen of lokale afschuiving in de ondergrond: grondmechanisch bezwijken. Ook de in rekening te brengen stijfheid kan dan niet op de gebruikelijke manier worden vastgesteld.*
- Het watersysteem is 7. IJsselmeer, 8. Markermeer, 9. Waddenzee Oost, 10 Waddenzee West, 11. Hollandse Kust Noord, 12 Hollandse Kust Midden, 13 Hollandse Kust Zuid of 15. Westerschelde.  
*Alleen voor deze watersystemen zijn er door middel van kalibratie veiligheidsfactoren bepaald.*
- Type onderlaag of ondergrond = zand.  
*Alleen voor de situatie waarbij er direct onder de WAB-bekleding zand aanwezig is, zijn er gekalibreerde veiligheidsfactoren beschikbaar.*
- Als de asfaltbekleding bestaat uit twee lagen WAB dan moeten deze goed gehecht zijn.
- Asfaltlaagdikte > 0,1 m.
- Variatiecoëfficiënt van de buigtreksterkte  $V_{\sigma_b} < 0,35$ .  
*Alleen voor bekledingen met een beperkte variabiliteit in de buigtreksterkte zijn er gekalibreerde veiligheidsfactoren beschikbaar.*

Wordt aan al deze acht toepassingsvoorwaarden van het rekenmodel voldaan dan wordt verder gegaan met Stap G.2. Indien aan één of meerdere van deze toepassingsvoorwaarden niet wordt voldaan, kan er op grond van de gedetailleerde toets per vak geen oordeel worden gegeven.

Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

In Stap G.2 wordt door middel van een semi-probabilistische vermoeiingsberekening nagegaan of de sterkte van de bekleding afdoende is. De hydraulische belasting voor deze berekening worden bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen.

De invoerparameters voor de vermoeiingsberekening staan beschreven in de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding.

De hydraulische belastingen worden bepaald met de WBI 2017-software. Voor het berekenen van de vermoeiingsschade wordt de software GOLFKLAP gebruikt.

*Analyse belasting en sterkte*

De beoordeling voor het toetsspoor asfaltbekleding golfklappen wordt gedaan op grond van het volgende criterium:



$$\log(\gamma_m \cdot M_{max}) < -\gamma_s$$

Vgl 9.1

Waarin:

$\gamma_m$	De modelfactor voor AGK (1,77) [-].
$M_{max}$	De hoogste berekende waarde voor de vermoeiingsschade in de bekleding ten gevolge van de golfklappen [-].
$\gamma_s$	De veiligheidsfactor [-].

De veiligheidsfactor is afhankelijk van het watersysteem waartegen de bekleding bescherming biedt en de variabiliteit in de buigtreksterkte van het waterbouwasfaltbeton.

Tabel 9-1 Veiligheidsfactoren afhankelijk van watersysteem, variatiecoëfficiënt en faalkanseisen.

Watersysteem	Variatiecoëfficiënt	veiligheidsfactor
11. Hollandse Kust Noord, 12. Hollandse Kust Midden, 13. Hollandse Kust Zuid en 15. Westerschelde	$V_{\sigma b} \leq 0,20$	$\gamma_s = 0.52(\beta_{eis;dsn} - 1.97) - 0.33\beta_{norm}$
	$V_{\sigma b} = 0,35$	$\gamma_s = 0.61(\beta_{eis;dsn} - 1.99) - 0.34\beta_{norm}$
9. Waddenzee Oost en 10. Waddenzee West	$V_{\sigma b} \leq 0,20$	$\gamma_s = 0.57(\beta_{eis;dsn} - 2.37) - 0.29\beta_{norm}$
	$V_{\sigma b} = 0,35$	$\gamma_s = 0.68(\beta_{eis;dsn} - 2.47) - 0.26\beta_{norm}$
7. IJsselmeer en 8. Markermeer	$V_{\sigma b} \leq 0,20$	$\gamma_s = 0.74(\beta_{eis;dsn} - 1.28) - 0.66\beta_{norm}$
	$V_{\sigma b} = 0,35$	$\gamma_s = 0.82(\beta_{eis;dsn} - 1.37) - 0.68\beta_{norm}$

Waarin:

$\beta_{norm} = -\Phi^{-1}(P_{eis})$	Betrouwbaarheidsindex van het dijktraject [-]
$\beta_{eis;dsn} = -\Phi^{-1}(P_{eis;dsn})$	Betrouwbaarheidsindex van het representatieve dwarsprofiel per vak [-]
$\Phi(x)$	Verdelingsfunctie voor de standaardnormale verdeling [-]

De faalkanseis per doorsnede ( $P_{eis;dsn}$ ) wordt met Vgl 2.1 (zie hoofdstuk 2) bepaald uit de norm van het dijktraject ( $P_{eis}$ ).

De in Vgl 2.1 gebruikte lengte-effectfactor  $N_{dsn}$  volgt voor dit toetsspoor uit:

$$N_{dsn} = \frac{L_{traject}}{\Delta L} \quad \text{Vgl 9.2}$$

Waarin:

$L_{traject}$	Totale lengte van het dijktraject [m].
$\Delta L$	Lengte van onafhankelijke dijkstrekkingen voor dit toetsspoor (=1.000) [m].

De waarde van de veiligheidsfactor  $\gamma_s$  wordt bepaald met de formules gegeven in Tabel 9-1. Als de variatiecoëfficiënt van de breuksterkte van het asfalt ligt tussen 0,20 en 0,35 dan volgt de veiligheidsfactor uit de lineaire interpolatie tussen de waarden die voor een variatiecoëfficiënt gelijk aan 0,20 en 0,35 worden berekend.

Toetsoordeel per vak

Als de berekende Minersom voldoet aan de ongelijkheid Vgl 9.3, dan wordt voldaan aan de gedetailleerde toets per vak. Als de berekende Minersom niet voldoet aan de ongelijkheid Vgl 9.3, dan wordt niet voldaan aan de gedetailleerde toets per vak.





Het toetsoordeel per vak voor het toetspooor Golfklappen op asfaltbekleding wordt toegekend volgens de criteria uitgewerkt in paragraaf 2.6.

### 9.3 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat zijn:*

- *Onderbouwd toepassen van het rekenmodel uit de gedetailleerde toets buiten het gebruikelijke toepassingsgebied van het model.*
- *Voor OSA-bekledingen (open steenasfalt) kan een analyse met het rekenmodel uit de gedetailleerde toets worden uitgevoerd, maar de bepaling van de materiaaleigenschappen en het voldoen aan de veiligheidseisen vereisen specialistische aandacht.*
- *Volledig probabilistische analyse met het rekenmodel uit de gedetailleerde toets.*
- *Analyse van de reststerkte, als de gedetailleerde toets op AGK niet leidt tot goedkeuring van het vak, dan kan de erosie van een eventuele onderlaag van klei in de toets op maat worden beoordeeld.*

*Een analyse van de reststerkte zal vooral zinvol zijn als de asfalttoplaag ligt op een onderlaag van klei. Deze kleilaag kan na het bezwijken van de toplaag van asfalt nog een substantiële bijdrage aan de sterkte leveren.*

### 10 Wateroverdruk bij asfaltbekleding (AWO)

Dit toetspooor betreft de beoordeling van een asfaltbekleding waarin wordt nagegaan of opdrukken van de bekleding door wateroverdruk plaatsvindt. De beoordeling betreft alleen de bekleding op het buitentalud.

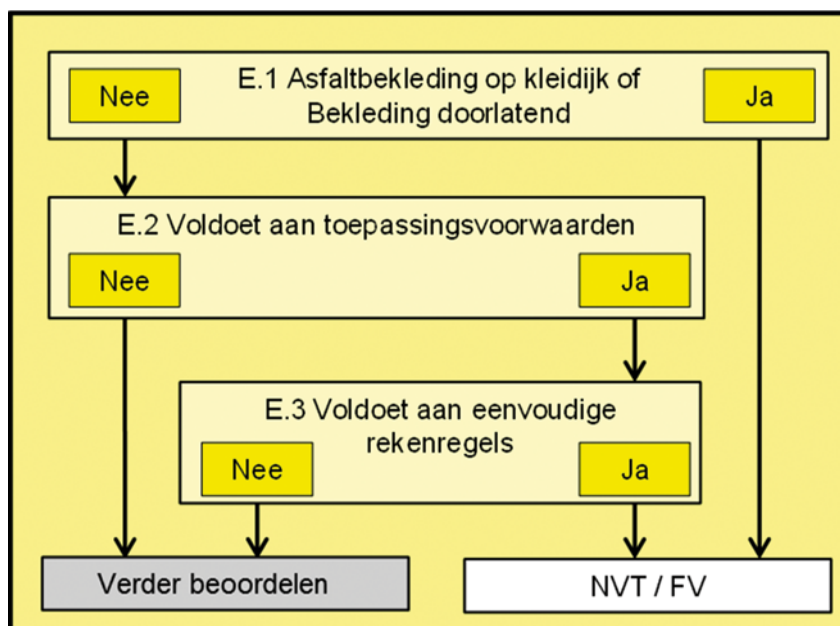
Het toetspooor heeft betrekking op de volgende typen asfaltbekledingen:

- Waterbouw-asfaltbeton (WAB).
- Vol en zat geopenetreeerde breuksteen (V&ZG).
- Asfaltmastiek.
- Dicht steenasfalt.
- Geprefabriceerde open steenasfaltmatten (eventueel) met wapening.
- Open steenasfalt.
- Zandasfalt (toplaag of onderlaag).
- Patroongepenetreerde breuksteen

*Bij de beoordeling van alle bekledingen is de referentie voor schematiseren de verwachte toestand als beschreven in paragraaf 4.2.2 uit Bijlage I Procedure. In de Handreiking Continu Inzicht Asfaltdijkbekledingen (STOWA/RWS, verwacht 2016) wordt gespecificeerd wat de minimale staat van onderhoud inhoudt door gebruik te maken van schadescores.*

#### 10.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets van wateroverdruk bij asfaltbekleding bestaat uit drie beslisregels. Deze staan weergegeven in het schema in Figuur 10-1.



Figuur 10-1 Schema eenvoudige toets wateroverdruk bij asfaltbekleding (AWO).

Stap E.1: Asfaltbekleding ligt op kleidijk of de bekleding is doorlatend.

Ligt de asfaltbekleding direct op een kleikern, dan is de faalkans verwaarloosbaar (FV).

*De freatische lijn in het grondlichaam stijgt nauwelijks bij kortdurende hydraulische belastingen, zoals een hoogwater bij zeedijken, en om de bekleding op te drukken moet grondwater toestromen, wat in een kleidijk zodanig weinig zal zijn dat dit niet tot schade leidt.*

Ook als de bekleding doorlatender is dan de direct daaronder gelegen grond (zand) kunnen zich geen wateroverdrukken onder de bekleding ontwikkelen. Wateroverdruk is ook dan geen relevant faalmechanisme en de faalkans is verwaarloosbaar.

De toets op wateroverdrukken is alleen relevant als er sprake is van een grensvlak tussen een doorlatend dijklichaam en een veel minder doorlatende laag. Voor die gevallen wordt de eenvoudige toets vervolgd met stap E.2.

*Dat is bijvoorbeeld het geval bij een toplaag van WAB of V&ZG op een zanddijk.*

Stap E.2: Er wordt voldaan aan toepassingsvoorwaarde eenvoudige rekenregels wateroverdruk.

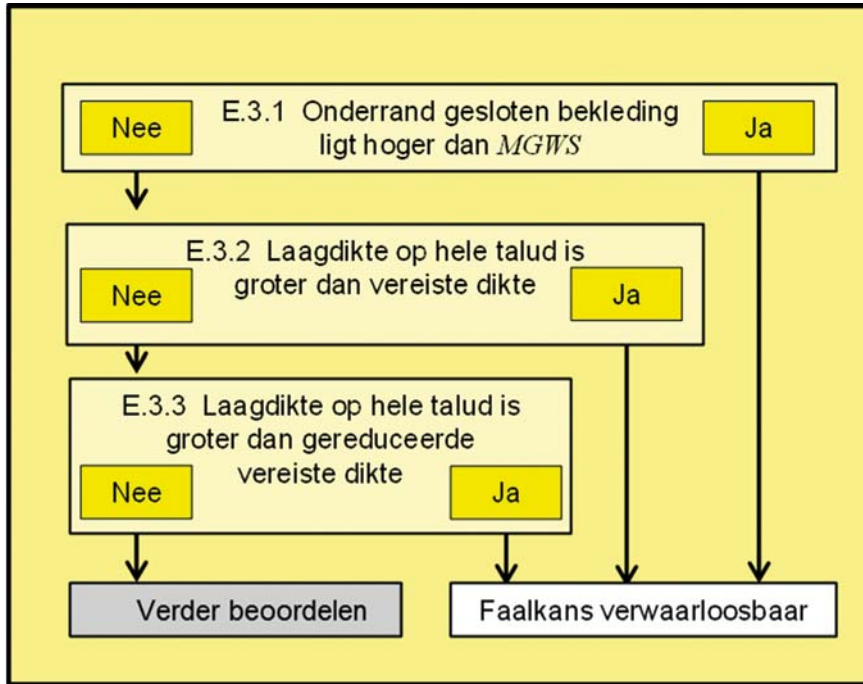
Als er sprake is van één de onderstaande drie situaties, dan zijn de rekenregels van de eenvoudige toets toepasbaar:

- De ondergrond en het dijklichaam bestaan uit homogeen zand of een ander materiaal met een vergelijkbare doorlatendheid. Dit is bijvoorbeeld niet het geval als er zich een (extreem) doorlatende mijnsteenkade onder de bekleding bevindt of als er sprake is van een overlaging van een doorlatende steenzetting. Ook bij een buitendijkse verzwaring (in zand) van een oude kade of dijk van klei is de eenvoudige methode niet toepasbaar, evenmin als bij de aanwezigheid van slecht doorlatende deklaag (dikte > 1 meter) die toe- of afstroming van grondwater naar of uit het dijklichaam belemmert.
- Als de vorige, maar het asfalt ligt op een kleilaag van beperkte dikte (zie hiervoor de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding). De wateroverdrukken treden op tegen de onderzijde van de kleilaag. Als onder de kleilaag een kern van zand ligt, is de eenvoudige rekenmethode toepasbaar, waarbij de kleilaag als deel van de toplaag wordt meegerekend.
- De asfaltbekleding (eventueel met onderliggende kleilaag) is aangelegd op een dijklichaam van zand op een ondergrond met een slecht doorlatende deklaag (dikte > 1 meter), waarbij het buitentalud geheel dicht is en aansluit op de deklaag. Gebruik in dat geval als maatgevende grondwaterstand (MGWS) het niveau van de freatische lijn uit bijlage 1 van het TR waterspanningen bij dijken (TAW, 2004).

Is er sprake van een situatie die niet overeenkomt met één van de drie bovenstaande situaties, dan kan er op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

### Stap E.3: De bekleding voldoet aan de eenvoudige rekenregels wateroverdruk.

De methode bestaat uit een vergelijking tussen de aanwezige laagdikte en de vereiste laagdikte. De vereiste laagdikte die volgt uit de evenwichtsbeschouwing van de ondoorlatende laag loodrecht op het talud, is afhankelijk van de soortelijke massa (dichtheid), de taludhelling en het niveauverschil tussen de maatgevende grondwaterstand en de onderkant van de gesloten bekleding. De eenvoudige methode is opgedeeld in een aantal stappen. Per stap nemen de benodigde gegevens en de benodigde toetsinspanning toe, waardoor een steeds groter aantal gevallen zullen voldoen aan de criteria van de eenvoudige toets. Hiervoor dient het schema te worden doorlopen conform figuur 10-2.



Figuur 10-2 Schema eenvoudige toets op wateroverdruk AWO – detaillering stap E.3.

#### Stap E.3.1: De onderrand gesloten bekleding ligt hoger dan de maatgevende grondwaterstand.

De maatgevende grondwaterstand (MGWS) in het dijklichaam volgt voor situatie C (als beschreven in Stap E.2) uit bijlage 1 van het TR waterspanningen en voor de situaties A en B uit:

$$MGWS = GWS + f_{MGWS}(Toetspeil - GWS) \quad \text{Vgl 10.1}$$

Waarin:

<i>MGWS</i>	Maatgevende grondwaterstand ten opzichte van NAP [m].
<i>f<sub>MGWS</sub></i>	Factor maatgevende grondwaterstand [-].
<i>Toetspeil</i>	Waterstand bij de norm voor het betreffende vak ten opzichte van NAP [m].
<i>GWS</i>	Gemiddelde buitenwaterstand ten opzichte van NAP [m].

De waarde voor  $f_{MGWS}$  is afhankelijk van het watersysteem en volgt uit tabel 5-2 uit de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding.

Wanneer de onderrand van de bekleding boven maatgevende grondwaterstand (MGWS) ligt is de faalkans verwaarloosbaar (FV). In andere gevallen dient verder te worden gegaan met stap E.3.2.

#### Stap E.3.2: De laagdikte op hele talud is groter dan de vereiste laagdikte.

De volgende stappen zijn gebaseerd op de evenwichtsbeschouwing tussen wateroverdruk en eigen gewicht van de bekleding. De zone waarin wateroverdrukken kunnen optreden is de zone tussen de maatgevende grondwaterstand (MGWS) in het dijklichaam en de onderrand van de gesloten bekleding. De buitenwaterstand waarbij theoretisch de overdrukken maximaal zijn (TMWS) ligt op een niveau 0,53 maal de afstand tussen MGWS en de onderrand van de gesloten bekleding beneden MGWS ( $v = 0,53 z$ ), zie Figuur 10-3(a). Wanneer aan het opdruk criterium wordt voldaan kan de bekleding niet worden opgedrukt. Het opdruk criterium wordt gegeven door:

$$d_a + 0,65 \cdot d_{klei} > 0,21 \cdot Q_n \cdot z \cdot \frac{\rho_w}{(\rho_a - \rho_w)} \quad \text{Vgl 10.2}$$

Waarin:

$d_a$	Laagdikte (samengestelde) asfaltlaag [m].
$d_{klei}$	Laagdikte onderlaag van klei, indien aanwezig [m].
$\rho_a$	Soortelijke massa asfalt [kg/m <sup>3</sup> ].
$\rho_w$	Soortelijke massa water [kg/m <sup>3</sup> ].
$Q_n$	Factor voor de taludhelling [-].
$z$	Hoogteverschil tussen MGWS en onderrand gesloten bekleding = $a+v$ [m].
$v$	Verticaal gemeten afstand van de maatgevende buitenwaterstand tot de maatgevende grondwaterstand (MGWS), zie Figuur 10-3(a) [m].
$a$	Verticaal gemeten afstand van de onderrand van de gesloten bekleding tot de theoretisch maatgevende buitenwaterstand, zie Figuur 10-3 [m].

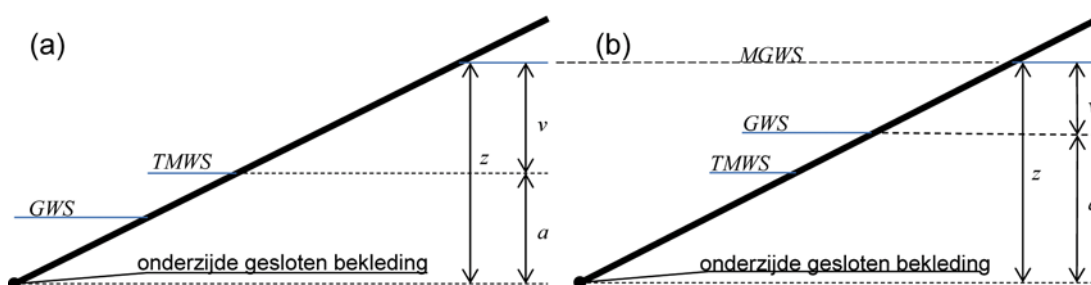
De taludhelling van de bekleding ( $\alpha$ , hoek met de horizontaal) beïnvloedt de weerstand tegen wateroverdruk. Hoe steiler de helling, hoe groter de benodigde laagdikte. Dit wordt beschreven door de factor  $Q_n$  waarvoor geldt:

$$Q_n = \frac{0,96}{(\cos(\alpha))^{1,4}} \quad \text{Vgl 10.3}$$

De maximaal optredende waterdruk wordt bepaald door  $z$ , dat wil zeggen het hoogteverschil tussen MGWS en de onderrand van de gesloten bekleding. Indien er sprake is van een waterdichte teenconstructie moet daarmee rekening gehouden worden. Dit wordt in de Schematiseringshandleiding asfaltbekleding uitgewerkt.

De faalkans voor de toets op wateroverdruk is verwaarloosbaar klein wanneer wordt voldaan aan de toetsvoorwaarde weergegeven in

Vgl 10.2. Wordt niet voldaan aan deze toetsvoorwaarde voldaan dan wordt de eenvoudige toets vervolgd met stap E.3.3.



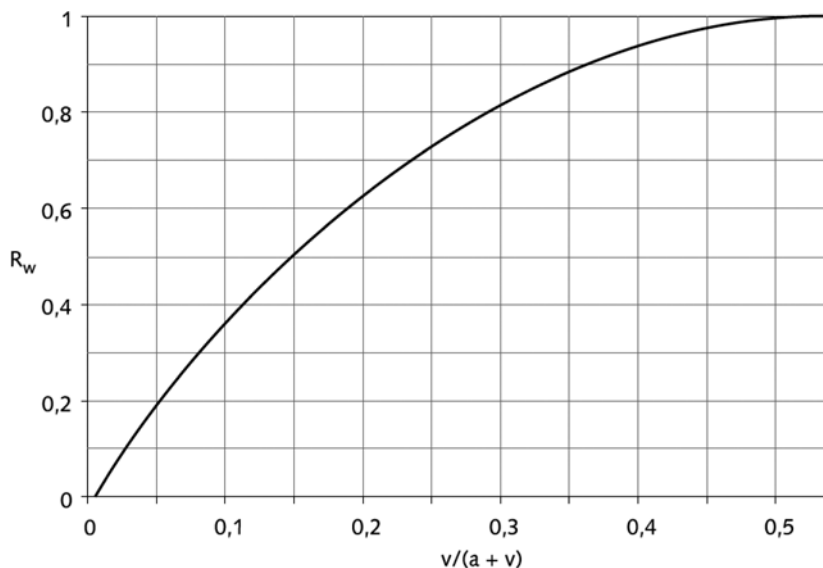
Figuur 10-3 Definitie van  $a$ ,  $v$  en  $z$  voor een relatief lage (a) en voor een relatief hoge (b) gemiddelde buitenwaterstand (GWS); MGWS = maatgevende grondwaterstand; TMWS = theoretisch maatgevende buitenwaterstand.

Stap E.3.3: De laagdikte op hele talud is groter dan de gereduceerde vereiste laagdikte.

Als de theoretisch maatgevende buitenwaterstand (TMWS) lager ligt dan de gemiddelde buitenwaterstand (GWS), zie Figuur 10-3(b), dan is de vereiste laagdikte geringer.

*Deze situatie doet zich bijvoorbeeld voor als de onderrand van de gesloten bekleding erg laag ligt of schijnbaar erg laag ligt als gevolg van een dichte teenconstructie.*

Als deze situatie zich voordoet, mag een reductiefactor  $R_w$  worden toegepast op de benodigde laagdikte.  $R_w$  wordt bepaald uit de kromme van Figuur 10-4.



Figuur 10-4 Reductiefactor voor als de theoretische maatgevende buitenwaterstand lager ligt dan de gemiddelde buitenwaterstand.

De toetsvoorwaarde in deze stap van de toets op wateroverdruk is:

$$d_a + 0,65 \cdot d_{klei} > 0,21 \cdot Q_n \cdot z \cdot R_w \cdot \frac{\rho_w}{(\rho_a - \rho_w)} \quad \text{Vgl 10.4}$$

Voldoet de bekleding aan deze voorwaarde, dan is de faalkans verwaarloosbaar klein. Zo niet, dan kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

## 10.2 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat wateroverdruk zijn:*

- *Onderscheid maken in de eisen gesteld aan de laagdikte op basis van de hoogte op het talud. De wateroverdruk onder de bekleding is maximaal ter plaatse van de maatgevende buitenwaterstand (de theoretische waarde óf de gemiddelde waterstand). Het is echter niet noodzakelijk dat de asfaltdikte die uit Vgl 10.2 of Vgl 10.4 volgt, in het gehele dwarsprofiel aanwezig is. Aan de onderrand van de gesloten bekleding en ter hoogte van de maatgevende grondwaterstand is geen wateroverdruk aanwezig en is de vereiste dikte geringer. Deze analyse is alleen zinvol als de asfaltdikte niet overal op het talud dezelfde dikte heeft. Omdat dat uitzonderingsgevallen betreft is deze analyse in de toets op maat ondergebracht.*
- *Aangezien de in de vuistregels gehanteerde aannamen voor de maatgevende grondwaterstand conservatief zijn, kan ook een nauwkeuriger bepaling van de geohydrologische randvoorwaarden worden overwogen.*

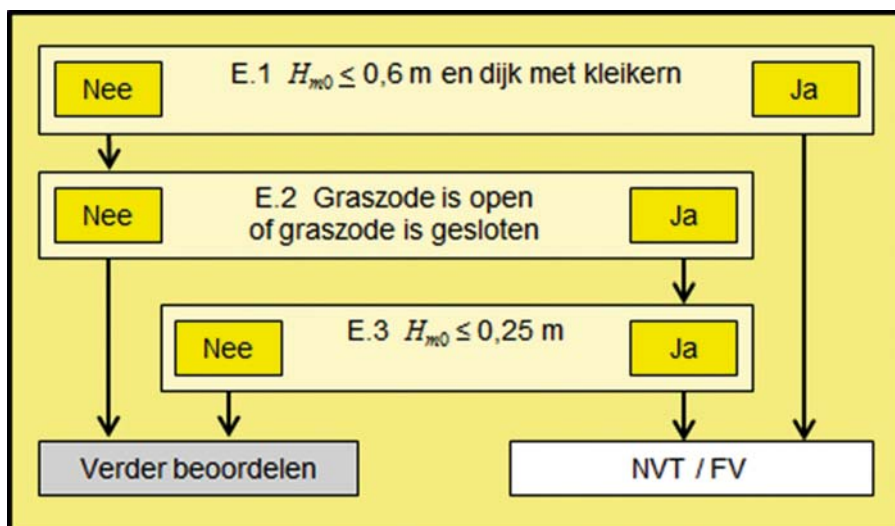
## 11 Grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de erosie van een grasbekleding op het buitentalud. De beoordeling verschilt per belastingzone. De verschillende belastingzones worden beschreven in de Schematiseringshandleiding grasbekleding.

### 11.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets voor grasbekleding erosie buitentalud is de gecombineerde toets voor de erosie in de golfklapzone en de golfploopzone.

De eenvoudige toets van erosie grasbekleding buitentalud bestaat uit drie beslisregels. Deze staan weergegeven in het schema van figuur 11-1. Als aan de combinatie van regels wordt voldaan is de bijdrage aan de overstromingskans door falen van de grasbekledingen op het buitentalud door erosie verwaarloosbaar. Als niet aan de juiste combinatie van regels wordt voldaan, dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.



Figuur 11-1 Schema eenvoudige toets grasbekleding erosie buitentalud (GEBU).

Voor deze eenvoudige toets worden de volgende parameters conform Bijlage II Hydraulische belastingen bepaald:

- Waterstand  $h$  ten opzichte van NAP bij de norm [m].
- Golfhoogte  $H_{m0}$  bij de norm [m].

*Deze parameters worden met behulp van de WBI 2017-software berekend voor verschillende overschrijdingskansen [1/jaar].*

De verschillende parameters worden onafhankelijk van elkaar bepaald. De combinatie van deze parameters leidt tot een conservatieve bepaling van de belasting.

De hoek van inval van de golven wordt niet meegenomen: aangenomen wordt dat de golven loodrecht invallen.

Stap E.1:  $H_{m0} \leq 0,6$  en dijk heeft een kleikern.

Indien de dijk een kleidijk is of een kleikern heeft tot 0,5 m boven de waterstand  $h$  en de golfhoogte  $H_{m0} \leq 0,6$  m, dan leidt erosie van het buitentalud nooit tot een doorbraak gedurende de maatgevende storm. Dan is de faalkans verwaarloosbaar klein. Heeft de dijk geen kleikern van voldoende of is de golfhoogte groter dan 0,6 m, dan wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.

Stap E.2: Graszode is open of graszode is gesloten.

Stap E.2 bestaat uit een beoordeling van de kwaliteit van de graszode op het buitentalud van de dijk. Voor de kwaliteit van de graszode is de aanwezigheid van een dicht gewoven wortelnet belangrijk. Hiertoe worden de bovengrondse plantendelen van de grasbekleding beoordeeld, bij twijfel aangevuld met lokale beoordeling van globale karakteristieken van een met een spade gestoken zode-plag. Voor de beoordeling van de sterkte van de graszode worden drie kwaliteitscategorieën onderscheiden (gesloten zode, open zode, fragmentarische zode). De wijze waarop dit onderscheid te maken, wordt beschreven in de Schematiseringshandleiding grasbekleding.

Indien de graszode open is of indien de graszode gesloten is, wordt de toets voortgezet met Stap E.3. Indien de graszode slechts fragmentarisch is, dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Stap E.3:  $H_{m0} < 0,25$  m.

Indien de golfhoogte  $H_{m0}$  kleiner is dan 0,25 m, dan is de faalkans verwaarloosbaar klein. Zo niet, dan wordt verder gegaan met de gedetailleerde toets.

## 11.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets voor grasbekleding erosie buitentalud wordt falen gedefinieerd als het moment waarop door erosie de grasbekleding is doorgesleten, zodat deze de ondergrond niet meer tegen erosie beschermt. Bij deze toets wordt waar mogelijk rekening gehouden met zowel het falen





van de toplaag, de grasbekleding, als met de erosie van de kleilaag daaronder. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in de golfklapzone en de golfploopzone. In de golfklapzone wordt namelijk de erosie van de zode en de onderliggende kleilaag bepaald. Maar voor de oploopzone wordt alleen de erosie van de zode bepaald, omdat voor de erosie van de onderlagen in de oploopzone geen erosie-model beschikbaar is. De sterkte van de kleilaag in de oploopzone kan dus niet worden meegewogen.

De hydraulische belasting in de gedetailleerde toets wordt bij de doorsnede-eis bepaald.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving* ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding grasbekleding. De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3, Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

#### Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarden voor de gedetailleerde toets.

Stap G.1 bestaat uit de beoordeling of de bekleding valt binnen de toepassingsvoorwaarden van de gedetailleerde toets. De rekenmodellen die voor de gedetailleerde toets beschikbaar zijn hebben betrekking op bekledingen die voldoen aan beide volgende voorwaarden:

- De graskwaliteit dient een open of een gesloten zode te zijn.
- De taludhelling dient 1V : 2,5H of flauwer te zijn.

Is de kwaliteit van de graszode *fragmentarisch* of is de taludhelling steiler dan 1V : 2,5H dan zijn de rekenmodellen niet toepasbaar en kan op grond van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld. Is de kwaliteit van de graszode *open* of *gesloten* en is de taludhelling 1V : 2,5H of flauwer dan moet worden nagegaan of de grasbekleding zich bevindt in de golfklapzone. Indien de bekleding ligt onder de waterstand ( $h$ ) behorend bij de faalkanseis van de doorsnede ( $P_{ois;dsn}$ , zie paragraaf 2.3), dan ligt de bekleding in de golfklapzone en wordt verder gegaan met Stap G.2b. Ligt de bekleding boven deze waterstand, oftewel in de golfploopzone, dan wordt verder gegaan met Stap.2a.

#### Stap G.2a: Analyse belasting en sterkte grasbekleding in de golfploopzone.

In deze stap wordt de erosie van de grasbekleding in de golfploopzone beoordeeld.

De semi-probabilistische berekening wordt uitgevoerd met de BM gras buitentalud.

Hierbij wordt in de gedetailleerde toets per vak geen rekening gehouden met de erosie van de onderlaag. De beoordeling vindt plaats voor één, het maatgevend, punt op het buitentalud. Dat maatgevend punt is het laagst gelegen punt van de grasbekleding in de golfploopzone. Voor dijken met zware golfaanval zal dit het punt zijn op de overgang van de harde bekleding die doorloopt van de golfklapzone tot aan de grasbekleding hoger op het talud.

Het erosiemodel voor gras in de golfploopzone, de cumulatieve overbelastingmethode, luidt:

$$D_c = \sum_{i=1}^N \max(U_i^2 - U_c^2; 0) \quad \text{Vgl 11.1}$$

Waarin:

$D_c$	Cumulatieve overbelasting [ $\text{m}^2/\text{s}^2$ ].
$N$	Aantal golven [-].
$U_i$	Frontsnelheid van de $i^{\text{e}}$ van $N$ olopende golven [ $\text{m/s}$ ].
$U_c$	Kritische stroomsnelheid, sterkte parameter van de graszode [ $\text{m/s}$ ].

De erosiebestendigheid van de grasbekleding wordt gekarakteriseerd door de kritische stroomsnelheid  $U_c$ . De Schematiseringshandleiding grasbekleding geeft de waarden voor de kritische stroomsnelheid  $U_c$  gekoppeld aan een graskwaliteit en de kwaliteit van de grond in de zode (klei of zand).

De benodigde hydraulische belasting bestaat uit het stormverloop (waterstand en golfcondities) die conform Bijlage II Hydraulische belastingen wordt bepaald. Door de software wordt het stormverloop opgedeeld in discrete tijdstappen, elk met een constante waterstand en golfcondities. Voor elke tijdstap wordt de verdeling van oploophoogtes bepaald en hieruit de verdeling van frontsnelheden

van de oplopende golfbergen. Voor elk van de golfbergen wordt de overbelasting berekend met behulp van vgl. 11.2. De overbelastingen worden per tijdstap en vervolgens voor alle tijdstappen in de storm opgeteld. Indien de cumulatieve overbelasting de kritische waarde van  $7.000 \text{ m}^2/\text{s}^2$  overschrijdt, faalt de grasbekleding volgens de gedetailleerde toets per vak en wordt de beoordeling vervolgd. Als de cumulatieve overbelasting kleiner is dan de kritische waarde, dan voldoet de grasbekleding aan de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor grasbekleding erosie buitentalud in de golfploopzone.

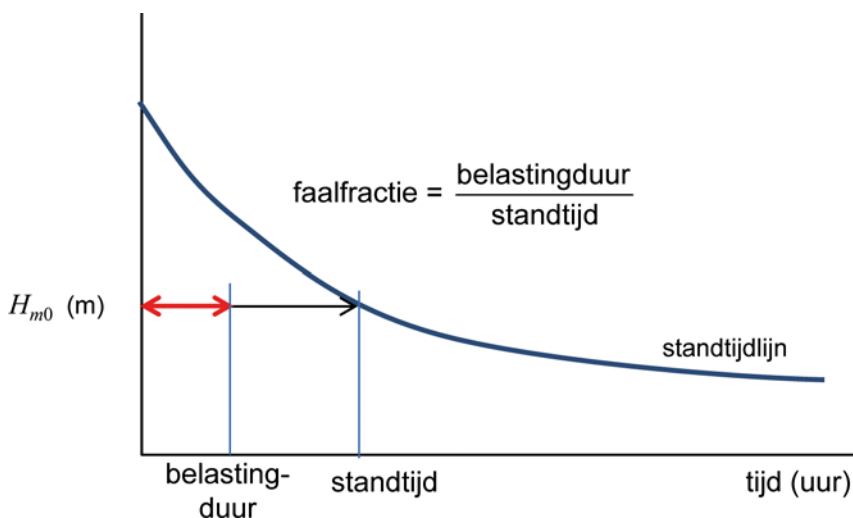
De hydraulische belastingen worden met behulp van de WBI 2017-software bepaald. De cumulatieve overbelasting wordt in de BM Gras buitentalud omgerekend in een veiligheidsfactor.

#### Stap G.2b: Analyse belasting en sterkte grasbekleding in de golfklapzone.

In deze stap wordt de erosie van de grasbekleding en eventueel de onderliggende kleilaag in de golfklapzone beoordeeld.

De berekening wordt uitgevoerd met de BM buitentalud. De software berekent hoe de belastingduur zich verhoudt tot de standtijd van de grasbekleding inclusief eventuele sterkte van de kleilaag onder de grasbekleding. Deze verhouding wordt de faalfractie genoemd.

De standtijd, de maat voor de sterkte van de bekleding, is de tijd dat de grasbekleding en eventueel een kleilaag een gegeven golfhoogte kan weerstaan. De relatie tussen de standtijd en de golfhoogte wordt beschreven met de standtijdlijn, zie figuur 11-2. De standtijdlijn is naast de golfhoogte ook afhankelijk van de graskwaliteit, de kwaliteit van de grond in de zode en eventueel de kleilaagdikte onder de zode en het zandgehalte van die kleilaag.



Figuur 11-2 Voorbeeld faalfractie bij beoordeling erosie grasbekleding in de golfklapzone.

Voor een aantal discrete punten op het buitentalud in de golfklapzone (standaard om de 10 cm verticaal) wordt de faalfractie voor de grasbekleding inclusief eventuele kleilaag onder de grasbekleding bepaald.

De belastingduur is voor elk beschouwde punt op het talud gelijk aan de tijd dat het punt gedurende een hoogwaterverloop in de zone ligt tussen de waterstand en een halve golfhoogte ( $0,5 H_{m0}$ ) onder de waterstand. De verlopen van de waterstand en golfhoogte worden opgedeeld in tijdstappen en per tijdstap wordt gekeken of de beschouwde punten in de door golfklappen aangevallen zone liggen. Het waterstandverloop en het verloop van de golfhoogte maken deel uit van de hydraulische belastingen te bepalen conform Bijlage II Hydraulische belastingen. De WBI 2017-software faciliteert het bepalen van deze belastingen.

Er wordt gerekend met een faalfractie, omdat tijdens een storm de golfhoogte verandert en er dus geen sprake is van één golfhoogte met één bijbehorende standtijd. De faalfracties bij verschillende golfhoogtes en waterstanden gedurende een storm worden gesommeerd. Bij een som van 1 wordt de kritische waarde van de faalfractie bereikt, bij hogere waarden faalt de grasbekleding. Indien er een kleilaag aanwezig is met een bepaalde reststerkte, dan wordt hiermee bij de berekening van de faalfractie rekening gehouden.

Door de WBI software wordt de faalfractie omgerekend in een veiligheidsfactor.

## Toetsoordeel per vak

Wanneer de berekende veiligheidsfactor groter of gelijk is dan 1 wordt voldaan aan de eisen in de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor grasbekleding erosie buitentalud.

### 11.3 Toets op maat

Een mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat erosie buitentalud is het *in situ* beproeven (golfploopprouven of golfklapprouven) van het buitentalud om de erosiebestendigheid te testen.

### 12 Grasbekleding afschuiven buitentalud (GABU)

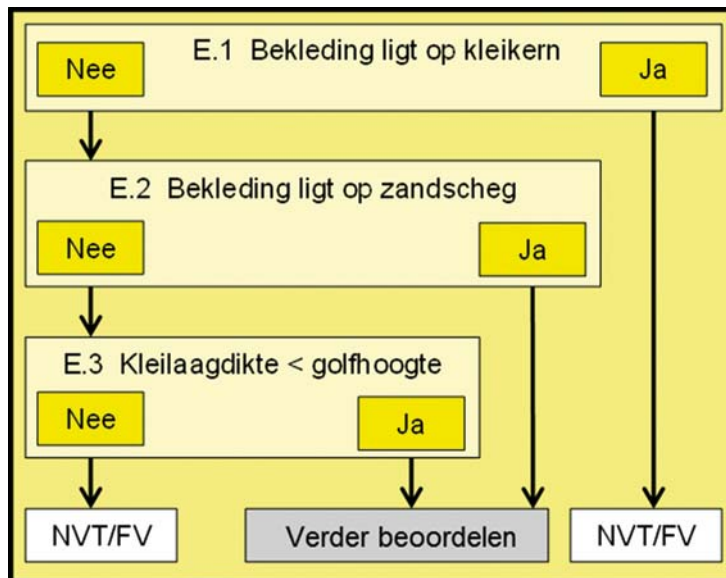
Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de afschuiving van een grasbekleding op het buitentalud.

#### 12.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets van grasbekleding afschuiven buitentalud bestaat uit drie beslisregels. Deze staan weergegeven in figuur 12-1.

Stap E.1: De bekleding ligt op een kleikern.

Indien de bekleding direct op een kleikern ligt, dan is de faalkans verwaarloosbaar klein. Anders wordt de eenvoudige toets vervolgd met stap E.2.

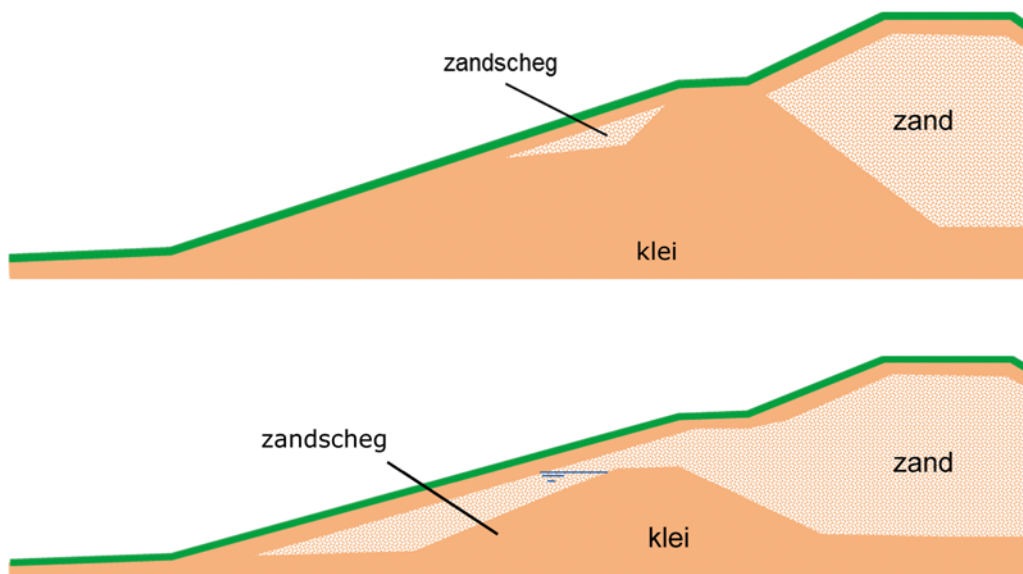


Figuur 12-1 Schema eenvoudige toets grasbekleding afschuiven buitentalud (GABU).

Stap E.2: De bekleding ligt op een zandscheg.

Als zich vlak onder de bekleding een zandscheg bevindt is, dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. Als er geen sprake is van een zandscheg, dan wordt de eenvoudige toets vervolgd met stap E.3.

*In de Schematiseringshandleiding grasbekleding is uitgewerkt wanneer en hoe de zandscheg moet worden geschematiseerd. Twee voorbeelden van een dijkprofiel met een zandscheg zijn weergegeven in figuur 12-2.*



Figuur 12-2 Dijkprofielen met een zandscheg: zand tussen kleilaag van de bekleding op het buitentalud en de kleiern.

Stap E.3: De kleilaagdikte is kleiner dan golfhoogte.

Voor deze stap van de eenvoudige toets dient conform Bijlage II Hydraulische belastingen de volgende parameter te worden bepaald:

- golfhoogte  $H_{m0}$  [m].

Deze parameter wordt met behulp van de WBI 2017-software berekend voor verschillende overschrijdingskansen [1/jaar]. Voor deze eenvoudige toets moet deze parameter worden bepaald behorende bij de norm.

Indien de kleilaagdikte (de totale dikte van de deklaag) kleiner is dan de golfhoogte  $H_{m0}$  dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. Als de kleilaagdikte groter is dan de golfhoogte  $H_{m0}$  dan is de faalkans verwaarloosbaar.

## 12.2 Gedetailleerde toets per vak.

In de gedetailleerde toets voor grasbekleding afschuiven buitentalud wordt falen van de bekleding gedefinieerd als het opdrukken en of afschuiven van de kleilaag op het buitentalud als gevolg van een te groot waterdrukverschil over de kleilaag, waardoor de kleilaag scheurt en zijn functie verliest.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding grasbekleding. De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3 Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

Stap G.1: Voldoet aan de toepassingsvoorwaarden voor het rekenmodel.

Voor het uitvoeren van de gedetailleerde toets per vak, Stap G.2, moet voldaan worden aan de volgende twee toepassingsvoorwaarden:

- De bekleding ligt niet op een zandscheg (figuur 12-2).
- De taludhelling is minder steil dan 1V:2,5H.

Als wordt voldaan aan beide voorwaarden dan wordt de beoordeling voortgezet met Stap G.2, de gedetailleerde rekenregel mag worden toegepast. Als niet aan beide voorwaarden wordt voldaan dan leidt de gedetailleerde toets niet tot een toetsoordeel.



## Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte van de grasbekleding met betrekking tot afschuiven buitentalud.

Aan de hand van de empirische formule, zie Vgl 12.1, wordt op basis van de eigenschappen van de kleilaag, de golfhoogte en de taludhelling beoordeeld of de kans op afschuiven van de bekleding voldoende klein is, waarbij reststerkte niet wordt meegenomen. De rekenregel voor de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor grasbekleding afschuiven buitentalud is gelijk aan die voor afschuiving van een steenzetting op een kleilaag:

$$\frac{H_{m0}}{\Delta_g \cdot d_{klei} \cdot \cos \alpha} \leq 3$$

Vgl 12.1

Waarin:

$H_{m0}$	Golfhoogte (bij de norm) [m].
$\Delta_g$	Relatieve dichtheid kleilaag $(\rho_g - \rho_w) / \rho_w$ [-].
$d_{klei}$	Dikte kleilaag [m].
$\alpha$	Taludhelling [°].

*Toetsoordeel per vak*

Als wordt voldaan aan bovenstaande empirische ongelijkheid dan is de kans op afschuiven van de bekleding voldoende klein en wordt voldaan aan de gedetailleerde toets per vak. *Afschuiven van de eventueel onderliggende kleilaag wordt in de gedetailleerde toets op afschuiven niet gerekend tot de sterkte omdat wordt verondersteld dat de kleilaag scheurt bij afschuiven: het zandbed kan dus direct eroderen.*

### 12.3 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat afschuiving buitentalud zijn:*

- *Beter bepalen van waterspanningen in de zandkern onder de kleilaag onder invloed van hoogwater in combinatie met (maximale) golfterugtrekking. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van een niet stationaire grondwaterstomingsberekening (waterstand in de zandkern) en kennis uit het onderzoek naar steenzettingen, op basis waarvan een inschatting kan worden gegeven van de stijghoogte op het talud bij maximale golfterugtrekking.*
- *Toepassen van een geavanceerder stabiliteitsmodel, bijvoorbeeld met behulp van EEM en bepalen van locatie-specifieke sterkteparameters.*
- *Nauwkeuriger beschrijven van het faalproces, wat gebeurt er bij instabiliteit, hoelang duurt het voordat het optreedt en is er eventueel nog voldoende reststerkte aanwezig voor het resterende deel van het hoogwater.*
- *Uitvoeren van een grootschalige proef.*

## 13 Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de erosie van een grasbekleding op de kruin en het binnentalud.

### 13.1 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets per vak voor grasbekleding erosie kruin en binnentalud wordt falen gedefinieerd als het moment waarop door erosie de toplaag van ca. 20 cm op kruin of binnentalud is doorgesleten, zodat deze bekleding de ondergrond niet meer tegen erosie beschermt.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding grasbekleding. De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3 Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

In de gedetailleerde toets per vak wordt nagegaan hoe de faalkans voor dit mechanisme zich verhoudt tot de faalkanseis. De faalkansberekening vindt plaats met rekenregels met betrekking tot de erosiesterkte van de graszode, rekening houdend met de kwaliteit van de grasbekleding. Maar eerst wordt gecontroleerd of wordt voldaan aan de toepassingsvoorwaarden.



### Stap G.1: Voldoet aan de toepassingsvoorwaarden voor het rekenmodel.

Voor het gebruik van de rekenregels voor de gedetailleerde toets moet worden voldaan aan alle drie volgende toepassingsvoorwaarden:

- Graskwaliteit is open zode of gesloten zode.
- $H_{mo} \leq 3$  m. De golfhoogte wordt bepaald door het uitvoeren van een HBN berekening bij 0,1 l/s/m gegeven de doorsnede eis voor het faalmechanisme GEKB.
- Taludhelling flauwer dan 1V:4H **of** kleilaagdikte  $\geq 0,4$  m.

Wordt aan al deze drie voorwaarden voldaan, dan wordt de beoordeling voortgezet met Stap G.2, anders kan op grond van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld.

### Stap G.2: Voldoet volgens berekening voor de gedetailleerde toets.

De beoordeling vindt plaats aan de hand van de faalkansberekening waarbij de kansverdeling van het optredende overslagdebiet (hydraulische belasting) wordt vergeleken met de kansverdeling van het kritische overslagdebiet (sterkte) die voor de zodekwaliteit van de te beoordelen grasmat geldt.

WBI 2017-software faciliteert het bepalen van de hydraulische belastingen en de faalkansberekening.

De toelaatbare faalkans voor het vak met betrekking tot het toetsspoor ( $P_{eis;dsn}$ ) wordt berekend met Vgl 2.1, zie paragraaf 2.3.

De waarde  $N_{dsn}$  is afhankelijk van de belasting en de oriëntatie van de dijk en is per dijktraject voorgescreven in de Schematiseringshandleiding grasbekleding.

#### *Toetsoordeel per vak*

Op grond van de faalkans per vak en de toelaatbare faalkans per vak wordt een toetsoordeel per vak toegekend volgens de criteria opgenomen in paragraaf 2.6.

## **13.2 Gedetailleerde toets per traject**

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor grasbekleding erosie kruin en binnentalud worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

## **13.3 Toets op maat erosie**

*Mogelijke nadere analyses en geavanceerde analyse binnen de toets op maat erosie kruin en binnentalud zijn:*

- *Gebruik maken van de cumulatieve overbelastingmethode om locatie-specifiek een kansverdeling van het kritisch overslagdebiet af te leiden. Hierdoor zijn bijvoorbeeld de volgende optimalisaties mogelijk:*
  - *Nauwkeuriger schatting van de karakteristieke golfhoogte kan worden gebruikt in plaats van klassen van golfhoogte.*
  - *Locatie-specifieke invoer van de sterkte gekarakteriseerd door  $U_c$  [m/s]. Deze kan worden aangescherpt met kleine veldproeven en of golfoverslagproeven.*
  - *In het geval van overgangen en objecten, de invloedsfactoren hiervan specifiek voor de overgang of object invoeren.*
- *In rekening brengen van reststerkte na falen van de grasbekleding.*

## **14 Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)**

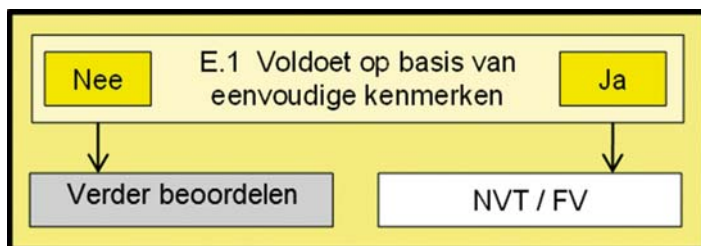
Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de afschuiving van een grasbekleding op het binnentalud.

Het faalmechanisme afschuiving binnentalud heeft een sterke relatie met het faalmechanisme micro-instabiliteit. Bij een overslagdebiet dat bij de norm groter is dan 0,1 l/s/m kunnen de waterspanningen in de dijk extra snel stijgen. De waterspanningstoename als gevolg van golfoverslag moet worden meegenomen bij de beoordeling van de stabiliteit van de bekleding op het binnentalud. Deze controle hoeft in het kader van WBI 2017 maar één keer te gebeuren. Daarom wordt bij een overslagdebiet kleiner of gelijk aan 0,1 l/s/m alleen de controle op micro-instabiliteit uitgevoerd en wordt bij een overslagdebiet groter dan 0,1 l/s/m alleen het faalmechanisme GABI gecontroleerd, zie ook paragraaf 8.2 Stap G.1.



## 14.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets voor grasbekleding afschuiven binnentalud verloopt volgens het schema in Figuur 14-1. De eenvoudige toets bestaat uit een toets op basis van geometrische kenmerken en eenvoudig te bepalen parameters.



Figuur 14-1 Schema eenvoudige toets grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI).

Stap E.1: De bekleding voldoet op basis van eenvoudige kenmerken.

De faalkans van de bekleding als gevolg van een afschuiving van het binnentalud is verwaarloosbaar indien aan minimaal één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Het overslagdebiet  $q$  is kleiner dan 0,1 l/s/m (bepaald bij de norm).
- De taludhelling van het binnentalud is flauwer of gelijk aan 1V:5H en bestaat niet uit veen.
- De taludhelling van het binnentalud is flauwer of gelijk aan 1V:3H en de dijk bestaat uit stevige klei (zie Schematiseringshandleiding grasbekleding).
- De taludhelling van het binnentalud is flauwer of gelijk aan 1V:4H en de dijk bestaat uit klei die niet als stevig wordt gekwalificeerd.
- De dijk bestaat uit zand, al dan niet voorzien van een kleibekleding, en heeft een goed werkende drainage in de binnenteen.

## 14.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets per vak voor grasbekleding afschuiven binnentalud wordt onder falen verstaan: stabiliteitsverlies van de bekleding door opdrukken en/ of afschuiven van de bekleding of het uitspoelen van zand. Door instabiliteit van de bekleding verliest deze zijn functie.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding grasbekleding. De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3, Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

Stap G.1: Voldoet aan de toepassingsvoorwaarden voor de rekenregels.

In de gedetailleerde toets per vak wordt eerst het overslagdebiet berekend.

De berekening van het overslagdebiet wordt uitgevoerd met behulp van de WBI 2017-software. Indien het overslagdebiet lager is dan 0,1 l/s/m dan wordt direct voldaan aan de eisen die worden gesteld in de gedetailleerde toets per vak.

Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte afschuiven binnentalud.

Als het overslagdebiet hoger is dan 0,1 l/s/m dan moet de stabiliteit van de bekleding op het binnentalud worden gecontroleerd met behulp van de evenwichtsformules in Bijlage D van de Schematiseringshandleiding grasbekleding.

Indien de bekleding bij het berekende overslagdebiet stabiel is, voldaan aan de gedetailleerde toets per vak.

*Toetsoordeel per vak*

Het toetsoordeel per vak voor het toetsspoor grasbekleding afschuiven binnentalud wordt toegekend volgens de criteria opgenomen in paragraaf 2.6.



### 14.3 Toets op maat afschuiven binnentalud

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat afschuiven binnentalud zijn:*

- *Beter bepalen van waterspanningen in de toplaag en kern van de dijk of dam bij overslag, door toepassen van niet-stationaire grondwaterstromingsmodellen en bepaling van de locatie-specifieke stromingsparameter in het veld.*
- *Toepassen van een geavanceerder stabiliteitsmodel, bijvoorbeeld met behulp van EEM en bepalen van locatie-specifieke sterkteparameters.*
- *Nauwkeuriger beschrijven van het faalproces: wat gebeurt er bij instabiliteit, hoelang duurt het voordat het optreedt en is er eventueel nog voldoende reststerkte aanwezig voor het resterende deel van het hoogwater.*
- *Uitvoeren van een grootschalige proef, waarbij infiltratie wordt gesimuleerd door het talud over een bepaalde strekking te overstromen.*

### 15 Stabiliteit steenzetting (ZST)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de stabiliteit steenzetting. Dit toetsspoor heeft betrekking op alle steenzettingen met als waterkerende functie: de bescherming van het onderliggende grondlichaam tegen erosie. In de volgende gevallen zal dus ook een steenzetting op kruin of aan de landwaartse zijde moeten worden beoordeeld:

- Lage havendam waarvan de golfreductie essentieel is voor de standzekerheid van de achterliggende waterkering (zie hiervoor het beoordelingsschema Havendammen).
- Relatief lage dijk waarbij de golfoverslag zodanig is dat de steenzetting op kruin en binnentalud essentieel is voor de erosiebescherming (overslagbestendige dijk).

#### 15.1 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets voor stabiliteit steenzetting wordt falen gedefinieerd als het ontstaan van een zodanige schade aan de steenzetting en kleilaag dat het dijklichaam niet meer afdoende wordt beschermd door de steenzetting.

*De betreffende mechanismen zijn beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding steenzetting.

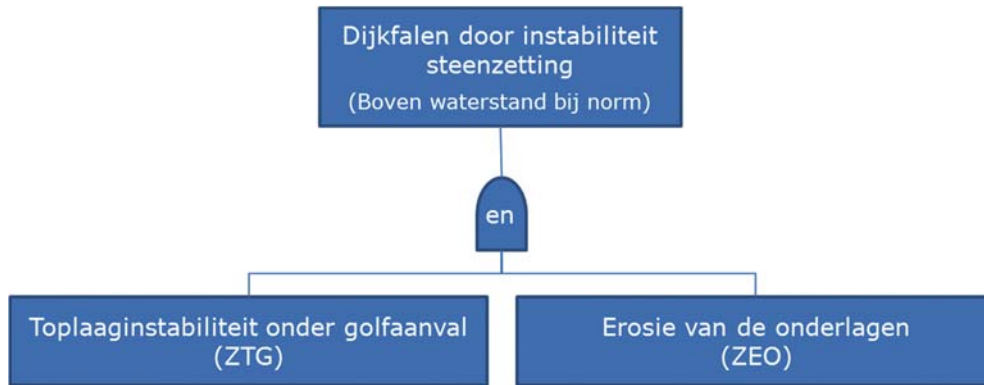
De volgende mechanismen dienen te worden beoordeeld:

- Stabiliteit steenzetting toplaaginstabiliteit onder golfaanval ZTG.
- Stabiliteit steenzetting toplaaginstabiliteit onder langstroming ZTS.
- Stabiliteit steenzetting afschuiving ZAF.
- Stabiliteit steenzetting materiaaltransport vanuit de granulaire laag ZMG
- Stabiliteit steenzetting materiaaltransport vanuit de ondergrond ZMO

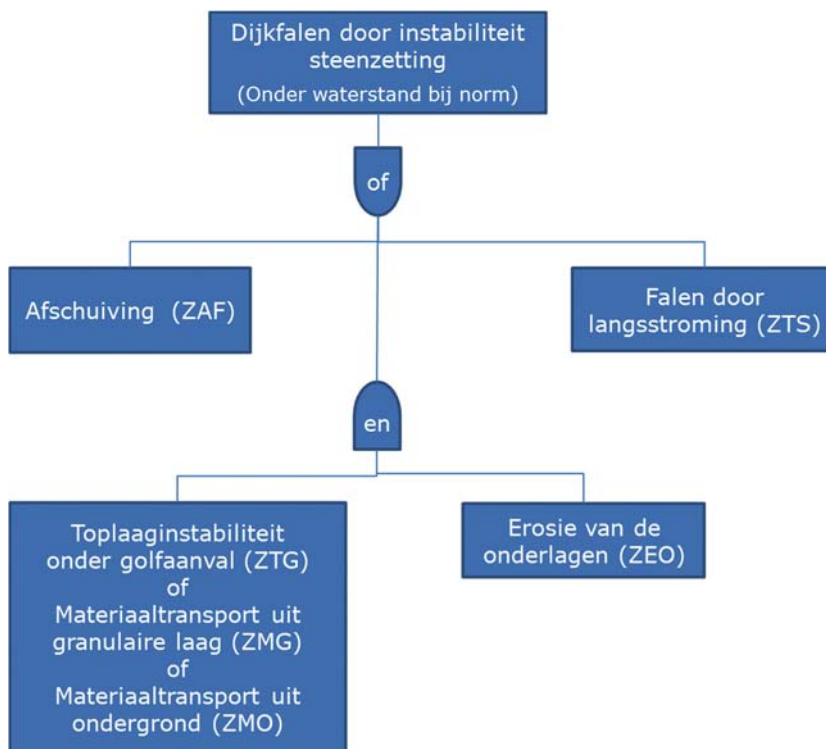
Daarnaast moet bij onvoldoende stabiliteit ten aanzien van de mechanismen ZTG, ZMG en ZMO de erosie van de onderlagen beschouwd worden: ZEO.

De verschillende mechanismen die tot falen kunnen leiden zijn weergegeven in de foutenboom in

figuur 15-1 en 15-2. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen steenzettingen die hoger en lager op het talud ligt dan de waterstand bij norm.



Figuur 15-1 Foutenboom beoordeling stabiliteit steenzetting boven waterstand bij norm.



Figuur 15-2 Foutenboom beoordeling stabiliteit steenzetting onder waterstand bij norm.

De invloed die een overgangsconstructie in goede staat heeft op de toplaagstabiliteit (ZOI) maakt deel uit van het rekenmodel waarmee de toplaagstabiliteit onder golfaanval (ZTG) wordt beoordeeld.

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding steenzetting.

De beoordeling van alle relevante mechanismen vindt plaats met de WBI 2017-software. Maar voordat het rekenmodel wordt toegepast, moet worden beoordeeld of wordt voldaan aan de toepassingsvoorwaarden (Stap G.1).

#### Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarden.

De toepassingsvoorwaarden bestaan enerzijds uit een afbakening van de typen toplaag van de steenzetting waaraan kan worden gerekend, anderzijds uit het uitsluiten van bijzondere situaties waarbij de stabiliteit afwijkt van de standardsituatie.

De rekenmodellen voor de gedetailleerde toets zijn voor de volgende typen toplaag toepasbaar:

- Gezette betonzuilen.



- Gezette natuursteen (o.a. basalt).
- Gezette betonblokken met of zonder gaten erin.
- Open blokkenmatten.
- Blokkenmatten zonder openingen.
- Steenzetting gepenetreerd met mastiek.
- Steenzetting gepenetreerd met beton.
- Gezette klinkers

Daarnaast moet worden gecontroleerd of er sprake is van tenminste één van de volgende bijzondere situaties:

- Steenzetting met breuksteen overlaging.
- Steenzetting met PBA (polyurethaan gebonden breuksteen) overlaging.
- Steenzetting die op een oude steenzetting is gezet.
- Steenzetting op de kop van een havendam.
- Steenzetting gelegen op een zandscheg, zie Figuur 12-2.
- Steenzetting op een onderlaag van klei, waarbij de zanddijk een hoog achterland (bijvoorbeeld opgespoten industrieterrein) heeft.

Wanneer er sprake is van een van bovengenoemde bijzondere situaties mag het rekenmodel niet worden toegepast en kan op grond van de gedetailleerde toets per vak geen oordeel worden geveld.

Als er geen sprake is van een bijzondere situatie en het gaat om een toplaag waarvoor het rekenmodel toepasbaar is, dan wordt de gedetailleerde toets per vak vervolgd met Stap G.2.

#### Stap G.2: Analyse belasting en sterkte met betrekking tot stabiliteit steenzetting.

De sterkte is afdoende als die voor de zes mechanismen (ZTG, ZEO, ZTS, ZAF, ZMG, ZMO) in orde is.

#### *Faalkanseis per vak*

Voor de semi-probabilistische toets per vak is rekening gehouden met de voor dit mechanisme gereserveerde faalkansruimte en een lengteeffectfactor  $N_{dsn} = 4$ . De faalkansruimte voor bekledingen op het buitentalud wordt volgens onderstaande vergelijking verdeeld over de verschillende mechanismen die leiden tot falen van bekledingen.

$$\omega = \lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3$$

Vgl 15.1

Waarin:

$\omega$	De faalkansruimtefactor voor ZST [-].
$\lambda_0$	Faalkansruimtefactor voor alle bekledingen op het buitentalud (= 0,10) [-].
$\lambda_1$	Faalkansruimtedeel gereserveerd voor de steenzetting (= 0,5) [-].
$\lambda_2$	Faalkansruimtedeel gereserveerd voor toplaag-gerelateerde mechanismen (ZTG, ZTS en ZAF) (= 0,9) [-].
$\lambda_3$	Faalkansruimtedeel gereserveerd voor toplaagstabiliteit onder golfaanval (ZTG) (= 0,7) [-].

#### *Toplaagstabiliteit onder golfaanval (ZTG)*

De instabiliteit van de toplaag onder golfaanval is het belangrijkste faalmechanisme voor steenzettingen. En het is dan ook dit mechanisme waarvoor van de veiligheidsfactoren voor de semi-probabilistische berekening zijn afgeleid.

De stabiliteit van de toplaag van de steenzetting onder golfaanval (ZTG) wordt vastgesteld door te beoordelen of een of meerdere elementen uit de zetting kunnen worden gedrukt doordat de druk in de filterlaag onder de toplaag lokaal groter is dan de waterdruk op het talud en de weerstand die de gezette elementen leveren. Zowel de belasting op het moment van de maximale golfterugtrekking als de belasting op het moment van de golfklap kan maatgevend zijn.

Bij de beoordeling van de toplaagstabiliteit onder golfaanval wordt al rekening gehouden met de sterkte te ontlenuen aan de erosie van de onderlagen (ZEO) en voor een deel met de erosieweerstand van het dijklichaam. Aan de hand van de golfhoogte, de kleilaagdikte en de breedte van de dijk wordt gekozen voor een grote (1,1), middelmatige (1,0) of kleine veiligheidsfactor (0,9) op de vereiste toplaagdikte.

#### *Overige mechanismen*

Ten aanzien van de stabiliteit van de toplaag van de zetting onder langstroming (ZTS) wordt alleen aan de hand van de effectieve dikte van de toplaag en het watersysteem waaraan de zetting ligt,



gecheckt of een toets op langsstroming zinvol is. Die toets is alleen nodig voor zettingen die lager liggen dan de waterstand bij de norm.

Of de steenzetting onder maatgevende omstandigheden afschuift (ZAF) wordt gecontroleerd door het evenwicht van een moot van de bekleding te berekenen.

Als er een kleilaag van voldoende dikte is toegepast, zal het mechanisme niet optreden. Als criterium geldt:

$$\frac{H_{m0}}{\Delta D + b + b_{klei}} > 3 \cos \alpha \quad \text{Vgl 15.1}$$

Waarin:

$H_{m0}$	Significante golfhoogte te bepalen per waterstandsniveau (zie Bijlage II Hydraulische belastingen) [m].
$D$	Dikte van de toplaag van gezette steen [m].
$\Delta$	Relatieve soortelijke massa van de zetstenen [-].
$b$	Dikte van de filterlagen [m].
$b_{klei}$	Dikte van de kleilaag [m].
$\alpha$	Taludhelling [°].

Als er geen kleilaag aanwezig is, wordt het mechanisme afschuiven gecontroleerd met de evenwichtsvergelijking voor de zetting op zand, waarin ook de doorlatendheid van het zand een rol speelt. Die doorlatendheid wordt gekarakteriseerd op basis van een korreldiameter van het zand:  $D_{b15}$  [m].

De stabiliteit ten aanzien van materiaaltransport vanuit de granulaire laag (ZMG) wordt gecontroleerd door met filterregels na te gaan of materiaal uit de granulaire laag onder de toplaag kan uitspoelen door de gaten of spleten tussen de elementen van de toplaag. Ook deze toets is alleen nodig voor zettingen die lager liggen dan de waterstand bij de norm.

Of materiaaltransport vanuit de ondergrond (ZMO) door de granulaire laag kan optreden, wordt bepaald aan de hand van filterregels. De belasting voor dit mechanisme is het verhang in de (onderste) granulaire laag als gevolg van de golfbeweging op het talud. Dat verhang op het grensvlak van onderlaag en granulaire laag moet kleiner zijn dan het kritieke verhang waarbij uitspoelen optreedt. Dit mechanisme hoeft niet beoordeeld te worden als de steenzetting geheel en al boven de waterstand bij de norm ligt.

Of de erosie van de onderlagen lang genoeg duurt (ZEO) om te kunnen concluderen dat de onderlagen voldoende sterk zijn, wordt bepaald met de empirische formules waarin de standtijd van de onderlagen gegeven is als functie van de eigenschappen van de betreffende onderlagen.

*Toetsoordeel per vak*

Alleen als de sterkte volgens de berekeningen afdoende is, wordt voldaan aan de eisen voor de gedetailleerde toets per vak voor het toetspoor stabiliteit van steenzetting.

## 15.2 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat bekleding steenzetting zijn:*

- *In het geval er sprake is van een zandscheg wordt verwezen naar de suggesties genoemd in het Technisch Rapport Steenzettingen (TAW, 2003b).*
- *Dijken met een aanzienlijke erosie-weerstand kunnen probabilistisch doorgerekend worden om de faalkans van de dijk te bepalen. Dit is relevant voor dijken die relatief breed zijn (breedte van de dijk op het niveau van de waterstand bij de norm:  $B_{dijk} > 20 H_{m0}$ ), een relatief dikke kleilaag hebben (kleilaagdikte  $d_{klei} > 0,6 H_{m0}$ ), of belast worden met relatief kleine golven ( $H_{m0} < 2$  m).*

## 16 Duinafslag (DA)

Dit toetspoor betreft de beoordeling van duinafslag.

*Er zijn geen voorschriften voor winderosie. Bij normaal goed beheer van de landzijde van het duin (begroeiing en geen kale plekken) heeft winderosie een verwaarloosbaar kleine invloed op de beoordeling van de sterkte van het duin.*

### 16.1 Gedetailleerde toets per vak

Falen door duinafslag wordt gedefinieerd als het moment waarop na duinafslag niet meer voldoende zand (grensprofiel) aanwezig is om de veiligheid tegen overstromen te borgen,

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving (’t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding duinafslag. De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals in paragraaf 2.3, Figuur 2-1 is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

#### Stap G.1 Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte

De toepassingsvoorwaarden voor het rekenmodel betreffen de hydraulische belastingen, de aanwezigheid van harde elementen in het duin en een drietal specifieke omstandigheden die het profiel van de kustlijn en het duin betreffen.

#### Stap G.1a Er zijn hydraulische belastingen duinafslag beschikbaar

Voor de duinwaterkeringen langs de Noordzeekust worden de hydraulische belastingen bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen met de WBI 2017-software. Dit betreft de kustvakken die zijn aangemerkt als primaire waterkeringen.

Wanneer er tussenraaien worden gedefinieerd tussen JARKUS-raaien waarvoor hydraulische belastingen beschikbaar zijn, dan kunnen de benodigde hydraulische belastingen worden verkregen door middel van lineaire interpolatie zoals beschreven in de Schematiseringshandleiding duinafslag.

Voor de grote binnenwateren zijn geen Hydraulische belastingen beschikbaar voor de gedetailleerde toets op duinafslag; in dat geval kan op grond van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld.

#### Stap G.1b Het betreft een zandig duin zonder aansluitingsconstructies, hybride constructies of NWO's

Het rekenmodel voor de gedetailleerde toets is niet toepasbaar om duinafslag te berekenen wanneer de volgende harde elementen voorkomen in de afslagzone of het grensprofiel:

- Aansluitingsconstructies of overgangsconstructies, (duin-Dijk; Duin – Hybride keringen; duin – kunstwerk)
- Hybride keringen, een waterkering waarbij de beschermende werking door meerdere onderdelen wordt bewerkstelligd. De twee soorten hybride keringen waarbij beoordeeld dient te worden op het faalmechanisme duinafslag zijn:
  - Dijk in duin: Hierbij ligt er voor een dijk een zandbuffer die zorgt voor een reductie van de hydraulische belasting op de dijk.
  - Verdedigd duin: Hierbij zorgt een strandmuur of duinvoetverdediging voor een afname van de golfbelasting op het duin waardoor de afslaglengte wordt gereduceerd.
- Niet Waterkerende Objecten (NWO's) die extra duinafslag kunnen veroorzaken. Hierbij wordt een uitzondering gemaakt voor de volgende NWO's:
  - Duinvegetatie.
  - Strandpaviljoens die tijdens storm in kleine stukken uiteenvallen.
  - Wegen met een losverband wegdek (klinkers, stelconplaten).
  - Straatmeubilair.
  - Kabels.

Van deze NWO's wordt aangenomen dat ze potentieel geen negatief effect hebben op het faalmechanisme duinafslag en dus aanwezig zouden mogen zijn.

Wanneer er aansluitconstructies, hybride keringen of NWO's in een duinvak aanwezig zijn anders dan de genoemde uitzonderingen, dan leidt de gedetailleerde toets per vak niet tot een oordeel.

Als de harde elementen zich landwaarts van de afslagzone bevinden, kan het rekenmodel wel worden toegepast.

#### Stap G.1c Netto zandverlies tijdens storm is verwaarloosbaar.

Het rekenmodel voor de gedetailleerde toets per vak houdt geen rekening met (netto) zandverlies uit een raai loodrecht op de kust. Oftewel in de gedetailleerde toets wordt aangenomen dat het zandvolume in het profiel tijdens de storm niet verandert. Om dit aan te tonen moeten twee inschattingen worden gemaakt:

- De inschatting op basis van morfologische inzichten of een zandverlies door een gradiënt in het langtransport tijdens storm realistisch is.





- De bepaling op basis van waarnemingen of er tijdens storm zandverlies optreedt.

Voor het maken van een morfologische inschatting worden de volgende vragen beantwoord:

- Is er sprake van een gekromde bolle kust?
- Is er sprake van scheef invallende golven in combinatie met ondiepten voor de kust?
- Is er sprake van getijgeulen dicht voor de kust?
- Zijn er obstakels die het langstransport onderbreken?

Indien één of meerdere vragen positief wordt beantwoord, dan is er kans op zandverlies tijdens storm. In dat geval leidt de gedetailleerde toets per vak niet tot een oordeel.

Voor het maken van een inschatting op basis van waarnemingen worden de volgende vragen beantwoord:

- Moet er onevenredig veel worden gesuppleerd om de basiskustlijn (BKL) te handhaven?
- Treedt er tijdens storm onevenredig meer afslag op dan bij andere locaties?

Een bevestigend antwoord op één van deze vragen is een indicatie voor netto zandverlies uit een doorsnede. In dat geval leidt de gedetailleerde toets per vak niet tot een oordeel.

#### Stap G.1d Er is sprake van een doorgaande duinregel.

Indien de afslagzone zich volledig in de zeereep bevindt dan is achterloopsheid uitgesloten: het rekenmodel is toepasbaar. Wanneer er sprake is van een dubbel duin met achterloopsheid, is het rekenmodel niet toepasbaar en leidt de gedetailleerde toets per vak niet tot een oordeel.

*Wanneer de eerste doorgaande duinregel (de zeereep) bezwijkt, dan leidt dit tot een overstroming van de achterliggende duinvallei. Als deze duinvallei in verbinding staat met het binnendijks gebied is er sprake van achterloopsheid van het duin waardoor dit tot een overstroming leidt.*

#### Stap G.1e Het duin is hoog genoeg zodat golfoverslag geen rol speelt.

In de Schematiseringshandleiding duinafslag is aangegeven hoe deze toets uit te voeren. Wanneer het duin te laag is, leidt de gedetailleerde toets niet tot een oordeel.

*Wanneer tijdens storm het water over een duin heenslaat, dan wordt het duin verzwakt door erosie aan de achterzijde van het duin.*

Wanneer de situatie in het duinvak aan alle 5 de toepassingsvoorwaarden voldoet, is het rekenmodel voor de gedetailleerde toets per vak toepasbaar.

*Let op, voor sommige van de toepassingsvoorwaarden kan het nodig zijn om eerst de mate van duinafslag met het rekenmodel te bepalen, omdat anders niet kan worden vastgesteld of de harde elementen werkelijk in de afslagzone liggen (G1.b), danwel of achterloopsheid een rol kan gaan spelen (G.1d).*

#### Stap G.2 Analyse van belasting en sterkte.

Met de hydraulische belastingen bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen wordt de duinafslag berekend volgens de methode zoals beschreven in het Technisch Rapport Duinafslag (ENW, 2007). Daarbij is de ruimte voor de waterkering, het daadwerkelijk aanwezige duinprofiel, niet het in de legger gedefinieerde waterstaatswerk.

In de gedetailleerde toets per vak wordt eerst beoordeeld of de maatgevende afslagzone en het grensprofiel passen binnen de leggergrenzen. Als dit niet het geval is wordt beoordeeld of de maatgevende afslagzone en het grensprofiel passen binnen het werkelijk aanwezige duinprofiel.

Voor de analyse wordt gebruik worden gemaakt van MorphAn.

#### *Faalkanseis per doorsnede*

De faalkanseis per doorsnede wordt gebaseerd op de in paragraaf 2.3 gegeven faalkansruimtefactor. Voor het mechanisme duinafslag wordt voor het lengte-effect factor de waarde  $N_{dsn}$  gelijk aan 2 gehanteerd.

### Toetsoordeel per vak

Op basis van de faalkans per doorsnede en de faalkanseis per doorsnede wordt het toetsoordeel per vak bepaald (zie paragraaf 2.6).

## 16.2 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor duinafslag worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

## 16.3 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat voor de duinwaterkering en hybride kering betreffen zijn:*

- *Beoordeling met tijdsafhankelijk numeriek model, waarbij rekening wordt gehouden met het negatieve of positieve effect van een gradiënt in het langstransport.*
- *Beoordeling harde constructie in geval van hybride kering.*

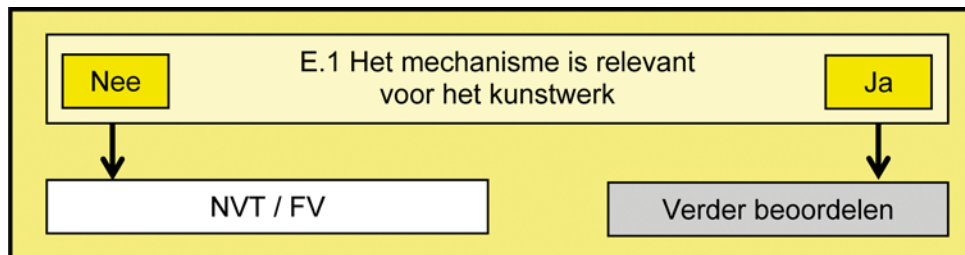
## 17 Hoogte kunstwerk (HTKW)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de kerende hoogte van een kunstwerk.

Als kunstwerk worden beoordeeld alle objecten in de primaire waterkeringen die als zodanig zijn benoemd in het Stroomschema beoordelingsaanpak niet-waterkerende en waterkerende objecten, zie Appendix C en (Breedeveld, 2014).

### 17.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets voor hoogte kunstwerk verloopt volgens het schema in Figuur 17-1.



Figuur 17-1 Schema eenvoudige toets hoogte kunstwerk (HTKW).

Stap E.1: het mechanisme is relevant voor de beoordeling van het kunstwerk.

De eenvoudige toets bestaat uit de vraag of het mechanisme relevant is. Dit is het geval als de kerende hoogte wordt verzorgd door het kunstwerk zelf. Indien het mechanisme relevant is, dan kan geen oordeel worden geveld op basis van de eenvoudige toets.

Indien de kerende hoogte wordt verzorgd door een dijklichaam dan is het toetsspoor hoogte niet relevant voor het kunstwerk. De beoordeling van de hoogte van het dijklichaam wordt dan uitgevoerd binnen het toetsspoor: grasbekleding erosie kruin en binnentalud.

*Voorbeelden van kunstwerken die de kerende hoogte verzorgen zijn schutsluizen, keersluizen en coupures. Bij leidingen en duikers die door een dijklichaam heen voeren, wordt de kerende hoogte bepaald door het dijklichaam ter plaatse van het kunstwerk.*

### 17.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets hoogte kunstwerk wordt falen gedefinieerd als: het door golfoverslag dan wel overloop over het hoogwaterkerend kunstwerk (gesloten keermiddelen) optreden van significante overstromingsgevolgen in het achterland of het bezwijken van de bodembescherming achter het kunstwerk.

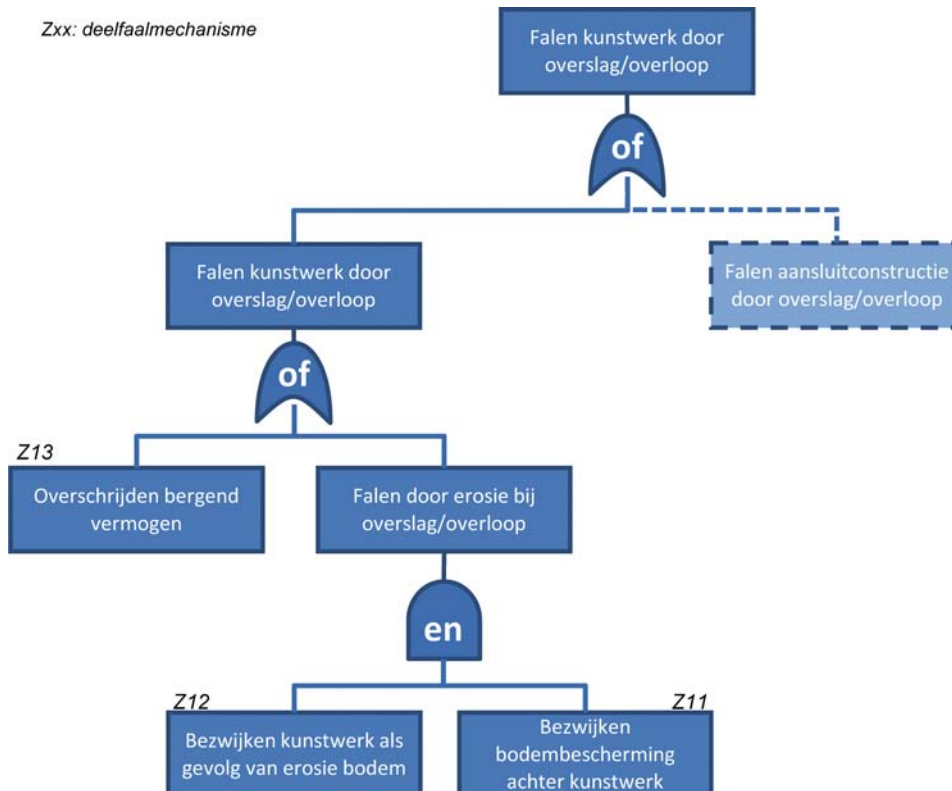
*Er is sprake van significante overstromingsgevolgen als er sprake is van meer dan 10 miljoen euro schade of tenminste 1 slachtoffer. Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding hoogte Kunstwerk.

*Dit toetsspoor behandelt de kerende hoogte van het kunstwerk zelf. Een tekort aan kerende hoogte bij een aansluitingsconstructie is niet in de modellen van dit mechanisme opgenomen. Wel is hiervoor een handreiking opgesteld die gebruikt kan worden voor aansluitconstructies.*

Voor de gedetailleerde toets per vak van hoogte kunstwerk wordt een probabilistische toets met een faalkanseis per kunstwerk uitgevoerd. In Figuur 17-2 is de modellering van het toetsspoor hoogte in de vorm van een foutenboom weergegeven. De foutenboom geeft aan hoe uit de kansen op de onderscheiden gebeurtenissen kan worden gekomen tot de kans op de topgebeurtenis: de kans op falen van het waterkerend kunstwerk door overslag of overloop.

*In deze foutenboom is 'Falen aansluitconstructie door overslag/overloop' weergegeven, maar dit wordt niet geconcretiseerd in de gedetailleerde toets van het kunstwerk. Eventuele gebreken aan de aansluitconstructie worden in het dagelijks beheer onderkend en hersteld en de invloed van de (overgang naar de) constructie op een aangrenzende grasmat wordt zo nodig verrekend door in dat aangrenzende vak rekening te houden met een op de situatie toegesneden sterkte-reductiefactor in geval van een overgang.*



Figuur 17-2 Foutenboom toetspoot hoogte kunstwerk.

*Falen als gevolg van tekort aan hoogte kan enerzijds optreden bij een standzeker kunstwerk, als significante gevolgen ontstaan door overschrijding van het bergend vermogen aan de binnenzijde van het kunstwerk. Anderzijds kan het kunstwerk zelf bezwijken als gevolg van bezwijken van de bodembescherming aan de binnenzijde van het kunstwerk, waarna erosie van de ondergrond optreedt waardoor het kunstwerk als geheel bezwijkt met een bres in de waterkering als gevolg, zie hiervoor de Leidraad kunstwerken (TAW, 2003).*

De volgende deelmechanismen worden beoordeeld:

- Z11: Bezwijken van de bodembescherming achter het kunstwerk als gevolg van het overslaande of overlopende water, dat uiteindelijk leidt tot het ontstaan van erosiekuilen.
- Z12: Bezwijken van het kunstwerk (onderuit gaan) als gevolg van ontgrondingskuilen ontstaan na bezwijken bodembescherming. In de gedetailleerde toets per vak wordt aan deze tak een faalkans 1 toegekend.
- Z13: Falen van het kunstwerk als gevolg van onvoldoende waterbergend vermogen in het achterland doordat er te veel water overslaat/overloopt gedurende een hoogwatergolf.



Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van de WBI 2017-software.

De faalkanseis per kunstwerk voor het toetsspoor hoogte kunstwerk wordt berekend met Vgl 2.1 (zie paragraaf 2.3).

De waarde voor de lengte-effectfactor  $N_{dsn}$  voor puntconstructies is voor het toetsspoor hoogte kunstwerk gelijk aan de waarde voor het toetsspoor Grasbekleding erosie kruin en binnentalud en wordt gegeven in de Schematiseringshandleiding grasbekleding

*Toetsoordeel per vak*

Het toetsoordeel per vak wordt bepaald op basis van de faalkans per kunstwerk en de faalkanseis per kunstwerk (zie paragraaf 2.6).

### 17.3 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor hoogte kunstwerk worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

### 17.4 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat voor hoogte kunstwerk zijn:*

- *Nadere bepaling van het optredende overslag-/overloopdebiet*
- *Indien er slechts een beperkt hoogtetekort wordt berekend in de gedetailleerde toets dan kan met behulp van de EurOtop-manual (EurOtop Team, 2007) een meer nauwkeurige inschatting van het optredende overslag-/overloopdebiet worden bepaald. Vooral bij constructies met voorlanden en samengestelde constructies kan met de EurOtop-manual een kleiner overslag-/overloopdebiet worden berekend.*
- *Nadere inschatting van het kritieke debiet. Vooral indien in de gedetailleerde toets gebruik is gemaakt van richtwaarden voor het kritieke debiet kan het kritieke debiet in de toets op maat worden aangescherpt. Dit vergt maatwerk waarvoor specialistische kennis omtrent bodembeschermingen vereist is.*
- *Kwantificering van de aanwezige reststerkte. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar het deelfaalmecanisme dat de faalkans bepaalt:*
  - *Komberging: indien het kombergend vermogen de faalkans bepaalt, kan een nadere analyse van dit kombergend vermogen (nadere inschatting instromend volume, kombergend oppervlak, toelaatbare peilstijging of combinatie van deze aspecten) worden uitgevoerd.*
  - *Bezwijken van de bodembescherming: indien de faalkans gedomineerd wordt door het bezwijken van de bodembescherming en het vervolgens bezwijken van het kunstwerk als gevolg van het ontstaan van ontgrondingskuilen kan een nadere analyse worden uitgevoerd. Deze analyse is erop gericht de kans op het bezwijken van het kunstwerk als gevolg van het ontstaan van ontgrondingskuilen beter in te schatten.*
  - *Voor het beoordelen van overgangsconstructies wordt verwezen naar de Handreiking aansluitconstructies (Deltares, 2015).*

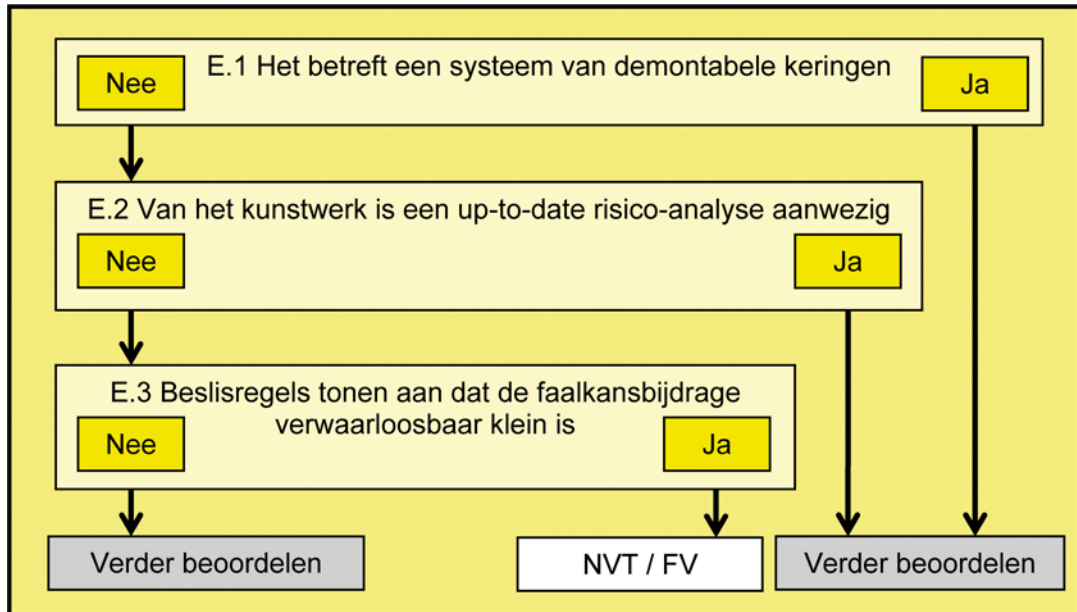
## 18 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de betrouwbaarheid van het sluiten van een kunstwerk.

Alle objecten in de primaire waterkeringen die als zodanig zijn benoemd in het Stroomschema beoordelingsaanpak niet-waterkerende en waterkerende objecten, zie Appendix C en (Breedeveld, 2014) worden beoordeeld als kunstwerk.

### 18.1 Eenvoudige toets

In Figuur 18-1 is het schema voor de eenvoudige toets van betrouwbaarheid sluiting weergegeven. De eenvoudige toets bestaat uit twee beslisregels (Stap E.1 en E.2) en een toets op eenvoudige kenmerken voor specifieke constructietypen (Stap E.3).



Figuur 18-1 Schema eenvoudige toets betrouwbaarheid sluiting (BSKW).

Stap E.1: Het betreft een systeem van demontabele waterkeringen.

Een systeem van demontabele waterkeringen is een mobiele waterkering van het type langsconstructie waarvan een deel van de constructie alleen bij dreigend hoogwater wordt opgebouwd en waarvan onder normale omstandigheden slechts een beperkt deel van de constructie (zoals funderingsbalken, kwelschermen, of aansluitingen op bestaande constructies) aanwezig is in het waterkeringstracé. Indien het kunstwerk bestaat uit een systeem van demontabele waterkeringen, kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. Als het kunstwerk geen systeem van demontabele waterkeringen betreft wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.

Stap E.2: Van het kunstwerk is een up-to-date risicoanalyse aanwezig.

Als er een risicoanalyse van de actuele situatie aanwezig is, dan moet worden vastgesteld of deze risicoanalyse aantoont dat het kunstwerk al dan niet voldoet. Er zijn geen eenvoudige voorschriften beschikbaar voor deze controle. Op basis van de eenvoudige toets kan dan ook geen oordeel worden geveld.

Is er geen risicoanalyse aanwezig, dan wordt de eenvoudige toets voortgezet met Stap E.3.

Stap E.3: Beslisregels tonen aan dat de faalkansbijdrage verwaarloosbaar klein is.

Indien een kunstwerk in Stap E.3 aan een of meer van de volgende beslisregels voldoet, dan is de faalkans voor betrouwbaarheid sluiting van dit kunstwerk verwaarloosbaar klein:

- **Gemaal:** Het gemaal is van twee hoogwaterkerende keermiddelen voorzien die met het pompbedrijf zijn gekoppeld.
- **Gemaal en in- en uitwateringssluis:** Het kunstwerk beschikt over één watervoerende leiding door de waterkering en deze leiding heeft een diameter kleiner of gelijk aan 0,5 m.
- **Gemaal:** Het gemaal is voorzien van leidingen met een diameter kleiner of gelijk aan 1,0 m en het binnendijkse instroomhoofd ligt buiten de invloedzone (zie Appendix A) van de waterkering.
- **Schutsluis:** De fysiek kerende hoogte van de hoogwaterkerende keermiddelen in binnen- en buitenhoofd en van de kolk van de schutsluis is aan elkaar gelijk. Aanvullend geldt dat de schutsluis altijd een van de (sets) schutdeuren gesloten heeft.  
*Nooit mogen alle schutdeuren open staan om:*
  - De scheepvaart vrije doorvaart te geven als er geen verval is.
  - Water in dan wel uit de polder te laten.
- **Uitwateringssluis:** De uitwateringssluis of vrij verval rioolleiding/riooloverstortleiding (duiker) komt binnendijks buiten de invloedzone van de waterkering (zie Appendix A) uit in een inspectieput, waarvan de toegang minimaal op het niveau van het maaiveld ligt.

In de overige gevallen kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.



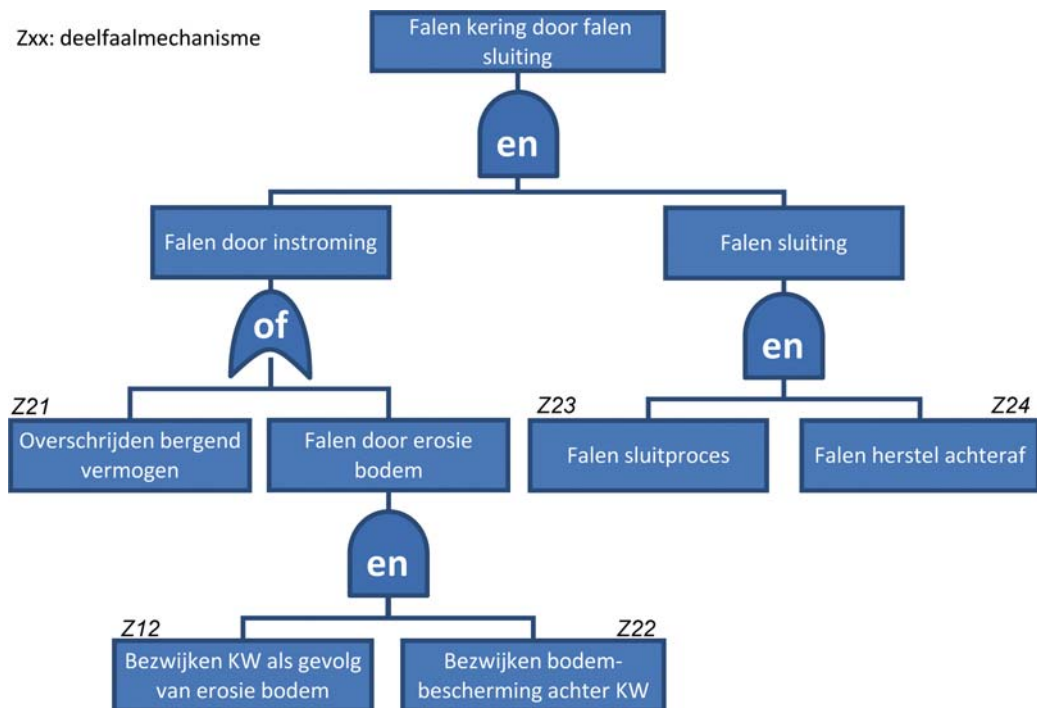
## 18.2 Gedetailleerde toets per vak

In de gedetailleerde toets betrouwbaarheid sluiting kunstwerk wordt falen gedefinieerd als het moment waarop de kritische stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden, danwel het moment waarop er in het achterland significante overstromingsgevolgen optreden als gevolg van het water dat door het niet gesloten kunstwerk gaat.

*Er is sprake van significante gevolgen als er sprake is van meer dan 10 miljoen euro schade of tenminste 1 slachtoffer. Voorafgaand aan de instroming van water faalde de sluiting van het kunstwerk. Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding betrouwbaarheid sluiting kunstwerk.

Voor de gedetailleerde toets van betrouwbaarheid sluiting wordt een probabilistische toets met een faalkanseis per kunstwerk uitgevoerd. In Figuur 18-2 is de modellering van het toetsspoor betrouwbaarheid sluiting in de vorm van een foutenboom weergegeven.



Figuur 18-2 Foutenboom toetsspoor betrouwbaarheid sluiting.

De volgende deelmechanismen worden beoordeeld:

- Z12: Kans dat het kunstwerk als geheel bezwijkt (onderuit gaat) gegeven het feit dat bezwijken van de bodembescherming heeft plaatsgevonden. Heeft betrekking op het eroderen van de onbeschermde bodem, het ontstaan van ontgrondingskuilen en het bezwijken van het kunstwerk na bezwijken bodembescherming. In de gedetailleerde toets wordt aan deze tak een faalkans 1 toegekend.
- Z21: Falen van het kunstwerk als gevolg van onvoldoende waterbergend vermogen in het achterland, doordat er te veel water instroomt gedurende een hoogwatergolf.
- Z22: Bezwijken van de bodembescherming achter het kunstwerk als gevolg van het instromende water.
- Z23: Falen van het sluitproces van de (hoog)waterkerende keermiddelen, waardoor het kunstwerk niet gesloten is.
- Z24: Falen van het herstel van een falende sluiting.

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van de WBI 2017-software.

De faalkanseis per kunstwerk voor het toetsspoor betrouwbaarheid sluiting kunstwerk wordt berekend met Vgl 2.1 (zie paragraaf 2.3).





Voor het toetsspoor betrouwbaarheid sluiting kunstwerk wordt de lengte-effectfactor  $N_{dsn}$  gegeven door:

$$N_{dsn} = \max(1; c \cdot n_{2a})$$

Vgl 18.1

Waarin:

$c$	Reductiefactor om tot uitdrukking te brengen dat de faalkansen van kunstwerken niet allemaal precies even groot zijn (= 0,5) [-].
$n_{2a}$	Aantal kunstwerken in het dijktraject waarvan de faalkans niet verwaarloosbaar klein is volgens de eenvoudige toets [-].

*Toetsoordeel per vak*

Het toetsoordeel per vak wordt bepaald op basis van de faalkans per kunstwerk en de faalkanseis per kunstwerk (zie paragraaf 2.6).

### 18.3 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor betrouwbaarheid sluiting kunstwerk worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

### 18.4 Toets op maat

*De mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyses binnen de toets op maat betrouwbaarheid sluiting zijn afhankelijk van het dominante deelmechanisme.*

*Aanscherping kans op falen van het sluitproces (altijd in het kritieke pad):*

- *Analyse kans op niet sluiten (foutenboomanalyse).*
- *Analyse faalkans herstel van sluiting (foutenboomanalyse).*
- *Nadere bepaling kans op open staan bij naderend hoogwater (gebruiksanalyse).*

*Aanscherping komberging:*

- *Meenemen daadwerkelijk verloop van hoogwater (locatie specifiek waterstandsverloop).*
- *Nadere bepaling kritieke waterstand achterliggende waterkeringen (sterkteanalyse achterliggende waterkeringen).*
- *Nadere bepaling kombergend oppervlak (achterlandstudie).*

*Aanscherping bodembescherming:*

- *Nadere bepaling bresvorming bij optreden erosie bodembescherming (beschouwing situatie en constructie in relatie tot het ontstaan van grondmechanische instabiliteit van het kunstwerk en daarmee het ontstaan van een bres).*

*Als er een risicoanalyse van de actuele situatie beschikbaar is: beoordelen in hoeverre deze toereikend is om te komen tot een toetsoordeel.*

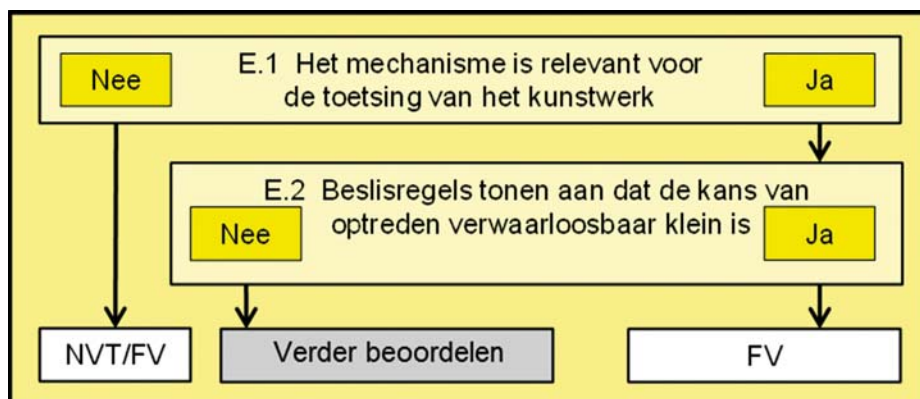
## 19 Piping bij kunstwerk (PKW)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de erosie van piping.

Alle objecten in de primaire waterkeringen die als zodanig zijn benoemd in het Stroomschema beoordelingsaanpak niet-waterkerende en waterkerende objecten, zie Appendix C en (Breedeveld, 2014), worden beoordeeld als kunstwerk.

### 19.1 Eenvoudige toets piping

In Figuur 19-1 het schema voor de eenvoudige toets van piping bij kunstwerk weergegeven.



Figuur 19-1 Schema eenvoudige toets piping bij kunstwerk (PKW).

Stap E.1: Het mechanisme is relevant voor de beoordeling van het kunstwerk.

Het mechanisme is altijd relevant voor kunstwerken, tenzij:

- Aan de uittredezijde van het kunstwerk een filter aanwezig is waarin uitstroming plaatsvindt. Indien dit filter voldoet aan de 'filterregels' en de conditie is goed, dan is de veiligheid met betrekking tot piping gewaarborgd (zie hiervoor de Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk).
- De kruising met de waterkering bestaat uit een leiding die voorzien is van een kwelscherm en waarvan de leidingdiameter kleiner is dan 0,50 m.

Stap E.2: Beslisregels tonen aan dat de kans van optreden verwaarloosbaar klein is.

De kans op het optreden van piping wordt als verwaarloosbaar klein beschouwd als voldaan wordt aan onderstaande voorwaarden:

- De constructie en eventuele kwelschermen worden rondom omsloten door een slecht doorlatend klei-/veenpakket van minimaal 1 m dikte (na zetting aan het eind van de toetsperiode), waarbij er geen in- of uitredepunten voor piping via de aansluiting tussen grond en constructie kunnen ontstaan.
- Indien de constructie op palen is gefundeerd is deze voorzien van een functionerend kwelscherm (dit zal nagenoeg altijd het geval zijn).
- De onder het kunstwerk aanwezige zandlagen voldoen aan de eis volgens het toetsspoor piping (bij dijken).
- Indien achterloopsheid niet van toepassing is en één van de kwelschermen heeft een lengte die groter is dan twee keer het verval over het kunstwerk bij maatgevende waterstanden. Situaties waarin achterloopsheid uitgesloten wordt zijn:
  - Kunstwerken die zijn opgenomen in een dijklichaam met een zandkern; in deze situatie dient een beoordeling op microstabiliteit van het aansluitende grondlichaam gedaan te worden. Tevens dienen de achterloopsheidschermen een bepaalde minimummaat buiten het kunstwerk te zijn doorgezet; aanbevolen wordt hier als praktische maat de lengte van het kwelscherm onder de constructie voor te hanteren.
  - Kunstwerken waarbij aan de binnendijkse zijde een filterconstructie is opgenomen om achterloopsheid tegen te gaan; het filter dient hierbij te voldoen aan de 'filterregels' en in goede conditie te zijn.

Als aan tenminste één van bovenstaande beslisregels wordt voldaan, dan is de kans van optreden van piping verwaarloosbaar klein. Anders kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

## 19.2 Gedetailleerde toets per vak

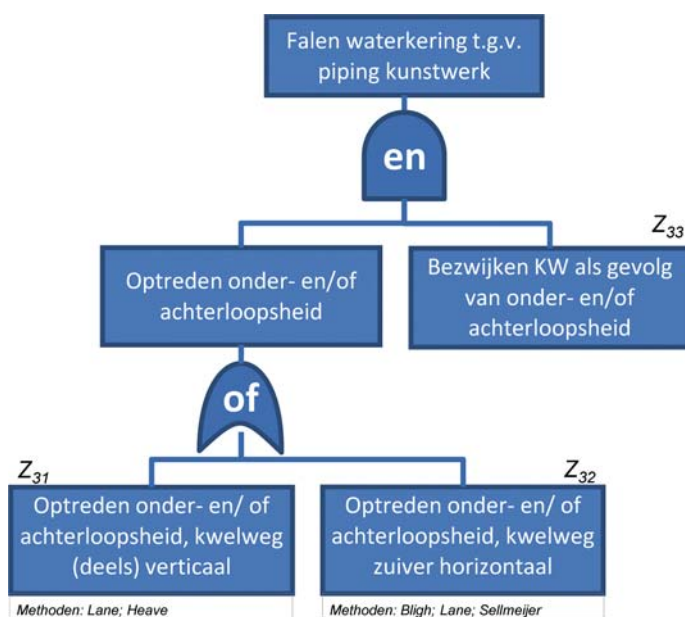
In de gedetailleerde toets piping bij kunstwerk wordt falen door onder- of achterloopsheid gedefinieerd als het overschrijden van het kritieke verval over het kunstwerk.

*Het kritieke verval is het verval waarbij de terugschrijdende erosie nog net stopt. De terugschrijdende erosie is het aan de benedenstroomse zijde van het kunstwerk uitspoelen van gronddeeltjes ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom.*

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk.

In Figuur 19-2 is de modellering van het toetsspoor piping in de vorm van een foutenboom weergegeven.



$Z_{xx}$ : deelfaalmechanisme

Figuur 19-2 Foutenboom voor mechanisme onder- en achterloopsheid.

*Onder achterloopsheid wordt verstaan de vorming van kanaaltjes of holle ruimten aan de zijkant van een kunstwerk als gevolg van het uitspoelen van grond. De maatgevende kwelweg is meestal zuiver horizontaal gericht (een kwelstroom langs het kunstwerk op het grensvlak van een cohesieve laag), maar kan ook verticale componenten bevatten (denk aan een uittrede onder een binnendijks scherm). In de praktijk wordt achterloopsheid echter vaak 1 op 1 gekoppeld aan het model van Bligh, dus aan situaties met een zuiver horizontale kwelweg.*

*Onderloopsheid betreft het ontstaan van holle ruimten onder een kunstwerk als gevolg van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd. Hierbij loopt de kwelstroom onder het kunstwerk door op het grensvlak van constructie en zand. Onder een kunstwerk zijn doorgaans kwelchermen aanwezig, waardoor de kwelstroom ook verticale componenten omvat. Dit hoeft echter niet altijd het geval te zijn. Denk aan lange duikers en leidingen waarbij geen kwelchermen aanwezig zijn. In de praktijk wordt onderloopsheid echter vaak 1 op 1 gekoppeld aan het model van Lane dan wel heave, dus aan situaties met een (deels) verticale kwelweg.*

De volgende deelmechanismen worden beoordeeld:

- Z31: Het uitspoelen van gronddeeltjes ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom die (deels) verticaal gericht is, waardoor holle ruimten ontstaan onder of naast het kunstwerk. Dit leidt tot een proces van terugschrijdende (interne) erosie, waarbij uiteindelijk een doorgaande pipe ontstaat onder het kunstwerk.
- Z32: Het uitspoelen van gronddeeltjes ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom die uitsluitend horizontaal gericht is, waardoor holle ruimten ontstaan onder of naast het kunstwerk. Dit leidt tot een proces van terugschrijdende (interne) erosie, waarbij uiteindelijk een doorgaande pipe ontstaat onder of naast het kunstwerk.
- Z33: Bezwijken van het kunstwerk (volledig onderuit gaan) gegeven het feit dat onder- of achterloopsheid heeft plaatsgevonden. In de gedetailleerde toets wordt aan deze tak een faalkans 1 toegekend.  
*Dit deelmechanisme betreft de reststerkte van het kunstwerk (inclusief aanliggende grondlichaam) na het ontstaan van een doorgaande pipe onder of naast het kunstwerk.*

Voor het bepalen van de kans op het uitspoelen van gronddeeltjes ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom die (deels) verticaal gericht is, zijn de modellen van Lane en heave beschikbaar. Voor een horizontale kwelweg zijn ook de modellen van Bligh en Sellmeijer beschikbaar. Voor de wijze van parameterbepaling wordt verwezen naar de Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk. De rekenwijzen zijn beschreven in het Achtergrondrapport Toetsspoor Piping.



De faalkanseis per kunstwerk voor het toetsspoor piping bij kunstwerk wordt berekend met Vgl 2.1 (zie paragraaf 2.3). Als uit de berekening van de faalkans blijkt dat de kans op falen van het kunstwerk door piping kleiner is dan de faalkanseis (zie paragraaf 2.3) dan wordt voldaan aan het toetsspoor piping bij kunstwerk.

#### *Toetsoordeel per vak*

Het toetsoordeel per vak wordt bepaald op basis van de faalkans per kunstwerk en de faalkanseis per kunstwerk (zie paragraaf 2.6).

### **19.3 Toets op maat**

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat voor piping bij kunstwerk zijn:*

- *Gebruik maken van state of the art kennis en software (EEM modellen) in grondwaterstromingsberekeningen.*
- *Rekening houden met tijdsafhankelijkheid in grondwaterstromingsanalyses.*
- *Analyse gebruikmakend van peilbuiswaarnemingen.*
- *Analyse bewezen sterkte.*
- *Probabilistische piping of heave analyse.*

### **20 Sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie (STKWp)**

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de erosie van de sterkte en stabiliteit van een puntconstructie. Een puntconstructie is een type kunstwerk.

Alle objecten in de primaire waterkeringen die als zodanig zijn benoemd in het Stroomschema beoordelingsaanpak niet-waterkerende en waterkerende objecten, zie Appendix C en (Breedeveld, 2014), worden beoordeeld als kunstwerk.

*Bij puntconstructies (o.a. sluisen, coupures) spelen over het algemeen onzekerheden gerelateerd aan de lengte<sup>20</sup> van het kunstwerk (verder aangeduid als lengte-effect) een ondergeschikte rol en heeft de constructie altijd een dominante invloed op het gedrag van de waterkering.*

Door de grote diversiteit in soorten, types en dimensies van kunstwerken zijn geen voorschriften beschikbaar voor de eenvoudige toets.

#### **20.1 Gedetailleerde toets per vak**

In de gedetailleerde toets sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie wordt falen door bezwijken van het kunstwerk gedefinieerd als het moment waarop de kritische stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden, danwel het moment dat er in het achterland significante overstromingsgevolgen optreden als gevolg van stroming via het bezwiken kunstwerk.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

De schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding sterkte en stabiliteit kunstwerk.

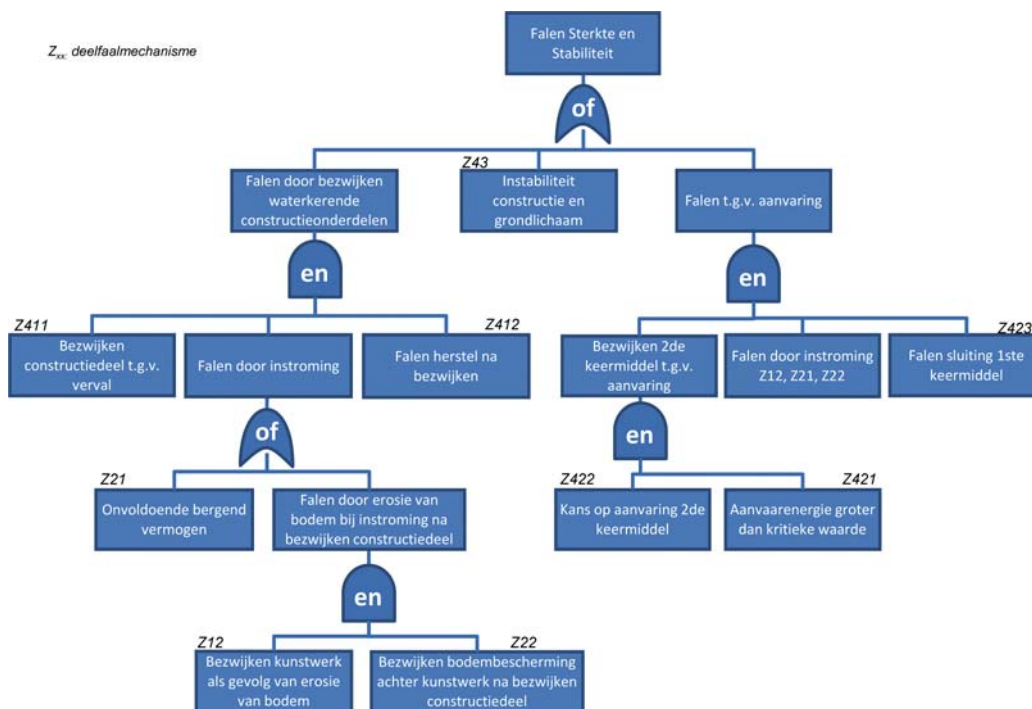
Voor de gedetailleerde toets per vak sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie wordt een probabilistische toets met een faalkanseis op objectniveau uitgevoerd. In Figuur 20-1 is daartoe de modellering van het toetsspoor in de vorm van een foutenboom weergegeven.

De volgende mechanismen worden beoordeeld, de hoofdtakken in de foutenboom:

1. Falen door bezwijken constructieonderdelen. Het gaat hier om het bezwijken van de keermiddelen van het kunstwerk, waardoor een grote hoeveelheid water naar binnen stroomt.
2. Falen door instabiliteit constructie en grondlichaam. Als gevolg van instabiliteit bezwijkt het kunstwerk (puntconstructie) of het aanpalende grondlichaam, waardoor een grote hoeveelheid water naar binnen stroomt. Hierbij kan worden gedacht aan bijvoorbeeld het bezwijken van de fundatie van het kunstwerk. Indien dit plaatsvindt, dan is herstel niet meer mogelijk en dus zijn er ook geen andere deelmechanismen meer aanwezig.
3. Falen door aanvaring van het 2<sup>de</sup> keermiddel. Dit is een mechanisme dat geheel betrekking heeft op schutsluisen. Omdat het alleen op één type puntconstructie van toepassing is, wordt het niet als

<sup>20</sup> In de lengterichting van de waterkering.

apart toetspoot gezien, maar als één van de mechanismen bij sterkte en stabiliteit. Bezijken vindt plaats indien de deuren in het ene sluishoofd open staan en een schip de deuren in het andere sluishoofd eruit vaart.



Figuur 20-1 Foutenboom toetspoot sterkte en stabiliteit puntconstructie.

De volgende deelmechanismen worden beoordeeld:

- Falen waterkerende constructieonderdelen:
  - Z12: Bezijken (onderuit gaan) van het kunstwerk als geheel, gegeven het feit dat erosie van de bodembescherming heeft plaatsgevonden. In de gedetailleerde toets per vak wordt aan deze tak een faalkans 1 toegekend.
  - Z21: Falen van het kunstwerk als gevolg van onvoldoende waterbergend vermogen in het achterland, doordat er te veel water instroomt gedurende een hoogwatergolf.
  - Z22: Bezijken van de bodembescherming achter het kunstwerk als gevolg van het instromende water, dat uiteindelijk leidt tot het ontstaan van erosiekuilen.
  - Z411: Bezijken constructieonderdelen als gevolg van de vervalbelasting op het betreffende onderdeel. Dit bezijken leidt direct tot ongecontroleerde instroming van water.
  - Z412: Falen van het herstel van het waterkerende vermogen nadat een constructieonderdeel van het kunstwerk is bezweken.
- Instabiliteit constructie en grondlichaam:
  - Z43: Falen van het kunstwerk als gevolg van instabiliteit van het grondlichaam of de constructie.
- Falen ten gevolge van aanvaring (specifiek schutsluizen):
  - Z421: Bezijken van de deuren in het gesloten sluishoofd als gevolg van het aanvaren door een schip. Hierbij is de aanvaarenergie groter dan de door de constructie opneembare energie.
  - Z422: Kans dat het gesloten keermiddel wordt aangevaren.
  - Z423: Falen van het herstel van het waterkerende vermogen met behulp van het niet gesloten keermiddel, nadat door aanvaring het gesloten keermiddel is bezweken.

Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van de WBI 2017-software.

De faalkanseis per kunstwerk voor het toetspoot sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie wordt berekend met Vgl 2.1 (zie hoofdstuk 2). Voor de lengte-effectfactor geldt  $N_{dsn} = 3$

#### Toetsoordeel per vak

Het toetsoordeel per vak wordt bepaald op basis van de faalkans per kunstwerk en de faalkanseis per kunstwerk (zie paragraaf 2.6).



## 20.2 Gedetailleerde toets per traject

Bij de gedetailleerde toets per traject kan de gereserveerde faalkansruimte voor sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie worden losgelaten. De gedetailleerde toets per traject bestaat uit het vergelijken van de totale faalkans per traject met de grenswaarden van de categorieën in tabel 2-4. (zie paragraaf 2.6).

## 20.3 Toets op maat sterkte en stabiliteit puntconstructie

Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat voor sterkte en stabiliteit puntconstructie kunstwerk zijn:

- Sterkte constructieonderdelen:
  - Toepassing eindige elementen methodiek voor nadere bepaling sterktecapaciteit constructie.
- Geotechnische stabiliteit constructie:
  - Toepassing eindige elementen methodiek voor nadere bepaling sterktecapaciteit constructie.
- Aanvaren:
  - Monitoring optredende vaarsnelheden in de kolk (specifiek voor betreffende kunstwerk/sluis).
  - Geavanceerde bepaling sterkte constructie in relatie tot botsing (inzet van EEM).

## 21 Sterkte en stabiliteit kunstwerk, langsconstructie (STKWI)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de erosie van de sterkte en stabiliteit van een langsconstructie. Een langsconstructie is een type kunstwerk.

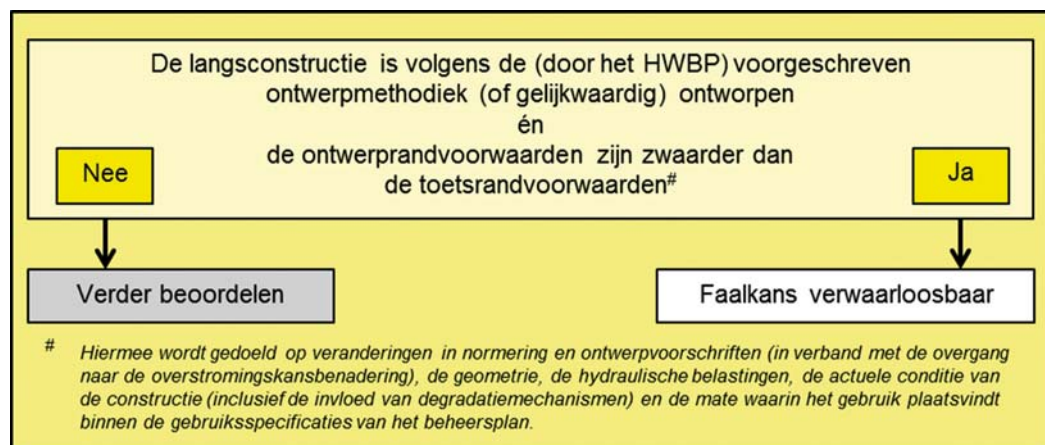
Alle objecten in de primaire waterkeringen die als zodanig zijn benoemd in het Stroomschema beoordelingsaanpak niet-waterkerende en waterkerende objecten, zie Appendix C en (Breedeveld, 2014), worden beoordeeld als kunstwerk.

*Bij langsconstructies<sup>21</sup> (bijvoorbeeld stabiliteitsschermen, kistdammen, kademuren, systemen van demontabele waterkeringen, keermuurtjes) moet het lengte-effect worden meegenomen. Wat betreft de invloed op het gedrag van de waterkering kan deze variëren per type langsconstructie; een grondrijk met langsconstructie die de weerstand tegen instabiliteit vergroot, zal zich bijvoorbeeld nog steeds als grondrijk gedragen.*

Dit toetsspoor heeft betrekking op langsconstructies die de weerstand tegen instabiliteit van de aanwezige grondrijk vergroten (bijvoorbeeld stabiliteitsschermen). Langsconstructies die aan een puntconstructie zijn gerelateerd, zoals pipingschermen, worden bij het toetsspoor sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie beschouwd.

### 21.1 Eenvoudige toets

In Figuur 21-1 het schema voor de eenvoudige toets van sterkte en stabiliteit kunstwerk, langsconstructie weergegeven.



Figuur 21-1 Schema eenvoudige toets sterkte en stabiliteit kunstwerk, langsconstructie.

In de eenvoudige toets wordt geverifieerd of wordt voldaan aan alle onderstaande voorwaarden:

<sup>21</sup> Hierbij gaat het dus niet om langsconstructies die aan een puntconstructie zijn gerelateerd, zoals pipingschermen.





- De constructie is ontworpen volgens de voorschriften die worden gehanteerd binnen het HWBP, of gelijkwaardig.
- De hydraulische belastingen zijn niet groter dan de hydraulische belastingen die zijn aangehouden voor het ontwerp.
- De constructieve sterkte is niet verminderd ten opzichte van het ontwerp.

Als aan alle voorwaarden wordt voldaan is de faalkans voor de sterkte en stabiliteit van een langsconstructie verwaarloosbaar.

*Het Technisch Rapport Analyse Macro stabiliteit van dijken met de Eindige Elementen Methode (Bakker, Bredeveld, & Teunissen, 2011) is gebruikt voor een aantal ontwerprichtlijnen die binnen het kader van het HWBP worden voorgeschreven. Deze ontwerprichtlijnen zijn specifiek voor de (qua ondergrondcondities) complexe situatie bij de dijkversterking Kinderdijk-Schoonhovenseveer (KIS) geschreven.*

*Onder een ontwerp dat is gemaakt volgens de (door het HWBP) voorgeschreven ontwerpmethodiek wordt daarom verstaan een ontwerp dat is gemaakt in lijn met de aanpak (maar mogelijk met een van KIS afwijkende invulling) uit een van de volgende documenten:*

- *Ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen (groene versie)*
- *Ontwerprichtlijn voor WSRL, (Deltares, 2013e).*
- *Ontwerp zelfstandig waterkerende constructies (type I) dijkversterking KIS, (Deltares, 2013f).*
- *Erratum ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen, (Deltares, 2014e).*

*De faalkanseis voor een dijktraject op basis van WBI 2017 is echter ingrijpend gewijzigd ten opzichte van de ontwerprichtlijnen; dit gegeven moet worden meegenomen in de beoordeling.*

*Voor de onderbouwing het oordeel op basis van de eenvoudige toets kan de beheerder bijvoorbeeld gebruik maken van de ontwerputgangspunten en gebruiksspecificaties in het zogenaamde 'oplegblad voor het ontwerp', zie Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003) en de rekenbestanden van de EEM-analyses. De conditie en gebruiksspecificaties zijn vastgelegd kunnen worden ontleend uit het beheersregister of beheersplan.*

## 21.2 Toets op maat

*De mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyses binnen de toets op maat sterkte en stabiliteit kunstwerk, langsconstructie betrouwbaarheid sluiting zijn afhankelijk van de locatie specifieke aspecten. Deze moeten aangeven welke optimalisaties in de beoordeling ten opzichte van de ontwerpberoeeningen zinvol zijn.*

## 22 Golfafslag voorland (VLGA)

In dit toetsspoor wordt beoordeeld of het mechanisme golfoverslag invloed heeft op de overstroomingskans van het dijktraject.

Het toetsspoor golfafslag voorland betreft een indirect faalmechanisme. Voor deze beoordeling wordt gebruik gemaakt van een signaleringsprofiel. Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat eventuele golfafslag schadelijk is voor de waterkering.

### 22.1 Eenvoudige toets

Figuur 22-1 geeft het schema voor de eenvoudige toets van golfafslag. In de eenvoudige toets wordt op basis van globale kenmerken de invloed van golfafslag op de waterkering beoordeeld. In de eenvoudige toets wordt hiertoe gecontroleerd of de kans dat het restprofiel de invloedszone van de dijk, zie Appendix A, doorsnijdt voldoende klein is. Daarbij wordt achtereenvolgens gecontroleerd of het mechanisme de waterkering beschadigt (Stap E.1) en of het mechanisme kan optreden (Stap E.2). De voor deze toets benodigde golfbrandvoorwaarden worden bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen.

Voor de bepaling van de benodigde hydraulische belastingen wordt gebruik gemaakt van de WBI 2017-software. De golven moeten bepaald worden volgens de methode die wordt gebruikt voor het

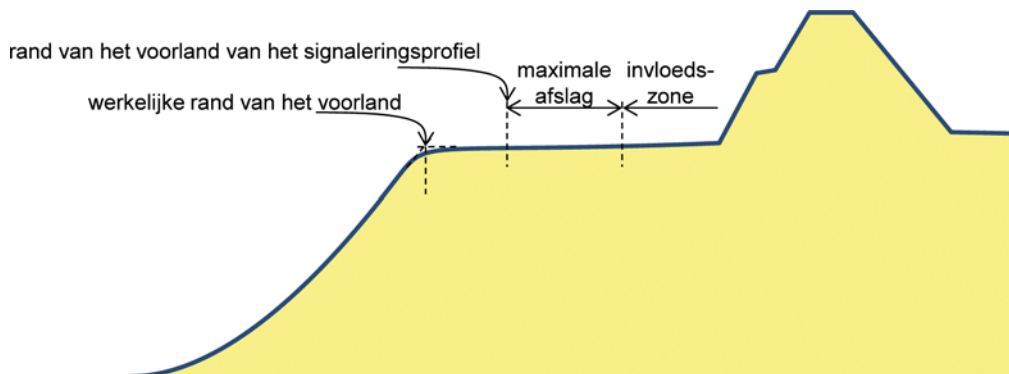
afleiden van golven voor bekledingen: per waterstandsniveau een golfhoogte en golfperiode afleiden<sup>22</sup>.



Figuur 22-1 Schema eenvoudige toets golfafslag bij voorlanden (VLGA).

Stap E.1 Golfafslag is schadelijk voor andere mechanismen.

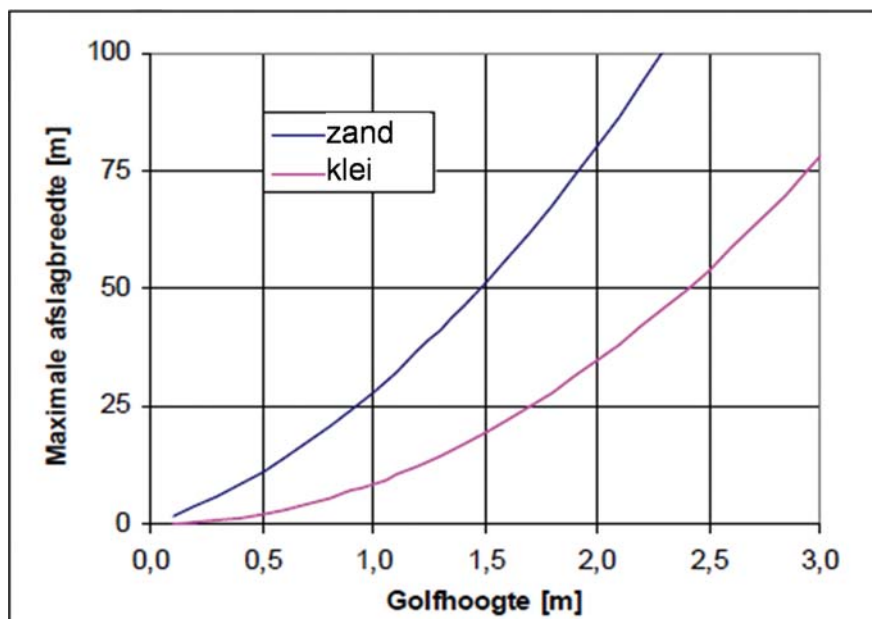
Stap E.1 bestaat uit een vergelijking van het signaleringsprofiel met het maatgevende (meest ongunstigste) profiel in de beoordelingsperiode: het rekenprofiel. Voor golfafslag wordt het signaleringsprofiel slechts gekarakteriseerd door de positie van de rand van het voorland. De rand van het signaleringsprofiel ligt buitendijks van de invloedszone van de waterkering, zie Appendix A, en wel op een afstand gelijk aan de maximale afslagbreedte, zie Figuur 22-2.



Figuur 22-2 Rand van het voorland volgens het signaleringsprofiel.

De maximale afslagbreedte wordt afgelezen uit Figuur 22-3. Deze breedte is afhankelijk van de golfhoogte bij de norm en het materiaal van het voorland. Indien de rand van het voorland volgens het rekenprofiel verder buitendijks ligt dan de rand van het signaleringsprofiel, dan heeft de golfafslag geen wezenlijk negatieve invloed op de faalkans van andere mechanismen van de waterkering. De bijdrage aan de faalkans ten gevolge van golfafslag voorland is verwaarloosbaar. Indien de rand van het voorland volgens het rekenprofiel landwaarts ligt ten opzichte van de rand van het signaleringsprofiel, dan vergroot de golfafslag wezenlijk de kans op falen voor andere mechanismen en dient de beoordeling te worden gecontinueerd met Stap E.2.

<sup>22</sup> Eerst de waterstand bij de norm bepalen en dan golfhoogte en golfperiode afleiden. Het is niet toegestaan de golfhoogte uit de marginale statistiek toe te passen.



Figuur 22-3 Minimaal benodigde marge buiten de invloedszone.

#### Stap E.2 Schadelijke golfafslag is mogelijk.

Schadelijke golfafslag kan optreden, behalve in die gevallen dat aan minimaal één van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Op het voorland is een grasmat of bodembescherming aanwezig en de golfhoogte berekend op basis van regels voor Hydraulische Belastingen bij bekledingen is kleiner dan 0,75 m.
- Het niveau van het voorland is lager dan de waterstand bij de norm en het verschil tussen beide is groter dan twee keer de significante golfhoogte.
- Het niveau van het voorland is hoger dan de waterstand bij de norm en de bekleding van het voorland (inclusief de brekerzone) voldoet aan de eisen gesteld in de hoofdstukken 9 t/m 15.

Indien aan tenminste één van bovengenoemde voorwaarden wordt voldaan, dan wordt golfafslag verhinderd en is de faalkans als gevolg van golfafslag van het voorland verwaarloosbaar. Indien aan géén van bovengenoemde voorwaarden wordt voldaan, kan afslag optreden: op grond van de eenvoudige toets kan geen oordeel worden geveld.

## 22.2 Toets op maat

*Mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyses binnen de toets op maat golfafslag zijn:*

- *Beoordelen van de sterkte van de bodembescherming op het voorland.*
- *Uitvoeren van berekeningen met Durosta of Delft 3D*
- *Afslagprofiel meenemen als stochastische variabele in de beoordeling van directe mechanismen: als continue verdeelde variabele of als geometrie-scenario.*

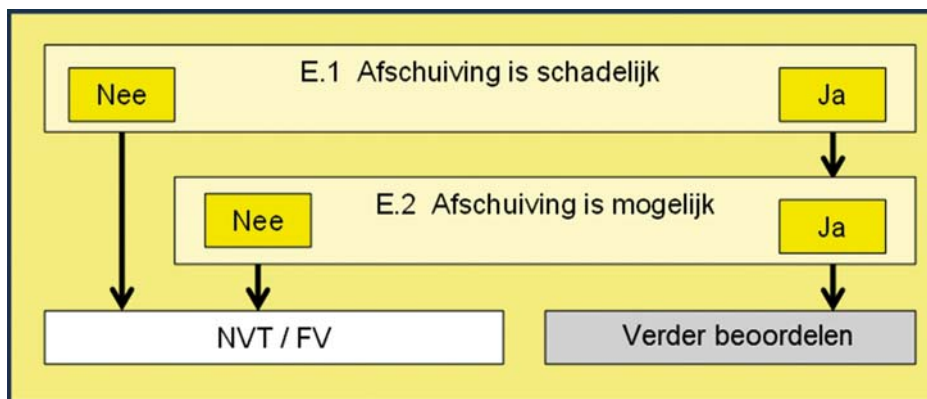
## 23 Afschuiving voorland (VLAf)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling of de kans dat het restprofiel de invloedszone van de dijk doorsnijdt voldoende klein is, bij het optreden afschuiving van het voorland.

Het toetsspoor afschuiving voorland betreft een indirect mechanisme. Voor deze beoordeling wordt gebruik gemaakt van een signaleringsprofiel. Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat een eventuele afschuiving schadelijk is voor de waterkering.

### 23.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets op afschuiving van het voorland bestaat uit 2 stappen en is weergegeven in Figuur 23-1



Figuur 23-1 Schema eenvoudige toets op afschuiving voorland (VLAf).

Stap E.1: Afschuiving is schadelijk.

Deze stap bestaat uit een vergelijking van het signaleringsprofiel met het rekenprofiel. Daarmee wordt bepaald of eventueel optreden van een afschuiving van het voorland de dijk of dam of kunstwerk in gevaar brengt. De uitwerking bestaat uit drie deelstappen:

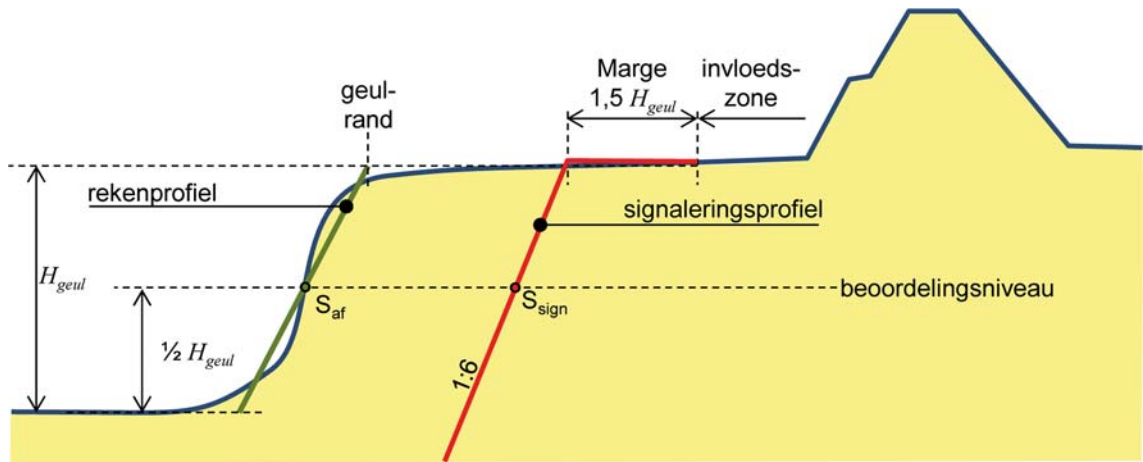
- Bepaal het signaleringsprofiel bestaande uit de marge, het horizontaal deel buiten de invloedszone (zie Appendix A) van de waterkering, en het hellende deel (taludhelling 1:n).
- Bepaal het rekenprofiel en beoordelingsniveau.
- Bepaal het signaleringspunt en het afschuifpunt.

De wijze van bepalen van het signaleringsprofiel, het beoordelingsniveau en het signaleringspunt en afschuifpunt is afhankelijk van een eventuele vooroeverbestorting. Er worden twee situaties onderscheiden:

- A. Standaard situatie (zonder vooroeverbestortingen).
- B. Situatie met vooroeverbestorting.

Ad: A. Standaard situatie (zonder vooroeverbestortingen), zie Figuur 23-2:

1. Het signaleringsprofiel wordt bepaald als volgt:
  - a. Voor de marge geldt een waarde van  $1,5H_{geul}$ . Waarbij  $H_{geul}$  is de geuldiepte, oftewel de verticale afstand tussen de geulrand en de geulbodem.
  - b. Het hellende deel van het signaleringsprofiel sluit aan op het horizontale deel. De te hanteren taludhelling is 1V:6H.
2. Het rekenprofiel en beoordelingsniveau wordt bepaald als volgt:
  - a. Het rekenprofiel is het gemiddelde profiel vóór afschuiving. De doorgaande blauwe lijn in Figuur 23-2 toont het vóór de afschuiving aanwezige profiel. Op basis daarvan wordt een rechte lijn getrokken, vanaf de geulrand tot aan de geulbodem (dus onder de gemiddelde helling van het aanwezige profiel). Hoe de geulrand is gedefinieerd is omschreven in de Schematiseringshandleiding afschuiving voorland.
  - b. Het beoordelingsniveau  $S_{af}$  ligt op een hoogte van  $\frac{1}{2} H_{geul}$  boven de geulbodem.
3. Het signaleringsprofiel wordt vergeleken met het gemiddeld profiel vóór afschuiving. Op het beoordelingsniveau worden twee punten gedefinieerd. Het signaleringspunt  $S_{sign}$  is het snijpunt van het signaleringsprofiel met het beoordelingsniveau. Het afschuifpunt  $S_{af}$  is het snijpunt van het gemiddeld profiel vóór afschuiving met het beoordelingsniveau.

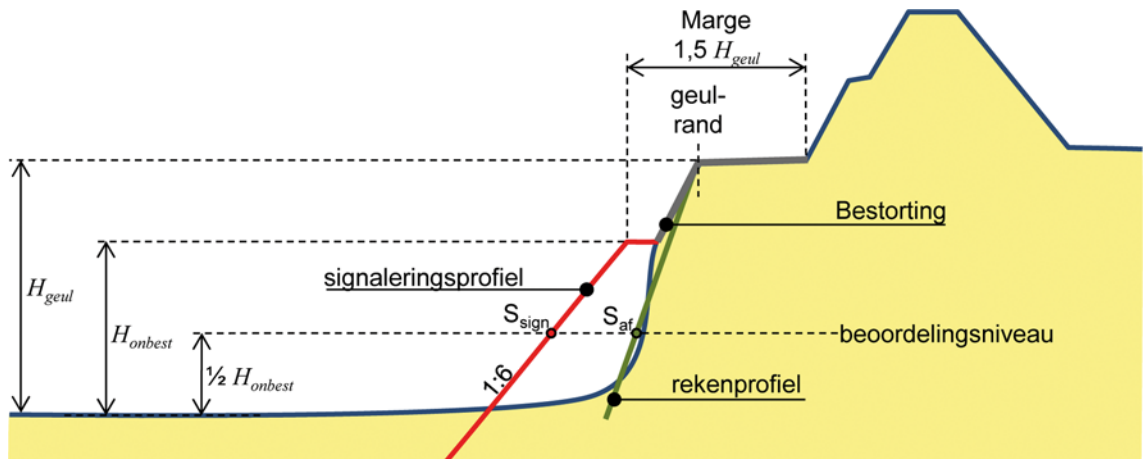


Figuur 23-2 Situatie zonder bestorting met signaleringsprofiel en rekenprofiel voor afschuiven voorland.

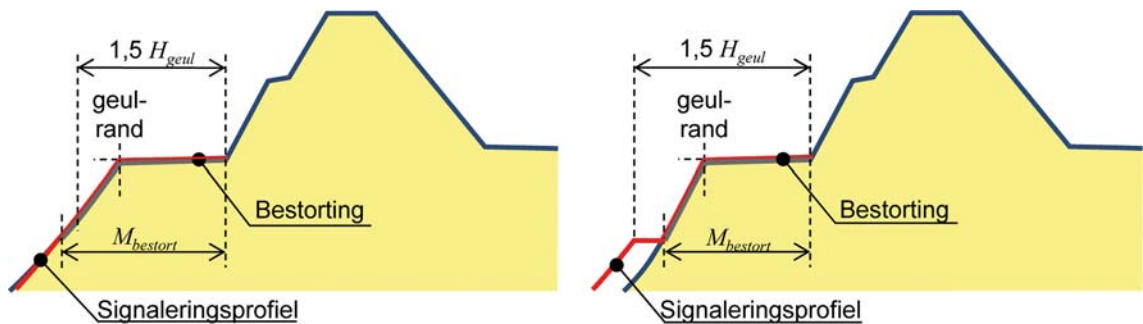
Ad: B. Situatie met vooroeverbestorting, zie Figuur 23-3:

1. Het signaleringsprofiel wordt bepaald als volgt:
  - a. Vanaf de teen van de dijk volgt het signaleringsprofiel de ligging van de bestorting tot aan het uiteinde daarvan. Als de marge  $1,5 H_{geul}$  groter is dan de horizontale projectie van de bestorting,  $M_{bestorting}$ , verloopt het signaleringsprofiel horizontaal verder vanaf het uiteinde van de bestorting, totdat de horizontale afstand tot aan de teen gelijk is aan  $1,5 H_{geul}$  (zie ook Figuur 23-4). Als de marge  $1,5 H_{geul}$  kleiner is dan de horizontale projectie van de bestorting,  $M_{bestorting}$ , is er aan het einde van de bestorting geen extra horizontaal deel van het signaleringsprofiel. Net als bij de standaard situatie geldt voor het geval met een vooroeverbestorting voor de marge een minimale waarde van  $1,5 H_{geul}$  en is de geuldiepte  $H_{geul}$  de verticale afstand tussen de geulrand en de geulbodem.
  - b. De taludhelling van het signaleringsprofiel vanaf dat punt is hetzelfde als voor de standaard situatie: 1V:6H.
  - c. Een vooroever waarvan het onderste deel bestort is en waarbij de bestorting begint in het diepste punt van de geul heeft hetzelfde signaleringsprofiel als voor de standaard situatie. Voor bepaling van het beoordelingsniveau wordt in plaats van  $H_{geul}$  de onbestorte geuldiepte  $H_{onbest}$  genomen.
2. Het rekenprofiel en beoordelingsniveau wordt bepaald als volgt:
  - a. De bepaling van het gemiddeld profiel vóór afschuiving verloopt hetzelfde als voor de standaard situatie.
  - b. Voor de bepaling van het beoordelingsniveau hoeft alleen te worden gekeken naar het onbestorte deel van de vooroever,  $H_{onbest}$ . Daarbinnen geldt dezelfde regel als voor de standaard situatie: het beoordelingsniveau ligt op een hoogte van  $\frac{1}{2} H_{onbest}$  van het onbestorte gedeelte van de vooroever.

3. De bepaling van het signaleringspunt en het afschuifpunt verloopt hetzelfde als voor de standaard situatie.



Figuur 23-3 Situatie met vooroeverbrestorting met signaleringsprofiel en rekenprofiel voor afschuiven voorland.



Figuur 23-4 Bepaling ligging signaleringsprofiel voor afschuiving voorland in relatie tot de lengte van de bestorting.

Voor geval A en B is een afschuiving mogelijk, schadelijk voor de veiligheid van de dijk als het afschuifpunt  $S_{af}$  landwaarts ligt van het signaleringspunt  $S_{sign}$ . In dat geval dient de beoordeling te worden voortgezet met Stap E.2. Als het signaleringspunt  $S_{sign}$  landwaarts ligt van het afschuifpunt  $S_{af}$  is een eventuele afschuiving van het voorland niet schadelijk voor de veiligheid: de faalkans voor afschuiving voorland is verwaarloosbaar.

Stap E.2: Afschuiven is mogelijk.

Een afschuiving treedt mogelijk op als wordt voldaan aan één van de volgende drie voorwaarden:

- De gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1V:2H, over een hoogte van minimaal 5 m, tenzij er sprake is van een kleilaag zonder zand.
- De gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1V:1H, over een hoogte van minimaal 5 m, mits ter plaatse van de kleilaag zonder zand.
- De totale helling (geulrand-geulbodem) is gemiddeld steiler dan of gelijk aan 1V:4,5H.

Indien aan ten minste een van de drie voorwaarden wordt voldaan, kan een afschuiving optreden; dan kan op grond van deze eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Indien aan geen van deze voorwaarden wordt voldaan is de faalkans ten gevolge van afschuiving van het voorland verwaarloosbaar.

**23.2 Gedetailleerde toets per vak**

Falen is voor de gedetailleerde toets voor afschuiving voorland gedefinieerd als een dussdanige afschuiving van het voorland dat deze van invloed is op de andere mechanismen, zoals piping en macro-instabiliteit binnenwaarts of buitenwaarts of erosie buitentalud. In de gedetailleerde toets wordt dan ook beoordeeld of de kans dat het restprofiel na de afschuiving de grens van de invloedzone overschrijdt voldoende klein is. Daartoe wordt een geotechnische analyse van de stabiliteit uitgevoerd waarbij rekening wordt gehouden met ondergrondscenario's met hun kans van voorko-





men, zie Appendix B. De geotechnische analyse wordt uitgevoerd met stand-alone DGStab.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving* ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding afschuiving voorland.

De rekenmethode voor de gedetailleerde toets per vak voor het toetsspoor afschuiving voorland is altijd toepasbaar, er zijn geen toepassingsvoorwaarden. Om tot een oordeel te komen moeten per vak de volgende berekeningsstappen worden uitgevoerd:

Stap A	Bepaal per ondergrondscenario de stabiliteitsfactor.
Stap B	Bereken de faalkans per ondergrondscenario uitgaande van de stabiliteitsfactor met behulp van Vgl 5.2.
Stap C	Bereken de faalkans door sommatie over alle ondergrondscenario's van het product van de faalkans per ondergrondscenario enerzijds en de kans op het betreffende ondergrondscenario anderzijds, zie Vgl. 5.3.
Stap D	Controleer of de berekende faalkans met onderstaande formule verwaarloosbaar is.

#### *Toetsoordeel per vak*

De bijdrage aan de overstromingskans is verwaarloosbaar als de berekende faalkans kleiner is dan  $P_{eis;vak}$ .

$$P_{eis;vak} = P_{voorland} N \quad \text{Vgl 23.1}$$

Waarin:

$P_{voorland}$	Kans van optreden van voorlandmechanisme waarbij de bijdrage aan de overstromingskans verwaarloosbaar wordt geacht $P_{voorland} = 0,01$ [1/jaar]
$N$	Lengte-effect per strekkende kilometer $N = 0,66[-]^1$
$P_{eis;vak}$	Faalkanseis per vak [1/jaar].

<sup>1</sup>  $L=1$  km,  $a = 0,033$  en  $b=50$

*Een afschuiving van het voorland wordt in de gedetailleerde toets opgevat als indirect faalmechanisme. De invloedszone is gebaseerd op de norm. Daarom hoeft de norm niet meer verwerkt te worden in de toelaatbare kans (faalkanseis) dat een afschuiving de invloedszone bereikt.*

### **23.3 Toets op maat**

*Mogelijkheden voor het uitvoeren van nadere analyses binnen de toets op maat afschuiving voorland zijn:*

- *Een geavanceerde analyse met Eindige Elementen Modellen (EEM) op basis van grondwaterstromingsmodellen en in situ onderzoek.*
- *Het restprofiel na afschuiving meenemen als stochastische variabele in de beoordeling van directe faalmechanismen: als continu verdeelde variabele of als geometrie-scenario.*

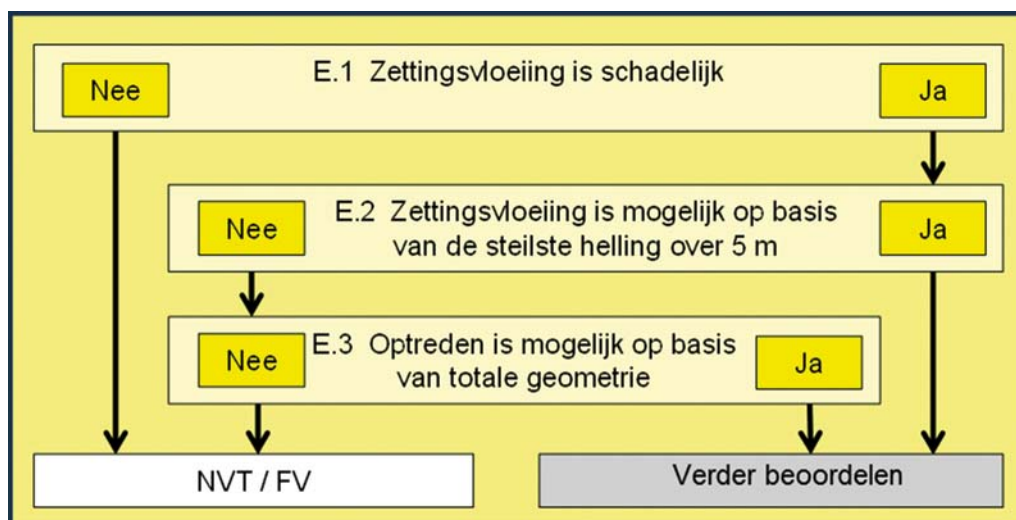
### **24 Zettingsvloeiing voorland (VLZV)**

Dit toetsspoor is de beoordeling of de kans dat het restprofiel het beoordelingsprofiel van de dijk doorsnijdt voldoende klein is, bij het optreden zettingsvloeiing in het voorland.

Het mechanisme zettingsvloeiing is een indirect faalmechanisme. In de beoordeling wordt gebruik gemaakt van een signaleringsprofiel. Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat een eventuele zettingsvloeiing schadelijk is voor de waterkering.

#### **24.1 Eenvoudige toets**

De eenvoudige toets vindt plaats op basis van een aantal beslisriteria. Deze zijn weergegeven in het schema voor de eenvoudige toets, zie Figuur 24-1. Het is een geometrische toets. Grondgegevens en beweeglijkheid van de vooroever kunnen niet ingevoerd worden, maar zijn impliciet conservatief aangenomen. Dat wil zeggen dat er vanuit wordt gegaan dat de gehele vooroever uit verwekings- en bresvloeiingsgevoelig zand bestaat en er sprake is van een grote dynamiek van de vooroever.



Figuur 24-1 Schema eenvoudige toets op zettingsvloeiingen (VLZV).

Stap E.1: Zettingsvloeiing is schadelijk.

In deze stap wordt beoordeeld of, indien een zettingsvloeiing plaatsvindt, deze schadelijk is voor het waterkerend vermogen van de waterkering. Daartoe moet als eerste het signaleringsprofiel geconstrueerd worden. Het signaleringsprofiel bestaat uit een horizontaal stuk en een lijn onder een hellingshoek. Het horizontale stuk, de zogenaamde marge (M), begint op de rand van de invloedszone van dijk.

De volgende situaties kunnen voorkomen en moeten elk op verschillende wijze beoordeeld worden. Voor alle situaties moet uitgegaan worden van het meest ongunstige profiel dat kan ontstaan tot aan de peildatum. De wijze van bepaling wordt beschreven in de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing.

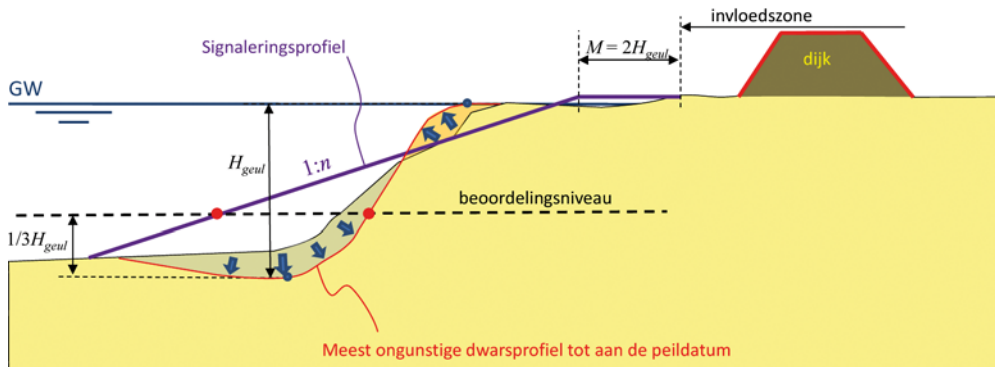
- Een volledig bestorte vooroever: zettingsvloeiing kan niet optreden, dus kan ook niet schadelijk zijn.
- Een vooroever zonder vooroeverbestorting:  $M = 2 \cdot H_{geul}$ . In Figuur 24-2 is aangegeven hoe  $H_{geul}$  is gedefinieerd. De helling van het hellende deel is 1:15 voor  $H_{geul} < 40$  m en 1:20 voor  $H_{geul} \geq 40$  m. Het beoordelingsniveau ligt op  $1/3 \cdot H_{geul}$  boven de geulbodem.
- Een vooroever waarvan alleen het bovenste gedeelte bestort is en waarbij de bestorting aansluit op de teenbestorting of buitenteen van de dijk. Als aanvullende eis geldt dat een inscharing deze bestorting niet mag bereiken. Indien de buitenwaartse beëindiging van de bestorting buitenwaarts ligt ten opzichte van de buitenwaartse beëindiging van de marge, verschuift het hellende deel van het signaleringsprofiel aan het uiteinde van de bestorting, anders aan de buitenwaartse beëindiging van de marge (zoals bij een situatie zonder bestorting), zie Figuur 24-4. Taludhellingen van het signaleringsprofiel zijn hetzelfde als voor de situatie zonder bestorting. Het beoordelingsniveau ligt ook in dit geval op  $1/3 \cdot H_{geul}$  boven de geulbodem, waarbij het bestorte deel van het talud ook onderdeel uit maakt van  $H_{geul}$ .
- Een vooroever waarvan het onderste deel bestort is en waarbij de bestorting begint in het diepste punt van de geul. Voor bepaling van het beoordelingsniveau wordt in plaats van  $H_{geul}$  de onbestorte geuldiepte  $H_{onbest}$  genomen en ligt het beoordelingsniveau op  $1/3 \cdot H_{onbest}$  boven de geulbodem danwel de bovenrand van de bestorting als de bestorting het onderste deel van het talud betreft, zie Figuur 24-3. Indien ook in het bovenste deel van het talud bestorting aanwezig is, en deze aansluit op de teenbestorting of buitenteen van de dijk geldt wat bij hiervoor beschreven situatie is beschreven: Indien de buitenwaartse beëindiging van de bestorting buitenwaarts ligt ten opzichte van de buitenwaartse beëindiging van de marge, begint het hellende deel van het signaleringsprofiel aan het uiteinde van de bestorting, anders aan de buitenwaartse beëindiging van de marge (zoals bij een situatie zonder bestorting).

Indien er geen of onvoldoende informatie beschikbaar is om het meest ongunstige profiel in de beoordelingsperiode te bepalen, moet uitgegaan worden van een beweeglijke oever, wat wil zeggen dat de marge vergroot moet worden met een afstand in meters gelijk aan het aantal jaren tot de peildatum.

De beoordeling vindt nu als volgt plaats:

- Indien de vooroever volledig bestort is, kan een zettingsvloeiing niet optreden en is de faalkans verwaarloosbaar.

- Indien het snijpunt van het beoordelingsniveau met het meest ongunstige profiel in de beoordelingsperiode buitenwaarts ligt ten opzichte van het snijpunt van het beoordelingsniveau met het signaleringsprofiel, dan is een zettingsvloeiing niet schadelijk. De faalkans is verwaarloosbaar. Liggen de genoemde punten andersom, zoals in Figuur 24-2 en Figuur 24-3, dan is een eventuele zettingsvloeiing wel schadelijk en wordt doorgegaan naar Stap E.2.



$$n = 15 \text{ voor } H_{geul} < 40 \text{ m}$$

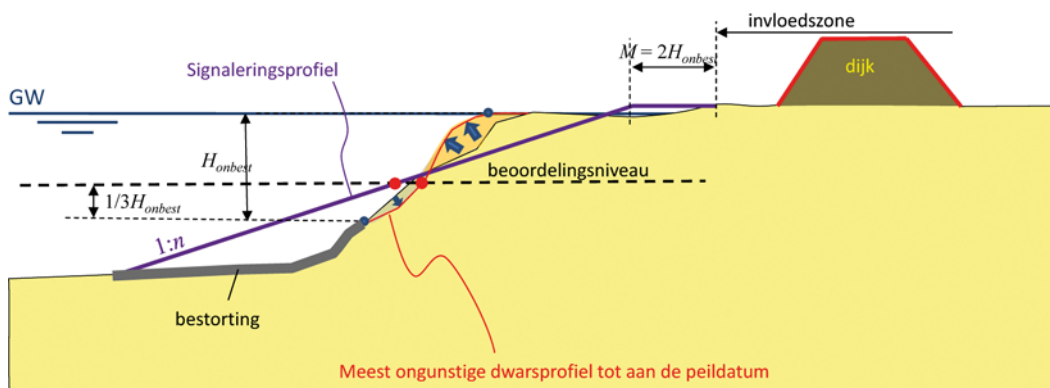
$$n = 20 \text{ voor } H_{geul} \geq 40 \text{ m}$$

Figuur 24-2 Schematische weergave van het signaleringsprofiel zettingsvloeiing.

In bovenstaande figuur is:

GW	Gemiddelde waterstand [m].
M	Marge [m].
$H_{geul}$	Geuldiepte ten opzichte van de gemiddelde waterstand [m].

In bovenstaande figuur is:

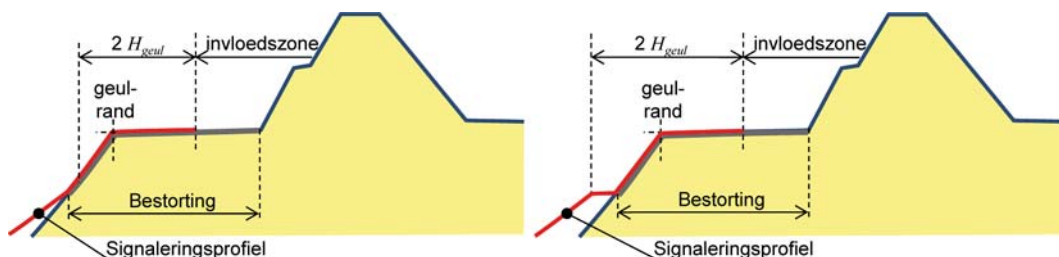


$$n = 15 \text{ voor } H_{onbest} < 40 \text{ m}$$

$$n = 20 \text{ voor } H_{onbest} \geq 40 \text{ m}$$

Figuur 24-3 Schematische weergave van het signaleringsprofiel zettingsvloeiing in vooroever die gedeeltelijk bestort is vanuit de geul.

GW	Gemiddelde waterstand [m].
M	Marge [m].
$H_{onbest}$	Hoogte van het gedeelte van het onderwatertalud boven de bestorting die begint onderin de geul (inclusief gedeelten die bestort zijn maar niet aansluiten op de bestorting onderaan de helling) en de geulrand, ten opzichte van de gemiddelde waterstand [m].



Figuur 24-4 Schadelijkheids criterium zettingsvloeiing voorland – bepaling ligging signaleringsprofiel in relatie tot de lengte van de bestorting.

Stap E.2: Zettingsvloeiing kan optreden op basis van criterium 'steilste helling over 5 m'.

Is de gemiddelde helling van het onderwatertalud steiler dan of gelijk aan 1:4 over een hoogte van minimaal 5 m dan is het potentiële risico op een zettingsvloeiing aanzienlijk en kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. Als niet aan de eis wordt voldaan, dan wordt de eenvoudige toets voortgezet met Stap E.3.

Stap E.3: De zettingsvloeiing kan optreden op basis van het totale profiel.

Een zettingsvloeiing kan alleen optreden als voor het meest ongunstige profiel in de beoordelingsperiode geldt dat aan minimaal één van de twee volgende geometrische criteria wordt voldaan:

1. Een **verwekings**vloeiing kan optreden als over de rekenhoogte  $H_R$  geldt dat  $\cot \alpha_R \leq 7 (H_R/24)^{1/3}$ , waarbij  $H_R$  [m] en  $\alpha_R$  zijn gedefinieerd in de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing.
2. Een **bres**vloeiing kan optreden als in één of meer van de zand- en siltlagen in het onbestorte deel van het onderwatertalud de taludhelling te steil is. De maximaal toegestane lokale helling is per diepte-interval gegeven in Tabel 24-1. Voor deze tweede geometrische toets moet aan de volgende toepassingsvoorwaarden worden voldaan:

- a. de onbestorte hoogte van het onderwatertalud mag niet groter dan 40 m (verticaal) zijn.
- b. in het onbestorte deel van het onderwatertalud moet gelden dat:  $d_{50, \text{gemiddeld}} > 0,2$  mm en  $d_{15, \text{gemiddeld}} > 0,1$  mm.

Voor de bepaling van  $d_{50, \text{gemiddeld}}$  en  $d_{15, \text{gemiddeld}}$  wordt verwezen naar de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing. Als aan ten minste één van de toepassingsvoorwaarden (a of b) niet wordt voldaan, kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Tabel 24-1 Maximaal toelaatbare lokale hellingen ( $d_{50, \text{gemiddeld}} > 0,200$  mm en  $d_{15, \text{gemiddeld}} > 0,100$  mm)

Diepte-interval van onbestort deel van het onderwatertalud [m]	Maximale helling
0 – 5	1:2
5 – 10	1:2.5
10 – 15	1:3
15 – 20	1:3.5
20 – 25	1:4
25 – 30	1:4.7
30 – 35	1:5.4
35 – 40	1:6

Als een eventuele zettingsvloeiing op grond van één of beide bovenstaande geometrische criteria kan optreden, dan kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Zijn de (lokale) taludhellingen flauwer dan alle gestelde criteria, dan treedt een zettingsvloeiing niet op: de faalkans ten gevolge van een zettingsvloeiing is dan verwaarloosbaar klein.

## 24.2 Gedetailleerde toets per vak

In deze gedetailleerde toets zettingsvloeiing voorland is falen gedefinieerd als een dusdanige zettingsvloeiing van het voorland dat deze van invloed is op de directe mechanismen, zoals piping en macro-instabiliteit binnenwaarts of buitenwaarts of erosie buitentalud. Dat wordt gecontroleerd door te eisen dat de geulrand nadat de zettingsvloeiing is opgetreden niet in de invloedszone mag liggen.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals Figuur 2-1 (paragraaf 2.3), is aangegeven, uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting, sterkte en veiligheidseis.



## Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor het rekenmodel.

Het rekenmodel voor de gedetailleerde toets kent een tweetal toepassingsvoorwaarden:

G.1a De geulrand ligt buiten de invloedszone.

*De situatie dat de geulrand al in de invloedszone ligt voordat de eventuele zettingsvloeiing is opgetreden, sluit niet aan bij het rekenmodel voor de gedetailleerde toets. Een eventuele zettingsvloeiing kan dan dusdanig ernstige consequenties hebben voor het veiligheidsniveau van de waterkering dat de gedetailleerde toets dan niet tot een betrouwbaar oordeel leidt.*

G.1b Over elke willekeurige 5 meter hoogte van het onderwatertalud is de gemiddelde taludhelling flauwer dan 1:4.

*Dit is het complement van het criterium in stap E.2 van de eenvoudige toets.*

Als aan beide toepassingsvoorwaarden wordt voldaan, dan wordt het oordeel gebaseerd op Stap G.2. Als aan ten minste één van de toepassingsvoorwaarden **niet** wordt voldaan, dan kan op basis van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld.

## Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

In de gedetailleerde toets per vak wordt beoordeeld of de kans dat het profiel dat rest na een zettingsvloeiing de grens van de invloedszone overschrijdt voldoende klein is. Waar de eenvoudige toets wordt uitgevoerd op basis van alleen de geometrische kenmerken van de vooroever en waterkering (behalve de tweede voorwaarde in stap E.3), worden in de gedetailleerde toets per vak ook grondeigenschappen meegenomen. Ook moeten ondergrondscenario's met een kans van voorkomen meegenomen worden, zie Appendix B: Ondergrondscenario's.

*Het mechanisme is beschreven in de Fenomenologische beschrijving ('t Hart, de Bruijn, & de Vries, 2016).*

*Voor de analyse is de stand-alone software D-flowslide beschikbaar voor de schematisering van de ondergrond staat in het kader van WBI 2017 de software D-soilmodel en SOS ter beschikking.*

De indeling in vakken en de schematisering wordt opgesteld met behulp van de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing.

Om tot een oordeel te komen moeten per vak de volgende berekeningsstappen worden uitgevoerd:

Stap A Bepaal de kans op een zettingsvloeiing per ondergrondscenario:  $P(ZV|S_i)$ .

Stap B Bepaal de kans op een zettingsvloeiing voor alle ondergrondscenario's:

$$P(ZV) = \sum_i P(ZV|S_i)P(S_i).$$

Stap C Bepaal overschrijdingskans toelaatbare inscharringslengte gegeven een vloeiing:  $P(L > L_{\text{toelaatbaar}}|ZV)$ .

Stap D Bepaal overschrijdingskans toelaatbare inscharringslengte voor het vak:  $P(L > L_{\text{toelaatbaar}})_{\text{vak}}$

Stap E Controleer of  $P(L > L_{\text{toelaatbaar}})_{\text{vak}}$  kleiner is dan de faalkanseis  $P_{\text{eis,vak}}$

De berekeningen voor de stappen A t/m D zijn nader gespecificeerd in de Schematiseringshandleiding zettingsvloeiing.

### Toetsoordeel per vak

De bijdrage aan de overstromingskans is verwaarloosbaar als de berekende faalkans

$$P(L > L_{\text{toelaatbaar}})_{\text{vak}} \text{ kleiner is dan } P_{\text{eis,vak}}$$

De faalkanseis voor dit mechanisme voor het beschouwde vak volgt uit:

$$P_{\text{eis,vak}} = P_{\text{voorland}} \cdot L_{\text{vak}} / 1\text{km} \text{ [jaar}^{-1}\text{]}$$

Vgl 24.1

Waarin:

$P_{\text{voorland}}$  Kans van optreden van voorlandmechanisme waarbij de bijdrage nog juist aan de overstromingskans verwaarloosbaar wordt geacht  $P_{\text{voorland}} = 0,01$  [1/jaar]

$P_{\text{eis,vak}}$  Faalkanseis per vak<sup>1</sup> [jaar<sup>-1</sup>]



$L_{vak}$  De lengte van het vak [km].

<sup>1</sup> Het toetsspoor zettingsvloeiing voorland heeft betrekking op een indirect mechanisme, waarvoor geen faalkanseis per doorsnede geldt.

*De zettingsvloeiing wordt in de gedetailleerde toets opgevat als indirect faalmechanisme. De invloedzone is gebaseerd op de norm. Daarom hoeft de norm niet meer verwerkt te worden in de toelaatbare kans (faalkanseis) dat een inscharing de invloedzone bereikt. Wel moet de lengte van het voor zettingsvloeiing beschouwde vak meegenomen worden.*

Het toetsoordeel per vak wordt bepaald op basis van de faalkans per vak en de faalkanseis per vak (zie paragraaf 2.6).

### 24.3 Toets op maat

*Mogelijke nadere analyses binnen de toets op maat zettingsvloeiing voorland zijn:*

- *Verdere verfijning bepaling kans op inscharingslengte, bijvoorbeeld met geavanceerde rekenmodellen. In D-FlowSlide zijn twee rekenmodellen ingebouwd: SLIQ2D voor bepaling van het optreden van verweking en HMBreach voor bepaling van het optreden van bresvloeiing.*
- *Het restprofiel na een zettingsvloeiing meenemen als stochastische variabele in de beoordeling van directe faalmechanismen: als continu verdeelde variabele of als geometrie-scenario.*

### 25 Niet waterkerende objecten (NWO)

Dit toetsspoor betreft de beoordeling van de invloed van niet waterkerende objecten op de mechanismen die leiden tot falen van de waterkering.

Het toetsspoor Niet Waterkerende Objecten (NWO) betreft de beoordeling van een indirect mechanisme.

*Een niet waterkerend object op of nabij een waterkering kan leiden tot schade aan de waterkering. Het ontwortelen van een boom kan bijvoorbeeld het dijkprofiel dusdanig aantasten dat de veiligheid van de waterkering daardoor wordt gereduceerd.*

Afhankelijk van het type NWO wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende toetssporen op basis van de volgende objectclusters:

- Bebouwingen (NWObe).
- Begroeiingen (NWObo).
- Kabels en leidingen (NWOkl).
- Overige constructies (NWOoc).

*Windbelasting is een mogelijke belasting die leidt tot het falen van NWO's (ontworteling van begroeiing of bezwijken van de fundering van constructies). Omdat in de eenvoudige toets en de gedetailleerde toets per vak wordt verondersteld dat het niet waterkerende object bezwijkt, wordt de windbelasting feitelijk niet gebruikt voor de toets. In uitzonderlijke situaties, als de NWO's zeer omvangrijk zijn, kan windbelasting een belasting zijn waarmee voor een direct faalmechanisme rekening moet worden gehouden. Een dergelijke bijzondere situatie zal de beheerder onderkennen en op basis van het algemene filter per vak een toets op maat voor het betreffende toetsspoor uitvoeren.*

In dit hoofdstuk wordt allereerst de structuur van de eenvoudige toets behandeld in paragraaf. In de daarop volgende paragrafen wordt per objectcluster de eenvoudige, de eventuele gedetailleerde toets per vak en mogelijke analyses voor de toets op maat beschreven.

#### 25.1 Eenvoudige toets NWO

Het algemene schema voor de eenvoudige toets van NWO's is weergegeven in figuur 25-1. De toets bestaat uit twee stappen:

##### Stap E.1 Waterkering voldoet zonder NWO.

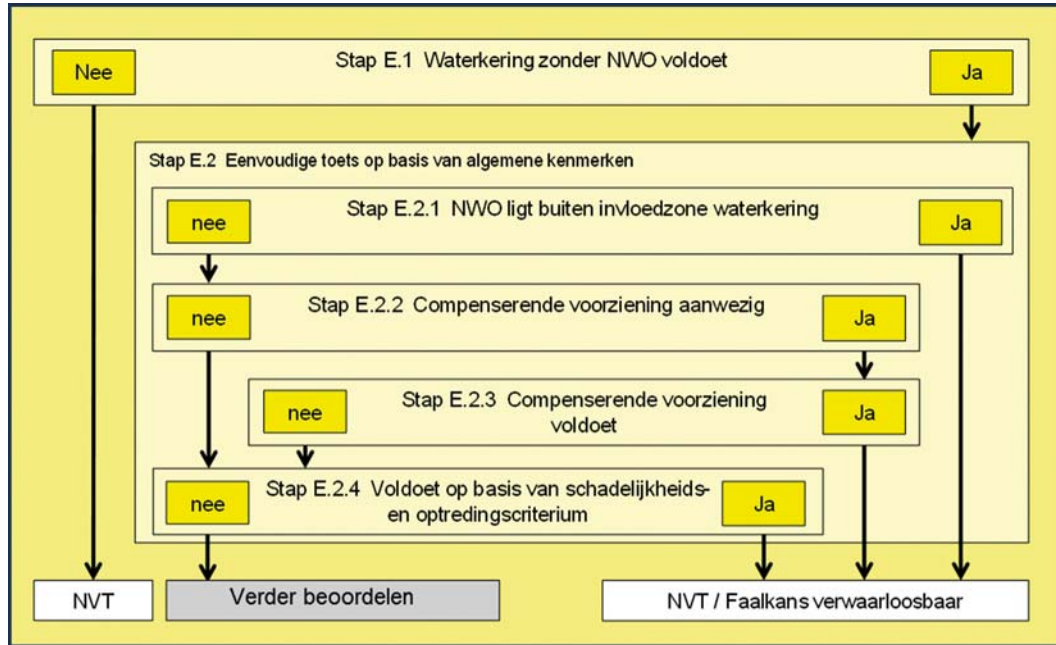
De beoordeling op NWO is alleen relevant als de specifieke waterkering of havendam zonder NWO's voldoet aan de eisen van de relevante toetssporen. De relevante toetssporen zijn in tabel 26-1 aangegeven afhankelijk van de plaats van het NWO in het dwarsprofiel en type waterkering, havendam of voorland. Indien het toetsoordeel voor de relevante toetssporen al niet voldoet, hoeft een verdere toets op NWO's niet te worden uitgevoerd. Indien de waterkering zonder NWO's wel voldoet



aan de gestelde eisen op de relevante toetssporen, dan gaat de beoordeling verder met Stap E.2. De relevante toetssporen bepalen welke hydraulische belasting benut moet worden.

Stap E.2 Eenvoudige toets op basis van algemene kenmerken.

De invloed van de NWO's op het toetsoordeel wordt bepaald aan de hand van de invloed die de NWO's hebben op overige mechanismen. In tabel 26-1 zijn de toetssporen genoemd, waarvoor een NWO (mogelijk) invloed heeft, afhankelijk van de ligging van het NWO ten opzichte van de waterkering en per type waterkering.



Figuur 25-1 Schema eenvoudige toets voor niet waterkerende objecten (NWO).

Zoals aangegeven in figuur 25-1 bestaat Stap E.2 uit vier deelstappen. Bij deze deelstappen wordt gebruik gemaakt van begrippen zoals invloedzone en beoordelingsprofiel van de waterkering. De definitie en wijze van bepaling van de invloedzone en het beoordelingsprofiel is in Appendix A weergegeven. De verdere detaillering van deze deelstappen vindt plaats per objectcluster in de volgende paragrafen.

Tabel 26-1 Relevante toetssporen per type waterkering, havendam of voorland in relatie tot toetsspoor NWO

Locatie NWO	Voorland	Dijk/ (Haven)dam	kunstwerk	Duin
Voorland	VLGA	STBU	STKW	DA
	VLAF	Bekledingen (af, gr, zst)	PKW	
	VLZV	STPH		
Waterkering		STBU	STKW	DA
		STBI		
		Bekledingen (af, gr, zst)		
		STMI		
Achterland		STBI	STKW	
		STPH	PKW	

**25.2 Bebouwing (NWObe)**

*25.2.1 Eenvoudige toets*

De eenvoudige toets van bebouwing vindt plaats volgens het schema in figuur 25-1.

Stap E.1: Controle op toetsoordeel waterkering zonder NWO's.

Zoals in paragraaf 26.1 is aangegeven, wordt vastgesteld of het voor het toetsoordeel zinvol is om de NWO te beoordelen. Als het toetsoordeel zonder meenemen van de bebouwing voldoende is, dient verder te worden gegaan met Stap E.2.

## Stap E.2: Eenvoudige toets basis van algemene kenmerken.

De toets vindt plaats conform de stappen in figuur 25-1 en onderstaande toelichting per deelstap.

### Stap E.2.1: Controle ligging verstoringsprofiel binnen invloedszone waterkering.

Als het verstoringsprofiel van de bebouwing buiten de invloedszone van de waterkering ligt, is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Als het verstoringsprofiel van het NWO binnen de invloedszone van de waterkering ligt, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.2.

Als de bebouwing aan de buitenzijde van de waterkering ligt en het maaiveldniveau ter plaatse van de bebouwing is lager dan de waterstand bij de norm, dan wordt de ontgrondingsdiepte  $D_o$  gegeven 2 maal de waterdiepte  $H_m$ . Als kan worden aangetoond dat stroming geen rol speelt, wordt de ontgrondingsdiepte  $D_o$  gelijk aan 2 maal de golfhoogte  $H_{m0}$  gekozen. De verstoringszone wordt begrensd door een horizontale afstand tot de gevel van 3 maal de ontgrondingsdiepte  $D_o$ .

In alle andere gevallen wordt de verstoringszone begrensd door de gevels van het gebouw, zie figuur 25-2.

### Stap E.2.2: Compenserende voorziening aanwezig.

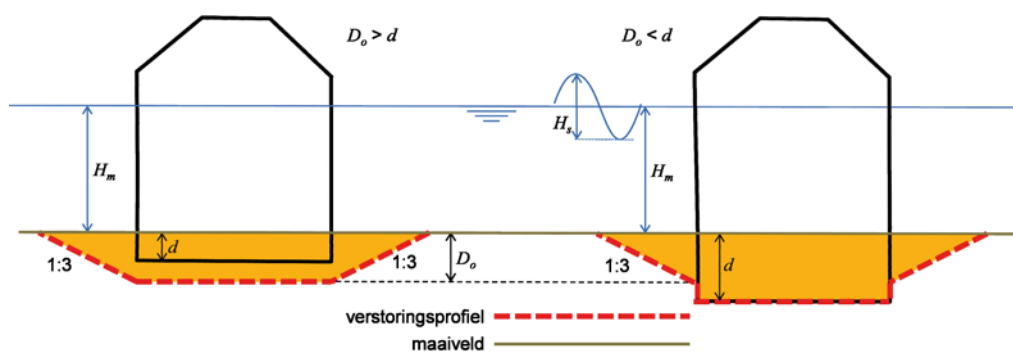
Indien er een compenserende voorziening aanwezig is, berekend volgens Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003), wordt deze voorziening gezien als functiescheidend element tussen waterkering en bebouwing. Deze compenserende voorzieningen werden voorheen wel aangeduid als Bijzondere Waterkerende Constructies (BWC).

Indien een compenserende voorziening aanwezig is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.3. Indien dit niet het geval is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.4.

### Stap E.2.3: Beoordeling compenserende voorziening.

De compenserende voorziening dient te worden beoordeeld als kunstwerk. Indien deze voorziening voldoet aan de voor een kunstwerk relevante toetssporen (conform de hoofdstukken 17 t/m 21), is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien dit niet het geval is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.4

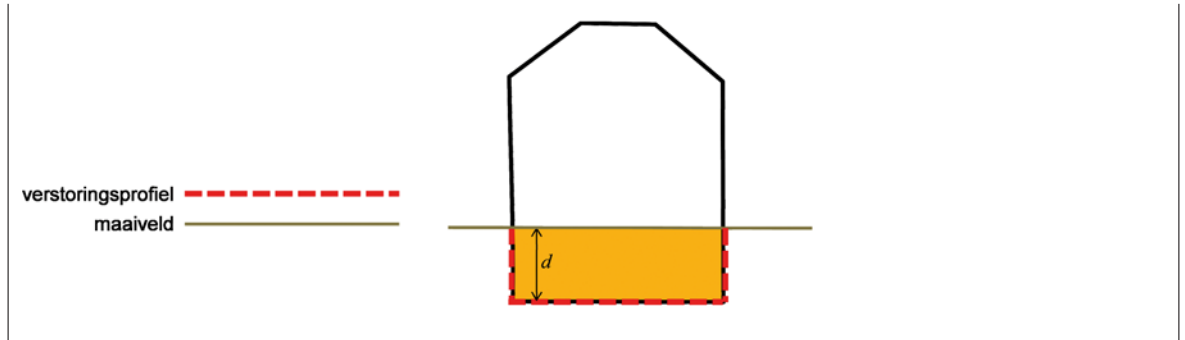
De bepaling van het verstoringsprofiel is afhankelijk van de diepte ( $d$ ) van eventuele kelders en kruipruimte ten opzichte van het maaiveldniveau. Indien de Bebouwing aan de buitenzijde van de waterkering ligt en het maaiveldniveau ter plaatse van de bebouwing lager is dan de waterstand bij de norm dient rekening te worden gehouden met erosie rondom de Bebouwing. De kuildiepte wordt bepaald door de waterdiepte. Allen in situaties waarbij er geen noemenswaardige stroming is, zal de golfhoogte de kuildiepte bepalen. Het verstoringsprofiel wordt bepaald volgens onderstaande figuur.



Waarin:

- $D_o$  Ontgrondingsdiepte [m].
- $H_m$  Waterstand bij de norm – maaiveldniveau [m].
- $H_{m0}$  Significante golfhoogte [m].
- $d$  Diepte kruipruimte of kelder onder maaiveld (wanneer de  $d$  van de kelder onbekend is, dan  $d = mv - 2,5$  m, wanneer de diepte van de kruipruimte onbekend dan  $d = mv - 1$  m).

Indien de Bebouwing niet aan de buitenzijde van de waterkering ligt, wordt het verstoringsprofiel bepaald met de volgende figuur.



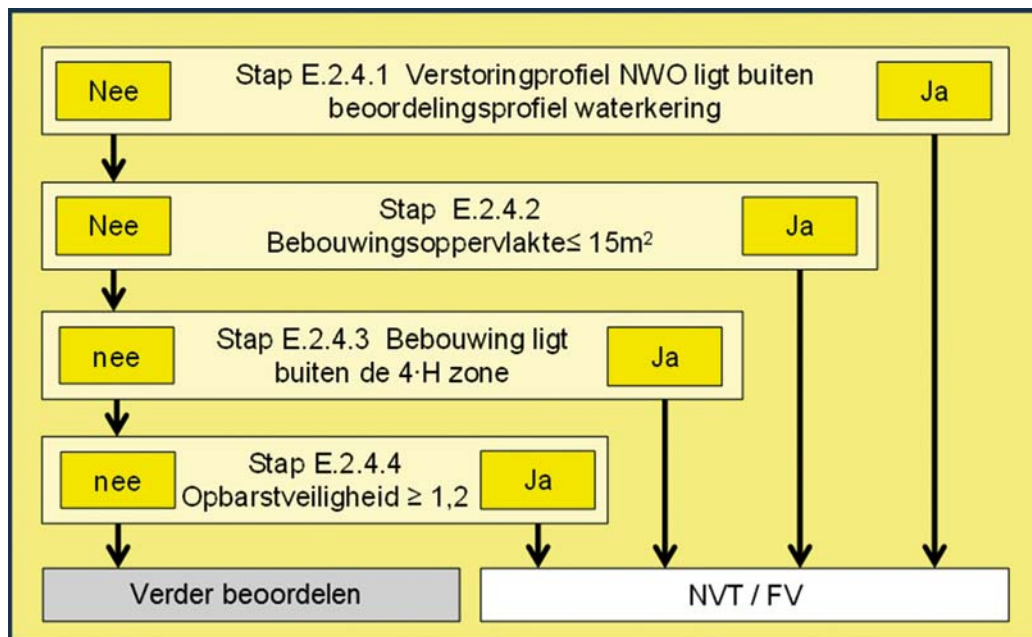
Figuur 25-2 Bepaling verstoringsprofiel afhankelijk van diepte bebouwing ten opzichte van maaiveld.

#### Stap E.2.4: Controle schadelijkheids- en optredingscriterium.

De stappen voor de controle van het schadelijkheids- en optredingscriterium zijn weergegeven in figuur 25-3.

##### Stap E.2.4.1: Controle doorsnijding beoordelingsprofiel door verstoringsprofiel.

Als het beoordelingsprofiel niet wordt doorsneden door het verstoringsprofiel van het NWO is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien het beoordelingsprofiel wel wordt doorsneden door het verstoringsprofiel van het NWO, dan moet de beoordeling worden doorgedaan naar Stap E.2.4.2.



Figuur 25-3 Detaillering Stap E.2.4 van eenvoudige toets NWO bebouwing.

##### Stap E.2.4.2 Controle op bebouwingsoppervlak.

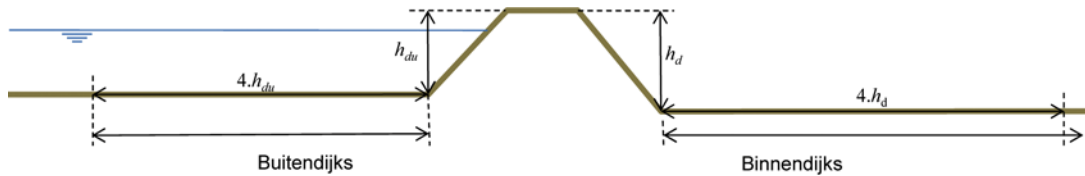
Indien de bebouwingsoppervlakte kleiner dan of gelijk aan  $15 \text{ m}^2$  is, is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien het 'bebouwingsoppervlak' groter is dan  $15 \text{ m}^2$ , dan gaat de beoordeling door met Stap E.2.4.3. Aannahme hierbij is dat bebouwing kleiner dan  $15 \text{ m}^2$  meestal schuurtjes zijn die niet op palen staan en doorgaans geen kelder hebben. Ook het gewicht is beperkt. De invloed op de diverse faalmechanismen (toetssporen) is, ook bij lintbebouwing, verwaarloosbaar.

##### Stap E.2.4.3 Controle op Bebouwing buiten de 4-H-zone.

De 4-H-zone wordt bepaald door de niveauverschillen tussen de kruinhoogte en de hoogte van het vlakke maaiveld aan de voor- en achterzijde van de waterkering, zie figuur 25-4. Op basis van een eenvoudige toets kan niet worden uitgesloten dat bebouwing binnen deze zone significante invloed

heeft op de sterkte van de waterkering. Staat de bebouwing in die zone, dan kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Staat binnendijkse bebouwing buiten deze zone dan kan deze alleen effect hebben op het mechanisme piping. De eenvoudige toets wordt in dat geval voortgezet met Stap E.2.4.4. Voor buitendijkse bebouwing buiten de 4•H-zone is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar.



Figuur 25-4 Bepalen van de 4•H-zone.

#### Stap E.2.4.4: Opbarstveiligheid $\geq 1,2$ .

Bij een opbarstveiligheid binnendijks groter dan of gelijk aan 1,2 kan opdrijven worden uitgesloten en is de bijdrage van het toetsspoor NWObe aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar, ongeacht de locatie van het NWO binnen de 4•H-zone. Bij een opbarstveiligheid kleiner dan 1,2 kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld. De veiligheid tegen opbarsten wordt bepaald volgens hoofdstuk 7.2

### 25.2.2 Toets op maat

*Bij nadere analyses binnen de toets op maat bebouwing dient per mechanisme de invloed van de NWO te worden meegenomen in de beoordeling. In het geval van bebouwing kan de ontgrondingskuil als scenario worden meegenomen in de modelschematisaties voor de verschillende directe mechanismen. Anderzijds kan met nadere analyses worden aangetoond dat de invloed van het NWO verwaarloosbaar klein is op de faalkans van de waterkering. In het Achtergrondrapport bij de gedetailleerde toetsmethode NWO's (Deltares, 2012) en gedetailleerde toetsmethode NWO-bebouwing, Plan van Aanpak (Deltares, 2014) wordt een handreiking gegeven voor het uitvoeren van een geavanceerde analyse voor de beoordeling van bebouwing.*

## 25.3 Begroeiing (NWObo)

### 25.3.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets van begroeiing vindt plaats volgens het schema uit paragraaf 25.1

#### Stap E.1: Controle op toetsresultaten waterkering zonder NWO's.

Zoals in paragraaf 25.1 is aangegeven, wordt beoordeeld of het voor het toetsoordeel zinvol is om de NWO te beoordelen. Als het toetsoordeel zonder meenemen van de begroeiing voldoende is, dient verder te worden gegaan met Stap E.2.

#### Stap E.2: Eenvoudige toets op basis van algemene kenmerken.

De toets vindt plaats conform de stappen in figuur 25-1.

#### Stap E.2.1 Controle ligging verstoringszone binnen invloedzone waterkering.

Als de verstoringszone van de begroeiing buiten de invloedzone van de waterkering ligt, is de bijdrage van het toetsspoor NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien de verstoringszone van het NWO binnen de invloedzone van de waterkering ligt, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.2. De verstoringszone wordt begrensd door een horizontale afstand van 4 m tot het hart van de begroeiing.

#### Stap E.2.2: Compenserende voorziening aanwezig.

Indien er een compenserende voorziening aanwezig is, berekend volgens Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003), wordt deze voorziening gezien als functiescheidend element tussen waterkering en begroeiing. Deze compenserende maatregelen werden voorheen benoemd als *Bijzondere Waterkerende Constructies (BWC)*.

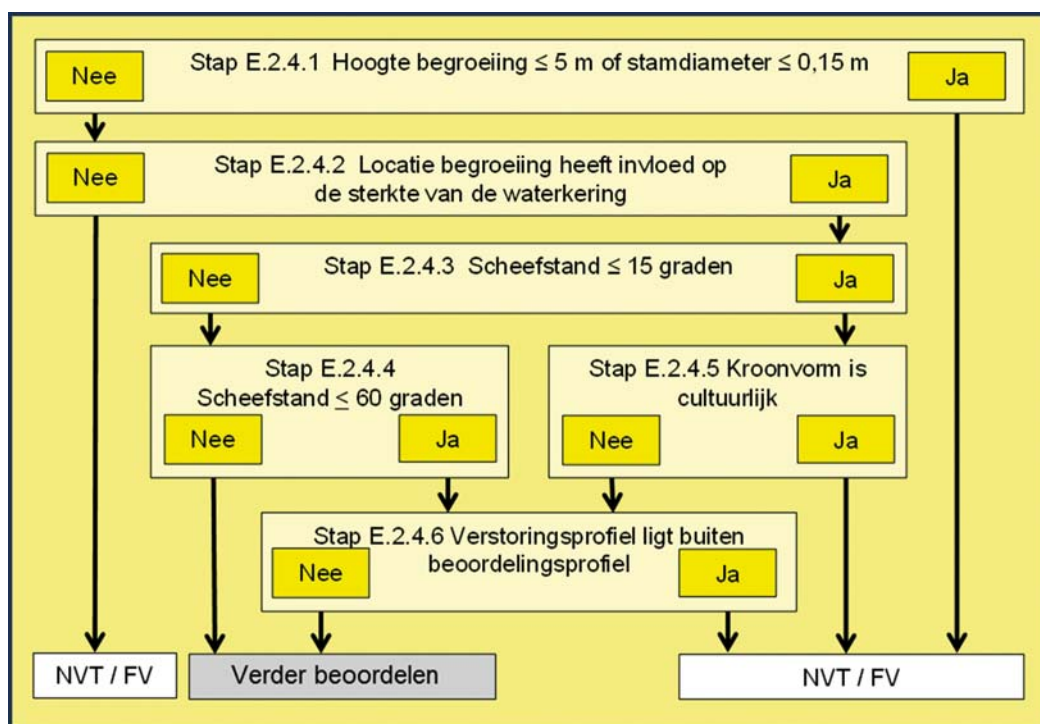
Indien een compenserende voorziening aanwezig is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.3. Indien dit niet het geval is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.4.

#### Stap E.2.3: Compenserende voorziening voldoet.

De compenserende voorziening dient te worden beoordeeld als kunstwerk. Indien deze voorziening voldoet aan de voor een kunstwerk relevante toetssporen (conform de hoofdstukken 17 t/m 21), is de bijdrage van het toetsspoor NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien dit niet het geval is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.4.

#### Stap E.2.4 Voldoet op basis van schadelijkheids- en optredingscriterium.

In deze stap wordt op basis van kenmerken van de begroeiing (afmetingen, vorm, etc.) en de voor waterkering relevante begroeiing geselecteerd die de veiligheid van de waterkering mogelijk beïnvloed. Als de begroeiing voldoet aan de criteria is de bijdrage van het toetsspoor NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. De stappen voor de controle van het schadelijkheids- en optredingscriterium zijn weergegeven in figuur 25-5. De eerste twee stappen kunnen in willekeurige volgorde worden doorlopen.



Figuur 25-5 Detaillering Stap E.2.4 van eenvoudige toets begroeiing (NWObo).

#### Stap E.2.4.1: Controle kenmerken begroeiing.

Begroeiing met een hoogte gelijk aan of minder dan 5 m of een stamdiameter gelijk aan of minder dan 0,15 m heeft geen noemenswaardige nadelige invloed op de veiligheid van de waterkering. De begroeiing vangt gezien de geringe hoogte weinig wind of de begroeiing is gezien de stamdikte jong en flexibel en levert geen extra belasting op de waterkering via het wortelpakket. Meerstammige begroeiing wordt in Stap E.2.4.1 omgerekend naar een equivalente enkelstammige begroeiing volgens tabel 25-2.

Voor begroeiing met een hoogte gelijk aan of minder dan 5 m en een (equivalente) stamdiameter gelijk aan of minder dan 15 cm is de bijdrage van het toetsspoor NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Bij grotere afmetingen van de begroeiing wordt de toets voortgezet met Stap E.2.4.2.



Tabel 25-2 Omrekening meerstammige bomen naar enkelstammige bomen o.b.v. boomhoogte (Bh) en gemiddelde kroondiameter (BkrDgem)

Bh * BkrDgem	Stamdiameter
[m*m]	[cm]
0 – 20	≤ 15
20 – 40	20
40 – 70	30
70 – 100	40
100 – 135	50
135 – 170	60
170 – 200	70
200 – 250	80
250 – 300	90
300 – 350	100
350 – 450	110
450 – 550	120
550 – 650	130
650 – 700	140
> 700	150

#### Stap E.2.4.2: Locatie boom heeft invloed op de de sterkte van de waterkering.

De begroeiing heeft geen noemenswaardige invloed op de sterkte van de waterkering als aan een van de volgende voorwaarden wordt voldaan:

1. De begroeiing staat op een stabiliteitsberm waarbij sprake is van een solitaire boom of een bomenrij (in de lengterichting van de dijk), die korter is dan 20 meter en waarbij de tussenruimte tussen de rijen in langsricting meer dan 40 m bedraagt.
2. De begroeiing staat op een pipingberm met een overhoogte van 1,0 m.
3. De begroeiing staat op het binnentalud waarbij sprake is van een solitaire boom en een overslag-debiet  $q \leq 0,1$  l/s/m waarbij  $q$  is bepaald conform paragraaf 11.1.

Indien aan geen enkele van deze voorwaarden wordt voldaan, dan heeft de boom invloed op de sterkte van de waterkering en wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.4.3. Als aan één van deze voorwaarden wordt voldaan, dan heeft de begroeiing geen noemenswaardige invloed op de sterkte en is de bijdrage van het toetspoot NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar.

#### Stap E.2.4.3: De scheefstand is kleiner of gelijk aan 15 graden.

Bij begroeiing met een scheefstand minder dan of gelijk aan 15 graden t.o.v. de verticaal bij de voet van de boom wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.4.4. Indien de scheefstand groter dan 15 graden moet de begroeiing als risicovol worden beschouwd en wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.4.5.

#### Stap E.2.4.4 De scheefstand is kleiner of gelijk aan 60 graden.

Bij begroeiing met een scheefstand minder dan of gelijk aan 60 graden t.o.v. de loodlijn op het maaiveld bij de voet van de boom wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.4.6. Indien de scheefstand groter dan 60 graden is, dan is het niet mogelijk eenvoudig een verstoringsprofiel vast te stellen; op basis van de eenvoudige toets kan geen oordeel worden geveld.

#### Stap E.2.4.5: De kroonvorm is cultureel.

Als bomen zonder snoeien mogen uitgroeien, vormen ze onder invloed van de genetische eigenschappen en de groeiplaatsomstandigheden een bepaalde 'op natuurlijke wijze' ontstane kroon. Bomen die niet in hun natuurlijke kroonvorm groeien, worden regelmatig gesnoeid. Afhankelijk van de plaats van snoeien ontstaat een type cultuurvorm. Als er sprake is van een cultuurlijke kroonvorm en het snoeiregime behorend bij de kroonvorm wordt nageleefd (beheer), is de bijdrage van het toetspoot NWObo aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Bij natuurlijke kroonvorm wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.2.4.6.

#### Stap E.2.4.6 Het verstoringsprofiel ligt buiten beoordelingsprofiel.

Als het beoordelingsprofiel niet wordt doorsneden door het verstoringsprofiel (ontgrondingskuil) van



de begroeiing is de bijdrage van het toetsspoor NWOba aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien het beoordelingsprofiel wel wordt doorsneden door het verstoringsprofiel voldoet de begroeiing niet aan de eisen uit de eenvoudige toets. Op basis van de eenvoudige toets kan geen oordeel worden geveld.

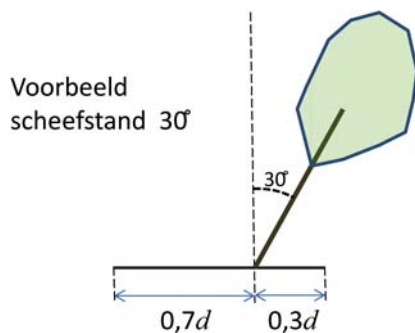
De omvang van de ontgrondingskuil is afhankelijk van de grondwaterstand (GRW) en wordt voor bomen met een scheefstand < 15 graden volgens tabel 25-1 bepaald. De scheefstand wordt altijd gemeten ten opzichte van de verticaal, zie voorbeeld in figuur 25-6.

Tabel 25-3 Ontgrondingskuil bij windworp als functie van de grondwaterstand en stamdiameter

Parameters	Omvang wortelkluit d [m] bij stamdiameter [cm]			
	15 – 40 cm	41 – 80 cm	81 – 120 cm	> 120 cm
<b>GRW &gt; mv – 0,5 m</b>				
Kluit diameter [m]	3,6	6,5	7,7	8,5
Kluit diepte (kruin, binnentalud en achterland) [m]	0,5	0,5	0,5	0,5
Kluit diepte (voorland en buitentalud) [m]	2 maal de stamdiameter			
<b>GRW &lt; mv – 0,5 m</b>				
Kluit diameter [m]	2,8	4,5	5,0	6,0
Kluit diepte (kruin, binnentalud en achterland) [m]	2,8	5,6	7,2	6*stam diameter
Kluit diepte (voorland en buitentalud) [m]	2 maal de stamdiameter			

Bij een scheefstand van de boom van meer dan 15 en minder dan 60 is de wortelkluit asymmetrisch ontwikkeld en dienen de horizontale afmetingen van het verstoringsprofiel te worden gecorrigeerd aan de hand van figuur 25-6.

Scheefstand (graden)	Asymmetrie in wortelkluit
0 – 15	0,5 d / 0,5 d
15 – 30	0,7 d / 0,3 d
30 – 45	0,8 d / 0,2 d
45 – 60	0,9 d / 0,1 d
60 – 90	n.v.t.



Figuur 25-6 Ontgrondingskuil boom bij scheefstand.

### 25.3.2 Toets op maat

*Als windworp niet wordt uitgesloten, dan kan een nadere analyse binnen de toets op maat worden uitgevoerd door de ontgrondingskuil als scenario mee te nemen in de modelschematiseringen voor de verschillende directe mechanismen.*

*Hoe windworp kan worden uitgesloten, voor welke boomsoorten dit geldt en hoe de windbelasting op bomen wordt geschematiseerd, is beschreven de Handleiding voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen van STOWA (STOWA, 2000), de Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW, 1994a), BomenT fase 3-gedetailleerde toets (DHV/Bomenwacht, 2012) en de review hierop (Witteveen en Bos, 2013).*

## 25.4 Kabels en Leidingen (NWOkI)

Voor de beoordeling van leidingen zijn rekenmethoden en beoordelingsgrafieken voor leidingen te vinden in NEN 3651 (NEN, 2012). Daar waar nodig voor de eenvoudige, de gedetailleerde toets en de toets op maat zijn dan ook verwijzingen opgenomen.

*Voor de controle van de locatie en het functioneren van de aanwezige afsluiters binnen de beheertakken wordt verwezen naar tabel B7-1 van de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003).*

### 25.4.1 Eenvoudige toets

De eenvoudige toets van kabels en leidingen vindt plaats volgens het schema uit figuur 25-1. Een uitzondering wordt gemaakt voor:

- Kabels. De invloed van kabels op de veiligheid van waterkeringen wordt verwaarloosbaar geacht. Kabels hoeven daarom niet te worden beoordeeld. De mantelbuizen waarin de kabel of kabelbundels zijn gelegd, dienen wel te worden beoordeeld als leiding.
- Oude pijpleidingen die niet meer in gebruik zijn. Nagegaan moet worden of zij uit de waterkering zijn verwijderd, dan wel zijn dichtgezet met cement-klei of cement-bentoniet en niet meer van invloed zijn op het waterkerende vermogen. In dat geval kunnen zij buiten beschouwing worden gelaten. Indien zij nog aanwezig zijn en niet afgedicht, dan dienen zij wel te worden beoordeeld als leiding.
- Leidingen gelegd door horizontaal gestuurde boringen (HDD). De eenvoudige toets van HDD leidingen gaat niet verder dan Stap E.2.1. Daarbij moet worden nagegaan of het intree- en uittreepunt buiten de invloedzone van de waterkering ligt, is de bijdrage van het toetsspoor NWOkI aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien niet wordt voldaan, kan op basis van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.
- Hogedruk (>10 bar) leidingen. Stap E.2.4 is niet van toepassing voor hoge druk leidingen. Hogedruk leidingen is alleen een gedetailleerde toets beschreven.

Indien de kabel of leiding niet bij de bovenstaande uitzonderingen staat en de waterkering zonder de aanwezigheid van kabels en leidingen voldoet aan de faalkanseis en er geen eerder uitgevoerde analyse is die aantoont dat wordt voldaan aan de veiligheidseisen, dan dient de beoordeling te worden voortgezet met Stap E.2.

#### Stap E.2 Eenvoudige toets basis van algemene kenmerken.

De toets vindt plaats conform de stappen in paragraaf 25.1. Deze zijn hieronder beschreven.

#### Stap E.2.1 Controle ligging verstoringszone binnen stabiliteitszone waterkering.

In afwijking van de in figuur 25-1 genoemde invloedzone wordt voor leidingen alleen gekeken naar de stabiliteitszone. Met de stabiliteitszone wordt bedoeld de terreinstrook naast het waterstaatswerk die wordt bepaald door het faalmechanisme macro-instabiliteit van het waterstaatswerk. De invloedzone kan als gevolg van andere mechanismen groter zijn dan op basis van enkel het mechanisme macro-instabiliteit.

Voor een leiding die de waterkering kruist ligt de verstoringszone per definitie binnen de stabiliteitszone van de waterkering. Voor een niet-kruisende leiding wordt de verstoringszone bepaald met behulp van de formules uit Bijlage A.1 (gasleidingen) of A.2 (vloeistofleidingen) van de NEN 3651 (NEN, 2012). Indien de verstoringszone buiten de stabiliteitszone is de bijdrage van het toetsspoor NWOkI aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien de verstoringszone van het NWO binnen de stabiliteitszone van de waterkering ligt gaat de beoordeling verder met Stap E.2.2.

### Stap E.2.2 Compenserende voorziening aanwezig.

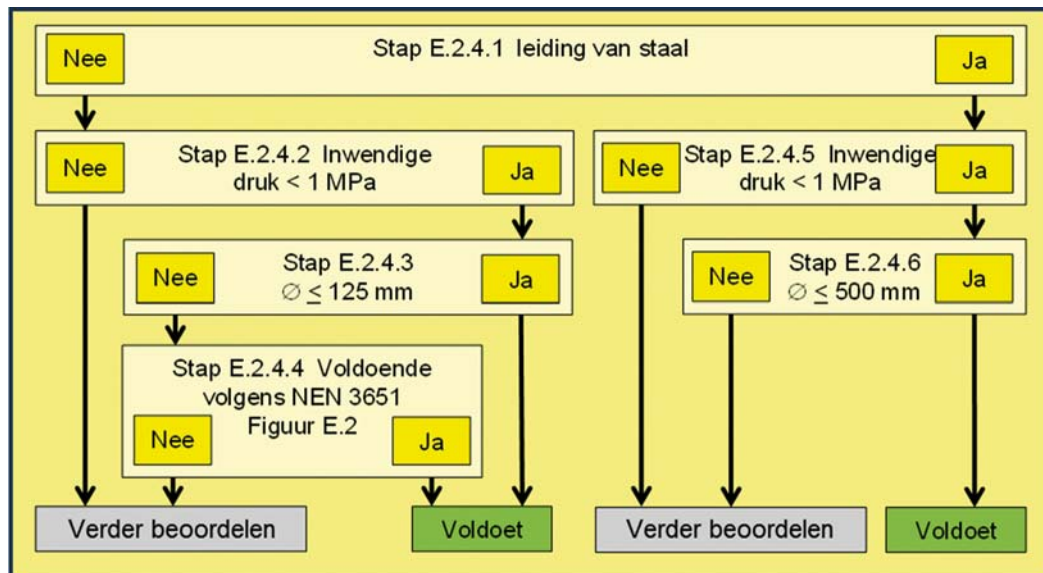
Indien er een compenserende voorziening aanwezig is, berekend met de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003), wordt deze voorziening gezien als functiescheidend element tussen de waterkering en de leidingen en gaat de beoordeling verder met Stap E.2.3. Zo niet, dient de beoordeling door te gaan met Stap E.2.4.

### Stap E.2.3: Compenserende voorziening voldoet.

De compenserende voorziening dient te worden beoordeeld als kunstwerk. Indien de constructie is ontworpen volgens CUR 166, Damwandconstructies (CUR, 2012), of de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003) wordt dit als gelijkwaardig beschouwd. Indien de compenserende voorziening voldoet aan de voor een kunstwerk relevante toetsproeven, is de bijdrage van het toetsspoor NWOk1 aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Indien dit niet het geval is, gaat de beoordeling verder met Stap E.2.4.

### Stap E.2.4 Voldoet op basis van schadelijkheids- en optredingscriterium.

Stap E.2.4 wordt op basis van kenmerken van de leiding nagegaan of de leiding een significant risico oplevert, zie figuur 25-7. De criteria die daarbij worden gehanteerd hebben betrekking op het leidingmateriaal, de leidingdiameter en de bedrijfsdruk van de leiding.



Figuur 25-7 Detaillering Stap E.2.4 van eenvoudige toets NWO kabels en leidingen (NWOk1).

#### Stap E.2.4.1 Leiding van staal.

Als het leidingmateriaal staal is, dient de beoordeling door te gaan met Stap E.2.4.5. Als het een niet-stalen lagedruk leiding betreft, dient de beoordeling door te gaan met Stap E.2.4.2.

#### Stap E.2.4.2 Niet-stalen lagedruk-leiding.

Als de leiding een lagedruk-leiding is, met andere woorden als de bedrijfsdruk kleiner is dan 1 MPa (=10 Bar), dan dient de beoordeling door te gaan met Stap 2.4.3. Als het een hogedruk-leiding betreft, kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

#### Stap E.2.4.3 Leidingdiameter kleiner of gelijk aan 125 mm.

Als de lagedruk-leiding een diameter heeft kleiner of gelijk aan 125 mm, dan is de bijdrage van het toetsspoor NWOk1 aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Als de leidingdiameter groter is dan 125 mm, dient de beoordeling door te gaan met Stap 2.4.4.

#### Stap E.2.4.4 Voldoende volgens NEN 3651 figuur E.2.

Als de lagedruk-leiding met een diameter groter dan 125 mm voldoende scoort volgens figuur E.2 van 3651 (NEN, 2012), dan is de bijdrage van het toetsspoor NWOk1 aan de overstromingskans van de

waterkering verwaarloosbaar. Anders kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Stap E.2.4.5 Stalen lagedruk-leiding.

Als de stalen leiding een lagedruk-leiding is, met andere woorden als de bedrijfsdruk kleiner is dan 1 MPa (= 10 Bar), dan dient de beoordeling door te gaan met Stap E.2.4.6. Als de stalen leiding een hogedruk-leiding betreft, kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

Stap E.2.4.6 Leidingdiameter kleiner of gelijk aan 500 mm.

Als de stalen lagedruk-leiding een diameter heeft kleiner of gelijk aan 500 mm, dan is de bijdrage van het toetsspoor NWOkI aan de overstromingskans van de waterkering verwaarloosbaar. Als de leidingdiameter groter is dan 500 mm, kan op grond van de eenvoudige toets geen oordeel worden geveld.

*25.4.2 Gedetailleerde toets per vak*

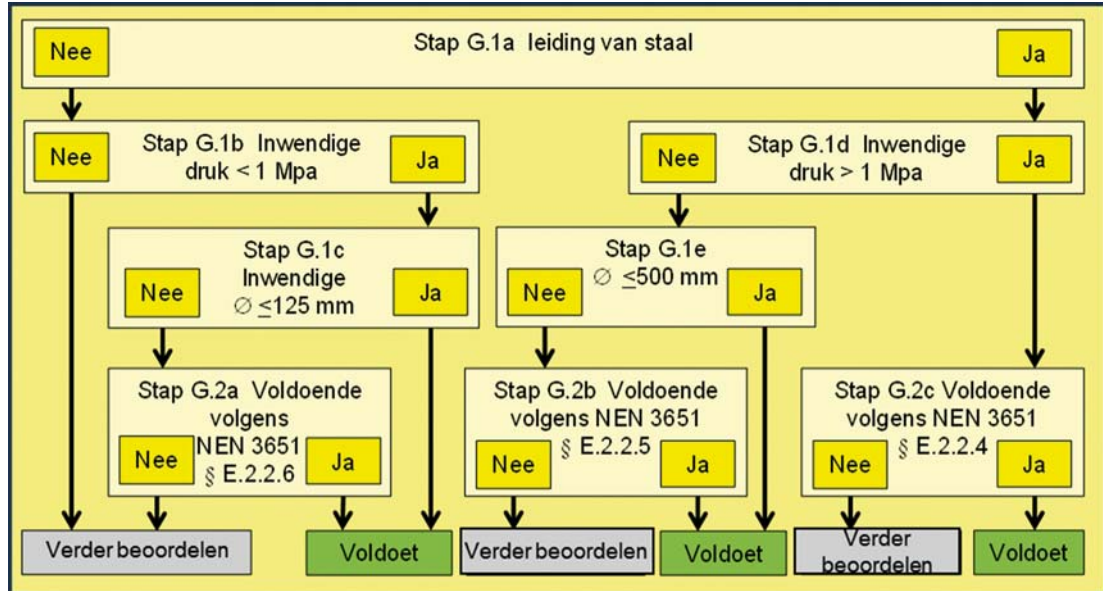
Falen is voor de gedetailleerde toets leidingen gedefinieerd als het niet voldoen aan de sterkte eisen zoals gegeven door de van toepassing zijnde paragraaf uit NEN3651 (NEN, 2012). Het risico op verstoring van het beoordelingsprofiel is dan te groot.

De gedetailleerde toets die moet worden uitgevoerd is afhankelijk van de typering van leiding die ook al voor de eenvoudige toets werd gehanteerd, zie figuur 25-8. Voor de rekenregels die daarbij worden gehanteerd wordt verwezen naar specifieke paragrafen van bijlage E van de NEN 3651.

De gedetailleerde toets per vak bestaat, zoals aangegeven in Figuur 2-1 (zie paragraaf 2.3), uit twee stappen:

- Stap G.1: Voldoet aan toepassingsvoorwaarde voor de rekenregels voor de sterkte.
- Stap G.2: Analyse van belasting en sterkte.

De deelstappen binnen G.1 de toepassingsvoorwaarden leveren de verwijzing naar de specifieke rekenmodellen, de paragrafen van bijlage E van de NEN 3651.



Figuur 25-1 Gedetailleerde toets NWO leidingen (NWOkI).

Stap G.1a Leiding van staal.

Als het leidingmateriaal staal is en de leidingdiameter is groter dan 500 mm dient de beoordeling door te gaan met Stap G.1c. Als het een niet-stalen leiding betreft en de leidingdiameter is groter dan 125 mm, dient de beoordeling door te gaan met Stap 2.2.

Stap G.1b Lagedruk-leiding.

Als de (niet-stalen) leiding een lagedruk-leiding is, met andere woorden als de bedrijfsdruk kleiner is dan 1 MPa (=10 Bar), dan dient de beoordeling door te gaan met Stap G.1c. Als het een hogedruk-



leiding betreft, dan kan op basis van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld.

#### Stap G.1c Leiding met kleine diameter.

Als de (niet-stalen, lagedruk) leiding een inwendige diameter heeft die kleiner of gelijk is aan 125 mm, dan wordt voldaan aan het toetsspoor NWOkI. Als de leidingdiameter groter is dan 125 mm, dan dient de beoordeling door te gaan met Stap G.2a.

#### Stap G.1d Lagedruk-leiding.

Als de (stalen) leiding een lagedruk-leiding is, met andere woorden als de bedrijfsdruk kleiner is dan 1 MPa (=10 Bar), dan dient de beoordeling door te gaan met Stap G.2c. Als het een hogedruk-leiding betreft, dient de beoordeling door te gaan met Stap G.1e.

#### Stap G.1e Leiding met kleine diameter.

Als de (stalen, lage druk) leiding een inwendige diameter heeft die kleiner of gelijk is aan 500 mm, dan wordt voldaan aan het toetsspoor NWOkI. Als de leidingdiameter groter is dan 125 mm, dan dient de beoordeling door te gaan met Stap G.2b.

#### Stap G.2a Niet-stalen lagedruk-leiding voldoet volgens NEN 3651.

Als de leiding voldoende scoort volgens de procedure beschreven in paragraaf E.2.2.6, dan wordt voldaan aan het toetsspoor NWOkI. Leidingen van asbestcement moeten worden beoordeeld aan de criteria van paragraaf E.2.2.7. Als de leiding niet voldoende scoort volgens genoemde paragrafen van de NEN 3651, dan is geen oordeel mogelijk op basis van de gedetailleerde toets per vak.

#### Stap G.2b Stalen hogedruk-leiding voldoet volgens NEN 3651.

Als de stalen lagedruk-leiding voldoet volgens de controles beschreven in paragraaf E.2.2.5 van de NEN 3651, dan wordt voldaan aan het toetsspoor NWOkI.

#### Stap G.2c Stalen lagedruk-leiding voldoet volgens NEN 3651.

Voor de beoordeling van stalen hogedruk-leiding moet worden aangetoond dat de leiding voldoet aan de ontwerpisen van de NEN 3650 -serie.

Voor een gedetailleerde toets van stalen of niet-stalen HDD-leidingen wordt gebruik gemaakt van de vigerende praktijkrichtlijn (NPR, 2006).

#### *25.4.3 Toets op maat*

*Voor de sterkte van bestaande stalen hogedruk-leidingen staat in de paragrafen E.2.2.4 sub d en E.2.3 van bijlage E van NEN 3651 (NEN, 2012) een geavanceerder analyse methode beschreven. Deze voorziet in het uitvoeren van een faalkans-/risicoanalyse en in situmetingen.*

### **25.5 Overige constructies (NWOoc)**

Op, in en naast waterkeringen bevinden zich diverse grote en minder grote objecten. De beoordeling van grote objecten, zoals brugpijlers en aanlegsteigers geschiedt, waar mogelijk, volgens het toetsspoor NWObe voor bebouwing, zie paragraaf 25.2.

Objecten, zoals windmolens, waarvoor geen voorschriften beschikbaar zijn, worden beoordeeld op basis van een toets op maat.

De kleine objecten zoals taludtrappen, banken, verkeersborden en verkeerslichten, afrasteringen, dijpalen, lichtmasten en vuilnisbakken worden niet apart beoordeeld.

#### Toetsoordeel

Indien alle niet waterkerende objecten, die aanwezig zijn in het profiel van de waterkering, voldoen aan de eenvoudige toets of gedetailleerde toets van de voor de NWO relevante toetssporen (NWObe, NWObo of NWOkI) hebben NWO's een verwaarloosbare invloed op de overstromingskans van het betreffende vak.



## 26 Havendammen (HAV)

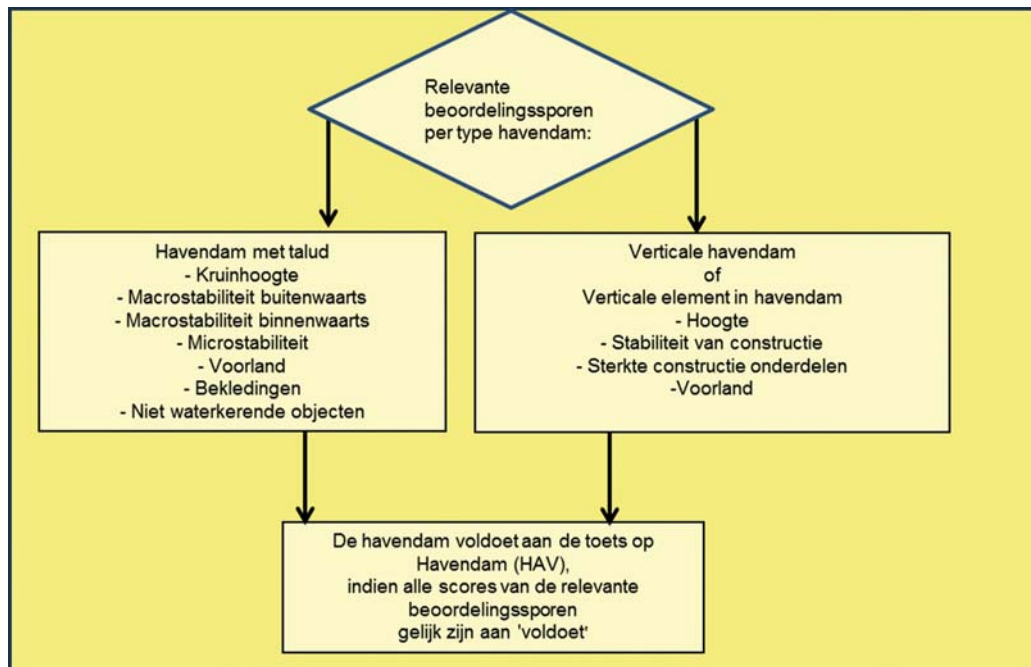
Dit toetspoot betreft de beoordeling van havendammen gelegen voor een primaire waterkering.

Voor de beoordeling van een waterkering gelegen achter havendammen zijn de hydraulische belastingen afgegeven voor een locatie aan de ingang (buitenzijde) van een haven (buiten de invloed van havendammen). Indien uit de beoordeling van de primaire waterkering, gelegen achter havendammen blijkt dat deze niet aan de faalkanseis voldoen gegeven de hydraulische belastingen van de locatie aan de ingang van de haven, dan dient de waterkering beoordeeld te worden met de door de havendammen gereduceerde hydraulische belastingen.

De methodiek om de reductie van de golfaanval mee te nemen in de beoordeling is opgenomen in Bijlage II Hydraulische belastingen.

De beoordeling vindt plaats volgens het schema in figuur 26-1. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee type havendammen:

- Havendammen met een grondlichaam, bestaande uit een buitentalud (met eventueel bermen), een ongeveer horizontale of afgeronde kruin, en een binnentalud (met eventueel bermen).
- Verticale havendammen of havendammen met verticale elementen, bestaande uit een verticale voorzijde (meestal een damwand of kademuur) of een kruinmuur.



Figuur 26-1 Schema beoordeling havendammen.

De te beoordelen mechanismen zijn verschillend per type havendam. Als de havendam een mix is van grondlichaam en verticale elementen, dan worden alle mechanismen beoordeeld.

Bij de toets worden de volgende niveaus onderscheiden:

Eenvoudige toets:	De primaire waterkering achter de havendam is beoordeeld op basis van een hydraulische belasting waarbij het effect van de havendam op de belasting niet is meegenomen.
Gedetailleerde toets:	De havendam wordt beoordeeld voor de in figuur 26-1 weergegeven toetspooten.
Toets op maat:	Toets op maat voor de havendam.

### 26.1 Eenvoudige toets

Als de havendam is opgenomen in de schematering van de kering, bestaat de eenvoudige toets uit de controle of de havendam invloed heeft op de hydraulische belasting:

- Als dit niet het geval is, is de bijdrage van de havendam aan de berekende faalkans van de waterkering verwaarloosbaar klein.
- Als de havendam wel invloed heeft op de hydraulische belasting wordt de beoordeling voortgezet om de standzekerheid van de havendam te bepalen.





## 26.2 Gedetailleerde toets per vak

Voor de beoordeling van de mechanismen van havendammen wordt verwezen naar de algemene toetssporen weergegeven in hoofdstuk 5 tot en met 24. In de navolgende paragrafen wordt toegelicht hoe deze moeten worden doorlopen.

### 26.2.1 Havendam met grondlichaam

#### Kruinhoogte

Feitelijk wordt de kruinhoogte van havendammen niet beoordeeld. Maar de kruinhoogte en de daaruit resulterende golftransmissie levert wel de randvoorwaarden op voor de waterkering achter de havendam. Voor het gehele waterkeringssysteem geldt dat de hoogte van de havendam en de sterkte van primaire waterkering samen afdoende moeten zijn om een overstroming te voorkomen.

#### Macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts

Er is gevaar voor het afschuiven van het talud als de waterstand snel daalt. Dit bezwijkmechanisme kan bij havendammen net zo goed optreden aan de binnen- als aan de buitenzijde (zie hoofdstuk 6 macrostabiliteit buitenwaarts).

In de beoordeling wordt onderscheid gemaakt voor de locatie van de havendam:

- Langs de estuaria en zeeën (en benedenrivieren): havendammen worden beoordeeld op basis van het toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts (STBU), zie (hoofdstuk 6).
- Langs de meren en bovenrivieren: in deze watersystemen is dit toetsspoor niet relevant.

#### Microstabiliteit

De microstabiliteit betreft het uitspoelen van zand uit een dijklichaam ten gevolge van kwel uit het binnentalud van de dijk of het opdrukken van afdekkende kleilagen op het binnentalud door een hoge freatische lijn in de dijk. Er worden voor havendammen drie situaties onderscheiden:

- De dam bestaat uit zand met daarop een bekleding (zonder kleilaag): het mechanisme microstabiliteit is niet relevant omdat de bekleding als filterlaag zal zijn ontworpen.
- De dam bestaat uit klei (zonder zand) met daarop een bekleding: het mechanisme microstabiliteit is niet relevant.
- De kern van de dam bestaat uit zand met een (dunne) afdekkende kleilaag. De situatie kan voorkomen dat na een hoogwater in de dam een hoog freatisch vlak aanwezig is, dat na een snelle val van de buitenwaterstand de kleilaag wil opdrukken. Hier moet op worden gecontroleerd, voor zowel het binnen- als het buitentalud. Voor de beoordeling is de locatie van de havendam van belang:
  - Langs de estuaria en zeeën en benedenrivieren: havendammen worden beoordeeld op basis van het toetsspoor microstabiliteit (STMI), zie hoofdstuk 8 van dit document.
  - Langs de meren en bovenrivieren: in deze watersystemen is het toetsspoor microstabiliteit niet relevant voor havendammen.

#### Voorland

Afschuiving, erosie en zettingsvloeiingen in het voorland vormen een bedreiging voor dijken, kunstwerken en voor havendammen. De problematiek voor dijken en kunstwerken verschilt in wezen niet van die bij havendammen. Havendammen dienen te worden beoordeeld volgens de toetssporen die betrekking hebben op het voorland, zie de hoofdstukken 22 t/m 24 van dit document.

#### Niet-waterkerende objecten

Ook havendammen hebben soms niet waterkerende elementen, zoals monumenten, trappen, bankjes, muurtjes enzovoort. Al deze niet waterkerende elementen kunnen afhankelijk van de invloed opgenomen worden in de scenario's voor de betreffende toetssporen.

#### Bekledingen

De toets bestaat uit het beoordelen of de bekleding op het buitentalud, de kruin en het binnentalud voldoende stabiel is op basis van de maatgevende golfcondities voor elke mogelijke waterstand. Bekledingen op havendammen worden beoordeeld op verschillende toetssporen die betrekking hebben op afschuiving, materiaaltransport en toplaaginstabiliteit. Deze staan afhankelijk van de soort bekleding omschreven in hoofdstuk 9 t/m 15.

### 26.2.2 Verticale havendammen of verticale elementen in havendammen

Sommige havendammen kunnen worden beschouwd als een waterbouwkundig kunstwerk, vooral als zij grotendeels uit verticale elementen zijn opgebouwd. Naast de eisen die aan kruinhoogte en grondlichaam worden gesteld zoals gegeven in de vorige paragraaf, dienen deze constructies te worden beoordeeld op basis van de toetssporen:

- Hoogte volgens toetsspoor hoogte kunstwerk (HTKW), zie hoofdstuk 17. Het gaat daarbij dan uiteraard om het bezwijken van de bodembescherming achter de verticale elementen.
- Stabiliteit constructie volgens toetssporen sterkte en stabiliteit van langsconstructie, zie hoofdstuk 21.
- Stabiliteit voorland volgens het toetsspoor met betrekking tot het voorland, zie de hoofdstukken 22 t/m 24.

### 26.2.3 Toetsoordeel havendam

Er wordt voldaan aan de gedetailleerde toets per vak als de havendam voldoet aan de voorschriften van alle relevante toetssporen.

Het toetsoordeel van het toetsspoor Havendammen wordt gerapporteerd als onderdeel van het toetsoordeel per vak van de achter de havendammen gelegen primaire waterkeringen.

## 26.3 Toets op maat

*Voor nadere analyses binnen de toets op maat havendammen wordt verwezen naar de afzonderlijke toetssporen.*

*Het is mogelijk om de beoordeling op macrostabiliteit buitenwaarts bij havendammen uit te voeren op basis van 'bewezen sterkte' als de maatgevende situatie voor dit faalmechanisme zich al heeft voorgedaan. Handreikingen voor het beoordelen op basis van bewezen sterkte zijn aangegeven in het Technisch Rapport Actuele Sterkte van Dijken (ENW, 2010).*

*Voor een toets op maat kan verder met een probabilistische benadering voor specifieke toetssporen de veiligheidsmarge worden geëvalueerd en eventueel aangepast worden, ten opzichte van die voor primaire waterkeringen, omdat aantasting van de havendam minder direct leidt tot inundatie dan aantasting van de primaire waterkering.*

## 27 Technische innovatie (INN)

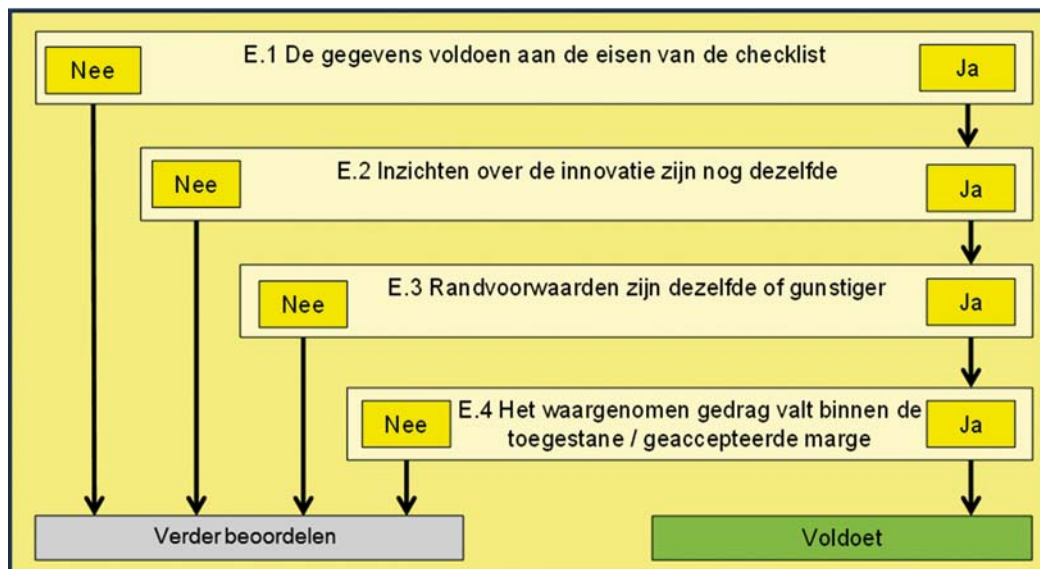
Dit toetsspoor betreft de beoordeling van technische innovaties.

*Technische innovaties zijn bij recente dijkversterkingen toegepaste maatregelen ter verhoging van de veiligheid van de waterkering, maatregelen die niet eerder zijn toegepast. Er zijn daarom nog nauwelijks of geen ervaringen met deze maatregelen opgedaan. Voor deze technische innovaties zijn generieke schema's en rekenmodellen dan ook nog niet beschikbaar. In dit hoofdstuk worden de eenvoudige toets en mogelijke analyses voor de toets op maat beschreven. De Handreiking Innovaties Waterkeringen, groene versie (Knoeff, et al., 2013) geeft meer informatie.*

### 27.1 Eenvoudige toets

De Eenvoudige toets van innovaties bestaat uit een beoordeling op basis van eerder uitgevoerde analyses. De beoordeling is gebaseerd op aantonen van de waterkerendheid op basis van gedegen archiefvorming. De eenvoudige toets kan alleen tot een oordeel leiden indien voldoende documentatie aanwezig is van zowel de ontwikkeling, het ontwerp, de aanleg en het gebruik (beheer en onderhoud) inclusief monitoring van zowel de werking van de innovatie zelf als de invloed van de maatregel op haar omgeving en vice versa. Hiervoor dienen voorafgaand aan de aanleg in een monitoringsplan te zijn vastgelegd, welke aspecten voor monitoring van belang zijn.

Het schema voor de Eenvoudige toets op basis van eerder uitgevoerde analyses is weergegeven in figuur 27-1.



Figuur 27-1 Schema Eenvoudige toets innovaties.

#### Stap E.1 Voldoende gegevens.

In Stap E.1 wordt geverifieerd of de actuele situatie in de gebruiksfase past binnen de berekende dimensies en marges die tijdens de eerdere fasen (ontwikkeling, ontwerp en aanleg) zijn bepaald. De beheerder dient daartoe de volgende vragen (checklist) onderbouwd te beantwoorden:

1. In het ontwerp dient aangetoond te zijn dat minimaal voldaan wordt aan de eis van waterkerendheid. Hiervoor dienen alle ontwerprandvoorwaarden volledig en herleidbaar te worden gedocumenteerd en is aan te tonen dat voldoende kwaliteitscontrole heeft plaatsgevonden. Is de veiligheidsfilosofie van het ontwerp conform de meest recente eis aan de waterkeringsveiligheid?
2. Van belang is dat de grens voor falen van de waterkering bekend is. Zijn er duidelijke criteria gegeven voor de uiterste grenstoestand (UGT) ten aanzien van waterkeringsveiligheid?
3. Is gespecificeerd welke marges en toleranties bij de aanleg en tijdens de inregelperiode gelden? Dit betreft toleranties ten aanzien van de afmetingen van het geheel, dan wel afzonderlijke onderdelen.
4. Is gespecificeerd welke marges en toleranties gelden in de gebruiksfase? Dit betreft de toleranties ten aanzien van optredende vervormingen, veroudering of andere specifieke werking van deze innovatie bepalende eigenschappen gedurende de levensduur.
5. Is de uitvoering uitgevoerd binnen de gestelde marges en toleranties van vraag 3? Zo niet, zijn de in de aanlegfase opgetreden afwijkingen verwerkt in de ontwerp- of beheerspecificaties (aanlegdocumentatie) zodat vastgesteld is dat de bestaande situatie (as-built) voldoet aan de eis van waterkeringsveiligheid?

Als alle vragen met 'ja' worden beantwoord, dient de Eenvoudige toets te worden voortgezet met Stap E.2.

Indien niet alle vragen met 'ja' worden beantwoord, dan is nader onderzoek noodzakelijk. De eenvoudige toets leidt dan niet tot een oordeel.

#### Stap E.2 Inzichten over de innovatie zijn nog dezelfde.

In Stap E.2 wordt gecontroleerd of nieuwe kennis aanwezig is waaruit blijkt dat de voor deze innovatie aangenomen veiligheid of betrouwbaarheid wellicht te gunstig zijn in relatie tot de faalkanseis. Nieuwe inzichten kunnen ontstaan vanuit andere toepassingen van de innovatieve techniek of het materiaal, wijziging van de gehanteerde rekensystematiek, dan wel uit bijvoorbeeld ervaring met de aanleg van de innovatie zelf.

Indien het voldoende aannemelijk is dat er geen nieuwe inzichten zijn die tot aanpassing leiden van de betrouwbaarheid in ongunstige zin, wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.3. Indien sprake is van nieuwe inzichten die leiden tot een conservatievere (strengere) aanpak, is nader onderzoek noodzakelijk. De eenvoudige toets leidt dan niet tot een oordeel.



### Stap E.3 Hydraulische belastingen en overige randvoorwaarden zijn dezelfde of gunstiger.

Als hydraulische belastingen of andere randvoorwaarden niet zijn veranderd in ongunstige zin ten opzichte van het ontwerp, wordt de beoordeling voortgezet met Stap E.4.

Indien randvoorwaarden in ongunstige zin zijn gewijzigd is nader onderzoek noodzakelijk. De eenvoudige toets leidt dan niet tot een oordeel.

### Stap E.4 Goed gedrag.

Het gedrag van de innovatie is zeer belangrijk omdat deze aangeeft of de innovatie aan de eisen ten aanzien van waterkerend vermogen voldoet. De uitkomsten van inspectie en monitoring dienen daarom in Stap E.4 te worden vergeleken met de verwachtingen zoals die in het ontwerpdocument zijn opgesteld (specificaties van veiligheid tijdens gebruik, inclusief goed- en afkeurgrenzen).

Indien het tijdens beheer & onderhoud waargenomen gedrag niet binnen de vereiste kaders valt – in ongunstige zin – is nader onderzoek noodzakelijk. De eenvoudige toets leidt dan niet tot een oordeel. Wanneer het gedrag binnen de vereiste kaders valt, voldoet de technische innovatie aan de eenvoudige toets. Als er een faalkans-analyse voor de innovatie deel uitmaakt van het ontwerp, wordt op basis daarvan een categorie per vak toegekend, zie paragraaf 0.

## 27.2 Toets op maat technische innovatie

Een toets op maat van technische innovatie kan bestaan uit een of meer van de volgende acties:

- Het met terugwerkende kracht opstellen van de bij het ontwerp, uitvoering en monitoring behorende toetsdocumentatie indien niet wordt voldaan aan de voorwaarden van stap E.1 van de eenvoudige toets.
- Het uitvoeren van een berekening op basis van nieuwe inzichten indien niet wordt voldaan aan de voorwaarden van stap E.2 van de eenvoudige toets.
- Het bepalen of het ontwerp voldoet bij de uiterste grenstoestand, indien niet wordt voldaan aan de voorwaarden van stap E.3 van de eenvoudige toets.
- Nader onderzoek van afwijkend gedrag en vaststelling of e.e.a. nog binnen de uiterste grenstoestand valt, indien niet wordt voldaan aan de voorwaarden van stap E.4. van de eenvoudige toets.

## 28 Assembleren van toetsoordeel per vak naar veiligheidsoordeel

### 28.1 Veiligheidsoordeel

Het veiligheidsoordeel van een dijktraject wordt bepaald door de overstromingskansen van het dijktraject ( $P_f$ ). Om te komen tot het veiligheidsoordeel moeten de verschillende typen toetsoordelen per vak en per toetsspoor en per dijktraject worden vertaald naar een passende categorie voor het hele dijktraject. Dit proces wordt assembleren genoemd. Niet alle toetssporen hebben een faalkans als resultaat, daarom wordt het veiligheidsoordeel in categorieën aangeduid.

Het veiligheidsoordeel van een dijktraject wordt uitgedrukt in de 5 categorieën die gerelateerd zijn aan de afstand tot de norm. De indeling in categorieën is getoond in tabel 28-1.

Tabel 28-1 Categorieën voor het veiligheidsoordeel van een dijktraject

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel	Begrenzing categorie	
		$P_{\text{traject}}$	Overstromingskansen van het dijktraject [1/jaar].
		$P_{\text{eis;sig}}$	Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar].
		$P_{\text{eis;ond}}$	Ondergrens van het dijktraject [1/jaar].
A+	Overstromingskansen van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i>	$P_{\text{traject}} < 1/30 * P_{\text{eis;sig}}$	
A	Overstromingskansen van het dijktraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Dijktraject voldoet aan de signaleringswaarde.</i>	$1/30 P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;sig}}$	
B	Overstromingskansen van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Dijktraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde.</i>	$P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;ond}}$	
C	Overstromingskansen van het dijktraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens.	$P_{\text{eis;ond}} < P_{\text{traject}} < 30 * P_{\text{eis;ond}}$	

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel	Begrenzing categorie	
		$P_{\text{traject}}$	Overstromingskans van het dijktraject [1/jaar].
		$P_{\text{eis;sig}}$	Signaleringswaarde van het dijktraject [1/jaar].
		$P_{\text{eis;ond}}$	Ondergrens van het dijktraject [1/jaar].

*Dijktraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens*

D	Overstromingskans het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.</i>	$P_{\text{traject}} > 30 * P_{\text{eis;ond}}$
---	--	--

## 28.2 Assembleren

Wanneer de verschillende toetsen en toetssporen tot een oordeel over alle onderdelen van het dijktraject hebben geleid, worden de verschillende toetsoordelen per vak en per dijktraject gecombineerd tot een veiligheidsoordeel over het dijktraject. Het assembleren wordt uitgevoerd met het WBI 2017-software (software applicatie Assemblage).

Achtergronden van het assemblageproces zijn opgenomen in een achtergrondrapport Assemblage WBI2017.

Het assembleren bestaat uit de volgende stappen:

1. Combineren van de toetsoordelen per vak tot een toetsoordeel per dijktraject voor een toetsspoor.
2. Combineren van de toetsoordelen per dijktraject van alle toetssporen tot een veiligheidsoordeel van het dijktraject.

Naast het veiligheidsoordeel is het van belang te weten welke delen van het dijktraject een relatief grote invloed hebben op het veiligheidsoordeel. Aangezien de vakindelingen per toetsspoor kunnen verschillen, wordt daarvoor nieuwe vakindeling gemaakt. Dit gebeurt door deelvakken te benoemen die kunnen worden beschouwd als de 'kleinste gemene deler' van de vakindelingen van alle toetssporen. In het assemblageprotocol wordt beschreven hoe deze vakindeling tot stand komt.

3. Combineren van de toetsoordelen van de 'kleinste gemene deler' van alle vakindelingen.

Er zijn twee methoden om te assembleren:

- 'Combinatie van faalkansbijdragen': per toetsspoor worden de kansbijdragen van de verschillende vakken gecombineerd tot een faalkans per dijktraject per toetsspoor. De faalkansen per dijktraject per toetsspoor worden vervolgens gecombineerd tot een overstromingskans voor het dijktraject. Deze methode is van toepassing op de toetssporen in groep 1 en groep 2 (zie par.2.1), waarvoor een schatting van de faalkans mogelijk is.
- 'Zwakste vak is leidend': voor het betreffende toetsspoor wordt het oordeel bepaald door het zwakste vak. Deze methode is van toepassing op de toetssporen in groep 3 en 4 (zie par. 2.1), waarvoor een schatting van de faalkans niet mogelijk is.

In tabel 28-2 is per type toetsspoor en per stap aangegeven welke methode wordt toegepast. Het veiligheidsoordeel van het traject wordt vervolgens bepaald door de laagste categorie volgens tabel 28-1 (categorie D is lager dan categorie A+)

Tabel 28-1 Assembleren voor de verschillende typen toetssporen

Stap	Resultaat per stap	Toetssporen in groep 1 en 2	Toetssporen in groep 3 en 4
Stap 1	Toetsoordeel per dijktraject voor een toetsspoor	Methode 'Combinatie van faalkansbijdragen'	Methode 'Het zwakste vak is leidend'
Stap 2	2a: Toetsoordeel van het dijktraject	Methode 'Combinatie van faalkansbijdrage'	Methode 'Het zwakste vak is leidend'
	2b: Veiligheidsoordeel	Veiligheidsoordeel gelijk aan laagste categorie	
Stap 3	Toetsresultaat per vak	Methode 'Het zwakste vak is leidend'	

*Methode 'Combinatie van faalkansbijdragen'*

Stap 1 van het assembleren bestaat voor deze methode uit 3 deelstappen:



- Step 1a Maak een inschatting van de faalkansen van het dijktraject, uitgaande van onderlinge onafhankelijkheid van de vakken (optellen van de faalkansen per vak).
- Step 1b Maak een inschatting van de faalkansen van het dijktraject, uitgaande van onderlinge afhankelijkheid (vermenigvuldigen van de grootste faalkansen van een vak met lengte-effect).
- Step 1c Kies het minimum van de geschatte faalkansen van de vorige twee stappen.

Vervolgens wordt de faalkansen van het dijktraject bepaald:

- Step 2a Bepaal de faalkansen van het dijktraject, uitgaande van onderlinge onafhankelijkheid van de toetsporen (optellen van de faalkansen per toetspoot).

### Methode 'Het zwakste vak is leidend'

Voor deze methode verlopen de stappen als volgt:

- Step 1 Kies het toetsoordeel per vak en per toetspoot in de laagste categorie volgens tabel 2-3.  
*In tabel 2-3 geldt: klasse Vlv is lager dan klasse Iv.*
- Step 2a Kies het toetsoordeel per traject in de laagste categorie volgens tabel 2.4.  
*In tabel 2-4 geldt: klasse Vlt is lager dan klasse It*

## 29 Symbolen

Symbol	Begrip	Eenheid	Hoedanigheid
$a$	de verticaal gemeten afstand van de onderrand van de gesloten bekleding tot de theoretisch maatgevende buitenwaterstand	m	–
$a_l$	mechanismegevoelige fractie van de dijktrajectlengte	–	–
$b$	dikte van de filterlagen	m	–
$B$	breedte van het voorland	m	–
$B_{dijk}$	breedte van de dijk op het niveau van de waterstand bij de norm	m	NAP
$B_h$	hoogte van de boom	m	–
$b_{klei}$	dikte van de kleilaag	m	–
$BkrDgem$	gemiddelde kroondiameter van de boom	m	–
$b_l$	lengtemaat die de intensiteit van het lengte-effect weergeeft binnen de mechanismegevoelige lengte van het dijktraject	m	–
$c$	reductiefactor om tot uitdrukking te brengen dat de faalkansen van kunstwerken niet allemaal precies even groot zijn (= 0,5)	–	–
$D$	dikte van de toplaag van gezette steen	m	–
$D$	dikte cohesieve lagen pakket	m	–
$D_{b15}$	korreldiameter van het zand	m	–
$D_c$	cumulatieve overbelasting	$m^2/s^2$	–
$D_{deklaag}$	laagdikte van de cohesieve deklaag op de pipinggevoelige zandlaag	m	–
$D_{N50}$	nominale steendiameter van breuksteensortering	m	–
$D_o$	ontgrondingsdiepte	m	maaiveld
$d$	diameter ontgrondingskuil bij windworp boom; diepte kruipruimte of kelder	m	maaiveld
$d_a$	laagdikte (samengestelde) asfaltlaag	m	–
$d_{klei}$	laagdikte klei	m	–
$d_{15,gemiddeld}$	over de laag gemiddelde $D_{15}$ -waarde	mm	–
$d_{15}$	15%-fractiel van de korreldiameter	mm	–
$d_{50,gemiddeld}$	over de laag gemiddelde $D_{50}$ -waarde	mm	–
$d_{50}$	50%-fractiel van de korreldiameter	mm	–
$F_{cohesivelayers}$	parameter gehanteerd bij zettingsvloeiingen, die de invloed van stoorlagen uitdrukt	–	–
$F_{d,i}$	rekenwaarde van de stabiliteitsfactor voor ondergrond-scenario $i$ , berekend met rekenwaarde voor de schuifsterkte (karakteristieke waarde gedeeld door materiaalfactor)	–	–
$F_h$	berekende stabiliteitsfactor voor heave	–	–
$F_p$	stabiliteitsfactor voor terugschrijdende erosie	–	–
$F_u$	berekende stabiliteitsfactor voor opbarsten	–	–
$f^{-1}$	inverse van de gekalibreerde relatie tussen $\gamma_b$ en $Peis;dsn$	–	–
$f_{MGWS}$	factor maatgevende grondwaterstand	–	–
GRW	Niveau grondwaterstand (NWObo)	m	maaiveld
GRWS	grondwaterstand in de dijk onder maatgevende omstandigheden (AGK)	m	NAP
GW	gemiddelde waterstand	m	NAP
GWS	gemiddelde buitenwaterstand	m	NAP





Symbol	Begrip	Eenheid	Hoedanigheid
$g$	zwaartekrachtversnelling	$m/s^2$	–
$H_{geul}$	Geuldiepte. Bij zettingsvloeiingen: de verticale afstand tussen de geulrand en de geulbodem. Bij afschuiven voorland: de verticale afstand tussen de gemiddelde waterstand en de geulbodem	m	–
$H_{onbest}$	onbestorte deel van de geuldiepte	m	–
$H_m$	waterstand bij de norm – maaiveldniveau	m	–
$H_{m0}$	significante golfhoogte, gebaseerd op spectrum	m	–
$H_R$	rekentaludhoogte voor zettingsvloeiingen	m	–
$h$	niveau buitenwaterstand	m	NAP
$h_d$	dijkhoogte (referentie: maaiveld binnendijs voor STBI; maaiveld buitendijs voor STBU)	m	boven maaiveld
$h_{du}$	dijkhoogte buitendijs	m	boven maaiveld buitendijs
$h_{exit}$	freatisch niveau, of hoogte van het maaiveld bij uitredepunt	m	NAP
$h_k$	kruihoogte	m	NAP
$h_{k0,1}$	(kruin)hoogte waarbij een overslagdebiet van 0,1 l/s/m optreedt	m	NAP
$h_{Peis;dsn}$	waterstand behorende bij de doelkans	m	NAP
$h_w$	hoogte buitenwaterstand	m	boven maaiveld
$i$	ondergrond-scenario nummer (subscript)	–	–
$i_{c,h}$	berekende heave gradiënt	–	–
$L$	afstand tussen intrede- en uitredepunt	m	–
$L_{traject}$	lengte van het dijktraject zoals vastgelegd in Bijlage II van de Waterwet	m	–
$L_{vak}$	lengte van het beschouwde vak	m	–
$M$	horizontale stuk van het signaleringsprofiel, de marge	m	–
$M_{bestorting}$	lengte van horizontale projectie van de bestorting	m	–
$M_{max}$	hoogste berekende waarde voor de vermoeiingsschade in de bekleding van ten gevolge van de golfklappen	–	–
MGWS	maatgevende grondwaterstand (AWO)	m	NAP
$N$	aantal golven	–	–
$N_{dsn}$	lengte-effectfactor voor een doorsnede, afhankelijk van het toets-spoor	–	–
$N_{vak}$	lengte-effectfactor voor een vak, afhankelijk van het toetsspoor	–	–
$n$	cotangens van helling	–	–
$n_{2a}$	aantal kunstwerken in het dijktraject waarvan de faalkans niet verwaarloosbaar klein is volgens de eenvoudige toets	–	–
$P_{eis}$	maximaal toelaatbare overstromingskans van het dijktraject volgend uit de normstelling	1/jaar	–
$P_{eis;dsn}$	faalkanseis die per doorsnede (=object in geval van kunstwerk, puntconstructie) aan een faalmechanisme wordt gesteld	1/jaar	–
$P_{eis;sig}$	Signaleringswaarde van de overstromingskans het dijktraject volgend uit de normstelling	1/jaar	–
$P_{eis;sig;dsn}$	faalkanseis die per doorsnede (=object in geval van kunstwerk, puntconstructie) aan een faalmechanisme wordt gesteld	1/jaar	–
$P_{eis;ond}$	Ondergrens van de overstromingskans het dijktraject volgend uit de normstelling	1/jaar	–
$P_{eis;vak}$	faalkanseis die per vak of kunstwerk aan een faalmechanisme wordt gesteld	1/jaar	–
$P_{f;dsn}$	faalkans per doorsnede	1/jaar	–
$P_{f;h}$	faalkans voor het deelmechanisme heave	1/jaar	–
$P_{f;h;i}$	faalkans voor het deelmechanisme heave voor ondergrond-scenario $i$	1/jaar	–
$P_{f;i}$	faalkans voor ondergrond-scenario $i$	1/jaar	–
$P_{f;p}$	faalkans voor het deelmechanisme terugschrijdende erosie	1/jaar	–
$P_{f;p;i}$	faalkans voor het deelmechanisme terugschrijdende erosie voor ondergrond-scenario $i$	1/jaar	–
$P_{f;u}$	faalkans voor het deelmechanisme opbarsten	1/jaar	–
$P_{f;u;i}$	faalkans voor het deelmechanisme opbarsten voor ondergrond-scenario $i$	1/jaar	–
$P_{fiinst}$	kans op falen gegeven een instabiliteit	–	–
$P(S_i)$	kans van voorkomen van ondergrond-scenario $i$	–	–
$P(ZV)$	kans van voorkomen zettingsvloeiing voor het vak	–	–



Symbol	Begrip	Eenheid	Hoedanigheid
$P(ZVIS_i)$	kans van voorkomen zettingsvloeiing voor het vak, gegeven ondergrond-scenario $i$	–	–
$Q_n$	factor voor de taludhelling	–	–
$q$	gemiddeld overslagdebiet	l/s/m	–
$R_d$	rekenwaarde voor de sterkte	divers	–
$R_w$	reductiefactor voor lage ligging onderrand dichte bekleding	–	–
$r_c$	reductiefactor voor de weerstand bij het uitredepunt	–	–
$r_{exit}$	demping- of responsfactor bij uitredepunt	–	–
$S_d$	rekenwaarde voor de belasting	divers	–
$S_i$	ondergrondscenario $i$	–	–
$TMWS$	theoretisch maatgevende buitenwaterstand (AWO)	m	NAP
$U_c$	kritische stroomsnelheid, sterkte parameter van de graszode	m/s	–
$U_i$	frontsnelheid van de $i^{de}$ van $N$ olopende golven	m/s	–
$V$	breedte van het voorland	m	–
$V_{lokaal}$	maat voor beweeglijkheid van de vooroever	m/jaar	–
$V_{Zeeland}$	beweeglijkheid van een gemiddelde Zeeuwse vooroever	m/jaar	–
$V_{\sigma b}$	variatiecoëfficiënt van de buigtreksterkte asfalt	–	–
$v$	de verticaal gemeten afstand van de maatgevende buitenwaterstand tot de maatgevende grondwaterstand	m	–
$W$	kruinbreedte	m	–
$z$	hoogteverschil tussen $MGWS$ en onderrand gesloten bekleding = $a+v$	m	–
$\alpha$	taludhelling	o	horizontaal
$\alpha_m$	belastingverhogingsfactor in geval van een overgang	–	–
$\alpha_R$	rekentaludhelling voor zettingsvloeiingen	o	horizontaal
$\alpha_s$	sterkte reductiefactor in geval van een overgang	–	–
$\beta_{eis;dsn}$	betrouwbaarheidsindex van het representatieve dwarsprofiel per vak	–	–
$\beta_{norm}$	betrouwbaarheidsindex van het dijktraject	–	–
$\Delta$	relatieve dichtheid van de zetstenen	–	–
$\Delta_g$	relatieve dichtheid kleilaag $(\rho_g - \rho_w) / \rho_w$	–	–
$\Delta H$	verschil tussen maatgevende buitenwaterstand en waterstand bij uitredepunt	m	–
$\Delta H_c$	het kritieke verval over de waterkering	m	–
$\Delta h_{onder}$	Hoogte van de geulhelling die bij extreem laagwater boven water ligt	m	–
$\Delta L$	lengte van onafhankelijke dijkstrekkingen voor het mechanisme AGK (= 1.000)	m	–
$\Delta \phi$	optredend stijghoogteverschil over de deklaag (bij uitredepunt)	m	–
$\Delta \phi_{c,u}$	kritisch stijghoogteverschil over de deklaag (bij uitredepunt)	m	–
$\gamma_d$	modelfactor	–	–
$\gamma_m$	modelfactor voor AGK	–	–
$\gamma_s$	veiligheidsfactor voor AGK	–	–
$\gamma_{sat}$	verzadigd volumiek gewicht van de cohesieve deklaag	kN/m <sup>3</sup>	–
$\gamma_{water}$	volumiek gewicht van water	kN/m <sup>3</sup>	–
$\gamma \beta$	$\beta$ -afhankelijke veiligheidsfactor	–	–
$\Phi$	kansfunctie standaard normale verdeling	–	–
$\phi$	helling van het natuurlijk talud dijkmateriaal	o	horizontaal
$\phi_{exit}$	stijghoogte in de watervoerende laag bij uitredepunt	m	NAP
$\lambda_0$	faalkansruimtefactor voor bekledingen (0,10)	–	–
$\lambda_1$	1 <sup>e</sup> faalkansruimtedeel voor type bekleding	–	–
$\lambda_2$	2 <sup>e</sup> faalkansruimtedeel	–	–
$\lambda_3$	3 <sup>e</sup> faalkansruimtedeel	–	–
$\rho_a$	soortelijke massa asfalt	kg/m <sup>3</sup>	–
$\rho_g$	soortelijke massa van de verzadigde kleilaag	kg/m <sup>3</sup>	–
$\rho_w$	soortelijke massa water	kg/m <sup>3</sup>	–
$\omega$	faalkansruimtefactor voor het betreffende faalmechanisme, voorgeschreven voor de semi-probabilistische gedetailleerde toets	–	–
$\Omega$	beschikbare faalkansruimte voor de gecombineerde toetssporen voor de gedetailleerde toets per traject	–	–
$\psi$	state parameter	–	–



Symbol	Begrip	Eenheid	Hoedanigheid
$\Psi_{5m}$	state parameter gemiddeld over een cumulatieve hoogte van 5 m aan zand- en siltlagen tussen de geulrand en 0,5 $H_R$ onder de geulbodem	–	–
$\Psi_{5m, kar}$	karacteristieke waarde van $\Psi_{5m}$	–	–

### 30 Afkortingen

AGK	Bezwijken asfaltbekleding door golfklappen
AWO	Bezwijken asfaltbekleding door wateroverdruk
BKL	Basiskustlijn
BSKW	Betrouwbaarheid sluiting van het kunstwerk
BWC	Bijzondere Waterkerende Constructie (achterhaald begrip)
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving
DA	Duinafslag
ENW	Expertise Netwerk Waterveiligheid
GABI	Grasbekledingen afschuiven binnentalud
GABU	Grasbekleding afschuiven buitentalud
GEBU	Grasbekledingen erosie buitentalud
GEKB	Grasbekledingen erosie kruin en binnentalud
GRW	Grondwaterstand
GRWS	Grondwaterstand onder maatgevende omstandigheden (AGK)
GWS	Gemiddelde buitenwaterstand
HAV	Havendammen
HDD	Horizontaal gestuurde boring (Horizontal Directional Drilling)
HTKW	Overslag/overloop van het kunstwerk
JARKUS	Jaarlijkse kustmetingen
LLWS	Het meerjarig gemiddelde van het laagste springlaagwater ten opzichte van NAP, geldig in het kustgebied en de estuaria
MGWS	Maatgevende grondwaterstand (AWO)
MHW	Waterstand bij de norm voor het betreffende vak ten opzichte van NAP (AWO)
mv	Maaiveld
NAP	Normaal Amsterdams Peil
NEN	Stichting Nederlands Normalisatie-instituut
NWO	Niet-waterkerende objecten
NWObe	bebouwing als niet-waterkerende object (onderdeel van NWO)
NWObo	begroeiing als niet-waterkerende object (onderdeel van NWO)
NWOKl	kabels en leidingen (onderdeel van NWO)
NWOOc	Overige constructies (onderdeel van NWO)
OLW	Overeengekomen Laag Water ten opzichte van NAP, geldig in het benedenrivierengebied (in Waal stroomafwaarts van Tiel)
OSA	Open steenasfalt
PKW	Achter- of onderloopsheid van het kunstwerk
RWS	Rijkswaterstaat
SOS	Stochastische OndergrondSchematisatie
STBI	Macrostabieliteit binnenwaarts
STBU	Macrostabieliteit buitenwaarts
STKWI	Sterke en stabiliteit van het kunstwerk: langsconstructie
STKWp	Sterke en stabiliteit van het kunstwerk: puntconstructie
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
STPH	Opbarsten, heave en piping
STVL	Stabiliteit voorland
TAW	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen
TKL	Te beoordelen kustlijn
TMWS	Maatgevende buitenwaterstand waarbij theoretisch de overdrukken onder de bekleding maximaal zijn
VLAf	Afschuiving van het voorland
VLGA	Golfafslag van het voorland
VLZV	Zettingsvloeiing van het voorland
VTV	Voorschrift toetsen op veiligheid (van de primaire waterkeringen) (benaming 2006)
V&ZG	Vol en zat gepenetreerd(e) breuksteen
WAB	Waterbouw asfaltbeton
WBI	Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium
WTI	Wettelijk Toets Instrumentarium (achterhaald begrip)
ZAF	Afschuiven steenzetting
ZEO	Erosie onderlaag van de steenzetting
ZMG	Materiaaltransport vanuit de granulaire laag van de steenzetting
ZMO	Materiaaltransport vanuit de ondergrond van de steenzetting
ZST	Stabiliteit steenzetting
ZTG	Toplaaginstabiliteit steenzetting bij golfaanval
ZTS	Toplaaginstabiliteit steenzetting bij langsstroming

### 31 Literatuur

Bakker, H., Bredeveld, J., & Teunissen, H. (2011). Analyse Macrostabieliteit Dijken met de Eindige Elementen Methode, rapportage 1202121-012. Delft: RWS/Deltares.

Bredeveld, J. (2014). Handreiking keuze toetsaanpak per object, Heldere definiëring typen objecten,



Toetsregels Kunstwerken. Rapport 1209438-006-GEO-0003 Versie vD1b. Delft: Deltares.

CUR. (2012). Publicatie 166 Damwandconstructies. Gouda: CUR.

Deltares. (2012). Gedetailleerde toetsmethode NWO's; achtergrondrapport.

Deltares. (2013e). Ontwerp stabiliteitsschermen (type II) in primaire waterkeringen (groene versie) – Ontwerprichtlijn voor WSRL, rapport 1205887-000-GEO-0016, v6. Delft: Deltares.

Deltares. (2013f). Ontwerp zelfstandig waterkerende constructies (type I) dijkversterking KIS, rapport 1205887-014-GEO-0002-jvm, v2. Delft: Deltares.

Deltares. (2014). gedetailleerde toetsmethode NWO-bebouwing, Plan van aanpak versie 2.

Deltares. (2015). Toetsregels Kunstwerken; Handreiking aansluitconstructies.

DHV/Bomenwacht. (2012). BomenT fase 3 gedetailleerde toets.

ENW. (2007). Technisch Rapport Duinafslag.

ENW. (2010). Technisch Rapport Actuele sterkte van dijken.

EurOtop Team. (2007). Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual. Wallingford.

Knoeff, J., van der Meer, M., Woning, M., van Nieuwenhuijzen, L., Tromp, E., Leeuwdront, W., et al. (2013). Handreiking Innovaties Waterkeringen Groene versie, rapportnr. 1207086-000-GEO-0008, versie 2. Delft: Deltares.

NEN. (2012). NEN 3651:2012 nl Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken.

NPR. (2006). NPR 3659 Ondergrondse pijpleidingen -grondslagen voor sterkteberekeningen.

PIANC, Guidelines for the design and construction of flexible revetments incorporating geotextiles for inland waterways, report of working group 4, supplement for PIANC Bulletin No 57

STOWA. (2000). Handleiding voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen.

STOWA/RWS. (verwacht 2016). Handreiking Continu inzicht asfaltbekledingen.

't Hart, R., de Bruijn, H., & de Vries, G. (2016). Fenomenologische beschrijving,

TAW. (1994a). Handreiking Constructief Ontwerpen bijlagen 2-5.

TAW. (2003). Leidraad Kunstwerken.

TAW. (2003b). Technisch Rapport Steenzettingen.

TAW. (2004). Technisch Rapport Waterspanningen in Dijken.

Witteveen en Bos. (2013). Review notitie DHV/Bomenwacht.

## Appendix A Zonering en profielen

In dit appendix worden een aantal (kern)begrippen en definities gegeven die gehanteerd zijn bij een aantal toetssporen Verder wordt een methodiek beschreven voor het bepalen van het beoordelingsprofiel.

### A.1 Kernbegrippen

Bij de navolgende begrippen wordt onderscheid gemaakt tussen:

*Een lijn*  
*Een profiel*

*Dit is een begrenzing langs de waterkering in een bovenaanzicht.*  
*Dit is een geometrie in een dwarsdoorsnede.*

*Een zone*

*Dit is een strook langs de waterkering in een bovenaanzicht.*

#### *Invloedsprofiel*

*Een invloedsprofiel is het minimale dijkprofiel dat noodzakelijk is om voor een specifiek faalmechanisme juist aan de norm te voldoen.*

#### *Beoordelingsprofiel*

*Het beoordelingsprofiel is het minimale profiel dat noodzakelijk is om voor alle directe faalmechanismen juist aan de norm te voldoen. Het beoordelingsprofiel is een hulpmiddel bij het de beoordeling om de invloed van de aanwezigheid van niet-waterkerende objecten (NWO's) op het waterkerend vermogen te kunnen beoordelen. De methodiek voor het bepalen van het beoordelingsprofiel wordt beschreven in paragraaf A.2.2.*

*In deze paragraaf wordt een toelichting gegeven op de volgende begrippen:*

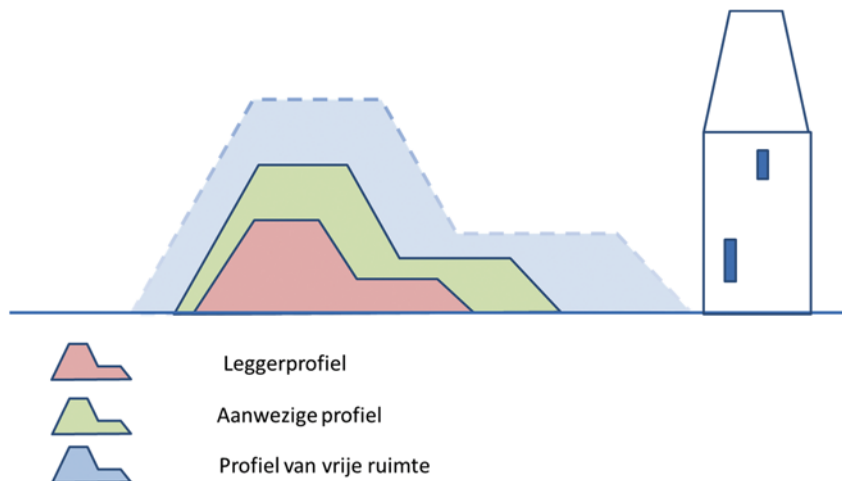
- *Leggerprofiel.*
- *Profiel van vrije ruimte.*
- *Waterstaatswerk.*
- *Beschermingszone.*
- *Invloedszone.*
- *Verstoringszone, verstoringsgrens en verstoringsprofiel.*
- *Signaleringsprofiel.*

#### Leggerprofiel

*Op grond van artikel 5.1 van de Waterwet draagt de beheerder zorg voor de vaststelling van een legger. In de legger wordt omschreven waaraan een waterstaatswerk naar ligging, vorm, afmeting en constructie moet voldoen. Voor een primaire waterkering bevat de legger tevens een overzichtskaart waarop de ligging van de kering en de daaraan grenzende beschermingszones zijn aangegeven. In de legger zijn de abstracte norm voor de waterkering en overige wettelijke randvoorwaarden door de beheerder geconcretiseerd, bijvoorbeeld door vastlegging van een bepaald (norm)profiel van de waterkering.*

#### Profiel van vrije ruimte

*De uitbreidbaarheid van de waterkering wordt in de regel door de dijkbeheerder gewaarborgd door toepassing van een profiel van vrije ruimte. Door het bepalen van een profiel van vrije ruimte kan de dijkbeheerder aangeven welke ruimte door een toekomstige dijkverzwaring binnen een aan te geven planperiode (bijvoorbeeld 100 of 200 jaar), in beslag zal worden genomen. Het profiel van vrije ruimte is, evenals de invloedszone, een toetsingskader van de beheerder bij het verlenen van vergunningen. De beheerder kan zo aan de hand van het aangeven van het profiel van vrije ruimte een op de toekomst gericht beleid voor een primaire waterkering ontwikkelen, waarbij ruimtelijke reserveringen of voorwaarden van belang voor toekomstige dijkverzwaringen mogelijk worden. In dit beleid wordt er dus rekening mee gehouden dat toekomstige dijkversterkingen nog mogelijk moeten zijn zonder dat tot het afbreken of verwijderen van bebouwing moet worden overgegaan.*



Figuur A-1 Voorbeeld van verschillende profielen.

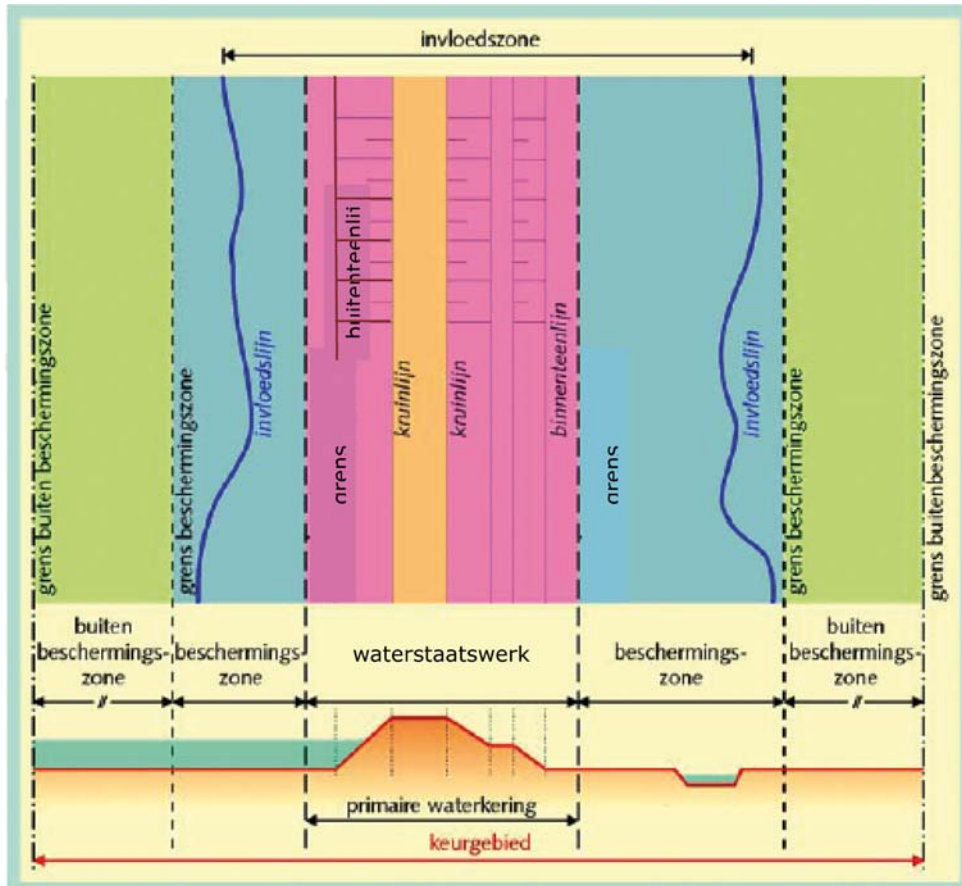
#### Waterstaatswerk

*Het waterstaatswerk bestaat uit het dijklichaam plus de stroken grond ter weerszijden die de stabiliteit van de waterkering onder maatgevende omstandigheden waarborgen. De grens van het waterstaatswerk bestaat daarbij uit de omhullende van de invloedsgrenzen die voor de verschillende faalmecha-*

nismen van een waterkering kunnen worden opgesteld. Binnen het waterstaatswerk geldt het strengste gebodsregime.

Beschermingszone en buitenbeschermingszone

De beschermingszone betreft de stroken grond die ter weerszijden aansluiten aan het waterstaatswerk. De beschermingszone is nodig om aantasting van de waterkering door bijzondere belastingen (delfstofwinning, seismisch onderzoek, explosies van leidingen) te voorkomen. In de beschermingszone is er een beperkt gebodsregime.

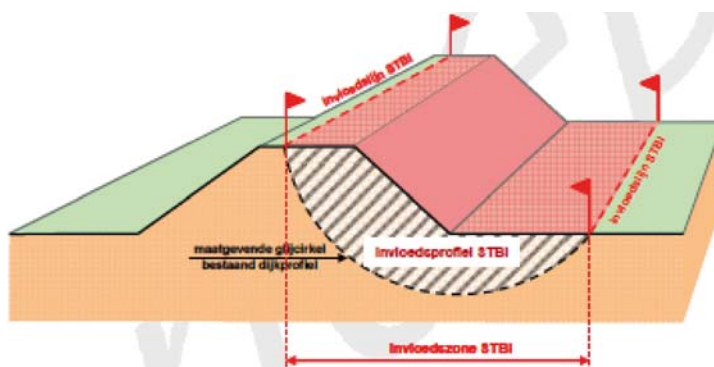


Figuur A.2 Dwarsprofiel van een dijk met benamingen volgens de keur.

Invloedszone

De invloedszone van de waterkering is de zone waarbinnen de invloed van een bepaald faalmechanisme aanwezig is. Een voorbeeld daarvan is de stabiliteitszone, die representatief is voor het faalmechanisme macro-instabiliteit. De invloedsgrenzen zijn de begrenzingen daarvan, terwijl het invloedsprofiel de oppervlakte in het dwarsprofiel is waarbinnen de invloed van een bepaald faalmechanisme zich doet gelden. In figuur A-3 staat een voorbeeld van de invloedslijn, -zone en -profiel voor macro-instabiliteit (toetsspoor STBI).





Figuur A.3 Voorbeeld van invloedsgrens, -zone en -profiel voor macrostabiliteit binnenwaarts.

### Verstoringszone, verstoringsgrens en verstoringsprofiel

Door de aanwezigheid van of een calamiteit aan een niet-waterkerend object kan er sprake zijn van verstoring van de waterkerende functie in een bepaalde zone rondom het NWO, die verstoringzone wordt genoemd. De verstoringsgrens is de horizontale begrenzing daarvan op het maaiveld, terwijl de 2-dimensionale begrenzing daarvan in het dwarsprofiel het verstoringsprofiel wordt genoemd.

### Signaleringsprofiel (voorland)

Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat een eventuele golfafslag, afschuiving of zettingsvloeiing schadelijk is voor de waterkering. Voor de bepaling van het signaleringsprofiel, zie de Hoofdstukken 22, 23 en 24.

## A.2 Het beoordelingsprofiel

### A.2.1 Inleiding

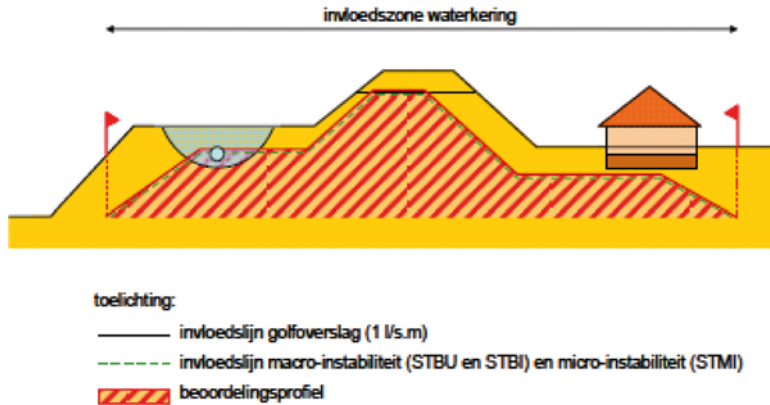
In deze paragraaf wordt de bepaling van een beoordelingsprofiel voor de toetsing van niet-waterkerende objecten beschreven en wordt aangegeven welke stappen worden doorlopen om te komen tot een beoordelingsprofiel. Het beoordelingsprofiel is een hulpmiddel bij de beoordeling van een waterkering. Bijvoorbeeld om de invloed van de aanwezigheid van niet-waterkerende objecten op het waterkerend vermogen te kunnen beoordelen.

Er zijn verschillende werkwijzen mogelijk om te komen tot een beoordelingsprofiel dat aan alle toetssporen voldoet. Deze werkwijzen variëren van eenvoudig en ruim tot gedetailleerd en daardoor meer maatwerk. Afhankelijk van het resultaat van een beoordeling voldoet een eenvoudige werkwijze of moet een meer gedetailleerde werkwijze worden toegepast, waarbij per faalmechanisme het restprofiel na bezwijken moet worden bepaald. De beheerder bepaalt volgens welke werkwijze het beoordelingsprofiel wordt vastgesteld. De verschillende werkwijzen zijn:

Werkwijze 1	Bepaal het beoordelingsprofiel op basis van de veilige afmetingen die kunnen worden afgeleid uit de eisen aan de geometrische kenmerken die worden gesteld door de Eenvoudige toets;
Werkwijze 2	Bepaal het beoordelingsprofiel op basis van geotechnische berekeningen zoals zijn voorgeschreven in de verschillende gedetailleerde toetssporen. De rekenmethoden voor de verschillende mechanismen zoals gebruikt voor de gedetailleerde toets kunnen hiervoor worden gebruikt.

### A.2.2 Bepaling beoordelingsprofiel

Eerst moet worden nagegaan of het opstellen van een beoordelingsprofiel voor de specifieke situatie zinvol is. In enkele gevallen kan direct een eindscore worden toegekend. Vervolgens wordt per toetsspoor het invloedsprofiel bepaald en worden begrenzingen aangegeven waarbinnen het te beoordelen faalmechanisme mogelijk nog van invloed is op het waterkerend vermogen van het beoordelingsprofiel. Uiteindelijk wordt het beoordelingsprofiel bepaald door het tekenen van de contourlijn voor de verzameling van alle invloedsprofielen per mechanisme. De begrenzingen van de invloedszone aan de binnen- en buitendijkse zijde van de waterkering worden zodanig vastgesteld dat de grond buiten de invloedszone niet meer noodzakelijk bijdraagt aan het waarborgen van het waterkerend vermogen. In figuur A-4 is een voorbeeld gegeven van een beoordelingsprofiel. In deze figuur is het beoordelingsprofiel samengesteld uit verschillende invloedsprofielen voor de afzonderlijke toetssporen Macrostabiliteit Buitenwaarts (STBU), Grasbekleding Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB), Macrostabiliteit Binnenwaarts (STBI) en Microstabiliteit (STMI) en Piping (STPH).



Figuur A.4 Voorbeeld van beoordelingsprofiel voor een overgedimensioneerde dijk met een breed en hoog voorland.

#### Bepalen van invloedsprofielen en invloedsgrenzen

Het beoordelingsprofiel wordt bepaald volgens de volgende stappen:

**Stap 1:** Bepaal invloedsprofielen voor de volgende toetsproen:

- STBU/Bekledingen
- HT
- STBI
- STPH
- STMI

**Stap 2:** Bepaal beoordelingsprofiel

*Beoordelingsprofiel = contourlijn invloedsprofielen + begrenzingen*

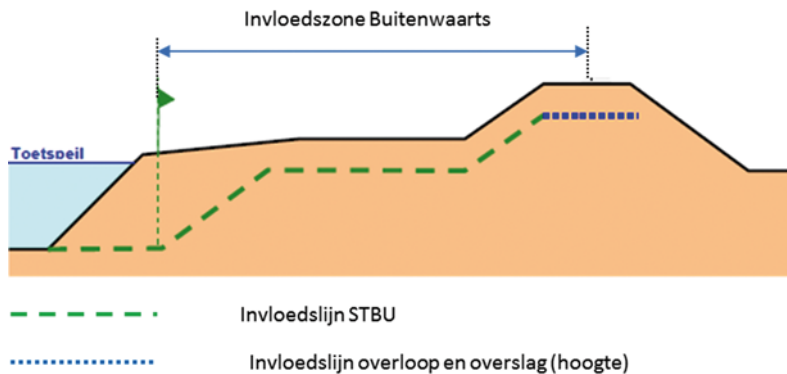
#### Stap 1: bepalen invloedsprofielen

##### *Invloedsprofiel Macrostabieliteit buitenwaarts STBU en Bekledingen*

Als het falen van een niet-waterkerend object op het voorland leidt tot onvoldoende veiligheid ten aanzien van erosie, is de invloedslijn voor Macrostabieliteit buitenwaarts gelijk aan het fysiek aanwezige maaiveld. In het andere geval kan een scherpere invloedslijn worden opgesteld. Eerst worden de voorwaarden ten aanzien van erosiebestendigheid van het voorland behandeld, daarna de regels voor de scherpere invloedslijn.

##### *Invloedsprofiel voor Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)*

Indien wordt voldaan aan de voorwaarden voor erosiebestendigheid wordt een invloedsprofiel voor Macrostabieliteit buitenwaarts bepaald. Indien voor het buitentalud een ontwerpprofiel beschikbaar is, wordt dit beschouwd als het invloedsprofiel.



Figuur A.5 Invloedsprofielen voor macrostabieliteit buitenwaarts STBU en erosie kruin en binnentalud (GEKB).

### *Invloedsprofiel erosie kruin en binnentalud GEKB*

De hoogte van de kruin van het beoordelingsprofiel wordt als volgt vastgelegd:

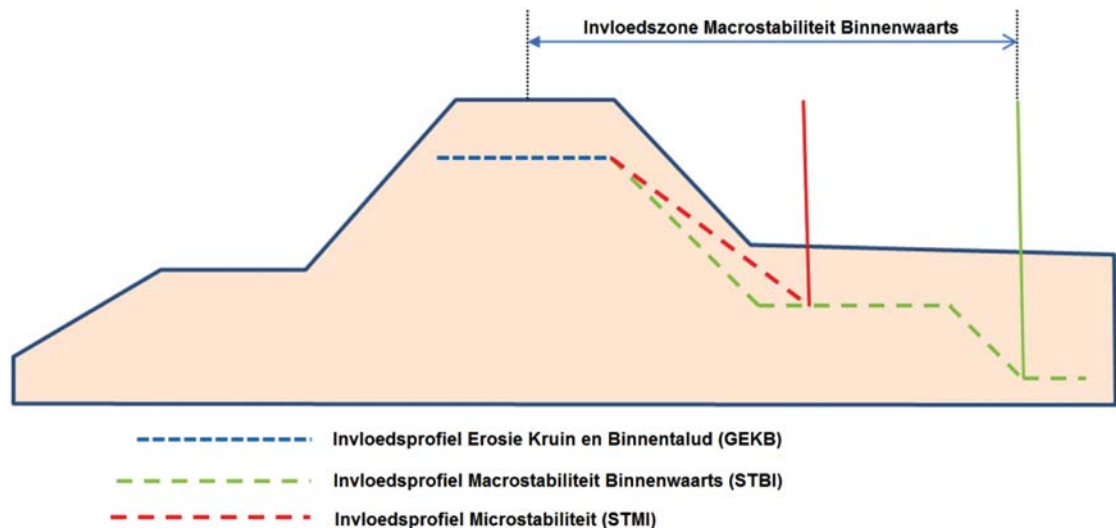
- De kruinhoogte wordt is de werkelijke aanwezige kruinhoogte welke over een afstand gerekend vanaf de buitenkruinlijn over een afstand van 2 m of 3 m minimaal aanwezig moet zijn. De kruinhoogte moet zodanig bepaald zijn dat bij de bijbehorende hydraulische belasting het restprofiel na afschuiving voldoende stabiel is.
- De kruinbreedte is 2 m voor zee- en meerdijken en 3 m voor rivierdijken.
- De op deze wijze in hoogte en breedte vastgestelde invloedsprofiel moet passen binnen het fysiek aanwezige profiel.

De as van de kruin van het beoordelingsprofiel valt samen met de as van de waterkering. Onder strikte voorwaarden kan worden besloten om de as van het beoordelingsprofiel te verschuiven ten opzichte van de as van de waterkering. Deze voorwaarden zijn:

- Het beoordelingsprofiel moet binnen het fysieke grondlichaam vallen.
- In lengterichting van de waterkering moet sprake zijn van een aaneengesloten kruin van het beoordelingsprofiel.

### *Invloedsprofiel macrostabiliteit binnenwaarts STBI*

Voor het toetsspoor macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) is de ligging van de invloedsprofiel afhankelijk van het al dan niet gevoelig zijn voor opdrijven of opbarsten van het binnendijkse maaiveld. Opdrijven van het achterland heeft een grote invloed op de het mechanisme macro-instabiliteit. Indien voor deze specifieke situatie een ontwerpprofiel beschikbaar is, wordt dit gebruikt als invloedsprofiel. Indien geen ontwerpprofiel beschikbaar is en opdrijven kan een rol spelen, dan is er geen globale toetsing mogelijk. Het invloedsprofiel ligt in dit geval op het fysieke binnentalud en achterliggende maaiveld. De invloedszone wordt in dit geval bepaald op basis van geotechnische berekeningen volgens de drukstaafmethode. Indien opdrijven van het fysieke maaiveld vindt plaats kan deze methode niet worden toegepast. De invloedslijn moet dan worden bepaald op basis van een geotechnische berekening (werkwijze 2).



Figuur A.6 Invloedsprofielen voor Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB), Binnenwaartse Macrostabiliteit (STBI) en Microstabiliteit (STMI).

### *Invloedslijn piping (STPH)*

De invloedslijn voor piping volgt uit piping berekeningen. De hoogteligging van de invloedslijn binnendijs wordt bepaald op basis van het opdrijf en heave criterium. De hoogte van de invloedslijn buitenwaarts wordt bepaald door de dikte van het waterremmende pakken in het voorland. Er moet in het voorland tenminste een waterremmende laag met een dikte van 1,5 m op de watervoerende zandlaag aanwezig zijn om deze lengte als kwelweglengte te mogen meetellen. De terugschrijdende erosie bepaald de benodigde kwelweglengte. Deze bevindt zich al veelal deel aan de buiten en deels aan de binnenzijde van de waterkering

### *Invloedslijn microstabiliteit (STBI)*

Het mechanisme micro-instabiliteit kan alleen een rol spelen indien er sprake is van een dijk met



zandige kern, er water op het binnentalud kan uittreden of de kleibekleding op het binnentalud kan worden opgedrukt door hoge waterspanningen in de zandkern van de dijk en het binnentalud steiler is dan 1V:5H.

## Stap 2: Opstellen beoordelingsprofiel

Het beoordelingsprofiel is de contourlijn van alle invloedsprofielen samen. Het beoordelingsprofiel wordt aan binnen- en aan buitendijkse zijde begrensd; dit zijn de uiteindelijk aan te houden begrenzingen van de invloedszone. Deze begrenzing wordt bepaald door van de begrenzingslijnen per toetspoot de meest ver van de dijk gelegen begrenzing te nemen (zie figuur 23-4). Buiten deze begrenzingslijnen vormen verstoringszones door niet-waterkerende objecten geen bedreiging ten aanzien van de beschouwde mechanismen. Opgemerkt wordt dat langsconstructies (STKWI) deel uit kunnen maken van het beoordelingsprofiel. Hierbij geldt steeds als algemene regel dat het beoordelingsprofiel (inclusief de langsconstructie) voldoet aan alle toetsporen. Tevens dient hierbij te worden bedacht dat bij een dergelijke constructie de bepaling van de invloedslijnen en de begrenzing van de invloedszones kan afwijken van de in

## Appendix B Ondergrondscenario's

De opbouw van de ondergrond in, onder of naast de waterkering wordt gekarakteriseerd door lagen waarvan de eigenschappen tussen beperkte grenzen variëren. De grondeigenschappen, zoals de sterkte of de dichtheid worden bepaald door metingen, op grond waarvan de laageigenschappen worden gekarakteriseerd met een verwachtingswaarde en een spreiding. Echter, niet alleen de grondeigenschappen zijn onzeker, maar ook de niveaus van de laagscheidingen zullen van plaats tot plaats verschillen. Informatie over de ligging en de variabiliteit daarin binnen een te beoordelen vak worden verkregen uit metingen zoals sonderingen en boringen. Omdat de ligging van de laagscheidingen variabel is, zijn ook de dikten van de onderscheiden lagen onzeker.

De onzekerheid in de laagopbouw is voor verschillende toetsporen van belang. Het gaat vooral om macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts, piping en de toetsporen betreffende voorlanden.

Voor een vak kan als gevolg van de variabiliteit en de onzekerheid in de laagopbouw niet worden volstaan met een enkele geschematiseerde dwarsdoorsnede met een zekere laagopbouw. Daarom wordt in de gedetailleerde toets voor de genoemde mechanismen rekening gehouden met verschillende scenario's van de grondopbouw. De bodemopbouw scenario's volgen uit de stochastische ondergrondschematisatie (SOS). De scenario's waarmee wordt gerekend, bevatten ieder een specifieke bodemopbouw en vastlegging van de geo-hydrologie. Een scenario heeft geen effect op de hoeveelheid en kansverdelingstype van de onzekere grondeigenschappen (de stochasten), maar wel op de parameters van de kansverdelingen.

Aan elk scenario ( $i$ ) wordt een kans van optreden verbonden ( $P(S_i)$ ). De sommatie van deze kansen dient gelijk te zijn aan 1:

$$\sum_{i=1}^n P(S_i) = 1$$

Gegeven een specifiek ondergrondscenario kan vervolgens de faalkans voor het betreffende mechanisme, gegeven het scenario  $i$  worden bepaald ( $P_{f,i}$ ).

Om te komen tot de kans op falen van het vak als gevolg van het beschouwde mechanisme moet de faalkans per scenario worden vermenigvuldigd met de kans op dat scenario en dat product moet voor alle scenario's worden gesommeerd:

$$P_{f,dsn} = \sum_{i=1}^n (P(S_i) \cdot P_{f,i})$$

Waarin:

$P(S_i)$	Kans van voorkomen van een scenario $i$ [-]
$P_{f,dsn}$	Faalkans per doorsnede [1/jaar]
$P_{f,i}$	Faalkans bij scenario $i$ [1/jaar]

Voor de semi-probabilistische beoordeling per vak (gedetailleerde toets) moet deze faalkans worden vergeleken met de faalkanseis op doorsnedeniveau ( $Pe_{i,dsn}$ ):



$$P_{f;dsn} \leq P_{eis;dsn}$$

In paragraaf 2.3 is de wijze waarop de faalkanseis per doorsnede wordt afgeleid uit de norm beschreven voor de semi-probabilistische beoordeling.

De faalkans per scenario wordt gevonden op basis van de kalibratie tussen de  $\beta$ -afhankelijke veiligheidsfactoren en het vereiste niveau.

Deze gekalibreerde relatie wordt hiervoor omgekeerd toegepast waarmee een veilige inschatting, of benadering van de faalkans kan worden gevonden.

De faalkans per scenario is als volgt gedefinieerd:

$$P_{f;i} = 1 - \Phi\left\{f^{-1}\left(\gamma_{\beta^*}\right)\right\}$$

Waarin:

$P_{f;i}$	Faalkans van scenario $i$ [1/jaar]
$f^{-1}$	Inverse van de gekalibreerde relatie tussen $\gamma_{\beta}$ en $P_{eis;dsn}$
$\gamma_{\beta^*}$	Waarde van de $\beta$ -afhankelijke veiligheidsfactor waarvoor geldt dat $R_d = S_d$ .
$R_d$	Rekenwaarde voor de sterkte
$S_d$	Rekenwaarde voor de belasting

In de hoofdstukken betreffende macrostabiliteit, piping en voorland is de kalibratie en de inverse kalibratie weergegeven.

### **Appendix C Indeling objecten / kunstwerken**

Dit appendix is eerder verschenen dan Bijlage D van het rapport (Breedveld, 2014). De verwijzingen in dit appendix naar andere bijlagen hebben betrekking op onderdelen uit dat betreffende rapport.



**STROOMSCHEMA BEOORDELINGSANPAK NIET-WATERKERENDE (rood vlak) en WATERKERENDE OBJECTEN (blauw vlak) inclusief daarin aanwezige keer- en afsluutmiddelen**  
 ZIE BIJLAGE C van 1209438-006-GEO-0003 (versie D1b, definitief van oktober 2014) VOOR DEFINITIES VAN VERMEERDE OBJECTCLUSTERS, OBJECTTYPEN, VERSCHIJNINGSVORMEN, FUNCTIES  
 VOORWAARDE VOOR GEBRUIK STROOMSCHEMA BIJ NIET-WATERKERENDE OBJECTEN: er dient sprake te zijn van overlap tussen verstoringsgebied NWO en inweeds-, veiligheids- of stabiliteitsgebied direct(e) faalmechanisme(n), zie toelichting bijlage A en bijlage B

OBJECTCLUSTER (zie bijlage C.2)	OBJECTTYPE (zie bijlage C.3) onderscheid in objecttype wordt bepaald door verschillen in functie en/of wijze van krachtsoort	VERSCHIJNINGSVORMEN (zie bijlage C.4) één objecttype kan (qua vorm en materiaalgebruik) in meerdere verschijningsvormen worden uitgevoerd	FUNCTIES (zie bijlage C.5)				LANGCONSTRUCTIE door de relatief kleine objectlengte parallel aan de as van de waterkering is het langte-effect (dat betrekking heeft op de constructie) waarschijnlijk te verwaarlozen	PUNTCONSTRUCTIE door de relatief kleine objectlengte parallel aan de as van de waterkering is het langte-effect (dat betrekking heeft op de constructie) waarschijnlijk te verwaarlozen	LANGCONSTRUCTIE door de significante objectlengte parallel aan de as van de waterkering moet het langte-effect (dat betrekking heeft op de constructie) waarschijnlijk worden meegenomen	OBJECT-SPECIEKE HANDLEIDING <sup>1</sup>
			waterkerende (waterstaakundige) functie	waterkwaliteits-beheer	Infrastructuure functie	constructieve functie				
Leidingen	→ hogedrukleiding vloeistof (≥ 1.0 MPa)	niet-staal D <sub>1</sub> ≥ Ø125 mm							1A	
	→ hogedrukleiding gas (≥ 1.0 MPa)	staal D <sub>1</sub> ≥ Ø500 mm, niet-staal D <sub>1</sub> ≥ Ø125 mm		X	X				1B	
Bebouwing	→ liggedrukteiding	persleiding, hevelleiding, vrij vervallende woonhuis, bedrijfs pand in naast waterkering		X	X				1C	
	→ niet waterstaakundige bebouwing								2A	
Begroeiing	→ begroeiing								3	
	→ stuw	bolgstuw, klepstuw, vizerstuw	X						4A	
Waterreguleringswerken	→ inlaatduiker (vrij wateroppervlak)	inlaatkoker of leiding	X	X					4B	
	→ uitwateringsduiker (vrij wateroppervlak)	uitwateringskoker of -leiding	X	X					4C	
	→ doorvoer zonder vrij wateroppervlak	sifon, hevel(per)leiding	X	X					4D	
	→ overlaat		X						4E	
Passages	→ navigaduct	open tunnelbak, afzink- of boortunnel							5A	
	→ aquaduct (voorzien van kanteldijken)	bekkenpassage, (hevel)hystrop		X	X				5B	
In de grond ingebedde grondkeringen	→ tunnel (voorzien van kanteldijken)	open tunnelbak, afzink- of boortunnel	(X)						5D	
	→ vistrage (of vispassage)	bekkenpassage, (hevel)hystrop			X				5E	
	→ functiescheidend scherm	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand							6A	
	→ erosiescherm	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand	X						6B	
	→ kwelscherm	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand	X						6C	
	→ stabiliteitsscherm	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand	X						6D	
	→ overlappende overlagscherm	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand	X						6E	
	→ kadewand	kistdam, diepwand, combiwand, damwand of palenwand	X						6F	
	Vrijstaande grondkeringen	→ gewichtsmuur	dijkmuur, L-wand, cellenwand	X	X					7A
		→ kademuur		X	X					7B
Mobile keringen (incl. keermiddel <sup>2</sup> )	→ keermuur (of keerwand)		X	X					7C	
	→ coupure		X	X					8A	
Innovaties	→ demontabele keringen	open tunnelbak, afzink- of boortunnel (incl. keermiddel)	X	X					8B	
	→ tunnel zonder kanteldijken	vulcontainers, zandzakken, big bags	X	(X)					8C	
Keermiddelen <sup>3</sup>	→ tijdelijke kerings <sup>4</sup>		X						8D	
	→ gewapende grond		(X)						9A	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ Mixed in Place (INSIDE-techniek)		X						9B	
	→ Dijkvermaging (INSIDE-techniek)		X						9C	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ Dijkdekvuils (INSIDE-techniek)		X						9D	
	→ schutsluis		X						10A	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ keersluis		X						10B	
	→ stormvloedkering		X						10C	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ uitwateringsluis (of spuisluis)		X						10D	
	→ inwateringsluis (of inlaatsluis)		X						10E	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ gemaal (incl. afsluutmiddelen <sup>6</sup> en pompen)		X						11	
	→ aansluitingsconstructie kunstwerk-duin		X	(X)					12A	
Keermiddelen <sup>5</sup>	→ aansluitingsconstructie kunstwerk-dijk/dam		X						12B	
	→ aansluitingsconstructie kunstwerk-hoge grond		X						12C	

<sup>1</sup> of is sprake van een grote overlap tussen de genoemde invulling van deze toekomstige object-specifieke handleidingen – zie bijlage E voor een voorbeeld – en de door WTI 2017 op te leveren schematiseringsstructuur per hoerdelingspoor;  
<sup>2</sup> keermiddelen in coupures kunnen in verschillende verschijningsvormen (zoals schotbalken, opkalfdeuren, schulddeuren, draaldeuren, roldeuren, etc.);  
<sup>3</sup> tijdelijke kerings worden over het algemeen niet als primaire waterkering toegepast;  
<sup>4</sup> keermiddelen in sluisen kunnen in verschillende verschijningsvormen (zoals roldeuren, schulddeuren, puntdeuren, hevelschuiven, etc.) worden uitgevoerd;  
<sup>5</sup> afsluutmiddelen in een koker of leiding kunnen verschillende verschijningsvormen (terugslagklep, vloedklep, tolklep, schuiven, spandeschuiven, etc.) worden uitgevoerd;





## TOELICHTING

### 1. Inleiding

#### 1.1 Doel van het beoordelingsinstrumentarium

De onderhavige Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 bevat regels inzake de beoordeling van de primaire waterkeringen op veiligheid (hierna: beoordelingsinstrumentarium). Elke kering wordt ten minste eenmaal per twaalf jaar beoordeeld met het oog op de twaalfjaarlijkse verslaglegging die dient plaats te vinden op grond van artikel 2.12, eerste lid, van de Waterwet. Het beoordelingsinstrumentarium stelt de keringbeheerders in staat om de beoordeling op een goede manier uit te voeren en hierover te rapporteren aan de Minister van Infrastructuur en Milieu (I en M). De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) houdt namens de Minister toezicht op de beoordeling en controleert of de beoordelingen voldoen aan de gestelde voorwaarden in de Waterwet en het beoordelingsinstrumentarium. De resultaten van de eerstvolgende beoordeling van alle primaire keringen worden uiterlijk in 2023 aan de Eerste en Tweede Kamer aangeboden (artikel 2.12, zevende lid, van de Waterwet).

#### 1.2 Achtergrond van het beoordelingsinstrumentarium

De wijzigingen van de Waterwet die met ingang van 1 januari 2014<sup>23</sup> respectievelijk 1 januari 2017<sup>24</sup> van kracht zijn, hebben een aantal veranderingen tot gevolg in de beoordeling van de veiligheid van de primaire keringen, zoals die voordien plaatsvond. De veranderingen door de beide wetswijzigingen tezamen leiden tot een systeemwijziging voor de beoordeling.

De genoemde wijziging van de Waterwet in 2014 heeft geleid tot een Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) waarvoor continu maatregelen kunnen worden aangemeld. Daarnaast is de beoordelingsperiode verlengd van zes naar twaalf jaar. Ook is met deze wijziging het toezicht op de primaire keringen volledig bij het Rijk komen te liggen. Bij de wijziging van de Waterwet van 2017 zijn de normen per dijkkring, gebaseerd op de overschrijdingskansbenadering, vervangen door normen per dijktraject, gebaseerd op de overstromingskansbenadering. Vanwege deze wijziging van zowel de hoogte als de vorm van de normen was het nodig ook het instrumentarium aan te passen waarmee de veiligheid van de primaire keringen wordt beoordeeld. Om een nieuw beoordelingsinstrumentarium vast te kunnen stellen is bij de laatstgenoemde wijziging van de Waterwet artikel 2.3, eerste lid, van die wet gewijzigd. Hierin is bepaald dat bij ministeriële regeling regels worden gesteld voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte van de dijktrajecten. De bedoelde regels zijn vastgelegd in de onderhavige regeling. Daarnaast bevat deze regeling procedurele voorschriften met betrekking tot de beoordeling, die gebaseerd zijn op artikel 2.12, vierde lid, van de Waterwet. Deze regeling vervangt de Regeling veiligheid primaire waterkeringen uit 2007.

#### 1.3 Opbouw beoordelingsinstrumentarium

Het beoordelingsinstrumentarium bevat zowel de regels voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte, als de procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. De regels voor de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen zijn vastgelegd in drie bijlagen:

- Bijlage I: Procedure beoordeling veiligheid primaire keringen (hierna: Bijlage I Procedure).
- Bijlage II: Voorschriften bepaling hydraulische belastingen primaire waterkeringen (hierna: Bijlage II Hydraulische belastingen).
- Bijlage III: Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen (hierna: bijlage III Sterkte en veiligheid).

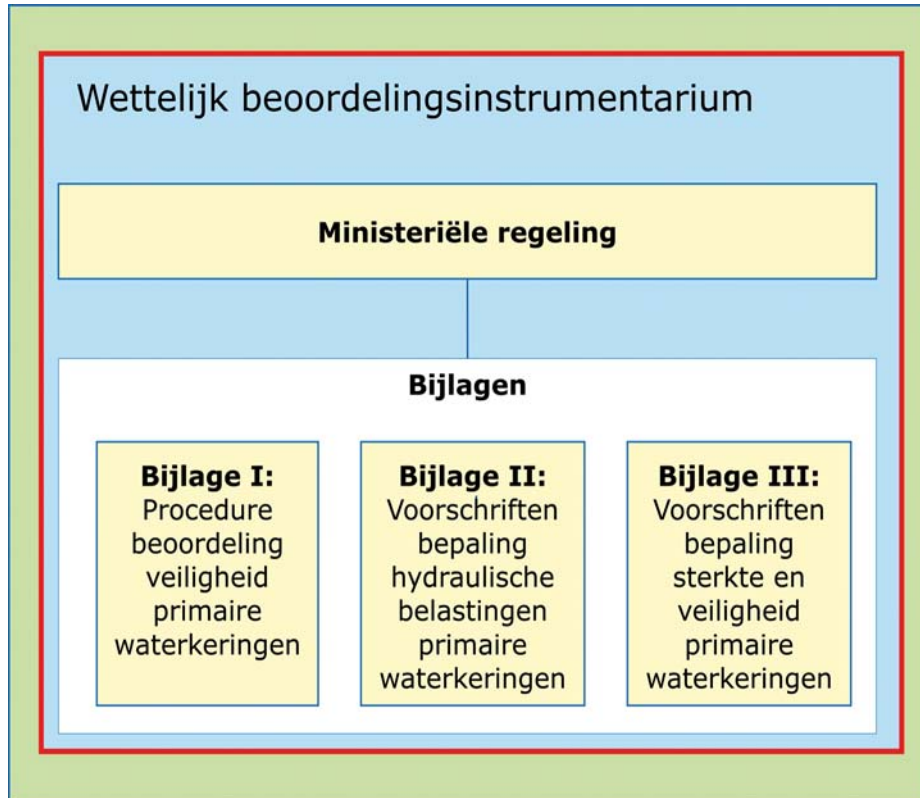
Bijlage I Procedure beschrijft de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling. Ook worden daarin de rapportageverplichtingen beschreven. In deze bijlage is verder een begrippenlijst opgenomen met een uitleg van alle begrippen die in het beoordelingsinstrumentarium worden gebruikt. In Bijlage I Procedure, appendix A, is een overzicht opgenomen van de documenten en software applicaties die de beheerder moet gebruiken bij het uitvoeren van de beoordeling. Deze worden beschikbaar gesteld via de website van de Helpdesk Water.<sup>25</sup> Bijlage II Hydraulische belastingen beschrijft de methode om de hydraulische belastingen te bepalen. Tot slot beschrijft Bijlage III

<sup>23</sup> Wet van 15 mei 2013 tot wijziging van de Waterwet (doelmatigheid en bekostiging hoogwaterbescherming), Stb. 2013, 280, in werking getreden op 1 januari 2014 (Stb. 2014, 281).

<sup>24</sup> Wet van 2 november 2016 tot wijziging van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen), Stb. 2016, 431.

<sup>25</sup> [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl).

Sterkte en veiligheid op welke manier de verschillende onderdelen waaruit een dijktraject bestaat, moeten worden beoordeeld om te komen tot een veiligheidsoordeel over het gehele dijktraject. Ter ondersteuning van de beheerder bij het toepassen van het beoordelingsinstrumentarium zijn verschillende softwareapplicaties ontwikkeld. In Bijlage III Sterkte en veiligheid wordt tevens aangegeven welke applicaties waarvoor moeten worden gebruikt. Onderstaand figuur geeft de samenhang tussen de verschillende bijlagen weer.



Figuur 1 Het WBI 2017

#### 1.4 Rollen in het beoordelingsproces

In onderstaande tabel worden de rollen van de verschillende partijen in het beoordelingsproces beschreven. Voor een meer uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het Draaiboek Beoordeling op waterveiligheid voor de beoordelingsperiode 2017–2023.<sup>26</sup>

Partij	Rol	
Organisatie	Onderdeel	
Beheerders		
Waterschappen		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beoordelen primaire keringen en rapporteren aan de Minister.</li> <li>– Signaleren problemen en aandachtspunten voor het proces of in het instrumentarium.</li> <li>– Maken afspraken over de beoordeling van trajecten die onder meerdere beheerders vallen.</li> </ul>
Ministerie van I en M	Rijkswaterstaat	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beoordeelt primaire keringen en rapporteert aan de Minister.</li> <li>– Signaleert problemen en aandachtspunten voor het proces of in het instrumentarium.</li> <li>– Maakt afspraken over de beoordeling van trajecten die onder meerdere beheerders vallen.</li> <li>– Rapporteert over de ligging van het rivierbed.</li> </ul>
Toezichthouder en rapporteur		

<sup>26</sup> Helpdeskwater ([www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl)).



Partij	Rol	
Organisatie	Onderdeel	
Ministerie van I en M	Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT)	<ul style="list-style-type: none"><li>– Checkt of veiligheidsoordeel conform het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) 2017 tot stand is gekomen.</li><li>– Stelt de landelijke rapportage op, waarin de rapportages van de beheerders worden geaggregeerd tot een landelijk beeld en rapporteert over haar bevindingen bij het beoordelingsproces.</li><li>– Brengt de rapportage uit aan de Minister van I en M.</li></ul>
Procesregisseur		
Ministerie van I en M	Directoraat-Generaal Ruimte en Water	<ul style="list-style-type: none"><li>– Regisseur van het gehele proces en bewaakt vanuit deze rol de voortgang van het proces.</li><li>– Verantwoordelijk voor WBI</li><li>– Verantwoordelijk voor communicatie.</li><li>– Stelt beleidsnota op bij de rapportage van ILT met een duiding van de resultaten.</li><li>– Verantwoordelijk voor het (laten) evalueren van het doorlopen proces</li></ul>

## 1.5 Beheerprocessen naast beoordeling

### 1.5.1 Zorgplicht

De beheerder heeft de wettelijke taak om de veiligheid tegen overstromingen te borgen door het dijktraject aan de veiligheidseisen te laten voldoen. Dit wordt ook wel de zorgplicht genoemd. Het is de taak van de beheerder om te zorgen voor het noodzakelijke beheer en onderhoud van de keringen. Ook moet de beheerder ten minste eenmaal per twaalf jaar de waterstaatkundige toestand van zijn keringen beoordelen. Het resultaat van de beoordeling kan aanleiding zijn voor het programmeren en uitvoeren van verbetermaatregelen binnen het HWBP, maar kan ook leiden tot het treffen van maatregelen ten behoeve van instandhouding van de kering, die onder de zorgplicht vallen. In de rapportage geeft de beheerder aan of de maatregelen die hij gaat treffen worden aangemeld bij het HWBP of dat deze onder de zorgplicht vallen (zie voor meer informatie Bijlage I, Procedure, paragraaf 4.4). In de periode voordat de noodzakelijke versterkingsmaatregelen zijn uitgevoerd zorgt de keringbeheerder via beheer en onderhoud dat de kering in stand wordt gehouden en treft de beheerder bij crisissituaties noodmaatregelen.

### 1.5.2 Legger

Op basis van artikel 5.1 van de Waterwet draagt de beheerder zorg voor de vaststelling van een legger, waarin is omschreven waaraan waterstaatswerken naar ligging, vorm, afmeting en constructie moeten voldoen. De legger gaat vergezeld van een beheerregister waarin de kenmerkende gegevens van de constructie en de actuele toestand nader zijn omschreven.

## 1.6 Relatie met het hoogwaterbeschermingsprogramma

De beheerder bepaalt zelf in welke volgorde en op welk moment de keringen worden beoordeeld. Gedurende de beoordelingsperiode kunnen de beheerders op ieder moment hun resultaten aanleveren bij de ILT. Indien uit de beoordeling blijkt dat een verbetermaatregel nodig is vanwege wijzigingen van de norm of de onderhavige ministeriële regeling, kan de beheerder de maatregel aanmelden voor het HWBP. Op basis van artikel 7.23 van de Waterwet heeft de beheerder in het jaar van plaatsing van de maatregel op het jaarlijkse subsidieprogramma recht op subsidiëring van de kosten conform de daarvoor geldende subsidieregels. Deze subsidieregels zijn vastgelegd in de Regeling subsidies hoogwaterbescherming 2014.

## 1.7 Beoordelingstermijn

Tot de inwerkingtreding van de Waterwet in 2009 was de verslagleggingstermijn op grond van de Wet op de Waterkering vijf jaar. In 2009 is deze vastgesteld op zes jaar en in 2014 is de termijn gewijzigd in twaalf jaar. De derde (inclusief verlengde) beoordelingsronde van de primaire waterkeringen vond plaats van 2006 tot en met 2011/13. Normaliter begint een volgende beoordelingsronde in het jaar volgend op het jaar waarin de vorige is geëindigd. In 2011 is in het Bestuursakkoord Water echter afgesproken dat de volgende beoordelingsronde zou worden uitgesteld in afwachting van de totstandkoming van een nieuw normenstelsel.<sup>27</sup> Nu het nieuwe normenstelsel van kracht is, start de volgende beoordelingsronde waarbij de nieuwe normen het uitgangspunt zijn. Hierover zal in 2023

<sup>27</sup> Bestuursakkoord Water 2011, p. 24; zie ook Kamerstukken II 2012/13, 33 465, nr. 3, blz. 20.



– twaalf jaar na de vorige verslaglegging<sup>28</sup> – verslag aan de Eerste en Tweede Kamer worden uitgebracht.

## 2. Hoofdpijnen Regeling veiligheid primaire waterkeringen

### 2.1 Grondslagen van het beoordelingsinstrumentarium

De beoordeling van de primaire waterkeringen vloeit voort uit artikel 2.12 van de Waterwet. Dit artikel bepaalt dat elke twaalf jaar de waterstaatkundige toestand van alle primaire waterkeringen in beeld wordt gebracht. De beheerders van de primaire keringen beoordelen de toestand van de keringen en brengen hierover verslag uit aan de Minister van I en M. De beoordelingsresultaten van de beheerders vormen de basis voor de landelijke rapportage die de Minister van I en M opstelt voor de beide Kamers der Staten-Generaal. Het verslag van de beheerder aan de Minister bevat een beoordeling van de veiligheid onder meer in het licht van de wettelijke normen en de regels voor de hydraulische belasting en de sterkte (artikel 2.3 van de Waterwet). De bijlagen bij deze ministeriële regeling geven invulling aan de bevoegdheid van de Minister om regels te stellen voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte (artikel 2.3, eerste lid, van de Waterwet) en nadere regels over de beoordeling van de veiligheid van de primaire keringen (artikel 2.12, vierde lid, van de Waterwet).

### 2.2 Realistische ambitie en strategie voor de komende beoordelingsronde

Gezien de grote veranderingen die nodig waren en de beperkte tijd die beschikbaar was voor de ontwikkeling van het nieuwe beoordelingsinstrumentarium, heeft het Ministerie van I en M samen met de waterkeringbeheerders een beoordelingsprocedure ontwikkeld met een realistische ambitie en strategie voor de komende beoordelingsronde. Een procedure waarmee de volgende strategische doelen voor de beoordeling bereikt kunnen worden:

- Inzicht krijgen in de veiligheid die de primaire keringen bieden in het licht van de nieuwe normen en inzichten in de sterkte en de belastingen.
- Hierover tijdig (2023) verantwoording afleggen aan de Minister van I en M en hierover verslag uitbrengen aan de Eerste en Tweede Kamer middels de twaalfjaarlijkse rapportage.
- Mogelijk maken dat keringbeheerders jaarlijks trajecten kunnen aanmelden, zodat bijgedragen wordt aan een stabiel en voortrollend HWBP, waarmee de beheerders voortvarend aan de slag kunnen met het verbeteren van de meest urgente projecten.

### 2.3 Primaire waterkeringen en dijktrajecten

Het beoordelingsinstrumentarium stelt regels waarmee alle primaire waterkeringen beoordeeld kunnen worden. Primaire waterkeringen beschermen het achterland tegen overstromingen vanuit het buitenwater. Met buitenwater wordt bedoeld de zee, de grote rivieren en grote meren (artikel 1.1 van de Waterwet). Deze wateren zijn gevoelig voor stormvloed of hoog water of hebben een dusdanig oppervlak dat overstroming vanuit die wateren tot aanzienlijke schade of slachtoffers kan leiden in het achterliggende gebied. Per 1 januari 2017 worden ook het Volkerak-Zoommeer, het Grevelingenmeer, het getijdedeel van de Hollandse IJssel en de Veluwerandmeren in de Waterwet als buitenwater aangemerkt (artikel 1.1, eerste lid, van de Waterwet). De keringen die langs deze wateren liggen, hebben daarmee de status primaire keringen gekregen.

Voor de normering zijn de primaire waterkeringen ingedeeld in 'dijktrajecten'. Op basis van artikel 2.2 van de Waterwet zijn in bijlagen II en III bij die wet voor elk dijktraject de normen vastgelegd.

Voor de ligging van de dijktrajecten, de rijksdriehoekcoördinaten van de begin- en eindpunten van de dijktrajecten en de norm of normen per dijktraject wordt verwezen naar bijlagen I, IA, II en III bij de Waterwet. Voor de exacte ligging van de primaire waterkeringen wordt verwezen naar de leggers die de beheerders krachtens artikel 5.1 van de Waterwet hebben opgesteld.

### 2.4 Hoge gronden

In het oude systeem werden dijkeringen mede gevormd door hoge gronden. Deze hoge gronden zijn veelal natuurlijk aanwezige hooggelegen delen in het landschap die niet worden bedreigd door een hoge waterstand van de zee, een meer of een grote rivier. Ze worden in het wettelijke systeem beschouwd als fysisch-geografisch gegeven.<sup>33</sup>

<sup>28</sup> Derde toets primaire waterkeringen. De landelijke toets 2006–2011 is in november 2011 aan de Staten-Generaal aangeboden (bijlage bij Kamerstukken II, 2011/12, 31 710, nr. 22).

<sup>33</sup> Memorie van toelichting bij de Wet op de waterkering, Kamerstukken II 1988/89, 21 195, nr. 3, blz. 8.



Het nieuwe systeem gaat uit van dijktrajecten, maar ook daarvoor is het van belang om vast te leggen waar de waterkering eindigt en de hoge grond begint. In de loop van de tijd kan het aansluitpunt van een dijktraject op de hoge grond veranderen, bijvoorbeeld als gevolg van een stijging van de waterstand door klimaatverandering. Daarom is het van belang dat de waterkeringbeheerder in elke beoordelingsronde nagaat of de ligging van het aansluitpunt van de primaire kering op de hoge grond, zoals aangegeven in bijlage IA bij de Waterwet, nog actueel is. Daar waar hoge gronden onderdeel zijn van een keringtraject worden de betreffende hoge gronden meegenomen in de beoordeling.

## 2.5 Tussentijdse wijzigingen

Het beoordelingsinstrumentarium wordt gedurende een lopende beoordelingsperiode in principe niet gewijzigd. Mocht tijdens deze periode nieuwe kennis worden opgedaan waardoor het inzicht in de veiligheid van de keringen significant verandert, dan heeft de Minister van I en M de bevoegdheid om tussentijds aanvullende regels te stellen. De onderhavige ministeriële regeling wordt in dat geval gewijzigd.

Significante nieuwe kennis wil in dit geval zeggen dat een nieuw faalmechanisme wordt onderkend of dat de regels op basis van nieuwe inzichten niet meer toereikend zijn. Om te bepalen of dit aan de orde is, wordt in opdracht van de Minister van I en M een effectanalyse uitgevoerd voor dit nieuwe inzicht. De verwachting is dat een dergelijke tussentijdse wijziging slechts bij hoge uitzondering zal plaatsvinden.

In geval van tussentijdse aanpassing van het beoordelingsinstrumentarium dient de beheerder na te gaan of de keringen die hij beheert, voldoen aan de nieuwe voorschriften, tenzij daarbij wordt bepaald dat de wijziging niet van toepassing is op dijktrajecten die tijdens de lopende beoordelingsronde reeds zijn beoordeeld. In dat kader kan het nodig zijn dat de beheerder extra informatie aan de toezichthouder verschaft.

Indien er tijdens de beoordeling wijzigingen of aanvullingen zijn in software applicaties of onderliggende documenten, zoals opgenomen in Bijlage I Procedure, Appendix A of anderszins, is het aan de beheerder om te bepalen of het nodig is een reeds uitgevoerd beoordeling te actualiseren en te rapporteren.

## 3. Evaluatie

In de eerder genoemde wijziging van de Waterwet van 2017 is geregeld dat de evaluatie van die bepalingen die daarin gewijzigd zijn, verschoven wordt tot na afloop van de eerstvolgende beoordelingsronde (2017–2022) en de landelijke rapportage in 2023. De evaluatie van de nieuwe normering zal daarom plaatsvinden in 2024 en uiterlijk op 1 januari 2025 gereed zijn.

Zoals opgenomen in het draaiboek voor de beoordelingsronde 2017–2022 zullen tussentijdse evaluaties worden uitgevoerd. Deze dragen onder andere bij aan het verbeteren en aanpassen van het WBI ten behoeve van de beoordelingsronde 2023–2034. Het draaiboek bevat afspraken over de rollen en verantwoordelijkheden tijdens de eerste beoordelingsronde en zal bestuurlijk worden vastgesteld door de Minister en de Unie van Waterschappen.

## 4. Effectbeoordeling

Het beoordelingsinstrumentarium stelt de keringbeheerders in staat de veiligheid van de primaire keringen te beoordelen. De overstap van een overschrijdingskansnorm naar een overstromingskansnorm betekent dat de wijze waarop een kering moet worden beoordeeld verandert. Ook zijn nieuwe inzichten opgenomen in deze ministeriële regeling en de bijbehorende bijlagen. Het Ministerie van I en M en STOWA<sup>30</sup> hebben opleidingen ontwikkeld om de beheerders te begeleiden in deze transitie.

De administratieve lasten nemen als gevolg van deze regeling niet toe. Er is namelijk geen sprake van kosten voor burgers en bedrijven. Na de inwerkingtreding kunnen in het begin de bestuurlijke lasten toenemen, omdat deze regeling invulling geeft aan de nieuwe normering en er nog ervaring moet worden opgebouwd met het nieuwe systeem. Om deze bestuurlijke lasten te beperken is een realistische ambitie gekozen voor deze eerste beoordelingsronde, worden opleidingen gegeven om kennisoverdracht te versnellen, wordt ondersteuning geleverd via de Helpdesk Water aan beheerders

<sup>30</sup> De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders in Nederland.





en zullen aanvullende Technische Rapporten en software beschikbaar worden gesteld als uit de evaluatiemomenten blijkt dat dit voor de uitvoerbaarheid noodzakelijk is.

## 5. Consultatie

In de artikelen 2.3, tweede lid, en 2.12, vierde lid, van de Waterwet is bepaald dat bij de voorbereiding van de regeling de besturen van de waterschappen worden gehoord. In de periode 8 juni 2016 tot 20 juli 2016 hebben alle waterschappen de mogelijkheid gehad te reageren op (de uitvoerbaarheid van) de regeling. Aan de ILT is gevraagd een Handhaafbaarheids-, Uitvoerings- en Fraudebestendigheidstoets (HUF-toets) uit te voeren. De regeling is ook voorgelegd aan het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW).

De waterschappen hebben gereageerd op het concept van de ministeriële regeling van 30 april 2016. Zij hebben hun ambitie kenbaar gemaakt en aangegeven dat het belangrijk is om deze eerste beoordelingsronde te leren, een beeld van de veiligheid te krijgen en urgente trajecten voortvarend te beoordelen. Verder is opgeroepen om ook de onderliggende rapporten en software beschikbaar te stellen en een balans te vinden tussen uniformiteit en flexibiliteit. Ook is gevraagd om dubbel werk naar aanleiding van eventuele verbeteringen of aanvullingen in onderliggende rapporten, software en de ministeriële regeling te vermijden.

De ILT heeft een HUF-toets uitgevoerd en concludeert dat een hoop werk is verzet. Het is daarom volgens de ILT van groot belang om aan de slag te gaan en ervaring op te doen met het instrumentarium. Gezien de systemsprong was het voor de ILT lastig om harde uitspraken te doen over de uitvoerbaarheid en de handhaafbaarheid van de regeling. De ILT benadrukt dat haar rol is (onafhankelijk) toezicht te houden op basis van heldere, eenduidige en handhaafbare afspraken en voorschriften en daarover eenduidig te rapporteren aan de bewindspersoon. In het draaiboek dat bestuurlijk is vastgesteld zijn afspraken gemaakt over evaluatiemomenten en een escalatieprocedure om op handhaafbaarheid en uitvoeringsbestendigheid verbeteringen door te kunnen voeren als dat nodig blijkt.

Het ENW is positief over de systematische uitwerking in bouwstenen en de conceptuele opzet van de regeling. Voor een adequate beoordeling benadrukt het ENW het belang van de beschikbaarheid van achterliggende bouwstenen en software waar in de ministeriële regeling ook naar verwezen wordt. Het ENW stelt een beheerste invoering voor waarbij vanaf begin 2017 een beperkte groep gebruikers ervaring opdoet met de werking van het instrumentarium. Ook stelt het ENW voor om verbeteringen door te voeren als uit gebruikerservaring blijkt dat dit nodig is.

Uit de reacties blijkt dat er voldoende draagvlak is voor de onderhavige regeling. Om het door de waterschappen genoemde ambitieniveau te bereiken en tijdens het beoordelen te kunnen leren van de ervaringen van beheerders, wordt een draaiboek opgesteld waarin tussenevaluaties van het beoordelingsproces worden opgenomen. Bij deze tussenevaluaties kunnen de strategische doelen indien nodig worden geconcretiseerd.

Bij de eerste en tweede beoordelingsronde op grond van de Wet op de waterkering (1996) is gebleken dat het bij een nieuw systeem niet altijd mogelijk is om in de eerste beoordelingsronde tot een veiligheidsoordeel te komen. Ook nu is sprake van een grote verandering. Ondanks de inspanning van de beheerder bij het beoordelen en van lenM bij de ontwikkeling van het instrumentarium, kan het voorkomen dat in de eerstvolgende beoordelingsronde bij een beperkt aantal trajecten niet tot een veiligheidsoordeel conform paragraaf 3.3 van Bijlage I Procedure kan worden gekomen. In dat geval is het van belang dat de beheerder wel uiterlijk in 2022 inzicht in de veiligheid biedt en aantoont dat er geen sprake is van een urgente veiligheidsopgave door een voorlopig oordeel af te geven. Vervolgens kan de beheerder in de daaropvolgende beoordeling (2023–2034) het veiligheidsoordeel afronden met het dan geldende instrumentarium en daar waar de signaleringswaarde is overschreden projecten uit het betreffende traject aanmelden voor het HWBP, zodat alle primaire waterkeringen uiterlijk in 2050 het beoogde beschermingsniveau bieden.

De onderliggende documenten en software zijn beschikbaar gesteld, gebruikt in een generale repetitie in het najaar van 2016 en besproken met een vertegenwoordiging van de waterschappen en voorgelegd aan het ENW.

De balans tussen flexibiliteit en uniformiteit komt in de reactie van zowel waterschappen, ENW als ILT aan bod. Hiervoor zijn voorbeelden uitgewerkt in het voorbeeldenboek. Daarnaast zijn verwijzingen naar technische rapporten opgenomen die de uniformiteit en efficiënte uitvoering van een Toets op Maat ondersteunen. Ook zullen in samenspraak met de waterschappen enkele aanvullende technische rapporten worden ontwikkeld.





---

## 6. Inwerkingtreding

Vanwege de nauwe samenhang met de Wet van 2 november 2016 tot wijziging van de Waterwet en enkele andere wetten (nieuwe normering primaire waterkeringen)<sup>31</sup> treedt deze wijzigingsregeling gelijktijdig met die wet in werking. Indien die wet na 1 januari 2017 in werking treedt, werkt artikel I van de wet terug tot en met die datum. De terugwerkende kracht van die wet wordt geregeld bij koninklijk besluit krachtens artikel IV van die wet. Voor deze regeling is de eventuele terugwerkende kracht geregeld in artikel 5.

Als de nieuwe normen voor de primaire waterkeringen gaan gelden, is het wenselijk dat beheerders van dijktrajecten waarbij de overstromingskans naar verwachting sterk afwijkt van de nieuwe norm, snel met versterkingsmaatregelen kunnen beginnen. Om voor subsidie in aanmerking te kunnen komen, dient eerst de veiligheid van een dijktraject te worden beoordeeld aan de hand van de regels in deze ministeriële regeling. Zonder dit veiligheidsoordeel is het niet mogelijk subsidie aan te vragen. Voor een waterschap is het starten met versterkingsmaatregelen zonder subsidie alleen mogelijk met hoge bijkomende kosten. De waterschappen zijn dus gebaat bij een spoedige inwerkingtreding van deze regeling. Om die reden wordt afwijking van de vaste verandermomenten gerechtvaardigd geacht, mocht de wetswijziging pas na 1 januari 2017 in werking kunnen treden. De waterschappen zijn op de hoogte van deze regeling. De waterschappen zijn conform artikel 2.3, tweede lid, en artikel 2.12, vierde lid, van de Waterwet betrokken bij de voorbereiding. Daarmee kan ook worden gerechtvaardigd dat wordt afgeweken van de minimuminvoeringstermijn van drie maanden.

*De Minister van Infrastructuur en Milieu,  
M.H. Schultz van Haegen-Maas Geesteranus*

---

<sup>31</sup> Stb. 2016, 431.