



# WBI2017

## Handboek voor de toezichthouder

## Colofon

	ILT Publieke Instellingen Team Infrastructuur
	Utrecht
Contactpersoon	Inspectie Leefomgeving en Transport <a href="https://www.ilent.nl/contact">https://www.ilent.nl/contact</a>
Versie	1.4
Opdrachtgever	Vakgroep Hoogwaterveiligheid

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding, doel en leeswijzer .....</b>	<b>5</b>
1.1	Inleiding.....	5
1.2	Doel .....	5
1.3	Leeswijzer .....	6
<b>2</b>	<b>Het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017 .....</b>	<b>7</b>
2.1	Wettelijk kader .....	7
2.2	Onderdelen WBI2017.....	7
2.3	Comply or explain .....	8
2.4	Documentatie Helpdesk Water .....	9
2.5	Applicaties.....	12
<b>3</b>	<b>Procesafspraken rondom de beoordeling .....</b>	<b>23</b>
3.1	Draaiboek WBI.....	23
3.2	Navolgbaarheid van keuzes en overwegingen .....	24
<b>4</b>	<b>Uitvoering van het toezicht .....</b>	<b>28</b>
4.1	Toezicht door de ILT .....	28
4.2	Intern werkproces ILT separaat beschreven.....	28
4.3	Toezichtstrategie.....	29
4.4	Intake.....	30
4.5	Ingangstoets .....	31
4.6	Inhoudelijke controle .....	32
<b>5</b>	<b>Uitvoering beoordeling, Algemeen Filter .....</b>	<b>33</b>
5.1	Algemeen Filter op trajectniveau .....	33
5.2	Algemeen Filter op vakniveau .....	34
<b>6</b>	<b>Inhoudelijke controle, algemene aandachtspunten .....</b>	<b>35</b>
6.1	Hydraulische Belastingen.....	35
6.2	Sterkte .....	38
6.3	Benodigde gegevens.....	38
6.4	Vakindeling .....	41
<b>7</b>	<b>Aandachtspunten bij de controle per toetspoor .....</b>	<b>43</b>
7.1	Macrostabieleit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI, STBU).....	43
7.2	Piping (STPH) .....	47
7.3	Microstabieleit (STMI).....	51
7.4	Bekleding – Golfklappen op asfaltbekleding (AGK).....	54
7.5	Bekleding – Wateroverdruk bij asfaltbekleding (AWO).....	57
7.6	Grasbekleding, erosie buitentalud (GEBU) .....	59
7.7	Grasbekleding, afschuiven buitentalud (GABU).....	63
7.8	Grasbekleding, erosie kruin en binnentalud (GEKB) .....	65
7.9	Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI).....	67
7.10	Stabiliteit steenzetting (ZST) .....	69
7.11	Duinafslag (DA) .....	72
7.12	Hoogte Kunstwerk (HTKW) .....	75

7.13	Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk (BSKW).....	79
7.14	Piping bij kunstwerken (PKW) .....	84
7.15	Sterkte en stabiliteit kunstwerk puntconstructie (STKWp).....	88
7.16	Sterkte en stabiliteit kunstwerk langsconstructie (STKWI).....	96
7.17	Golfafslag voorland (VLGA).....	98
7.18	Afschuiving voorland (VLAF) .....	100
7.20	Zettingsvloeiing voorland (VLZV).....	102
7.21	Niet waterkerende objecten (NWO) .....	105
7.22	Havendammen (HAV) .....	109
7.23	Innovaties (INN) .....	110

# 1 Inleiding, doel en leeswijzer

## 1.1 Inleiding

De ILT heeft als toezichthouder een belangrijke taak bij de beoordeling van de primaire waterkeringen. Om bij te dragen aan een goede taakuitoefening is besloten een Handboek voor de Inspecteur (vanaf nu: Handboek) te maken, waarin de diverse onderdelen van het WBI beknopt staan beschreven en waarin ook is opgenomen waar de ILT specifiek op let bij de controle van de beoordeling die wordt uitgevoerd door waterkeringbeheerders. Een eerste versie van dit handboek is gereed gekomen begin 2017. Medio 2018 is besloten om op basis van de ervaringen tot dan toe een volgende versie te maken.

De beheerder is en blijft verantwoordelijk voor de uitvoering van een procesmatige en inhoudelijke adequate beoordeling conform het WBI. 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 en de kwaliteit is geborgd. De ILT ziet daarop toe zonder de verantwoordelijkheid en de kwaliteitsborging van de waterkeringbeheerder over te nemen.

Voordat er begonnen wordt met het rekenen aan belastingen en de diverse faalmechanismen is het zaak de belangrijkste eigenschappen van de waterkering, liggend langs zijn watersysteem, in beeld te brengen, gevolgd door een beschouwing van de manier waarop de waterkering kan falen. Dit wordt ook wel 'het verhaal van de dijk' genoemd. Kan een mechanisme wel optreden en als een mechanisme optreedt, leidt dat dan wel tot een overstroming?

De beoordeling van een waterkering kan ook niet los worden gezien van het dagelijks beheer en onderhoud (zorgplicht). De staat van het onderhoud kan immers de prestatie (overstromingskans) beïnvloeden. Bij de beoordeling dient er van uitgegaan te worden dat het beheer en onderhoud op peildatum op orde is. Ook de geschiedenis van de dijk speelt een belangrijke rol bij de beoordeling. Wanneer en hoe is de waterkering gebouwd/ontstaan? Wat waren destijds de belangrijke uitgangspunten? Zijn er eerder versterkingen geweest? Allemaal aspecten die in de rapportage aan bod moeten komen.

## 1.2 Doel

Dit Handboek is een intern ILT document en bedoeld ter ondersteuning van inspecteurs bij de uitvoering van hun taak (hoofddoel), maar komt beschikbaar op de ILT website, zodat waterkeringbeheerders (waterschappen en RWS) er kennis van kunnen nemen. Dit handboek bevat geen aanvullende eisen aan de beoordeling van de beheerder, slechts aandachtspunten. Dit handboek is nadrukkelijk geen kant-en-klaar stappenplan voor de beoordeling.

Dit handboek dient meerdere subdoelen:

1. Overzicht op en samenhang bieden tussen de diverse WBI documenten en applicaties. Huidige en toekomstige inspecteurs worden in dit handboek 'in vogelvlucht' meegenomen door het WBI. Het handboek vervangt het WBI echter in geen geval. Er wordt zoveel mogelijk verwezen naar WBI documenten en applicaties.

2. Per thema (belastingen, ondergrond ,faalmechanismen) aandachtspunten benoemen waar in het toezicht –in elk geval- rekening mee wordt gehouden. De genoemde aandachtspunten zijn nadrukkelijk niet limitatief, maar geven richting. Elk traject, elke dijk heeft zijn eigen specifieke aandachtspunten. De genoemde onderwerpen kunnen voor de inspecteur aanleiding zijn voor het stellen van vragen.
3. De uitvoering van het toezicht waar mogelijk te uniformeren. Door op een vergelijkbare wijze naar de diverse inhoudelijke thema's te kijken en een – op hoofdlijnen- gezamenlijke inspectiewerkwijze af te spreken, ontstaat meer uniformiteit in het toezicht. Het uitvoeren van het toezicht blijft echter altijd in zekere mate subjectief. Bij de beoordeling zijn immers door de beheerder allerhande keuzes te maken die vaak niet goed of fout zijn. Ook kijkt elke inspecteur naar een uitgevoerde beoordeling vanuit zijn eigen kennis en ervaring. Het gebruik van de laatste versie(s) van de WBI-instrumenten (met name Riskeer) draagt bij aan uniformiteit.
4. Benoemen van de verantwoordelijkheid van de waterkeringbeheerder enerzijds (uitvoeren en rapporteren van een kwalitatief goede, begrijpelijke en navolgbare beoordeling conform het WBI) en de verantwoordelijkheid van de ILT anderzijds (controle op conformiteit met het WBI).

### **1.3**

#### **Leeswijzer**

Hoofdstuk 1 Inleiding, doel en leeswijzer

Hoofdstuk 2 Het WBI, onderdelen

Hoofdstuk 3 Afspraken rondom de beoordeling

Hoofdstuk 4 Uitvoering van het toezicht

Hoofdstuk 5 Uitvoering van de beoordeling, algemeen filter

Hoofdstuk 6 Inhoudelijke controle, algemene aandachtspunten

Hoofdstuk 7 Aandachtspunten bij de controle per toetsspoor

## 2 Het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium 2017

### 2.1 Wettelijk kader

De waterkeringbeheerder is wettelijk verplicht zijn primaire waterkeringen te beoordelen met het WBI2017 en uiterlijk op 31-12-2022 de definitieve rapportages bij de ILT in te leveren.

Het WBI2017, het beoordelingsinstrumentarium dat door Rijkswaterstaat WVL in opdracht van DGWB is gemaakt, vanuit de wettelijke verantwoordelijkheid (Waterwet 2.3):

#### Artikel 2.3



- 1 Ten behoeve van de beoordeling van de veiligheid van een dijktraject worden bij ministeriële regeling regels gesteld voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte.
- 2 De in het eerste lid bedoelde ministeriële regeling wordt telkens voor maximaal twaalf jaren vastgesteld. Bij de voorbereiding van de regeling worden de besturen van de waterschappen gehoord.

De waterkeringbeheerder voert de beoordeling uit, zoals artikel 2.12 voorschrijft.

#### Artikel 2.12



- 1 Iedere twaalf jaren brengt de beheerder verslag uit aan Onze Minister over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkering.
- 2 Iedere twaalf jaren brengt de beheerder van het buitenwater, zijnde de grote rivieren, verslag uit aan Onze Minister over de mate waarin voldaan wordt aan de voor deze wateren opgestelde legger, mede in het licht van de regels voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte, bedoeld in [artikel 2.3, eerste lid](#).
- 3 Onze Minister brengt telkens over de in het eerste en tweede lid genoemde periode verslag uit aan de beide Kamers der Staten-Generaal.
- 4 Het in het eerste lid bedoelde verslag bevat een beoordeling van de veiligheid. Die beoordeling geschiedt onder meer in het licht van de voor een dijktraject in [bijlage II](#) en [III](#) vastgestelde norm of normen, de ingevolge [artikel 2.3, eerste lid](#), vastgestelde regels voor het bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte, de in [artikel 2.6, eerste lid](#), bedoelde technische leidraden en de legger. Bij ministeriële regeling worden nadere regels gesteld over de beoordeling. Bij de voorbereiding van de regeling worden de besturen van de waterschappen gehoord.
- 5 Overschrijding van een in [bijlage II](#) vastgestelde norm wordt door de beheerder aan Onze Minister gemeld in het in het eerste lid bedoelde verslag.
- 6 Indien de beoordeling van de veiligheid, bedoeld in het vierde lid, daartoe aanleiding geeft, bevat het in het eerste lid bedoelde verslag een omschrijving van de voorzieningen die op een daarbij aan te geven termijn nodig worden geacht.
- 7 De eerstvolgende toezending van een verslag als bedoeld in het derde lid vindt plaats voor 1 januari 2024.

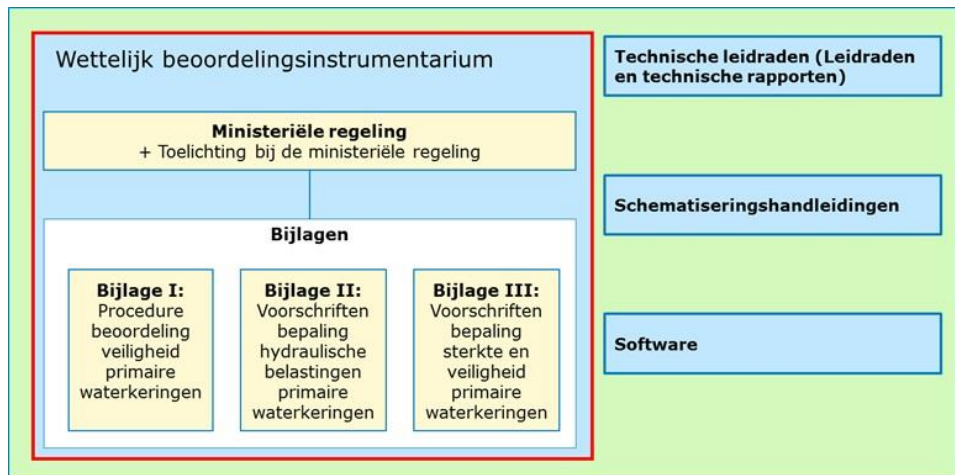
### 2.2 Onderdelen WBI2017

Formeel bestaat het WBI2017 uit de [Ministeriële Regeling](#) en de drie bijlagen daarbij:

- [Regeling primaire waterkeringen 2017 incl. toelichting](#);
  - [Bijlage I Procedure Regeling primaire waterkeringen 2017](#);
- Bijlage I beschrijft de procedure die moet worden doorlopen voor de beoordeling. Ook worden daarin de rapportageverplichtingen beschreven.

- [Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017](#);
- [Bijlage III Sterkte en veiligheid Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017](#).

Het formele WBI2017 is weergegeven binnen het rode kader in onderstaande figuur.



Figuur 1 Onderdelen WBI.

Naast het formele instrumentarium zijn er voor de beoordeling diverse applicaties en Schematiseringshandleidingen beschikbaar. Van de beoordelaar mag verder verwacht worden dat hij op de hoogte is van de inhoud van de Technische Leidraden.

Alle bij de beoordeling te gebruiken instrumenten zijn te raadplegen ([documenten](#)), dan wel aan te vragen ([applicaties](#)) via de [Helpdesk Water](#)<sup>1</sup>. Dit handboek voegt inhoudelijk niets aan het WBI2017 toe.

De toepassing van het instrumentarium leidt tot vragen van beheerders en adviesbureaus aan de Helpdesk Water. De gegeven antwoorden zijn te beschouwen als nadere invulling van of toelichting op het WBI2017.

### 2.3 Comply or explain

In de regeling wordt op diverse plaatsen gesproken over documenten en software die de beheerder *moet* gebruiken bij het uitvoeren van de beoordeling (o.a. in de toelichting op de Regeling, paragraaf 1.1). De beoordelingsregels en bijbehorende applicaties zijn echter niet zonder meer toepasbaar op elke waterkering, maar aan toepassingsvoorwaarden gebonden. Het is aan de beheerder om aan te geven of aan de toepassingsvoorwaarden wordt voldaan en zo niet, waarom niet. Zo staat het overigens ook in Bijlage I:

“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

<sup>1</sup> Begin 2019 worden alle WBI 2017 documenten op een meer overzichtelijke wijze en voorzien van de nodige meta-informatie opgenomen op de WBI2017 site van de Helpdesk Water.



- situatie of waarnemingen van de beheerder, of Geavanceerde analyses uit te voeren.”

Hier is dus sprake van comply or explain. De beheerder past in principe de voorgeschreven gedetailleerde beoordelingsmethode toe en de hydraulische belastingen en software die beschikbaar zijn gesteld, maar kan daar gemotiveerd, met afdoende onafhankelijke kwaliteitsborging, van afwijken. Conformiteit met het WBI wil dus ook niet zeggen dat de (eenvoudige en gedetailleerde) rekenregels altijd moeten worden gevolgd en dat de beschikbaar gestelde hydraulische belastingen en software altijd moet worden gebruikt. Er kunnen gegronde redenen zijn af te wijken: de bewijslast ligt altijd bij de beheerder.

*Let op:* voorschrijven van een model wil nog niet zeggen dat het resultaat daarmee vastligt. Degene die de schematisatie maakt en de sommen draait maakt daarbij allerhande keuzes die niet zijn voorgeschreven en zelfs tussen experts onderling voor de nodige discussies kunnen zorgen. **De beoordeling is geen invuloefening.**

Een behoorlijk compleet en samenhangend beeld van het WBI2017 wordt geschetst in het [Basisrapport WBI2017](#).

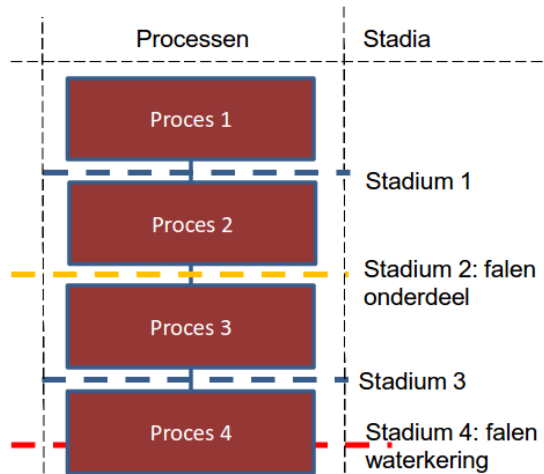
## 2.4 Documentatie Helpdesk Water

Naast de formele WBI stukken zijn er een flink aantal documenten beschikbaar die de beheerder helpen bij het uitvoeren van de beoordeling. Indien dergelijke documentatie wordt gebruikt dient daar in de rapportages naar verwezen te worden. Gebruikte antwoorden op Helpdesk Water vragen dienen te worden opgenomen. Een aantal voor de uitvoering van het toezicht belangrijke (clusters van) documenten wordt in de paragrafen hierna kort besproken.

### 2.4.1 Faaldefinities

Voor de verschillende faalmechanismen die met het WBI kunnen worden beoordeeld is in het *achtergrondrapport [fenomenologische beschrijving, faalmechanismen WBI](#)*, omschreven wat voor deze verschillende faalmechanisme wordt aangemerkt als falen volgens de gedetailleerde toets (faaldefinitie). Niet voor elk toetsspoor kan met de beschikbaar gestelde modellen een daadwerkelijke overstromingskans worden uitgerekend, ten eerste omdat maar een bepaald deel van het faalproces wordt beschreven en ten tweede omdat er geen model beschikbaar is waarmee een concrete kans kan worden bepaald. Een model geeft in dat laatste geval antwoord op de vraag of wordt voldaan aan een bepaald criterium en dus geen kans. In tabel 1, paragraaf 2.5.1 is weergegeven tot welk resultaat elke gedetailleerde methode leidt (kans, benaderde kans, voldoet ja/nee)

Omdat het bij de beoordeling uiteindelijk gaat om de inschatting van de daadwerkelijke *overstromingskans* (volgens [Grondslagen Hoogwaterbescherming](#) de kans op orde 20 cm buitenwater in een postcodegebied) is er bij een aantal mechanismen ruimte voor optimalisatie in de Toets op Maat. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het falen van steenbekleding (WBI-beoordeling), zonder dat de onderliggende kleilaag daadwerkelijk faalt, of aan het afschuiven van het gras op het binnentalud, zonder dat er een bres ontstaat.



Figuur 2 proces tot falen

De beheerder geeft, indien de gedetailleerde beoordeling nog niet leidt tot voldoen aan de norm, aan of de gehanteerde faaldefinitie ruimte biedt voor optimalisatie ('mobiliseren van niet gemodelleerde sterkte') en zo ja, hoe hij hier mee is omgegaan. Dit betreft een Toets op Maat.

2.4.2

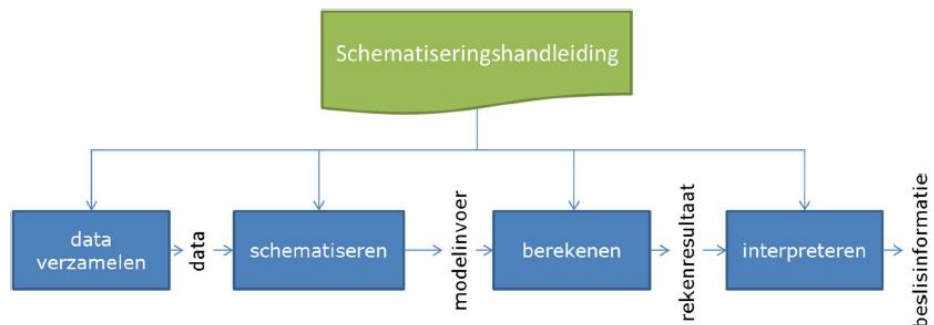
*Factsheets WBI*

Van de verschillende faalmechanismen en belangrijke thema's als belastingen en onzekerheden, zijn [factsheets](#) gemaakt, die beknopt weergeven hoe er met het betreffende thema binnen WBI om wordt gegaan.

2.4.3

*Schematiseringshandleidingen*

De [schematiseringshandleidingen](#) (vanaf nu: SH) zijn zeer relevant en geschreven om -in veel gevallen gekoppeld aan een specifiek model- te komen tot een goede schematisatie en een betrouwbaar oordeel. In elke SH is voor het betreffende thema beschreven hoe van dataverzameling via schematiseren, berekenen en interpreteren van de resultaten tot een oordeel gekomen wordt. Zie navolgende figuur.



Figuur 3 schematiseringshandleiding

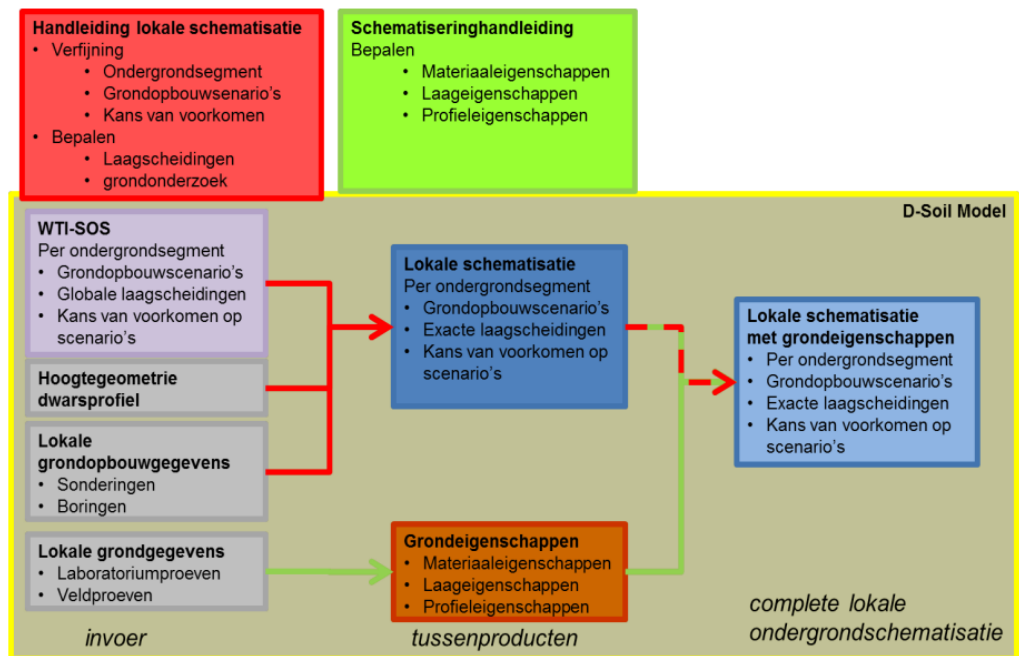
Veel van de technische kennis over zowel de belastingen als de sterkte (diverse faalmechanismen) is opgenomen in documenten waar vanuit de SH wordt verwezen, zoals de [Technisch Leidraden](#). Dit blijkt ook wel uit de soms lijvige literatuurlijsten. De beheerders en hun adviseurs worden verondersteld op de hoogte te zijn van de inhoud van de technische leidraden.

*Let op:* de technische leidraden zijn de afgelopen jaren vanwege de vele (inhoudelijke) ontwikkelingen slechts beperkt geactualiseerd en bevatten momenteel dan ook naast veel nuttige informatie ook verouderde informatie, bijvoorbeeld behorende bij de oude norm. Veel actuele informatie die uiteindelijk in de Technische Leidraden zal landen, is nu opgenomen in de diverse WBI documenten.

2.4.4 *Ondergrondschematisatie*

Voor de geotechnische mechanismen, piping en macrostabiliteit, is de ondergrondopbouw relevant. In het WBI wordt de onzekerheid in ondergrondopbouw meegenomen op basis van scenario's met een bepaalde kans op voorkomen.

Met de gegevens die in het de zogenaamde Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS) zijn opgenomen, krijgt de beheerder een eerste indruk van het voorkomen van de diverse laagopbouw. Deze gegevens worden ontsloten via de applicatie D-Soilmodel. De beheerder maakt, mede op basis van zijn eigen gegevens een lokale ondergrondschematisatie, waarmee vervolgens wordt gerekend aan piping en macrostabiliteit.



Figuur 4 stroomschema voor het schematiseren van de ondergrond (WTI-SOS)

Uitleg van de werking van het SOS en de bijhorende applicatie D-Soilmodel [op de WBI website](#).

Uitgangspunt is dat de beheerder de default-SOS waarden verifieert en zo nodig verrijkt met eigen gegevens, tenzij er met de default waarden al aan de norm wordt voldaan. De beheerder moet aangeven in hoeverre hij van het SOS gebruik heeft gemaakt.

2.4.5 *Achtergrondrapporten*

Naast de bovengenoemde documenten zijn er vele inhoudelijke achtergronddocumenten en zelfs wetenschappelijke artikelen beschikbaar, die voor de uitvoering van het toezicht niet allemaal direct relevant zijn.

## 2.5 Applicaties

Bij het bepalen van de overstromingskans is de inzet van software (modellen en applicaties) noodzakelijk. Deterministische berekeningen kunnen nog wel in een schrift of in een spreadsheet worden uitgevoerd, dat is voor bijvoorbeeld glijvlakanalyses en probabilistische analyses niet mogelijk. Applicaties zijn dan nodig. Binnen het project WBI2017 zijn diverse applicaties ontwikkeld die de gebruiker ter beschikking staan voor de beoordeling. Een overzicht is gegeven op de Helpdesk Water:

<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/wbi-2017/>

In dit handboek wordt niet uitgebreid stil gestaan bij het gebruik van de applicaties. Daarvoor zijn cursussen beschikbaar en kunnen de diverse gebruikershandleidingen worden geraadpleegd. Een beknopte toelichting volgt in de paragrafen hierna. In hoofdstuk 7 wordt, per spoor, nader aandacht besteed aan de applicaties, voor zover nodig.

### 2.5.1 *Riskeer/Ringtoets (inclusief Assemblage)*

Riskeer is het *reken- en integratieplatform* voor de beoordeling. Binnen Riskeer kunnen voor diverse toetssporen berekeningen worden gemaakt, ofwel de veiligheidsanalyse uitgevoerd. Hydraulische Belastingen en sterkte worden in Riskeer voor deze sporen "tegen elkaar gezet".



Figuur 5 Ringtoets/Riskeer

Met Riskeer kunnen de hydraulische belastingen aan de teen van de waterkering worden bepaald. Hiervoor wordt vanuit Riskeer HydraRing aangeroepen. Belastingen kunnen semi-probabilistisch (rekenwaarde waterstand bij bijvoorbeeld de normfrequentie) en volledig probabilistisch worden bepaald.

Voor de meeste sporen geldt echter dat de berekeningen buiten Riskeer worden gemaakt. Wel worden de resultaten voor alle sporen in Riskeer samengebracht, om het oordeel per vak en traject te kunnen bepalen. In de gebruikershandleiding is onderstaande tabel opgenomen, die in een iets andere vorm ook is opgenomen in Bijlage III (zie ook hoofdstuk 5).

Eind november 2018 is versie 18 van Riskeer opgeleverd. Alle beoordelingen die daarna worden uitgevoerd, worden verondersteld met (minimaal) deze versie te zijn uitgevoerd.

Toetsspoor	Eenvoudige toets	Gedetailleerde toets (groep)
Piping (STPH)	✓	2
Grasbekleding Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB)		1
Macrostabieliteit Binnenwaarts (STBI)	✓	2
Macrostabieliteit Buitenwaarts (STBU)	✓	4
Microstabieliteit (STMI)	✓	4
Stabiliteit Steenzetting (ZST)		3
Golfklappen op Asfaltbekleding (AGK)	✓	3
Wateroverdruk bij Asfaltbekleding (AWO)	✓	4
Grasbekleding Erosie Buitentalud (GEBU)	✓	3
Grasbekleding Afschuiving Buitentalud (GABU)	✓	4
Grasbekleding Afschuiving Binnentalud (GABI)		4
Hoogte Kunstwerk (HTKW)	✓	1
Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk (BSKW)	✓	1
Piping bij Kunstwerk (PKW)	✓	4
Sterkte en Stabiliteit Puntconstructies (STKWp)		1
Sterkte en Stabiliteit Langsconstructies (STKWI)	✓	4
Duinafslag (DA)		3
Technische Innovaties (INN)	✓	4

Tabel 1 eenvoudige en gedetailleerde toetsen

De eenvoudige toetsen, zoals in de tabel hierboven aangegeven, worden niet door Riskeer gefaciliteerd. Voor een aantal eenvoudige toetsen is door RWS WVL een hulptool gemaakt, beschikbaar via [GitHub](#). In Riskeer zijn wel de resultaten van de eenvoudige toetsen te administreren.

De gedetailleerde toetsen zijn onderverdeeld in 5 groepen. Riskeer faciliteert de verschillende toetsen op verschillende niveaus:

**Groep 1:**

Volledig probabilistische analyse (belasting én sterkte) *in Riskeer*.

Er wordt een kans berekend.

- Voor GEKB: zie 7.8
- Voor drie kunstwerken-sporen: zie 0, 7.13 en 7.15

**Groep 2:**

semi-probabilistische analyse *in Riskeer*.

De berekende kans is een benadering.

- Voor STPH zie: 7.2
- Voor STBI zie: 7.1

**Groep 3:**

De hydraulische belasting wordt *met Riskeer* berekend (rekenwaarde), de analyse van de sterkte vindt vervolgens in een Basismodule plaats. De resultaten worden weer meegenomen in de Riskeer assemblage.

- Voor ZST zie: 7.10
- Voor AGK zie: 7.4
- Voor GEBU zie: 7.6
- Voor DA zie: 7.11

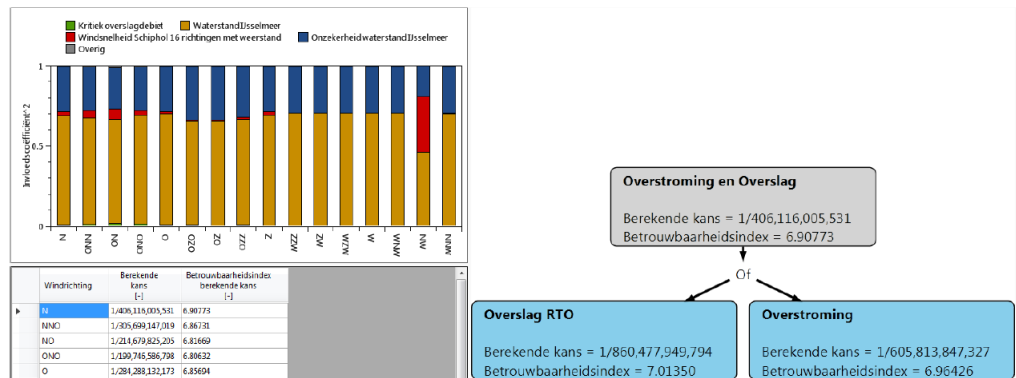
**Groep 4:**

De hydraulische belasting (indien van toepassing) wordt berekend *met Riskeer*. De analyse vindt buiten Riskeer plaats. Het resultaat is voldoet/voldoet niet. Voor 4 toetsporen (STMI, GABU, GABI, PKW) kan dit resultaat in Riskeer voor de assemblage worden omgezet naar een categorie t.b.v. de assemblage. De andere toetsporen van groep 4 worden niet in de assemblage meegenomen.

- Voor STMI zie: 7.3
- Voor GABU zie: 7.7
- Voor GABI zie: 7.9
- Voor PKW zie: 7.14

**Groep 5:**

Betreft de indirecte mechanismen. De worden niet in Riskeer gefaciliteerd en ook niet in de assemblage meegenomen, omdat indirecte mechanismen als scenario's mee moeten worden genomen in de analyse van de directe mechanismen.



Figuur 6 voorbeeld resultaat GEKB (Groep 1), Riskeer.

**Assemblage**

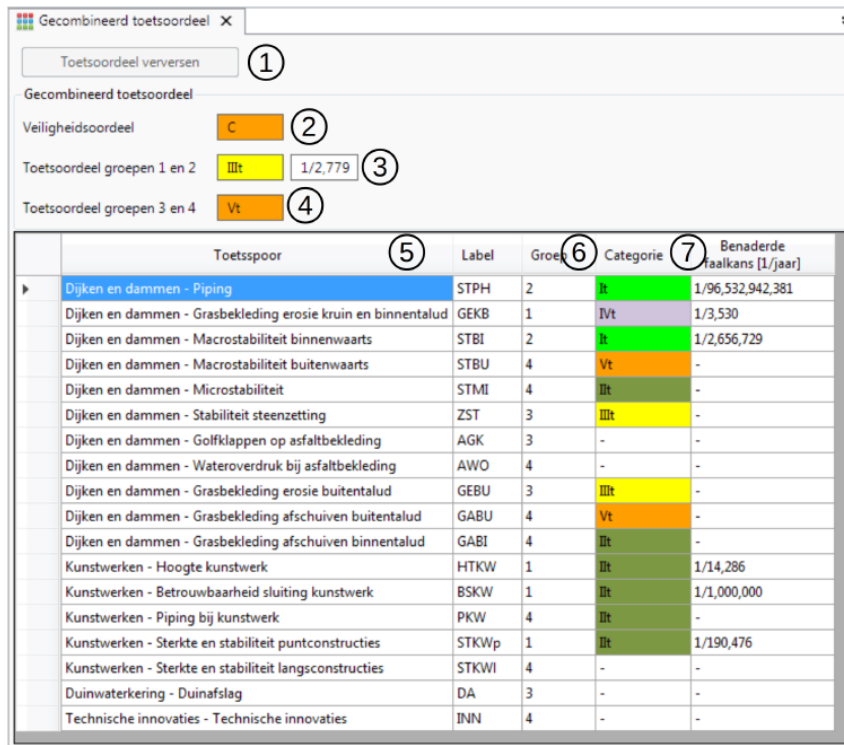
De toetsresultaten van de verschillende toetsen, vakken en toetsporen moeten worden omgezet naar een toetsoordeel per vak, per toetsspoor en per traject om uiteindelijk tot een overall veiligheidsoordeel voor een traject te komen.

Categorie	Kleur	Ondergrens [1/jaar]	Bovengrens [1/jaar]
I	Blauw	1/Oneindig	1/375,000
II	Groen	1/375,000	1/12,500
III	Geel	1/12,500	1/4,167
IV	Purper	1/4,167	1/1,000
V	Oranje	1/1,000	1/33
VI	Rood	1/33	1/1

Categorie	Kleur	Ondergrens [1/jaar]	Bovengrens [1/jaar]
Iv	Blauw	1/Oneindig	1/10,798,932
Iiv	Groen	1/10,798,932	1/359,964
IIiv	Geel	1/359,964	1/119,988
IIIv	Purper	1/119,988	1/1,000
IVv	Oranje	1/1,000	1/33
VIv	Rood	1/33	1/1

Figuur 7 Categoriegrenzen beoordeling



Figuur 8 gecombineerd totaaloordeel (assemblage)

Toelichting:

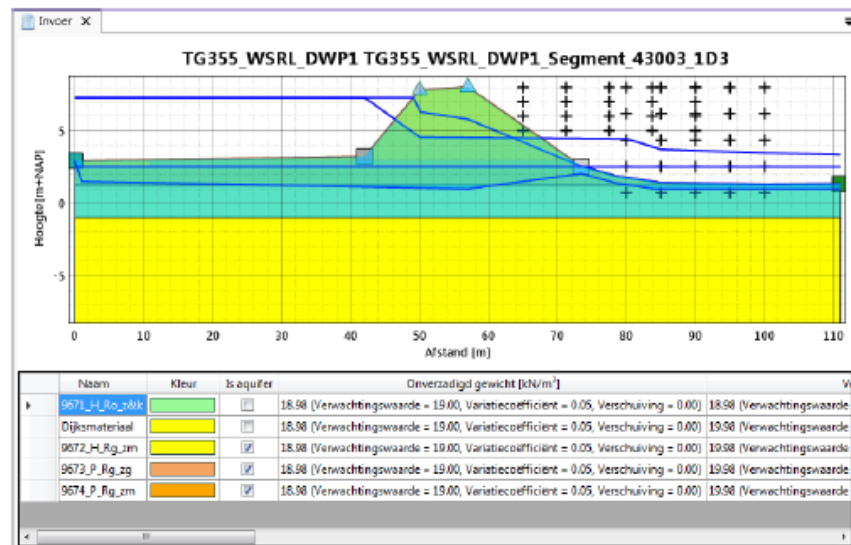
1. Toetsoordeel verversen
2. Veiligheidsoordeel (totaal)
3. Toetsoordeel groepen 1 en 2 (kansen)
4. Toetsoordeel groepen 3 en 4 (categorieën)
5. Toetsspoor
6. Groep
7. Categorie
8. Benaderde faalkans

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

### 2.5.2

#### *BM Macrostabiliiteit (in Riskeer of standalone) en D-Geo Stability*

Voor toetsspoor macrostabiliiteit dienen glijvlakanalyses uitgevoerd te worden in Riskeer, met de zogenaamde Basismodule functionaliteit. Ook mag D-Geostability (stand alone) gebruikt worden. Eind 2019 komt een nieuwe versie van D-Geo Stability beschikbaar.



Figuur 9 glijvlakanalyse macrostabiliteit in Riskeer (Basismodule)

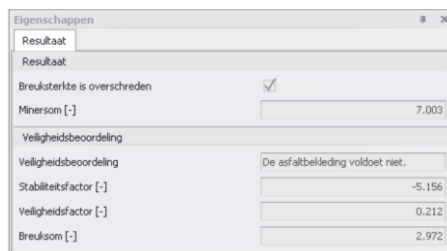
Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

Zie voor een nadere toelichting op de toetssporen macrostabiliteit binnen (STBI) en buiten (STBU) paragraaf 7.1.

### 2.5.3

#### Basis Module Asphalt Golfklap

Met de Basis Module (BM) Asphalt Golfklap kan deterministisch de veiligheid van asfaltbekleding bepaald worden. Het principe is dat door aanhoudende golfklappen (cumulatieve belasting) het asfalt wordt vermoeid, tot het uiteindelijk scheurt/faalt. De onderliggende zandlaag komt dan bloot te liggen, zodat de dijk daarna faalt. Het resultaat is een veiligheidsfactor.



Figuur 10 Resultatenscherf Golfklap asfalt

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

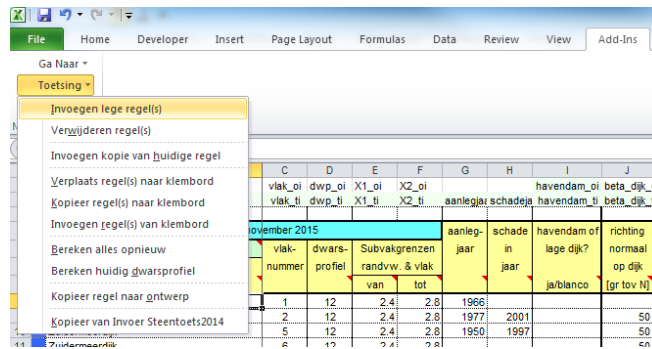
Zie voor een nadere toelichting op het toetsspoor Golfklap Asphalt paragraaf 7.4.

### 2.5.4

#### Steenstoets

Met Steenstoets kan de veiligheidsbeoordeling van dijkbekledingen met gezette steen uitgevoerd worden. Voor diverse typen steenzetting wordt met Steenstoets berekend of deze nog stabiel is onder bepaalde hydraulische belastingen.





Figuur 11 Steentoets (Excel)

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).  
 Zie voor een nadere toelichting op het toetspoot Stabiliteit Steenbekleding paragraaf 7.10.

2.5.5 *Basis Module Gras Buitentalud*

Met de Basis Module (BM) Gras Buitentalud kan deterministisch de veiligheid over grasbekleding buitentalud bepaald worden voor het toetspoot Erosie Gras Buitentalud (GEBU).

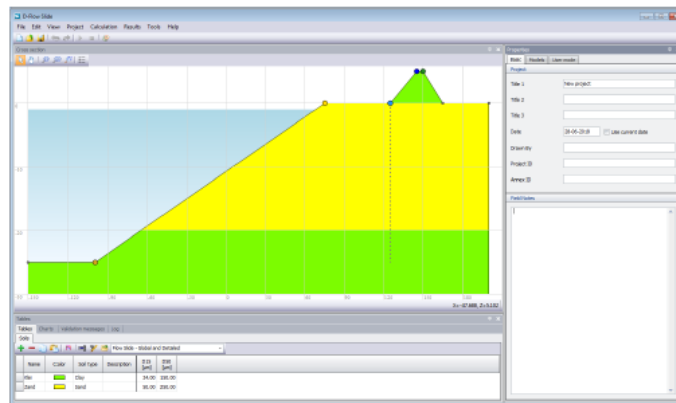
Golfklap		Hydraulische belasting		Resultaten	
Veiligheidsfactor [-]		0.815		Totale faal fractie [-]	
				1.227	
Faalfracties		Gedetailleerde resultaten			
Alle	Doorslaggevend	Overschrijdend			
Evaluatie hoogte [m NAP]	Faalfractie toplaag [-]	Faalfractie top- en sub-laag gecombineerd [-]	Tijd van eerste falen [u]		
1.57	0.15		0.11		
1.60	0.17		0.13		
1.70	0.23		0.18		
1.80	0.37		0.29		
1.90	0.56		0.43		
2.00	1.12		1.23		
2.10	1.04		0.93		
2.20	0.93		0.71		
2.30	0.86		0.65		
2.40	0.60		0.45		
2.50	0.27		0.20		

Figuur 12 voorbeeld resultaat golfklapberekening (GEBU)

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).  
 Zie voor een nadere toelichting op het toetspoot Graserosie Buitentalud paragraaf 7.6.

2.5.6 *D-Flowslide*

Met D-Flowslide kan de bijdrage van zettingsvloeiing aan de overstromingskans volgens de voorschriften van het WBI 2017 worden bepaald. Het resultaat van de berekening is een kans op het optreden van zettingsvloeiing en het bijbehorende profiel na de vloeiing. Zettingsvloeiing is een indirect mechanisme, wat betekent dat het resultaat van D-Flowslide, een conditionele faalkans, gebruikt dienen te worden als scenario bij de directe mechanismen zoals piping en macrostabiliteit.



Figuur 13 D Flow Slide

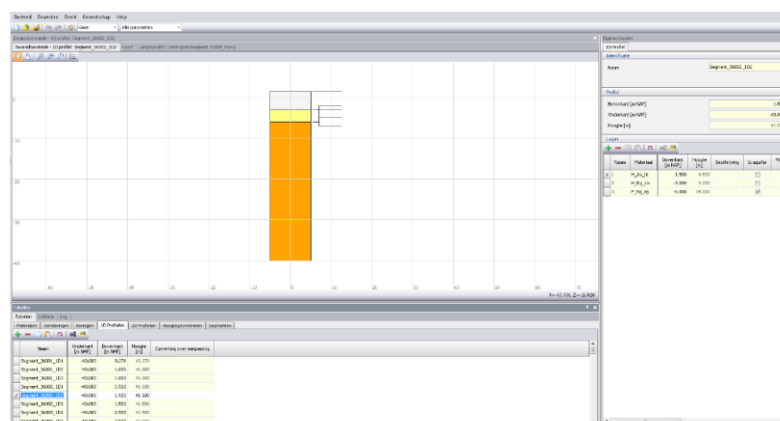
Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

### 2.5.7

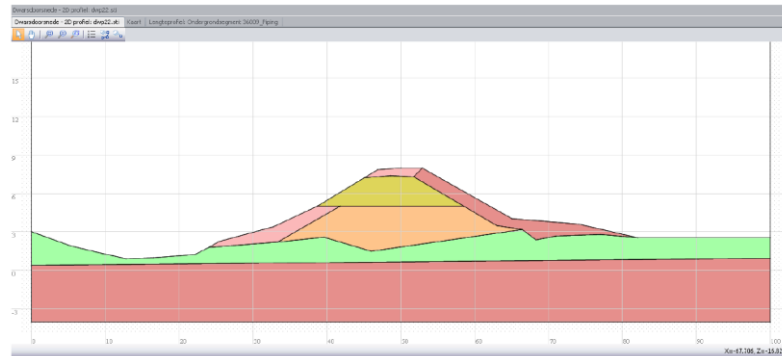
#### D-Soilmodel

D-Soilmodel wordt gebruikt voor het schematiseren van de ondergrond voor geotechnische faalmechanismen, voornamelijk piping (STPH) en macrostabiliteit (STBI). Vanuit D-Soilmodel wordt de globale Stochastische Ondergrond Schematisatie (SOS) aangeroepen. In D-Soilmodel kan de gebruiker deze informatie verrijken met eigen informatie, zoals boringen, sonderingen.

De ondergrondschematie moet in D-Soilmodel worden gemaakt, omdat Riskeer een \*.soil bestand vereist, ook als de gebruiker maar één scenario maakt. De verschillende ondergrondscenario's voor één vak hebben gezamenlijk een kans van voorkomen van 100%.



Figuur 14 Dwarsdoorsnede 1D profiel D-Soilmodel



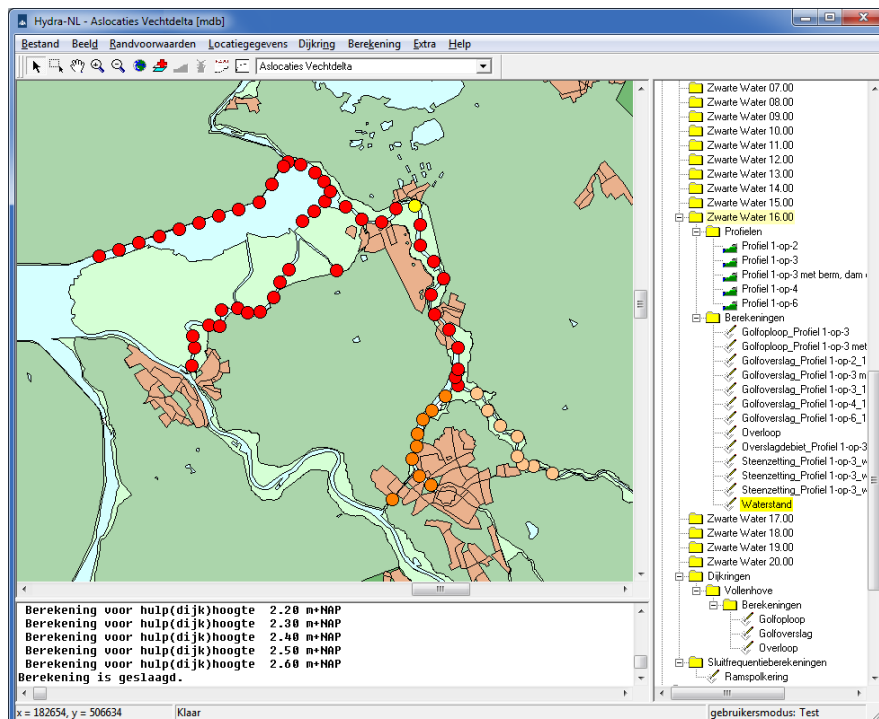
Figuur 15 Dwarsdoorsnede 2D profiel D-Soilmodel

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

### 2.5.8

#### Hydra-NL

Hydra-NL is een probabilistisch model dat de statistiek berekent van de hydraulische belastingen (waterstand, golfcondities, golfoverslag) voor de beoordeling van de primaire waterkeringen. Hydra-NL kan worden gebruikt als alternatief voor Riskeer. Grootste verschil tussen Hydra-NL en Riskeer is dat in Riskeer volledig probabilistisch (belasting en sterkte) kan worden gerekend, terwijl Hydra-NL alleen probabilistisch de belastingen uitrekent en de benodigde kruinhoogte, gegeven een kritiek overslagdebiet. De reden dat Hydra-NL voor de beoordeling naast Riskeer bestaat is dat er in het overgangsgebied van de rivieren problemen waren met Riskeer/HydraRing. Inmiddels werkt Riskeer daar ook.



Figuur 16 Hydra-NL

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#)

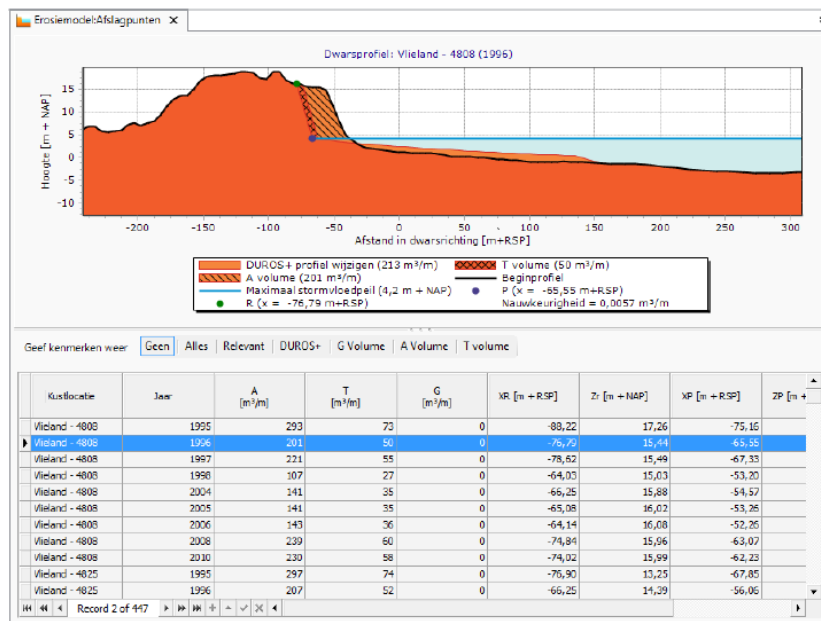
2.5.9

**MorphAn**

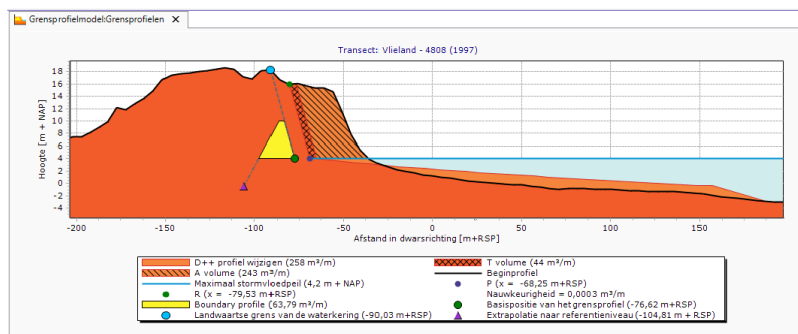
MorphAn is een applicatie voor de Morfologische Analyse van de kust op basis van profielen en rastermetingen.

In MorphAn kunnen zowel duinafslagberekeningen worden uitgevoerd met het Duros+ model (gedetailleerde beoordeling) als met XBeach1D (Toets op Maat).

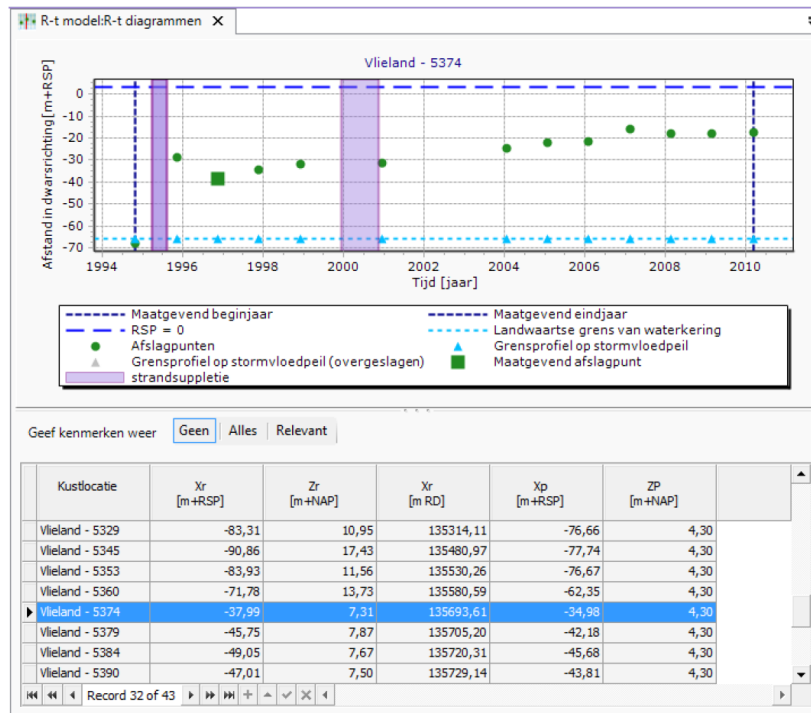
Voor de gedetailleerde berekening maakt de gebruiker eerst een afslagberekening met behulp van het Duros+ (of D++) model. Resultaat is afslag/erosie en bijbehorende profielen. Daarna construeert de gebruiker –met het zogenaamde Grensprofielmodel- op basis van de berekende erosieresultaten de ligging van het grensprofiel. Tenslotte maakt de gebruiker een zogenaamd Rt-diagram waarin de berekende afslagpunten worden uitgezet in de tijd en vergeleken met de landwaartse grens van de waterkering. Het R-t model ondersteunt in deze analyse en produceert de gewenste R-t diagrammen.



Figuur 17 Resultaat Erosiemodel (Duros+)



Figuur 18 Resultaat Grensprofiel



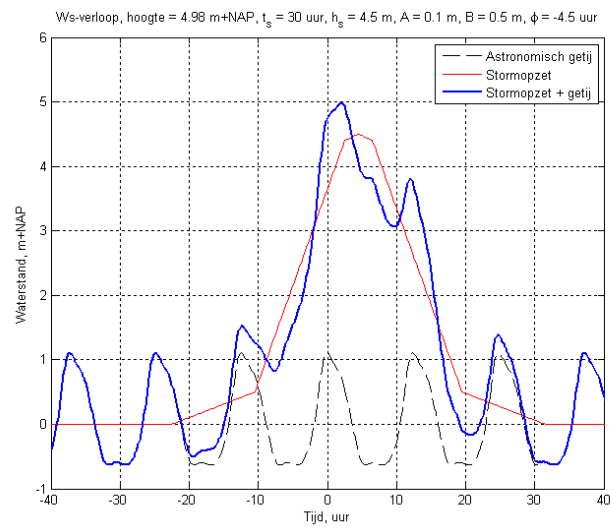
Figuur 19 Resultaat R-t diagram

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

### 2.5.10 Waterstandsverlopen Tool

De Waterstandsverlopendoel levert voor een locatie de tijdsafhankelijke waterstand aan, tijdens het passeren van een storm of hoogwatergolf, die geschikt is voor de beoordeling van geotechnische faalmechanismen (STPH, STBI, STMI), in gevallen waarbij de hoge buitenwaterstand kortdurend is en er dus sprake is van niet-stationair gedrag. Het met de tool bepaalde waterstandsverloop is input voor een geohydrologische grondwaterstromingsberekening, waarmee de respons van de stijghoogte in de watervoerende laag kan worden bepaald. Het idee hierachter is dat de stijghoogte minder hoog zal zijn (gedempt), vergeleken met een (semi) stationaire situatie. Voor de analyse van deze metingen en een voorspelling van de respons zijn meerdere methoden voor de gedetailleerde toets beschikbaar. Zie hiervoor het TR Waterspanningen bij Dijken.

Zie voor meer informatie en de gebruikershandleiding [de website](#).

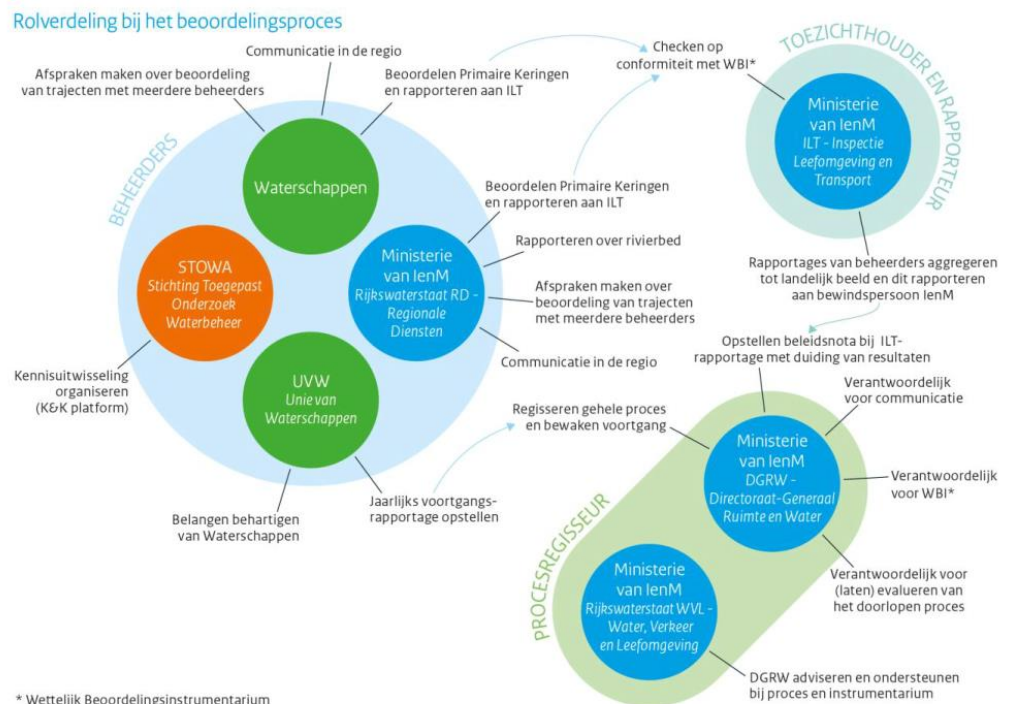


Figuur 20 Voorbeeld waterstandsverloop

### 3 Procesafspraken rondom de beoordeling

#### 3.1 Draaiboek WBI

Procesafspraken tussen de verschillende bij de beoordeling betrokken partijen zijn opgenomen in het *Draaiboek*. Beheerders beoordelen hun trajecten (of laten dat doen), controleren de kwaliteit en rapporteren het resultaat aan de ILT wanneer ze de resultaten onderschrijven (concept en definitief). De ILT checkt op *conformiteit met het WBI*. Doel is uiteindelijk te kunnen vaststellen dat sprake is van een 'procesmatige en inhoudelijke adequate beoordeling conform het WBI', ofwel de check of het oordeel van de beheerder conform het WBI tot stand is gekomen. Tweede taak van het ILT bij de beoordeling is het opstellen van de landelijke rapportage op, waarin de ILT de rapportages van de beheerders aggregeert tot een landelijk beeld en rapporteert over haar bevindingen bij het beoordelingsproces. De ILT brengt de rapportage uit aan de bewindspersoon van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.



Figuur 21 Draaiboek, rolverdeling beoordelingsproces. Rechtsboven de ILT.



Figuur 22 Draaiboek, proces van rapportage aan ILT

### 3.2 Navolgbaarheid van keuzes en overwegingen

Toezicht kan alleen goed worden uitgevoerd als de beheerder in zijn rapportage helder opschrijft welke stappen hij heeft gezet om tot een oordeel over het traject te komen, welke keuzes hij daarbij heeft gemaakt en wat daarbij de onderbouwing was. Uitgangspunt is dat de beheerder, conform de afspraak in het draaiboek, zorgt voor een goede herleidbaarheid en alle relevante keuzes vastlegt in een hoofdrapport en één (of meerdere) logboek(en). Er is echter niet strak gedefinieerd wat in het hoofdrapport en wat in een logboek moet staan en hoe het er uit moet zien: "De vorm waarin de informatie in het logboek wordt opgenomen, wordt bepaald door de keringbeheerder."

In Bijlage 2 bij het [Draaiboek](#) is voor de check of de beoordelingsresultaten conform het WBI tot stand zijn gekomen een lijst met informatiebehoefte van de ILT opgenomen. Deze lijst is anno 2019 enigszins verouderd en wordt in de praktijk ook niet gevolgd.

Essentie is dat de beheerder bijhoudt welke keuzes hij op zowel *trajectniveau*, *vakniveau*, *toetsspoorniveau* als *parameterniveau* maakt en waarom. Aangevuld met de beoordelingsstrategie en "het verhaal van de dijk".

#### 3.2.1 Keuzes op verschillende niveaus

*Keuzes op trajectniveau.*

Starten met het bredere verhaal van de dijk en de beoordelingsstrategie en dan de inhoudelijke beoordeling.

*Keuzes ten aanzien van vakindeling.*

Hoe is de beheerder tot de vakindeling gekomen. Wat zijn de overwegingen geweest?

*Keuzes ten aanzien van gegevens/parameters.*

Vragen die door de beheerder beantwoord moeten kunnen worden zijn onder meer:

- Waar komen de benodigde gegevens vandaan (welke bron) ?
- Hoe is bepaald welke dichtheid volstaat?



- Welk grondonderzoek (sonderingen, boringen, waterspanningsmetingen etc.) is/wordt uitgevoerd en waarom?

In de [WBI parameterlijst](#) is per onderdeel/toetsspoor opgenomen welke parameters nodig/relevant zijn. Een deel daarvan is slechts in specifieke situaties van toepassing, van een deel ligt de waarde vast (geen keuze) en van een deel is de keuze van de waarde niet doorslaggevend. Zeker van die parameters die bepalend zijn voor het oordeel en die door de beheerder zelf moeten worden bepaald is een toelichting essentieel.

#### *Keuzes ten aanzien van schematisaties.*

De beheerder geeft aan welke modellen hij hanteert (voorgeschreven of niet) en welke keuzes hij heeft gemaakt t.a.v de schematisering van de ondergrond, de waterkering zelf inclusief laagopbouw en waterspanningen, de bekleding en de hydraulische belastingen. De schematiseringshandreikingen voor de diverse mechanismen zijn hierbij een belangrijk vertrekpunt. Per toetsspoor/faalmechanisme worden verderop in dit Handboek specifieke aandachtspunten gegeven.

#### *Keuzes t.a.v. gevolgde procedure per vak.*

Helder moet zijn hoe, per mechanisme/spoor, de getrapte beoordeling is uitgevoerd. Is een eenvoudige beoordeling uitgevoerd en zo nee, waarom niet? Is een gedetailleerde beoordeling uitgevoerd en zo nee, waarom niet?

#### *Keuzes en overwegingen t.a.v. stoppen met beoordelen of doorgaan met ToM*

Als de gedetailleerde beoordeling niet leidt tot een stabiel oordeel, wat zijn dan nog de ToM opties? Als besloten is te stoppen na de gedetailleerde beoordeling, wat is daarbij de argumentatie? Wordt gebruik gemaakt van de stopcriteria in de MR? In de factsheet '[Goed is goed genoeg](#)' zijn diverse handreikingen opgenomen. De beheerder wordt in deze factsheet ook opgeroepen om – als zich een ToM- lijkt voor te gaan doen, de ILT daarin al in een vroeg stadium mee te nemen. In deze factsheet komt overigens 'het verhaal van de dijk' ook al aan bod.

### 3.2.2

#### *Hoofdrapport*

Er is niet voorgeschreven wat er precies in de rapportage moet staan, maar de samenhang tussen het hoofdrapport en de logboeken c.q. achtergronddocumenten moet *in elk geval* helder zijn. Onderwerpen die *idealiter* in het hoofdrapport staan zijn o.a.:

- De kenmerken van het traject.  
Eigenschappen als het nummer, de norm signaleringswaarde, de norm ondergrens, de trajectlengte, de X en Y coördinaten van het begin- en eindpunt, een overzichtskaart van de ligging van het traject.
- De kenmerken en geschiedenis (ontstaansgeschiedenis, geologie, eerdere dijkversterkingen) van de waterkering(en) binnen het traject.
- De kenmerken van het watersysteem.  
Beschrijving van de hydraulische belastingsituaties/combinaties die bepalend zijn voor de overstromingskans van het traject.
- Welke waterstanden en golven worden er op de uitvoerpunten met de software (Riskeer/Hydra-NL) bepaald en wat vindt de beheerder daar van (duiding). Hoe vertaalt de beheerder de waarden op de uitvoerpunten naar de teen van de dijk? Hoe gaat hij daarbij om met aanwezig voorland en havendammen? Dit zijn essentiële keuzes die de inhoudelijke beoordeling van meerdere faalmechanismen beïnvloeden.

- Een beschrijving van het verwachte gedrag van de waterkering onder de diverse (extreme) omstandigheden.
- Een beschrijving van de beoordelingsstrategie. Hierin onder meer een beschrijving van de (combinaties van) faalmechanismen die daadwerkelijk tot een overstroming kunnen leiden binnen het traject. Resultaat is een overzicht van de sporen waaraan daadwerkelijk gerekend is.
- Een beschrijving van de gehanteerde faalkansbegroting en –indien aan de orde– waar is afgeweken van de standaard faalkansbegroting.
- De definitieve dijkvakindeling per spoor + motivatie.
- De aanpak van de rekentechnische beoordeling per spoor (eenvoudig, gedetailleerd, Toets op Maat).
- De resultaten van de eenvoudige en gedetailleerde beoordeling per spoor, inclusief de resultaten van gevoeligheidsanalyses en duiding.
- De motivatie voor het stoppen met beoordelen na de gedetailleerde toets als dan nog niet aan de norm is voldaan.
- Een beschrijving van de uitgevoerde Toetsen op Maat indien van toepassing.
- De beoordelingsresultaten na ToM: het assemblageresultaat ofwel het veiligheidsoordeel.
- De duiding van het veiligheidsoordeel conform paragraaf 4.2.2 van de Regeling.
- De verantwoording en beschrijving van de uitgevoerde kwaliteitsborging.
- Een overzicht van te treffen voorzieningen/maatregelen conform 4.2.3 van de Regeling:

### 3.2.3 *Logboek(en)*

In het logboek motiveert de beheerder de in de beoordeling gemaakte keuzes en geeft aan welke brondata aan de keuzes ten grondslag liggen. Het logboek wordt samen met het hoofdrapport aangeleverd via het WVP en is vormvrij.

Beheerders blijken veelal te kiezen voor een logboek per thema, wat goed aansluit bij de regeling en de SH. Logboeken per thema bevatten idealiter de thema-specifieke uitgangspunten, keuzes en toelichting daarop, bijvoorbeeld wat betreft de schematisaties en uitgevoerde berekeningen en de bepaling van parameters. Ook uitgevoerde gevoeligheidsberekeningen en de argumentatie om te stoppen met de gedetailleerde beoordeling dan wel door te gaan met geavanceerde analyses passen goed in een dergelijk logboek per spoor. Het gaat hier om een onderbouwing van de stabiliteit van het oordeel. De resultaten kunnen vervolgens in het hoofdrapport worden opgenomen. Ook is het zaak dat de gebruikte modellen worden benoemd met versienummers en dat bestandsnamen en dergelijke navolgbaar zijn. Ook alle digitale bestanden worden via het WVP aangeboden.

Het logboek (of de diverse logboeken) hoeft formeel niet aan de ILT te worden aangeboden, maar 'kan wel worden opgevraagd'. In de praktijk worden logboeken samen met de beoordelingsresultaten (hoofdrapport) in het [waterveiligheidsportaal](#) opgenomen.

### 3.2.4 *Kwaliteitsborging*

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. Van de beheerder mag verwacht worden dat experts met deze kennis zijn geraadpleegd en betrokken van binnen en van buiten de eigen organisatie. De in dit licht verkregen interne en externe kwaliteitsborging dient op orde te zijn en aantoonbaar aanwezig. Indien bijvoorbeeld de Helpdesk Water, het KPR of het ENW om advies is gevraagd, moet dat voor de inspectie duidelijk zijn.

### 3.2.5

#### *Assemblage*

Een essentieel onderdeel van de beoordeling is de assemblage. De resultaten van de verschillende toetssporen worden middels de assemblage gecombineerd. Het is daarbij van belang te realiseren dat diverse soorten resultaten worden gecombineerd tot een categorie.

## 4 Uitvoering van het toezicht

### 4.1 Toezicht door de ILT

Het toezicht op de beoordeling door de ILT is een Wettelijke taak (Waterwet) en is nader omschreven in de Regeling WBI.

#### § 3. Toezicht door hoger gezag

##### Artikel 3.9

Onze Minister oefent het toezicht uit op de primaire waterkeringen.

Figuur 23 Waterwet artikel 3.9

In paragraaf 1.1 van de toelichting op de Regeling staat over de taak van de inspectie het volgende:

“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.”

In paragraaf 1.4 komt de rol iets explicieter aan bod:

Toezichthouder en rapporteur		
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>

Figuur 24 rol ILT bij de beoordeling, paragraaf 1.4 regeling.

Sleutelwoord hier is ‘conform’. De ILT checkt zowel procedureel als inhoudelijk of de regels van het WBI zijn gevolgd en –wanneer de beheerder afwijkt- of de argumentatie overtuigend genoeg is. In geval van afwijken van de voorgeschreven regels en modellen, dient de beheerder daarvoor een goede onderbouwing te overleggen. Daarnaast dient voor het toegepaste alternatief voldoende draagvlak te zijn, bijvoorbeeld door advies van de Helpdesk Water of het ENW. Dit advies moet zijn toegevoegd bij de beoordeling.

### 4.2 Intern werkproces ILT separaat beschreven

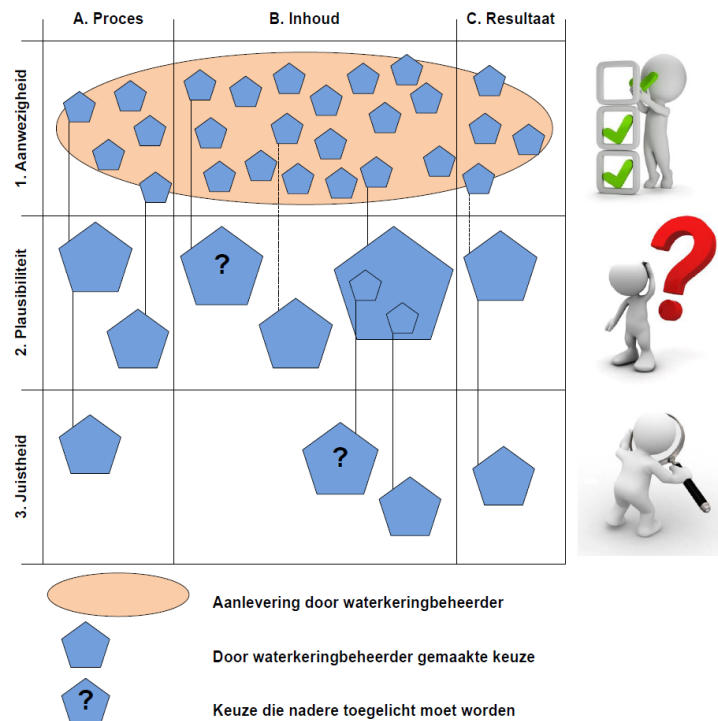
Dit handboek bevat vooral inhoudelijke aspecten ten aanzien van de beoordeling. De wijze waarop de ILT intern het werkproces heeft georganiseerd is niet in dit document opgenomen, maar apart beschreven (Interne werkinstructie).

### 4.3 Toezichtstrategie

De ILT moet uiteindelijk kunnen instemmen met het oordeel van de beheerder en heeft daarvoor een toezichtstrategie opgesteld, waarin drie niveaus van controle staan beschreven:

1. Controle op aanwezigheid (volledigheid)
2. Controle op plausibiliteit
3. Controle op juistheid

Er zit een zekere getraptheid in de controle, het is immers niet de bedoeling (en praktisch ook niet haalbaar) om *overal alle* keuzes die bij het beoordelen worden gemaakt (tot op het niveau van parameterbepaling) te gaan controleren. Bij de controle staat het verhaal van de beheerder centraal. De beheerder is verantwoordelijk voor de beoordeling en zal zijn werkproces zodanig moeten beschrijven dat de verschillende stappen én de daarbij horende (inhoudelijke) keuzes, helder en overtuigend verwoord zijn in hoofdrapport en logboek(en). Ontbreekt daarin de onderbouwing van een essentiële keuze, of is het verhaal wankel dan is dat vanzelfsprekend aanleiding voor het stellen van vragen door de ILT. Hoofd rapport, logboek(en) en voorliggend handboek zijn de leidraden voor het gesprek tussen ILT en de beheerder.



Figuur 25 Denkraam toezichtstrategie ILT

De drie niveaus van toezicht worden niet per definitie volgordelijk doorlopen. Is de rapportage op een bepaald onderdeel niet compleet, dan kan de controle op plausibiliteit en juistheid immers nog niet plaatsvinden. Is uit de rapportage zonneklaar wat de beheerder heeft gedaan, dan hoeft ook niet per definitie tot op het niveau van de parameter te worden gecontroleerd. Steekproefsgewijs controleren liggen dan meer voor de hand.

Als een keuze wordt gemaakt, moet die keuze vanzelfsprekend ook worden doorgevoerd in de beoordeling.

De inspecteur stelt zichzelf telkens de vragen:

1. Is een (relevante) keuze expliciet beschreven?
2. Is de omschrijving/toelichting te volgen en plausibel? Met andere woorden: is de inspecteur overtuigd?
3. Is de keuze ook daadwerkelijk doorgevoerd in de beoordeling (in de berekeningen)?

*Voorbeeld: polderpeil.*

1. Is de waarde van het polderpeil (in het logboek) beschreven?
2. Is de wijze van bepalen logisch en de waarde zelf verklaarbaar?
3. Is de beschreven waarde daadwerkelijk doorgevoerd in de berekeningen voor macrostabiliteit?

Indien relevante keuzes ontbreken in de rapportage, of de toelichting/motivatie vragen oproept, is dat aanleiding voor het stellen van vragen. Dat geldt vanzelfsprekend ook als – na een steekproef- een berekening niet conform de beschrijving is uitgevoerd.

#### **4.4 Intake**

Het doel van de intake is om te komen tot een efficiëntere controle van de beoordelingsrapportages door vooraf meer informatie te verzamelen over de wijze waarop de beoordeling is uitgevoerd. De intake bestaat uit een toelichting door de keringbeheerder (deel 1) en als aanvulling op de toelichting een bezoek aan het normtraject (deel 2).

De procedure voor het indienen door de keringbeheerder en het controleren door de ILT verandert niet.

Deel 1: In de toelichting door de keringbeheerder is de ILT vooral geïnteresseerd in:

- Het verhaal van de dijk. Hier komen zaken aan de orde als: de ligging van het traject, eerdere versterkingen, kunstwerken, havendammen, NWO's en andere bijzonderheden.
- De strategie van de beoordeling. Hoe is de beoordeling uitgevoerd, zijn er bureaus betrokken, is er samenloop, de koppeling met HWBP-projecten zijn er (collegiale) interne/externe reviews uitgevoerd, is de Helpdesk Water geraadpleegd en is er van een afwijkende aanpak en/of ToM gebruik gemaakt?
- De schematisering van de ondergrond. Hier komen aspecten aan bod als: hoe is deze tot stand gekomen, hoe is met SOS en de resultaten van aanvullende/lokale grondonderzoeken omgegaan, zijn er aandachtspunten ten aanzien van de bepaling van de grondparameters?
- De hydraulische belastingen. HR-data, hoe is dit verwerkt in de schematisering, hoe is de vertaling gemaakt van uitvoerpunt naar de teen van de dijk en eventueel andere aandachtspunten?
- De relevante faalmechanismen. Welke faalmechanismen zijn dominant voor het veiligheidsoordeel en waar is de dijkvakindeling op gebaseerd?
- Duiding. Past de conclusie binnen het eigen beeld van de beheerder, vooral bij hoge faalkansen?
- Eventueel te treffen voorzieningen. Welke voorzieningen worden getroffen en zijn deze duidelijk benoemd?

Deel 2: Tijdens het bezoek aan (delen van) het normtraject wordt aandacht besteed aan:

- De algemene indruk van de kering,
- De locatie van de dominante faalmechanismen en zwakke plekken (hoogte, bekledingen, waar krijgt de keringbeheerder 'pijn van in zijn buik')
- Eventuele kunstwerken, NWO's, kabels en leidingen, voorland, etc.

Aandachtspunt is het getij indien relevant zal het bezoek aan het normtraject in getijdegebieden plaats moeten vinden bij laag water.

#### **4.5 Ingangstoets**

##### *Compleetheid aanlevering*

De beoordeling van een traject leidt tot een aanzienlijke hoeveelheid (tussen)producten. Alle stukken die de beheerder heeft opgesteld en waar naar wordt verwezen moeten aanwezig zijn. De volgende producten moeten in elk geval aanwezig zijn:

1. Leeswijzer met aanwezige documenten en bestanden.
2. Hoofdrapport inclusief bijlagen. Zie paragraaf 3.2.2 voor inhoud.
3. Logboek(en)/Achtergrondrapport(en) –al dan niet per thema- inclusief bijlagen. Zie paragraaf 3.2.3 voor inhoud.
4. Overzicht gebruikte software en gebruikte hydraulische database(s).
5. Assemblage (Excel of Riskeer).
6. Bij samenloop: Is er een gezamenlijke indiening?
7. Overzicht gebruikte modellen inclusief versienummers.
8. Riskeerbestand(en).
9. Rekenbestanden Basismodules per spoor.
10. Externe adviezen.

Naast een aanwezigheidscheck wordt ook een globale inhoudelijke check uitgevoerd op:

- Algemene kenmerken van het traject zoals nummer normtraject, lengte traject, signaleringswaarde, ondergrens en X en Y-coördinaten van het traject
- Overzichtskaart traject
- Eventuele koppeling met HWBP-projecten
- Peildatum
- Overzicht van alle relevante faalmechanismen
- Gebruikte faalkansbegroting
- Zijn er gevoeligheidsanalyses uitgevoerd? Zo ja zijn ze ook bijgevoegd?
- Veiligheidsoordeel
- Duiding
- Overzicht van de te treffen voorzieningen/maatregelen

Het meesturen van niet in de rapportage genoemde stukken moet worden voorkomen. Risico is immers dat de inspecteur zelf gaat grasduinen in de bijlagen en aannames gaat doen over informatie die in de bijlagen is te vinden. Het hoofdrapport en de logboeken zijn leidend.

Voor alle bestanden geldt dat een heldere naamgeving de herleidbaarheid vergroot.

Ook moet voor de inspecteur absoluut duidelijk zijn welke bestanden (ondergrondschematisatie, hydraulische databases etc.) -met name vanuit Riskeer- worden aangeroepen. Koppelingen die lokaal bij de beheerder werken, kunnen bij de ILT verbroken zijn, waardoor die opnieuw gelegd moeten worden, hetgeen foutgevoelig is.

Met name voor de controle op juistheid (steekproef) kan het nodig zijn de schematisaties en de resultaten in de applicaties (Riskeer, BM's, spreadsheets) te bekijken. Het is dan zaak dat de juiste versies van de applicaties en de juiste versie van de schematisaties worden geladen.

#### **4.6 Inhoudelijke controle**

Als het resultaat van de ingangstoets positief is, volgt de verdere inhoudelijke controle. Hoewel er geen strikte vaste volgorde is, dienen de volgende acties in elk geval door de inspecteur te worden uitgevoerd:

Algemeen:

1. Doorlezen van het hoofdrapport en de logboeken/achtergrondrapporten en daarbij nagaan of de aspecten genoemd in paragraaf 3.2 aan bod komen.
2. Bekijken van de assemblage in Excel of Riskeer en nagaan of de resultaten overeen komen met de rapportage.

Vaststellen relevante toetssporen:

3. Op basis van 1. en 2. de conclusie trekken welke sporen nader moeten worden beschouwd en welke niet (significant) aan de overstromingskans bijdragen en dus terzijde gelegd kunnen worden.

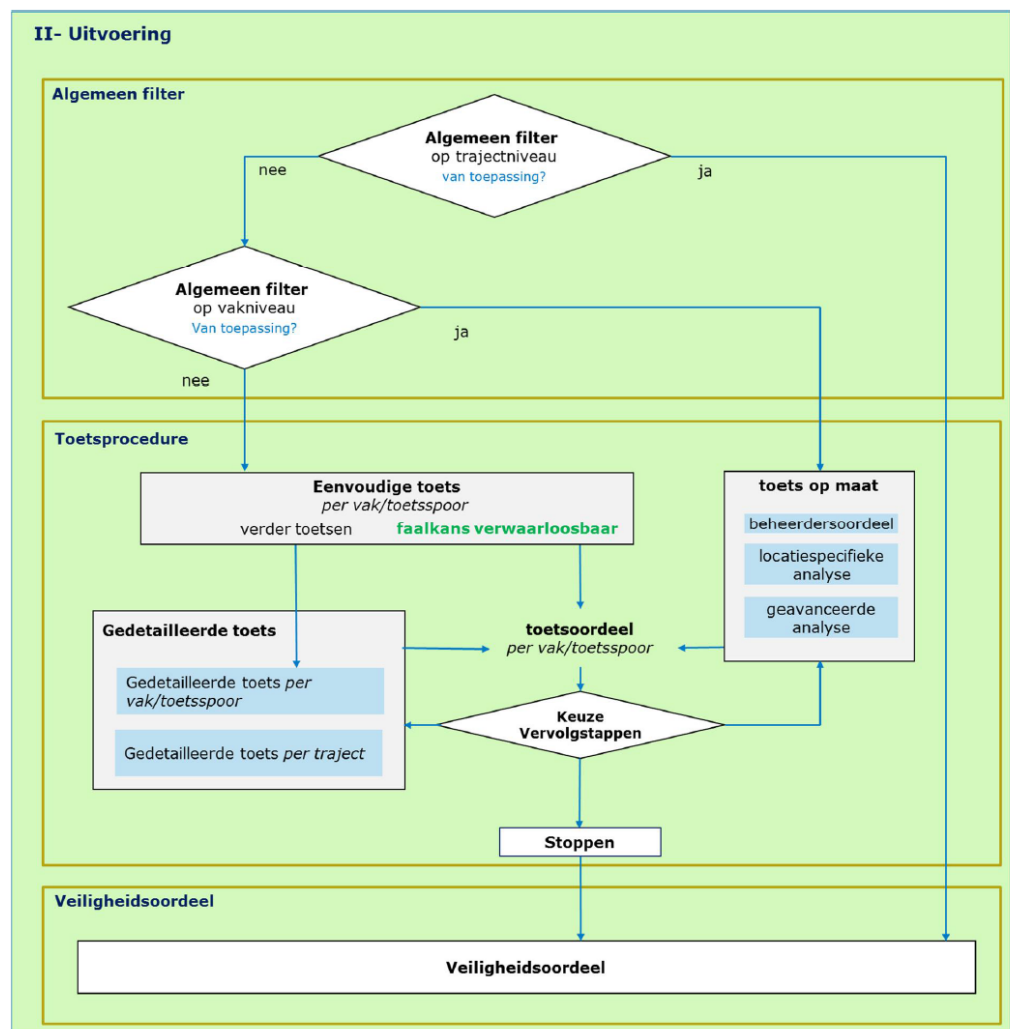
Per relevant toetsspoor:

4. Nagaan of beschreven is hoe de hydraulische belastingen aan de teen zijn bepaald (Riskeer, Hydra-NL, anders) en of is beschreven of de beheerder deze belastingen zelf plausibel vindt. Zie paragraaf 6.1.
5. Nagaan of van de benodigde gegevens (zie SH's) van de waterkering is beschreven óf ze zijn verzameld en zo ja vanuit welke bron ze afkomstig zijn. Zie hiervoor hoofdstuk 7.
6. Nagaan of met de verzamelde gegevens schematisaties zijn gemaakt conform schematiseringshandleiding. Hier kan een steekproef handig zijn. Voor een steekproef moet echter de schematisatie zelf worden geraadpleegd, wat betekent opstarten van Riskeer, een Basismodule of een spreadsheet en vervolgens kijken of de beschreven hydraulische belastingen kunnen worden gereproduceerd/herleid en of de in de rapportage beschreven schematisatie van de waterkering (ondergrond, opbouw, parameters) ook daadwerkelijk is terug te vinden. Zie hiervoor hoofdstuk 7.
7. Nagaan of helder is waar de beoordeling is gestopt. Is de beheerder tot en met de Eenvoudige Toets, de Gedetailleerde Toets of de Toets op Maat gegaan? Wat waren de redenen om te stoppen? Hier hoort een motivatie bij, ondersteund door gevoeligheidsberekeningen. Zie hiervoor hoofdstuk 7.
8. Steekproefsgewijs een controle op juistheid uitvoeren.



## 5 Uitvoering beoordeling, Algemeen Filter

De beheerder voert de beoordeling uit volgens onderstaand schema uit Bijlage I (Algemeen Deel), waarin filters op vak en trajectniveau zijn genoemd. De vraag of filters op vak- dan wel trajectniveau van toepassing zijn, waardoor de beheerder gelijk door kan naar ofwel de Toets op Maat ofwel direct naar een veiligheidsoordeel, moet door de beheerder worden beantwoord.



Figuur 26 Proces beoordeling

### 5.1 Algemeen Filter op trajectniveau

In het WBI wordt de mogelijkheid geboden om de beoordeling te baseren op VNK resultaten. Dertien trajecten die evident onveilig zijn en enkele trajecten die evident veilig zijn (factor 100) t.o.v. de norm zijn opgenomen in het Algemeen Deel en hoeven niet met het WBI beoordeeld te worden, mits een door de beheerder opgestelde motivering beschikbaar is. Welke elementen deze motivering moet

bevatten is weliswaar bekend, wanneer er voldoende is aangetoond dat er daadwerkelijk sprake is van evidente veiligheid dan wel onveiligheid, is in algemene zin niet te zeggen: maatwerk.

## **5.2 Algemeen Filter op vakniveau**

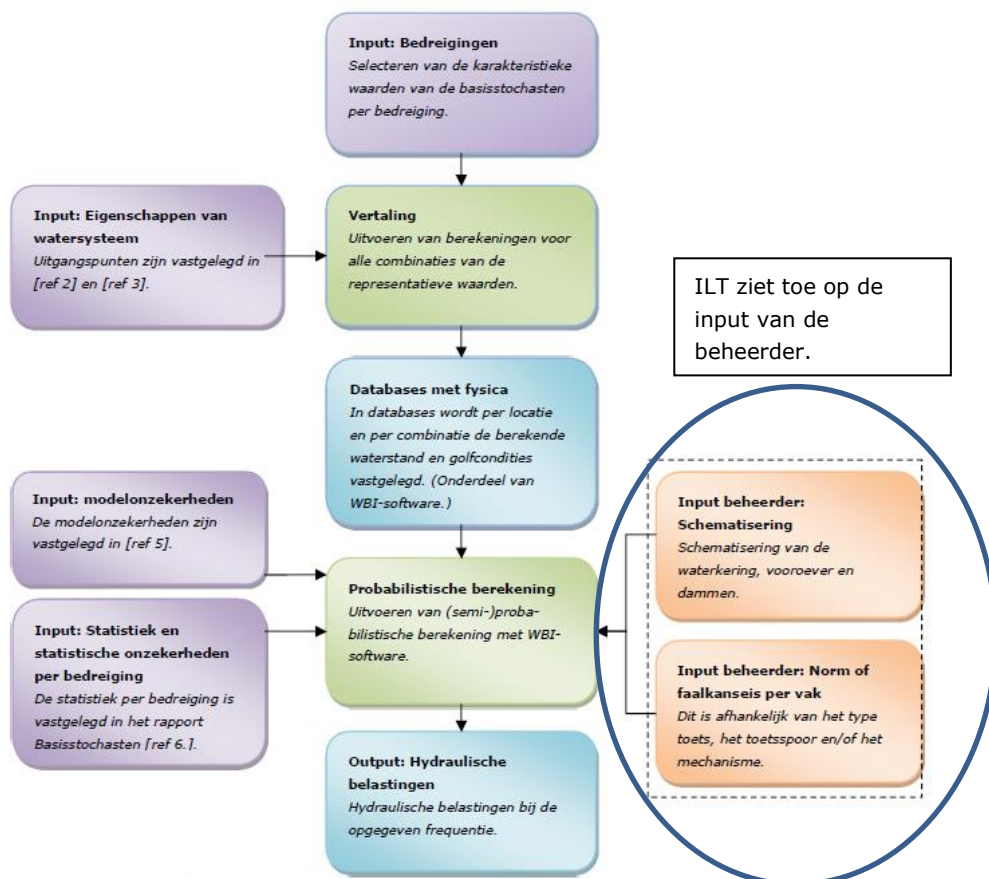
Indien het WBI instrumentarium niet van toepassing is op een waterkering (specifiek ontwerp, specifieke situatie), of wanneer er minder inspanning is gemoeid met een Toets op Maat dan met een reguliere beoordeling (eenvoudig/gedetailleerd), kan een vak gelijk door naar de Toets op Maat. Dit is zeer locatiespecifiek, waardoor ook de argumentatie van de beheerder specifiek is.

## 6 Inhoudelijke controle, algemene aandachtspunten

Indien Algemene Filters op traject en/of vakniveau niet van toepassing zijn, moet er door de beheerder inhoudelijk worden beoordeeld volgens de procedure: Eenvoudig > Gedetailleerd > Toets op Maat. In de paragrafen hierna zijn aandachtspunten opgenomen bij het bepalen van hydraulische belastingen, algemene aandachtspunten ten aanzien van de diverse toetsporen (sterkte), het verzamelen van de benodigde gegevens en het indelen in vakken. Deze aandachtspunten zijn voor de inspecteur in elk geval van belang bij de controle.

### 6.1 Hydraulische Belastingen

In Bijlage II is beschreven hoe de beheerder tot Hydraulische belastingen komt voor elk toetspoor. Voor vrijwel elk toetspoor zijn hydraulische belastingen nodig. Onderstaand schema wordt daarbij gevolgd.



Figuur 27 processchema van bedreiging naar hydraulische belastingen

De beheerder staat aan de lat voor de *Schematisering* van de waterkering, vooroever en dammen én voor het invoeren van de *norm of faalkanseis per vak*, afhankelijk van type toets, toetspoor en/of het mechanisme.

De ILT ziet daarom vooral hierop toe (oranje vakken). Hydraulische Belastingen zijn immers door het Rijk afgeleid tot op de zogenaamde uitvoerpunten en daarom voor

de beheerder tot op zekere hoogte een gegeven. Er kunnen voor de beheerder echter redenen zijn, zoals wanneer een project in uitvoering de hydraulische situatie significant verandert, om 'op maat' hydraulische belastingen te bepalen.

Bij de hydraulische belastingen zijn per toetsspoor de onderbouwing en documentatie van keuzes door de beheerder belangrijk. Per toetsspoor kunnen de eisen ten aanzien van de hydraulische belastingen verschillen. Voor een aantal sporen geldt dat de marginale statistiek (vooral bij eenvoudige toets), voor andere sporen geldt dat een HBN-illustratiepunt (wanneer golfoverslag een rol speelt) moet worden bepaald en voor weer andere sporen dient zogenaamd Q-illustratiepunt te worden bepaald (bijvoorbeeld bij golf[klap]belasting buitentalud)).

De volgende hydraulische belastingen spelen een rol bij de beoordeling. In de paragrafen hierna wordt per toetsspoor aangegeven welke belastingen moeten worden bepaald en wat daarbij de specifieke aandachtspunten zijn.

<i>Belasting</i>	<i>Toelichting</i>
Waterstanden	<p>Waterstanden zijn voor veruit de meeste faalmechanismen de bepalende belasting.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waterstand bij de norm of per faalkanseis per vak</li> <li>• Gemiddelde waterstand en gemiddelde laagwaterstand,</li> <li>• Laagwaterstand met overschrijding 1/10 per jaar en waterstandsfrequentielijn.</li> </ul> <p>Voor semi-probabilistische analyses (voorheen: 'toetspeil') wordt de waterstand gehanteerd met een overschrijdingsfrequentie die getalsmatig gelijk is aan de norm van het dijktraject. (M.u.v. Duinen en GEBU).</p> <p>Voor een volledig probabilistische analyse bevat de WBI software waterstandsstatistiek.</p>
Golven	<p>Golven (golfhoogte en golfperiode) zijn van belang voor het beoordelen van bekleding (gras- steen- en asfaltbekledingen), hoogte van een kunstwerk, maar via golfoverslag ook voor stabiliteitssporen.</p> <p>Golven (golfklap, -oploop en -overslag) belasten het buitentalud, de kruin en het binnentalud van een waterkering en kunnen daardoor tot erosie en afschuiving van de bekleding leiden en door infiltratie van water kan bijvoorbeeld macrostabiliteit optreden; hoge waterspanningen hebben een negatieve invloed op de macrostabiliteit. Golven kunnen bij een kunstwerk voor te veel overslag zorgen en bijdragen aan belasting van (onderdelen van) de constructie.</p>
Waterstandsverloop	<p>Dit betreft het verloop van de waterstand gedurende de (representatieve) hoogwatergolf, relevant voor bijvoorbeeld de demping van de stijghoogte in de watervoerende zandlaag. Met de waterstandsverlooptlijnen worden leklengtes bepaald waarmee de tijdsduur van het hoogwater (niet-stationair karakter) in rekening wordt gebracht via de waterspanningen. Er is een speciale tool beschikbaar: Tool Waterstandsverloop 2.0.</p>

	Let op – voor bekledingen gelden speciale belastingverlopen die in de bekledingsoftware zijn ingebouwd. De tool Waterstandsverloop moet daar dus niet worden gebruikt.
Val van hoogwater	Voor de stabiliteit van voorland en buitentalud zijn extreme vallen van de waterstand van belang. Deze snelle-val-condities zijn niet 100% compleet/eenduidig/landsdekkend zijn gedefinieerd i.v.m. overnemen van de oude voorschriften.
Seiches	Par. 3.6 Bijlage II: Alleen voor de toetsporen Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB), 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. Par. 2.3 voegt toe: indien nodig kunnen deze voor andere gebieden worden toegevoegd in een Toets op Maat.

De beheerder zal t.a.v de hydraulische belastingen allereerst moeten verifiëren of de aanleveringen van het Rijk plausibel zijn, om daarna de vertaling te maken van de uitvoerpunten naar de teen van de eigen waterkering. Hiervoor zijn de schematiseringshandleidingen Hoogte en Hydraulische condities bij de dijkteen geschreven. Het op een juiste wijze meenemen van aanwezige voorlanden en dammen is essentieel. Belastingen worden anders (zwaar) overschat. De POV Voorlanden doet in het [concept eindrapport](#) een aantal aanbevelingen, die ook bij de beoordeling van nut zijn.

Een beschrijving van de wijze waarop belastingen t.p.v. de waterkering zijn bepaald is noodzakelijk.

**Stap 1:**

Klopt de uitvoer op de uitvoerlocaties? De beheerder dient de door het Rijk beschikbaar gestelde hydraulische belastingen te verifiëren. Sluiten waterstanden en golven aan bij de verwachting van de beheerder? Zo niet, dan moet er correspondentie beschikbaar zijn tussen beheerder en Rijkswaterstaat en/of Deltares. Zoals eerder gezegd kunnen lokale omstandigheden, zoals projecten in uitvoering, reden zijn om nieuwe belastingen af te leiden (Toets op Maat).

Specifiek m.b.t. vooroever en dammen is het van belang na te gaan welke hoge elementen het Rijk heeft meegenomen als standzeker. Een bestand met deze elementen wordt meegeleverd bij het WBI. Pas wanneer de beheerder voldoende vertrouwen heeft in de aangeleverde waarden op de uitvoerlocaties gaat hij door naar Stap 2.

**Stap 2:**

Vertaling van uitvoerlocatie naar teen van de dijk.

1. Koppeling uitvoerlocaties aan dijkvakken. Helder moet zijn welke uitvoerlocaties aan welke dijkvakken zijn gekoppeld door de beheerder. Dit kan per faalmechanisme anders zijn.
2. Schematisering voorland en havendammen.  
De beheerder beschrijft hoe hij voorland en havendammen meeneemt bij het bepalen van (golf)belasting aan de teen van de dijk. Gebruik van de *voorlandmodule* is voorgeschreven ("verplicht, tenzij"). Zie ook paragraaf 7.22 (Havendammen). Neemt de beheerder voorland (hoogte, slechte doorlatendheid etc) niet mee, dan hoort daar een zeer solide argumentatie bij.

3. Schematisering waterkering. De beheerder schematiseert de waterkering (geometrie, bekleding/ruwheid).

## 6.2

### Sterkte

Over het schematiseren van de sterkte kan worden opgemerkt dat elk toetsspoor in principe een eigen vakindeling kent, een eigen schematisering van ondergrond, dijkopbouw en geometrie en eigen belastingsituaties. Verder is de faalkansbegroting essentieel. Via deze begroting wordt de beschikbare faalkansruimte feitelijk verdeeld over de verschillende toetssporen.

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
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	0	0,04
Gras Erosie Buitentalud (GEBU)	0	0,05
Overige bekledingen buitentalud	0	0,05
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

Figuur 28 standaard faalkansbegroting

In de Toets op Maat kan de beheerder variëren met de faalkansbegroting, bijvoorbeeld omdat een mechanisme niet kan optreden.

Voor de toetssporen in toetsspoorgroep 3 (Semi-probabilistische toetssporen zonder afgeleide faalkans) geldt dat wijzigen van de faalkansruimtefactor voor deze toetssporen kan betekenen dat de toets opnieuw moet worden uitgevoerd. Door het wijzigen van de faalkansruimtefactor verandert de eis en daarmee ook de faalkanseis waarbij de hydraulische belastingen van de gedetailleerde toets moet worden afgeleid. Dit leidt mogelijk tot extra toetsinspanning. Het toetsresultaat moet dan, zoals hierboven ook is beschreven, worden ingevuld onder toets op maat.

Kiest de beheerder voor een andere lengte-effectfactor of faalkansruimtefactor, dan is dus sprake van een *toets op maat* en dient hij aan te tonen hoe hij dit heeft verwerkt in de betreffende veiligheidsfactor(en).

In paragraaf 2.4 van Bijlage III staat dat de gedetailleerde toets op trajectniveau beschikbaar is, waarbij de faalkansverdeling (en het lengte effect) wordt losgelaten. Dit is echter niet het geval. De trajecttoets is nog niet beschikbaar.

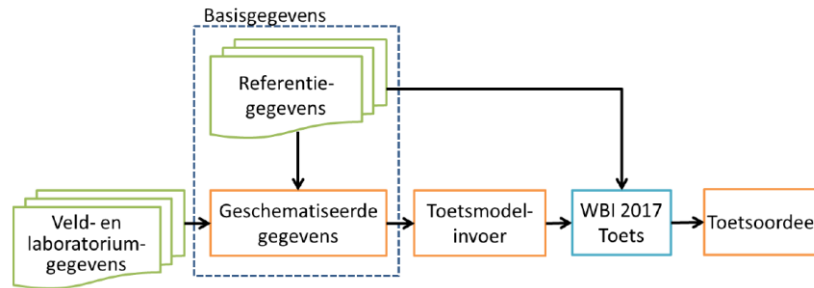
In hoofdstuk 7 volgen per toetsspoor aandachtspunten bij het toezicht.

## 6.3

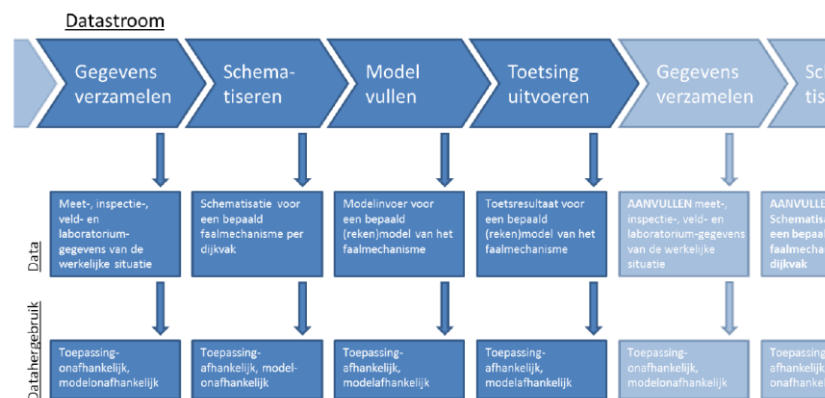
### Benodigde gegevens

Voor alle toetssporen zijn in meer of mindere mate gegevens nodig over de geometrie (afmetingen en ligging voorland, taluds, kruinbreedte, kruinhoogte, bermen, sloten), de opbouw van de ondergrond en de waterkering zelf (geohydrologische, geologische en geotechnische situatie) en de bekleding.

In de Handleiding Datamanagement WBI is beschreven hoe van gegevens tot oordeel wordt gekomen en hoe belangrijk het daarvoor is om navolgbaar te werken. De beheerder dient telkens bewust de stap te zetten (zwarte pijlen in de figuur hieronder) en die stap ook zo goed mogelijk te beschrijven.



Figuur 29 Gegevensstructuur (figuur 3.4 uit Handleiding Datamanagement WBI)



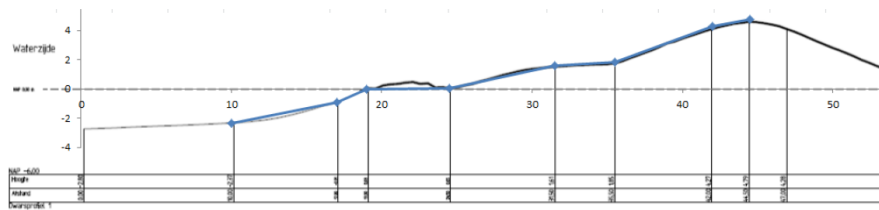
Figuur 30 Datastroom (figuur 3.6 uit Handleiding Datamanagement WBI)

**Beschrijving van gegevens m.b.t. de geometrie**

Gegevens over de geometrie van waterkeringen zijn uit verschillende bronnen te halen. Zo kan er in het veld worden gemeten (waterpassen, inmeten), kan er worden ingevlogen (FLIMAP bijvoorbeeld), zitten er vaak al veel gegevens in leggers en beheerregisters en is ook bijvoorbeeld het AHN een belangrijke bron. *Aanwezig* dient een overzicht te zijn van de bronnen die zijn geraadpleegd en hoe deze bronnen zijn verwerkt tot de voor de toetssporen relevante geometrieparameters. Hier geldt: éénmaal inwinnen, meermaals gebruiken.

In de Schematiseringshandleiding hoogte is beschreven hoe het profiel van de waterkering moet worden geschematiseerd, op basis van de beschikbare gegevens (x,y,z), voor 4 specifieke toetssporen waarbij golfloop en –overslag relevant is.

1. microstabiliteit
2. grasbekleding erosie buitentalud (oploopzone)
3. grasbekleding erosie kruin en binnentalud
4. hoogte kunstwerk



Figuur 31 voorbeeld schematisatie dijkwandprofiel t.b.v. oplooptechniek- en overslagberekeningen (uit SH Hoogte, figuur 5.3)

De beheerder moet voor elk representatief profiel per vak kunnen laten zien hoe hij van brongegevens tot geschematiseerd profiel is gekomen.

De benodigde geometrie voor de andere toetsporen vereist minder detailniveau.

#### *Actualiteit van de gegevens*

Sommige parameters dienen niet te lang geleden te zijn ingewonnen. Dit geldt met name bij bekledingen, waar de actuele staat (het gaat uiteindelijk om peildatum) relevant is voor het oordeel. Let op: beheer en onderhoud dat nog wordt uitgevoerd voor peildatum moet als uitgevoerd worden beschouwd.

#### *Beschrijving van ondergrond en benodigde gegevens*

Voor verschillende toetsporen, met name piping en macrostabiliteit (binnen en buiten) zijn gegevens over de ondergrond nodig. Deze gegevens (o.a. laagdikten, geotechnische en geohydrologische parameters) worden zo veel mogelijk éénmaal ingewonnen en voor meerdere toetsporen gebruikt. Een beschrijving van de bodemopbouw en de geohydrologische systeemkenmerken in de omgeving van de waterkering moet *aanwezig* zijn met aandacht voor onder meer de respons van grondwaterstanden en -spanningen op buitenwater (demping) en de karakteristieke grondopbouw in de omgeving.

Relevante gegevens voor onder meer de belangrijke toetsporen macrostabiliteit en piping zijn de geometrie (1), de laagopbouw van de ondergrond (2) en het dijklichaam (3), de sterkte-eigenschappen per laag (4), volumieke gewichten (5), het verloop van de freatische lijn (6) en het verloop van de waterspanningen in de verschillende grondlagen (7). De beheerder beschrijft of hij deze gegevens heeft (aanwezigheid), hoe hij ze heeft verkregen en voor welke toetsporen hij ze gebruikt.

Een overzicht en beschrijving van de verschillende benodigde ondergrondparameters moet *aanwezig* zijn. Idealiter is er ook een overzicht van de bijbehorende geraadpleegde bronnen beschikbaar.

#### *Grond- en geohydrologisch onderzoek*

Het globale SOS is inzichtelijk middels het softwareprogramma D-Soil Model. D-Soilmodel wordt door de beheerder verrijkt met eigen gegevens en bevat voor elk faalmechanisme/toetsspoor de complete ondergrondschematisatie. Een gevuld D-Soilmodel moet dus *aanwezig* zijn. Riskeer draait ook niet zonder.

Benodigd grondonderzoek, aanvullend op wat *standaard* in het SOS zit, wordt vastgelegd in een Grondonderzoeksplan (iteratief inwinnen). Dit plan dient *aanwezig* te zijn.



Doel van aanvullend grondonderzoek is het verder detailleren van scenario's in het SOS, nauwkeuriger vaststellen van de laageigenschappen (dikte en sterkteparameters) en uitsluiten van scenario's. Voor elk vak wordt een lokale ondergrondschematisatie opgesteld, bestaande uit verschillende scenario's met hun kans op voorkomen.

Of het zinvol is aanvullend grondonderzoek te doen moet uit (gevoeligheids)analyses volgen, bij elk van de betreffende (geotechnische) toetssporen. Wordt een toetsspoor al goedgekeurd met de standaard, vrij conservatieve, SOS waarden dan is aanvullend grondonderzoek niet nodig. Wordt zelfs met de meest optimistische waarden (hoogst haalbare sterkte) van een bepaalde parameter nog steeds geen goed toetsoordeel verkregen, dan heeft nader grondonderzoek ook geen zin. Onzekerheden werken dus door in de resultaten (grotere faalkans). Verkleinen van de onzekerheden kán dus zin hebben. Zo kan het beoordelingsresultaat voor een vak of traject in een andere klasse vallen vanwege het scherpere beeld van de ondergrond. Het onderbouwd uit kunnen sluiten van ondergrondscenario's werkt het hardst door in het eindoordeel. Een betere inschatting van grondparameters zoals de schuifsterkte, kan ook het nodige effect sorteren.

Naast de algemene ondergrond dient ook aandacht te zijn voor de aan/ of afwezigheid en de staat van kwelschermen e.d. bij kunstwerken en het effect hiervan.

#### *Bekleding*

Bekleding van met name dijken en dammen kan langs de dijk en over de hoogte van het talud verschillen. Het is zaak dat helder is beschreven welke bekleding waar op de waterkering aanwezig is. Per bekledingenvlak moeten de eigenschappen, zoals exacte locatie (xyz), type materiaal, laagdikte en sterkte-eigenschappen bekend zijn. Het gaat om zowel harde (asfalt, natuursteen, beton) als zachte (gras) bekleding.

### **6.4 Vakindeling**

Algemene regels voor een praktisch bruikbare lengte van een dijkvak zijn voor de verschillende toetssporen moeilijk te geven, vanwege de sterke locatieafhankelijkheid. In de verschillende schematiseringshandleidingen worden generieke en meer specifieke redenen genoemd een vakgrens te kiezen, zoals overgang van *type kering*, *duidelijke verschillen in hydraulische belasting* of *duidelijke veranderingen in geometrie of ondergrond* (sterkte-eigenschappen). Elk dijkvak wordt 'homogeen' verondersteld als de situatie ter plaatse van één doorsnede representatief is voor het hele vak.

Bij de vakindeling voor piping bijvoorbeeld zijn naast de opbouw van de ondergrond ook de aanwezigheid van sloten in zowel langs- als dwarsrichting en voorland van belang.

#### *Aanwezigheid*

Voor elk toetsspoor moet een vakindeling zijn gemaakt. De beheerder heeft de keuze tussen een standaard vakindeling voor elk toetsspoor (bijvoorbeeld 50 meter), of een toetsspoor-specifieke vakindeling, dat vanwege het uitgangspunt van homogeniteit meer voor de hand ligt. Duidelijk moet zijn waar de beheerder voor kiest en waarom (onderbouwing).

### *Plausibiliteit*

Grote vakken zijn mogelijk wanneer er in ondergrond, opbouw van de kering en hydraulische belastingen niet veel variatie zit. Zo zal de Oostvaardersdijk of Westerveermeerdijk waarschijnlijk uit relatief grote vakken bestaan, zowel voor de sterktesporen als de erosiesporen. In de belasting, geometrie en opbouw van de kering zit weinig differentiatie.

De geotechnische toetssporen vereisen over het algemeen kleinere vakken, aangezien de heterogeniteit van de waterkering en de ondergrond groot kan zijn, bijvoorbeeld in het rivierengebied. Wanneer er bij het toetsen van een vak niet aan de eis wordt voldaan, kan verder opknippen van het vak soelaas bieden.

Indien de vakken vrij groot zijn (meer dan enkele honderden meters) en er toch veel variatie in ondergrond en dijk zit, is de vraag aan de beheerder legitiem waarom niet verder is opgeknipt, tenzij overduidelijk de 'slechtste' doorsnede is gekozen en het vak daarmee aan de eis voldoet. Check of er door de beheerder van grof naar fijn is gewerkt om te komen tot de uiteindelijke vaklengte per toetsspoor, of er is geoptimaliseerd is en of dat tot aanpassen (verkleinen) van de vakken heeft geleid.

### *Juistheid en verfijnen*

Hoewel er geen goed of fout is bij het opdelen in vakken, kunnen gevoeligheidsanalyses laten zien of verder opknippen er toe leidt (of kan leiden), dat het eindoordeel in een andere klasse komt te vallen.

## 7 Aandachtspunten bij de controle per toetsspoor

De inspecteur wordt verondersteld de Regeling WBI2017 te kennen, inclusief Bijlage I (procedure), Bijlage II (belastingen), Bijlage III (sterkte en regels). Basiskennis van de Schematiseringshandleidingen is nodig, net als van de diverse applicaties (Riskeer en Basismodules). In de paragrafen hierna wordt per toetsspoor een algemene samenvatting gegeven en aandacht besteed aan relevante gegevens en de wijze van schematiseren/berekenen. Voor de leesbaarheid van dit verhaal is er enige dubbeling met de regeling en de schematiseringshandleidingen.

### 7.1 Macrostabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI, STBU)

#### 7.1.1 Algemeen

De kennis van het mechanisme macrostabiliteit binnenwaarts (en daarmee ook buitenwaarts) is de afgelopen jaren volop in ontwikkeling geweest. Zo is vanaf deze beoordelingsronde een nieuw schuifsterktemodel geïntroduceerd (CSSM) met ongedraineerde schuifsterkteparameters voor grondsoorten met een lage doorlatendheid als klei en veen. Voor grondsoorten met een hoge doorlatendheid, zoals zand, wordt uitgegaan van gedraineerd grondgedrag. Hiermee hangt samen dat de bepaling van schuifsterkteparameters in het veld en in het laboratorium op een andere manier moet worden uitgevoerd. Daarnaast wordt er met een aangepast schuifvlakmodel gerekend: Lift Van, met in de toekomst (en nu via toets op maat) mogelijk ook Spencer - Van der Meij. Let op afwijkende modelfactoren. Voor de schematisatie van waterspanningen is de Waternet Creator ontwikkeld, die feitelijk een softwarematige invulling is van het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Tot slot is door de overstap naar de overstromingskansbenadering een grotere rek/deformatie toegestaan.

#### *Voorwaarden optreden macrostabiliteit*

Alle dijken en dammen zonder constructies die de binnenwaartse stabiliteit beïnvloeden moeten door de beheerder op macrostabiliteit worden beoordeeld. Het mechanisme is niet, zoals bij bijvoorbeeld piping, op voorhand uit te sluiten.

De gedetailleerde beoordeling vindt plaats met de Basismodule functionaliteit in Riskeer, of met D-Geo Stability. De keuze is aan de beheerder.

Voor macrostabiliteit zijn naast de SH relatief veel [documenten beschikbaar](#) op de Helpdesk Water site, vanwege het feit dat hier vrij veel is veranderd ten opzichte van de laatste toetsronde.

Beschikbaar zijn:

1. protocollen voor het uitvoeren van benodigde geotechnische onderzoek (sonderingen, schuifsterkteproeven, samendrukkingsproeven),
2. kalibratierapporten met daarin de uit probabilistische analyses afgeleide semi-probabilistische veiligheidsfactoren voor de gedetailleerde beoordeling.
3. rapporten met default waarden voor een aantal bepalende parameters, zoals de POP.

### 7.1.2 *Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

De eenvoudige toets voor zowel binnenwaartse als buitenwaartse stabiliteit is een geometrische toets (profiel), waarbij het uitgangspunt is dat er na falen nog voldoende restprofiel over is. De eenvoudige toets wordt uitgevoerd door figuur 5-3 en/of 5-4 uit Bijlage III af te lezen. De grafieken zijn vertaald naar Excel-rekenbladen ([GitHub](#)) voor zowel de Eenvoudige Toets binnenwaarts als buitenwaarts, wat een snelle eenvoudige beoordeling én controle daarop mogelijk maakt.

De verwachting is dat de eenvoudige toets alleen bij zeer flauwe taluds en bijvoorbeeld boulevards tot goedkeuren zal leiden. Het zal dus maar om een beperkt percentage gaan. Veel beheerders zullen direct starten met de gedetailleerde toets, wat ook is toegestaan (bijlage I, par 3.2.2).

#### *Gedetailleerde Toets*

De gedetailleerde toets voor macrostabiliteit binnenwaarts vindt plaats door stabiliteitsberekeningen te maken met Riskeer (de zogenaamde Basismodule Macrostabiliteit is inmiddels onderdeel van Riskeer) of de stand-alone software "D-Geo Stability", met het voorgeschreven model UpLift-Van. De beheerder rekent verschillende ondergrondscenario's met hun kans van voorkomen per doorsnede door, die vervolgens worden gecombineerd tot een faalkans per doornede. In Riskeer vindt dit combineren automatisch plaats.

Voldoet deze faalkans aan de eis, dan voldoet de doorsnede en daarmee het vak. Voor macrostabiliteit buitenwaarts en afschuiven voorland is alleen D-Geo Stability beschikbaar. D-Geo Stability wordt ook vaak voor de beoordeling van macrostabiliteit binnenwaarts toegepast wanneer de beheerder zich genoodzaakt voelt om een meer nauwkeurige schematisatie te maken dan de BM Macrostabiliteit toestaat. De regeling laat de beheerder hierin vrij.

### 7.1.3 *Aandachtspunten*

#### *Van grof naar fijn*

De filosofie van de beoordeling is werken 'van grof naar fijn'. Starten met grote vakken en later opknippen bijvoorbeeld, maar ook starten met conservatieve parameters (vaak door het WBI gegeven als startpunt; *defaultwaarden*) en daarna optimaliseren.

Eerst maakt de beheerder een som met de gegeven *defaultwaarden* om te kijken of het vak daarmee mogelijk al goedgekeurd kan worden. Als dat niet het geval is, bekijkt hij wat de invloed van variatie (binnen een te verwachte aan te treffen range) in parameters is op het beoordelingsresultaat (gevoeligheidsanalyse). Daarin kan de focus op een aantal parameters gelegd worden die nader uitgezocht kunnen worden. Welke parameters daarvoor in aanmerking komen is aan de beheerder maar logischerwijs komt de invloed van sterkteparameters en waterspanningen voor in de gevoeligheidsanalyses. De beheerder geeft in zijn rapportage aan van welke parameters de invloed is bepaald en waarom die parameters bekeken zijn.

In een gevoeligheidsanalyse wordt normaliter gekeken naar het effect dat variatie van een parameter op het beoordelingsresultaat heeft. De gekozen variatie moet wel binnen een realistische range liggen. Voor de sterkteparameters kan

bijvoorbeeld gekeken worden naar de landelijke database en ervaringen van buurwaterschappen met dezelfde ondergrond die mogelijk al een stap verder zijn. Wellicht beschikken zij over onderzoek waaruit blijkt dat ondergrond sterker is dan in de grove beoordeling aangehouden. Blijkt uit de gevoeligheidsberekening dat het effect minimaal is en variatie niet leidt tot een ander beoordelingsresultaat (andere categorie) dan heeft verder onderzoek naar die betreffende parameter geen zin.

#### *Waterspanningen*

De waterspanningen zijn zeer belangrijk. Vaak wordt daar niet de focus op gelegd, terwijl nader onderzoek hierbij veel kan uitmaken, zeker wanneer er sprake is van een kortstondig hoogwater. Een gevoeligheidsberekening naar de invloed van waterspanningen op het beoordelingsresultaat, zeker wanneer de kering nog niet wordt goedgekeurd op basis van defaultwaarden, zou dan ook onderdeel moeten zijn van de rapportage.

#### *Ondergrond*

Ook onderzoek naar de sterkte en de staat van de ondergrond onder de dijk (wat afwijkende en wellicht gunstigere waarden kunnen hebben) kan leiden tot optimalisatie, bijvoorbeeld bij de POP en grensspanning.

Duidelijk moet zijn aangegeven welke grondlagen als slecht doorlatend zijn gekenmerkt en waarmee dus *ongedraineerd* wordt gerekend en welke grondlagen goed doorlatend zijn en waarmee dus *gedraineerd* wordt gerekend. In de schematiseringshandleiding Macrostabieleit wordt aangegeven voor welke grondsoorten verwacht mag worden dat ze gedraineerd en welke ongedraineerd gaan reageren. Bij grondsoorten die op de grens van gedraineerd en ongedraineerd liggen, dient de beheerder zelf een keuze te maken en te motiveren.

#### *Software*

Software is tevens een aandachtspunt. Er zijn op dit moment meerdere opties voor te gebruiken software. Voor macrostabieleit binnenwaarts zijn vanuit WBI D-SoilModel (voor de schematisatie van de ondergrond) en Riskeer en de BM Macrostabieleit (glijvlakberekening) beschikbaar. Voor macrostabieleit buitenwaarts, afschuiven voorland en toets op maat is D-Geo Stability beschikbaar. Er zijn zeker goede argumenten voor een beheerder om voor macrostabieleit binnenwaarts tevens D-Geo Stability te gebruiken, voorbeelden zijn:

- Beschikbare data uit voorgaande toetsingen of ontwerpen beschikbaar in D-Geo Stability. Aandachtspunt daarbij is dat gemaakte schematisatiekeuzes soms slecht herleidbaar zijn.
- Bij complexe waterspanningen of grondopbouw is D-Geo Stability een betere keuze.
- Indien ook buitenwaarts beoordeeld zal worden, kan het een keuze zijn om dan beide in D-Geo Stability uit te voeren. Er hoeft immers maar één keer een profiel geschematiseerd te worden.
- Bij Toets op maat is zeker D-Geo Stability nodig. Dat wil niet zeggen dat het gebruik van D-Geo Stability per definitie een Toets op maat is.
- Voor ontwerpen is vooralsnog alleen D-Geo Stability beschikbaar; indien een versterking nodig zal zijn kan het efficiënter zijn om dan de data reeds in D-Geo Stability klaar te hebben staan.
- Er is een combinatie met D-SoilModel mogelijk, doordat er een tool beschikbaar is die een schematisatie uit D-SoilModel om kan zetten naar een format voor D-Geo Stability.

- Van enkele grondsoorten (zandige siltige klei met een hoog volumegewicht) blijkt het nagenoeg onmogelijk om de grensspanning te bepalen. Hierdoor is de WBI software minder geschikt (conservatief) en wordt D-Geo Stability gebruikt om tot een oordeel te komen.

#### 7.1.4

##### *Bepalende parameters*

In de schematiseringshandleiding Macrostabieliteit staan de parameters beschreven die van belang zijn voor het maken van een goede schematisering. Tevens is daarbij aangegeven op welke wijze de onzekerheid rondom deze parameters binnen een vak wordt verdisconteerd (i.e. representatief profiel, scenario of stochast). De beheerder dient helder aan te geven welke waarden zijn gebruikt en wat de bron is waar ze van afkomstig zijn of hoe ze zijn bepaald. In Hoofdstuk 7 van de schematiseringshandleiding staan alle parameters beschreven en is te vinden wat de parameter voorstelt, hoe deze bepaald moet worden en wat de aandachtpunten zijn. In de eerste helft van 2019 wordt een nieuwe versie van D-Geo Stability opgeleverd dat gebruik maakt van hetzelfde rekenhart als Riskeer en BM-macrostabieliteit. Keuze vervolgstappen

##### *1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

De beheerder moet met gevoeligheidsanalyses onderzoeken of het zinvol is om nader grond- en labonderzoek te doen. Als goedkeuren alleen mogelijk is met parameterwaarden die fysisch (bijna) niet mogelijk zijn, dan heeft meer (en vaak duur) onderzoek geen zin meer. Deze gevoeligheidsberekeningen moet de beheerder kunnen overleggen.

##### *2. Toets op Maat*

In de schematiseringshandleiding is aangegeven dat bij een overslagdebiet van meer dan 1 l/m/s een toets op maat nodig is. Dit lijkt meer werk dan het in de praktijk is. De beschreven toets op maat (een andere methode is wellicht ook mogelijk!) is namelijk vrijwel gelijk aan de gedetailleerde toets, alleen de *waterspanningen* moeten in meer detail worden bekeken.

Indien sprake is van constructies is ook direct een toets op maat nodig. Er kunnen meer redenen zijn om direct naar de toets op maat te gaan, dit zal wel onderbouwd moeten zijn. Voorbeelden hiervan kunnen zijn: grondlagen als siltige klei en keileem met een hoog volumegewicht die alleen via de zogenoemde dijken op veen-methode bepaald kunnen worden. Deze methode is vooralsnog alleen in de toets op maat mogelijk. Hiervoor kan als software D-Geo Stability (Su measured methode) gebruikt worden.

Vanwege het specialistische karakter is hier meer nog dan bij een gedetailleerde beoordeling, kwaliteitsborging door een andere expert dan degene die de som heeft gemaakt essentieel. Reviewresultaten zouden dan ook beschikbaar moeten zijn.

##### *3. Stoppen met beoordelen*

De beheerder stopt wanneer hij ziet dat zowel extra grondonderzoek (sterkteparameters) als het in meer detail schematiseren van de waterspanningen niet leidt tot een beter oordeel (andere categorie) en er ook geen geavanceerde analyse beschikbaar is die tot andere inzichten kan leiden.

## 7.2 Piping (STPH)

### 7.2.1 *Algemeen*

Piping staat al enige jaren volop in de belangstelling. Er is veel onderzoek gedaan naar het mechanisme en de wijze waarop er aan piping kan worden gerekend. De onzekerheden blijven echter groot, met name omdat de heterogeniteit van de ondergrond niet goed in modellen is te vatten.

#### *Voorwaarden optreden piping*

Zowel opbarsten, heave als terugschrijdende erosie moeten optreden om piping tot ontwikkeling te laten komen. Is één van deze drie processen fysisch niet mogelijk, dan is er geen kans op piping.

- Piping treedt alleen op als er sprake is van een zandlaag die wordt afgedekt door een slecht doorlatende laag én als daarbij zowel *opbarsten* als *heave* als *terugschrijdende erosie* optreedt.
- Piping treedt niet op bij een zanddijk op een zandige ondergrond. (Bijlage III par 7.1)
- Piping treedt niet op, mits aan vijf voorwaarden is voldaan (Bijlage III par 7.1, Stap E.4). Zo moet er documentatie bestaan over het (niet) eerder optreden van wellen.
- Piping treedt niet op in tussenzandlagen < 0,5m (blz. 36 SH).

Indien vakken worden uitgesloten van piping, moet daarvan een onderbouwing aanwezig zijn met daarin een beschrijving van de vakken die het betreft (locatie, % van traject) en de hiervoor beschreven criteria.

Conform de eenvoudige toets STPH dient bij aanwezigheid van constructies piping op andere wijze door de beheerder (KW, NWO, INN) te worden getoetst en niet via het STPH-spoor.

### 7.2.2 *Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

De eenvoudige toets bestaat uit een aantal toetsregels die betrekking hebben op relevantie, toepassingsvoorwaarde, toets op tijdafhankelijkheid en de geometrische toets. De eenvoudige geometrische toets lijkt erg op de voormalige Bligh-regel: een verhouding tussen de kwelweglengte en het verhang. In de figuren 7.2 en 7.3 van Bijlage III is de relatie weergegeven tussen de norm, de trajectlengte, het verval en de benodigde kwelweglengte L. De grafieken kunnen worden afgelezen, maar zijn ook in de Excel rekenbladen geprogrammeerd ([GitHub](#)).

#### *Gedetailleerde toets*

De gedetailleerde toets op Piping bestaat uit 3 deelttoetsen:

1. Opbarsten
2. Heave
3. Terugschrijdende erosie (Sellmeijer)

De gedetailleerde toets wordt gefaciliteerd in de WBI software. Vooralnog betreft het een semi-probabilistische toets per vak, leidend tot een *benaderde* kans. De met

rekenwaarden bepaalde veiligheidsfactor wordt omgerekend naar een benaderde kans.

In Bijlage III is omschreven hoe de drie deoltoetsen rekentechnisch moeten worden uitgevoerd. In het kort wordt door de beheerder onderstaand stappenschema gevolgd:

1. Bepaal per scenario en per deelspoor een stabiliteitsfactor
2. Vertaal deze stabiliteitsfactoren naar kansschattingen (Vgl 7-7 t/m 7-9 in Bijlage III)
3. Bepaal per scenario de overall-pipingkans (kleinste waarde van uplift-heave-Sellmeijer, vgl 7-10 Bijlage III)
4. Bepaal vervolgens de geschatte faalkans per doorsnede uit de verschillende scenariokansen (stap 3 van elk scenario) met vgl 7-11 Bijlage III
5. Vergelijk de laatste met de doorsnede-eis 7-12

### 7.2.3

#### *Aandachtspunten*

De Schematiseringshandleiding bevat aandachtspunten voor het bepalen van parameters en de wijze waarop die uiteindelijk in de schematisatie moeten landen. Riskeer zorgt voor het bepalen van rekenwaarden, op basis van (gemiddelde) waarden van de sterkte-parameters.

#### *Relevante Hydraulische Belastingen*

Bij de beoordeling op piping is de waterstand bij de normfrequentie nodig en de waterstandsstatistiek (beide gegeven in WBI Software). Met de waterstandsverlooptlijnen kunnen leklengtes worden bepaald waarmee de tijdsduur van het hoogwater (niet-stationair karakter) in rekening wordt gebracht via de waterspanningen. Zeker in het overgangsgebied van de grote rivieren naar de zee en op andere plaatsen waar extreme waterstanden van relatief korte duur zijn (kust), is de tijdsafhankelijkheid van groot belang. Dit effect kan (en moet eigenlijk) in de Toets op Maat worden meegenomen wanneer de gedetailleerde toets nog tot te hoge kansen leidt.

#### *Gegevensverzameling*

De schematiseringshandleiding geeft een flinke lijst van bruikbare bronnen (hoofdstuk 4) die samen inzicht geven in de geohydrologische, geologische en geotechnische situatie. De beheerder moet een lijst met gebruikte gegevens kunnen overleggen.

#### *Bodemopbouw & grondonderzoek*

Specifiek voor piping is de aanwezigheid van zandbanen of zandopduikingen (algemeen: ondiep gelegen zandvoorkomens afgedekt door slecht doorlatende deklaag) in de ondergrond relevant.

In de SH staat: 'Om het grondonderzoek te optimaliseren moet de systematiek van de voorkomens van de betreffende zandpakketten in de ondergrond leidend zijn en zouden ook gegevens over het voorkomen van zandbanen in de wijdere omgeving gebruikt te worden.'

In de schematiseringshandleiding Piping bij dijken staan de parameters beschreven die van belang zijn voor het maken van een goede schematisering. Tevens is daarbij aangegeven op welke wijze de onzekerheid rondom deze parameters binnen een vak wordt verdisconteerd (i.e. representatief profiel, scenario of stochast). De beheerder dient helder aan te geven welke waarden zijn gebruikt en wat de bron is



waar ze van afkomstig zijn, of hoe ze zijn bepaald. In Hoofdstuk 7 van de SH Piping bij dijken staan alle parameters beschreven en is te vinden wat de parameter voorstelt, hoe deze bepaald moet worden en wat de aandachtspunten zijn.

Een beschrijving van de ondergrond, het geotechnisch lengteprofiel, informatie uit het SOS en zelf door de beheerder toegevoegde ondergrondinformatie moet door de beheerder kunnen worden overlegd.

Een aandachtspunt bij de schematisatie is het voorkomen van getijdenafzettingen. Het optreden van piping in een afzetting met een sterke afwisseling van klei en zandlaagjes (getijdenafzettingen in de kustgebieden) lijkt onwaarschijnlijk. Het toepassen van de rekenregel van Sellmeijer voor deze gebieden zal leiden tot onterecht afkeuren van veel dijkstrekkingen. Op basis van verschillende argumenten kan worden aangegeven in welke getijdenafzettingen het optreden van piping naar Sellmeijer niet waarschijnlijk is (bijlage B in SH Piping bij dijken). In het SOS kunnen van deze afzettingen de eenheden worden benoemd. Het betreft 4 eenheden:

- Getijdenrestgeulopvulling, H\_Mr\_kz
- Afzettingen van kleine getijdenplaat- en kweldergeulen, H\_Mkw\_z&k
- Kleiige getijdenplaat- en kwelderafzettingen, H\_Mp\_k
- Organisch materiaalrijke getijdenplaat- en kwelderafzettingen, H\_Mp\_ko

Deze eenheden worden in de schematisatie als niet watervoerende laag gemodelleerd. Wanneer de getijdenafzetting aan het oppervlak of direct onder klei en veenlagen ligt, maakt de laag deel uit van de deklaag.

#### 7.2.4 *Bepalende parameters*

Voor het deelmechanisme terugschrijdende erosie binnen piping bij dijken zijn een aantal parameters bepalend voor de uitkomsten, tenzij uit een eerdere analyse dat de kans op piping verwaarloosbaar is. Het betreft de  $d_{70}$  (een maat voor de korrelgrootte) en de doorlatendheid van het watervoerende zandpakket ( $k$ ). Voor de meeste ondergrondlagen wordt via het SOS een startwaarde gegeven met een bepaalde onzekerheidsmarge. Hiervoor is gekozen omdat deze twee parameters zich moeilijk laten bepalen in het veld. Niettemin staat het de beheerder vrij om hiervan af te wijken, bijvoorbeeld omdat er afdoende onderzoek en analyse daarop ter plaatse is om een andere conclusie te kunnen trekken, of omdat expert judgement hiervoor aanleiding geeft. Een goede onderbouwing is in alle gevallen onmisbaar, ook als de default waarden worden gehanteerd.

#### 7.2.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

Het is zaak om per casus te kijken of met optimalisaties winst is te behalen d.m.v. het uitvoeren van gevoeligheidsberekeningen. Als de afstand tot de norm relatief beperkt is, is zoeken naar optimalisatie, ofwel aanscherpen van de berekening, zeker de moeite waard. Dit kan bijvoorbeeld door de vakindeling aan te passen, geohydrologisch onderzoek te doen (doorlatendheid, stijghoogte), uitsluiten van ondergrondscenario's met extra onderzoek, maar ook door betere/nauwkeurigere schematisatie en het verkleinen van onzekerheden rondom parameters..

### *2. Toets op Maat*

Als de beheerder vindt dat de generieke regels niet op zijn waterkeringen van toepassing zijn dan kan hij via de TOM gemotiveerd afwijken. Bijvoorbeeld omdat de formule van Sellmeijer niet geldig is vanwege grind en löss pakketten in Limburg of omdat er vanwege extreme heterogeniteit geen betrouwbaar oordeel is te krijgen met de regel van Sellmeijer. De TOM is ook een mogelijkheid wanneer tijdsafhankelijkheid een grote rol speelt, maar de eenvoudige en gedetailleerde toetsregels daar onvoldoende recht aan doen. Langdurige metingen en/of geavanceerde EEM berekeningen (grondwaterstroming) kunnen wellicht wél tot een scherper oordeel leiden.

### *3. Stoppen*

Als na de gedetailleerde toets nog geen stabiel oordeel wordt verkregen (aanvullend onderzoek en aanscherpen schematisering leidt niet tot een andere categorie) volgt de Toets op Maat. Wanneer geen ToM methode beschikbaar is of de inspanning voor de Toets op Maat niet in verhouding staat tot de mogelijke winst (kleine kans op alsnog goedkeuren), kan de beheerder gemotiveerd stoppen.

## 7.3 Microstabiliteit (STMI)

### 7.3.1 Algemeen

Microstabiliteit is het gevolg van een hoge freatische lijn die t.p.v. de binnenteen van de dijk zorgt voor opdrukken, afschuiven of uitspoelen van de deklaag, waardoor het profiel wordt aangetast. Wanneer er een te klein/laag restprofiel overblijft, is overstroming het gevolg. Dit mechanisme is vrijwel onveranderd t.o.v. het vorige WTI en wordt ook niet probabilistisch berekend.

#### *Voorwaarden optreden microstabiliteit*

Micro(in)stabiliteit kan alleen optreden bij dammen en dijken. Als aan één of meerdere van de in paragraaf 8.1 van Bijlage III beschreven vier criteria wordt voldaan, dan is de kans op microstabiliteit verwaarloosbaar klein (eenvoudige toets).

### 7.3.2 Beoordeling

Er is een eenvoudige en een gedetailleerde beoordeling beschikbaar voor STMI.

Wanneer niet aan de eenvoudige toets wordt voldaan, maar het overslagdebiet bij de norm (en dus niet bij de GEKB-doorsnede-eis) is groter dan 0,1 l/s/m (check met Riskeer), dan hoeft niet aan het mechanisme microstabiliteit te worden getoetst (toepassingsvoorwaarde gedetailleerde toets). In dat geval wordt de beheerder doorgeleid naar de toets voor het afschuiven van deklaag als gevolg van infiltratie door overslag (toetsspoor GABI, o.a. Edelman Joustra criterium).

De manier waarop een dwarsprofiel moet worden geschematiseerd om de golfoverslag te kunnen berekenen is uitgebreid beschreven in de SH Hoogte.

De beheerder motiveert voor elk vak waarom microstabiliteit al dan niet is uitgesloten (aanwezigheid).

Voor de vakken waarvoor microstabiliteit in de gedetailleerde toets beschouwd moet worden, geeft de beheerder aan welke methode hij hanteert: de evenwichtsvergelijkingen uit Bijlage C van de SH en/of het restprofielcriterium.

Beschouwd worden de volgende sporen voor een zanddijk met kleibekleding:

- opdrukken deklaag
- uitspoeling van zand
- afschuiven bekleding

Voor gangbare zanddijken met een kleibekleding zijn het opdrukken en het uitspoelen van zand maatgevend ten opzichte van het afschuiven van de bekleding.

Voor een zanddijk met talud boven water en een zanddijk talud onder water (zonder kleibekleding) zijn aparte evenwichtsformules afgeleid.

Voor elk vak wordt voor de betreffende sporen een Stabiliteitsfactor (SF) bepaald. Deze berekeningen worden gefaciliteerd in de Excel-rekenbladen ([GitHub](#)).

*Relevante Hydraulische Belastingen*

Drijvende kracht is een verhoogde buitenwaterstand, die zorgt voor een hogere freatische lijn die op zijn beurt weer voor druk op bekleding van het binnentalud zorgt (afschuiven, opbarsten) en/of uitspoelen van zand.

*Vakindeling*

Ook bij microstabiliteit geldt dat van grof naar fijn werken loont. Microstabiliteit dient eerst op zo veel mogelijk strekkingen te worden uitgesloten, op basis van de eenvoudige toets-criteria en overslagdebieten groter dan 0,1 l/s/m (gedetailleerd).

*Bodemopbouw & grondonderzoek*

Er is voor de eenvoudige en gedetailleerde toets beperkt grondonderzoek nodig. Van de zandkern is de bulkdoorlatendheid nodig en van de kleibekleding zowel de dikte als de cohesie en hoek van inwendige wrijving. Deze gegevens zullen in de meeste gevallen al beschikbaar zijn bij de beheerder. Mochten er geavanceerde berekeningen nodig zijn, bijvoorbeeld om de waterdruk bij de teen beter te berekenen, of om de doorlatendheid van de kleibekleding in rekening te brengen, dan zijn meer gegevens nodig (Toets op Maat).

In Bijlage III wordt ook de mogelijkheid geboden voor een restprofielbenadering.

**7.3.3** *Aandachtspunten*

De berekening met de analytische formules is erg foutgevoelig, bijvoorbeeld omdat graden en radialen door elkaar gebruikt worden. Als de beheerder van een eigen gemaakte spreadsheet gebruik maakt, is het raadzaam vragen of de rekenvoorbeelden uit de SH zijn nagerekend en tot dezelfde resultaten leiden. De Excel-rekenblad ([GitHub](#)) kunnen ook ter controle worden gebruikt.

Bij zanddijken met een kleibekleding is volgens de SH de laagste van de drie berekende veiligheidsfactoren maatgevend. Wanneer de beheerder aantoont dat er geen scheuren ontstaan als gevolg van opdrukken/opbarsten, graverij of andere oorzaak, is uitspoelen van zand niet mogelijk en zou dan ook moeten worden uitgesloten. Alleen opbarsten, zonder uitspoelen leidt ook niet tot falen.

**7.3.4** *Parameters*

In de schematiseringshandleiding Microstabiliteit staan de parameters beschreven die van belang zijn voor het maken van een goede schematisering. Tevens is daarbij aangegeven op welke wijze de onzekerheid rondom deze parameters binnen een vak wordt verdisconteerd (i.e. representatief profiel, scenario of stochast). De beheerder dient helder aan te geven welke waarden zijn gebruikt en wat de bron is waar ze van afkomstig zijn, of hoe ze zijn bepaald. In Hoofdstuk 6 van de SH Microstabiliteit staan alle parameters beschreven en is te vinden wat de parameter voorstelt, hoe deze bepaald moet worden en wat de aandachtspunten zijn.

**7.3.5** *Keuze vervolgstappen**1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

In de evenwichtsvergelijkingen van Bijlage C van de SH zijn een aantal parameters te variëren. In een spreadsheet is snel te zien of een minder hoge freatische lijn nabij de teen soelaas biedt. Verder opdelen van vakken kan ook nuttig zijn, net als het beter bepalen van de dikte van de kleilaag. De beheerder moet de gevoeligheid van de bepalende parameters in beeld gebracht hebben.

### *2. Toets op Maat*

Er wordt in de SH voor opdruk-, uitspoel- en/of glijvlakanalyses verwezen naar TR Waterkerende Grondconstructies. Zo is een EEM som mogelijk, waarbij daadwerkelijk berekend wordt wat er, gegeven grondwaterstroming en grondeigenschappen, gebeurt in de teen van de dijk. Ook kan in de Toets op Maat voor de stabiliteit van een kleilaag gebruik worden gemaakt van de methode Spencer – Van der Meij.

### *3. Stoppen*

Als na de gedetailleerde toets nog geen stabiel oordeel wordt verkregen (aanvullend onderzoek leidt niet tot een andere categorie) volgt de Toets op Maat. Wanneer geen ToM methode beschikbaar is of de inspanning voor de Toets op Maat niet in verhouding staat tot de mogelijke winst (kleine kans op alsnog goedkeuren), kan de beheerder gemotiveerd stoppen.

## 7.4 Bekleding – Golfklappen op asfaltbekleding (AGK)

### 7.4.1 Algemeen

Bij de beoordeling van asfaltbekleding wordt er op twee faalmechanismen beoordeeld:

1. Falen door golfklappen (AGK) en
2. falen door wateroverdrukken (AWO).

Beide mechanismen vallen onder de beoordelingsprocedure Bekleding – Asfalt. In dit hoofdstuk wordt AGK behandeld.

Een asfaltbekleding is voornamelijk aanwezig op zee- en meerdijken en beschermt het dijklichaam tegen erosie en stroming. Bij maatgevende condities kan golfklapbelasting door golven vervorming (o.a. scheuren) in het asfalt veroorzaken. Op het talud brekende golven (drukstoten) veroorzaken spanningen in het asfalt waardoor vermoeiing van het asfalt optreedt, waardoor het asfalt uiteindelijk kan bezwijken. Bij bezwijking komt de kern van de dijk (meestal zand, soms klei of keileem) bloot te liggen waardoor uitspoeling en verdere erosie kan optreden.



In de waterbouw worden verschillende typen asfaltbekleding onderscheiden. Sommige (delen van) toetsproeven hebben alleen betrekking op één type asfaltbekleding. De typen asfalt die worden gebruikt op waterkeringen zijn:

- Waterbouw-asfaltbeton (WAB)
- Vol en zat gepenetreerde breuksteen (V&ZG)
- Asfaltmastiek
- Dicht steenasfalt
- Geprefabriceerde open steenasfaltmatten (eventueel met wapening)
- Open steenasfalt (OSA)
- Zandasfalt (toplaag of onderlaag)
- Patroon gepenetreerde breuksteen

### 7.4.2 Beoordeling

Algemeen:

- Golfklappen op asfaltbekleding (AGK) wordt binnen het WBI ook wel aangeduid als 'Golfklap'.
- Voor AGK bestaat voor alle typen asfaltbekleding een eenvoudige toets. Alleen voor waterbouw-asfaltbeton (WAB) is er een gedetailleerde toets beschikbaar.
- Het verschil tussen WTI 2006 en WBI 2017 bij AGK is een nieuw softwarepakket (Basis Module (BM) Asfalt GOLFKLAP) voor de gedetailleerde toets voor WAB. Het is vergelijkbaar met het oude pakket, maar er komt nu ook een veiligheidsoordeel uit.

*De eenvoudige toets*

De eenvoudige toets wordt uitgevoerd aan een drietal beslisregels en is voor alle typen asfaltbekleding beschikbaar. De eenvoudige toets wordt gefaciliteerd in de Excel Rekenbladen ([GitHub](#)) .

*De gedetailleerde toets*

De gedetailleerde toets 2a bestaat uit 2 beslisregels die trapsgewijs worden doorlopen. In stap G.1 wordt bepaald of de beslisregel uit stap G.2 mag worden toegepast. Indien dit niet het geval is (antwoord 'nee') kan er op basis van de gedetailleerde toets geen oordeel worden geveld.

In stap G.2 wordt de daadwerkelijke beoordeling uitgevoerd in de vorm van een veiligheidsoordeel.

De hoogste waarde voor de vermoeiingsschade ( $M_{max}$ ) volgt uit GOLFKLAP.

In de Excel rekenbladen ([GitHub](#)) kan deze waarde worden gecombineerd met de overige eigenschappen tot een gedetailleerd oordeel dat vervolgens door de beheerder in Riskeer wordt geregistreerd (check).

### 7.4.3 Aandachtspunten

*Hydraulische Belastingen*

- Bij dit toetsspoor moet door de beheerder de invloed van eventuele voorlanden en dammen tussen het uitvoerpunt voor de Hydraulische Belastingen en de waterkering worden meegenomen (zie SH hydraulische condities bij de dijkteen). Zie ook de Handreiking van de POV voorlanden.
- De  $H_{m0}$  (significante golfhoogte) voor de eenvoudige toets, uit marginale statistiek en exclusief voorland/havendam is niet gelijk aan die t.b.v. de gedetailleerde toets: deze laatste wordt bepaald conform de voormalige Q-variant.

*Gegevensverzameling inclusief grondonderzoek*

- De meeste asfaltbekledingen zullen in het verleden al een keer beoordeeld zijn, zodat het merendeel van de gegevens al eens is bepaald en verzameld. Voor een aantal sterkte parameters dient de beheerder de actualiteit van de gegevens te beschouwen omdat degradatie toeneemt met de leeftijd.
- Met name de sterkteparameters zijn verouderingsgevoelig, waardoor zij moeten worden bepaald met het zogenaamde Levensduurmodel. Hiermee kan de beheerder een prognose voor de huidige en toekomstige (op peildatum) buigsterkte worden gemaakt op basis van de leeftijd van het materiaal, het % holle ruimte en eerder bepaalde buigsterktes. Dit model kan toegepast worden mits de maximale leeftijd van het asfalt niet is overschreden, zie tab. 5.3 uit SH.

Andere parameters waarbij het leeftijds criterium toegepast dient te worden bij data inwinning:

- Dikte van het asfalt
- Constructie opbouw: De gedetailleerde toets onderscheid 3 typen constructieopbouw:
  1. Enkele asfaltlaag
  2. Dubbele asfaltlaag, goede hechting
  3. Dubbele asfaltlaag, onvoldoende hechting

De beheerder moet in de beoordeling bij dubbel asfalt met een goede hechting kunnen aantonen en onderbouwen dat het dubbelle asfalt daadwerkelijk een goede hechting heeft.

#### 7.4.4 *Parameters*

In hoofdstuk 5 van de schematiseringshandleiding asfaltbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Ook is daar een opsomming van alle parameters gegeven en een verwijzing naar overige paragrafen in deze SH waar meer informatie is te vinden

#### 7.4.5 *Keuze vervolgstappen*

Als de eenvoudige toets of de gedetailleerde toets niet tot een voldoende oordeel leiden, zijn er voor de beheerder 3 opties mogelijk:

##### *1. Aanscherpen schematisering eenvoudige en/of gedetailleerde toets (iteratie).*

- Eenvoudige toets: Vakindeling kan verder geoptimaliseerd worden. Aangezien er in de deterministische toets sprake is van deterministische waarden zal verdere optimalisatie van invoerparameters niet veel helpen.
- Gedetailleerde toets: optimaliseren vakindeling (zie eenvoudige toets) en nader onderzoek om onzekerheid in parameters te reduceren (scherpere waarden mogelijk). Wellicht zou – indien de zwaarst belaste delen niet de steilste zijn- de taludsteilheid aangepast kunnen worden).

##### *2. Toets op Maat*

Zie par. 9.3 van Bijlage III.

Als het resultaat van de gedetailleerde toets stabiel is (aanvullend onderzoek en dus aanscherpen van de schematisering leidt niet tot een andere categorie), maar het vak voldoet nog niet aan de norm, volgt de Toets op Maat.

##### *3. Stoppen*

Wanneer geen ToM methode beschikbaar is of de inspanning voor de Toets op Maat niet in verhouding staat tot de mogelijke winst (kleine kans op alsnog goedkeuren), kan de beheerder gemotiveerd stoppen.



## 7.5 Bekleding – Wateroverdruk bij asfaltbekleding (AWO)

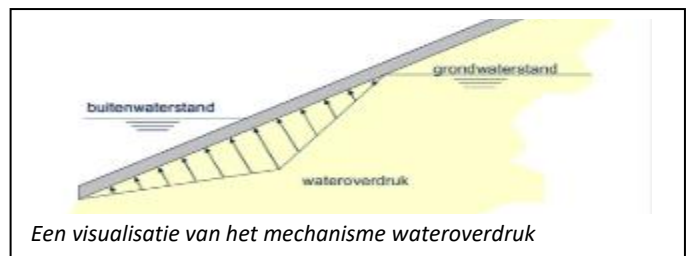
### 7.5.1 Algemeen

Bij de beoordeling van asfaltbekleding (het betreft voornamelijk zee- en meerdijken) wordt er op twee faalmechanismen beoordeeld: 1) Falen door golfklappen (AGK) en 2) falen door wateroverdrukken (AWO). Beide mechanismen vallen onder de beoordelingsprocedure Bekleding – Asfalt. In dit hoofdstuk wordt AWO behandeld.

Een asfaltbekleding beschermt de koring tegen erosie en stroming. Bij niet-doorlatende dijkbekledingen kunnen wateroverdrukken onder de bekleding ontstaan.

Wanneer de opwaartse druk van het water in de

dijk groter is dan het tegengewicht van de bekleding, wordt de bekleding plaatselijk opgelicht waardoor materiaal zich in eerste instantie zal ophopen. Bij doorgaande belasting leidt dit tot deformatie van het asfalt (scheuren) waardoor het onderliggende grondlichaam (meestal zand) deels bloot komt te liggen.



Voorwaarden optreden falen t.g.v AWO:

- Er is sprake van een dijk en dam (geen duinen, kunstwerken).

### 7.5.2 Beoordeling

Algemeen

- Opdrukken asfalt door wateroverdruk (AWO) wordt binnen het WBI ook wel aangeduid als Wateroverdruk.
- Er bestaat voor dit toetspooor alleen een eenvoudige toets.
- Het verschil tussen WTI 2006 en WBI 2017 is zeer beperkt (nagenoeg gelijk gebleven).

*De eenvoudige toets*

De eenvoudige toets is voor alle typen asfalt beschikbaar en kent drie beslisregels. De eerste en derde beslisregel kunnen leiden tot oordeel 'faalkans verwaarloosbaar klein' voor dit mechanisme. De tweede beslisregel leidt niet tot een oordeel over de veiligheid, maar oordeelt of de derde beslisregel mag worden toegepast ('ingangstoets').

Het resultaat van de eenvoudige toets is goed- of afkeuring per vak. Deze beoordeling per vak wordt door de beheerder ingevoerd in RisKeer.

Voor een uitgebreidere toelichting van de beslisregels wordt verwezen naar WBI2017 Bijlage III par. 10.1

De eenvoudige toets wordt gefaciliteerd in de Excel rekenbladen ([GitHub](#)).

*Gedetailleerde toets*

Er is geen gedetailleerde toets voor AWO.

### 7.5.3 *Aandachtspunten*

#### *vakindeling en schematisatie dwarsprofiel*

- Voor de indeling in dijkvakken zijn voor asfaltbekledingen meestal de volgende drie aspecten leidend:
  - De eigenschappen van de betreffende bekleding.
  - De geometrie van het dijkprofiel en het eventueel aanwezige voorland.
  - De hydraulische belastingen.
- Bij asfaltbekleding is de vakindeling naast horizontaal ook verticaal mogelijk in boven elkaar gelegen stroken (zie par. 3.2 SH). Bij steenbekledingen is deze verticale indeling niet mogelijk.
- Taludhelling - Voor geometrie moet vooral worden gelet op de taludhelling. Hoe steiler het talud, des te zwaarder de golfbelasting op de asfaltbekleding en des te ongunstiger de stabiliteit.
- Onderrand van de dichte bekleding - Hoe lager deze ligt des te ongunstiger kan de beoordeling uitpakken. Het laagste punt van de te beoordelen bekleding moet dus worden gebruikt als onderrand van de bekleding in de schematisering.

#### *Aandachtspunten bij de Hydraulische Belastingen*

De meeste asfaltbekledingen zullen in het verleden al een keer beoordeeld zijn, zodat het merendeel van de gegevens al eens is bepaald en verzameld. Voor een aantal sterkte parameters kan het van belang zijn de actualiteit van de gegevens te beschouwen omdat degradatie toeneemt met de leeftijd.

### 7.5.4 *Parameters*

In hoofdstuk 5 van de SH asfaltbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Ook is daar een opsomming van alle parameters gegeven en een verwijzing naar overige paragrafen in deze SH waar meer informatie is te vinden.

### 7.5.5 *Keuze vervolgstappen*

Als de eenvoudige toets niet leidt tot een oordeel 'faalkans verwaarloosbaar' zijn er 3 opties mogelijk:

#### *1. Aanscherpen eenvoudige toets (iteratie).*

Dit leidt waarschijnlijk niet tot optimalisatie (deterministische waarden) tenzij vakindeling verder geoptimaliseerd kan worden (zie paragraaf 6.4).

#### *2. Toets op Maat*

Als het resultaat van de eenvoudige toets stabiel is (aanvullend onderzoek en dus aanscherpen van de schematisering leidt niet tot een andere categorie), maar het vak voldoet nog niet aan de norm, volgt de Toets op Maat.

Een zandasfalt onderlaag wordt niet meegenomen in de eenvoudige toets. Als deze wel aanwezig is mag, mits de hechting tussen de toplaag en de onderlaag wordt aangetoond, kan het gewicht van deze onderlaag in de toets op maat worden meegeteld. Specifieke ToM methodes zijn verder niet bekend.

#### *3. Stoppen*

Wanneer geen ToM methode beschikbaar is of de inspanning voor de Toets op Maat niet in verhouding staat tot de mogelijke winst (kleine kans op alsnog goedkeuren), kan de beheerder gemotiveerd stoppen.

## **7.6 Grasbekleding, erosie buitentalud (GEBU)**

### *7.6.1 Algemeen*

Gras aan de buitenzijde wordt door golfploop en –klappen belast. De grasbekleding kan stuk gaan en de onderliggende laag eroderen, met een overstroming tot gevolg.

### *7.6.2 Beoordeling*

Er bestaat een eenvoudige toets voor gras op het buitentalud en de gedetailleerde toets is ofwel een toets op Golfklap, ofwel op Golfploop, afhankelijk van de positie van de grasmat (boven dan wel onder de waterstand  $h$ ).

#### *Eenvoudige toets*

De eenvoudige toets is feitelijk een invuloefening, waarbij voor elk vak de beoordeling in 4 stappen met elk enkele criteria leidt tot 'faalkans verwaarloosbaar' of 'door naar de gedetailleerde toets'. De gedetailleerde toets heeft vervolgens weer 2 toepassingsvoorwaarden (talud flauwer dan 1:2,5 en een open of gesloten zode).

De eenvoudige toets wordt gefaciliteerd in de Excel Rekenbladen ([GitHub](#)) en is door de inspecteur gemakkelijk te controleren.

#### *Gedetailleerde toets*

Als uit de Eenvoudige Toets volgt dat de Gedetailleerde Toets kan worden toegepast, moet worden getoetst op golfploop in de golfploopzone of golfklap in de golfklapzone.

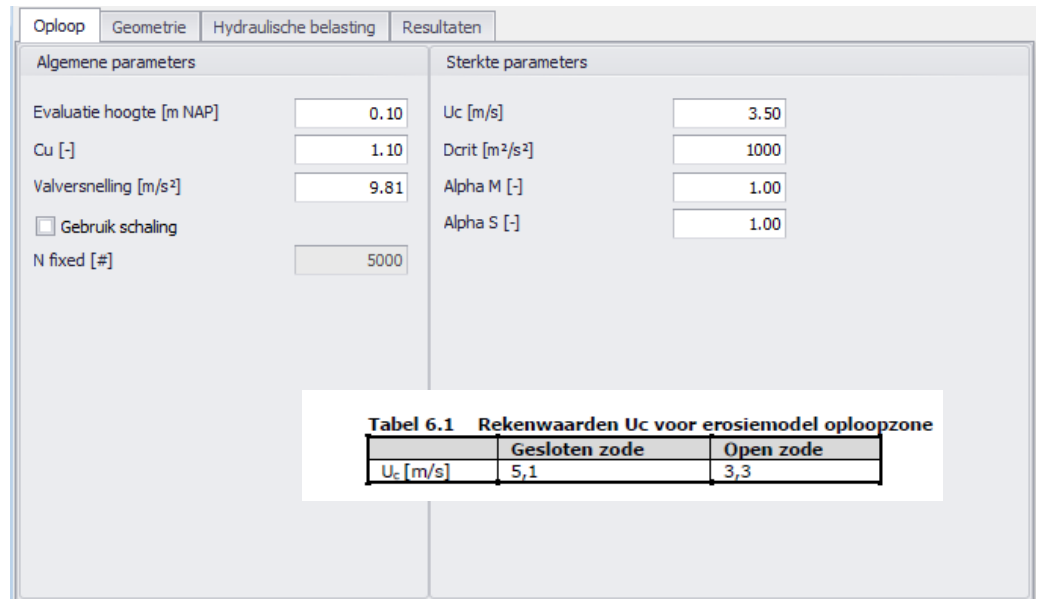
Indien de bekleding ligt onder de waterstand ( $h$ ) behorend bij de faalkanseis van de doorsnede ( $P_{eis;dsn}$ ), dan ligt de bekleding in de golfklapzone en wordt verder gegaan met Stap G.2b. Ligt de bekleding boven deze waterstand, oftewel in de golfploopzone, dan wordt verder gegaan met Stap G.2a. (zie Bijlage III).

Het betreft een semi-probabilistische berekening die door de beheerder wordt uitgevoerd met standalone software, BM-Gras BuitenTalud (Zie paragraaf 2.5.5). De software rekent voor zowel golfploop als golfklap een veiligheidsfactor uit. Voor oploop wordt de cumulatieve overbelasting bepaald en is de verhouding tussen de cumulatieve overbelasting en het criterium daarvoor de veiligheidsfactor. Voor golfklap wordt de totale faalfractie bepaald voor top- en sublaag. De veiligheidsfactor is vervolgens gelijk aan 1/faalfractie.

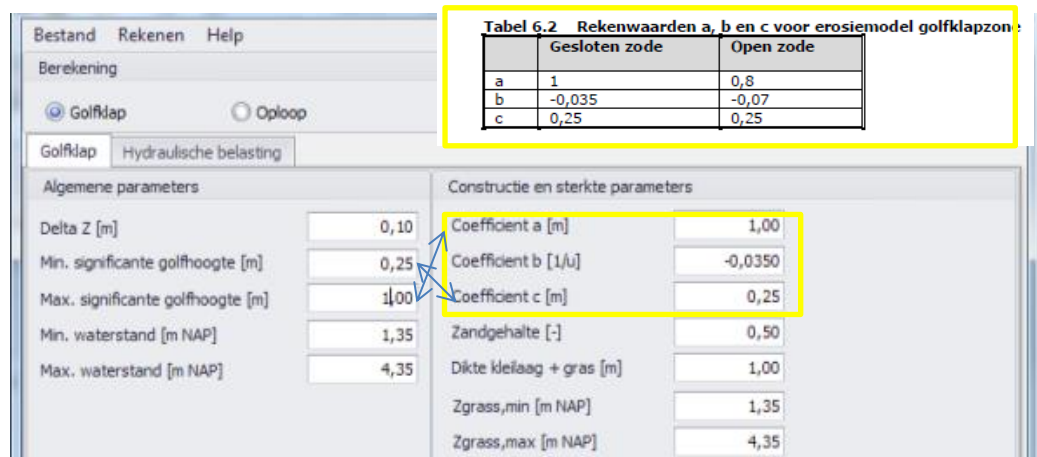
Stap G.2a: Analyse belasting en sterkte grasbekleding in de golfploopzone.

Stap G.2b: Analyse belasting en sterkte grasbekleding in de golfklapzone.

Als het hele buitentalud is bekleed met gras kan er van worden uitgegaan dat de grasbekleding ook in de golfklapzone ligt.



Figuur 32 Invoerscherm golfoploop (G2a)



Figuur 33 Invoerscherm golfklap (G2b)

De gedetailleerde toets wordt in de Excel-rekenbladen gefaciliteerd ([GitHub](#)). Input is de veiligheidsfactor, zoals bepaald met BM-GrasBuitenTalud.

### 7.6.3 Aandachtspunten

#### Relevante Hydraulische Belastingen

- Waterstand en golfhoogte  $H_{m0}$  bij een overschrijdingskans gelijk aan de norm volgen uit de WBI software. Let op dat er in de eenvoudige toets op een andere manier een  $H_{m0}$  dient te worden bepaald. (Eenvoudige toets:  $H_{m0}$  bij de norm o.b.v. marginale statistiek. Gedetailleerde toets met Q-variant).
- De rekenwaarde van de golfhoogte volgt uit RisKeer. Er wordt gerekend met de significante golfhoogte op basis van marginale statistiek, bij een overschrijdingskans gelijk aan de norm. Verder is voor de gedetailleerde toets het waterstandverloop nodig, dat met de Waterstandsverloop Tool kan worden bepaald.

In de SH wordt uitgelegd hoe waterstand/golfcombinaties en belasting duur (storm) precies moeten worden bepaald voor de gedetailleerde toets met BM

GrasBuitenTalud. In elk geval wordt er gerekend met combinaties van waterstand en golfhoogte (Q-variant).

#### *Vakindeling*

Bepalende parameters voor het indelen in vakken zijn die parameters die het rekenresultaat bepalen zoals de hoogte van de onderzijde van de grasmat, de golfhoogte, de buitenwaterstand en de kwaliteit van de graszode. In de SH wordt de beheerder aanbevolen om golfhoogtecriteria van 0,25 m, 0,7 m en 1 m te hanteren bij het maken van een vakindeling voor de beoordeling van grasbekledingen in de golfklapzone. De beheerder moet kunnen aangeven hoe hij tot een indeling in vakken is gekomen en dat verkleinen van vakken niet tot andere categorieën leidt.

#### *Gegevensverzameling*

Voor Graserosie Buitentalud zijn niet heel veel gegevens nodig. De al vaker besproken geometrie (Schematiseringshandleiding Hoogte) levert de helling van het buitentalud en de hoogte van de kruin. Net als bij de beoordeling van gras op het binnentalud is ook op het buitentalud de kwaliteit van de grasmat een belangrijke parameter en de hoogteligging van het gras. Is de kwaliteit van het gras fragmentarisch, dan is er geen gedetailleerde methode beschikbaar en komt de beheerder in een Toets Op Maat terecht. De beheerder heeft er voor te zorgen (zorgplicht) dat de kwaliteit van de grasmat zo goed mogelijk is. Hij moet de (goede) situatie op peildatum schematiseren, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat het praktisch gezien onmogelijk is om een goede kwaliteit te bereiken.

#### *Bodemopbouw & grondonderzoek*

Voor de beoordeling van gras op het buitentalud is de dikte en samenstelling van de onderlaag van belang. Zo is het zandgehalte een invoerparameter in de (standalone) software en moet daar ook de dikte van de onderlaag worden opgegeven. Deze gegevens komen uit standaard veld- en laboratoriumonderzoek.

#### 7.6.4 *Parameters*

In hoofdstuk 6 van de Schematiseringshandleiding grasbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Tevens is er een beschrijving van hoe de parameters bepaald worden, of worden defaultwaarden gegeven van een aantal parameters die van belang zijn voor de analyses.

#### 7.6.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

Voor de beoordeling van het gras op het buitentalud in de gedetailleerde toets wordt gebruik gemaakt van de Standalone Tool Gras Buitentalud. Een aantal parameters moet de beheerder zelf bepalen, andere zoals het criterium voor de cumulatieve overslagbenadering, worden default gegeven. Mocht er een veiligheidsfactor kleiner dan 1 uit de berekening komen, dan kan worden overwogen de default parameters onderbouwd aan te passen.

##### *2. Toets op Maat*

Als het resultaat van de gedetailleerde toets stabiel is (aanvullend onderzoek en dus aanscherpen van de schematisering leidt niet tot een andere categorie), maar het vak voldoet nog niet aan de norm, volgt de Toets op Maat. Er zijn geen ToM methoden beschreven, wat niet betekent dat er geen mogelijkheden zijn om tot een scherper oordeel te komen.

### *3. Stoppen*

Wanneer geen ToM methode beschikbaar is of de inspanning voor de Toets op Maat niet in verhouding staat tot de mogelijke winst (kleine kans op alsnog goedkeuren), kan de beheerder gemotiveerd stoppen.

## 7.7 Grasbekleding, afschuiven buitentalud (GABU)

### 7.7.1 *Algemeen*

Afschuiven kan plaatsvinden in de golfklapzone, het taluddeel tussen de waterstand bij de trajectnorm en het niveau met een kans van overschrijden van 1/10 per jaar. Beide niveaus zijn met Riskeer te bepalen. De beoordeling is feitelijk een evenwichtsbeschouwing.

### 7.7.2 *Beoordeling*

Voor dit toetsspoor is een eenvoudige toets beschikbaar, waarvan ook een Excel-rekenblad beschikbaar is ([GitHub](#)). Per vak geeft de beheerder aan of er een kleikern en/of zandscheg aanwezig en of de kleilaagdikte kleiner is dan de golfhoogte. Voldoet de eenvoudige toets niet, dan wordt de beheerder ofwel naar de Toets op Maat gestuurd, ofwel naar de Gedetailleerde Toets, afhankelijk of aan de toepassingsvoorwaarden voldaan wordt.

Het betreft een empirische formule, waarvoor de beheerder alleen de golfhoogte (Hm0), de taludhelling, de dikte en het volumiek gewicht van de kleilaag op het buitentalud in moet voeren. Het resultaat van de toetsing is het al dan niet halen van het gestelde criterium (voldoet, voldoet niet).

### 7.7.3 *Aandachtspunten*

#### *Relevante Hydraulische Belastingen*

Alleen de significante golfhoogte bij de trajectnorm (op basis van marginale statistiek is relevant).

Bij de gedetailleerde toets kan voorland/havendamreductie worden meegenomen. Aanbevolen wordt verschillende scenario's te berekenen (met en zonder voorland).

#### *Vakindeling*

Aanbevolen wordt om in eerste instantie de criteria uit de eenvoudige toets (o.a. golfhoogte) te hanteren voor de vakgrenzen.

### 7.7.4 *Parameters*

In hoofdstuk 6 van de Schematiseringshandleiding grasbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Tevens is er een beschrijving van hoe de parameters bepaald worden, of worden defaultwaarden gegeven van een aantal parameters die van belang zijn voor de analyses.

### 7.7.5 *Keuze vervolgstappen*

#### *1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

Er zijn weinig mogelijkheden tot aanscherpen van schematisatie.

#### *2. Toets op Maat*

Als het resultaat van de gedetailleerde toets stabiel is (aanvullend onderzoek en dus aanscherpen van de schematisering leidt niet tot een andere categorie), maar het vak voldoet nog niet aan de norm, volgt de Toets op Maat. Er zijn geen ToM methoden beschreven, wat niet betekent dat er geen mogelijkheden zijn om tot een scherper oordeel te komen.

#### *3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel

meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).



## 7.8 Grasbekleding, erosie kruin en binnentalud (GEKB)

### 7.8.1 *Algemeen*

Indien gras op kruin en/of binnentalud aanwezig is, moet op GEKB worden beoordeeld. De beoordeling komt gelijk in de gedetailleerde toets terecht. Dit toetsspoor heeft een aanzienlijke bijdrage aan de faalkansruimte (standaard 0,24).

Een goede schematisering van het profiel is voor alle vier de 'gras-sporen' zeer relevant. Hiervoor zijn de schematiseringshandleiding Hoogte en de Schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen geschreven.

### 7.8.2 *Beoordeling*

Er is geen eenvoudige toets beschikbaar. De beheerder start dus gelijk bij de gedetailleerde, probabilistische toets en voert die uit met RisKeer.

De sterkte van de grasbekleding wordt in de gedetailleerde toets gekarakteriseerd door een kansverdeling van het kritisch overslagdebiet. Het gemiddelde en de standaardafwijking van de kansverdeling zijn afhankelijk van de kwaliteit van de zode (open zode of gesloten zode) en van de golfhoogteklasse waar de dijk in valt.

Wanneer aan de drie toepassingsvoorwaarden uit Bijlage III wordt voldaan, volgt een *probabilistische berekening met de WBI software*. 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 grasmatten geldt. De doorsnede-eis moet worden bepaald en de N-waarde is gegeven.

### 7.8.3 *Aandachtspunten*

De keuzevrijheid voor de beheerder is beperkt. Het gaat er met name om dat het profiel goed is geschematiseerd, inclusief voorland, taludhelling en -ruwheid. Hiervoor zijn de schematiseringshandleidingen beschikbaar.

#### *Relevante Hydraulische Belastingen*

Voor de probabilistische berekening (gedetailleerde toets) is per vak een gemiddelde ( $\mu$ ) en een standaardafwijking ( $\sigma$ ) nodig van het kritieke overslagdebiet, als functie van de golfhoogte. Deze waarden zijn gegeven in de SH Gras (paragraaf 6.7.4 Parameters kritisch overslagdebiet), als functie van graskwaliteit en golfhoogte. Verder moet in de software elk profiel worden gekoppeld aan een uitvoerpunt voor hydraulische belastingen en moet worden aangegeven of er sprake is van havendammen en/of voorland en/of de aanwezigheid van een damwand in de dijk.

De beheerder moet helder toelichten hoe de hydraulische belastingen aan de dijkteen zijn bepaald. Tevens hoort er een heldere motivatie bij de kwaliteit van het gras op peildatum, zeker omdat voor een fragmentarische zode geen gedetailleerde methode beschikbaar is.

Er dient in de gedetailleerde toets rekening gehouden te worden met toeslagen, voor buistoten, buioscillaties en seiches.

De beheerder voert een HBN berekening uit met 0,1 l/s/m. Het resultaat wordt vergeleken met de doorsnede-eis.

#### *Vakindeling*

Vakgrenzen worden naast de in paragraaf 6.4 genoemde generieke redenen bepaald door het golfoverslagdebiet (afhankelijk van met name de ligging t.o.v. de wind en de geometrie), de kwaliteit van de zode en de helling van het binnentalud.

#### *Gegevensverzameling*

Er moet door de beheerder vooral aandacht worden geschonken aan de oriëntatie en geometrie van de profielen, de kleilaagdikte en de kwaliteit van het gras. Verder zijn er voor de berekening met de WBI software weinig gegevens nodig.

#### *Bodemopbouw & grondonderzoek*

Bij de beoordeling van de grasmat op erosie zijn alleen de toplaag, de zode zelf (kwaliteit) en de onderliggende grond (toplaag en laag daar direct onder; zand of klei) van belang. De diepere ondergrond speelt geen rol. Onderzoek spitst zich dan ook met name toe op de kwaliteit van de grasmat.

#### 7.8.4 *Parameters*

In hoofdstuk 6 van de schematiseringshandleiding grasbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Tevens is er een beschrijving van hoe de parameters bepaald worden, of worden defaultwaarden gegeven van een aantal parameters die van belang zijn voor de analyses.

#### 7.8.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *1. Aanscherpen schematisering gedetailleerde toets (iteratie).*

Gevoeligheidsanalyses met bijvoorbeeld voorland (aanwezig ja/nee), taludruwheden en graskwaliteit geven aan in hoeverre deze van invloed zijn op het toetsresultaat. Het betreft keuzes in de schematisering (scenario's) en niet zo zeer extra gegevens die tot een aanpassing van de schematisatie of parameters en daarmee het resultaat leiden.

Wederom geldt dat niet de huidige situatie buiten dient te worden beoordeeld, maar de verwachte situatie op peildatum. Dat betekent dat als een schade aan de grasmat, of achterstallig onderhoud, zorgt voor de typering fragmentarisch, dat geen reden is om het ook zo te beoordelen.

##### *2. Toets op Maat*

In de SH worden geen richtingen genoemd voor geavanceerde analyses (Toets op Maat). Mogelijk dat de beheerder locatiespecifiek onderzoek kan uitvoeren om het kritieke overslagdebiet te bepalen (gemiddelde en standaardafwijking). Bepaald kan in elk geval worden welke waarden minimaal nodig zijn om de eis te halen. Vervolgens moet door de beheerder worden ingeschat of dergelijke waarden met locatiespecifiek onderzoek te realiseren zijn. De beheerder moet kunnen aangeven of hij dit heeft onderzocht en zo nee, waarom niet.

##### *3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.9 Grasbekleding afschuiven binnentalud (GABI)

### 7.9.1 Algemeen

Dit mechanisme moet door de beheerder worden beschouwd als het kritisch overslagdebiet groter is dan 0,1 l/s/m, per vak te berekenen met de WBI software (gedetailleerde toets, overslagdebiet op basis van HBN berekening van feitelijk dijkprofiel inclusief voorland bij de trajectnorm).

### 7.9.2 Beoordeling

Zowel voor de eenvoudige als de gedetailleerde toets geldt dat als het debiet kleiner is dan 0,1 l/s/m, het toetsspoor **microstabiliteit** moet worden gevolgd, wat voor een kleidijk (klei op klei) tot dezelfde formule voor afschuiven leidt in de gedetailleerde toets: het Edelman Joustra criterium.

Als gevolg van een hoge freatische lijn kan:

1. de toplaag opdrukken
2. de toplaag afschuiven
3. zand uitspoelen door de toplaag

Op deze drie sporen moet worden getoetst.

Voor dit toetsspoor zijn verschillende Excel-rekensheets beschikbaar:

1. Eenvoudige Toets Afschuiven Gras Binnentalud
2. Gedetailleerde Toets Afschuiven Gras Binnentalud (Edelman Joustra, klei op klei)
3. Eenvoudige en Gedetailleerde Toets Microstabiliteit kleibekleding op zanddijk

#### *Eenvoudige Toets*

De eenvoudige toets GABI bestaat uit vier regels. Als aan minimaal één van de regels is voldaan, leidt dat tot goedkeuren.

De eenvoudige toets wordt gefaciliteerd in de Excel rekensheets ([GitHub](#)).

#### *Gedetailleerde toets*

De gedetailleerde toets betreft een evenwichtsvergelijking van de afschuivende grondmoot. Deze vergelijking is beschreven in Bijlage D van de SH Grasbekleding, en par. 6.6 van de SH voor de parameterbepaling.

Ook de gedetailleerde toets GABI wordt gefaciliteerd in de Excel Rekenbladen ([GitHub](#)).

### 7.9.3 Aandachtspunten

#### *Relevante Hydraulische Belastingen*

Voor dit toetsspoor geldt dat de verhoging van de freatische lijn als gevolg van hoge waterstand (indringing) en golfoverslag (infiltratie) de bepalende belasting is. De tijdsduur van het hoge water bepaald zowel de indringingslengte als de hoeveelheid water die door de deklaag heen het talud infiltreert.

### 7.9.4 Parameters

In hoofdstuk 6 van de Schematiseringshandleiding grasbekleding staan de verschillende deeltoetsen en parameters die daarvoor van belang zijn beschreven. Tevens is er een beschrijving van hoe de parameters bepaald worden, of worden

defaultwaarden gegeven van een aantal parameters die van belang zijn voor de analyses.

7.9.5 *Keuze vervolgstappen*

Zie STMI, paragraaf 7.3.

## 7.10 Stabiliteit steenzetting (ZST)

### 7.10.1 Algemeen

De sterkte van een dijk is in belangrijke mate afhankelijk van de stabiliteit van de bekleding waarmee het dijklichaam is afgedekt. De bekleding voorkomt dat golven en overslaand water de onderliggende grond kunnen verweken en wegspoelen. Asphalt, gras en steenbekledingen zijn de meest voorkomende typen bekleding. De beoordelingsprocedure van steenzettingen heeft betrekking tot alle steenzettingen met als waterkerende functie die het onderliggende grondlichaam tegen erosie beschermen. Dit kan dus ook gelden voor:

- Voorliggende havendammen (waarbij de golfreductie wordt meegenomen in de belasting van de achterliggende kering).
- Overslagbestendige dijken (waarbij steenzetting op kruin en binnentalud essentieel is voor erosiebescherming).

Steenzettingen zijn opgebouwd uit meerdere lagen die samen de kern van de kering beschermen tegen erosie. Er bestaan veel variaties in laagopbouw en in het type stenen (van basalt tot natuursteen). Steenzettingen kunnen door een 6-tal faalmechanismen falen. Het standalone programma Steentoets is het rekenprogramma wat het grootste deel van het werk doet en berekent de faalkans voor de faalmechanismen. De output van Steentoets (beoordelingsresultaat per vak) wordt verwerkt in de assemblage in RisKeer.

Falen t.g.v instabiliteit van de steenzetting (ZST) wordt alleen bij dijken en dammen beschouwd, niet bij duinen en kunstwerken. Steenbekledingen komen met name voor bij zee- en meerdijken i.v.m. zwaardere golfcondities dan bij rivierdijken, die meestal een grasbekleding hebben.

### 7.10.2 Beoordeling

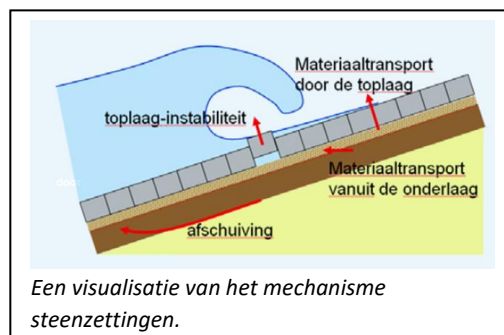
#### Algemeen

Er bestaat voor dit toetspoot alleen een gedetailleerde toets.

De berekeningen dienen door de beheerder uitgevoerd te worden met het de Excel applicatie Steentoets.

In Steentoets wordt er door de beheerder getoetst op een *zesta*/ verschillende (deel)faalmechanismen:

1. ZTG (Toplaaginstabiliteit onder golfaanval) - Een zetsteen wordt uit de steenzetting gelicht als gevolg van brekende golven op het talud. Effecten van overgangsconstructies (het ZOI-spoor) zijn hierin inbegrepen, mits de constructies in goede staat zijn.
2. ZTS (Toplaaginstabiliteit onder langsstroming) - Een zetsteen wordt uit de steenzetting gelicht als gevolg van sterke stroming langs de dijk. (Voor dit mechanisme wordt gecheckt of dit mechanisme relevant is. Zo ja, dan wordt doorverwezen naar de toets op maat.



3. ZAF (Afschuiving) - Als gevolg van brekende golven op het talud ontstaat er een vervorming van de ondergrond waardoor er een S-profiel ontstaat en het verband in de steenzetting verloren gaat.
4. ZMG (Materiaaltransport vanuit de granulaire laag) - Materiaaltransport vanuit de granulaire laag (de korrels van het filter spoelen uit door de gaten in de toplaag, waardoor de toplaag verzakt en zijn samenhang verliest.
5. ZMO (Materiaaltransport vanuit de ondergrond) - De waterbeweging in het filter is zodanig dat het onderliggende zand of klei gaat eroderen en uitspoelt, waardoor de toplaag verzakt en zijn samenhang verliest.
6. ZEO (Erosie van de onderlagen) - indirect mechanisme, wordt alleen in specifieke gevallen beoordeeld.

#### *De gedetailleerde toets*

De gedetailleerde toets bestaat uit 2 stappen. Stap G1 is de 'ingangstoets' waarin wordt bepaald of de gedetailleerde toets G2 toegepast mag worden op de te beoordelen steenbekleding. Indien dit niet het geval is, kan er op basis van de gedetailleerde toets door de beheerder geen oordeel worden geveld. De beheerder moet per vak kunnen laten zien of de toepassingsvoorwaarden voor Steentoets gelden.

Stap G2 speelt zich voornamelijk af in Steentoets. Hydraulische belastingen volgen uit RisKeer. Het resultaat uit Steentoets is een beoordeling per vak.

### 7.10.3 *Aandachtspunten*

#### *Algemene aandachtspunten*

Als de steenbekleding niet door stap G1 komt (Steentoets is niet toepasbaar) is het een aandachtspunt welke informatie, sommen en/of experts de beheerder heeft gebruikt om de steenbekleding in de Toets op Maat wél te kunnen beoordelen. Dit geldt ook als het faalmechanisme ZTS van toepassing is.

#### *Aandachtspunten bij vakindeling en schematisatie dwarsprofiel*

Voor de indeling in dijkvakken zijn voor steenbekledingen meestal de volgende drie aspecten leidend:

- De eigenschappen van de steenbekleding.
- De geometrie van het dijkprofiel en het eventuele voorland.
- De hydraulische belastingen.

Bij steenzettingen worden vakindelingen niet verticaal (stroken) opgedeeld. Bij asfaltbekledingen mag dit wel. De beheerder moet met tekeningen en foto's kunnen laten zien welke bekleding waar precies op de dijk ligt.

#### *Aandachtspunten bij de Hydraulische Belastingen*

Bij dit toetsspoor moet de invloed van eventuele voorlanden en dammen tussen het uitvoerpunt voor de HR en de kering worden meegenomen (zie schematiseringshandleiding hydraulische condities bij de dijkteen en par 6.6 van WBI2017). Het is van belang dat de beheerder duidelijk schetst hoe hij tot de hydraulische belasting aan de dijkteen is gekomen.

Per vak moet, net als bij de andere sporen, de ongunstigste uitvoerlocatie voor de hydraulische belastingen worden gebruikt.

### 7.10.4 *Parameters*

Veel gegevens uit de 2e en 3e toetsronde zijn opnieuw bruikbaar. Steentoetsbestanden kunnen door de beheerder ook herladen worden in de nieuwe versie van Steentoets, er hoeft alleen aandacht geschonken te worden aan ontbrekende, veranderende of verouderde gegevens. De inspecteur kan Steentoets ook eenvoudig openen.

Naast aanwezigheid van de bepalende parameters dient ook bekend te zijn en dus op te vragen:

- Geometrie en oriëntatie van de kering.
- Type steenzetting (volgt uit inspectie of archief).  
Een check kan zijn of de door de beheerder gebruikte code voor de toplaag in Steentoets overeen komt met het type steen dat buiten ligt. (Zie par. 5.6 van SH).
- Of de toplaag al dan niet is ingewassen met steenslag of is ingegoten met beton of asfaltmastiek (dit volgt uit inspectie of archief).  
Dit is te verifiëren aan decimalen in de Steentoets-code gebruikt in Steentoets (zie par. 5.6 SH).
- Het type onderla(a)g(en)  
Dit zijn tweeletterige code(s) in Steentoets die overeen moeten komen met de situatie buiten (check!). Bij meerdere onderlagen zit er een spatie tussen, bovenste lagen worden eerst genoemd (zie par. 5.7 uit SH).
- De aan- of afwezigheid van eventueel toegepaste geotextielen (volgt uit inspectie of archief).
- De aan- of afwezigheid van een zandscheg (te vinden in bouwtekeningen, bestektekeningen of contractgegevens).

#### 7.10.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *1. Aanscherpen gedetailleerde toets (iteratie).*

Vakindeling optimaliseren, meer gegevens verzamelen (onzekerheden verkleinen), voorliggende havendam of voorlanden meenemen in de hydraulische belastingen.

##### *2. Toets op Maat*

Zie par. 15.2 van WBI2017 Bijlage III.

Reststerkte (ZEO-spoor) is tamelijk conservatief verdisconteerd in het ZST-spoor (via de veiligheidsfactoren). Bij evident aanwezige reststerkte loont het derhalve dit aspect te beschouwen in een toets op maat. De beheerder moet kunnen aangeven of hij hier ruimte voor aanscherpen van het oordeel ziet.

##### *3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.11 Duinafslag (DA)

### 7.11.1 *Algemeen*

Duinen zijn min of meer aansluitende zandlichamen langs de kust. Als primaire waterkering ontleen zij hun sterkte aan de hoeveelheid zand waaruit ze zijn opgebouwd en aan hun geometrie. Door erosie en aanwas door hoge waterstanden, golven, stroming en wind kan de hoeveelheid zand fluctueren.

Tijdens zware stormen op het Noordzeebekken treedt er waterstandopzet door wind op. In combinatie met het getij leidt dit tot een hoge waterstand: het stormvloedpeil. Deze stormen zijn ook verantwoordelijk voor de groei van (wind)golven die worden beschreven met een golfhoogte en een golfperiode. Stormvloedpeil, golfhoogte en golfperiode vormen daarom de hydraulische belastingen voor duinafslag.

Wanneer een duinwaterkering onvoldoende sterk is, kan het afslagproces doorgaan tot de achterzijde van het duin en treedt er een doorbraak op.

De sterkte van een duinwaterkering is gelegen in de vorm en het volume zand dat in een duinwaterkering aanwezig is. Dat laat zich beschrijven met een dwarsprofiel, loodrecht op de kustlijn. Daarnaast is de korreldiameter van het zand van belang, waarbij een grotere korreldiameter voor minder duinafslag zorgt.

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.

Voor winderosie zijn geen voorschriften; normaal goed beheer van de landzijde van het duin (begroeiing en geen kale plekken) zorgt ervoor dat winderosie een verwaarloosbare invloed heeft op de beoordeling van sterkte van een duin.

### 7.11.2 *Beoordeling*

Er bestaat geen eenvoudige toets voor het toetsspoor Duinafslag. De beoordeling vangt dan ook aan met de gedetailleerde toets en wordt uitgevoerd met MorphAn (paragraaf 2.5.9).

#### *Gedetailleerde toets per vak*

De gedetailleerde toets bestaat uit 2 stappen:

1. controle van de toepassingsvoorwaarden voor het rekenkundig sterktemodel
2. analyse van de belasting en sterkte.

#### *Stap 1, controle toepasbaarheid rekenmodel:*

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. Of per JarKus raai aan de volgende 5 voorwaarden is voldaan, moet duidelijk zijn beschreven.

1. Er zijn hydraulische belastingen duinafslag beschikbaar.
2. Het betreft een zandig duin zonder aansluitingsconstructies, hybride constructies of NWO's in het dwarsprofiel.
3. Netto zandverlies tijdens storm is verwaarloosbaar in het dwarsprofiel.
4. Er is sprake van een doorgaande duinregel.



5. Het duin is hoog genoeg zodat golfoverslag geen rol speelt.

De beheerder laat duidelijk voor elk duinvak zien of aan alle 5 de toepassingsvoorwaarden is voldaan. Zo ja, dan is het rekenmodel voor de gedetailleerde toets per vak toepasbaar en kan er dus met MorphAn worden gerekend.

De vijf toepassingsvoorwaarden kunnen per vak (JARKUS) worden geadmineistreerd in de Excel rekenbladen ([GitHub](#)).

*Stap 2: Analyse van belasting en sterkte.*

Met de hydraulische belastingen bepaald conform Bijlage II Hydraulische belastingen Wordt door de beheerder de duinafslag berekend volgens de methode zoals beschreven in het Technisch Rapport Duinafslag (ENW, 2007). Daarbij gaat het om het daadwerkelijk aanwezige duinprofiel, niet het in de legger gedefinieerde waterstaatswerk (check!).

In de gedetailleerde toets per vak wordt door de beheerder eerst beoordeeld of de maatgevende afslagzone en het grensprofiel passen binnen de leggergrenzen. Als dit niet het geval is wordt door de beheerder beoordeeld of de maatgevende afslagzone en het grensprofiel passen binnen het werkelijk aanwezige duinprofiel. Voor de analyse wordt gebruik gemaakt van MorphAn. Zie paragraaf 2.5.9.

De faalkanseis per doorsnede wordt gebaseerd op de in paragraaf 6.2 gegeven faalkansruimtefactor. Voor het mechanisme duinafslag wordt voor het lengte-effect factor standaard de waarde  $N_{dsn}$  gelijk aan 2 gehanteerd.

### 7.11.3

#### *Aandachtspunten*

De schematiseringshandleiding Duinafslag bevat aandachtspunten voor het schematiseren, berekenen en de parameters.

#### *Vakindeling*

De vakindeling van een traject met duinen is in wezen al geschematiseerd met de posities van de hydraulische belastingen die horen bij bepaalde JARKUS-raaien. Met MorphAn kunnen de juiste JARKUS-profielen worden gekozen, maar een beheerder kan ook zelf tussenraaien kiezen, bijvoorbeeld als een zwakke plek vermoed wordt of een inham aanwezig is. Hij moet kunnen laten zien of hij alleen standaard JarKus heeft gebruikt, of ook eigen (tussen)raaien.

#### *Bepaling grensprofiel*

De rekenregels voor het opstellen van een grensprofiel zijn beschreven in het Technisch Rapport Duinafslag, met als toevoeging dat het hoogste punt van het grensprofiel minimaal 1 meter boven de waterstand voor het toetsspoor *duinafslag* ligt. Wanneer er geen legger is vastgesteld waarin het grensprofiel is vastgelegd, moet het grensprofiel zeewaarts van de binnenduintrand zijn gepositioneerd.

#### *Bepaling maatgevende afslagzone*

Duinafslagberekeningen worden uitgevoerd met het afslagmodel DUROS+ binnen MorphAn conform het Technisch Rapport Duinafslag (2007). De SH Duinafslag geeft slechts een samenvatting van de in het TR beschreven methode.

De berekeningen worden door de beheerder gedaan voor alle JARKUS- en tussenraaien. Bij meerdere duinenrijen achter elkaar dient te worden gecontroleerd op achterloopsheid. Indien dat het geval is, dient een Toets op Maat te worden uitgevoerd. Een overzichtskaart met daarop dubbele duinenrijen is daarom noodzakelijk.

Als er voor de zeereep een klein duin aanwezig is, dient dat in MorphAn in de zeereep geschematiseerd te worden zodat MorphAn de dubbele duinenrij negeert. Er is dan sprake van een gedetailleerde toets.

*Opstellen R-t diagram*

Met de berekende afslagpunten en het grensprofiel maakt de beheerder een R-t diagram conform het TR Duinafslag. Het op twee na meest landwaartse punt in het diagram is bepalend voor de maatgevende afslagzone voor de beoordeling.

7.11.4 *Parameters*

In hoofdstuk 6 van de SH Duinafslag worden de belangrijke parameters genoemd die nodig zijn om het afslagmodel DUROS+ te voeden. Dit model wordt aangeroepen vanuit het programma MorphAn (User Interface).

7.11.5 *Keuze vervolgstappen*

*1. Aanscherpen gedetailleerde toets*

Er zijn weinig mogelijkheden de schematisatie aan te scherpen.

*2. Toets op Maat*

Als Duros+ berekeningen niet tot een voldoende oordeel leiden, kan een analyse met het (meer experimentele) X-Beach 1D uitkomst bieden. Dit is in elk geval voor de meer gekromde kust.

*3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.12 Hoogte Kunstwerk (HTKW)

### 7.12.1 *Algemeen*

In bijlage C van Bijlage III bij de MR staan de verschillende objecten in primaire waterkeringen genoemd die tot de categorie kunstwerken voor de beoordeling gerekend worden. De beheerder geeft aan welke objecten binnen het traject hij tot kunstwerken rekent en beargumenteert dit. Het is essentieel dat de beheerder inzichtelijk heeft gemaakt welke faalmechanismen relevant zijn voor de beoordeling van het betreffende kunstwerk.

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.

### 7.12.2 *Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

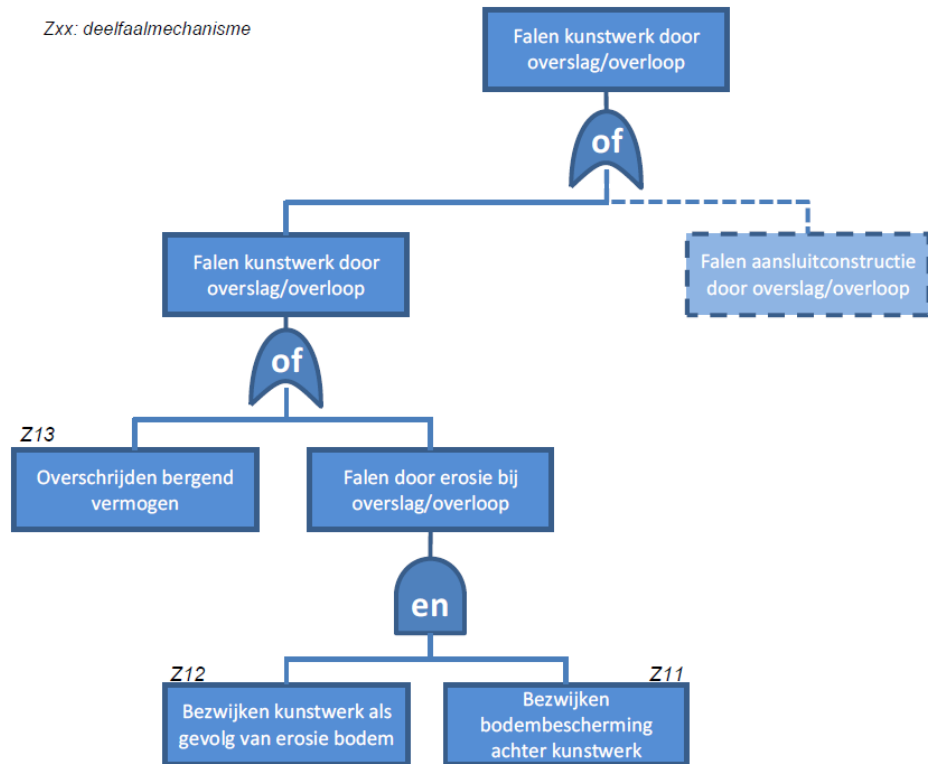
De eenvoudige toets bestaat uit de vraag of het mechanisme relevant is. Als de kerende hoogte wordt verzorgd door het kunstwerk zelf, dan is het mechanisme relevant voor het kunstwerk en kan géén oordeel worden geveld op basis van de eenvoudige toets, maar zal een gedetailleerde toets moeten volgen. 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 bekledingspoor.

#### *Gedetailleerde toets*

In de gedetailleerde toets hoogte kunstwerk treedt falen op als:

- (1) Zich een hoogwater aandient
- EN (2a) Het kunstwerk zelf blijft staan maar het instromend volume door golfoverslag en/of overloop niet kan worden geborgen in het achterliggende (water-) systeem zonder dat dit leidt tot substantiële schade en/of slachtoffers (overstroming).
- OF (2b) Het kunstwerk zelf bezwijkt als gevolg van bezwijken van de bodembescherming met substantiële schade en/of slachtoffers (overstroming) als gevolg. Hiervoor moet dus eerst de bodembescherming achter het kunstwerk bezwijken. Vervolgens ontstaan ontgrondingskuilen in de (niet meer beschermde) ondergrond, waarna de standzekerheid van het kunstwerk verloren gaat met als gevolg een (voortschrijdende) bres in de waterkering. Aangenomen wordt dat deze situatie altijd leidt tot het overschrijden van het kombergend vermogen.

De gedetailleerde toets Hoogte Kunstwerk bestaat uit een probabilistische toets in Riskeer waarin de bovenstaande deelfaalmechanismen in Riskeer worden gemodelleerd, volgens onderstaande faalboom.



Figuur 34 foutenboom overslag en overloop bij kunstwerk

Een uitgebreide toelichting op de deelmechanismen is opgenomen in de SH. Een samenvatting volgt hierna.

*Deelfaalmecanisme bezwijken bodembescherming - Z11:*

De bodembescherming achter de constructie faalt als de kritieke stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden. Onder falen wordt verstaan het wegspoelen van de eerste steen van de bodembescherming. De kritieke stroomsnelheid hoort bij een kritiek debiet per strekkende meter. Door vermenigvuldiging met de stroomvoerende breedte volgt het totale kritieke debiet. Het optredend overslag- en overloopdebiet hangt af van de oriëntatie, de hydraulische belastingen en de hoogte en breedte van keermiddelen en vaste waterkerende constructiedelen van het kunstwerk.

Voor het bepalen van het kritieke debiet worden door de beheerder twee belastingsituaties onderscheiden:

1. de bodembescherming wordt belast door horizontale stroming
2. de bodembescherming wordt rechtstreeks belast door een overstortende straal.

*Deelfaalmecanisme kans bezwijken kunstwerk als gevolg van erosie bodem – Z12:*

De faalkans kunstwerk gegeven bezwijken bodembescherming en optreden van erosie bodem is een conditionele kans. Deze kans wordt standaard waarde 1,0 gegeven. Dit impliceert dat er zeker sprake is zal zijn van erosie van de bodem die leidt tot falen van het kunstwerk bij doorgaand eroderen van de bodembescherming.

De waarde 1,0 is een conservatieve waarde (geen reststerkte aanwezig) die past binnen de van grof naar fijn aanpak die in het WBI2017 gehanteerd wordt.

Indien aanscherping van de waarde gewenst is, bijvoorbeeld door een substantiële bijdrage aan de faalkans van het kunstwerk en dit wordt grotendeels veroorzaakt door het aspect van erosie van de bodembescherming, is een Toets op Maat mogelijk. In de SH worden hier aandachtspunten voor gegeven.

#### *Deelfaalmechanisme Overschrijden bergend vermogen – Z13*

De kans dat het aanwezige kombergend vermogen niet toereikend is om het totale overslaande/overlopende volume tijdens een hoogwatersituatie te bergen in het achterliggende systeem, wordt bepaald door de sterkte en de belasting op het systeem.

De sterkte wordt bepaald door:

- het kombergend oppervlak (oppervlak beschikbaar voor komberging),
- de kritieke peilverhoging komberging (de peilverhoging op het kombergend oppervlak dat nog net niet leidt tot significante overstromingsgevolgen van het achterland, par. 7.5.3. SH),
- een modelfactor op het kombergend vermogen (par. 7.5.1. SH).

De belasting op het systeem wordt bepaald door:

- de stormduur (de duur van de piek van de storm waarmee het inkomende volume van het buitenwater kan worden bepaald),
- het optredend overslag/overloopdebiet per strekkende meter,
- de breedte van het keermiddel/constructie
- een modelfactor op het instromend volume (factor die onzekerheden in het model voor het instromend volume in rekening brengt)

Voor deze parameters wordt in hoofdstuk 7 van de SH Hoogte Kunstwerk uitgelegd hoe ze worden bepaald en welke aandachtspunten daarvoor bestaan. De beheerder moet de genoemde parameters hebben beschreven en beargumenteerd.

### 7.12.3 *Aandachtspunten*

#### *Overstroming pas bij bepaalde waterdiepte*

In de Waterwet is de overstromingskans gedefinieerd als de 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. In de wetstekst is het aantal dodelijke slachtoffers en de schade die als 'substantieel' wordt beschouwd echter niet nader uitgewerkt. Dit is voor het toetsspoor hoogte kunstwerk echter wel van belang, met name voor het deelfaalmechanisme onvoldoende bergend vermogen.

Er is sprake van significante overstromingsgevolgen als er sprake is van meer dan 10 miljoen euro schade of tenminste 1 slachtoffer.

Hoewel dit een eenduidig en helder gedefinieerd criterium is, is het in de praktijk bewerkelijk om hierop te beoordelen. Dit komt doordat schade en slachtofferfuncties gebiedsafhankelijk zijn. Het zou per kunstwerk een achterlandstudie inclusief overstromingssimulatie vergen om vast te stellen of het faalcriterium wordt overschreden. Daarom is een pragmatische werkwijze voorgesteld waarin wordt gewerkt met een bepaalde toelaatbare waterdiepte. Ten behoeve van de gedetailleerde toets wordt aangesloten bij de definitie uit de Grondslagen voor hoogwaterbescherming voor zowel bebouwd als landelijk gebied: als de gemiddelde waterdiepte in minimaal één gebied of buurt met gelijke viercijferige postcode (op basis van de wijk- en buurtkaart van het CBS) kleiner is dan 0,2 meter, is geen sprake van een overstroming.

Dit betekent dus dat overschrijden van een door de beheerder bepaald maximaal gewenst waterpeil niet automatisch een goede maat is voor het bepalen van de aanwezige komberging. Er zit immers veelal meer ruimte in het watersysteem

voordat er overloop of doorbraken plaatsvinden. Het is van belang zeker op dit punt de beheerder te bevragen.

*Ontbreken vakindeling in het toetsproces*

Voor kunstwerken is er, in tegenstelling tot alle toetssporen betreffende dijken en duinen, geen vakindeling. Die is niet van toepassing bij het schematiseren van kunstwerken; ieder kunstwerk wordt in Riskeer als apart vak gedefinieerd. Samengestelde kunstwerkcomplexen (bijvoorbeeld sluizencomplexen) worden hierbij ontleed, waarbij ieder kunstwerk waar mogelijk apart getoetst wordt. De samenhang tussen de onderdelen (bijvoorbeeld een gedeeld kwelscherm) dient hierbij niet uit het oog te worden verloren. Grote samengestelde kunstwerkcomplexen vallen onder een toets op maat.

*Uitschakelen deelfaalmechanismen in Ringtoets*

Met betrekking tot de deelfaalmechanismen bezwijken bodembescherming en onvoldoende kombergend vermogen geldt, dat het voor kan komen dat één van deze deelfaalmechanismen er niet toe doet. In Riskeer is echter geen mogelijkheid aanwezig een deelfaalmechanisme op voorhand uit te schakelen. Om dit te omzeilen dienen daarom dusdanige waarden voor de betrokken parameters te worden ingevuld, dat het betreffende deelfaalmechanisme niet meer maatgevend is. Uiteraard dient dit door de beheerder goed gemotiveerd en beschreven te worden in de rapportage.

*Kritieke stroomsnelheid voor de bodembescherming*

Voor het bepalen van de kritieke stroomsnelheid voor de bodembescherming kan nog gekeken worden naar de functie van waaruit de bodembescherming is aangelegd. Bijvoorbeeld schroefstraalbelasting of bodembescherming bij lozing van water. Deze functies kunnen een indicatie geven van de toelaatbare stroomsnelheden.

7.12.4 *Parameters*

In Hoofdstuk 7 van de Schematiseringshandleiding hoogte kunstwerk worden de parameters, formules en modelfactoren behorend bij de verschillende deelmechanismes benoemd en uitgewerkt.

7.12.5 *Keuze vervolgstappen*

*1. Aanscherpen gedetailleerde toets*

De beoordeling is al probabilistisch, daar zit dus geen winst meer in. Aanscherpen van de schematisatie door een scherpere inschatting van bijvoorbeeld de komberging lijkt de enig logische optie.

*2. Toets op Maat*

Als de Riskeer berekeningen niet tot een voldoende resultaat lijken, is een expertsessie wenselijk om alsnog te proberen het kunstwerk goed te keuren.

*3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.13 Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk (BSKW)

### 7.13.1 *Algemeen*

Dit toetspoot betreft de beoordeling van de betrouwbaarheid van kunstwerken. In bijlage C van Bijlage III bij de MR staan de verschillende objecten in primaire waterkeringen genoemd die tot de categorie kunstwerken voor de beoordeling gerekend worden.

De beoordeling van de betrouwbaarheid sluiten van kunstwerken is, wellicht meer dan andere sporen, een kwestie van maatwerk (faalkansanalyse met foutenboom en scoretabellen). Er zijn daarom ook relatief veel [documenten beschikbaar](#) op de Helpdesk Water die de beheerder handvatten bieden voor het uitvoeren van de beoordeling.

De gedetailleerde beoordelingen van de kunstwerksporen worden in Riskeer uitgevoerd. Er zijn geen aparte Basismodules beschikbaar.

### 7.13.2 *Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

De eenvoudige toets voor dit toetspoot bestaat uit twee beslisregels en een toets op eenvoudige kenmerken voor bepaalde constructietypen.

De eenvoudige regels geven uitsluitel over wat er gedaan moet worden als er sprake is van een demontabele kering en wanneer er een up-to-date risicoanalyse aanwezig is. Indien er sprake is van mobiele, demontabele waterkering kan niet met eenvoudige toetsregels worden volstaan; er dient dan een nadere analyse te volgen in de gedetailleerde toets. Ook indien er een up-to-date risicoanalyse aanwezig is, dient overgestapt te worden op een gedetailleerde toets omdat dit niet met eenvoudige regels is te ondervangen. Indien beide vragen negatief scoren, komt de derde stap van de eenvoudige toets in beeld: voor gemalen, in- en uitwateringssluis, schutsluis en uitwateringssluis worden in Bijlage III van de MR specifieke eisen gesteld die de faalkans verwaarloosbaar klein maken. In alle overige gevallen dient verder getoetst te worden.

#### *Gedetailleerde toets*

In de gedetailleerde toets betrouwbaarheid sluiting kunstwerk wordt falen gedefinieerd als het moment waarop de kritische stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden, dan wel het moment waarop er in het achterland significante overstromingsgevolgen optreden als gevolg van het water dat door het niet gesloten kunstwerk gaat.

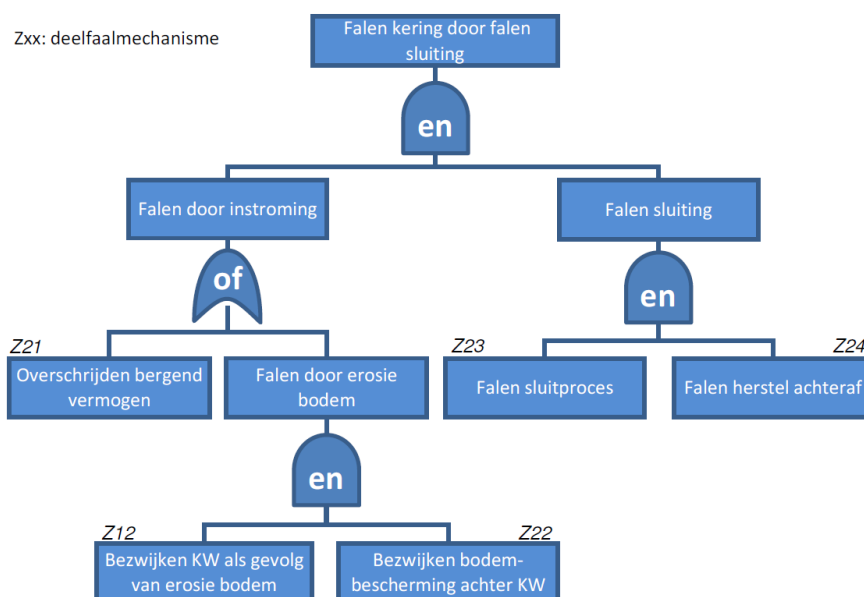
Falen als gevolg van het faalmechanisme niet sluiten treedt op wanneer het instromende volume aan water door een geopend kunstwerk dusdanig groot is dat dit leidt tot substantiële schade en/of slachtoffers (overstromingsgevolgen). Falen van de waterkering treedt bij niet sluiten op als:

- (1) Zich een hoogwater aandient,
- EN (2) Het kunstwerk voorafgaand aan dit hoogwater geopend staat,
- EN (3) De sluiting van het kunstwerk faalt, waardoor ongewenst buitenwater naar binnen kan stromen,
- EN (4a) Het kunstwerk zelf bezwijkt als gevolg van bezwijken van de bodembescherming met substantiële schade en/of slachtoffers (overstroming) als gevolg. Hiervoor moet eerst de bodembescherming

achter het kunstwerk bezwijken. Vervolgens ontstaan ontgrondingskuilen in de (niet meer beschermde) ondergrond, waarna de standzekerheid van het kunstwerk verloren gaat met als gevolg een (voortschrijdende) bres in de waterkering. Aangenomen wordt dat deze situatie altijd leidt tot het overschrijden van het kombergend vermogen.

OF (4b) Het kunstwerk zelf blijft staan maar het instromend volume door het niet gesloten kunstwerk niet kan worden geborgen in het achterliggende (water-) systeem zonder dat dit leidt tot substantiële schade en/of slachtoffers (overstroming). De laatste fase betreft het feitelijke falen van de waterkering.

De gedetailleerde toets Betrouwbaarheid Sluiting bestaat uit een probabilistische toets waarin de bovenstaande deelfaalmechanismen in Riskeer worden gemodelleerd, volgens onderstaande faalboom.



In de SH zijn de deelfaalmechanismen uitgebreid beschreven. Hierna volgt een samenvatting.

*Deelfaalmechanisme Bezwijken Kunstwerk als gevolg van erosie bodem - Z12*

Deze kans wordt standaard waarde 1,0 gegeven. Dit impliceert dat er zeker sprake is zal zijn van erosie van de bodem die leidt tot falen van het kunstwerk bij doorgaand eroderen van de bodembescherming.

De waarde 1,0 is een conservatieve waarde (geen reststerkte aanwezig) die past binnen de van grof naar fijn aanpak die in het WBI2017 gehanteerd wordt.

De faalkans kunstwerk gegeven bezwijken bodembescherming en optreden van erosie bodem is een conditionele kans. Voordat dit mechanisme op kan treden moet eerst mechanisme Z22 falen bodembescherming achter constructie zijn opgetreden.

Indien aanscherping van de waarde gewenst is, bijvoorbeeld door een substantiële bijdrage aan de faalkans van het kunstwerk en dit wordt grotendeels veroorzaakt door het aspect van erosie van de bodembescherming, is een Toets op Maat mogelijk.

In de SH worden hier aandachtspunten voor gegeven.



*Overschrijden bergend vermogen – Z21*

De kans dat het aanwezige bergend vermogen niet toereikend is om het totale overslaande/overlopende volume tijden een hoogwater situatie te bergen in het achterliggende systeem, wordt bepaald door de sterkte en de belasting op het systeem.

De sterkte wordt bepaald door:

- het kombergend oppervlak (oppervlak beschikbaar voor komberging),
- de kritieke peilverhoging komberging (de peilverhoging op het kombergend oppervlak dat nog net niet leidt tot significante overstromingsgevolgen van het achterland),
- een modelfactor op het kombergend vermogen.

De belasting op het systeem wordt bepaald door:

- de stormduur (de duur van de piek van de storm waarmee het inkomende volume van het buitenwater kan worden bepaald),
- het optredend overslag/overloopdebiet per strekkende meter,
- de breedte van het keermiddel/constructie
- een modelfactor op het instromend volume (factor die onzekerheden in het model voor het instromend volume in rekening brengt)

Voor deze parameters wordt in hoofdstuk 7 van de SH Hoogte Kunstwerk uitgelegd hoe ze door de beheerder moeten worden bepaald en welke aandachtspunten daarvoor bestaan.

*Bezwijken van de bodembescherming achter het kunstwerk – Z22*

De bodembescherming achter de constructie faalt als de kritieke stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden. Onder falen wordt verstaan het optreden van doorgaande erosie van de bodem(bescherming). De kritieke stroomsnelheid hoort bij een kritiek debiet per strekkende meter. Door vermenigvuldiging met de stroomvoerende breedte volgt het totale kritieke debiet. Het optredend instromend debiet hangt af van de situatie en de afmetingen van het kunstwerk.

Van groot belang bij het bepalen van het kritieke debiet is de beschikbare informatie omtrent de bodembescherming en de instroomsituatie die bij een niet gesloten kunstwerk ontstaat. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende twee groepen:

1. Verdrongen koker en overlaat: horizontale stroming over bodembescherming.
2. Verticale wand: deels verticale stromingsbelasting op bodembescherming.

*Falen van het sluitproces van de (hoog)waterkerende keermiddelen – Z23*

Falen van het sluitproces van een kunstwerk wordt bepaald door de volgende parameters:

- De kans dat het kunstwerk niet hoogwaterkerend gesloten is op het moment dat een willekeurig hoogwater zich aandient ( $P_{open}$ ).
- De faalkans van sluiting van een doorstroomopening per sluitvraag ( $P_{ns}$ ).
- Het aantal doorstroomopeningen ( $n$ ).

De laatste parameter kan voor een kunstwerk met meerdere doorstroomopeningen verder worden uitgewerkt.

In de SH Betrouwbaarheid Sluiten Kunstwerk wordt in hoofdstuk 7 uitgelegd hoe deze kansen en parameters worden bepaald en wat de aandachtspunten zijn. Ook wordt voor het bepalen van de kansen gekeken naar het gebruik van het kunstwerk uit het oogpunt van de primaire functie (anders dan waterkeren). De hiervoor te onderscheiden typen kunstwerken worden daar behandeld.

#### *Falen van het herstel van een falende sluiting – Z24*

Nadat het primaire sluitproces is gefaald zijn er wellicht nog mogelijkheden om alsnog het kunstwerk hoogwater kerend gesloten te krijgen. Deze mogelijkheid wordt in het instrumentarium ingebracht door het deelfaalmecanisme "falen van herstel van het sluitproces". De kans op het falen van herstel van het sluitproces wordt in het WBI 2017 geschematiseerd middels volgende parameter *Faalkans herstel van gefaalde situatie* ( $P_{f,herstel}$ ).

De standaardwaarde voor deze faalkans is 1,0. Dat houdt in dat een herstel poging van het reguliere sluitproces altijd mislukt. Dit is een conservatief uitgangspunt, maar wel realistisch. De omvang van het conservatisme kan variëren. Aanbevolen wordt om in eerste instantie de waarde 1,0 te gebruiken. Indien aanscherping gewenst is, omdat het faalmecanisme bijvoorbeeld substantieel bijdraagt aan te faalkans van het kunstwerk, kan dit nader worden geanalyseerd. De aandachtspunten van deze nadere analyse staan in hoofdstuk 7 van de SH Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk genoemd en uitgewerkt.

#### 7.13.3 *Aandachtspunten*

- 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.
- Belangrijk aandachtspunt is dat het kombergingsmodel in de volgende situaties niet toegepast hoeft te worden:
  - De komberging is relatief beperkt en bij instroming kan de binnenwaterstand met de buitenwaterstand meelopen zonder dat dit tot stabiliteitsverlies van het kunstwerk leidt.
  - Het kunstwerk betreft een coupure in bebouwd gebied. Instroming van water door de ongewenst geopende coupure leidt direct tot water op straat.
  - Het kombergend vermogen is relatief groot ten opzichte van het instromende debiet. In dat geval neemt de binnenwaterstand als gevolg van het instromende debiet zeer langzaam toe en is het verval over het kunstwerk daarmee geheel afhankelijk van de buitenwaterstand. Bij stijgende buitenwaterstand neemt het verval toe en daarmee ook de stroomsnelheid van het water door het kunstwerk. In deze situatie kan op voorhand al worden bepaald dat de sterkte van de bodembescherming maatgevend zal zijn. Een tekort aan komberging zal dan geen bijdrage aan de overstromingskans hebben. Het kombergingsmodel kan in bovenstaande gevallen worden gevuld met dusdanig hoge waarden, dat de faalkansbijdrage van dit deelfaalmecanisme in Ringtoets verwaarloosbaar klein wordt.
- Voor het bepalen van de kritiek stroomsnelheid voor de bodembescherming kan nog gekeken worden naar de functie van waaruit de bodembescherming is aangelegd. Bijvoorbeeld schroefstraalbelasting of bodembescherming bij lozing van water. Deze functies kunnen een indicatie geven van de toelaatbare stroomsnelheden.
- Het beheer en onderhoud moet op orde zijn op peildatum. De beheerder dient op peildatum organisatorisch (protocollen, oefenen, calamiteitenbestrijding) de zaak zo goed mogelijk op orde te hebben en dient die situatie te schematiseren.

Op al deze aspecten moet de beheerder een geode argumentatie kunnen overleggen.

#### 7.13.4 *Parameters*

In Hoofdstuk 7 van de Schematiseringshandleiding Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk worden de parameters, formules en modelfactoren behorend bij de verschillende deelmechanismes benoemd en uitgewerkt.

#### 7.13.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *1. Aanscherpen gedetailleerde toets*

De beoordeling is al probabilistisch, daar zit dus geen winst meer in. Aanscherpen van de schematisatie door een scherpere inschatting van de kansen lijkt de enig logische optie. De menselijke invloed bij het falen van het sluitproces en herstel achteraf kan worden geoptimaliseerd in de periode die resteert tot peildatum. Hier speelt dus nadrukkelijk dat 'B&O op orde' de faalkansen verkleint. In de meer technische analyse van overschrijden kombergend vermogen en falen bodembescherming zitten ook vaak optimalisatiemogelijkheden.

##### *2. Toets op Maat*

Als de Riskeer berekeningen niet tot een voldoende resultaat lijken, is een expertsessie wenselijk om alsnog te proberen het kunstwerk goed te keuren op dit spoor.

##### *3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.14 Piping bij kunstwerken (PKW)

### 7.14.1 *Algemeen*

Bij falen door piping ontstaan holle pijpvormige ruimten onder (onderloopsheid) of rondom (achterloopsheid) een kunstwerk door het uitspoelen van gronddeeltjes ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom. Indien dit erosieproces niet tijdig stopt kan het kunstwerk bezwijken.

In bijlage C van Bijlage III bij de MR staan de verschillende objecten in primaire waterkeringen genoemd die tot de categorie kunstwerken voor de beoordeling gerekend worden. Allereerst moet duidelijk worden of het betreffende faalmechanisme relevant is voor de beoordeling van het kunstwerk. Dit gebeurt in de eenvoudige toets.

### 7.14.2 *Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

Allereerst wordt gekeken of het mechanisme relevant is voor het beoordelen van het kunstwerk. Mocht het faalmechanisme relevant zijn, dan wordt aan de hand van een aantal vuistregels gekeken of de faalkans verwaarloosbaar klein is of niet. Zo niet, dan kan met de eenvoudige toets door de beheerder geen oordeel worden geveld en moet verder beoordeeld worden. Het mechanisme is altijd relevant, 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 m.b.t. piping gewaarborgd.
- 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.

Beslisregels die aantonen dat de kans van optreden verwaarloosbaar klein is:

- De constructie en eventuele kwelschermen worden omsloten door een slecht doorlatend klei/veenpakket van minimaal 1 m dikte na inachtneming van zettingen aan het einde van de toetsperiode. Hierbij kunnen geen in- of uittredepunten voor piping via de aansluiting tussen grond- en constructie ontstaan.
- Indien de constructie op palen is gefundeerd is deze voorzien van een functionerend kwelscherm.
- De onder het kunstwerk aanwezige zandlagen voldoen aan de eisen volgens het toetsspoor piping bij dijken bijvoorbeeld zandlagen van maximaal 0,50 m.
- Indien achterloopsheid niet van toepassing is en één van de kwelschermen heeft een lengte die groter is dan twee maal het verval over kunstwerk bij maatgevende condities.

Achterloopsheid wordt uitgesloten in de volgende situaties:

- Kunstwerken die zijn opgenomen in een dijklichaam met een zandkern; in dergelijke gevallen dient een beoordeling op microstabiliteit van het aansluitende grondlichaam gedaan te worden. Tevens dienen de achterloopsheidsschermen 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.

*Gedetailleerde toets*

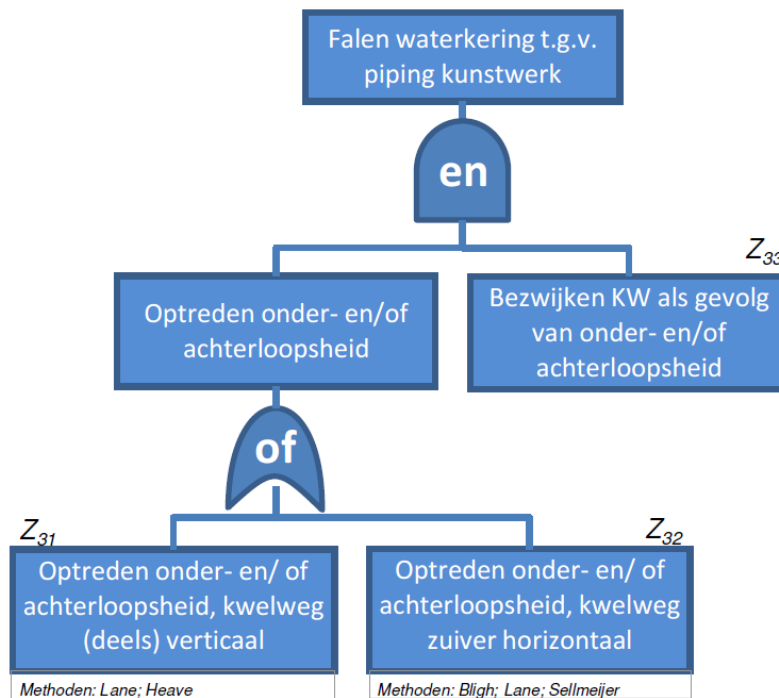
In de gedetailleerde toets piping bij kunstwerk wordt falen door onder- of achterloopsheid gedefinieerd als het overschrijden van het kritieke verval over het kunstwerk.

Het kritieke verval is het verval waarbij de terugschrijdende erosie nog net stopt. In de gedetailleerde toets wordt door de beheerder gecontroleerd of aan de eisen voor onder- en achterloopsheid wordt voldaan. Een gedetailleerde (semi-) probabilistische toets is voor dit faalmechanisme niet aanwezig.

In de gedetailleerde toets pipping bij kunsterken treedt falen van de waterkering op als:

- EN (1) Zich een hoogwater aandient
- EN (2) Als gevolg van een geconcentreerde kwelstroming treedt zodanige uitspoeling van gronddeeltjes op
  - (a) onder (onderloopsheid) OF
  - (b) rondom (achterloopsheid)
 het kunstwerk dat er een doorgaand erosiekanaal (pipe) ontstaat.
- EN (3) Het kunstwerk bezwijkt door deze pipevorming met substantiële schade en/of slachtoffers (overstroming) als gevolg.

Dit is verwerkt in onderstaande faalboom



$Z_{xx}$ : deelfaalmechanisme

Figuur 35 foutenboom falen kunstwerk t.g.v. piping

*Deelfaalmechanisme Optreden onder- en/of achterloopsheid, kwelweg (deels verticaal) - 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. In situaties waarbij de kwelweg een of meerdere verticale componenten bevat gebruik wordt gemaakt van de modellen van Lane en heave.

*Deelfaalmechanisme Optreden onder- en achterloopsheid, kwelweg zuiver horizontaal – Z32*

Voor situaties met een zuiver horizontale kwelweg zijn (voor kunstwerken) de modellen van Bligh en Sellmeijer beschikbaar. Bligh bij kunstwerken wordt dus nog steeds toegepast in tegenstelling tot bij dijken.

*Deelfaalmechanisme Bezwijken kunstwerk als gevolg van onder- en/of achterloopsheid – Z33*

De kans dat het kunstwerk bezwijkt (volledig onderuit gaat) gegeven het feit dat onder- of achterloopsheid heeft plaatsgevonden. Heeft betrekking op reststerkte van het kunstwerk (inclusief aanliggende grondlichaam) na het ontstaan van een doorgaande pipe onder of naast het kunstwerk. In de gedetailleerde toets wordt aan deze tak een faalkans 1,0 toegekend. Alle modellen worden beschreven in Toetsspoorrapport piping bij kunstwerken, evenals de parameters, aandachtspunten en mogelijke rekenmethodieken.

De beheerder bepaalt achtereenvolgens de mogelijk maatgevende kwelwegen (kwelwegschematisering), het model waarmee hij de analyse uitvoert en de invoerparameters:

1. Kwelweglengte.
2. Ondergrondparameters.
3. Modelparameters.

Deze stappen zijn nader beschreven in de SH Piping bij kunstwerken.

7.14.3 *Aandachtspunten*

*Schematiseren*

Het schematiseren van onder- en achterloopsheid bij kunstwerken draait om het identificeren van mogelijk maatgevende kwelwegen onder en/of langs het kunstwerk. Complicerende factor bij de analyse naar mogelijk maatgevende kwelwegen is dat dit driedimensionaal moet gebeuren. De aard van de mogelijke kwelwegen bepaalt vervolgens met welk model getoetst moet worden. De beheerder moet met tekeningen (2D, 3D) kunnen laten zien waar de maatgevende kwelwegen zich bevinden.

*Ontbreken relatie tussen veiligheidsfactor en faalkans bij modellen Bligh, Lane en heave.*

Bij de modellen van Bligh, Lane en heave ontbreekt vooralsnog een expliciete relatie tussen de berekende veiligheidsfactor en de faalkans. Verondersteld wordt dat aan de faalkanseis wordt voldaan als de kering volgens deze modellen voldoet bij een buitenwaterstand die gelijk is aan de waterstand bij de norm.

7.14.4 *Parameters*

In Hoofdstuk 7 van de *Schematiseringshandleiding Piping bij Kunstwerken* worden de parameters, formules en modelfactoren behorend bij de verschillende deelmechanismes benoemd en uitgewerkt.

7.14.5 *Keuze vervolgstappen*

*1. Aanscherpen gedetailleerde toets*

De beheerder kan gevoeligheidsanalyses doen met de parameters van de gedetailleerde toets. Een aanscherping van de schematisatie kan immers leiden tot een andere categorie.

### *2. Toets op Maat*

Er zijn (onder andere) onderstaande mogelijkheden voor een toets op maat:

- Plaatsen peilbuizen en (over langere tijd) meten van de potentiaal.
- Uitvoeren van geavanceerde grondwaterstromingsberekeningen (EEM) om de maatgevende kwelweg en de potentiaal te bepalen.
- Toepassen van het principe 'bewezen sterkte'.
- Uitvoeren van een probabilistische piping- of heave-analyse.

Deze opties zijn nog verder beschreven in de *SH Piping bij Kunstwerken*. De beheerder dient aan te kunnen geven welke ToM opties hij heeft verkend en toegepast, bijvoorbeeld in een expertsessie.

### *3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## 7.15 Sterkte en stabiliteit kunstwerk puntconstructie (STKWp)

### 7.15.1 Algemeen

In Appendix C van bijlage III zijn de volgende kunstwerken als puntconstructies benoemd. Het lengte-effect is bij deze constructies te verwaarlozen.

- Coupure
- Tunnel zonder kanteldijken
- Schutsluis
- Keersluis
- Stormvloedkering
- Uitwateringssluis (spuisluis)
- Inwateringssluis (inlaatsluis)
- Gemaal (incl. afsluitmiddelen en pompen)
- Aansluitconstructie kunstwerk-duin
- Aansluitconstructie kunstwerk-dijk/dam
- Aansluitconstructie kunstwerk-hoge grond

#### *Vakindeling*

Elke puntconstructie in een primaire kering dient door de beheerder te worden beoordeeld. Er is bij puntconstructies in principe geen sprake van een vakindeling.

#### *Belastingen*

Van alle belastingen die op een puntconstructie werken worden bij de beoordeling alleen de Hydraulische belastingen (waterstanden en golven) en aanvaarbeasting bij bezwijken constructieonderdelen meegenomen.

#### *Gegevens*

De beheerder verzamelt t.b.v. de beoordeling beschikbare ontwerp-, revisie-, en renovatietekeningen. Van de constructie moet bekend zijn bekend welke materialen (hout, staal, beton, kunststof) zijn toegepast en welke sterkte-eigenschappen deze materialen hebben. Daartoe dient de conditie van de materialen op peildatum in de praktijk door de beheerder te worden vastgesteld.

De beheerder moet genoemde gegevens aan de Inspectie kunnen overleggen. Dit geldt ook voor de ervaringen uit veldbezoek, dagelijks gebruik van het kunstwerk, beheer en onderhoud en inspectie.

In tabel 7-1 van de schematiseringshandleiding zijn alle parameters opgesomd die voorkomen in de diverse kunstwerken sporen. Welke parameters nodig zijn hangt af van het kunstwerk.

### 7.15.2 Beoordeling

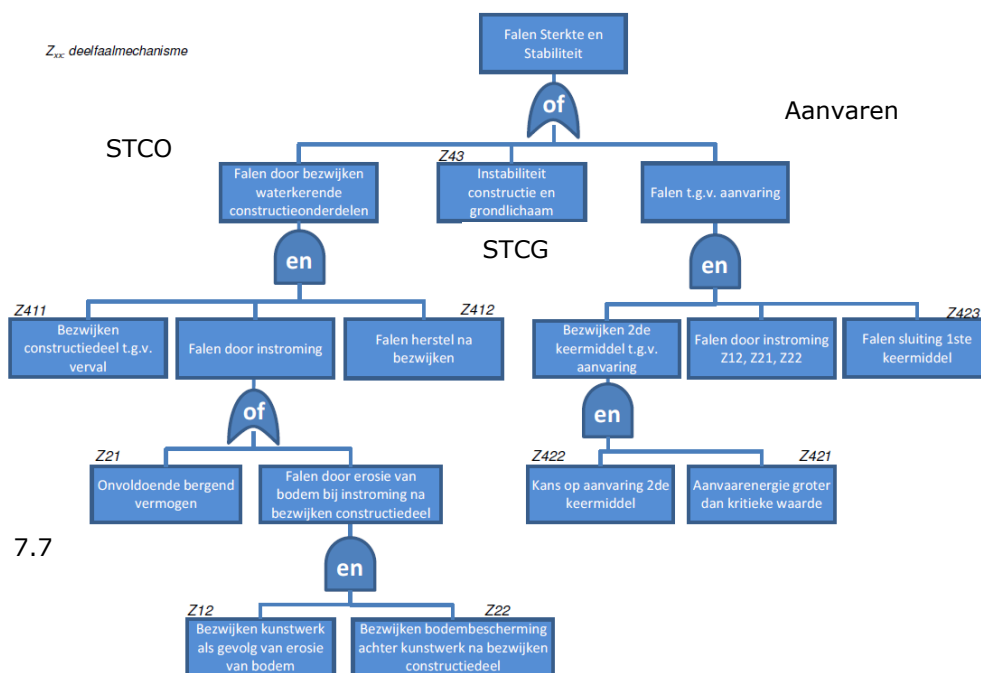
#### *Eenvoudige toets*

Er is geen eenvoudige toets beschikbaar.

#### *Gedetailleerde toets*

In de MR Bijlage II en in de [Schematiseringshandleiding](#) is de gebeurtenissenboom opgenomen die door de beheerder moet worden doorlopen om te komen tot een gedetailleerd oordeel voor de kans op falen van een waterkerend kunstwerk door constructief falen van de constructie zelf, het grondlichaam of de keermiddelen. Deze figuur is hierna ook opgenomen (Figuur 36).





Figuur 36 gebeurtenissenboom kunstwerken, puntconstructies

Voordat met rekenen begonnen wordt is het van belang dat de beheerder afweegt welke faalwijzen kunnen bijdragen aan de faalkans. Hij beschrijft wat er mis kan gaan met het betreffende kunstwerk en moet dit ook aan de inspecteur kunnen toelichten (vergelijk het verhaal van de dijk).

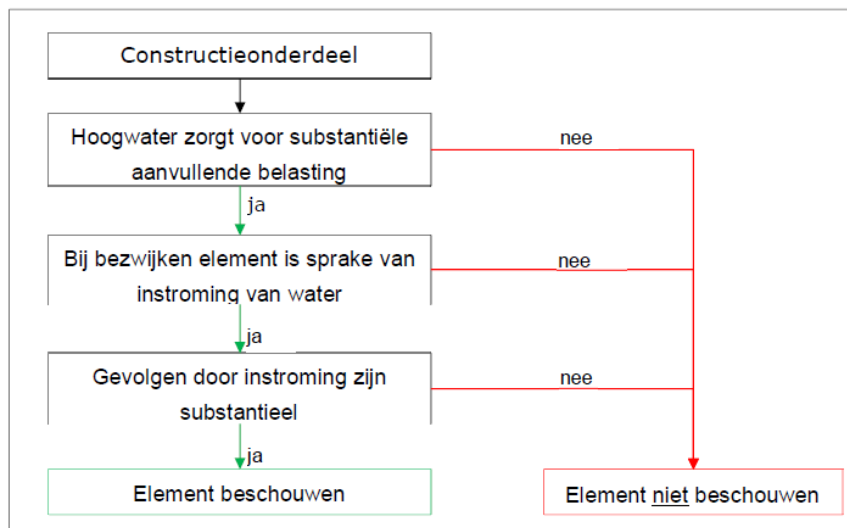
De beoordeling vindt plaats in Riskeer. Het is in Riskeer slechts mogelijk om één onderdeel van de constructie in te voeren in plaats van de gehele constructie. *Het zwakste onderdeel*. Het vaststellen van de faalwijze(n) met de grootste faalkans kan een iteratief proces zijn. De beheerder moet kunnen uitleggen waarom hij is gekomen tot de keuze voor het betreffende zwakste onderdeel.

Bij de beoordeling moeten feitelijk drie 'takken' van de foutenboom worden doorlopen en gecombineerd:

1. Bezwijken constructieonderdelen (STCO).
2. Instabiliteit constructie en grondlichaam (STCG).
3. Aanvaren.

**Sterkte Constructie Onderdelen, STCO**

De onderbouwing voor het al dan niet nader beschouwen van de diverse constructieonderdelen/elementen dient altijd plaats te vinden, leidend tot een (eerste) selectie van te analyseren constructieonderdelen. Of een element beschouwd moet worden, volgt uit het stroomschema in de navolgende figuur. De beheerder komt op deze manier tot één of meerdere elementen die na falen, tot een overstroming kunnen leiden.



Figuur 37 relevantie constructieonderdeel/element

Indien een element wordt beschouwd, gaat de beoordeling inhoudelijk verder.

De sterkte moet in Riskeer worden ingevoerd als een kritieke druk (zijnde een kritiek verval, opgegeven per vierkante meter dan wel per strekkende meter breedte van het constructieonderdeel). De bepaling van deze sterkte kan op basis van vuistregels, maar ook op basis van bijvoorbeeld EEM-sommen. Over het algemeen is een vuistregel conservatief en komt een EEM-som pas in beeld als met vuistregels of eenvoudige berekeningen nog geen voldoende kleine faalkans wordt gevonden. De beheerder moet kunnen beargumenteren welke methode hij heeft toegepast. Deze grof-fijn benadering geldt ook voor de constructieonderdelen: starten met een (conservatieve) eenvoudige schematisatie en alleen als het nodig is verder detailleren. De beheerder moet kunnen toelichten op welke wijze hij de sterkte van de diverse elementen heeft bepaald.

Uiteindelijk zal één van de elementen tot de hoogste faalkans leiden; het zogenaamde dominante element.

De volgende deelmechanismen binnen STCO zijn beschreven:

- Z<sub>411</sub> bezwijken constructieonderdeel t.g.v. verval (SH par 7.2).
- Z<sub>21</sub> onvoldoende bergend vermogen (SH par 7.7).
- Z<sub>22</sub> bezwijken bodembescherming achter kunstwerk na bezwijken constructieonderdeel (SH par 7.8).
- Z<sub>12</sub> bezwijken kunstwerk als gevolg van erosie bodem (SH par. 7.9).
- Z<sub>412</sub> falen herstel na bezwijken (SH par 7.10).

Hierna volgt een samenvatting van de deelfaalmechanismen.

*Z<sub>411</sub> bezwijken constructieonderdeel t.g.v. verval (SH par 7.2).*

Afhankelijk van het constructieonderdeel en de sterktegegevens hiervan kan zowel de sterkte als de belasting middels een lineair dan wel kwadratisch model worden beschreven. De keuze voor welk model toe te passen moet op basis van de beschikbare gegevens en de opbouw van de constructie worden onderbouwd. De Z-functies (Z=R-S) zijn als volgt gedefinieerd:

$$Z_{\text{stab verlies, lin}} = R_{\text{stab verlies, lin}} - m_s \cdot S_{\text{lin}} \quad \text{lineair model}$$

$$Z_{\text{stab verlies, kwad}} = R_{\text{stab verlies, kwad}} - m_s \cdot S_{\text{kwad}} \quad \text{kwadratisch model}$$

*Belasting (S)*

In de meeste gevallen zijn hoge waterstanden en/of golven bepalend.

*Golfbelasting.*

Golfbelasting wordt middels de methode Goda-Takahashi beschouwd in Riskeer. Hiervoor moet de beheerder in Riskeer een aantal gegevens invoeren, zoals de bermbreedte, de hoogte bovenkant constructie, de verticale afstand tussen onderkant constructie en teen van de dijk/berm, de drempelhoogte constructie, het aantal golven per stormgebeurtenis en een drietal modelparameters (modificatiefactoren voor de geometrie en de aard van de constructie en de hoek tussen de lijn loodrecht op de constructie en het noorden). De beheerder beschrijft de herkomst van deze parameters en beargumenteert eventuele aanpassing van default-waarden.

*Evaluatiehoogte ( $h_j$ ).*

Dit is de hoogte van het dominante constructieonderdeel (de meest ongunstige combinatie van sterkte en belasting) en wordt gebruikt om in het geval van het lineaire belastingmodel de belasting op het dominant gekozen keermiddelonderdeel te bepalen en in het geval van het kwadratisch belastingmodel de belasting op de totale (deel)constructie te bepalen.

Om  $h_j$  te bepalen kan de beheerder zelf iteraties uitvoeren met Riskeer. Het resultaat van deze analyse moet de beheerder kunnen overleggen.

*Modelfactor belastingeffect ( $M_S$ ).*

Deze modelfactor, die de onzekerheid verdisconteert van de doorwerking van de belasting op de spanningen en (snede)krachten, is standaard 1 (met een  $\mu$  van 0,05).

*Sterkte (R)*

De sterkte van het beschouwde onderdeel moet worden uitgedrukt in een constante hydraulische belasting. Dat betekent dat vanuit de daadwerkelijk aanwezige constructie teruggerekend moet worden naar een kritieke hydraulische belasting. Immers: S moet van R worden afgetrokken.

*Sterkteterm lineair belastingmodel  $R_{lin}$  of kwadratisch belastingmodel  $R_{kwad}$ .*

In de SH zijn, afhankelijk van de hoeveelheid gegevens, 3 methoden beschreven die leiden tot een inschatting van de gemiddelde sterkte. De beheerder moet kunnen laten zien welke methode hij heeft toegepast en waarom. Eventueel kunnen meerdere methoden worden gebruikt om te bezien of daarmee vergelijkbare waarden worden gevonden. De bepaalde constructieve sterkte R van het kunstwerk wordt in Riskeer ingevoerd. Opgemerkt, wordt dat de sterkte van het hele kunstwerk dus wordt 'platgeslagen' tot één waarde. In de praktijk blijkt dit niet altijd mogelijk, waardoor de beheerder in een Toets op Maat terecht komt.

*Binnenwaterstand ( $h_{bi,CB}$ ).*

Deze parameter betreft de binnenwaterstand met betrekking tot de sterkte van een constructie(onderdeel). Deze binnenwaterstand kan afwijken van de binnenwaterstand die aanwezig is in het achterland. Bijvoorbeeld het opzetten van een kolk van een schutsluis (getrapt keren) kan in de analyse middels de parameter  $h_{bi,CB}$  worden meegenomen.

 *$Z_{21}$  onvoldoende bergend vermogen (SH par 7.7).*

Zelfs al stroomt er water door het kunstwerk naar binnen, dan nog kan het bergend vermogen van de 'kom' erachter groot genoeg zijn om een overstroming te voorkomen. Deze analyse voert de beheerder alleen uit wanneer aanvaren of falen van de constructie als gevolg van groot verval verwaarloosbaar zijn.

Om te bepalen of het kombergend vermogen groot genoeg is, moeten zeven parameters worden bepaald en ingevoerd in Riskeer. De Z-Functie is als volgt:

$$Z = V_c - V_{instroom} = m_{kom} \cdot A_{kom} \cdot \Delta h_{kom} - m_{in} \cdot f_{ts|open} \cdot t_s \cdot Q_{in|open}$$

Waarin  $V_c$  het kombergend volume is en dus de sterkte (R) en  $V_{instroom}$  de belasting (S).

*Sterkte (R)*

- Modelfactor kombergend vermogen ( $m_{kom}$ ).
- Kombergend oppervlak ( $A_{kom}$ ).
- Kritieke peilverhoging komberging ( $D_{hkom}$ ).

*Belasting (S)*

- Modelfactor instromend volume ( $m_{in}$ ).
- Factor voor stormduur gegeven geopend kunstwerk ( $f_{ts|open}$ ).
- Stormduur ( $t_s$ ).
- Instromend debiet ( $Q_{in|open}$ ).

In de SH zijn voor de bepaling van deze parameters diverse formules gegeven. Aandachtspunt is de  $D_{hkom}$ . Dit is het waterpeil in het systeem waarbij overstroming nog net niet optreedt. Niet het dagelijks peil dus, eerder een peil dat maximaal enige decimeters onder de laagste kruinhoogte ligt. De stormduur (feitelijk hoogwaterduur) bepaalt grotendeels het instromende volume. Een standaardwaarde van 6 uur wordt gegeven, maar moet zeker voor grotere kunstwerken door de beheerder worden onderbouwd.

Een kunstwerk heeft ofwel een lage drempel, of een verdrongen koker. In het geval van de lage drempel is er sprake van volkomen dan wel onvolkomen overlaat. Voor deze 3 situaties zijn formules gegeven waarmee het instroomdebiet kan worden bepaald (SH formules 7.13, 7.14 en 7.15). De beheerder moet kunnen aangeven van welk type het kunstwerk is en dus welke parameters benodigd zijn in Riskeer.

*Z<sub>22</sub> bezwijken bodembescherming achter kunstwerk na bezwijken constructieonderdeel (SH par 7.8).*

Falen van de bodembescherming achter de constructie treedt op als de kritieke stroomsnelheid van de bodembescherming wordt overschreden.

De Z-functie luidt als volgt:

$$Z = Q_c - Q_{in|open} = q_c \cdot B_{sv} - Q_{in|open}$$

Het instromend debiet wordt vergeleken met een kritisch debiet.

Het instromend debiet  $Q_{in|open}$  is al bij  $Z_{411}$  (bezwijken constructieonderdeel t.g.v. verval) besproken.

Bij de bepaling van het kritisch debiet  $Q_c$  zijn er twee opties:

1. Bodembescherming aanwezig: diverse formules zijn beschikbaar voor de bepaling van  $Q_c$ , zoals bijvoorbeeld Izbash, Shields en Pilarczyk.
2. Bodembescherming niet aanwezig: Een eerste inschatting voor de kritische stroomsnelheid wordt gegeven in SH tabel 7.5.

*Z<sub>12</sub> bezwijken kunstwerk als gevolg van erosie bodem (SH par. 7.9).*

De kans op bezwijken van het kunstwerk als gevolg van het eroderen van de bodem wordt geschematiseerd middels de parameter Faalkans kunstwerk gegeven bezwijken bodembescherming en optreden van erosie bodem ( $P_{f,kw|erosie\ bodem}$ ). Deze parameter is feitelijk een maat voor de reststerkte. Standaard is de waarde 1 (geen reststerkte). In de SH worden diverse aandachtspunten gegeven voor de bepaling van deze waarde, die een hoog expert judgement kent.

*Z<sub>412</sub> falen herstel na bezwijken (SH par 7.10).*

De kans dat na het bezwijken van een constructieonderdeel het nog mogelijk is om het kunstwerk toch nog gesloten te krijgen (geen instroming van water) wordt ingebracht middels de parameter Faalkans herstel gefaalde situatie ( $P_{f,herstel\ sluiting}$ ). In de SH wordt aangegeven dat alleen voor gemalen en duikers nog sluiten na falen van de constructie mogelijk is. Een standaard werkwijze voor de bepaling van deze parameter wordt niet gegeven.

### **Aanvaren**

Aanvaren wordt in principe alleen bij schutsluizen beschouwd. Bij keersluizen ligt de scheepvaart immers stil (eventueel ToM). De beheerder doorloopt het stroomschema in SH Figuur 6-4 om af te wegen of aanvaren een rol speelt.

Samengevat:

- Er is geen aanvaarconstructie *en*
- CEMT klasse II of groter *en*
- Bediening boven de kritieke buitenwaterstand *en*
- De scheepsbreedte van de passerende vloot is significant kleiner dan de doorvaartbreedte van de sluis (geen prop) *en*
- Sluiting van het eerste keermiddel op stroming is niet mogelijk *en*
- Er is een set puntdeuren, een draaideur of een niet sluitbare roldeur als eerste keermiddel aanwezig.

De beheerder moet de uitkomst van het stroomschema kunnen toelichten. Indien aanvaren een rol speelt, vervolgt de beoordeling.

De volgende deelmechanismen binnen aanvaren zijn beschreven:

- Bepalen *kans* van aanvaren (SH paragraaf 7.4)
- Bepalen *impact* van aanvaren (SH paragraaf 7.5)
  - Bepalen opneembare energie van het keermiddel  
Met behulp van mechanicaregels kan bepaald worden welke energie (eenheid: kN) er nodig is om (een aantal) sterktebepalende onderdelen van het keermiddel plastisch te laten bezwijken.
  - Bepalen vrijkomende energie die door het keermiddel moet worden opgenomen na een aanvaring
- Bepalen kans op *herstel* (SH paragraaf 7.6)

De belangrijkste parameter is de sterkteparameter  $R$  (lineair of kwadratisch).

$R_{lin}$

De sterkteparameter in het lineaire belastingmodel  $R_{lin}$  representeert de (dominante) sterkte van het beschouwde constructieonderdeel, waarbij de statische belasting (vervalbelasting) op dit constructieonderdeel als constant wordt aangehouden.

$R_{kwad}$

De sterkteparameter in het kwadratische belastingmodel  $R_{kwad}$  representeert de (dominante) sterkte van het beschouwde constructieonderdeel, waarbij de statische belasting (vervalbelasting) op dit constructieonderdeel als (deels) lineair verlopend wordt aangehouden.

Voor falen ten gevolge van een aanvaring, moeten drie deelmechanismen optreden (en-poort):

1.  $Z_{423}$  Kans op falen van het herstel van een fatale aanvaring (7.6)
2. Falen door instromen (zie STCO, Z12, Z22 en Z21)
3. *Bezwijken tweede keermiddel*
  - $Z_{422}$  Kans op aanvaring tweede keermiddel (7.4)
  - $Z_{421}$  Aanvaarenergie groter dan kritieke waarde (7.5)

*Z<sub>423</sub> Kans op falen van het herstel van een fatale aanvaring (7.6)*

De kans op falen van het herstel van een fatale aanvaring, zijnde het alsnog sluiten van het geopende keermiddel na het uitvaren van het gesloten keermiddel, wordt bepaald door de volgende parameters

***Instabiliteit en sterkte grondlichaam, STCG***

Betreft het falen van het kunstwerk als geheel als gevolg van verval- en golfbelastingen, waardoor direct een dusdanige opening in de waterkering ontstaat dat er sprake is van een onbeheersbare situatie.

1. Horizontaal
2. Verticaal (bezwijken fundering, opdrijven)
3. Kantelen

*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).

*7.15.3 Aandachtspunten*

Er zijn geen andere aandachtspunten dan in de vorige paragrafen genoemd.

*7.15.4 Parameters*

Alle benodigde parameters zijn in de SH opgenomen en hierboven kort behandeld. Paragraaf 7.3 van de SH behandelt de parameters die behoren bij het faalmechanisme STCG.

Met name de bepaling van R, de sterkte, is een vrij complexe aangelegenheid. De hele sterkte van het kunstwerk wordt immers 'platgeslagen' in één waarde.

Voor  $R_{stab.verlies, lin}$  (sterkteterm voor het lineaire belastingmodel voor het faalmechanisme STCG) zie SH paragraaf 7.3.1.

Voor  $R_{stab.verlies, kwad}$  (sterkteterm voor het kwadratische belastingmodel voor het faalmechanisme STCG), zie SH paragraaf 7.3.2.

*7.15.5 Keuze vervolgstappen*

*1. Aanscherpen gedetailleerde toets*

De beheerder kan gevoeligheidsanalyses doen met de parameters van de probabilistische gedetailleerde toets. Een aanscherping van de schematisatie kan immers leiden tot een andere categorie.

*2. Toets op Maat*

Om de sterkte en stabiliteit te bepalen kunnen door de beheerder geavanceerde constructieberekeningen worden gemaakt, met een EEM model.

*3. Stoppen*

Net als bij alle andere mechanismen geldt dat de beheerder stopt wanneer het oordeel stabiel is en er dus geen zicht is op aanscherping van het oordeel door ofwel

meer onderzoek (aanscherpen schematisatie beschikbare methode) ofwel een alternatieve methode (Toets op Maat).

## **7.16 Sterkte en stabiliteit kunstwerk langsconstructie (STKWI)**

### *7.16.1 Algemeen*

Dit toetsspoor betreft de beoordeling op sterkte en stabiliteit van een langsconstructie, bedoeld voor langsconstructies die de weerstand tegen instabiliteit van een gronddijk vergroten (bijvoorbeeld stabiliteitsschermen).

Een in de grond ingebedde langsconstructie is opgebouwd uit relatief dunne (gekoppelde) constructieve elementen die door ankers en/of passieve gronddruk worden ondersteund. Door de buigweerstand en resulterende grondconstructie interactie levert de omringende grond een belangrijke bijdrage aan de belastingafdracht (hoogwater) naar de ondergrond.

Een langsconstructie is een type kunstwerk. In Appendix C van Bijlage III bij de MR staan de verschillende objecten in primaire waterkeringen genoemd die tot de categorie kunstwerken voor de beoordeling gerekend worden. Allereerst moet duidelijk worden of het betreffende faalmechanisme relevant is voor de beoordeling van het kunstwerk. Dit gebeurt in de eenvoudige toets.

Langsconstructies die aan een puntconstructie zijn gerelateerd, zoals pipingschermen, worden door de beheerder bij het toetsspoor sterkte en stabiliteit kunstwerk, puntconstructie beschouwd. Bij langsconstructies (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 gronddijk met langsconstructie die de weerstand tegen instabiliteit vergroot, zal zich bijvoorbeeld nog steeds als gronddijk gedragen.

### *7.16.2 Beoordeling*

#### *Eenvoudige toets*

In de eenvoudige toets wordt geverifieerd of wordt voldaan aan alle onderstaande voorwaarden:

- 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.

Er kleven beperkingen aan deze beschouwing van het ontwerp; de faalkanseis voor een dijktraject op basis van WBI 2017 is veranderd (zwaarder in veel gevallen) ten opzichte van de toegepaste ontwerprichtlijnen, hier moet door de beheerder rekening mee zijn gehouden. Een toelichting hierop is nodig.

#### *Gedetailleerde toets*

Voor de toets op sterkte en stabiliteit van een langsconstructie bestaat geen gedetailleerde toets. Het is dus feitelijk altijd Toets op Maat.

### *7.16.3 Aandachtspunten*

Analyses op basis van EEM zijn complexe berekeningen die veel invoer vragen van verschillende parameters. Het is zaak dat de beheerder die parameterwaardes goed bepaalt en toelicht.



#### 7.16.4 *Parameters*

Er zijn geen specifieke bepalende parameters.

#### 7.16.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *Toets op Maat*

Binnen het WBI2017 is een handreiking opgesteld met een voorgestelde methode voor het toetsspoor sterkte en stabiliteit van langsconstructies op basis van Eindige Elementen Methode (EEM)-analyses voor een specifieke locatie of situatie, maar deze is dus niet voorgeschreven.

De Toets op Maat handreiking die het WBI2017 voor het toetsspoor sterkte en stabiliteit kunstwerk langsconstructie biedt, wordt vooral gebaseerd op het werk binnen WTI 2011 dat uiteindelijk tot Technisch Rapport Analyse Macro stabiliteit Dijken met de Eindige Elementen Methode heeft geleid.

De voorgestelde methodiek is uitgeschreven in WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken, Toets op Maat voor stalen damwandschermen als stabiliteit-verhogende langsconstructie, Deltares Rapport 1220087-005, Delft 2015 (destijds nog WTI).

De POV Macro stabiliteit heeft veel onderzoek gedaan naar de sterkte van langsconstructies. Meer informatie is te vinden op de webpagina van de POV-M: <https://www.povmacrostabiliteit.nl/rapporten/>

De beoordeling van langsconstructies is, zeker als het EEM-berekeningen betreft maatwerk.

## 7.17 Golfafslag voorland (VLGA)

### 7.17.1 Algemeen

Golven kunnen het voorland eroderen. Wanneer de rand van het voorland hierdoor te dicht in de buurt van de waterkering komt te liggen (binnen de invloedszone), dan vergroot dat de kans op falen van de waterkering en daardoor een overstroming. Golfafslag is een indirect mechanisme, een vervolgmecanisme (direct) is nodig om een overstroming te veroorzaken.

### 7.17.2 Beoordeling

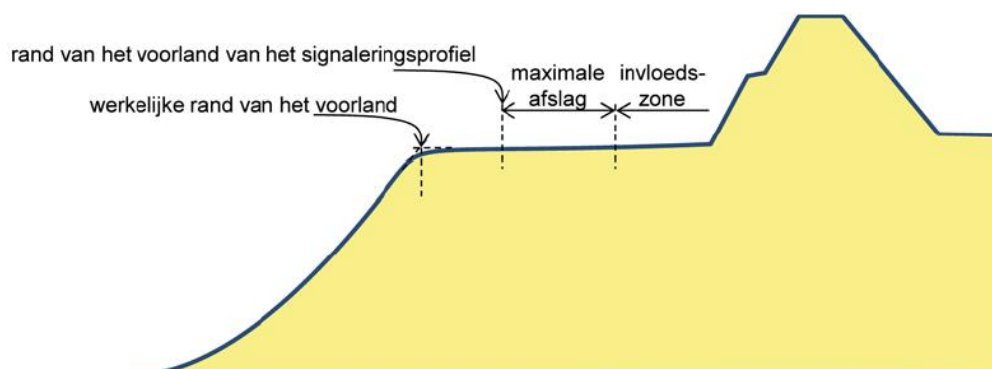
#### Eenvoudige toets

In Bijlage III is de eenvoudige toets beschreven, het betreft een toets in twee stappen, Eerst (E.1) wordt door de beheerder bekeken of golfafslag überhaupt schadelijk kan zijn voor de directe mechanismen en daarna (E.2) wordt bekeken of golfafslag kan optreden.

#### E.1: schadelijkheid

met een golfhoogte (te bepalen met Riskeer) is in figuur 22-2 van bijlage III af te lezen wat de minimale benodigde marge buiten de invloedszone is (maximale afslag in de figuur hieronder).

Voor de ligging van de (meest ongunstige) rand van het voorland op peildatum moet het rekenprofiel worden bepaald. Hoe dit moet is beschreven bij de toetssporen Zettingsvloeiing en Afschuiven voorland. Bij golfafslag gaat het alleen om de horizontale positie van de rand ten opzichte van het maximale afslagpunt. Ligt de werkelijke rand landwaarts van het maximale afslagpunt, dan moet er worden verder beoordeeld. Anders is de faalkans verwaarloosbaar.



Figuur 38 Bepaling afslagpunt

#### E.2: mogelijkheid

Er zijn drie voorwaarden die golfafslag verhinderen:

1.  $H < 0,75m$ , of
2.  $h_{\text{voorland}} < h_{\text{norm}}$  én  $(h_{\text{norm}} - h_{\text{voorland}}) < 2 \cdot H_s$ , of
3.  $h_{\text{voorland}} > h_{\text{norm}}$  én bekleding voorland voldoet.

#### Gedetailleerde toets

Er is geen gedetailleerde toets beschikbaar.

### 7.17.3 Aandachtspunten

Er zijn voor het toezicht geen specifieke aandachtspunten.

#### 7.17.4 *Parameters*

Van belang zijn:

1. de significante golfhoogte ( $H_{m0}$  of  $H_s$ ) bij de norm op basis van de marginale statistiek (volgt uit Riskeer).
2. De waterstand bij de norm op basis van de marginale statistiek (Riskeer).
3. De eigenschap van het voorland (beschermd, klei, zand)
4. De erosiesnelheid per jaar en de prognose van de ligging op peildatum.

De beheerder moet deze vier parameters beargumenteerd hebben beschreven. De erosiesnelheid leidt tot een verwachte ligging van het profiel op peildatum. B&O zou er echter op gericht moeten zijn om het profiel op zijn plek te houden, of in elk geval op een veilige afstand van de dijk.

#### 7.17.5 *Keuze vervolgstappen*

##### *Aanscherpen gedetailleerde toets*

In de SH is aangegeven dat de vakindeling kan worden verkleind.

##### *Toets op Maat*

In Bijlage III zijn drie opties genoemd voor een Toets op Maat.

1. Een nadere analyse van de sterkte van de voorlandbekleding.
2. Het uitvoeren van erosieberekeningen, met bijvoorbeeld Morphan (modellen Duros+ of X-Beach.)
3. Het restprofiel op peildatum meenemen als scenario bij de berekening van de directe mechanismen.

De beheerder moet aangeven welke ToM hij heeft verkend en toegepast.

## 7.18 Afschuiving voorland (VLAf)

### 7.18.1 Algemeen

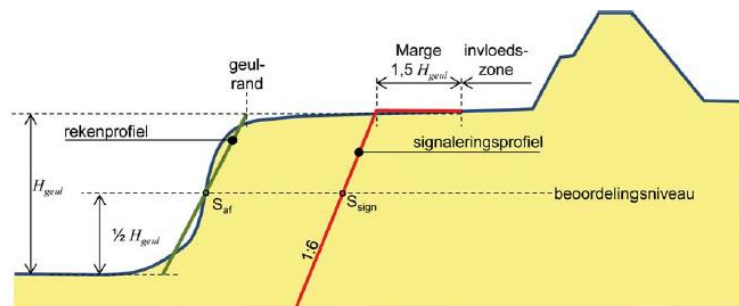
Afschuiven van het voorland kan leiden tot instabiliteit van de naastgelegen waterkering. Eerst moet daarom worden bepaald of dit indirecte mechanisme de waterkering überhaupt in gevaar kan brengen. Is dat het geval, dan moet bepaald worden wat het daadwerkelijke effect van een afschuiving is.

De toets op afschuiven voorland moet worden uitgevoerd bij elke waterkering met voorland.

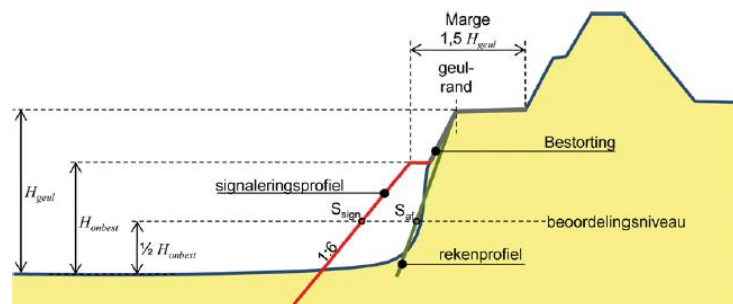
### 7.18.2 Beoordeling

#### Eenvoudige beoordeling

In de eenvoudige beoordeling bepaalt de beheerder eerst het zogenaamde signaleringsprofiel en het rekenprofiel (stap E.1). Hoe deze profielen moeten worden geconstrueerd, is weergegeven in paragraaf 23.1 van bijlage III.



Figuur 39 Reken- en signaleringsprofielen onbestort



Figuur 40 Reken- en signaleringsprofielen bestort

Ligt  $S_{sig}$  landwaarts van  $S_{af}$  dan is de faalkans verwaarloosbaar. Ligt het afschuifpunt dichterbij de waterkering dan de het signaleeringspunt, dan moet stap E.2 worden uitgevoerd: aan de volgende drie voorwaarden moet voor het op kunnen treden van een afschuiving worden voldaan:

1. 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.
2. 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.
3. De totale helling (geulrand-geulbodem) is gemiddeld steiler dan of gelijk aan 1V:4,5H.

Ligt  $S_{af}$  landwaarts van  $S_{sig}$ , dan moet sowieso verder worden beoordeeld.

De controle op de ligging van de beide punten kan alleen goed worden uitgevoerd wanneer deze per vak beide zijn gegeven, liefst voorzien van een dwarsdoorsnede zoals in figuur 35.

#### *Gedetailleerde beoordeling*

De gedetailleerde beoordeling vindt plaats met D-Geo Stability, op eenzelfde manier als voor macrostabiliteit binnenwaarts (zie paragraaf 7.1). Net als bij STBI worden, met D-Soilmodel, ondergrondscenario's opgesteld met hun kans van voorkomen. Per scenario wordt vervolgens met D-Geo Stability een stabiliteitsfactor berekend. Deze stabiliteitsfactoren worden ongerekend naar een faalkans per scenario en door de scenario's te combineren tot een faalkans per vak (formules 5.2 en 5.3 uit Bijlage III) . Deze berekende faalkans per vak wordt tenslotte met de eis ( $P_{eis,vak} = 0,01*N$ ) vergeleken.

7.18.3 *Aandachtspunten*  
Zie STBI.

7.18.4 *Parameters*  
Zie STBI.

7.18.5 *Keuze vervolgstappen*

*Aanscherpen gedetailleerde toets*  
Zie macrostabiliteit, 7.1.

#### *Toets op Maat*

Indien in een eventuele toets op maat verstoringprofielen ten gevolge van afschuiving voorland (restprofielen) als geometrie-scenario's bij de directe faalmechanismen worden beschouwd, zal de vakindeling mede bepaald worden door de vakindeling van de directe faalmechanismen, met name macrostabiliteit buitenwaarts, binnenwaarts en piping).

## 7.20 Zettingsvloeiing voorland (VLZV)

### 7.20.1 Algemeen

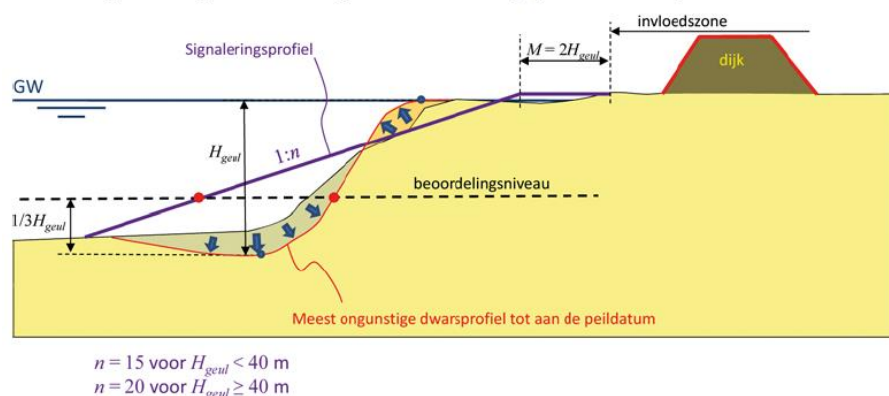
Bij dijken met een voorland dat over gaat in een (diepe) geul, kan een zettingsvloeiing optreden. Een deel van het voorland glijdt dan als het ware de geul in, waardoor het voorland een stuk korter wordt en de overstromingskans van de naastgelegen waterkering vergroot. Zettingsvloeiing is een indirect mechanisme, wat betekent dat de vloeiing op zichzelf niet tot een overstroming leidt. Daartoe moet als gevolg van de zettingsvloeiing de waterkering zelf nog falen én moet er voldoende water het achterliggende gebied instromen.

### 7.20.2 Beoordeling

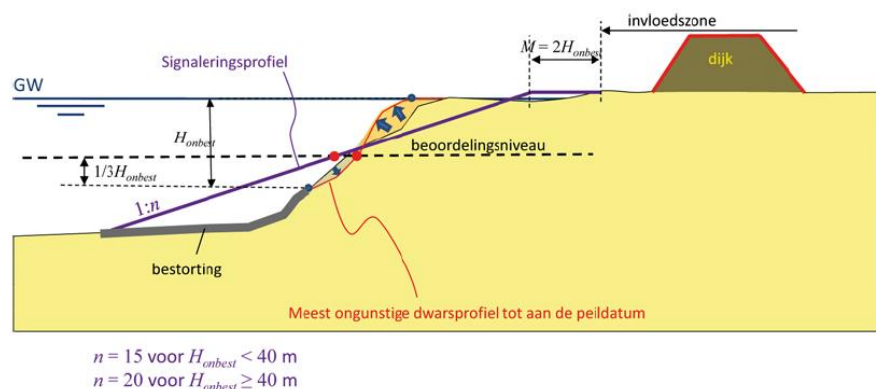
Net als bij Afschuiven Voorland vindt er eerst een geometrische toets plaats om te bepalen of een zettingsvloeiing überhaupt schadelijk kan zijn. Valt dat niet uit te sluiten, dan vindt een rekenkundige beoordeling plaats met de applicatie D-Flow Slide.

#### Eenvoudige Toets

De eenvoudige toets is een geometrische toets. De beheerder dient een beoordelingsprofiel en een 'meest ongunstig profiel op peildatum' te construeren, conform paragraaf 24.1 van Bijlage III. Onderstaande figuren geven dit weer voor een onbestort en een bestort profiel.



Figuur 41 Eenvoudige schematisatie zettingsvloeiing, onbestort



Figuur 42 Eenvoudige schematisatie zettingsvloeiing, bestort

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 de figuren hiervoor dan is een eventuele zettingsvloeiing wel schadelijk en wordt doorgedaan naar Stap E.2. In deze stap wordt gekeken of de helling van het onderwatertalud ergens over een lengte van 5m steiler is dan 1 op 4. Is alles flauwer dan 1 op 4, dan moet de beoordeling worden vervolgd met E.3. Is het ergens steiler, dan is het risico aanzienlijk en biedt de eenvoudige toets geen uitkomst.

In stap E.3 kan met eenvoudige geometrische formules worden gecontroleerd of de kans op zowel een bresvloeiing als een verwekingsvloeiing verwaarloosbaar klein zijn. Is dat niet het geval, dan moet de beheerder door naar de gedetailleerde toets.

*Gedetailleerde toets*

In de 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 door de beheerder gecontroleerd door te eisen dat de geulrand nadat de zettingsvloeiing is opgetreden niet in de invloedzone van de waterkering mag liggen. In de gedetailleerde toets wordt met de applicatie D-Flow Slide (paragraaf 2.5.6) gerekend. De beheerder neemt nu, net als bij macrostabiliteitsanalyses, de ondergrond mee als scenario's.

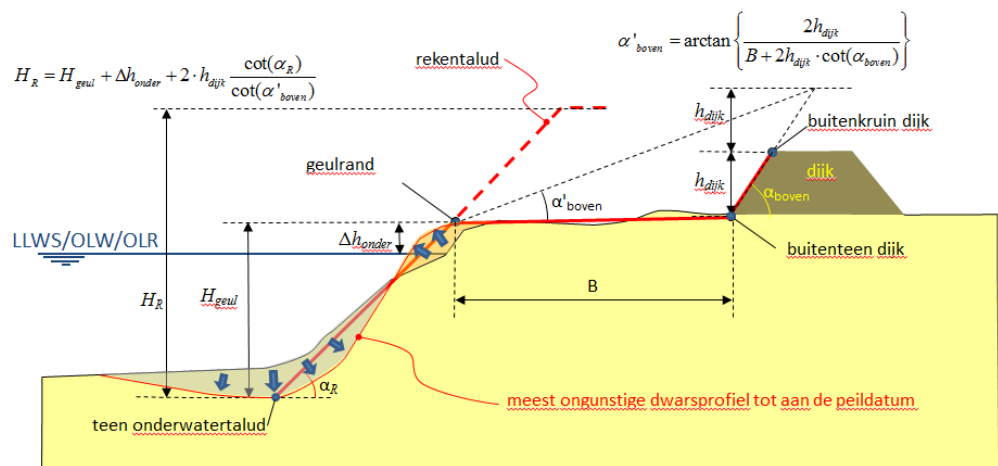
7.20.3 *Aandachtspunten*

*Relevante Hydraulische Belastingen*

Voor een zettingsvloeiing is vooral een (snel) dalende waterstand van belang. Bij laag water kan er in veel gevallen geen water door een eventuele bres instromen en na een zettingsvloeiing is er veelal tijd voor herstel, voordat het volgende hoogwater zich aandient. Het is dus maar zeer de vraag of een zettingsvloeiing tot een overstroming leidt. De beheerder moet hier aandacht aan besteden (verhaal van de dijk).

7.20.4 *Parameters*

Alle benodigde parameters zijn genoemd in de SH.



Figuur 43 Geometrische parameters zettingsvloeiing

In elk geval relevant zijn:

- De parameters cotangens( $\alpha_R$ ) en  $V_{lokaal}$  (oevermigratiesnelheid) die niet verschillen per ondergrondscenario.
- De rekengeuldiepte  $H_R$  die kan verschillen per scenario.

- De karakteristieke waarden van de parameters  $\Psi_{5m, kar}$ ,  $d_{50, gem, kar}$  en  $F_{cohesivelayers}$  allen te bepalen per ondergrondscenario. Met name de State parameter ( $\Psi_{5m, kar}$ ) die een maat is voor de verwekingsgevoeligheid van zand is lastig te bepalen. Een uitgebreid stappenplan voor de bepaling (op basis van seismische sonderingen) is weergegeven in de SH.

Met D-Flow Slide wordt per scenario een faalkans berekend. Zie de handleiding van de applicatie voor meer informatie. Alle scenario's moeten worden gecombineerd tot een faalkans per vak. Deze faalkans wordt vergeleken met de eis per vak, die voor dit indirecte mechanisme las volgt is:  $P_{eis, vak} = 0,01 * \text{Lengte vak (km)}$ .

### 7.20.5 *Keuze vervolgstappen*

#### *Aanscherpen gedetailleerde toets*

Met grondonderzoek zijn door de beheerder de bepalende parameters beter te bepalen. Het kan dus lonen om (aanvullende) sonderingen en/of boringen te doen om bijvoorbeeld de  $\Psi$ , de  $d_{15}$  en de  $d_{50}$  te bepalen.

#### *Toets op Maat*

Zettingsvloeiing is een indirect mechanisme. Dus zelfs als met D-Flowslide een te grote kans is berekend ten opzichte van de gestelde eis, dan nog hoeft dat niet tot een overstroming te leiden. Het restprofiel na zettingsvloeiing dat met D-Flow Slide is bepaald, kan als input worden gebruikt voor berekeningen van de directe mechanismen zoals piping en macrostabiliteit. Dit kan met scenario's, op een vergelijkbare manier als met de ondergrondscenario's wordt gerekend.



## 7.21 Niet waterkerende objecten (NWO)

### 7.21.1 Algemeen

Er zijn verschillende typen NWO's, die binnen de beoordeling zijn onderverdeeld in 4 categorieën:

1. Bebouwing (NWObe)
2. Begroeiing (NWObo)
3. Kabels en Leidingen (NWOkl)
4. Overige constructies (NWOoc)

NWO's kunnen stuk gaan, maar dat betekent nog niet dat de waterkering faalt, laat staan dat er een overstroming optreedt. Het falen van een NWO als gevolg van een bepaalde belasting (hydraulisch, wind, mechanisch) is dan ook een indirect mechanisme. Een (ontgrondings)kuil, bloot liggende overgang of erosie die ontstaat als gevolg van het falen van een NWO kan de overstromingskans vergroten, maar vaak is de invloed zeer beperkt, met name omdat het falen van een NWO vaak niet tijdens hoogwater gebeurt en er dus hersteltijd is. Zo kunnen bomen in het rivierengebied omwaaien, maar hangt harde wind niet samen met hoge rivierafvoer.

NWO's hebben, afhankelijk van de ligging, impact op de mechanismen zoals weergegeven in de volgende tabel.

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)		
Achterland		STMI		
		STBI	STKW	
		STPH	PKW	

Figuur 44 mogelijke impact NWO's op voorlanden en directe mechanismen dijk/dam/duin/kunstwerk

Er bestaat geen generieke Schematiseringshandleiding NWO's. Alleen voor NWO's in Duinen is een SH geschreven. De wijze waarop met NWO's –als indirect mechanisme- moet worden omgegaan is beschreven in Bijlage III (hoofdstuk 25).

### 7.21.2 Beoordeling

NWO's hoeven pas beoordeeld te worden als het oordeel van de gecombineerde directe mechanismen 'voldoet aan de norm' is. Het ligt dus voor de hand dat de beheerder NWO's pas als laatste beoordeelt.

#### Eenvoudige toets

##### E.1 Algemeen

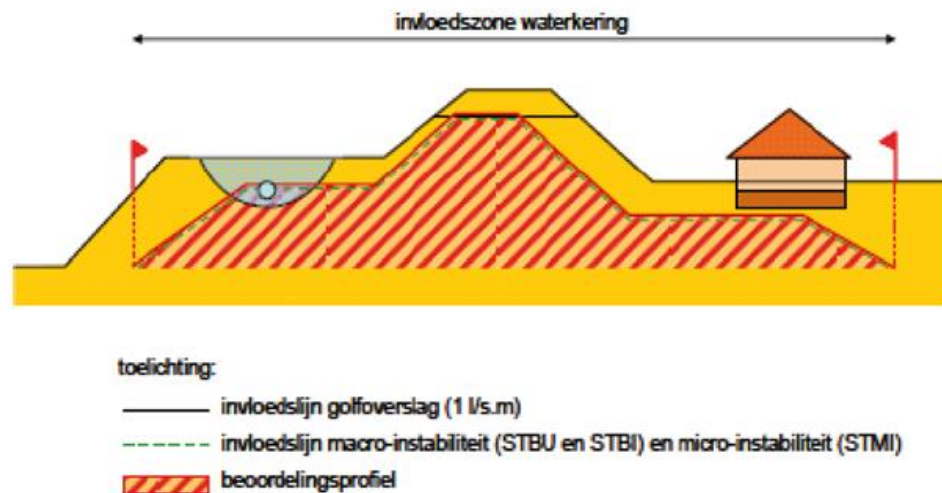
Wanneer de relevante toetssporen uit figuur 39 (tabel 26-1 uit bijlage III) zijn beoordeeld en de waterkering voldoet (na assemblage) aan de trajectnorm, dan moeten de NWO's worden beoordeeld. Voldoet het traject (toch al) niet, dan hoeven de NWO's niet te worden beoordeeld. Dat scheelt de beheerder in elk geval tijd.

### E.2 Bebouwing (NWObe)

De beheerder zet alle bebouwing langs de waterkering op kaart en verzamelt per gebouw de voor de eenvoudige beoordeling relevante informatie :

- Ontgrondingsdiepte  $D_o$
- Waterdiepte  $h$  indien buitendijks (Riskeer)
- Golfhoogte  $H_{m0}$  indien buitendijks (Riskeer)
- Diepte kelder ( $d$ )
- Positie ten opzichte van de waterkering (binnen/buitenteen)

De beheerder bepaalt ter plaatse van elk gebouw het beoordelingsprofiel, conform bijlage A.2 uit Bijlage III, tenzij al direct duidelijk is dat het gebouw er buiten valt. De in Bijlage III beschreven werkwijze om te komen tot het beoordelingsprofiel is vrij grof. In de volgende figuur is een voorbeeld gegeven. Uit dit profiel volgt ook de (horizontale) invloedszone, die nodig is voor bijvoorbeeld zettingsvloeiing en golfafslag voorland. Het beoordelingsprofiel is feitelijk een soort omhullende voor de toetssporen Macrostabiteit Buitenwaarts (STBU), Grasbekleding Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB), Macrostabiteit Binnenwaarts (STBI) en Microstabiteit (STMI) en Piping (STPH).



Figuur 45 Beoordelingsprofiel waterkering tbv beoordeling NWO's

De beoordeling van bebouwing wordt vervolgd met de controle of het verstoringsprofiel van het NWO buiten dan wel binnen het beoordelingsprofiel ligt (E.2.1). Dit kan het beste in een dwarsdoorsnede in beeld worden gebracht. De beheerder registreert de afmetingen van zowel het verstoringsprofiel als het beoordelingsprofiel per gebouw.

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. Wordt het beoordelingsprofiel wel doorsneden, dan wordt in stap E.2.2 gekeken of er een 'compenserende voorziening' aanwezig is (BWC) en zo ja, of deze voldoende veiligheid biedt (beoordeling langsconstructie; E.2.3). Is dat niet het geval, dan volgt nog de controle op het 'schadelijkheids- en optredingscriterium' (E.2.4). De faalkans is (alsnog) verwaarloosbaar als:

1. Bebouwingsoppervlakte  $< 15m^2$
2. Bebouwing buiten de  $4 \cdot h$ -zone (4 maal de hoogte teen-kruin).  
Staat de bebouwing buiten deze zone, dan moet alleen nog gecontroleerd worden of de opbarstveiligheid voldoende groot is ( $> 1,2$ ). Zie piping.

Het ligt overigens voor de hand dat de beheerder het bebouwings-oppervlakte criterium als filter naar voren haalt.

### *E.2 Begroeiing (NWObO)*

Bij begroeiing gaat het feitelijk om bomen, of in elk geval beplanting met een windworp. De stappen zijn tot het 'schadelijkheids- en optredingscriterium' (E.2.4) gelijk aan de bebouwing.

In stap E.2.4 leiden een aantal eigenschappen van de boom tot 'faalkans verwaarloosbaar' of 'verder beoordelen'. Van de bomen moeten de volgende eigenschappen (parameters) zijn verzameld:

1. of windworp wordt uitgesloten: ja/nee
2. Hoogte (m)
3. Stamdiameter (m)
4. solitair op stabiliteitsberm: ja/nee
5. bomenrij op stabiliteitsberm: ja/nee
6. bomenrij op pipingberm met overhoogte > 1m: ja/nee
7. scheefstand (graden)
8. grondwaterstand t.o.v. maaiveld (m)
9. wortelkluit (gegeven stamdiameter en grondwaterstand, m)

Het ligt voor de hand dat de beheerder een lijst met bomen maakt, waarin per boom bovenstaande gegevens zijn opgenomen, leidend tot 'faalkans verwaarloosbaar' of 'verder beoordelen'.

Leidt de eenvoudige toets niet tot een voldoende kleine faalkans, dan rest het meenemen van de verstoringsprofielen bij het beoordelen van de directe mechanismen (scenario's). Dit in de Toets op Maat.

### *E.2 Kabels en Leidingen (NWOkI)*

Kabels hoeven niet te worden beoordeeld, leidingen –wanneer aan een aantal voorwaarden wordt voldaan- wel. In tegenstelling tot bebouwing en begroeiing is bij leidingen alleen macrostabiliteit van belang. Ook bij leidingen geldt dat tekeningen van dwars- of langsdoorsnedes met daarin zowel de stabiliteitszone als de verstoringszone en een toelichting daarop het toezicht vergemakkelijken.

#### *Eenvoudige toets*

De verstoringszone van de leiding wordt eerst met de stabiliteitszone (macrostabiliteit) vergeleken. Vervolgens wordt, net als bij bebouwing en begroeiing dat alleen wanneer geen voldoende veilige compenserende voorziening (BWC) aanwezig is, doorgedaan moet worden met de controle op het 'schadelijkheids- en optredingscriterium' (E.2.4).

De volgende gegevens (parameters) van de leiding zijn dan nodig:

1. leiding van staal: ja/nee
2. inwendige druk > 1 MPa: ja/nee
3. diameter (mm)

Indien de leiding niet van staal is, de inwendige druk groter is dan 1 MPa en de doorsnede kleiner dan 125mm, moet verder worden beoordeeld met de NEN3651. Indien de leiding van staal is, de inwendige druk kleiner is dan 1 MPa en de doorsnede kleiner dan 500mm, dan is de faalkans verwaarloosbaar.

#### *Gedetailleerde toets*

De beheerder volgt voor de gedetailleerde toets de NEN3651, tenzij:

1. stalen leiding, druk < 1 MPa, diameter < 500mm: faalkans verwaarloosbaar

2. niet stalen leiding, druk < 1 MPa, diameter < 125mm: faalkans verwaarloosbaar
3. niet stalen leiding, druk > 1 MPa: Toets op Maat. In dit geval zal een faalkans/risicoanalyse moeten worden uitgevoerd, of in situ onderzoek.

#### *E.2 Overige constructies (NWOoc)*

Bijlage III geeft zeer beknopt weer hoe met andere NWO's dan de hiervoor beschreven categorieën moet worden omgegaan. De integrale tekst is als volgt:

“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.”

#### *Gedetailleerde toets*

Er is alleen voor leidingen een gedetailleerde toets beschikbaar (NEN3651).

#### *7.21.3*

##### *Aandachtspunten*

Kabels en Leidingen worden geregistreerd door Bureau KLIC (<http://www.klicmelding.nl/>). De beheerder heeft de KLIC informatie opgevraagd (kaart) en zo mogelijk verrijkt met eigen gegevens. Checkvraag aan de beheerder is of hij bij ook eventuele defensieleidingen in beeld heeft die vaak niet in de KLIC zijn opgenomen.

#### *7.21.4*

##### *Keuze vervolgstappen*

De beheerder heeft als het goed is een overzicht (lijst) van alle relevante NWO's (bebouwing, bomen, leidingen, overig), met daarin de resultaten van de eenvoudige toetsen en voor leidingen zo nodig ook het resultaat van de NEN-beoordeling (gedetailleerd). Alleen de NWO's die na de eenvoudige en gedetailleerde toets geen verwaarloosbare bijdrage hebben aan de overstromingskans blijven nu over. Voor deze NWO's is een Toets op Maat nodig. Net als bij alle andere indirecte mechanismen kunnen de verstoringszones als scenario worden meegenomen bij de analyse van de directe mechanismen.

## 7.22 Havendammen (HAV)

### 7.22.1 *Algemeen*

Havendammen zijn zelf geen primaire waterkeringen. Ze kunnen echter wel de belasting (golfhoogte) op achterliggende primaire waterkeringen verlagen, of – wanneer ze hun functie niet meer vervullen- verhogen. Het is daarom zaak dat de beheerder eerst in beeld brengt wat het effect van havendammen op de golven is en of deze invloed significant is voor wat betreft de overstromingskans, ongeacht of deze in het beheer zijn van de beheerder. Het gaat erom of ze op peildatum in het watersysteem aanwezig zijn. Is het effect beperkt, of voldoet de achterliggende primaire waterkering ook zonder havendammen, dan hoeft de havendam zelf niet beoordeeld te worden.

In Bijlage III staat 'als de havendam invloed heeft op de hydraulische belasting wordt de beoordeling voortgezet'. Er is echter altijd een effect van havendammen, ze liggen er immers niet voor niks. Het gaat om de vraag of dat effect significant is.

In algemene zin geldt dat wanneer na assemblage het traject niet voldoet zonder het dempende effect op de golven van de havendammen en wel voldoet als de havendammen functioneren, de havendammen op standzekerheid moeten worden beoordeeld. Dit is dezelfde benadering als bij de andere indirecte mechanismen.

De Schematiseringshandleiding '[Hydraulische condities bij de dijkteen](#)' beschrijft of en zo ja hoe de havendammen moeten worden meegenomen in de analyse van de diverse toetssporen. Deze beschouwing moet zijn gerapporteerd. Zie ook paragraaf 6.1 (Hydraulische Belastingen).

### 7.22.2 *Beoordeling*

#### *Gedetailleerde toets*

In bijlage III (paragraaf 26.2) staat dat de havendam op moet worden beoordeeld op dezelfde wijze als een dijk voor de toetssporen macrostabiliteit binnen, macrostabiliteit buiten, microstabiliteit, de drie voorlandsporen, de diverse bekleding sporen en NWO's (voor zover relevant). Verwezen wordt naar de betreffende paragrafen.

## **7.23 Innovaties (INN)**

### *7.23.1 Algemeen*

Voor innovaties zijn per definitie geen standaard rekenregels/voorschriften beschikbaar. De beoordeling beperkt zich dan ook tot een controle op de bij het ontwerp gehanteerd uitgangspunten. Zie hoofdstuk 27 van Bijlage III.