

Beoordeling waterveiligheid Traject 14-3 Delflandse Rivierdijk

Hoofdrapport



Hoogheemraadschap van
Delfland



Hoogheemraadschap van
Delfland

11 april 2022
Definitief | DMS 2040044

Foto voorblad: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat

Samenvatting

Het Hoogheemraadschap van Delfland (hierna: Delfland) is verantwoordelijk voor het beoordelen van de primaire waterkeringen in het beheergebied. De Waterwet bepaalt dat de veiligheid van alle primaire waterkeringen elke twaalf jaar moet worden beoordeeld. In het kader van de wettelijke beoordeling van de primaire waterkeringen dient elk dijktraject in de periode 2017-2022 beoordeeld te worden aan nieuwe overstromingskansen, dit aan de hand van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI2017). De peildatum voor deze beoordeling is 1 januari 2023. Voorliggend rapport beschrijft het veiligheidsoordeel voor de primaire waterkeringen van dijktraject 14-3, de 'Delflandse Rivierdijk'. Dijktraject 14-3 loopt van de kruising Schiedamseweg en Vulcaanweg in Vlaardingen (X: 84432 Y: 436197) tot en met de Maeslantkering (X: 71043 Y: 441849) en heeft een lengte van 16,5 km.

Het veiligheidsoordeel

Het veiligheidsoordeel voor dijktraject 14-3 is veiligheids categorie D: het dijktraject voldoet ruim niet aan de ondergrens. Dit oordeel is conform het WBI2017 bepaald op basis van de toetssporen welke voor de verschillende faalmechanismen (voorbeelden van faalmechanismen zijn: te weinig hoogte en instabiliteit van de dijk) zijn doorlopen.

Duiding

De eindconclusie van de totale beoordeling wordt gegeven in 'veiligheidsoordeel': categorie D en voldoet daarmee ruim niet aan de ondergrens van de wettelijke norm. De relatief grote afstand tot de norm komt bij dit dijktraject vooral doordat het faalmechanisme 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) niet kan worden uitgesloten. Dit houdt in dat een onderwater(zand)talud instabiel wordt en een soort drijfzand wordt. Het (drijf)zand kan dan wegvloeien naar een plek waar het onderwatertalud flauwer wordt. Het voorland is het land dat aan de waterzijde van de Delflandsedijk ligt. Dit voorland beschermt de Delflandsedijk, maar door de zettingsvloeiing kan het voorland aangetast worden en daarmee de stabiliteit van de dijk. Bij traject 14-3 ontbreekt er stortsteen op het onderwatertalud om het zand vast te houden en is er sprake van een steil en diep onderwatertalud. Bij de beoordeling van dijktraject 14-3 blijkt dat indien het mechanisme VLZV kan worden uitgesloten, het dijktraject wel voldoet aan de norm (veiligheids categorie A).

Verder blijkt uit de beoordeling dat de keersluis Maasluis niet voldoet aan betrouwbaarheid sluiting (BSKW). De uitwerking hiervan op het veiligheidsoordeel voor het traject is beperkt. Indien zettingsvloeiing kan worden uitgesloten voldoet het traject (en hiermee de keersluis) wel aan de norm (er is voldoende faalkansruimte over).

Handelingsperspectief

Dijktrajecten welke niet aan de norm voldoen, moeten voor 2050 zijn verbeterd. De wet schrijft voor dat als de beoordeling van de veiligheid daartoe aanleiding geeft, de rapportage een omschrijving bevat van de voorzieningen die, op een daarbij aan te duiden termijn, nodig worden geacht.

Om het traject weer te laten voldoen aan de veiligheidsnorm voor VLZV meldt Delfland het traject aan bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het HWBP bekijkt samen met Delfland (beheerder van de dijk) en Rijkswaterstaat (beheerder van de Nieuwe Waterweg) welke maatregelen benodigd zijn en wanneer deze worden uitgevoerd. In het calamiteitenbestrijdingsplan (CBP) worden herstelmaatregelen opgenomen welke bij een zettingsvloeiing genomen kunnen worden.

Delfland heeft de volgende voorzieningen getroffen om de risico's van de keersluis Maasluis te beheersen. Er is opgenomen dat de stormvloeddeuren van de Monstersche sluis (achterliggend

systeem) gesloten worden bij een waterstand hoger dan +1,50m NAP in de binnenhaven. De stormvloeddeuren zorgen ervoor dat de sluiskolk volledig wordt afgesloten van het buitenwater, hiermee wordt inundatie van het (lage) achterland zoveel mogelijk voorkomen. Verder zijn plekken waar inundatie kan plaatsvinden in kaart gebracht, zodat in geval van hoogwater en het niet sluiten van de keersluis gericht (nood)maatregelen kunnen worden genomen om wateroverlast zoveel mogelijk te beperken. De calamiteitenorganisatie van Delfland is geïnformeerd over de risico's.

Procedure

De beoordeling wordt toegezonden aan de toezichthouder, de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT). De ILT checkt of de beoordeling conform de wettelijke vereisten is uitgevoerd. Hierna wordt het veiligheidsoordeel door het college vastgesteld en ter kennis gebracht van de Verenigde Vergadering. Vervolgens wordt het resultaat van de beoordeling opgenomen in het Landelijk Veiligheidsbeeld, dat de minister in 2023 naar de Eerste en Tweede Kamer zal sturen.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 3 |
| 1 Inleiding | 6 |
| 1.1 Traject 14-3..... | 6 |
| 1.2 Relevante faalmechanismen en software | 8 |
| 1.3 Weergave veiligheidsoordeel | 10 |
| 1.4 Het hoofdrapport in relatie tot de achtergrondrapporten | 10 |
| 1.5 Leeswijzer | 10 |
| 2 Randvoorwaarden traject 14-3..... | 11 |
| 2.1 Hydraulische belastingen | 11 |
| 2.2 Bodemopbouw en grondparameters | 13 |
| 3 Veiligheidsoordeel traject 14-3..... | 14 |
| 3.1 Veiligheidsoordeel op trajectniveau | 14 |
| 3.2 Resultaten beoordeling directe faalmechanisme | 15 |
| 3.3 Resultaten beoordeling indirecte mechanismen | 17 |
| 3.4 Duiding van het veiligheidsoordeel | 18 |
| 3.5 Te treffen voorzieningen | 21 |
| 4 Resultaat beoordeling stabiliteit | 24 |
| 4.1 Dijkvakindeling stabiliteit | 24 |
| 4.2 Faalkanseisen beoordeling stabiliteitssporen | 25 |
| 4.3 Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI) | 26 |
| 4.4 Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU) | 29 |
| 4.5 Piping (STPH)..... | 31 |
| 4.6 Microstabieliteit (STMI) | 34 |
| 5 Resultaat beoordeling bekleding..... | 36 |
| 5.1 Dijkvakindeling bekleding | 36 |
| 5.2 Faalkanseisen beoordeling bekleding | 37 |
| 5.3 Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB) | 38 |
| 5.4 Grasbekleding afschuiving binnentalud (GABI) | 40 |
| 5.5 Grasbekleding erosie buitentalud (GEBU) | 42 |
| 5.6 Grasbekleding afschuiving binnentalud (GABU) | 44 |
| 5.7 Steenzetting (ZST) | 46 |
| 6 Resultaat beoordeling kunstwerken | 47 |
| 6.1 Faalkanseisen beoordeling kunstwerken | 48 |
| 6.2 Hoogte kunstwerk (HTKW) | 49 |
| 6.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW) | 50 |
| 6.4 Piping kunstwerk (PKW) | 51 |
| 6.5 Sterkte en stabiliteit kunstwerk puntconstructies (STKWp) | 52 |
| 6.6 Beoordeling voorland kunstwerk | 53 |
| 7 Resultaat beoordeling voorlanden..... | 54 |
| 7.1 Dijkvakindeling voorland..... | 54 |
| 7.2 Golfafslag voorland (VLGA) | 55 |
| 7.3 Afschuiving voorland (VLAF)..... | 57 |
| 7.4 Zettingsvloeiing voorland (VLZV) | 59 |
| 8 Niet waterkerende objecten (NWO) | 63 |
| 8.1 Begroeiing en bebouwing | 63 |
| 8.2 Kabels en leidingen | 63 |
| 9 Literatuur | 64 |
| Bijlage 1: Documentenlijst & Logboeken Delfland | 65 |

1 Inleiding

Elke primaire waterkering in Nederland wordt minimaal eens in de twaalf jaar beoordeeld. De huidige beoordeling vindt plaats op basis van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI2017). In 2017 is de 1^e beoordelingsronde met dit instrumentarium gestart. Uiterlijk eind 2022 moeten alle primaire waterkeringen in Nederland beoordeeld zijn conform het nieuwe instrumentarium. De waterkeringbeheerder rapporteert over de beoordeling aan de Minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). In 2023 presenteert de minister een landelijk veiligheidsbeeld aan de Eerste en Tweede Kamer. Afgekeurde trajecten kunnen tussentijds worden aangemeld bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

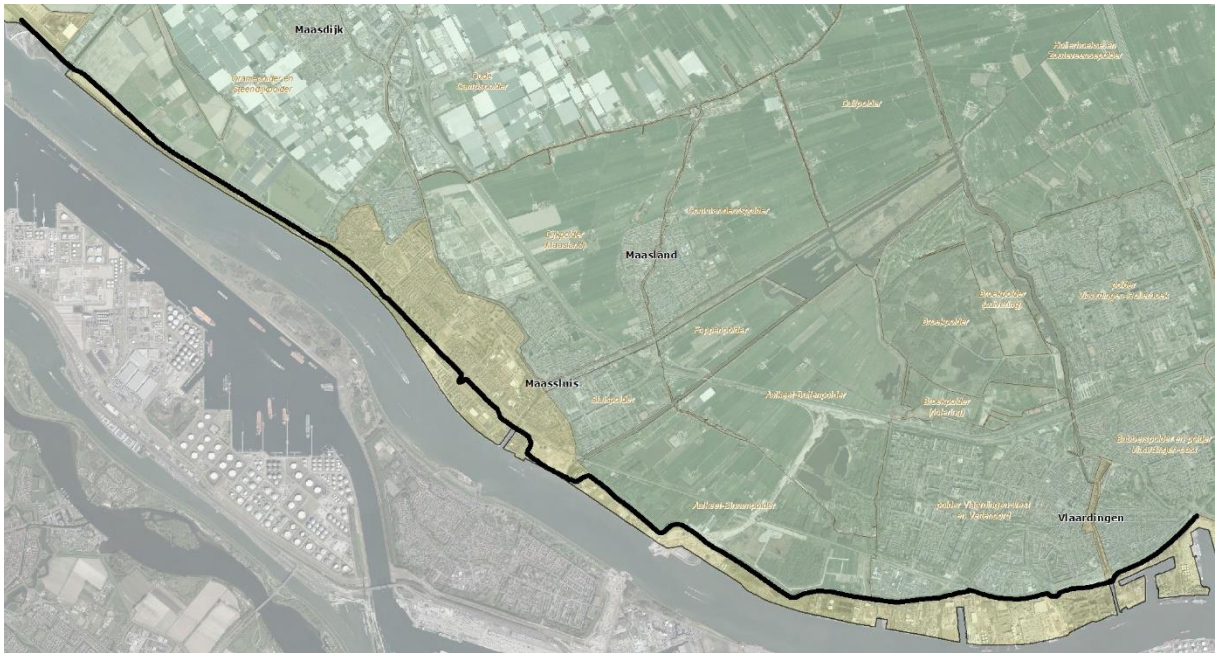
Het Hoogheemraadschap van Delfland (hierna: 'Delfland') heeft de beoordeling grotendeels in samenwerking met een adviesbureau uitgevoerd en vastgelegd in rapportages per faalmechanisme. In deze achtergrondrapportages zijn per faalmechanisme de beoordelingsprocedure, aanpak, uitgangspunten, keuzes, berekeningen en resultaten vastgelegd. Voor de kwaliteitsborging is op onderdelen contact gezocht met het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard en het Waterschap Hollandse Delta. Indien nodig is de Helpdesk Water geconsulteerd en zijn zogenoemde expertbijeenkomsten georganiseerd. Mede door de samenwerking met adviesbureaus zijn verschillende specialisten betrokken geweest.



Figuur 1-1: Primaire waterkeringen in het beheergebied van Delfland

1.1 Traject 14-3

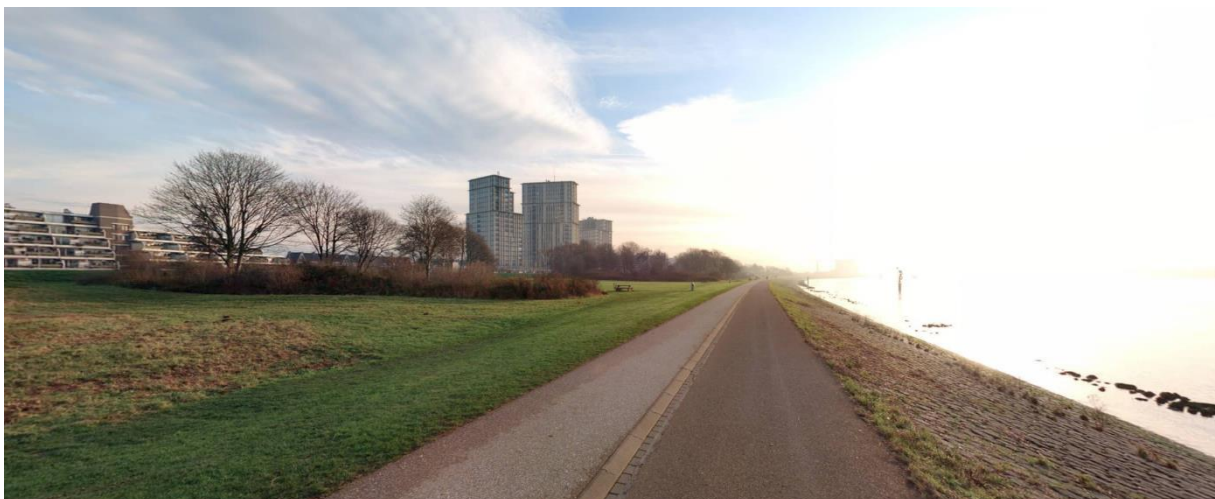
In voorliggend rapport biedt het Hoogheemraadschap van Delfland inzicht in de veiligheid van traject 14-3, de 'Delflandsedijk'. Traject 14-3 loopt van de kruising Schiedamseweg en Vulkaanweg in Vlaardingen (X: 84432 Y: 436197) tot en met de Maeslantkering (X: 71043 Y: 441849) en heeft een lengte van 16,5 km (zie Figuur 1-2). Het traject heeft een signaleringswaarde van 1/10.000 per jaar en een ondergrens 1/10.000 per jaar. Deze normering is voor alle primaire keringen bij wet vastgelegd.



Figuur 1-2: Overzicht dijktraject 14-3

Traject 14-3 maakt onderdeel uit van de Delflandsedijk. De totale lengte van de Delflandsedijk is 31 kilometer en ligt tussen Hoek van Holland en de Parksluizen in Rotterdam langs de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas.

Voor deze rivierdijk wordt het (maatgevend) hoog water direct beïnvloed door de Maeslantkering. Het (bedoelde) effect van die stormvloedkering is dat verzwaren van de rivierdijk de komende tijd niet nodig zijn. Het deel van de rivierdijk dat door landelijk gebied loopt, is een herkenbare traditionele dijk met grasbekleding. In het stedelijke gebied is de dijk zowel deels zichtbaar (Maassluis-Schiedam) als bijna verborgen waar de waterkering opgaat in de stedelijke infrastructuur (Schiedam-Rotterdam).



Figuur 1-3: Delflandsedijk bij Maassluis

1.1.1 Dijkvakindeling

Bij de beoordeling van de verschillende faalmechanismen zijn dijkvakindelingen toegepast welke zijn toegespitst op het betreffende faalmechanisme. De vakindelingen zijn op basis van geometrie, grondopbouw of belasting onderverdeeld. Voor de faalmechanismen betreffende stabiliteit, bekleding en voorland zijn separate dijkvakindelingen toegepast, welke worden gepresenteerd in de desbetreffende hoofdstukken.

In de assemblage in Riskeer is een andere vaknummering toegepast, omdat Riskeer de dijkvakken doornummert. De omnummeringstabel, Tabel 1-1, geeft het overzicht van de verschillende nummeringen.

Tabel 1-1: Omnummeringstabel Riskeer vakken en dijkvakken stabiliteit, bekleding en voorland

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Dijkvakken bekleding | Dijkvakken voorland |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 1 | 14-3.18 | VL-14-3-1 |
| 2 | 2a | | |
| 3 | 2b | | |
| 4 | 3 | 14-3.19 | VL-14-3-2 |
| 5 | 4 | | VL-14-3-3 |
| 6 | 5 | | |
| 7 | 6 | 14-3.20 | VL-14-3-4 |
| 8 | 7 | | VL-14-3-5 |
| 9 | 8a | 14-3.21 | VL-14-3-6 |
| 10 | 8b | | |
| 11 | 8c | | VL-14-3-7 |
| 12 | 9 | | |
| 13 | 10a | 14-3.22 | VL-14-3-8 |
| 14 | 10b | | VL-14-3-9 |
| 15 | 11 | | |
| 16 | 12a | 14-3.23 | VL-14-3-10 |
| 17 | 12b | | VL-14-3-11 |
| 18 | 12c | | |
| 19 | 13a | 14-3.24 | VL-14-3-12 |
| 20 | 13b+c | | |
| 21 | 14a | | VL-14-3-13 |
| 22 | 14b | | |
| 23 | 15 | 14-3.25 | VL-14-3-14 |
| 24 | 16 | | |
| 25 | 17a | | VL-14-3-15 |
| 26 | 17b | | |
| 27 | 18 | 14-3.26 | VL-14-3-16 |
| 28 | 19 | | |
| 29 | 20 | | |

1.2 Relevante faalmechanismen en software

De overstromingskans van een waterkering wordt bepaald door de gecombineerde faalkansen van de verschillende voor het traject relevante faalmechanismen. De faalkans toont de verhouding tussen belasting op de waterkering en de sterkte van de waterkering. Om de faalkans te bepalen zijn vanuit het Rijk diverse instrumenten aangeleverd, zoals handreikingen en software. Tabel 1-2 toont de faalmechanismen waarop traject 14-3 beoordeeld is

(aangegeven in zwarte dikgedrukte letters), inclusief de voor de beoordeling gebruikte software. De assemblage is uitgevoerd met Riskeer (versie 19.1.1.2).

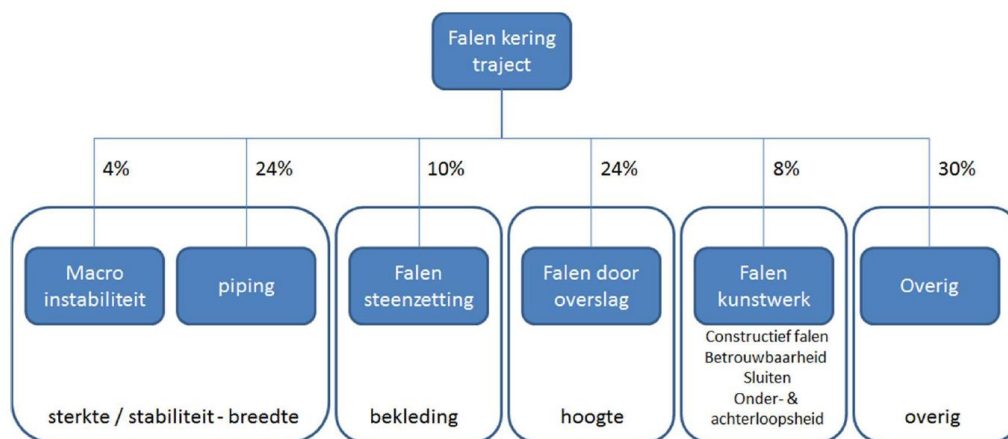
Tabel 1-2: Beoordeelde faalmechanismen en gebruikte software

| Faalmechanisme | Code | Software |
|---|-------|---|
| Macrostabiliiteit binnenwaarts | STBI | D-Geo Stability (versie 18.1) |
| Macrostabiliiteit buitenwaarts | STBU | D-Geo Stability (versie 18.1) |
| Piping | STPH | SH STPH2.2/ Riskeer (versie 18.1.1.3) |
| Microstabiliiteit | STMI | Rekenregels SH (2016) |
| Golfklappen op asfaltbekleding | AGK | n.v.t. |
| Wateroverdruk bij asfaltbekleding | AWO | n.v.t. |
| Grasbekleding erosie buitentalud | GEBU | BM Gras buitentalud (17.1.1.4941) |
| Grasbekleding afschuiven buitentalud | GABU | Rekenregels SH (2018) |
| Grasbekleding erosie kruin en binnentalud | GEKB | Ringtoets (17.2.1) |
| Grasbekleding afschuiven binnentalud | GABI | Rekenregels SH (2016) |
| Stabiliteit steenzetting | ZST | Steentoets (versie 17.1.1) |
| Duinafslag | DA | n.v.t. |
| Hoogte kunstwerk | HTKW | Ringtoets (versie 18.1.1.3) & Rekenregels SH (2019) |
| Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk | BSKW | Ringtoets (versie 18.1.1.3) & Rekenregels SH (2019) |
| Piping bij kunstwerk | PKW | Ringtoets (versie 18.1.1.3) & Rekenregels SH (2019) |
| Sterkte en stabiliteit puntconstructies | STKWp | Ringtoets (versie 18.1.1.3) & Rekenregels SH (2019) |
| Sterkte en stabiliteit langsconstructies | STKWI | n.v.t. |
| Golfafslag voorland | VLGA | Rekenregels SH (2016) |
| Afschuiving voorland | VLAF | Rekenregels SH (2016) |
| Zettingsvloeiing voorland | VLZV | Rekenregels SH (2016) |
| Niet waterkerende objecten | NWO | n.v.t. |
| Havendammen | HAV | n.v.t. |
| Technische innovatie | INN | n.v.t. |

1.2.1 Faalkansbegroting

De faalkansbegroting wordt gebruikt voor het stellen van faalkanseisen aan faalmechanismen. Een faalkansbegroting is nodig voor (semi) probabilistische ontwerpanalyses.

Delfland hanteert de standaard faalkansbegroting zoals opgenomen in bijlage III van de Ministeriële regeling [3]. Met de faalkansbegroting wordt een overstromingskansnorm verdeeld over verschillende faalmechanismen.



Figuur 1-4: Standaard faalkansbegroting

1.3 Weergave veiligheidsoordeel

Het resultaat van de beoordeling is een faalkans per vak. Deze faalkans geeft de afstand tot de norm weer. Voor sommige sporen is het resultaat geen faalkans maar een andere score, zoals een veiligheidsfactor of de duiding 'faalkans verwaarloosbaar' (FV), 'voldoet' (V), 'voldoet niet' (VN) of 'niet van toepassing' (n.v.t.). Deze scores worden waar mogelijk omgerekend naar een faalkans. Op deze manier kan het resultaat per vak eenduidig worden vertaald naar een veiligheids categorie, aangeduid met een Romeins cijfer met een kleine 'v' (voor 'vakniveau'). De categoriegrenzen zijn als volgt:

Tabel 1-3 Categorieën toetsoordeel per vak per toetsspoor

| Categorie | Categorie oordeel per vak per toetsspoor |
|------------------|--|
| I _v | Voldoet ruim aan de signaleringswaarde |
| II _v | Voldoet aan de signaleringswaarde |
| III _v | Voldoet aan de ondergrens, maar niet de signaleringswaarde |
| IV _v | Voldoet mogelijk aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde |
| V _v | Voldoet niet aan de ondergrens |
| VI _v | Voldoet ruim niet aan de ondergrens |
| VII _v | Nog geen oordeel |

Het veiligheidsoordeel per vak per toetsspoor wordt vervolgens gecombineerd tot één veiligheidsscore voor het hele traject, de zogenaamde assemblage. Door het assembleren wordt het mogelijk om globaal de afstand tot de signaleringswaarde en ondergrens voor het dijktraject te bepalen. Daarvoor wordt het veiligheidsoordeel in categorie A+ t/m D ingedeeld, zie Tabel 1-4.

Tabel 1-4 Categorieën van veiligheidsoordelen traject conform WBI2017

| Categorie | Veiligheidsoordeel |
|-----------|--|
| A+ | Voldoet ruim aan de signaleringswaarde |
| A | Voldoet aan de signaleringswaarde |
| B | Voldoet aan de ondergrens, maar niet de signaleringswaarde |
| C | Voldoet niet aan de ondergrens |
| D | Voldoet ruim niet aan de ondergrens |

1.4 Het hoofdrapport in relatie tot de achtergrondrapporten

Dit hoofdrapport betreft een samenvatting van de resultaten. Er wordt regelmatig verwezen naar achtergrondrapporten en logboeken. Hierin zijn de dijkvakindeling, schematisatie-keuzes en rekenresultaten per toetsspoor beschreven. De verwijzing correspondeert met de codes in Bijlage 1: Documentenlijst & Logboeken Delfland.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een toelichting op de randvoorwaarden. In hoofdstuk 3 is het veiligheidsoordeel voor dijktraject 14-3 gepresenteerd op trajectniveau en nader geduid. Ook worden hier de te treffen voorzieningen, dit zijn de maatregelen die op basis van het veiligheidsoordeel worden voorgesteld, toegelicht. Hoofdstukken 4 tot en met 8 beschrijven de voor dit dijktraject geldende faalkanseisen, de gehanteerde beoordelingsmethode en het oordeel per toetsspoor, per dijkvak en per kunstwerk. Tenslotte bevatten hoofdstuk 9 en bijlage 1 een overzicht van de bronnen op basis waarvan het in voorliggend rapport gepresenteerde veiligheidsoordeel tot stand is gekomen.

2 Randvoorwaarden traject 14-3

2.1 Hydraulische belastingen

De hydraulische belastingen zijn een belangrijk onderdeel van de beoordeling. De belasting wordt bepaald door de waterstand en indien van toepassing door de golfhoogte. Deze zijn bepaald met Ringtoets versie 17.2.1. De bepaling van de hydraulische belasting verschilt per faalmechanisme, afhankelijk van het mechanisme wordt dit probabilistisch of semi-probabilistisch bepaald. De hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald op de uitvoerpunt locaties weergegeven in Figuur 2-1. De Hydraulische randvoorwaarden verschillen per faalmechanisme. Voor traject 14-3 is de hydraulische database 'WBI2017_Benedenrijn_14-3_v04' gebruikt, dit is nader toegelicht in [B1].

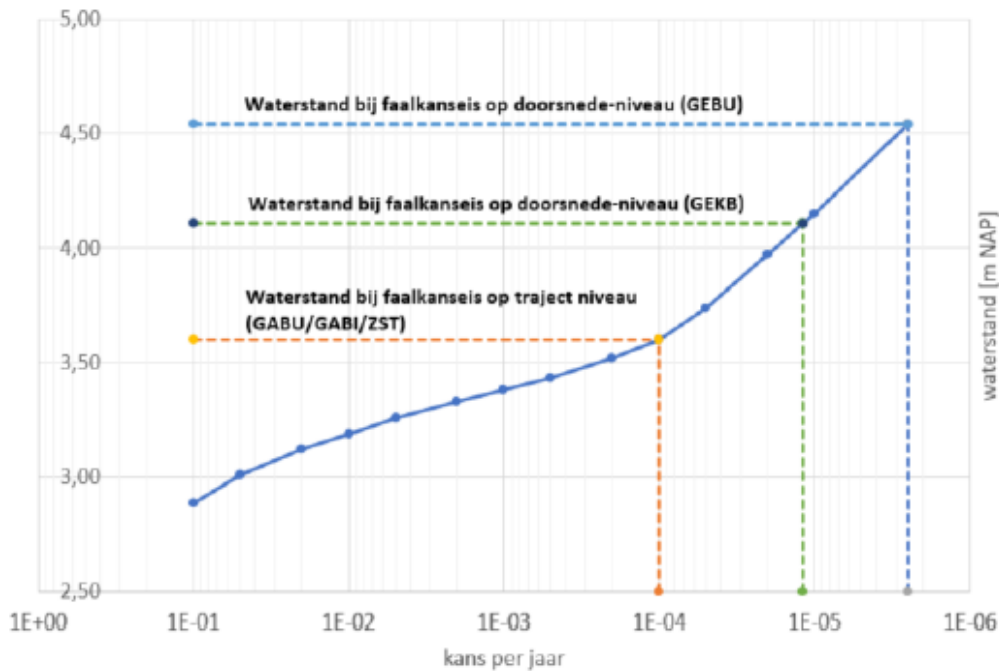


Figuur 2-1: Uitvoerpunten Hydraulische Randvoorwaarden

2.1.1 Waterstanden

De waterstand bij norm (WBN) is een waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de signaleringswaarde (1/10.000) en de ondergrens (1/10.000). Deze waterstand varieert langs het traject tussen +3,49m NAP en +3,60m NAP (ondergrens). Bij het bepalen van de waterstanden voor de verschillende faalmechanismen is gebruik gemaakt van frequentielijnen waarvan de maatgevende voor traject 14-3 uitvoerpunt 164 is, deze is weergegeven in Figuur 2-2.

De waterstanden betreffen niet de benodigde kruinhoogtes. De kruinhoogte wordt bepaald door verschillende combinaties van waterstanden, golfhoogtes en de graskwaliteit van het binnentalud door te rekenen. Voor de beoordeling van de kruinhoogte wordt verwezen naar de rapportages van het toetspoot Gras Erosie Kruin en Binnentalud [B1].



Figuur 2-2: Frequentielijn van de waterstand voor traject 14-3

2.1.2 Golfhoogtes

De golfhoogtes zijn sterk afhankelijk van de strijklengte, van de aanwezigheid van voorland en de oriëntatie van de dijk. In het traject van 14-3 is de golfbelasting op de dijkbekleding en de golfoverslag beperkt. Dit komt door de hoog gelegen en brede voorlanden die zorgen voor een sterke golfreductie. Daarnaast geldt dat maatgevende waterstanden worden veroorzaakt door noordwestenwind terwijl de dijk overwegend zuidwestelijk georiënteerd is. Hierdoor is bij zeer hoge waterstanden sprake van afluende wind en dus beperkte golfaanval.

De uitvoerpunten waarvoor de hydraulische randvoorwaarden zijn berekend, zijn gekozen op locaties met een laag of ontbrekend voorland. Deze benadering levert de grootste golfaanval op de bekleding en is daarmee conservatief. Na elke overgang in type bekleding en significant verschil in oriëntatie van de dijk is een uitvoerpunt berekend. Hiermee zijn de belangrijkste variaties voor golfaanval voldoende afgedekt [**B1**].

2.1.3 Watergang

Voor de dieptes van de watergangen gelegen in het achterland zijn leggergegevens gebruikt [1] en deze varieert tussen de -2,5m NAP en +0,1m NAP [**G3**].

2.1.4 Stijghoogten en Grondwaterstanden

De grondwaterstanden en stijghoogten zijn van belang voor STBI en STBU en worden binnen Riskeer automatisch bepaald met de Waternet Creator. Deze Waternet Creator is gebaseerd op schematisaties die worden gehanteerd binnen het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken [2]. Er zijn zowel berekeningen uitgevoerd met D-Geo Stability als met Riskeer. Voor de berekeningen met D-Geo Stability zijn de schematisaties conform Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken [2] aangehouden voor de bepaling van de grondwaterstanden en stijghoogten [**G1** & **G2**].

2.2 Bodemopbouw en grondparameters

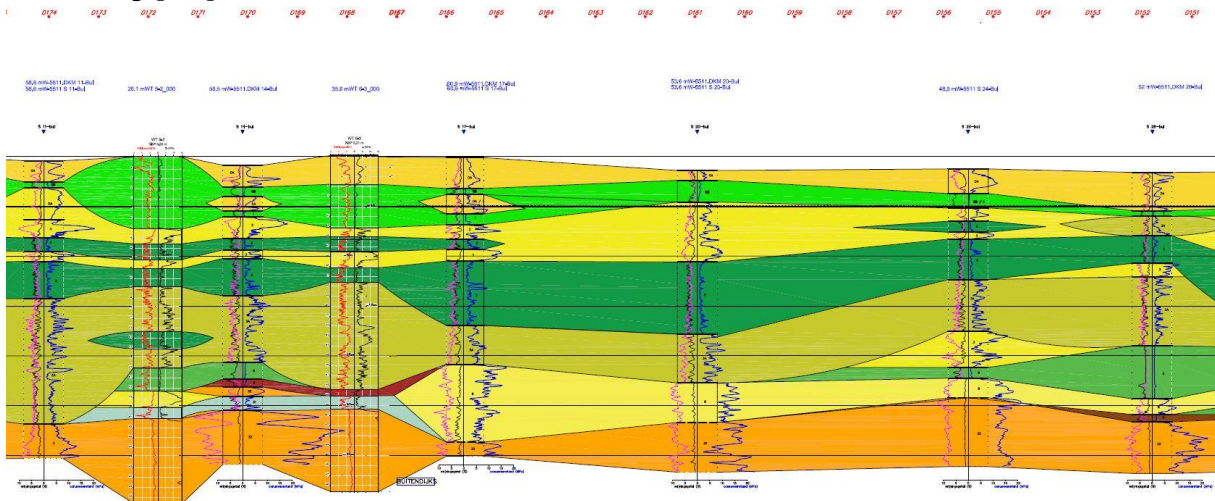
Voor de beoordeling is per faalmechanisme gebruik gemaakt van verschillende soorten geotechnisch onderzoek. Hierbij is van grof naar fijn gewerkt om voldoende inzicht te krijgen in de eigenschappen van de ondergrond die benodigd zijn voor het specifieke faalmechanisme. Voor de ondergrondschematisatie zijn de volgende drie bronnen gebruikt:

1. Bestaand grondonderzoek uit eerdere toetsrondes en dijkversterkingen;
2. Nieuw uitgevoerd grondonderzoek voor deze 1^e beoordelingsronde;
3. De door Het Rijk aangeleverde stochastische ondergrondschematisatie (SOS).

Op basis van al het relevante grondonderzoek is een geotechnisch lengteprofiel opgesteld voor het traject 14-3 (gedeeltelijk weergegeven in Figuur 2-3 en volledig opgenomen in [G9]). Hierin is gemiddeld één sondering per honderd meter aanwezig. Dit geeft voldoende dichtheid om per vak een bodemopbouw vast te stellen. Indien nodig is extra grondonderzoek uitgevoerd en opgenomen in het geotechnisch lengteprofiel. Delfland heeft een eigen proevenverzameling opgesteld voor gebruik met het CSSM-model op basis van klasse-1 sondering en DSS proeven [G1 & G2].

Een eerste indruk van de maatgevende bodemopbouw voor STPH volgt uit het geohydrologisch model Regis II. Dit model van de ondergrond geeft een grove indicatie van de geohydrologische eigenschappen van de bodem in Nederland. Vervolgens is geanalyseerd welke bodemopbouw en scenario's zijn vastgesteld in D-Soil model (SOS) en wat de bodemopbouw is conform het Geotechnisch lengteprofiel (GTL) [G3].

Om inzicht te krijgen in de dikte van de kleideklaag op het buitentalud van de dijk ter beoordeling van de bekleding van de dijk heeft Delfland in totaal 24 extra handboringen uitgevoerd. Laboratoriumproeven zijn uitgevoerd om uitsluitsel te geven over het materiaal in de deklaag [B1].



Figuur 2-3: Voorbeeld opgestelde GTL voor situatie buitendijks tussen dijpalen 174-151

2.2.1 Zetting

Peildatum voor deze beoordeling is 1 januari 2023. Gezien de geringe zettingen bij de Delflandsedijk is het meenemen van eventuele zetting niet significant voor de uitkomst van de beoordeling. De gebruikte hoogtedata valt binnen een tijdsbestek van 10 jaar. Voor de beoordeling is de destijds meest recente hoogtedata gebruikt dit was AHN3 (2014). De zetting van de Delflandsedijk is circa 20 cm voor 50 jaar. Voor 9 jaar betreft dit dan 3,6 cm. Ter controle is er een verschilanalyse uitgevoerd tussen AHN3 (2014) en AHN4 (2020) deze bevestigd dat de zetting in deze jaren marginaal is.

3 Veiligheidsoordeel traject 14-3

Voor een beoordeling op trajectniveau worden de scores op vakniveau geassembleerd volgens het Assemblageprotocol WBI2017 [3]. Het oordeel op trajectniveau wordt bepaald per toetssprenggroep:

- Groep 1 en 2: sporen waarvoor binnen WBI2017 een faalkans kan worden afgeleid (probabilistisch/semi-probabilistisch);
- Groep 3 en 4: sporen waarvoor geen faalkans kan worden afgeleid, maar wordt benaderd (semi-probabilistisch).

Deze groepen worden gecombineerd tot een totaal veiligheidsoordeel. Om een gecombineerde faalkans te kunnen bepalen voor het beschouwde traject en/of toetssporen, zijn de afzonderlijke resultaten geassembleerd. De resultaten zijn in het programma Riskeer (versie 19.1.1.2) gecombineerd tot een totaal veiligheidsoordeel.

3.1 Veiligheidsoordeel op trajectniveau

De assemblagetabel in Figuur 3-1 toont voor traject 14-3 aan dat een drietal toetssporen (STBI, STPH, GEKB) op trajectniveau ruim niet voldoen aan de ondergrens. Eén toetsspoor (BSKW) voldoet mogelijk aan de ondergrens en/of aan de signaleringswaarde. De overige toetssporen voldoen (deels ruim) aan de signaleringswaarde. Er is bij de Helpdesk Water advies ingewonnen over hoe de invloed van zettingsvloeiing (VLZV) op de directe faalmechanisme dient te worden verwerkt [**G5c**]. Hierin is geadviseerd VLZV enkel mee te nemen in de faalmechanisme STBI, STPH en GEKB (door zettingsvloeiing wordt echter het gehele dijkprofiel instabiel). Door het doorvertalen van het *indirecte* faalmechanisme VLZV op de directe mechanisme wordt er een zeer hoge faalkans bij STBI, STPH en GEKB berekend.

De toetssporen in groepen 1 en 2 leiden tot een beoordeling in categorie 'VIt'. De toetssporen in groepen 3 en 4 tot een categorie 'IIt'.

Het gecombineerde veiligheidsoordeel voor dijktraject 14-3 valt in categorie 'D'. Het dijktraject voldoet hiermee ruim niet de signaalwaarde en ondergrens.

Gecombineerd toetsoordeel

Veiligheidsoordeel **D**

Toetsoordeel groepen 1 en 2 **VIt** 1/1

Toetsoordeel groepen 3 en 4 **IIt**

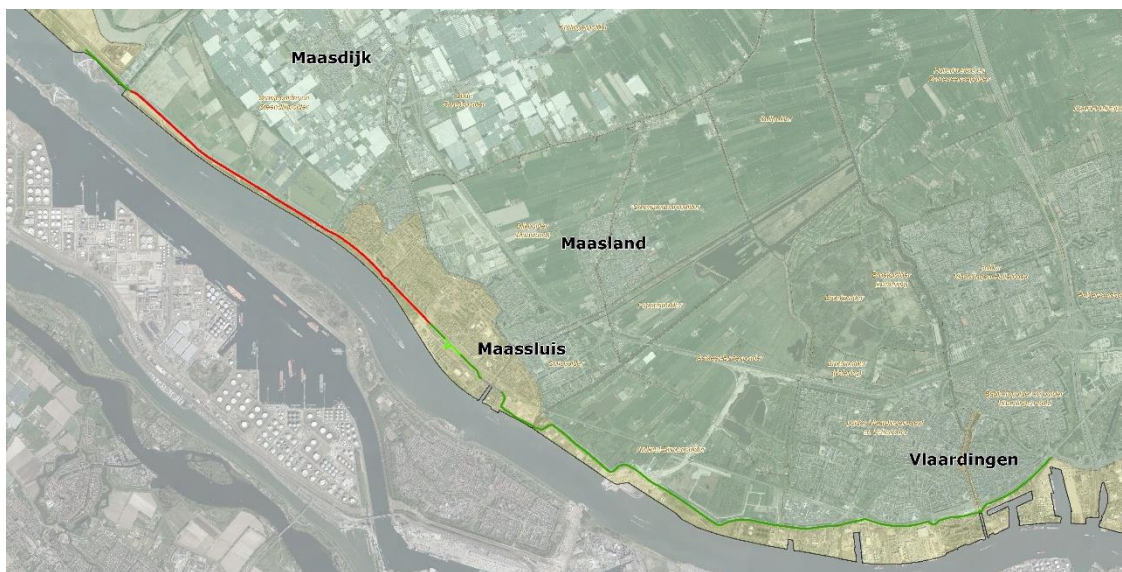
| Toetsspoor | Label | Groep | Toetsoordeel | Benaderde faalkans [1/jaar] |
|--|-------|-------|--------------|-----------------------------|
| Dijken en dammen - Piping | STPH | 2 | VIt | 1/2 |
| Dijken en dammen - Grasbekleding erosie kruin en binnentalud | GEKB | 1 | VIt | 1/5 |
| Dijken en dammen - Macrostabieliteit binnenwaarts | STBI | 2 | VIt | 1/21 |
| Dijken en dammen - Macrostabieliteit buitenwaarts | STBU | 4 | IIt | - |
| Dijken en dammen - Microstabieliteit | STMI | 4 | IIt | - |
| Dijken en dammen - Stabieliteit steenzetting | ZST | 3 | IIt | - |
| Dijken en dammen - Golfklappen op asfaltbekleding | AGK | 3 | - | - |
| Dijken en dammen - Wateroverdruk bij asfaltbekleding | AWO | 4 | - | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding erosie buitentalud | GEBU | 3 | IIt | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven buitentalud | GABU | 4 | IIt | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven binnentalud | GABI | 4 | IIt | - |
| Kunstwerken - Hoogte kunstwerk | HTKW | 1 | IIt | 1/1,975,639 |
| Kunstwerken - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk | BSKW | 1 | IVt | 1/40,584 |
| Kunstwerken - Piping bij kunstwerk | PKW | 4 | IIt | - |
| Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit puntconstructies | STKWp | 1 | IIt | 1/1,704,304 |
| Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit langconstructies | STKWI | 4 | - | - |
| Duinwaterkering - Duinafslag | DA | 3 | - | - |
| Technische innovaties - Technische innovaties | INN | 4 | - | - |

Figuur 3-1: Assemblage traject 14-3

Het oordeel voor het kunstwerk 'Keersluis Maasluis' voldoet niet aan de doorsnede-eis voor het faalmechanisme 'Betrouwbaarheid sluiting Kunstwerk' (BSKW). Het oordeel voor het indirecte faalmechanisme Zettingsvloeiing Voorland (VLZV) voldoet niet aan de doorsnede-eis, hierdoor voldoen ook de directe mechanismen STPH, GEKB en STBI niet aan de ondergrens. Nadere duiding hiervan is opgenomen in paragraaf 3.4.

3.2 Resultaten beoordeling directe faalmechanisme

In Figuur 3-2 is een overzicht weergegeven van het gecombineerde veiligheidsoordeel op vakniveau. Daarnaast zijn in Figuur 3-3 de beoordelingsresultaten per faalmechanisme en dijkvak weergegeven, zoals opgenomen in de assemblage. Aangezien Riskeer bij deze tabellen de vaknummers doortelt, in plaats van bijvoorbeeld onderscheid te maken tussen dijkvak 1a en 1b is er een omnummeringstabel Tabel 1-1.



Figuur 3-2: Gecombineerd veiligheidsoordeel op vakniveau

De resultaten van de beoordeling worden in de volgende hoofdstukken verder geduid per faalmechanisme:

- H4 Resultaat beoordeling stabiliteit
- H5 Resultaat beoordeling bekledingen
- H6 Resultaat beoordeling kunstwerken
- H7 Resultaat beoordeling voorlanden

| Vaknummer | Metreiring van* [m] | Metreiring tot* [m] | Gecombineerd vakoorddeel | STPH | GEKB | STBI | STBU | STMI | ZST | AGK | AWO | GEBU | GABU | GABI | HTKW | BSKW | PKW | STKWP | STKWI | DA | INN |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|----|-----|
| 1 | 0.00 | 305.53 | llv | lv | llv | lv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 305.53 | 776.55 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 776.55 | 1198.02 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 4 | 1198.02 | 1379.64 | llv | lv | - | - | - | - | - | - | - | llv | lv | lv | lv | llv | lv | lv | lv | - | - |
| 5 | 1379.64 | 1879.80 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 1879.80 | 2995.86 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | 2995.86 | 3396.25 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 8 | 3396.25 | 4000.70 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 9 | 4000.70 | 4595.76 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 10 | 4595.76 | 5602.20 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | 5602.20 | 6502.39 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 6502.39 | 8001.14 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 8001.14 | 8210.41 | llv | lv | - | - | - | - | llv | - | - | llv | lv | lv | lv | llv | lv | lv | lv | - | - |
| 14 | 8210.41 | 8899.56 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 15 | 8899.56 | 9229.53 | llv | lv | - | - | - | - | - | - | - | llv | lv | lv | lv | llv | lv | lv | lv | - | - |
| 16 | 9229.53 | 9790.16 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 9790.16 | 10103.76 | llv | lv | - | - | - | - | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 10103.76 | 10424.79 | llv | lv | lv | lv | lv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 19 | 10424.79 | 11304.11 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 11304.11 | 12301.85 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 12301.85 | 13002.65 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 13002.65 | 13102.56 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 23 | 13102.56 | 13602.80 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 24 | 13602.80 | 14303.10 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | 14303.10 | 14704.91 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 26 | 14704.91 | 15203.39 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 27 | 15203.39 | 15703.25 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |
| 28 | 15703.25 | 15904.21 | llv | lv | llv | llv | llv | llv | - | - | - | llv | lv | lv | lv | llv | lv | lv | lv | - | - |
| 29 | 15904.21 | 16533.88 | llv | lv | - | - | - | - | llv | - | - | llv | lv | lv | - | - | - | - | - | - | - |

Figuur 3-3: Beoordelingsresultaten per faalmechanisme per dijkvak

3.3 Resultaten beoordeling indirecte mechanismen

Indirecte mechanismen leiden niet direct tot falen van de waterkering, maar vergroten de kans op falen doordat ze de directe faalmechanismen beïnvloeden. Eventuele negatieve effecten van indirecte mechanismen moeten daarom in de beoordeling van de directe mechanismen verdisconteerd worden. De indirecte mechanismen betreffen macrostabiliteit buitenwaarts, voorlanden en niet-waterkerende objecten. Er is bij de Helpdesk Water advies ingewonnen over hoe de invloed van zettingsvloeiing op de directe faalmechanisme dient te worden verwerkt [**G5c**]. Hierin is geadviseerd VLZV mee te nemen in de faalmechanisme STBI, STPH en GEKB (echter wordt bij zettingsvloeiing het gehele dijkprofiel instabiel). De invloed van VLZV op de directe mechanisme is beschreven in paragraaf 3.4.2 en uitgebreid in [**G5b**]. Om het veiligheidsoordeel goed te kunnen duiden is, indien van toepassing, in de rapportage van de directe mechanismen (H4 en H5) het oordeel op vakniveau gegeven met en zonder de invloed van VLZV.

3.3.1 Macrostabiliteit Buitenwaarts

Het gehele traject is goedgekeurd op stabiliteit buitenwaarts (STBU). Voor dijkvak 18 is in een Toets op Maat het hoge voorland meegenomen in de beoordeling en aangetoond dat de overstromingskans na buitenwaartse instabiliteit verwaarloosbaar is vanwege dit hoge voorland. Het toetsspoor STBU betreft een indirect mechanisme dat conform de schematiseringshandleiding macrostabiliteit is beoordeeld binnen de faalkansruimte die is gereserveerd voor binnenwaartse macrostabiliteit (STBI). Alle vakken voldoen aan de signaleringsnorm waardoor er geen noodzaak is om het oordeel voor STBU te verwerken in het oordeel voor STBI.

3.3.2 Voorlanden

De hoogte en breedte van de voorlanden varieert sterk over het traject 14-3. De voorlanden zijn veelal eenvoudig beoordeeld en soms door middel van een Toets op Maat. De voorlanden zijn in de schematisatie van de directe sporen meegenomen en zorgen zo onder andere voor belastingreductie op de kering. Tezamen met de diepte van de vaargeul van de Nieuwe Waterweg is de beoordeling van de voorlanden daarom van belang en uitgevoerd.

Uit de beoordeling van het faalmechanisme 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) volgt dat deze niet voldoet aan de eisen. Gezien de beoordeling niet tot een oordeel voldoende voor zettingsvloeiing heeft geleid, worden de veranderde geometrie of belasting als scenario's of stochast met een kansverdeling meegenomen in de beoordeling van de directe faalmechanismen. Voor de wijze van toepassing hiervan is advies ingewonnen bij de Helpdesk Water [**G5c**]. De beoordeling van het faalmechanisme Zettingsvloeiing (VLZV) is opgenomen in paragraaf 7.4.

3.3.3 Niet Waterkerende Objecten

Gezien het feit dat dijktraject 14-3 in 'veiligheids categorie D' valt hoeven Niet-waterkerende objecten (NWO's), volgens de Ministeriële Regeling [3], niet beoordeeld te worden. Delfland heeft de NWO's met uitzondering van de kabels & leidingen (K&L) in deze beoordelingsronde voor traject 14-3 wel beoordeeld. De NWO's binnen Traject 14-3 hebben een verwaarloosbare bijdrage aan de faalkans.

De K&L worden in de volgende beoordelingsronde beoordeeld. Om te bepalen of de K&L de dijkveiligheid kunnen aantasten, worden ze op het moment van schrijven wel beschouwd in het kader van de Zorgplicht. In de 2e beoordelingsronde (2023-2035) worden deze resultaten in de veiligheidsrapportage gerapporteerd.

3.4 Duiding van het veiligheidsoordeel

Het veiligheidsoordeel van de totale beoordeling van dijktraject 14-3 valt in **categorie D** en voldoet daarmee ruim niet aan de ondergrens van de wettelijke norm. Ten behoeve van de beoordeling van het faalmechanisme 'Betrouwbaarheid sluiting Kunstwerk' (BSKW) voor 'Keersluis Maassluis' en 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) kent de beoordeling enkele bijzonderheden welke nadere toelichting behoeven.

3.4.1 Keersluis Maassluis

Op trajectniveau valt 'betrouwbaarheid sluiting kunstwerk' (BSKW) in de veiligheidsklasse 'voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde' (cat. IV_t) vanwege 'keersluis Maassluis'.

De keersluis Maassluis wordt afgekeurd op het faalmechanisme 'Betrouwbaarheid Sluiting' (BSKW). In een expertsessie opgenomen in de Toets-op-Maat zijn vier oorzaken benoemd voor deze afkeuring [**K1**]:

1. De beoordelingsmethodiek is gewijzigd (andere bepalingwijze relevante parameters, zoals Pns);
2. De faalkanseis voor BS is strenger geworden, ten gevolge van nieuwe normering en faalkansverdeling;
3. Er zijn bij tussentijdse beoordelingen (Greenrivers, 2015) fouten geconstateerd in de tweede en derde toetsronde;
4. Het kombergend vermogen wordt niet meer als 'verwaarloosbaar' geacht. Dit was de aanname tijdens VNK. In de tweede en derde toetsronde is dit aspect niet opgenomen geweest in de methodiek en dus ook niet beschouwd;

De belangrijkste reden van afkeuren is het feit dat de keersluis Maassluis een kunstwerk is, welke standaard "open" staat. Kunstwerken met dit kenmerk zijn in de regel lastig te voorzien van een hoge betrouwbaarheid van sluiten binnen de huidige beoordelingssystematiek. Andere kunstwerken in het land, zoals bijvoorbeeld de Maeslantkering, hebben dezelfde problematiek. Deze conclusie volgt uit een analyse van zowel Greenrivers als het kennisinstituut, Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) [4].

De bijdrage die de afkeuring van keersluis Maassluis heeft op de totale afstand tot de norm van het traject is beperkt. Op vakniveau wordt bij keersluis Maassluis niet voldaan aan betrouwbaarheid sluiting (BSKW). Echter is er voldoende faalkansruimte over bij de andere vakken in het dijktraject waardoor het totale dijktraject wel aan de norm zou kunnen voldoen. Dit hangt echter samen met het faalmechanisme 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) (zie paragraaf 3.4.2). 'Zettingsvloeiing voorland' kan nu voor dit dijktraject niet worden uitgesloten, mocht dit in de toekomst wel het geval zijn dan zal, ondanks dat de keersluis Maassluis is afgekeurd, het geassembleerde veiligheidsoordeel in de veiligheidsklasse "voldoet aan de signaleringswaarde" (cat. II_t, groepen 1 & 2) vallen. Dit komt doordat het oordeel van andere toetssporen wel in een hogere veiligheidsklasse vallen. In Figuur 3-4 is het 'gecombineerd toetsoordeel indien 'Zettingsvloeiing voorland' kan worden uitgesloten' weergegeven.

3.4.2 Invloed beoordeling Zettingsvloeiing Voorland (VLZV) op de directe mechanismen

De relatief grote afstand tot de norm komt bij dit dijktraject vooral door het faalmechanisme 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV). Bij de beoordeling van dijktraject 14-3 blijkt dat indien het mechanisme VLZV kan worden uitgesloten (wat nu niet het geval is), het dijktraject wel voldoet aan de norm (veiligheidsoordeel A).

Toelichting oordeel

Uit de beoordeling op 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) in paragraaf 7.4 blijkt dat de dijkvakken 12, 13 en 14 van traject 14-3 niet voldoen. Het onvoldoende oordeel voor VLZV is conform WBI verwerkt door middel van scenario's in de directe mechanismen. Er is advies ingewonnen bij de Helpdesk Water over hoe de invloed van VLZV op de directe mechanismen dient te worden verwerkt [G5c]. Zettingsvloeiing van het voorland kan invloed hebben op de directe mechanismen van Groep 1 en 2: GEKB, STBI en STPH. In een notitie opgesteld door ingenieursbureau Fugro [G5b] is de invloed van VLZV verwerkt in de oordelen van de faalmechanismen GEKB, STBI en STPH en vervolgens ook in de assemblage [A1].

De situatie met een diepe vaargeul, (zeer) steile taluds met onvolledige bedekking van stortsteen en een wisselende voorlandlengte betreft een unieke situatie. Voor enkele dijkvakken met hogere faalkansen, kan met de huidige methodiek zettingsvloeiing van grote delen van het voorland niet worden uitgesloten. Dit zou een zettingsvloeiing van het voorland inclusief de gehele kering beteken. Dit in combinatie met de ieder getij terugkomende hogere waterstanden ten opzichte van het lagergelegen achterland vragen een nauwkeurige analyse van dit faalmechanisme. Het indirecte mechanisme VLZV acteert hiermee voor de Delflandsedijk meer als een direct mechanisme.

De analyse door ingenieursbureau Fugro is samengevat in onderstaande tabel. Hierbij is voor de gegeven dijkvakken de huidige voorlandlengte, de voorlandlengte na VLZV en het oordeel op het directe mechanisme gegeven voor de corresponderende dijkvakken.

Tabel 3-1: Analyse Zettingsvloeiing Fugro samengevat [G5, G5a, G5b, G5d]

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland die niet voldoen op VLZV | Dijkvakken stabiliteit | STPH | STBI | Dijkvakken bekleding | GEKB | Aanwezig voorland [m] | Voorland na optreden VLZV [m] | Lengte dijkvak voorland |
|-----------------------------|--|------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 19 | VL-14-3-12 | 13a | IV _v | IV _v | 14-3.24 | VI _v | 65 | -20 | 300 |
| 20 | VL-14-3-13 | 13b+c | IV _v | IV _v | | VI _v | 60 | -54 | 2400 |
| 21 | | 14a | VI _v | IV _v | | VI _v | | | |
| 22 | VL-14-3-14 | 14b | VI _v | IV _v | VI _v | 48 | -62 | 1600 | |
| 23 | | 15 | VI _v | VI _v | VI _v | | | | |
| 24 | | 16 | V _v | V _v | VI _v | | | | |
| 25 | | 17a | VI _v | VI _v | 14-3.25 | VI _v | | | |
| 26 | | | | | | VI _v | | | |
| 27 | | | | | | VI _v | | | |

Reden van de afkeuring

Uit de beoordeling op VLZV in paragraaf 7.4 blijkt dat de dijkvakken VLZV 12, 13 en 14 (4,3 km) van traject 14-3 niet voldoen. Dijktraject 14-3 wordt in tegenstelling tot de 2^e en 3^e toetsronden ditmaal niet voldoende beoordeeld op VLZV. Met geen enkele van de beoordelingsstappen in de eenvoudige toets, gedetailleerde toets en de toets op maakt is het mogelijk om een invloed op de directe mechanisme uit te sluiten. Deze afkeuring wordt veroorzaakt door een wijziging van beoordelingsystematiek. In de voorgaande toetsronden was het mogelijk goed te keuren op basis van uitsluitend de pakking van de zandlagen. Op basis van de lijntjes van Kuitert is het voorland in de 2e toetsronde goedgekeurd, waarna dit oordeel is overgenomen in de 3e toetsronde. Binnen de beoordelingsmethode conform WBI2017 wordt naast het mechanisme verwekingsvloeiing ook het mechanisme bresvloeiing beschouwd voor de bepaling van de kans op een zettingsvloeiing. Daarnaast wordt ook de geometrie van

het talud van de geul meegenomen in de bepaling van de kans op een zettingsvloeiing. Deze is voor grote delen van de Delflandsedijk ongunstig, vanwege de steile taluds (over grote delen 1V:1,5H) in combinatie met de grote geuldieptes (ca. 20 m).

Gevoeligheidsanalyse indien VLZV wel voldoende

De beoordeling is ook doorgerekend indien VLZV wel aan de norm voldoet. De assemblagetabel in Figuur 3-4 toont voor traject 14-3 aan dat de meeste toetssporen op trajectniveau dan (deels ruim) voldoen aan de signaleringswaarde. Het gecombineerde veiligheidsoordeel voor dijktraject 14-3 valt in *categorie 'A'* indien zettingsvloeiing kan worden uitgesloten. Het dijktraject voldoet dan aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens. Het oordeel voor het kunstwerk 'Keersluis Maasluis' voldoet niet aan de doorsnede-eis voor het faalmechanisme 'Betrouwbaarheid sluiting Kunstwerk' (BSKW) op vakniveau. Doordat er nog faalkansruimte over is in de berekende faalkans van de andere faalmechanismen resulteert dit veiligheidsoordeel op trajectniveau in categorie 'A'

Gecombineerd toetsoordeel

Veiligheidsoordeel **A**

Toetsoordeel groepen 1 en 2 **Ilt** 1/32,470

Toetsoordeel groepen 3 en 4 **Ilt**

| Toetsspoor | Label | Groep | Toetsoordeel | Benaderde faalkans [1/jaar] |
|--|-------|-------|--------------|-----------------------------|
| Dijken en dammen - Piping | STPH | 2 | Ilt | 1/277,140 |
| Dijken en dammen - Grasbekleding erosie kruin en binnentalud | GEKB | 1 | It | 1/1,811,594 |
| Dijken en dammen - Macrostabieliteit binnenwaarts | STBI | 2 | Ilt | 1/1,105,404 |
| Dijken en dammen - Macrostabieliteit buitenwaarts | STBU | 4 | Ilt | - |
| Dijken en dammen - Microstabieliteit | STMI | 4 | Ilt | - |
| Dijken en dammen - Stabieliteit steenzetting | ZST | 3 | Ilt | - |
| Dijken en dammen - Golfklappen op asfaltbekleding | AGK | 3 | - | - |
| Dijken en dammen - Wateroverdruk bij asfaltbekleding | AWO | 4 | - | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding erosie buitentalud | GEBU | 3 | Ilt | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven buitentalud | GABU | 4 | It | - |
| Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven binnentalud | GABI | 4 | It | - |
| Kunstwerken - Hoogte kunstwerk | HTKW | 1 | It | 1/1,975,639 |
| Kunstwerken - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk | BSKW | 1 | IVt | 1/40,584 |
| Kunstwerken - Piping bij kunstwerk | PKW | 4 | It | - |
| Kunstwerken - Sterkte en stabieliteit puntconstructies | STKWp | 1 | Ilt | 1/1,704,304 |
| Kunstwerken - Sterkte en stabieliteit langsconstructies | STKWI | 4 | - | - |
| Duinwaterkering - Duinafslag | DA | 3 | - | - |
| Technische innovaties - Technische innovaties | INN | 4 | - | - |

Figuur 3-4: Gecombineerd toetsoordeel indien 'Zettingsvloeiing voorland' (VLZV) kan worden uitgesloten, wat momenteel nog niet het geval is.

Stabiel oordeel

In een gevoeligheidsanalyse is nagegaan of het meenemen van VLZV leidt tot een stabiel oordeel [G5b]. De meeste dijkvakken van sporen STPH, STBI en GEKB hebben een categorie IV tot VI wanneer het effect van zettingsvloeiing wordt meegenomen. Als de kans op zettingsvloeiing bij de dijkvakken gereduceerd kan worden tot 1/10^e of 1/100^e blijkt dat de meeste vakken nog steeds niet aan de norm voldoen. Dit geeft een stabiel veiligheidsoordeel.

3.5 Te treffen voorzieningen

Het traject 14-3 voldoet over een lengte van 4,3 km niet aan het faalmechanisme zettingsvloeiing. De Keersluis Maassluis voldoet op het faalmechanisme betrouwbaarheid sluiting niet aan de norm. De wet schrijft voor dat de veiligheidsrapportage in dit geval omschrijft welke voorzieningen nodig zijn om de veiligheid te waarborgen (artikel 2.12, zesde lid, van de Waterwet).

Parallel aan het opstellen van deze beoordelingsrapportage is Delfland met belanghebbenden en beheerders bezig hoe met de afgekeurde vakken wordt omgegaan. Dit kan in de vorm van versterking, maar kan ook een beheermaatregel of groot onderhoud zijn.

Het gaat hierbij om 2 locaties:

- Dijkvakken (VLZV) 12, 13 en 14 (4,3 km) zijn afgekeurd op zettingsvloeiing. Door zettingsvloeiing (indirect faalmechanisme) voldoen de directe faalmechanismen (STPH, STBI en GEKB) ook niet.
- Betrouwbaarheid sluiting van de Keersluis Maassluis

In geval van een calamiteit handelt Delfland volgens het beleid dat is vastgelegd in het calamiteitenbestrijdingsplan (CBP) van Delfland. In samenspraak met de veiligheidsregio wordt opgeschaald om waterbezwaar zoveel als mogelijk te beperken. De veiligheidsregio is gekend in deze risico's. De voorgestelde (aanvullende) voorzieningen zullen worden opgenomen in het CBP. Bestuurlijke vaststelling hiervan zal parallel plaatsvinden bij het aanbieden van de veiligheidsrapportage.

3.5.1 Zettingsvloeiing (4,3 km)

De Nieuwe Waterweg is een belangrijke vaarwegroute. Rijkswaterstaat is als vaarwegbeheerder een belangrijke belanghebbende hierin. Het onderwaterprofiel wordt door hen in stand gehouden.

Indien een vooroever is opgebouwd uit slappe klei- en veenlagen of verwekinggevoelig zand, dient rekening te worden gehouden met een kans op grootschalige afschuivingen en zettingsvloeiingen van de vooroever met mogelijke invloed op de veiligheid van de waterkering. De oorzaak is de steile geulwand of verdieping van de geul door erosie. Een zettingsvloeiing "kondigt" zich niet aan, er zijn geen zichtbare kenmerken die aangeven dat een zettingsvloeiing optreedt.

Herstel/ aanpassen stortsteen onderwatertalud

Zettingsvloeiing kan worden uitgesloten wanneer ontbrekende stortsteen wordt aangevuld. Delfland is in gesprek met Rijkswaterstaat over het onderwatertalud. Hierbij zal nader bepaald worden wie verantwoordelijk is voor het herstel. Het kan enerzijds worden gezien als onderhoud van het onderwatertalud door Rijkswaterstaat. Anderzijds kan het worden gezien als een versterkingsmaatregel aan de waterkering en in dat geval wordt dit traject aangemeld bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

Monitoring

Rijkswaterstaat monitort het onderwatertalud. Delfland gaat aan Rijkswaterstaat vragen om (extra) erosie van het onderwatertalud in de gaten te houden. Eventuele significante wijzigingen hierin kunnen (lokaal) hersteld worden.

Noodherstel bres in de dijk & onderwatertalud

In het calamiteitenbestrijdingsplan worden beheersmaatregelen opgenomen welke bij een zettingsvloeiing genomen kunnen worden (herstel). De omvang van een bres als gevolg van

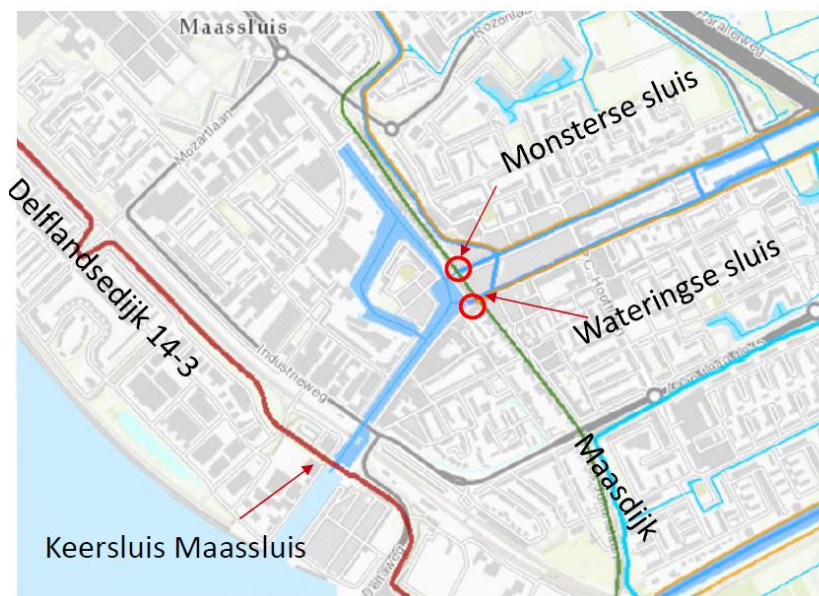
zettingstvloeïing is ca. 100 meter. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het restprofiel van de waterkering zo laag is, dat in ieder geval tijdens vloed het water het achterland instroomt. De omvang van de bres kan toenemen als gevolg van verdere erosie. Op basis van hoogwatervoorspellingen en het restprofiel zal bepaald moeten worden, welke maatregelen genomen moeten worden. Hierbij valt te denken aan het aanbrengen van krammatten op de onbeschermde taluds om verdere erosie tegen te gaan en het opvullen van de bres met big bags en zandzakken en het herstellen van het onderwatertalud. Voor de uitvoering van deze werkzaamheden zal Delfland gebruik maken van aannemers (binnen de raamovereenkomst CBP). Hiervoor zal een protocol worden opgesteld in het CBP.

Protocol en afspraken

Afspraken met de vaarwegbeheerder (RWS) worden in 2022 gemaakt, de eerste stappen hiertoe zijn genomen. Er wordt getracht om in samenwerking met de vaarwegbeheerder en/of het HWBP urgentie te geven aan het aanbrengen van het stortsteen. In het calamiteitenbestrijdingsplan (CBP) van Delfland worden herstelmaatregelen (herstelprotocol) opgenomen welke bij een zettingstvloeïing genomen kunnen worden. Dit protocol zal medio 2022 aan het CBP worden toegevoegd.

3.5.2 Betrouwbaarheid sluiting Maassluis

Gezien op vakniveau niet wordt voldaan aan de norm worden de volgende voorzieningen getroffen. Het watersysteem achter de keersluis Maassluis bestaat uit de Maasdijk, Monsterse sluis en Wateringse sluis, zie onderstaande Figuur 3-5.



Figuur 3-5: Systeem rondom keersluis Maassluis

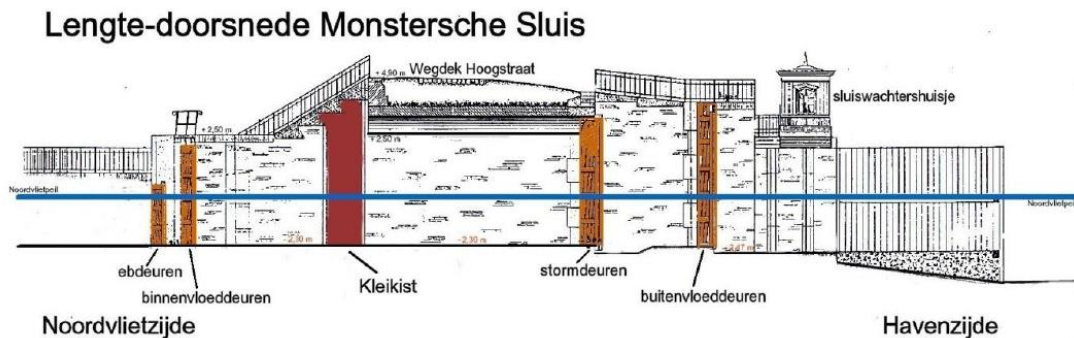
Bij een waterstand van +1,5m NAP moet de keersluis gesloten zijn. Bij het niet tijdig sluiten van de keersluis bij hoog water bestaat de kans op ernstige wateroverlast en overstromen van het achterland. Delfland neemt de volgende voorzieningen om de risico's van de keersluis Maassluis te beheersen.

Wijziging bedieningsprotocol Monsterse sluis en Sluitingsprotocol keersluis Maassluis.

Naar aanleiding van de beoordeling is het bedieningsprotocol voor de Monsterse sluis en het sluitingsprotocol van de keersluis Maassluis gewijzigd. Er is aan de protocollen toegevoegd dat de Monsterse sluis (zwakke schakel) en de Wateringse sluis worden afgesloten bij hoge waterstanden in de binnenhaven. In combinatie met de robuuste afmetingen van de Maasdijk

(ca. +4m NAP) voorkomt dit verdere inundatie van het achterland. Het "Sluitingsprotocol keersluis Maassluis 2022" en de "Beheersmaatregelen bij geen sluiting keersluis Maassluis" zijn op 9 februari 2022 vastgesteld.

Risico bij hoge waterstanden is de hoge belasting van de Monsterse sluis. De Monsterse sluis heeft stormvloeddeuren (zie *Figuur 3-6*). In het huidige bedieningsprotocol is opgenomen dat de stormdeuren aan het einde van de schutdag gesloten dienen te worden. Aanvullend wordt opgenomen dat de stormvloeddeuren ook gesloten worden bij een waterstand hoger dan +1,50m NAP in de binnenhaven. De stormvloeddeuren zorgen ervoor dat de sluis kolk volledig wordt afgesloten van het buitenwater.



Figuur 3-6: Lengte-doorsnede Monstersche Sluis

Dit protocol is in samenwerking met de sluisbeheerders en een expertisebureau opgesteld.

Wateroverlast voorkomen in 'oude centrum' van Maassluis

Bij een waterstand van ca. +2m NAP kan waterbezwaar optreden in de oude kern (de Havenkom) van Maassluis. Wateroverlast wordt zoveel mogelijk voorkomen door het plaatsen van zandzakken of tijdelijke waterkeringen op lage plekken in de kaden rondom de binnenhaven. Hiertoe zijn overstromingsmodellen gemaakt (analyse hoogte).

Maatregelen op langere termijn

Nadere beschouwing normering en samenwerking Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)

Uit een inventarisatie blijkt dat het afkeuren van keersluizen op basis van betrouwbaarheid sluiting vaker voorkomt in het land. Dit heeft als gevolg dat er twijfels zijn bij de methodiek en normering van het faalmechanisme. ENW inventariseert en onderzoekt handelingsperspectieven bij dit voorkomende probleem. De verbeterpunten t.a.v. beoordelen zal worden meegenomen bij de ontwikkeling van het nieuwe beoordelingsinstrumentarium (de volgende beoordelingsronde).

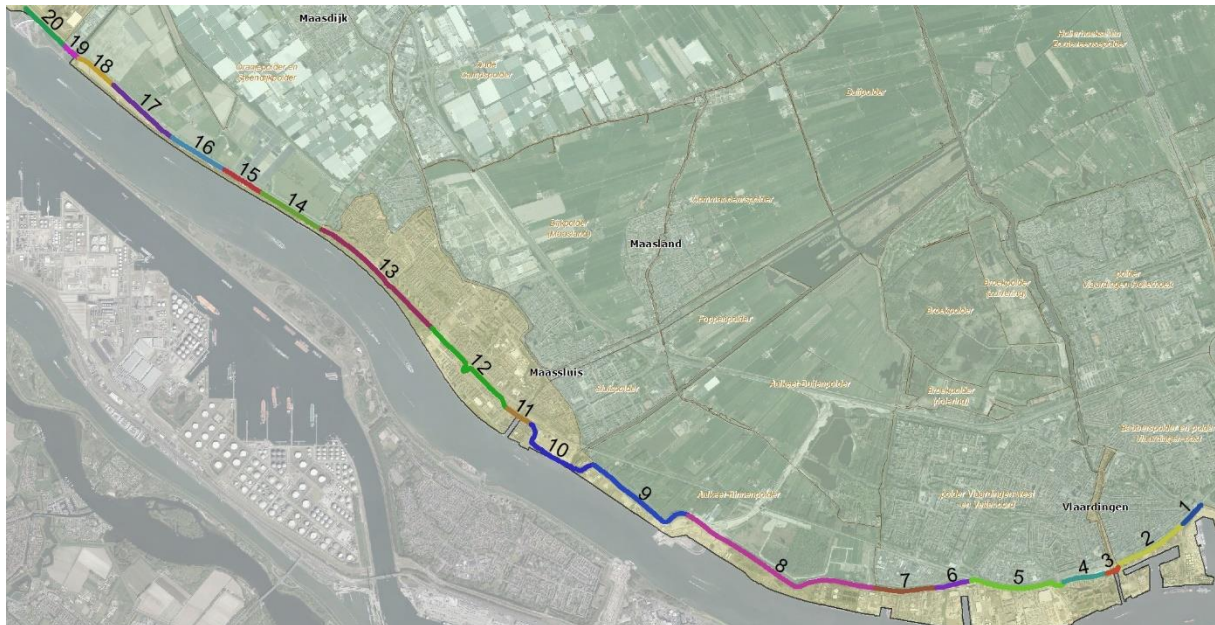
Onderzoek aanpassing in gebruik Keersluis Maassluis

Belangrijke reden dat de keersluis Maassluis is afgekeurd is het feit dat de keersluis Maassluis een kunstwerk (sluis) is, welke standaard "open" staat. Indien de sluis dicht staat (en dus minder hoeft te sluiten bij hoog peil) heeft dit als effect dat de faalkans kleiner wordt. Een oplossing is de keersluis standaard gesloten te houden en de sluis op afroep te openen. Nadeel hiervan is dat dit impact heeft op de scheepvaart. De keersluis kan alleen open bij een gelijk binnen- en buitenpeil, dus moet de scheepvaart na een 'vraag om opening' wachten tot het juiste peil is bereikt om te openen. Een haalbare optie is mogelijk de keersluis 's alleen nachts te sluiten (minder hinder voor de scheepvaart).

4 Resultaat beoordeling stabiliteit

4.1 Dijkvakindeling stabiliteit

De dijkvakindeling gebruikt voor de faalmechanismen met betrekking tot stabiliteit is weergegeven in Figuur 4-1 en Tabel 4-1.



Figuur 4-1: Dijkvakindeling stabiliteitssporen

Tabel 4-1: Omnummertabel stabiliteit

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit |
|-----------------------------|------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 2a |
| 3 | 2b |
| 4 | 3 |
| 5 | 4 |
| 6 | 5 |
| 7 | 6 |
| 8 | 7 |
| 9 | 8a |
| 10 | 8b |
| 11 | 8c |
| 12 | 9 |
| 13 | 10a |
| 14 | 10b |
| 15 | 11 |
| 16 | 12a |
| 17 | 12b |
| 18 | 12c |
| 19 | 13a |
| 20 | 13b+c |
| 21 | 14a |
| 22 | 14b |

| | |
|----|-----|
| 23 | 15 |
| 24 | 16 |
| 25 | 17a |
| 26 | 17b |
| 27 | 18 |
| 28 | 19 |
| 29 | 20 |

4.2 Faalkanseisen beoordeling stabiliteitssporen

De faalkanseis voor het traject bedraagt 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde). De faalkanseis voor de beoordeling wordt berekend op basis van de norm voor het dijktraject, de lengte van het dijktraject en de faalkansruimte. Deze wordt als volgt bepaald:

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega \cdot P_{eis}}{\left(1 + \frac{a \cdot L}{b}\right) P_{(f|inst)}}$$

Waarin:

| | |
|----------------|---|
| $P_{eis;dsn}$ | Faalkanseis voor het beoordelingsspoor [per jaar] |
| P_{eis} | Faalkanseis voor het traject [per jaar]; 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde) |
| ω | Faalkansruimtefactor [-]; |
| a | a verdisconteer twee fenomenen, 1) het niet substantieel bijdragen van alle dijkvakken in het traject aan de instabiliteitskans van het traject en 2) aanwezige correlatie tussen de instabiliteitskansen van de afzonderlijke dijkvakken [-]; 0,033. |
| L | Totale lengte van het dijktraject [m]; 16,5km |
| b | Representatieve lengte voor de analyse in een doorsnede [m]; 50 m. |
| $P_{(f inst)}$ | Kans op falen gegeven een instabiliteit [-]. |

Tabel 4-2: Faalkanseisen Stabiliteitssporen

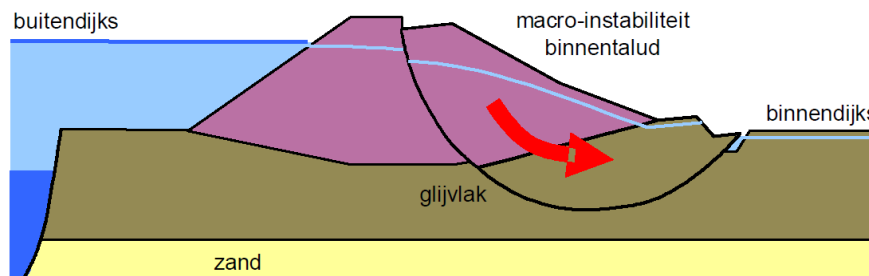
| Toetsspoor | | ω | a | b | $[P_{(f inst)}]$ | Faalkanseis [Per jaar] | Bron |
|-------------------------------|------|----------|-------|-----|------------------|----------------------------|-----------|
| Macrostabiliteit binnenwaarts | STBI | 0,04 | 0,033 | 50 | 1,0 | 3,36E-7 | G1 |
| Macrostabiliteit buitenwaarts | STBU | 0,04** | 0,033 | 50 | 0,1 | 3,36E-6 | G2 |
| Piping | STPH | 0,24 | 0,4 | 300 | 1,0 | 1,0E-6 | G3 |
| Microstabiliteit | STMI | - | - | - | - | 1E-4* (signaleringswaarde) | G4 |

*De beoordeling van microstabiliteit is norm-onafhankelijk. Microstabiliteit valt in groep 4 (beoordelingssporen zonder afgeleide veiligheidsfactoren). Voor de hydraulische belasting dient de waterstand bij de norm van de kering te worden beschouwd.

** Het toetsspoor STBU betreft een indirect mechanisme. Dit wordt conform de schematiseringshandleiding macrostabiliteit beoordeeld binnen de faalkansruimte die is gereserveerd voor binnenwaartse macrostabiliteit (STBI). De aanname hierbij is dat beide mechanismen niet tegelijkertijd optreden en één van beide faalkansbijdragen dan verwaarloosbaar kan worden geacht. Voor STBI is een faalkansruimte van 0,04 gereserveerd.

4.3 Macrostabieleit binnenwaarts (STBI)

Er is sprake van macro-instabiliteit als grote delen van een grondmassief afschuiven langs rechte of gebogen diepe schuifvlakken. Zoals de naam van het mechanisme macro-instabiliteit al aangeeft is de oorzaak van de afschuiving een verlies van evenwicht van een grondmassa. Als door het toenemen van de waterspanningen in de ondergrond, de capaciteit om schuifspanningen op te nemen kleiner wordt, kan het evenwicht verloren gaan. Hoge waterspanningen in de dijk kunnen ontstaan door een hoge buitenwaterstand, door hevige neerslag of door deformatie [5]. Dit proces kan zowel binnenwaarts als buitenwaarts (richting de rivier) plaatsvinden. Binnenwaartse afschuiving kan tijdens een hoge belasting plaatsvinden. Buitenwaartse afschuiving vindt juist plaats na een hoog water.



Figuur 4-2: Illustratie mechanisme macro-instabiliteit binnenwaarts

4.3.1 Categorieën beoordeling STBI

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 3,36E^{-7}$ per jaar (paragraaf 4.2) bij de ondergrens en de signaleringsnorm. De begrenzingen van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 4-3.

Tabel 4-3: Categorieën beoordeling STBI

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie | SF-waarde _{eis} |
|--------------------|---|-------------------------------------|--------------------------|
| I _v | Voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;dsn} < 1,12E-08$ | $SF > 1,32$ |
| II _v | Voldoet aan de signaleringswaarde | $1,12E-08 < P_{f;dsn} < 3,358E-07$ | $1,32 > SF > 1,22$ |
| III _v * | Voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $3,358E-07 < P_{f;dsn} < 3,358E-07$ | $1,22 > SF > 1,22$ |
| IV _v | Voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $3,358E-07 < P_{f;dsn} < 1,00E-04$ | $1,22 > SF > 1,03$ |
| V _v | Voldoet niet aan de ondergrens | $1,00E-04 < P_{f;dsn} < 3,00E-03$ | $1,03 > SF > 0,87$ |
| VI _v | Voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3,00E-03 < P_{f;dsn}$ | $0,87 > SF$ |
| VII _v | Nog geen oordeel | | |

* Categorie III_v is niet van toepassing omdat de signaleringswaarde en de ondergrens voor dit traject gelijk zijn: 1/10.000 per jaar

4.3.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 4-4 en Figuur 4-3. Door middel van een eenvoudige toets is een groot gedeelte van traject 14-3 goedgekeurd ten aanzien van binnenwaartse instabiliteit. Deze vakken zijn ingedeeld als 'faalkans verwaarloosbaar'. Voor 3 vakken is een gedetailleerde beoordeling uitgevoerd. Hieruit bleek dat vak 5 van traject 14-3 niet voldoet aan de faalkanseis. Deze is verder beoordeeld met toets op maat. Het voorland ligt relatief hoog bij dwarsprofiel 48 in vak 5 van traject 14-3. Op basis van de restbreedte analyse is geconcludeerd dat het profiel voldoet aan de ondergrens.

Het onvoldoende oordeel voor het indirecte faalmechanisme VLZV is conform WBI (en op advies van de Helpdesk Water [**G5c**]) verwerkt door middel van scenario's in drie directe mechanismen namelijk: STBI, STPH en GEKB. In een notitie opgesteld door ingenieursbureau Fugro [**G5b**] is de invloed van VLZV verwerkt in de oordelen van de faalmechanismen STBI, STPH en GEKB. De impact van het indirecte faalmechanisme op het mechanisme STBI is weergegeven in Tabel 4-4 en Figuur 4-3.

Tabel 4-4: Veiligheidsoordeel en resultaat STBI op vakniveau

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Stabiliteitsfactor (SF _{eis} = 1,22) | Faalkans | Faalkanseis ondergrens | Factor t.o.v. faalkanseis ondergrens | Categorie | Cat. na impact VLZV | Bron |
|-----------------------------|------------------------|---|----------|------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------------|----------|
| 1 | 1 | 1,29 | 3,73E-08 | 3,36E-07 | 9 | II _v | II _v | G1 |
| 2 & 3 | 2a+b | 1,29 | 3,73E-08 | 3,36E-07 | 9 | II _v | II _v | G1 |
| 4 | 3 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 & K2 |
| 5 | 4 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |
| 6 | 5 | Rest-breedte | FV | 3,36E-07 | - | I _v * | I _v * | G8 |
| 7 | 6 | 1,24 | 2,87E-10 | 3,36E-07 | 1200 | II _v | II _v | G1 |
| 8 | 7 | 1,24 | 2,87E-10 | 3,36E-07 | 1200 | II _v | II _v | G1 |
| 9 & 10 & 11 | 8a+b+c | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |
| 12 | 9 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |
| 13 & 14 | 10a+b | 1,25 | 1,46E-07 | 3,36E-07 | 2,3 | II _v | II _v | G1 & K3 |
| 15 | 11 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 & K1 |
| 16 & 17 & 18 | 12a+b+c | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |
| 19 & 20 | 13a+b+c | 1,74 | FV | 3,36E-07 | - | I _v | IV _v | G1 & G5b |
| 21 & 22 | 14a+b | 1,74 | FV | 3,36E-07 | - | I _v | IV _v | G1 & G5b |
| 23 | 15 | 1,74 | FV | 3,36E-07 | - | I _v | VI _v | G1 & G5b |
| 24 | 16 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | V _v | G1 & G5b |
| 25 & 26 | 17a+b | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | VI _v | G1 & G5b |
| 27 | 18 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |
| 28 | 19 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 & K4 |
| 29 | 20 | - | FV | 3,36E-07 | - | I _v | I _v | G1 |

* Uit de toets op maat middels de restbreedte methode is geconcludeerd de faalkans verwaarloosbaar wordt geacht (FV).



Figuur 4-3: Veiligheidsoordeel STBI op vakniveau (cat. na impact VLZV)

4.3.3 Conclusie

Door de impact van het indirecte faalmechanisme VLZV voldoen een vijftal dijkvakken (ruim) niet aan de signaalwaarde en/of ondergrens voor het faalmechanisme Macrostabiliteit Binnenwaarts. Vijf dijkvakken voldoen aan de signaleringswaarde en tien dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde.

Indien VLZV kan worden uitgesloten (wat nu niet het geval is) dan zouden alle dijkvakken (deels ruim) voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Macrostabiliteit Binnenwaarts.

4.4 Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)

Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU) betreft het optreden van een afschuiving van het buitentalud van de dijk. Tijdens een hoogwatergolf zal de freatische lijn in de waterkering stijgen. Hierdoor neemt de stabiliteit van de dijk af. De stabiliteit van het buitentalud komt in gevaar als er een zogenaamde 'val' optreedt van de buitenwaterstand. Dit wil zeggen dat de buitenwaterstand dusdanig snel daalt dat de freatische lijn in de dijk niet voldoende tijd heeft om te volgen. Omdat dit mechanisme in algemeen optreedt ná een hoogwatersituatie of na hevige regenval die los staat van een hoogwatersituatie, is hier geen sprake van maatgevende omstandigheden en is de waterkerende functie van de dijk niet direct in gevaar. Macrostabieliteit buitenwaarts valt dan ook onder de indirecte mechanismen [3].

4.4.1 Categorieën beoordeling STBU

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 3,36E^{-6}$ per jaar (paragraaf 4.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. STBU is een indirect mechanisme waarvoor het resultaat alleen Voldoet (Iv), Voldoet niet (Vv) of Faalkans Verwaarloosbaar (Iv) kan zijn. Ter illustratie is echter voor STBU ook een faalkans bepaald, omdat dit meer informatie geeft over de afstand tot de norm. De begrenzingen van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 4-5.

Tabel 4-5: Categorieën beoordeling STBU

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie | Begrenzing conform assemblage-protocol |
|------|---|---|--|
| Iv | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;dsn} < 1,12E^{-7}$ | FV |
| IIv | voldoet aan de signaleringswaarde | $1,12E^{-7} < P_{f;dsn} < 3,36E^{-6}$ | Voldoet |
| IIIv | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond;dsn}$ | |
| IVv | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $3,36E^{-6} < P_{f;dsn} < 1E^{-4}$ | |
| Vv | voldoet niet aan de ondergrens | $1E^{-4} < P_{f;dsn} < 3E^{-3}$ | Voldoet niet |
| VIv | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E^{-3} < P_{f;dsn}$ | |
| VIIv | nog geen oordeel | | |

4.4.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 4-6 en Figuur 4-4. Door middel van een eenvoudige toets is een groot gedeelte van traject 14-3 goedgekeurd ten aanzien van buitenwaartse instabiliteit. Deze vakken zijn ingedeeld als 'faalkans verwaarloosbaar'. Voor vakken 2, 10, 18 en 19 is een gedetailleerde beoordeling uitgevoerd. Hieruit bleek dat vak 18 van traject 14-3 niet voldoet aan de faalkanseis. Voor vak 18 is een Toets op Maat uitgevoerd, waarbij op basis van de hoogte van het voorland is geconcludeerd dat de faalkans van dit vak ten aanzien van buitenwaartse instabiliteit verwaarloosbaar is.

Tabel 4-6: Veiligheidsoordeel en resultaat STBU op vakniveau

| Risico vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Stabiliteitsfactor (eis $SF \geq 1,15$) | Berekende faalkans | Faalkanseis ondergrens | Factor t.o.v. faalkanseis ondergrens | Oordeel | Cat. | Bron |
|----------------------------|------------------------|--|--------------------|------------------------|--------------------------------------|---------|------|------|
| 1 | 1 | - | FV | $3,36E^{-6}$ | - | Voldoet | Iv | G2 |
| 2 & 3 | 2a+b | 1,22 | $3,91E^{-07}$ | $3,36E^{-6}$ | 9 | Voldoet | IIv | G2 |

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Stabiliteitsfactor (eis SF≥1,15) | Berekende faalkans | Faalkanseis ondergrens | Factor t.o.v. faalkanseis ondergrens | Oordeel | Cat. | Bron |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------------|---------|----------------|------|
| 4 | 3 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 5 | 4 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 6 | 5 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 7 | 6 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 8 | 7 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 9 & 10 & 11 | 8a+b+c | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 12 | 9 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 13 & 14 | 10a+b | 1,48 | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 15 | 11 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 16 & 17 & 18 | 12a+b+c | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 19 & 20 | 13a+b+c | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 21 & 22 | 14a+b | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 23 | 15 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 24 | 16 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 25 & 26 | 17a+b | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 27 | 18 | FV* | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G8 |
| 28 | 19 | 1,68 | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |
| 29 | 20 | - | FV | 3,36E-06 | - | Voldoet | I _v | G2 |

* In Toets op Maat is, vanwege het hoge voorland, aangetoond dat de overstromingskans na buitenwaartse instabiliteit verwaarloosbaar is.



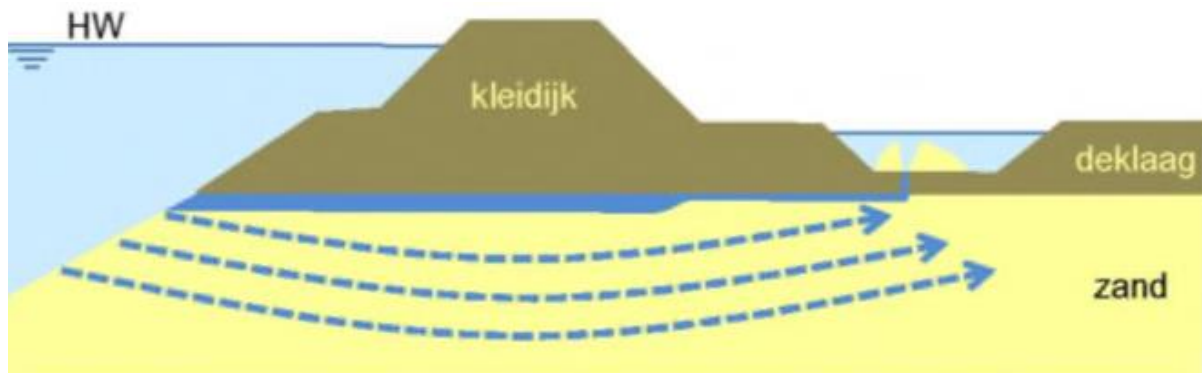
Figuur 4-4: Veiligheidsoordeel STBU op vakkniveau

4.4.3 Conclusie

Eén dijkvak voldoet aan de signaleringswaarde en alle andere dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Macrostabiliteit Buitenwaarts.

4.5 Piping (STPH)

Piping wordt veroorzaakt door de stroming van water door de ondergrond ten gevolge van het waterstandsverschil tussen buitenwater enerzijds en maaiveldhoogte dan wel polderpeil binnendijs. Als het stromende grondwater binnendijs het maaiveld bereikt, is er sprake van kwelwater. Deze kwelstroming kan tot erosie van gronddeeltjes leiden. Als de erosie van gronddeeltjes als gevolg van kwelstroming niet aan het oppervlak, maar daaronder plaatsvindt, dan wordt dit interne erosie genoemd. Het proces van interne erosie resulteert uiteindelijk in een reductie van de grondstabiliteit met ernstige consequenties voor de veiligheid van het achter de waterkering liggende gebied.



Figuur 4-5: Illustratie mechanisme piping

4.5.1 Categorieën beoordeling STPH

De faalkans is $P_{eis;dsn} = 1,0E^{-6}$ per jaar (paragraaf 4.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 4-7.

Tabel 4-7: Categorieën beoordeling STPH

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|---|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;dsn} < 3,33E^{-8}$ |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | $3,33E^{-8} < P_{f;dsn} < 1,0E^{-6}$ |
| III _v | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond;dsn}$ |
| IV _v | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $1,0E^{-6} < P_{f;dsn} < 1E^{-4}$ |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | $1E^{-4} < P_{f;dsn} < 3E^{-3}$ |
| VI _v | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E^{-3} < P_{f;dsn}$ |
| VII _v | nog geen oordeel | |

4.5.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 4-8 en Figuur 4-6. De eenvoudige toets levert voor het traject 14-3 voor ongeveer 4 km van de in totaal meer dan 16 km een oordeel 'voldoet' op. Omdat de verwachting was dat de toetsing zou kunnen worden geoptimaliseerd met parameters die specifiek voor de Delflandsedijk gelden is een 'Toets op maat' (TOM) uitgevoerd. In de achtergrondrapportage [G3] is deze TOM aangeduid als een 'projectspecifieke geometrische toets'. Met deze TOM zijn de criteria van de eenvoudige toets uit stap E.5 aangepast om als filter te kunnen dienen. Bij deze TOM is uitsluitend piping met de methode van Sellmeijer [SH PIP] toegepast. Voor de methode van Sellmeijer zijn in tegenstelling tot de eenvoudige toets grondeigenschappen nodig. Voor de bodemopbouw, korrelgrootte en doorlatendheid zijn conservatieve waarden gehanteerd, die representatief zijn voor het gehele dijktraject. Voor deze TOM is in de basis de

systematiek van de eenvoudige toets gebruik waardoor deze TOM bruikbaar en valide is. Dit is nader toegelicht in [G3]. Met deze stap is een aanvullende 4 km goedgekeurd.

Eveneens is de gedetailleerde toets uitgevoerd met Riskeer. Een combinatie van het nauwkeurig bepalen van de in- en uittredepunten en de lokale bodemopbouw per vak leveren een minder conservatief oordeel op dan de eenvoudige toets. Het resultaat van de gedetailleerde toets is dat nog eens 6 km van 14-3 is goedgekeurd zonder dat daar een maatregel aangaande VLZV voor noodzakelijk is. Voor de resterende ruime kilometer (vak 14a, 14b en 15) is een toets op maat uitgevoerd. Voor de vakken 14a en 14b geldt dat deze voldoen indien zettingsvloeiing kan worden uitgesloten en het gehele voorland beschikbaar is voor piping. Voor vak 15 geldt dat indien zettingsvloeiing kan worden uitgesloten het oordeel I_v geldt. Uit de beoordeling van VLZV blijkt dat dit indirecte faalmechanisme niet kan worden uitgesloten. Het oordeel waarin de impact van VLZV op het faalmechanisme Stabiliteit Piping en Heave wordt meegenomen is opgenomen in Tabel 4-8 en Figuur 4-6.

Tabel 4-8: Veiligheidsoordeel en resultaat STPH op vakniveau

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Resultaat eenvoudige toets | Ged. toets | Toets op maat** | Oordeel | Berekende faalkans | Cat. | Cat. na impact VLZV | Bron |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------|------------------------|---------------------|
| 1 | 1 | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 1,03E-33 | I_v | I_v | G3 |
| 2 | 2a | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 8,82E-16 | I_v | I_v | G3 |
| 3 | 2b | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 2,18E-33 | I_v | I_v | G3 |
| 4 | 3 | NVT | | | Constructie | | | | |
| 5 | 4 | Voldoet | | | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 6 | 5 | Voldoet niet | | Voldoet | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 7 | 6 | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 2,68E-09 | I_v | I_v | G3 |
| 8 | 7 | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 9 | 8a | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 3,76E-07 | II_v | II_v | G3 |
| 10 | 8b | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 7,26E-07 | II_v | II_v | G3 |
| 11 | 8c | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 3,14E-07 | II_v | II_v | G3 |
| 12 | 9 | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 1,05E-11 | I_v | I_v | G3 |
| 13 | 10a | NVT | | | Constructie | | | | |
| 14 | 10b | Voldoet niet | | Voldoet | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 15 | 11 | NVT | | | Constructie | | | | |
| 16 | 12a | Voldoet | | | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 17 | 12b | NVT | | | Constructie | | | | |
| 18 | 12c | Voldoet | | | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |
| 19 | 13a | Voldoet niet | | Voldoet | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | IV_v | G3 & G5b |
| 20 | 13b | NVT | | | Constructie | | | | |
| | 13c | Voldoet niet | | Voldoet | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | IV_v | G3 & G5b |
| 21 | 14a | Voldoet niet | Voldoet niet | Voldoet indien* | Voldoet indien* | 2,44E-7 | II_v^* | VI_v | G8 & G5b |
| 22 | 14b | Voldoet niet | Voldoet niet | Voldoet indien* | Voldoet indien* | 3,69E-8 | II_v^* | VI_v | G8 & G5b |
| 23 | 15 | Voldoet niet | Voldoet indien* | Voldoet indien* | Voldoet indien* | 5,21E-9 | I_v^* | VI_v | G8 & G5b |
| 24 | 16 | Voldoet | | | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | V_v | G3 & G5b |
| 25 | 17a | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 1,02E-08 | I_v | VI_v | G3 & G5b |
| 26 | 17b | Voldoet niet | Voldoet | | Voldoet | 3,60E-14 | I_v | I_v | G3 |
| 27 | 18 | Voldoet niet | | Voldoet | Voldoet | Verwaarloosb. | I_v | I_v | G3 |

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken stabiliteit | Resultaat eenvoudige toets | Ged. toets | Toets op maat** | Oordeel | Berekende faalkans | Cat. | Cat. na impact VLZV | Bron |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|-----------------|-------------|-----------------------|------|------------------------|------|
| 28 | 19 | NVT | | | Constructie | | | | |
| 29 | 20 | NVT | | | Constructie | | | | |

* Enkel van toepassing als zettingsvloeiing kan worden uitgesloten

** In de achtergrondrapportage [G3] is deze TOM aangeduid als een 'projectspecifieke geometrische toets'



Figuur 4-6: Veiligheidsoordeel STPH op vakniveau (cat. na impact VLZV)

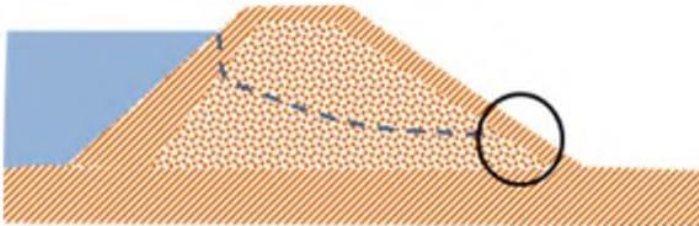
4.5.3 Conclusie

Door de impact van het indirecte faalmechanisme VLZV voldoen een vijftal dijkvakken (ruim) niet aan de signaalwaarde en/of ondergrens voor het faalmechanisme Stabiliteit Piping en Heave. Eén vak voldoet aan de signaleringswaarde en tien vakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde.

Indien VLZV kan worden uitgesloten (wat nu niet het geval is) dan zouden alle dijkvakken (deels ruim) voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Stabiliteit Piping en Heave.

4.6 Microstabiliteit (STMI)

Micro-instabiliteit betreft het verlies van stabiliteit van grondlagen met zeer beperkte dikte aan het oppervlak van het binnentalud onder invloed van grondwater dat door het grondlichaam stroomt. Bij micro-instabiliteit komt de bedreiging van binnen: eventuele problemen worden veroorzaakt door een hoge freatische lijn in het grondlichaam. Bij micro-instabiliteit door stromend grondwater kan worden gedacht aan het uitspoelen van materiaal uit de kern van de dijk. Ook kan bij micro-instabiliteit worden gedacht aan instabiliteit van de toplaag door een hoge freatische lijn in de dijk. Als het binnentalud wordt beschermd door een ondoorlatende kleilaag kan deze door het grote potentiaalverschil over de toplaag worden afgedrukt van de dijk.



Figuur 4-7: Illustratie mechanisme microstabiliteit

4.6.1 Categorieën beoordeling STMI

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 1E-4$ (signaleringswaarde) per jaar (paragraaf 4.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. Voor het toetspoot STMI is geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening beschikbaar met veiligheidsfactoren die afgeleid zijn voor WBI2017. Voor deze toetspooten wordt (doorgaans) niet gerekend met de faalkanseis per doorsnede. Er kan daarom geen afstand tot de norm worden bepaald. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 4-9.

Tabel 4-9: Categorieën beoordeling STMI

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|--|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | Faalkans verwaarloosbaar (in eenvoudige toets) |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | Voldoet |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | Voldoet niet |
| VII _v | nog geen oordeel | |

4.6.2 Oordeel op trajectniveau

In de beoordeling van bekledingen [B1] zijn berekeningen voor het overslagdebieten uitgevoerd. Hieruit volgt dat voor traject 14-3 het overslagdebiet lager is dan 0,1 l/s/m.

Doordat het overslagdebiet kleiner of gelijk is aan 0,1 l/s/m dient op microstabiliteit te worden beoordeeld. Het opknippen van het traject in vakken is niet zinvol omdat er uitgegaan is van zeer conservatieve schematisaties en een zeer robuuste geometrie, waardoor gesteld kan worden dat het gehele traject veilig is. Daarom is ervoor gekozen om het traject als 1 vak te zien en een veiligheidsoordeel te geven voor het gehele traject (trajectoordeel). Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar [G4].

Conform de beoordelingssystematiek van het WBI2017 [3] is als eerste gecontroleerd of microstabiliteit als voldoende beoordeeld kan worden in de eenvoudige toets. Dit bleek niet het geval waarna de toets is voortgezet met de gedetailleerde toets. Op basis van een eenvoudige rekenregel is op basis van veilige aannames gecontroleerd wat de indringingslengte van buitenwater in de dijk is. Hieruit bleek dat de grondwaterstand bij de binnentoe van de dijk niet significant wordt verhoogd als gevolg van een hoge buitenwaterstand. Dit komt onder

andere doordat de top van het hoogwater een relatief korte duur heeft. Hieruit is geconcludeerd dat traject 14-3 voldoet ten aanzien van het mechanisme microstabiliteit conform WBI, dit komt voor het toetsspoor STMI overeen met een categorie II_v.

Tabel 4-10: Veiligheidsoordeel en resultaat STMI

| Traject | Eenvoudige toets | | Gedetailleerde toets | Oordeel | Categorie | Bron |
|---------|------------------|-----|----------------------|---------|-----------------|------|
| | E.1 | E.2 | | | | |
| 14-3 | VB | VB | V | Voldoet | II _v | G4 |

4.6.3 Conclusie

Alle dijkvakken voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Microstabiliteit.

5 Resultaat beoordeling bekleding

Onder het onderdeel bekleding vallen grasbekleding, steenbekleding en asfaltbekleding. In traject 14-3 zijn alleen gras- en steenbekleding aanwezig. Grasbekleding wordt beoordeeld op de volgende mechanismen: erosie kruin en binnentalud, erosie buitentalud, afschuiving binnentalud en afschuiving buitentalud. Steenbekleding wordt beoordeeld op: toplaaginstabiliteit onder golfaanval, toplaaginstabiliteit onder langsstroming, afschuiving, materiaaltransport vanuit de granulaire laag en materiaaltransport vanuit de ondergrond. In dit hoofdstuk staan generieke uitgangspunten en het eindoordeel per toetspoot [B1].

5.1 Dijkvakindeling bekleding

De dijkvakindeling gebruikt voor de faalmechanismen met betrekking tot bekleding is weergegeven in Figuur 5-1 en Tabel 5-1.



Figuur 5-1: Dijkvakindeling bekledingssporen incl. gebruikte dwarsprofielen

Tabel 5-1: Omnummeringstabel bekledingen

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken bekleding |
|-----------------------------|----------------------|
| 1 | 14-3.18 |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | 14-3.19 |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | 14-3.20 |
| 8 | |
| 9 | 14-3.21 |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | 14-3.22 |
| 14 | |

| | |
|----|---------|
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | 14-3.23 |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |
| 21 | 14-3.24 |
| 22 | |
| 23 | |
| 24 | |
| 25 | 14-3.25 |
| 26 | |
| 27 | |
| 28 | 14-3.26 |
| 29 | |

5.2 Faalkanseisen beoordeling bekleding

De faalkanseis voor het traject bedraagt 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde). Voor bekleding is een standaard faalkansbudget vastgesteld, welke weer is uitgesplitst in toegestane faalkansbijdrage over de verschillende faalmechanismen. Een faalkansruimte factor van 0,24 betekent dat de toelaatbare faalkans voor dit spoor 24% bedraagt van de totale toelaatbare faalkans. Tevens is een lengte effectfactor N van toepassing deze zorgt voor de vertaling van trajecteis naar de individuele doorsnede. De faalkanseis per faalmechanisme wordt bepaald met onderstaande formule.

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega P_{eis}}{N_{dsn}}$$

Waarin:

| | |
|---------------|---|
| $P_{eis;dsn}$ | Faalkanseis voor het beoordelingsspoor [per jaar] |
| P_{eis} | Faalkanseis voor het traject [per jaar]; 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde) |
| ω | Faalkansruimtefactor [-] |
| N_{dsn} | Lengte-effect factor voor een doorsnede [-] |

Tabel 5-2: Faalkanseisen Bekledingen, bron: **B1**

| Toetsspoor | Faalkans ruimte factor [ω] | Lengte effect [N_{dsn}] | Faalkanseis [Per jaar] |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Grasbekleding erosie kruin en binnentalud | GEKB 0,24 | 2 | 1,2E ⁻⁵ |
| Grasbekleding afschuiving binnentalud | GABI - | - | * |
| Grasbekleding erosie buitentalud | GEBU 0,05 | 2 | 2,5E ⁻⁶ |
| Grasbekleding afschuiving buitentalud | GABU - | - | * |
| Steenzetting | ZST 0,03 | 4 | ** |

* Voor deze sporen wordt conform WBI niet gerekend met een faalkansbegroting en/of het lengte-effect. De afhankelijkheid van de norm is volledig verwerkt in de hydraulische belastingen, deze worden bepaald op basis van de faalkanseis op traject-niveau. Voor de belasting wordt gerekend met de hydraulische belasting bij de signaleringswaarde van de norm. Wordt bij deze belasting voldaan, dan geldt dat aan de signaleringswaarde wordt voldaan.

** Er wordt gerekend met de hydraulische belastingen horende bij de signaalwaarde van de norm van het traject.

5.3 Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)

Binnen het spoor GEKB wordt de grasbekleding op het binnentalud beoordeeld op de kans op falen van de waterkeringen doordat de graszode wordt opgebroken en erosie van de onderliggende lagen begint. Deze erosie is het gevolg van overslag of overloop over de dijk, en is daarmee sterk afhankelijk van de hoogte van de waterkeringen. Tevens is voor dit faalmechanisme het effect van zettingsvloeiing beschouwd.

5.3.1 Categorieën beoordeling GEKB

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 1,2E^{-5}$ per jaar (paragraaf 5.2) bij de ondergrens en signaleringswaarde. De begrenzingswaarden van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Categorieën beoordeling GEKB

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|---|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;dsn} < 4E^{-8}$ |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | $4E^{-8} < P_{f;dsn} < 1,2E^{-6}$ |
| III _v | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond;dsn}$ |
| IV _v | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $1,2E^{-6} < P_{f;dsn} < 1E^{-4}$ |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | $1E^{-4} < P_{f;dsn} < 3E^{-3}$ |
| VI _v | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E^{-3} < P_{f;dsn}$ |
| VII _v | nog geen oordeel | |

5.3.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 5-4.

Tabel 5-4: Resultaat op dijkvakniveau toetsspoor GEKB, bron: **B1 & G5b**

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken bekleding | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Categorie | Cat. na impact VLZV |
|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------|----------------|---------------------|
| 1 | 14-3.18 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | 14-3.19 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | 14-3.20 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 8 | | | | | | |
| 9 | 14-3.21 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | 14-3.22 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | 14-3.23 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | 14-3.24 | n.v.t. | FV | - | I _v | VI _v |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|---------|--------|----|---|----------------|-----------------|
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | 14-3.25 | n.v.t. | FV | - | I _v | VI _v |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| 28 | 14-3.26 | n.v.t. | FV | - | I _v | I _v |
| 29 | | | | | | |

FV = Faalkans verwaarloosbaar

5.3.3 Conclusie

Door de impact van het indirecte faalmechanisme VLZV voldoen twee dijkvakken ruim niet aan de ondergrens voor het faalmechanisme Grasbekleding erosie kruin en binnentalud. De overige dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde.

Indien VLZV kan worden uitgesloten (wat nu niet het geval is) dan zouden alle dijkvakken ruim voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Grasbekleding erosie kruin en binnentalud.

5.4 Grasbekleding afschuiving binnentalud (GABI)

Als gevolg van waterdruk in de dijk kan de kleibekleding opdrukken, afschuiven, of door een combinatie van beide kapotgaan. Op dit moment treedt falen op, omdat het dijklichaam erodeert waardoor bresvorming kan optreden. Het mechanisme GABI is nauw verwant met het mechanisme micro-instabiliteit (STMI). Bij STMI worden problemen veroorzaakt doordat water door de dijk sijpelt, bij GABI doordat water door de dijk sijpelt en door infiltratie van water door overslaande golven. Binnen het spoor GABI wordt op opdrukken en afschuiven van de grasbekleding op het binnentalud getoetst.

5.4.1 Categorieën beoordeling GABI

Voor het toetsspoor GABI is geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening beschikbaar met veiligheidsfactoren die afgeleid zijn voor WBI2017. Voor deze toetssporen wordt (doorgaans) niet gerekend met de faalkansen per doorsnede. Er kan daarom geen afstand tot de norm worden bepaald. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 5-5.

Tabel 5-5: Categorieën beoordeling GABI

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|--|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | Faalkans verwaarloosbaar (in eenvoudige toets) |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | Voldoet |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | Voldoet niet |
| VII _v | nog geen oordeel | |

5.4.2 Oordeel op vakniveau

Een overslagdebiet kleiner dan of gelijk aan 0,1 l/s/m is een eenvoudig kenmerk op basis waarvan kan worden gesteld dat de faalkans voor GABI verwaarloosbaar is, conform WBI, bijlage III [3]. Dit is het geval bij traject 14-3. Toch heeft er een beoordeling van GABI plaatsgevonden. Dit komt doordat de beoordeling van bekledingen [**B1**] (waar GABI onder valt) in een keer voor de gehele Delflandsedijk is uitgevoerd (meerder trajecten). In het kader van efficiëntie zijn hierbij alle trajecten beoordeeld en is dit vastgelegd in de rapportage over bekledingen [**B1**]. Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 5-6.

Tabel 5-6: Veiligheidsoordeel en resultaat GABI op vakniveau, bron: **B1**

| Riskeer traject 14-3 | vakken | Dijkvakken bekleding | Eenvoudige toets* | Gedetailleerde toets | Toets maat | op | Categorie |
|----------------------|--------|----------------------|-------------------|----------------------|------------|----|----------------|
| 1 | | 14-3.18 | ≤ 0,1l/s/m - FV | n.v.t. | n.v.t. | | I _v |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | 14-3.19 | ≤ 0,1l/s/m - FV | n.v.t. | n.v.t. | | I _v |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | 14-3.20 | ≤ 0,1l/s/m - FV | n.v.t. | n.v.t. | | I _v |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | 14-3.21 | ≤ 0,1l/s/m - FV | n.v.t. | n.v.t. | | I _v |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | 14-3.22 | ≤ 0,1l/s/m - FV | n.v.t. | n.v.t. | | I _v |
| 14 | | | | | | | |

| | | | | | |
|----|---------|------------------------------------|--------|--------|----------------|
| 15 | | | | | |
| 16 | 14-3.23 | $\leq 0,1\text{l/s/m} - \text{FV}$ | n.v.t. | n.v.t. | I _v |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | 14-3.24 | $\leq 0,1\text{l/s/m} - \text{FV}$ | n.v.t. | n.v.t. | I _v |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | 14-3.25 | $\leq 0,1\text{l/s/m} - \text{FV}$ | n.v.t. | n.v.t. | I _v |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | 14-3.26 | $\leq 0,1\text{l/s/m} - \text{FV}$ | n.v.t. | n.v.t. | I _v |
| 29 | | | | | |

**Doordat het overslagdebiet kleiner of gelijk is aan 0,1 l/s/m dient op microstabiliteit te worden beoordeeld. FV = Faalkans verwaarloosbaar*

5.4.3 Conclusie

Alle dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Grasbekleding Afschuiving Binnentalud.

5.5 Grasbekleding erosie buitentalud (GEBU)

Binnen het spoor GEBU wordt de grasbekleding op het buitentalud beoordeeld op de kans op falen van de waterkering door golfoploop of golfklappen. Als de grasbekleding boven de hoogste waterstand bij normomstandigheden ligt, wordt deze op golfoploop beoordeeld, onder de maximale waterstand wordt golfklap beschouwd. Bij golfoploop faalt de waterkering als de grasbekleding weg is en erosie van de onderliggende kleilaag begint. Bij golfklap faalt de waterkering als ook de kleilaag helemaal weg is en erosie van de dijk kern begint.

5.5.1 Categorieën beoordeling GEBU

De faalkanseis is $P_{eis,dsn} = 2,5E^{-6}$ per jaar (paragraaf 5.2) bij de ondergrens en signaleringswaarde. De begrenzingen van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 5-7.

Tabel 5-7: Categorieën beoordeling GEBU

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|--|---|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | Faalkans verwaarloosbaar (in eenvoudige toets) |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | Veiligheidsfactor ≥ 1 bij toets op signaleringswaarde |
| IV _v | Voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaalwaarde | Veiligheidsfactor < 1 bij toets op signaleringswaarde en ≥ 1 bij toets op ondergrens |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | Veiligheidsfactor < 1 bij toets op ondergrens |
| VII _v | nog geen oordeel | |

* Categorie IV_v is niet van toepassing omdat de signaleringswaarde en de ondergrens voor dit traject gelijk zijn: 1/10.000 per jaar

5.5.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 5-8 en Figuur 5-2. Voor 4 dijkvakken kan in de eenvoudige toets worden gesteld dat de faalkans verwaarloosbaar is vanwege de lagere norm. Voor de andere vakken geldt dat een gedetailleerde beoordeling benodigd is voor GEBU, voor 1 vak is hierna nog een toets op maat uitgevoerd.

Tabel 5-8: Resultaat op dijkvakniveau toetsspoor GEBU, bron: **B1**

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken bekleding | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Categorie |
|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| 1 | 14-3.18 | VB | VSIG | - | II _v |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | 14-3.19 | VB | VSIG | - | II _v |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | 14-3.20 | FV | - | - | I _v |
| 8 | | | | | |
| 9 | 14-3.21 | FV | - | - | I _v |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | 14-3.22 | VB | VSIG | - | II _v |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | 14-3.23 | FV | - | - | I _v |

| | | | | | |
|----|---------|----|------|------|-----------------|
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | 14-3.24 | VB | VSIG | - | II _v |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | 14-3.25 | FV | - | - | I _v |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | 14-3.26 | VB | VB | VSIG | II _v |
| 29 | | | | | |

FV= Faalkans verwaarloosbaar

VB= Verder beoordelen

VSIG= Voldoet aan signaleringswaarde van de norm



Figuur 5-2: Veiligheidsoordeel GEBU op vakniveau

5.5.3 Conclusie

Vijf dijkvakken voldoen aan de signaleringswaarde en vier dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Grasbekleding erosie buitentalud.

5.6 Grasbekleding afschuiving binnentalud (GABU)

Als gevolg van waterdruk in de dijk kan de kleibekleding opdrukken, afschuiven, of door een combinatie van beide kapotgaan. Op dit moment treedt falen op, omdat het dijklichaam erodeert waardoor bresvorming kan optreden. Binnen het spoor GABU wordt op opdrukken en afschuiven van de grasbekleding op het buitentalud getoetst.

5.6.1 Categorieën beoordeling GABU

Voor het toetsspoor GABU is geen probabilistische berekening of semi-probabilistische berekening beschikbaar met veiligheidsfactoren die afgeleid zijn voor WBI2017. Voor deze toetssporen wordt (doorgaans) niet gerekend met de faalkansen per doorsnede. Er kan daarom geen afstand tot de norm worden bepaald. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 5-9.

Tabel 5-9: Categorieën beoordeling GABU

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|--|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | Faalkans verwaarloosbaar (in eenvoudige toets) |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | Voldoet |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | Voldoet niet |
| VII _v | nog geen oordeel | |

5.6.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 5-10.

Tabel 5-10: Resultaat op dijkvakniveau toetsspoor GABU, bron: **B1**

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken bekleding | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Categorie |
|-----------------------------|----------------------|------------------|----------------------|---------------|----------------|
| 1 | 14-3.18 | FV | - | - | I _v |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | 14-3.19 | FV | - | - | I _v |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | 14-3.20 | FV | - | - | I _v |
| 8 | | | | | |
| 9 | 14-3.21 | FV | - | - | I _v |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | 14-3.22 | FV | - | - | I _v |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | 14-3.23 | FV | - | - | I _v |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | 14-3.24 | FV | - | - | I _v |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |

| | | | | | |
|----|---------|----|---|---|----------------|
| 24 | 14-3.25 | FV | - | - | I _v |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | 14-3.26 | FV | - | - | I _v |
| 29 | | | | | |

FV= Faalkans verwaarloosbaar

5.6.3 Conclusie

Alle dijkvakken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Grasbekleding Afschuiving Buitentalud.

5.7 Steenzetting (ZST)

Steenzetting wordt op zes deelmechanismen beoordeeld:

- Toplaaginstabiliteit langsstroming (ZTS): door sterke stroming langs dijk wordt zetsteen uit de steenzetting gelicht;
- Toplaaginstabiliteit golfaanval (ZTG): door brekende golven op talud wordt zetsteen uit steenzetting gelicht;
- Lokale afschuiving door golfaanval (ZAF): door brekende golven op talud vervormt de ondergrond en gaat het verband in de steenzetting verloren;
- Materiaaltransport uit granulaire laag (ZMG): de korrels in de filter laag spoelen uit door gaten in de toplaag. Hierdoor verliest de toplaag zijn samenhang;
- Materiaaltransport uit de ondergrond (ZMO): door waterbeweging in de filter laag spoelen onderliggende zand- en kleilagen uit. Hierdoor verliest de toplaag zijn samenhang;
- Erosie van onderlagen (ZEO): na bezwijken van de toplaag kan erosie van onderlagen optreden. Bij ZAF wordt verondersteld dat de onderlagen direct eroderen en de bekleding faalt. Voor de andere mechanismen geldt dat falen optreedt als de tijdsduur die nodig is voor erosie kleiner is dan de belastingduur.

In traject 14-3 zijn twee dijkvakken met steenbekleding aanwezig 14-3.22 en 14-3.26.

5.7.1 Categorieën beoordeling ZST

Er wordt gerekend met de hydraulische belastingen horende bij de signaalwaarde van de norm van het traject. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 5-11.

Tabel 5-11: Categorieën beoordeling ZST

| Cat. | Aanduiding categorie | toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|--|----------------------|---|
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | | Veiligheidsfactor ≥ 1 bij toets op signaleringswaarde |
| IV _v | Voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaalwaarde | | Veiligheidsfactor < 1 bij toets op signaleringswaarde en ≥ 1 bij toets op ondergrens |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | | Veiligheidsfactor < 1 bij toets op ondergrens |
| VII _v | nog geen oordeel | | |

5.7.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 5-12. Beide dijkvakken met steenbekleding zijn beoordeeld in de Toets op Maat.

Tabel 5-12: Resultaat op dijkvakniveau toetsspoor ZST, bron: **B1**

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken bekleding | Type bekleding | Gedetailleerde toets | | | | | | Toets op maat | Cat. |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|-----------------|
| | | | ZTG | ZTS | ZMG | ZMO | ZAF | ZEO | | |
| 13 | 14-3.22 | Basalton (ondertalud) | NST | ST | ST | NST | ST | ST | VSIG | II _v |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 28 | 14-3.26 | Niet bekend | Niet toepasbaar | | | | | | VSIG | II _v |
| 29 | | | | | | | | | | |

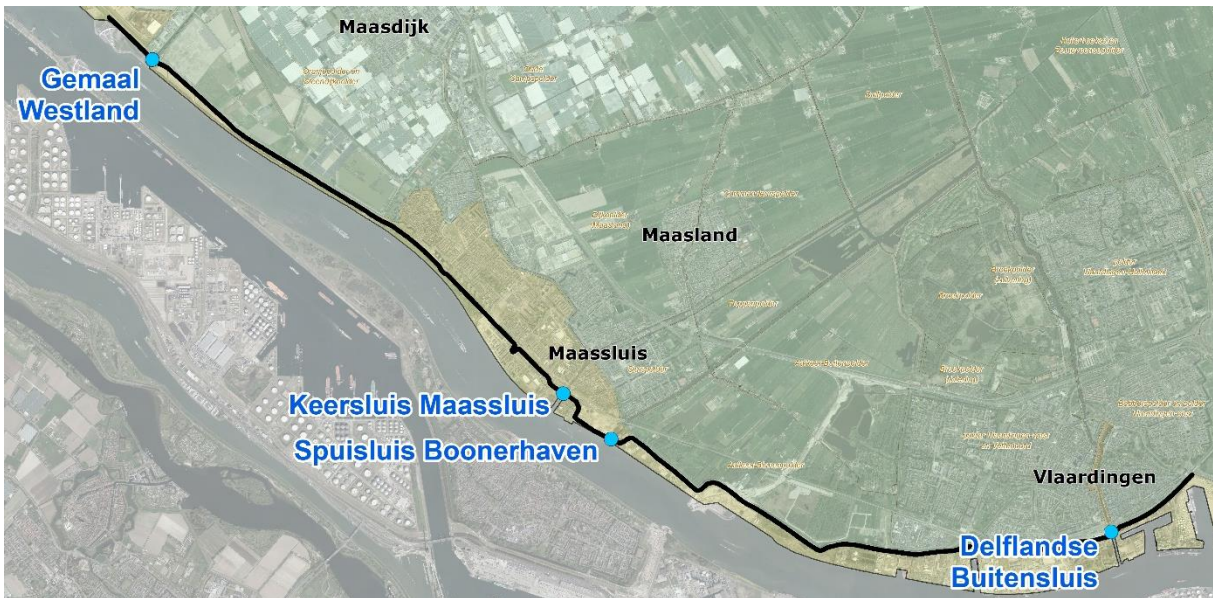
ST= Stabiel, NST= Niet stabiel, VSIG= Voldoet aan signaleringswaarde van de norm

5.7.3 Conclusie

Alle dijkvakken voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Steenzetting.

6 Resultaat beoordeling kunstwerken

Kunstwerken worden beoordeeld op de volgende toetsporen: hoogte (HTKW), betrouwbaarheid sluiting (BSKW), sterkte en stabiliteit (STKW) en piping (PKW). Per kunstwerk is een achtergrondrapport opgenomen. In dit hoofdstuk staan de generieke uitgangspunten en het eindoordeel per toetspoot. Binnen het traject 14-3 zijn in totaal 4 kunstwerken aanwezig: Gemaal Westland, Keersluis Maassluis, Spuisluis Boonerhaven en de Delflandse Buitensluis.



Figuur 6-1: Locatie kunstwerken



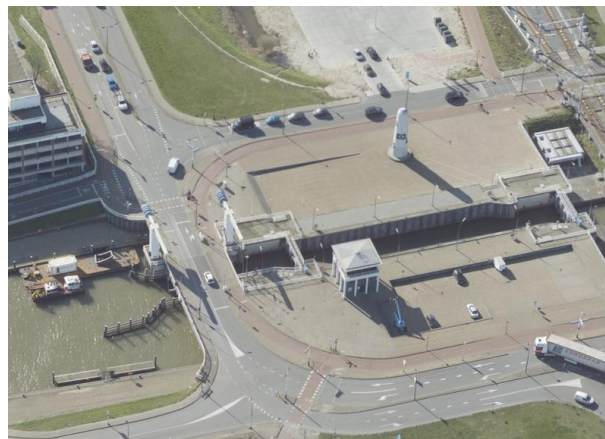
Figuur 6-2: Gemaal Westland



Keersluis Gemeentehaven Maassluis



Figuur 6-3: Spuisluis Boonerhaven



Delflandse Buitensluis

6.1 Faalkanseisen beoordeling kunstwerken

De faalkanseis voor het traject bedraagt 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde). Voor kunstwerken is een standaard faalkansbudget vastgesteld, welke weer is uitgesplitst in toegestane faalkansbijdrage over de verschillende faalmechanismen. Een faalkansruimte factor van 0,24 betekent dat de toelaatbare faalkans voor dit spoor 24% bedraagt van de totale toelaatbare faalkans. Tevens is een lengte effectfactor N van toepassing deze zorgt voor de vertaling van trajecteis naar het individuele kunstwerk. De faalkanseis per faalmechanisme wordt bepaald met onderstaande formule.

$$P_{eis;dsn} = \frac{\omega P_{eis}}{N_{dsn}}$$

Waarin:

| | |
|---------------|---|
| $P_{eis;dsn}$ | Faalkanseis voor het beoordelingsspoor [per jaar] |
| P_{eis} | Faalkanseis voor het traject [per jaar]; 1/10.000 jaar (ondergrens en signaleringswaarde) |
| ω | Faalkansruimtefactor [-]; |
| N_{dsn} | Lengte-effect factor voor een doorsnede [-]; |

Tabel 6-1: Faalkanseisen kunstwerken, bron: **K1, K2, K3 & K4**

| Toetsspoor | | Faalkans ruimte factor [ω] | Lengte effect [N_{dsn}] | Faalkanseis (1/jaar) | β | Per jaar |
|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------|----------|
| Hoogte | HTKW | 0,24 | 2 | $\frac{1}{83.333}$ | 4,22 | 1,2E-5 |
| Betrouwbaarheid sluiting | BSKW | 0,04 | 1,5 | $\frac{1}{375.000}$ | 4,55 | 2,67E-6 |
| Piping | PKW | 0,02 | - | -* | - | - |
| Sterkte en stabiliteit | STKW _p | 0,02 | 3 | $\frac{1}{1.500.000}$ | 4,84 | 6,67E-7 |

*Voor de modellen Bligh en Lane is er geen differentie in partiele factoren bij verschillende faalkanseisen. Voor model Sellmeijer is dit er wel, dit is echter nog niet uitgewerkt binnen WBI2017

De lengte-effectfactor betrouwbaarheid sluiting is afhankelijk van het aantal kunstwerken in het traject die een niet verwaarloosbare faalkans hebben. De lengte-effectfactor wordt bepaald door:

$$N_{dsn} = \max(1: c * n_{2a}) = \max(1: 0,5 * 3) = 1,5$$

Waarbij:

| | |
|----------|---|
| C | Reductiefactor om tot uitdrukking te brengen dat de faalkansen van kunstwerken niet allemaal precies even groot zijn [-]; 0,5 |
| n_{2a} | Aantal kunstwerken in het dijktraject waarvan de faalkans niet verwaarloosbaar klein is volgens de eenvoudige toets [-]; 3 |

6.2 Hoogte kunstwerk (HTKW)

Binnen het spoor hoogte worden de kunstwerken beoordeeld op de kans op falen van de waterkering door overslag en/of overloop van het kunstwerk. De kering wordt als gefaald beschouwd wanneer er erosie plaats vindt achter het kunstwerk door het overslaande water en daardoor het kunstwerk bezwijkt, of wanneer het kombergend vermogen van het watersysteem achter het kunstwerk wordt overschreden.

6.2.1 Categorieën beoordeling HTKW

De faalkanseis is $P_{\text{eis};\text{dsn}} = 1,2E^{-5}$ per jaar (paragraaf 6.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Categorieën beoordeling HTKW

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|--|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;\text{dsn}} < 4E^{-7}$ |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | $4E^{-7} < P_{f;\text{dsn}} < 1,2E^{-5}$ |
| III _v | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{\text{eis};\text{sig};\text{dsn}} < P_{f;\text{dsn}} < P_{\text{eis};\text{ond};\text{dsn}}$ |
| IV _v | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $1,2E^{-5} < P_{f;\text{dsn}} < 1E^{-4}$ |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | $1E^{-4} < P_{f;\text{dsn}} < 3E^{-3}$ |
| VI _v | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E^{-3} < P_{f;\text{dsn}}$ |
| VII _v | nog geen oordeel | |

6.2.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 6-3.

Tabel 6-3: Resultaat op toetsspoor Hoogte (HTKW)

| Kunstwerk | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | | Oordeel | Cat. | Bron |
|-----------------------------------|--------------------------|--|---|---------|----------------|------|
| | | Berekende faalkans | Faalkanseis | | | |
| Gemaal Westland | Faalkans verwaarloosbaar | n.v.t. | n.v.t. | Voldoet | I _v | K4 |
| Keersluis gemeentehaven Maassluis | VB | $\frac{1}{13.491.473}$ ($\beta = 5,25$) | $\frac{1}{83.333}$ ($\beta = 4,224$) | Voldoet | I _v | K1 |
| Spuisluis Boonerhaven | Niet relevant | n.v.t. | n.v.t. | Voldoet | I _v | K3 |
| Delflandse Buitensluis | VB | $\frac{1}{4.937.170}$ ($\beta = 5,07$) | $\frac{1}{83.333}$ ($\beta = 4,22$) | Voldoet | I _v | K2 |

6.2.3 Conclusie

Alle kunstwerken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Hoogte.

6.3 Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk (BSKW)

De kunstwerken in waterkeringen die moeten worden beoordeeld op Betrouwbaarheid sluiten zijn aangelegd met als doel om water, mensen, voer- en vaartuigen en/of goederen de waterkering te laten passeren. Binnen dit traject betreft dit de sluizen en gemalen. Om het passeren van de dijk mogelijk te maken zijn in de kunstwerken openingen aanwezig, die de waterkerende functie van de kering ondermijnen. Dit is ondervangen doordat deze openingen afsluitbaar zijn met één of meerdere keermiddelen. Hiermee wordt de functie van waterkeren bij de kunstwerken gerealiseerd. Door de aanwezigheid van afsluitbare openingen in een waterkering is er een kans dat deze openingen niet zijn afgesloten op momenten dat dit vanuit het oogpunt van waterveiligheid wordt verlangd. Het faalmechanisme niet sluiten, behorende bij het toetspoot betrouwbaarheid sluiting, heeft betrekking op het bepalen van deze kans.

6.3.1 Categorieën beoordeling BSKW

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 2,67E^{-6}$ per jaar (paragraaf 6.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. De begrenzingen van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 6-4.

Tabel 6-4: Categorieën beoordeling BSKW

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|---|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f;dsn} < 8,9E^{-8}$ |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | $8,9E^{-8} < P_{f;dsn} < 2,67E^{-6}$ |
| III _v | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{eis;sig;dsn} < P_{f;dsn} < P_{eis;ond;dsn}$ |
| IV _v | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $2,67E^{-6} < P_{f;dsn} < 1E^{-4}$ |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | $1E^{-4} < P_{f;dsn} < 3E^{-3}$ |
| VI _v | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E^{-3} < P_{f;dsn}$ |
| VII _v | nog geen oordeel | |

6.3.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 6-5.

Tabel 6-5: Resultaat op toetspoot Betrouwbaarheid sluiting (BS)

| Kunstwerk | Gedetailleerde toets | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|--------------|-----------------|------|
| | Eenvoudige toets | Berekende faalkans | Faalkanseis | Oordeel | Cat. | Bron |
| Gemaal Westland | Faalkans verwaarloosbaar | n.v.t. | n.v.t. | Voldoet | I _v | K4 |
| Keersluis gemeentehaven Maassluis | Voldoet niet aan de beslisregels | Toets op Maat $\frac{1}{40.711}$ ($\beta = 4,74$) | $\frac{1}{375.000}$ ($\beta = 4,55$) | Voldoet niet | IV _v | K1 |
| Spuisluis Boonerhaven | Voldoet niet aan de beslisregels | $\frac{1}{944.630}$ ($\beta = 4,74$) | $\frac{1}{375.000}$ ($\beta = 4,55$) | Voldoet | II _v | K3 |
| Delflandse Buitensluis | VB | $\frac{1}{3.577.277}$ ($\beta = 5,00$) | $\frac{1}{375.000}$ ($\beta = 4,55$) | Voldoet | II _v | K2 |

6.3.3 Conclusie

Voor het faalmechanisme Betrouwbaarheid Sluiting Kunstwerk (BSKW) voldoet het gemaal Westland ruim aan de signaleringswaarde. Spuisluis Boonerhaven en Delflandse Buitensluis voldoen aan de signaleringswaarde. Voor Keersluis Gemeentehaven Maassluis geldt het oordeel categorie IV: 'voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde'.

6.4 Piping kunstwerk (PKW)

Falen door piping vindt plaats als uitspoelen van gronddeeltjes optreedt ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom, waardoor holle ruimten ontstaan onder (onderloopsheid) of naast (achterloopsheid) een kunstwerk. Het erosieproces hoeft niet altijd tot falen te leiden. Het kan weer stoppen als het waterstandsverschil niet groot genoeg is of niet lang genoeg aanhoudt om de erosie op gang te houden. Als het proces niet stopt, ontstaat een proces van terugschrijdende erosie waarbij deze holle ruimten uitgroeien tot een doorgaand kanaal onder het kunstwerk. Het erosieproces gaat dan ongecontroleerd verder en de erosie van gronddeeltjes onder en/of naast het kunstwerk neemt sterk toe. Uiteindelijk kan het kunstwerk als geheel hierdoor instabiel worden en bezwijken, met als gevolg een bres in de waterkering.

6.4.1 Categorieën beoordeling PKW

Binnen het spoor piping bij kunstwerken wordt geen faalkans berekend, maar een stabiliteitsfactor. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 6-6.

Tabel 6-6: Categorieën beoordeling PKW

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------------------|---|------------------------------------|
| I _v | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | Voldoende conform beslisregels |
| II _v | voldoet aan de signaleringswaarde | Optredend verval < kritieke verval |
| V _v | voldoet niet aan de ondergrens | Optredend verval > kritieke verval |
| VII _v | nog geen oordeel | |

6.4.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 6-7.

Tabel 6-7: Resultaat op toetsspoor Piping (PKW)

| Kunstwerk | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Oordeel | Cat. | Bron |
|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|-----------|
| Gemaal Westland | Voldoet niet aan de beslisregel | V (Faalkans verwaarloosbaar*) | Voldoet | I _v | K4 |
| Keersluis gemeentehaven Maassluis | Voldoet niet aan de beslisregel | Voldoet | Voldoet | I _v | K1 |
| Spuisluis Boonerhaven | Voldoet aan de beslisregel | n.v.t. | Faalkans verwaarloosbaar | I _v | K3 |
| Delflandse Buitensluis | Voldoet aan de beslisregel | n.v.t. | Faalkans verwaarloosbaar | I _v | K2 |

6.4.3 Conclusie

Alle kunstwerken voldoen ruim aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Piping.

6.5 Sterkte en stabiliteit kunstwerk puntconstructies (STKWp)

Dit toetspoot is opgesplitst in een tweetal andere toetspooten: sterkte waterkerende constructieonderdelen, en stabiliteit constructie en grondlichaam. De bijbehorende faalmechanismen zijn bezwijken constructieonderdelen (STCO) en instabiliteit constructie en grondlichaam (STCG). Falen als gevolg van het bezwijken van constructieonderdelen vindt in een hoogwatersituatie plaats wanneer de sterkte van een constructieonderdeel niet meer toereikend is om de vervalbelasting en golfbelasting af te dragen. Onder dagelijkse omstandigheden kan bezwijken ook plaatsvinden door aanvaringen. Falen als gevolg van instabiliteit constructie en grondlichaam treedt op als het kunstwerk en het grondlichaam ter plaatse van het kunstwerk niet meer in staat zijn om de vervalbelasting en golfbelasting te keren zonder dat dit tot substantiële vervormingen leidt. Als gevolg van deze vervormingen gaat het waterkerende vermogen van het kunstwerk verloren en ontstaat een bres.

6.5.1 Categorieën beoordeling STKWp

De faalkanseis is $P_{eis;dsn} = 6,67E^{-7}$ per jaar (paragraaf 6.1) bij de ondergrens en signaleringsnorm. De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 6-8.

Tabel 6-8: Categorieën beoordeling STKWp

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak | Begrenzing categorie |
|------|---|---|
| Iv | voldoet ruim aan de signaleringswaarde | $P_{f,dsn} < 2,2E-8$ |
| IIv | voldoet aan de signaleringswaarde | $2,2E-8 < P_{f,dsn} < 6,67E-7$ |
| IIIv | voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de signaleringswaarde | $P_{eis,sig;dsn} < P_{f,dsn} < P_{eis,ond;dsn}$ |
| IVv | voldoet mogelijk aan de ondergrens of aan de signaleringswaarde | $6,67E-7 < P_{f,dsn} < 1E-4$ |
| Vv | voldoet niet aan de ondergrens | $1E-4 < P_{f,dsn} < 3E-3$ |
| VIv | voldoet ruim niet aan de ondergrens | $3E-3 < P_{f,dsn}$ |
| VIIv | nog geen oordeel | |

6.5.2 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 6-9.

Tabel 6-9: Resultaat op toetspoot Sterkte en stabiliteit Puntconstructies (STKWp)

| Kunstwerk | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | | | Cat. | Bron |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|---------|------|------|
| | | Berekende faalkans | Faalkanseis | Oordeel | | |
| Gemaal Westland | Voldoet niet aan de beslisregels | $\frac{1}{588.671.411}$ ($\beta = 5,91$) | $\frac{1}{1.500.000}$ ($\beta = 4,84$) | Voldoet | Iv | K4 |
| Keersluis gemeentehaven Maassluis | | $\frac{1}{39.490.605}$ | $\frac{1}{1.500.000}$ ($\beta = 4,84$) | Voldoet | IIv | K1 |
| Spuisluis Boonerhaven | Voldoet niet aan de beslisregels | $\frac{1}{1.823.626}$ ($\beta = 4,87$) | $\frac{1}{1.500.000}$ ($\beta = 4,84$) | Voldoet | IIv | K3 |
| Delflandse Buitensluis | Voldoet niet aan de beslisregels | $\frac{1}{87.946.936}$ ($\beta = 5,59$) | $\frac{1}{1.500.000}$ ($\beta = 4,84$) | Voldoet | Iv | K2 |

6.5.3 Conclusie

Alle kunstwerken voldoen aan de signaleringswaarde waarbij de kunstwerken Gemaal Westland en de Delflandse Buitensluis ruim voldoen aan de signaleringswaarde voor het faalmechanisme Sterkte en Stabiliteit Puntconstructies.

6.6 Beoordeling voorland kunstwerk

De beoordeling van voorland is officieel geen onderdeel van de beoordeling van kunstwerken conform bijlage iii [3], maar is beschouwd om inzicht te verkrijgen in de impact van een mogelijke onvoldoende op de beoordeling van de kunstwerken. De beoordeling van het voorland bestaat uit 3 onderdelen: beoordeling VLGA, VLAF en VLZV. Alle kunstwerken voldoen aan de faalmechanismen voor voorland. Omdat dit geen onderdeel is van de beoordeling is hieraan geen categorie gekoppeld.

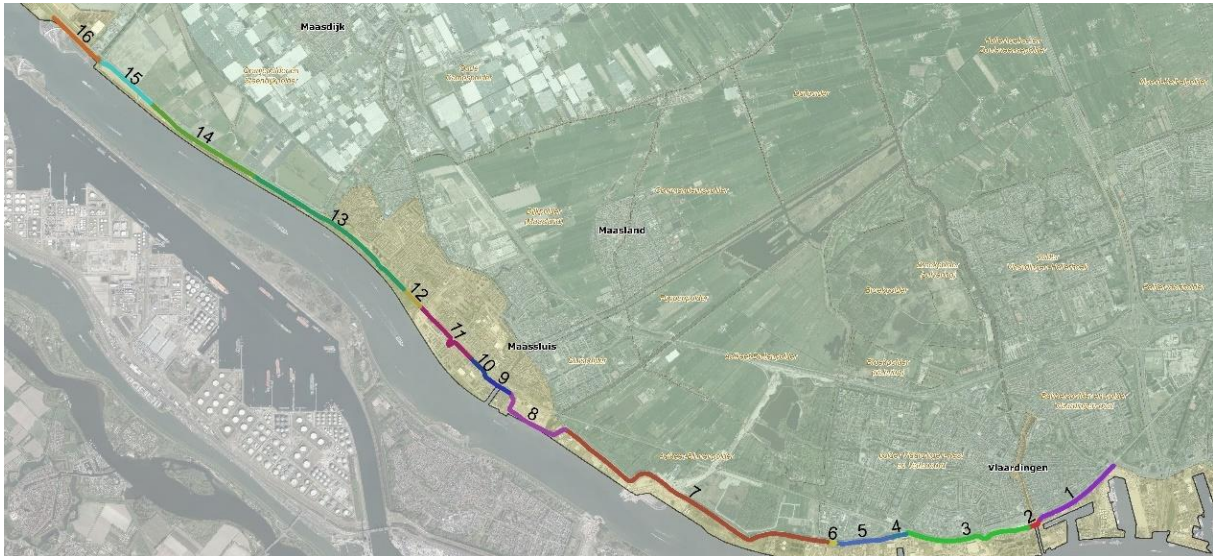
Tabel 6-10: Resultaat op voorland (VLGA, VLAF en VLZV)

| Kunstwerk | Gedetailleerde toets | | | Oordeel | Cat. | Bron |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-------------|---|--------|-----------|
| | Eenvoudige toets | Berekende faalkans | Faalkanseis | | | |
| Gemaal Westland | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | Geen negatieve invloed op stabiliteit voorland | N.v.t. | K4 |
| Keersluis gemeentehaven Maassluis | Voldoet | n.v.t. | n.v.t. | Voldoet | N.v.t. | K1 |
| Spuisluis Boonerhaven | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | VLZV is niet maatgevend t.o.v. groene waterkering | n.v.t. | K3 |
| Delflandse Buitensluis | Voldoet | n.v.t. | n.v.t. | Voldoet | N.v.t. | K2 |

7 Resultaat beoordeling voorlanden

7.1 Dijkvakindeling voorland

De dijkvakindeling gebruikt voor de faalmechanismen met betrekking tot voorland is weergegeven in Figuur 7-1 en Tabel 7-1.



Figuur 7-1: Dijkvakindeling voorland

Tabel 7-1: Omnummertabel voorland

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland |
|-----------------------------|---------------------|
| 1 | VL-14-3-1 |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | VL-14-3-2 |
| 5 | VL-14-3-3 |
| 6 | |
| 7 | VL-14-3-4 |
| 8 | VL-14-3-5 |
| 9 | VL-14-3-6 |
| 10 | VL-14-3-7 |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | VL-14-3-8 |
| 14 | |
| 15 | VL-14-3-9 |
| 16 | VL-14-3-10 |
| 17 | VL-14-3-11 |
| 18 | |
| 19 | VL-14-3-12 |
| 20 | VL-14-3-13 |
| 21 | |
| 22 | |
| 23 | VL-14-3-14 |
| 24 | |

| | |
|----|------------|
| 25 | |
| 26 | VL-14-3-15 |
| 27 | |
| 28 | VL-14-3-16 |
| 29 | |

7.2 Golfafslag voorland (VLGA)

Dit toetspootr betreft de beoordeling of de bijdrage aan de overstromingskans van het mechanisme golfafslag voorland voldoende klein is in dit dijktraject. De golfafslag zelf is meestal niet direct bedreigend voor de stabiliteit van de waterkering, maar het kan de weg openen voor andere mechanismen zoals piping (door verplaatsing van het intredepunt), instabiliteit van de bekleding (via een grotere golfbelasting), buitenwaartse stabiliteit (door wegvallen deel van de passieve zone) of binnenwaartse stabiliteit (door vermindering van de hydraulische weerstand van het voorland). Bij de beoordeling volgens dit toetspootr wordt nagegaan of de invloed van golfafslag op andere (directe) faalmechanismen significant zou kunnen zijn.

7.2.1 Faalkanseis

De eenvoudige toets is in principe norm-onafhankelijk. Voor de golftrandvoorwaarden dienen de golftrandvoorwaarden bij de norm van de kering te worden gehanteerd. Voor de Toets op Maat zijn norm-onafhankelijke partiele factoren afgeleid voor de sterkte van de oeverbescherming en de erosiebestendigheid van het materiaal van het voorland [G7].

7.2.2 Categorieën beoordeling VLGA

Binnen het spootr golfafslag voorland wordt geen faalkans berekend, maar wordt wel of niet voldaan. De score die behaald kan worden is via de eenvoudige toets: "faalkans verwaarloosbaar (FV_ET)" of via de toets op maat: "voldoet (FV_TOM)", of "voldoet niet (NGO)". De gedetailleerde toets is niet van toepassing op golfafslag. Het spootr valt in toetspootrgroep 5: de indirecte toetspootren. De begrenzingen van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 7-2.

Tabel 7-2: Categorieën beoordeling VLGA

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak |
|--------|---|
| FV_ET | Faalkans verwaarloosbaar eenvoudige toets |
| FV_TOM | Voldoet aan de toets op maat |
| NGO | Voldoet niet aan de toets op maat |

7.2.3 Oordeel op trajectniveau

Het veiligheidsoordeel is gegeven op trajectniveau. Voor het beoordelingspootr VLGA is geen vakindeling opgesteld. Omdat de eenvoudige toets niet tot een voldoende resultaat leidt voor veel vakken en de verwachting is dat er significante optimalisatie mogelijk is, is gekozen om voor alle vakken de beoordeling te vervolgen in een Toets op Maat. Op basis van een rekenmethode voor bepaling van de afslagbreedte die is opgezet door Deltares is gecontroleerd wat de inscharingslengte is, rekening houdend met de erosie-beperkende werking van de steenbekleding van het voorland [G7].

Tabel 7-3: Veiligheidsoordeel en resultaat VLGA op trajectniveau, bron: G7

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland | Resultaat eenvoudige toets | Toets op maat | Oordeel | Cat. |
|-----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------|---------|------|
| 20 | VL-14-3 | n.v.t. | Voldoet | FV_TOM | FV |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |

7.2.4 Conclusie

Voor het traject 14-3 wordt integraal het toetsoordeel "faalkans verwaarloosbaar" toegekend (cat. FV conform WBI) voor het faalmechanisme Golfafslag voorland.

7.3 Afschuiving voorland (VLAF)

Dit toetspoot betreft de beoordeling of de kans dat het restprofiel de invloedzone van de dijk doorsnijdt voldoende klein is, bij het optreden afschuiving van het voorland. Het toetspoot afschuiving voorland betreft een indirect mechanisme. Het mechanisme treedt op bij een lage buitenwaterstand en er is dus in het algemeen geen direct gevaar voor overstrooming. Afhankelijk van de mate van aantasting van de dijk is er gedurende de tijd benodigd voor reparatie wel een verhoogd risico voor directe faalmechanismen als piping of macrostabiliteit van de dijk, zowel buitenwaarts als binnenwaarts. Buitenwaarts omdat de stabiliteit van het buitentalud lager wordt door de ongunstiger geometrie, binnenwaarts door invloed op de waterspanningen, waardoor macrostabiliteit negatief kan worden beïnvloed.

7.3.1 Faalkanseis

Het toetspoot afschuiving voorland betreft een indirect mechanisme. Voor indirecte faalmechanismen zijn geen faalkansruimten gereserveerd binnen het WBI, maar wordt wel of niet voldaan. Voor deze mechanismen geldt dat ze als verzwarende omstandigheden worden meegenomen bij de beoordeling van de directe faalmechanismen.

7.3.2 Categorieën beoordeling VLAF

De score die behaald kan worden via de eenvoudige toets is: "faalkans verwaarloosbaar (FV_ET)". Of via de gedetailleerde toets "voldoet (FV_GT)". Of via de toets op maat: "voldoet (FV_TOM)", of "voldoet niet (NGO)". De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 7-4.

Tabel 7-4: Categorieën beoordeling VLAF

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak |
|--------|---|
| FV_ET | Faalkans verwaarloosbaar eenvoudige toets |
| FV_GT | Voldoet aan de gedetailleerde toets |
| FV_TOM | Voldoet aan de toets op maat |
| NGO | Voldoet niet aan de toets op maat |

7.3.3 Oordeel op vakniveau

Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 7-5. Conform de beoordelingssystematiek van het WBI2017 is als eerste gecontroleerd of afschuiving voorland als voldoende beoordeeld kan worden in de eenvoudige toets. Voor een aanzienlijk deel van het traject bleek dit het geval te zijn. Voor de vakken 13 en 14 bleek dit niet het geval. Deze vakken zijn beoordeeld in de gedetailleerde toets. Hieruit is geconcludeerd dat de kans dat een afschuifvlak de invloedzone van de dijk bereikt voor deze vakken voldoende klein is. Bij 1 vak is een damwand aanwezig bij het voorland, op een relatief korte afstand van de dijk. Dit vak is beoordeeld in een Toets op Maat. Hieruit bleek dat ook dit vak voldoet ten aanzien van het mechanisme afschuiving voorland.

Tabel 7-5: Resultaat op dijkvakniveau VLAF, bron: G6

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland | Eenvoudige toets | | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Oordeel | Categorie |
|-----------------------------|---------------------|------------------|-----|----------------------|---------------|---------|-----------|
| | | E.1 | E.2 | | | | |
| 1 | VL-14-3-1 | - | - | - | FV | Voldoet | FV_TOM |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | VL-14-3-2 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 5 | VL-14-3-3 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 6 | | | | | | | |

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland | Eenvoudige toets | | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Oordeel | Categorie |
|-----------------------------|---------------------|------------------|-----|----------------------|---------------|---------|-----------|
| | | E.1 | E.2 | | | | |
| 7 | VL-14-3-4 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 8 | VL-14-3-5 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 9 | VL-14-3-6 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 10 | VL-14-3-7 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | VL-14-3-8 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | VL-14-3-9 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 16 | VL-14-3-10 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 17 | VL-14-3-11 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | VL-14-3-12 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 20 | VL-14-3-13 | VB | VB | V | - | Voldoet | FV_GT |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | VL-14-3-14 | VB | VB | V | - | Voldoet | FV_GT |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | VL-14-3-15 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | VL-14-3-16 | FV | - | - | - | Voldoet | FV_ET |
| 29 | | | | | | | |

7.3.4 Conclusie

Alle dijkvakken krijgen het toetsoordeel "faalkans verwaarloosbaar" toegekend (cat. FV conform WBI) voor het faalmechanisme Afschuiving Voorland.

7.4 Zettingsvloeiing voorland (VLZV)

Indien een vooroever is opgebouwd uit slappe klei- en veenlagen of verwekinggevoelig zand, dient rekening te worden gehouden met een kans op grootschalige afschuivingen en zettingsvloeiingen van de vooroever met mogelijke invloed op de veiligheid van de waterkering. De oorzaak is de steile geulwand of verdieping van de geul door erosie aan de teen of aanzanding aan de top of migratie van de gehele geulwand door erosie of aanzanding. Afschuiven van het voorland is een indirect mechanisme bij de beoordeling van de overstromingskans.

Bij dit toetspoot wordt beoordeeld of de kans dat het restprofiel het beoordelingsprofiel van de dijk doorsnijdt voldoende klein is, als zettingsvloeiing in het voorland optreedt. In de beoordeling wordt gebruik gemaakt van een signaleringsprofiel. Het signaleringsprofiel is het profiel van het voorland dat minimaal aanwezig moet zijn om te voorkomen dat een eventuele zettingsvloeiing schadelijk is voor de waterkering.

7.4.1 Faalkanseis

Voor de eenvoudige toets zijn geen veiligheidsfactoren van toepassing, deze vindt plaats op basis van geometrische kenmerken. De gedetailleerde toets betreft een faalkansberekening. De kans op een ontoelaatbaar grote inscharing binnen een vak door een zettingsvloeiing dient kleiner te zijn dan de faalkanseis per vak. De faalkanseis per vak bedraagt conform WBI 2017 [3] $P_{eis,vak} = 0,01 \times L_{vak}/1km$ [1/jaar].

De norm van de kering is weergegeven in Tabel 7-6. Opgemerkt wordt dat dit geen invloed heeft op de faalkanseis voor zettingsvloeiing. Wel kan dit (enige) invloed hebben op de invloedszone van de directe mechanismen van de kering, ofwel de omvang van de toelaatbare inscharing.

Tabel 7-6: Norm van de waterkering

| Traject | Norm (ondergrens) [1/jaar] | Norm (signaleringswaarde) [1/jaar] |
|---------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 14-3 | 1/10.000 | 1/10.000 |

7.4.2 Categorieën beoordeling VLZV

De score die behaald kan worden via de eenvoudige toets is: "faalkans verwaarloosbaar (FV_ET)" e. Of via de gedetailleerde toets "voldoet (FV_GT)". Of via de toets op maat: "voldoet (FV_TOM)", of "voldoet niet (NGO)". De begrenzings van de categorieën voor dit faalmechanisme zijn weergegeven in Tabel 7-7.

Tabel 7-7: Categorieën beoordeling VLZV

| Cat. | Aanduiding categorie toetsoordeel per vak |
|--------|---|
| FV_ET | Faalkans verwaarloosbaar eenvoudige toets |
| FV_GT | Voldoet aan de gedetailleerde toets |
| FV_TOM | Voldoet aan de toets op maat |
| NGO | Voldoet niet aan de toets op maat |
| VN | Voldoet niet |

7.4.3 Oordeel op vakniveau

Er is een beoordeling conform WBI2017 en de 'schematiseringshandleiding zettingsvloeiing' uitgevoerd [G5]. Een samenvatting van de resultaten van de beoordeling zijn weergegeven in Tabel 7-8 en Figuur 7-2.

Een 3-tal dijkvakken voldoet niet. Er is in [G5] een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op de uitgangspunten van de gedetailleerde toets. Hieruit blijkt dat het resultaat van de beoordeling van dijkvakken (VLZV) 12, 13, 14 nauwelijks gevoelig is voor variatie in invoer van de geotechnische parameters (state-parameter, erosiesnelheid of D50). De faalkans wordt bij deze vakken gedomineerd door de geometrie. Bij deze profielen is een steil onderwatertalud aanwezig.

Binnen de toets op maat is met 2 methoden onderzocht of deze tot een ander oordeel zullen leiden:

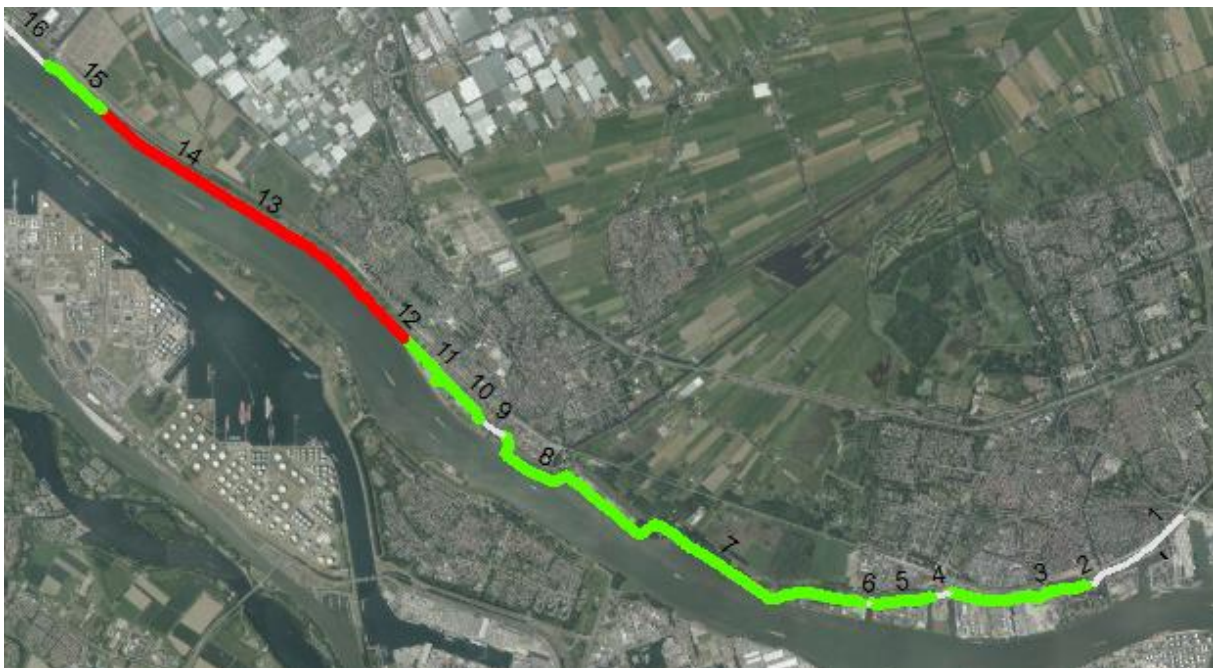
- *Uitsluitingscriterium verwekingvloeiing*: Uit een beschouwing van de formule blijkt dat het deel verwekingvloeiing altijd bijdraagt aan de faalkans, deze wordt praktisch nooit 0 bij de aanwezige geuldieptes bij de Delflandsedijk. Toepassen van het uitsluitingscriterium leidt voor dit project dus niet tot optimalisatie van de beoordeling.
- *HMBreach berekening voor bresvloeiing*: Er is een indicatieve berekening met HMBreach uitgevoerd. Hieruit is geconcludeerd dat de berekening conform HMBreach niet tot optimalisatie van het oordeel leidt.

In mei 2019 heeft een expertsessie plaatsgevonden om de resultaten te bespreken [G5d]. Hierbij werd onder andere geconcludeerd dat de beoordeling op een juiste manier is uitgevoerd en dat de aanwezigheid van stortsteen bepalend is voor het oordeel. Samen met Rijkswaterstaat is, door middel van een duikinspectie [G11], onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van stortstenen. Hieruit volgt het beeld dat tot circa -10m NAP stortsteen aanwezig is. Tussen de diepte -10m NAP en -20m NAP wordt geen/ onvoldoende stortsteen waargenomen. De conclusie wat hieruit volgt is dat de beoordelingsresultaten niet wijzigen [G5a].

Tabel 7-8: Resultaat op dijkvakniveau VLZV, bron: G5

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Faalkanseis vak $P_{eis;vak}$ [-/jaar] | Faalkans $P(L_{verw} > L_{toelaatbaar} ZV) * P(ZV)$ [-/jaar] | Oordeel |
|-----------------------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------|--|--|---------|
| 1 | VL-14-3-1 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | VL-14-3-2 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 5 | VL-14-3-3 | Voldoet niet | Voldoet | - | 1,00E-2 | 5,97E-3 | Voldoet |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | VL-14-3-4 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 8 | VL-14-3-5 | Voldoet niet | Voldoet | - | 1,00E-2 | 5,97E-3 | Voldoet |
| 9 | VL-14-3-6 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 10 | VL-14-3-7 | Voldoet niet | Voldoet | - | 3,85E-2 | 2,56E-3 | Voldoet |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | VL-14-3-8 | Voldoet niet | Voldoet | - | 1,05E-2 | 3,97E-3 | Voldoet |
| 14 | | | | | | | |

| Riskeer vakken traject 14-3 | Dijkvakken voorland | Eenvoudige toets | Gedetailleerde toets | Toets op maat | Faalkanseis vak $P_{eis,vak}$ [-/jaar] | Faalkans $P(L_{verw} > L_{toelaatbaar} [ZV]) * P(ZV)$ [-/jaar] | Oordeel |
|-----------------------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------|--|--|--------------|
| 15 | VL-14-3-9 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 16 | VL-14-3-10 | Voldoet niet | Voldoet | - | 1,00E-2 | 5,97E-3 | Voldoet |
| 17 | VL-14-3-11 | Voldoet niet | Voldoet | - | 1,01E-2 | 8,68E-3* | Voldoet |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | VL-14-3-12 | Voldoet niet | Voldoet niet | Voldoet niet | 3,00E-3 | 3,52E-2* | Voldoet niet |
| 20 | VL-14-3-13 | Voldoet niet | Voldoet niet | Voldoet niet | 2,40E-2 | 9,54E-1* | Voldoet niet |
| 21 | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | |
| 23 | VL-14-3-14 | Voldoet niet | Voldoet niet | Voldoet niet | 1,60E-2 | 7,04E-1* | Voldoet niet |
| 24 | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | |
| 26 | VL-14-3-15 | Voldoet niet | Voldoet | - | 8,00E-3 | 6,68E-3 | Voldoet |
| 27 | | | | | | | |
| 28 | VL-14-3-16 | Constructie | - | - | - | - | NVT |
| 29 | | | | | | | |



Figuur 7-2: Veiligheidsoordeel VLZV op vakniveau

De combinatie van een diepe vaargeul, een steil onvoldoende bestort talud en de aanwezigheid van mogelijk zettingsgevoelige lagen, maakt het niet mogelijk zettingsvloeiing uit te sluiten met de huidige beoordelingsmethodiek.

Hierbij:

- Een gevoeligheidsanalyse heeft aangetoond dat andere geotechnische parameters niet tot een ander oordeel zullen leiden in de gedetailleerde toets. Nader geotechnisch onderzoek heeft daarmee geen meerwaarde;

- Met de lodingen, sonar en duikinspectie is een compleet beeld verkregen van de geometrische uitgangspunten;
- De beschikbare geavanceerde mogelijkheden in de methodiek hebben in indicatieve berekeningen niet tot een ander oordeel geleid;
- Diverse experts bevestigen dat een risico niet kan worden uitgesloten vanwege het steile talud en een onvoldoende bestorte vooroever.

Aangetoond is dat nadere analyse niet zal leiden tot een ander toetsoordeel, hiermee wordt voldaan aan het stopcriteria conform WBI bijlage 1 procedure 3.2.5 lid 4 en daarmee is het oordeel 'voldoet niet.'

7.4.4 Conclusie

De dijkvakken 12, 13 en 14 (riskeervakken 19 t/m 25) krijgen het oordeel 'Voldoet niet' voor het faalmechanisme 'Zettingsvloeiing Voorland'. De invloed hiervan is verwerkt in de directe mechanismen STBI, STPH en GEKB.

8 Niet waterkerende objecten (NWO)

Binnen dijktraject 14-3 zijn begroeiing, bebouwing, leidingen en overige objecten aanwezig die invloed kunnen hebben op de waterkerende functie. Begroeiing, bebouwing en overige mogelijk risicovolle overige objecten zijn deze beoordelingsronde beoordeeld. Zowel de eenvoudige, gedetailleerde, als de TOM-beoordeling zijn opgenomen in [N1].

8.1 Begroeiing en bebouwing

Op basis van de geotechnische beoordeling is in eerste instantie een beoordelingsprofiel opgesteld voor verschillende beoordelingssporen. Het daadwerkelijke profiel inclusief ontgrondingskuil (bij bomen) en kelder (bij bebouwing) dient boven dit beoordelingsprofiel te blijven. Objecten, die hieraan voldoen zijn goedgekeurd op het betreffende beoordelingsspoor. Voor objecten die niet voldoen is met de Toets op Maat onderzocht, of het daadwerkelijke profiel aan de stabiliteitseisen voldoet of dat de ontgrondingskuil kan worden aangescherpt (bijvoorbeeld omdat een kleine stamdiameter aanwezig is, of dat een kelder kan worden uitgesloten). Voor deze resterende objecten kon een bijdrage aan de faalkans in de Toets op Maat worden uitgesloten. Alle aanwezige bomen, bebouwing en overige objecten in dijktraject 14-3 hebben een verwaarloosbare bijdrage aan de faalkans van het directe mechanisme.

8.2 Kabels en leidingen

De K&L worden in het kader van de zorgplicht beoordeeld. De methode om K&L te beoordelen is in ontwikkeling en vraagt om een andere beoordelingsstrategie. De inspanning om aan te tonen of de leiding voldoet aan de normen ligt (voornamelijk) bij de leidingeigenaren. K&L worden alleen toegestaan onder vergunningsvoorwaarden. De bijdrage aan de faalkans wordt klein geacht gezien de combinatie van de kans op hoog water en eventuele leidingbreuk minimaal is. Verder is er op grote delen van de dijk een hoog en breed voorland aanwezig.

9 Literatuur

- [1] Hoogheemraadschap van Delfland, „Legger Delfland,” [Online]. [Geopend 2018].
- [2] TAW, „Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken,” 2004.
- [3] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, „Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 - Bijlage iii Sterkte en veiligheid,” 2017.
- [4] Greenrivers, „Memorandum Consequenties automatisering keersluis Maassluis mbt waterkenrende functie,” 2025.
- [5] R. 't Hart, H. de Bruijn en G. de Vries, „Fenomenologische beschrijving,” Deltares, 2016.
- [6] Hoogheemraadschap van Delfland, „Beoordeling kunstwerken in primaire waterkering. Eenvoudige beoordeling conform WBI 2017,” 2019.
- [7] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, „Handreiking Ontwerpen met Overstromingskansen, Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingsnormen, versie 4,” 2014.
- [8] ENW, „Technische Rapport Actuele Sterkte van dijken,” 2009.
- [9] Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, „Schematiseringshandleiding afschuiving voorland,” 2019.

Bijlage 1: Documentenlijst & Logboeken Delfland

| Code | Titel | Documentnaam | Datum |
|--|--|--|-----------|
| A1 | Achtergronddocument assemblage trajecten 14-3 & 14-4 | A1_1220-170525.TN01v7.0 | 1-11-2021 |
| Beoordeling bekledingen (B) | | | |
| B1 | Beoordeling bekledingen traject 14-2, 14-3 en 14-4 | B1_1214-0070-016.R01v4.0(bekleding) | 18-4-2019 |
| Beoordeling Grondmechanisch (G) | | | |
| G1 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Binnenwaartse Stabiliteit (STBI) | G1_1214-0070-013.R01v3 (STBI) | 15-5-2019 |
| G2 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Buitenwaartse Stabiliteit (STBU) | G2_1214-0070-013.R01v2(STBU) | 19-4-2019 |
| G3 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Piping & Heave (STPH) | G3_1214-0070-013.R01v2(STPH) | 19-4-2019 |
| G4 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Microstabiliteit (STMI) | G4_1214-0070-013.R01v2(STMI) | 19-4-2019 |
| G5 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Zettingsvloeiing (VLZV) | G5_1214-0070-013.R01v3(VLZV) | 6-3-2019 |
| G5a | Vervolganalyse Zettingsvloeiing dijktraject 14-3/14-4 | G5a_1220-170525.TN02v1.0_ZVanalyse | 2-7-2021 |
| G5b | Invloed zettingsvloeiing op directe faalmechanismen | G5b_1220-170525.TN03v5.0 | 1-11-2021 |
| G5c | Verslag gesprek Delfland en Helpdesk Water betreffende Zettingsvloeiing Voorland(VLZV) en Assemblage dijktrajecten 14-3 & 14-4 | G5c_20210630-Verslag HHD en Helpdesk Water VLZV en Assemblage | 30-6-2021 |
| G5d | Vergaderverslag expertsessie zettingsvloeiing Delflandsedijk (14-2, 14-3 en 14-4) | G5d_1214-0070-013_Vergaderverslag_20190419_v3 | 19-5-2019 |
| G6 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling afschuiving voorland (VLAF) | G6_1214-0070-013.R01v3(VLAF) | 19-4-2019 |
| G7 | Grondmechanische beoordeling traject 14-3 en 14-4 Toelichting beoordeling Golfafslag Voorland (VLGA) | G7_1214-0070-013.R01v2(VLGA) | 19-4-2019 |
| G8 | HHD NL ToM dijktraject 14-3/14-4 | G8_1220-170525.R01v3.0(TOM STPH,STBI,STBU) | 4-12-2020 |
| G9 | Geotechnische Lengteprofielen 14-3 | G9_GTL traject 14_3(deel1) G9_GTL traject 14_3(deel2) G9_GTL traject 14_3(deel3) G9_GTL traject 14_3(deel4) | 25-9-2018 |
| G10 | Geotechnische Lengteprofielen 14-4 | G10_GTL traject 14_4 | 25-9-2018 |
| G11 | Inspectie rapportage Onderwater inspectie glooiing en rivierbodem Nieuwe Waterweg | G11_Inspectie glooiing en rivierbodem Nieuwe Waterweg 20-04-2021-v2 | 20-4-2021 |
| Beoordeling Kunstwerken (K) | | | |
| K1 | Kunstwerk beoordeling traject 14-3 en 14-4 WBI2017 Toelichting beoordeling Keersluis Gemeentehaven Maassluis | K1_1219-148781.R01v4.0(Keersluis Gemeentehaven Maassluis) | 5-11-2021 |

| | | | |
|------------------------------|--|---|------------|
| K2 | Kunstwerk beoordeling traject 14-3 en 14-4 WBI2017 Toelichting beoordeling Delflandse Buitensluis | K2_1219-148781.R02v3_Delflandse Buitensluis | 26-11-2020 |
| K3 | Kunstwerk beoordeling traject 14-3 en 14-4 WBI2017 Toelichting beoordeling Spuisluis Boonerhaven | K3_1219-148781.R03v3_Spuisluis Boonerhaven | 25-11-2020 |
| K4 | Kunstwerk beoordeling traject 14-3 en 14-4 WBI2017 Toelichting beoordeling Gemaal Westland | K4_1219-148781.R04v3_Gemaal Westland | 26-11-2020 |
| K5 | Kunstwerk beoordeling traject 14-3/14-4 WBI2017 Toelichting beoordeling Gemaal Krimslot | K5_1219-148781.R05v3_Gemaal Krimslot | 26-11-2020 |
| Beoordeling NWO's (N) | | | |
| N1 | Rapportage Waterbouw Beoordeling NWO's Delflandsedijk, traject 14-3 en 14-4 | N1_1218-0082-002.r02v2(NWO) | 30-5-2020 |
| N1a | Memo: Toets op Maat NWO's - Beheerdersoordeel 14-4 | N1a_DMSP-#1551900-v1-20210824- TOM__Bomen_14-4_dijkvak24 | 20-8-2021 |