

LBO2 Traject 62-1

Logboek beoordeling op hoogte



Bezoekadres

Maria Theresialaan 99
6043 CX Roermond

Postadres

Postbus 2207
6040 CC Roermond

IBAN: NL10NWAB0636750906
KvK: 67682065

088 88 90 100
info@waterschaplimburg.nl
www.waterschaplimburg.nl

titel LBO2 Traject 62-1
subtitel Logboek beoordeling hoogte
datum 16-07-2025
versie 2.0
status Concept
zaaknr. 2024-Z9588
documentnr. WLDOC-2066690340-62667

vrijgave Dit document is tot stand gekomen onder verantwoordelijkheid van en in samenwerking met:

naam	functie	rol
	Adviseur Waterveiligheid	Opsteller
	Adviseur Waterveiligheid	Controleur (d.d. 12-05-2025)
	Projectleider Waterveiligheid	Eindredactie en vaststelling (d.d. 16-7-2025)

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Doel van dit logboek	4
1.2	Leeswijzer	4
2	Dijkvakindeling	5
3	Generieke uitgangspunten	7
3.1	Hydraulische belastingen	7
3.2	Gebruikte software	7
3.3	Gebruikte handleidingen	7
4	Uitgangspunten GEKB	8
4.1	Profiellocaties	8
4.2	Geometrie	8
4.3	Hydraulische belastingen	8
4.4	Kritiek overslag debiet	8
4.5	Overschrijding kombergend vermogen	9
5	Analyse GEKB	10
5.1	Faalpad	10
5.2	Toepassingsvoorwaarden	10
5.3	Resultaten per vak	11
5.4	Gevoeligheid scenario	11
6	Uitgangspunten HTKW	13
6.1	Kenmerken kunstwerken	13
6.2	Stormduur	13
6.3	Kritiek debiet bodembescherming	13
6.4	Schematisering komberging	14
6.5	Langsconstructies met buitentalud	14
7	Analyse HTKW	15
7.1	Faalpad	15
7.2	Resultaten per vak	15
7.3	Gevoeligheid scenario	16
8	Uitgangspunten aansluiting hoge grond	17
9	Analyse aansluiting hoge grond	18
9.1	Oostelijke aansluiting	18
9.2	Westelijke aansluiting	18
10	Conclusies	20
10.1	Faalkansen op vakniveau	20
10.2	Duiding	21
11	Referenties	23

1 Inleiding

1.1 Doel van dit logboek

Dit logboek beschrijft hoe het oordeel voor de hoogte van dijktraject 62-1 Wanssum-Blitterswijck tot stand is gekomen, en welke keuzes bij de schematisatie zijn gemaakt. De beoordeling op hoogte bestaat uit:

- Beoordeling Gras Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB), voor groene dijken;
- Beoordeling Hoogte Kunstwerken (HTKW), voor langsconstructies;
- Beoordeling aansluitingen op hoge grond.

De resultaten van GEKB en HTKW zijn meegenomen in de assemblage om zo de overstromingskans van het dijktraject te bepalen. Voor de assemblage wordt verwezen naar de hoofdrapportage. Dijktraject 62-1 sluit zowel aan de west- als oostzijde van het traject aan op de hoge grond. Van deze aansluitingen is onderzocht of deze voldoende hoog en robuust zijn (lees: niet bijdragen aan de faalkans van het dijktraject). In de handleiding overstromingskansanalyse is voor deze beoordeling geen kader aangegeven.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de dijkvakindeling en de keuzes die hierin zijn gemaakt. Hoofdstuk 3 beschrijft de generieke uitgangspunten voor de beoordeling op hoogte. Hoofdstuk 4 en 5 beschrijven achtereenvolgens de uitgangspunten en analyse voor GEKB, hoofdstuk 6 en 7 voor HTKW, en hoofdstuk 8 en 9 voor de aansluiting op hoge grond. Hoofdstuk 10 bevat de conclusies.

2 Dijkvakindeling

In het 'verhaal van de kering' [5] is een basisvakindeling van dijktraject 62-1 gepresenteerd. Deze basisvakindeling bestaat al uit relatief kleine dijkvakken. Omdat het dijktraject (relatief) recent is versterkt, en de basisvakindeling is gebaseerd op de ontwerpdijsvakken, is de geometrie binnen de basis dijsvakken homogeen. Daarnaast is sprake van homogene oriëntatie binnen de basis dijsvakken. Er is derhalve geen reden de basis dijsvakindeling verder op te splitsen voor de beoordeling op hoogte. De gehanteerde dijsvakindeling is gelijk aan de basisvakindeling, en opgenomen in Tabel 1 en Figuur 1.

Tabel 1: Dijkvakindeling beoordeling hoogte

Dijkvak	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	Lengte (m)	Eigenschappen / dijktype
62a	62.032	62.035+20	320	Steilranddijk
62b	62.035+20	62.035+60	40	Bastion t.p.v. hoogwaterbrug Ooijenseweg
62c	62.035+60	62.037+60	200	Steilranddijk
62d	62.037+60	62.040+10	250	Steilranddijk met afwateringssloot
62e	62.040+10	62.042+50	240	Klassieke groene dijk
62f1	62.042+50	62.044	160	Steilranddijk, relatief steil binnentalud
62f2	62.044	62.046+60	250	Steilranddijk, zeer flauw binnentalud
62g	62.046+60	62.053+20	660	Steilranddijk met afwateringssloot
62h	62.053+20	62.055+90	270	Steilranddijk
62i	62.055+90	62.056+70	80	Bastion t.p.v. N270 Koninginnebrug
62j	62.056+70	62.061	430	Steilranddijk
62k	62.061	62.064+30	330	Hoge gronddijk (met bebossing)
62l	62.064+30	62.069+50	550	Hoge gronddijk (akkerbouw)
62m	62.069+50	62.070+40	85	Industriehaven (vernieuwd in GOW)
62n	62.070+40	62.073+80	340	Industriehaven (origineel)
62o	62.073+80	62.076+70	270	Industriehaven (vernieuwd in GOW)
62p	62.076+70	62.077+60	90	Dorpshaven met damwand
62q	62.077+60	62.080	210	Dorpshaven met keermuur. Hierin ligt ook het bastion t.p.v. N270 Lienebrug.
62s	62.080	62.083	330	Klassieke dijk (oriëntatie west)
62t	62.083	62.084+80	180	Klassieke dijk (oriëntatie zuid)
62u	62.084+80	62.086+30	150	Klassieke dijk met zeer flauw buitentalud

3 Generieke uitgangspunten

3.1 Hydraulische belastingen

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van de database HOR_F1_Maas_oever_Bruto.2050_V02 in combinatie met de rivierstatistiek 2035 scenario W+. Voor een toelichting op deze gebruikte bestanden wordt verwezen naar het 'verhaal van de kering' [5] en het 'plan van aanpak' [6].

Voor iedere berekende locatie op de dijk is het dichtstbijzijnde uitvoerpunt van de gebruikte database (hydralocatie) gehanteerd.

3.2 Gebruikte software

De beoordeling op hoogte (voor zowel GEKB als HTKW) is uitgevoerd met Riskeer versie 23.1.1.1.

3.3 Gebruikte handleidingen

De volgende handleidingen zijn bij de analyse gebruikt:

- Handleiding Overstromingskansanalyse dijken/dammen deel 4 Dijkerosie – kruin en binnentalud; 21 december 2023; Rijkswaterstaat. [1]
- BOI Omgaan met overgangen bij faalmechanisme gras erosie kruin en binnentalud; versie 1.0; november 2019; Deltares. [2]
- Handleiding Overstromingskansanalyse Kunstwerken; 13 juli 2023; Rijkswaterstaat. [3]
- Gebruikershandleiding Riskeer Versie 23.1.1; 28 mei 2023; Rijkswaterstaat. [4]

Daar waar aanvullende documenten zijn gebruikt, zijn deze benoemd in de tekst en is een bronvermelding opgenomen.

4 Uitgangspunten GEKB

4.1 Profiellocaties

In elk dijkvak van traject 62-1 dat bestaat uit een groene kering (lees: geen langsconstructie), is een dwarsprofiel gegenereerd voor de beoordeling op GEKB. Door de homogeniteit in geometrie binnen de dijkvakken, als gevolg van de recente dijkversterkingen, kan met één profiellocatie per vak worden volstaan. De profiellocatie is gekozen aan de bovenstroomse zijde van het dijkvak, waar de belastingen het hoogst zijn.

4.2 Geometrie

De profielen zijn gegenereerd op basis van de ontwerptekeningen bij 'Gebiedsontwikkeling Ooijen Wanssum', zoals ook opgenomen in het 'verhaal van de kering'. De opbouw van het profiel en de dijknormaal zijn per profiel opgenomen in zogenaamde PRFL bestanden. De PRFL bestanden zijn zichtbaar in het Riskeer rekenbestand.

De kruinhoogte van de profielen is gebaseerd op de ontwerphoogte. De daadwerkelijke aanleghoogte is veelal hoger, deels om te compenseren voor zetting en klink, en deels omdat extra grond uit het gebied beschikbaar was en is aangebracht als overhoogte. In de beoordeling is de kruinhoogte gebaseerd op de ontwerphoogte, omdat het aannemelijk is dat deze hoogte op peildatum (1 januari 2035) minimaal aanwezig is (zie ook 'verhaal van de kering'). In een aantal dijkvakken (hoge grond dijken, 62k en 62l) geldt dat het buitentalud zeer flauw is. Riskeer kan echter niet rekenen met buitentaluds flauwer dan 1:8. De buitentaluds zijn dan ook gemaximaliseerd op 1:8.

4.3 Hydraulische belastingen

Elk dwarsprofiel (één per dijkvak) wordt gekoppeld aan de dichtstbijzijnde hydraallocatie. Aangezien de profiellocatie is gekozen in het bovenstroomse deel van het vak, wordt door deze werkwijze het dwarsprofiel gekoppeld aan de hoogste belasting in het dijkvak.

4.4 Kritiek overslag debiet

Het kritiek overslag debiet wordt bepaald door:

1. De zodekwaliteit
2. De golfhoogte
3. De belastingsduur
4. Ligging op kruin of binnentalud
5. De aanwezigheid van overgangen en/of objecten

Ad 1. Als peildatum voor de beoordeling geldt 1 januari 2035. In het 'verhaal van de kering' [5] is beschreven dat momenteel sprake is van een open zode op het binnentalud. Omdat in het maaicontract een gesloten zode wordt vereist, is de verwachting dat de zodekwaliteit tot aan peildatum in elk geval niet achteruit gaat. Het daadwerkelijk behalen van een gesloten zode blijkt op veel locaties in de praktijk echter moeilijk. Daarom is voor het gehele dijktraject gerekend met een open zode.

Ad 2. De op dit traject te verwachte relevante golfhoogte is minder dan 1 meter, hiermee valt de golfhoogte in de klasse 0-1 meter. Dit beeld wordt bevestigd door de uitgevoerde GEKB berekeningen.

Ad 3. In de 'Leidraad omgaan met overgangen' [2] is aangegeven dat 5 uur een geschikte belastingduur is voor afvoer gedreven hoogwater situaties, zoals in Limburg.

Ad 5. Op de kruin van alle dijkvakken is een onderhouds- en inspectiepad aanwezig, hetgeen gezien kan worden als overgang. In de meeste vakken zijn ook overgangen aanwezig op het binnentalud, in de vorm van dijkopgangen. Uitzonderingen hierop zijn vakken 62a, 62c, 62e en 62h.

In tabel 3.1 van de 'Leidraad omgaan met overgangen' [2] zijn de verwachtingswaarde en spreiding van het kritiek debiet voor verschillende scenario's opgenomen. Voor dijktraject 62-1 zijn drie scenario's van belang: een voor de kruin en een voor het binnentalud. Deze zijn opgenomen in Tabel 2. In Riskeer worden voor elk dijkvak beide scenario's (kruin en binnentalud) doorgerekend, waarbij voor het binnentalud voor dijkvakken 62a, 62c, 62e en 62h nr. 58 wordt gehanteerd (zonder overgangen) en voor de overige vakken nr. 26 (met overgangen).

Tabel 2: Stochasten kritiek overslagdebet voor relevante scenario's traject 62-1

Nr	Ligging	Overgang/ object	Graskwaliteit	Golfhoogte klasse (m)	Duur (uur)	Verwachtings- waarde (l/s/m)	Spreiding(l/s/m)
18	Kruin	Ja	Open	0-1	5	21	13
58	Talud	Nee	Open	0-1	5	11	4,3
26	Talud	Ja	Open	0-1	5	2,9	1,0

Uitzondering op bovenstaande zijn de hoge grond dijken, vak 62k en 62l. Deze dijken zijn zeer robuust, en worden gebruikt voor akkerbouw en bebossing. Als gevolg hiervan is boven op deze dijken niet tot nauwelijks een graszode aanwezig. Daarom is specifiek voor deze vakken gerekend met een vast overslagdebet van 0,1l/s/m (zonder spreiding).

4.5 Overschrijding kombergend vermogen

Zoals beschreven in het 'plan van aanpak' [6] zijn de dijktringen in Limburg over het algemeen relatief klein, waardoor deze snel vol kunnen lopen als gevolg van overlopend water. In dat geval kan overschrijding van het kombergend vermogen optreden (te groot waterbezwaar), nog voordat de kering is gefaald als gevolg van erosie (lees: voordat het kritiek overslagdebet is overschreven). Daarom is ook het specifieke deelfaalmecanisme van overschrijding van het kombergend vermogen expliciet meegenomen in de beoordeling op hoogte van dijktraject 62-1.

Waterschap Limburg hanteert als overslag-/overloopdebet waarbij het waterbezwaar nog acceptabel is, in principe een waarde van 5l/s/m. Dit is opgenomen in het beleidsplan van Waterschap Limburg [5]¹. Dit uitgangspunt wordt overgenomen in voorliggende beoordeling op hoogte t.b.v. LBO2. Aanvullend op de hierboven beschreven scenario's in paragraaf 4.4, wordt voor elk dijkvak een derde berekening gemaakt, waarbij het kritiek overslagdebet gelijk wordt gesteld aan 5l/s/m, zonder spreiding.

¹ Overigens stelt het beleidsplan ook dat voor sommige dijktrajecten in Limburg een overslagdebet van 5l/s/m niet goed beheersbaar is; dit is het geval bij kleine gebieden achter het dijktraject, die weinig water kunnen bergen. In die gevallen moet het kritiek overslagdebet naar beneden worden bijgesteld. Voor dijktraject 62-1 is dit niet aan de orde.

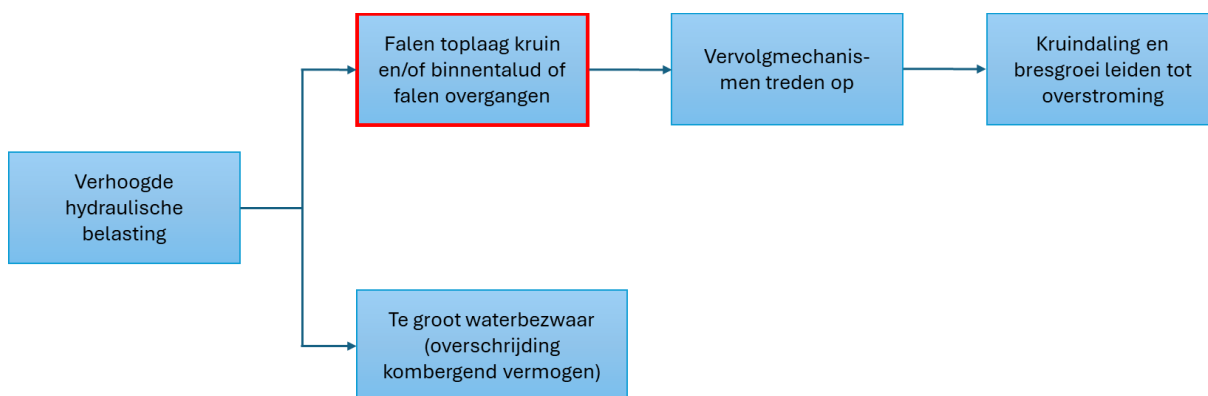
5 Analyse GEKB

5.1 Faalpad

Figuur 2 toont het faalpad voor falen op hoogte voor groene keringen (GEKB). De kering kan falen door:

1. Overschrijden van het kritiek overslagdebiet van de bekleding (paragraaf 4.4), waardoor een gat in de bekleding ontstaat (falen toplaag), gevolgd door vervolgmecanismen die leiden tot doorgaande bresgroei en uiteindelijk een overstroming, ofwel;
2. Een te groot waterbezwaar (overschrijding kombegend vermogen) in het achterland, ofwel het overschrijden van een 5l/s/m overslagdebiet (zoals beschreven in paragraaf 4.5).

In eerste instantie wordt voor pad 1 enkel de kans op het initieel mechanisme (falen toplaag door overschrijden kritiek overslagdebiet; rood omrand in de figuur) gekwantificeerd, en wordt de kans op vervolgmecanismen op 1 gesteld (lees: faalkans = kans op overschrijden kritiek overslagdebiet). Alleen indien nodig worden ook de vervolgmecanismen verder gekwantificeerd.



Figuur 2: Faalpad GEKB

5.2 Toepassingsvoorwaarden

Als toepassingsvoorwaarde voor het gebruik van de analyse in Riskeer in combinatie met de kritieke overslagdebieten uit paragraaf 4.4, geeft [1] een aantal toepassingsvoorwaarden. Deze zijn opgenomen in Tabel 3, inclusief onderbouwing of wel of niet aan de voorwaarde wordt voldaan.

Tabel 3: Toepassingsvoorwaarden

Randvoorwaarde	Toelichting of voldaan wordt aan randvoorwaarde
Zodekwaliteit is open of gesloten	Ja, met uitzondering van vak 62k en 62l (zie paragraaf 4.4)*
Binnentalud flauwer dan 1:4 tenzij er een kleilaag aanwezig is met een dikte van minimaal 0,4 meter op het binnentalud	Ja, uit het 'verhaal van de kering' [5] blijkt dat het binnentalud van het ontwerp vaak steiler is dan 1:4 maar wel volledig is uitgevoerd in klei.
Golfhoogte kleiner dan 3 meter	Ja, uit de uitgevoerde berekeningen in Riskeer blijkt de indicatieve golfhoogte overal kleiner is dan 1 meter.

* Vak 62k en 62l voldoen niet aan de toepassingsvoorwaarde van de aanwezigheid van een open of gesloten zode. Zoals al aangegeven in paragraaf 4.4 wordt in deze vakken gerekend met een minimaal kritiek overslagdebiet van 0,1l/s/m. Dit betekent dat er praktisch geen sterkte aan de bekleding is toegekend.

5.3 Resultaten per vak

Per dijkvak zijn in Riskeer 3 berekeningen gemaakt:

1. Een berekening met het kritiek overslagdebiet voor de kruin (zie par 4.4)
2. Een berekening met het kritiek overslagdebiet voor het talud (zie par 4.4)
3. Een berekening met een maximaal overslagdebiet van 5l/s/m t.b.v. komberging (zie par 4.5)

In Tabel 4 toont de resultaten van bovenstaande berekeningen per dijkvak. Het maatgevende scenario (scenario met de hoogste faalkans) is dikgedrukt weergegeven.

Tabel 4: Resultaten faalkansberekeningen GEKB

Dijkvak	Kruinhoogte [m+NAP]	Faalkans		
		Kruin	Talud	5l/s/m
62a	16,83	1/2.270	1/2.353	1/2.215
62c	16,83	1/2.548	1/2.437	1/2.380
62d	16,60	1/1.059	1/819	1/950
62e	16,60	1/1.419	1/1.318	1/1.243
62f1	16,60	1/1.756	1/1.351	1/1.499
62f2	16,60	1/2.161	1/1.610	1/1.859
62g	16,60	1/2.352	1/1.764	1/2.038
62h	16,40	1/1.195	1/1.078	1/1.054
62i	17,60	1/522.419	1/372.638	1/459.928
62j	16,40	1/1.895	1/1.345	1/1.575
62k	17,13	1/96.859*	n.v.t.	n.v.t.
62l	17,03	1/81.395*	n.v.t.	n.v.t.
62s	16,23	1/1.920	1/1.610	1/1.702
62t	16,23	1/1.709	1/916	1/1.482
62u	16,23	1/1.846	1/911	1/1.478

* Gerekend met minimaal kritiek overslagdebiet van 0,1l/s/m

5.4 Gevoeligheid scenario

Uit bovenstaande tabel blijkt dat in de meeste dijkvakken ofwel overschrijding van het kombergend vermogen (overslagdebiet > 5l/s/m) maatgevend is, ofwel falen van de grasbekleding op het binnentalud (in vakken waar een overgang aanwezig is op het talud). De faalkansen van de verschillende scenario's ontlopen elkaar echter niet veel. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat overloop dominant is in de berekeningen, en niet overslag. M.a.w. falen wordt veroorzaakt door overlopend water (lees: waterstand boven kruinniveau) en niet door overslaand water als gevolg van golven. Dit komt door het feit dat de golfhoogtes in Limburg relatief klein zijn. Het kritiek overslagdebiet is voornamelijk bepalend in overslagsituaties; bij overloopsituaties zoals in Limburg is het kritiek overslagdebiet minder onderscheidend. Vandaar dat de berekende faalkansen voor de drie scenario's elkaar niet veel ontlopen.

Het is voor het faalpad GEKB in dijktraject 62-1 niet doelmatig om vervolgmecanismen te kwantificeren (zie Figuur 2). Immers, bij de vakken waar het faalpad 'overschrijden kombergend vermogen' dominant is, zijn vervolgmecanismen niet relevant. Bij de vakken waar het faalpad 'falen grasbekleding binnentalud' dominant is, kunnen vervolgmecanismen wel relevant zijn. Echter, indien vervolgmecanismen gekwantificeerd zouden worden, en dit zou leiden tot een reductie van de faalkans, zou het faalpad 'overschrijden kombergend vermogen' al snel dominant worden. Aangezien de verschillen in kansen op het initieel mechanisme tussen beide scenario's/faalpaden

Logboek beoordeling op hoogte

elkaar nauwelijks ontlopen, wordt het nader kwantificeren van vervolgmecanismen als niet doelmatig gezien.

6 Uitgangspunten HTKW

6.1 Kenmerken kunstwerken

In dijktraject 62-1 zijn in totaal 5 langsconstructies aanwezig die de kerende hoogte verzorgen: 62m t/m 62o in de industriehaven, en 62p en 62q in de dorpshaven Wanssum. De vakken in de industriehaven betreffen kadeconstructies zonder buitentalud. In de vakken in de dorpshaven zijn gecombineerde constructies aanwezig, waarbij de kerende hoogte wordt verzorgd door de langsconstructie (damwand of keermuur), met aan buitenzijde daarvan een buitentalud bekleed met gras. In alle vakken betreft het langsconstructies die permanent aanwezig zijn; er is geen sprake van demontabele wanden.

Voor detailtekeningen van de langsconstructies in dijktraject 62-1 wordt verwezen naar hoofdstuk 6 van het 'verhaal van de kering'. Tabel 5 toont de voor de berekeningen relevante kenmerken van de constructies, op basis van de tekeningen. De aanwezige bodembescherming is achterhaald op basis van het veldbezoek, gecombineerd met luchtfoto's. In twee dijkvakken is geen bodembescherming aanwezig, maar ligt gras direct achter de constructie.

De lengte van de langsconstructies wordt in de berekeningen in Riskeer gebruikt voor twee parameters: 'breedte van doorstroomopening' en 'stroomvoerende breedte bodembescherming'.

Tabel 5: Kenmerken kunstwerken dijktraject 62-1

Dijkvak	Kerende hoogte [m+NAP]	Lengte [m]	Oriëntatie [°]	Bodembescherming
62m	16,09	85	260	Asfalt
62n	15,90	339	260	Gras
62o	16,09	265	280	Asfalt
62p	16,09	90	280	Gras
62q	16,03	210	230	Elementen

6.2 Stormduur

Voor de gehanteerde stormduur is aangesloten bij de praktijk van LBO1, waarbij een stormduur van 6 uur is gehanteerd. De stormduur is enkel van belang voor berekeningen met betrekking tot komberging. Omdat de komberging in deze beoordeling niet expliciet in Riskeer is berekend, maar in plaats daarvan is gerekend met een toelaatbaar overslagdebiet (zie ook paragraaf 6.4), speelt de stormduur in de berekening in Riskeer niet langer een rol. Dit is geverifieerd met een gevoeligheidsanalyse, waarin een stormduur van 12 uur is gehanteerd. Dit heeft geleid tot exact dezelfde faalkansen als de stormduur van 6 uur.

6.3 Kritiek debiet bodembescherming

Het kritiek debiet van de bodembescherming is afhankelijk van het type bodembescherming. Het type bodembescherming is per vak opgenomen in Tabel 5. In alle vakken wordt de bodembescherming belast door een overstortende straal, als gevolg van water dat over de constructie heen slaat/loopt.

De 'Gebruikershandleiding Riskeer – Kunstwerken' [3] geeft standaardwaarden voor het kritiek debiet bij overstortende straal, namelijk 100l/s/m bij een asfaltverharding en 50l/s/m bij een elementenverharding. In het verleden is een verticale wand met hierachter een tegelverharding (elementenverharding) beproefd in de deltagoot; hierin bleek dat eerste schade al kon optreden bij 5l/s/m. In Riskeer is het laagste kritiek debiet dat kan worden ingevoerd echter 10l/s/m.

Op basis van bovenstaande zijn in de beoordeling met Riskeer de volgende waarden voor het kritiek debiet gehanteerd:

- Asfalt bodembescherming: 100l/s/m, op basis van de 'Gebruikershandleiding Riskeer – Kunstwerken'
- Elementenverharding: 10l/s/m, iets hoger dan ervaringen in Deltagoot, maar minimale invoerwaarde in Riskeer
- Gras: 10l/s/m, minimale invoerwaarde in Riskeer.

Deze waarden zijn in lijn met de gehanteerde uitgangspunten in LBO1. Op basis van de 'Gebruikershandleiding Riskeer – Kunstwerken' zijn deze waarden ingevoerd als verwachtingswaarde, met een standaard variatiecoëfficiënt van 0,15.

6.4 Schematisering komberging

In Riskeer kan voor HTKW expliciet de overschrijding van het kombergend vermogen worden meegenomen in de berekeningen, door een kombergend oppervlak en toelaatbare peilstijging op te geven. Voor dijktraject 62-1 is in het kader van uniformiteit een andere werkwijze toegepast en is, net als bij de groene keringen (GEKB), verondersteld dat vanaf een overslagdebiet van 5l/s/m overschrijding van het kombergend vermogen optreedt. Daarom is voor elk dijkvak een aanvullende berekening gemaakt, met een kritiek debiet van 5l/s/m, zonder spreiding. De parameters ten aanzien van komberging (kombergend oppervlak en toegestane peilstijging) zijn oneindig groot geschematiseerd.

6.5 Langsconstructies met buitentalud

De berekeningen HTKW in Riskeer gaan standaard uit van een langsconstructie zonder buitentalud. Hierin kan derhalve geen buitentalud, met golfoploop op het talud, worden geschematiseerd. Deze berekeningen zijn daarom niet direct geschikt voor vakken 62p en 62q, waarin wel een buitentalud aanwezig is. Deze vakken worden daarom in Riskeer beoordeeld onder spoor GEKB, waarbij wel een buitentalud kan worden geschematiseerd (conform de schematisatiekeuzes zoals beschreven in hoofdstuk 4); als kritiek overslagdebiet worden hierbij wel de waarden gebruikt zoals beschreven in paragraaf 6.3 en 6.4.

In vakken 62m t/m 62o is geen buitentalud aanwezig. Deze vakken zijn in Riskeer wel gewoon beoordeeld onder spoor HTKW.

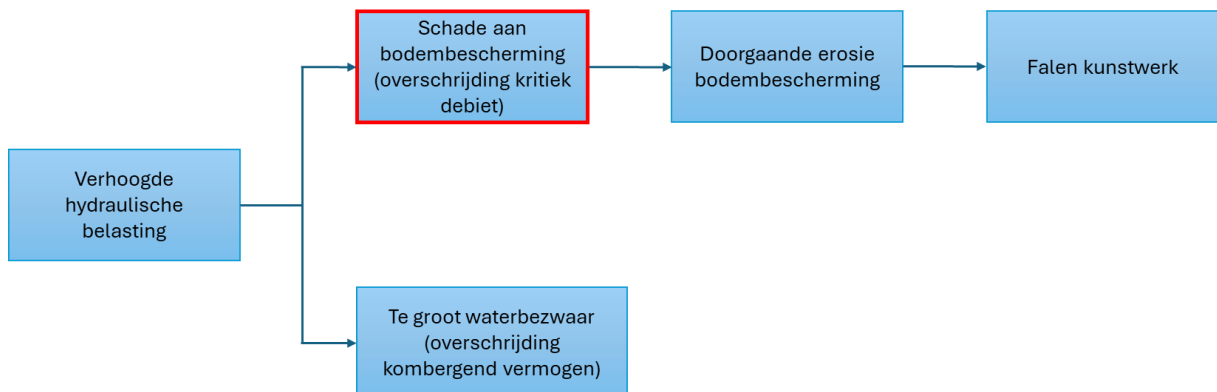
7 Analyse HTKW

7.1 Faalpad

Figuur 3 toont het faalpad voor falen op hoogte voor langsconstructies (HTKW). De kering kan falen door:

1. Overschrijden van het kritiek overslagdebiet van de bodembescherming (paragraaf 4.4), waardoor schade aan de bodembescherming ontstaat, gevolgd door doorgaande erosie en uiteindelijk falen van het gehele kunstwerk, ofwel;
2. Een te groot waterbezwaar (overschrijding kombergend vermogen) in het achterland, ofwel het overschrijden van een 5l/s/m overslagdebiet (zoals beschreven in paragraaf 4.5).

In eerste instantie wordt voor pad 1 enkel de kans op het initieel mechanisme (schade aan bodembescherming door overschrijden kritiek overslagdebiet; rood omrand in de figuur) gekwantificeerd, en wordt de kans op vervolgmechanismen op 1 gesteld (lees: faalkans = kans op overschrijden kritiek overslagdebiet). Alleen indien nodig worden ook de vervolgmechanismen verder gekwantificeerd.



Figuur 3: Faalpad HTKW

7.2 Resultaten per vak

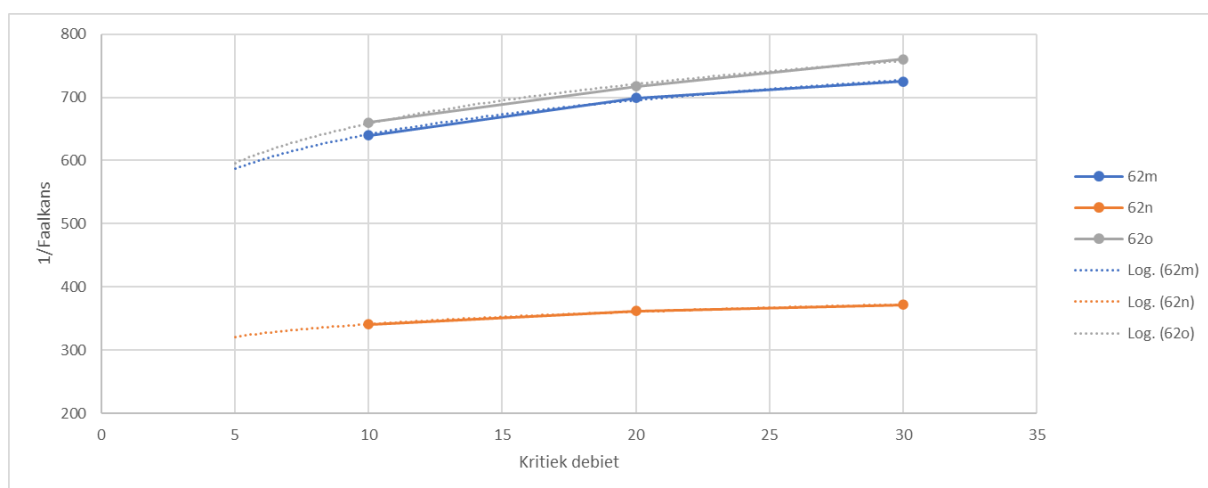
Per dijkvak zijn in Riskeer 2 berekeningen gemaakt:

1. Een berekening met het kritiek overslagdebiet voor de bodembescherming
2. Een berekening met een maximaal overslagdebiet van 5l/s/m t.b.v. komberging (zie par 4.5)

Voor vakken 62m t/m 62o, die zijn beoordeeld onder spoor HTKW in Riskeer, kan een kritiek overslagdebiet van 5l/s/m niet direct worden ingevoerd in Riskeer, omdat de minimale invoerwaarde 10l/s/m bedraagt. De waarden zijn bepaald op basis van extrapolatie (lognormaal) op basis van berekende faalkansen bij debieten 10l/s/m, 20l/s/m en 30l/s/m. Deze extrapolatie is getoond in Figuur 4. Ter verificatie zijn ook berekeningen gemaakt in Hydra-NL, waarin wel een debiet van 5l/s/m kan worden ingevoerd. Deze resulteren echter in kleinere faalkansen, omdat minder variaties/spreidingen worden meegenomen dan in Riskeer. De geëxtrapoleerde waarden kunnen daarom worden gebruikt als veilige waarden.

Tabel 6 toont de resultaten van bovenstaande berekeningen per dijkvak. Het maatgevende scenario (scenario met de hoogste faalkans) is dikgedrukt weergegeven.

Dijkvak	Faalkans	
	Falen bodembescherming	Overschrijden komberging
62m	1/1.187	1/585
62n	1/340	1/320
62o	1/1.177	1/600
62p	1/981	1/989
62q	1/731	1/714



Figuur 4: Extrapolatie kritiek debiet 5l/s/m

7.3 Gevoeligheid scenario

Uit bovenstaande tabel blijkt dat in de meeste dijkvakken overschrijding van het kombergend vermogen (overslagdebiet > 5l/s/m) maatgevend is. De faalkansen van de verschillende scenario's ontlopen elkaar echter niet veel. Alleen voor de vakken 62m en 62o zijn de verschillen groter, omdat het kritiek debiet van de bodembescherming in deze vakken een factor 20 groter is dan het maximaal debiet t.b.v. komberging.

Omdat het faalpad 'overschrijden kombergend vermogen' (zie Figuur 2) vrijwel overal dominant is, en dit faalpad geen vervolgmecanismen kent, is het niet doelmatig om vervolgmecanismen te kwantificeren. De dikgedrukte faalkansen in Tabel 4 zijn voor elk vak gepresenteerd als uiteindelijke faalkans op hoogte.

8 Uitgangspunten aansluiting hoge grond

In de handleidingen overstromingskansanalyse wordt geen kader aangegeven hoe de aansluiting op de hoge grond beoordeeld dient te worden. Wel is op basis van de Ministeriële Regeling helder dat de bijdrage van dit faalmechanisme op de faalkans van het traject verwaarloosbaar klein dient te zijn.

Via een GIS analyse is onderzocht of de aansluitingen op de hoge gronden voldoende hoog zijn. Omdat de hoge grond waarop het dijktraject aansluit zeer ruim en robuust is, is geen geotechnische beoordeling op de aansluiting hoge grond benodigd.

De hoogte van de aansluiting is onderzocht op basis van het HBN (benodigde kruinhoogte), bij een kritiek overslagdebiet van 5l/s/m. Dit overslagdebiet is gekozen in analogie met het toelaatbaar overslagdebiet voor overschrijding van het kombergend vermogen. De HBN's zijn bepaald bij drie verschillende doelkansen, te weten:

1. 1/100: de omgevingswaarde van het dijktraject 62-1, als absolute ondergrens;
2. 1/420: deze komt voort uit de in LBO1 gehanteerde faalkansruimte van 24% voor hoogte (GEKB/HTKW) in combinatie met omgevingswaarde van het dijktraject (1/100);
3. 1/1.250: deze komt voort uit de in LBO1 gehanteerde faalkansruimte van 24% voor hoogte (GEKB/HTKW) in combinatie met signaleringsparameter van het dijktraject (1/300);

De berekende HBN's bij de verschillende doelkansen zijn opgenomen in Tabel 6.

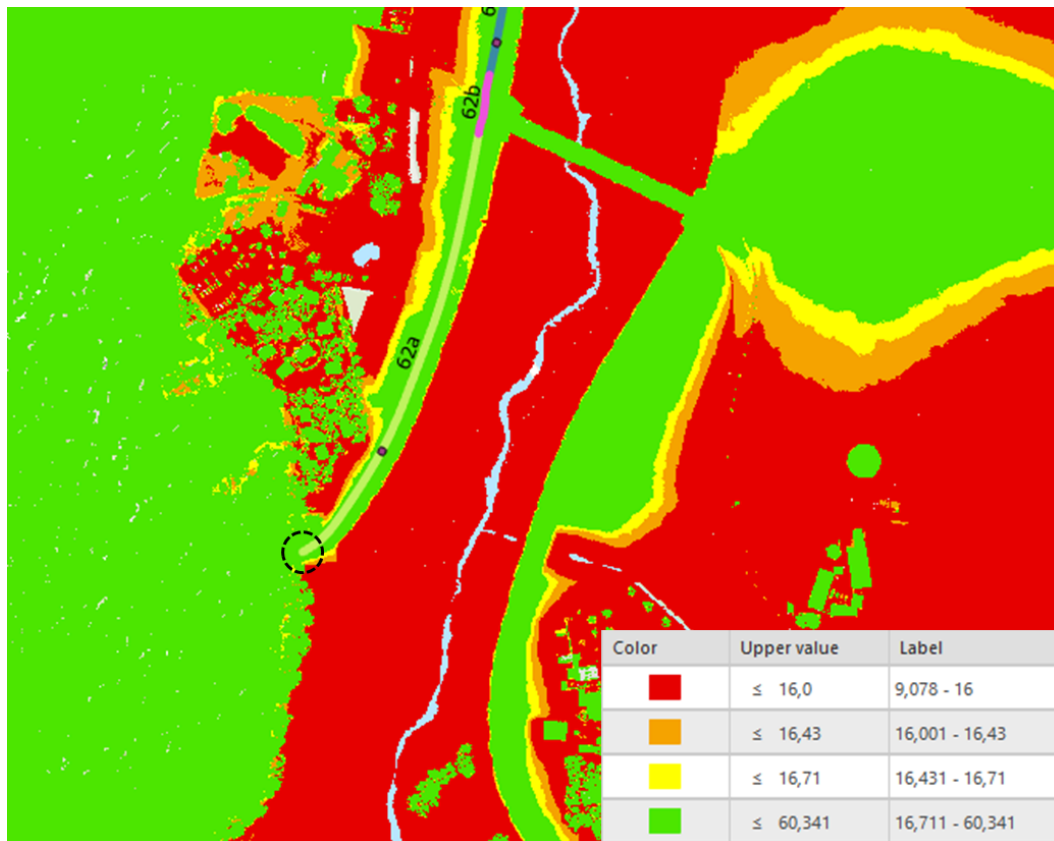
Aansluiting hoge grond	HBN (benodigde kruinhoogte)		
	1/100	1/420	1/1.250
Oost	16,00	16,43	16,71
West	15,51	15,93	16,21

Figuur 5: HBN t.b.v. aansluiting hoge grond bij verschillende doelkansen

9 Analyse aansluiting hoge grond

9.1 Oostelijke aansluiting

Figuur 6 toont de beoordeling van de hoogte van de oostelijke aansluiting op hoge grond. Het aansluitpunt is aangegeven met de zwarte cirkel. Zoals te zien ligt de aansluiting volledig in groen gebied, hetgeen betekent dat de hoge grond hoger is dan HBN bij signaleringsparameter, uitgaande van faalkansruimte 24% voor hoogte. De aansluiting is daarmee zeker voldoende hoog. Bovendien zijn de vorm en afmeting van de hoge grond zodanig dat deze voldoende robuust is.

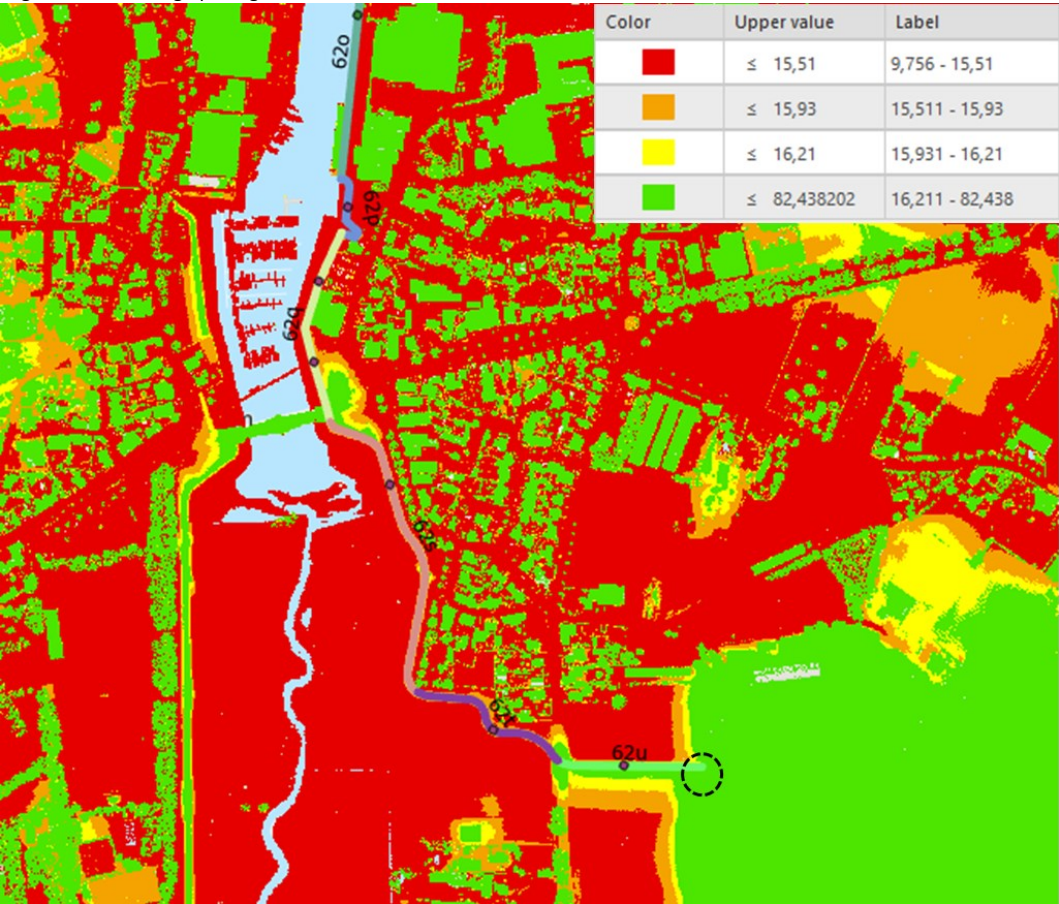


Figuur 6: Beoordeling oostelijke aansluiting hoge grond

9.2 Westelijke aansluiting

Figuur 7 toont de beoordeling van de hoogte van de westelijke aansluiting op hoge grond. Het aansluitpunt is aangegeven met de zwarte cirkel. Zoals te zien ligt de aansluiting volledig in groen gebied, hetgeen betekent dat de hoge grond hoger is dan HBN bij signaleringsparameter, uitgaande van faalkansruimte 24% voor hoogte. De aansluiting is daarmee zeker voldoende hoog. Bovendien zijn de vorm en afmeting van de hoge grond zodanig dat deze voldoende robuust is.

Logboek beoordeling op hoogte



Figuur 7: Beoordeling westelijke aansluiting hoge grond

10 Conclusies

10.1 Faalkansen op vakniveau

Tabel 7 toont de faalkansen op vakniveau voor hoogte voor het gehele dijktraject 62-1 (zowel groene keringen als langsconstructies).

Tabel 7: Faalkansen op vakniveau

Dijkvak	Dijkpaal van	Dijkpaal tot	Lengte (m)	Groene dijk / langsconstructie	Faalkans
62a	62.032	62.035+20	320	Groene dijk	1/2.215
62b	62.035+20	62.035+60	40	Bastion	1/2.215*
62c	62.035+60	62.037+60	200	Groene dijk	1/2.380
62d	62.037+60	62.040+10	250	Groene dijk	1/819
62e	62.040+10	62.042+50	240	Groene dijk	1/1.243
62f1	62.042+50	62.044	160	Groene dijk	1/1.351
62f2	62.044	62.046+60	250	Groene dijk	1/1.610
62g	62.046+60	62.053+20	660	Groene dijk	1/1.764
62h	62.053+20	62.055+90	270	Groene dijk	1/1.054
62i	62.055+90	62.056+70	80	Bastion	1/372.638
62j	62.056+70	62.061	430	Groene dijk	1/1.345
62k	62.061	62.064+30	330	Groene dijk	1/96.859
62l	62.064+30	62.069+50	550	Groene dijk	1/81.395
62m	62.069+50	62.070+40	85	Langsconstructie	1/585
62n	62.070+40	62.073+80	340	Langsconstructie	1/320
62o	62.073+80	62.076+70	270	Langsconstructie	1/600
62p	62.076+70	62.077+60	90	Langsconstructie	1/981
62q	62.077+60	62.080	210	Langsconstructie	1/714
62s	62.080	62.083	330	Groene dijk	1/1.610
62t	62.083	62.084+80	180	Groene dijk	1/916
62u	62.084+80	62.086+30	150	Groene dijk	1/911

* Dijkvak 62b is in LBO1 als apart dijkvak geschematiseerd, omdat hier een bastion van een brug ligt. In het 'verhaal van de kering' is echter reeds beschreven dat het bastion hier los staat van de kering, en de kering als het ware doorloopt tussen 62a en 62c. Vak 62b is niet apart doorgerekend, maar heeft de maatgevende (hoogste) faalkans van 62a en 62c gekregen.

Voor de hoogte geldt dat de faalkans op trajectniveau gelijk is aan de hoogste faalkans op vakniveau. De faalkans op hoogte voor dijktraject 62-1 bedraagt daarom 1/320, en wordt bepaald door dijkvak 62n.

In de beoordeling is bovendien geconstateerd dat de aansluitingen op hoge grond voldoende hoog en robuust zijn.

10.2 Duiding

Uit de vorige paragraaf blijkt dat de faalkans op trajectniveau voor hoogte 1/320 bedraagt, en wordt bepaald door dijkvak 62n. Dit dijkvak betreft een damwand in de industriehaven, en is niet versterkt binnen Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum, omdat de damwand 5 jaar daarvoor pas was aangelegd. Als gevolg hiervan is de kering ca. 20cm lager dan in de omliggende vakken (zie ook het 'verhaal van de kering'). Dat vak 62n het maatgevende vak is, is daarom in lijn met de verwachting.

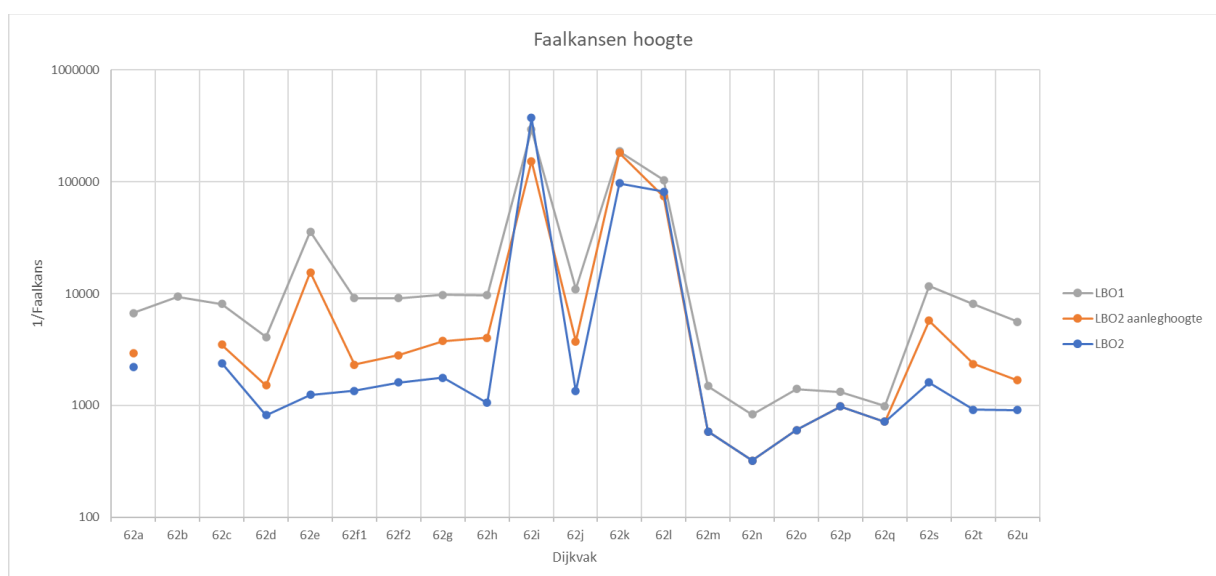
De berekende resultaten zijn bovendien in lijn met de resultaten van LBO1. Ook daar bleek vak 62n het bepalende vak voor de faalkans op hoogte. De faalkans op trajectniveau voor hoogte zoals berekend in LBO1 bedroeg 1/832, en is daarmee wel kleiner dan in LBO2.

Figuur 8 toont de faalkansen op hoogte op vakniveau voor traject 62-1, voor zowel LBO2 (blauw) als LBO1 (grijs). Hieruit blijkt dat de faalkansen in LBO2 een factor 4 tot 6 hoger liggen dan in LBO1. Dit wordt veroorzaakt door twee factoren:

- De kruinhoogte is in LBO2 gebaseerd op ontwerphoogte. In LBO1 is aanleghoogte gehanteerd, die hoger is (zie ook 'verhaal van de kering').
- Door de latere peildatum (2035 t.o.v. 2023) zijn de hydraulische belastingen in LBO2 hoger, als gevolg van klimaatverandering.

Ter verduidelijking is nog een reeks faalkansen aan de figuur toegevoegd (oranje): de faalkansen zoals bepaald in LBO2 (conform hydraulische belastingen LBO2), maar met de kruinhoogte gelijk aan aanleghoogte (zoals in LBO1). Deze faalkansen zijn bepaald bij wijze van gevoeligheidsanalyse. Uit de figuur blijkt dat het schematiseren van kruinhoogte op ontwerphoogte in plaats van aanleghoogte ongeveer 1/4 tot 1/3 van het verschil tussen LBO2 en LBO1 veroorzaakt. Het resterende verschil wordt veroorzaakt door de hogere hydraulische belastingen in LBO2.

Uit de figuur blijkt ook dat in de vakken 62m t/m 62q, die bepalend zijn voor de faalkans van dijktraject 62-1, de keuze voor kruinhoogte op ontwerphoogte of aanleghoogte geen invloed heeft. De kering bestaat hier immers uit een harde langsconstructie, waardoor de ontwerphoogte en aanleghoogte gelijk zijn.



Figuur 8: Vergelijking faalkansen LBO2 en LBO1

De faalkans voor dijktraject 62-1 wordt bepaald door één lokale zwakke plek (62n), waar de kering lager is dan in omliggende vakken. Deze faalkans wordt bovendien niet beïnvloed door schematisatiekeuzes van de kruinhoogte (ontwerphoogte of aanleghoogte). De berekende faalkans is hiermee stabiel.

11 Referenties

1. Rijkswaterstaat (2023). *Handleiding Overstromingskansanalyse dijken/dammen deel 4 Dijkerosie – kruin en binnentalud*; 21 december 2023; 21 december 2023.
2. Deltares (2019). *BOI Omgaan met overgangen bij faalmechanisme gras erosie kruin en binnentalud*; versie 1.0; november 2019.
3. Rijkswaterstaat (2023). *Handleiding Overstromingskansanalyse Kunstwerken*. juli 2023.
4. Rijkswaterstaat (2023). *Gebruikershandleiding Riskeer Versie 23.1.1*; 28 mei 2023.
5. Waterschap Limburg (2025). *Het verhaal van de kering 62-1 Wanssum Blitterswijck*. WLDOC-2066690340-51938
6. Waterschap Limburg (2025). *Plan van Aanpak LBO2 62-1 Wanssum Blitterswijck*. WLDOC-2066690340-59182
7. Waterschap Limburg (2024); *Beleidsplan Waterkeringen*; november 2024