

Stabiliteit waterkering Oud-Roosteren

Tijdens aanleg mantelbuis waterleiding



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C	03-10-2025	Eerste uitgave		

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp
Projectnummer
Klant
Auteur
Datum
Versie
Documentreferentie

Handelsregister 30129769
 WML A2 Oud Roosteren
 51031929
 N.V. Waterleiding Maatschappij
 Limburg

Gecontroleerd door

Vrijgegeven door

03-10-2025

C
 NL25-648800269-148315.docx

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Projectlocatie.....	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Veiligheidsfilosofie.....	6
2.1.1	Schadefactor IPO-klasse	6
2.1.2	Modelfactor	6
2.1.3	Schematiseringsfactor	7
2.1.4	Eis stabiliteitsfactor	7
2.2	Geometrie	7
2.3	Bodemschematisering.....	8
2.4	Belastingscenario's	9
2.4.1	Waterstanden	9
2.4.2	Erosiekrater	9
2.5	Hydraulische randvoorwaarden	9
2.5.1	Dagelijkse waterstand.....	9
2.5.2	Grondwater	10
2.6	Schematisatie waterlijn	11
2.7	Programmatuur	12
3	Resultaten	14
4	Conclusies en aanbevelingen	15
5	Verwijzingen	16

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De mantelbuis onder de huidige A2 moet met 54,7 m verlengd worden. De reden is de oostwaartse verbreding van de A2. De verlenging van de mantelbuis wordt uitgevoerd in een sleuf met een diepte van ongeveer 4,5 m. De bestaande waterleiding (zie Figuur 1-1, lichtblauwe lijn) blijft in functie. De mantelbuis bestaat uit schalen die om de waterleiding worden gelegd. Naar verwachting wordt de verlenging van de mantelbuis in januari 2026 uitgevoerd en beslaan de werkzaamheden een periode van één week.

Deze uitgraving van de verlenging van de mantelbuis komt zeer waarschijnlijk binnen de invloedzone van de naastgelegen waterkering. Voor de vergunningsaanvraag heeft Waterleiding Maatschappij Limburg (WML) daarom Sweco Nederland B.V. gevraagd om een stabiliteitsberekening uit te voeren en advies te geven over de waterveiligheidsrisico's.

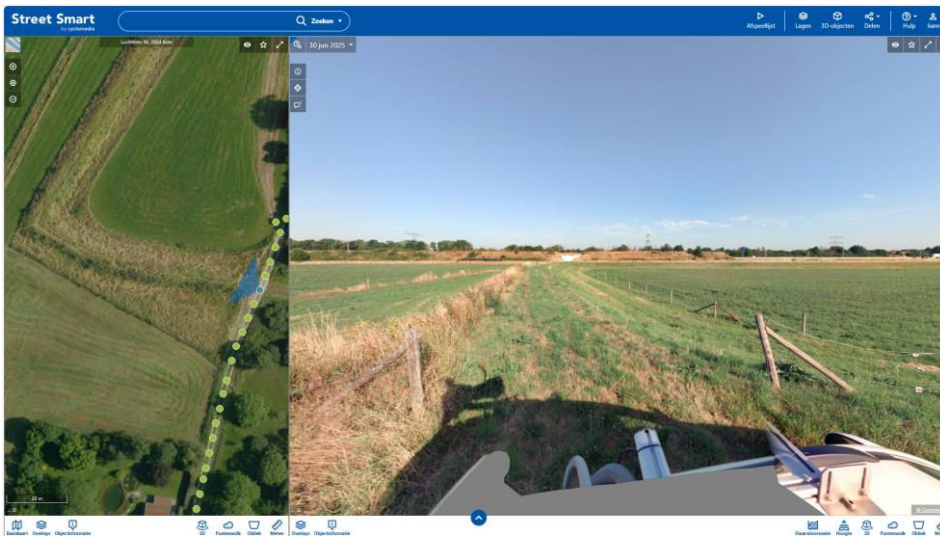
1.2 Projectlocatie

De waterleiding en kering is gelegen ten noorden van Oud-Roosteren. De mantelbuis wordt geplaatst op de locatie zoals is aangegeven in Figuur 1-1. De waterleiding loopt dichtbij een waterkering. Dit betreft een compartimenteringsdam. Figuur 1-2 laat de situatie zien.

Figuur 1-3 laat de hoogtekarte rondom Oud-Roosteren zien. Uit de hoogtekarten en de sonderingen is te herleiden dat de dam tussen 2016 en 2018 is aangelegd.



Figuur 1-1: Locatie waterleiding. Extra mantelbuis komt ter plaatse van de rode/blauwe lijn. De kering is met de pijlen aangegeven.



Figuur 1-2: Compartimeringsdam.



Figuur 1-3: AHN rondom Oud-Roosteren. Compartimeringsdam (z-dijk) is aangegeven met pijlen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de uitgangspunten van het onderzoek. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens de resultaten van de stabiliteitsberekeningen. Tenslotte worden in hoofdstuk 4 de conclusie en aanbevelingen van het onderzoek gegeven.

2 Uitgangspunten

2.1 Veiligheidsfilosofie

Bij toetsing op macrostabiliteit binnenwaarts wordt de berekende stabiliteitsfactor getoetst aan een vereiste stabiliteitsfactor.

De formule hiervoor is:

$$SF_{eis} \geq (\gamma_n * \gamma_d * \gamma_s)$$

Waarin:

γ_n = schadefactor [-]

γ_d = modelfactor [-]

γ_s = schematiseringsfactor [-]

In de volgende paragrafen worden deze factoren toegelicht.

2.1.1 Schadefactor IPO-klasse

De schadefactor is afhankelijk van het type regionale waterkering en de veiligheidsnorm daarvan. De veiligheidsnorm is geformuleerd in termen van veiligheidsklassen volgens de zogenaamde kadeklasse-indeling die door het IPO is vastgesteld. Er is gebrek aan informatie over de te toetsen kering die volgens de legger van waterschap Limburg in de categorie 'overig' valt.

Het rapport klimaatonderlegger Limburg stelt dat regenwaterbuffers gemaakt zijn voor een kans op wateroverlast van 1:25 per jaar. Bij deze terugkeertijd is het gewenst dat het overtollige regenwater geen overlast geeft in Oud-Roosteren. Om deze reden is uitgegaan van IPO-klasse III welke de veiligheidsnorm 1:100 jaar heeft. Volgens de publicatie van STOWA geldt voor IPO-klasse III een schadefactor binnentalud 0,90 [1].

2.1.2 Modelfactor

Het dijkvak wordt met twee modellen doorgerekend. De dijkvakken worden met het LiftVan-model en het Bishop-model doorgerekend. Voor elk model gelden verschillende veiligheidsfactoren. Bij een zandige kering is er geen risico op opdrukken en geeft Bishop de beste schematisering van de werkelijkheid.

Tabel 2-1: Modelfactoren

Rekenmodel	Opdrukken	γ_d = modelfactor [-]
Bishop	Nee	1,00
	Ja	1,10
LiftVan	Nee	0,95
	Ja	1,05

2.1.3 Schematiseringsfactor

De schematiseringsfactor verdisconteert onzekerheden in de schematisering van uitgangspunten in de stabiliteitsberekening. De schematiseringsfactor omvat dus de onzekerheden ten aanzien van geometrie, bodemopbouw en waterspanningen. De waarde ligt vaak tussen de 1,0 en 1,2 waarbij in een schematisatie met zekerheden op 1,0 ligt en met onzekerheid 1,2.

Er is relatief veel onzekerheid wat betreft de eigenschappen van het dijklichaam en de waterspanningen. Hierdoor is er een schematiseringsfactor van 1,2 aangehouden.

2.1.4 Eis stabiliteitsfactor

Met de bovengenoemde uitgangspunten in acht genomen zijn de vereiste stabiliteitsfactoren zijn per model berekend en gepresenteerd in Tabel 2-2.

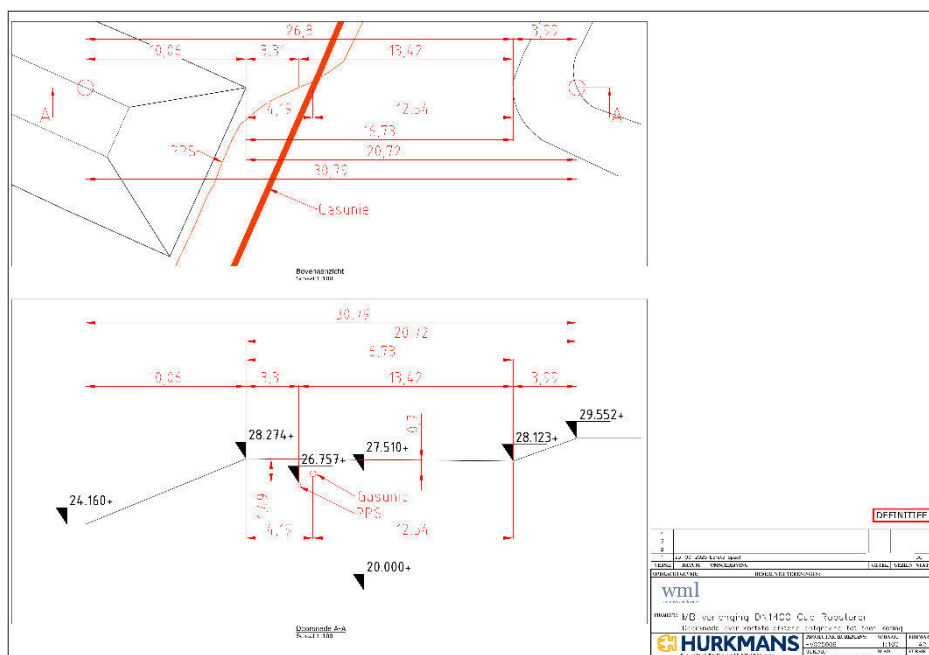
Tabel 2-2: Overzicht opbouw eis veiligheidsfactor.

	Schadefactor	Modelfactor	Schematiseringsfactor	Eis veiligheidsfactor
Bishop	0,90	1,0	1,2	1,08
LiftVan	0,90	0,95	1,2	1,03

2.2 Geometrie

In Figuur 2-1 is het bovenaanzicht en de dwarsdoorsnede over de kortste ontgraving tot de teen van de kering gegeven. Hierbij is de waterleiding niet ingetekend, maar is de uitgraving wel ingetekend.

De kruinhoogte van de waterkering is NAP +29,55 m. Het talud van de kering heeft een helling van circa 1:3. Met behulp van een profielentool is vastgesteld dat de kruin op de smalste locatie 4 meter breed is.



Figuur 2-1: Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede over kortste ontgraving tot teen kering MB-verlenging DN1400 Oud Roosteren.

2.3 Bodemschematisering

Het Zuid-Limburgse landschap bestaat op de plateaus en delen van de hellingen vaak uit löss, een leemlaag die door wind is aangevoerd. Onder die laag is veelal een zand- en grindpakket wat is afgezet door de Maas. Weer daaronder zijn kalksteenlagen [2].

In het gebied zijn verschillende sonderingen en boringen beschikbaar. In 2024 heeft Boskalis 3 sonderingen uitgevoerd tot een diepte van NAP +22m. Daarnaast zijn er in 2016 een aantal handboringen uitgevoerd tot een diepte van circa 3 meter onder maaiveld voordat de kering geplaatst is. Er zijn geen boringen of sonderingen beschikbaar op de kruin nadat de waterkering gemaakt is en zijn er geen bestektekeningen. Daarom is de aanname gemaakt dat het materiaal van de kering bestaat uit gebiedseigen materiaal en gelijk is aan de deklaag.

Deze sonderingen van Boskalis zijn geïnterpreteerd aan de hand van Robertson [3]. Hieruit is geconcludeerd dat de ondergrond uit zand bestaat en de bovenste 1,5 tot 2,0 meter uit kleig zand, zandige klei en leem.

Voor de grondsoorten wordt een conservatieve inschatting van de sterkte van de grond uit tabel 2.b van NEN9997-1:2025 gebruikt [4].

Tabel 2-3: Toegepaste sterkteparameters naar classificatie grondonderzoek en NEN-normen.

Grondsoort	$\gamma_{verzadigd} [kN/m^3]$	$\gamma_{onverzadigd} [kN/m^3]$	$\phi [^\circ]$	$c [kN/m^2]$
Zand siltig/ kleig	21	19	27,5	0
Zand	21	19	35	0

2.4 Belastingscenario's

2.4.1 Waterstanden

In dit onderzoek zijn twee belastingscenario's beschouwd. Het eerst belastingscenario is de situatie onder dagelijkse omstandigheden in januari. Het tweede belastingscenario is een hoogwater scenario.

Beide belastingscenario's zijn doorgerekend voor de huidige geometrie, tijdens de ontgraven sleuf en bij een erosiekrater ten gevolge van de werkzaamheden. De sleuf wordt in delen van maximaal 8 meter afgegraven en de maatgevende situatie is hierbij de sleuf die zo dicht mogelijk bij de teen van de kering komt.

2.4.2 Erosiekrater

Het scenario met erosiekrater houdt rekening met een ontgrondingskuil rondom de waterleiding als gevolg van het raken van de waterleiding. De erosiekrater heeft een straal van 9,26 meter volgens het uitvoeringsontwerp van WML [5]. De diepte van de kuil bij een vochtgehalte hoger dan 5% is gegeven met de volgende formule volgens NEN 3651:2020 [6].

$$D_k = 1,2(D_0 + H)$$

Waarin:

D_k = diepte ontgrondingskuil

D_0 = de uitwendige middellijn van de leiding [m]

H = gronddekking op de kruin van de leiding [m]

De bovenkant van de waterleiding ligt op NAP +26,21 m. Het maaiveld ligt om NAP +28,32 m. De gronddekking is dus 2,11 m. De diameter van de waterleiding is circa 1,01 m. Hieruit volgt dat de diepte van de ontgrondingskuil 3,74 meter is. De kuil ligt op NAP +24,51 m diepte, dit is minder diep dan de sleuf. De ontgrondingskuil wordt geschematiseerd zo dicht mogelijk op de binnenteen. Het talud van de ontgrondingskuil heeft een ovale vorm. In het geval van de gesprongen leiding wordt ervan uitgegaan dat de sleuf zich volledig vult met water.

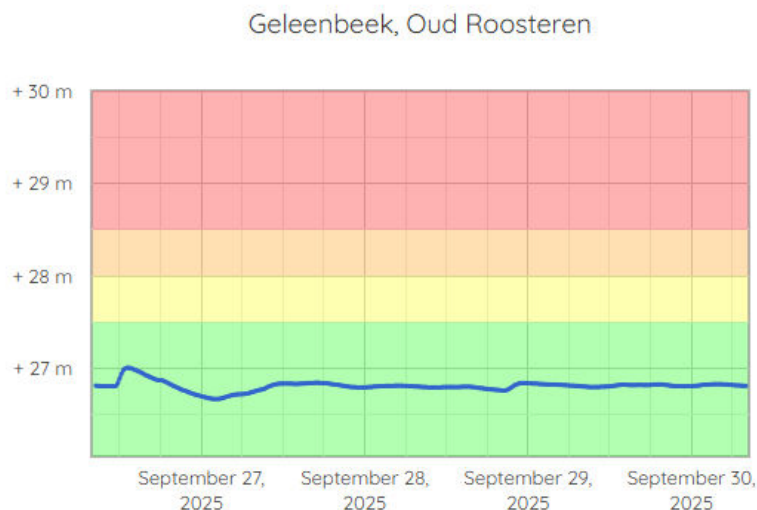
2.5 Hydraulische randvoorwaarden

In Limburg zijn veel gebieden aangewezen om regenwater op te vangen zodat wateroverlast in andere gebieden wordt voorkomen. Zo zijn er ook regenwaterbuffers langs de Geleenbeek. Hier kan tijdelijk water staan. De kering is een compartimeringsdam en houdt water tegen wanneer de Geleenbeek benedenstrooms van Oud-Roosteren buiten zijn oevers treedt.

2.5.1 Dagelijkse waterstand

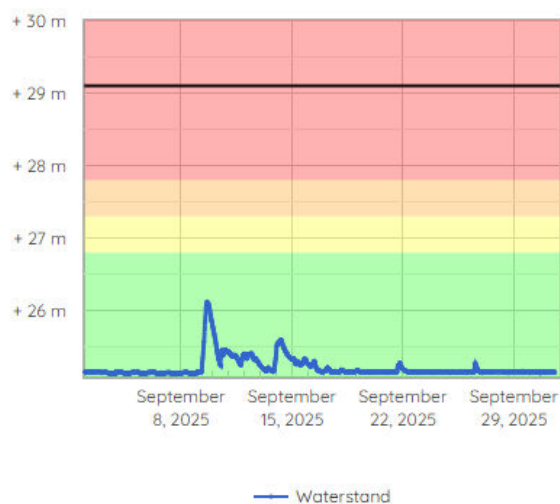
Figuur 2-2 en Figuur 2-3 laten de huidige waterstanden, rondom Oud-Roosteren, in de Geleenbeek zien. De figuren geven ook een indicatie van de waterstanden in de Geleenbeek waarbij er wateroverlast is [7]. Binnen het projectgebied is verder geen informatie beschikbaar van de waterstanden in de regenwaterbuffer.

Onder dagelijkse omstandigheden wordt ervanuit gegaan dat er geen water in de regenwaterbuffer staat en dat er onder de dijk een opbolling plaatsvindt met een hoogte die gelijk is aan $(1/3) \cdot H$. H is de afstand tussen de hoogte van de buitenteen en de kruin. De dijk is 1,4 meter hoog en daarom wordt er rekening gehouden met een opbolling van 0,5 meter.



Figuur 2-2: Waterstanden Geleenbeek (bovenstrooms Oud-Roosteren) [7].

Geleenbeek, bovenstrooms sifon Julianakanaal, meting vanaf
25.08 mNAP



Figuur 2-3 Waterstanden Geleenbeek (benedenstrooms Oud-Roosteren) [7].

2.5.2 Grondwater

Tijdens de periode 2010 tot 2018 is de grondwaterstand in het gebied gemeten. De grondwaterstand is reactief op de neerslag en verdamping in het gebied. De waarden daarvan staan in Tabel 2-4.

De mantelbuis wordt in de winter, in januari 2026, geplaatst. Bij de bepaling van de stabiliteit van de kering aangrenzend aan de A2, dus niet deze kering, is uitgegaan van een ghg van NAP +25,25 m.

Als uitgangspunt is hier daarom ook een grondwaterstand van NAP +25,25 m gekozen voor de dagelijkse omstandigheden. Voor de hoogwater situatie wordt de maximale grondwaterstand uit Tabel 2-4 aangehouden.



Figuur 2-4: Locatie grondwater put [8].

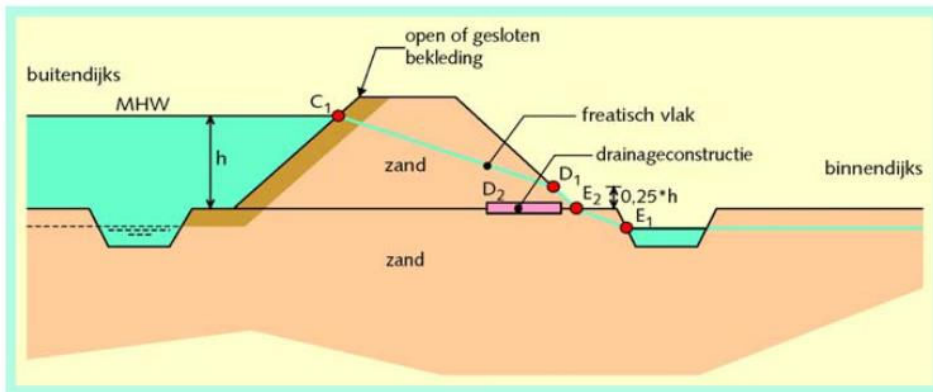
Tabel 2-4: Grondwaterstanden Oud-Roosteren 2010 tot 2018 gemeten op de put in Figuur 2-4 [8].

Beschrijving	Waarde NAP + m
Gemiddelde	24,40
Standaarddeviatie	0,70
Minimum	23,21
10-percentiel	23,64
50-percentiel (mediaan)	24,32
90-percentiel	25,48
Maximum	26,76

2.6 Schematisatie waterlijn

Het verloop van de freatische lijn binnen het grondlichaam gedurende hoog water is afhankelijk van de doorlatendheid van het dijksmateriaal. Het verloop is beschreven in het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [9]. De freatische lijn in de kering wordt dus in een rechte lijn doorgetrokken van de buitenwaterstand tot aan het binnentalud. Figuur 2-5 geeft de schematisatie weer.

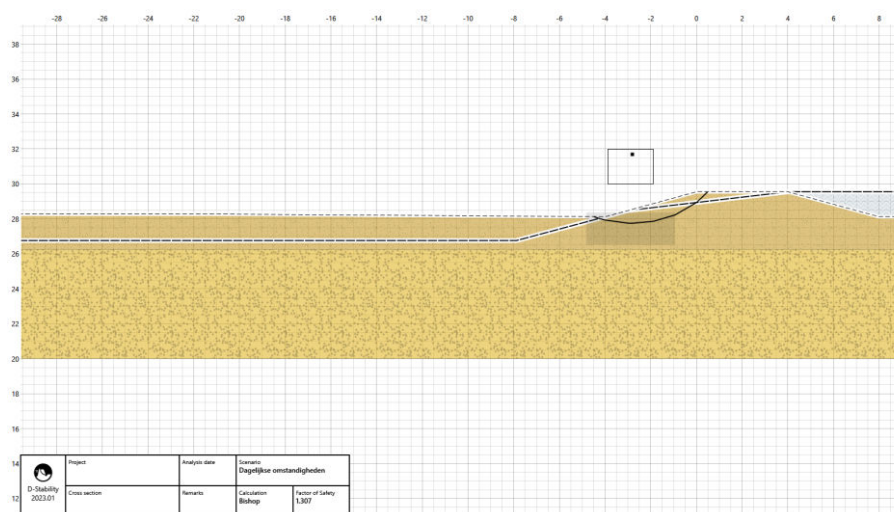
De freatische lijn loopt lineair vanaf het buitentalud naar het binnentalud op 0,25 keer de hoogte waarna de freatische lijn zakt tot het grondwaterpeil.



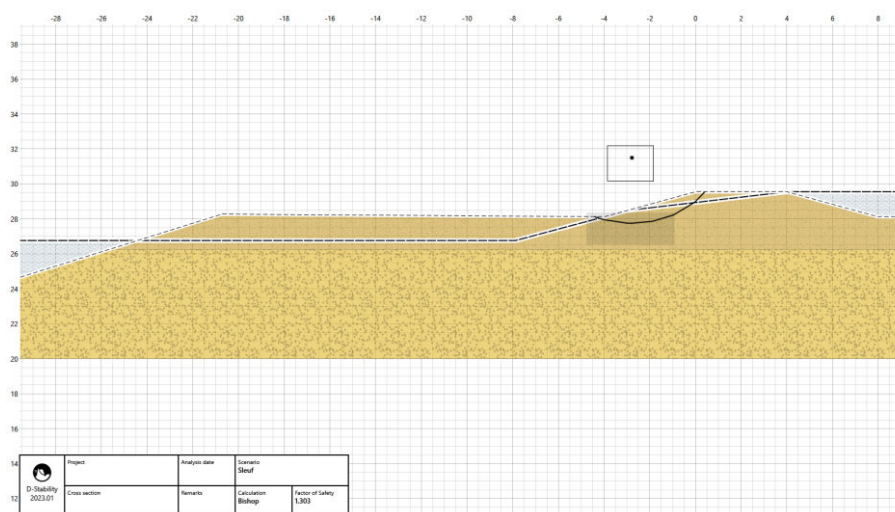
Figuur 2-5: Freatisch vlak bij MHW bij een dijk met zandkern en zand als ondergrond. Punt D ligt op het binnentalud op $0,25 \cdot h$ boven het maaiveld [9].

2.7 Programmatuur

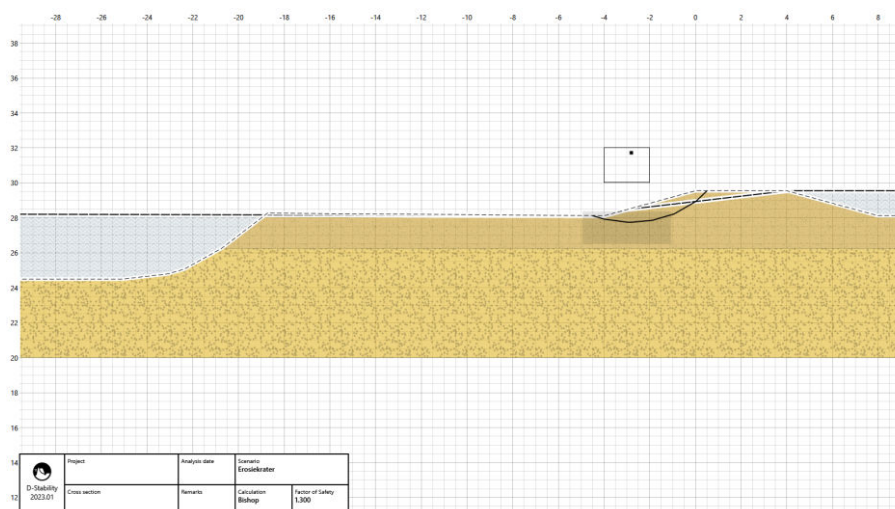
Voor de stabiliteitsberekeningen wordt gebruikgemaakt van D-Stability versie 2025.01. De gebruikte modellen zijn weergegeven in Figuur 2-6, Figuur 2-7 en Figuur 2-8. Links in het figuur is ten westen van de compartimeringsdam waar de mantelbuis om de waterleiding geplaatst wordt. Recht van het figuur in de waterbuffer te zien waar het meest extreme scenario is gemodelleerd: het water staat tot de kruin van de kering.



Figuur 2-6: Bishop model huidige situatie.



Figuur 2-7: Bishop-model ontgraving gleuf.



Figuur 2-8: Bishop-model erosiekrater.

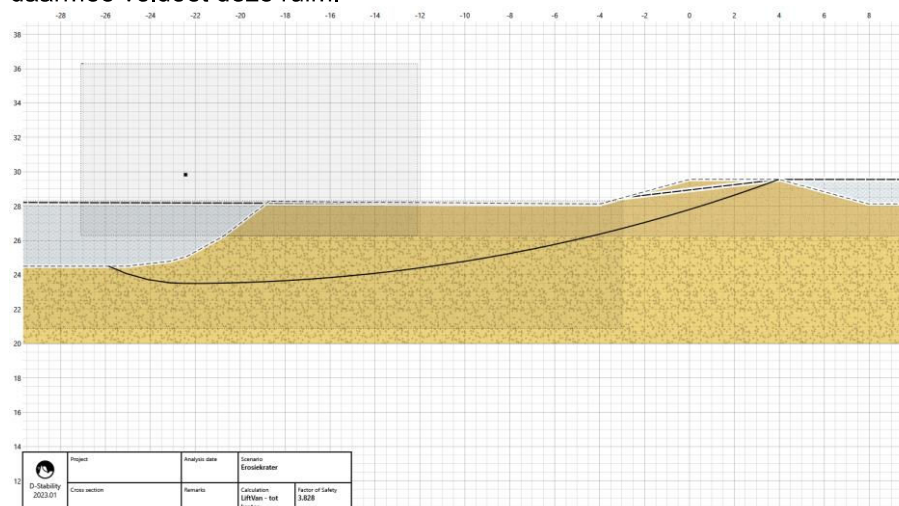
3 Resultaten

De berekende maatgevende stabiliteitsfactor voor de waterkering bij Oud-Roosteren is weergegeven in Tabel 3-1. De berekende stabiliteitsfactoren voldoen voor alle drie situaties en zijn gelijk aan elkaar. De figuren op de vorige pagina laten ook al zien dat de glijcirkel ver van de gleuf en de erosiekrater af ligt. De ontgravingen hebben dus geen invloed op de stabiliteit van de kering.

Tabel 3-1: Resultaten stabiliteitsberekening Bishop normcirkel.

	SF _{eis}	SF _{normcirkel}	Oordeel
Huidige situatie	1,08	1,31	Voldoet
Sleuf	1,08	1,30	Voldoet
Ontgrondingskuil	1,08	1,30	Voldoet

Aanvullend is het glijvlak geforceerd naar de ontgravingen. Deze situatie is weergegeven in Figuur 3-1. Hierbij is de stabiliteitsfactor groter dan 3 en daarmee voldoet deze ruim.



Figuur 3-1: Geforceerd glijvlak LiftVan-model.

4 Conclusies en aanbevelingen

De A2 bij Oud-Roosteren wordt verbreed. Onder de A2 loopt een waterleiding van Waterleiding Maatschappij Limburg. Om deze waterleiding te beschermen, zit er een mantelbuis omheen. Voordat de A2 verbreed kan worden, dient deze mantelbuis 53 meter oostwaarts verlengd te worden. De planning is om de mantelbuis binnen een week in januari 2026 aan te leggen.

De mogelijke effecten van het graven van deze sleuf en een mogelijke erosiekrater op de stabiliteit van de naastgelegen waterkering zijn in dit verslag onderzocht. Hierbij zijn meerdere stabiliteitsberekeningen uitgevoerd op de maatgevende dwarsdoorsnede, dat wil zeggen de doorsnede waar de waterleiding het dichtst op de teen van de kering ligt. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de huidige geometrie, het graven van de sleuf en bij een erosiekrater onder dagelijkse en hoogwater omstandigheden. Bij deze stabiliteitsberekeningen is in de hoogwater situatie uitgegaan van een maximale buitenwaterstand, waarbij het water tot de kruin van de kering staat, en een maximale grondwaterstand.

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen lieten zien dat de stabiliteit van de kering in alle situaties voldoet aan de veiligheidseis en dat de stabiliteit niet afneemt bij het graven van de sleuf of een erosiekrater. De glijcirkel ligt op een aanzienlijke afstand van 15 en 17 meter van de ontgravingen. Daarnaast is een glijcirkel geforceerd tot aan de ontgraving, deze voldoet ruim met een stabiliteitsfactor van bijna 4,0.

Concluderend, de werkzaamheden, het graven van de proefsleuf, en een erosiekrater vergroten de kans op het afschuiven van het binnentalud niet. Daarom zijn er geen aanvullende beheersmaatregelen nodig tijdens het graven van de sleuf en het plaatsen van de mantelbuis.

5 Verwijzingen

- [1] „Actualisering IPO-schadetabel regionale waterkeringen,” Stowa, Amersfoort, 2022.
- [2] Defacto Stedenbouw, „Onderlegger water & bodem Limburg,” Provincie en waterschap Limburg, 2025.
- [3] „Soil Behaviour Type from the CPT: an update”.
- [4] N. 9.-1. G. o. v. c. -. D. 1. A. regels, 2025.
- [5] WML, „MB verlenging DN1400 Oud Roosteren Toekomstige situatie,” Limburg.
- [6] N. 3. 'Transportleidingen', „NEN 3651:2020 (nl) Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken,” NEN, 2020.
- [7] Waterschap Limburg, „Waterstand/afvoer/grondwater,” 2025. [Online]. Available: <https://www.waterstandlimburg.nl/Home/Waterstanden>.
- [8] „Grondwaterstanden in Beeld,” [Online]. Available: <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>.
- [9] Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, „Technisch rapport waterspanningen bij dijken,” 2004.
- [10] Stowa, „Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen,” 2015.