

Maaspark Well, zandwinning nabij kadetracé 't Leuken - Elsteren

**Geotechnisch onderzoek
Kampergeul B.V.**

15 maart 2024 - Public



Contactpersonen

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Plangebied	5
1.3	Leeswijzer	7
2	Uitgangspunten	8
2.1	Veiligheidseis	8
2.2	Geometrie	8
2.2.1	Geometrie (tijdelijke) waterkering sectie D	9
2.3	Bodemopbouw	9
2.3.1	Grondonderzoek	9
2.3.2	Ondergrondmodel REGIS II	10
2.3.3	Schematisatie bodemopbouw	11
2.4	Parameters	12
2.4.1	Sterkteparameters	12
2.4.2	Zandgrofheid d50 en d15 (bresvloeiing)	12
2.5	Hydraulische randvoorwaarden	14
2.5.1	Buitenwaterstand	14
2.5.2	Grondwaterstand	14
2.6	Belastingen	14
2.6.1	Aardbevingsbelasting	14
2.6.2	Verkeersbelasting	16
3	Geotechnische analyses	17
3.1	Stabiliteit van de taluds	17
3.1.1	Uitgangspunten	18
3.1.2	Stabiliteit van de geluidswal en waterkering	18
3.1.3	Stabiliteit “randje”	19
3.1.4	Stabiliteit zandwinning	19
3.2	Bresvloeiing	20

3.2.1	Eenvoudige analyse volgens CUR113	21
3.3	Verwekingsvloeiing	22
3.3.1	Baldi-analyse	22
3.3.2	Gevoeligheidsanalyse CUR152	23
3.4	Microstabiliteit	24
3.5	Randstrook	25
3.6	Gasleiding	26
4	Conclusies	29
5	Referenties	31
Bijlagen		
Bijlage A – Geotechnisch grondonderzoek (archief)		32
Bijlage B – Glijvlakberekeningen geluidswal / kade		33
Bijlage C – Glijvlakberekeningen zandwinning		48
Bijlage D – Verweking volgens Baldi		64
Bijlage E – Erosiekrater gasleiding conform NEN3650/3651:2020		74
Bijlage F – Laboratorium- en grondonderzoek Socotec		76
Colofon		77

1 Inleiding

In opdracht van Kampergeul B.V. is door Arcadis een geotechnisch advies opgesteld voor de zandwinning Maaspark Well – deel Rivierverruiming bij Well – 't Leuken – Elsteren. Bij het opstellen van het geotechnisch advies is gebruik gemaakt van grondonderzoek dat door derden is uitgevoerd.

In deze rapportage zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd zoals bij de kade werkzaamheden De Kamp. Deze zijn vergund door het waterschap Limburg in de WRW-vergunning 2021-Z34183 (d.d. 17-10-2022).

1.1 Aanleiding en doel

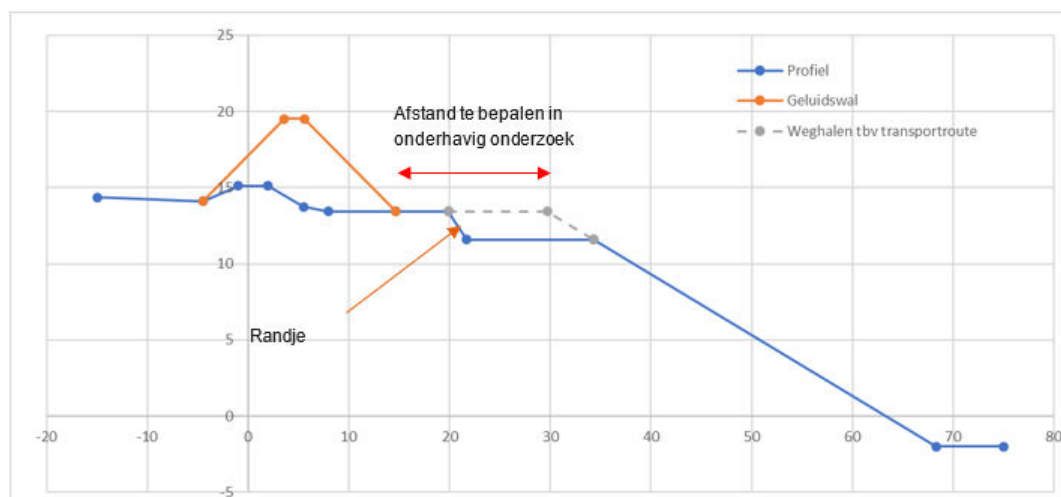
Voor de ontgrondingswerkzaamheden nabij de waterkering, het leggen van een geluidswal “bovenop” de bestaande waterkering en het aanbrengen van het geplande depot dient nog een waterwetvergunning te worden verleend door waterschap Limburg. Ten behoeve van deze waterwetvergunningaanvraag dient een geotechnische onderbouwing te worden opgesteld. Voor de uitbreiding van de winning ter plaatse van “t Leuken - Elsteren” heeft dit nog niet plaatsgevonden.

Het doel van het voorliggende rapport is om tot een ontvankelijk geotechnische onderbouwing te komen voor een waterwetvergunning, ter aanvulling op de verleende ontgrondingsvergunning. Aan de hand van de CUR113 [D 1.] worden randvoorwaarden bepaald waar het talud van de zandwinning aan moet voldoen. Voor het talud van de waterkering worden de normen WBI2017 en OI2014 gebruikt. Onderdeel hiervan is een risicobenadering voor het ontgraven nabij een dijklichaam.

Het ontwerp van de zandwinning mag geen negatieve invloed hebben op de standzekerheid van de waterkering. De aandachtspunten zijn:

- Stabiliteit van de waterkering.
- De beoogde geluidswal en het beoogde depot en de daarmee samenhangende invloed op de stabiliteit.

In principe komt het erop neer dat ter plaatse van de gecombineerde waterkering/geluidswal de afstand tussen de buitenteen en ontgraving én de taludhelling van de ontgraving dient te worden bepaald, zoals in Figuur 1 is aangegeven.



Figuur 1: schematisatie profiel

1.2 Plangebied

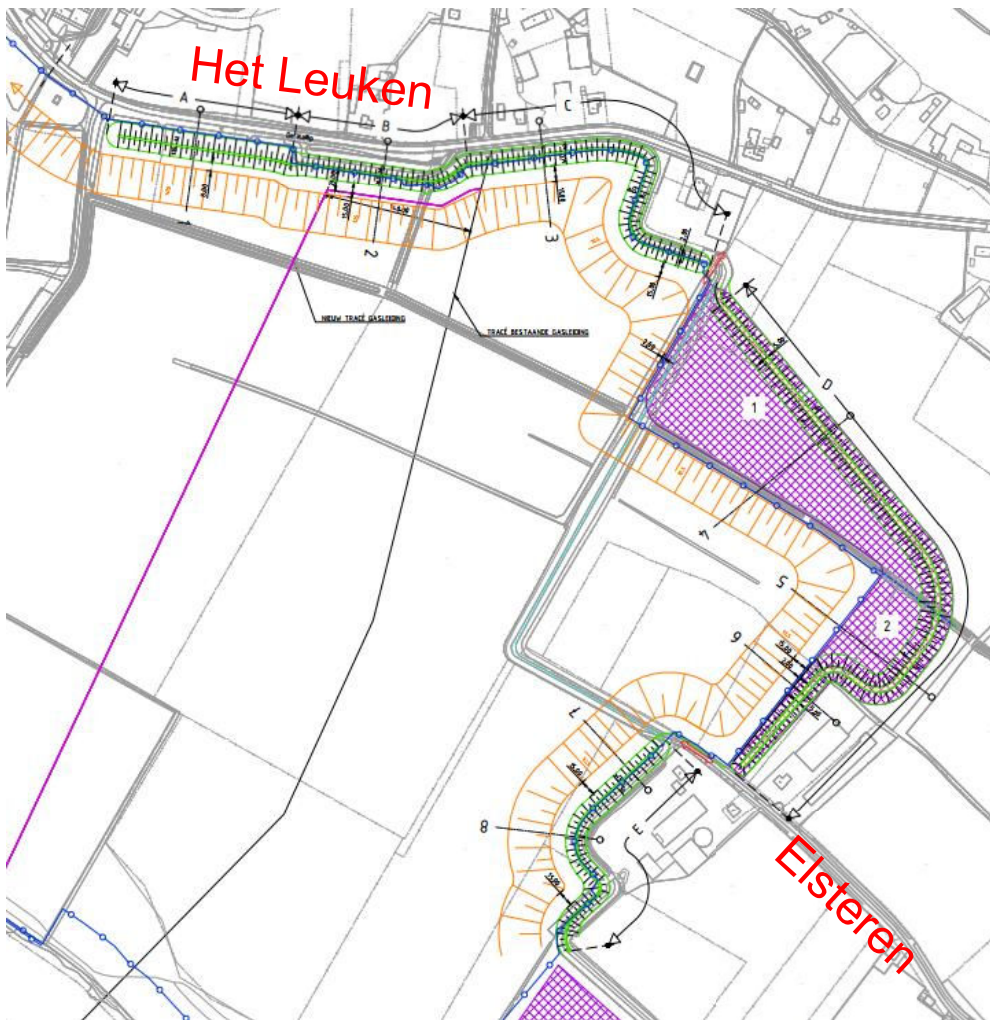
In de periode 2024 tot en met 2028 wenst Kampergeul de werkzaamheden ten zuidoosten van de Voorhaven uit te voeren. Ter plaatse van het dijktraject 60: Well, tussen *Het Leuken - Elsteren* (dijkpaal: 60.065 – 60.078) dienen op en/of nabij de bestaande waterkering (ontgrondings)werkzaamheden te worden uitgevoerd.

In het te analyseren projectgebied zijn vijf secties onderscheiden met acht dwarsprofielen (zie Figuur 2) voor de uitbreiding van de bestaande zandwinning. Vier van deze dwarsprofielen worden geanalyseerd op geotechnische stabiliteit, waarbij ook aandacht zal worden besteed aan de invloed van de aanwezige gasleiding (veiligheidszone), de te realiseren tijdelijke geluidswal en het geplande depot.

De analyse omvat derhalve:

- sectie A, profiel 1 (zonder waterkering);
- sectie B, profiel 2 (met nieuwe gasleiding en te realiseren geluidswal);
- sectie D, profiel 4 (tijdelijke kade met een depot);
- sectie E, profiel 7 (alleen geluidswal op bestaande waterkering).

Sectie C (profiel 3) is gelijk aan B (exclusief de gasleiding), profiel 4 is gelijk aan 5, profiel 6 is niet maatgevend (kan met een redentatie veilig ontworpen worden), profiel 7 is gelijk aan 8.



Figuur 2: overzicht projectlocatie "Het Leuken - Elsteren"

De relevante geotechnische mechanismen zijn:

1. Afschuiven/instabiliteit van het talud van de zandwinning, de waterkering en de geluidswal.
2. Bresvloeiing in de zandwinning.
3. Verwekingsvloeiing in de zandwinning.
4. Microstabiliteit in de zandwinning.

Naast deze geotechnische mechanismen wordt de minimale breedte van de randstrook van de zandwinning in relatie tot de waterkering, geluidswal en de bebouwing beschouwd.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit document zijn de belangrijkste uitgangspunten beschreven die zijn gehanteerd voor het uitvoeren van de analyses. De uitgevoerde analyses van de relevante geotechnische mechanismen, zoals samengevat in §1.2, zijn uitgewerkt in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de conclusies ten aanzien van de uitgevoerde analyses gegeven en zijn aanbevelingen gedaan.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten opgenomen. Voor de bepaling van de uitgangspunten is gebruik gemaakt van beschikbaar grondonderzoek van derden en richtlijn CUR113 voor de oeverstabiliteit van zandwinningen [D 1.]

2.1 Veiligheidseis

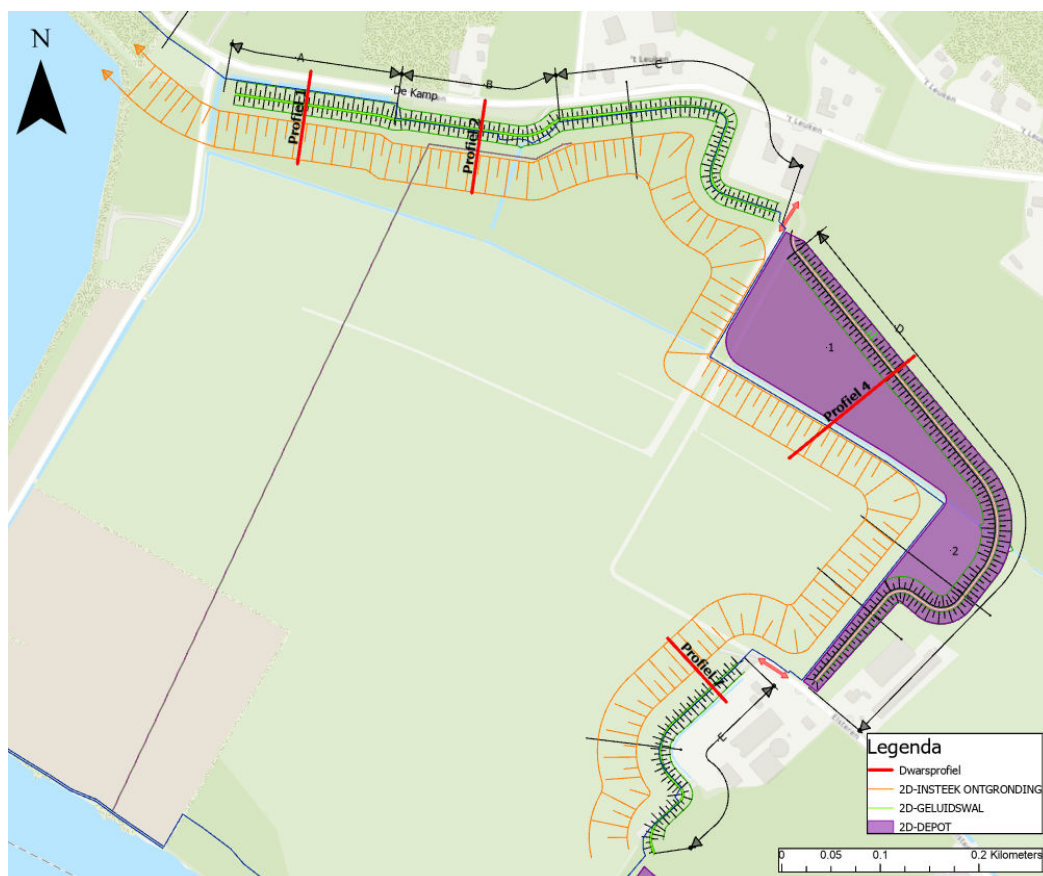
Globaal is de verhouding tussen de tegenwerkende en aandrijvende krachten een maat voor de veiligheid van het talud. Een voldoende veilig talud bezit een evenwichtsfactor, bepaald met rekenwaarden voor parameters, van ten minste 1,0 in de eindsituatie en 0,85 tijdens de uitvoering. Dit zijn in de praktijk veel gehanteerde en geaccepteerde waarden. De ontgroning kan een langere tijd (enkele weken tot enkele maanden) aanwezig zijn totdat deze wordt aangevuld tot de eindsituatie. Aangezien de ontgroning niet van korte duur is, wordt die situatie beoordeeld aan de stabiliteitseis behorend bij de eindsituatie, namelijk 1,0.

2.2 Geometrie

In Figuur 3 zijn de profiellocaties weergegeven. In totaal zijn er vier profiellocaties doorgerekend, dit zijn:

- sectie A, profiel 1 (zonder waterkering);
- sectie B, profiel 2 (met nieuwe gasleiding en te realiseren geluidswal);
- sectie D, profiel 4 (tijdelijke waterkering met een depot);
- sectie E, profiel 7 (alleen geluidswal op bestaande waterkering).

Het maaiveldniveau voor de waterkering ligt op circa NAP 13,5 m. De kruinhoogte van de waterkering ligt op circa NAP 15,2 m. Als basis is uitgegaan van een randstrook van 10 m vanaf de buitenteen van de geluidswal van 6 m hoog (NAP 19,5 m) die over de waterkering ligt.



Figuur 3: beschouwde profiellocaties

2.2.1 Geometrie (tijdelijke) waterkering sectie D

In sectie D is er een tijdelijke waterkering met daarnaast een depot voorzien. Eerst wordt een tijdelijke waterkering aangelegd en vervolgens wordt de huidige waterkering ontgraven. Voor (rivierwaarts van) de tijdelijke waterkering wordt waarschijnlijk een depot aangelegd voor het tijdelijk opslaan van vrijgekomen grond.

De dimensies van de tijdelijke waterkering zijn:

- buitentalud:
 - taludhelling van 1:4;
 - een afdekkende kleilaag van minimaal 1,0 m dik;
- kruin:
 - een kruinbreedte van 4 m;
 - de ontwerphoogte is NAP 16,1 m;
- binnentalud
 - taludhelling van 1:4;
- kern:
 - de kern van het dijklichaam kan bestaan uit (vrijgekomen) zandig ophoogmateriaal of klei. In beide gevallen dient de grond goed verdicht te worden.

In Figuur 4 zijn de dimensies in een dwarsprofiel opgenomen.



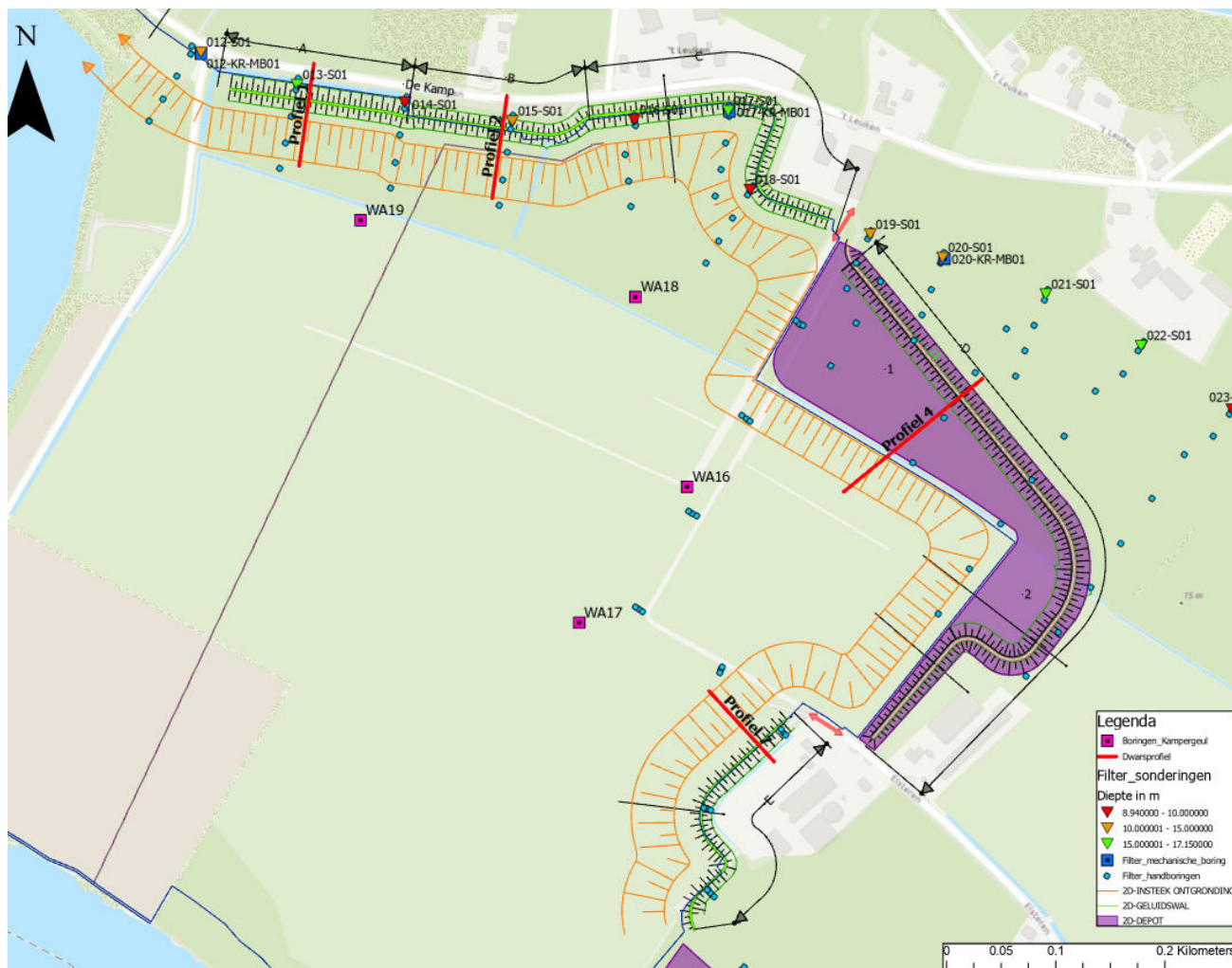
Figuur 4: dimensies tijdelijke waterkering in dwarsprofiel

Zowel een buiten- als binnentalud met een 1:4 helling worden veilig geacht. De standaard schematisering van een waterkering heeft meestal een 1:3 talud. Er dient wel een toplaag van klei aangebracht te worden aan de buitenzijde om erosie van de (zandige) kern bij hoogwater te voorkomen. Ook dient de toplaag te worden ingezaaid met gras in verband met erosie. De grasmat zal pas na enkele jaren haar eindsterkte hebben bereikt. Tot die tijd waarborgt de (rest)sterkte van de kleilaag aan de buitenzijde de waterveiligheid.

2.3 Bodemopbouw

2.3.1 Grondonderzoek

De bodemopbouw is geschematiseerd op basis van zes mechanische boringen, vijftien handboringen (nabij de profiellijnen) en drie sonderingen, deze zijn opgenomen in Figuur 5.



Figuur 5: overzicht grondonderzoek

2.3.2 Ondergrondmodel REGIS II

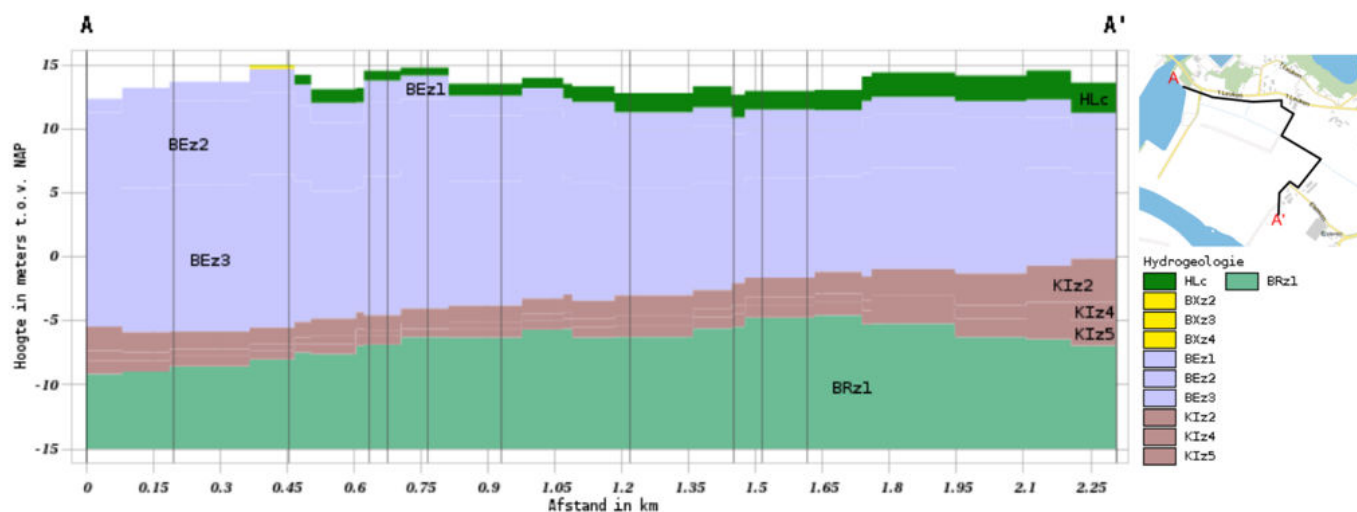
Uit het ondergrondmodel REGIS II vanuit het Dinoloket (zie Figuur 6) blijkt dat de volgende afzettingen aanwezig zijn tot een minimale diepte van NAP -15 m:

- Formatie van Beegden, eerste, tweede en derde zandige eenheid (NAP 13,0 tot NAP -3,0 m).
- Kiezeloöliet tweede, vierde en vijfde zandige eenheid (NAP -3,0 m tot NAP -7,0 m).
- Formatie van Breda eerste zandige eenheid (NAP -7,0 m tot einde ondergrondmodel NAP -15,0 m).

De formatie van Beegden bestaat voornamelijk uit matig tot grof zand (210 – 2000 µm) en grind. De formatie van Beegden dateert uit het laat Pliocene – Holoceen en is voornamelijk aanwezig in Limburg.

De formatie van Kiezeloöliet bestaat voornamelijk uit zeer fijn tot uiterst grof zand (105 – 2000 µm), fijn tot grof grind en klei- en veenlagen (in mindere mate aanwezig). De formatie van Kiezeloöliet dateert uit het laat Mioceen – Pliocene en is voornamelijk aanwezig in Noord-Brabant en Limburg.

De formatie van Breda bestaat voornamelijk uit zeer tot fijn matig zand (105 – 210 µm) en klei. De formatie van Breda dateert uit het laat Oligoceen – vroeg Pliocene en is aanwezig in het grootste deel van Nederland.



Figuur 6: ondergrondmodel REGIS II (bron: Dinoloket)

2.3.3 Schematisatie bodemopbouw

De schematisatie van de bodemopbouw is gebaseerd op beschikbaar grondonderzoek van derden. In Tabel 1 is opgenomen welk grondonderzoek is gebruikt voor de schematisatie per profiel.

De globale bodemopbouw kenmerkt zich door een deklaag bestaande uit klei en op enkele locaties veen. Hieronder is het watervoerende pakket aanwezig, bestaande uit zand met aanwezigheid van grind en op enkele locaties stoorlagen.

Tabel 1: overzicht grondonderzoek per locatie

Profiel	Schematisatie deklaag				Schematisatie watervoerend pakket	
	Naam	Type	Naam	Type	Naam	Type
1	013-HB-BuT-01	Handboring	013-HB-VL01	Handboring	013-S01	Sondering
2	015-HB-BuT-01	Handboring	015-HB-VL01	Handboring	015-S01	Sondering
4	GR002-HB03	Handboring	GR002-HB04	Handboring	021-S01	Sondering
7	110-HB-KR01	Handboring	110_HB_TB01	Handboring	WA17	Mechanische boring

2.4 Parameters

2.4.1 Sterkteparameters

De gedraineerde sterkteparameters zijn bepaald met behulp van tabel 2b uit de NEN 9997-1+C2 [D 4.]. De karakteristieke waarde voor ϕ (ϕ) is door middel van een materiaalfactor van 1,2 (op de tangens van de ϕ -waarde) omgezet naar een rekenwaarde. Voor de cohesie (c') is een materiaalfactor van 1,25 gehanteerd voor het omzetten naar de rekenwaarde. Voor de veenlaag is extra lab- en grondonderzoek gedaan door Socotec, zie Bijlage F. De ongedraineerde schuifsterkte S_u is bepaald met behulp van Torvane proeven. Vervolgens is deze ongedraineerde schuifsterkte van het veen verwerkt als cohesie. De materiaalfactor die is gehanteerd voor het bepalen van de rekenwaarde is 1,5.

In Tabel 2 zijn de gedraineerde sterkteparameters opgenomen (een streepje betekent niet van toepassing).

Tabel 2: sterkteparameters volgens NEN9997-1+C2

Grondlaag	γ_{droog} [kN/m ³]	γ_{nat} [kN/m ³]	Φ_{kar} [°]	C_{kar} [kN/m ²]	Φ_{reken} [°]	C_{reken} [kN/m ²]
Verdichte grond (geluidswal)	18,5	20,0	30,0	1,0	25,7	0,8
Klei, sterk zandig	18,0	18,0	27,5	1,0	23,4	0,8
Klei, zwak zandig	18,0	18,0	22,5	5,0	19,0	4,0
Klei, matig vast	17,0	17,0	22,5	5,0	19,0	4,0
Klei, organisch	14,0	14,0	15,0	-	12,6	-
Veen	11,5	11,5	-	20,0	-	13,3
Zand, los gepakt	17,0	19,0	30,0	-	25,7	-
Zand, matig gepakt	18,0	20,0	32,5	-	28,0	-
Grind, siltig	19,0	21,0	32,5	-	28,0	-

Waarin:

γ_{droog}	=	veldvochtig volumegewicht
γ_{nat}	=	verzadigd volumegewicht
Φ_{kar}	=	karakteristieke waarde hoek van inwendige wrijving
C_{kar}	=	karakteristieke waarde van de cohesie
Φ_{reken}	=	rekenwaarde hoek van inwendige wrijving
C_{reken}	=	rekenwaarde van de cohesie

2.4.2 Zandgrofheid d50 en d15 (bresvloeiing)

Op de geplande locatie van de zandwinning zijn vier mechanische boringen met korrelverdelingen beschikbaar tot een diepte van circa 15 meter onder maaiveld (m -mv).

Op basis van de korrelgrootte kan conform CUR113 [D 1.] de helling van het te baggeren talud van de zandwinning worden bepaald. Hiervoor zijn de d50 en d15 relevant.

In Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 en Tabel 6 zijn de gegevens van de zandgrofheid (d50 en d15) per boring opgenomen en in §3.2 (pagina 20) is de analyse gerapporteerd.

Tabel 3: analyse zandgrofheid boring WA16

Grondlaag	B.k. laag [m NAP]	O.k. laag [m NAP]	d50 [µm]	d15 [µm]
Vulzand	11,3	10,9	490	280
Fijn zand	10,9	9,6	390	260
Zand, grind	9,6	0,7	550	320
Zand, weinig grind	0,7	-0,1	340	260
Zand, grind	-0,1	-3,5	460	300

Waarin:

B.k. laag = bovenkant grondlaag

O.k. laag = onderkant grondlaag

d50 = gemiddelde grootte van de korrels

d15 = 15 percentiel waarde van de korrelgrootte (85% is groter)

Tabel 4: analyse zandgrofheid boring WA17

Grondlaag	B.k. laag [m NAP]	O.k. laag [m NAP]	d50 [µm]	d15 [µm]
Vulzand	11,9	11,0	450	210
Fijn zand, weinig grind	11,0	8,4	410	230
Fijn zand, grind	8,4	4,3	480	240
Fijn zand	4,3	4,1	810	330
Klei (stoorlaag)	4,1	3,3	-	-
Fijn zand, grind	3,3	-1,6	800	320

Waarin: zie Tabel 3

Tabel 5: analyse zandgrofheid boring WA18

Grondlaag	B.k. laag [m NAP]	O.k. laag [m NAP]	d50 [µm]	d15 [µm]
Fijn zand	11,8	11,0	310	200
Fijn zand, weinig grind	11,0	5,5	450	280
Fijn zand, grind	5,5	1,6	1100	390
Fijn zand	1,6	-2,1	400	275

Waarin: zie Tabel 3

Tabel 6: analyse zandgrofheid boring WA19

Grondlaag	B.k. laag [m NAP]	O.k. laag [m NAP]	d50 [µm]	d15 [µm]
Zand	11,6	8,3	400	230
Fijn zand, weinig grind	8,3	7,9	320	200
Fijn zand, grind	7,9	6,7	480	240
Klei	6,7	6,4	-	-
Fijn zand, grind	6,4	4,3	740	265
Fijn zand, weinig grind	4,3	2,1	430	290
Fijn zand, grind	2,1	1,2	740	360
Klei	1,2	1,0	-	-
Fijn zand	1,0	0,2	270	150
Zeer fijn zand	0,2	-2,0	170	140

Waarin: zie Tabel 3

2.5 Hydraulische randvoorwaarden

2.5.1 Buitenwaterstand

De Maas heeft een gestuwd dagelijks peil van circa NAP 11,15 m. Voor de berekeningen is uitgegaan van de dagelijkse situatie.

2.5.2 Grondwaterstand

Gezien de zandige doorlatende ondergrond is de verwachting dat de grondwaterstand vergelijkbaar is met de waterstand op de Maas bij dagelijkse situatie. De invloed van het richting Duitsland oplopende maaiveld heeft hierop door de grote hemelsbrede afstand geen significante invloed.

2.6 Belastingen

2.6.1 Aardbevingsbelasting

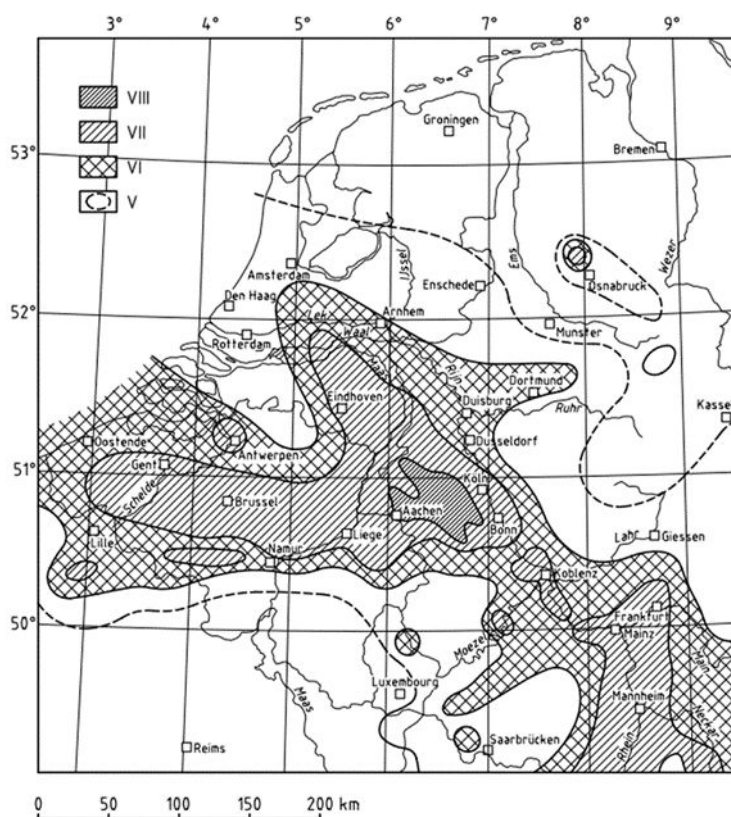
In verband met de Peelrandbreuk dient er rekening te worden gehouden met aardbevingen. In een pseudo-statische analyse mag conform EC8 een horizontale versnelling gelijk aan 50% van de PGA gehanteerd worden. Derhalve wordt 0,05g gehanteerd, met als onderbouwing een waarde van 0,10g behorend bij de Mercallischaal VII (herhalingsjijd van 5000 jaar), zie Figuur 7 uit EC8 hieronder. Daarnaast dient conform EC8 nog een verticale versnelling in rekening te worden gebracht gelijk aan 2/3e van de horizontale versnelling. In Figuur 8 zijn de aardbevingsgevoelige gebieden van Nederland weergegeven.

Op grond van de wettelijke regelingen is toetsing van bouwconstructies op het kunnen doorstaan van aardbevingsbelastingen niet vereist. Deze norm specificeert, mede daarom, geen representatieve waarden van aardbevingsbelastingen op bouwconstructies.
Indien bij toetsing van de bouwconstructie een aardbevingsbelasting wordt voorgeschreven wordt als leidraad aanbevolen de horizontale versnelling van de ondergrond voor gebieden waarin aardbevingen kunnen voorkomen te ontleenen aan figuur 14. De in rekening te brengen verticale versnellingen zijn 2/3 maal de horizontale versnellingen zoals aangegeven in tabel 13. Voor de bepaling van de aardbevingsbelastingen op constructies wordt verwezen naar NEN-EN 1998-1.

Tabel 13 — Horizontale versnellingen en daarmee gepaard gaande verschijnselen tijdens aardbevingen van verschillende intensiteiten volgens de Modified Mercalli Scale (1931)

Intensiteit	Omschrijving	Versnelling m/s ²
VIII	Vernielend; paniek; algemeen schade aan gebouwen; zwakke bouwwerken gedeeltelijk vernield	2
VII	Zeer sterk; schade aan vele gebouwen; schoorstenen breken af; golven in vijvers; kerkklokken geven geluid	1
VI	Sterk; schrikreacties; voorwerpen in huis vallen om; bomen bewegen; weinig-solide huizen worden beschadigd	0,5
V	Vrij sterk; algemeen gevoeld; opgehangen voorwerpen slingeren; klokken blijven stilstaan	0,2
IV	Matig; door velen gevoeld; trilling als van zwaar verkeer; rammelen van ramen en deuren	0,1
III	Licht; door enkele personen gevoeld; trilling als van voorbijgaand verkeer	0,05
II	Zeer licht; slechts onder gunstige omstandigheden gevoeld	0,02
I	Alleen door seismografen geregistreerd	0,01

Figuur 7: horizontale versnellingen (bron: EC8)



Figuur 14 — Aardbevingsgevoelige gebieden in Nederland en de omliggende gebieden

De kaart van figuur 14 is ontleend aan *Proceedings of the ESC symposium on earthquake risk for nuclear power plants*, KNMI-publicatie nr. 153. De vermelde intensiteit heeft een herhalingsijd van ca. 5 000 jaar.

Figuur 8: aardbevingsgevoelige gebieden in Nederland (bron: EC8)

Gezien de kleine kans van voorkomen op een aardbeving, in verhouding tot de eis waar het talud van de zandwinplas aan wordt getoetst, is de situatie met een aardbeving beschouwd als een calamiteit. De horizontale versnelling die in de berekening is gemodelleerd komt voor bij aardbevingen die een kans van voorkomen hebben van 1/5.000 per jaar.

Voor de situatie met aardbeving is gesteld dat de partiële veiligheidsfactoren niet van toepassing zijn, omdat van een uitzonderlijke situatie gesproken kan worden. Het niet rekenen met partiële veiligheidsfactoren is verdisconteerd in de veiligheidseis door deze te reduceren met 1,2 als eerste benadering. De berekeningen met aardbeving zijn daarom getoetst aan een veiligheidseis van $1,0/1,2 = 0,83$.

2.6.2 Verkeersbelasting

Op de transportroute langs de plas is voor werkverkeer (volgeladen zandauto's) 10 kPa over 2,5 m als verkeersbelasting aangehouden.

Op de geluidswal is 5 kPa over 2,0 m aangehouden voor aanleg (lichte tractor met kiepkar) en onderhoudsvoertuigen (tractor met klepelmaaier of vergelijkbaar).

3 Geotechnische analyses

In dit hoofdstuk is nader ingegaan op de geotechnische analyses voor de zandwinning, dit zijn:

- stabiliteit van de taluds (zandwinning, geluidswal/waterkering en 'randje');
- bresvloeiing;
- verwekingsvloeiing;
- microstabiliteit;
- randstrook.

3.1 Stabiliteit van de taluds

Wanneer de schuifweerstand tussen de korrels van de grond niet groot genoeg is en het gewicht van een grondmoot een afschuiving veroorzaakt, spreken we van een instabiel talud. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 9. Dit kan voorkomen worden door het talud van de helling niet te steil te maken. Het spreekt voor zich dat deze afschuiving niet mag optreden.



Figuur 9: schets faalmechanisme instabiliteit van het talud (macrostabiliteit)

Indien er wordt voldaan aan elk van de volgende voorwaarden, hoeft er geen nadere berekening met bijvoorbeeld het rekenprogramma D-Stability uitgevoerd te worden.

1. Er is geen gronddepot of andere bovenbelasting aanwezig langs de oever. Een gronddepot wordt als "aanwezig" beschouwd wanneer de kruin van het depot zich op een horizontale afstand tot de waterlijn bevindt die kleiner is dan vijfmaal de hoogte van de kruin boven de waterlijn.
2. Er bevinden zich geen cohesieve lagen in de ondergrond.
3. De helling over het talud op elke gegeven hoogte is flauwer dan 1:3.

Aangezien er niet aan deze voorwaarden wordt voldaan is een stabiliteitsberekening volgens bijvoorbeeld de Bishop methode noodzakelijk.

3.1.1 Uitgangspunten

De gehanteerde uitgangspunten voor de stabiliteitsberekening zijn beschreven in hoofdstuk 2. Conform CUR113 kan het talud opgebouwd worden als doorgaande helling zonder platberm of als een helling met een platberm. In het basisprincipe van de ontgroning is een doorlopend talud voorzien.

3.1.2 Stabiliteit van de geluidswal en waterkering

Voor de stabiliteit van de geluidswal zijn twee verschillende varianten beschouwd. Deze varianten staan beschreven in de onderstaande tabel.

Tabel 7: varianten stabiliteitsanalyse geluidswal

Variant	Afstand teen geluidswal tot insteek zandwinning [m]
A	8,0 + deklaagdikte (variabel)
B	8,0 + deklaagdikte (variabel) + 5,0

Voor profiel 4 is de stabiliteit van het depot niet berekend. Het depot ligt over de tijdelijke waterkering en de afstand van buitenteen waterkering tot insteek zandwinning is circa 76 m, de afstand van waterkering tot insteek zandwinning is groot genoeg om instabiliteit van de waterkering door de zandwinning uit te sluiten. Op basis van vuistregels is er dus geen berekening nodig voor profiel 4.

De varianten zijn doorgerekend met de glijvlakmodellen Bishop en Uplift Van en zijn getoetst aan de stabiliteitseis van 1,00 (zie §2.1). Voor het glijvlakmodel Bishop zijn twee glijcirkels berekend, namelijk met een kleine glijcirkel en een grote glijcirkel. De kleinere glijcirkel (maximaal 1,5 m diep insnijdend) representeert de stabiliteit van alleen de geluidswal. De grotere glijcirkel (minimaal 3,0 m diep insnijdend) geeft de stabiliteit van de geluidswal en het naastliggende grondlichaam weer.

Ter controle zijn de verschillende varianten ook doorgerekend uitgaande van het optreden van een aardbeving. Deze situatie is getoetst aan de stabiliteitseis van 0,83 (zie §2.6.1).

In Tabel 8 zijn de resultaten opgenomen van de stabiliteitsanalyses van de geluidswal en de waterkering. Een groene markering betekent dat wordt voldaan aan de stabiliteitseis. De analyse met de kleine glijcirkel (Bishop, klein) geeft aan dat de geluidswal niet voldoet aan de gestelde stabiliteitseis van 1,00 (exclusief aardbevingsbelasting) en 0,83 (inclusief aardbevingsbelasting). Echter, uit praktijkervaring is gebleken dat de geluidswal met een talud van 1:1,5 blijft staan, mits rekening wordt gehouden met enig onderhoud aan de geluidswal. Voor relatief steil opgezette grondlichamen met een tijdelijk karakter is dit acceptabel en tevens ligt dit in de lijn der verwachtingen, zie Figuur 10.

In Bijlage B zijn de stabiliteitsanalyses exclusief aardbevingsbelasting opgenomen en in Bijlage C zijn de stabiliteitsanalyses inclusief aardbevingsbelasting opgenomen.

Tabel 8: resultaten stabiliteitsanalyse geluidswal en waterkering

Profiel	Variant	Veiligheidsfactor excl. aardbevingsbelasting [eis = 1,00]			Veiligheidsfactor incl. aardbevingsbelasting [eis = 0,83]		
		Bishop (klein)	Bishop (groot)	Uplift Van	Bishop (klein)	Bishop (groot)	Uplift Van
1	A	0,89	0,97	0,95	0,81	0,85	0,77
	B		1,07	1,12		0,95	0,88
2	A	0,90	0,98	0,94	0,81	0,88	0,86
	B		1,05	1,00		0,96	0,92
7	A	0,91	1,06	1,06	0,83	0,98	0,97
	B		1,19	1,07		1,08	1,03



Figuur 10: voorbeeld instabiliteit bij geluidswal

De geluidswal bestaat uit lokaal vrijkomende teelaarde en zal worden ingezaaid. Het onderhoud bestaat uit drie keer per jaar maaien en herstel van erosieverschijnselen in de eerste maanden na aanleg. Belangrijk is dat de verdichting van (het zandige materiaal zorgvuldig) wordt uitgevoerd door:

- niet tijdens de regenval het werk uit te voeren;
- de geluidswal laagsgewijs aan te brengen en elke laag (van maximaal 0,5 m) afzonderlijk te verdichten;
- bij uitvoering tijdens zeer droge omstandigheden de grond enigszins te bevochtigen.

De geluidswal kan met een 1:1,5 talud worden aangelegd.

3.1.3 Stabiliteit “randje”

De overgang van maaiveld naar transportroute heeft een taludhelling van circa 1:1 en heeft een hoogteverschil van circa 1 á 2 m. De stabiliteit van dit “randje” is niet berekend omdat in de praktijk blijkt dat een talud van 1:1 blijft staan. Mocht het randje afbrokkelen, dan kan herstel met lokaal beschikbaar materieel en materiaal plaatsvinden.

3.1.4 Stabiliteit zandwinning

Voor de stabiliteit van de zandwinning zijn twee verschillende varianten beschouwd, die zijn beschreven in Tabel 9. De varianten zijn doorgerekend met de glijvlakmodellen Bishop en Uplift Van en zijn getoetst aan de stabiliteitseis van 1,0 (zie §2.1).

Ter controle zijn de verschillende varianten ook doorgerekend uitgaande van het optreden van een aardbeving. Deze situatie is getoetst aan de stabiliteitseis van 0,83 (zie §2.6.1).

Tabel 9: varianten stabiliteitsanalyses zandwinning

Variant	Diepte zandwinning [m NAP]	Helling talud zandwinning [1:n]
A	-2,0	1:2,0
B	-2,0	1:2,5

In Tabel 10 zijn de resultaten van de stabiliteitsanalyses weergegeven. Een groene markering betekent dat wordt voldaan aan de eis.

Tabel 10: resultaten stabiliteitsanalyses talud zandwinning

Profiel	Variant	Veiligheidsfactor excl. aardbevingsbelasting [eis = 1,00]		Veiligheidsfactor incl. aardbevingsbelasting [eis = 0,83]	
		Bishop	Uplift Van	Bishop	Uplift Van
1	A	1,12	1,16	0,73	0,75
	B	1,36	1,40	0,89	0,91
2	A	1,09	1,10	0,70	0,70
	B	1,32	1,33	0,85	0,85
4	A	1,46	1,46	0,88	0,88
	B	1,70	1,70	1,00	1,01
7	A	1,07	1,09	0,69	0,70
	B	1,29	1,34	0,85	0,85

Uit de stabiliteitsanalyse voor de zandwinning blijkt dat een talud van 1:2,5 voldoet aan de vereiste veiligheidsfactoren van 1,00 (exclusief aardbevingsbelasting) en 0,83 (inclusief aardbevingsbelasting).

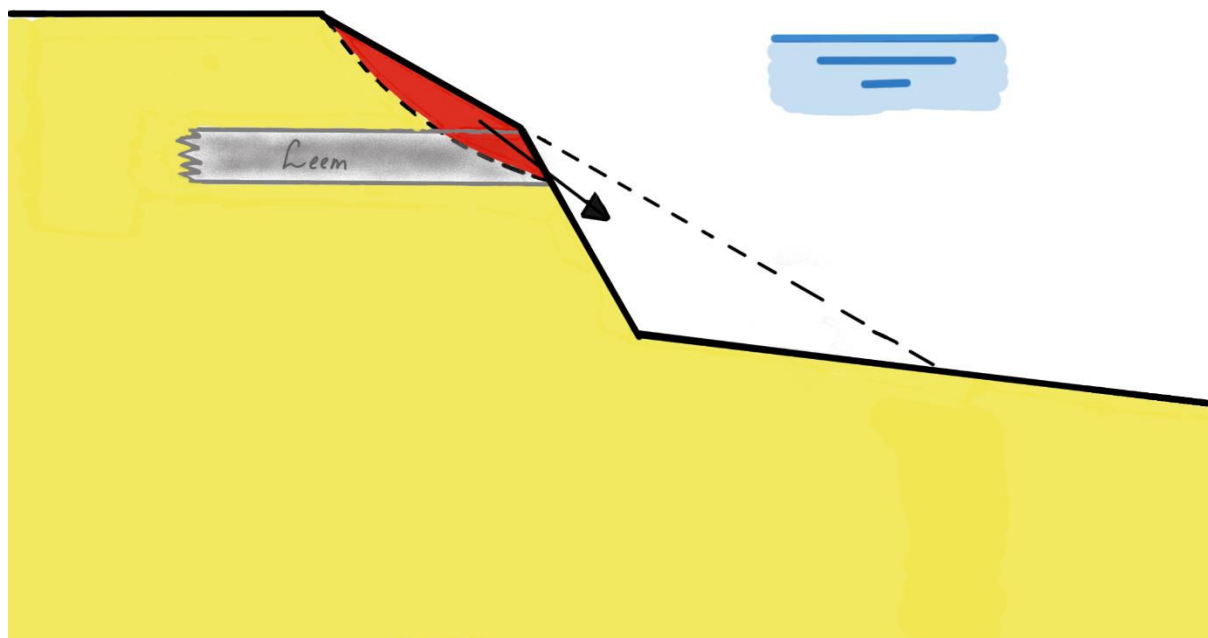
3.2 Bresvloeiing

Bresvloeiing wordt veroorzaakt door een lokale afschuiving in een aanwezige stoorlaag (bijvoorbeeld vaste klei) of door erosie vanwege het storten van grond op het talud, zie Figuur 11. Daarnaast kan het worden geïnitieerd door verwekingsvloeiing in een losgepakte zandlaag. De taludhelling en taludhoogte alsmede het materiaal en de werkwijze zijn de meest belangrijke invloedsfactoren.

Bij zandwinnen is meestal sprake van beheerst bressen. De mate van nabressen wordt namelijk volledig gestuurd door de operatie van de zuigbuis van het baggerwerktuig en is door een ervaren zuigbaas met de huidige moderne meetapparatuur ook prima in de hand te houden. Bij bresvloeiing echter kan de bresvorming ook door een andere oorzaak geïnitieerd worden. Bijvoorbeeld een lokale afschuiving in een aanwezige stoorlaag of erosie door het storten van grond op het talud of verwekingsvloeiing in een losgepakte (mors)laag. Het vrijkomende zand stroomt vervolgens naar dieper gelegen delen van de zandwininput, zonder dat de zuiger op dat moment actief is.

Kenmerkend voor bresvloeiing is het zichzelf versterkende proces van groei van de hoogte van de bres. Naarmate de bres hoger en steiler wordt neemt het debiet van het vrijkomende zand toe. Bij toename van dat debiet neemt de erosie van de ondergrond aan de teen van de bres toe, waardoor de bres in hoogte maar ook in breedte groeit. De actieve bres kan doorgaan zolang het geërodeerde materiaal kan wegstromen naar een dieper gelegen deel van de winput of opgezogen wordt. Wordt het materiaal niet opgezogen, dan zal het als een suspensiestroom stroomafwaarts sedimenteren. Als gevolg daarvan ontwikkelt zich een flauwe helling, waardoor het bresproces uiteindelijk zal uitsterven.

Het bresvloeiingsproces is een vorm van oppervlakte-erosie, waardoor het talud wordt uitgesleten en niet als geheel bezwijkt zoals het geval is bij een afschuiving of bij verwekingsvloeiing.



Figuur 11: schets faalmechanisme bresvloeiing

3.2.1 Eenvoudige analyse volgens CUR113

Indien wordt voldaan aan de volgende voorwaarden kan de taludhelling worden vastgesteld op basis van CUR113 tabel 2a:

1. Dikte van de stoorlagen is kleiner dan een meter en deze stoorlagen worden met geschikt materieel verwijderd.
2. Het zand is grof genoeg $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ en $d_{15} > 100 \mu\text{m}$.
3. Er wordt van tevoren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld.
4. Het zuigproces wordt beheerst door monitoring van de positie van de zuigbuis en de productie.
5. De gezogen taluds worden regelmatig gepeild met een nauwkeurigheid van ongeveer 2 m.

In Tabel 11 zijn de resultaten van eenvoudige analyse voor bresvloeiing opgenomen. Uit de resultaten blijkt dat bij drie van de vier boringen wordt voldaan aan de vijf voorwaarden. Boring WA19 voldoet niet aan voorwaarde 1, omdat er zeer fijn zand aanwezig is aan de onderzijde van de zandwininput van NAP 0,2 m tot NAP -2,0 m.

Aan de laatste drie voorwaarden wordt voldaan aangezien dit verankerd is in het normale bedrijfsproces.

Tabel 11: resultaat eenvoudige analyse bresvloeiing volgens CUR113

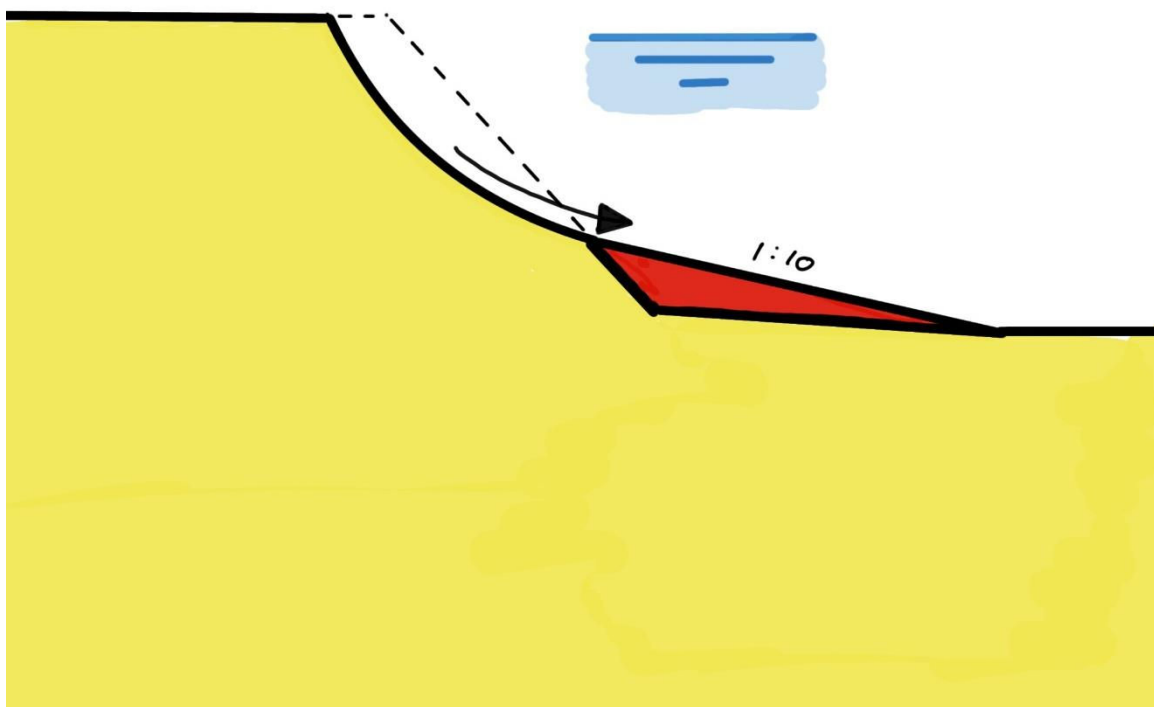
Boring	Voorwaarde 1 [Ja/Nee]	Voorwaarde 2 [Ja/Nee]	Voorwaarde 3 [Ja/Nee]	Voorwaarde 4 [Ja/Nee]	Voorwaarde 5 [Ja/Nee]
WA16	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
WA17	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
WA18	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
WA19	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja

Omdat bij drie van de vier boringen aan de voorwaarden wordt voldaan zijn op deze locaties een platberm in het ontwerp niet noodzakelijk. Bij boring WA19 is aan de onderzijde van de zandwininput lokaal zeer fijn zand aanwezig, vermoedelijk een lokale verhoging van de Kiezeloöliet formatie met fijnere zanden. Volgens de CUR113 is hier dan

een platberm noodzakelijk. Echter uit ervaring is gebleken dat tijdens het winnen van zand al een soort van tussenberm ontstaat door mors, hierdoor is het realiseren van een tussenberm vlak boven de putdiepte niet noodzakelijk en kan het talud van de zandwinning in principe worden ontworpen met hellingen van 1:2,5 gebaseerd op de stabiliteitsberekeningen weergegeven in §3.1.4 en de CUR113.

3.3 Verwekingsvloeiing

De theorie is dat door de losse pakking van het korrelskelet in voornamelijk fijne zanden dergelijke lagen gevoelig zijn voor grondwaterstromingen, drukverschillen in grondwater en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan treedt een verkleining van het volume op. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van het korreldrukken, met als gevolg een afschuiving en een sterke verflauwing van het talud, zie Figuur 12.



Figuur 12: schets faalmechanisme verwekingsvloeiing

Verwekingsvloeiing zal veelal in fijne tot zeer fijne en tevens los gepakte zanden optreden. Van zeer fijne zanden, zoals in Zeeuwse getijde afzettingen, is op de winlocatie Well – De Kamp geen sprake. Echter, op een diepte van circa NAP -3,0 m is er Kiezeloöliet zand aanwezig. Dit zand is fijner dan de bovenliggende afzettingen. Hierdoor is er enige kans op verwekingsvloeiing omdat de geplande ontgraving van de zandwinning tot een diepte van NAP -2,0 m komt. De ontgraving komt hierdoor net boven en lokaal in het Kiezeloöliet zand.

3.3.1 Baldi-analyse

In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag dat de zanddeeltjes makkelijk over elkaar kunnen rollen. Als gevolg hiervan gaat het zand zich als een dikke vloeistof gedragen en ontstaat een evenwichtsprofiel met een flauwe helling van 1:10 of 1:20. Indien wordt voldaan aan de minimumeis voor relatieve dichtheid volgens de formule van Baldi, zie Formule 1, is een laag niet verwekingsgevoelig.

$$R_n 1 > 0,5 \quad (1)$$

Waarin: - $R_n 1$ de gemiddelde relatieve dichtheid over een meter [-]

De relatieve dichtheid is berekend met Baldi 1982, zie Formule 2.

$$R_n = 0,4 * \ln \left(\frac{q_c}{0,14(\sigma'_{v0})^{0,6}} \right) \quad (2)$$

Waarin:

- R_n de relatieve dichtheid [-]
- q_c de conusweerstand [MPa]
- σ'_{v0} de effectieve verticale korrelspanning [kN/m²]

Formule 1 en 2 zijn toegepast op tien sonderingen en de analyse is vastgelegd in Bijlage D.

Om de verticale spanning te berekenen is het gemiddelde gewicht bepaald op basis van de volumegewichten uit Tabel 2. Verder is een hydrostatisch drukverloop van de waterspanning aangenomen bij het bepalen van de effectieve verticale korrelspanning.

Aangezien verweking kan optreden bij lagen dikker dan één meter, zijn alle lagen dunner dan een meter die volgens de berekening wel verwekingsgevoelig zijn, niet meegenomen. Daarnaast zijn alle lagen waar cohesieve lagen verwacht worden ook niet meegenomen in de analyse omdat er (onder Nederlandse omstandigheden) geen verweking kan optreden in cohesief materiaal.

De conclusie is dat er wel een potentieel gevoelige verwekingslaag aanwezig is in:

- sondering 014-S01;
- sondering 015-S01;
- sondering 020-S01.

3.3.2 Gevoeligheidsanalyse CUR152

In CUR152 [D 6.] is een formule gegeven, waarmee op basis van de gemiddelde zandgrofheid (d₅₀) berekend kan worden bij welke minimale laagdikte er sprake is van verwekingsgevoeligheid. Deze formule is afgeleid voor kunstmatig in water opgebouwde zandlichamen. Belangrijk om te vermelden is dat met de formule een verwachtingswaarde wordt bepaald voor de minimale laagdikte, hetgeen kan worden afgeleid uit de trendlijn die gegeven is in figuur 55 uit CUR152 [D 6.], zie Figuur 13. Ten behoeve van de beoordeling van waterkeringen is een veilige ondergrens voor deze trendlijn vastgesteld.

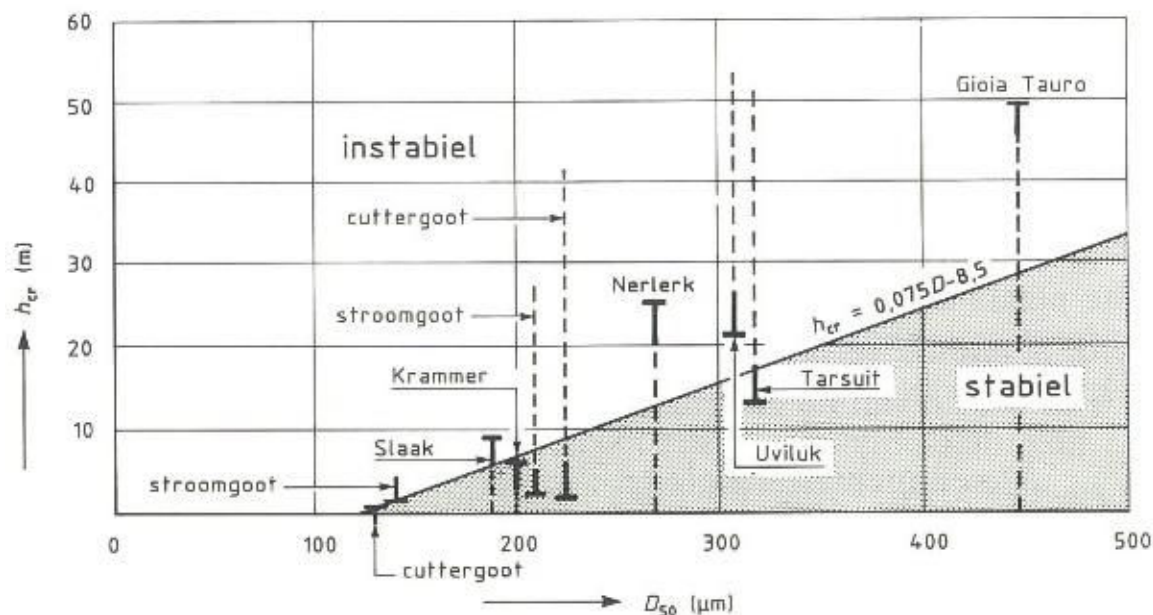


Fig. 55. Kritische taludhoogte.

Figuur 13: trendlijn uit meerdere waarnemingen uit CUR 152

Het uitsluitingscriterium op basis van de laagdikte volgt uit de schematiseringshandleiding zettingsvloeiing, waarin de volgende formule staat vermeld:

$$\text{Laagdikte} > d_{50} * 75,00 - 18,75 \quad (3)$$

Waarin:

- laagdikte in meter [m]
- d50 is de 50-percentielwaarde van de korrelverdeling [m]

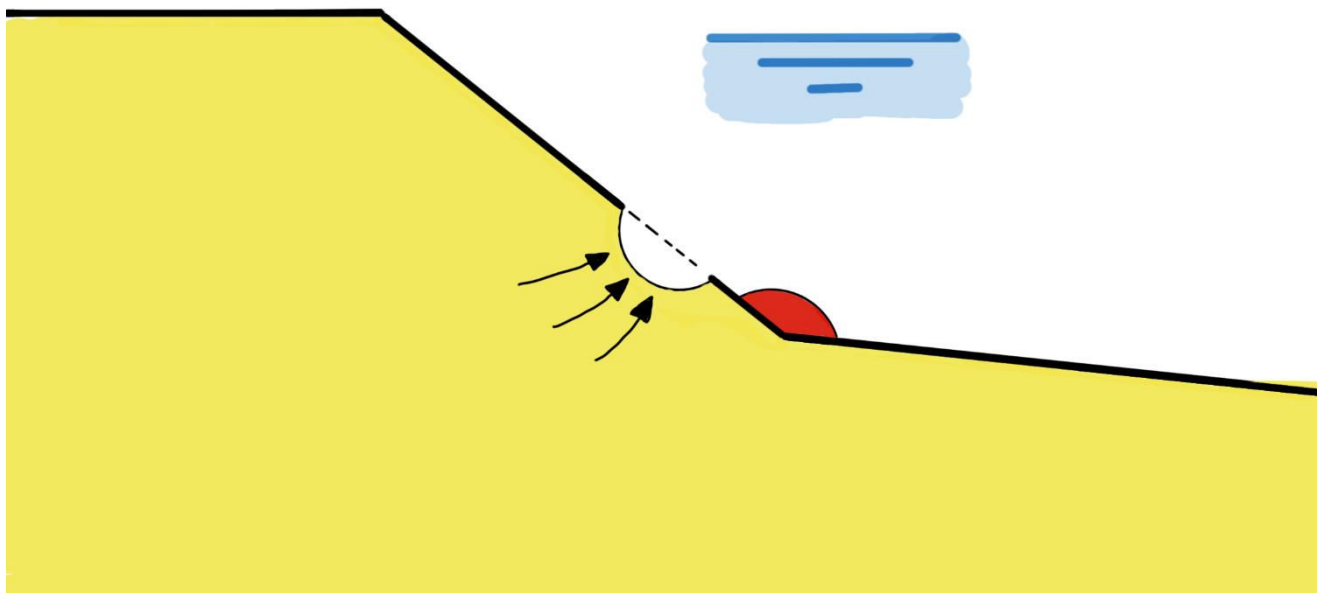
Deze regel is van toepassing als er geen deklaag aanwezig is en d50 gemiddeld groter is dan 0,000250 m. Hieraan wordt voldaan.

De potentieel gevoelige lagen in de sondering zijn vergeleken met de dichtstbijzijnde korrelverdeling(en). Hieruit blijkt dat bij mechanische boring WA18 een afwijkende laag aanwezig is op een hoogte van circa NAP 9 m. In de andere drie mechanische boringen is er geen afwijkende laag met fijn zand aanwezig.

De zandgrofheid d50 in deze afwijkende laag is 320 µm (zie ook Tabel 5). Verweking in dit pakket kan worden uitgesloten bij een laagdikte van 5,25 m of minder. Aangezien de dikte van de potentieel verwekingsgevoelige lagen maximaal slechts 2,5 m is, zal zettingsvloeiing niet optreden.

3.4 Microstabiliteit

Microstabiliteit ontstaat als er grondwater met een bepaalde te grote snelheid toestroomt naar de zandwinplas en zandkorrels meespoelen. Dit speelt hier niet, omdat op de zandwinplas een waterpeil zal worden ingesteld dat past bij de van nature aanwezige stijghoogte in de ondergrond. Eventuele kwel of wegzijging zal derhalve zeer geleidelijk plaatsvinden, zodat de grondwaterstroming onvoldoende energie heeft om zandkorrels mee te voeren.



Figuur 14: schets faalmechanisme microstabiliteit

3.5 Randstrook

Uit de stabiliteitsanalyses volgt dat bij een transportroute van 8 m en een afstand van de teen van de geluidswal tot insteek zandwinning van minimaal 7 m, in totaal 15 m, wordt voldaan aan de eisen voor de afschuifveiligheid. Dit betekent dat een randstrook van 15 m volstaat voor wat betreft afschuiving conform tabel 4 van de CUR113 [D 1.]. Echter, voor verwekingsvloeiing en bresvloeiing volstaat deze randstrookbreedte niet zonder meer conform tabel 4 uit de CUR 113 [D 1.]. Op basis van een vuistregel dient de randstrookbreedte drie, respectievelijk twee maal de putdiepte te zijn (45 en 30 m).

Nu is gebleken dat de minimale breedte van de randstrook op basis van de gedetailleerde methode CUR113 [D 1.] nog niet tot een oordeel veilig kan worden gekomen, is een semi probabilistische beschouwing uitgevoerd.

Hiervoor biedt CUR113 [D 1.] echter alleen handvatten voor verwekingsvloeiing, terwijl bij zandwinning Well – De Kamp 15 bresvloeiing maatgevend is. Voor verwekingsvloeiing kan men de onderstaande formule (4) invullen:

$$P_{\text{verweking}} = \left(\frac{HR}{25m}\right)^2 * \left(\frac{3,5}{\cot\alpha_R}\right)^6 * \left(\frac{1}{10}\right)^{10(R_n-0,4)} * 0,1 \quad (3)$$

Waarin:

- HR de rekenwaarde van de putdiepte [m]
- $\cot\alpha_R$ de taludhelling [-]
- R_n de relatieve dichtheid [-]

Invullen van de putdiepte HR circa 16 m, helling $\cot(a) = 2,5$ en gemiddelde relatieve dichtheid $R_n = 74\%$ (gemiddelde vanaf de grondwaterstand tot verkende diepte) resulteert vervolgens voor verweking in een niet te verwaarlozen kans van $P_{\text{verweking}} = 1,15E-04$.

Het ontbreken in CUR113 [D 1.] van specifieke handvatten voor bresvloeiing kan worden ondervangen door gebruik te maken van de volgende gegevens:

- De benodigde betrouwbaarheid voor de waterkeringen volgt uit de systematiek van WBI2017. De (doel)betrouwbaarheidsindex voor Mohr-Coulomb bedraagt derhalve $\beta = 3,76$ voor stabiliteit (zie OI2014 bijlage A) geldend voor normtraject 60-1.

- Omgerekend (via de inverse van de Gauss verdeling) is dit een kans van $4,25E-03$ voor de levensduur van 50 jaar (de beoogde referentieperiode van de groene waterkering).
- De faalruimte voor bresvloeiing is dus $4,25E-03 - 1,15E-04 = 4,14E-03$.
- De kans dat er schade optreedt (inscharing $> 15,0$ m) EN er voldoende dikke en stijve stoorlagen aanwezig zijn EN dat het computer- en GPS-gestuurde zandwinproces tot een bresgevoelige situatie leidt, bedraagt volgens kans inschattingen op basis van Tabel 12 circa $P_{bres} = 0,3 * 0,3 * 0,01 = 9,04E-04$.
- $9,04E-04 < 4,14E-03 \rightarrow$ **Voldoet**

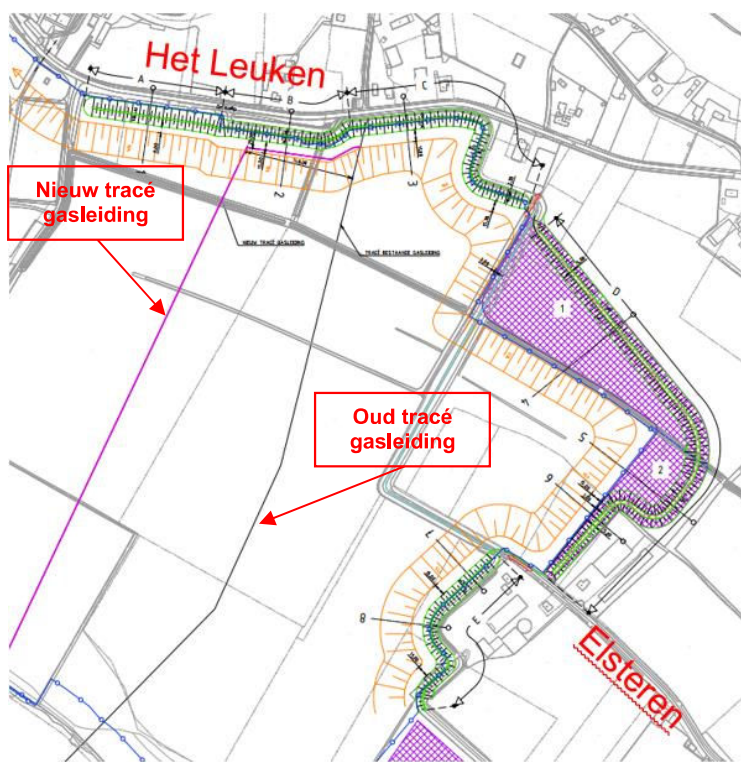
De inschatting van de bovengenoemde kansen is gebaseerd op een overzicht in de POV-macrostabieliteit publicatie grondverbeteringen (zie Tabel 12). Via deze redenering kan dus inzichtelijk worden gemaakt dat de randstrook voldoende breed en daarmee veilig is. De kans op een inscharing is aannemelijk ingeschat, want in de praktijk worden vooral inscharingen van < 10 m waargenomen (bron: CUR-113, pagina 31 [D 1.]). De kans op voldoende dikke en stijve stoorlagen kan op basis van de beschikbare sonderingen niet anders dan aannemelijk worden aangehouden, want er zijn immers stoorlagen zichtbaar doch deze zijn niet allemaal even dik (maximaal 0,5 m) en ook niet bijzonder stevig (de lagen zijn normaal geconsolideerd). De kans is dus uitlegbaar kleiner dan 0,5 waarbij de verbale expressie “waarschijnlijk” past. Het zandwinproces is tegenwoordig, in tegenstelling tot vroeger, een zeer beheerst en computer- en GPS-gestuurd proces waardoor het eigenlijk niet aannemelijk mag worden geacht dat hierdoor een situatie met kans op bressen ontstaat. Het is daarom ook uitlegbaar om hiervoor een nog kleinere kans dan 0,01 aan te houden.

Tabel 12: getalsmatige uitdrukking faalkansen, vrij naar Lacasse & Nadim, 1998 (bron: PPG)

Verbale expressie	Niet aannemelijk	Zeer onwaarschijnlijk	Onwaarschijnlijk	Aannemelijk	Waarschijnlijk
Kans van optreden	$< 0,001$	$< 0,01$	$< 0,1$	$0,2 - 0,4$	$> 0,5$

3.6 Gasleiding

In deze paragraaf wordt ingegaan op de invloed van de aanwezige gasleiding. De gasleiding wordt in de nieuwe situatie geplaatst parallel aan de waterkering/geluidswal. In Figuur 15 zijn de huidige locatie (zwarte lijn) en de nieuwe situatie (paarse lijn) van de gasleiding opgenomen.



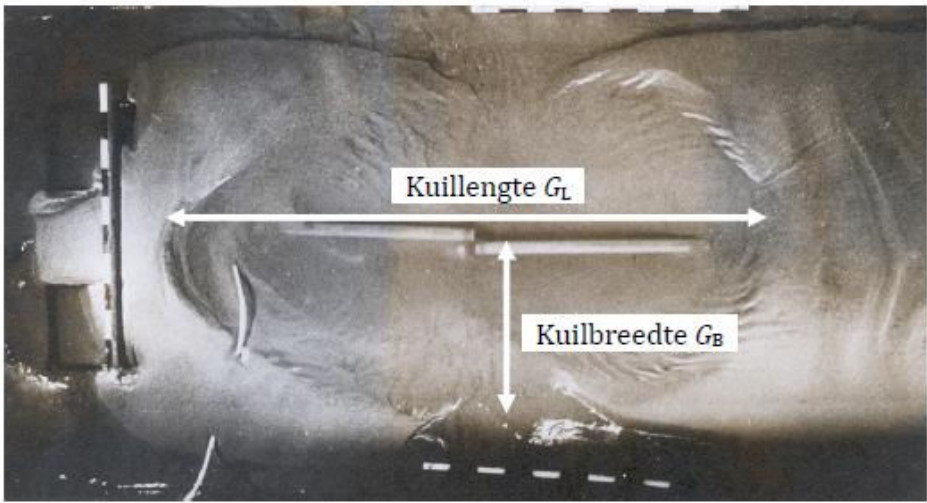
Figuur 15: huidige (zwarte lijn) en nieuwe situatie (paarse lijn) gasleiding

De informatie met betrekking tot de gasleiding is geleverd door de Gasunie en Kampergeul B.V. en samengevat in Tabel 13.

Tabel 13: gegevens gasleiding

Gegevens van de leiding			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Gas	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 4	N/mm ²
Omgevingsdruk	p_{omg}	= 0,1	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ_{omg}	= 0,833	kg/m ³
Expansie constante	κ	= 1,33	
Grondsoort		= Zand	
Vochtgehalte	w	= 6	%
Uitwendige middellijn	D_e	= 219,1	mm
Wanddikte	d_n	= 5,56	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 207,98	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1	m

De berekening van de veiligheidszone (erosiekrater) is gedaan conform NEN3650/3651:2020. Omdat de leiding parallel ligt aan de geluidswal/waterkering is met name de veiligheidszone G_B van belang, G_B is de kuilbreedte. In Figuur 16 is een voorbeeld van de kuilbreedte weergegeven.



Figuur A.1.b — Bepaling erosiezone van gasleidingen

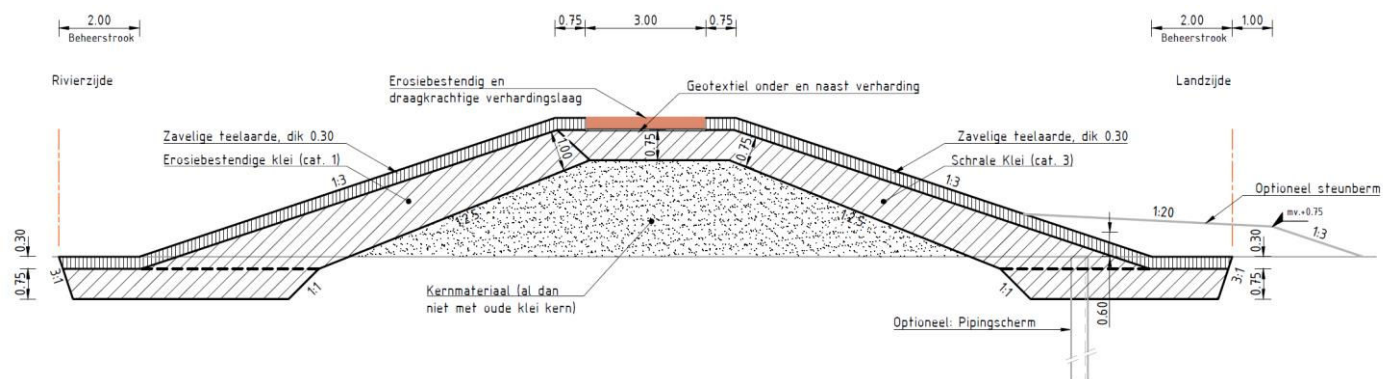
Bij volledige afschuiving en tweezijdige uitstroming: $G_L = 2 G_B$ — Bij groot gat in zijkant of eenzijdige uitstroming: $G_L = G_B$

Figuur 16: bepaling erosiezone van gasleidingen

Uit de berekening volgt een maximale kuilbreedte (G_B) van 12,1 m en een maximale kuillengte (G_L) van 24,2 m indien er sprake is van een volledige breuk in de leiding en tweezijdige uitstroming. De diepte van de erosiekrater D_K is 1,35 m ten opzichte van het maaiveldniveau.

De erosiezone mag geen negatieve invloed hebben op de waterkering. In Figuur 17 is een standaard profiel weergegeven van een waterkering bij waterschap Limburg. Naast de buitenteen is een beheerstrook aanwezig van 2 m. Door de gasleiding met de hartlijn op meer dan 14,22 m van de buitenteen te plaatsen

(beheerstrook + GB + 0,5*diameter = 2 + 12,1 + 0,11) is er geen negatieve invloed van de erosiezone van de gasleiding op de waterkering.



Figuur 17: standaard profiel waterkering waterschap Limburg

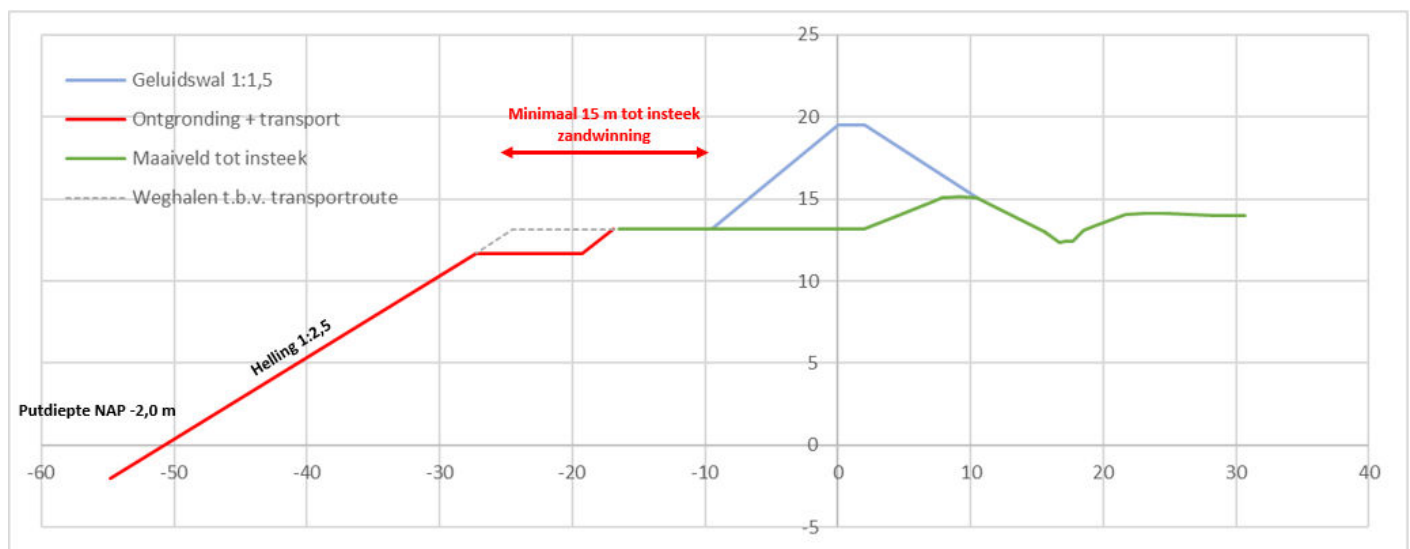
4 Conclusies

Ten zuiden van 't Leuken is een zandwinning gepland. Er dient een ontgrondingsprofiel gerealiseerd te worden dat voldoet aan de eisen vanuit CUR113 [D 1.], zodat er geen significante risico's bestaan voor de naastgelegen waterkering. Met de analyses is bepaald of het geplande onderwaterprofiel van de ontgraving voldoet of dat er aanpassingen nodig zijn. De relevante faalmechanismen die zijn beschouwd:

1. Afschuiven/instabiliteit van het talud van de zandwinning, de kade en de geluidswal.
2. Bresvloeiing in de zandwinning.
3. Verwekingsvloeiing in de zandwinning.
4. Microstabiliteit in de zandwinning.

Naast deze vier geotechnische mechanismen zijn ook de randstrook en gasleiding beschouwd. Per faalmechanisme is het volgende geconcludeerd.

Het benodigde profiel volgens CUR113 [D 1.] en de stabiliteitsanalyses van het talud van de zandwinning is weergegeven in Figuur 18.



Figuur 18: benodigd profiel volgens CUR113 en stabiliteitsanalyses (inclusief geluidswal)

Geometrie tijdelijke waterkering

In sectie D is er een tijdelijke waterkering met daarnaast een depot voorzien. Eerst wordt de tijdelijke waterkering aangelegd en vervolgens wordt de huidige waterkering ontgraven. Voor (rivierwaarts van) de tijdelijke waterkering wordt waarschijnlijk een depot aangelegd voor het tijdelijk opslaan van vrijgekomen grond.

De dimensies van de tijdelijke waterkering zijn opgenomen in Figuur 19.



Figuur 19: dimensies tijdelijke waterkering in dwarsprofiel

Zowel een buiten- als binnentalud met een 1:4 helling worden veilig geacht. De standaard schematisering van een waterkering heeft meestal een 1:3 talud. Er dient wel een toplaag van klei aangebracht te worden aan de buitenzijde om erosie van de (zandige) kern bij hoogwater te voorkomen. Ook dient de toplaag te worden ingezaaid met gras in verband met erosie. De grasmat zal pas na enkele jaren haar eindsterkte hebben bereikt. Tot die tijd waarborgt de (rest)sterkte van de kleilaag aan de buitenzijde de waterveiligheid.

Afschuiven van het talud van de geluidswal, kade en het depot

Er zijn in totaal twee varianten beschouwd, waarin ook de gevoeligheid voor de aardbevingen is meegenomen.

Bij alle varianten voldoet de kleine Bishop glijcirkel door de geluidswal niet aan de vereiste stabiliteitseis. Echter is uit praktijkervaring gebleken dat de geluidswal met een talud van 1:1,5 blijft staan.

Afschuiving van het talud van de zandwinning

Er zijn in totaal vier profielen berekend. Van deze vier profielen is vervolgens de optimale helling en diepte van de zandwinput bepaald. Tevens is de gevoeligheid voor aardbevingen in beeld gebracht. Het onderwatertalud kan vanwege afschuiving worden uitgevoerd met een helling van 1:2,5 en tot een diepte van NAP -2,0 m.

Bresvloeiing

Drie van de vier korrelverdelingen voldoen aan de gestelde voorwaarden uit de eenvoudige beoordeling. Bij boring WA19 is aan de onderzijde van de bouwput lokaal zeer fijn zand aanwezig, vermoedelijk een lokale verhoging van Kiezeloöliet afzettingen met fijnere zanden. Volgens de CUR113 is hier dan een platberm noodzakelijk. Echter uit ervaring is gebleken dat tijdens het winnen van zand al een soort van tussenberm ontstaat door mors. Hierdoor is het realiseren van een tussenberm vlak boven de putbodem niet noodzakelijk en kan het talud van de zandwinning in principe worden ontworpen met hellingen van 1:2,5.

Verwekingsvloeiing

De uitgevoerde sonderingen zijn met de formule van Baldi beschouwd of aan de minimeis voor de relatieve dichtheid wordt voldaan. Uit de beschouwing blijkt dat er potentieel verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn in drie sonderingen. Van deze lagen is de korrelverdelingen vastgesteld. Alleen bij mechanische boring WA18 blijkt een afwijkende laag aanwezig te zijn op een hoogte van circa NAP 9 m. In de andere drie mechanische boringen is er geen afwijkende laag met fijn zand gevonden.

Uit de geavanceerde beoordeling conform CUR152 [D 6.] blijkt vervolgens dat verweking van het fijne zand kan worden uitgesloten. De dikte van het potentieel verwekingsgevoelige laag is met 2,5 m half zo dik als toegestaan (5,25 m).

Microstabiliteit

Microstabiliteit speelt hier niet, omdat op de zandwinplas een waterpeil zal worden ingesteld dat past bij de van nature aanwezige stijghoogte in de ondergrond.

Randstrook

Aangetoond is dat een randstrook van minimaal 15 m tot een voldoende veilige situatie leidt.

Gasleiding

De maximale kuilbreedte G_B is 12,1 m. De erosiezone van de gasleiding mag geen negatieve invloed hebben op de waterkering. Volgens standaard profielen van waterschap Limburg is er na de buitenteen een beheerzone van 2 m aanwezig. Door de hartlijn van de gasleiding op meer dan 14,22 m vanaf de buitenteen te plaatsen heeft de erosiezone geen negatieve invloed op de waterkering.

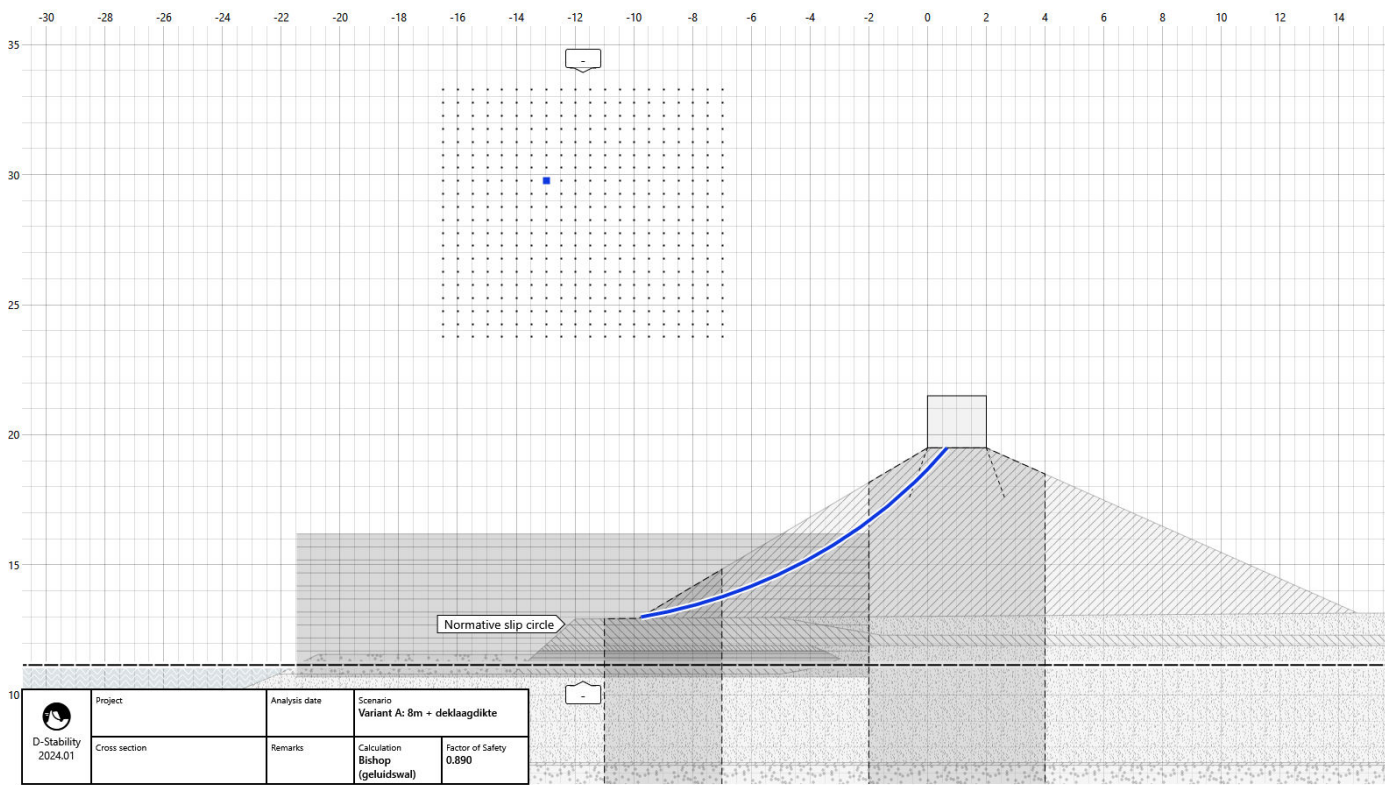
5 Referenties

- [D 1.] Oeverstabiliteit bij zandwinputten. CUR-aanbeveling 113, augustus 2008.
- [D 2.] Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017. WBI 2017, 2017.
- [D 3.] Ontwerp instrumentarium 2014. OI2014v4, december 2016.
- [D 4.] Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels. NEN 9997-1+C2, november 2017.
- [D 5.] STOWA Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen. STOWA LVTRW 2015-15, 28 mei 2015.
- [D 6.] Kunstmatig in het water opgebouwde zandlichamen. CUR-aanbeveling 152, april 1991.

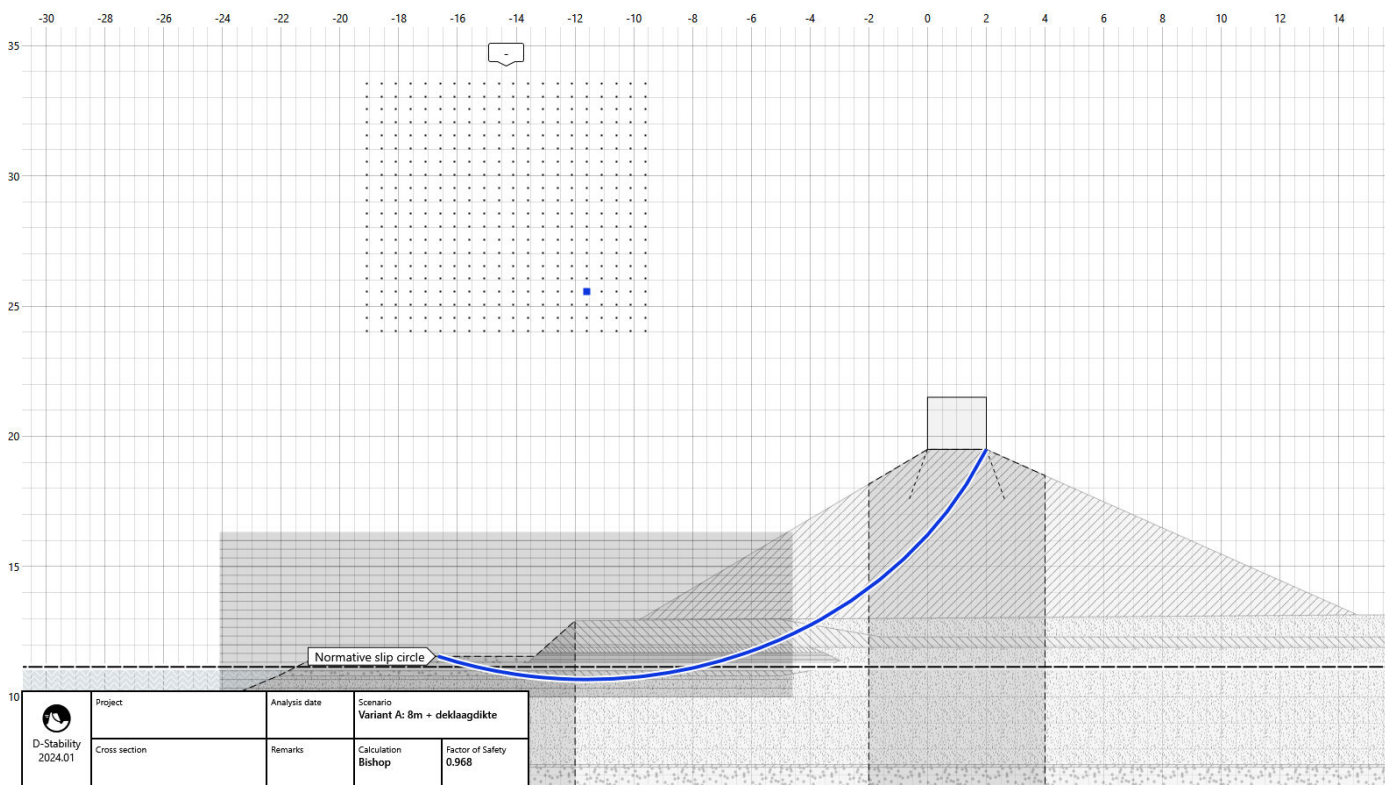
Bijlage A – Geotechnisch grondonderzoek (archief)

Het geotechnische archief is digitaal opgenomen.

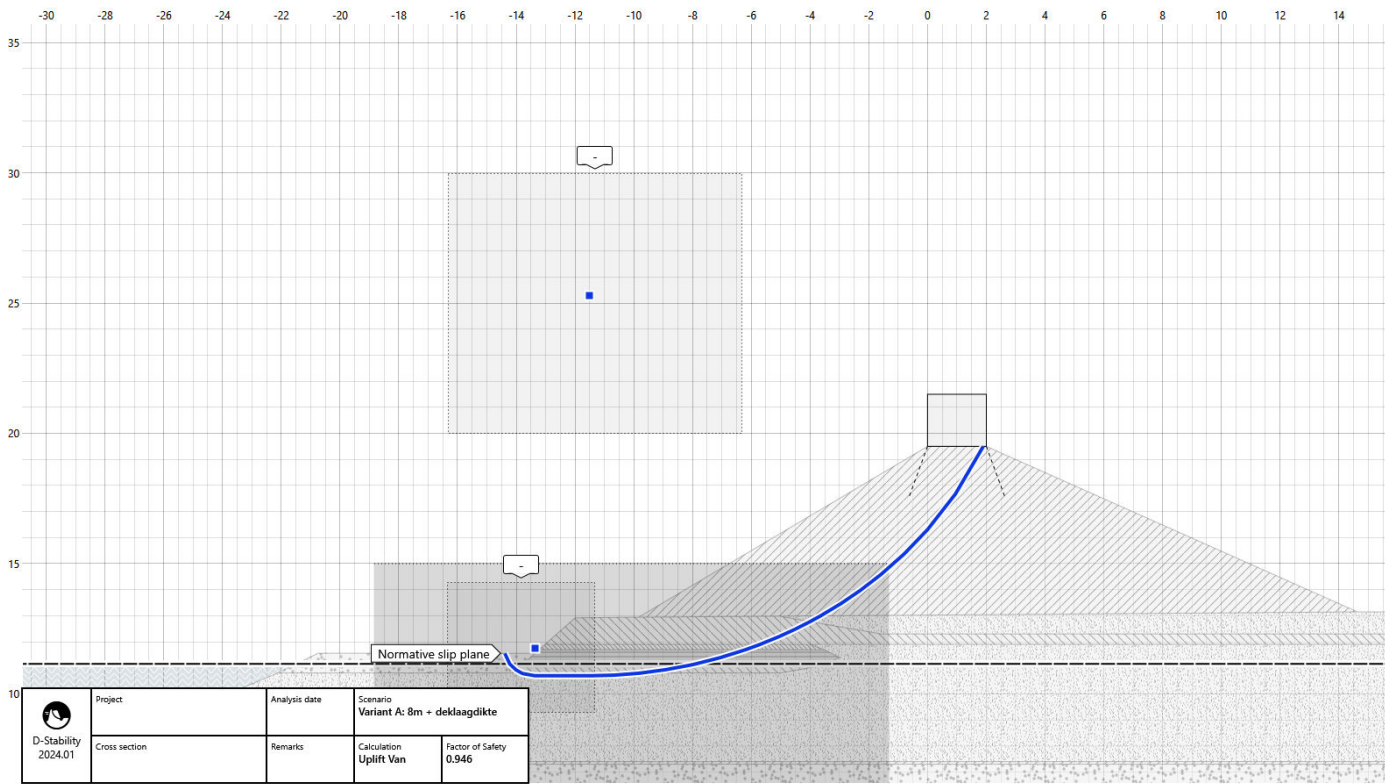
Bijlage B – Glijvlakberekeningen geluidswal / kade
Profiel 1, variant A, Bishop (geluidswal), exclusief aardbevingsbelasting



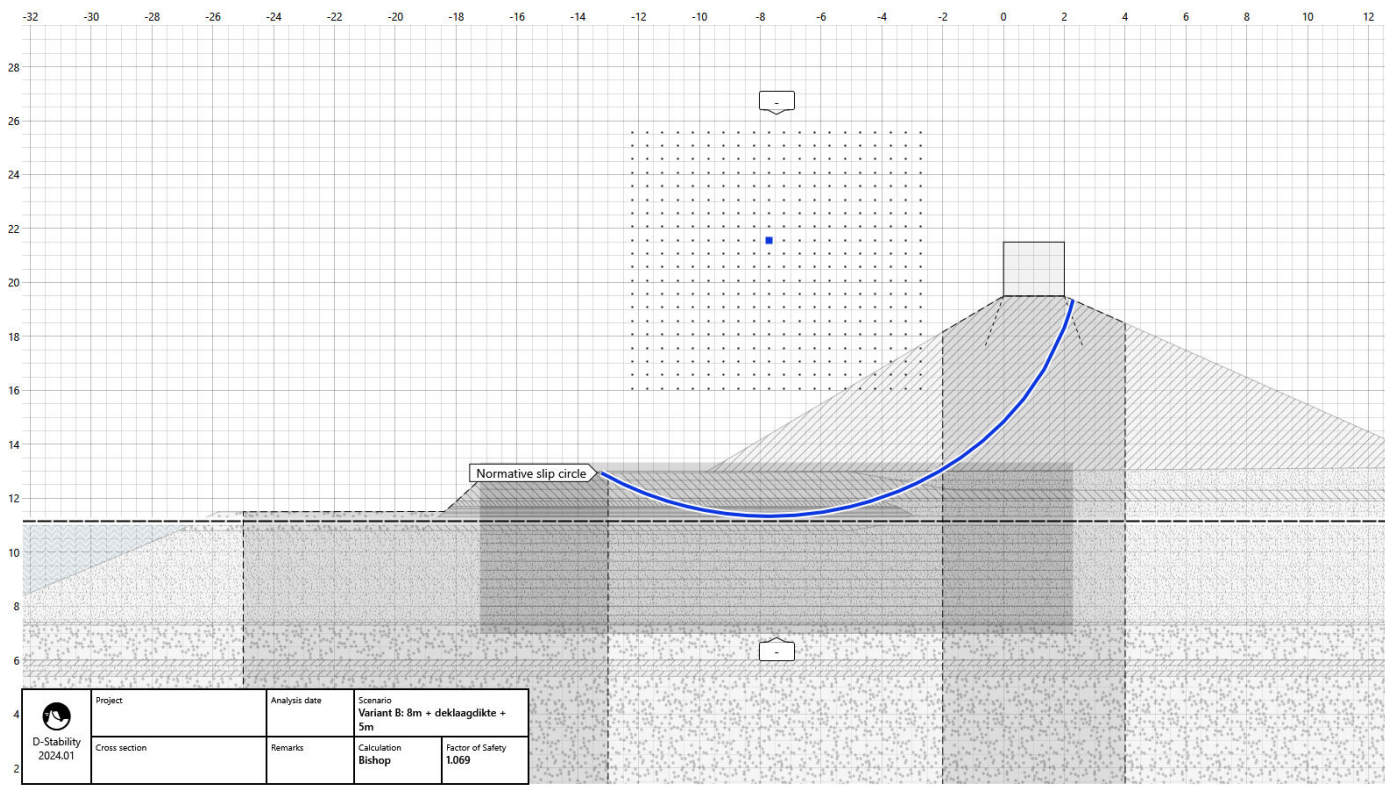
Profiel 1, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



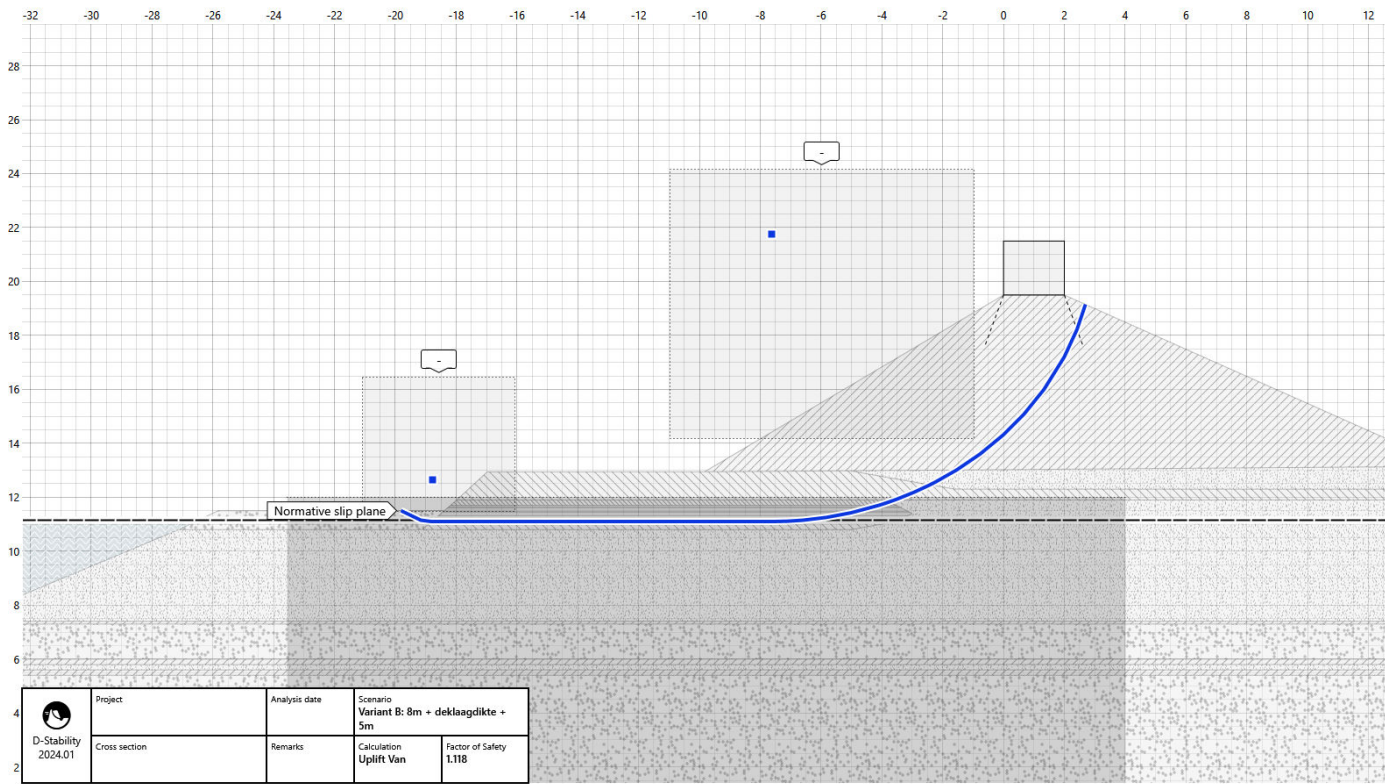
Profiel 1, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



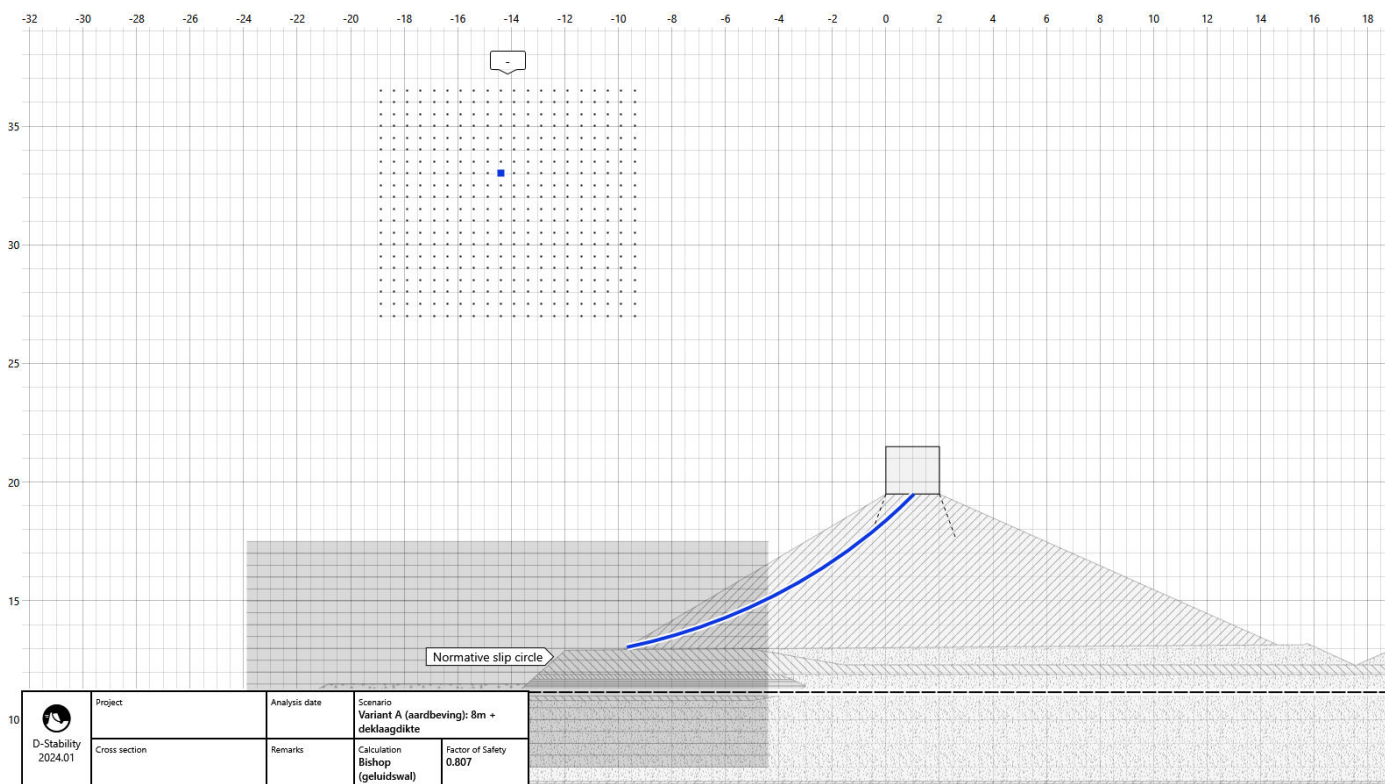
Profiel 1, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



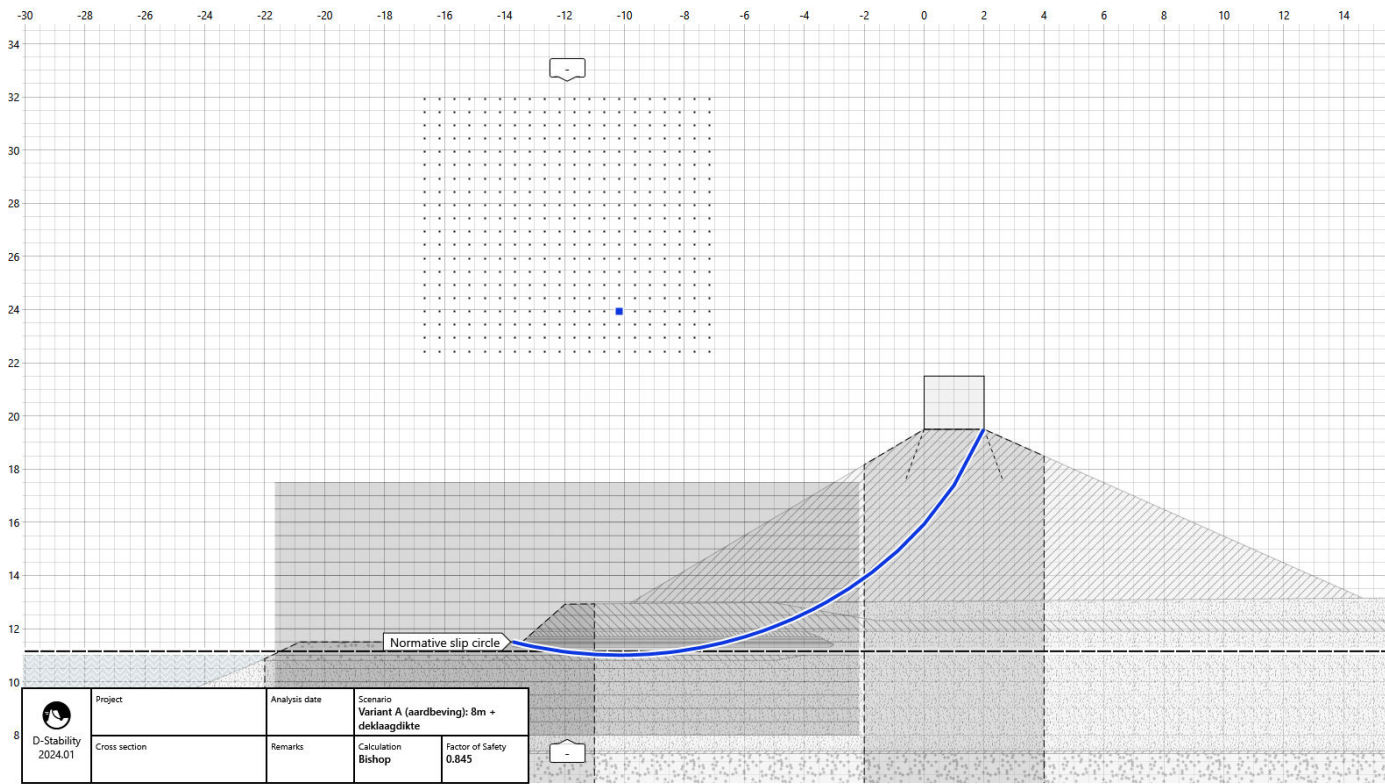
Profiel 1, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



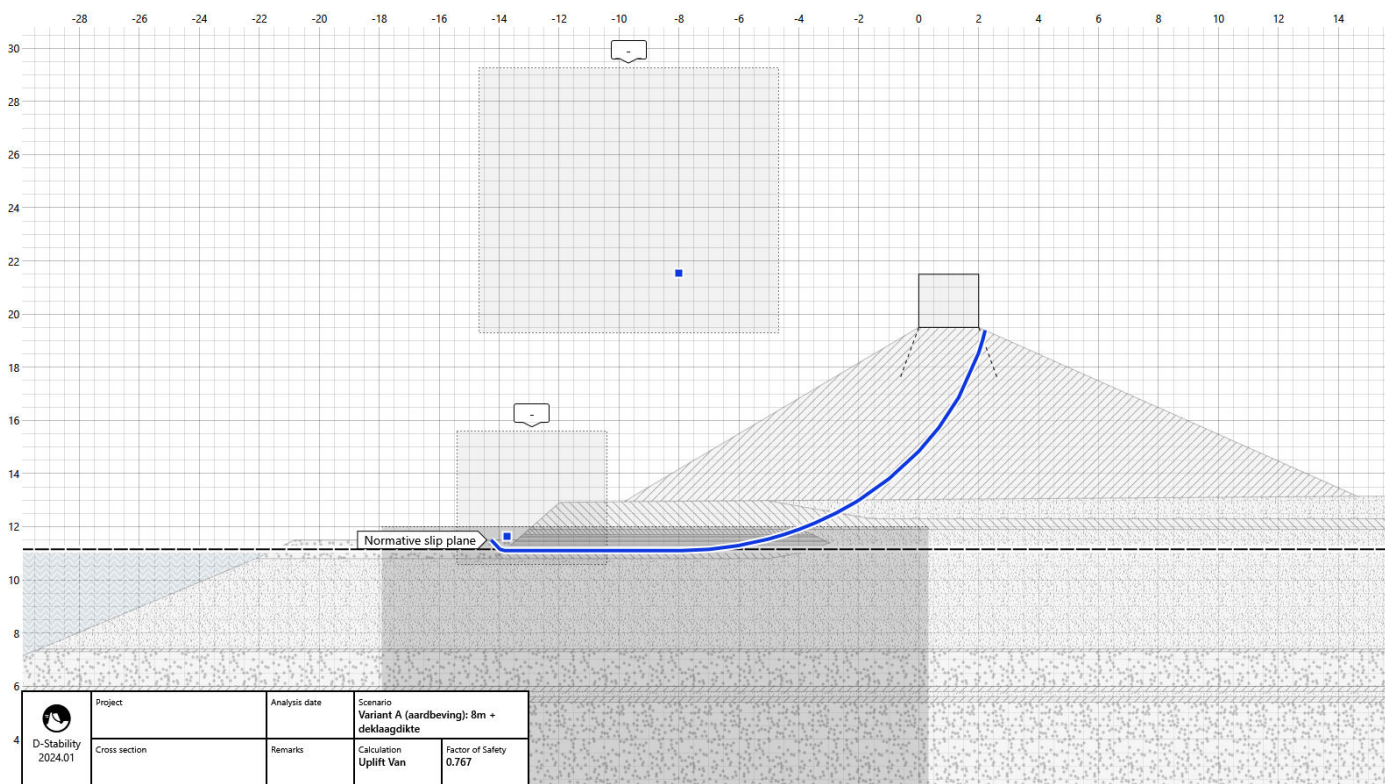
Profiel 1, variant A, Bishop (geluidswal), inclusief aardbevingsbelasting



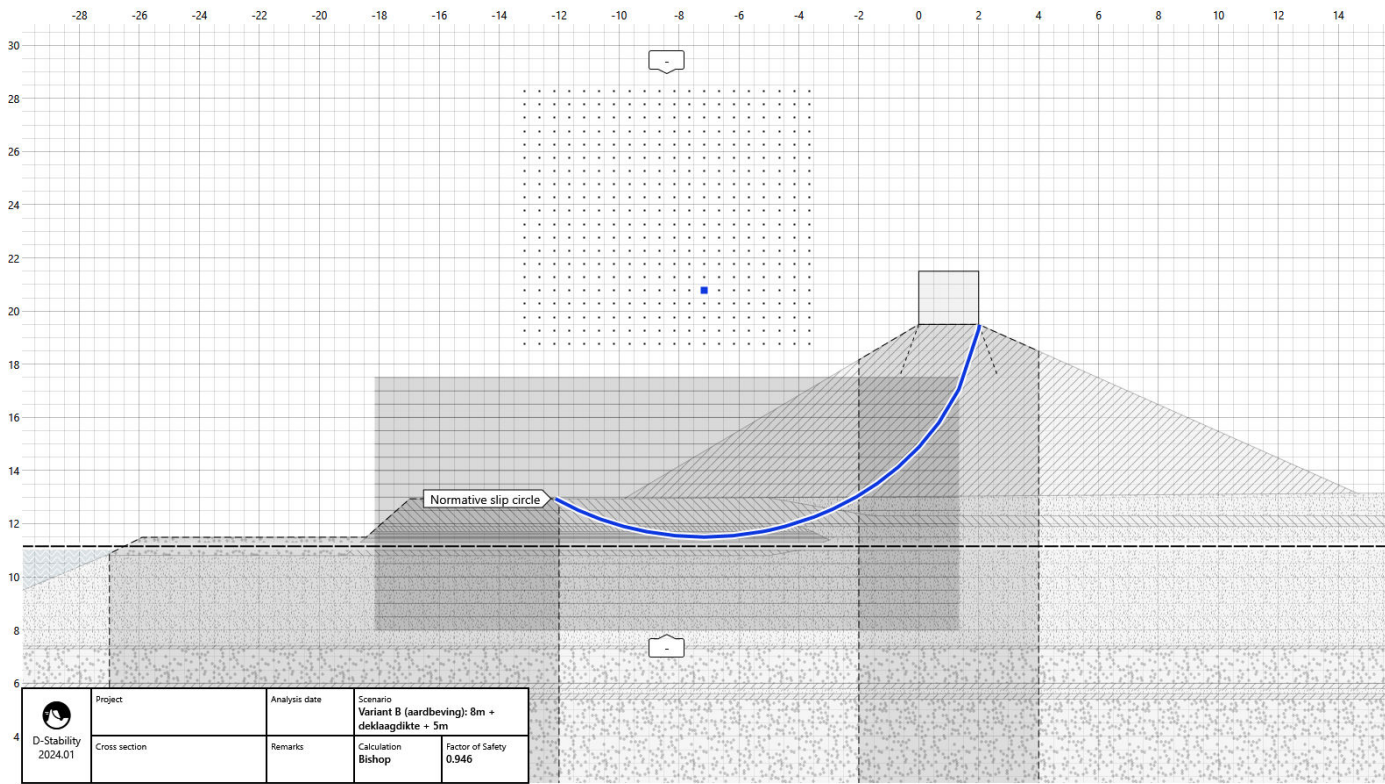
Profiel 1, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



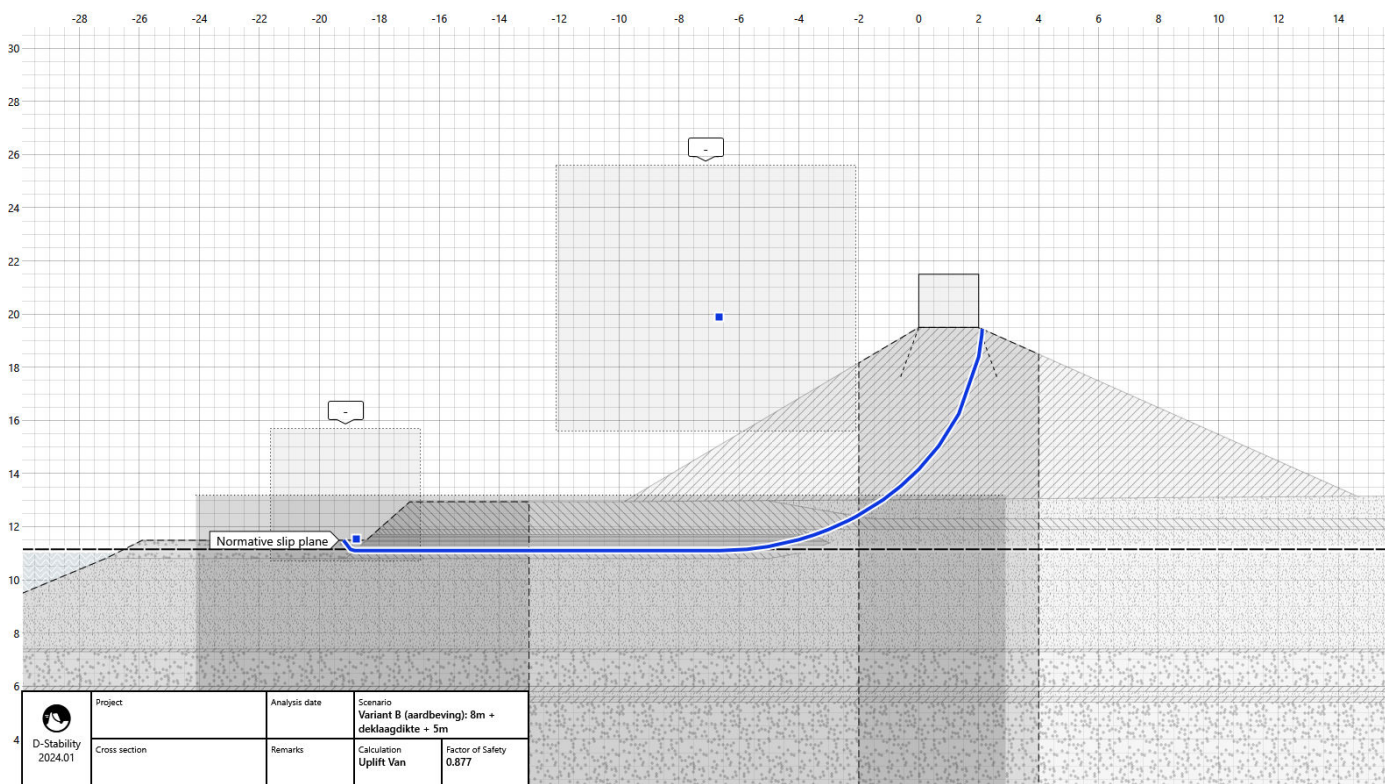
Profiel 1, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



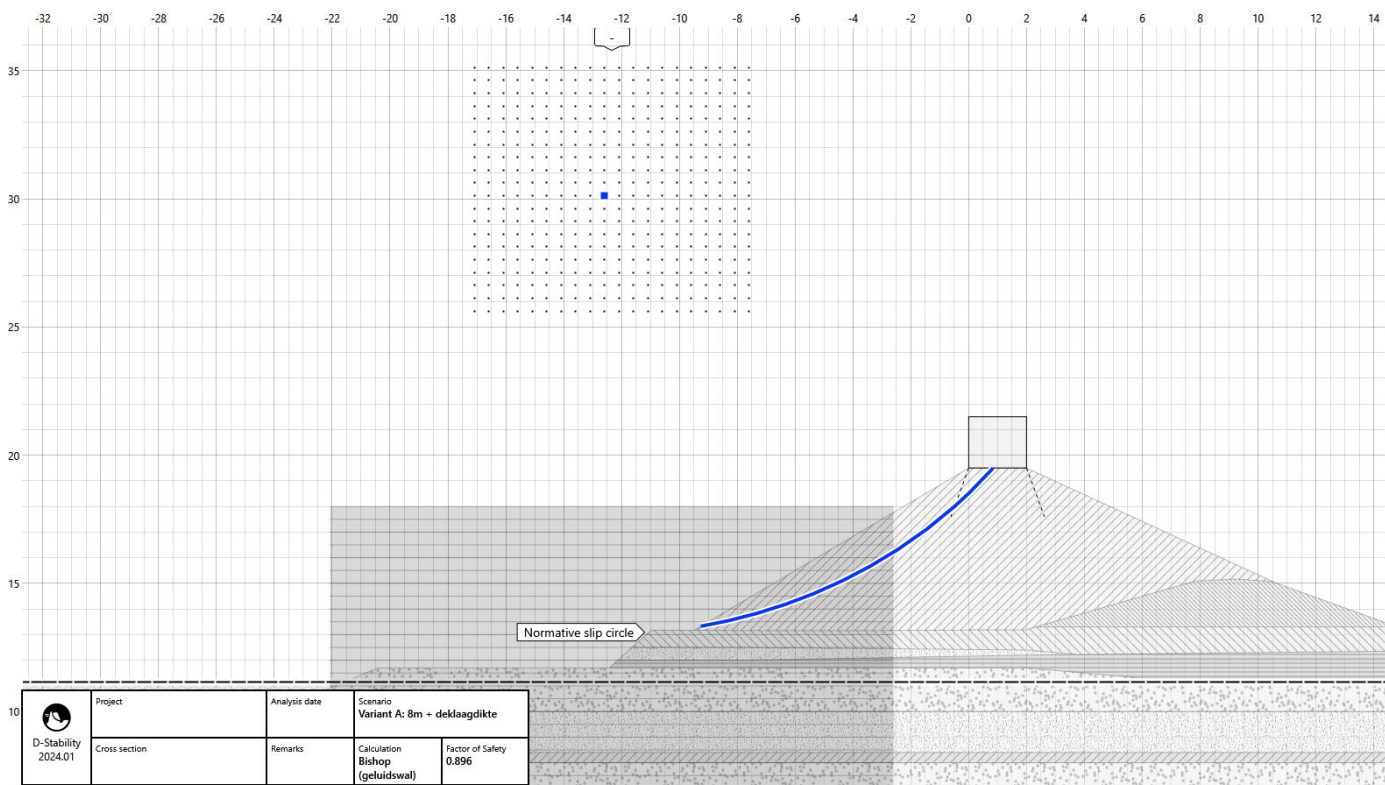
Profiel 1, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



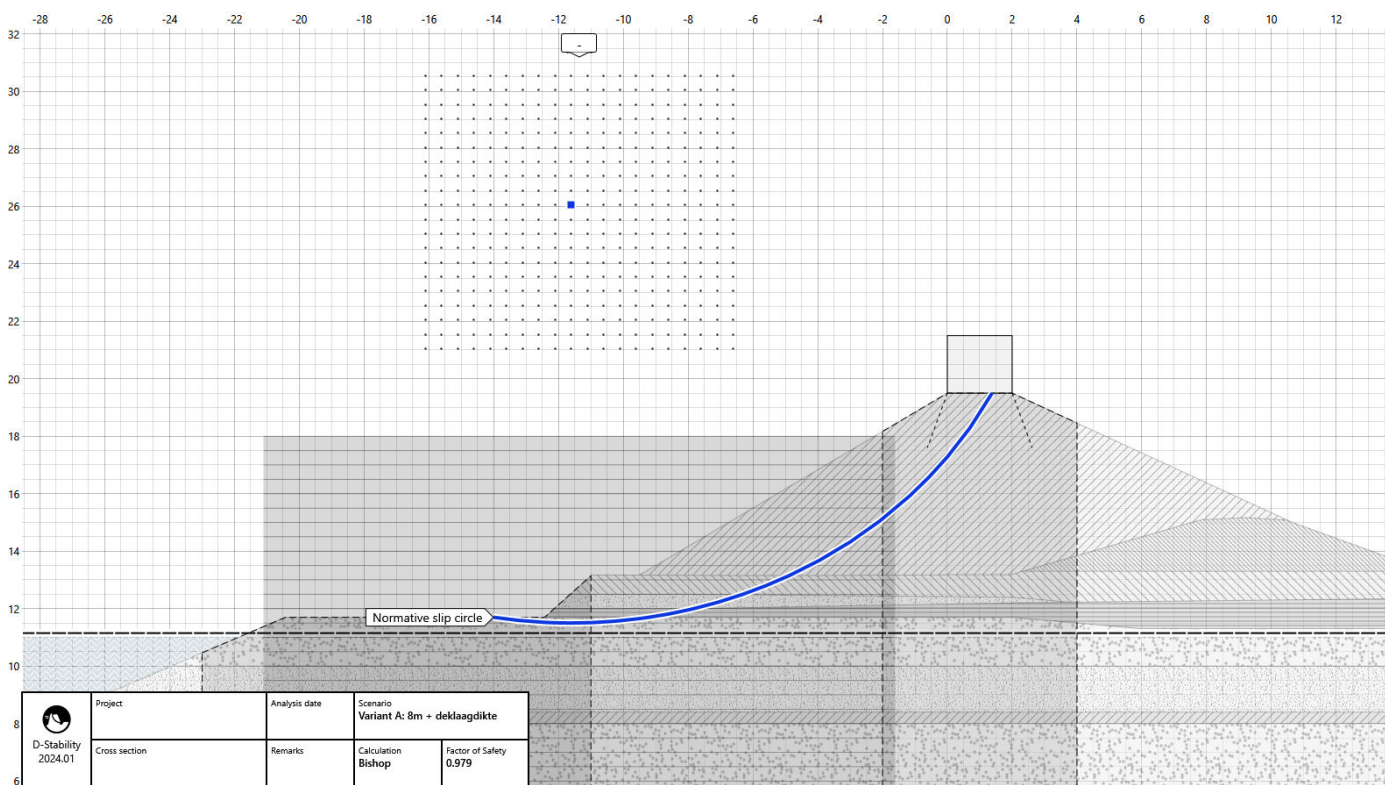
Profiel 1, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



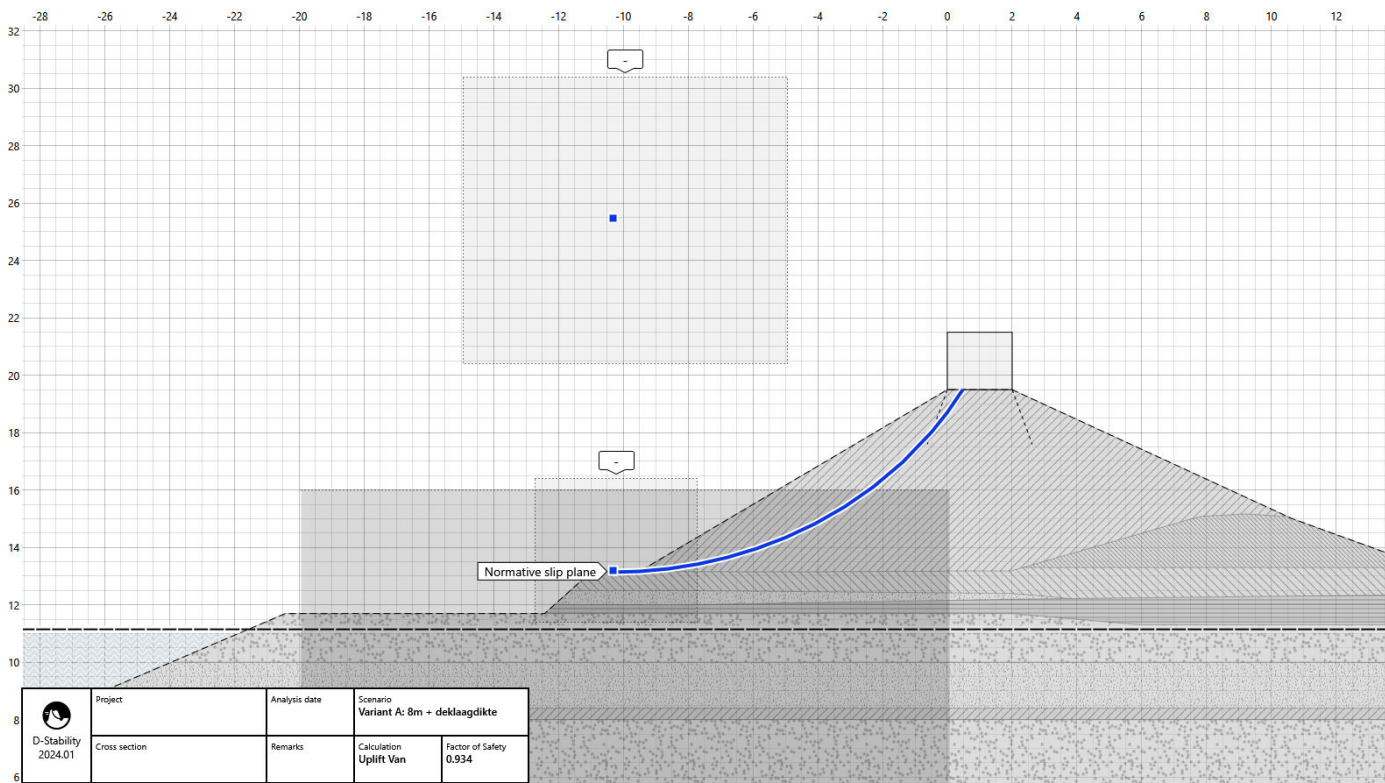
Profiel 2, variant A, Bishop (geluidswal), exclusief aardbevingsbelasting



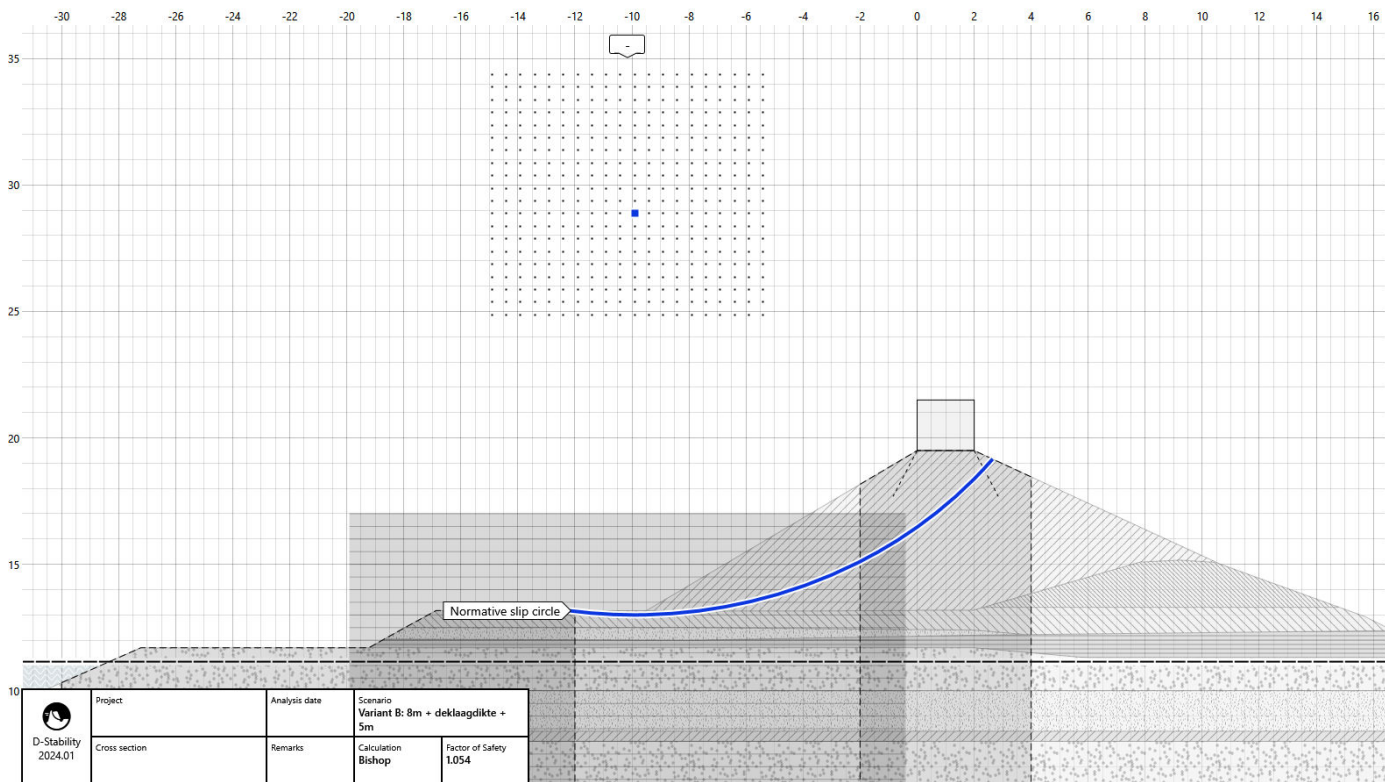
Profiel 2, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



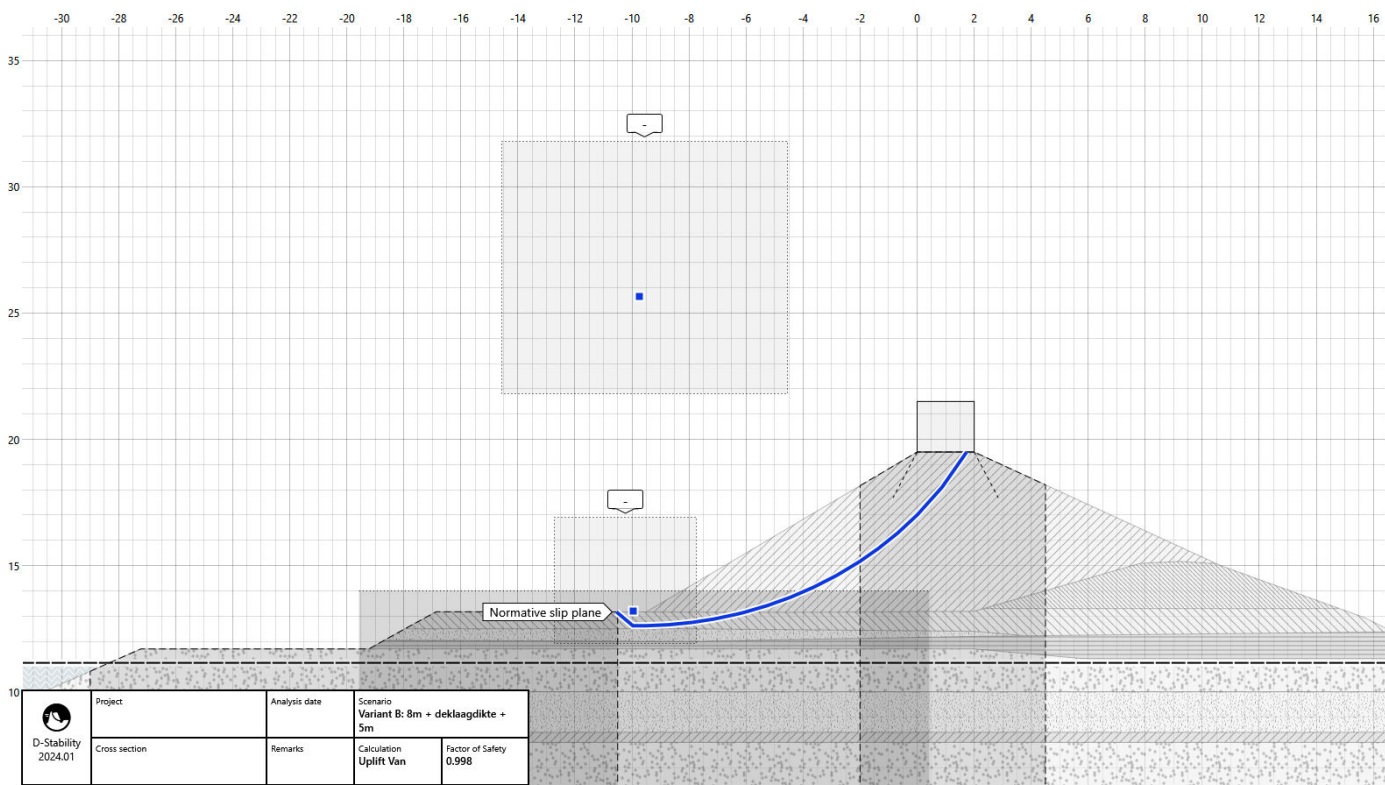
Profil 2, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



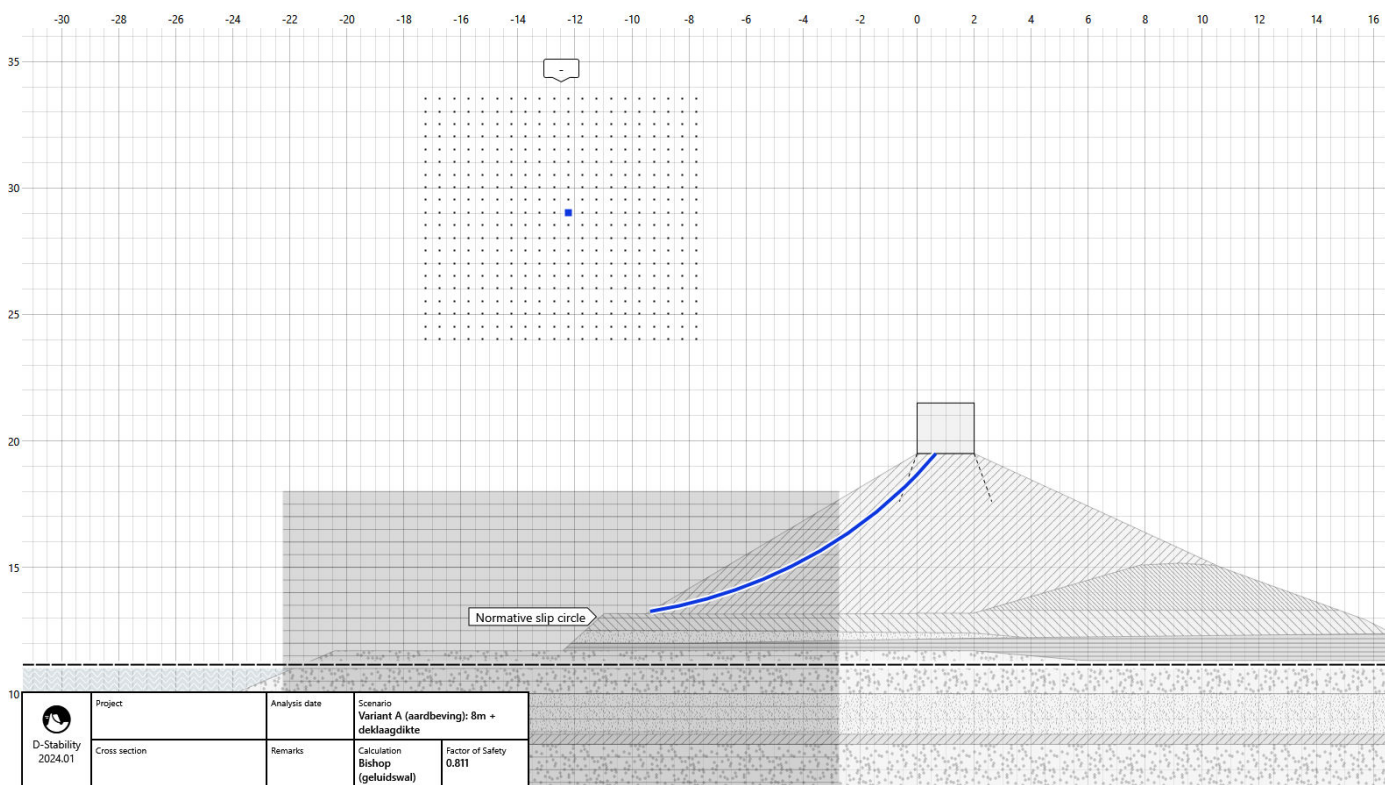
Profil 2, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



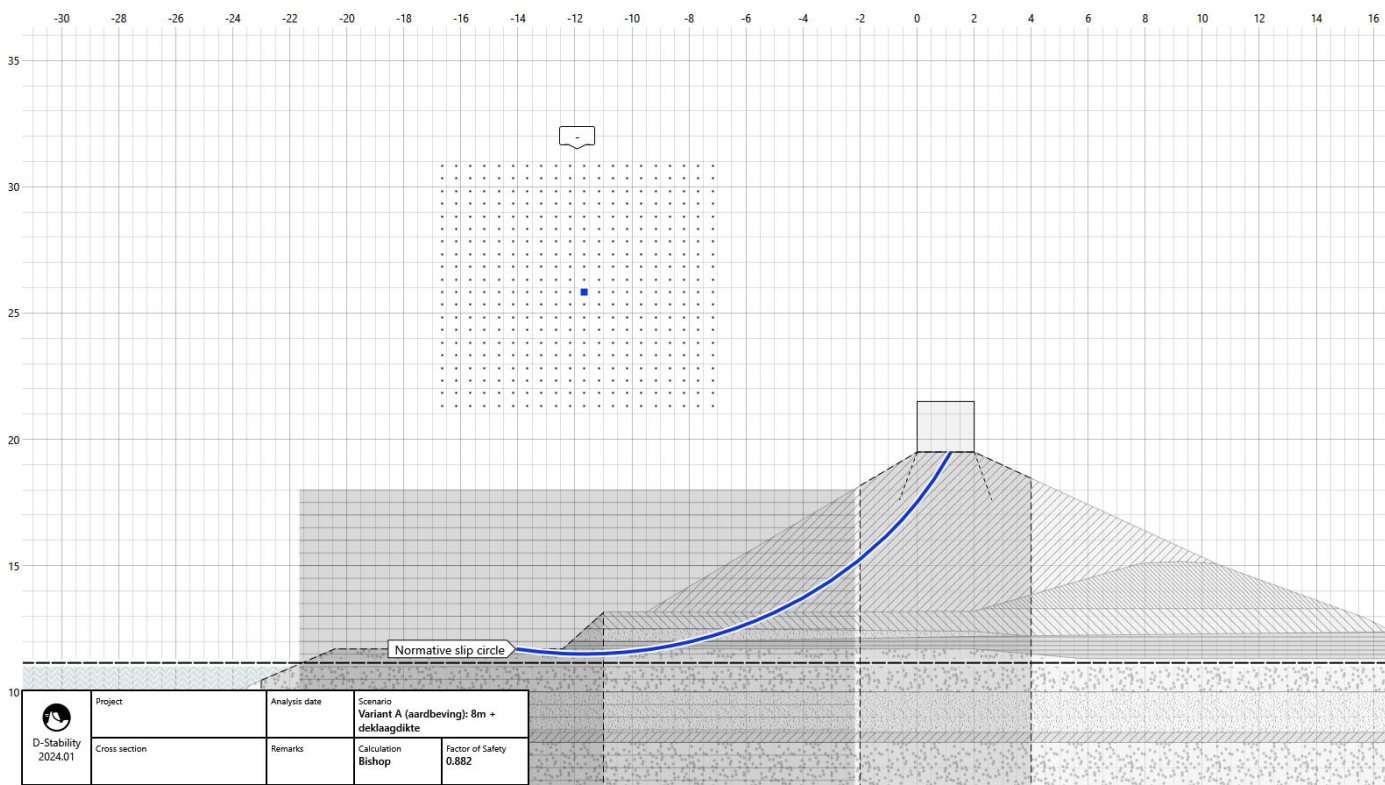
Profil 2, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



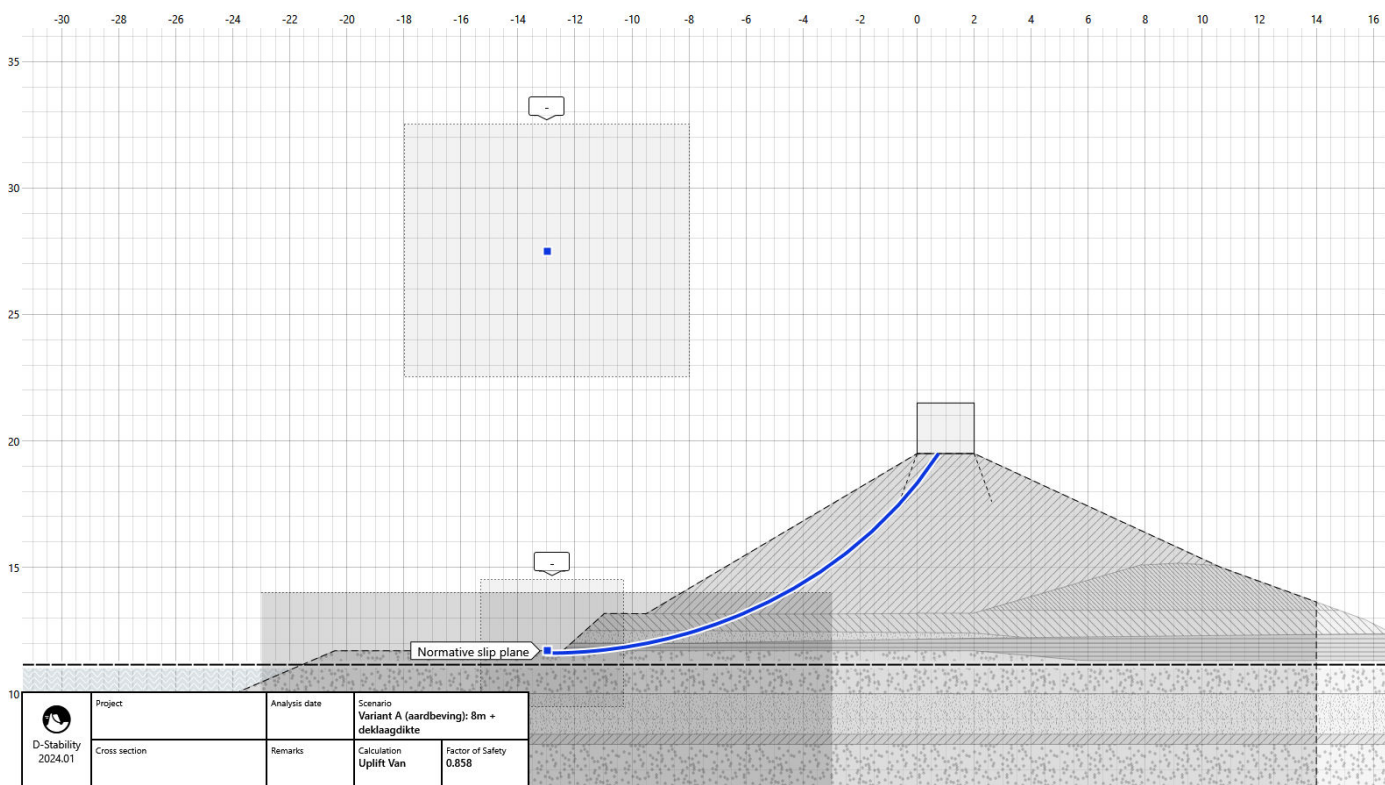
Profil 2, variant A, Bishop (geluidswal), inclusief aardbevingsbelasting



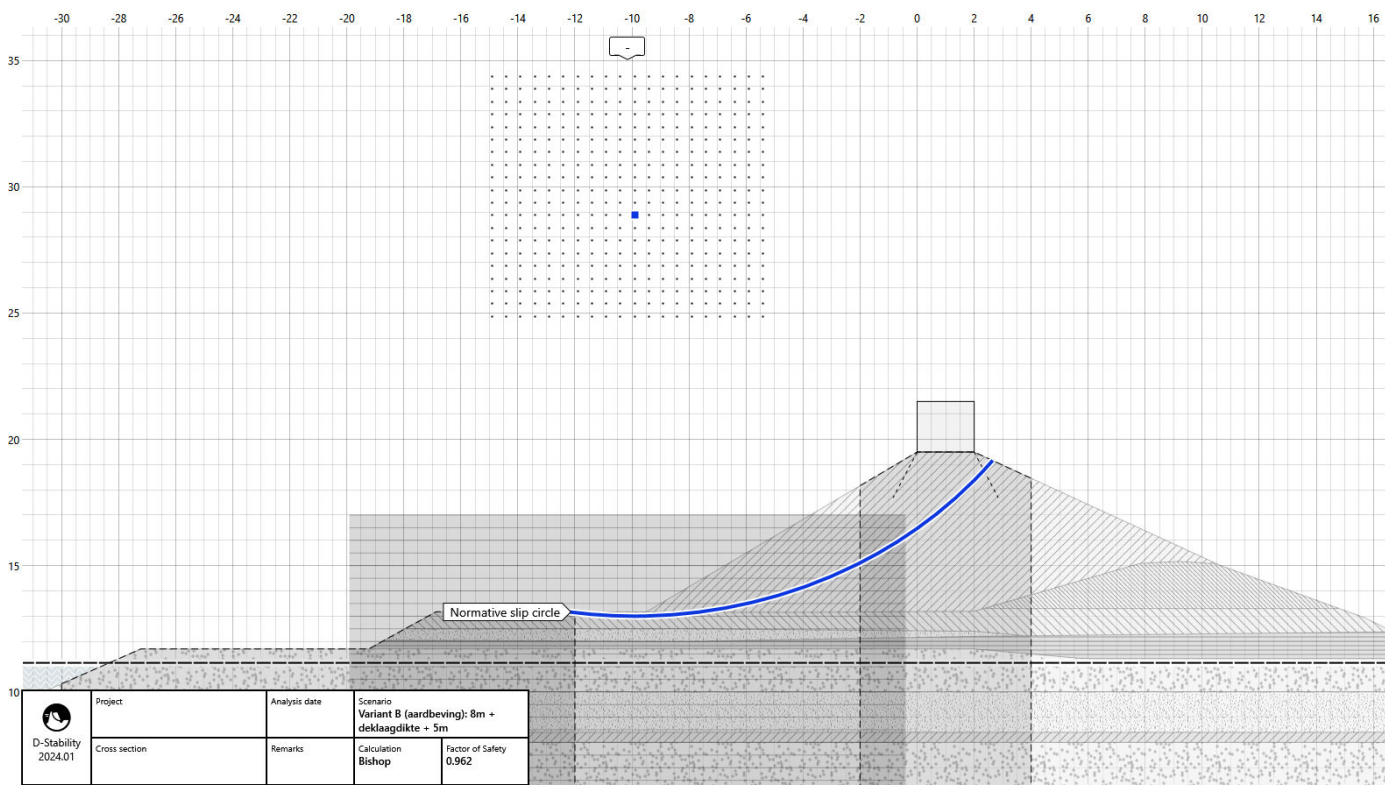
Profiel 2, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



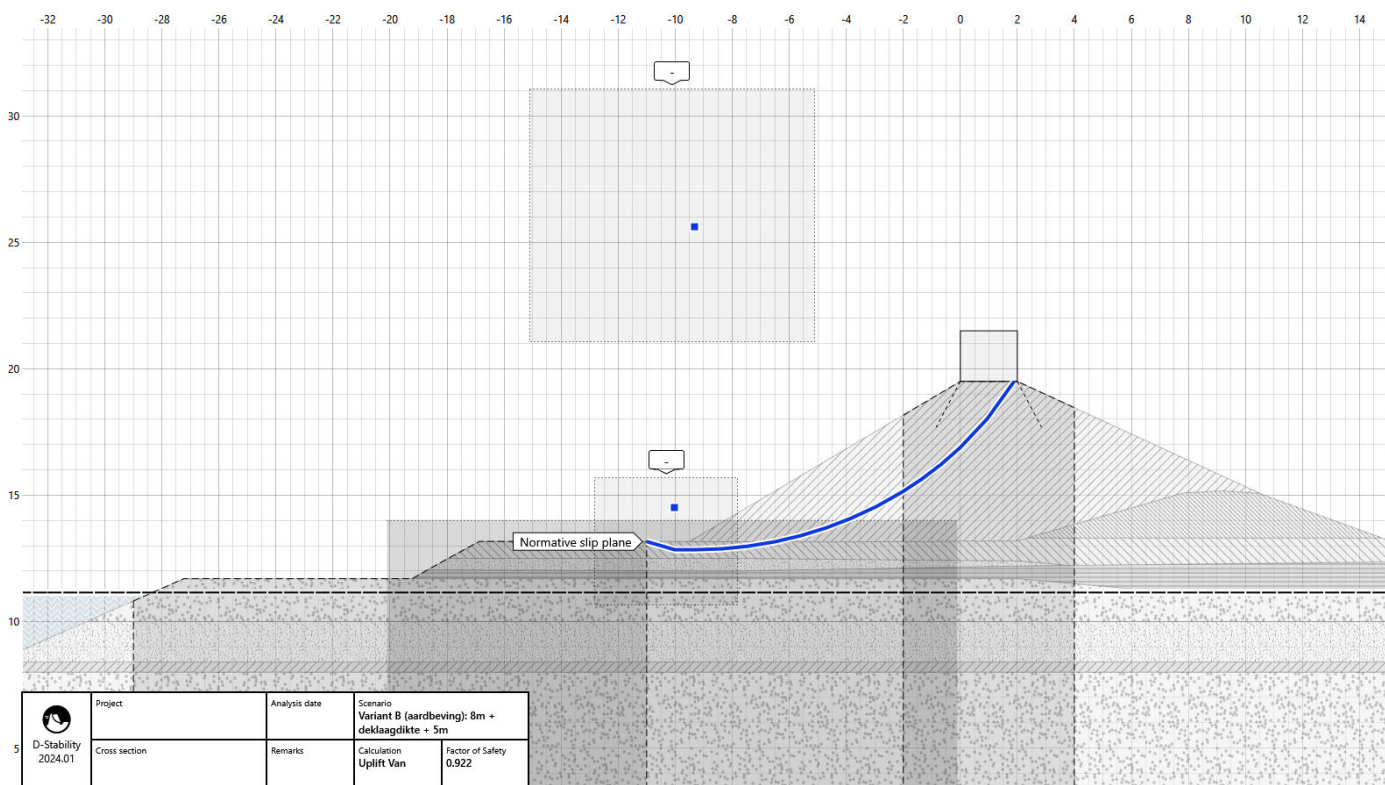
Profiel 2, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



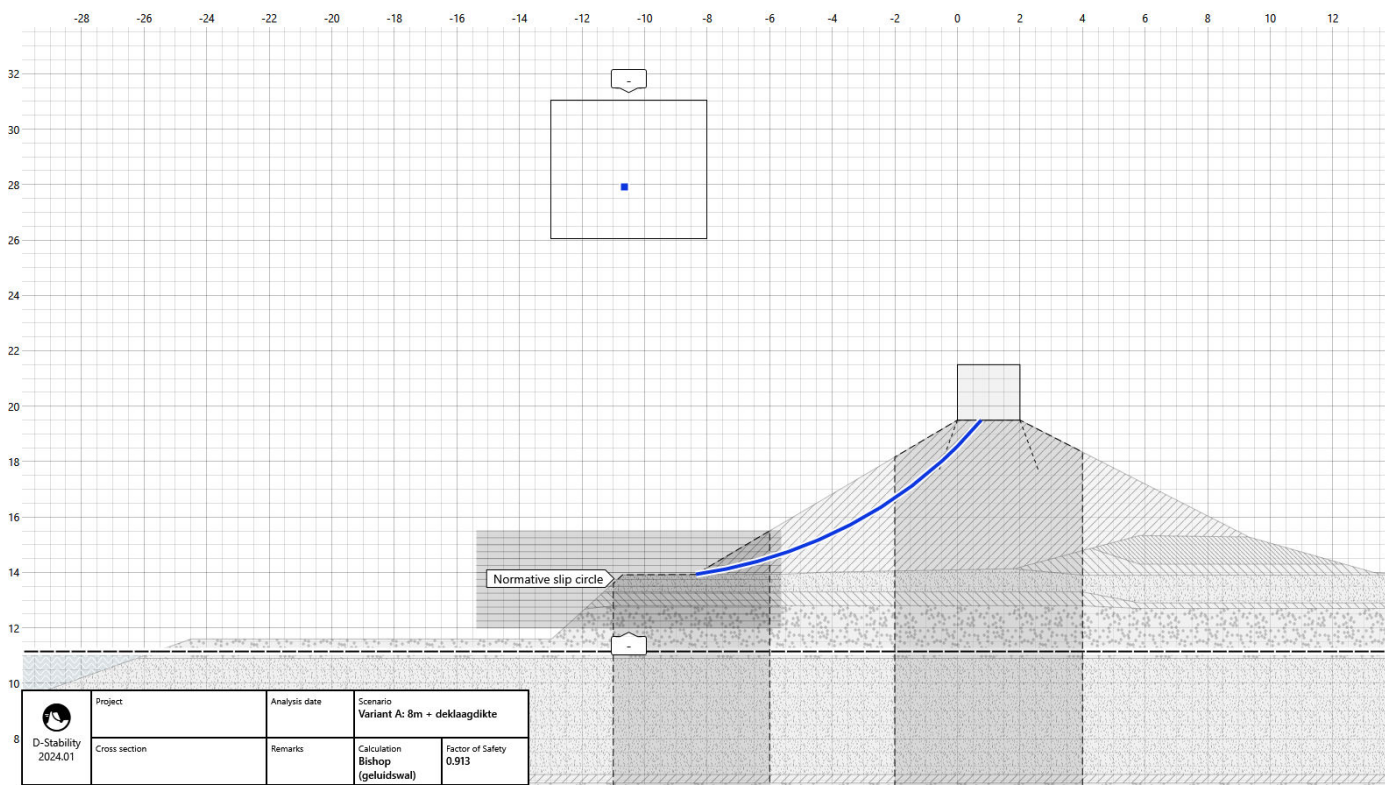
Profiel 2, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



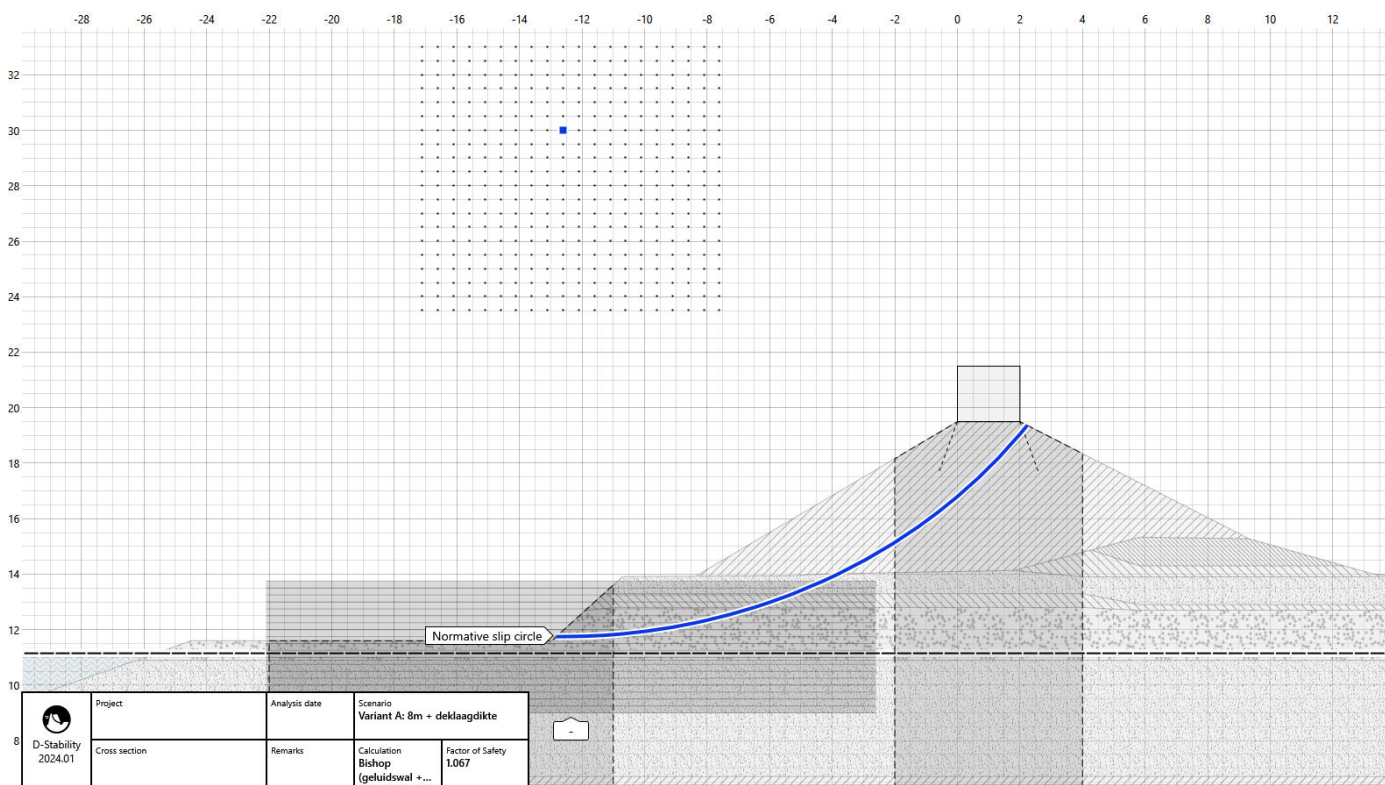
Profiel 2, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



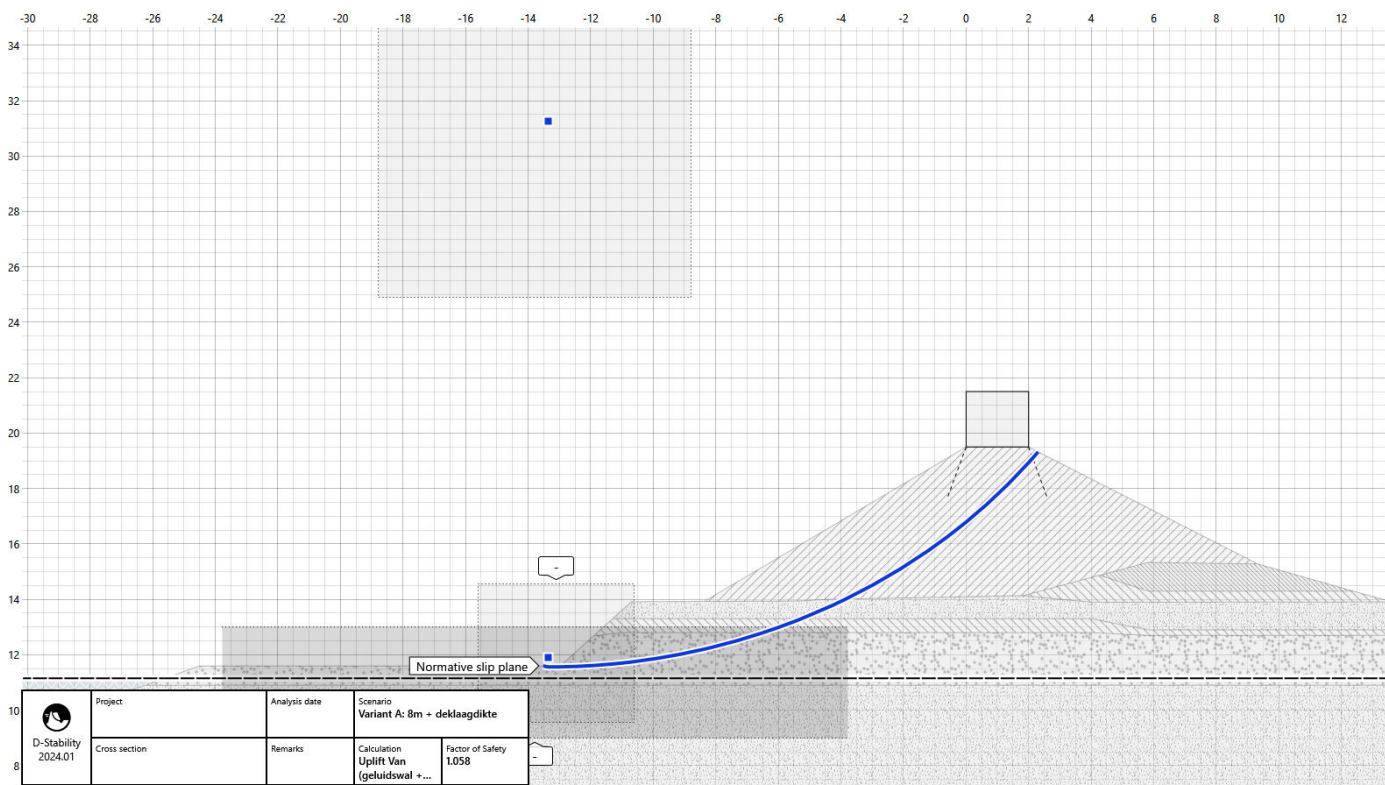
Profiel 7, variant A, Bishop (geluidswal), exclusief aardbevingsbelasting



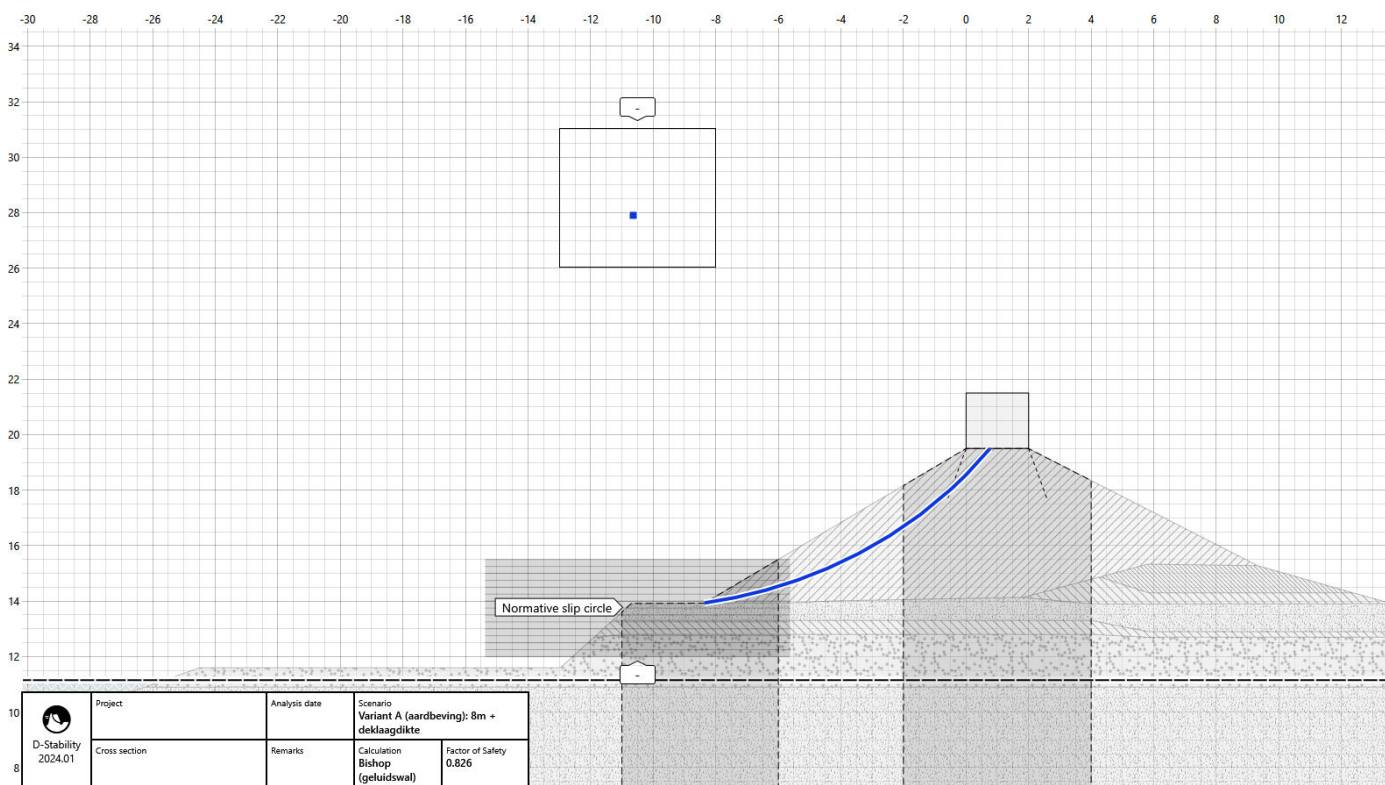
Profiel 7, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



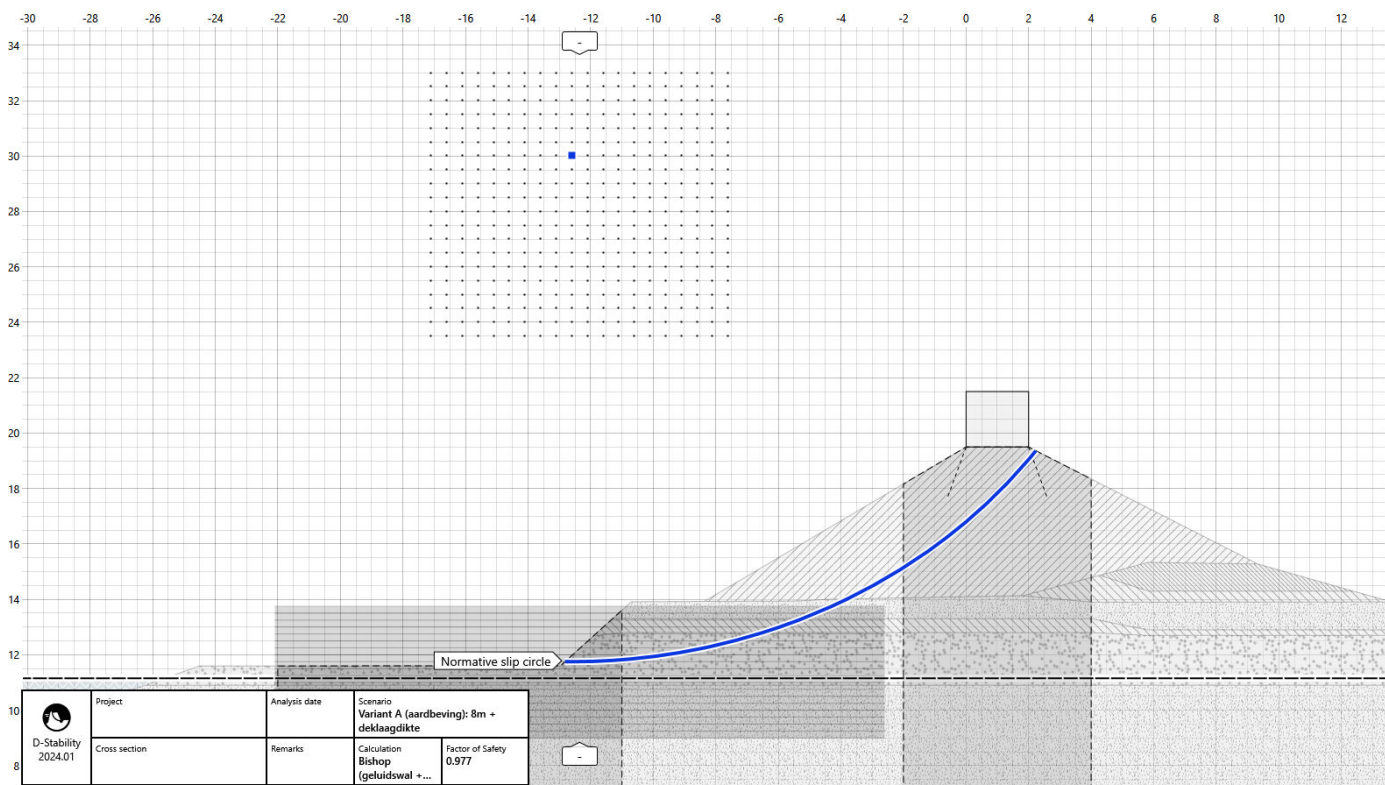
Profiel 7, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



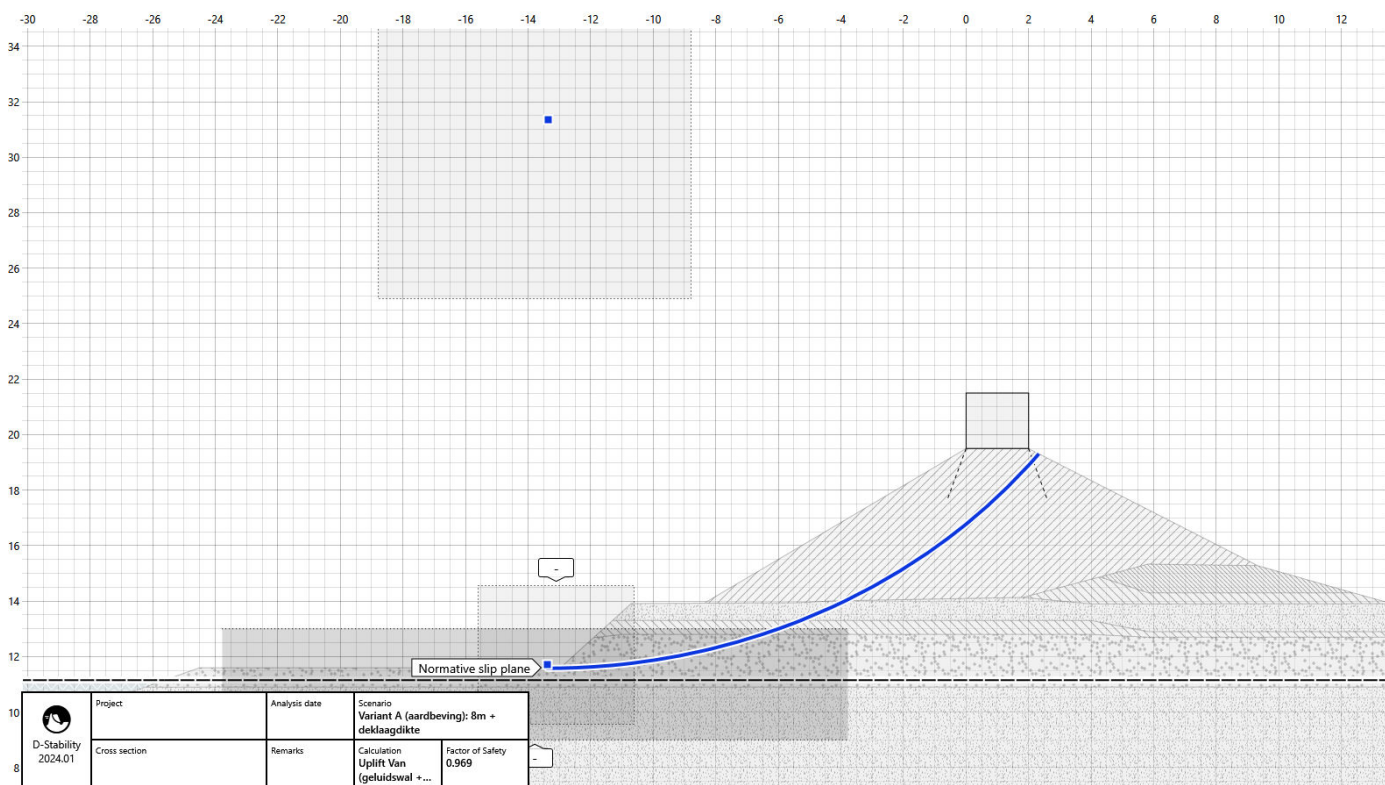
Profiel 7, variant A, Bishop (geluidswal), inclusief aardbevingsbelasting



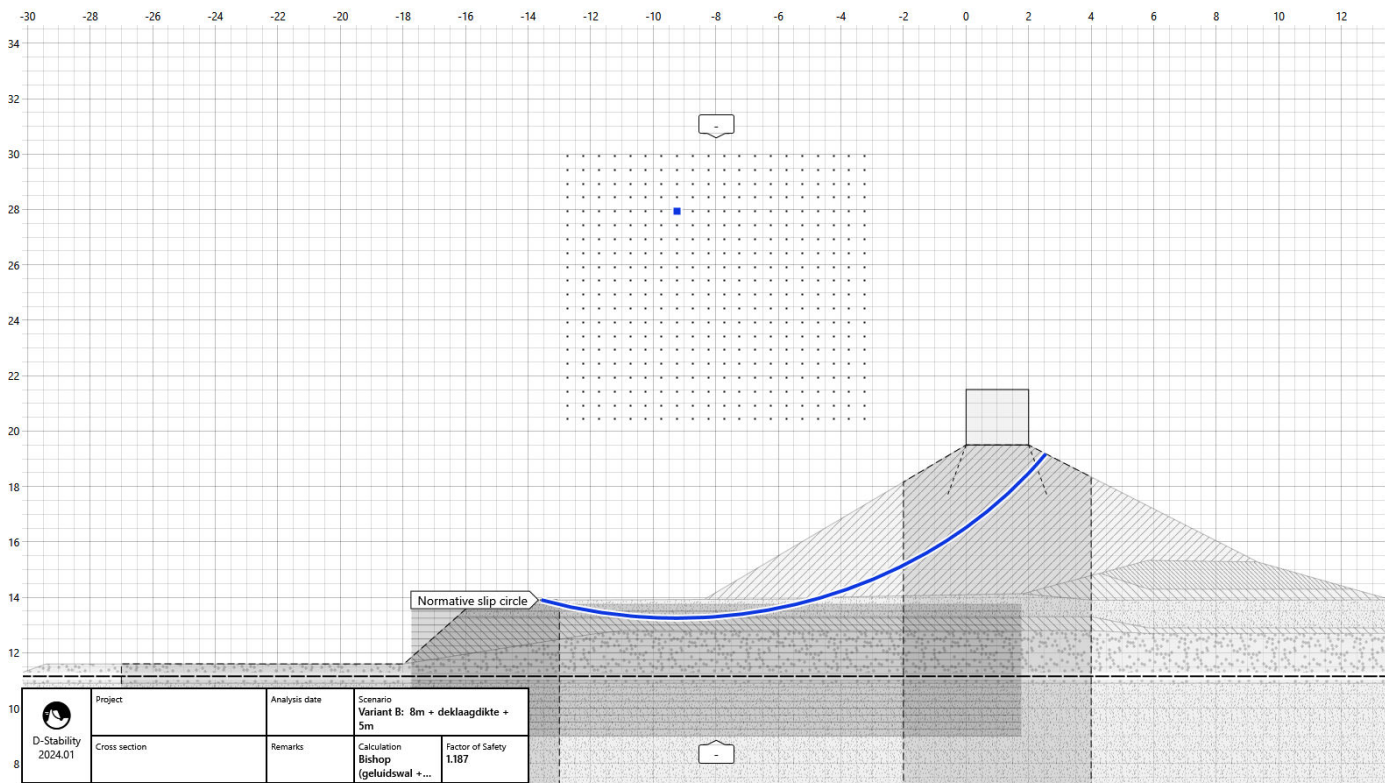
Profiel 7, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



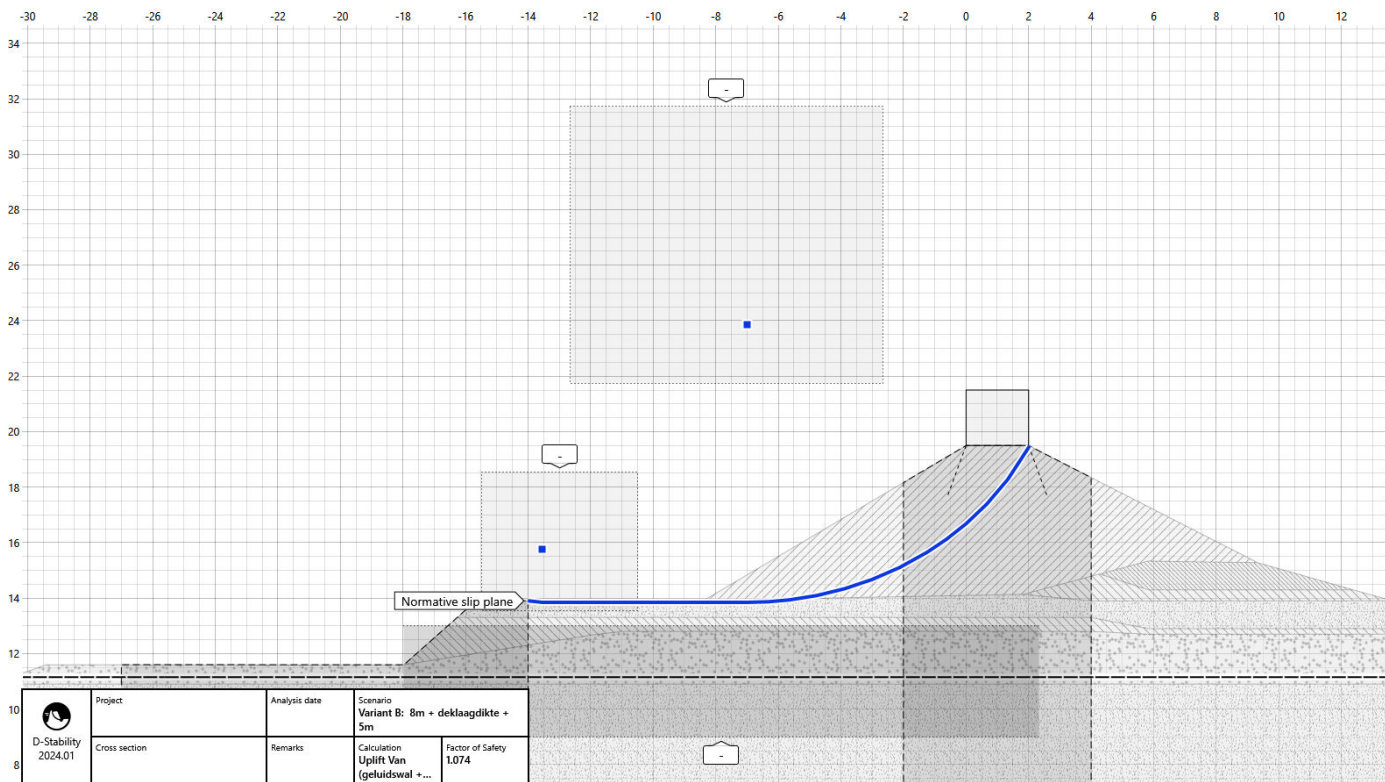
Profiel 7, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



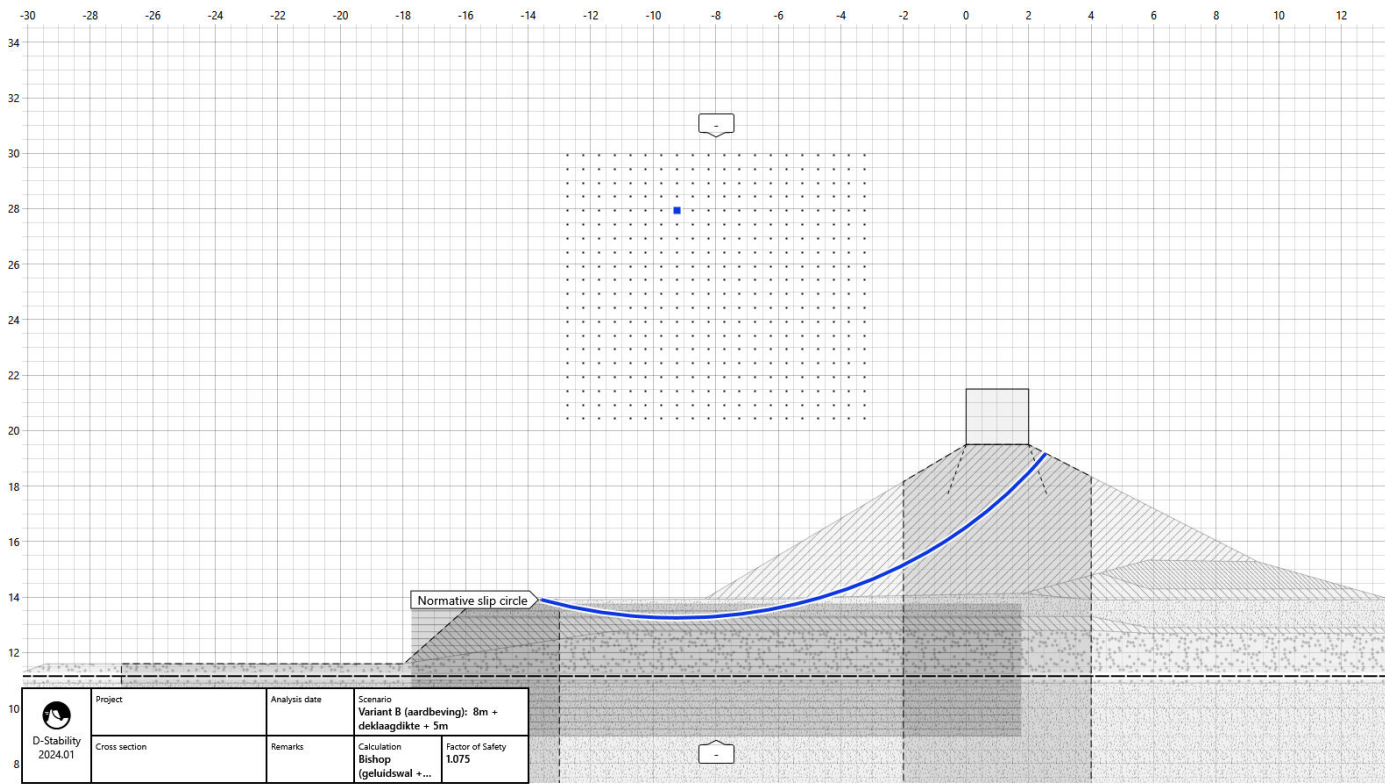
Profiel 7, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



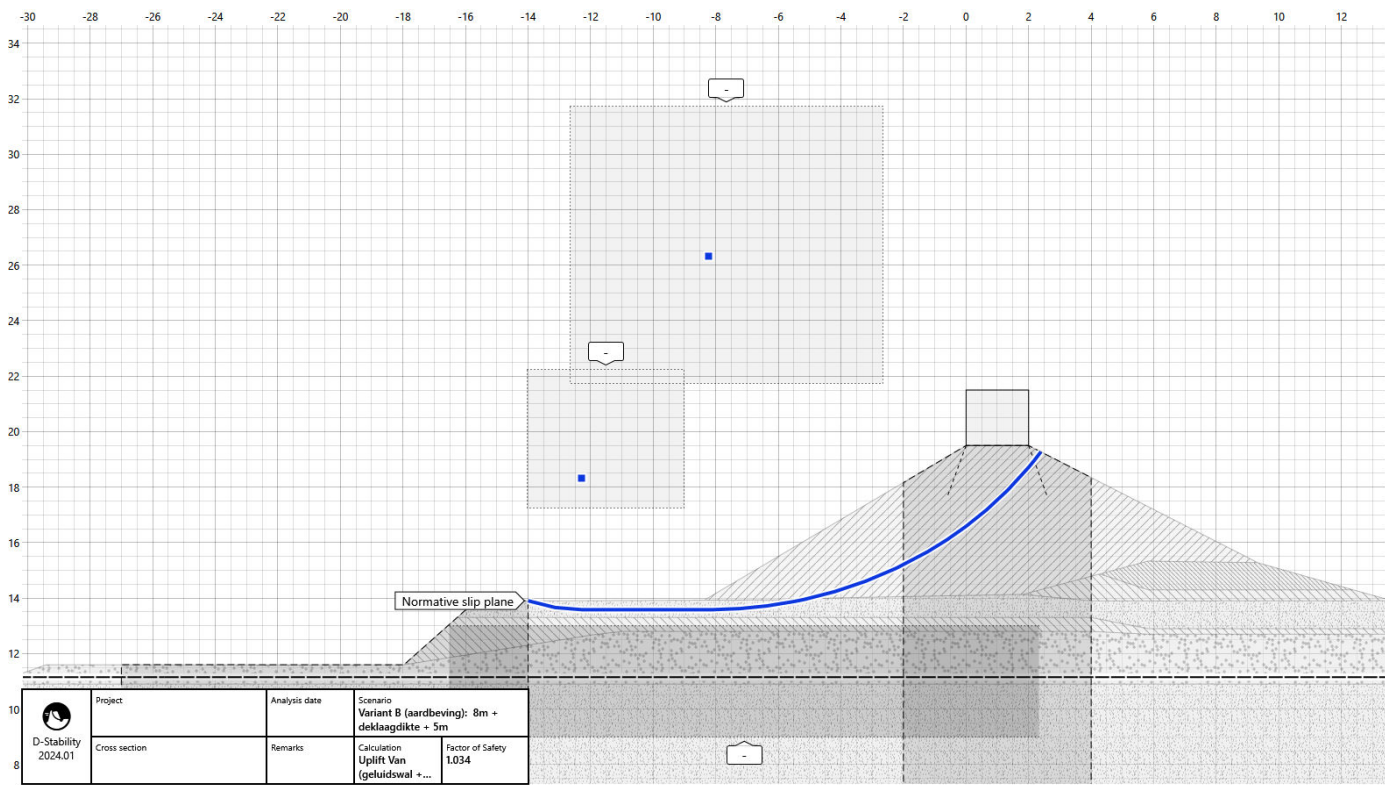
Profiel 7, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



Profiel 7, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting

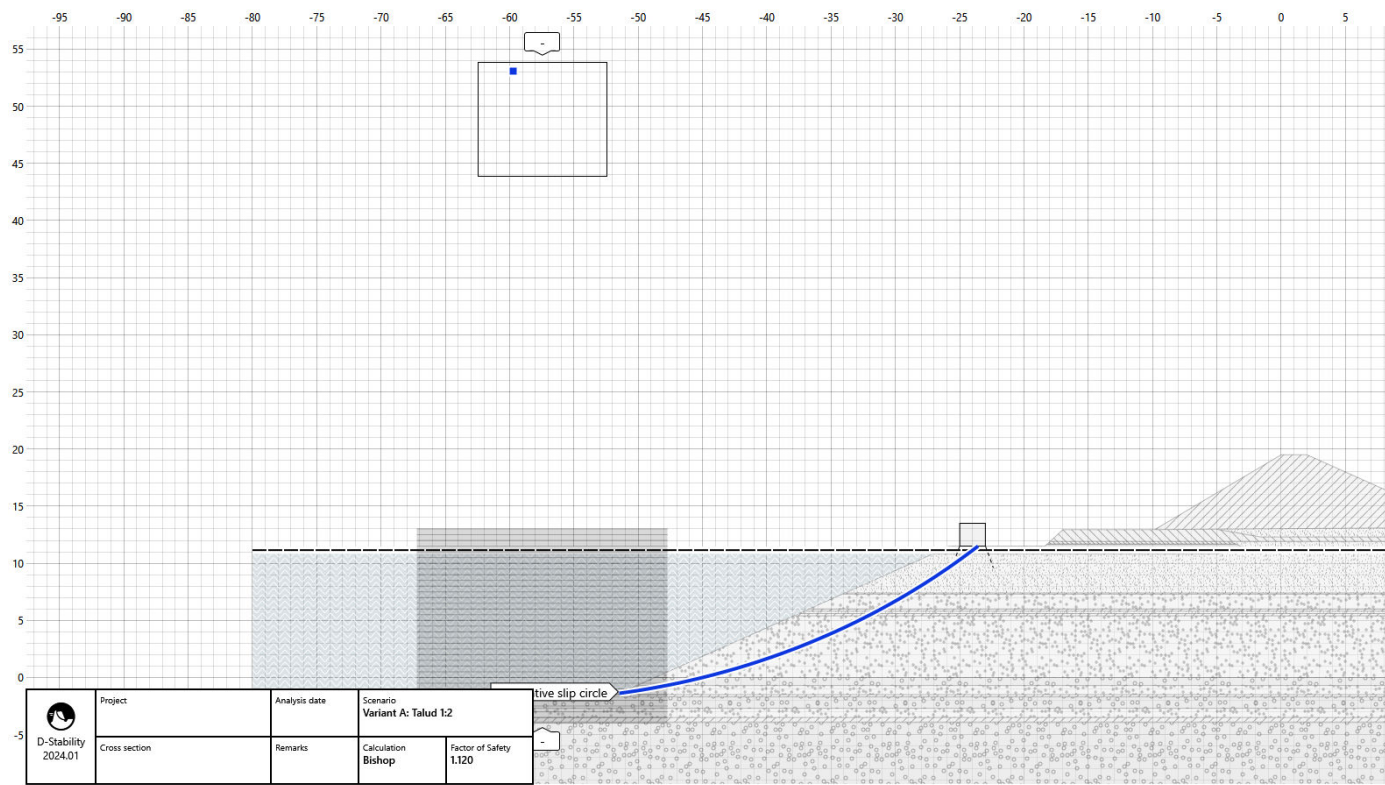


Profiel 7, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting

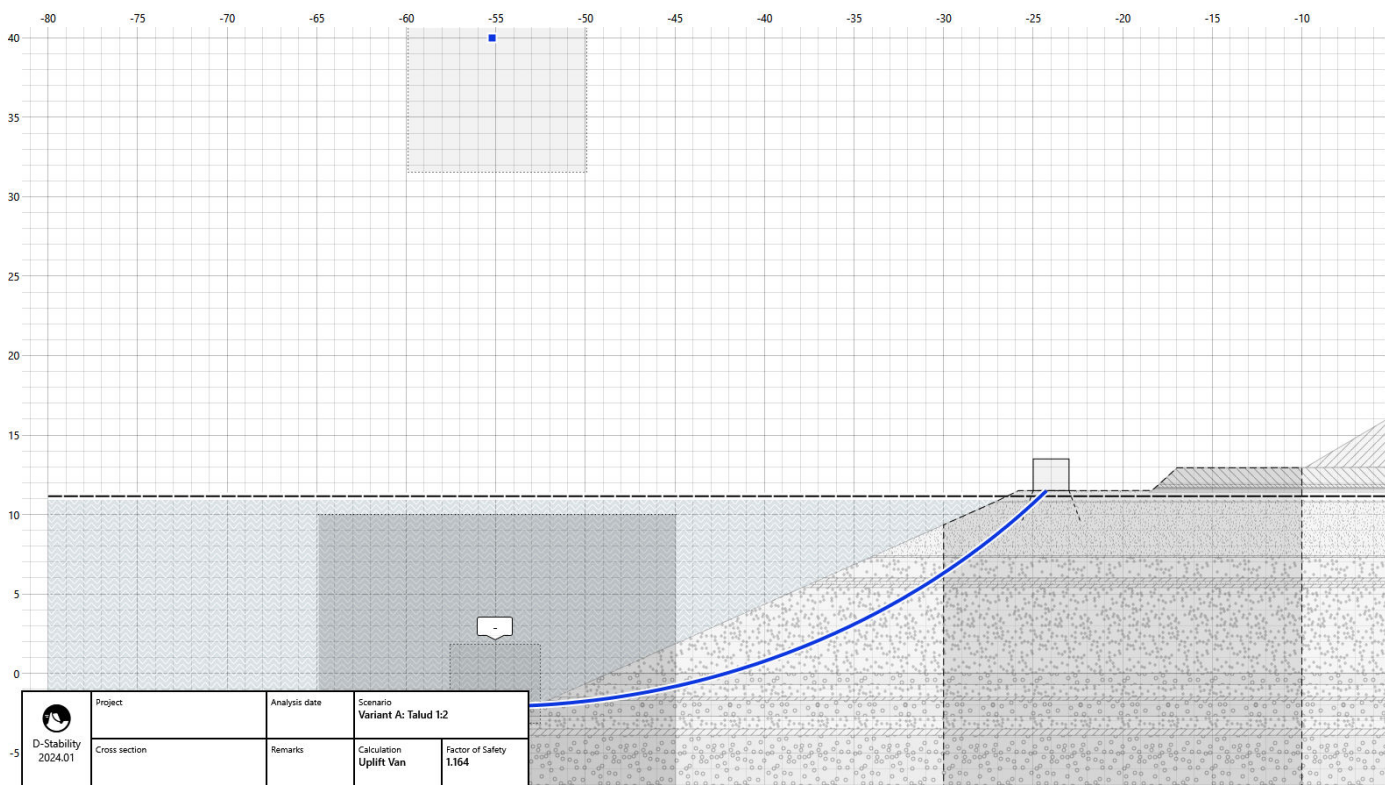


Bijlage C – Glijvlakberekeningen zandwinning

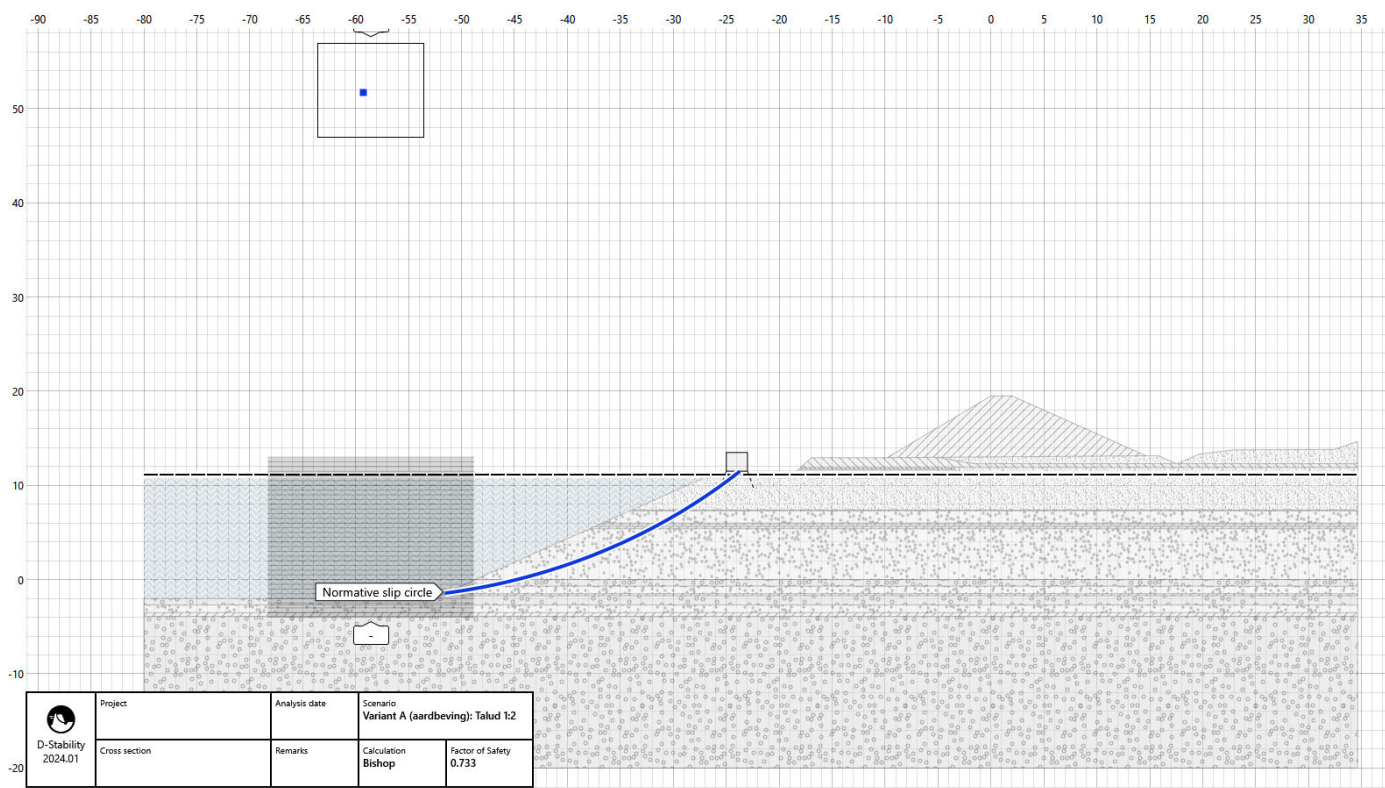
Profiel 1, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



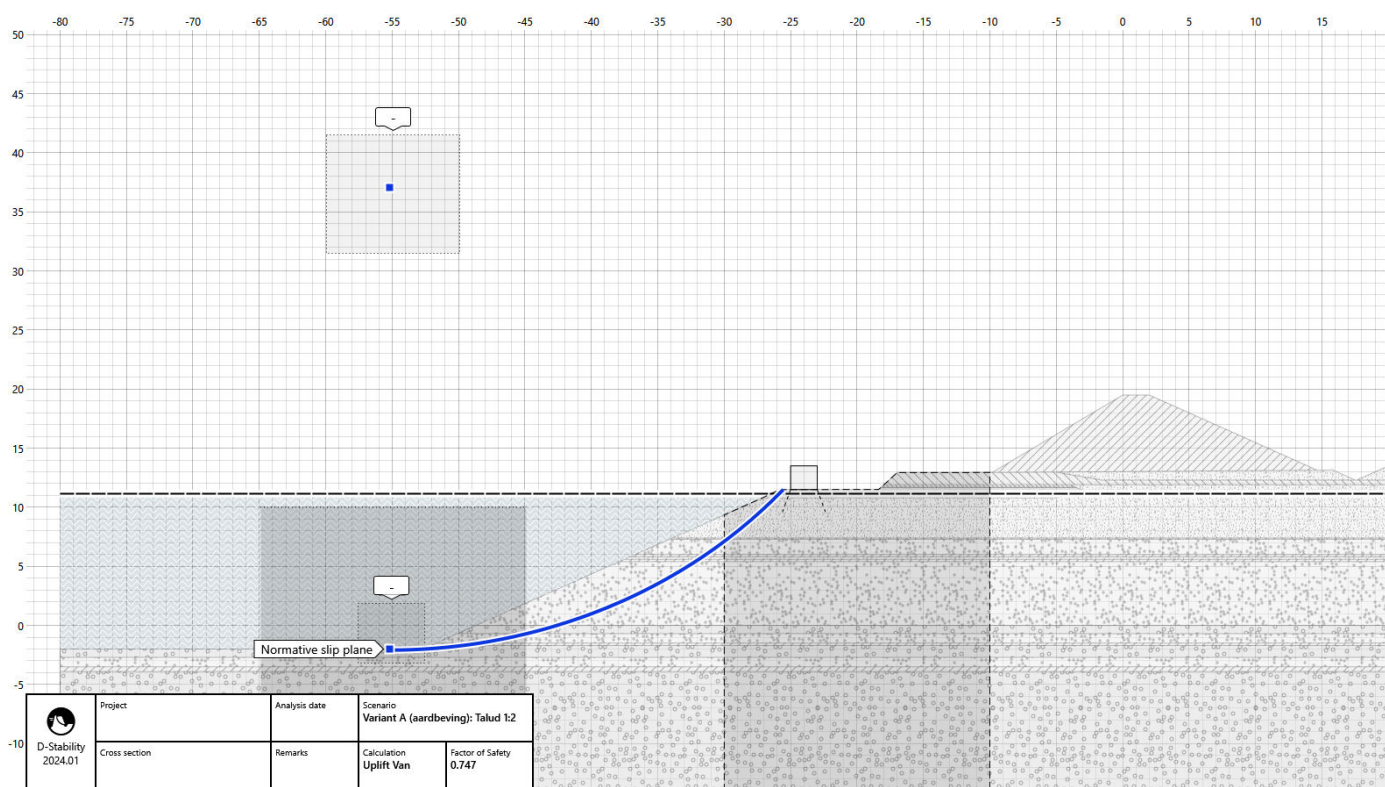
Profiel 1, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



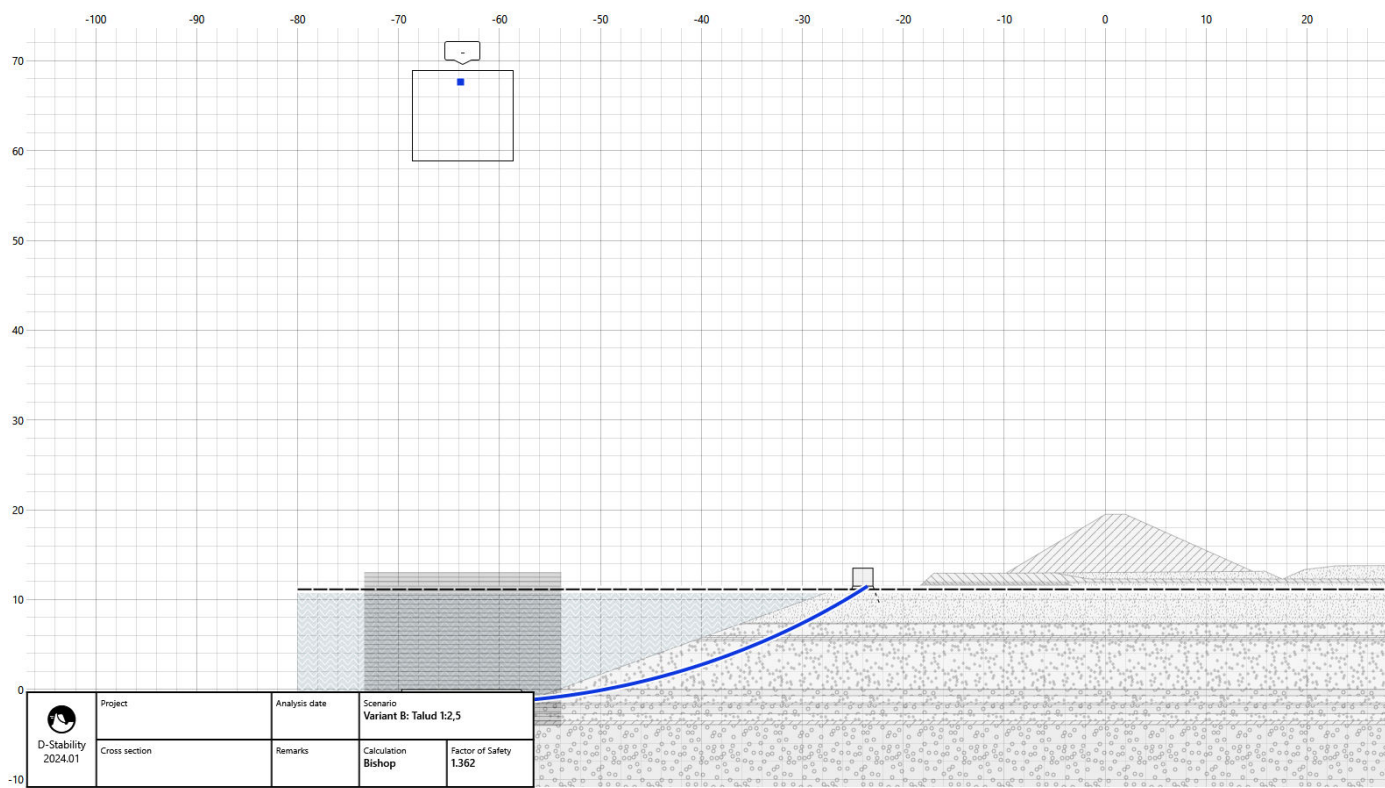
Profiel 1, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



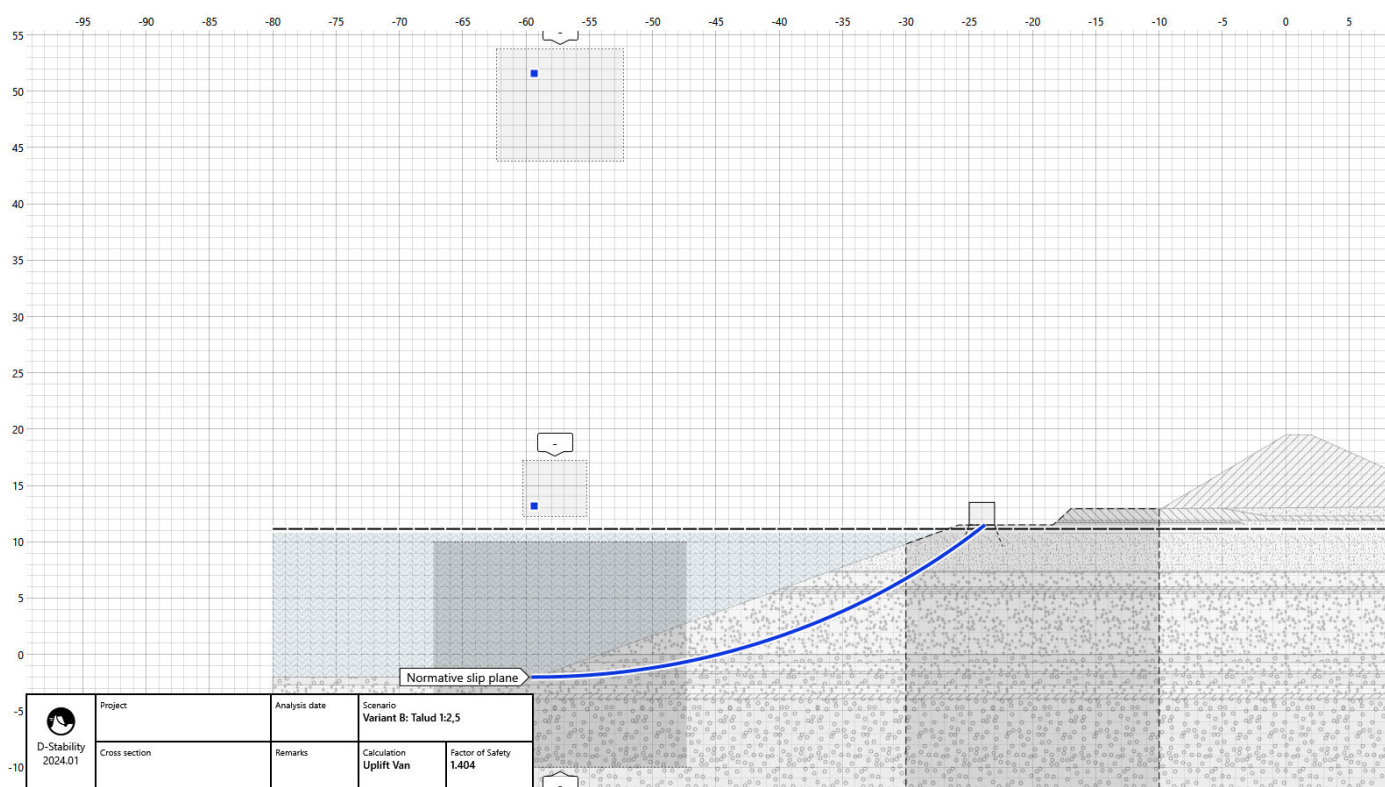
Profiel 1, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



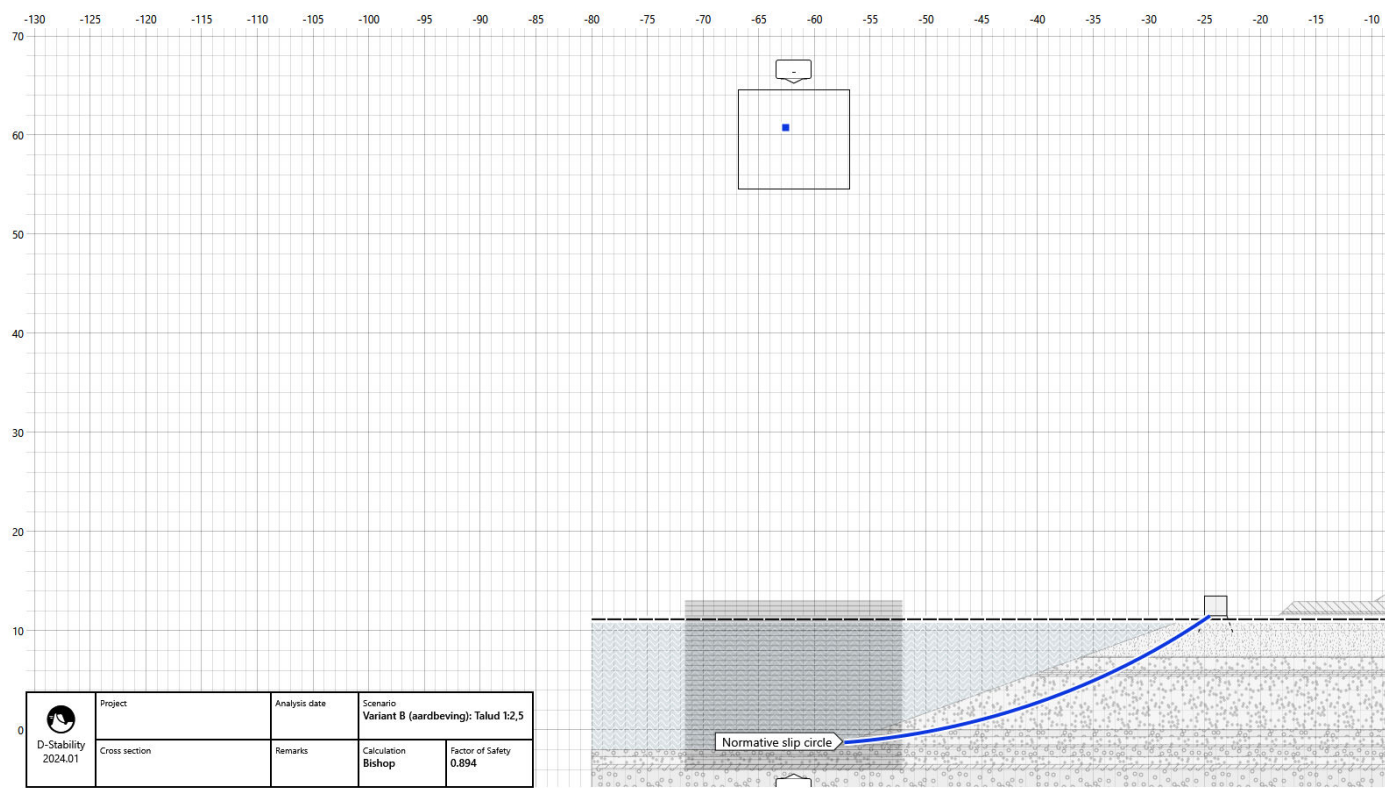
Profiel 1, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



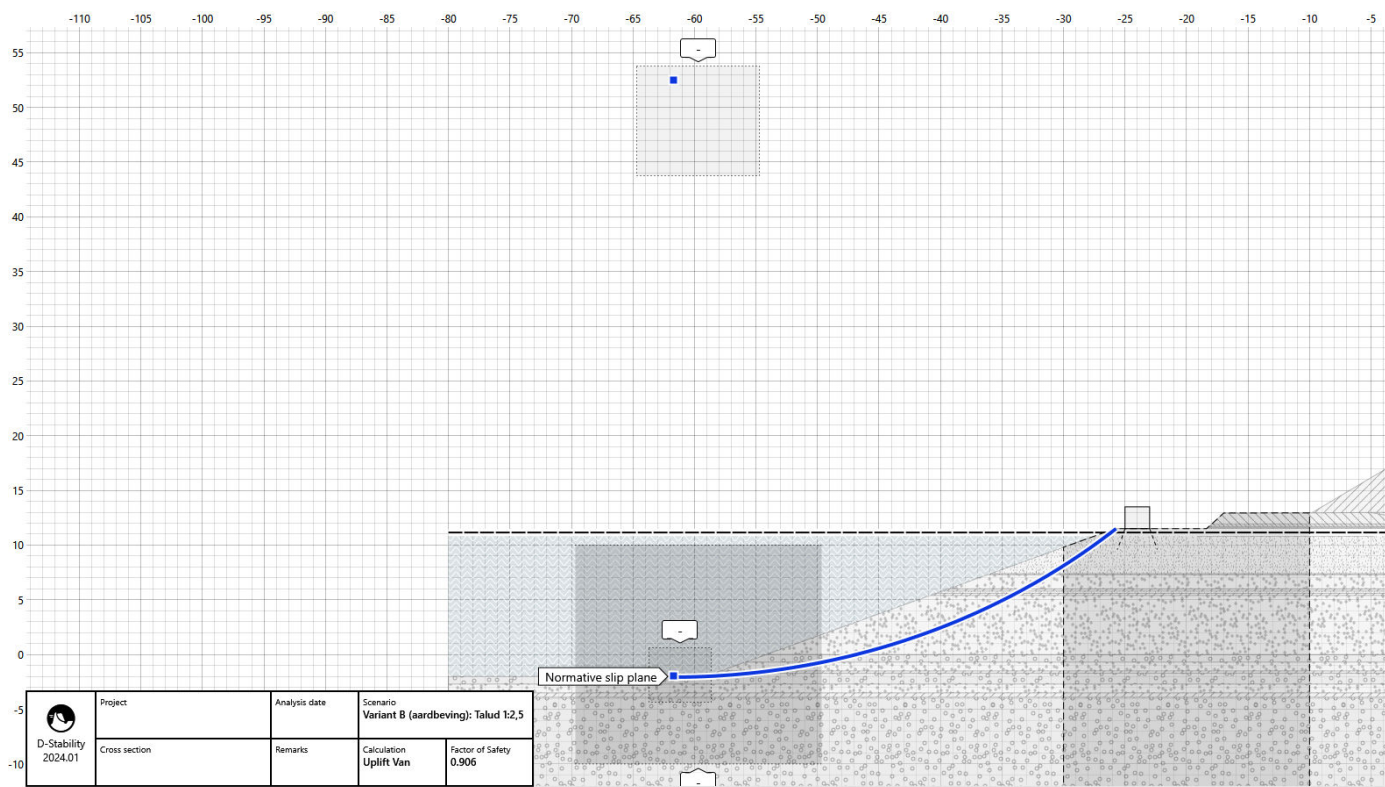
Profiel 1, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



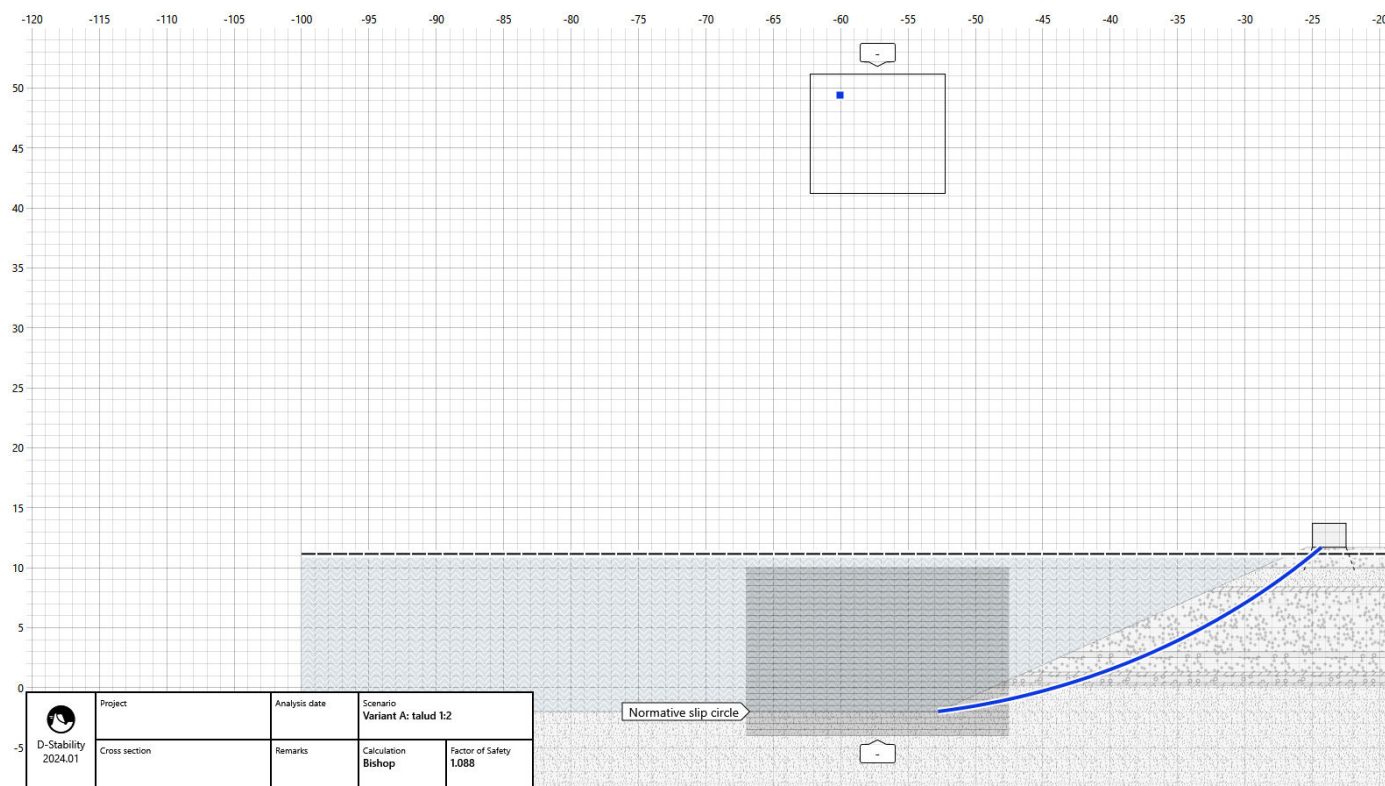
Profiel 1, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



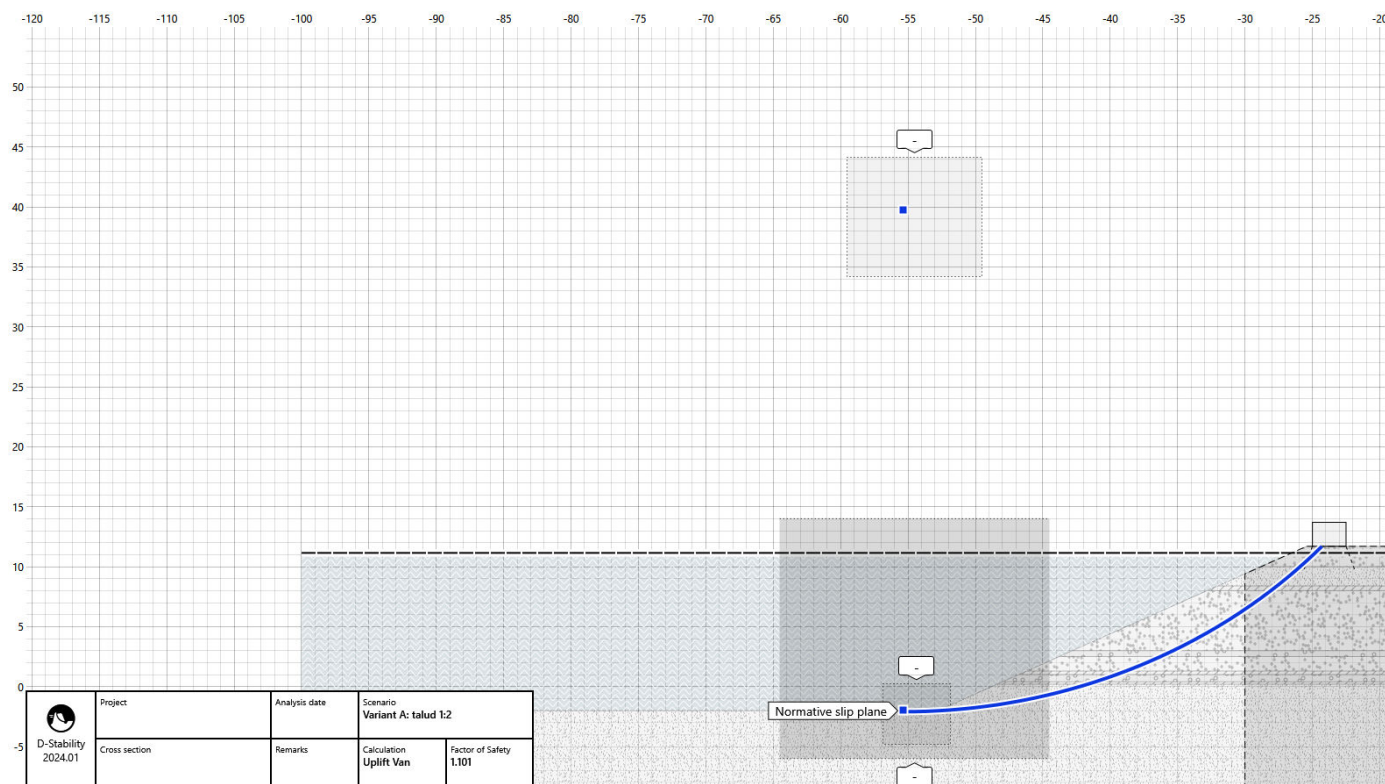
Profiel 1, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



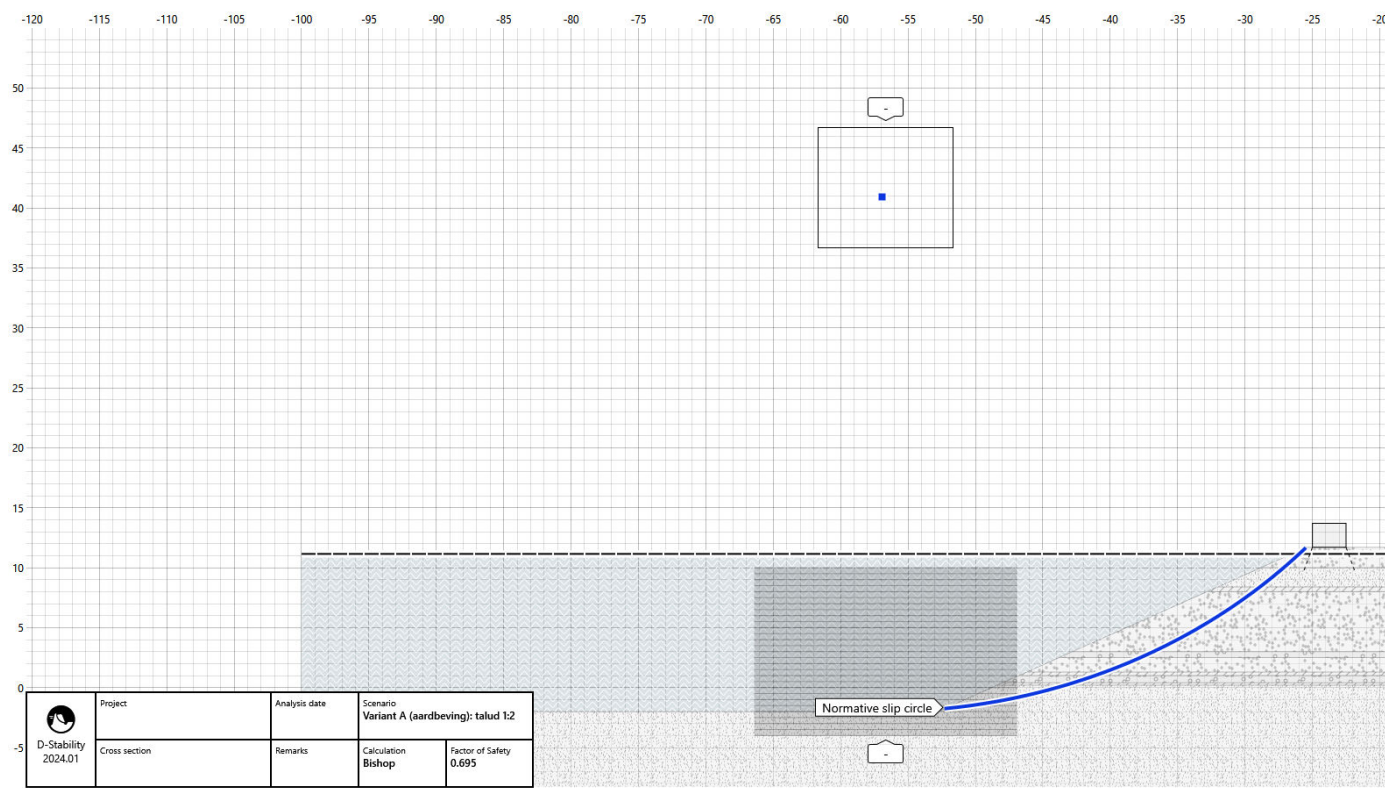
Profiel 2, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



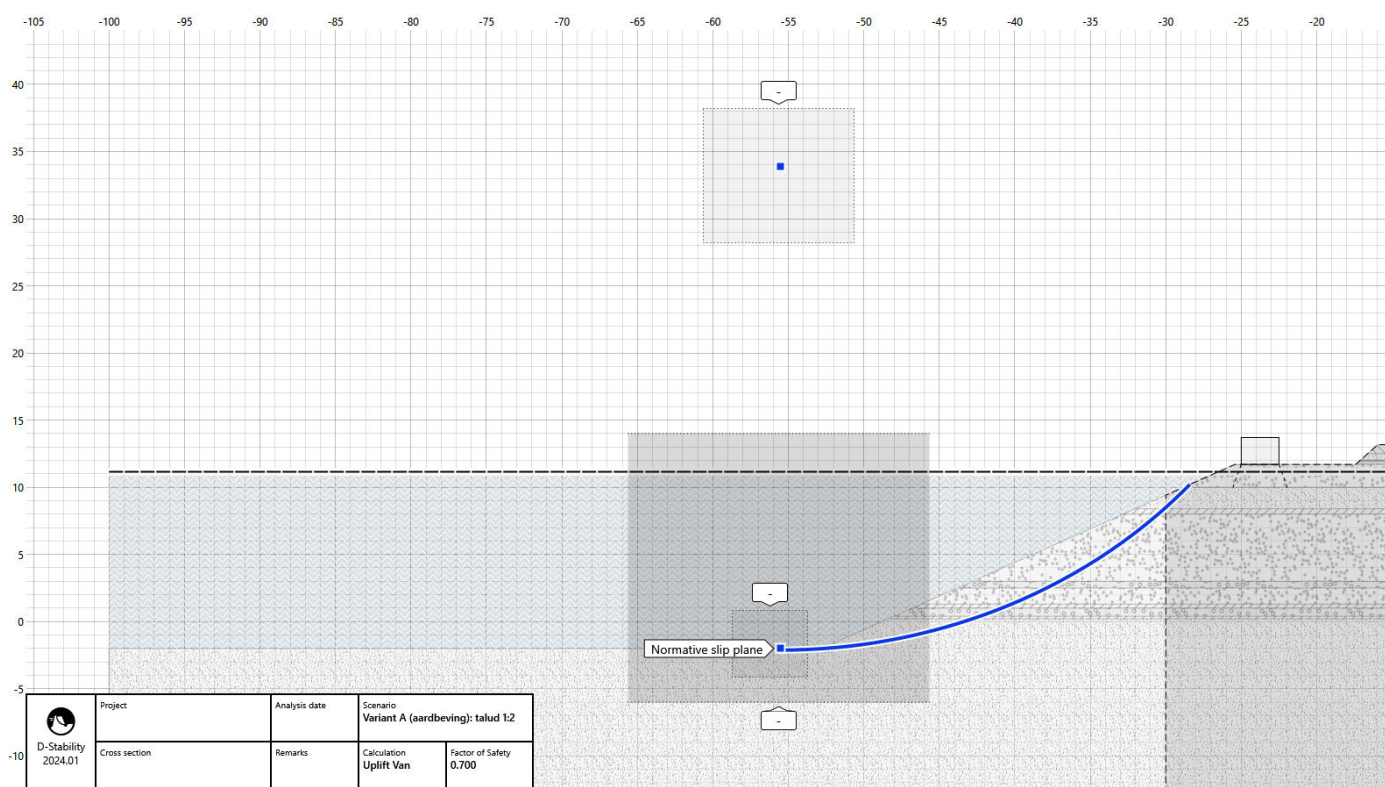
Profiel 2, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



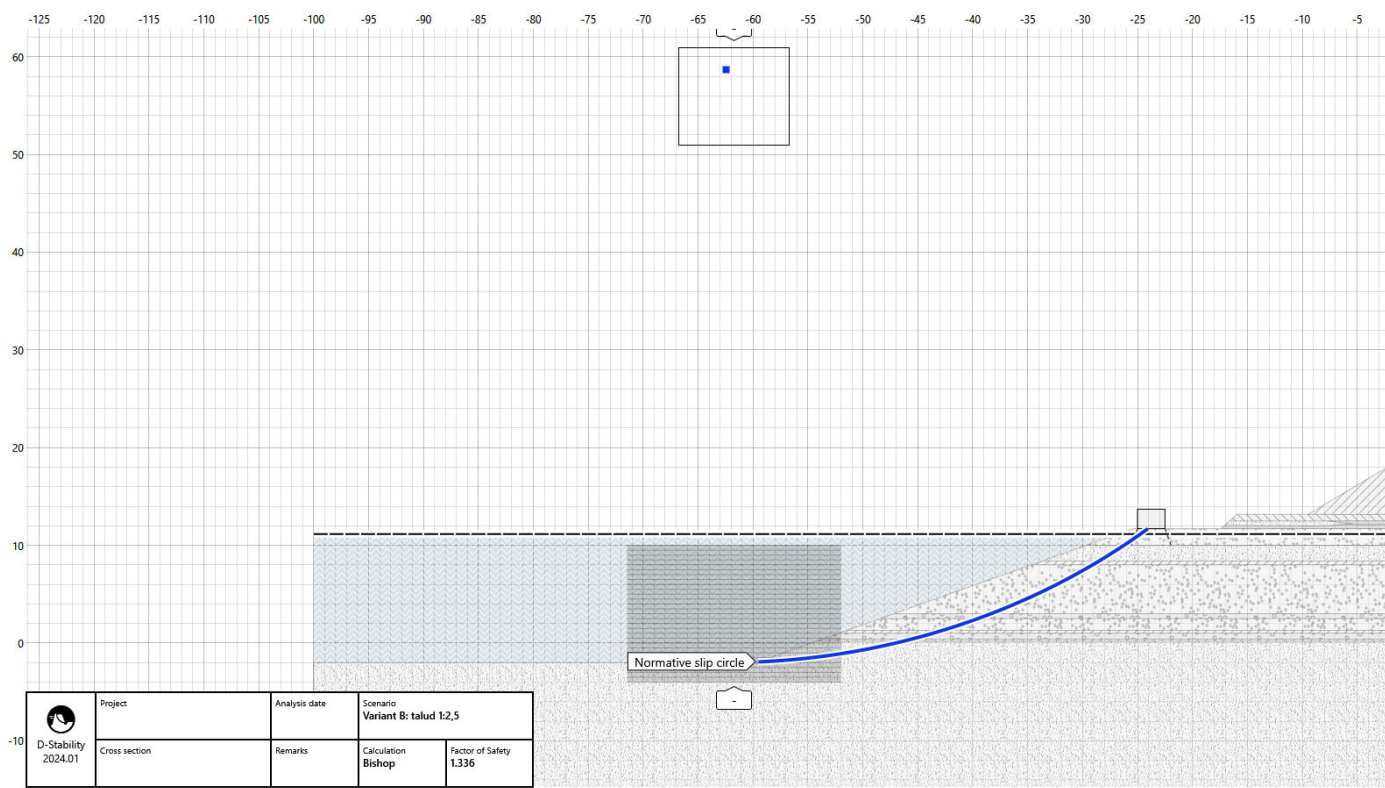
Profiel 2, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



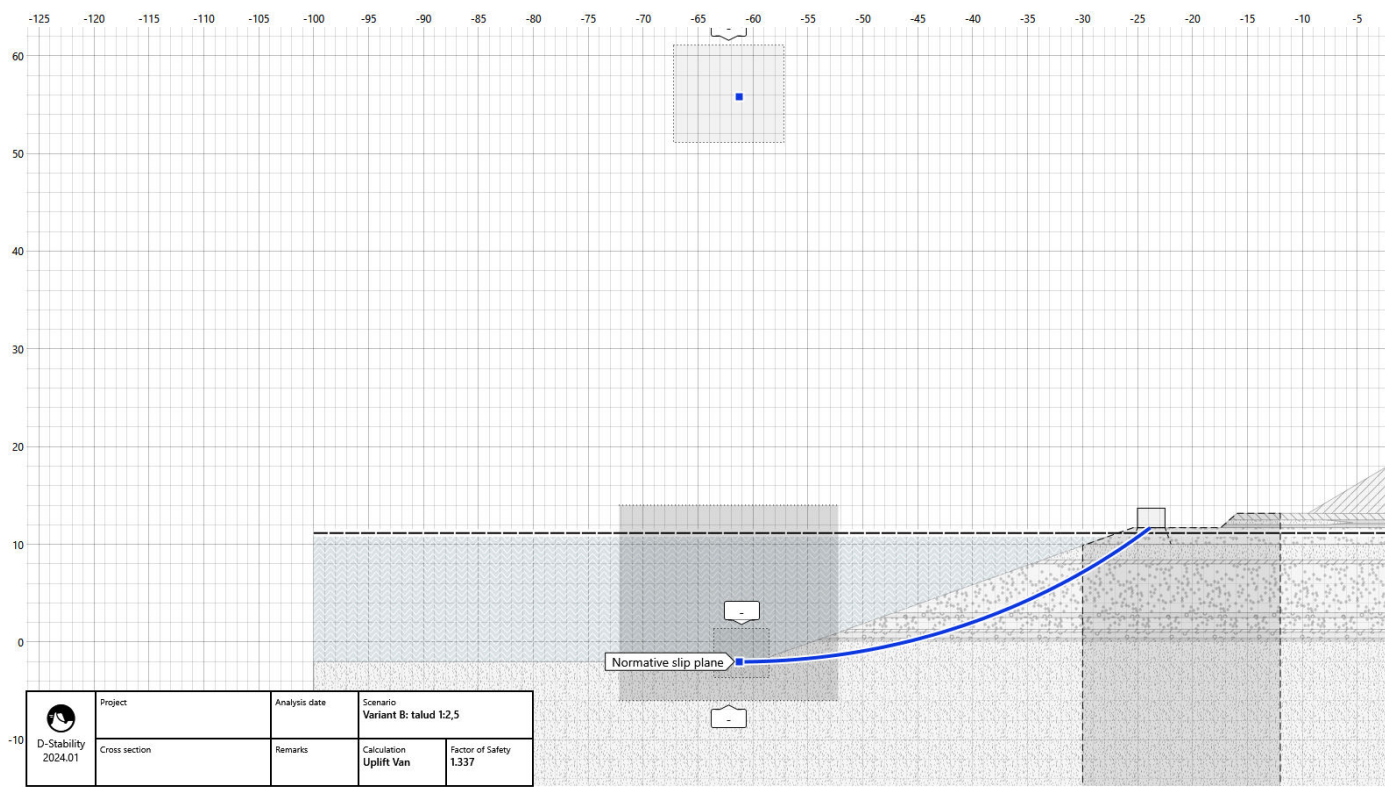
Profiel 2, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



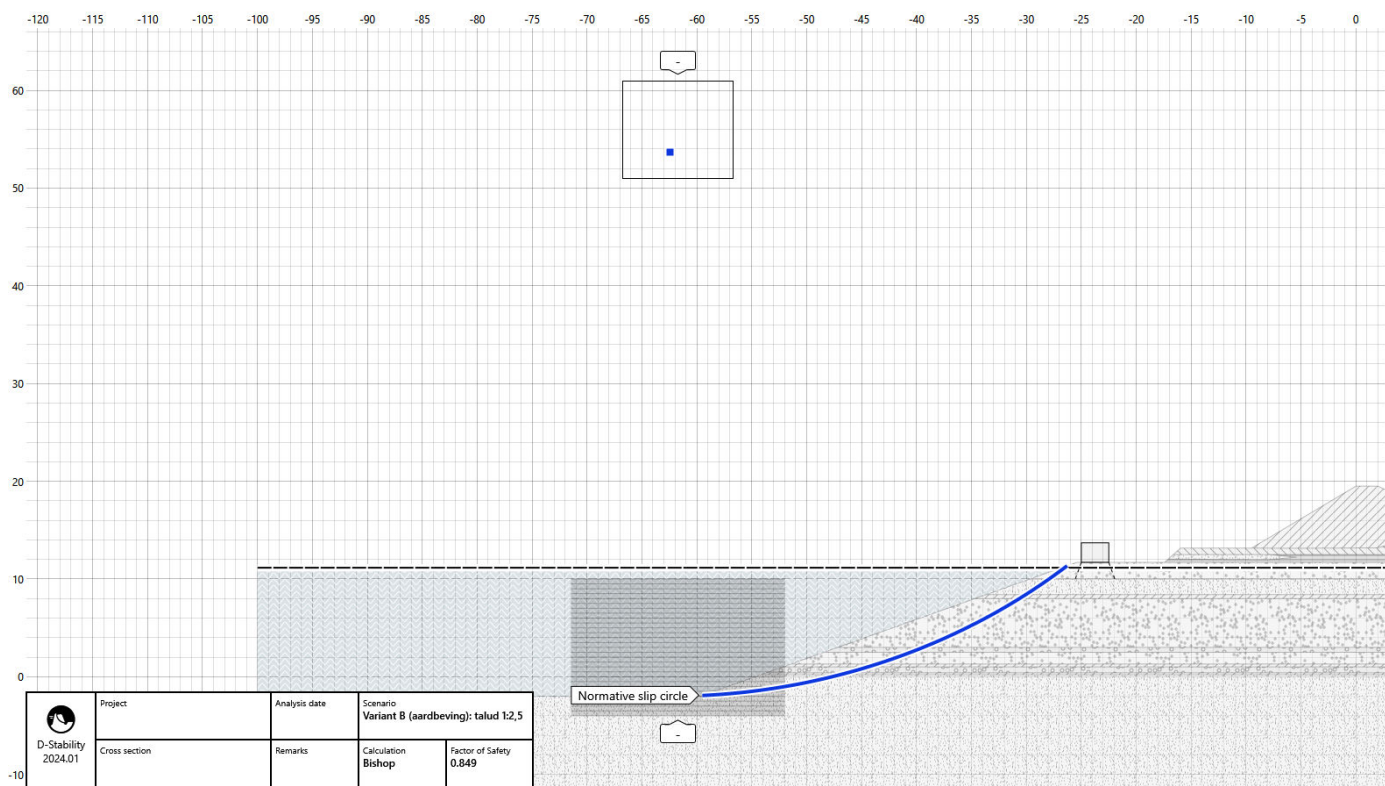
Profiel 2, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



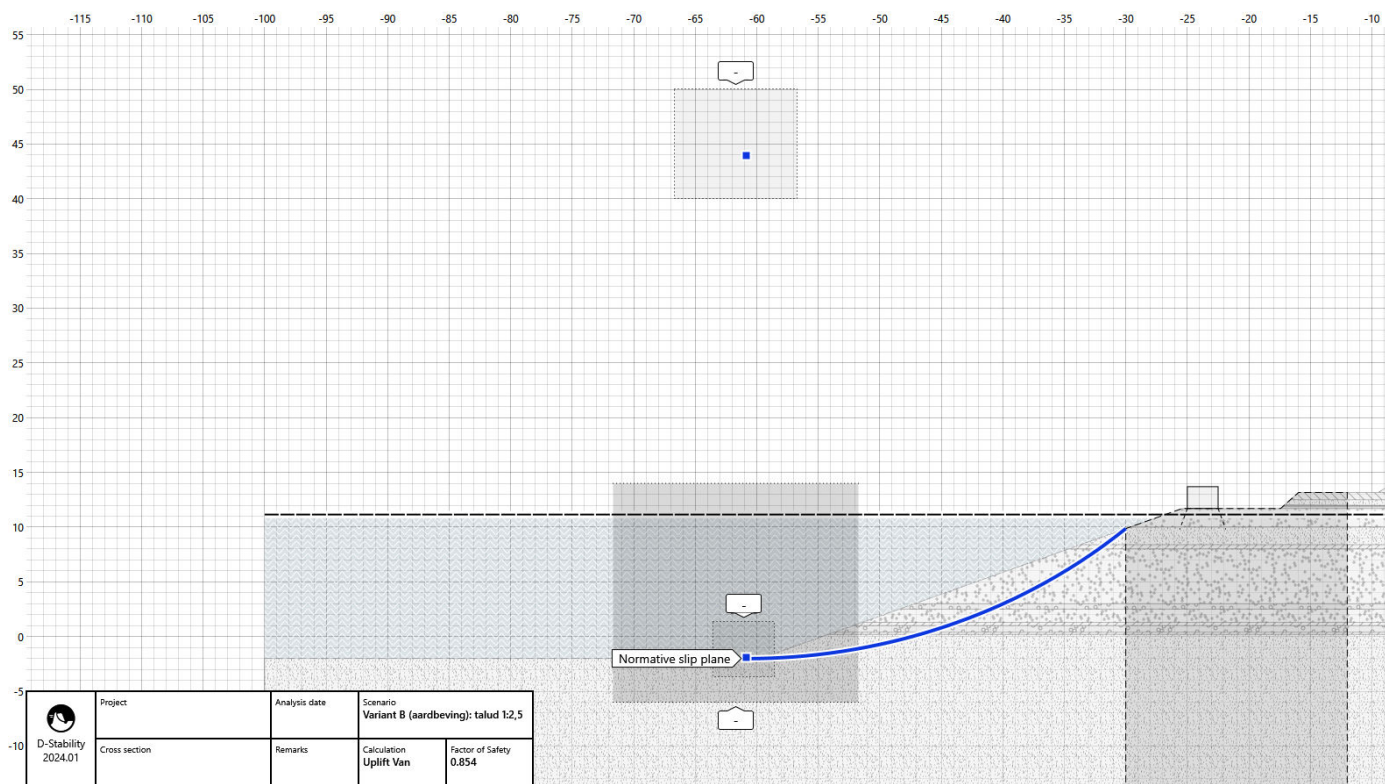
Profiel 2, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



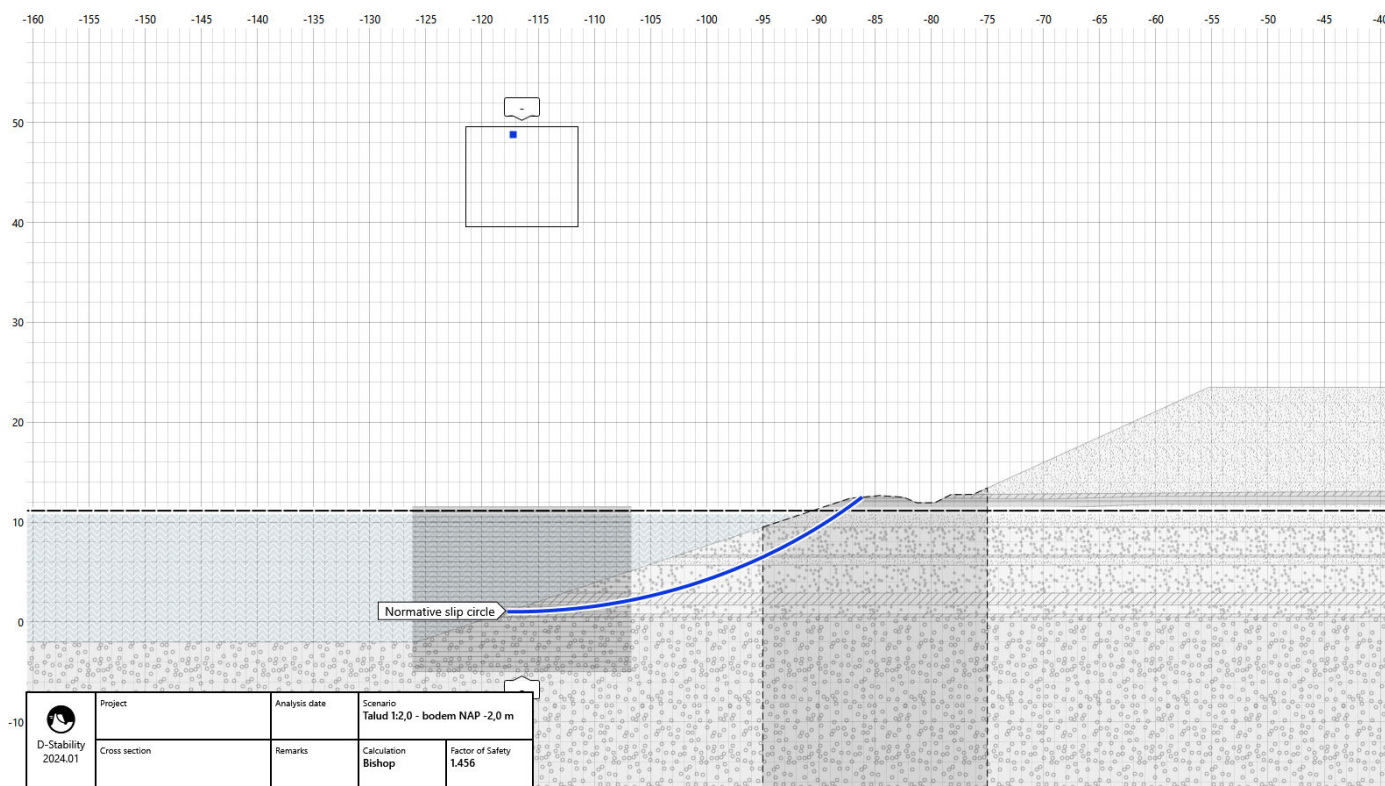
Profiel 2, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



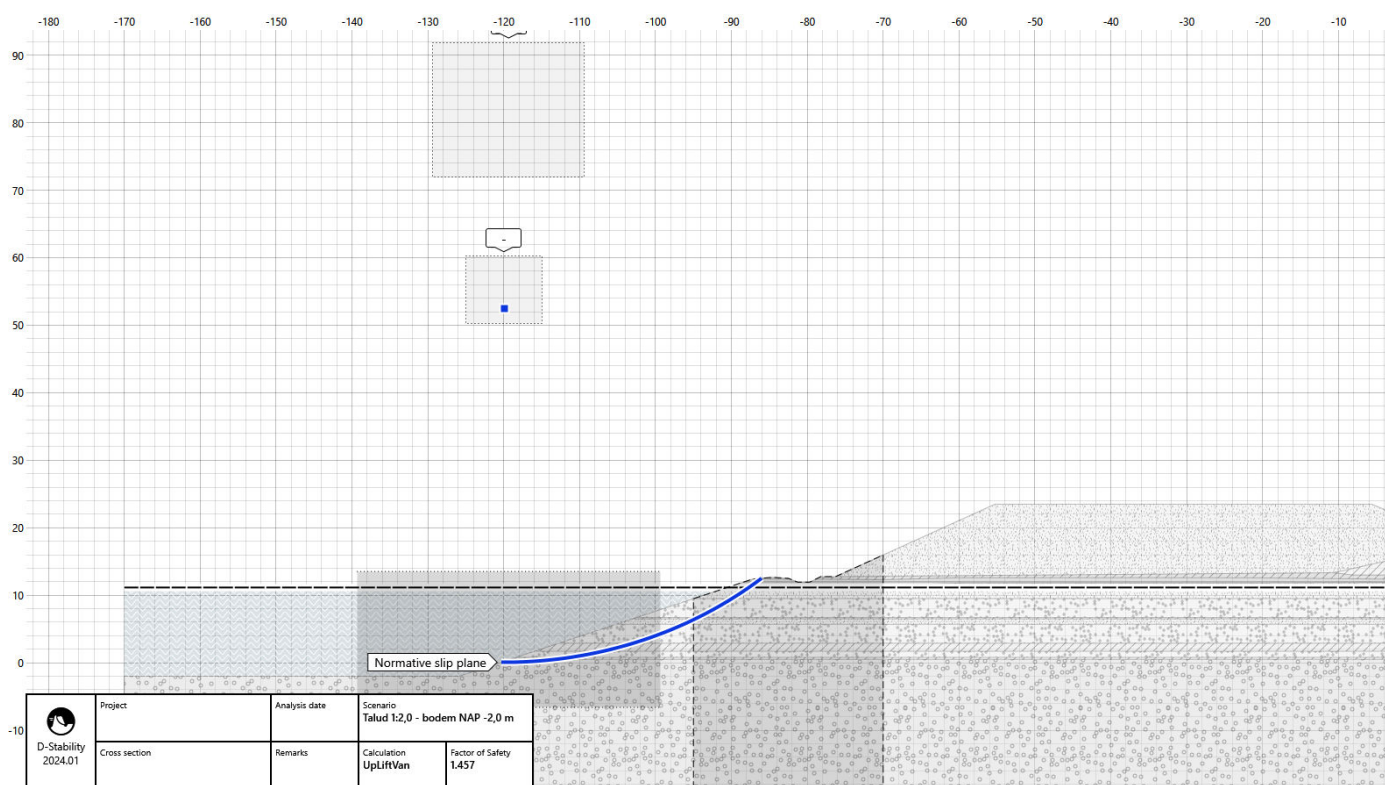
Profiel 2, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



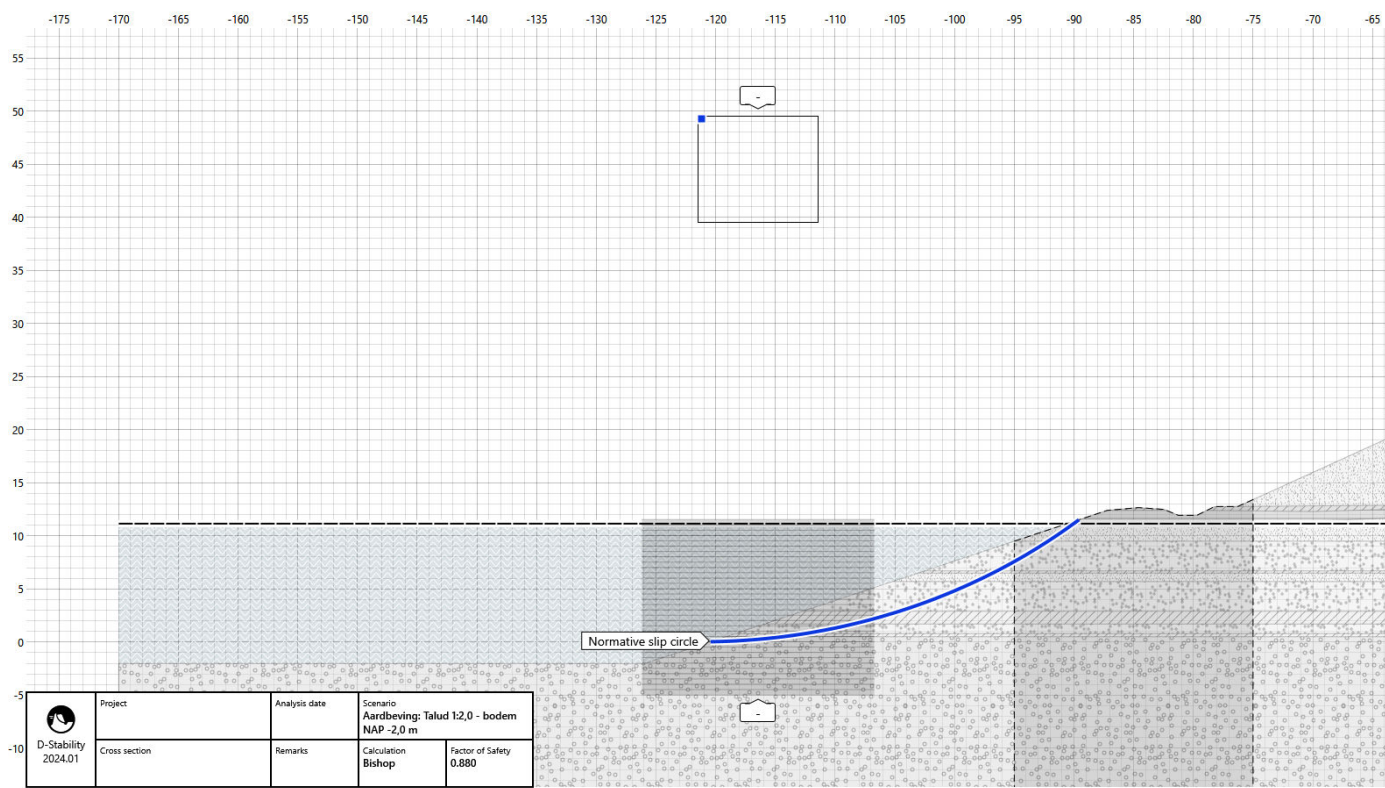
Profiel 4, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



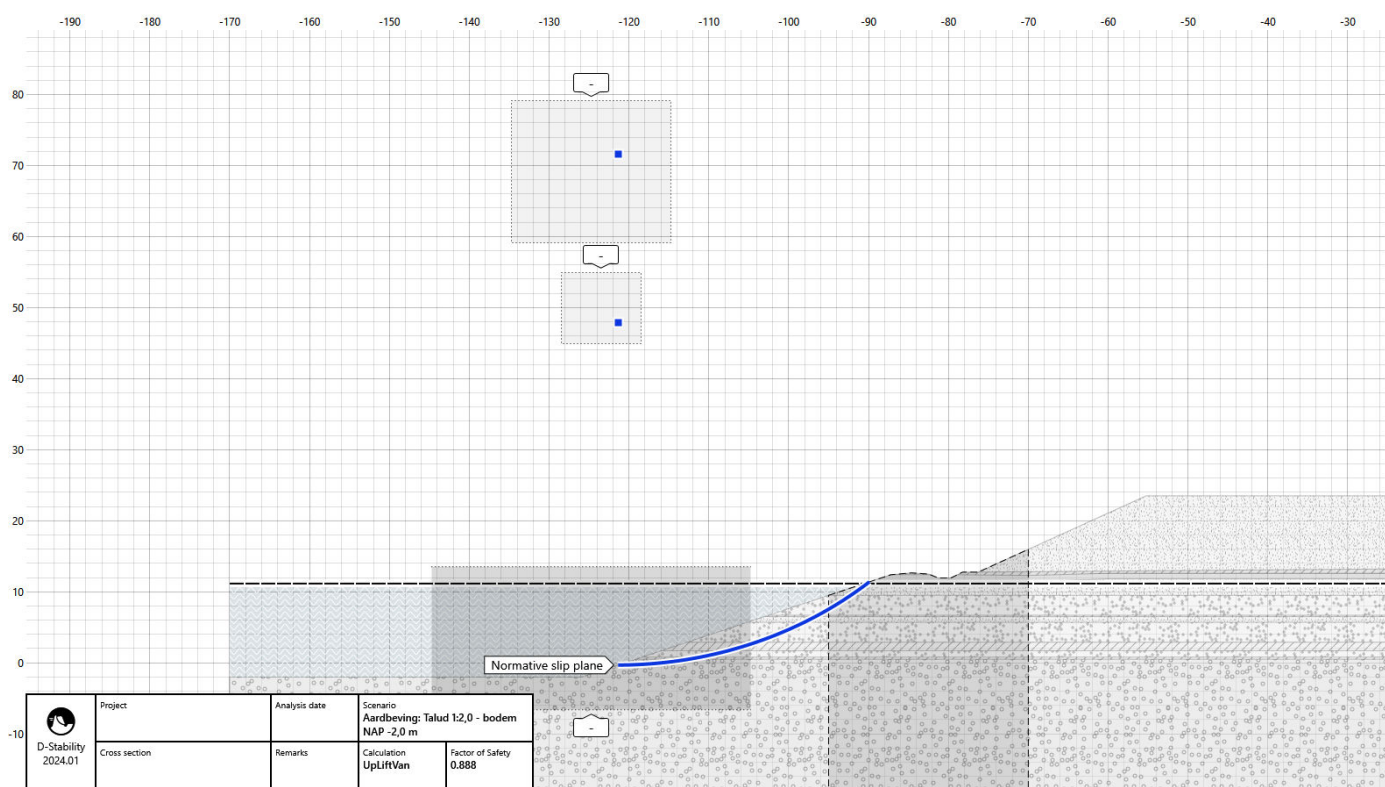
Profiel 4, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



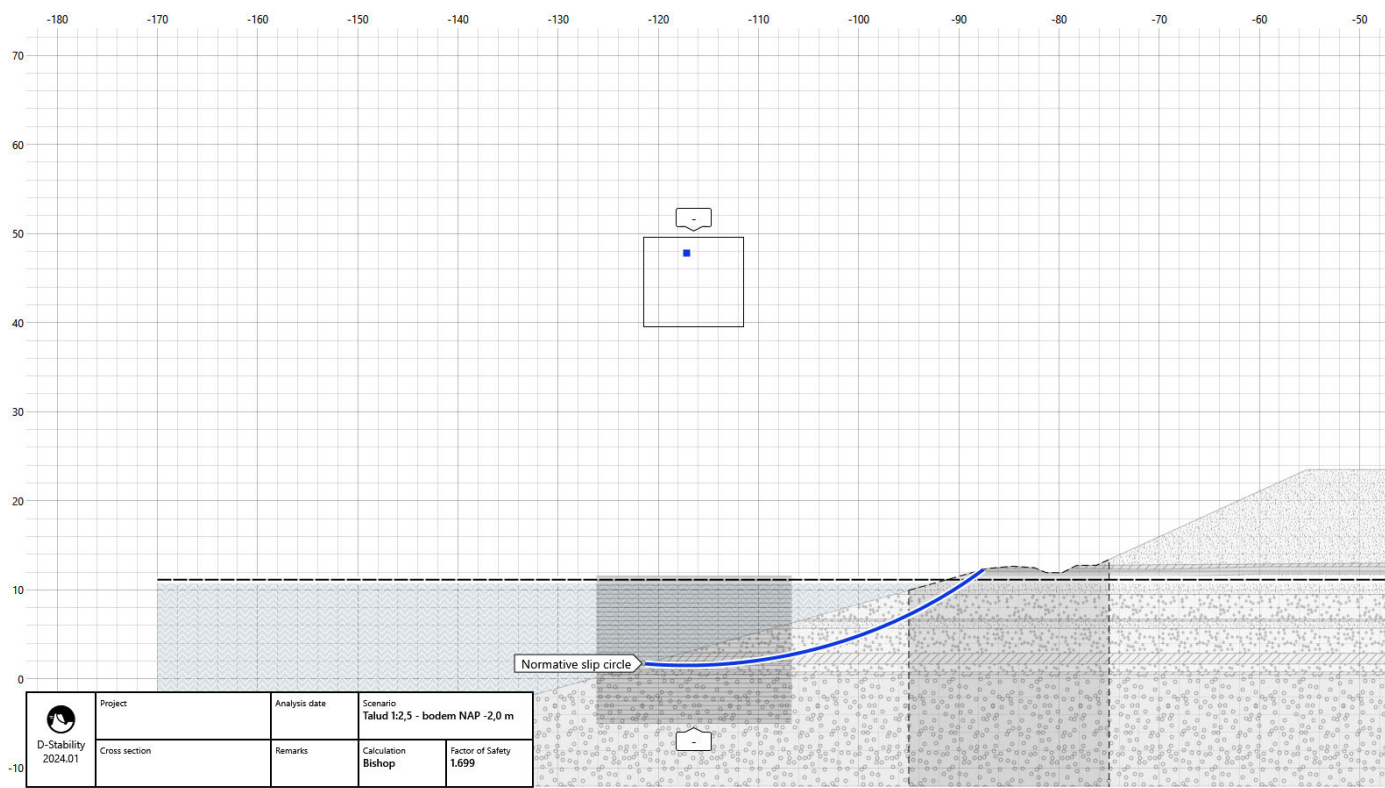
Profiel 4, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



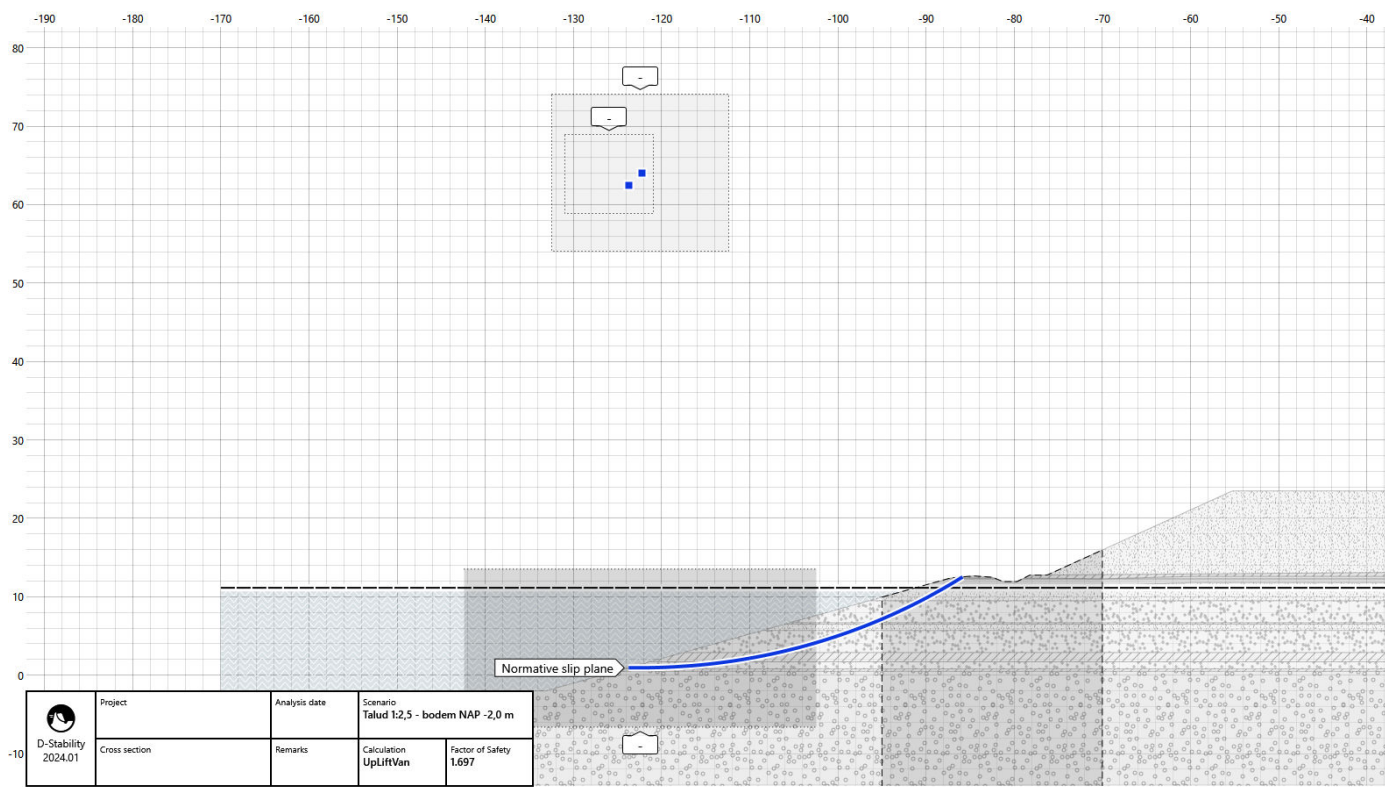
Profiel 4, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



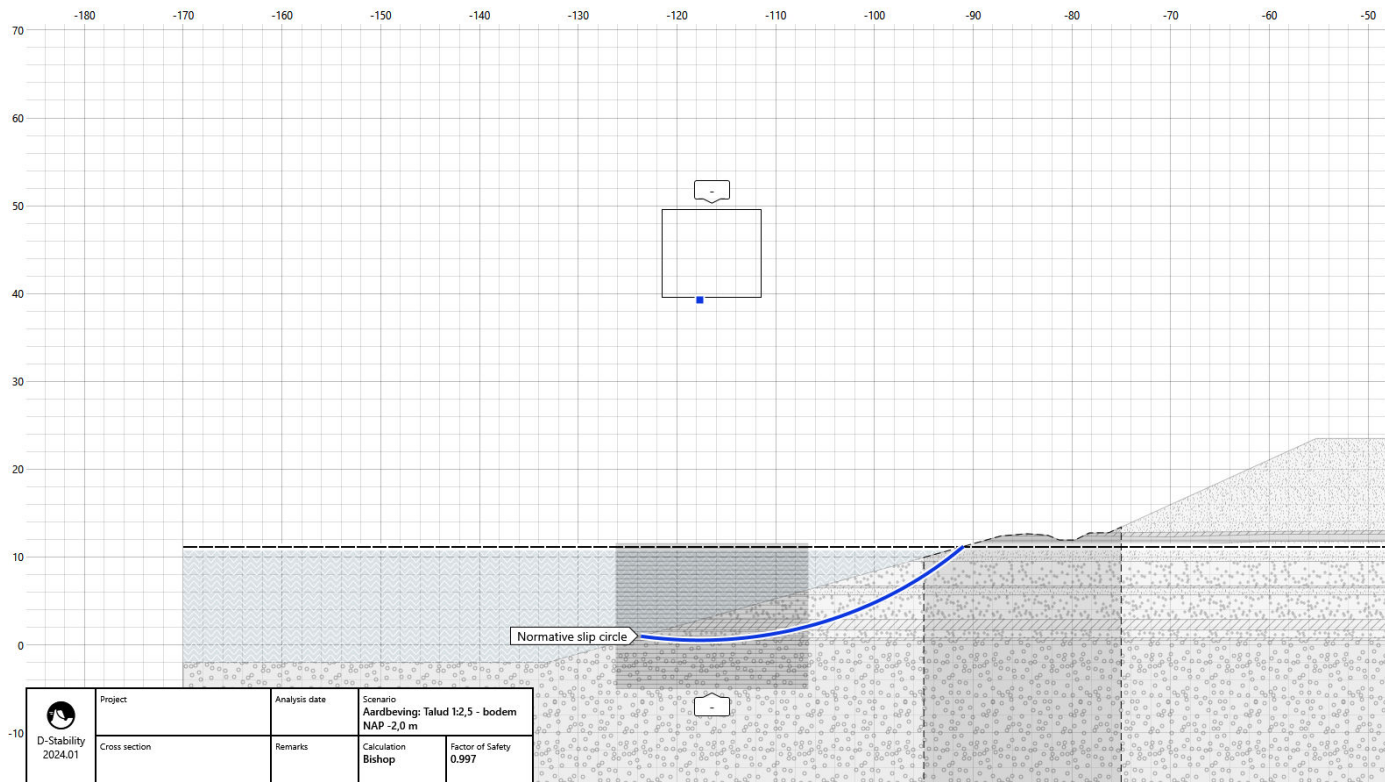
Profiel 4, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



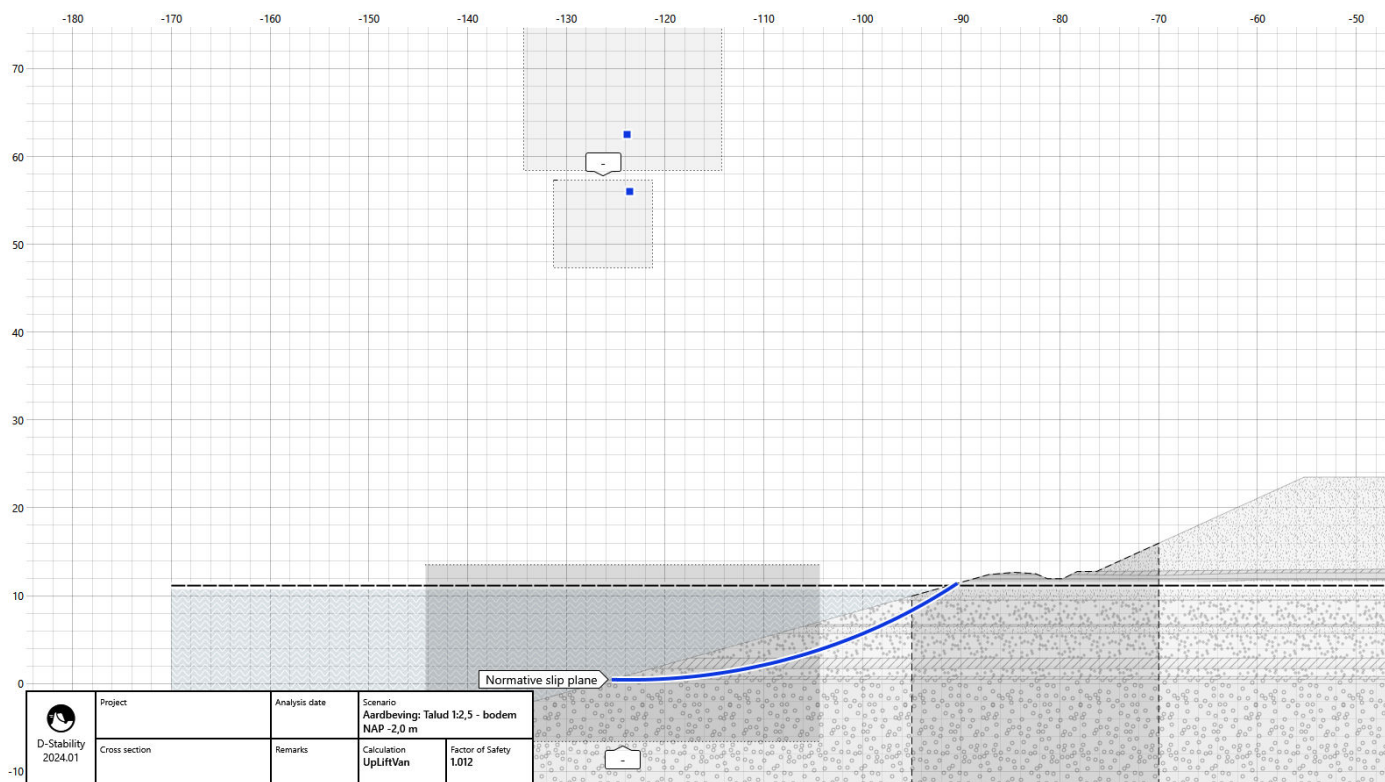
Profiel 4, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



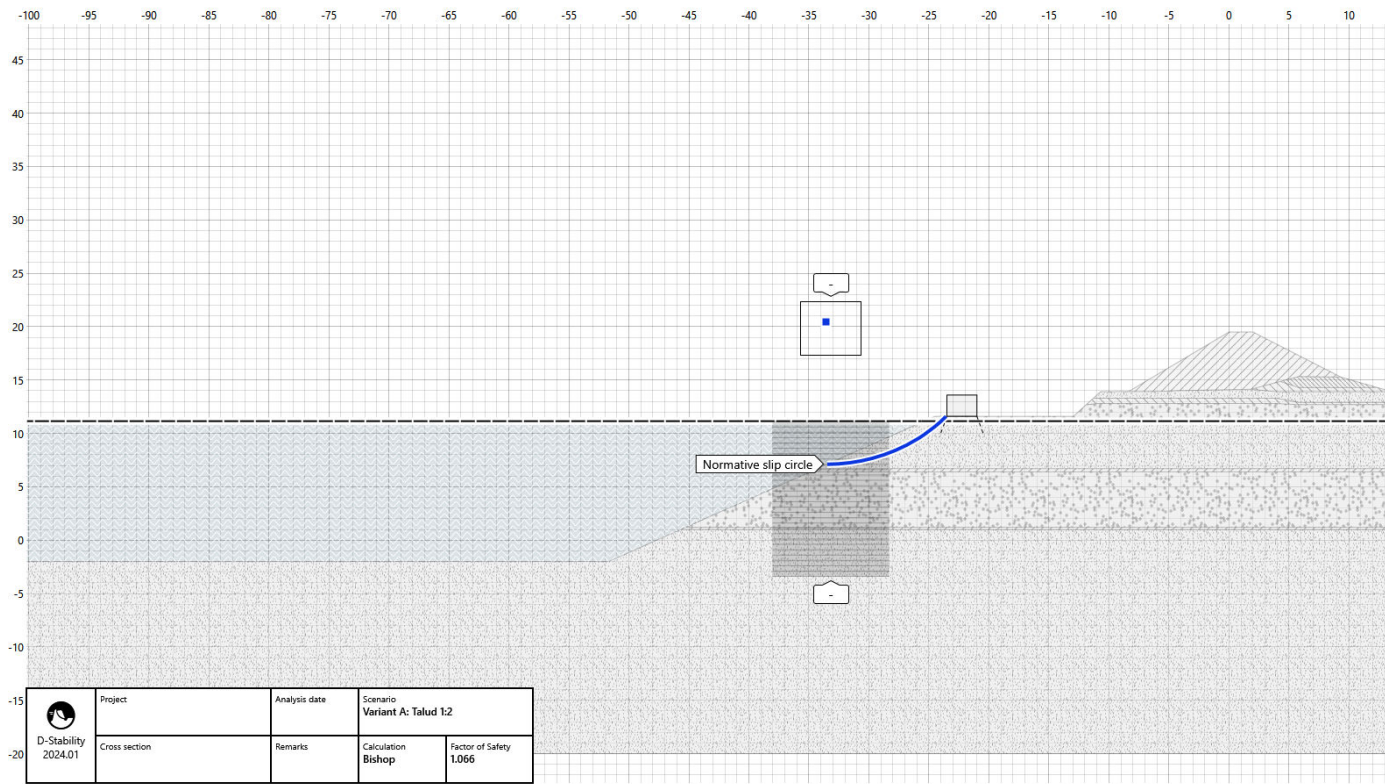
Profiel 4, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



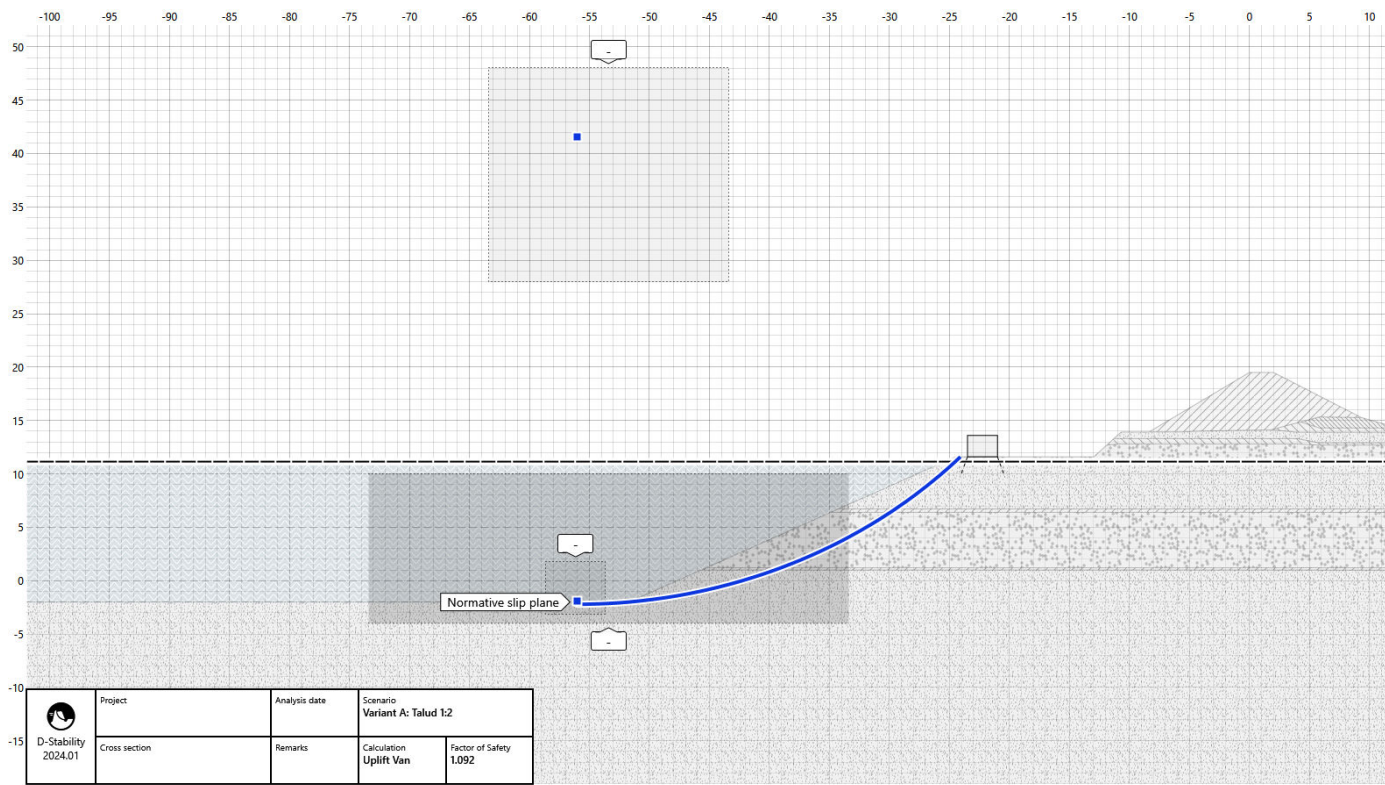
Profiel 4, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



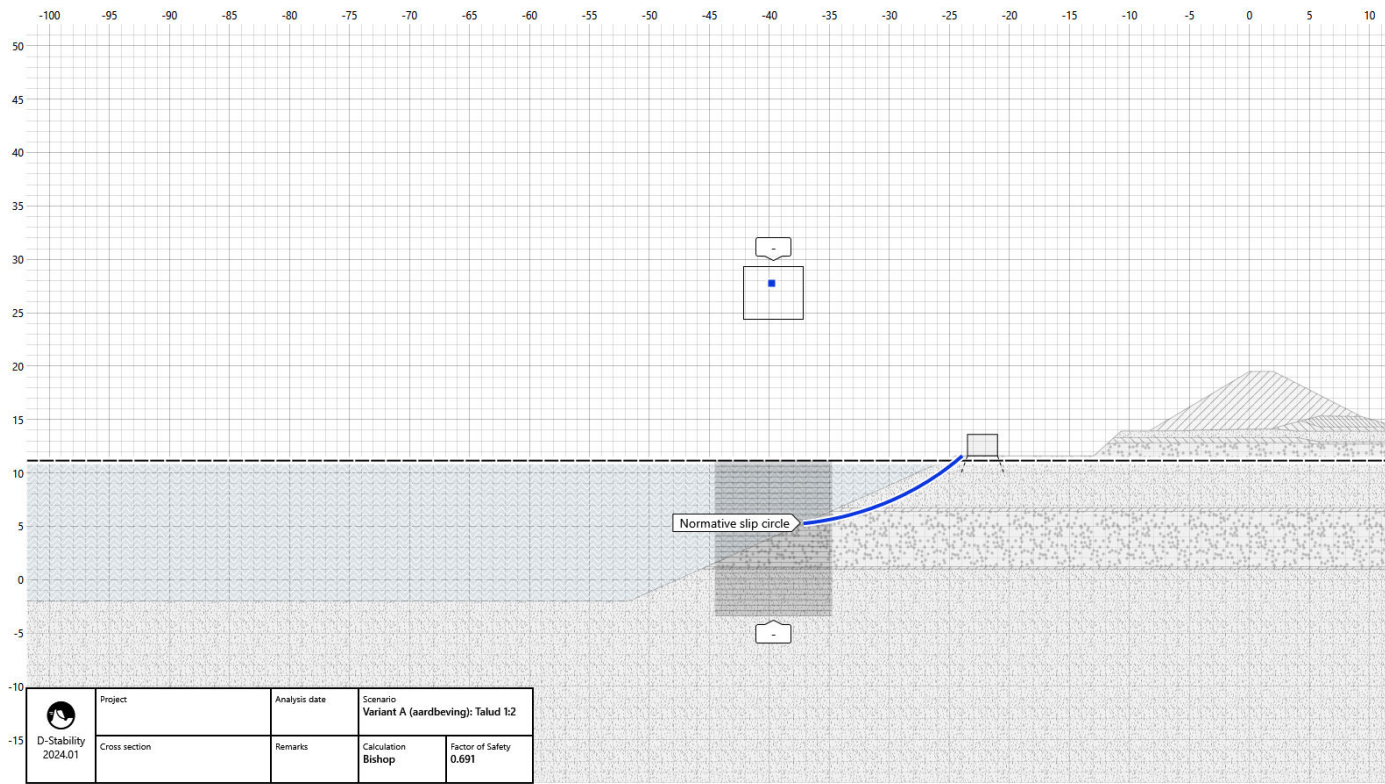
Profiel 7, variant A, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



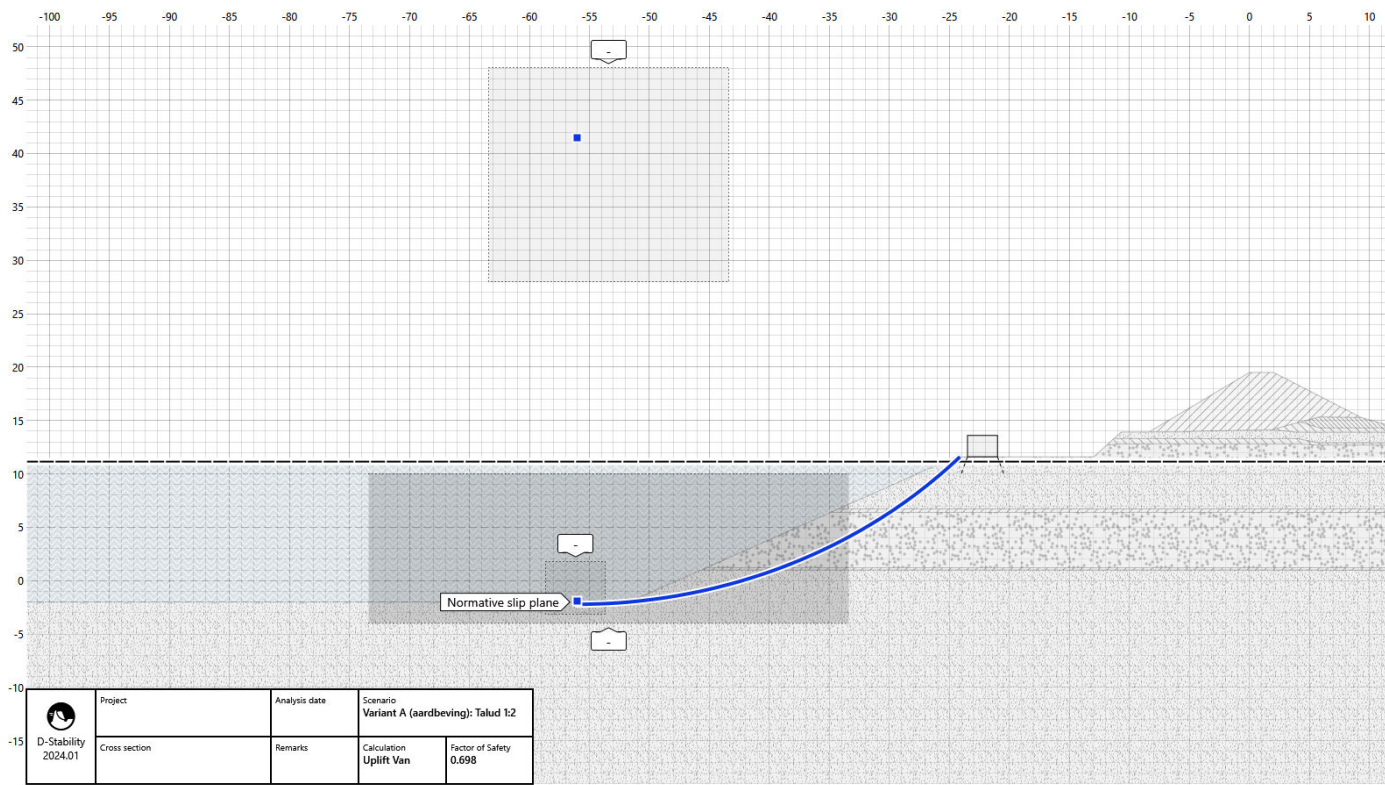
Profiel 7, variant A, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



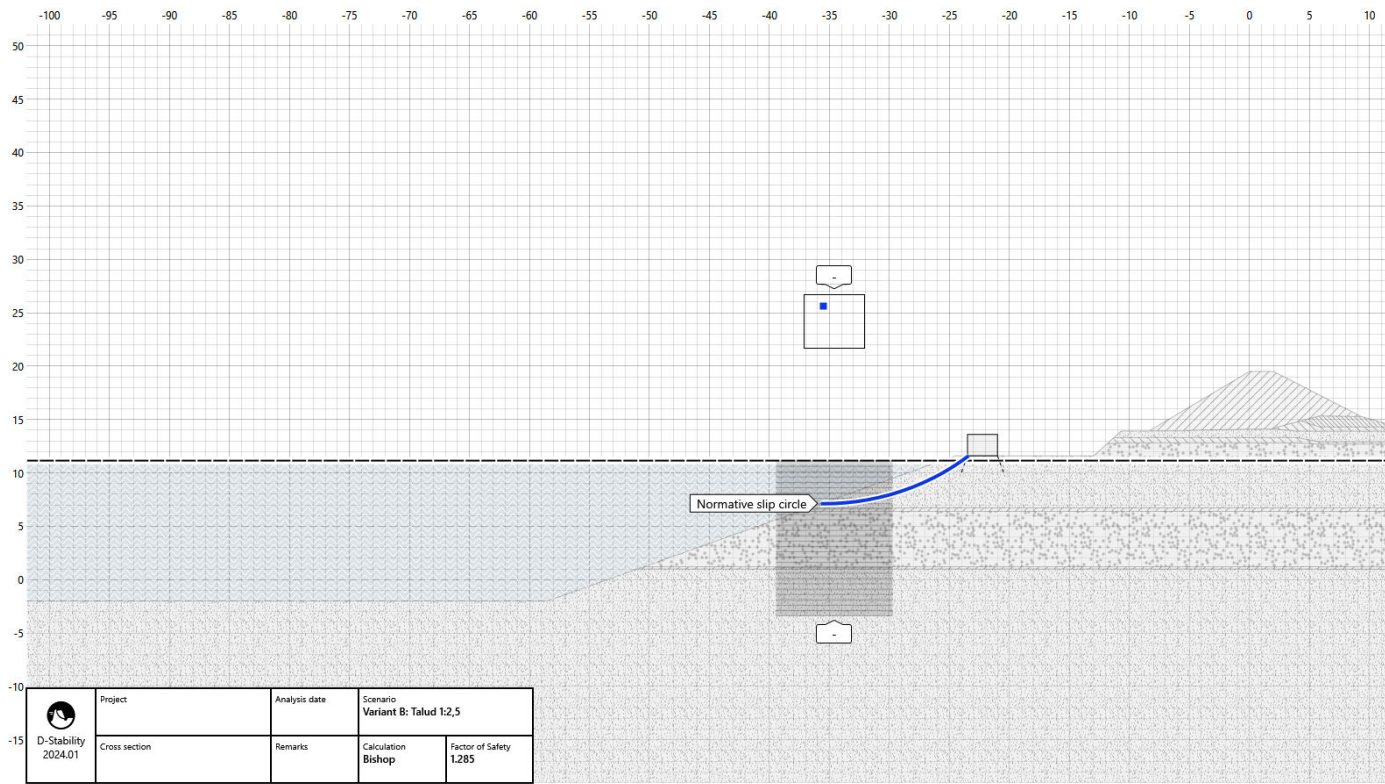
Profiel 7, variant A, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting



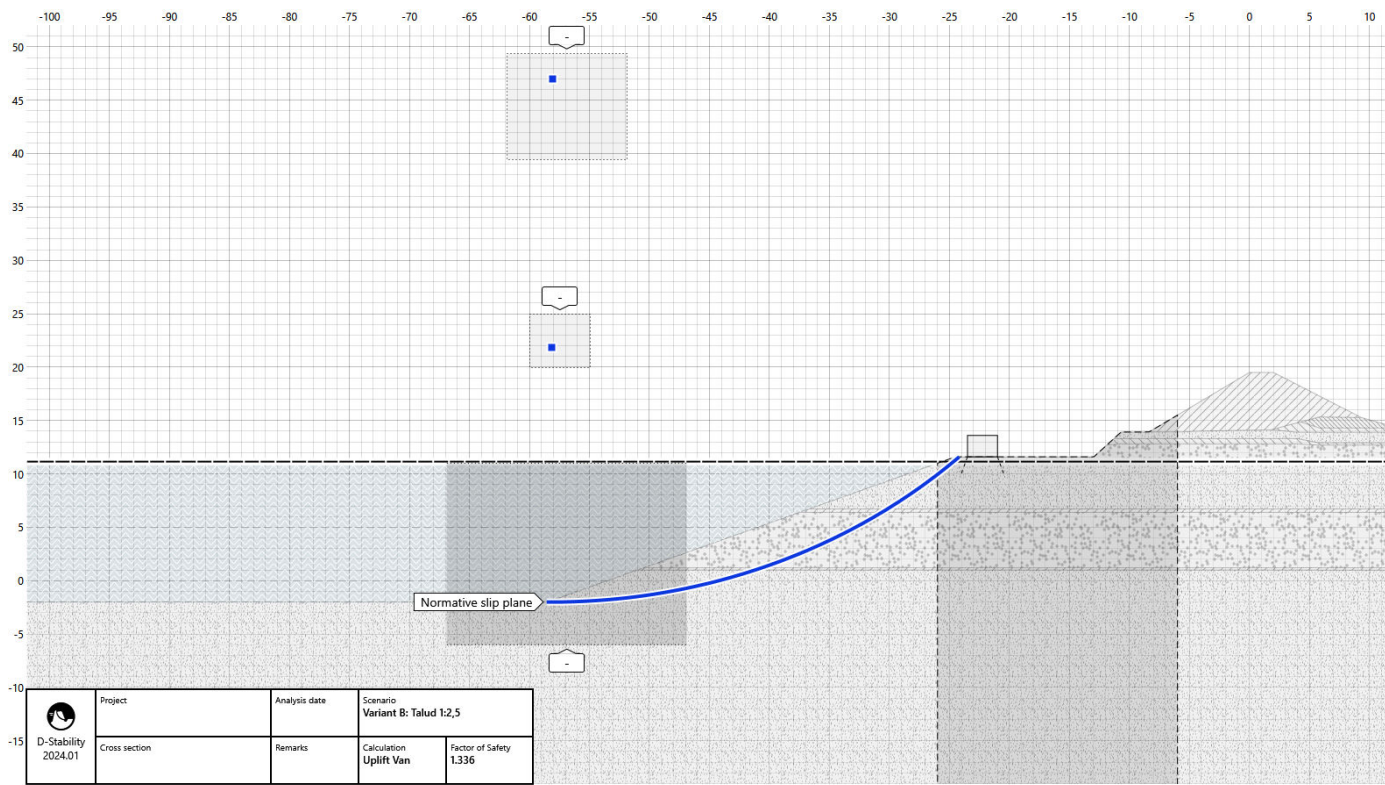
Profiel 7, variant A, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting



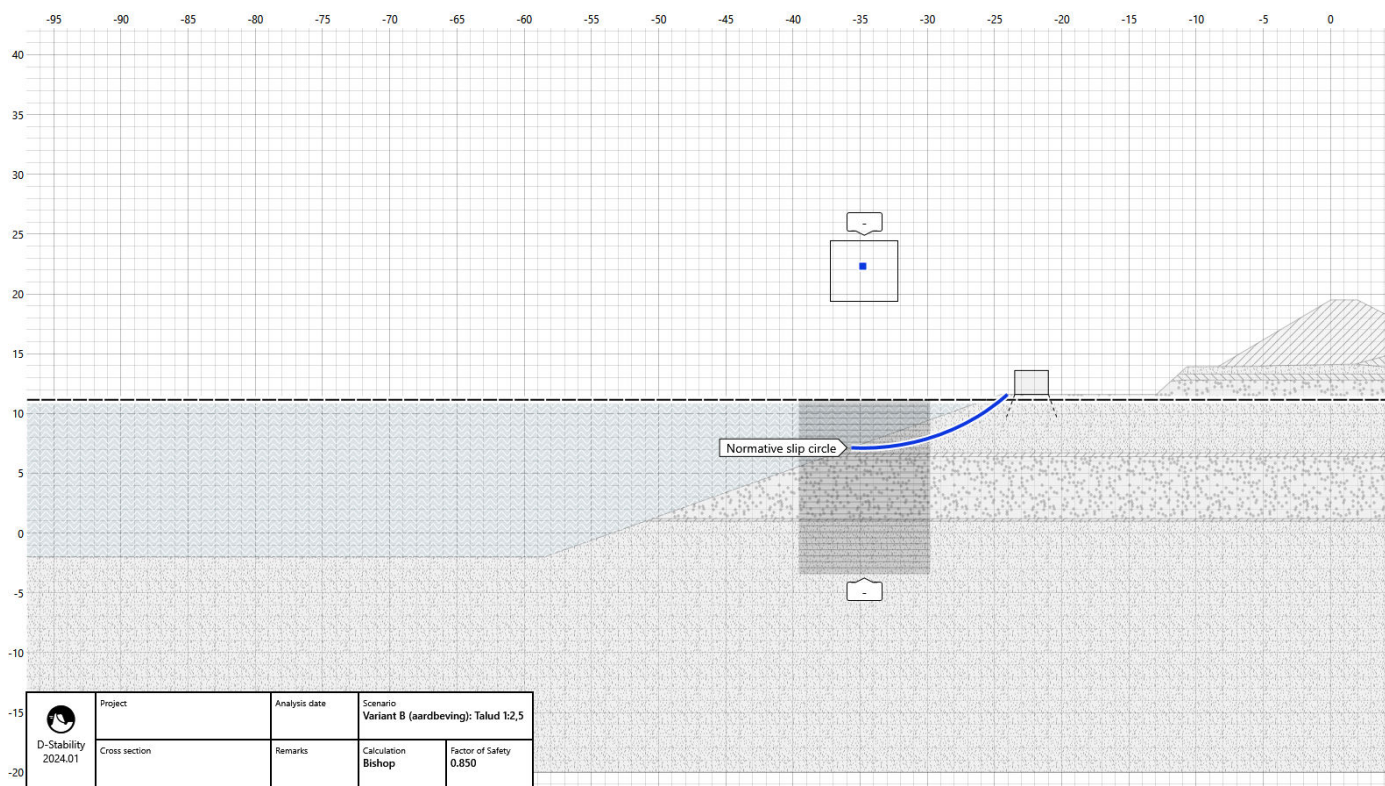
Profiel 7, variant B, Bishop, exclusief aardbevingsbelasting



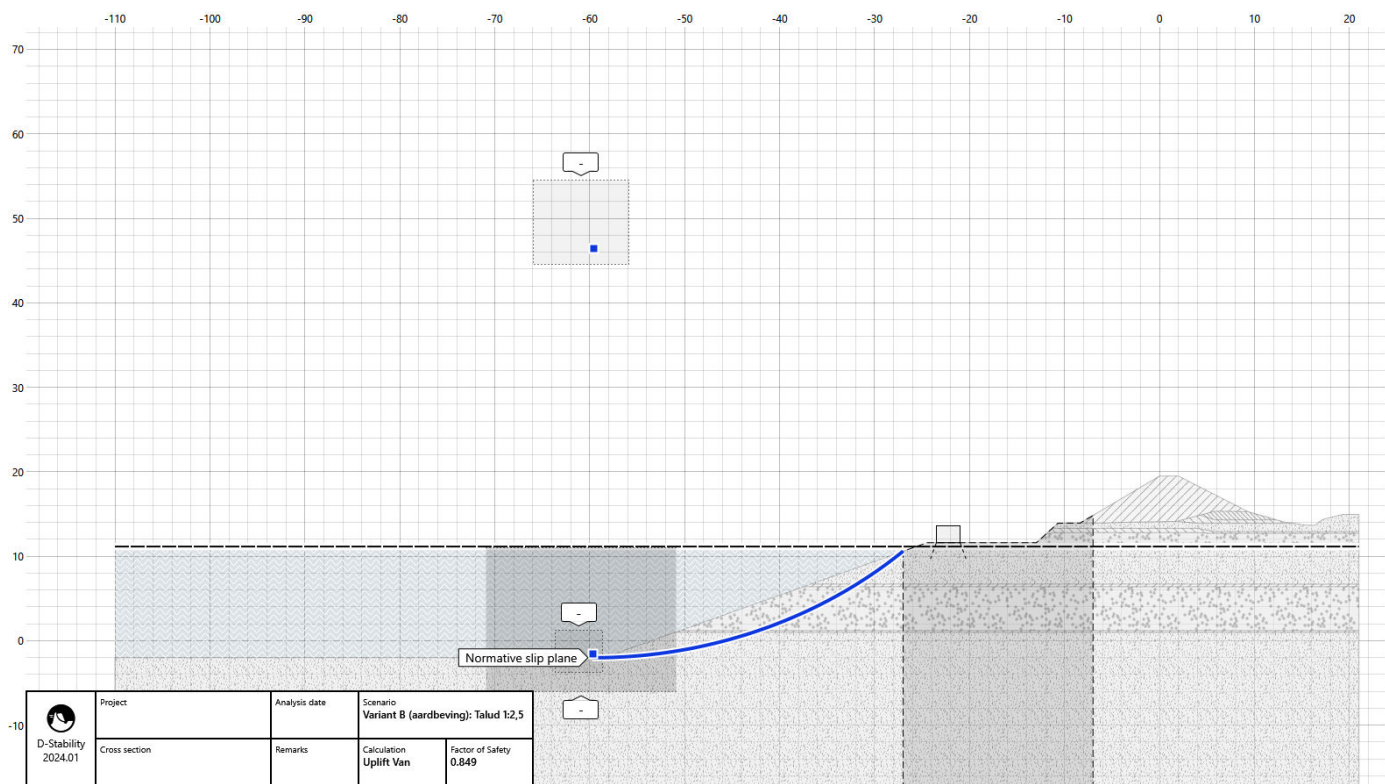
Profiel 7, variant B, Uplift Van, exclusief aardbevingsbelasting



Profiel 7, variant B, Bishop, inclusief aardbevingsbelasting

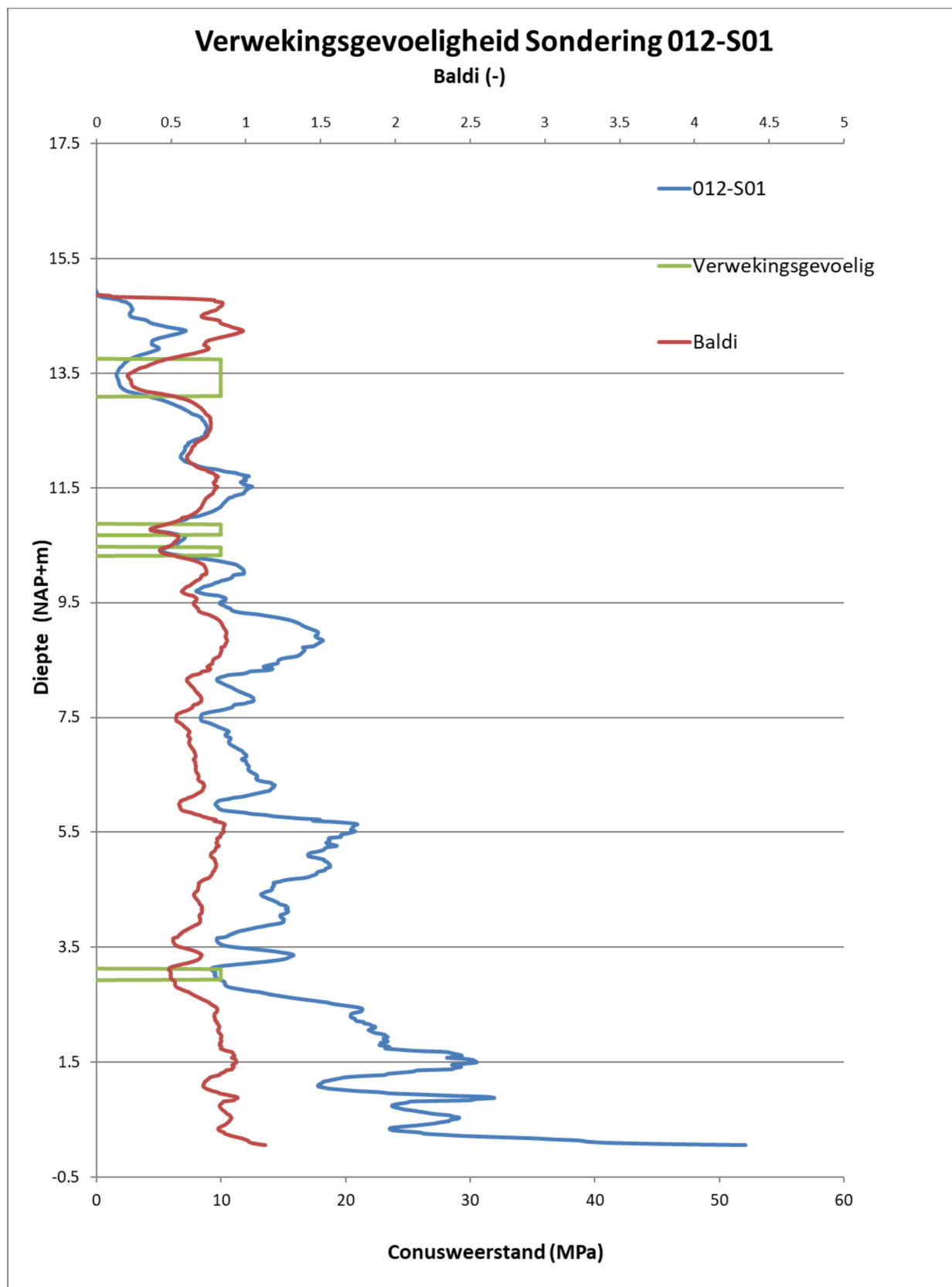


Profiel 7, variant B, Uplift Van, inclusief aardbevingsbelasting

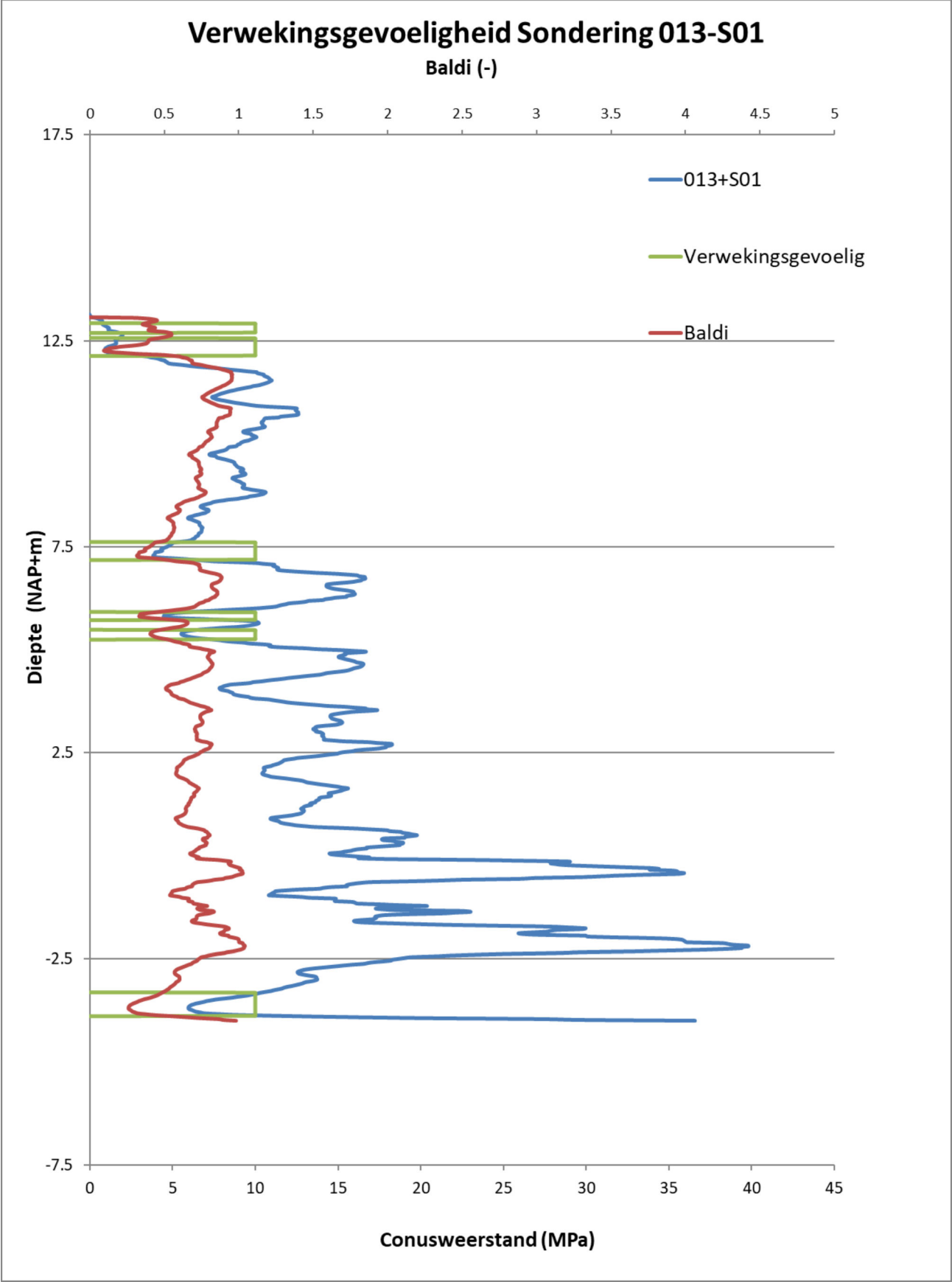


Bijlage D – Verweking volgens Baldi

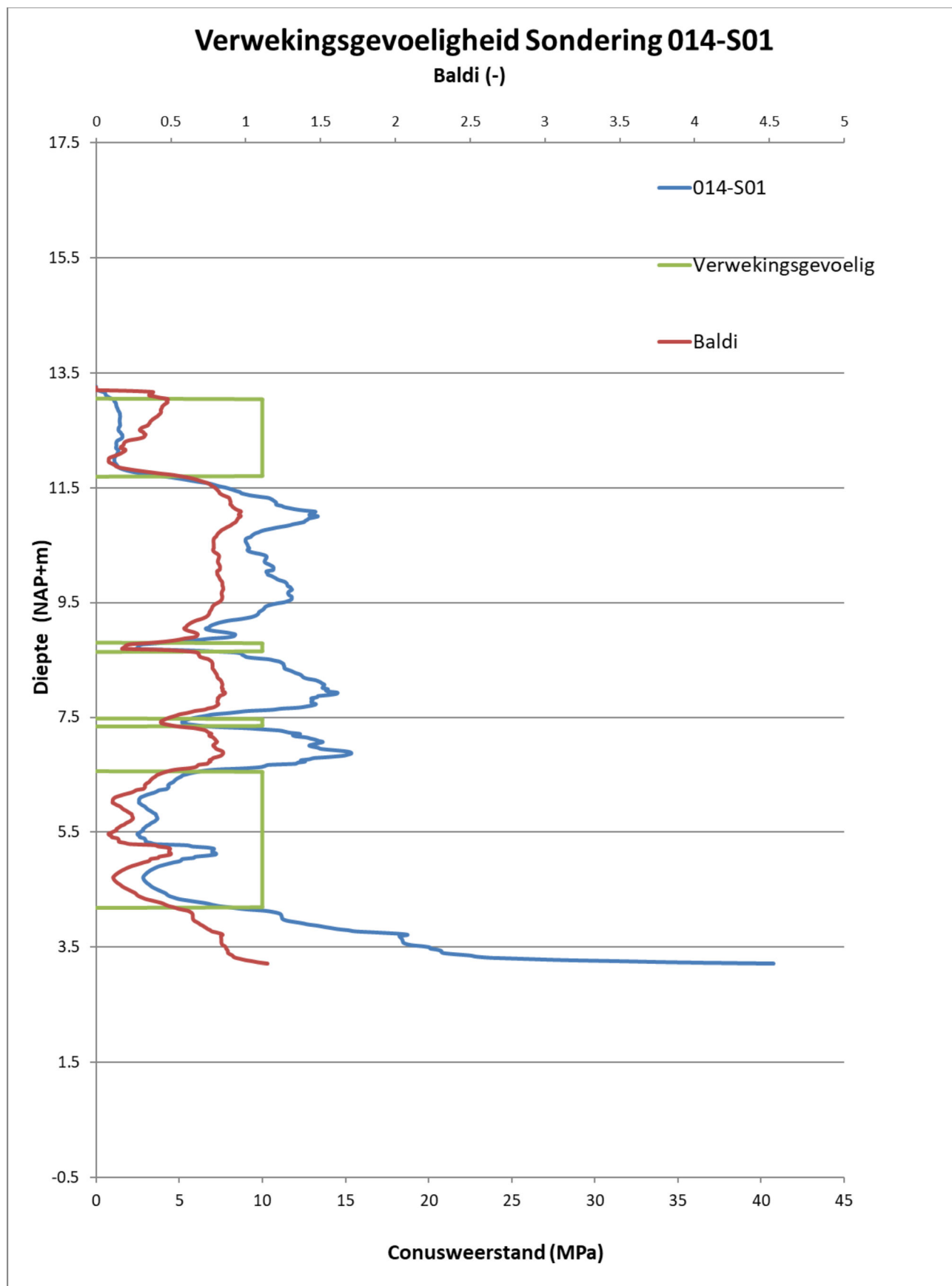
012-S01



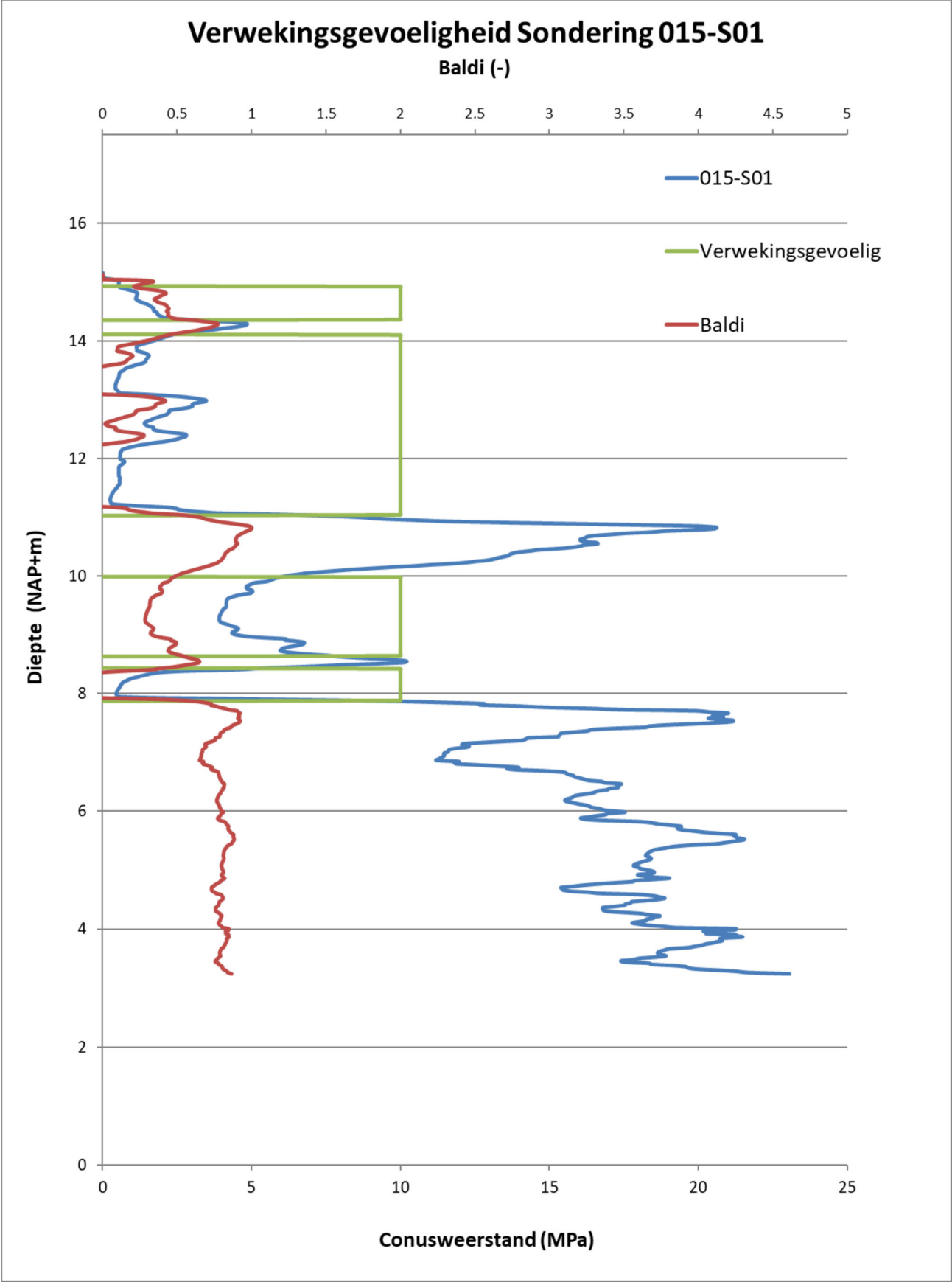
013-S01



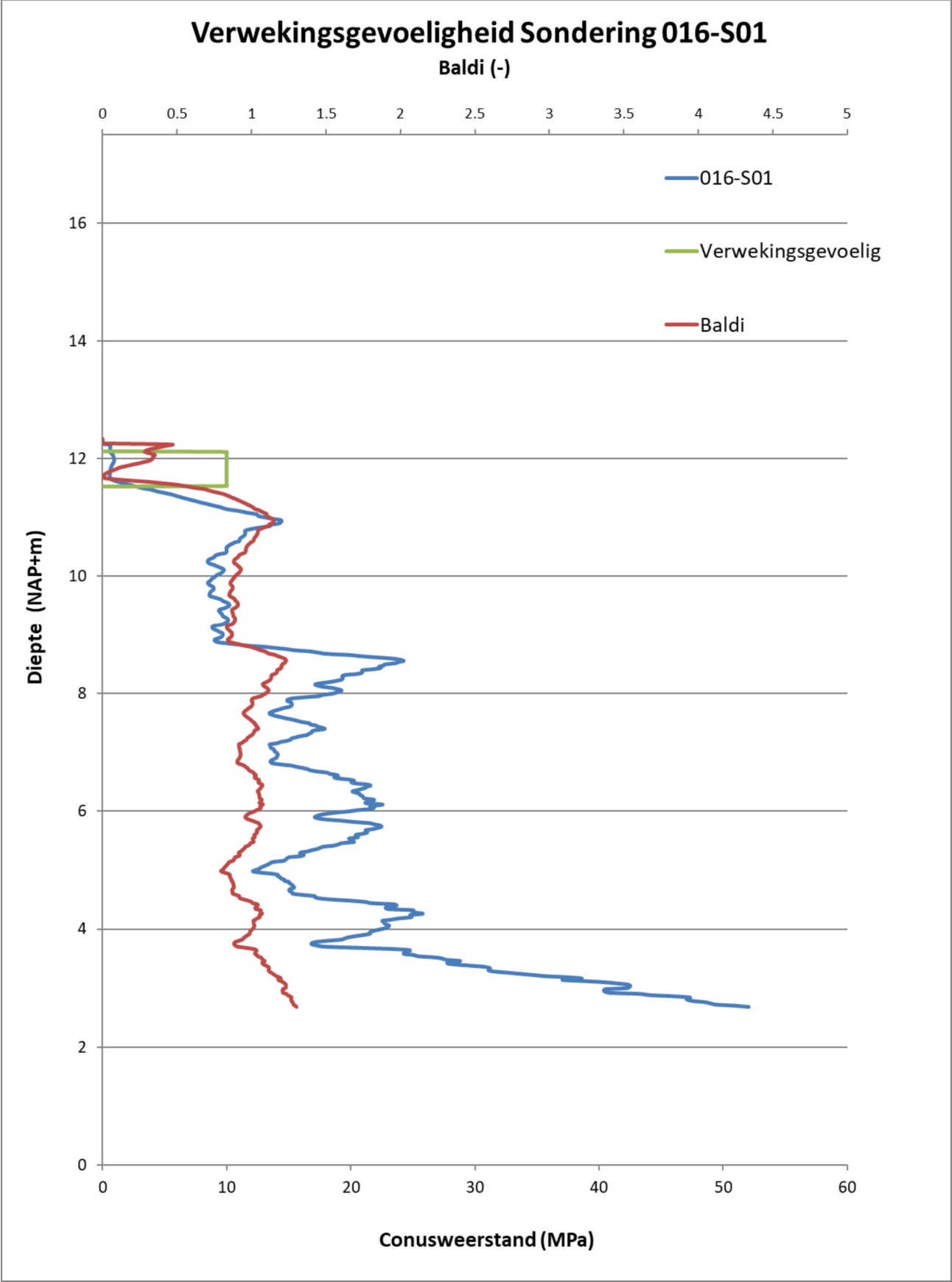
014-S01



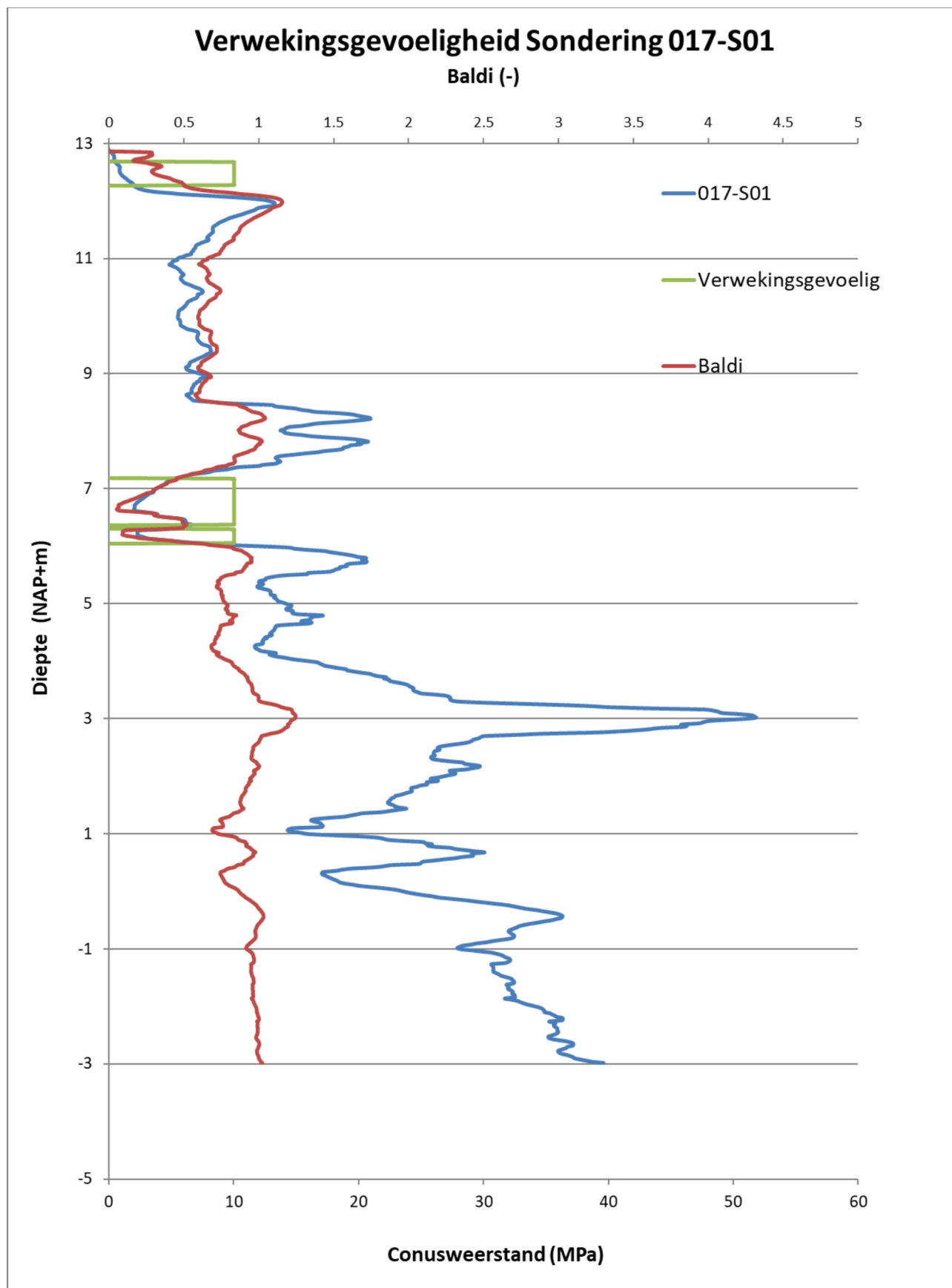
015-S01



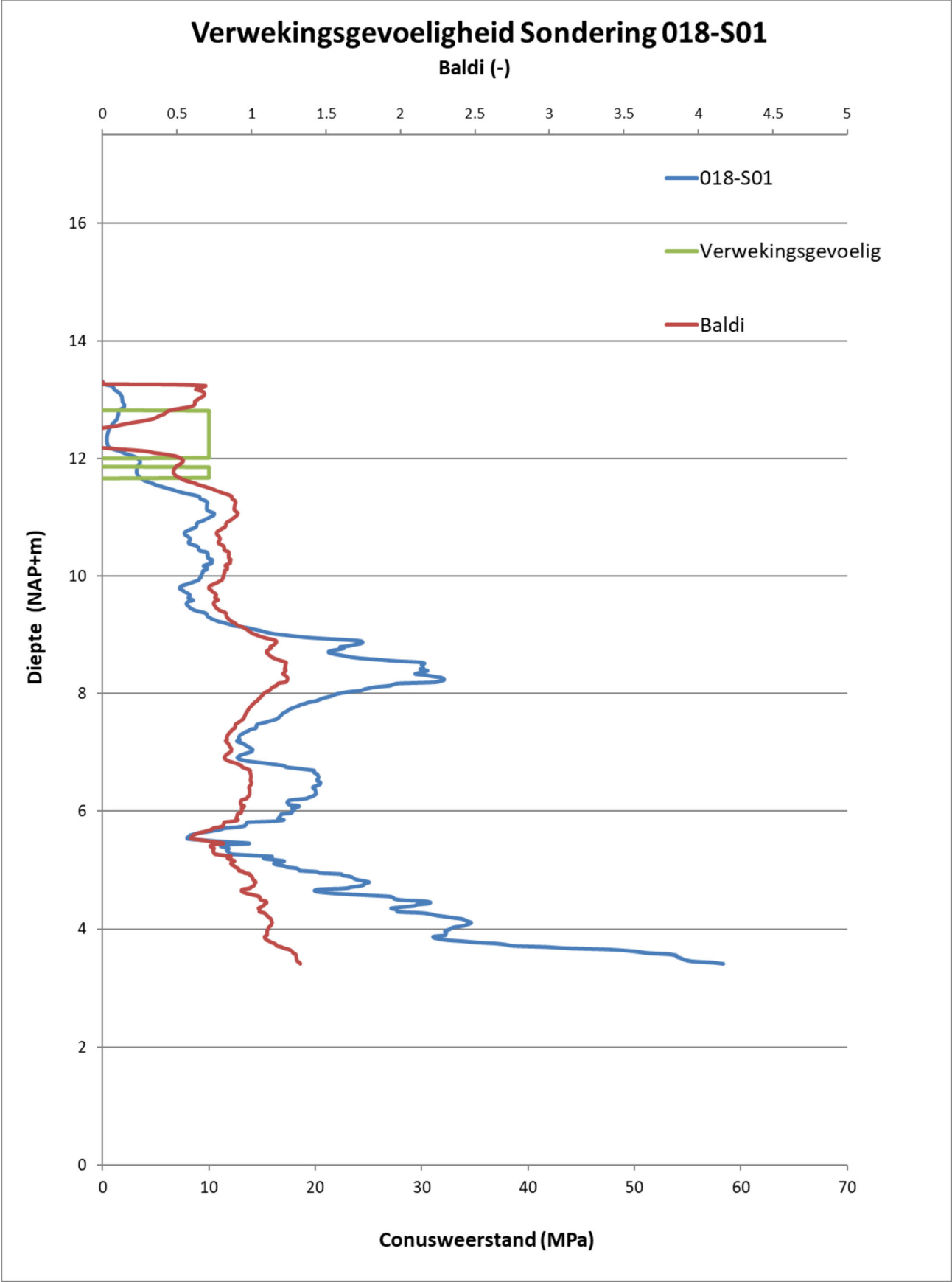
016-S01



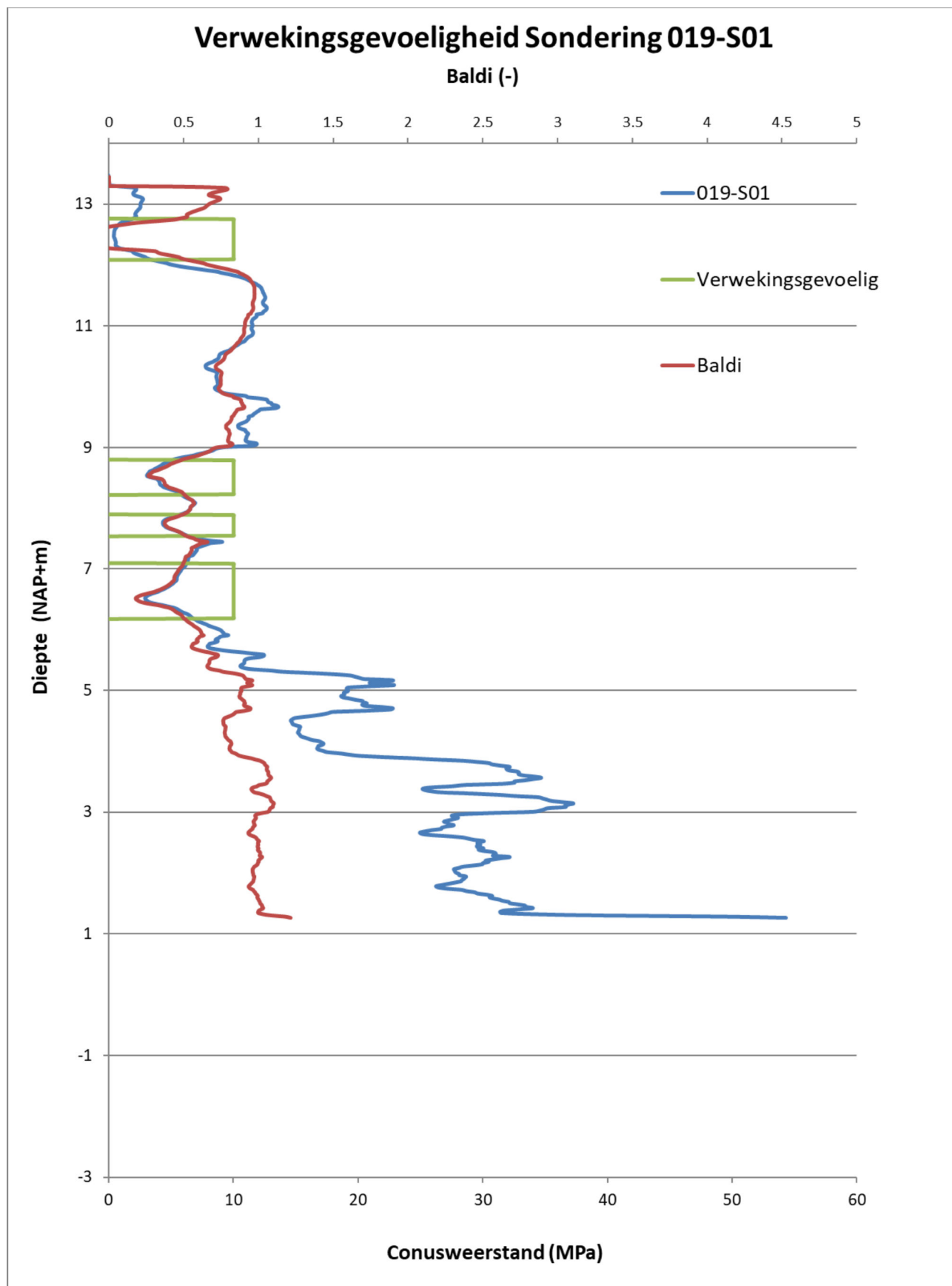
017-S01



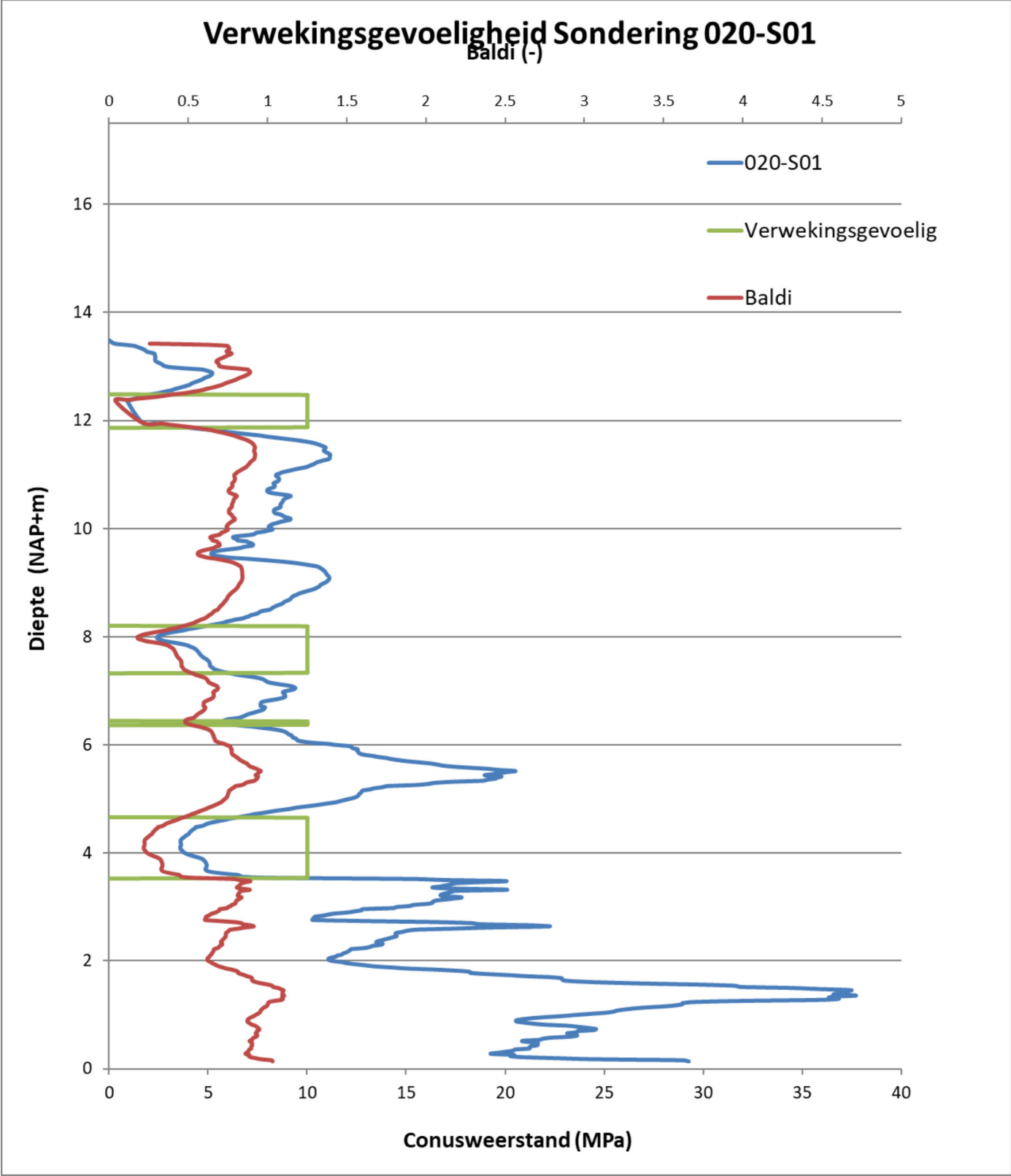
018-S01



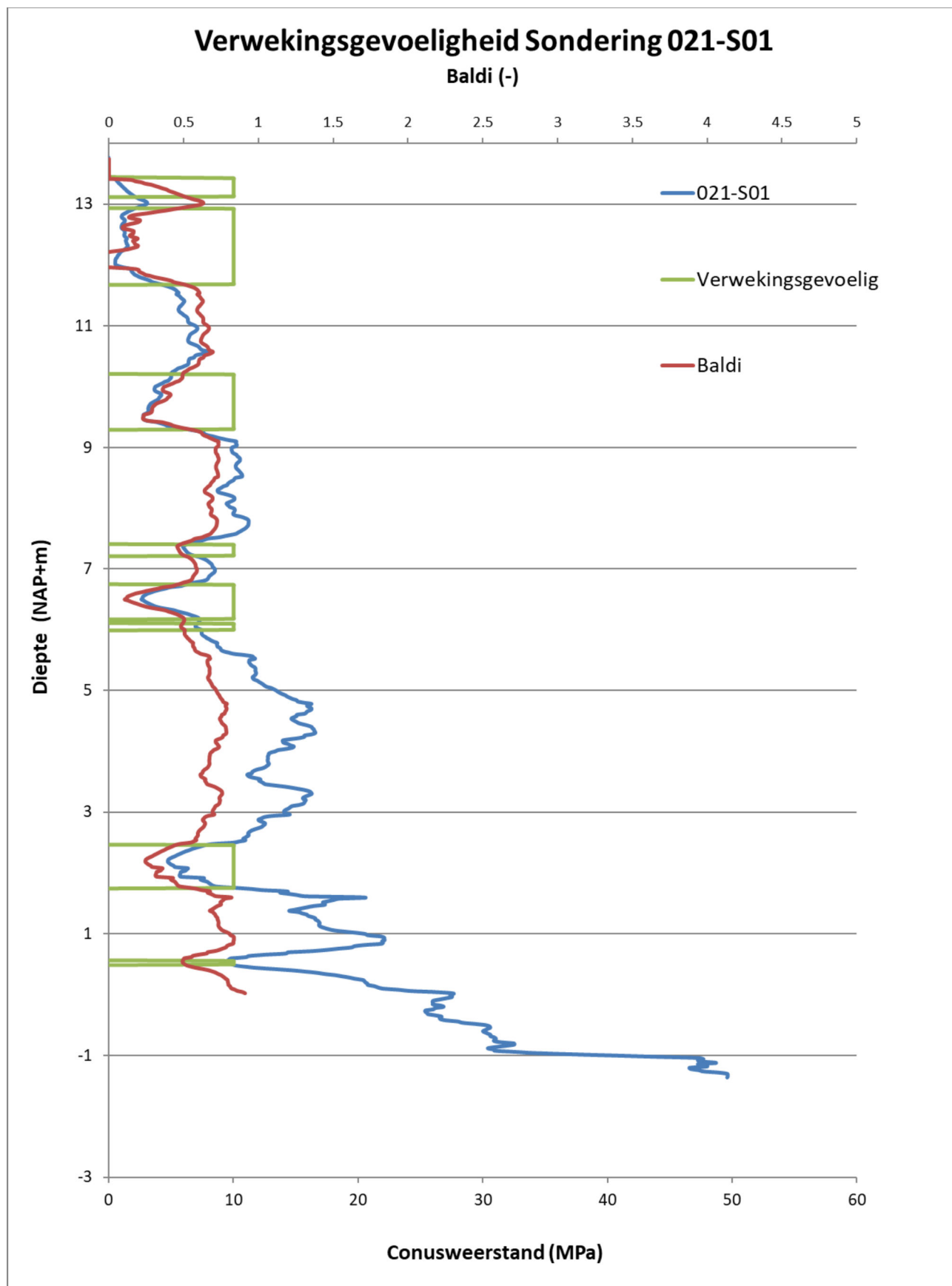
019-S01



020-S01



021-S01



Bijlage E – Erosiekrater gasleiding conform NEN3650/3651:2020

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.7 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : 30203957 - Zandwinning Well-De Kamp 15			
Projectonderdeel : Hogedruk gasleiding			
Gegevens van de leiding			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Gas	
Ontwerpdruk (overdruk)	p_d	= 4	N/mm ²
Omgevingsdruk	p_{omg}	= 0,1	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ_{omg}	= 0,833	kg/m ³
Expansie constante	κ	= 1,33	
Grondsoort		= Zand	
Vochtgehalte	w	= 6	%
Uitwendige middellijn	D_e	= 219,1	mm
Wanddikte	d_n	= 5,56	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 207,98	mm
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 1	m
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Verheeld			
Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil			
De erosiezone voor leidingen evenwijdig aan de weg of waterkering is G_B .			
$p_d = 4 \text{ N/mm}^2 = 4.000.000 \text{ Pa}$			
$p_{omg} = 0,1 \text{ N/mm}^2 = 100.000 \text{ Pa}$			
$p_0 = p_d + p_{omg} = 4.000.000 + 100.000 = 4.100.000 \text{ Pa}$ (absolute druk)			
$p^* = p_0 \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa+1}} = 4.100.000 \cdot \left(\frac{2}{1,33+1} \right)^{\frac{1,33}{1,33+1}} = 2.215.492 \text{ Pa}$			
$\rho_0 = \rho_{omg} \cdot \frac{p_0}{p_{omg}} = 0,833 \cdot \frac{4.100.000}{100.000} = 34,15 \text{ kg/m}^3$			
$u^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa+1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,33}{1,33+1} \cdot \frac{4.100.000}{34,15}} = 370,20 \text{ m/s}$			
$\rho^* = \rho_0 \cdot \left(\frac{p^*}{p_0} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = 34,15 \cdot \left(\frac{2.215.492}{4.100.000} \right)^{\frac{1}{1,33}} = 21,50 \text{ kg/m}^3$			
$Q^* = \rho^* \cdot u^* \cdot \frac{1}{4} \pi D_i^2 = 21,50 \cdot 370,20 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,21^2 = 270,40 \text{ kg/s}$			
$I = Q^* \cdot u^* + (p^* - p_{omg}) \cdot \frac{1}{4} \pi D_i^2 = 270,40 \cdot 370,20 + (2.215.492 - 100.000) \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,21^2 = 171.974,29 \text{ N}$			
$w = 6,00 \% \rightarrow R(w) = 0,025$			
$D_k = 1,6 \cdot D_0 + H = 1,6 \cdot 0,22 + 1,00 = 1,35 \text{ m}$			
$G_B = R(w) \cdot \left\{ \frac{g}{D_k^2} \cdot \left(\frac{I}{\rho_{omg} \cdot g} \right)^3 \cdot t^2 \right\}^{0,125} = 0,025 \cdot \left\{ \frac{9,81}{1,35^2} \cdot \left(\frac{171.974,29}{0,833 \cdot 9,81} \right)^3 \cdot 7,200^2 \right\}^{0,125} = 11,88 \text{ m}$			
		15-02-2024 10:27:28	

1.7.0.0/11-2023/23-1431382-6

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.7 ©
Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil		
G _L is de lengte van de ontgroning in de richting van de leidingas		
b ₀ = D ₁ = 0,21 mm		
- Indien er sprake is van een klein gat in de zijkant: G _L = ½ · (G _B + b ₀) = ½ · (11,88 + 0,21) = 6,04 m		
- Indien er sprake is van een groot gat in zijkant of eenzijdige uitstroming: G _L = G _B + b ₀ = 11,88 + 0,21 = 12,09 m		
- Indien er sprake is van volledige afschuiving en tweezijdige uitstroming: G _L = 2 · (G _B + b ₀) = 2 · (11,88 + 0,21) = 24,17 m		
Berekening van de veiligheidszone		
Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering: Veiligheidszone = G _B = 11,88 m		
Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:		
- Indien er sprake is van een klein gat in de zijkant: Veiligheidszone = ½ · G _L = ½ · 6,04 = 3,02 m		
- Indien er sprake is van een groot gat in zijkant of eenzijdige uitstroming: Veiligheidszone = ½ · G _L = ½ · 12,09 = 6,04 m		
- Indien er sprake is van volledige afschuiving en tweezijdige uitstroming: Veiligheidszone = ½ · G _L = ½ · 24,17 = 12,09 m		
Berekening van de diepte van de erosiekrater		
D _k = 1,6 · D ₀ + H = 1,6 · 0,22 + 1,00 = 1,35 m		
		15-02-2024 10:27:28

1.7.0.0/11-2023/23-1431382-6

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage F – Laboratorium- en grondonderzoek Socotec

Het laboratorium- en grondonderzoek van Socotec (projectnummer 24SP0221).

Colofon

MAASPARK WELL ZANDWINNING NABIJ KADETRACÉ 'T LEUKEN - ELSTEREN
GEOTECHNISCH ONDERZOEK

KLANT

Kampergeul B.V.

PROJECTNUMMER

30203957

ONZE REFERENTIE

PSXFWJUHCKCA-1605076963-1956:1.0

DATUM

15 maart 2024

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

Senior Geotechnisch Adviseur

ProjectleiderSenior Geotechnisch adviseur

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 173
1620 AD Hoorn
Nederland

T **+31 (0)88 4261 261**