

Memo

Datum	Onderwerp	Behandeld door	Documentnummer
12-03-2026	Geotechnische beoordeling proefsleuven		SAFE-1271388180-885

Aanpak

Algemeen

Ten behoeve van archeologie wordt proefsleuvenonderzoek uitgevoerd. De aanleiding, ligging en aard van de ontgravingen zijn beschreven in de memo “Vergunningsaanvraag proefsleufonderzoek archeologie traject 16-3 en 16-4” en “Bijlage 8: Addendum – Aanpassingen van de onderzoeksmethode en/of strategie in het kader van hoogwater- en persoonsveiligheid”.

De voorliggende memo de geotechnische beoordeling van het proefsleuvenonderzoek. Hierbij kunnen drie relevante faalmechanismes worden onderscheiden.

1. **Macrostabieleit**
 - a. Ten eerste omvat dit invloed van de sleuf op stabiliteit dijklichaam ten aanzien van de *hoogwaterveiligheid*
 - b. Taludstabiliteit van de sleuf zelf ten aanzien van de *persoonsveiligheid*
 - c. Beiden worden getoetst in voorliggende memo met behulp van stabiliteitsberekeningen in D-stability
2. **Piping.** De veiligheid ten aanzien van piping wordt niet verslechterd door de proefsleuven. Dit wordt geborgd door de volgende uitgangspunten, die reeds benoemd zijn in de hoofddocumentatie ten behoeve van de proefsleuven
 - a. Er worden geen sleuven gegraven tijdens hoogwatercondities
 - b. De sleuf ligt voor korte tijd open (planning 1 dag)
 - c. De sleuf wordt naderhand weer opgevuld met het originele materiaal en verdicht volgens de standaarden
 - d. De diepte van de sleuf wordt dusdanig gekozen zodat de overgebleven deklaag dikte minimaal gelijk is aan de bodembreedte van de sleuf. Zo wordt voldoende veiligheid tegen opbarsten ingebouwd.
3. **Microstabieleit.** Microstabieleit is ook geen relevant faalmechanisme voor de proefsleuven, vanwege de volgende redenen.
 - a. Volgens de documentatie behorend bij het WBI2017 vormt microstabieleit geen probleem wanneer de dijk volledig uit klei bestaat
 - b. Zoals hierboven gesteld worden de proefsleuven alleen gegraven aan de bovenzijde van de deklaag en wordt voldoende ruimte gehouden tot eventuele zand(tussen)lagen.

Dit betekent dat deze memo de stabiliteitsberekeningen zal presenteren als geotechnische beschouwing van de proefsleuven.

Uitgangspunten

Waterstanden

Een van de uitgangspunten is dat er niet ontgraven mag worden bij een verhoogde waterstand. Voor een verhoogde waterstand is een rivierafvoer van 5500 m³ bij Lobith aangehouden, ofwel NAP +13,0 m. Vanaf deze waterstand beginnen voorlanden van traject 16-3 en 16-4 onder water te lopen en mag er niet gegraven worden. Praktisch wordt ervan uitgegaan dat de waterstand bij Lobith onder deze grens moet blijven én dat er geen water tegen de dijkteen aan staat. In de berekening wordt dus aan de buitenzijde een freatische lijn onder maaiveld aangenomen. In het dijklichaam wordt dezelfde opbolling aangenomen als in de stabiliteitssommen onder dagelijkse omstandigheden uit SAFE OR2.

Omdat het voorland niet onder water staat, is te verwachten dat de buitenwaterstand geen significante invloed heeft op de stabiliteit van de proefsleuven. Er wordt ook uitgegaan van een tijdelijke aanwezigheid van de proefsleuven, namelijk 1 dag. Er wordt een kloppomp ingezet als dat benodigd is, dus er wordt aangenomen dat lokaal de grondwaterstand verlaagd is tot onderzijde ontgraving.

Veiligheidseis

Het doel is om te toetsen aan de maakbaarheidseis (veiligheidsfactor $\geq 1,0$). Zowel de stabiliteit van het dijklichaam (waterveiligheid) als de stabiliteit van de sleuf zelf wordt hieraan getest.

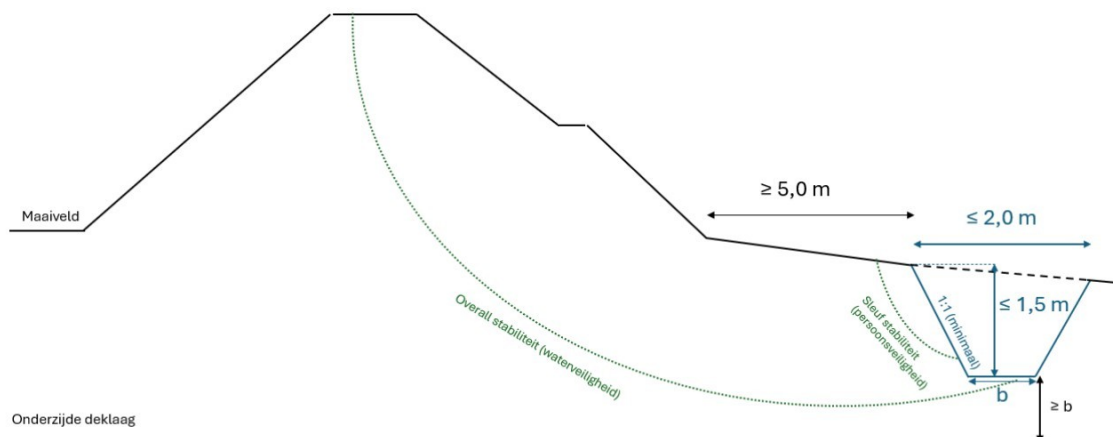
Oriëntatie proefsleuven

Voor sleuven die haaks op de dijk liggen geldt dat er 3D effecten in werking treden waardoor het toetsen met methode Uplift Van een onderschatting geeft van de werkelijke veiligheid. Omdat de breedte van de sleuf (2m) verwaarloosbaar is ten opzichte van de breedte van een eventuele afschuiving, worden haakse proefsleuven die verder voldoen aan de hieronder benoemde richtlijnen geometrie niet meegenomen in de stabiliteitsanalyse.

Richtlijnen geometrie

Initiële veiligheidsberekeningen en beschouwingen hebben enkele geometrische richtlijnen opgeleverd waar een veilige proefsleuf minimaal aan moet voldoen. Deze zijn gevisualiseerd in figuur 1-1.

1. De maximale diepte is $mv - 1,5m$
2. De maximale breedte is 2,0m aan maaiveld
3. De maximale lengte (open) is 10m
4. De minimale afstand tussen de binnenteen van de dijk en de proefsleuf is 5,0m. Hier wordt alleen van afgeweken in dijkvak 84b
5. De diepte moet dusdanig gekozen worden dat de minimaal overgebleven deklaagdikte de breedte van de sleuf is.
6. De sleuven worden geschematiseerd met een minimale helling van 1:1. In werkelijkheid leidt dit tot een getrappt talud waarvan de gemiddelde helling 1:1 is.



Figuur 1-1: Visualisatie eisen proefsleuven

Resultaten

De resultaten zijn te zien in tabel 1-1 en in volledigheid opgenomen in Bijlage B. Per dijkvak zijn de maatgevende proefsleuven getest zoals aangegeven in Bijlage A. Zowel de veiligheidsfactor van de stabiliteit van het dijklichaam is berekend (waterveiligheid), als de lokale stabiliteit van het talud van de proefsleuf. Beide factoren moeten groter dan 1,0 zijn.

In dijkzone 39 op locaties 7j en 7k ligt de sleuf deels in zandige klei waarvan het gedrag initieel als gedraineerd is gemodelleerd. Dit kan een te conservatief beeld geven van de veiligheid van de sleuf waardoor deze onterecht wordt afgekeurd. Daarom is onder de freatische lijn met ongedraineerde eigenschappen gerekend. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage B.

Tabel 1-1: Verandering Safety Factor (SF) door toevoegen maatgevende proefsleuf

Dijkvak	SF huidige situatie	SF Waterveiligheid met proefsleuf	SF Ontgravingstalud proefsleuf	Voldoet?
2 (20) VY053+115 (loc. 2a)	1,42	1,39	1,15	Ja
7 (39) VY010+135 (loc. 7j+k)	1,31	1,17	1,18	Ja
7 (39) VY009+096 (loc. 7h+i)	1,39	1,17	1,11	Ja
7 (40b) VY007+030 (loc. 7b)	1,51	1,38	1,22	Ja
11 (81c) AW216+81 (loc. 11ac-ad)	1,31	1,29	1,03*	Ja*
11 (84) AW209+190 (loc. 11r-v)	1,65	1,54	1,04	Ja

*De sleuven in dijkvak 81c bevinden zich in slappe grond met een laag maaiveld. Dit betekent dat hier bij uitzondering een helling van 1:2 is toegepast om te voldoen aan de talud stabiliteit

Conclusies en aanbevelingen

Alle sleuven voldoen aan de waterveiligheidseis en de talud stabiliteitseis. Met de eerdergenoemde uitgangspunten wordt de veiligheid van het dijklichaam, het talud van de sleuf en daarmee ook de veiligheid van de archeologisch onderzoekers geborgd.

Als eerste aandachtspunt wordt nog opgemerkt dat bij een hoge grondwaterstand (bijvoorbeeld na of tijdens een langdurige periode van neerslag) de stabiliteit aanzienlijk vermindert. Er wordt aangeraden om voorafgaand aan het graven van een proefsleuf de grondwaterstand te controleren met behulp van een nabijgelegen, representatieve peilbuis. Als er sprake is van een significant verhoogde grondwaterstand, kan er overwogen worden om nog flauwer te ontgraven. In de memo Vergunningsaanvraag proefsleuf-onderzoek archeologie wordt ook aangeraden om bij onverwachte omstandigheden tijdens ontgraving (hierbij hoort ook een verhoogde grondwaterstand) de ontgraving eerder te staken.

Als tweede aandachtspunt moet er op 1 locatie worden afgeweken van de standaardvoorschriften voor sleuf geometrie. Dit gaat om de sleuven in dijkvak 81c. Omdat deze zich in slappe grond bevinden met een relatief hoge grondwaterstand voldoen deze niet met een standaard talud van 1:1. Er wordt bij voorbaat al geadviseerd om deze taluds te verflauwen naar 1:2.

Bijlage A Locaties proefsleuven

Deze bijlage toont de ligging van de beschouwde proefsleuven in de stabiliteitsanalyse. In het hoofddocument analyse proefsleuvenonderzoek zijn deze locaties ook te vinden met meer onderbouwing. Het onderzoeksgebied is roze gemarkeerd en de sleuven zijn in lichtblauw getekend

Dijkzone 2 dijkvak 20 (locatie 2a)



Dijkzone 7 dijkvak 39 VY010+135 (locatie 7j + 7k)



Dijkzone 7 dijkvak 39 VY009+96 (locatie 7h + i)



Dijkzone 7 Dijkvak 40b VY007+30 (locatie 7b)



Dijkzone 11 Dijkvak 81c AW216+81 (locatie 11ac en 11ad)



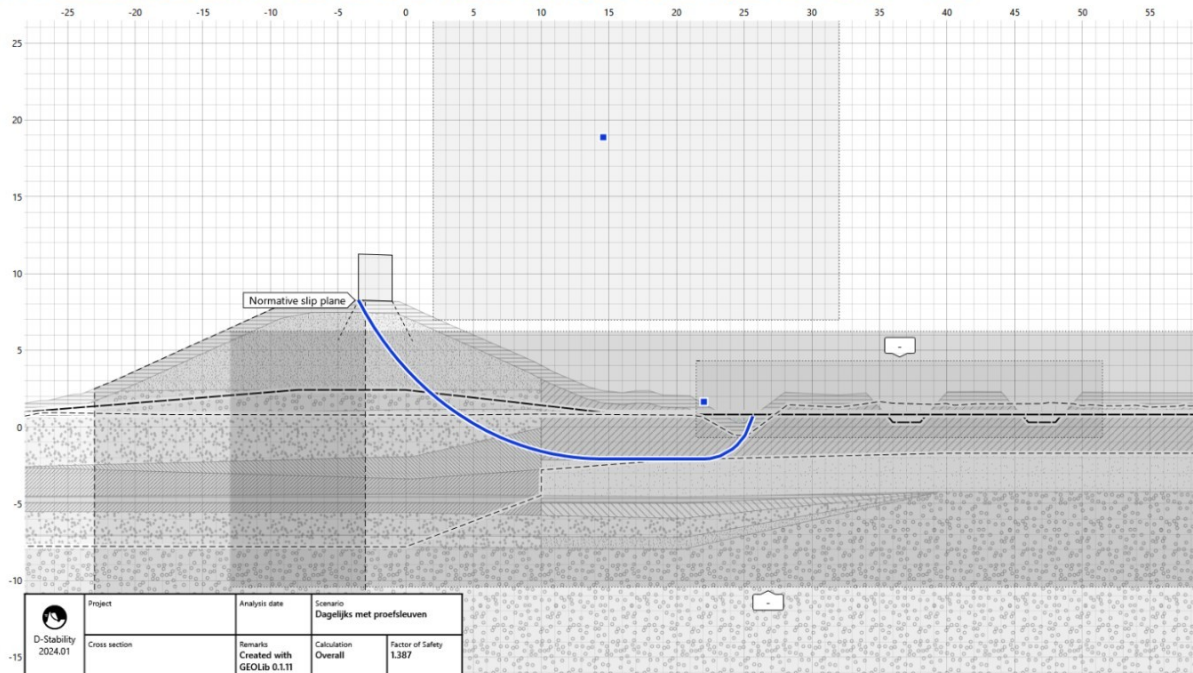
Dijkzone 11 Dijkvak 84b AW209+190 (locatie 11r t/m 11v)



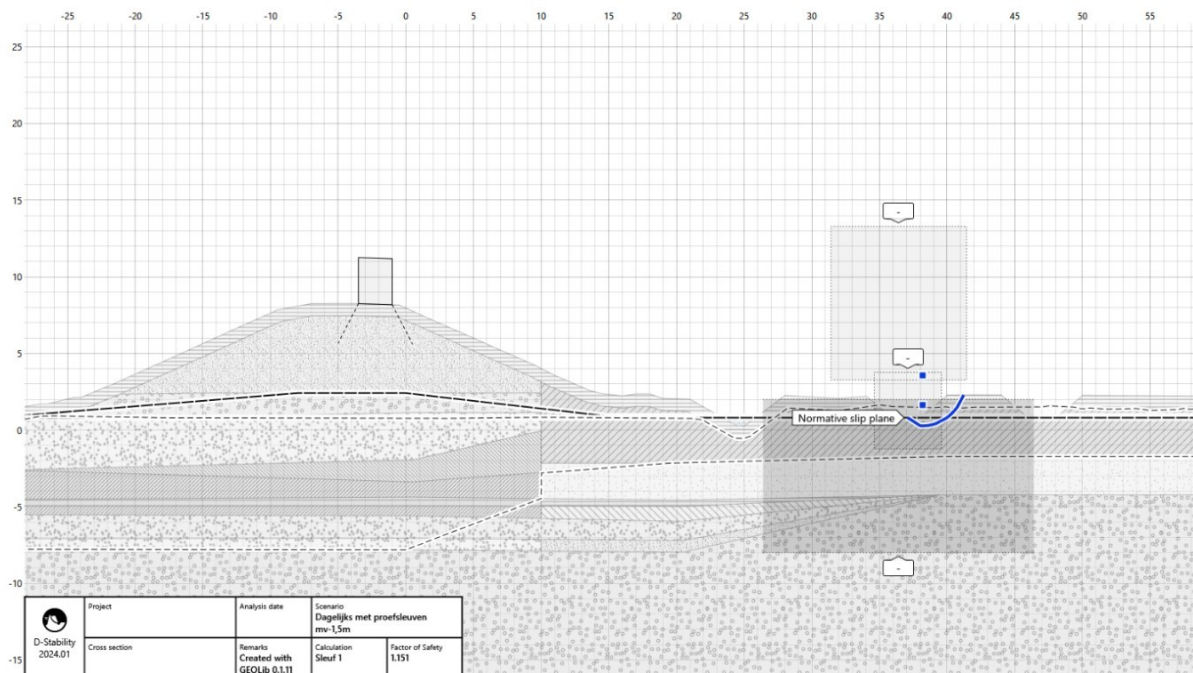
Bijlage B Resultaten stabiliteitsberekeningen

Dijkzone 2 dijkvak 20 (locatie 2a)

Proefsleuf parallel in achterland (waterveiligheid) veiligheidsfactor = 1,39

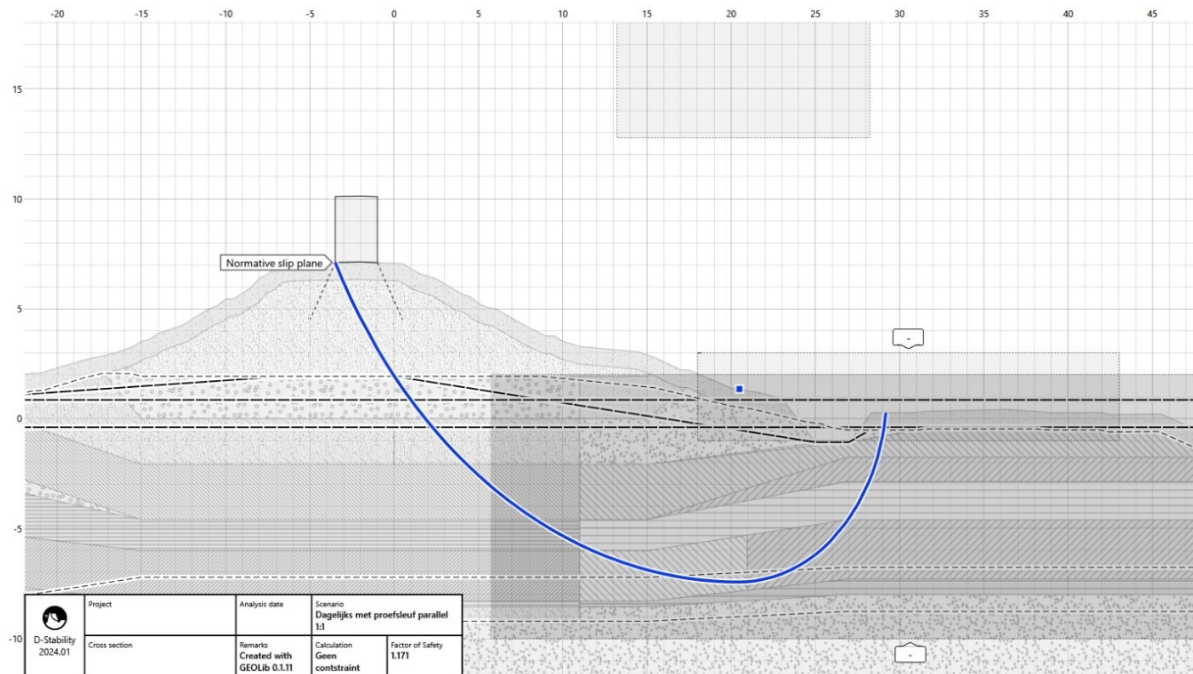


Proefsleuf parallel in achterland (stabiliteit ontgravingstalud) veiligheidsfactor = 1,15



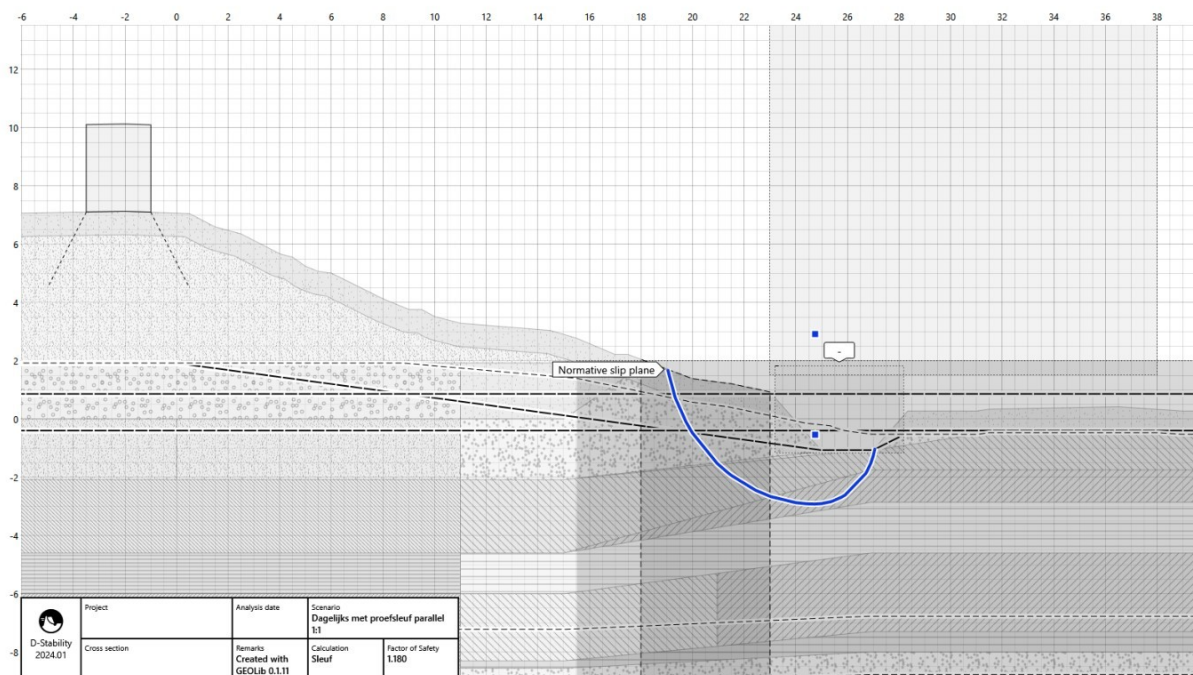
Dijkzone 7 dijkvak 39 VY010+135 (locatie 7k)

Proefsleuf parallel in achterland (waterveiligheid) veiligheidsfactor = 1,17



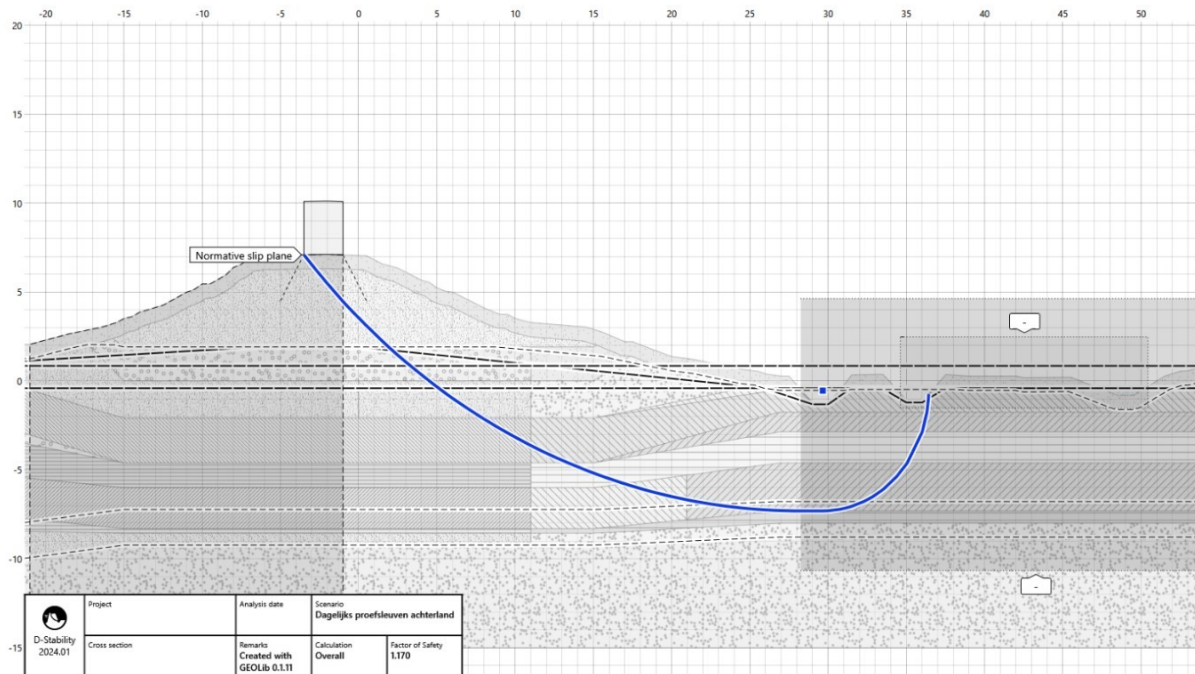
Proefsleuf parallel in achterland (stabiliteit ontgravingstalud) veiligheidsfactor = 1,18

Gedraineerd gedrag onder de freatische lijn

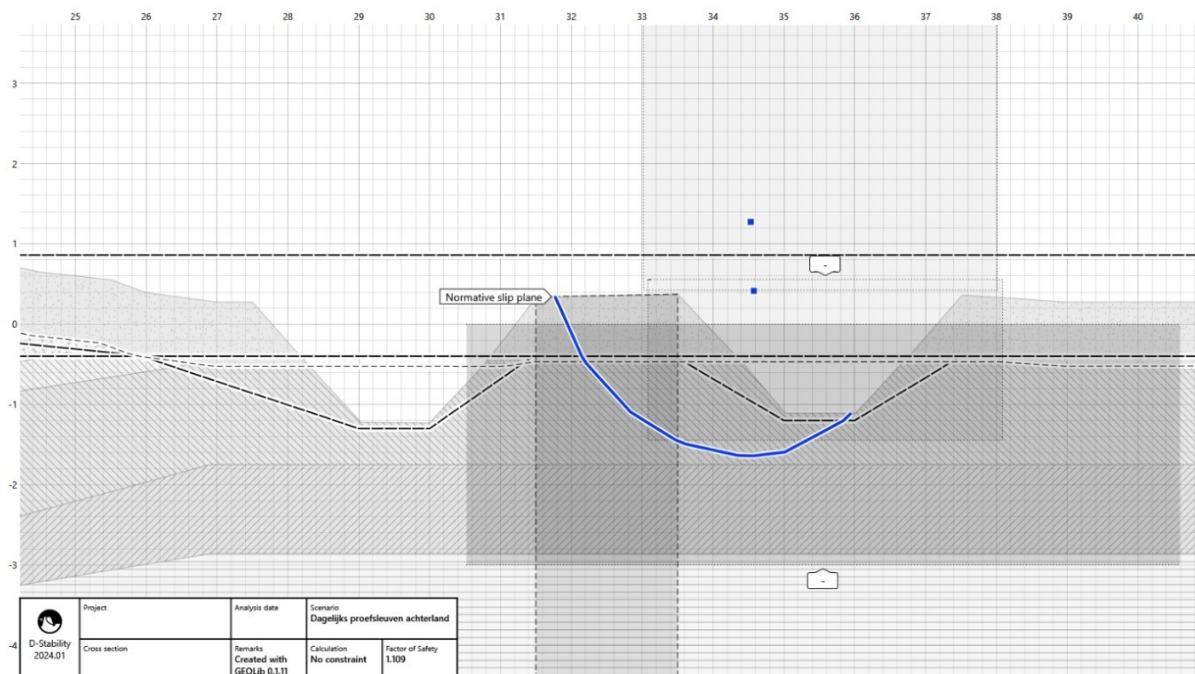


Dijkzone 7 dijkvak 39 VY009+96 (locatie 7i)

Proefsleuf parallel in achterland (waterveiligheid) veiligheidsfactor = 1,17

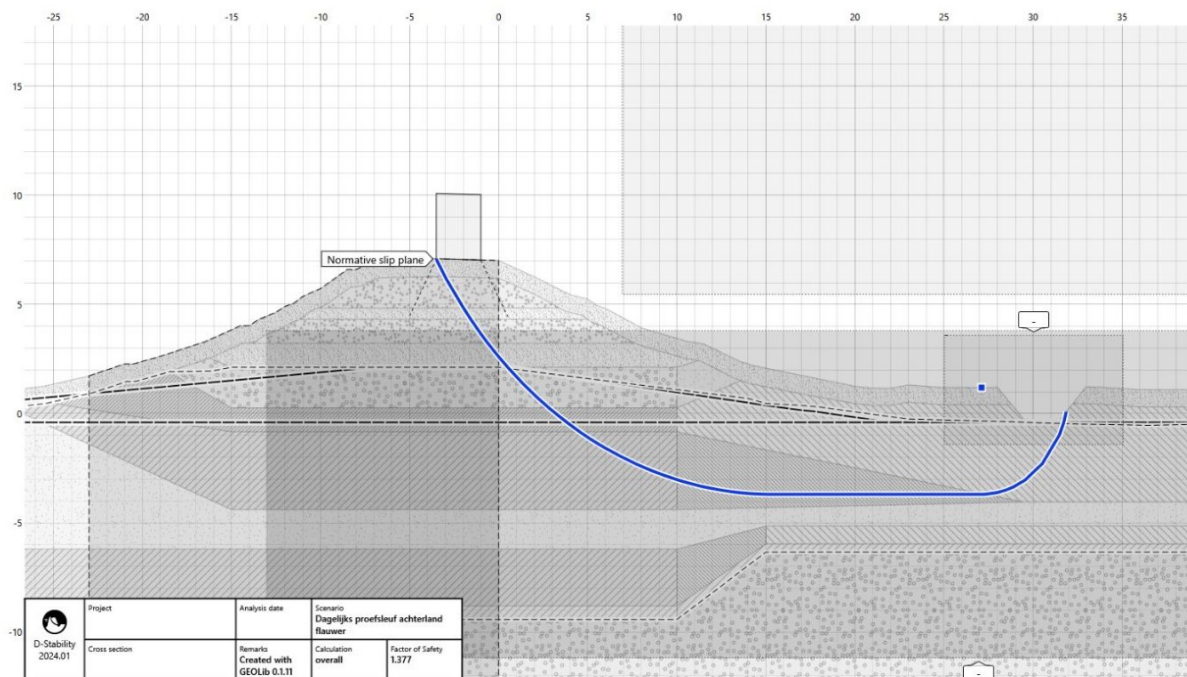


Proefsleuf parallel in achterland (stabiliteit ontgravingstalud) veiligheidsfactor = 1,11

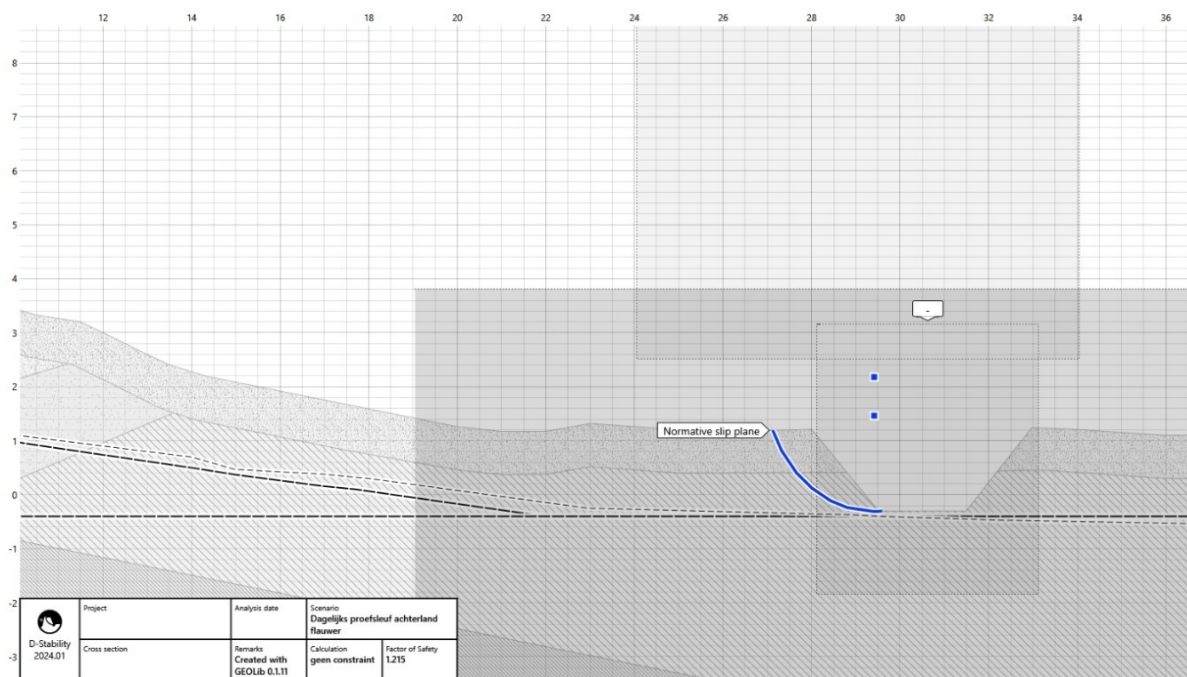


Dijkzone 7 Dijkvak 40b VY007+30 (locatie 7b)

Proefsleuf achterland (waterveiligheid) veiligheidsfactor 1,38

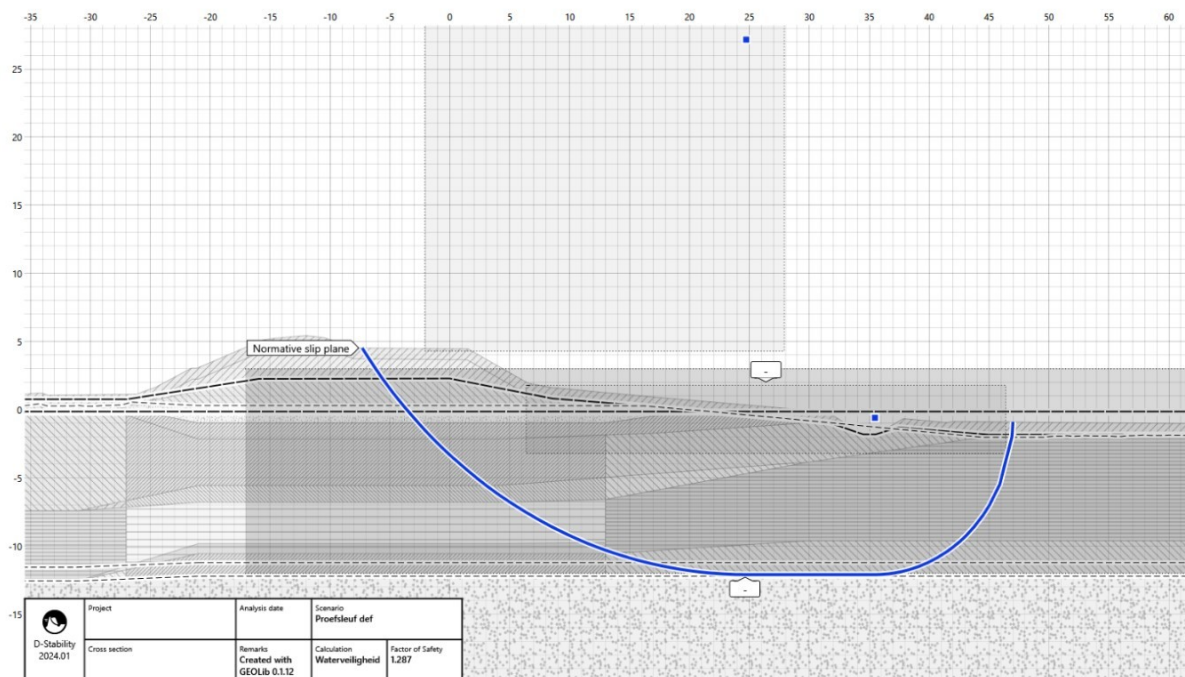


Proefsleuf achterland (lokale sleuf stabiliteit) veiligheidsfactor 1,22



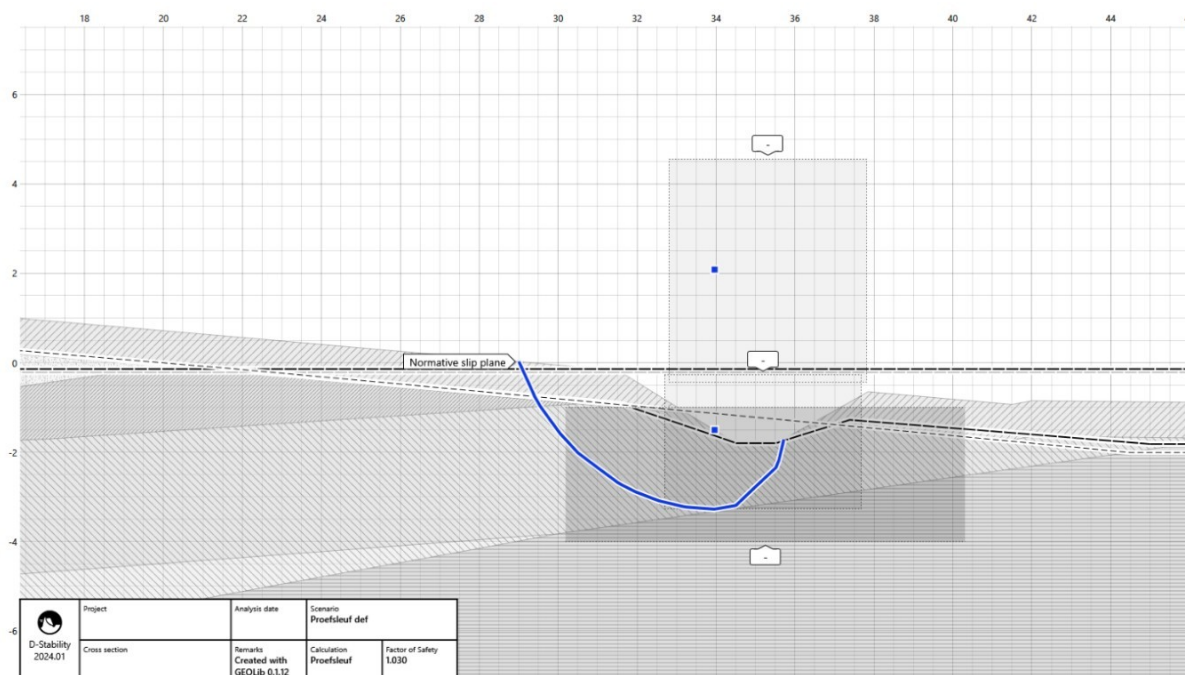
Dijkzone 11 Dijkvak 81c AW216+81 (locatie 11ad)

Proefsleuf parallel (waterveiligheid) veiligheidsfactor 1,29



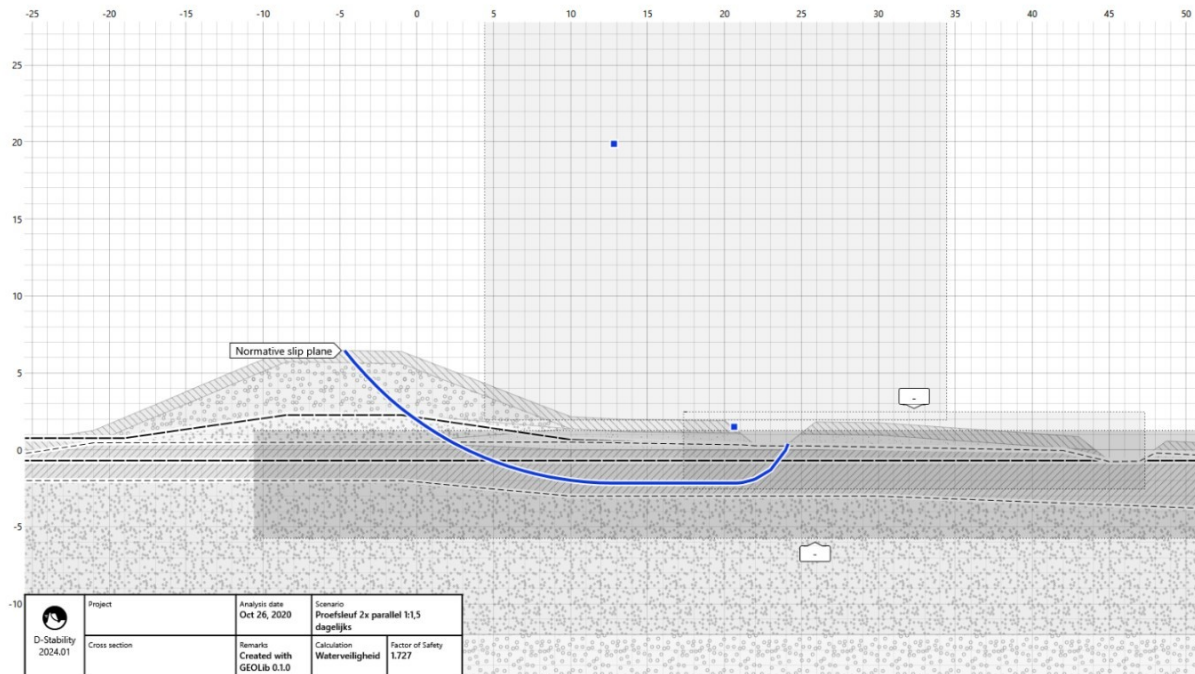
Parallel fictieve proefsleuf achterland (lokale stabiliteit sleuf) veiligheidsfactor 1,03

Het ontgravingstalud is per uitzondering aangelegd op 1:2 om te voldoen aan de talud stabiliteitseis.

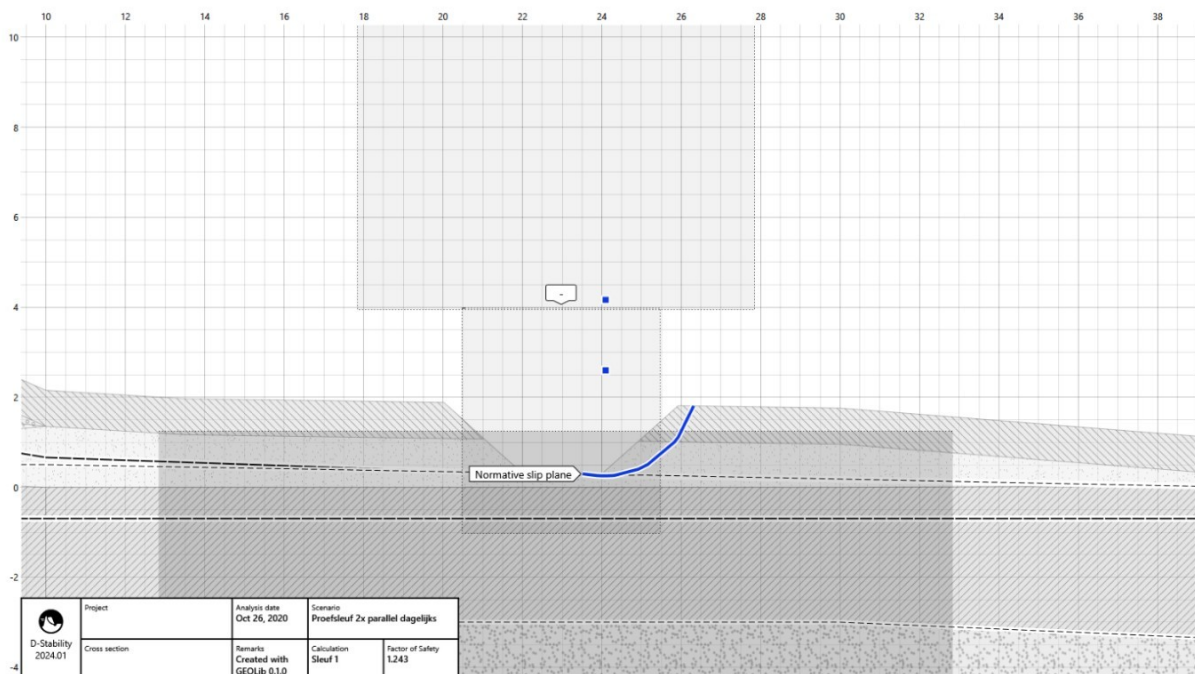


Dijkzone 11 Dijkvak 84b AW209+190 (locatie 11r – 11v)

Proefsleuf parallel (waterveiligheid) veiligheidsfactor 1,73



Proefsleuf parallel nabij binnenteen (stabiliteit sleuf) veiligheidsfactor 1,24



Proefsleuf parallel achterland (stabiliteit sleuf) veiligheidsfactor 1,04

