

ZANDWINNING WELL - DE KAMP

Geotechnisch Advies

Kampergeul B.V.

6 AUGUSTUS 2021

Contactpersoon

geotechnisch adviseur

T
E

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INLEIDING | 5 |
| 1.1 | Aanleiding en doel | 5 |
| 1.2 | Plangebied | 6 |
| 1.3 | Leeswijzer | 7 |
| 2 | UITGANGSPUNTEN | 8 |
| 2.1 | Veiligheidseis | 8 |
| 2.2 | Geometrie | 8 |
| 2.3 | Bodemopbouw en geotechnische parameters | 8 |
| 2.4 | Zandgrofheid | 9 |
| 2.5 | Grondwaterstand | 10 |
| 2.6 | Aardbevingsbelasting | 10 |
| 2.7 | Verkeersbelasting | 11 |
| 3 | BEREKENINGEN | 12 |
| 3.1 | Stabiliteit van de taluds | 12 |
| 3.1.1 | Uitgangspunten | 12 |
| 3.1.2 | Stabiliteit zandwinning | 13 |
| 3.1.3 | Stabiliteit van de geluidswal | 14 |
| 3.2 | Bresvloeiing | 15 |
| 3.2.1 | Eenvoudige analyse volgens CUR113 | 16 |
| 3.3 | Verwekingsvloeiing | 17 |
| 3.3.1 | Baldi analyse | 17 |
| 3.3.2 | Gevoeligheidsanalyse CUR152 | 18 |
| 3.4 | Microstabiliteit | 19 |
| 3.5 | Randstrook | 20 |
| 3.6 | Stabiliteit bij hoogwater | 21 |
| 3.6.1 | Macrostabiliteit | 21 |
| 3.6.2 | Piping | 22 |
| 4 | CONCLUSIES | 24 |

5 REFERENTIES

26

BIJLAGEN

| | |
|---|----|
| BIJLAGE A GEOTECHNISCH ONDERZOEK | 27 |
| BIJLAGE B GLIJVLAKBEREKENINGEN | 33 |
| Zandwinning | 33 |
| Zandwinning inclusief aardbevingsbelasting | 39 |
| Zandwinning inclusief aardbevingsbelasting (gevoeligheidsanalyse) | 45 |
| Geluidswal inclusief kade | 48 |
| Geluidswal inclusief kade (aardbevingsbelasting) | 54 |
| BIJLAGE C VERWEKING VOLGENS BALDI | 60 |

COLOFON

63

1 INLEIDING

In opdracht van Kampergeul B.V. is door Arcadis een geotechnisch advies opgesteld voor de zandwinning Maaspark Well, deel Rivierverruiming bij Well – De Kamp. Bij het opstellen is gebruik gemaakt van grondonderzoek dat door derden is uitgevoerd.

1.1 Aanleiding en doel

Ten zuidoosten van Well – De Kamp is een zandwinning Maaspark Well, deel Rivierverruiming gepland. Op 1 oktober 2013 is door de provincie Limburg een ontgrondingsvergunning verleend. In de ontgrondingsvergunning is een voorschrift opgenomen dat ter plaatse van de dijk een ontgroning tot 10,0 m uit de buitenteen van de dijk, onder een helling van 1:2 mag plaatsvinden. Tevens is het de bedoeling dat er op (over) de dijk een geluidswal van 6 meter hoog wordt gelegd.

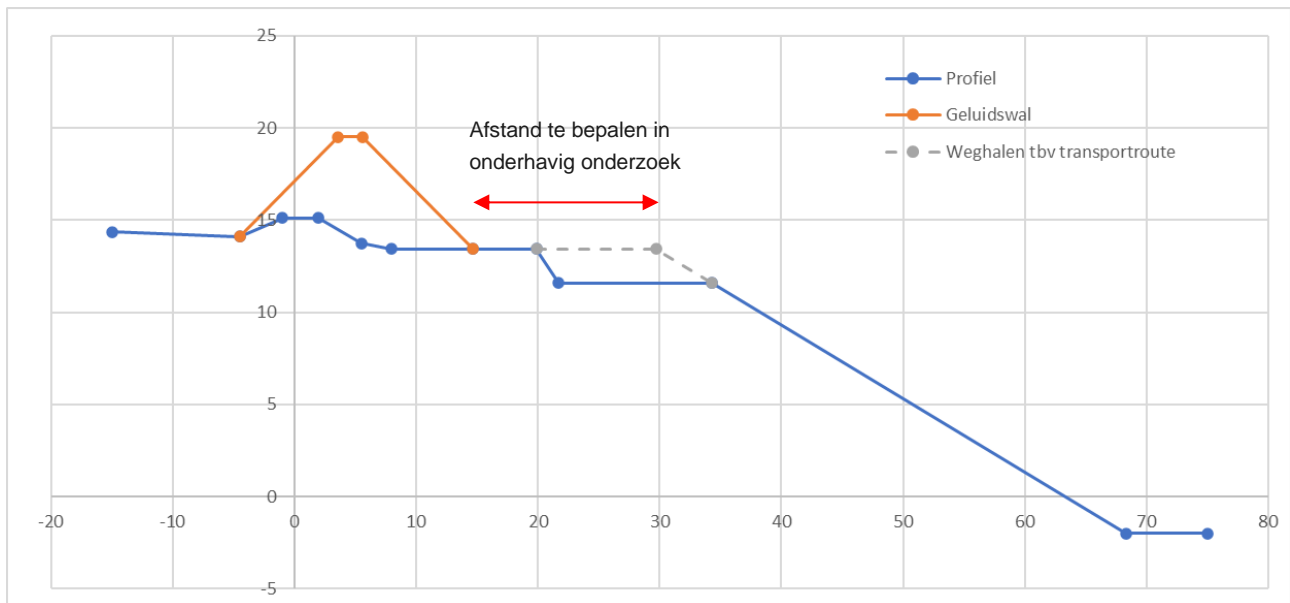
Voor de ontgrondingswerkzaamheden nabij de dijk en het leggen van de geluidswal op (over) de dijk dient nog een waterwetvergunning te worden verleend door het Waterschap Limburg. Ten behoeve van deze Waterwetvergunningaanvraag dient nog een geotechnische onderbouwing te worden opgesteld aangezien deze bij het voortraject ter verkrijging van de ontgroning nog niet had 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. OI2014 en WBI2017 hebben onvoldoende handvaten om een gedetailleerd ontwerp te maken van het talud van de zandwinning. De eenvoudige methode uit het WBI2017 met schadelijkheidscriterium en optredingscriterium leiden steevast tot een niet economisch ontwerp vanuit het perspectief van delfstofwinning. De eenvoudige WBI-toets is overgeslagen en gebruik van CUR113 is derhalve een soort invulling van Toets op Maat (ToM). Voor het talud van het dijklichaam worden wel de normen voor de waterkeringen gebruikt (WBI 2017 en OI2014). Onderdeel hiervan is een risicobenadering voor het ontgraven nabij een dijklichaam, welke zijn functie verliest in het jaar 2024.

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

- Stabiliteit van de huidige 1/50^e kade (deze mag niet negatief beïnvloed worden door de ontgroning).
- De beoogde geluidswal en de daarmee samenhangende invloed op de stabiliteit.

In principe komt het erop neer dat ter plaatse van de gecombineerde dijk/geluidswal de afstand tussen buitenteen en ontgroning én de taludhelling van de ontgroning dient te worden bepaald, zoals in onderstaand figuur is aangegeven.



Figuur 1-1: schematisatie profiel

1.2 Plangebied

De geplande ontgroning ligt ten zuidoosten van het gebied Well – De Kamp. De geplande winlocatie is weergegeven in de onderstaande afbeelding (rood = insteek zandwinning, groen = 1/50^e kade).



Figuur 1-2: plangebied ontgraving

Naast de beoogde zandwinning op de locatie Well – De Kamp ligt aan de noordwesten zijde een 1/50^e kade die eind jaren '90 is aangelegd. De kadeverbetering is om praktische reden ondergebracht in het HWBP-programma en niet als sluitstukkade uitgevoerd.

De relevante geotechnische mechanismen zijn:

1. Afschuiven/instabiliteit van het talud van de zandwinning, de dijk en de geluidswal.
2. Bresvloeiing in de zandwinning.
3. Verwekingsvloeiing in de zandwinning.
4. Microstabiliteit in de zandwinning.
5. Randstrook van de zandwinning in relatie tot de kade, geluidswal en de bebouwing.

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, zoals samengevat in paragraaf 1.2, zijn uitgewerkt in hoofdstuk 3.

In hoofdstuk 4 zijn de conclusies ten aanzien van de uitgevoerde analyses gegeven en zijn aanbevelingen gegeven.

2 UITGANGSPUNTEN

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 tenminste 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 1-1 is het dwarsprofiel weergegeven van de geplande ontgroning vanaf de geluidswal die over de kade komt te liggen. De blauwe lijn is de maximale ontgroningssituatie. Voor het effect op de kade en de beoogde geluidswal is uitgegaan van dit principe profiel. Het maaiveldniveau voor de kade ligt op circa NAP +13,5 m. De kruinhoogte van de kade ligt op circa NAP +15,00 m. Als basis is uitgegaan van een randstrook van 10,0 m vanaf de buitenteen van de geluidswal van 6 meter hoog (19,50 m+ NAP) die over de kade ligt.

2.3 Bodemopbouw en geotechnische parameters

De bodemopbouw is geschematiseerd op basis van één boring op het ontgroningsterrein (Bijlage A, drie sonderingen en vijf handboringen gelegen nabij de kade en het ondergrondmodel vanuit het Dinoloket, zie Figuur 2-1. Uit het ondergrondmodel van het Dinoloket blijkt dat de volgende afzettingen aanwezig zijn tot minimaal NAP -15,0 m:

- Formatie van Beegden tweede en derde zandige eenheid (NAP +12,0 m tot NAP +2,0 m).
- Kiezeloöliet tweede, derde en vierde zandige eenheid (NAP +2,0 m tot NAP -6,0 m).
- Formatie van Breda eerste zandige eenheid (NAP -6,0 m tot einde ondergrondmodel NAP -15,0 m).

Op de kade zijn vier sondering uitgevoerd. Uit drie van deze sonderingen blijkt dat er enkele kleilagen aanwezig zijn. Sondering S60-23 geeft enkele kleilagen weer. Deze kleilagen hebben een beperkte dikte van maximaal een halve meter. Sondering S60-11 geeft twee kleilagen weer van NAP +7,0 m tot NAP +6,5 m en NAP +5,0 m tot NAP +4,5 m. Sondering D-50 geeft één kleilagen weer van NAP +14,0 m tot NAP +13,5 m. De aanwezigheid van klei heeft een sterk lokaal karakter, maar is in ieder geval waargenomen bij het gedeelte van de kade die het dichtst bij de ontgraving zit. In de schematisatie van de bodemopbouw is daarom rekening gehouden met de aanwezigheid van deze kleilagen.

De laagopbouw en de bijbehorende gedraineerde sterkteparameters staan in Tabel 2-1. De parameters zijn bepaald met behulp van tabel 2b uit de NEN9997-1+C2 [D 4.]. De karakteristieke waarde ϕ (ϕ) is door middel van een materiaalfactor van 1,2 omgezet naar een rekenwaarde. Voor de cohesie (c') is een materiaalfactor van 1,25 gehanteerd voor het omzetten naar de rekenwaarde.

Tabel 2-1: Bodemopbouw (volgens sondering S60-11) en rekenwaarden

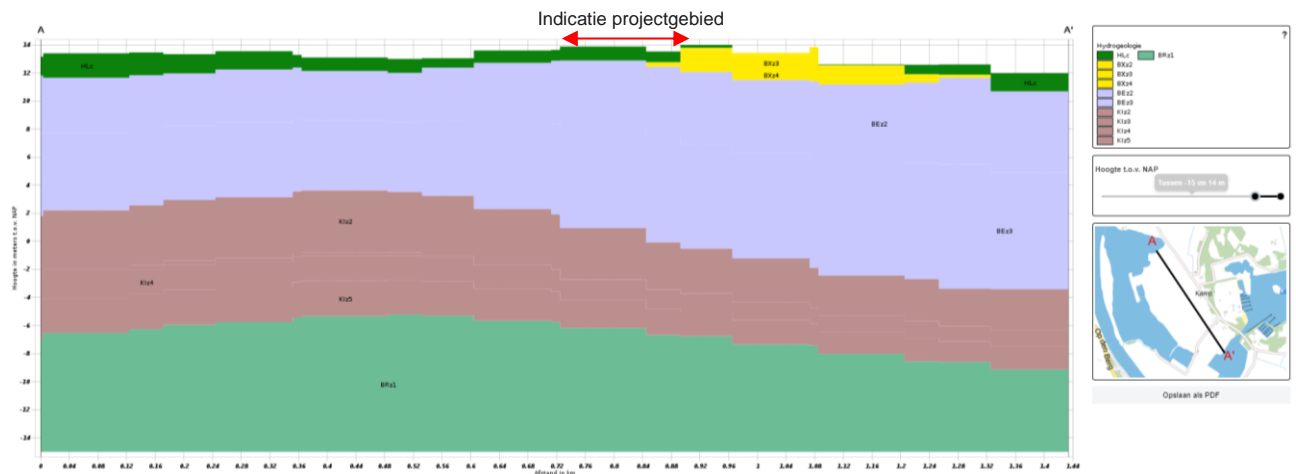
| Grondlaag | Bovenkant [m NAP] | Onderkant [m NAP] | γ_{nat} [kN/m ³] | γ_{droog} [kN/m ³] | Φ_d [°] | c'_d [kN/m ²] |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------|--|--|-----------------|--------------------------------|
| Verdichte grond (geluidswal) | Variabel | | 20,0 | 18,5 | 25,7 | 0,8 |
| Zand, los gepakt (deels antropogeen) | 15,0 | 12,5 á 11,5 | 19,0 | 17,0 | 25,7 | - |
| Zand, matig gepakt (Beegden) | 12,5 á 11,5 | 7,0 | 20,0 | 18,0 | 30,3 | - |
| Zand, los gepakt (Beegden) | 7,0 | 3,5 | 19,0 | 17,0 | 28,0 | - |
| Klei lenzen | Variabel | | 18,0 | 18,0 | 19,0 | 4,0 |
| Grind (Beegden)* | 3,5 | 0,0 á -2,0 | 21,0 | 19,0 | 28,0 | - |

| Grondlaag | Bovenkant [m NAP] | Onderkant [m NAP] | γ_{nat} [kN/m ³] | γ_{droog} [kN/m ³] | Φ_d [°] | c'_d [kN/m ²] |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|---|---|-----------------|--------------------------------|
| Zand, matig gepakt (kiezeloöliet) | 0,0 á -2,0 | -6,0 | 20,0 | 18,0 | 28,0 | - |
| Klei, sterk zandig (Breda)** | -6,0 | -25,0 | 18,0 | 18,0 | 23,4 | 0,8 |

* Onderkant laag bepaald door middel van boring WA13.

**Dikte van het pakket is bepaald op basis van het ondergrondmodel in het Dinoloket (REGIS II v2.2).

Veiligheidshalve is er uit gegaan van silt houdend grind en bijbehorende phi waarde volgens tabel 2.b uit NEN9997 [D 4.].



Figuur 2-1: ondergrondmodel Dinoloket (BRO REGIS II v2.2)



Figuur 2-2: sonderingen Well - De Kamp

2.4 Zandgrofheid

Op de geplande locatie, in de zandwinning is één boring beschikbaar, deze is toegevoegd in Bijlage A###. Deze boring is nader geanalyseerd. Op verschillende dieptes zijn korrelverdelingen opgesteld. Op basis hiervan zijn drie grondlagen te onderscheiden. Deze zijn weergegeven in Tabel 2-2. Op basis van de

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

Tabel 2-2: zandgrofheid uit de geanalyseerde boring WA13

| Grondlaag | B.k. laag [m NAP] | O.k. laag [m NAP] | d50 [μm] | d15 [μm] |
|-----------|----------------------|----------------------|-------------|-------------|
| Vulzand | 12,3 | 11,5 | 290 | 170 |
| Grof zand | 11,5 | -2,0 | 500 | 275 |
| Fijn zand | -2,0 | -13,0* | 190 | 125 |

* Tot einde boring.

2.5 Grondwaterstand

De Maas heeft een gestuwd peil van circa NAP +11,15 m, gezien de zandige doorlatende ondergrond is de verwachting dat de grondwaterstand vergelijkbaar met de waterstand op de Maas bij een dagelijkse situatie.

2.6 Aardbevingsbelasting

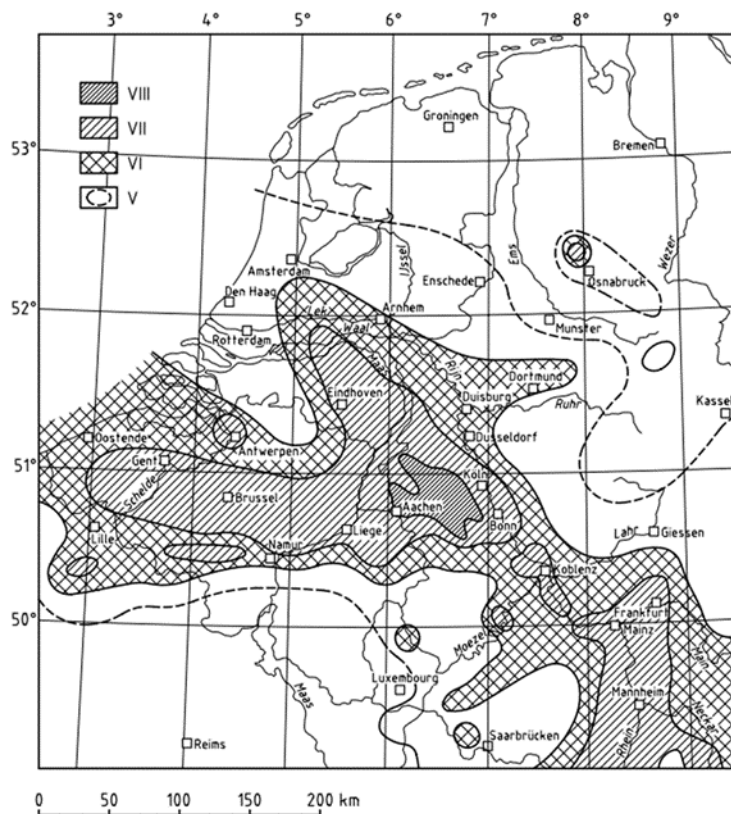
In verband met de Peelrandbreuk dient er rekening te worden gehouden met aardbevingen. In een pseudo-statische analyse mag conform EC8 een horizontale versnelling gelijk aan 50% van de PGA gehanteerd worden. Derhalve wordt 0,05g gehanteerd, met als onderbouwing een waarde van 0,10g behorend bij de Mercallischaal VII (herhalingstijd van 5000 jaar), zie Figuur 2-3 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 2-4 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 ontleen 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 2-3: 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 herhalingstijd van ca. 5 000 jaar.

Figuur 2-4: 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 getoetst aan een veiligheidseis van 0,83.

2.7 Verkeersbelasting

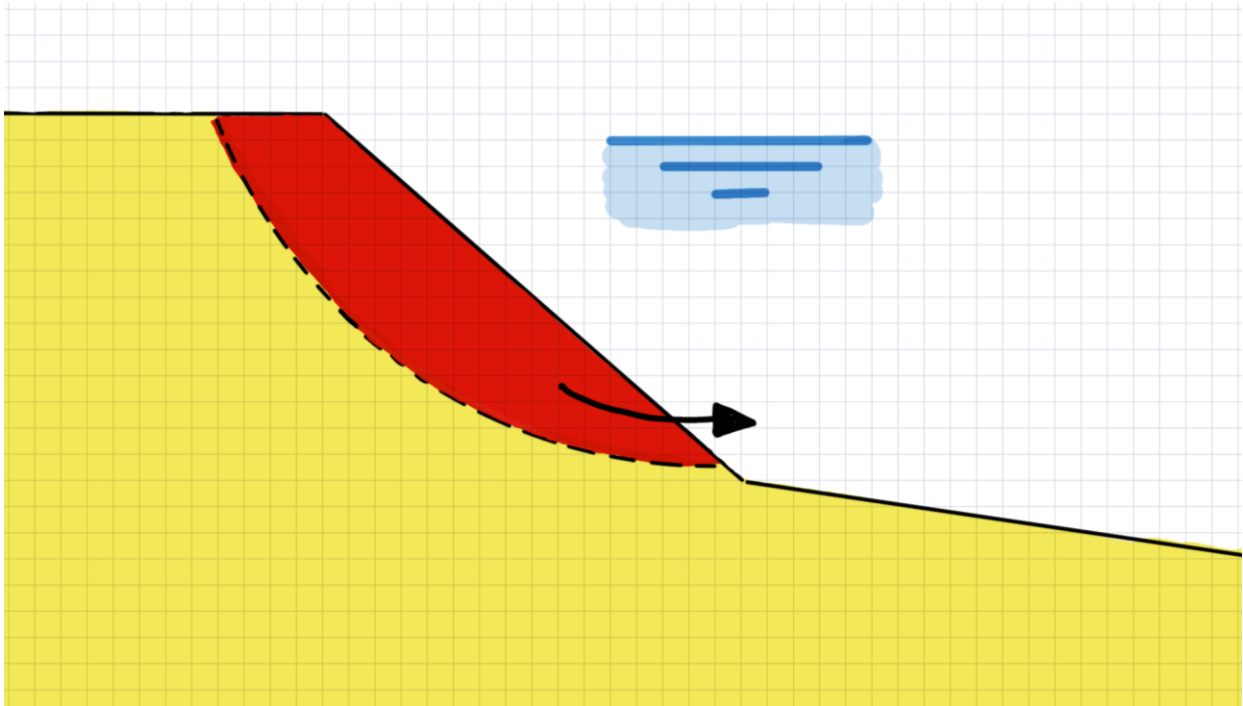
Op de transportroute langs de plas is voor werkverkeer (volgelanden zandauto's) 10 kPa over 2,5 m als verkeersbelasting aangehouden.

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 BEREKENINGEN

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 3-1. 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 3-1: 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-Geo 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 is 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 zandwinning

Voor de stabiliteit van de zandwinning zijn vier verschillende varianten beschouwd. Deze varianten staan beschreven in Tabel 3-1.

De varianten exclusief aardbeving zijn doorgerekend met de glijvlakmodellen Bishop, UpliftVan en Spencer en zijn getoetst aan de stabiliteitseis van 1,0 (zie paragraaf 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 paragraaf 2.6).

Tabel 3-1: varianten stabiliteitsanalyse zandwinning

| Variant | Diepte zandwinning [m NAP] | Helling zandwinning |
|---------|----------------------------|---------------------|
| A | 0,0 | 1:2 |
| B | 0,0 | 1:2,5 |
| C | -2,0 | 1:2 |
| D | -2,0 | 1:2,5 |

In Tabel 3-2 zijn de resultaten van de stabiliteitsberekeningen weergegeven. Een groene markering betekent dat voldaan wordt aan de eis.

Tabel 3-2: resultaten stabiliteitsanalyse zandwinning

| Variant | Safety factor exclusief aardbevingsbelasting [eis = 1,00] | | | Safety factor inclusief aardbevingsbelasting [eis = 0,83] | | |
|---------|---|-----------|---------|---|-----------|---------|
| | Bishop | UpliftVan | Spencer | Bishop | UpliftVan | Spencer |
| A | 0,98 | 1,07 | 0,94 | 0,61 | 0,68 | 0,56 |
| B | 1,26 | 1,28 | 1,15 | 0,80 | 0,81 | 0,72 |
| C | 0,96 | 1,08 | 0,88 | 0,61 | 0,68 | 0,58 |
| D | 1,27 | 1,32 | 1,14 | 0,80 | 0,78 | 0,77 |

Varianten A en C voldoen niet aan de vereiste stabiliteitseis van 1,00 (exclusief aardbevingsbelasting). Varianten A, B, C en D voldoen niet aan de vereiste stabiliteitseis van 0,83 voor de analyse met aardbevingsbelasting.

Voor varianten B en D is een gevoeligheidsanalyse gedaan met betrekking tot de aardbevingsbelasting. Door de trillingen die ontstaan in de ondergrond reageren de cohesieve kleilagen ongedraineerd. Uit de sonderingen is af te lezen dat de klei in de ondergrond, met een conusweerstand (q_c) van 0,8 MPa, normaal geconsolideerd is. Conform de vuistregel uit de CUR162 is de ongedraineerde schuifsterkte bepaald door de conusweerstand te delen door 20 en een materiaalfactor toe te passen. Dit is een veilig cq. conservatief uitgangspunt aangezien CUR162 een bandbreedte van 10 tot 20 geeft. Het geeft WBI voor een gelijksoortige parameter (de Nkt) een gemiddelde waarde van 25 (pagina 21 SH macrostabiliteit versie 3.0), waarbij een materiaalfactor van 1,0 geldt. Er is gekozen voor de methode uit de CUR162 in plaats van het WBI2017, omdat dit beter aansluit bij de semi probabilistische benadering met partiële veiligheidsfactoren uit NEN9997 [D 4.] en dus ook bij CUR113. In de berekening is $q_c/(20 \cdot \gamma_m) = 800/(20 \cdot 1,5) = 26,67$ kPa ingevoerd als een rekenwaarde voor de cohesie (dus met een partiële materiaalfactor van 1,5) en de hoek

van inwendige wrijving is op 0° gesteld. De resultaten van de gevoeligheidsanalyse zijn weergegeven in Tabel 3-3.

Tabel 3-3: resultaten gevoeligheidsanalyse (aardbevingsbelasting) zandwinning

| Variant | Safety factor inclusief aardbevingsbelasting [eis = 0,83] | | |
|---------|--|-----------|---------|
| | Bishop | UpliftVan | Spencer |
| B | 0,93 | 0,98 | 0,91 |
| D | 0,92 | 0,99 | 0,88 |

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat beide varianten voldoen aan de vereiste stabiliteitseis van 0,83.

3.1.3 Stabiliteit van de geluidswal

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

Tabel 3-4: varianten stabiliteitsanalyse geluidswal

| Variant | Afstand teen geluidswal tot insteek zandwinning [m] |
|---------|--|
| 1 | 10,0 = 8,0 + 2,0 (deklaagdikte) |
| 2 | 15,0 = 8,0 + 2,0 (deklaagdikte) + 5,0 |
| 3 | 20,0 = 8,0 + 2,0 (deklaagdikte) + 10,0 |

De varianten exclusief aardbeving zijn doorgerekend met de glijvlakmodellen Bishop, UpliftVan en Spencer en zijn getoetst aan de stabiliteitseis van 1,00 (zie paragraaf 2.1). Voor het glijvlakmodel Bishop zijn twee glijcirkels berekend. Er zijn twee verschillende glijcirkeldieptes doorgerekend. De kleinere glijcirkel (1,5 m) berekend de stabiliteit van alleen de geluidswal, de grotere glijcirkel (3,0 m) berekend stabiliteit van de geluidswal en het naastliggende grondlichaam.

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 paragraaf 2.6).

Tabel 3-5 geeft de resultaten weer van de stabiliteitsanalyse voor de geluidswal. 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 (excl. Aardbevingsbelasting) en 0,83 (incl. aardbevingsbelasting). Echter, uit praktijkervaring is gebleken dat de geluidswal met een 1:1,5 talud blijft staan. Derhalve dient rekening te worden 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 verwachting, zie Figuur 3-2.

Tabel 3-5: resultaten stabiliteitsanalyse geluidswal

| Variant | Safety factor exclusief aardbevingsbelasting [eis = 1,00] | | | | Safety factor inclusief aardbevingsbelasting [eis = 0,83] | | | |
|---------|--|-----------------------------|------------------------|----------------------|--|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| | Bishop (klein) ¹ | Bishop (groot) ² | UpliftVan ³ | Spencer ³ | Bishop (klein) ¹ | Bishop (groot) ² | UpliftVan ³ | Spencer ³ |
| 1 | | 1,00 | 1,00 | 0,92 | | 0,92 | 0,93 | 0,84 |
| 2 | 0,91 | 1,18 | 1,20 | 1,16 | 0,82 | 1,03 | 1,11 | 1,07 |
| 3 | | 1,18 | 1,21 | 1,19 | | 1,08 | 1,12 | 1,10 |

¹: Bishop (klein) berekend de stabiliteit van alleen de geluidswal.

²: Bishop (groot) berekend de stabiliteit van de geluidswal en het naastliggende grondlichaam.

³: Voor de glijvlakmodellen UpliftVan en Spencer zijn teven grote glijcirkels geschematiseerd.



Figuur 3-2: voorbeeld instabiel talud bij geluidswal

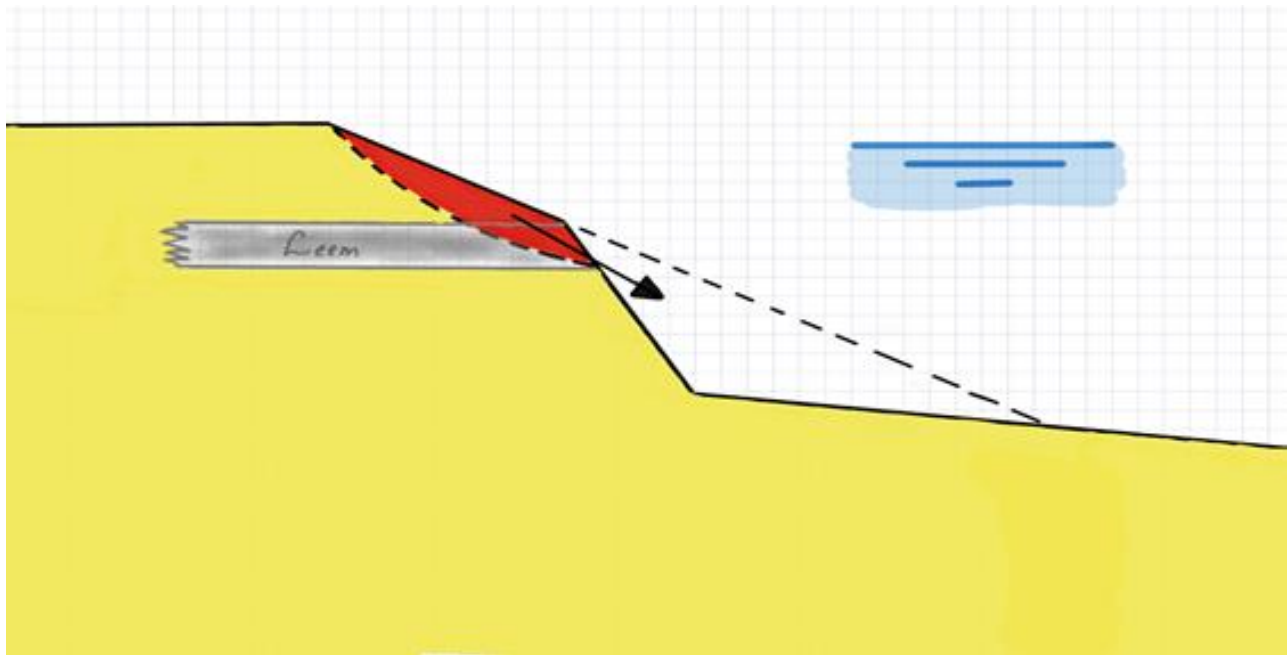
3.2 Bresvloeiing

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 3-3. Daarnaast kan het worden geïnitieerd door verwekingsvloeiing in een losgepakte zandlaag. De taludhelling en taludhoogte alsmede het materiaal en de werkwijze zijn de meeste 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 zandwinput, 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 3-3: 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:

- Dikte van de stoorlagen is kleiner dan een meter en deze stoorlagen worden met geschikt materieel verwijderd;
- Het zand is grof genoeg $d_{50} > 0,20$ mm en $d_{15} > 0,10$ mm;
- Er wordt van tevoren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld;
- Het zuigproces wordt beheerst door monitoring van de positie van de zuigbuis en de productie;
- De gezogen taluds worden regelmatig gepeild met een nauwkeurigheid van ongeveer 2 m.

Aan de hand van boring WA13 en sondering HS-60-11 blijkt dat aan de eerste twee voorwaarden wordt voldaan. Er zijn geen dikke stoorlagen aanwezig en het zand is tot een diepte van NAP -2,0 m grof genoeg voor zowel de d_{15} als de d_{50} .

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

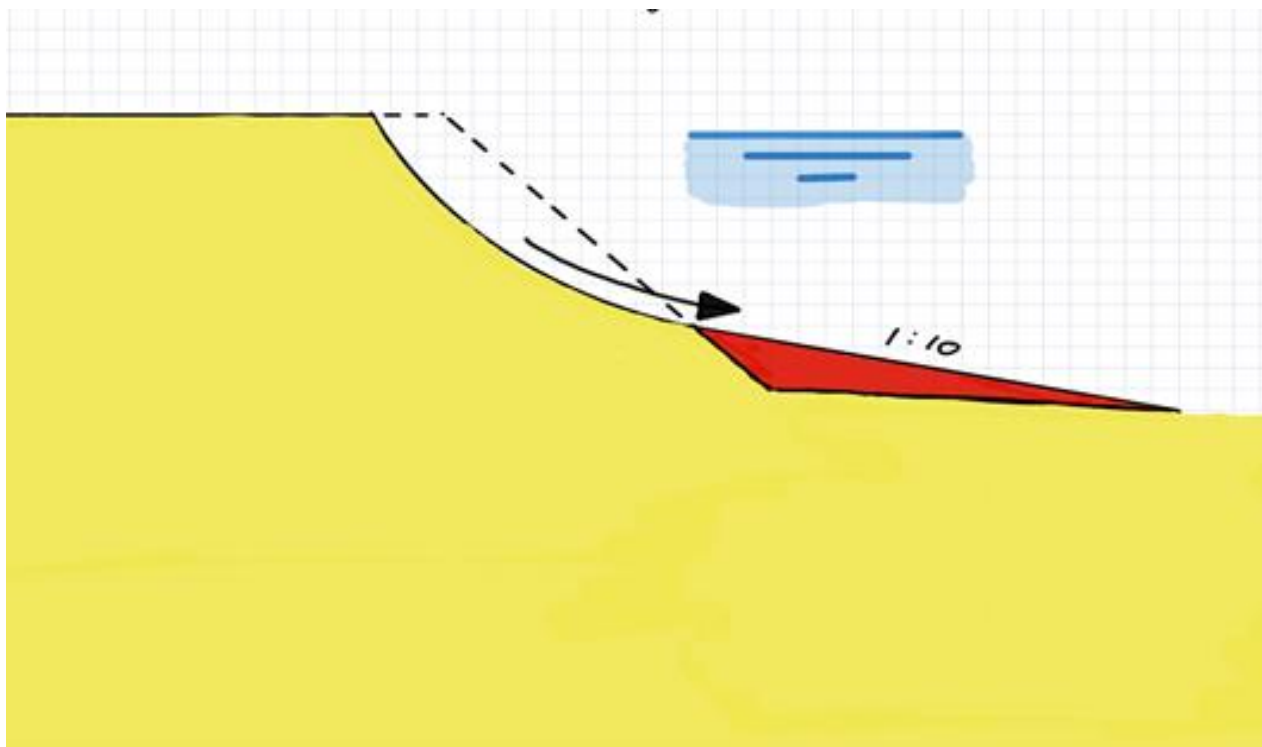
Omdat aan de voorwaarden wordt voldaan is het verwerken van een platberm in het ontwerp niet noodzakelijk. Hierdoor dient het talud in principe ontworpen te worden met hellingen zoals weergegeven in Tabel 3-6 conform CUR113 tabel 2a [D 1.]. Echter, uit de stabiliteitsanalyse in paragraaf 3.1.2 blijkt dat bij een talud van 1:2 de stabiliteit van de zandwinning niet voldoet. Derhalve dient een talud van 1:2,5 te worden gerealiseerd.

Tabel 3-6: toegestane helling per grondlaag volgens CUR113 tabel 2a

| Van diepte [m NAP] | Tot diepte [m NAP] | Gemiddelde helling |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 13,5 (insteek zandwinning) | 3,5 | 1:2 |
| 3,5 | -2,0 (einddiepte zandwinning) | 1:2,5 |

3.3 Verwekingsvloeiing

De theorie is dat door de losse pakking van het korrelskelet 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 3-4.



Figuur 3-4: 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 0,0 m is er Kiezeloöliet zand aanwezig, dit zand is fijner dan de bovenliggende afzettingen. Hierdoor is er een redelijke kans op verwekingsvloeiing omdat de geplande ontgraving van de zandwinning tot een diepte van NAP -2,0 m komt. De ontgraving komt hierdoor in het Kiezeloöliet te liggen.

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 correlatie 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 de drie beschikbare sonderingen en het resultaat van de analyse is vastgelegd in Bijlage C.

Om de verticale spanning te berekenen is het gemiddelde gewicht bepaald op basis van de volume gewichten uit Tabel 2-1. 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 HS-60-11.

3.3.2 Gevoeligheidsanalyse CUR152

In CUR152 [D 6.] is een formule gegeven, waarmee op basis van de gemiddelde zandgrofheid (d_{50}) 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 3-5. Ten behoeve van de beoordeling van waterkeringen is een veilige ondergrens voor deze trendlijn vastgesteld.

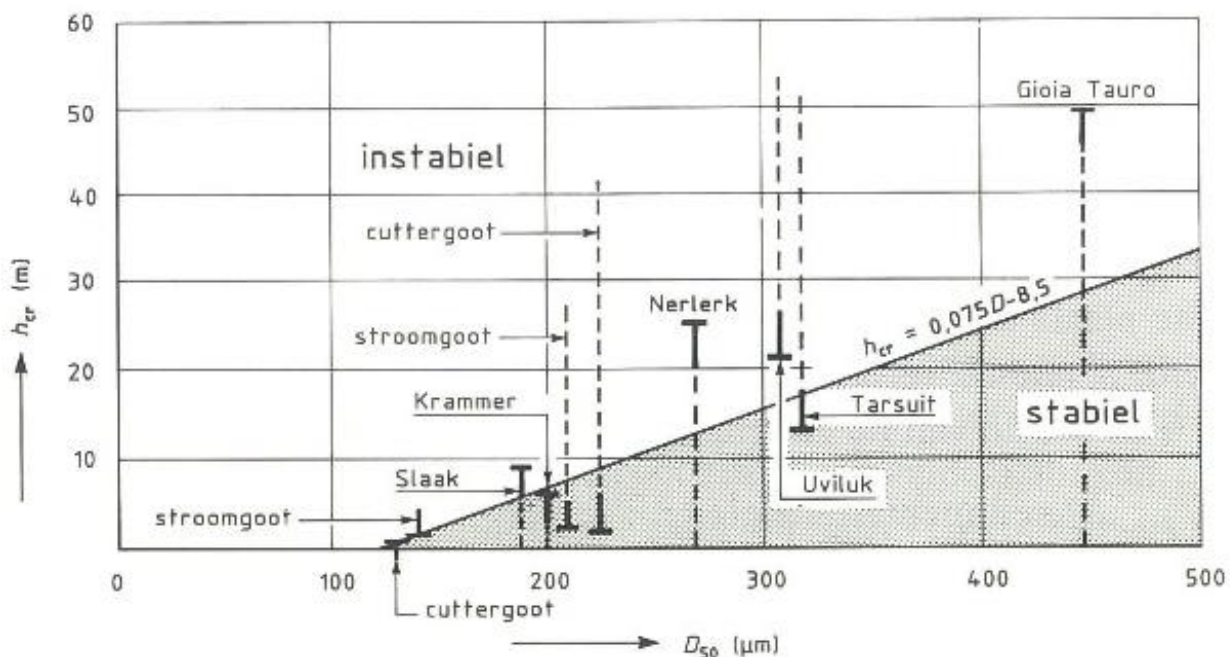


Fig. 55. Kritische taludhoogte.

Figuur 3-5: Trendlijn uit meerdere waarnemingen

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

- laagdikte > $d_{50} \cdot 75.000 - 18,75$ (met d_{50} in meter en laagdikte in meter)

Deze regel is van toepassing als er geen deklaag aanwezig is en d_{50} gemiddeld groter is dan 0,000250 m. Hieraan wordt in Well voldaan.

De zandgrofheid bedraagt volgens Tabel 2-2 $d_{50} = 500 \mu\text{m}$. Dit is een gemiddelde waarde uit meerdere zeefanalyses voor het zand tussen NAP +11,5 m en NAP -2 m. Verweking in dit pakket kan worden uitgesloten bij een laagdikte van 17,75 m of minder. Aangezien de dikte van de potentieel verwekingsgevoelige laag slechts 4,0 m bedraagt (NAP +7,5 m tot NAP +3,5 m in sondering 60-11), zal zettingsvloeiing niet optreden.

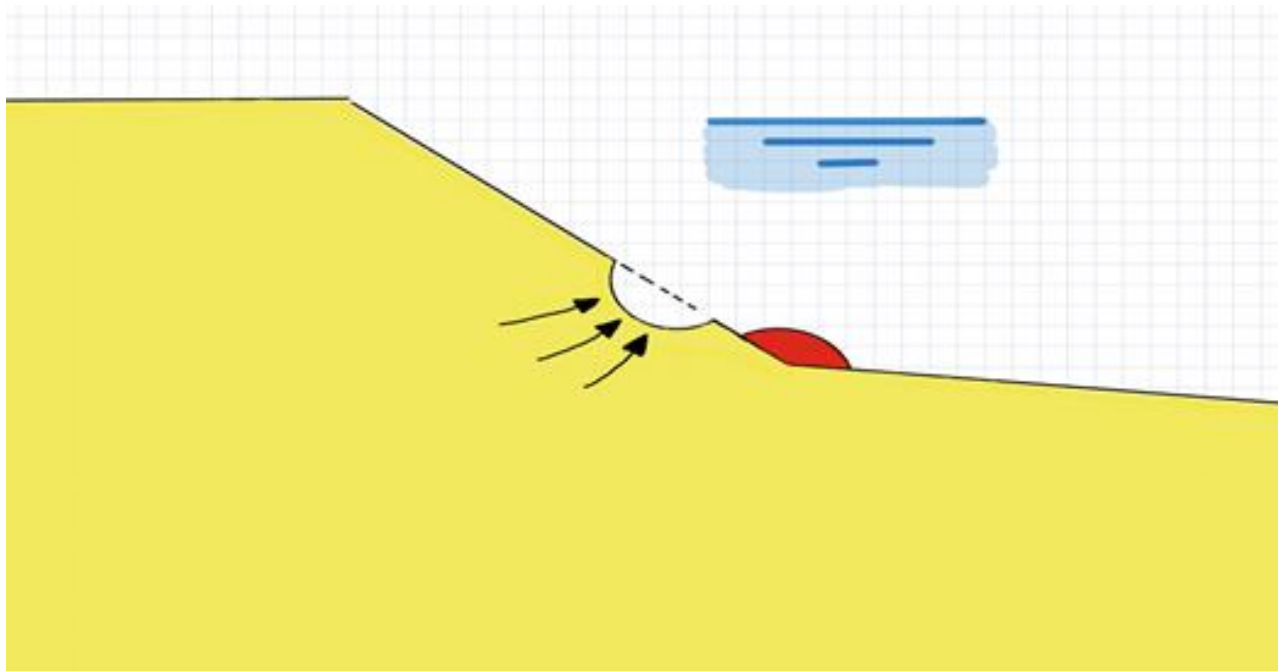
Ter illustratie is in Tabel 3-7 per sondering de gemiddelde relatieve dichtheid gegeven.

Tabel 3-7: gemiddelde relatieve dichtheid per sondering voor de hele putdiepte (zonder cohesieve lagen met $Dr < 0\%$).

| sondering | 60-11 | 60-23 | 60-24 |
|-----------|-------|-------|-------|
| Dr (%) | 80 | 77 | 71 |

3.4 Microstabieliteit

Microstabieliteit 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 plaats vinden, zodat de grondwaterstroming onvoldoende energie heeft om zandkorrels mee te voeren.



Figuur 3-6: schets faalmechanisme microstabiliteit

3.5 Randstrook

Uit de stabiliteitsanalyse volgt dat bij een transportroute van 8,0 m en een afstand van ten minste van de geluidwal van 7,0 m (in totaal 15,0 m) er wordt voldaan aan de eisen voor de afschuifveiligheid. Dat betekent dat een randstrook van 15,0 m volstaat voor wat betreft afschuiving conform tabel 4 van CUR113 [D 1.]. Echter, voor verwekingsvloeiing en bresvloeiing volstaat deze randstrookbreedte niet zondermeer conform tabel 4 uit CUR113 [D 1.]. Op basis van een vuistregel dient de randstrookbreedte 3, respectievelijk 2 maal de putdiepte te zijn (45,0 m en 30,0 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 handvaten voor verwekingsvloeiing, terwijl bij Well – De Kamp bresvloeiing maatgevend is. Voor verwekingsvloeiing kan men de onderstaande Formule (3) 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 [MPa]
- R_n de relatieve dichtheid [-]

Putdiepte $HR = 17,38$ m, helling $\cot(\alpha) = 2,5$ en relatieve dichtheid $R_n = 60\%$ (gemiddelde vanaf de grondwaterstand tot verkende diepte) dit resulteert vervolgens voor verweking in een niet te verwaarlozen kans van $P_{\text{verweking}} = 3,64 \text{ E-}03$.

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

- De benodigde betrouwbaarheid voor een 1/50^e kade kan worden vergeleken met een IPO klasse III kade uit de systematiek voor regionale keringen. De (doel)betrouwbaarheidsindex bedraagt derhalve $\beta = 2,95$ voor stabiliteit (zie tabel 2.2 uit hoofdstuk van STOWA2015-15 [D 5.]);
- Omgerekend (via de inverse van de Gauss verdeling) naar een kans is dit 2,4 E-02 voor de levensduur van 15 jaar (de beoogde referentieperiode van de 1/50^e kaden);
- De faalruimte voor bresvloeiing is dus 2,4 E-02 – 3,64 E-03 = 2,04 E-02;
- De kans dat er schade optreedt (inschaling > 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 kansinschattingen op basis van Tabel 3-8 circa $P_{bres} = 0,3 * 0,3 * 0,01 = 9,04 E - 04$ en dit is ruim voldoende (circa factor 20) lage kans.

De inschatting van de bovengenoemde kansen is gebaseerd op een overzicht in de POV macrostabiliteit publicatie grondverbeteringen (zie Tabel 3-8). Via deze redenatie kan dus inzichtelijk worden gemaakt dat de randstrook voldoende breed en daarmee veilig is. De kans op een inschaling is aannemelijk ingeschat, want in de praktijk worden vooral inschalingen van <10 m waargenomen (bron: CUR-113, pagina 31 [D 1.]). De kans op voldoende dikke en stijve stoorlagen kan op basis van sondering HS60-11, HS60-23 en HS60-24 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 3-8: 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 Stabiliteit bij hoogwater

3.6.1 Macrostabiliteit

Naast de stabiliteit van het talud van de zandwinning is ook de stabiliteit van de 1/50^e kade van belang tijdens hoogwater en direct na hoogwater. Om hierbij gevoel te ontwikkelen zijn de volgend scenario's doorgerekend:

- Hoogwater tegen de 1/50^e kade in de situatie met voorland dus zonder zandwinning;
- Hoogwater tegen de 1/50^e kade in met een kort voorland van 15 m en een zandwinning;
- De geluidswal bij hoogwater en een val tot stuwpeil.

Vanwege de waarnemingen in juli 2021, waarbij de 1/50^e keringen tot de kruin werden belast, is de hoogwaterstand aangehouden op NAP +15,1 m. De stijghoogte in het achterland is berekend met analytische formules volgens het technisch rapport waterspanningen bij dijken (TAW, 2004). De waterspanning bij de binnenteen bedraagt, afhankelijk van het beschouwde scenario NAP +14,8 m +/-0,05 m en heeft geen grote invloed op de macrostabiliteit.

Uit de berekeningen (zie Figuur 3-7 en Figuur 3-8) volgt dat de macrostabiliteit van de lage 1/50^e kade met een flauw binnentalud niet significant wijzigt door de zandwinning. Met en zonder de ontgronding is de veiligheidsfactor groter dan 2,0. In theorie neemt de afschuifveiligheid toe doordat het aandrijvend deel van het glijvlak 0,05 m meer onder water komt te staan.

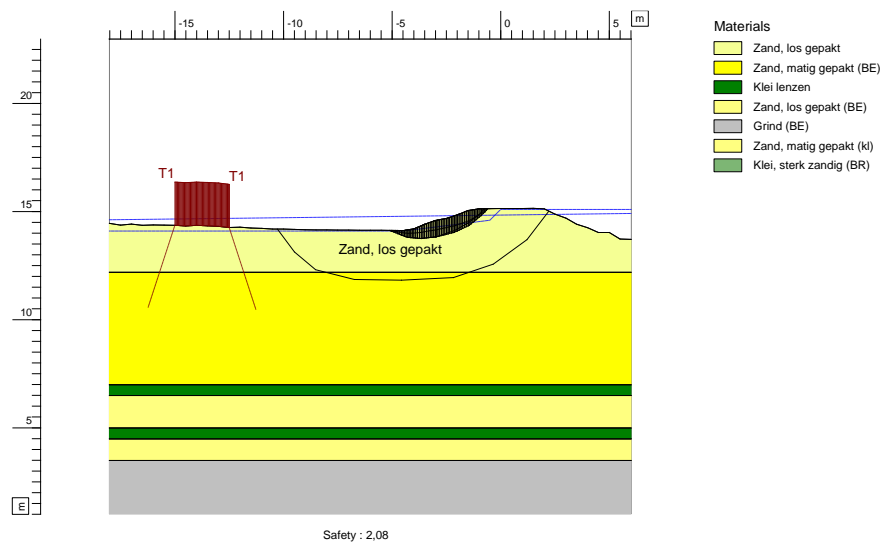
De afschuifveiligheid van de hoge en steil opgezette geluidswal is duidelijk lager, maar hangt vooral samen met de taludhelling van de geluidswal (zie Figuur 3-9 en Figuur 3-10). Deze is vanwege ruimtebeslag en ervaringen elders bewust op 1:1,5 gekozen en voldoet op zich, mits rekening wordt gehouden met enig onderhoud.

Afhankelijk van de diepte waarop het glijvlak wordt gekozen wordt net wel of net niet voldaan aan de eis voor de afschuifveiligheid (eis > 1,00). De ondiepe glijvlakken voldoen niet en diepe wel. En de situatie is dus bij of direct na hoogwater niet anders dan bij dagelijkse omstandigheden (zie §3.1.3 op pagina 14). Doordat de geluidswal erg breed is, is er ook bij een afschuiving langs een ondiep glijvlak sprake van voldoende reststerkte en geen gevaar voor de waterveiligheid.

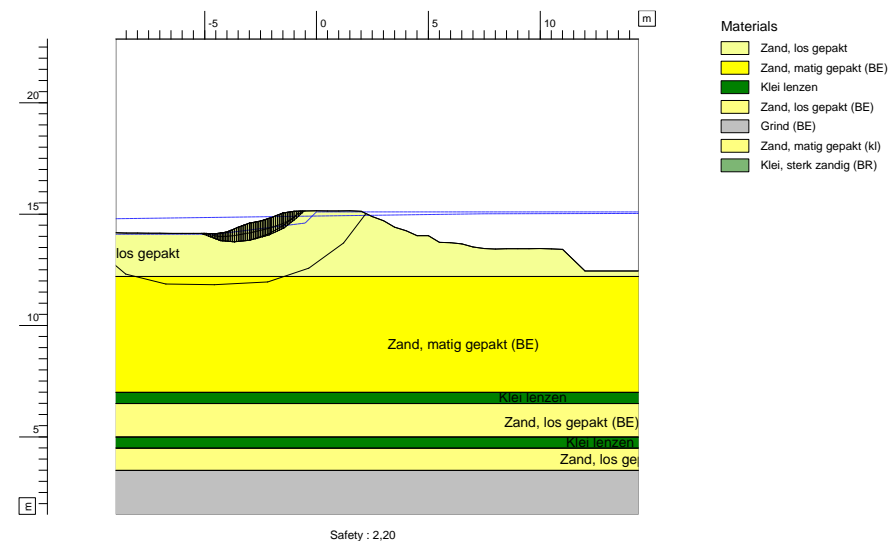
Na een periode van hoogwater moet rekening worden gehouden met extra herstel van schade aan de geluidswal.

3.6.2 Piping

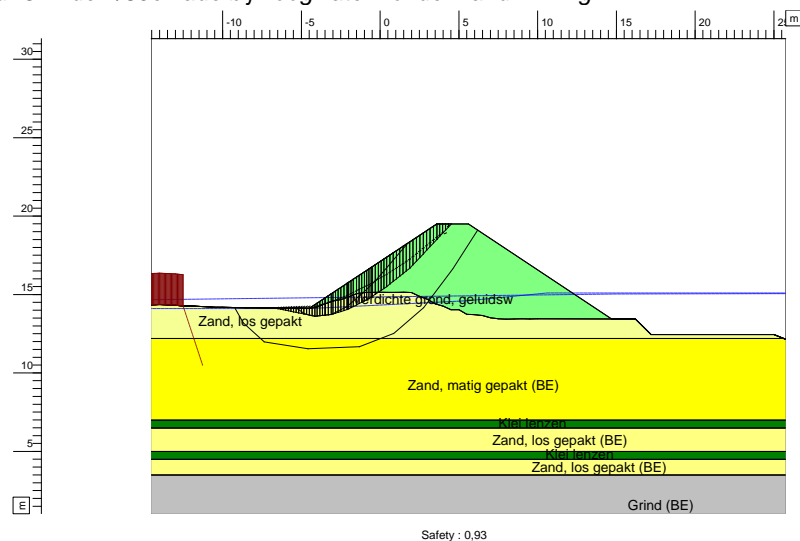
Piping is niet relevant omdat er sprake is van een zanddijk op zandondergrond, alsmede omdat het verhang, door het kleine verschil in stijghoogte tussen binnen en buitenteen, zeer gering is (circa 2,5%). De zandige deklaag is circa 1,9 m dik en de stijghoogte bij de binnenteen is maaiveld + 0,7 m, waardoor heave ook uitgesloten kan worden. Het verticale verhang in een zandlaag dient kleiner te zijn dan 0,5 en dit is het geval want $0,7 / 1,9 = 0,37$. De weestand tegen heave verandert door de zandwinning niet significant, omdat de stijghoogte bij de binnenteen maar zeer beperkt wordt beïnvloed (+/- 5 cm).



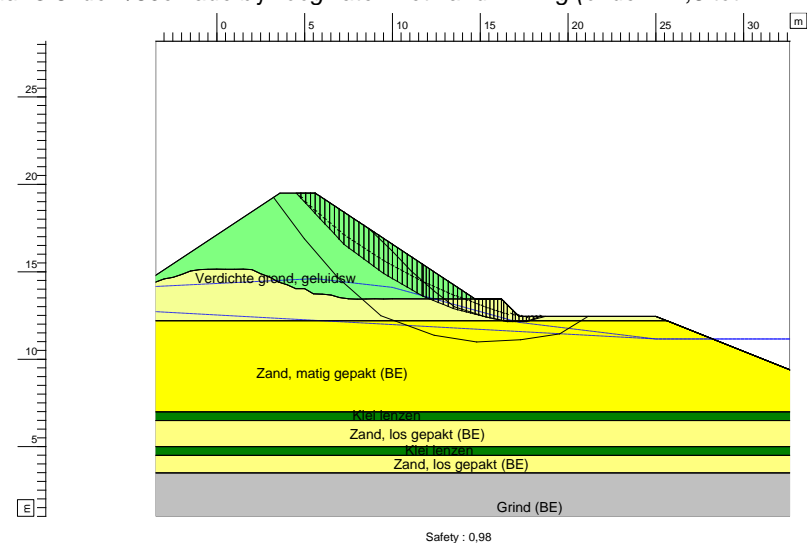
Figuur 3-7: de 1/50e kade bij hoogwater zonder zandwinning.



Figuur 3-8: de 1/50e kade bij hoogwater met zandwinning (onder 1:2,5 tot NAP -2 m).



Figuur 3-9: geluidswal bij hoogwater.



Figuur 3-10: geluidswal bij val tot stuwpeil vanaf hoogwater.

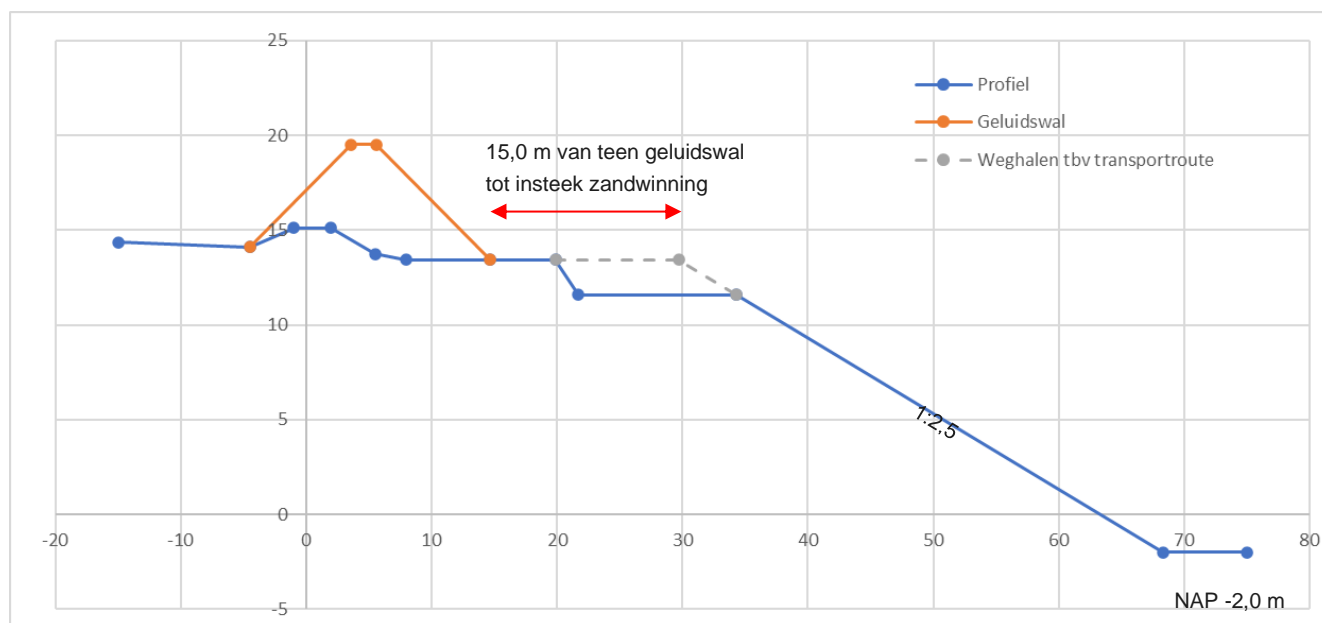
4 CONCLUSIES

Ten zuidoosten van Well – De Kamp is een zandwinning gepland. Er dient een ontgrondingsprofiel gerealiseerd te worden dat voldoet aan de eisen vanuit [D 1.], zodat er geen significante risico's bestaan voor de naastgelegen kade. Met de analyses is bepaald of het geplande onderwaterprofiel van de ontgraving voldoet of dat er aanpassingen benodigd 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 is ook de randstrook beschouwd en de veiligheid tijdens en direct na hoogwater. 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 4-1.



Figuur 4-1: Dwarsprofiel zandwinning (inclusief geluidswal)

Afschuiving van het talud van de zandwinning

Er zijn in totaal vier varianten beschouwd, met verschillende dieptes en taludhellingen. Ook is de gevoeligheid voor aardbevingen in beeld gebracht. Het onderwatertalud kan ten aanzien van afschuiving uitgevoerd worden met een helling van 1:2,5 en tot een diepte van NAP 0,0 m tot NAP -2,0 m.

Afschuiven van het talud van de geluidswal en kade

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

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

De afstand van de buitenteen geluidswal tot insteek zandwinning voldoet voor 15,0 m (variant 2).

Bresvloeiing

Op basis van de gestelde voorwaarden uit de eenvoudige beoordeling kan een doorlopend talud worden uitgevoerd. Er is geen verhoogd risico op bresvloeiing.

Verwekingsvloeiing

De uitgevoerde sonderingen zijn volgens de correlatie van Baldi beschouwd of aan de minimumeis voor de relatieve dichtheid wordt voldaan. Uit de Baldi beschouwing blijkt dat er een potentieel verwekingsgevoelige laag aanwezig is.

Voor de geavanceerde beoordeling conform CUR152 [D 6.] blijkt dat dat verweking kan worden uitgesloten aangezien de dikte van het potentieel verwekingsgevoelige laag slechts 4,0 m bedraagt, terwijl 17,75 m is toegestaan.

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 15 m tot een voldoende veilige situatie leidt voor een 1/50^e waterkering.

Hoogwater

Aangetoond is dat de waterveiligheid niet wezenlijk wordt beïnvloed door de zandwinning of de geluidswal.

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. NEN9997-1+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 ONDERZOEK

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

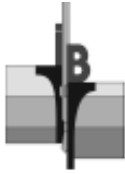
Titel: Geotechnisch onderzoek Dijkring 60

Opdrachtnummer: 02P008617-03

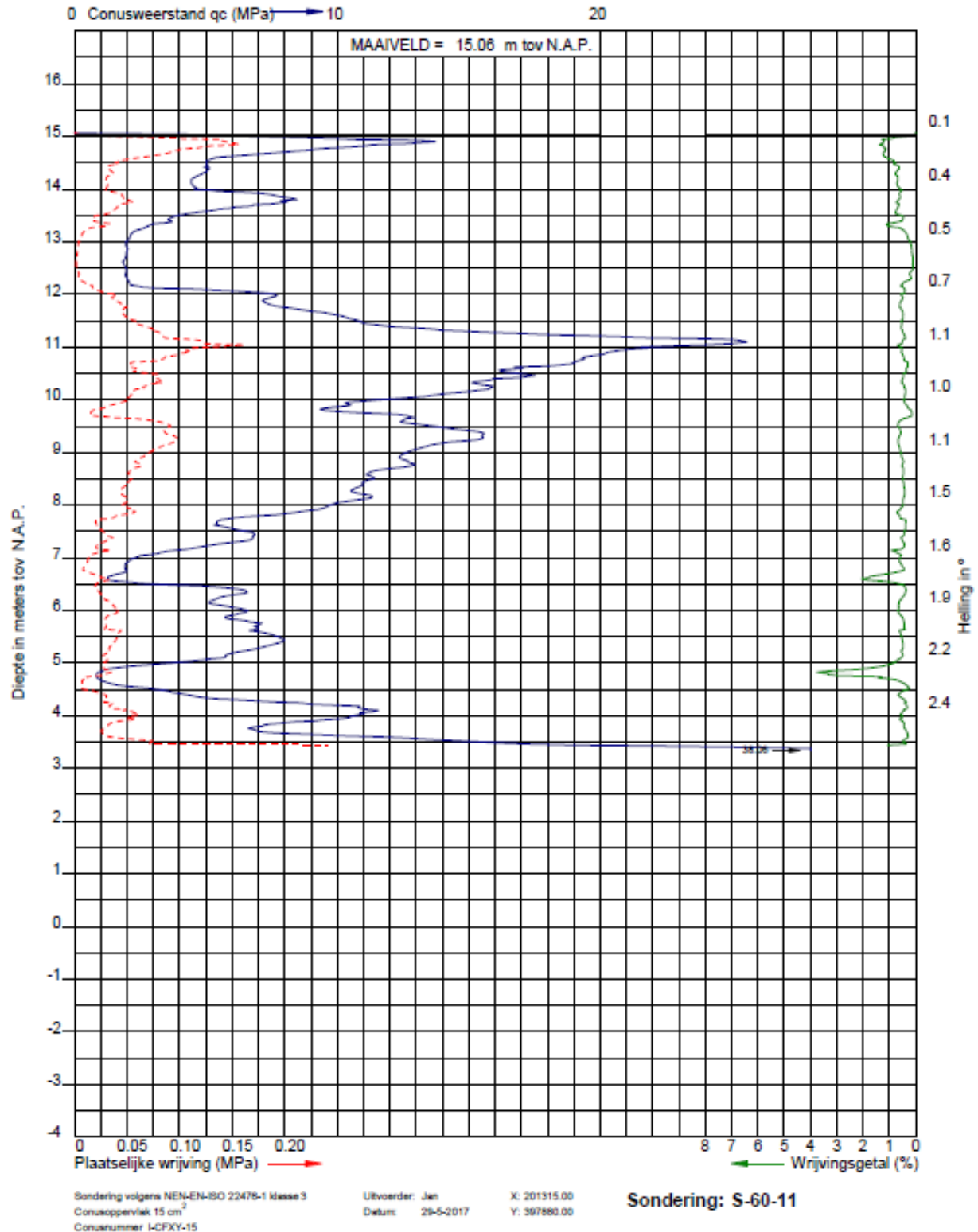
Documentnummer: 02P008617-03-RG-60-def2

Opdrachtgever: Ingenieursbureau Maasvallei v.o.f.

Datum: 4 september 2017

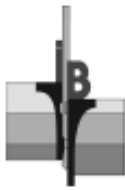


Opdracht: 02P008617-03
Project: Geotechnisch onderzoek (fase 1) verscheidene dijkvakken projectgebied Waterschap

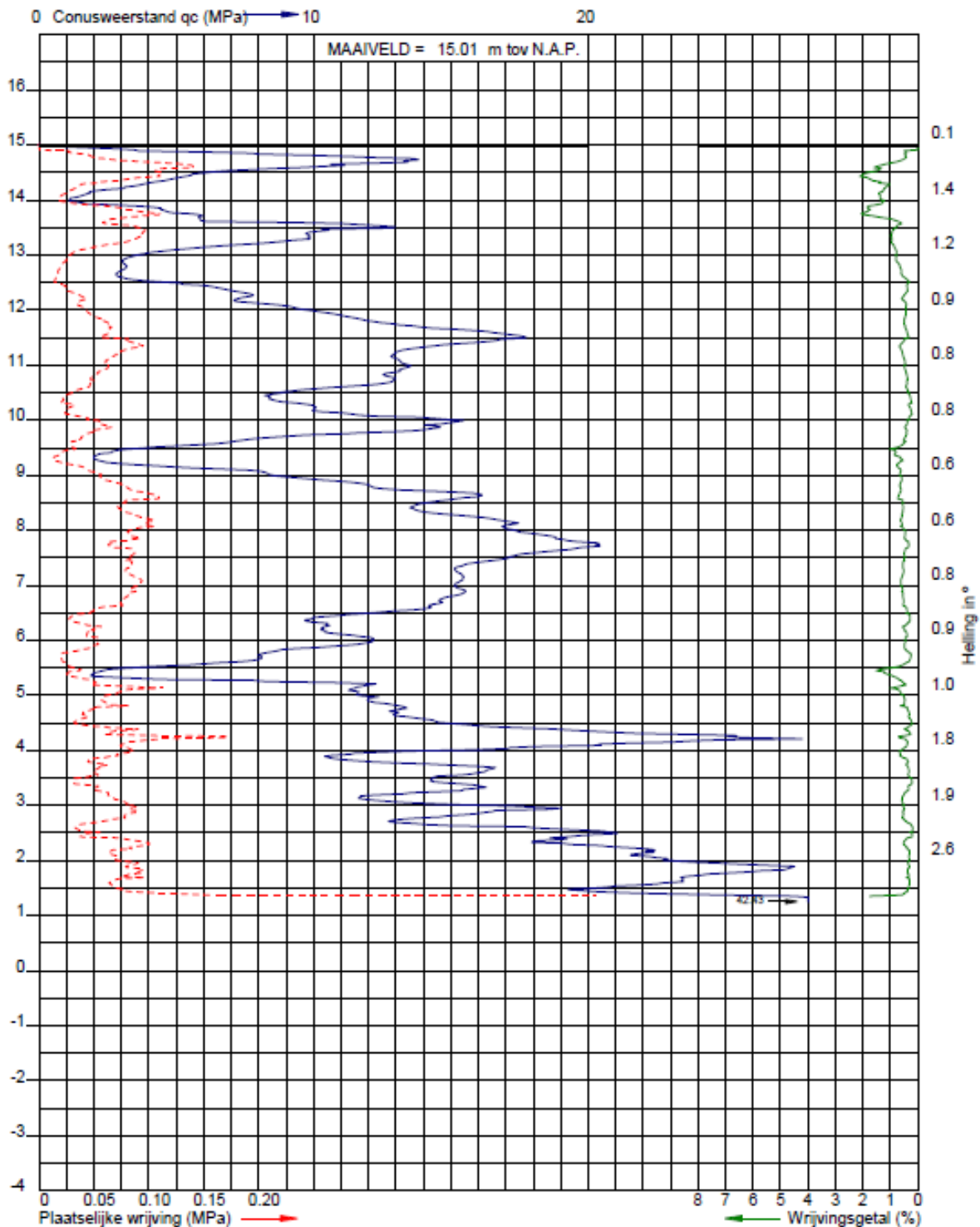


INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Pagina: 1/1



Opdracht: 02P008617-03
Project: Geotechnisch onderzoek (fase 1) verscheidene dijkvakken projectgebied Waterschap



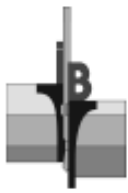
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3
Conusoppervlakte 15 cm²
Conusnummer I-CFXY-15

Uitvoerder: Jan
Datum: 29-5-2017
X: 201244.00
Y: 398051.00

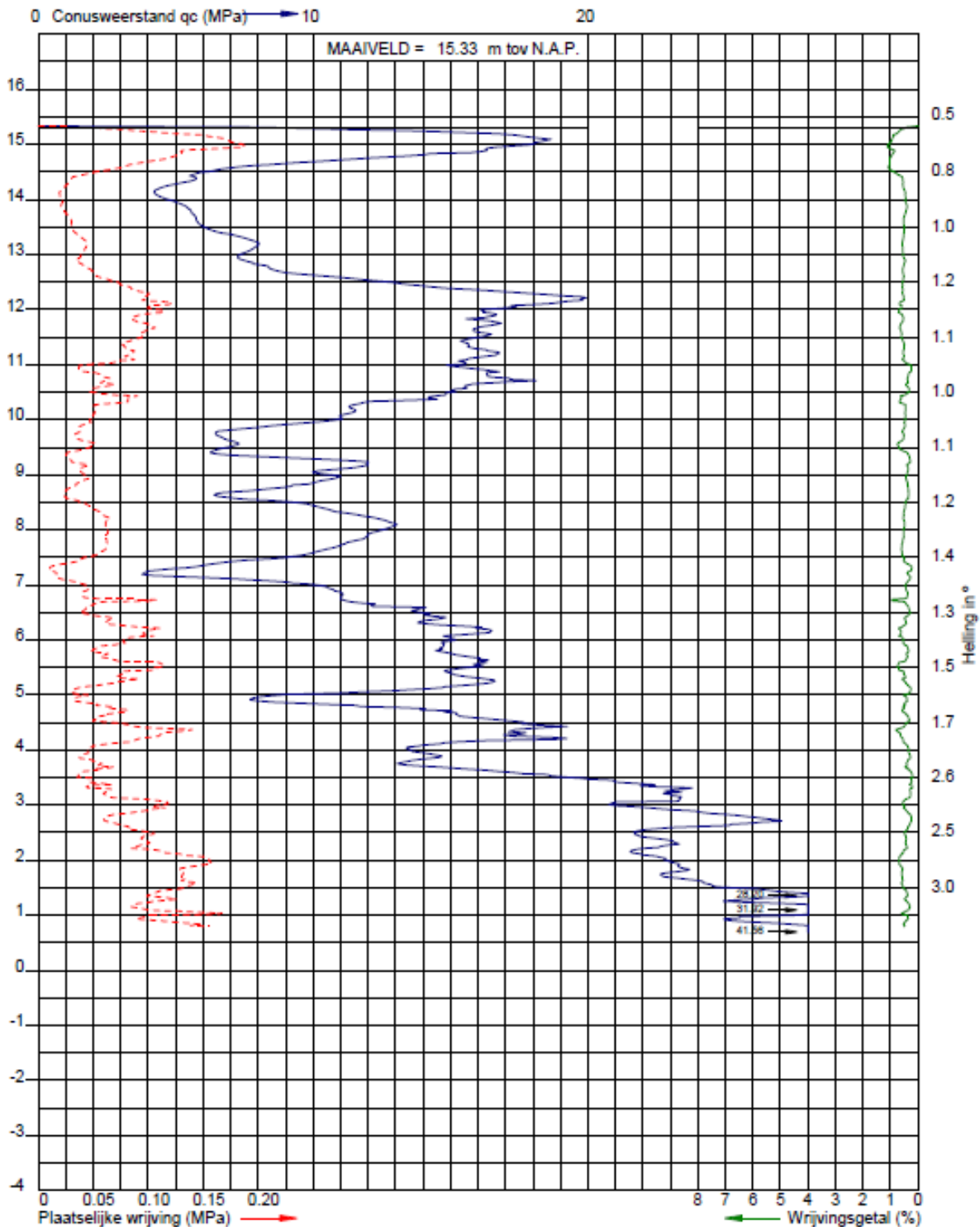
Sondering: HS-60-23

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Pagina: 1/1



Opdracht: 02P008617-03
Project: Geotechnisch onderzoek (fase 1) verscheidene dijkvakken projectgebied Waterschap



Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3
Conusoppervlak 15 cm²
Conusnummer J-CFXY-15

Uitvoerder: Jan
Datum: 29-5-2017
X: 201405.00
Y: 307834.00

Sondering: HS-60-24

INPIJN-BLOKPOEL Ingenieursbureau

Pagina: 1/1

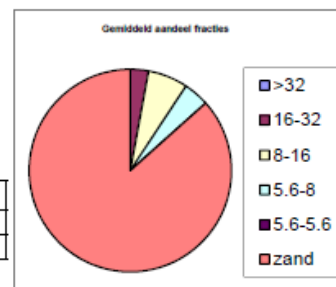


26-3-2013

boringsanalyses_v2.0.xlsm

| | | |
|---------------|------------------|---|
| Exploitatie | Well-Aijen | Pakketdikte in de berekening = 12.9 meter |
| Boring nr. | WA13 | Dikte stoorlagen = 0 meter |
| Boring | 29-09-11 : Kamps | Grens zand-grind 5.6 mm |
| Uitwerking | 31-01-12 : LvM | van diepte 1.8 m |
| Peil maaiveld | 13.51 | tot diepte 14.7 m |
| Grondwater | | stenen erbij (J/N) N |
| Perceelnr | | |

| Boring | 13% | 19 - 51 - 90 | 0% | 22% | 48% | 31% | 0% |
|--------|-----|--------------|----|-----|-----|-----|----|
| Λ | 15% | 21 - 51 - 88 | 0% | 22% | 47% | 31% | 0% |
| V | 12% | 17 - 52 - 91 | 0% | 22% | 48% | 30% | 0% |



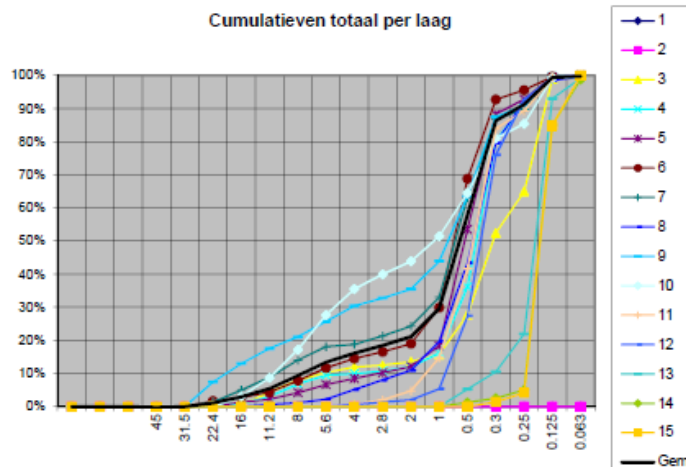
| Vervuiling |
|------------|
| Schoon |
| Leem |
| Klei |
| Hout |
| Hout+Leem |
| Hout+Klei |
| Slib |
| Hout+Slib |
| Humustest |
| Schoon |
| Licht |
| Matig |
| Sterk |

| |
|---|
| Laag 4 : 9 % grind, zand = 7 - 29 - 90 |
| Laag 5 : 7 % grind, zand = 13 - 50 - 92 |
| Laag 6 : 12 % grind, zand = 21 - 65 - 95 |
| Laag 7 : 18 % grind, zand = 18 - 55 - 88 |
| Laag 10 : 28 % grind, zand = 33 - 51 - 80 |
| Laag 11 : 0 % grind, zand = 15 - 42 - 89 |
| Laag 13 : 0 % grind, zand = 0 - 5 - 22 |
| Laag 14 : 0 % grind, zand = 0 - 1 - 5 |
| Laag 15 : 0 % grind, zand = 0 - 0 - 4 |

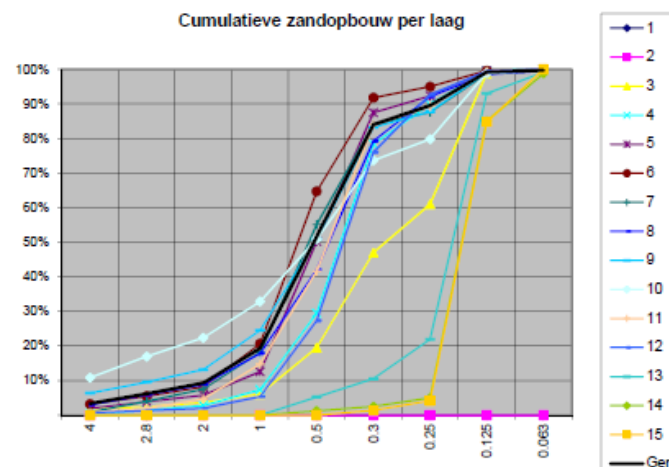
Cumulatieve percentages totaalpakket

| Laagnr | Diepte | Dikte | grind | zand | >32 | 16-32 | 8-16 | 5.6-8 | 5.6-5.6 | Kleur | Opmerking Kamps | Opmerking |
|--------|-------------|-------|-------|--------------|-----|-------|------|-------|---------|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0 - 0.5 | | | | | | | | | Bruin | Berm | Leemhoudend zand met |
| 2 | 0.5 - 1.2 | | | | | | | | | Bruin | Zand klei houdend | Leemhoudend zand, niet |
| 3 | 1.2 - 1.8 | | 10% | 6 - 20 - 61 | | 3% | 74% | 22% | | Licht-bruin | Vulzand | Beetje leem |
| 4 | 1.8 - 3.1 | 1.3 | 9% | 7 - 29 - 90 | | 9% | 63% | 28% | | Grijs-geel | Fijn zand scherp zand wein | |
| 5 | 3.1 - 4.3 | 1.2 | 7% | 13 - 50 - 92 | | 20% | 43% | 37% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand grind | Weinig hout <1mm |
| 6 | 4.3 - 7.7 | 3.4 | 12% | 21 - 65 - 95 | | 23% | 43% | 33% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand grind | Weinig hout <1mm |
| 7 | 7.7 - 10.1 | 2.4 | 18% | 18 - 55 - 88 | | 27% | 50% | 22% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand grof g | Weinig hout <1mm |
| 8 | 10.1 - 10.9 | 0.8 | 2% | 18 - 42 - 92 | | | 51% | 49% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand wein | |
| 9 | 10.9 - 11.5 | 0.6 | 28% | 25 - 51 - 88 | | 51% | 31% | 18% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand grof g | Dikke steen, niet meegezeefd |
| 10 | 11.5 - 13.4 | 1.9 | 28% | 33 - 51 - 80 | | 11% | 51% | 38% | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand en gri | |
| 11 | 13.4 - 14.7 | 1.3 | 0% | 15 - 42 - 89 | | | | | | Licht-geel | Fijn zand scherp zand wein | |
| 12 | 14.7 - 15.4 | | 0% | 5 - 27 - 93 | | | | | | Grijs-geel | Fijn zand scherp zand en ho | Hout, grote en kleine stukken |
| 13 | 15.4 - 20 | | 0% | 0 - 5 - 22 | | | | | | Grijs-geel | Fijn zand groen (hout) | Weinig hout <1mm |
| 14 | 20 - 24.5 | | 0% | 0 - 1 - 5 | | | | | | Bruin | Fijn zand | |
| 15 | 24.5 - 26.5 | | 0% | 0 - 0 - 4 | | | | | | Groen | Fijn zand | Zeer veel hout <1mm, wein |

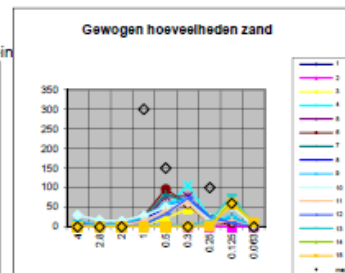
Cumulatieven totaal per laag



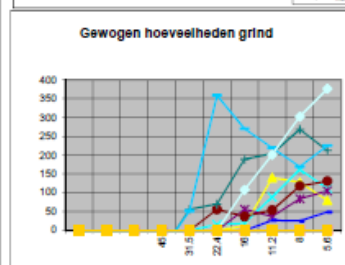
Cumulatieve zandopbouw per laag



Gewogen hoeveelheden zand

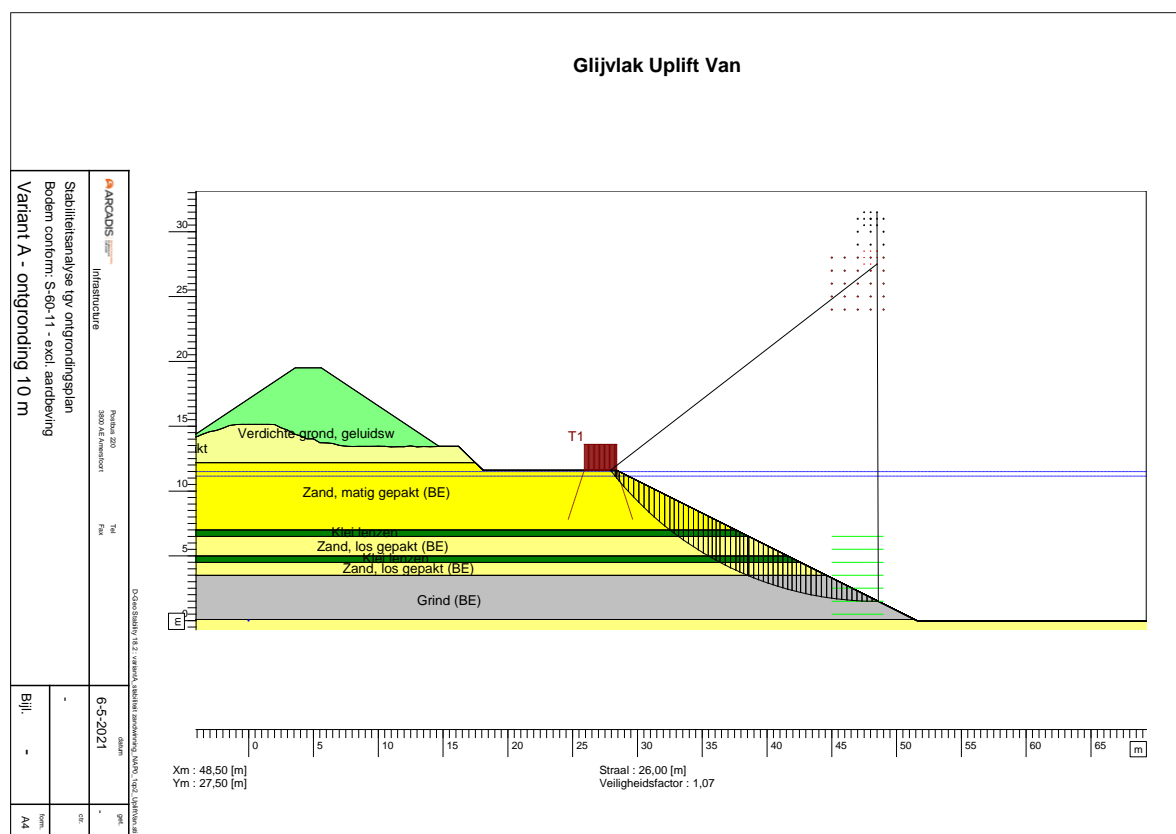
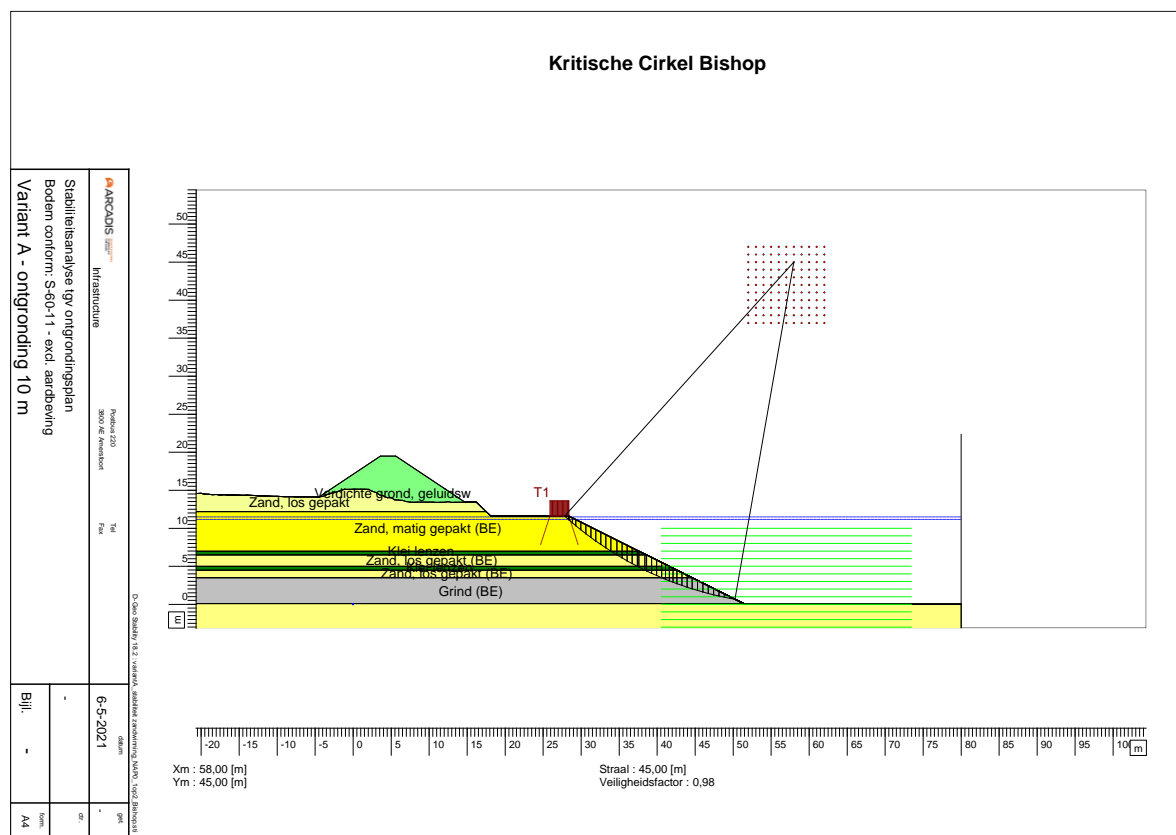


Gewogen hoeveelheden grind

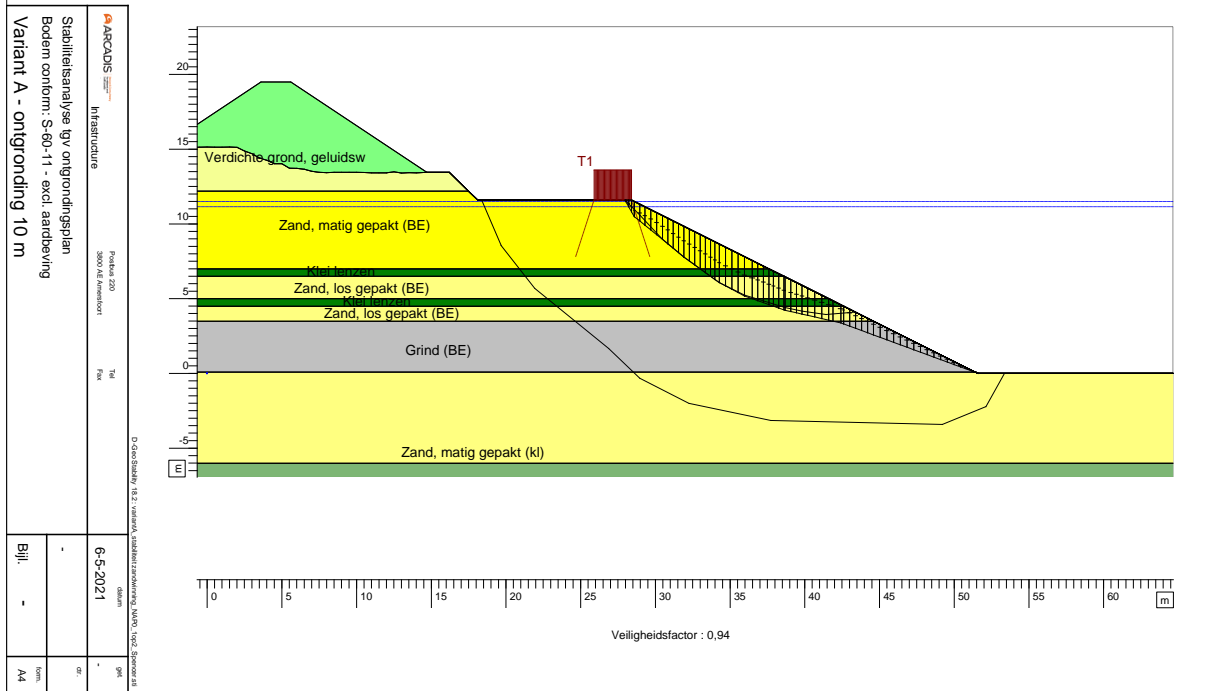


BIJLAGE B GLIJVLAKBEREKENINGEN

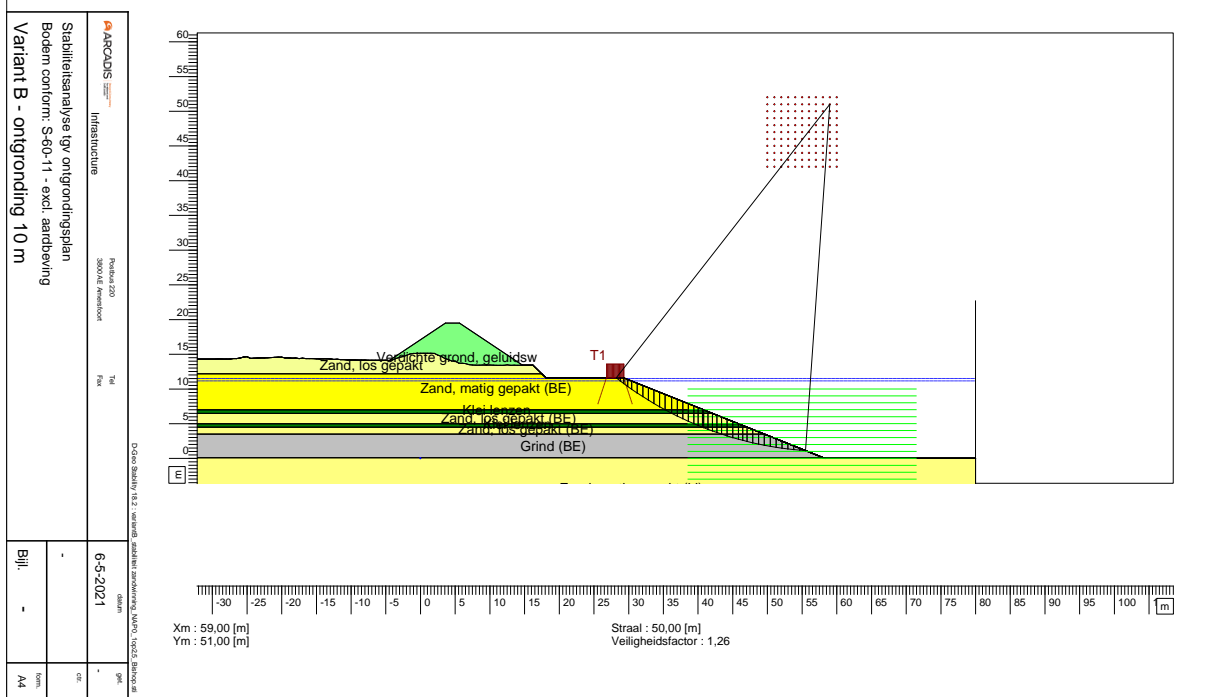
Zandwinning

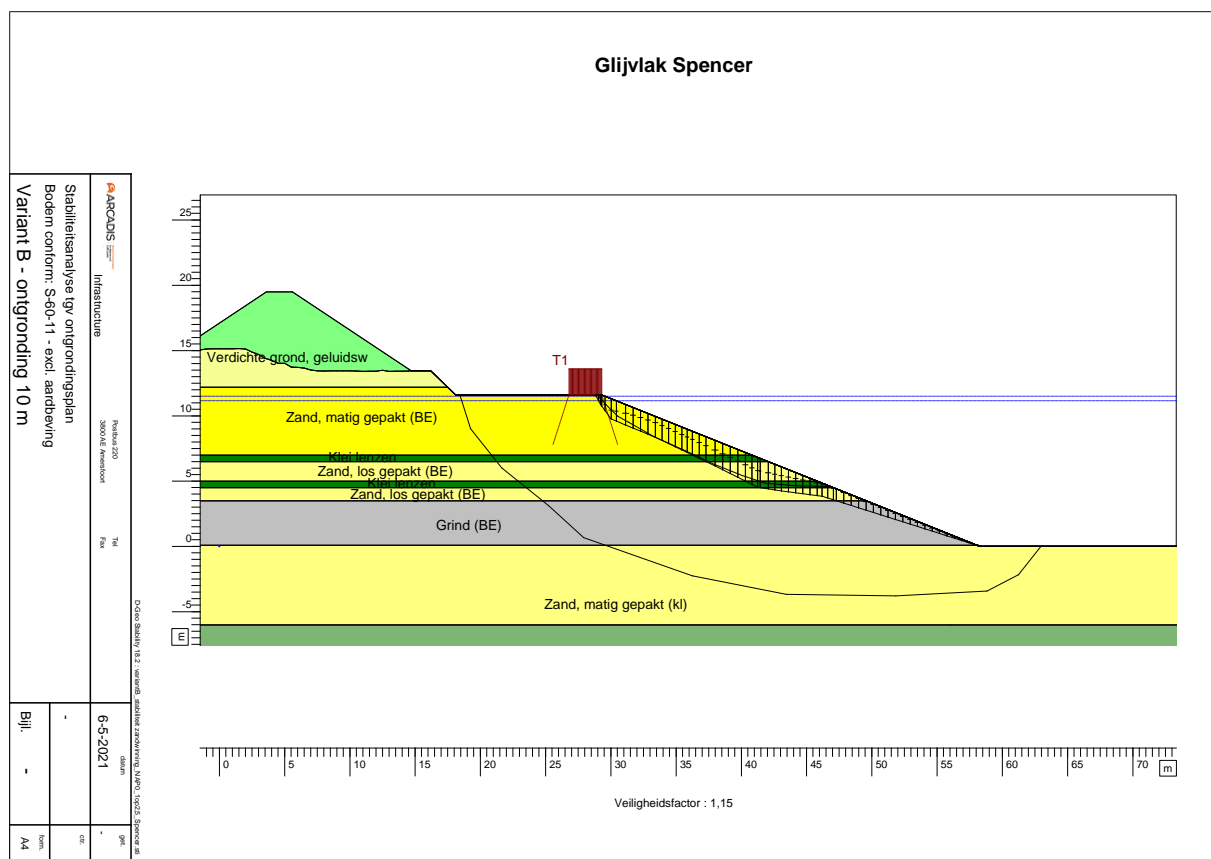
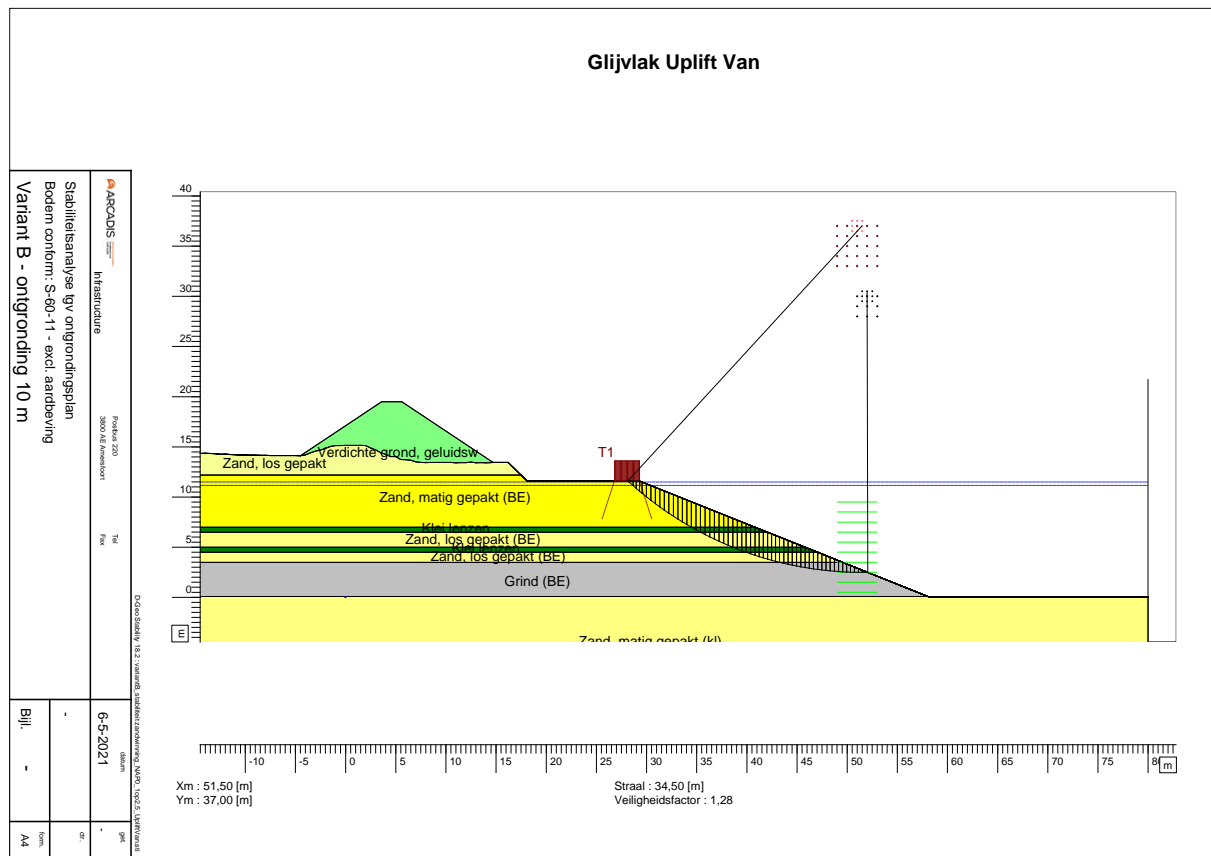


Glijvlak Spencer

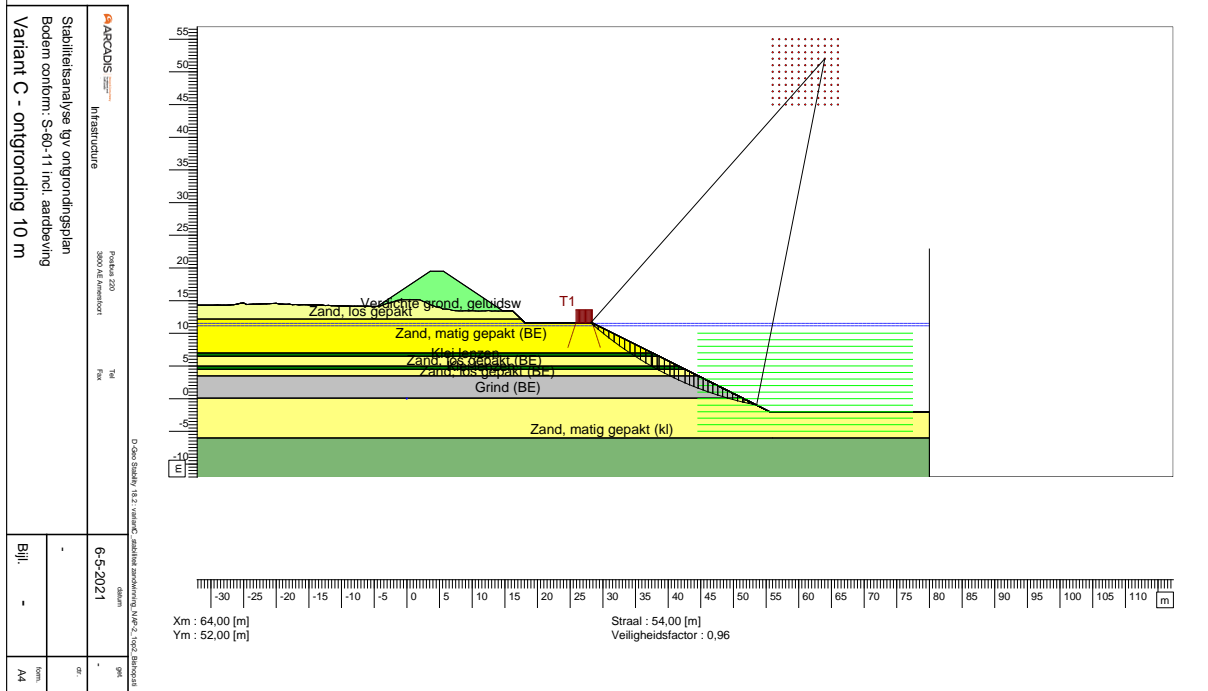


Kritische Cirkel Bishop

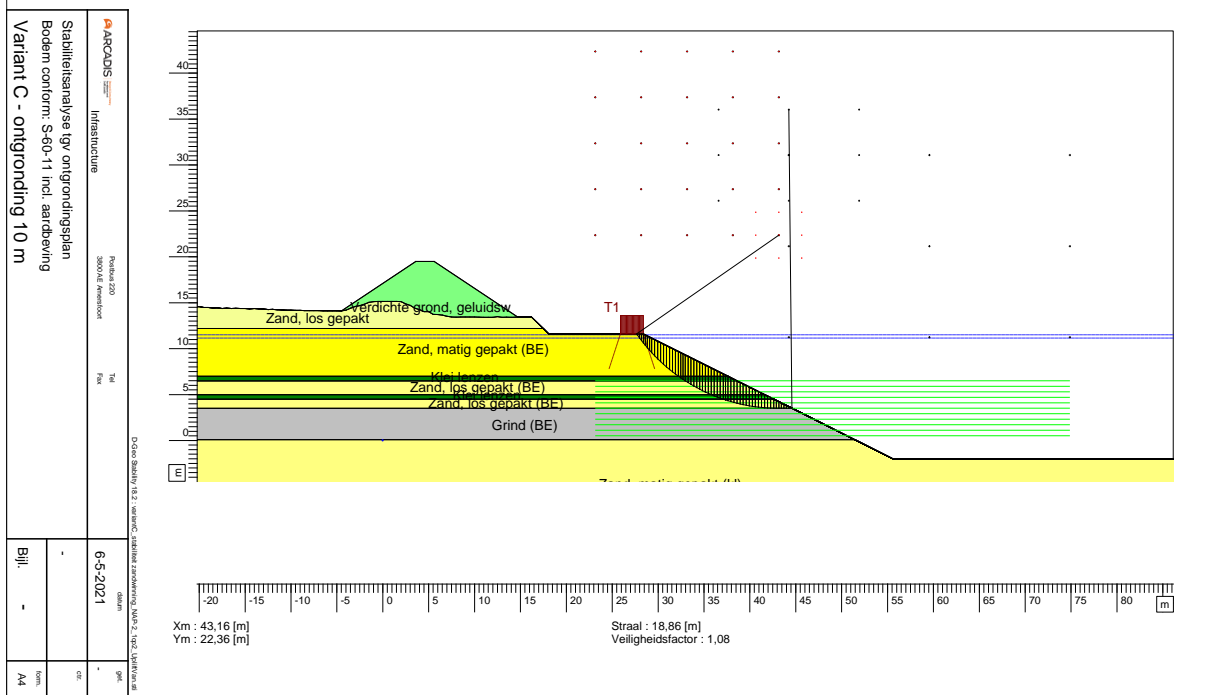


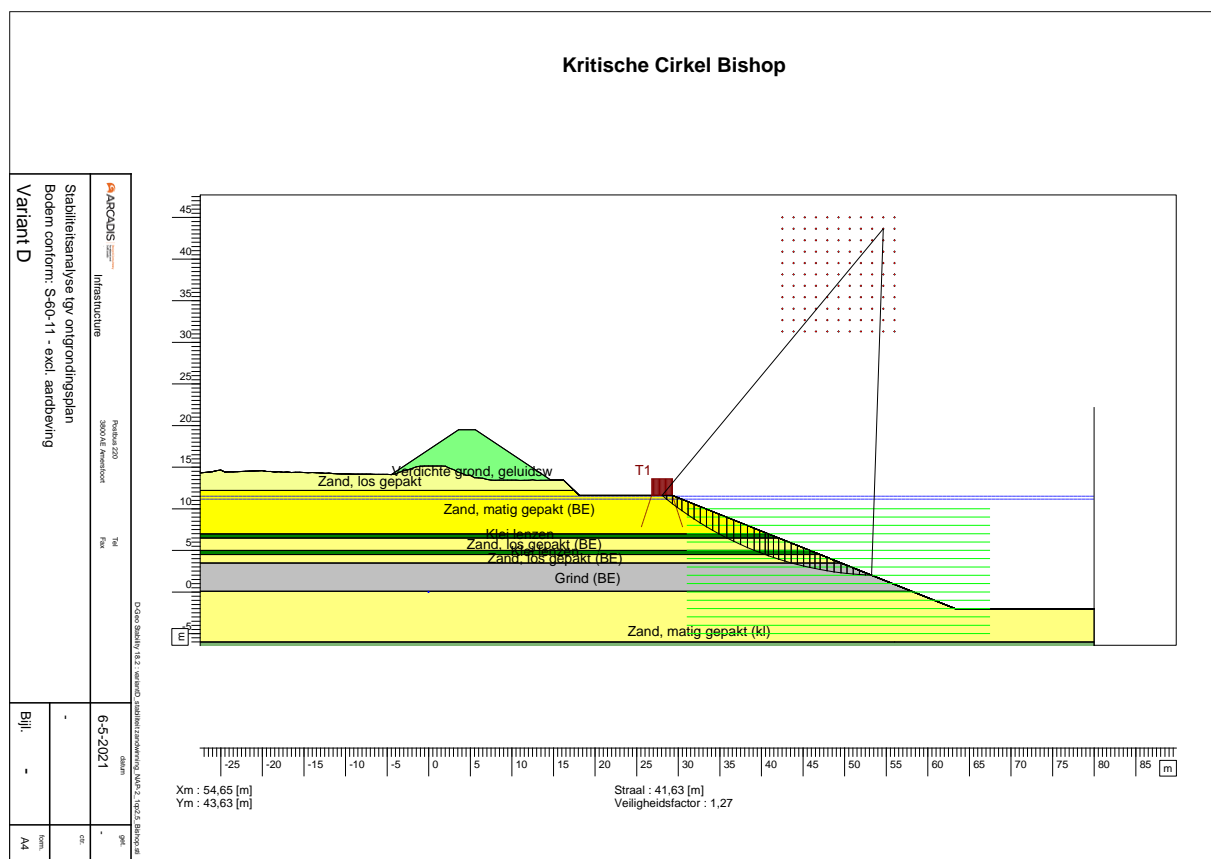
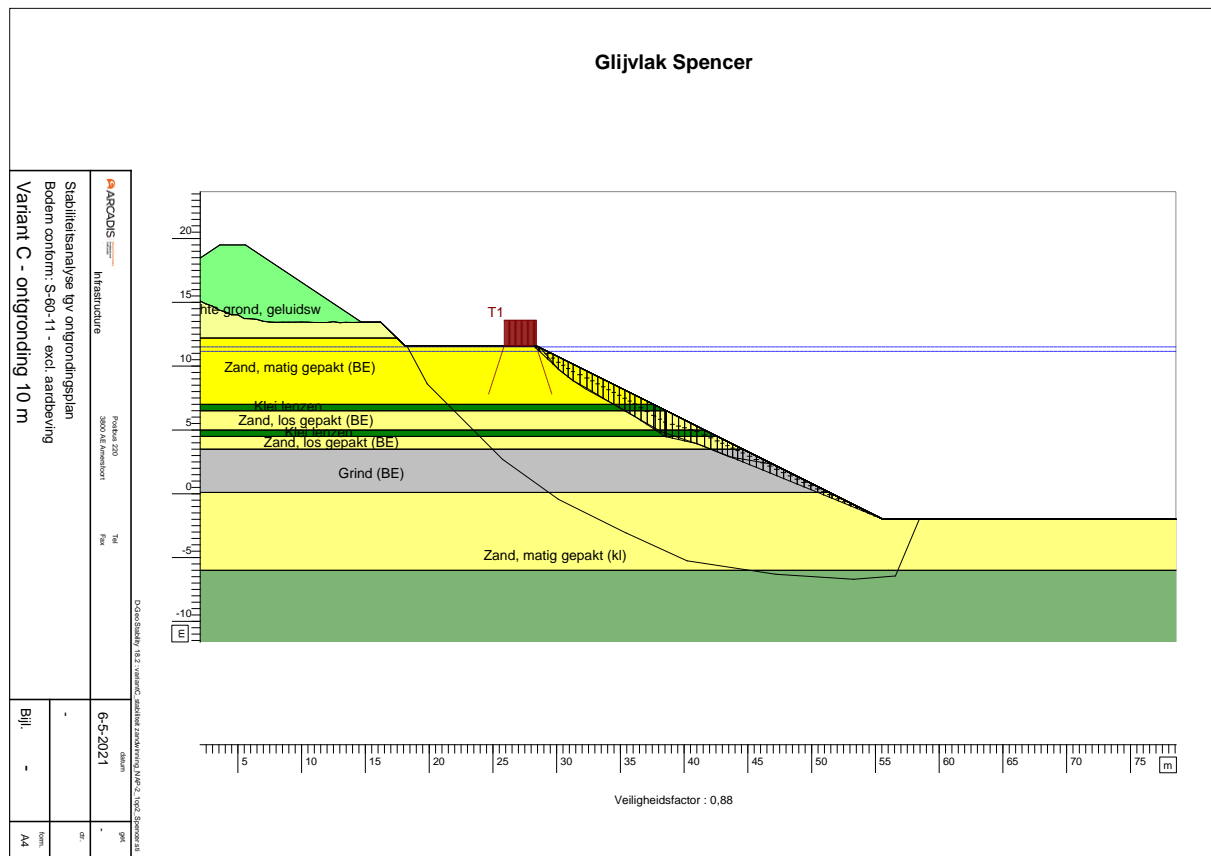


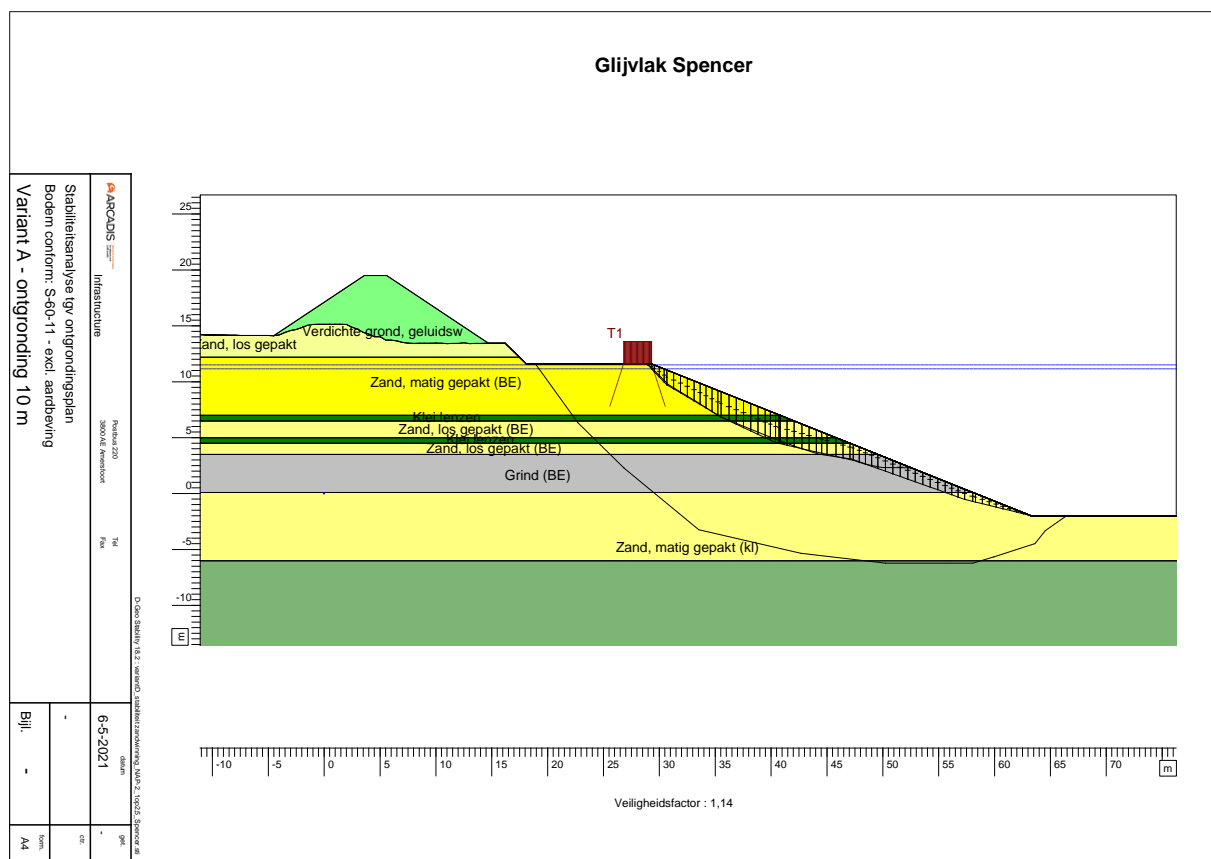
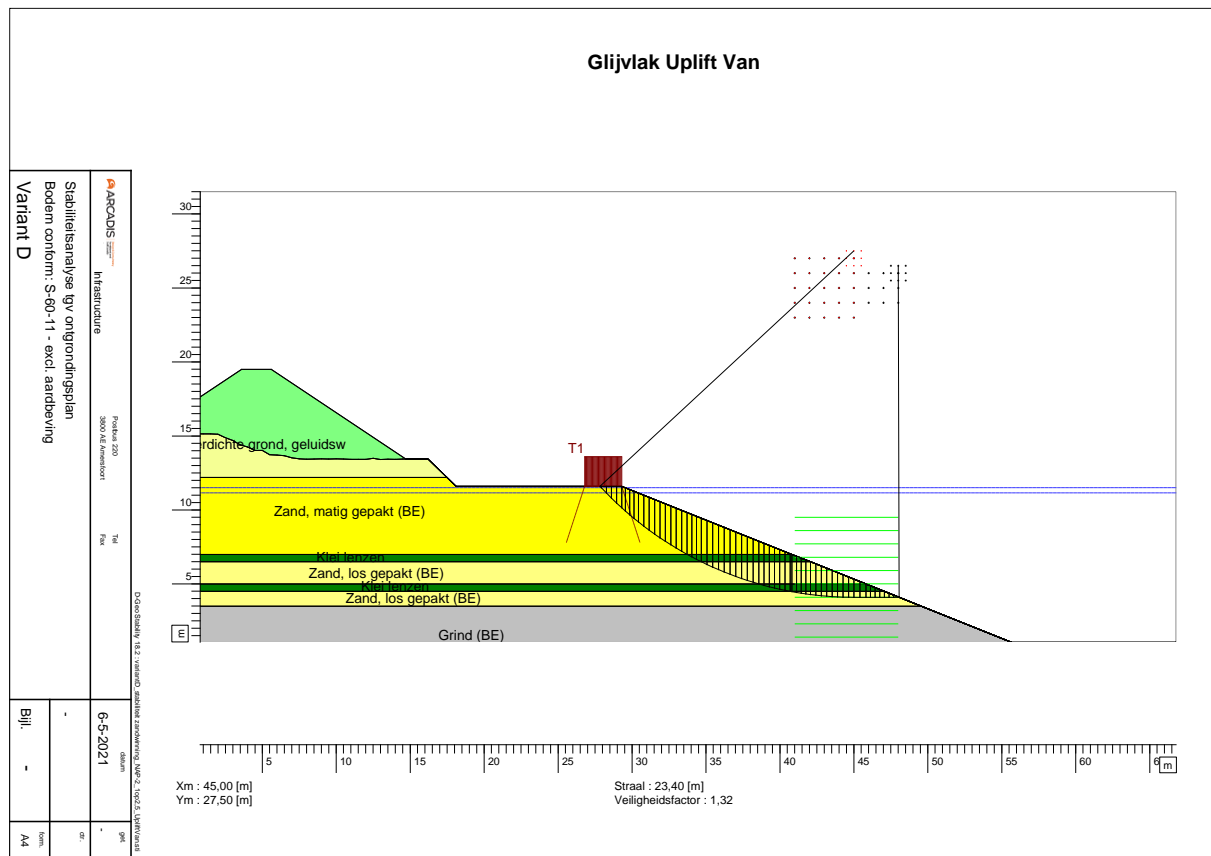
Kritische Cirkel Bishop



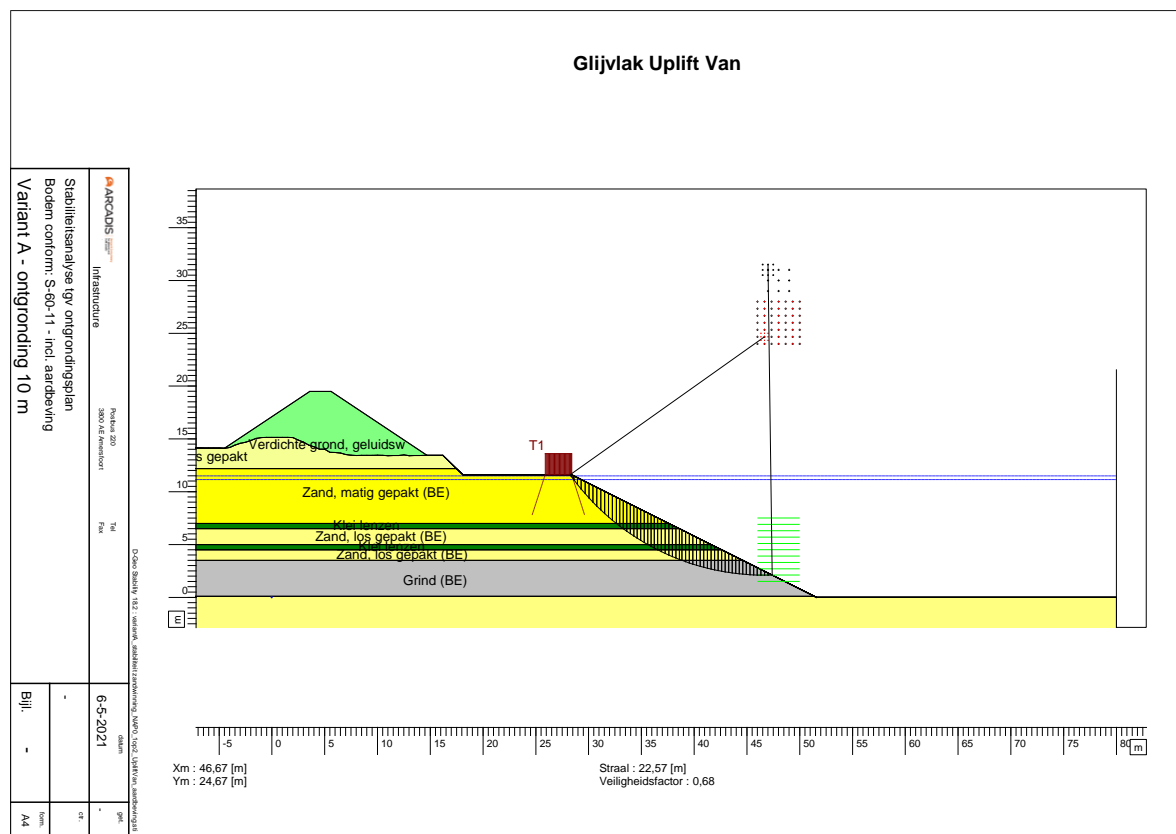
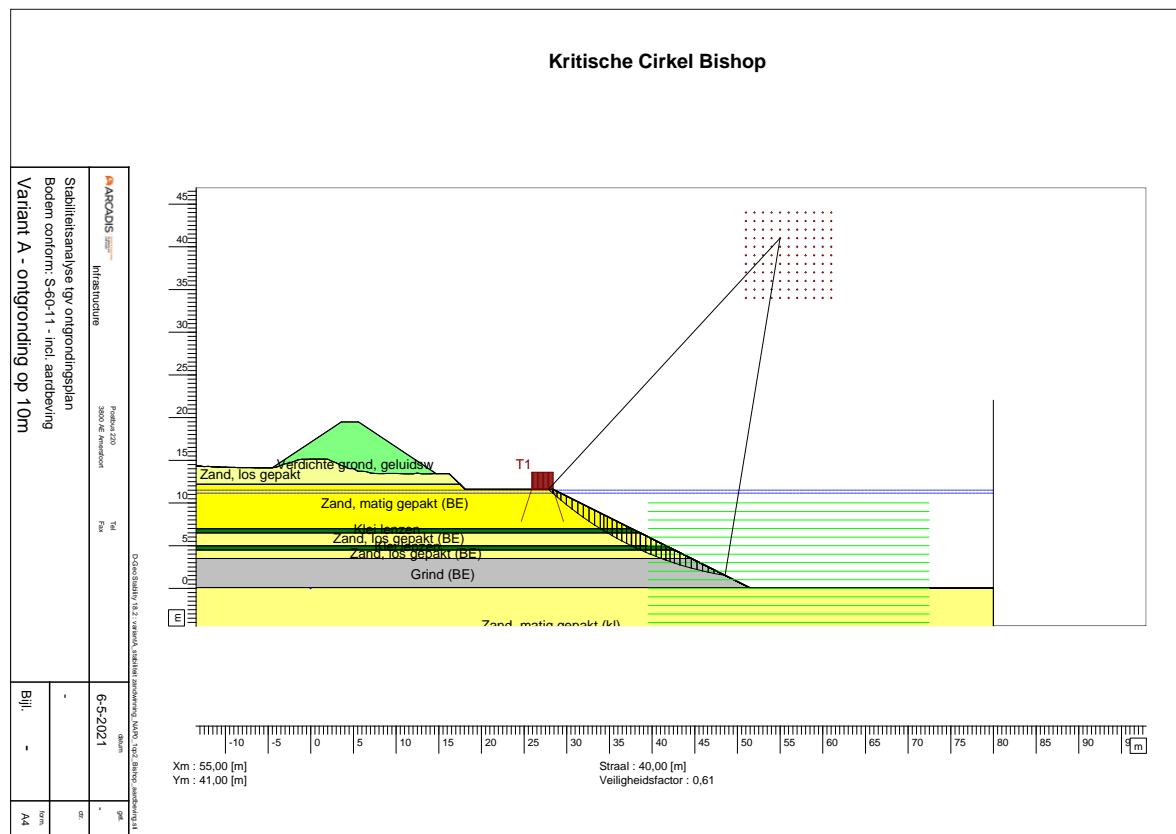
Glijvlak Uplift Van

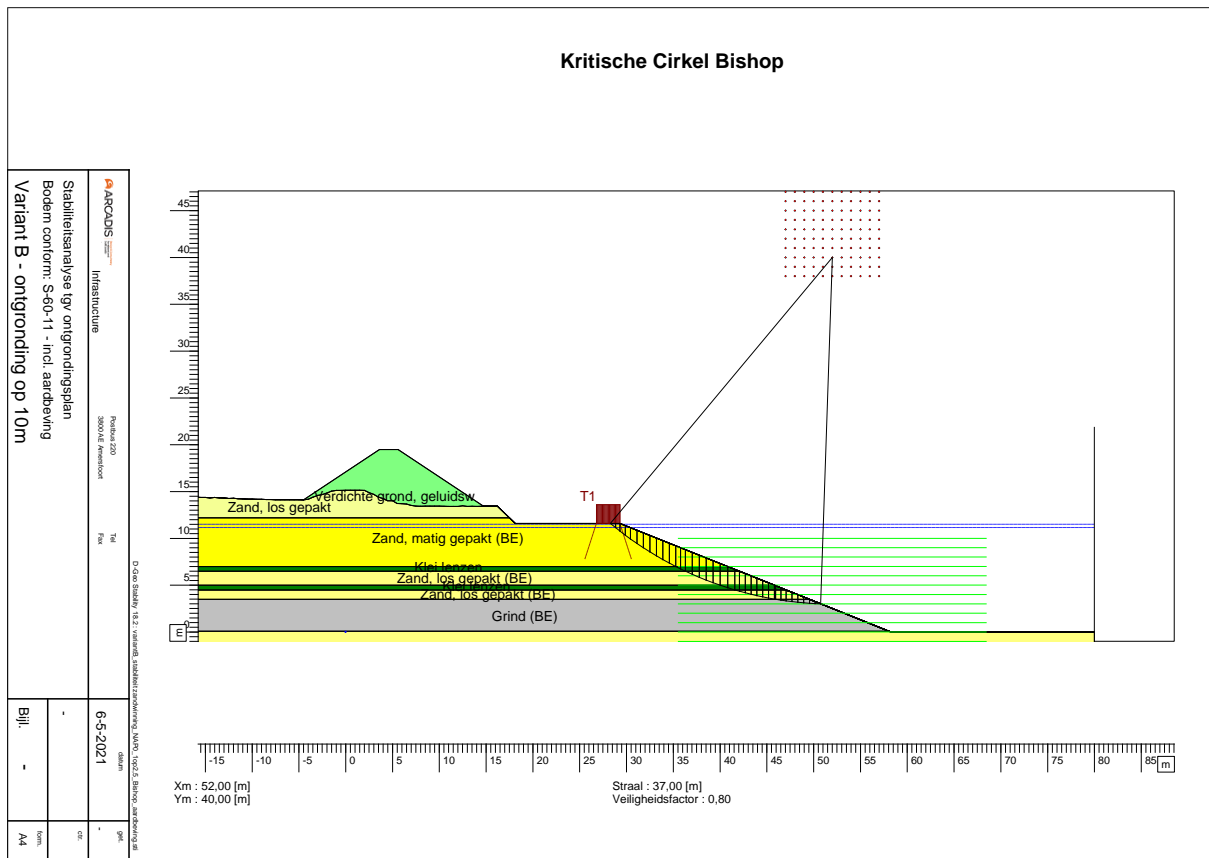




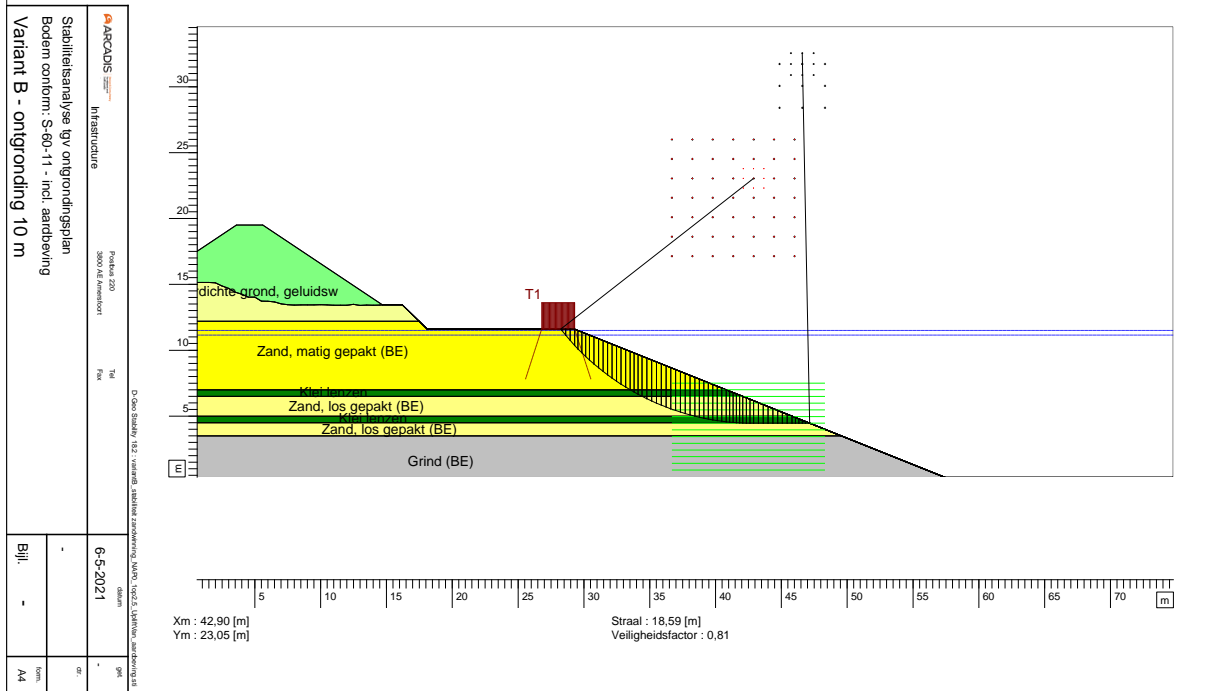


Zandwinning inclusief aardbevingsbelasting

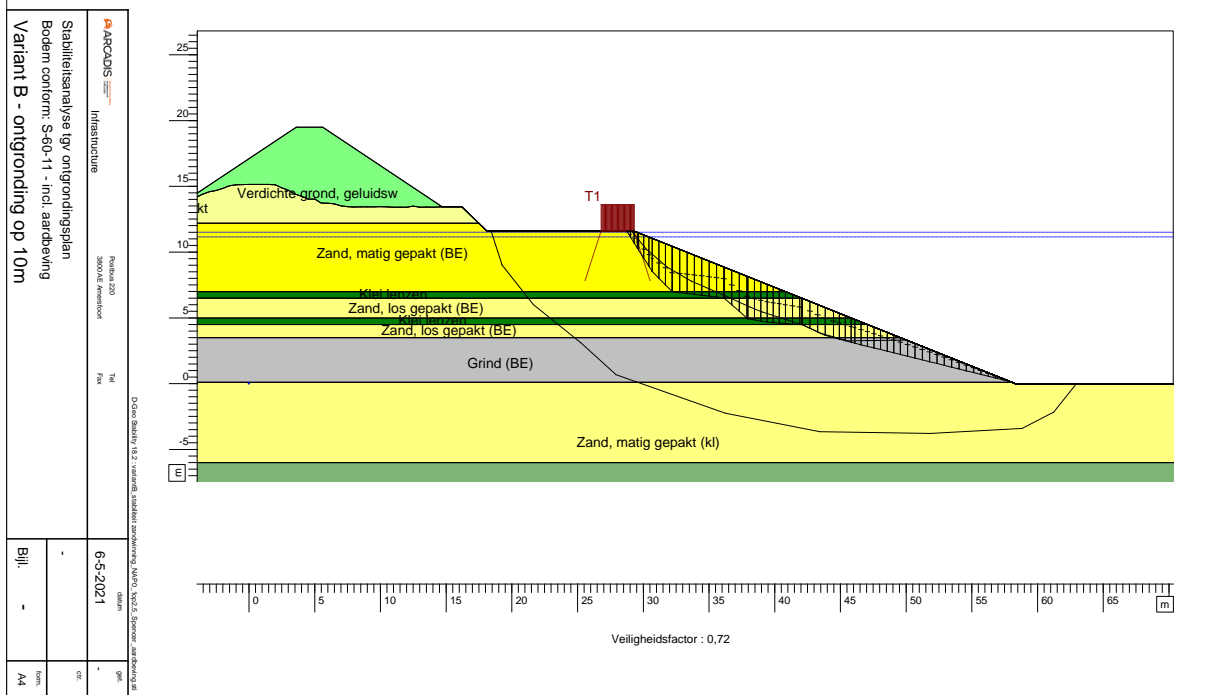


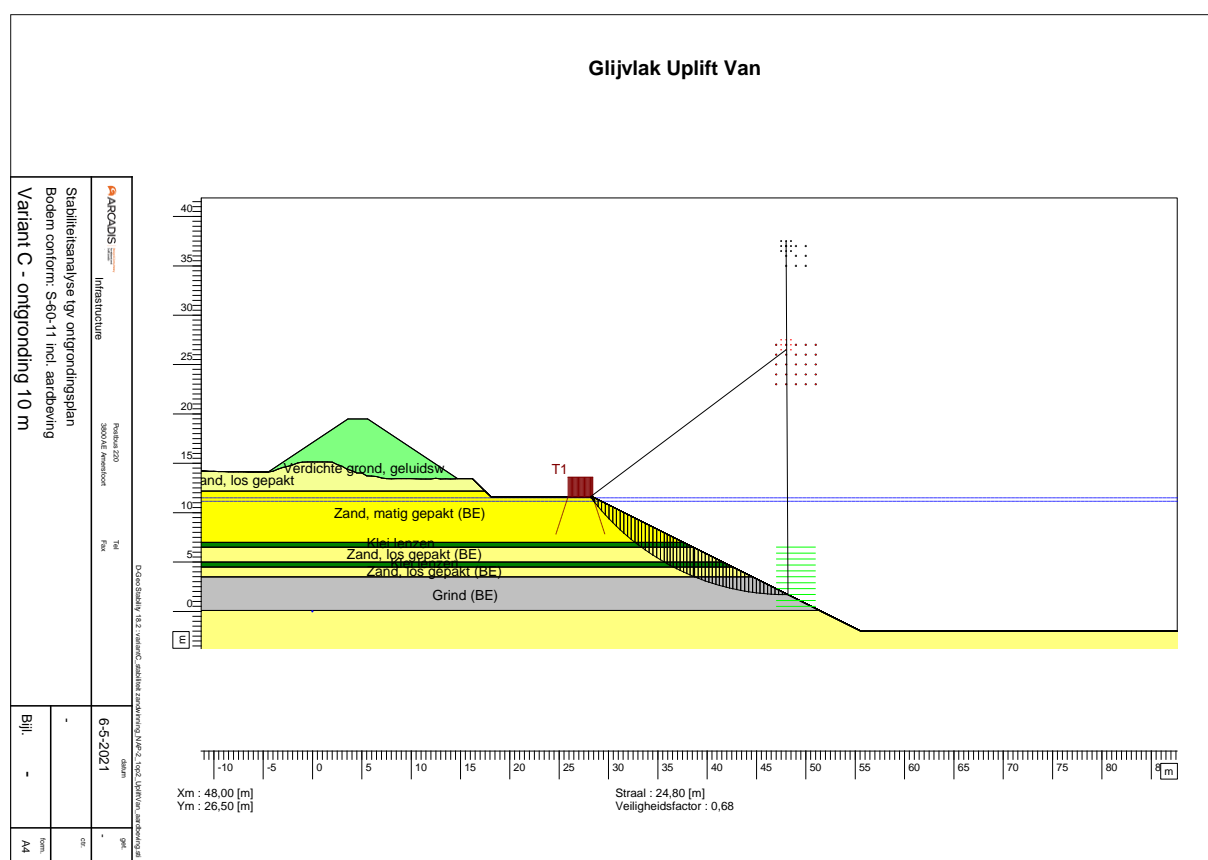
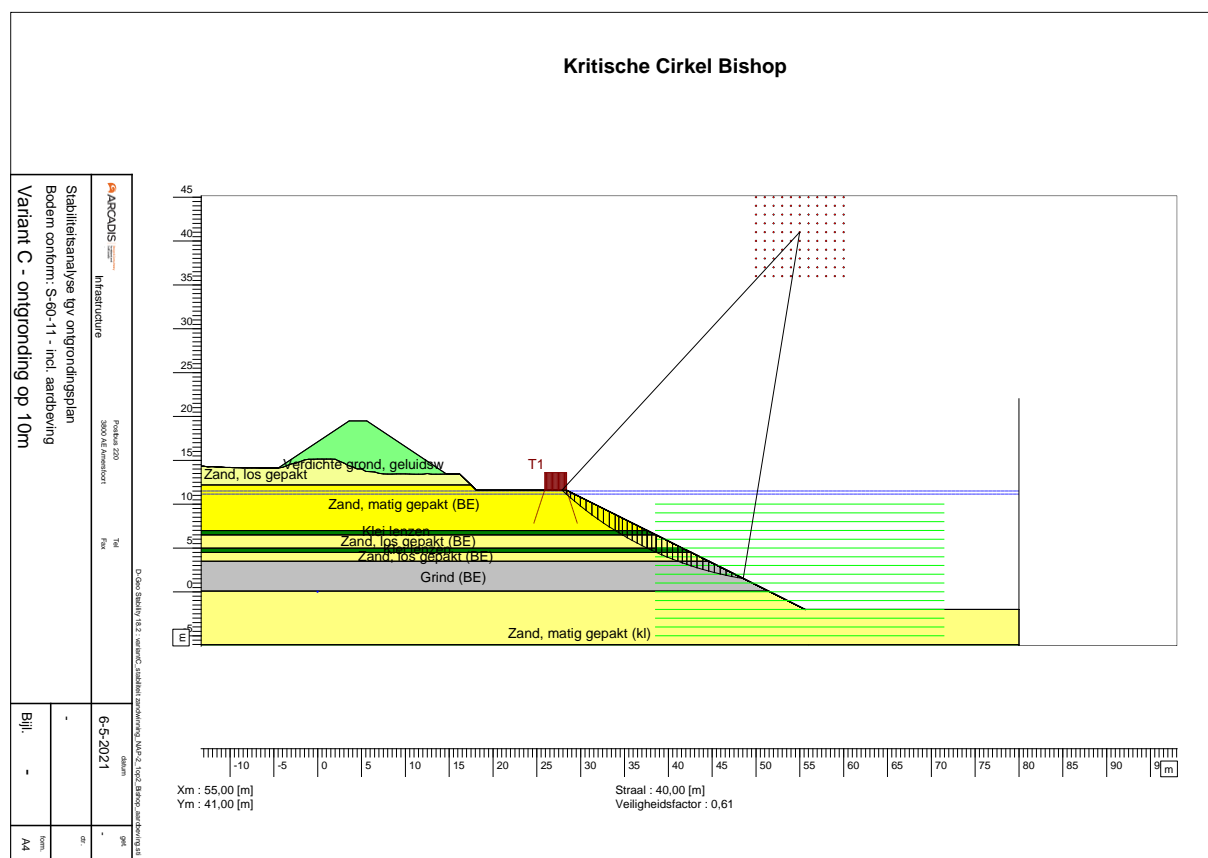


Glijvlak Uplift Van

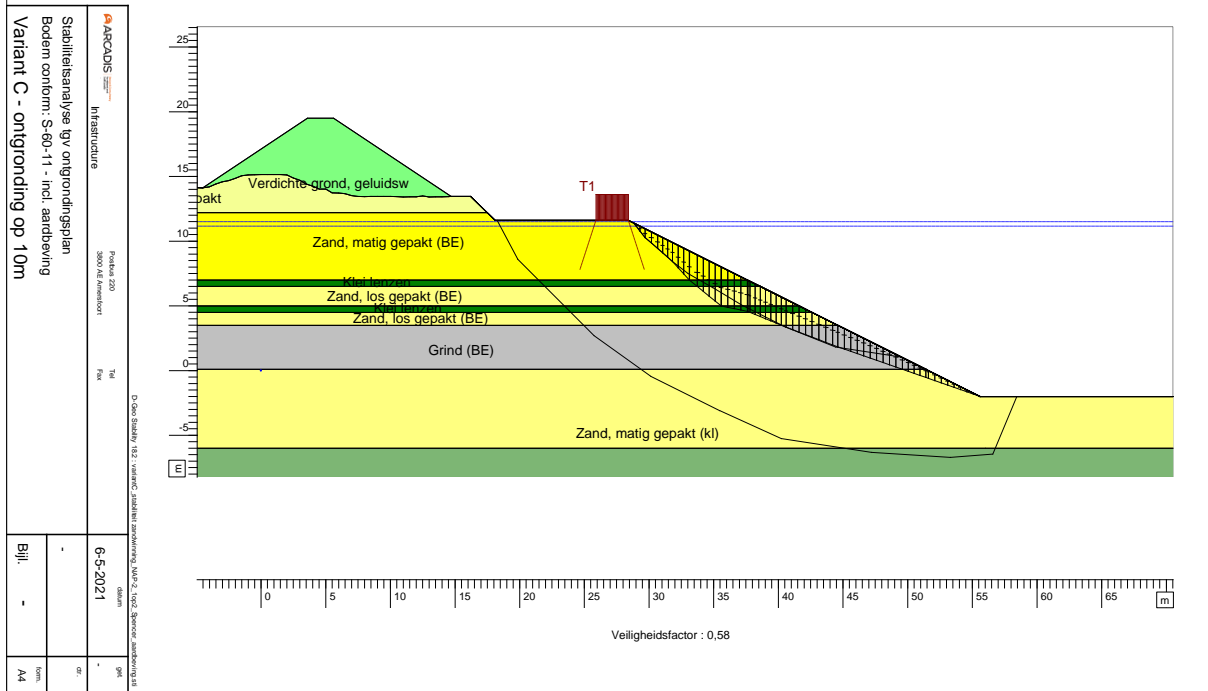


Glijvlak Spencer

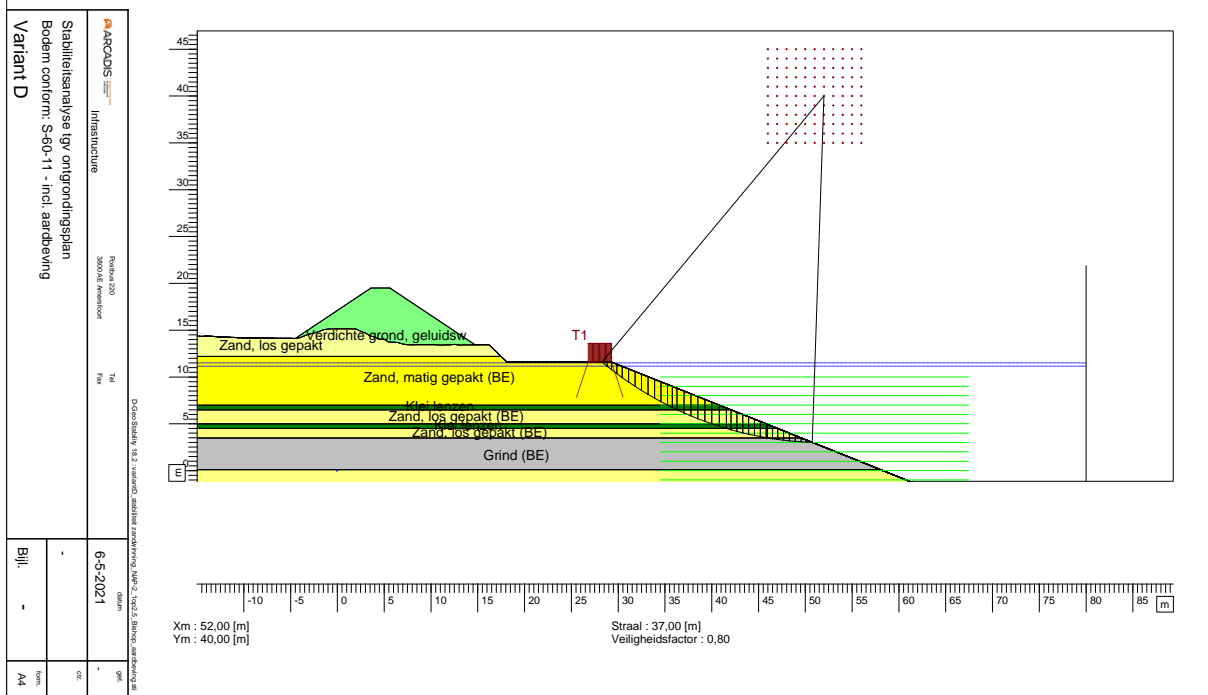


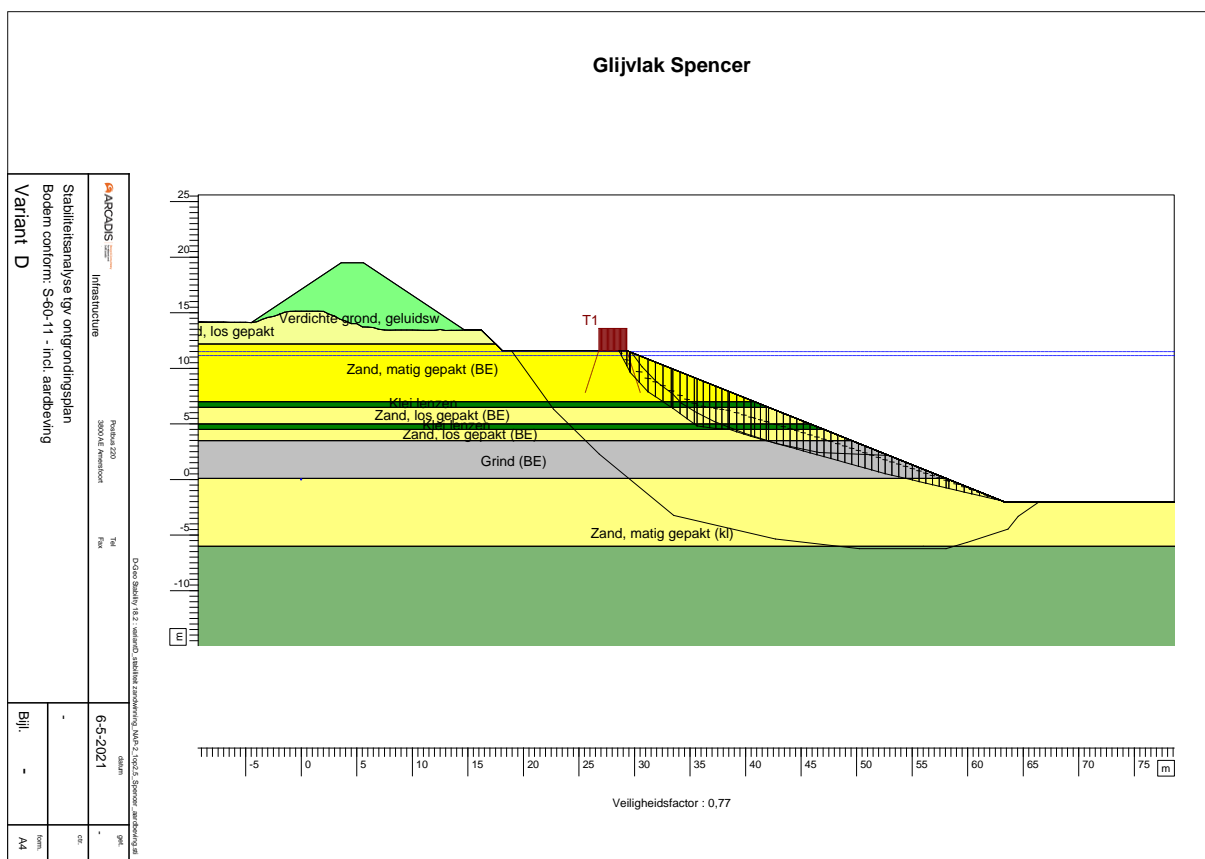
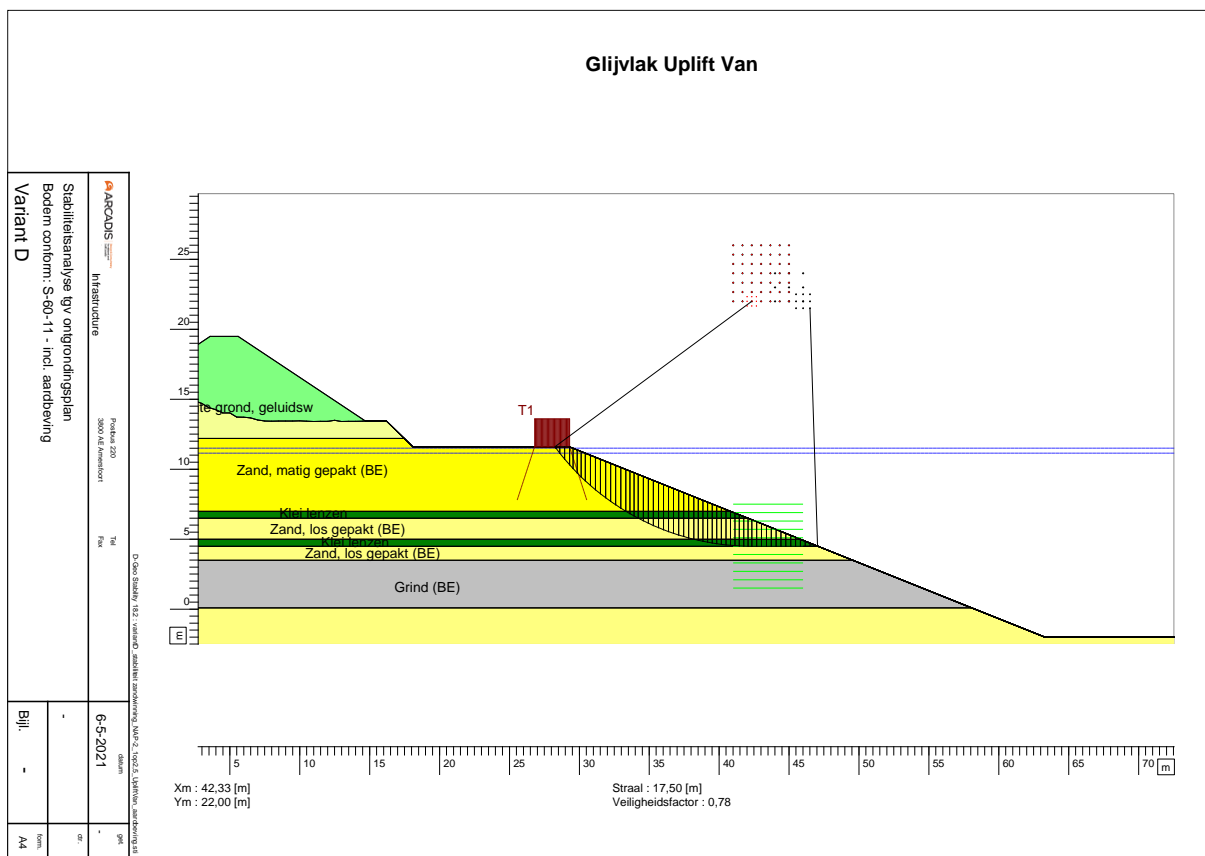


Glijvlak Spencer

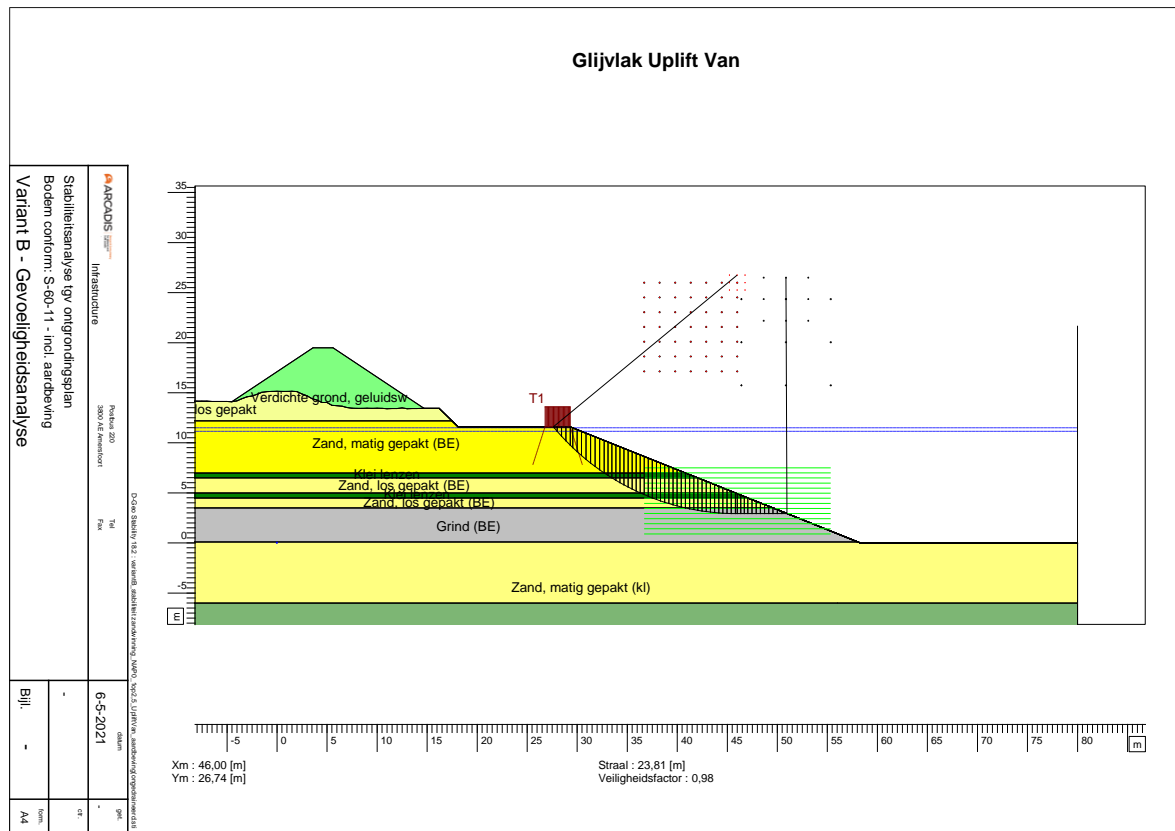
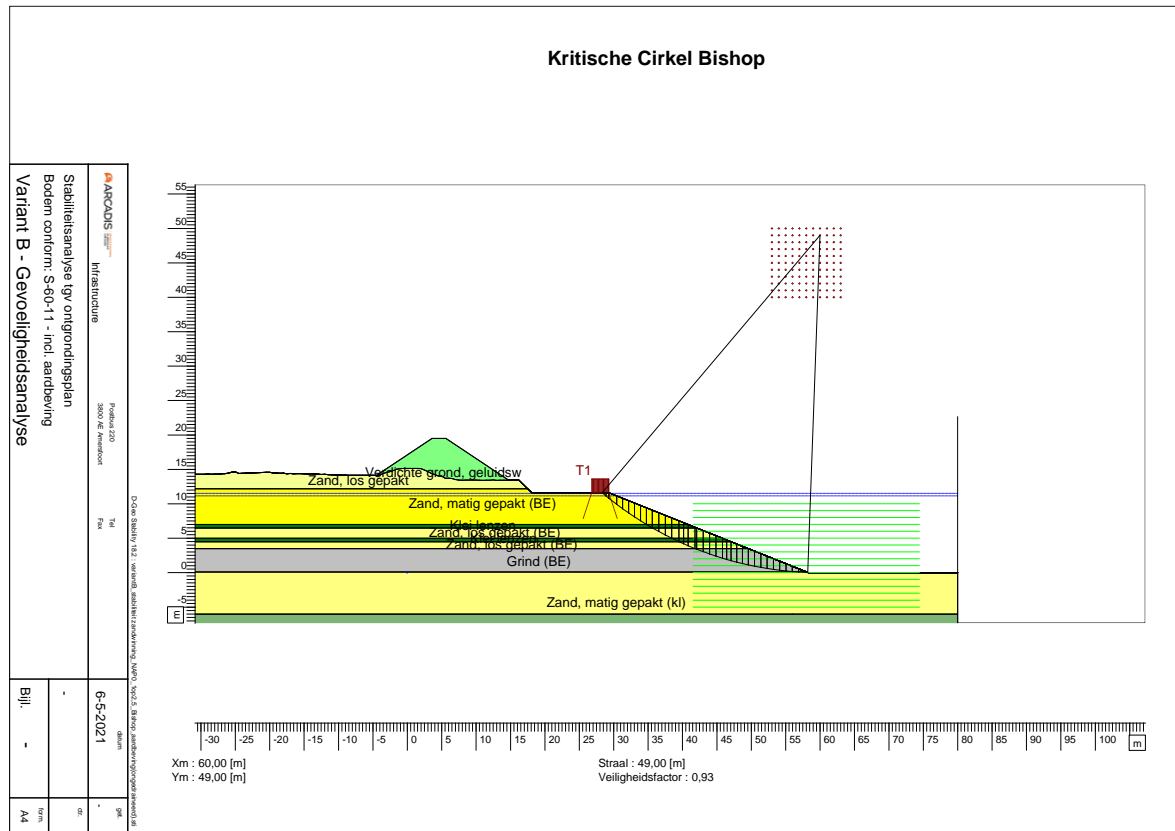


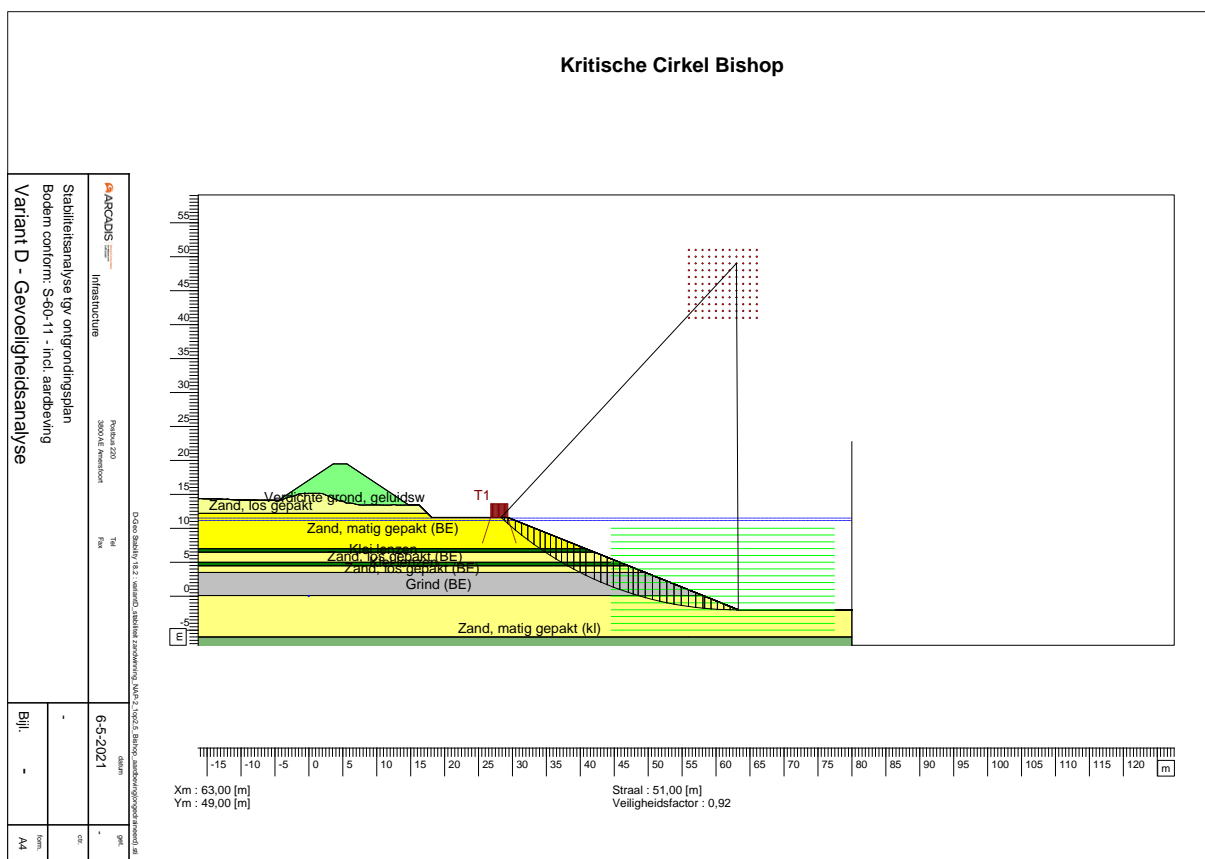
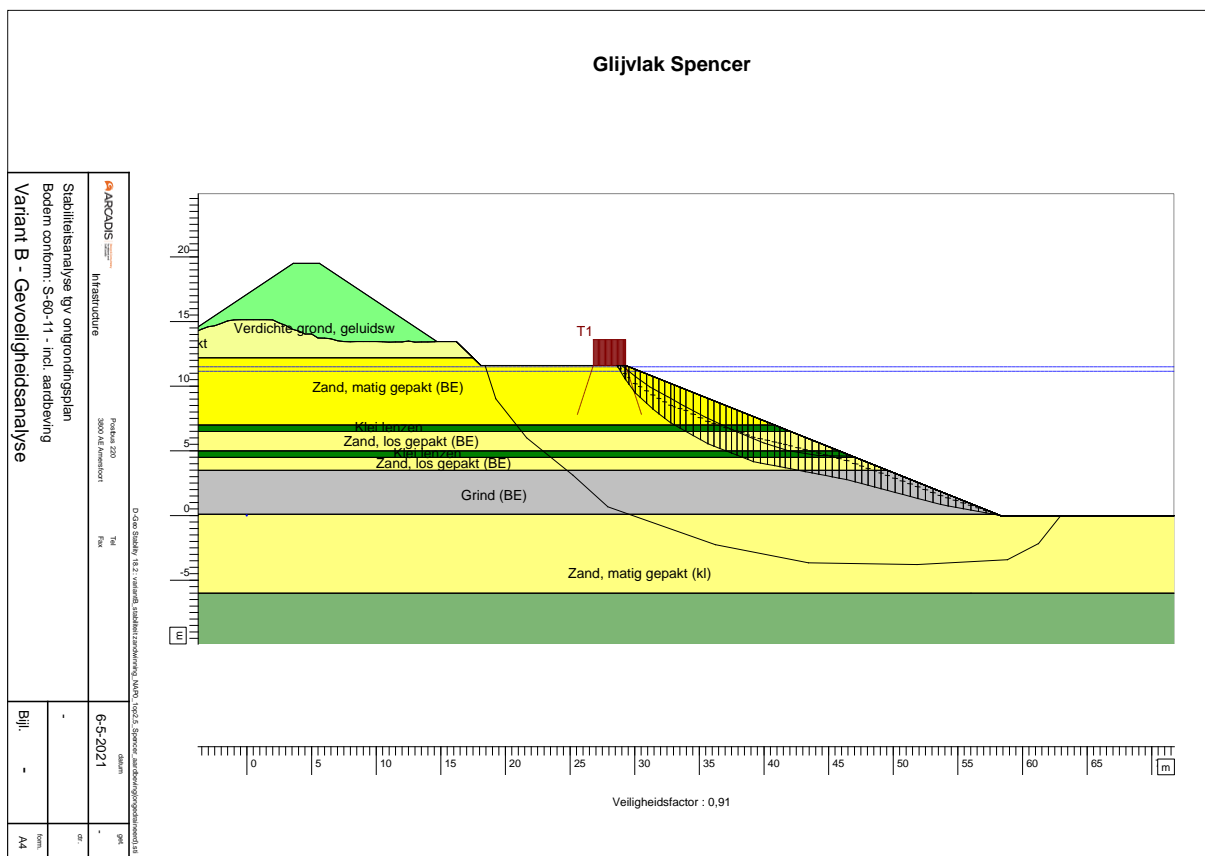
Kritische Cirkel Bishop

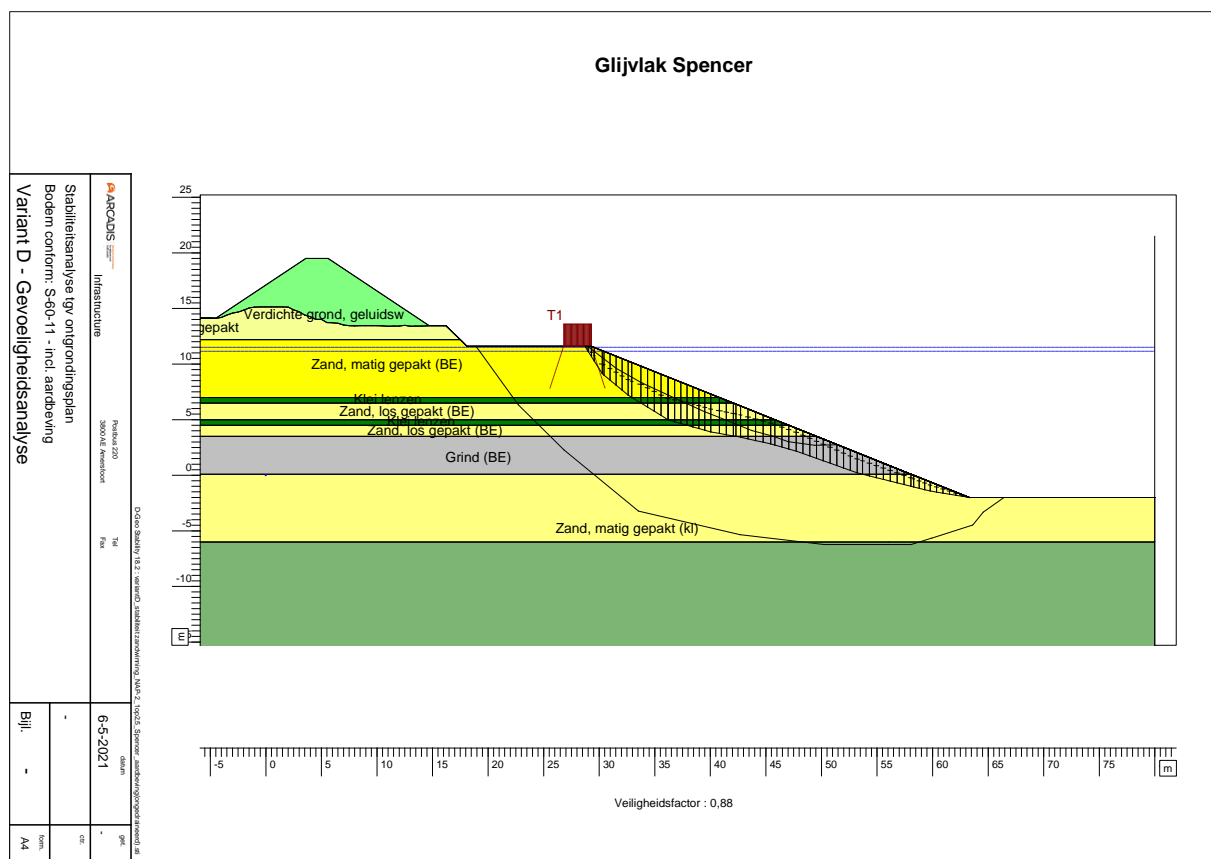
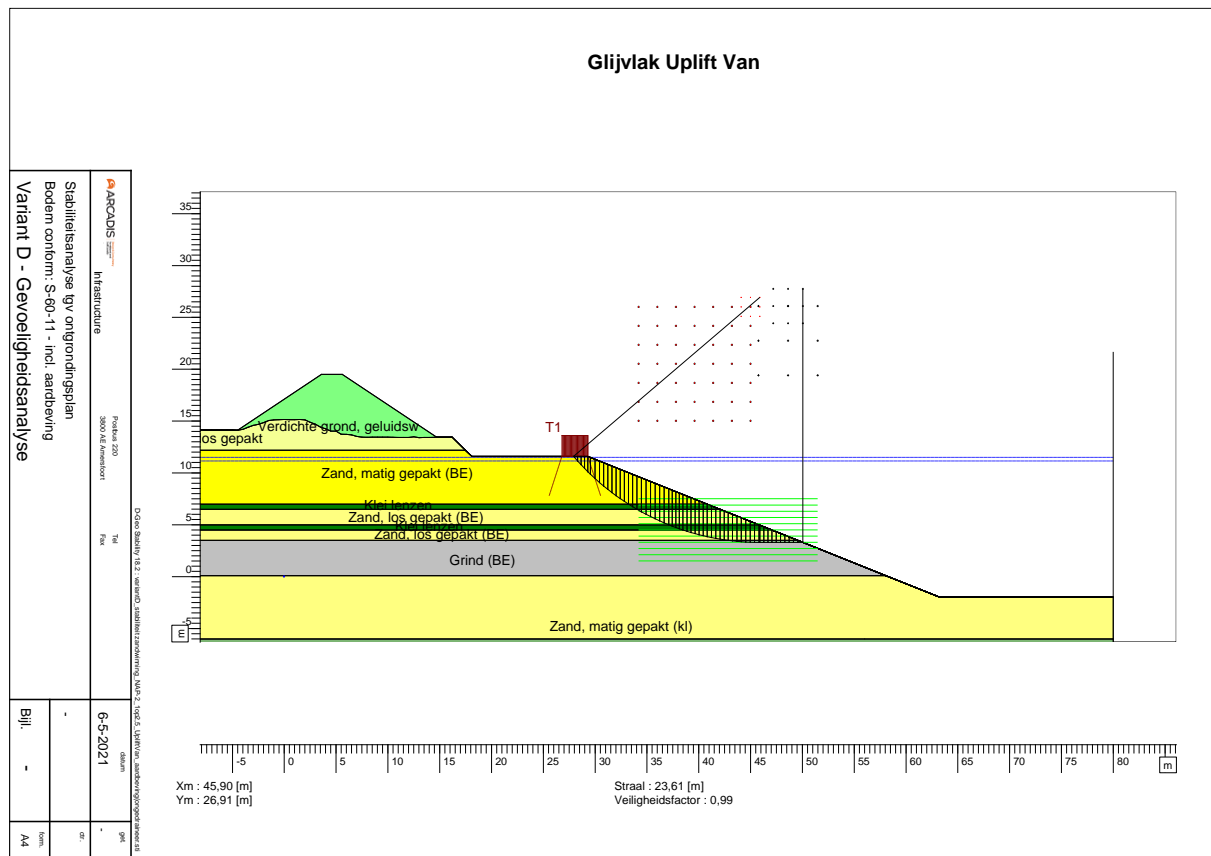




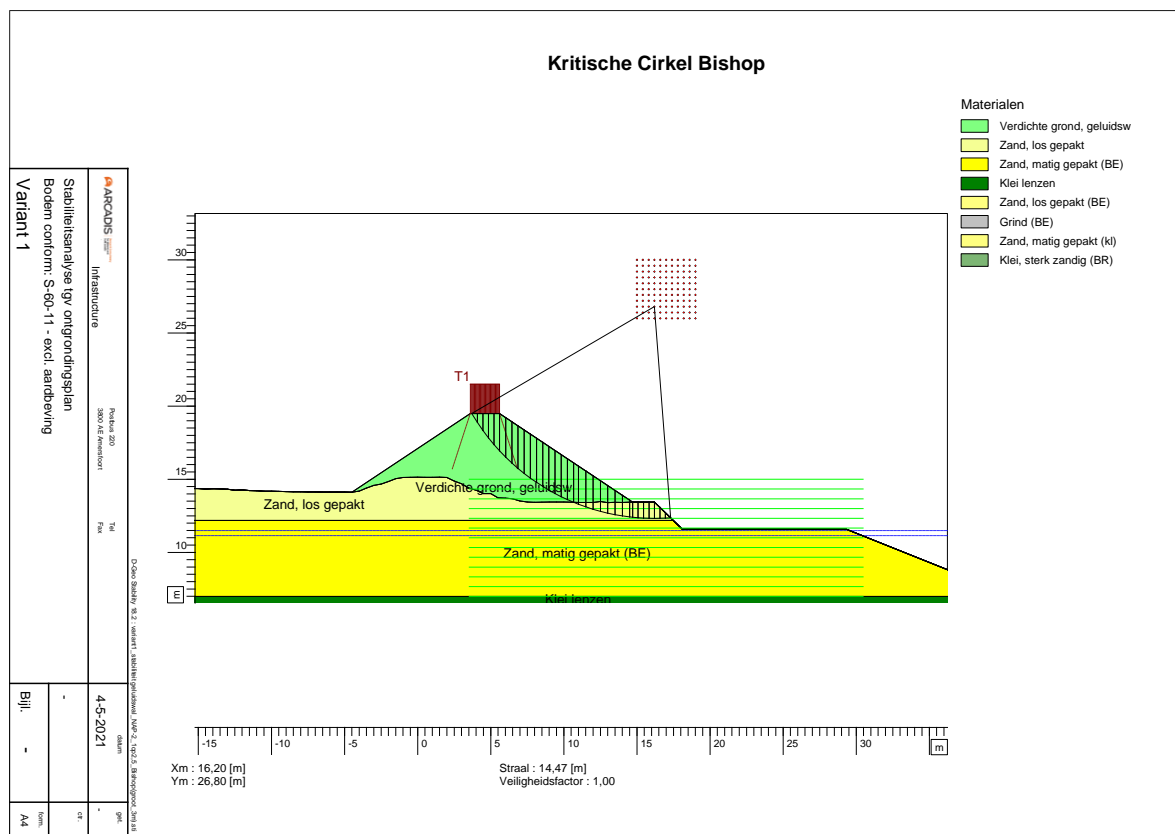
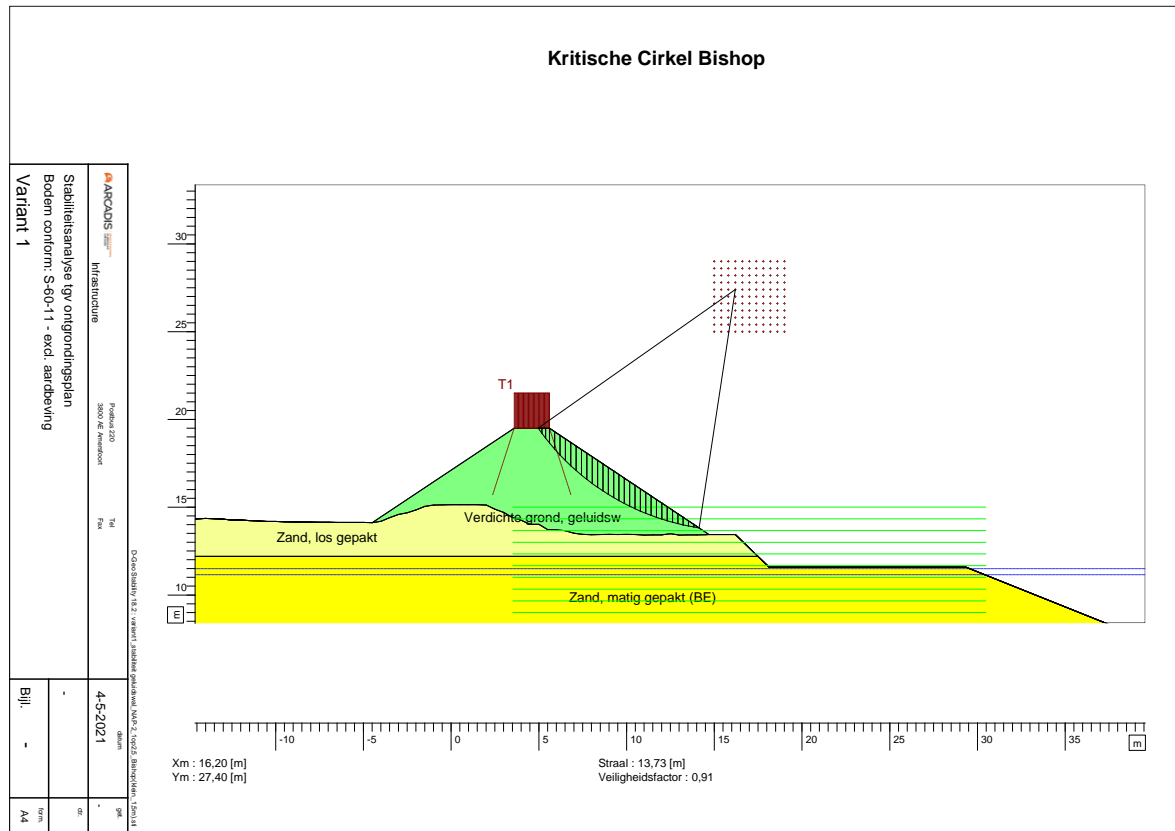
Zandwinning inclusief aardbevingsbelasting (gevoeligheidsanalyse)



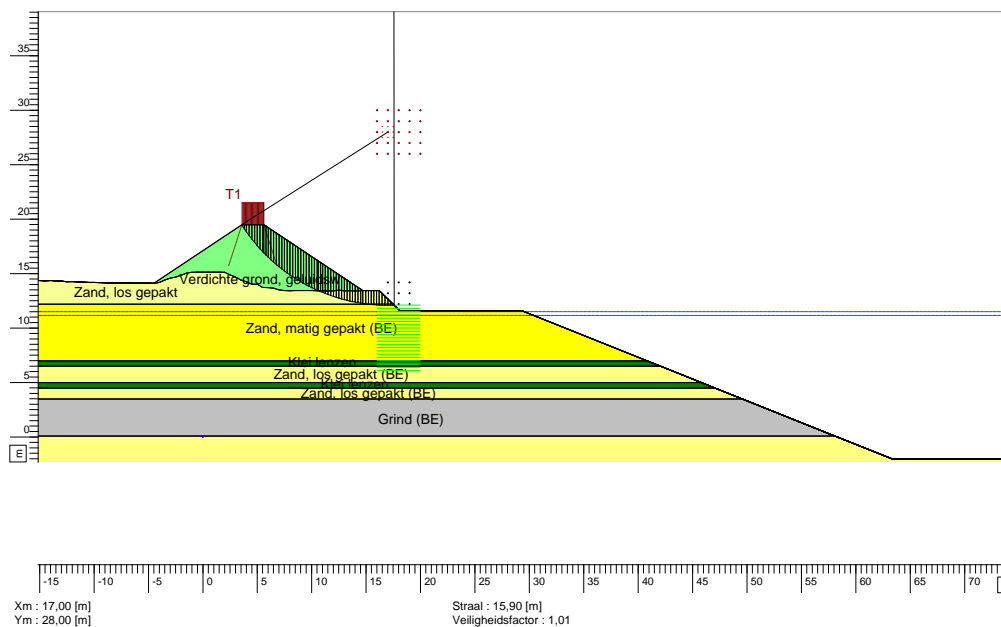




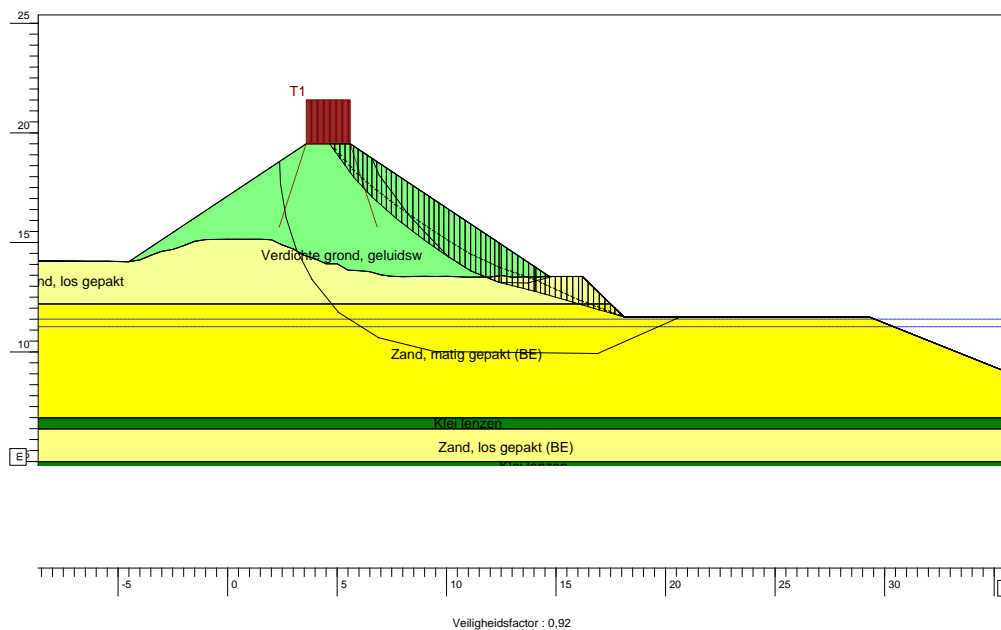
Geluidswal inclusief kade

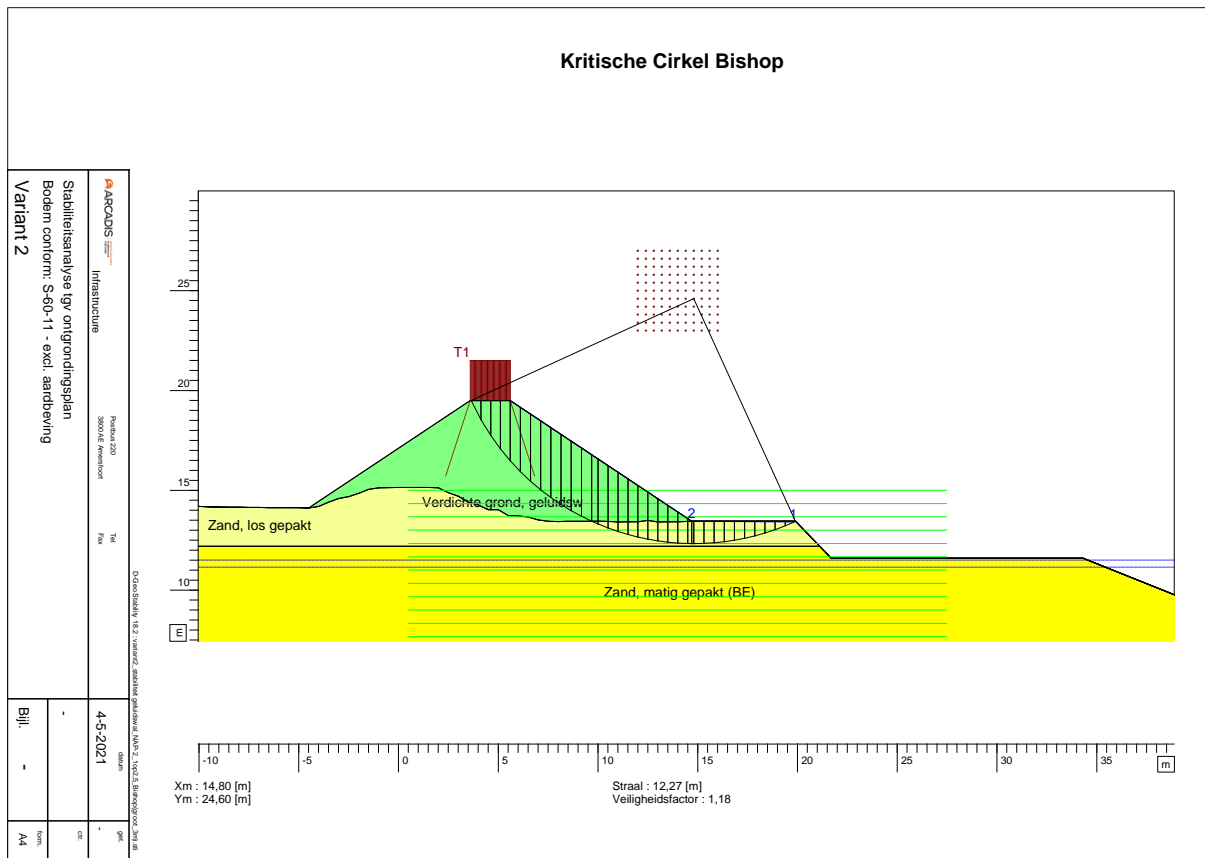


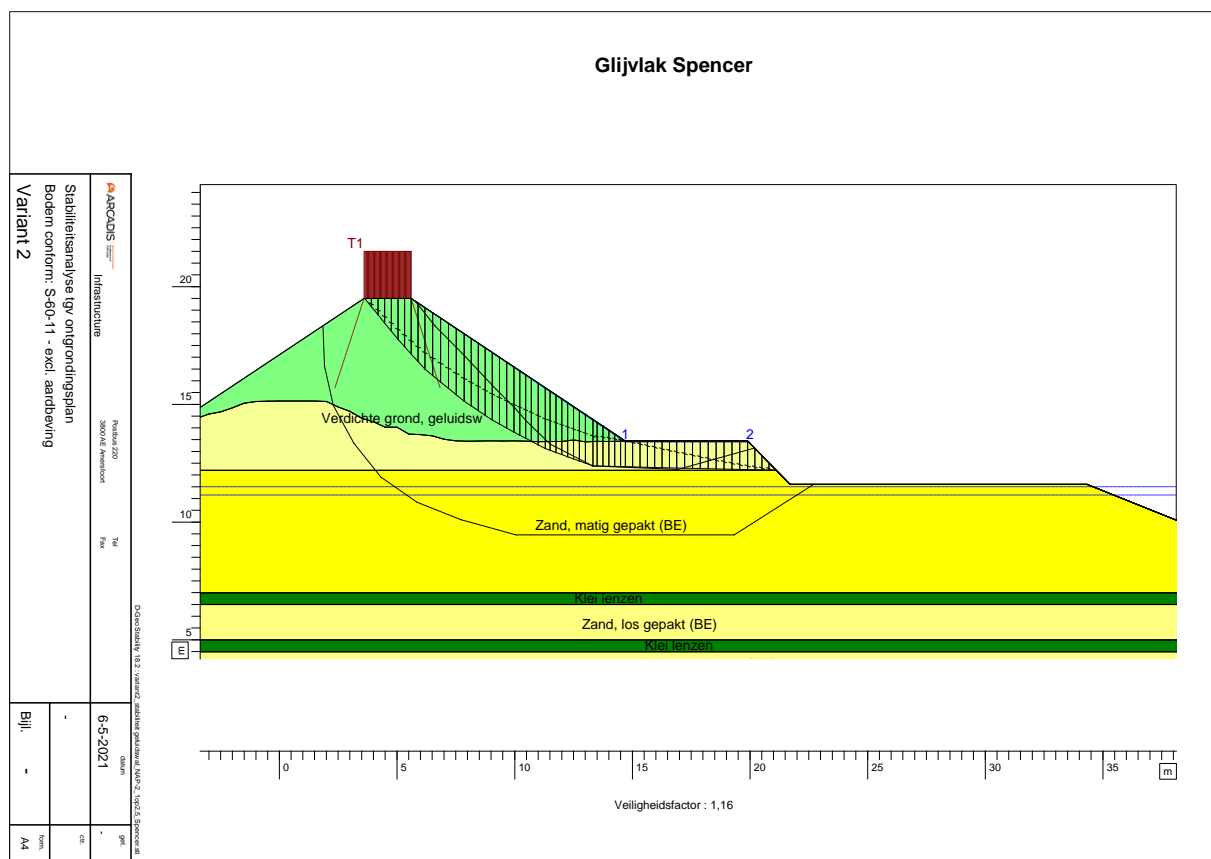
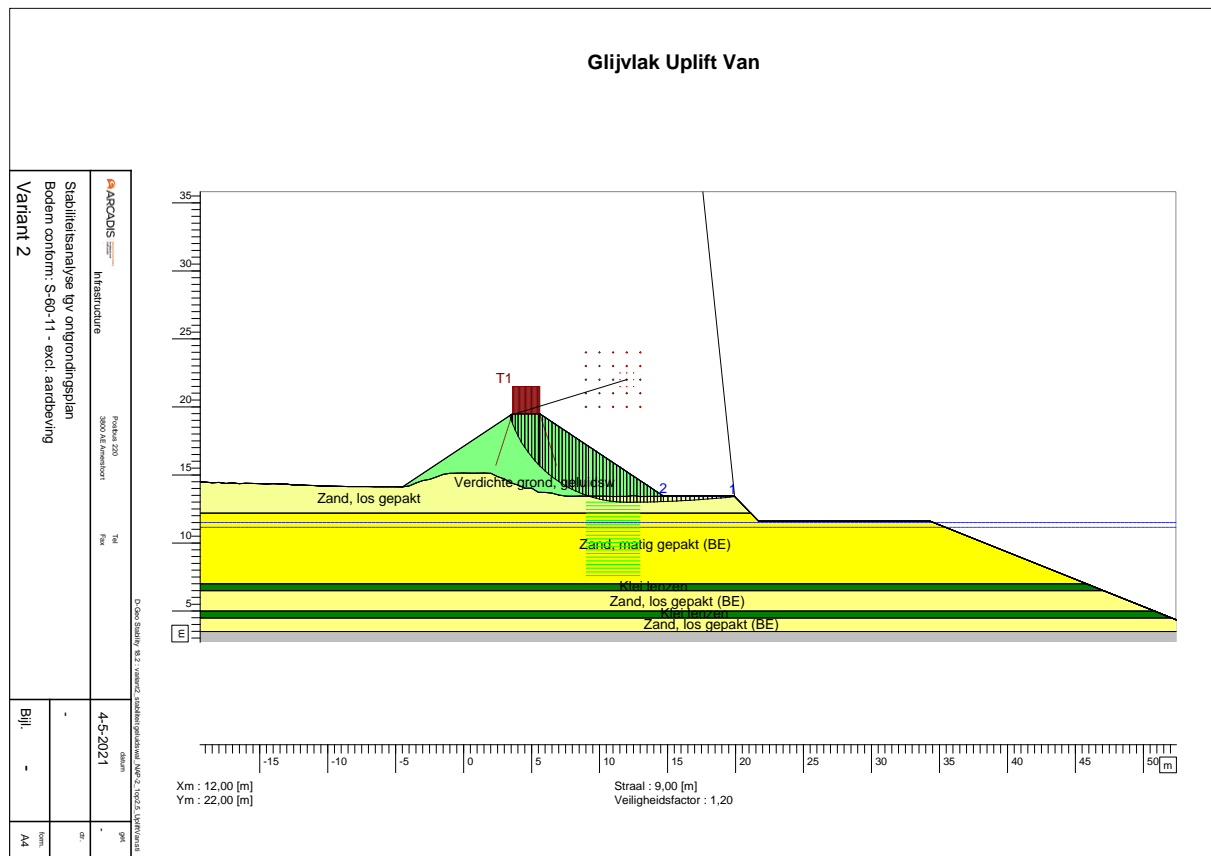
Glijvlak Uplift Van

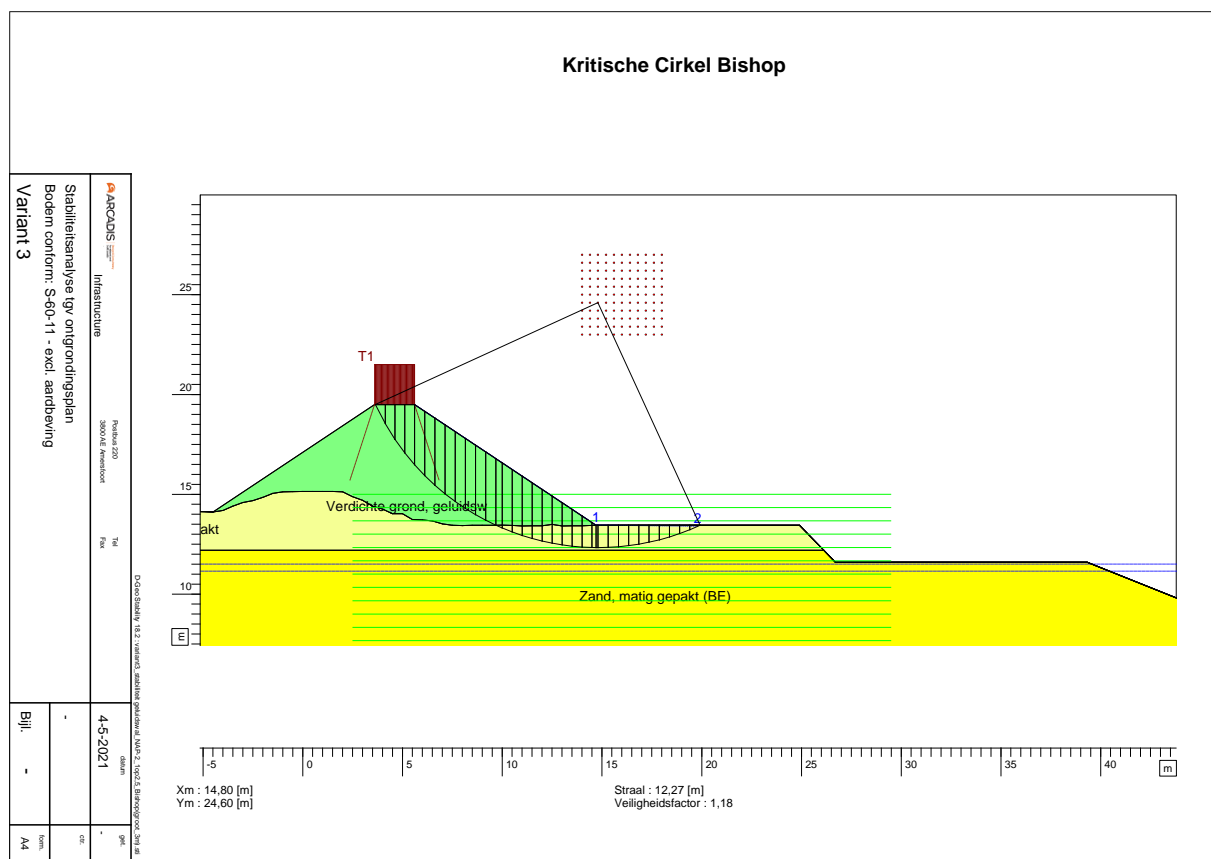
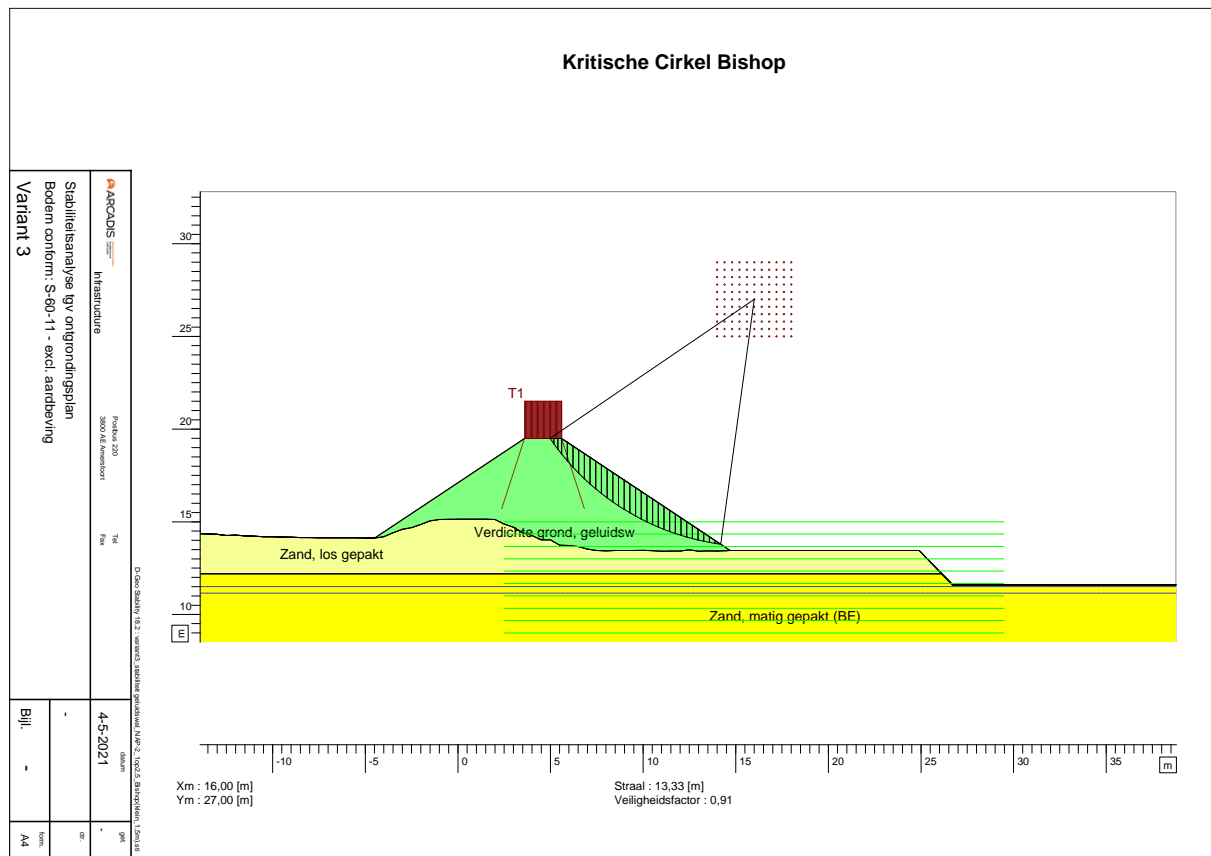


Glijvlak Spencer

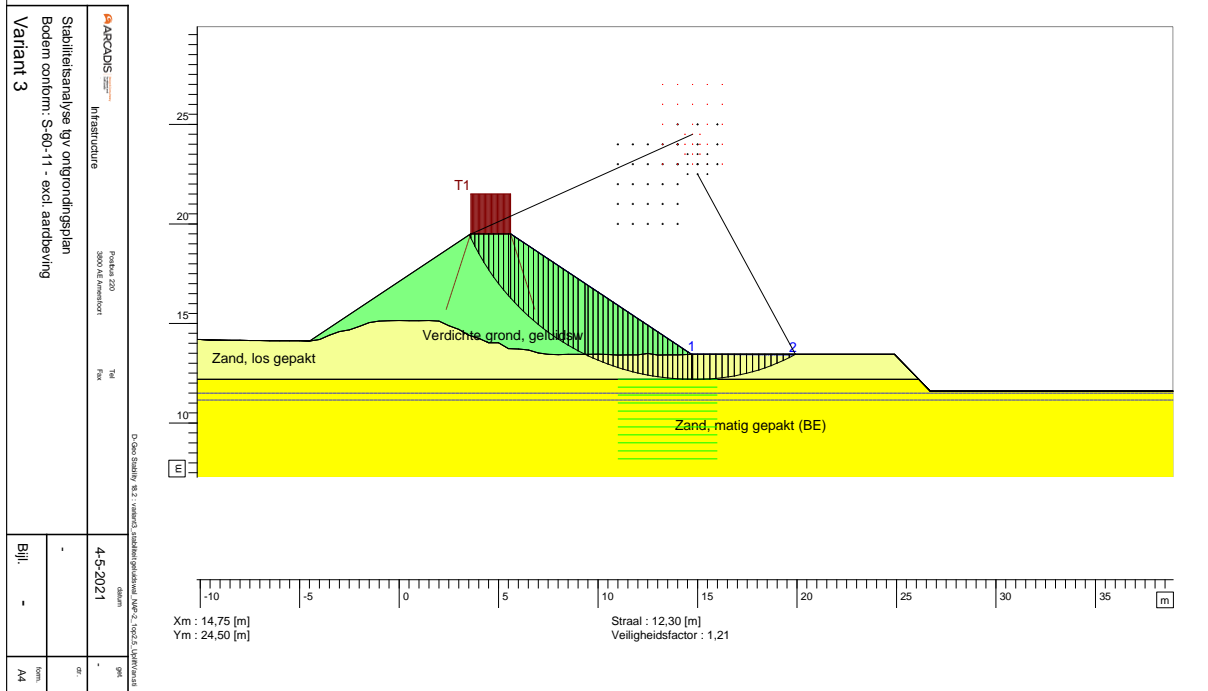




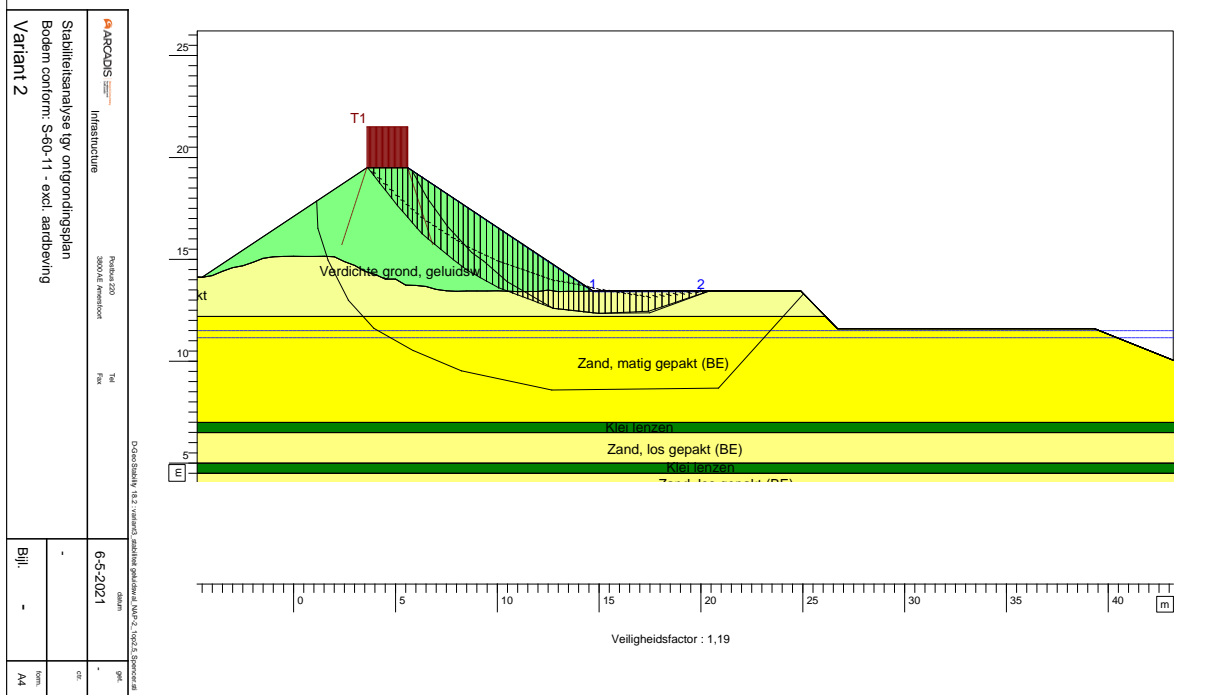




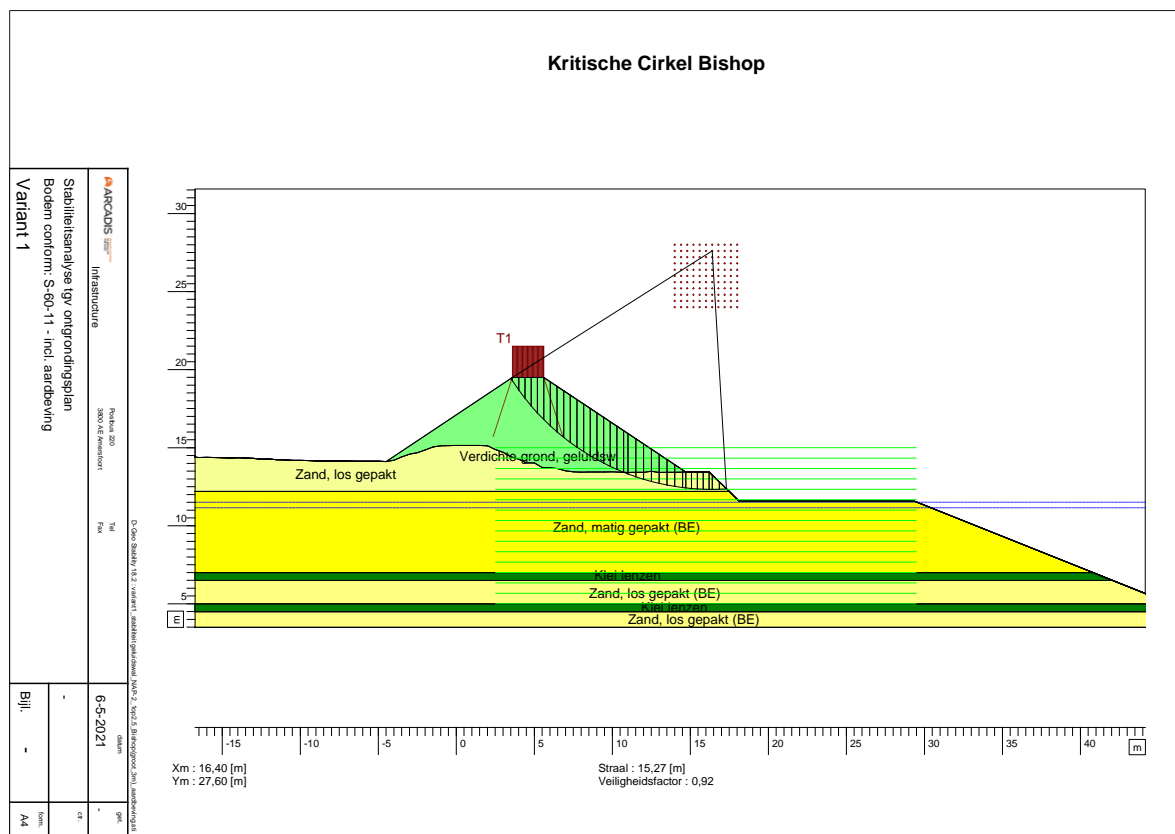
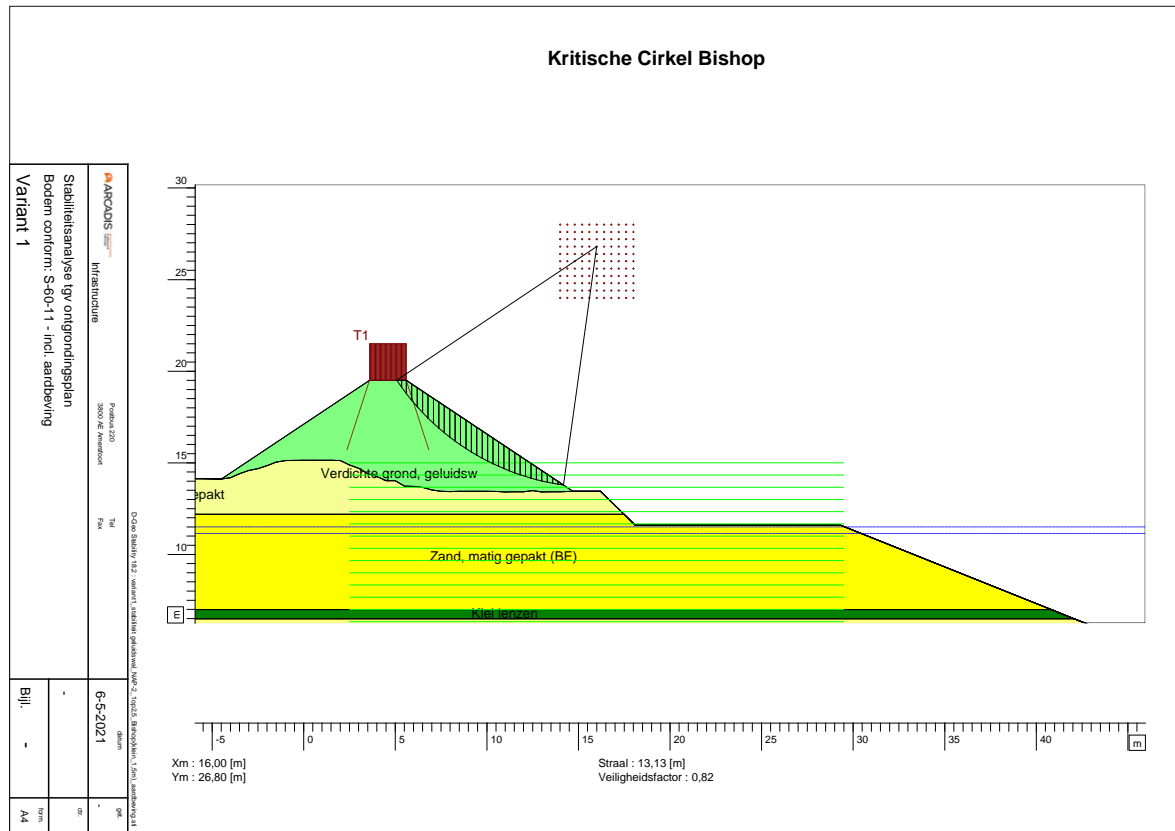
Glijvlak Uplift Van



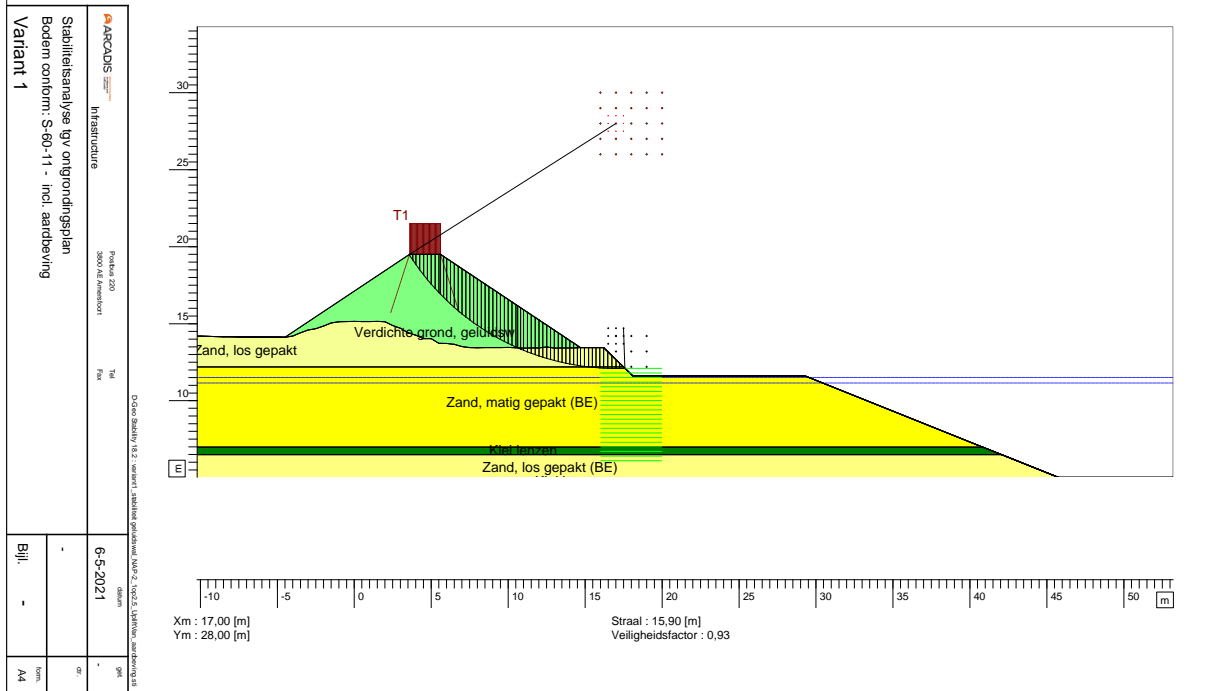
Glijvlak Spencer



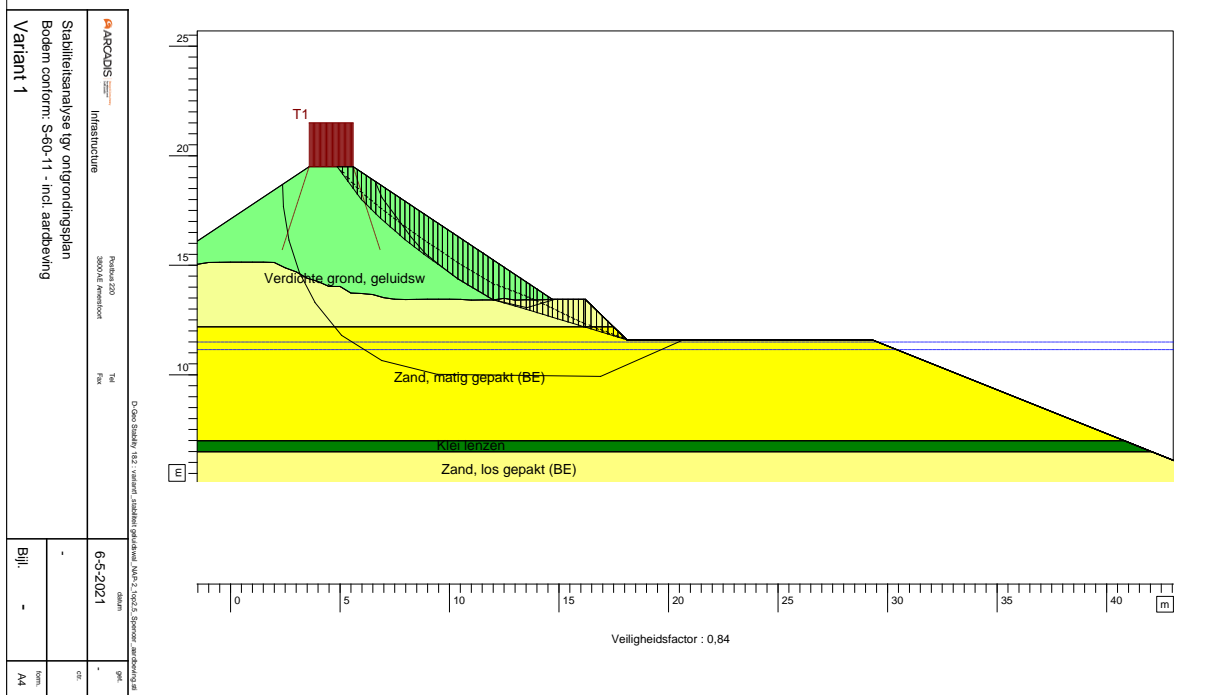
Geluidswal inclusief kade (aardbevingsbelasting)

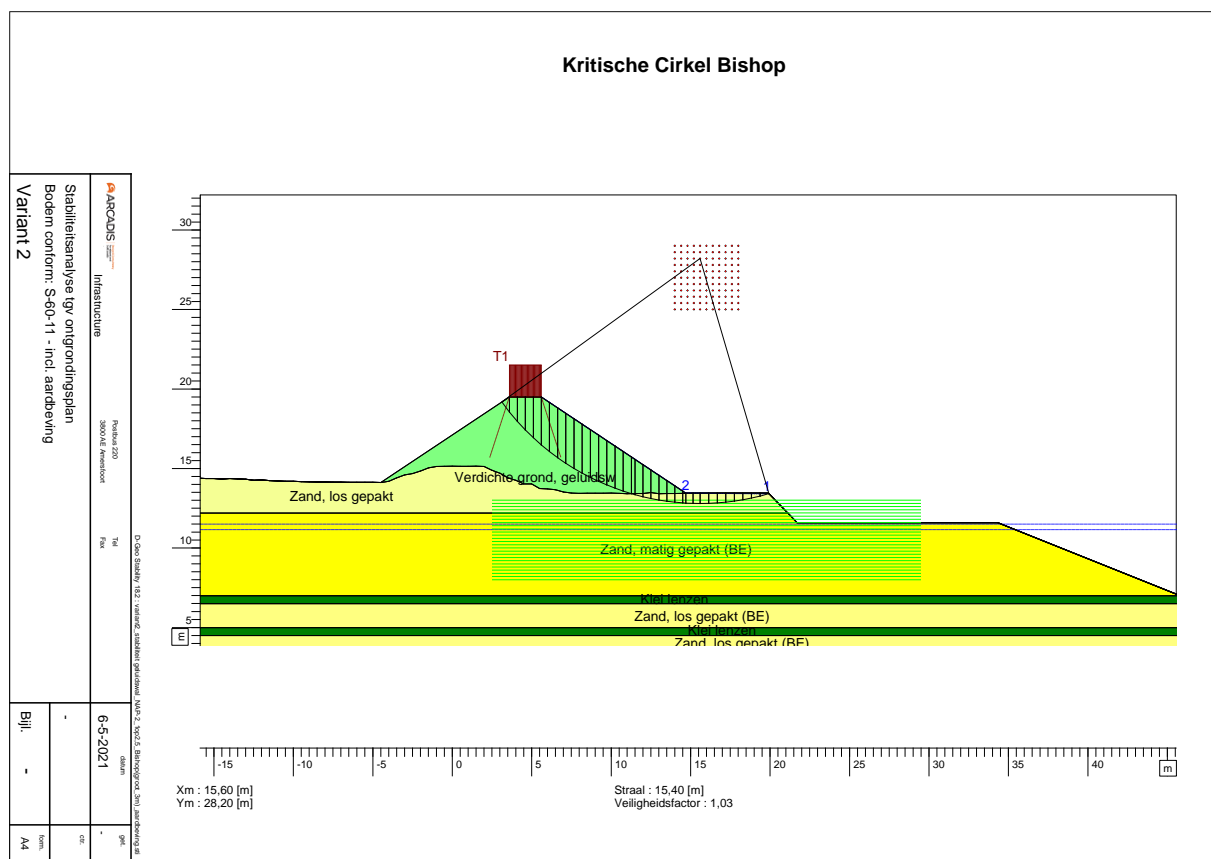
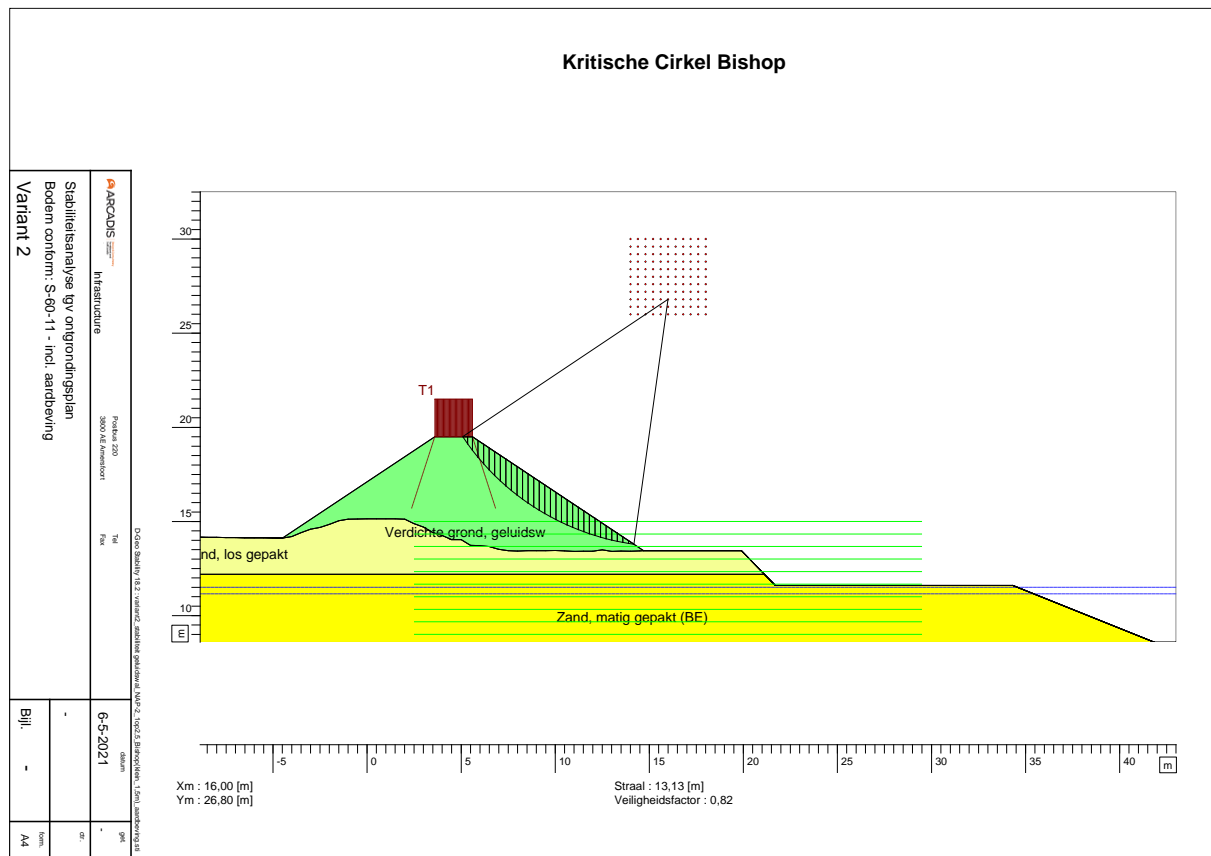


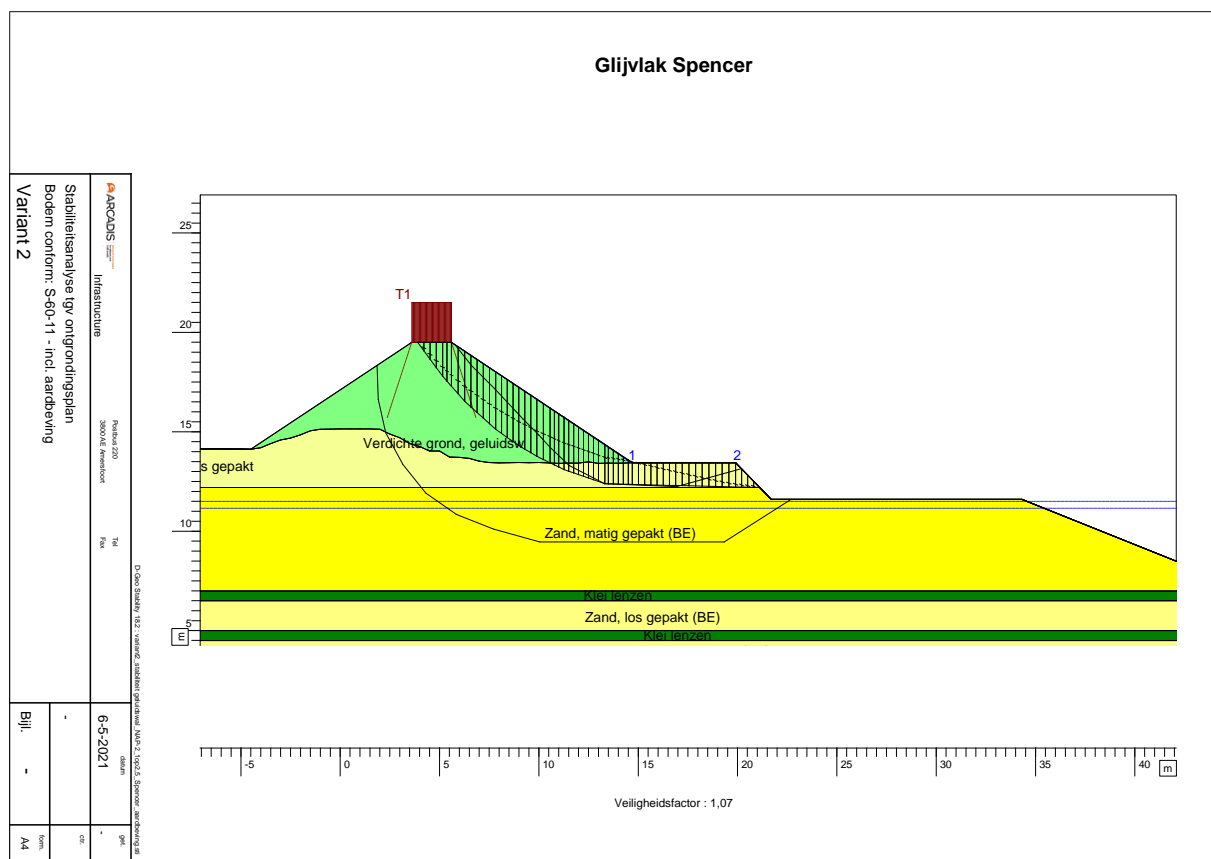
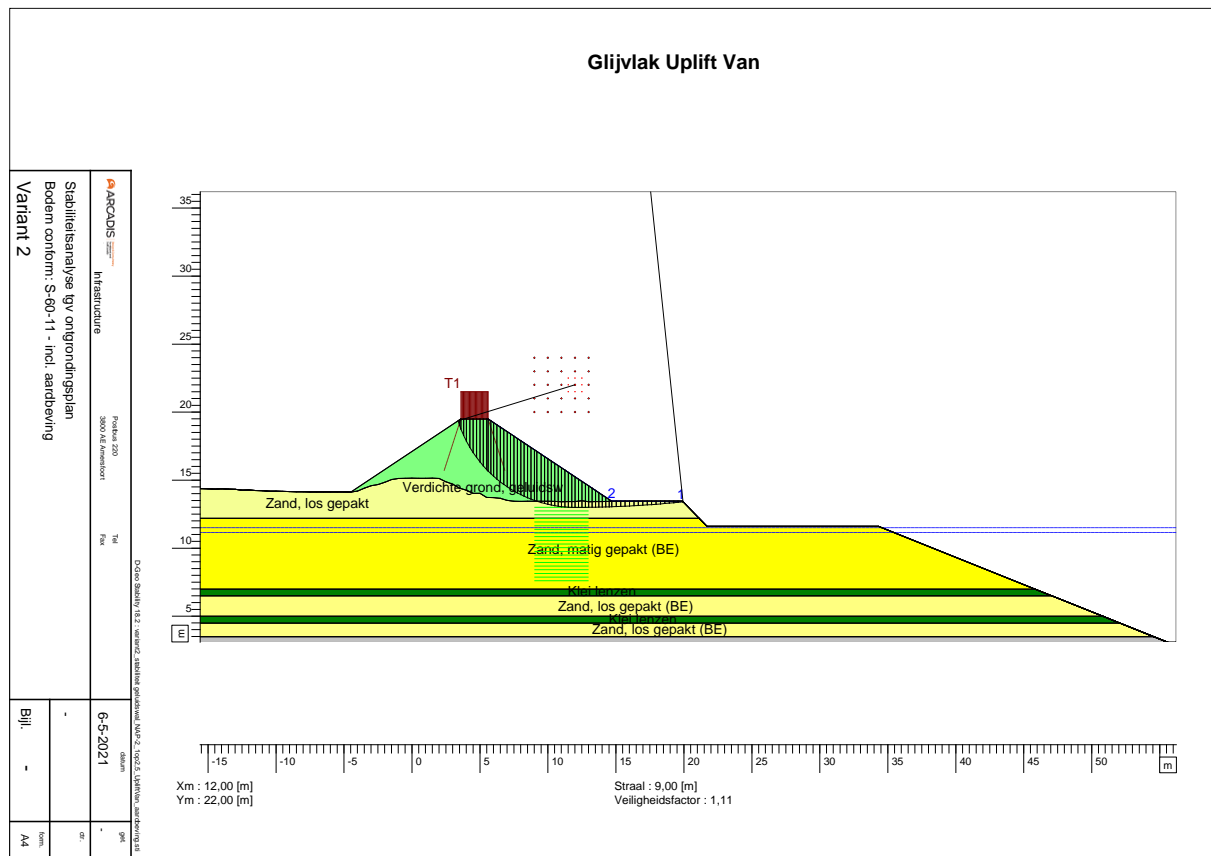
Glijvlak Uplift Van

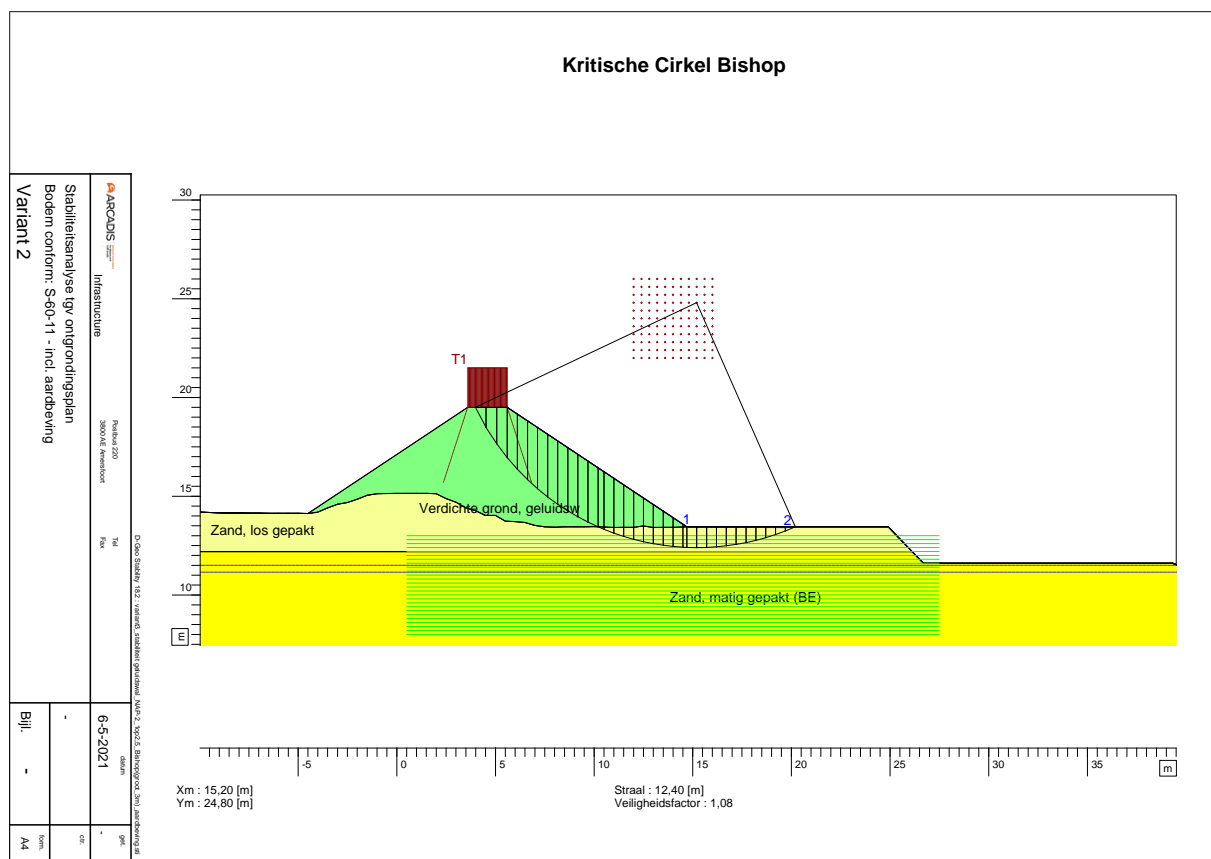
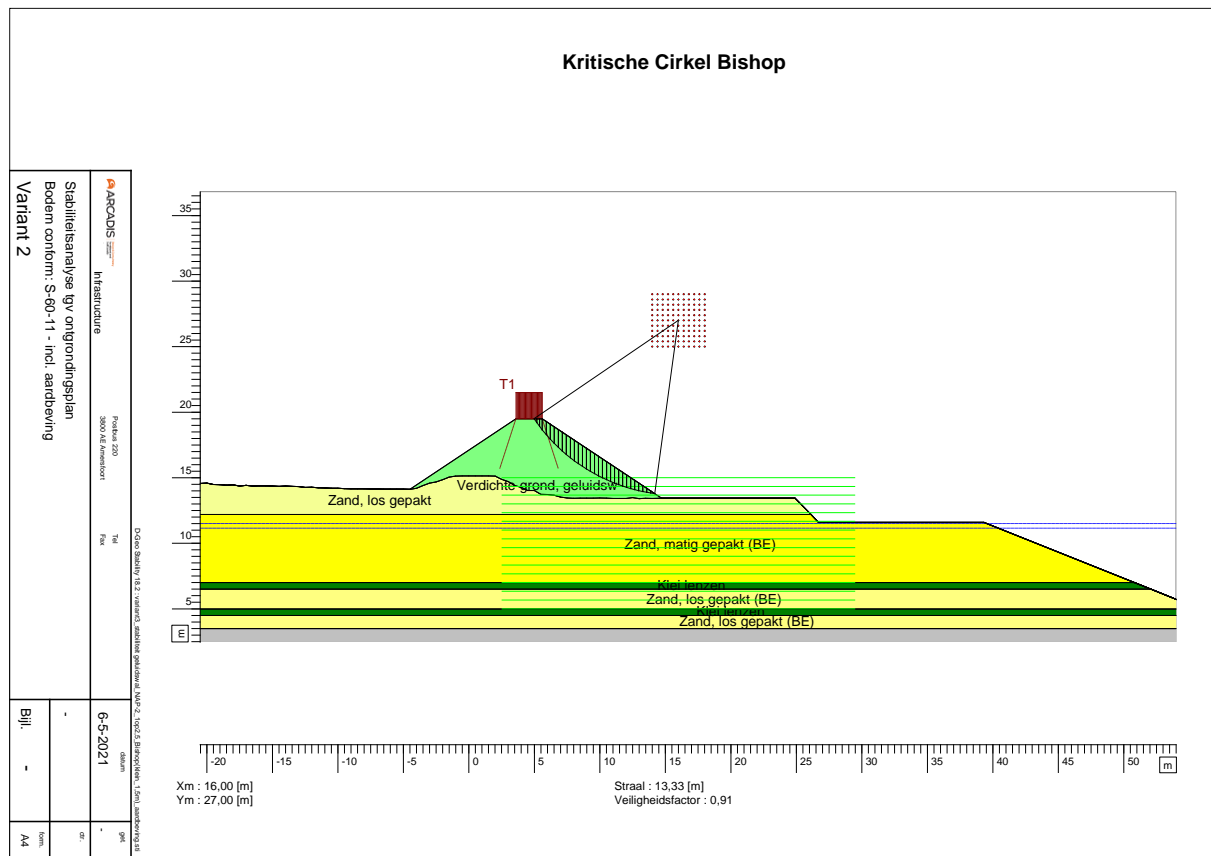


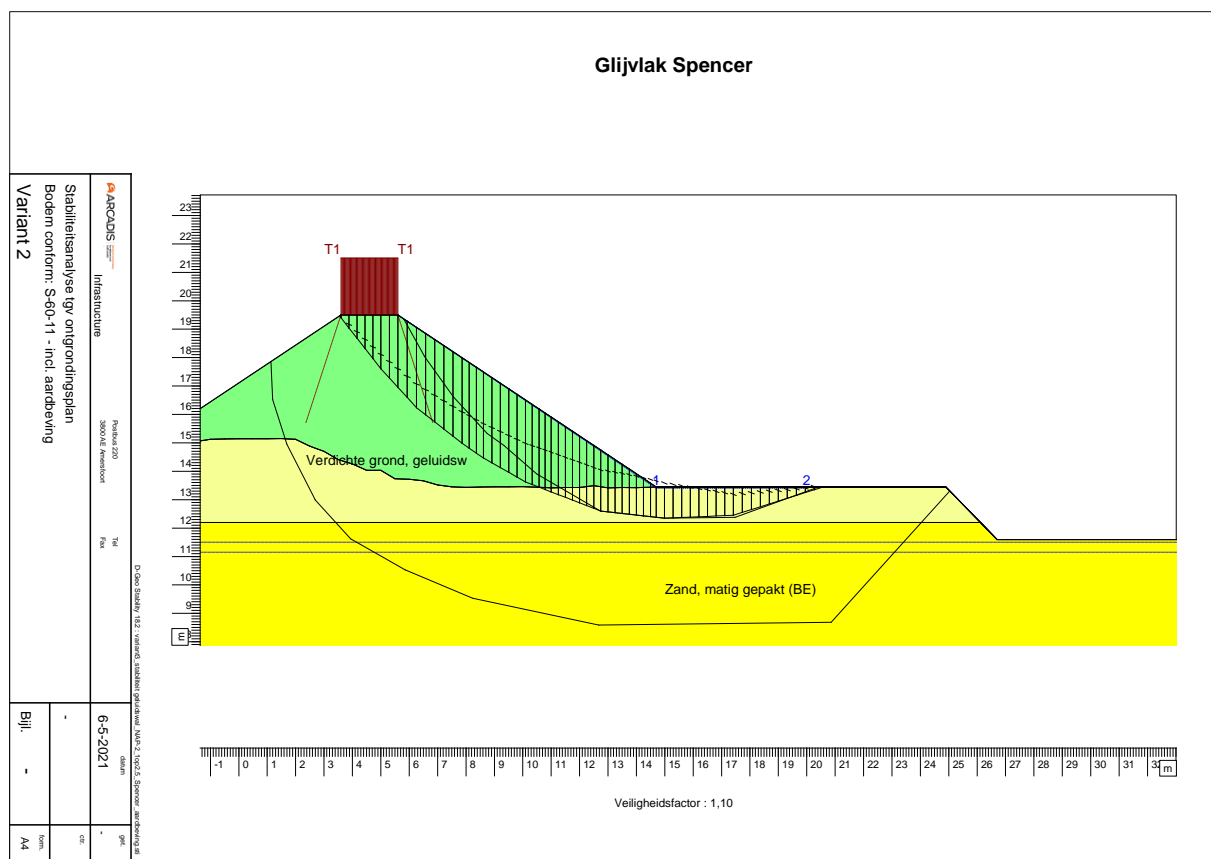
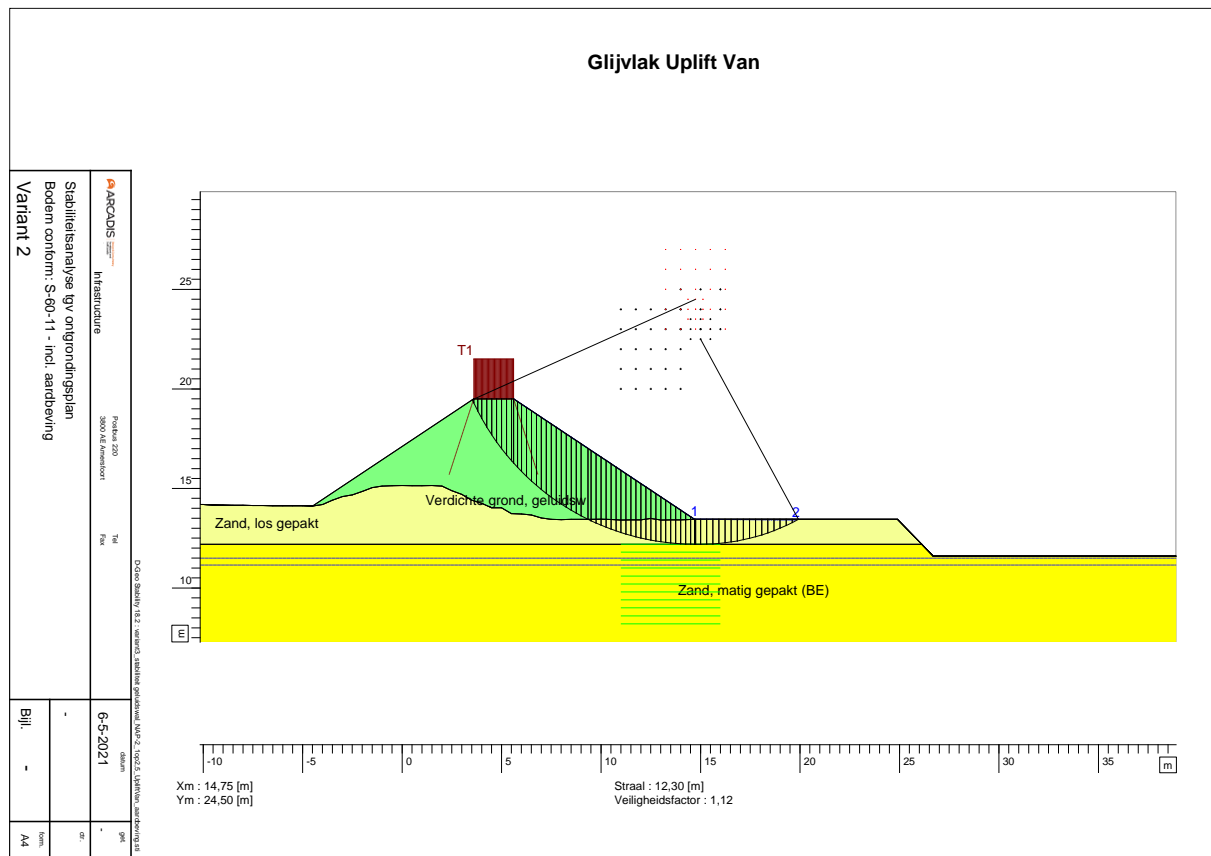
Glijvlak Spencer



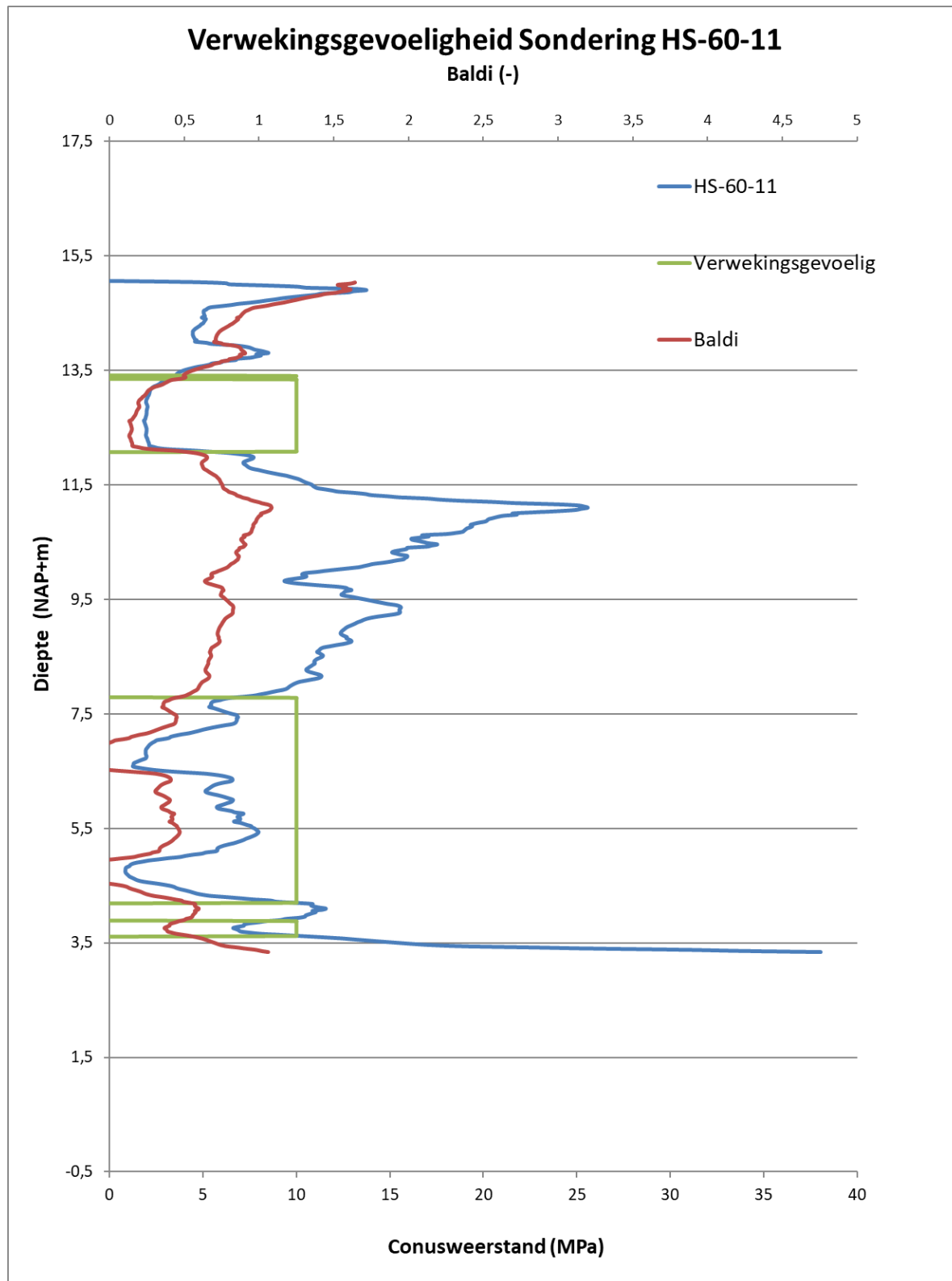


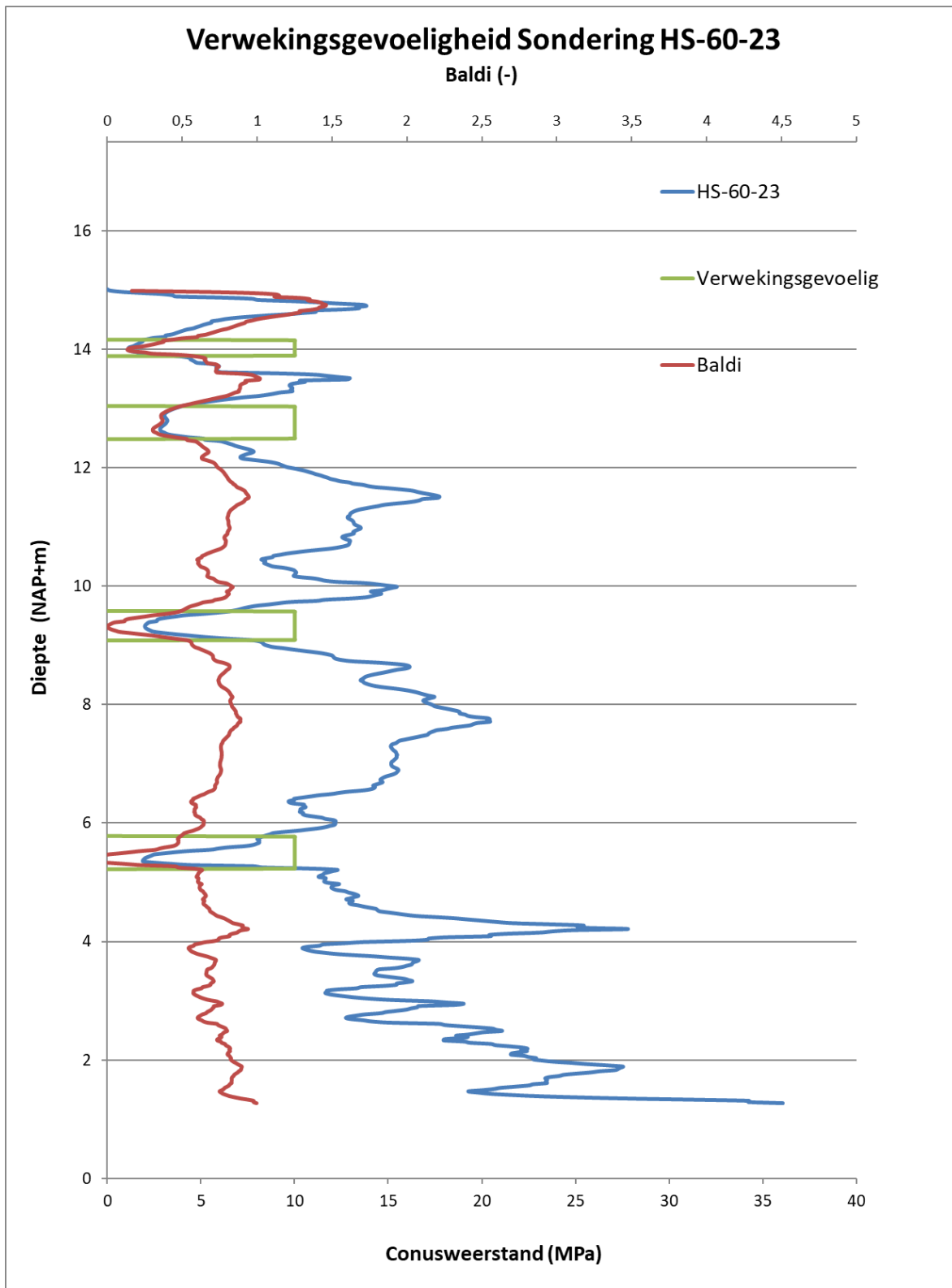


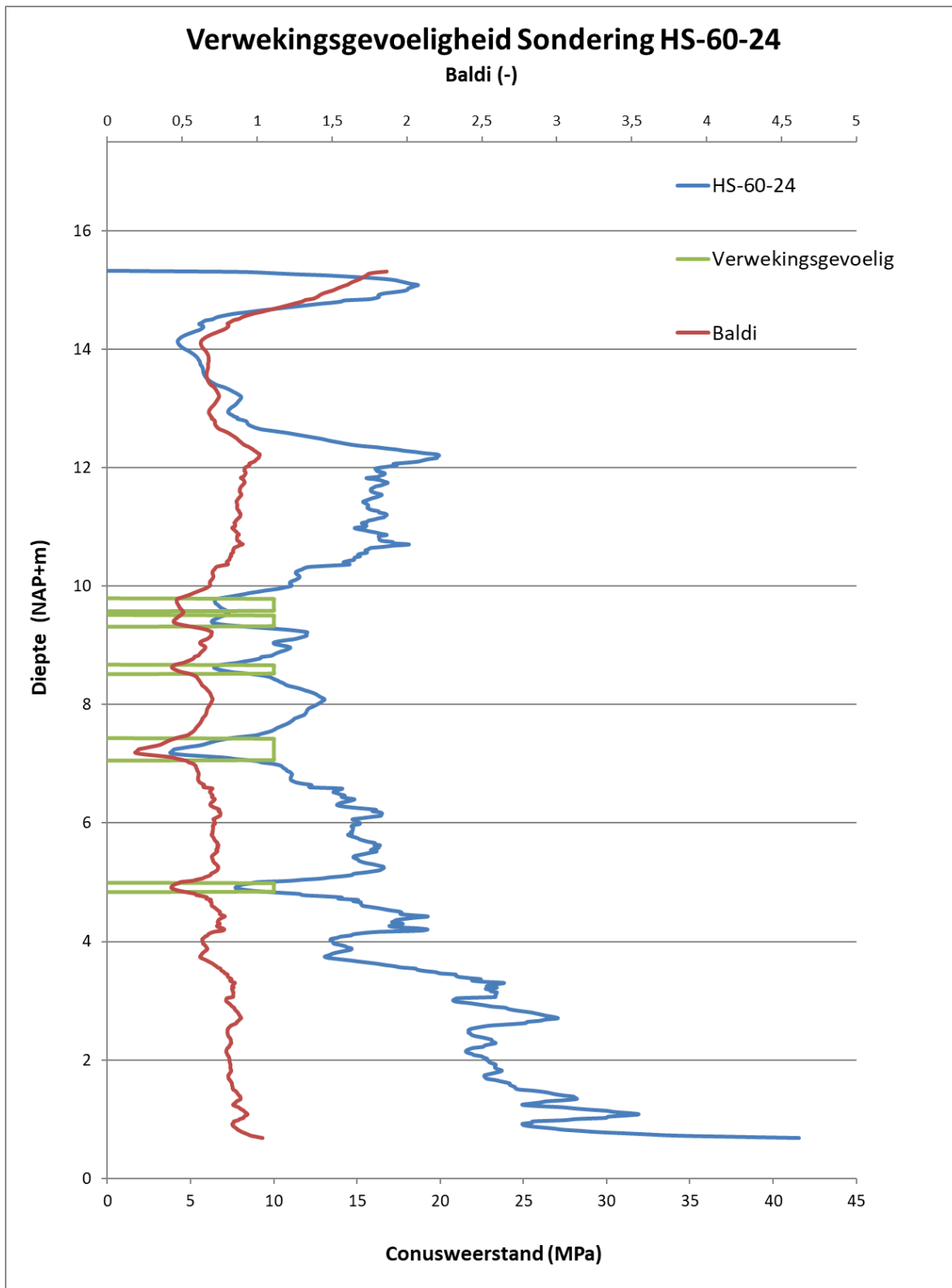




BIJLAGE C VERWEKING VOLGENS BALDI







COLOFON

ZANDWINNING WELL - DE KAMP
GEOTECHNISCH ADVIES

KLANT

Kampergeul B.V.

AUTEUR

PROJECTNUMMER

30081487

ONZE REFERENTIE

D10027355:610

DATUM

6 augustus 2021

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

Senior Specialist

Projectleider

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com