

Geotechnisch advies en toetsing ontwerp

Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren

VN-78082-2 | versie 3 | 3 juni 2022



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
Fax: 0594 51 64 79
E-mail: info@wiertsema.nl
Internet: www.wiertsema.nl

Project: Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren
Onderwerp: Geotechnisch advies en toetsing ontwerp kades
Projectnummer: VN-78082-2
Opdrachtgever: Waterschap Hunze en Aa's
Postbus 195
9640 AD Veendam

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	29 november 2021	1e uitgave, concept
2	4 februari 2022	Opmerkingen overleg 12/1/2022 verwerkt.
3	3 juni 2022	Optie paalschot bij profiel A en E toegevoegd.

Opgesteld door:	ing. F. Geertsma
Handtekening:	
Documentnummer:	R83832
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	ing. J.P. Schuitemaker



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel.....	5
1.2	Referenties.....	5
1.3	Normen en richtlijnen	6
1.4	Kwaliteitswaarborging	6
1.5	Projectomschrijving.....	6
2	Bodemopbouw	7
2.1	Grond- en laboratoriumonderzoek	7
2.2	Globale beschrijving bodemopbouw.....	7
3	Uitgangspunten	8
3.1	Referentieperiode	8
3.2	Geometrie	8
3.3	Bovenbelasting	8
3.4	Waterstanden	9
3.5	Freatische lijn.....	10
3.6	Stijghoogte	10
3.7	Veiligheidseis.....	10
3.8	Uitdroging veenkaden.....	11
3.9	Berekeningsmethode	11
3.10	Materiaalfactoren	11
3.11	Grondparameters	11
3.12	Constructie fietspad/ontsluitingsweg	13
3.13	Terminologie	14
3.14	Toplaag op te hogen/te verbreden kade.....	14
3.15	Zetting- versus stabiliteit.....	14
4	Zettingsanalyse.....	15
4.1	Traject 1	15
4.1.1	Grondonderzoek.....	15
4.2	Traject 2	16
4.2.1	Grondonderzoek.....	16
4.3	Traject 4	18
4.3.1	Grondonderzoek.....	18
5	Stabiliteit	20
5.1	Profiel A.....	20
5.1.1	Geometrie.....	20
5.1.2	Grondonderzoek.....	21
5.1.3	Maatgevende bodemopbouw.....	21



5.1.4	Waterstanden	21
5.1.5	Stabiliteit.....	22
5.2	Profiel B/B.1	24
5.2.1	Geometrie	24
5.2.2	Grondonderzoek.....	25
5.2.3	Maatgevende bodemopbouw.....	25
5.2.4	Waterstanden	25
5.2.5	Stabiliteit.....	25
5.3	Profiel E.....	26
5.3.1	Geometrie	26
5.3.2	Grondonderzoek.....	26
5.3.3	Maatgevende bodemopbouw.....	26
5.3.4	Waterstanden	27
5.3.5	Stabiliteit.....	27
5.4	Profiel K	29
5.4.1	Geometrie	29
5.4.2	Grondonderzoek.....	29
5.4.3	Waterstanden	30
5.5	Profiel I.....	30
5.5.1	Geometrie	30
5.5.2	Grondonderzoek.....	31
5.5.3	Maatgevende bodemopbouw.....	31
5.5.4	Waterstanden	31
5.5.5	Stabiliteit.....	31
5.6	Profiel F.....	32
5.6.1	Geometrie	32
5.6.2	Grondonderzoek.....	32
5.6.3	Maatgevende bodemopbouw.....	32
5.6.4	Waterstanden	33
5.6.5	Stabiliteit.....	33
6	Samenvatting berekeningen	34
6.1	Zettingen.....	34
6.2	Stabiliteit.....	34

Bijlagen:

1	Situatietekening VN-78082-1
2	Situatietekening VN-55104-1
3	Sonderingen 55014-1.
4	Situatietekening VN-59592-1
5	Sonderingen VN-59592-1
6	Boringen Dinoloket
7	Figuren met afschuifvlakken volgens Bishop en Uplift Van
8	D-SheetPiling-berekeningen palenrij profiel A-A en E-E



1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Waterschap Hunze en Aa's heeft het plan om de kades langs het Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) ten zuiden van Haren op te hogen en plaatselijk het buitentalud aan te passen.

Waterschap Hunze en Aa's te Veendam heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. opdracht verleend om een geotechnisch advies op te stellen ten behoeve van het ophogen van de kades Noord-Willemskanaal. Het geotechnisch advies bestaat uit een ophogingsadvies en een toetsing van het ontwerp van de kade voor een aantal profielen.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek gerapporteerd onder 'Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren' (zie ons projectnummer VN-78082-1, rapportnummer R78296, d.d. 27-7-2021). De situatietekening VN-78082-1 met de locaties van de sonderingen en boringen is opgenomen in bijlage 1.

Het doel van dit advies is het bepalen van de overhoogte om de kruinhoogte gedurende de 30 jaar te laten voldoen aan de afkeurhoogte en middels een toetsing van de taludstabiliteit te bepalen of het ontwerp voldoet aan de gestelde normen en eisen voor een boezemkade. De te toetsen faalmechanismen variëren per dwarsprofiel. De te toetsen faalmechanismen zijn in overleg met de opdrachtgever per profiel vastgesteld. In dit advies zijn de faalmechanismen hoogte (zetting), stabiliteit binnen- en buitenwaarts beschouwt. Overige faalmechanismen vallen buiten de scope van de opdracht.

1.2 Referenties

De volgende gegevens en/of rapportages zijn gebruikt voor de berekening:

- [1] Rapport "Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren", rapportnr. R78296, d.d. 27-7-2021, status: definitief, projectnr. VN-78082-1, Wiertsema & Partners;
- [2] Rapport "Geotechnisch onderzoek langs Noord Willemskanaal te Assen, rapportnr. R27948, d.d. 4-3-2014, status: definitief, projectnr. VN-59592-1, Wiertsema & Partners;
- [3] Rapport "Sonderingen Noord Willemskanaal te Groningen", kenmerk R806808-RY_1, d.d. 13-11-2008, Mos grondmechanica B.V.;
- [4] Tekeningen: Planvorming kaden en oevers Noord Willemskanaal Wittemolen-De Punt, schetsontwerp", Tekeningnr. 1 t/m 3 van 3, status: concept, d.d. 14-06-2021, projectnr. 19302044, MUG;
- [5] Tekeningen: Planvorming kaden en oevers Noord Willemskanaal De Witte Molen-De Punt, Definitief ontwerp", Tekeningnr. 1 t/m 4 van 4, status: concept, d.d. 14-09-2021, projectnr. 19302044, MUG;



1.3 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn van toepassing voor de berekening:

- [6] NEN 9997-1+C2:2017 Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017.
- [7] CUR 162 Construeren met grond, tweede druk, april 1993.
- [8] Leidraad toetsen op veiligheid regionale keringen (LTV regionaal blauw), Publicatie 2015-15, 2015, STOWA.
- [9] Handreiking Ontwerpen & Verbeteren Boezemkaden, publicatie ORK 2009-06, 2009, STOWA;
- [10] Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, 2004, TAW.
- [11] Nota van uitgangspunten, technische ontwerpuitgangspunten verbeterprogramma dijk- en oeverwerken, Waterschap Hunze en Aa's, d.d. 23-10-2020, ref. D10010519:32, Arcadis.
- [12] Bijlage C1 – Eisen voor Dijktrajecten.

In het rapport zal middels vierkante haken [] worden verwezen naar de genoemde rapporten, referenties en richtlijnen.

1.4 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001.

1.5 Projectomschrijving

Het project bestaat uit het ophogen en verbreden van boezemkaden langs het Noord Willemskanaal tussen de Witte Molen en de Punt ten zuiden van Haren. Tevens zal een deel van de oever worden ingericht als natuurvriendelijk. De projectlocatie is in de volgende figuur weergegeven.



Figuur 1.1 Projectlocatie (bron ondergrond: Topotijdreis.nl)



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

2 Bodemopbouw

2.1 Grond- en laboratoriumonderzoek

Om de bodemopbouw in het tracé langs de op te hogen/te verbieden kade in kaart te brengen is voor dit project aanvullend op vroeger onderzoek veldonderzoek uitgevoerd (zie ref. [1]) bestaande uit sonderingen, handboringen. In de volgende tabel is het uitgevoerde (nieuwe en oud) grondonderzoek samengevat.

Tabel 2.1 Oud en nieuw grondonderzoek

Projectnr.	Jaar	Sonderingen	Boringen
55014-1	2011	DKM3, DKM4	-
59592-1	2014	DKM001 t/m DKM008	-
78082-1	2021	8x DKM + 4x DKMP tot 10 m –m.v.	41 st. van 2 tot 5 m-m.v.

In het vervolg van dit rapport is het aanvullend grondonderzoek alleen aangeduid met het sondeer- of boornummer (bv DKM001). Bij de aanduiding van de sondeer- en boornummers van vroeger uitgevoerd grondonderzoek is het projectnummer toegevoegd (bv. 59592_DKM001).

2.2 Globale beschrijving bodemopbouw

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van het grondonderzoek van N.A.P. -0,1 tot +2,2 m. De variatie in hoogte wordt veroorzaakt doordat een aantal punten op de kruin van de kade zijn genomen en een aantal in de onderberm van de kade.

Het grondonderzoek toont een dunne toplaag van zandig veraard veen gevolgd door een gelaagd pakket met zandig veen en siltige zand en plaatselijk sterk zandige kleilagen. Op een diepte van 1,0 à 1,5 m wordt een veenlaag aangetroffen met een dikte van 1,0 à 1,5 m. Vanaf een diepte van N.A.P. -1,0 m à -4,0 m wordt een siltige zandlaag aangetroffen met vrij dikke tussenlagen van zandig silt en zandige klei tot de maximaal verkende diepte van ca. N.A.P. -9,0 m. Plaatselijk ontbreekt de veenlaag vrijwel geheel.



3 Uitgangspunten

3.1 Referentieperiode

Voor de referentieperiode is uitgegaan van 50 jaar voor grondconstructies (boezemkade).

Voor de zettingen wordt in het algemene aangenomen dat de eindzetting na 30 jaar is bereikt. Voor het toetsen van de kruinhoogte wordt daarom 30 jaar aangehouden.

3.2 Geometrie

De geometrie van de boezemkaden is bepaald op basis van de aangeleverde tekeningen.

Kruinbreedte

De kruin van het nieuwe profiel dient minimaal 4,0 m breed te zijn. Bij aanwezigheid van een fietspad is afgeweken van dit uitgangspunt. Het fietspad op de kruin krijgt een breedte van 4,0 m met aan weerszijden een berm van 1,5 m.

Taludhellingen

Buitentalud (boezemzijde): 1:2 en 2:3

Binnentalud (polderzijde): 1:3 of flauwer. Bij aanwezigheid van een (kwel-)sloot: 2:3

Natuurvriendelijke oevers

Voor het kadetraject tussen De Witte Molen en de Oosterbroekweg wordt aan weerszijden van het Noord Willemskanaal een natuurvriendelijke oever aangelegd.

3.3 Bovenbelasting

Bij kadetrajecten zonder weg op de kruin is de standaardwaarde (13 kPa met een breedte van 2,5 m) uit de "Handreiking ontwerpen en verbeteren boezemkaden" (ref. [9]) gehanteerd. Aanvullend geldt voor het waterschap dat er 5 kN/m² is aangehouden bij hoogwatersituaties, mits er een pad achter de kade ligt waarop langstransport kan plaats vinden.

Voor de situatie hoogwater en "Val water" wordt ervan uit gegaan dat de het verkeer midden over de kade rijdt.

Bij kadetrajecten met een weg op de kruin is de maatgevende verkeersbelasting (van de weg) als uitgangspunt aangehouden.

Afhankelijk van de bovenbelasting verandert de in rekening gebrachte wateroverspanning (zie tabel 3.1).

Tabel 3.1 Aanpassingspercentages voor cohesieve grondsoorten, bron STOWA 2015-15 (ref. [8])

Type kade Belastingssituatie	Zeer zware belasting [> 13 kN/m ²]		Zware belasting [≈ 13 kN/m ²]		Lichte belasting [≈ 5 kN/m ²]	
	Hoogwater	Droogte	Hoogwater	Droogte	Hoogwater	Droogte
Kade met weg	0%	0%	50 %	30 %	100 %	30 %
Kade zonder weg "groene kade"	0%	0%	0 %	0 %	50%	30 %

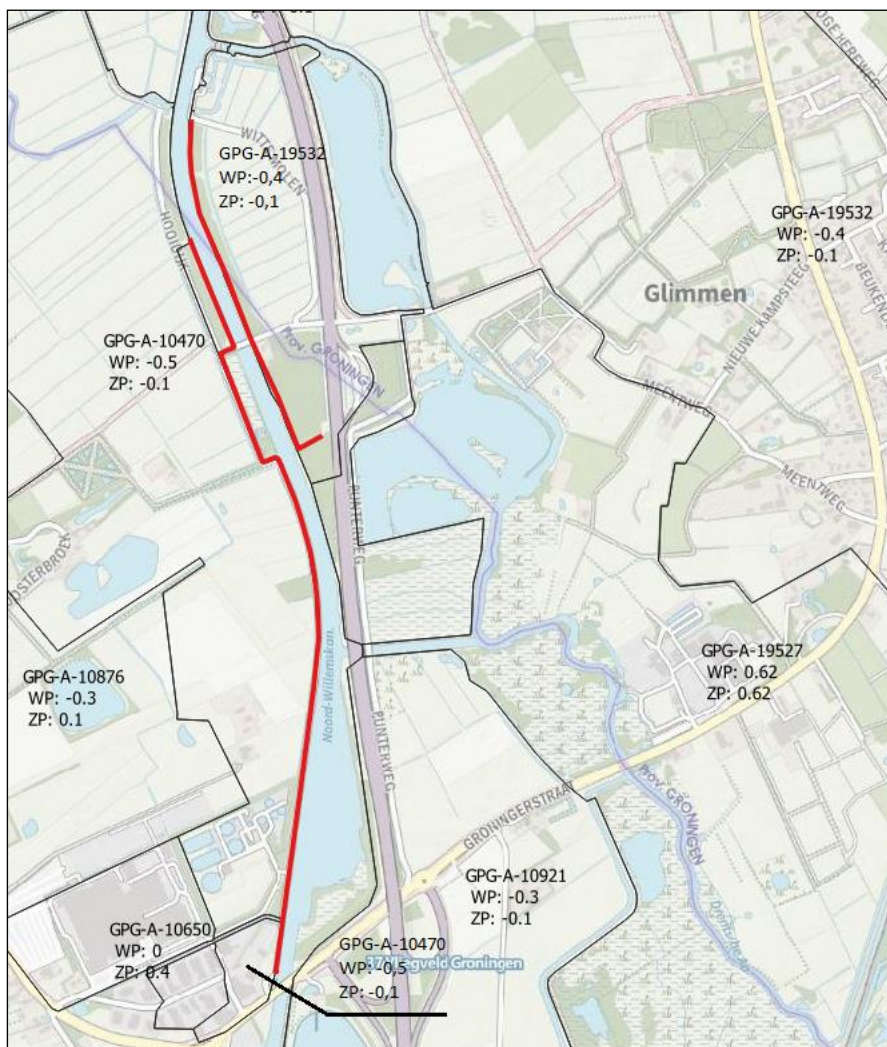
Voor de weg over de kruin langs de westzijde van het Noord Willemskanaal is met zwaar verkeer gerekend met een belasting van 13 kN/m².

Voor de ophoging/verbreding van de kade is de eindsituatie beschouwd. Voor de ophoging is daarom gerekend met 100% consolidatie.

3.4 Waterstanden

Noord Willemskanaal:

- beheerpeil: N.A.P. +0,53 m
- maatgevend hoog water: N.A.P. +1,50 m
- peilgebied GPG-A-10470: winterpeil: N.A.P. -0,50 m, zomerpeil: N.A.P. -0,10 m
- peilgebied GPG-A-19532: winterpeil: N.A.P. -0,40 m, zomerpeil: N.A.P. -0,10 m



Figuur 3.1 Peilgebieden rondom projectgebied



3.5 Freatische lijn

In de stabiliteitsberekeningen is een freatische lijn geschematiseerd conform het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (ref. [10]).

3.6 Stijghoogte

In de zettingsberekeningen is uitgegaan van een rechtlijnig verloop tussen het buitenwater (NW-kanaal) en het winterpeil in de eerste nabij gelegen sloot.

In de stabiliteitsberekeningen is een stijghoogteverloop bepaald aan de hand van het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken (ref. [10]).

3.7 Veiligheidseis

De vereiste stabiliteitsfactor van de macrostabiliteit binnen- en buitenwaarts dient te voldoen aan de volgende relatie:

$$F \geq \gamma_n \gamma_d \gamma_b$$

Hierin is:

- F = stabiliteitsfactor berekend met D-GeoStability
- γ_n = schadefactor, afhankelijk van de normfrequentie
- γ_d = modelfactor (Bishop en Uplift Van: 1,00)
- γ_b = schematiseringsfactor

De boezemkaden binnen het projectgebied hebben een normfrequentie van 1:100. De daarbij behorende schadefactor is 0,90. Er behoeft geen differentiatie te worden gemaakt tussen binnen- en buitenwaartse stabiliteit (bron: par. 4.3.2 uit de Uitgangspuntennotitie, ref. [11]).

De schematiseringsfactor varieert van 1,0 tot 1,3. De schematiseringsfactor mag volgens de waterschap zowel kwantitatief als kwalitatief worden bepaald. In dezen wordt met kwantitatief bedoeld, het bepalen van de schematiseringsfactor op basis van berekeningen, waarbij variatie in grondeigenschappen, bodemopbouw en grondwaterstand wordt beschouwd. Voor een kwalitatieve benadering dienen een drietal vragen betreffende de bodemopbouw, grondwaterstand en het profiel van de geometrie worden beantwoord. Indien alle vragen worden beantwoord met 'ja', kan op basis van expert judgement in overleg met de opdrachtgever een aangepaste schematiseringsfactor worden bepaald. Indien niet alle vragen met 'ja' beantwoord kunnen worden dient alsnog een kwantitatieve bepaling te worden uitgevoerd.

De vragen die beantwoord dienen te worden zijn:

- A. Wordt de maatgevende bodemopbouw in een dijktraject gebruikt? Antwoord: Ja.
- B. Wordt de maatgevende freatische lijn toegepast? Antwoord: Het verloop van de freatische lijn wordt bepaald op basis aan de hand van het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Deze freatische lijn wordt als conservatief door het waterschap ervaren. Antwoord: Ja.
- C. Wordt het maatgevende profiel gebruikt en is het profiel ingemeten? Antwoord: ja.



De voorstaande vragen zijn alle beantwoord met 'ja'. In gezamenlijk overleg (Waterschap Hunze en Aa's, MUG en Wiertsema & Partners) is een schematiseringsfactor van 1,2 overeen gekomen.

De minimaal benodigde stabiliteitsfactor $F_{\min}$ bedraagt dan: $0,90 \times 1,00 \times 1,20 = 1,08$.

3.8 Uitdroging veenkaden

De kaden van dit project bevatten in de bovenste zone veenlagen. In de Nota van Uitgangspunten (ref. [11]) is in paragraaf 4.5.4 aangegeven dat veenkaden met een kern van veen met een laag klei ter dikte van minimaal 0,50 m bedekt dienen te worden. De situatie 'droogte' is daarom niet nader beschouwd.

3.9 Berekeningsmethode

De berekeningen van de zettingen zijn verricht met D-Settlement versie 21.2 met de rekenmethode van NEN Bjerrum en het consolidatiemodel van Darcy.

De berekeningen van de stabiliteit zijn uitgevoerd met D-GeoStability versie 18.2, waarbij gebruik is gemaakt van de berekening volgens de lamellen-methode van Bishop (cirkelvormige afschuifvlakken) en Uplift Van (afschuifvlakken met een horizontaal deel en aan de uiteinden een cirkelvormig afschuifvlak. Uplift van is toegepast om het faalmechanisme squeezing te toetsen.

3.10 Materiaalfactoren

Voor de materiaalfactoren is uitgegaan van tabel C.2 (voor keringen langs regionale rivieren) uit de Stowa 2015-15 (ref. [8], in overeenstemming met par. 2.2 uit de uitgangspuntennotitie (ref. [11])).

Tabel 3.2 Materiaalfactoren regionale waterkeringen (bron: Stowa 2015-15, tabel C.2)

Grondsoort en parameter			Variatie-coëfficiënt V	ym
volumieke massa nat/droog		(p)		1,0
klei	(TP-CU-5%) - cohesie - inwendige wrijving	(c) (tan φ)	0,45 0,20	1,25 1,20
veen	(TP-CU-5%) - cohesie - inwendige wrijving	(c) (tan φ)	0,80 0,25	1,50 1,25
zand	(TP-CD) - cohesie - inwendige wrijving	(c) (tan φ)	n.v.t. 0,15	n.v.t. 1,20

3.11 Grondparameters

De opdrachtgever heeft aangegeven dat er in eerste instantie berekeningen worden opgesteld met standaard waarden voor de grondparameters. Indien blijkt dat de sterkte onvoldoende of net aan voldoende is, zal in overleg worden overgegaan op grondparameters op basis van resultaten uit laboratoriumproeven (niet uitgevoerd). De in dit rapport gehanteerde grondparameters zijn ontleend aan tabel 2 en 3 uit de "Nota van Uitgangspunten" (ref. [11] en tabel 2.b uit de NEN-9997-1 (ref. [6])). In de nota wordt aangegeven dat de verschillen van de grondparameters tussen een aantal projecten slechts in beperkte mate aanwezig zijn. Voor onderhavig project zijn daarom ook overeenkomende sterkteparameters gehanteerd. Voor de samendrukkingsparameters is



tabel 2.b uit de NEN-9997-1 gehanteerd. De NEN-Bjerrum-parameters zijn omgerekend naar abc-isotache-parameters, waarbij is uitgegaan van lage korrelspanningen (beneden de grensspanning) met de volgende formules (zie handleiding DGeoStability):

$a = RR/\ln(10)$, $b = CR/\ln(10)$ en $c = C\alpha/\ln(10)$.

De zettingsberekeningen zijn uitgevoerd met karakteristieke waarden.

Tabel 3.3 Karakteristieke samendrukkingsparameters

Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C_v [m ² /s]	a [-]	b [-]	c [-]	POP/OCR [-]
Zand, humeus (toplaag)	17 / 19	drained	0,0050	0,0150	0,0000	10/-
Veen	11,2 / 11,2	$1 \cdot 10^{-7}$	0,0666	0,1998	0,0100	10/-
Veen, st. zandig	15,4 / 15,4	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0187	0,1311	0,0109	10/-
Zand, st. siltig	18 / 20	drained	0,0017	0,0050	0,0000	10/-
Zand, matig vast	18 / 20	drained	0,0006	0,0017	0,0000	10/-
Veen, m .vast	12 / 12	$1 \cdot 10^{-7}$	0,0050	0,1332	0,0066	10/-
Klei, zwak zandig, slap	15 / 15	$1 \cdot 10^{-7}$	0,0333	0,1000	0,0040	10/-

Hierin is: C_v Verticale consolidatiecoëfficiënt;
a Direct compressiecoëfficiënt, samendrukkingscoëfficiënt indien grondspanningen lager zijn dan de in de grond aanwezige grensspanning P_g ;
b Seculaire compressiecoëfficiënt, samendrukkingscoëfficiënt indien grondspanningen hoger zijn dan de in de grond aanwezige grensspanning P_g ;
c Seculaire reksnelheidscoëfficiënt, samendrukkingscoëfficiënt voor de kruip.
POP/OCR Pre Overburden Pressure / Over Consolidation Ratio, maat voor de reeds in de grond aanwezige overspanning, wordt gebruikt voor de bepaling van P_g .

Tabel 3.4 Karakteristieke waarden en rekenwaarden grondparameters

Grondsoort	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ'_{kar} [°]	c'_{kar} [kN/m ²]	$\gamma_{m;\phi'}$ [-]	$\gamma_{m;c'}$ [-]	ϕ'_d [°]	c'_d [kN/m ²]
H_MP_k, Humeuze zeeklei	15 / 15	28,7	3,75	1,2	1,25	24,5	3,0
H_Vhv_v, veen	10,5 / 10,5	27,6	0,75	1,2	1,5	23,5	0,5

$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ = volumegewicht grond bij natuurlijke vochtigheid en verzadigde grond

ϕ' = hoek van inwendige wrijving

c' = cohesie

$\gamma_{m;\phi'}$, $\gamma_{m;c'}$ = materiaalfactoren voor respectievelijk hoek van inwendige wrijving en cohesie

De materiaalfactor voor de hoek van inwendige wrijving is toegepast op $\tan(\phi)$.



Tabel 3.5 Karakteristieke waarden en rekenwaarden sterkteparameters

Grondsoort	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ'_{kar} [°]	C'_{kar} [kN/m ²]	$\gamma_{\text{m};\phi'}$ [-]	$\gamma_{\text{m};c'}$ [-]	ϕ'_d [°]	C'_d [kN/m ²]
H_Aa_t_k, erosiebestendige bekledingslagen	17 / 17	23,6	5	1,2	1,25	20,0	4,0
H_Aa_t_k, dijksmateriaal (klei)	17 / 17	29,8	2,5	1,2	1,25	25,5	2,0
Zand (ondergrond)	18 / 20	33,6	0	1,2	n.v.t.	29,0	0
Silt, zwak zandig, m. vast	20 / 20	27,5	1	1,2	1,25	23,5	0,8
Zand, humeus (toplaag)	17 / 19	30	1	1,2	1,25	25,7	0,8
Zand, sterk siltig	18 / 20	25	0	1,2	n.v.t.	21,2	0
Veen, zandig (uit DSS)	14,4 / 14,4	23,4	6,8	1,25	1,5	19,1	4,5
Veen (uit DSS)	10,3 / 10,3	23,4	6,8	1,25	1,5	19,1	4,5
Veen, kleilig (toplaag)	12,5 / 12,5	22,5	2,5	1,25	1,5	18,3	1,7
Klei, slap	14 / 14	17,5	0	1,2	1,25	14,7	0,0
Klei, zwak zandig, slap	15 / 15	22,5	0	1,2	1,25	19,0	0,0
Klei (kleikist)	15 / 15	20	1,25	1,2	1,25	16,9	1,0

3.12 Constructie fietspad/ontsluitingsweg

Voor het op de kade aan te leggen fietspad/ontsluitingsweg is de volgende constructie gehanteerd:

Tabel 3.6 Constructie fietspad/ontsluitingsweg

Materiaal	Laagdikte [m]	Volumegewicht [kN/m ³]
Asfalt	0,10	25
Menggranulaat	0,20	19/20
Zand	0,50	18/20

Voor de materialen voor de verhardingsconstructie zijn de sterkteparameters gehanteerd volgens tabel 3.7.

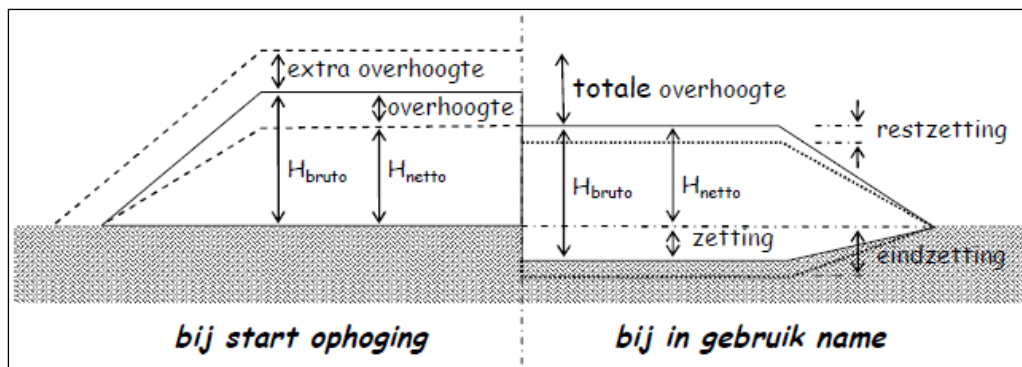
Tabel 3.7 Sterkteparameters materialen wegconstructie

Materiaal	ϕ'_{kar} [°]	C'_{kar} [kN/m ²]	$\gamma_{\text{m};\phi'}$ [-]	$\gamma_{\text{m};c'}$ [-]	ϕ'_d [°]	C'_d [kN/m ²]
Asfalt	35	100	1,2	1,25	30	80
Menggranulaat	45	0	1,2	1,25	40	0
Zand, cunet-	30	0	1,2	1,25	25,7	0



3.13 Terminologie

Er wordt in dit rapport gebruik gemaakt van een aantal termen, die specifiek zijn bij zettingen en het aanbrengen van een ophoging. Om misverstanden te voorkomen worden in figuur 3.2 schematisch de definities weergegeven.



Figuur 3.2 Terminologie bij ophoging

In figuur 3.2 worden de volgende termen (definities) weergegeven:

- **H_{netto}** = Netto ophoging. Gedeelte van de grondconstructie dat bij in gebruik name boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt (ontwerphoogte).
- **H_{bruto}** = Bruto ophoging. Dit is de hoogte van de aangebrachte grondconstructie. Bruto ophoging = netto ophoging + zetting (overhoogte).
- **overhoogte** = zettingcompensatie. Dit is de zandlaagdikte (hoeveelheid zand) die wordt aangebracht met als doel de zetting van de ondergrond te compenseren.
- **extra overhoogte** = voorbelasting. Extra zandlaagdikte die tijdelijk wordt aangebracht om zetting van het grondlichaam te bespoedigen.
- **totale overhoogte** = overhoogte + extra overhoogte.
- **zetting**. Dit betreft de zetting die reeds is opgetreden bij in gebruik name.
- **eindzetting**. De eindzetting bestaat niet; meestal wordt gerekend met de zetting na 30 jaar.
- **restzetting**. Dit betreft de zetting van de ondergrond die nog optreed na in gebruik name. Restzetting = eindzetting – zetting

3.14 Toplaag op te hogen/te verbreden kade

Voor de ophoging/verbreding van de kade wordt ervan uitgegaan dat de toplaag van verweerd veen (zand humeus/humeus zand) wordt verwijderd. In de zettingsberekeningen is deze laag, omdat deze wordt vervangen door dijksmateriaal met vrijwel hetzelfde volumegewicht, als niet samendrukbaar aangehouden.

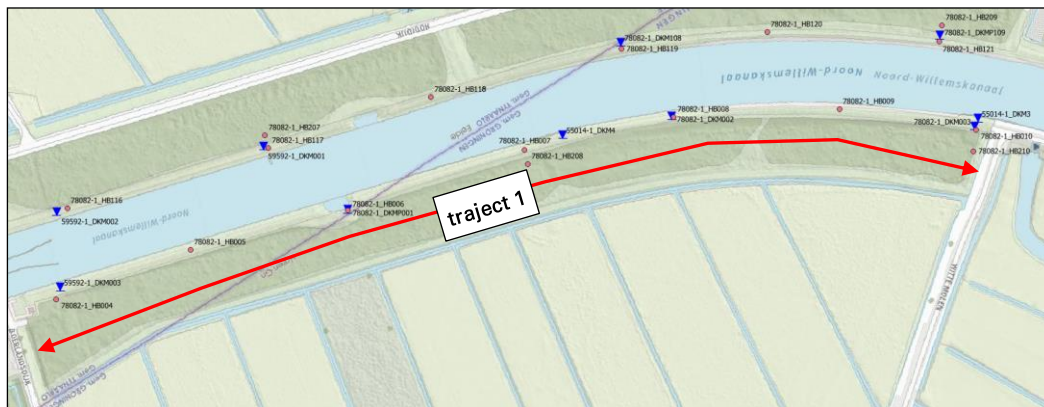
3.15 Zetting- versus stabiliteit

Voor een aantal trajecten is de zetting van de kruin berekend. De opgetreden zettingen zijn niet in de stabiliteitsberekeningen gemodelleerd. Ons inziens wordt daarmee ten aanzien van stabiliteit een negatiever beeld geschetst dan in de praktijk zal optreden. Met andere woorden: de stabiliteit zal in de praktijk hoger zijn dan berekend.



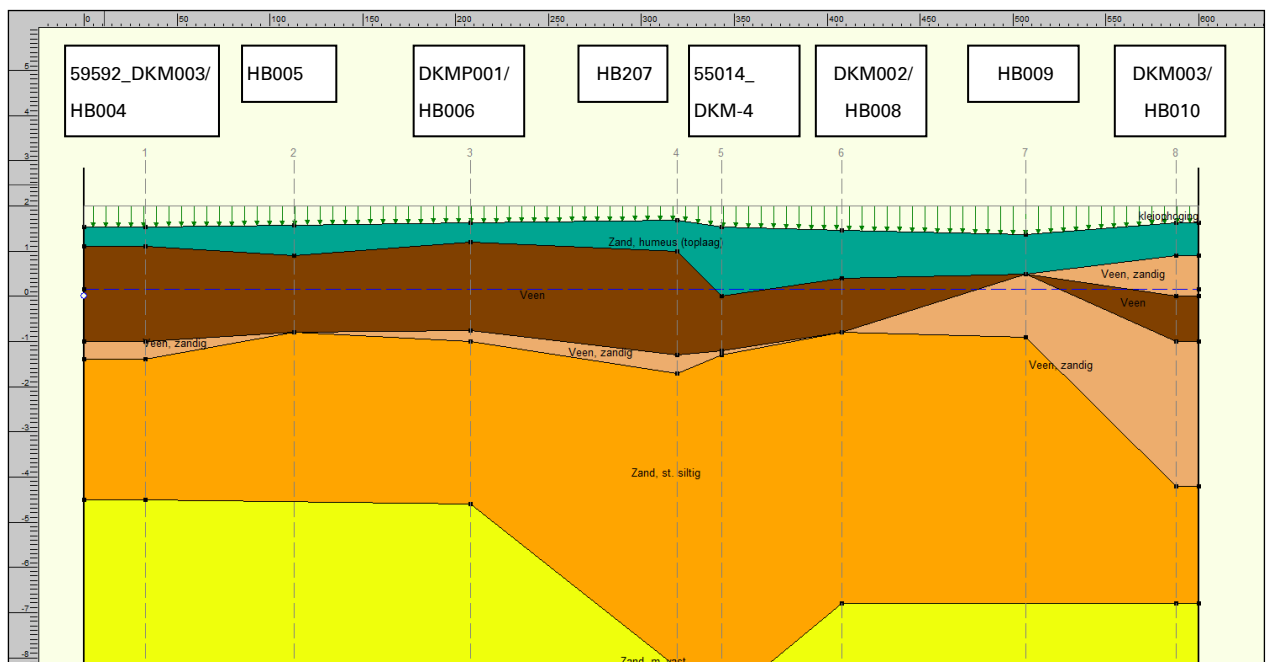
4.1 Traject 1

Voor de locatie van traject 1 wordt verwezen naar de tekeningen ref. [4]. In traject 1 is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: DKM003/B004, HB005, DKMP001/HB006, HB208, HB007, 55014_DKM4, DKM002/HB008, DKM003/HB010.



Figuur 4.1 Overzicht grondonderzoek traject 1 met grondonderzoek

Een schematisch voorstelling van het geotechnisch lengteprofiel is weergegeven in Figuur 1.1.



Figuur 4.2 Geotechnisch lengteprofiel traject A

Uit een voorlopige zettingsberekening met de optie om de kruinhoogte op de eindhoogte aan te houden ('maintain profile') blijkt dat een zetting zal optreden van 0,10 tot 0,30 m. In de eindberekening is een overhoogte van 0,30 m over de gehele lengte van het profiel gehanteerd. In de volgende tabel zijn de resultaten samengevat.

Tabel 4.1 Resultaten zettingsberekening traject 1

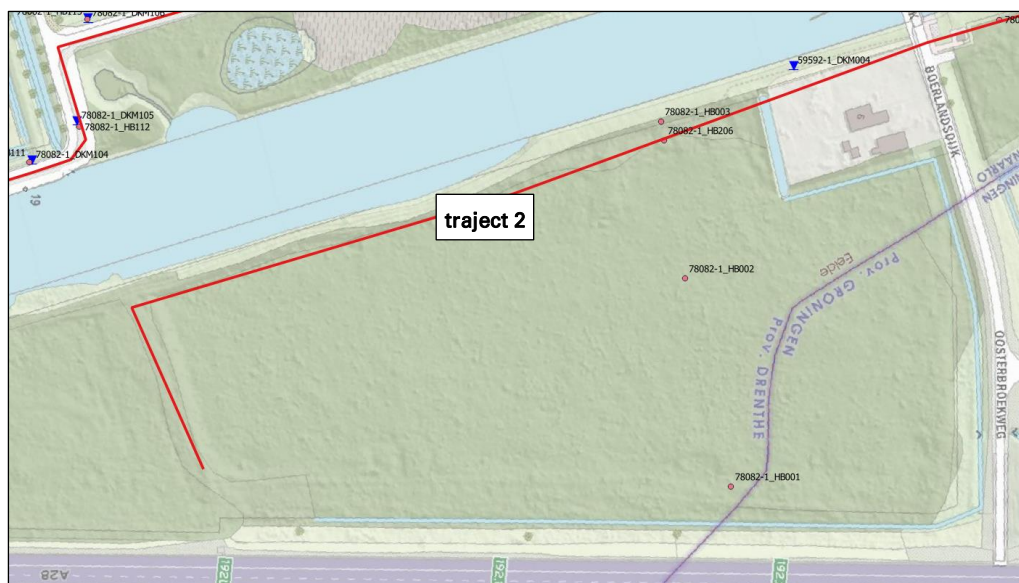
Vert.	Grondonderzoek	Maaiveld- hoogte [m N.A.P.]	Aanleg- hoogte [m N.A.P.]	Zetting 1 jaar [m]	Rest- Zetting [m]	Eind- zetting [m]	Hoogte na 30 jaar [m N.A.P.]
1	59592_DKM003/B004	+1,54	+2,30	0,23	0,07	0,30	+2,00
2	HB005	+1,58	+2,30	0,17	0,05	0,22	+2,08
3	DKMP001/HB006	+1,63	+2,30	0,19	0,07	0,26	+2,04
4	HB208	+1,69	+2,30	0,19	0,08	0,27	+2,03
5	55014_DKM-4	+1,54	+2,30	0,12	0,04	0,16	+2,14
6	DKM002/HB008	+1,47	+2,30	0,13	0,04	0,17	+2,13
7	HB009	+1,36	+2,30	0,08	0,02	0,10	+2,20
8	DKM003/HB010	+1,63	+2,30	0,20	0,10	0,30	+2,00

Conclusie is dat een overhoogte van 0,30 m voldoende is om de zetting zodanig te compenseren dat na 30 jaar over het gehele traject wordt voldaan aan de normhoogte van N.A.P. +2,0 m.

4.2 Traject 2

4.2.1 Grondonderzoek

Voor de locatie van traject 1 wordt verwezen naar de tekeningen ref. [4].

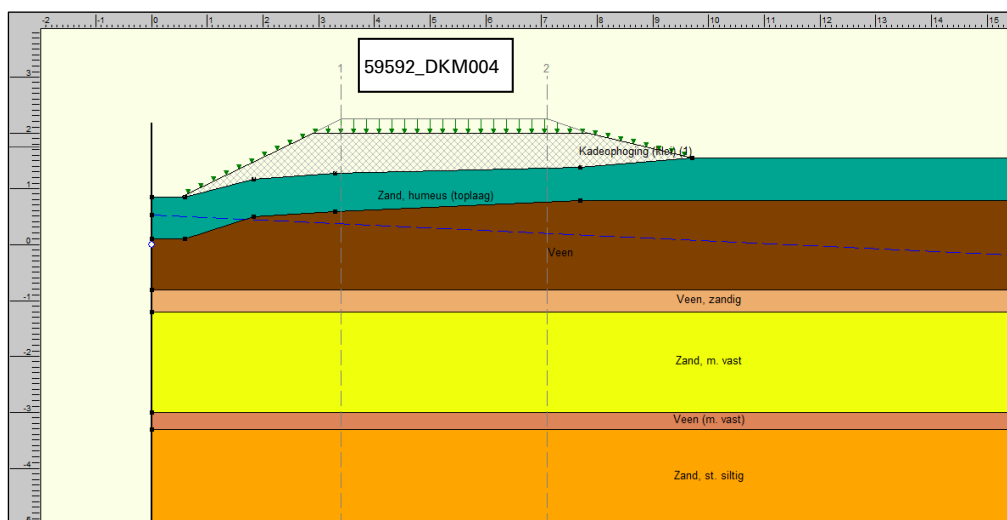


Figuur 4.3 Overzicht grondonderzoek traject 2 met grondonderzoek



In traject 2 is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: HB001, HB002, HB206, HB003 en 59592_DKM004.

Een schematisch voorstelling van het geotechnisch profiel haaks op de kade is weergegeven in figuur 4.4.



Figuur 4.4 Geotechnisch dwarsprofiel traject 2

Uit een voorlopige zettingsberekening met de optie om de kruinhoogte op de eindhoogte aan te houden ('maintain profile') blijkt dat een zetting zal optreden van circa 0,25 m. In de eindberekening is een overhoogte van 0,25 m aangehouden. In de volgende tabel zijn de resultaten van de zettingsberekening samengevat.

Tabel 4.2 Resultaten zettingsberekening traject 2

Vert.	Grondonderzoek	Maaiveld- hoogte [m N.A.P.]	Aanleg- hoogte [m N.A.P.]	Zetting 1 jaar [m]	Rest- Zetting [m]	Eind- zetting [m]	Hoogte na 30 jaar [m N.A.P.]
1	59592_DKM004	+1,28	+2,25	0,17	0,06	0,23	+2,02
2	59592_DKM004	+1,37	+2,25	0,18	0,07	0,25	+2,00

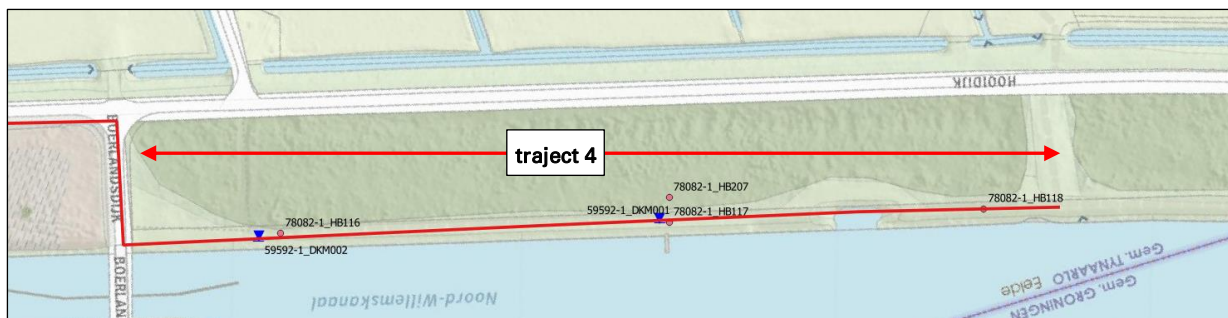
Conclusie is dat een overhoogte van 0,25 m voldoende is om de zetting zodanig te compenseren dat na 30 jaar over het gehele traject wordt voldaan aan de normhoogte van N.A.P. +2,0 m.



4.3 Traject 4

4.3.1 Grondonderzoek

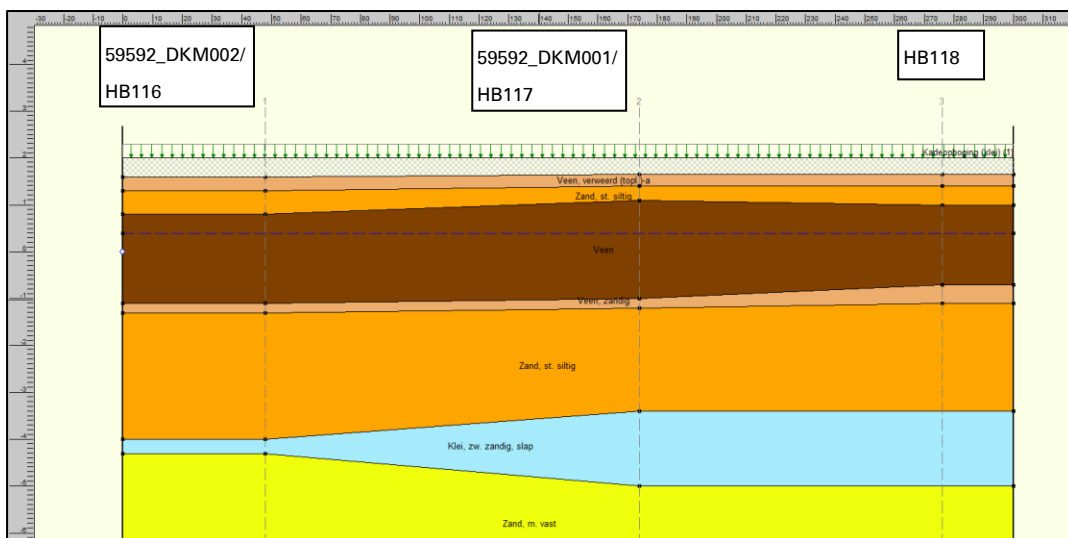
Voor de locatie van traject 4 wordt verwezen naar de tekeningen ref. [4].



Figuur 4.5 Overzicht grondonderzoek traject 4 met grondonderzoek

In traject 2 is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: 59592_DKM002/HB116, 59592_DKM001/HB117/HB207 en HB118.

Een schematisch voorstelling van het geotechnisch profiel haaks op de kade is weergegeven in figuur 4.4.



Figuur 4.6 Geotechnisch lengteprofiel traject 4

Uit een voorlopige zettingsberekening met de optie om de kruinhoogte op de eindhoogte aan te houden ('maintain profile') volgt een zetting van 0,23 tot 0,32 m. In de eindberekening is een overhoogte van 0,30 m aangehouden. In de volgende tabel zijn de resultaten van de zettingsberekening samengevat.



Tabel 4.3 Resultaten zettingsberekening traject 4

Vert.	Grondonderzoek	Maaiveld- hoogte [m N.A.P.]	Aanleg- hoogte [m N.A.P.]	Zetting 1 jaar [m]	Rest- Zetting [m]	Eind- zetting [m]	Hoogte na 30 jaar [m N.A.P.]
1	59592_DKM002/HB116	+1,60	+2,30	0,17	0,06	0,23	+2,07
2	59592_DKM001/HB117	+1,66	+2,30	0,23	0,09	0,32	+1,98
3	HB118	+1,65	+2,30	0,20	0,07	0,27	+2,03

Conclusie is dat een overhoogte van 0,30 m voldoende is om de zetting zodanig te compenseren dat na 30 jaar over vrijwel het gehele traject wordt voldaan aan de normhoogte van N.A.P. +2,0 m. Bij verticaal 2 zou tussen 15 en 20 jaar na aanleg niet meer worden voldaan aan de gestelde hoogte-eis. De gebruikte samendrukkingsparameters karakteristieke waarden en zijn daarmee aan de conservatieve kant. In de praktijk zal de zetting over het algemeen kleiner zijn.



5 Stabiliteit

De volgende situaties zijn beschouwd:

A: Stabiliteit binnentalud zonder en met verkeersbelasting (5 of 13 kPa),

B: Stabiliteit buitentalud zonder en met verkeersbelasting (5 of 13 kPa).

In overleg met de opdrachtgever is er voor gekozen om een beperkt aantal profielen te toetsen. In de volgende tabel zijn de te toetsen taluds weergegeven.

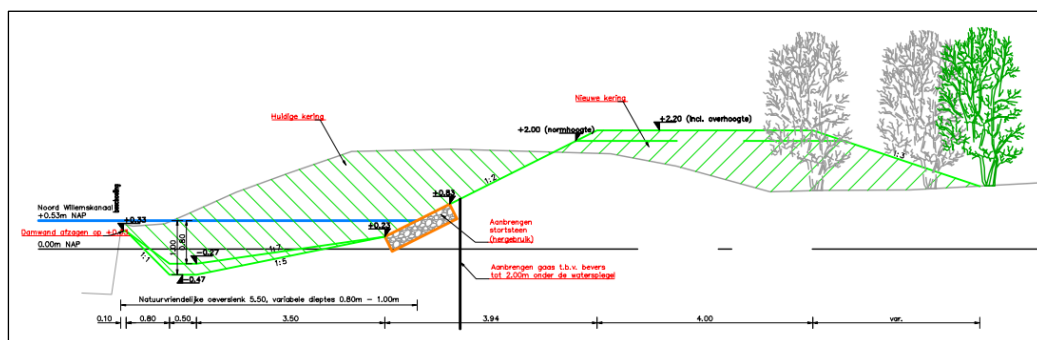
Traject	Profiel	BI (polderzijde)	BU (boezemzijde)
1	A	Ja	Ja
2	B	Nee	Ja
4	E	Nee	Ja
5	K	Ja	Nee
	I	Ja	Ja
	F	Ja	Ja

5.1 Profiel A

5.1.1 Geometrie

Ter plaatse van profiel A wordt een natuurvriendelijke oever gerealiseerd. De huidige kade wordt naar binnen, richting de polder, verplaatst.

De kade krijgt een binnentalud van 1:3 en een buitentalud van 1:2 overgaand op N.A.P. +0,23 m in een talud van 1: 5 à 1:7 tot N.A.P. -0,47 m. De kruin krijgt een minimale breedte van 4,0 m bij aanleg. Aan de buitenzijde wordt rond de waterlijn op N.A.P. +0,53 m een taludbescherming van stortsteen aangelegd.



Figuur 5.1 Geometrie profiel A

Op de kade wordt geen fietspad/ontsluitingsweg aangelegd en is er geen verhard pad onderlangs aan de polderzijde aanwezig voor zwaar verkeer. In de toetsing van de stabiliteit is daarom een verkeersbelasting van 13 kPa (0% consolidatie) gehanteerd op de kruin. Om de mogelijkheid van



licht verkeer op de kade toe te laten is tevens de stabiliteit met een verkeersbelasting van 5 kPa (50% cons.) doorgerekend.

5.1.2 Grondonderzoek

In traject 1 is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: 59592_DKM003/HB004, HB005, DKMP001/HB006, HB007, HB208, 55014_DKM4, DKM002/HB008, HB009, DKM003/HB210/-55014_DKM3.

5.1.3 Maatgevende bodemopbouw

Voor de maatgevende bodemopbouw ter plaatse van de aan te brengen ophoging is de bodemopbouw volgens 59592_DKM003/HB004 gekozen.

Tabel 5.1 Maatgevende bodemopbouw profiel E (59592_DKM003/HB004)

Bovenkant laag [m N.A.P.]	Grondsoort
+1,54	Zand, humeus
+1,1	Veen
-1,0	Veen, zandig
-1,4	Zand, sterk siltig
-3,4	Silt, zwak zandig, matig vast
-4,5	Zand, matig vast

In het achterland zijn geen projectboringen gemaakt. BRO-boringen uit Dinoloket geven aan dat de bodemopbouw tot een diepte van 3 m-maaiveld in het achterland voornamelijk bestaat uit veen met een deklaag van 0,15 à 0,20 m veraard veen/kleig veen (BHR93307, BHR189333, BHR317777). In de berekeningen is in het achterland een toplaag van 0,20 m kleig veen aangehouden.

5.1.4 Waterstanden

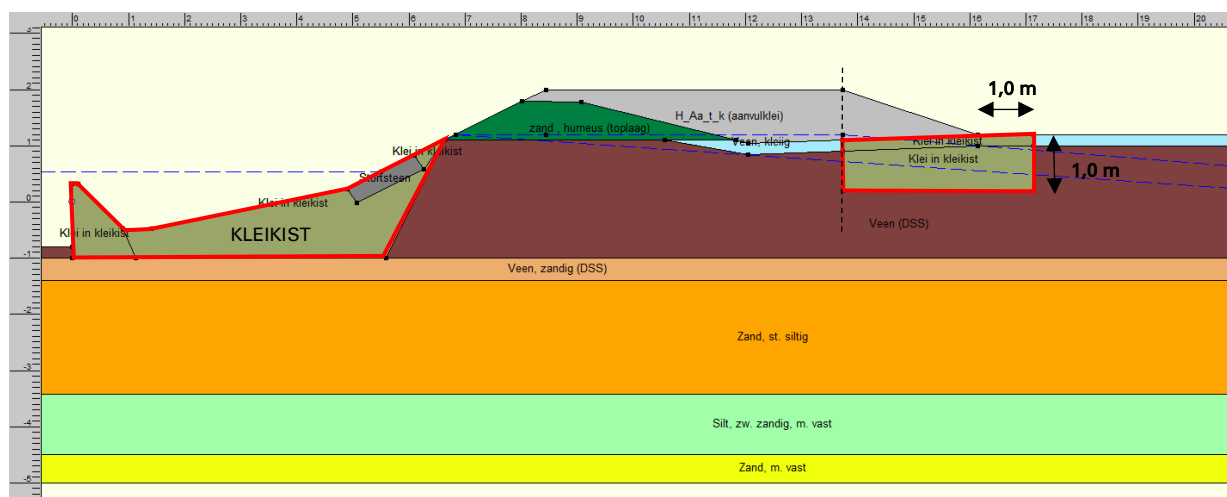
Traject 1 is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,40 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

Het Noord Willemskanaal (boezem) heeft een streefpeil van N.A.P. +0,53 m met een maatgevend hoogwater (MHW) van N.A.P. +1,50 m.



Tabel 5.2 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel A - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BI	-0,40	+1,50	0 kPa	1,57	1,51	1,08	Ja
BU	-0,40	+1,50	5 kPa	1,37	1,29	1,08	Ja
	-0,40	+1,50	13 kPa	0,98	0,94	1,08	Nee
	-0,40	Val water van +1,20->+0,53 ¹⁾	0 kPa	1,28	1,12	1,08	ja
	-0,40		5 kPa	1,16	1,06	1,08	Nee
	-0,40		13 kPa	0,98	0,86	1,08	Nee



Voor het binnentalud is alleen de situatie met een belasting van 13 kPa doorgerekend. De situaties zonder belasting en een belasting van 5 kPa voldoen al zonder kleikist.

Tabel 5.3 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel A - gebruiksfase

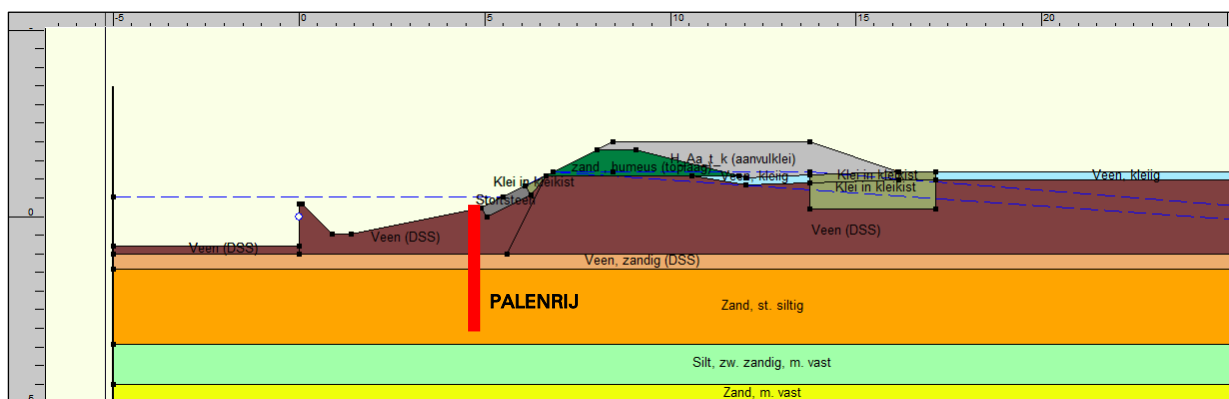
Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BI	-0,40	+1,50	13 kPa	1,19	1,13	1,08	Ja
BU	-0,40	Val water van +1,20->+0,53 ¹⁾	5 kPa	1,52	1,31	1,08	Ja
	-0,40		13 kPa	1,09	1,06	1,08	Ja

¹⁾ In overleg met het Waterschap Hunze en Aa's is een val van het water van N.A.P. +1,20 m naar het streefpeil aangehouden.

Conclusie is dat met een kleikist in de binnen- en buitenteen in alle situaties aan de stabiliteitseis wordt voldaan. De bodem van de slenk dient op N.A.P. -0,25 m of hoger te worden aangelegd.

B. Aangepast ontwerp met palenrij in buitentalud

Naast de optie met kleikist in het buitentalud is een optie uitgewerkt met een palenrij om het afschuifvlak te onderbreken. De situatie is aangegeven in de volgende figuur.



Figuur 5.3 Profiel A met palenrij in buitentalud en een kleikist in het binnentalud

De paallengte wordt bepaald door:

- de ligging van het afschuifvlak;
- de benodigde lengte in verband met de standvastigheid van de constructie.

De stabiliteit is alleen voor het buitentalud beschouwd. De stabiliteit voor het binnentalud is bij de vorige optie reeds beschouwd.



Tabel 5.4 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel A - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BU	-0,40	Val water van +1,20->+0,53 ¹⁾	5 kPa	1,61	1,61	1,08	Ja
	-0,40		13 kPa	1,28	1,30	1,08	Ja

¹⁾ In overleg met het Waterschap Hunze en Aa's is een val van het water van N.A.P. +1,20 m naar het streefpeil aangehouden.

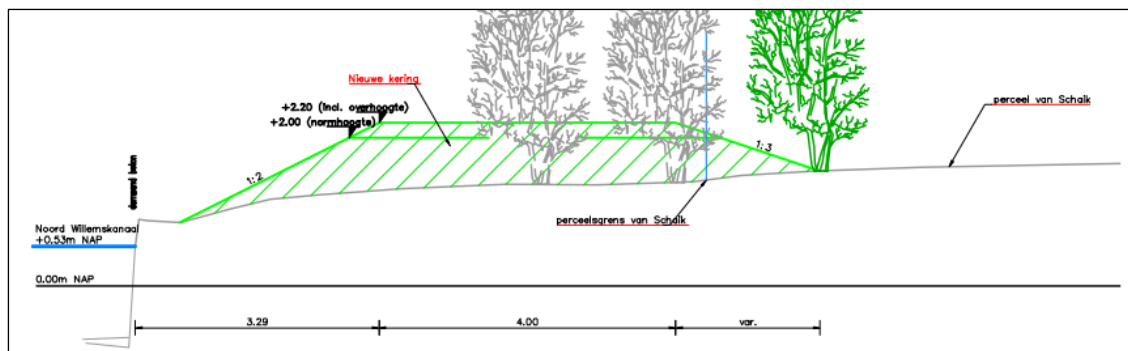
Conclusie is dat met een palenrij in de buitenteen in alle situaties aan de stabiliteitseis wordt voldaan. De gesloten palenrij kan bestaan uit bv rondhouten palen $\varnothing 100$ mm, lang minimaal 3,5 m. De bovenkant van de palenrij is aangehouden op N.A.P. +0,25 m. De sterkte en stabiliteit van de palenrij is in verder uitgewerkt in bijlage 8.

5.2 Profiel B/B.1

5.2.1 Geometrie

De kade volgens profiel B/B.1 is gelegen langs het erf van Oosterbroekweg 6. Hier wordt een geheel nieuwe kade aangelegd direct achter de beschoeiing.

De kade krijgt een binnentalud van 1:3 en een buitentalud van 1:2. De kruin krijgt een minimale breedte van 4,0 m bij aanleg.



Figuur 5.4 Geometrie profiel B

Op de kade wordt licht geen fietspad/ontsluitingsweg en is er geen verhard pad onderlangs aan de polderzijde aanwezig voor zwaar verkeer. In de toetsing van de stabiliteit is daarom een verkeersbelasting van 13 kPa gehanteerd op de kruin.

De kering langs het Noord Willemskanaal bestaat uit een betonnen damwand met een lengte van 4,5 m. De bovenkant van de damwand heeft een niveau van circa N.A.P. +0,90 m. Daarmee heeft de onderkant van de damwand een puntniveau van N.A.P. -3,60 m. Deze damwand blijft gehandhaafd.



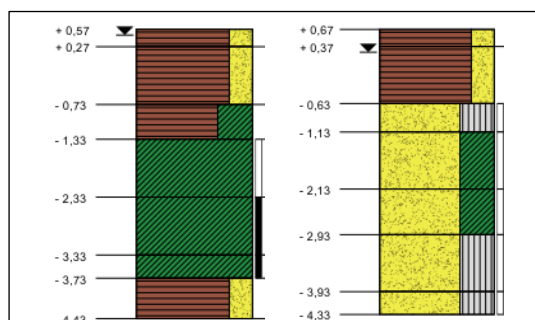
5.2.2 Grondonderzoek

In traject 1 is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: 59592_DKM004, HB003 en HB206. In het achterland zijn de boringen HB001 en HB002 gemaakt.

5.2.3 Maatgevende bodemopbouw

Voor de maatgevende bodemopbouw ter plaatse van de aan te brengen ophoging is de bodemopbouw volgens 59592_DKM004 gekozen.

In het achterland zijn op grotere afstand twee projectboringen gemaakt. De boringen laten een sterk afwijkend bodemprofiel zien en wijkt ook sterk af van sondering 59592_DKM004.



Figuur 5.5 Boorprofiel HB001 en HB002

Voor het achterland is de bodemopbouw volgens sondering 59592_DKM004 aangehouden met een deklaag van 0,20 m veraard veen/kleig veen.

5.2.4 Waterstanden

Dit traject (traject 2) is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,40 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

Het Noord Willemskanaal (boezem) heeft een streefpeil van N.A.P. +0,53 m met een maatgevend hoogwater (MHW) van N.A.P. +1,50 m.

5.2.5 Stabiliteit

Tabel 5.5 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel B - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BU	-0,40	Val water van +1,20->+0,53	0 kPa	1,76	2)	1,08	Ja
	-0,40		5 kPa	1,65	1,80/1,68 ¹⁾	1,08	Ja
	-0,40		13 kPa	1,56	1,53	1,08	Ja

1) Hoog afschuifvlak: afschuifvlak boven damwand langs /diep afschuifvlak: afschuifvlak onder damwand door.

2) Geen berekening mogelijk. Squeezing richting de damwand kan ook niet optreden omdat de damwand dit verhindert.

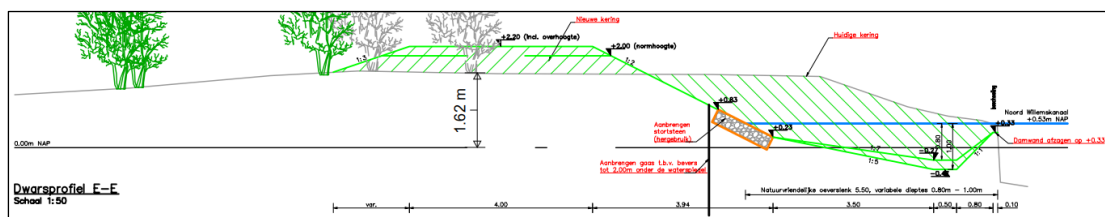


5.3 Profiel E

5.3.1 Geometrie

Ter plaatse van profiel E wordt een natuurvriendelijke oever gerealiseerd. De huidige kade wordt naar binnen, richting de polder, verplaatst.

De kade krijgt een binnentalud van 1:3 en een buitentalud van 1:2 overgaand op N.A.P. +0,23 m in een talud van 1:5 à 1:7 tot N.A.P. -0,47 m. De kruin krijgt bij aanleg een minimale breedte van 4,0 m. Aan de buitenzijde wordt rond de waterlijn op N.A.P. +0,53 m een taludbescherming van stortsteen aangelegd.



Figuur 5.6 Geometrie profiel E

Op de kade wordt geen fietspad/ontsluitingsweg aangelegd. Op korte afstand (ca. 40 m) ligt evenwijdig een verharde weg. Bij calamiteiten zal zwaar verkeer gebruik maken van deze weg. In de toetsing van de stabiliteit is daarom een verkeersbelasting van 5 kPa (lichte belasting) gehanteerd op de kruin.

De kering langs het Noord Willemskanaal bestaat uit een betonnen damwand met een lengte van 4,5 m. De bovenkant van de damwand heeft een niveau van circa N.A.P. +0,90 m. Daarmee heeft de onderkant van de damwand een puntniveau van N.A.P. -3,60 m. De bovenkant van de damwand wordt afgezaagd op N.A.P. +0,33 m. Dit betekent dat bij een normaal waterpeil of hoger het water achter de damwand kan komen.

5.3.2 Grondonderzoek

In dit traject (traject 4) is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: 59592_DKM002, HB116, 59592_DKM001/HB117/HB207 en HB118. HB207 is in het achterland gemaakt.

5.3.3 Maatgevende bodemopbouw

Voor de maatgevende bodemopbouw ter plaatse van de aan te brengen ophoging is de bodemopbouw volgens 59592_DKM001 gekozen omdat hier bovenkant van de veenlaag het hoogst ligt (N.A.P. +1,1 m).



Tabel 5.6 Maatgevende bodemopbouw profiel E (59592_DKM001)

Bovenkant laag [m N.A.P.]	Grondsoort
+1,62	Humus, sterk zandig/veraard veen
+1,4	Zand, sterk siltig
+1,1	Veen
-1,0	Veen, zandig
-1,2	Zand, sterk siltig
-3,4	Klei, zwak zandig, slap

Voor het achterland is de bodemopbouw volgens boring HB207 aangehouden met een deklaag van 0,30 m veraard veen/kleig veen op 1,0 m siltig zand met vervolgens de veenlaag.

5.3.4 Waterstanden

Traject 4 is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,50 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

Het Noord Willemskanaal (boezem) heeft een streefpeil van N.A.P. +0,53 m met een maatgevend hoogwater (MHW) van N.A.P. +1,50 m.

In overleg met het Waterschap is voor de hoogte van de freatische lijn in de kade uitgegaan van N.A.P. +1,20 m.

5.3.5 Stabiliteit

Tabel 5.7 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel E - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BU	-0,50	Val water van +1,20->+0,53	0 kPa	1,39	1,64	1,08	Ja
	-0,50		5 kPa	1,27	1,28	1,08	Ja
	-0,50		13 kPa	1,03	1,00	1,08	Nee

* Niet berekend

Conclusie is dat bij een situatie met zwaar verkeer (13 kPa) er niet aan de stabiliteitseis wordt voldaan.

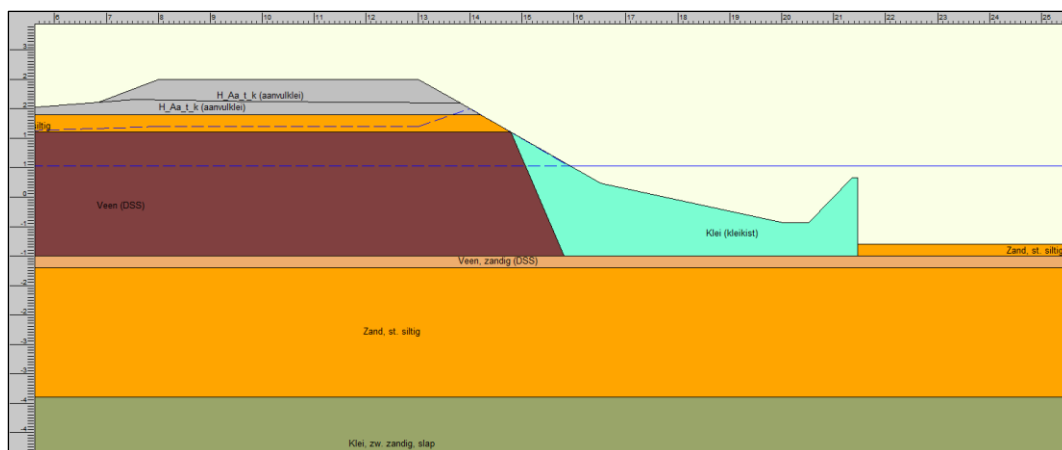
Om te voldoen aan de stabiliteitseis zijn twee aangepaste ontwerpen nader beschouwd:

- C. Ontwerp met kleikist
- D. Ontwerp met palenrij in buitentalud

A. Aangepast ontwerp met kleikist

Om te voldoen aan de stabiliteitseisen is een aangepast ontwerp beschouwd met in de buitenteen een kleikist. De kleikist in het buitentalud dient te worden aangebracht tot onderkant veen tussen de huidige damwand. Voor de klei in de kleikist zijn aangepaste grondparameters aangehouden (zie tabel 3.5).





Figuur 5.7 Profiel E met kleikist

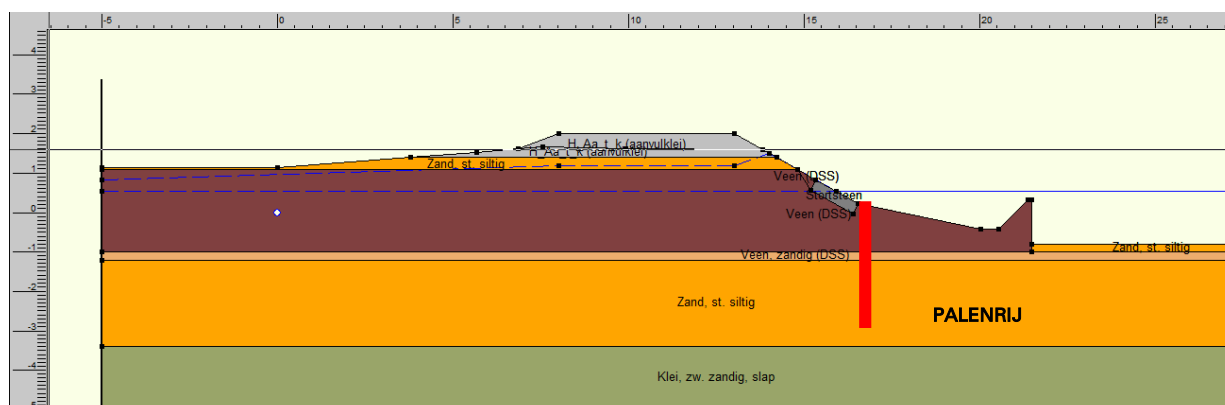
Tabel 5.8 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel E – gebruiksfase – aangepast ontwerp

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BU	-0,50	Val water van +1,20->+0,53	13 kPa	1,11	1,13	1,08	Ja

Conclusie is dat de stabiliteit voldoende is bij het toepassen van een kleikist volgens figuur 5.7.

B. Aangepast ontwerp met palenrij in buitentalud

Naast de optie met kleikist in het buitentalud is een optie uitgewerkt met een palenrij om het afschuifvlak te onderbreken. De situatie is aangegeven in de volgende figuur.



Figuur 5.8 Profiel A met palenrij in buitentalud en een kleikist in het binnentalud

De paallengte wordt bepaald door:

- de ligging van het afschuifvlak;
- de benodigde lengte in verband met de standvastigheid van de constructie.



De stabiliteit is alleen voor het buitentalud beschouwd. De stabiliteit voor het binnentalud is bij de vorige optie reeds beschouwd.

Tabel 5.9 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel A - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BU	-0,40	Val water van +1,20->+0,53 ¹⁾	13 kPa	1,33	1,35	1,08	Ja

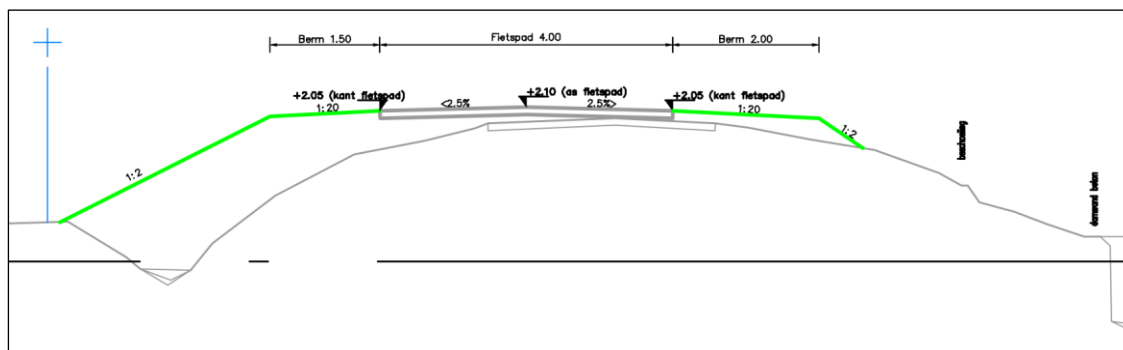
¹⁾ In overleg met het Waterschap Hunze en Aa's is een val van het water van N.A.P. +1,20 m naar het streefpeil aangehouden.

Conclusie is dat met een palenrij in de buitenteen in alle situaties aan de stabiliteitseis wordt voldaan. De gesloten palenrij kan bestaan uit bv rondhouten palen met kopmaat $\varnothing 100$ mm, lang minimaal 3,5 m. De bovenkant van de palenrij is aangehouden op N.A.P. +0,25 m. De sterkte en stabiliteit van de palenrij is verder uitgewerkt in bijlage 8.

5.4 Profiel K

5.4.1 Geometrie

Ter plaatse van profiel K wordt de aanwezige weg binnenwaarts verplaatst. De huidige (kwel-)sloot wordt gedempt. Hiermee wordt een 'overdrukventiel' verwijderd. Niet uit te sluiten is dat er daardoor aan de polderzijde een nat gebied ontstaat omdat de overdruk vanuit het noord Willemkanaal niet via de kwelsloot kan worden opgenomen.



Figuur 5.9 Geometrie profiel K

Op de kade ligt een fietspad/ontsluitingsweg en is er geen pad onderlangs aan de polderzijde aanwezig voor zwaar verkeer. In de toetsing van de stabiliteit zal een verkeersbelasting van 13 kPa worden gehanteerd op het fietspad/ontsluitingsweg.

5.4.2 Grondonderzoek

Nabij profiel K is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: DKMD105, HB111. Aan de weilandzijde van de kwelsloot is geen grondonderzoek uitgevoerd. De bodemopbouw van het weiland, en dan met name voor de toplaag, is uitgegaan van de maatgevende Dinoboring



B12B1371 en B12B1500. Hierin wordt een toplaag van veen aangegeven. Overige boringen tonen zand tot het maaiveld.

5.4.3 Waterstanden

Profiel K is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,50 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

De buitenwaterstand is voor de toetsing van het binnentalud aangehouden op N.A.P. +1,50 m (=MHW).

Tabel 5.10 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel K

Talud	Waterpeil polderzijde	Waterpeil boezem	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BI	N.A.P. -0,50 m	N.A.P. +1,50 m	0 kPa	1,20	1,20	1,08	Ja
	N.A.P. -0,50 m	N.A.P. +1,50 m	13 kPa	1,10	1,12	1,08	Ja

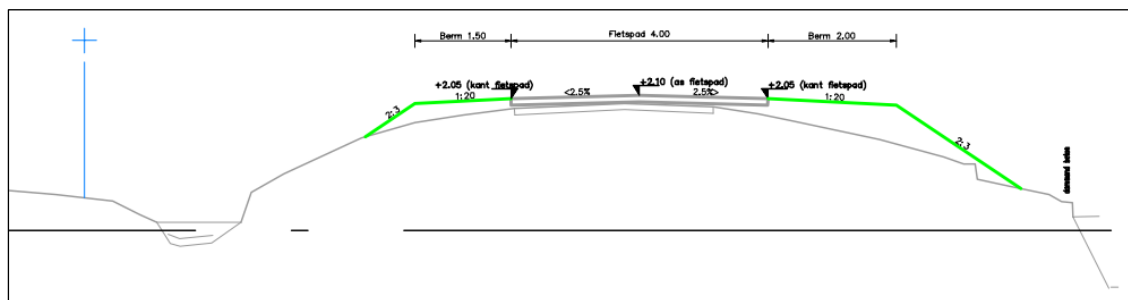
Conclusie is dat de stabiliteit voldoet aan de gestelde eis van minimaal 1,08.

5.5 Profiel I

5.5.1 Geometrie

Bij profiel I wordt de kruin opgehoogd en verbreedt. De kwelsloot blijft gehandhaafd.

De kade krijgt een binnen- en buitentalud van 2:3. Op de kruin ligt momenteel een fietspad/ontsluitingsweg. Op de opgehoogde en verbrede kade wordt weer een verharding aangelegd met een breedte van 4,0 m. Aan de polderzijde wordt een berm met een breedte van 1,5 m aangelegd en aan de boezemzijde een 2,0 m brede berm. De betonnen damwand, met een lengte van 5,0 m, langs het Noord Willemskanaal blijft gehandhaafd.



Figuur 5.10 Geometrie profiel I

Op de kade wordt een fietspad/ontsluitingsweg aangelegd. Bij calamiteiten zal zwaar verkeer gebruik maken van deze weg. In de toetsing van de stabiliteit is daarom een verkeersbelasting van 13 kPa (zware belasting) gehanteerd.

De kering langs het Noord Willemskanaal bestaat uit een betonnen damwand met een lengte van 5 m. De bovenkant van de damwand heeft een niveau van circa N.A.P. +0,45 m. Daarmee heeft



de onderkant van de damwand een puntniveau van N.A.P. -4,55 m.

5.5.2 Grondonderzoek

In dit traject (traject 5) is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: HB104, 59592_DKM006, HB105/HB203, 59592_DKM005 en HB106. In het achterland zijn geen sonderingen of boringen uitgevoerd. In Dinoloket is één boring aanwezig: B12B1372. Deze geeft aan dat er vanaf het maaiveld 0,70 m humeus zand aanwezig is en vervolgens tot 3 m-maaiveld matig tot fijn zand.

5.5.3 Maatgevende bodemopbouw

Voor de maatgevende bodemopbouw ter plaatse van de aan te brengen ophoging is de bodemopbouw volgens 59592_DKM005 gekozen omdat de hier de zandige kleilaag het hoogst ligt.

Tabel 5.11 Maatgevende bodemopbouw profiel E (59592_DKM005)

Bovenkant laag [m N.A.P.]	Grondsoort
+2,06	Zand, humeus
+1,8	Zand, sterk siltig
+1,4	Klei, zandig, slap
+1,1	Zand, sterk siltig
-2,4	Klei, zandig, slap
-4,3	Zand, sterk siltig

Voor het achterland is de bodemopbouw volgens Dino-boring B12B1372 aangehouden met een deklaag van 0,70 m humeus zand.

5.5.4 Waterstanden

Traject 5 is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,50 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

Het Noord Willemskanaal (boezem) heeft een streefpeil van N.A.P. +0,53 m met een maatgevend hoogwater (MHW) van N.A.P. +1,50 m.

5.5.5 Stabiliteit

Tabel 5.12 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel I - gebruiksfase

Talud	Waterpeil Polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BI	-0,40	+1,50	0 kPa	1,28 ^{*1}	1,18 ^{*1}	1,08	Ja
	-0,40	+1,50	13 kPa	1,36 ^{*1}	1,18 ^{*1}	1,08	Ja
BU	-0,40	Val water van	0 kPa	> 2,0	1,60	1,08	Ja
	-0,40	+1,20->+0,53	13 kPa	1,79	1,60	1,08	Ja

^{*1} Er is voor alle van nature aanwezige zandige gronden de eigenschappen voor "Diverse omschrijvingen, zandondergrond" uit tabel 3 uit de Nota van Uitgangspunten gehanteerd. Indien de eigenschappen voor zand, sterk siltig (tabel



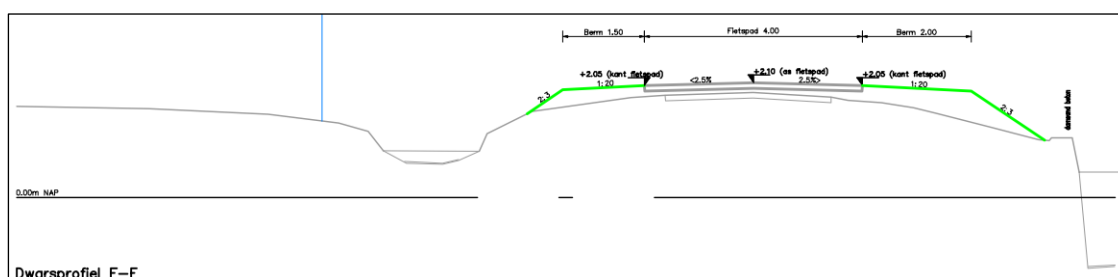
2.b uit de NEN-9997-1) worden gebruikt, wordt een stabiliteitsfactor van 0,94 berekend.

5.6 Profiel F

5.6.1 Geometrie

Bij Profiel F wordt de kruin opgehoogd en verbreedt. De kwelsloot blijft gehandhaafd.

De kade krijgt een binnen- en buitentalud van 2:3. Op de kruin ligt momenteel een fietspad/ontsluitingsweg. Op de opgehoogde en verbrede kade wordt weer een verharding aangelegd met een breedte van 4,0 m. Aan de polderzijde wordt een berm met een breedte van 1,5 m aangelegd en aan de boezemzijde een 2,0 m brede berm. De stalen damwand, met een lengte van 5,0 m, langs het Noord Willemskanaal blijft gehandhaafd.



Figuur 5.11 Geometrie profiel F

Op de kade wordt een 4,0 m breed fietspad/ontsluitingsweg aangelegd. Bij calamiteiten zal zwaar verkeer gebruik maken van deze weg. In de toetsing van de stabiliteit is daarom een verkeersbelasting van 13 kPa (zware belasting) gehanteerd.

De kering langs het Noord Willemskanaal bestaat uit een onverankerde stalen damwand met een lengte van 5 m. De bovenkant van de damwand heeft een niveau van circa N.A.P. +1,1 m. Daarmee heeft de onderkant van de damwand een puntniveau van N.A.P. -3,90 m.

5.6.2 Grondonderzoek

In dit traject (traject 5) is het volgende grondonderzoek uitgevoerd: DKMP101/HB101/HB201, HB102, 59592_DKM008, HB103/HB202, 59592_DKM007 en HB104. In het achterland zijn geen sonderingen of boringen uitgevoerd. In Dinoloket zijn twee boringen aanwezig: B12B1268 en B12B1270 (zie bijlage 6).

Deze geeft aan dat er vanaf het maaiveld 0,70 m humeus zand aanwezig is en vervolgens tot 3 m maaiveld matig tot fijn zand.

5.6.3 Maatgevende bodemopbouw

Voor de maatgevende bodemopbouw ter plaatse van de aan te brengen ophoging is de bodemopbouw volgens 59592_DKM008 gekozen omdat de hier een relatief dikke laag veen aanwezig is.



Tabel 5.13 Maatgevende bodemopbouw profiel F (59592_DKM008)

Bovenkant laag [m N.A.P.]	Grondsoort
+1,88	Humus, zandhoudend/ veraard veen
+1,7	Zand, sterk siltig
+1,2	Silt, zwak zandig
+1,0	Zand, sterk siltig
-0,2	Veen
-1,4	Klei, zwak zandig, slap
-2,0	Klei, slap
-2,7	Zand, sterk siltig

Voor het achterland is de bodemopbouw volgens Dino-boring B12B1368 (zand vanaf maaiveld tot 2,6 m-maaiveld) aangehouden. Voor de toplaag tot 0,30 m-maaiveld is humeus zand aangehouden.

5.6.4 Waterstanden

Profiel F ligt in traject 5 en is gelegen in een peilgebied met een winterpeil van N.A.P. -0,50 m en zomerpeil van N.A.P. -0,10 m.

Het Noord Willemskanaal (boezem) heeft een streefpeil van N.A.P. +0,53 m met een maatgevend hoogwater (MHW) van N.A.P. +1,50 m.

5.6.5 Stabiliteit

Tabel 5.14 Samenvatting stabiliteitsberekeningen profiel F - gebruiksfase

Talud	Waterpeil polderzijde [m N.A.P.]	Waterpeil boezem [m N.A.P.]	Verkeers- belasting	F _{min} Bishop	F _{min} Uplift van	Eis	Voldoet?
BI	-0,40	+1,50	0 kPa	1,84	1,46	1,08	Ja
	-0,40	+1,50	13 kPa	1,71	1,46	1,08	Ja
BU	-0,40	Val water van +1,20->+0,53	0 kPa	1,68	> 2,0	1,08	Ja
	-0,40		13 kPa	1,44	> 2,0	1,08	Ja

6 Samenvatting berekeningen

6.1 Zettingen

Op basis van de in hoofdstuk 3 vermelde uitgangspunten zijn voor de trajecten 1,2 en 4 voor de kruin zettingsberekeningen gemaakt. Op basis van de zettingsberekeningen zijn aanleghoogtes bepaald om te de komende 30 jaar te voldoen aan de hoogte-eis. Voor alle trajecten geldt dat de kruinhoogte minimaal N.A.P. 2,0 m moet bedragen. In de volgende tabel zijn de aanleghoogtes, de hoogte na één jaar en de eindhoogte weergegeven.

Tabel 6.1 Samenvatting zettingsberekeningen

Traject	Aanleg- hoogte [m N.A.P.]	Zetting 1 jaar [m]	Restzetting [m]	Eind- Zetting [m]	Hoogte na 30 jaar [m N.A.P.]
1	+2,30	0,08-0,23	0,02-0,10	0,10-0,30	+2,00 - +2,14
2	+2,25	0,17-0,18	0,06-0,07	0,23-0,25	+2,00 - +2,02
4	+2,30	0,17-0,20	0,06-0,09	0,23-0,27	+1,98 - +2,07

6.2 Stabiliteit

De stabiliteit is voor de profielen A, B, E, K, I en F getoetst aan de gestelde eisen. De resultaten zijn samengevat in de volgende tabel.

Tabel 6.2 Samenvatting toetsing stabiliteit

Profiel	Talud	Voldoet	Opmerkingen
A	BI	Ja	
	BU	Ja	<u>Variant 1:</u> In de binnen- en buitenteen een kleikist toepassen. De bodem van de slenk dient minimaal op N.A.P. -0,25 m te liggen.
	BU	Ja	<u>Variant 2:</u> In de buitenteen een kleikist toepassen en in de binnenteen een gesloten palenrij.
B	BU	Ja	
E	BU	Ja	<u>Variant 1:</u> In de buitenteen een kleikist toepassen. De bodem van de slenk kan gelijk worden gehouden aan het ontwerp (N.A.P. -0,47 m)
	BU	Ja	<u>Variant 2:</u> In de buitenteen een kleikist toepassen en in de binnenteen een gesloten palenrij.
K	BI	Ja	
I	BI	Ja	

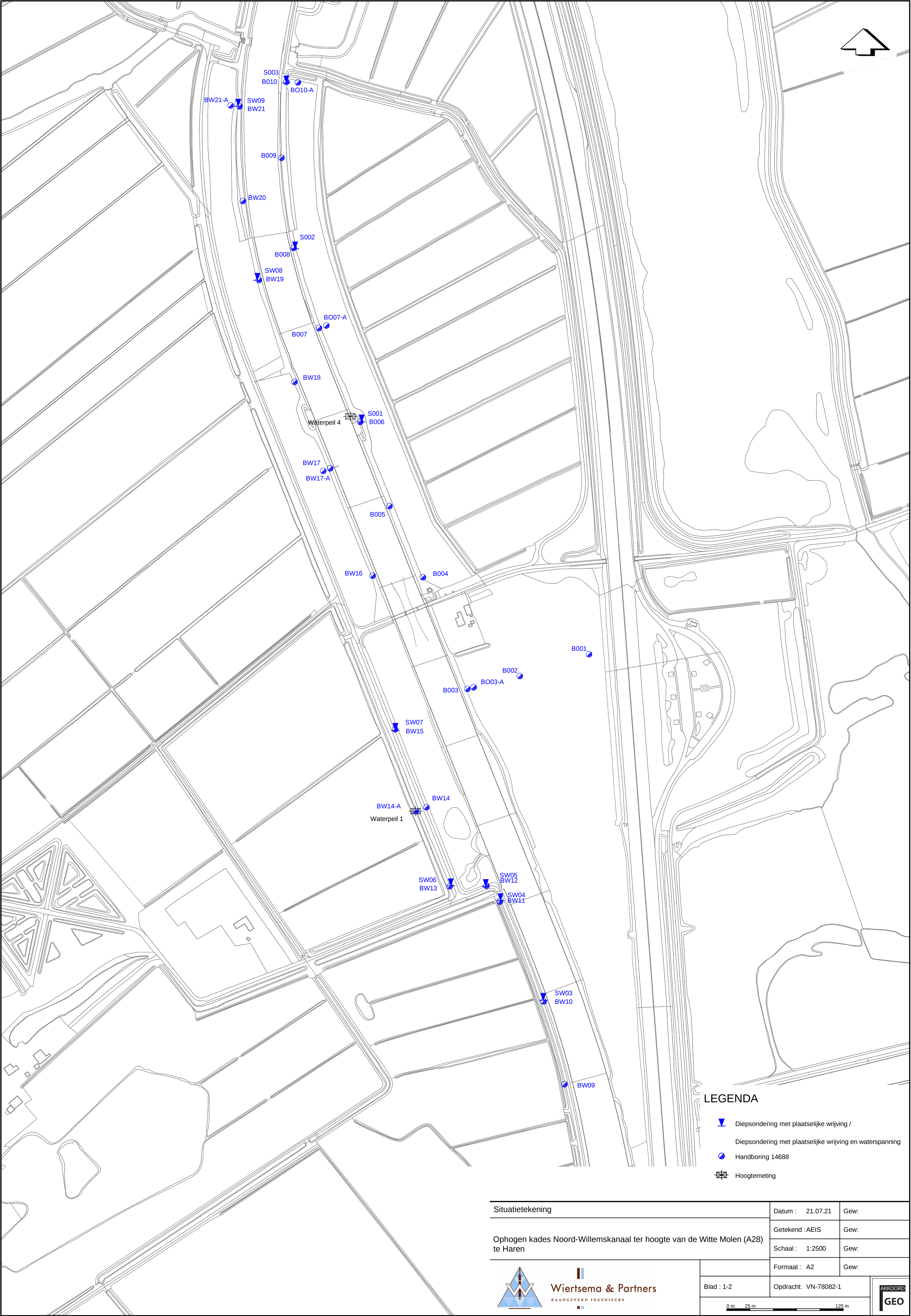


	BU	Ja	
F	BI	Ja	
	BU	Ja	

BI = binnentalud; BU = buitentalud



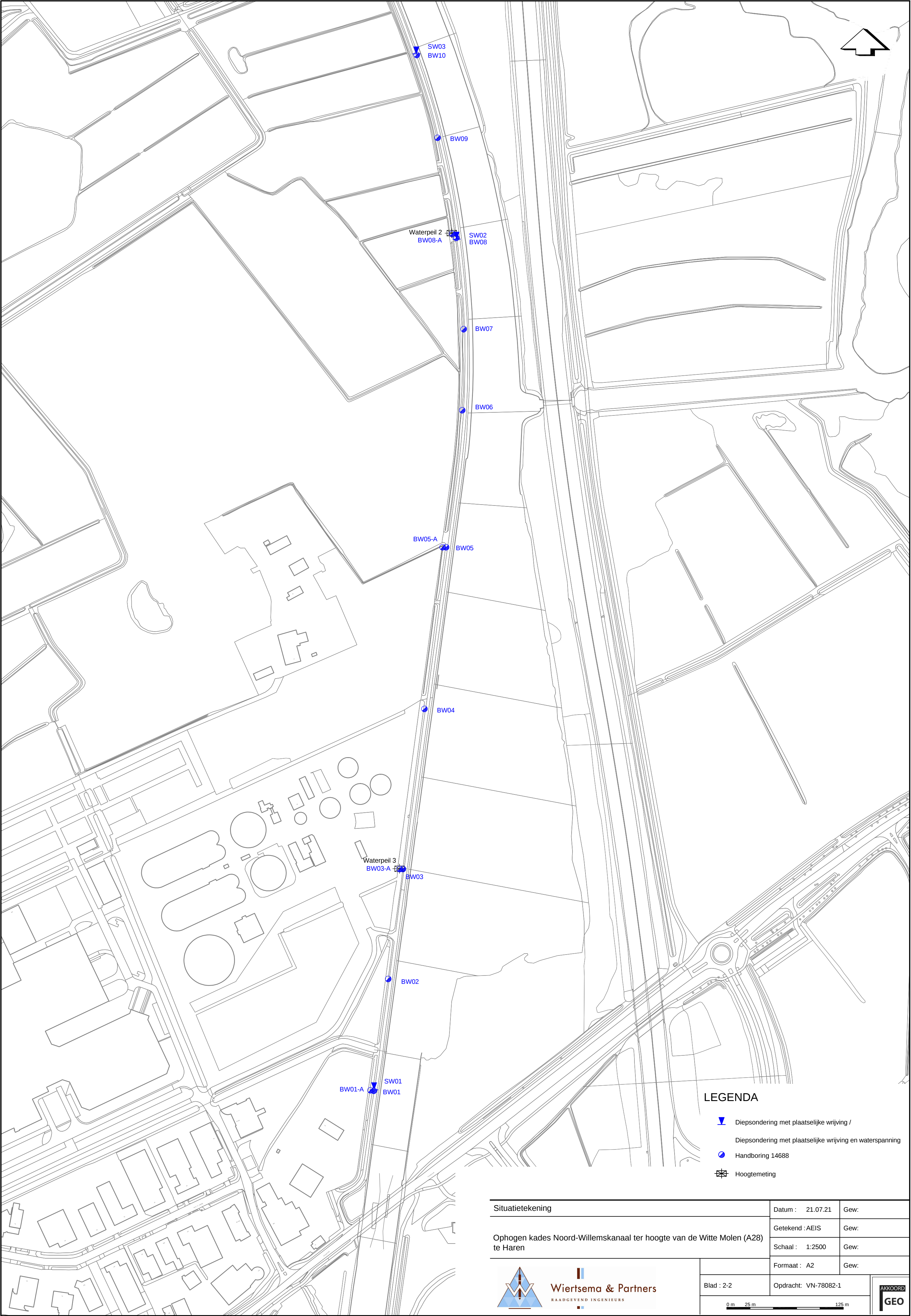
Bijlage 1



LEGENDA

- Diepsondering met plaatselijke wrijving /
- Diepsondering met plaatselijke wrijving en waterspanning
- Handboring 14688
- Hoogtemeting

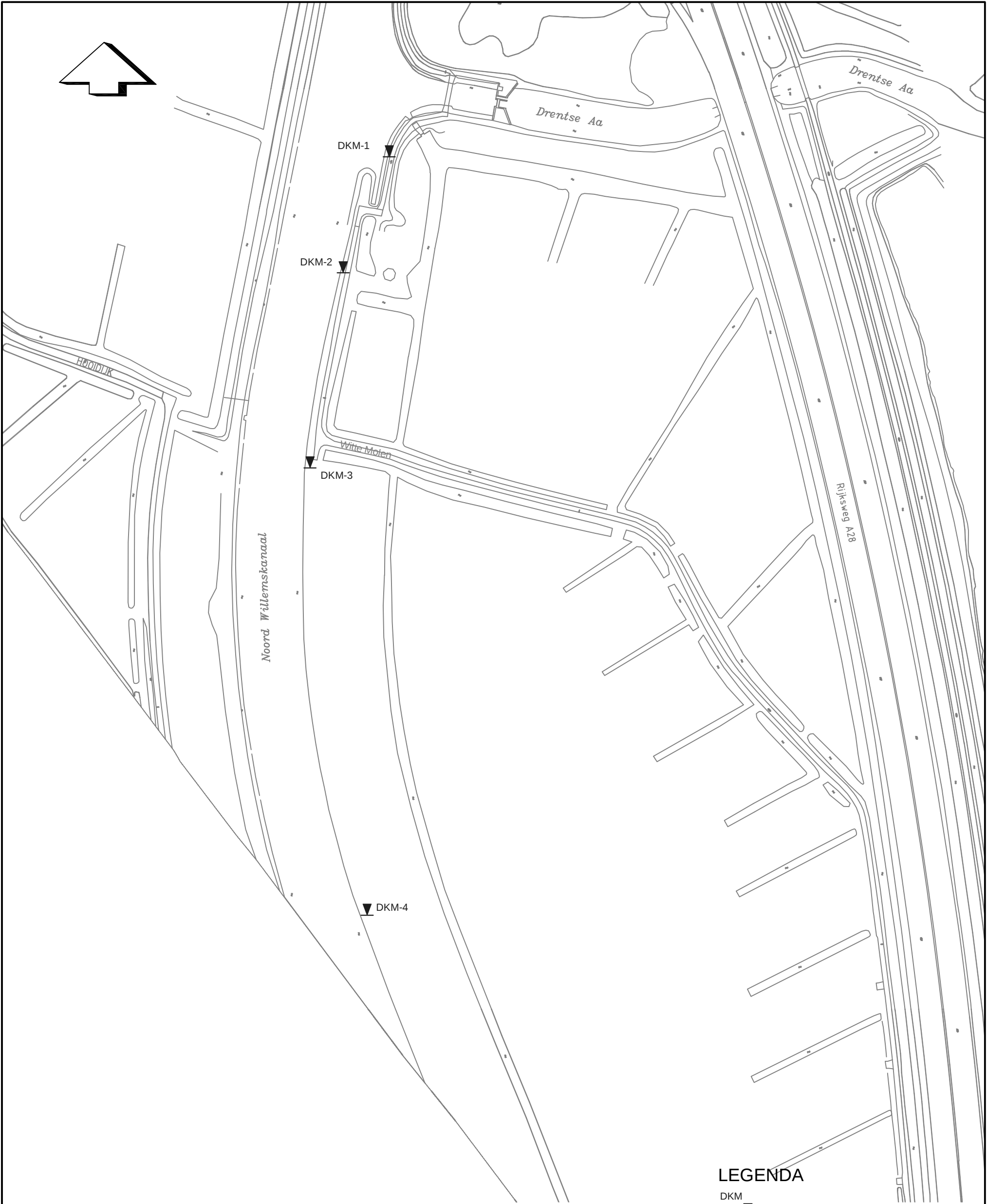
Situatietekening	Datum : 21.07.21 Gew:	
	Getekend : AEIS	Gew:
Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren	Schaal : 1:2500	Gew:
	Formaat : A2	Gew:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Blad : 1-2	Opdracht: VN-78082-1
	 	



Situatietekening	Datum : 21.07.21 Gew:	
	Getekend : AEIS Gew:	
	Ophogen kades Noord-Willemskanaal ter hoogte van de Witte Molen (A28) te Haren	
	Schaal : 1:2500 Gew:	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Formaat : A2 Gew:	
	Blad : 2-2	Opdracht: VN-78082-1
	0 m 25 m 125 m	
		AKKOORD GEO

Bijlage 2





LEGENDA

DKM  Diepsondering met plaatselijke wrijving

Situatietekening		Datum : 23.11.11	Gew: 05.12.11/AE
Project langs het Noord Willemkanaal ter plaatse van "De Witte Molen" te Haren		Getekend : MBK	Gew:
		Schaal : 1: 2000	Gew:
		Formaat : A3	Gew:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Opdracht: VN-55014-1	
	Blad : 1-1		
			

Bijlage 3



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Klasse: 2

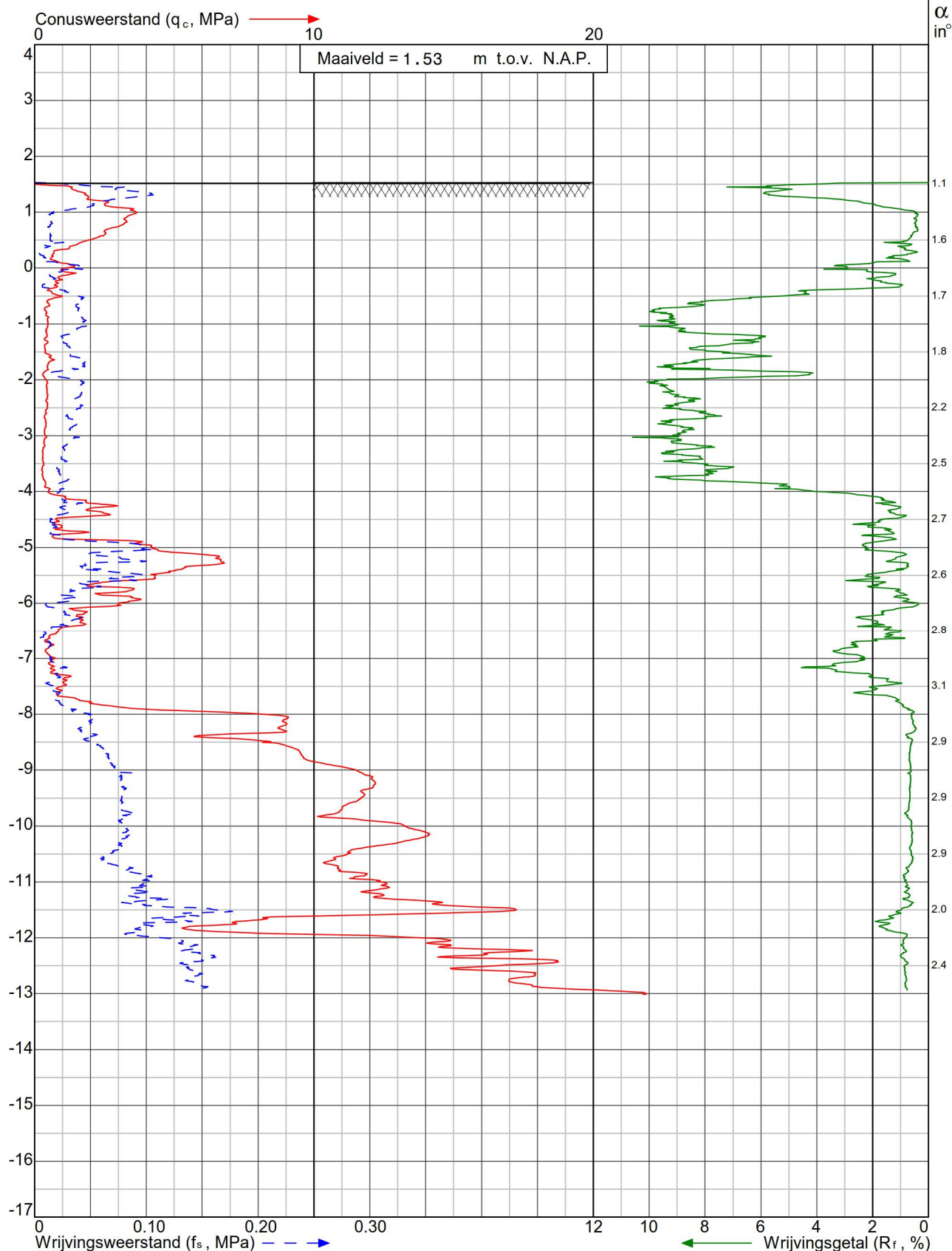
α: Afwijking van de vertikaal

Conusserienummer: 000751

Conustype: cilindrisch elektrisch CF

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Project langs het Noord Willemskanaal ter plaatse van "De Witte Molen" te Haren

Sondering: **DKM-3**



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236333

y = 573794

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-55014-1

Datum: 30-11-2011

AKKOORD
GEO

Klasse: 2

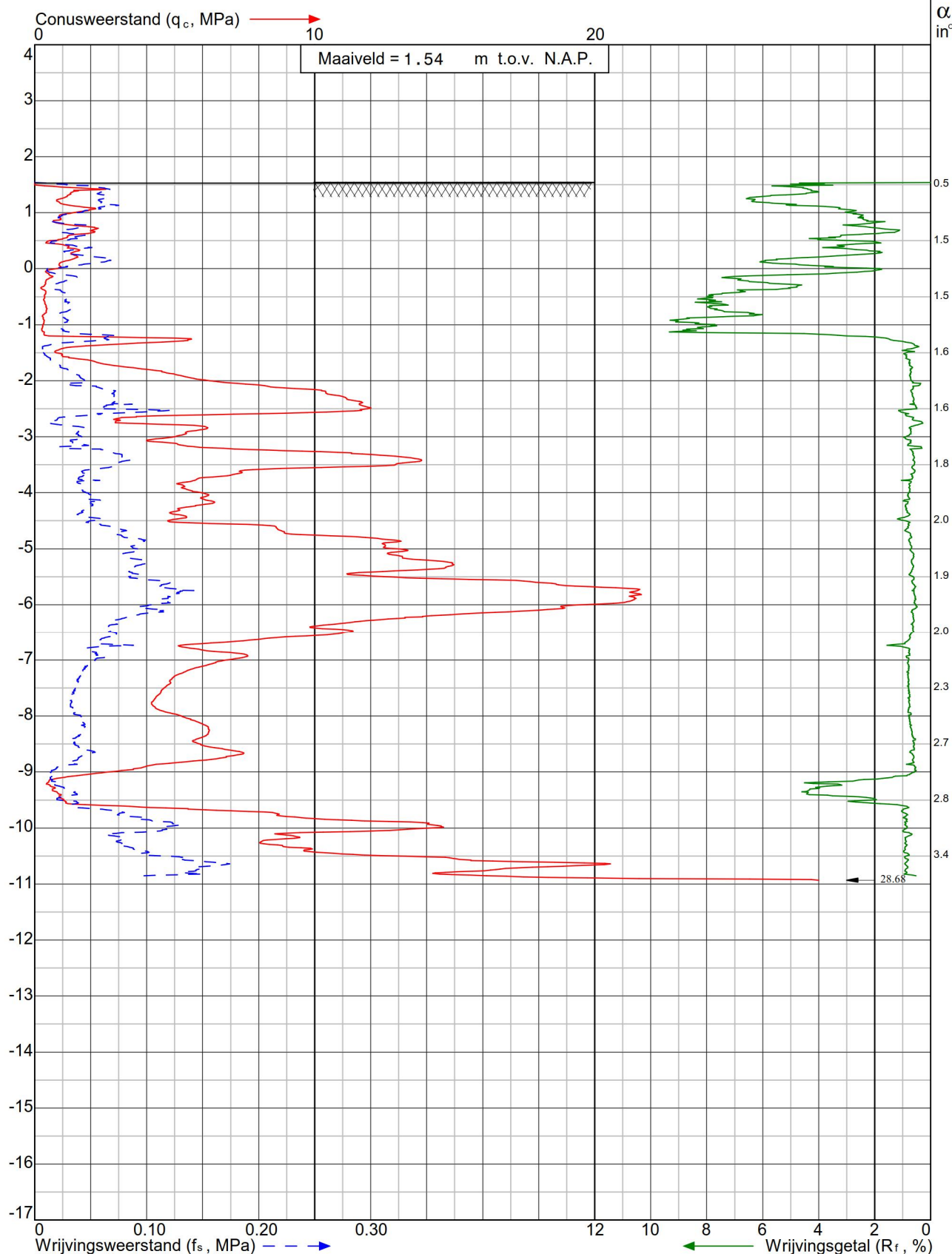
α : Afwijking van de vertikaal

Conusserienummer: 000751

Conusstype: cilindrisch elektrisch CF

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Project langs het Noord Willemskanaal ter plaatse van "De Witte Molen" te Haren

Sondering: **DKM-4**



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236364

y = 573551

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-55014-1

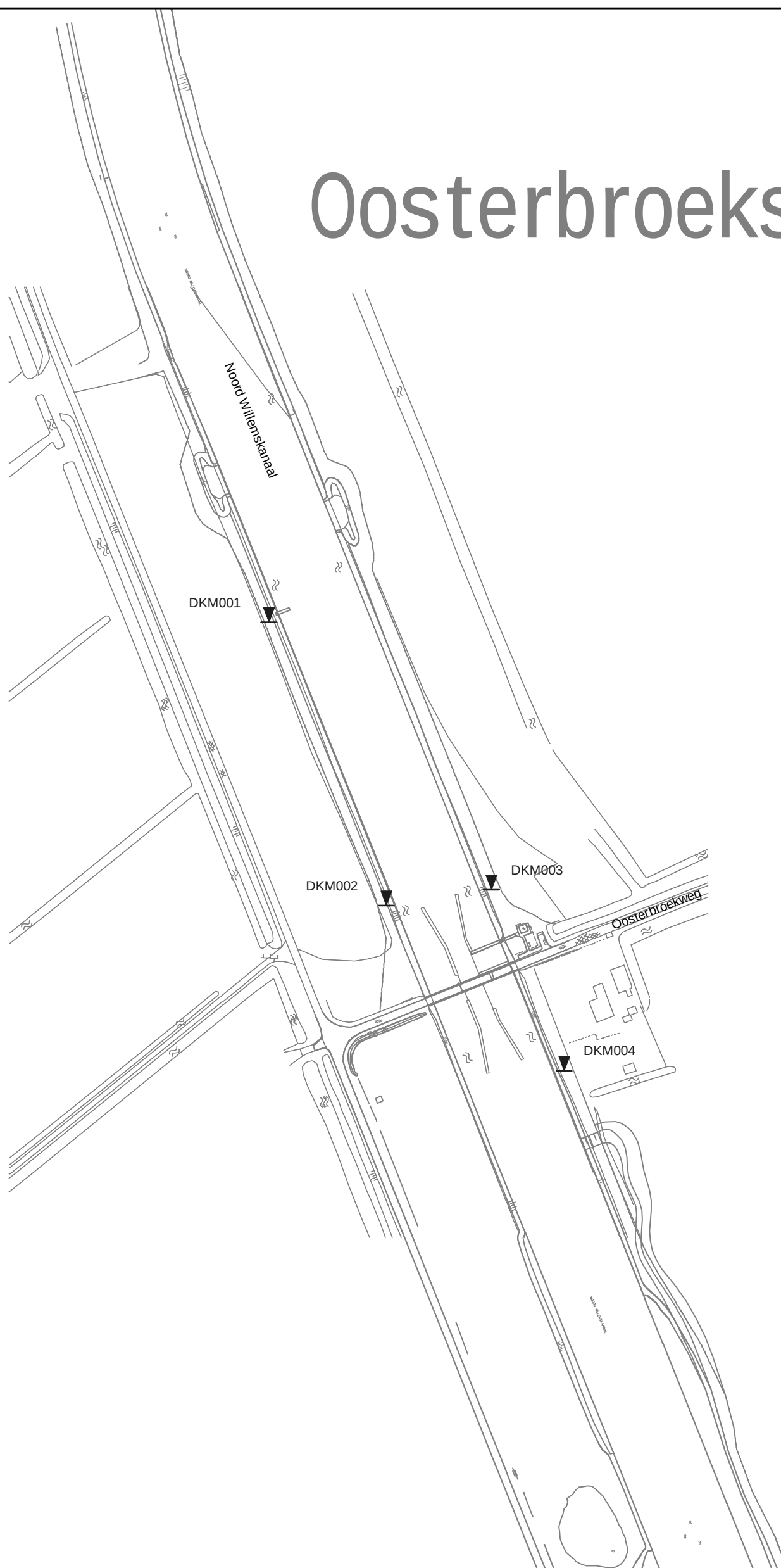
Datum: 30-11-2011

AKKOORD
GEO

Bijlage 4



Oosterbroeksebrug



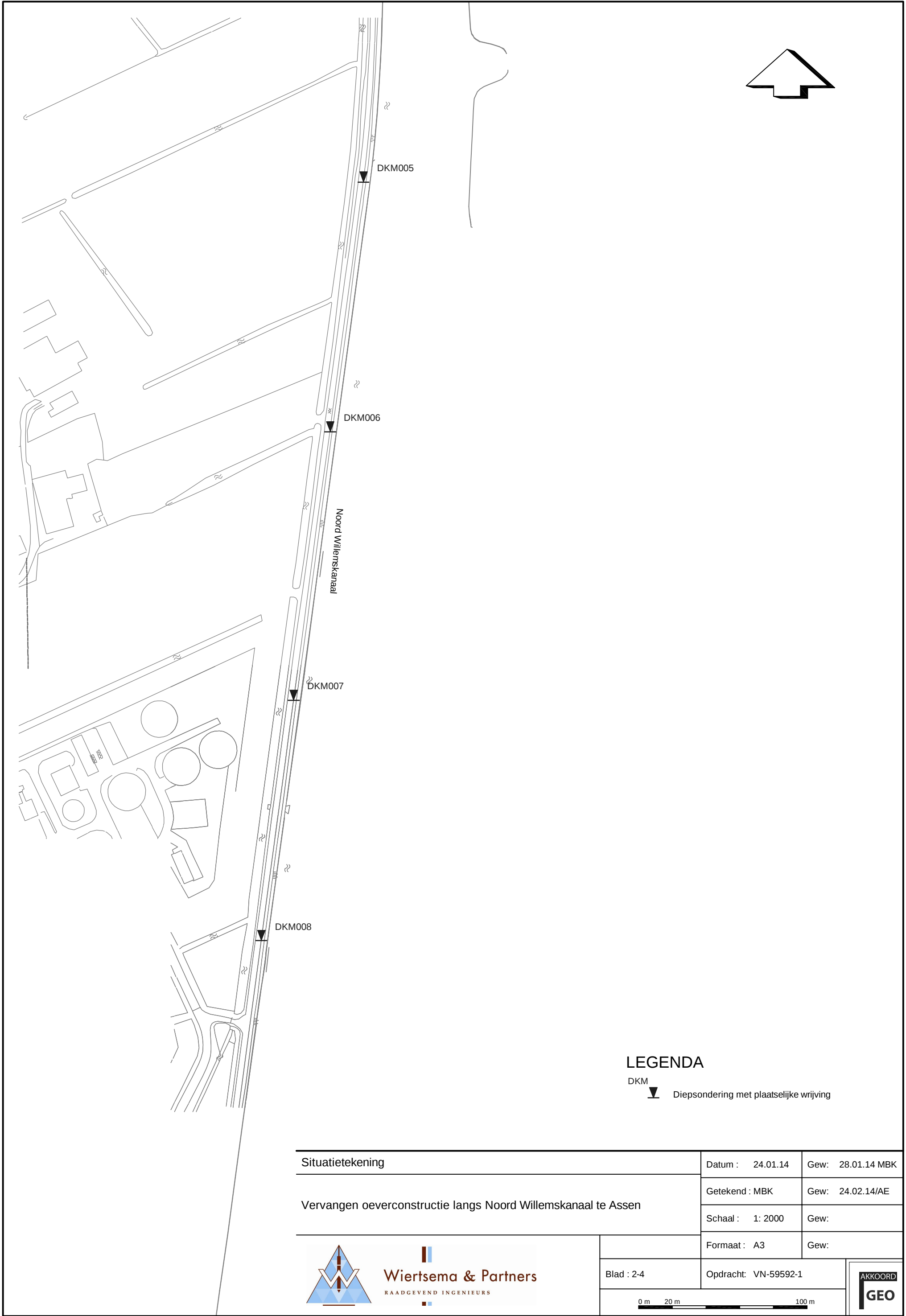
LEGENDA

DKM
▼ Diepsondering met plaatselijke wrijving

Situatietekening	Datum : 24.01.14	Gew: 28.01.14 MBK
	Getekend : MBK	Gew: 24.02.14/AE
	Schaal : 1: 2000	Gew:
	Formaat : A3	Gew:
Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemkanaal te Assen	Blad : 1-4	Opdracht: VN-59592-1
	AKKOORD GEO	
	0 m 20 m 100 m	



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



LEGENDA

DKM
▼ Diepsondering met plaatselijke wrijving

Situatietekening		Datum : 24.01.14		Gew: 28.01.14 MBK	
Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal te Assen		Getekend : MBK		Gew: 24.02.14/AE	
		Schaal : 1: 2000		Gew:	
		Formaat : A3		Gew:	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS					
		Blad : 2-4		Opdracht: VN-59592-1	
					
				AKKOORD GEO	



brug de Punt

sluis de Punt

LEGENDA
DKM  Diepsondering met plaatselijke wrijving

Situatietekening	Datum : 24.01.14	Gew: 28.01.14 MBK
	Getekend : MBK	Gew: 24.02.14/AE
Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemkanaal te Assen	Schaal : 1: 2000	Gew:
	Formaat : A2	Gew:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Blad : 3-4	Opdracht: VN-59592-1
		
		AKKOORD GEO



LEGENDA

DKM
▼ Diepsondering met plaatselijke wrijving

Situatietekening		Datum : 24.01.14	Gew: 28.01.14 MBK
Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal te Assen		Getekend : MBK	Gew: 24.02.14/AE
		Schaal : 1: 2000	Gew:
		Formaat : A3	Gew:
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS		Opdracht: VN-59592-1	
	Blad : 4-4		
			

Bijlage 5

Klasse: 2

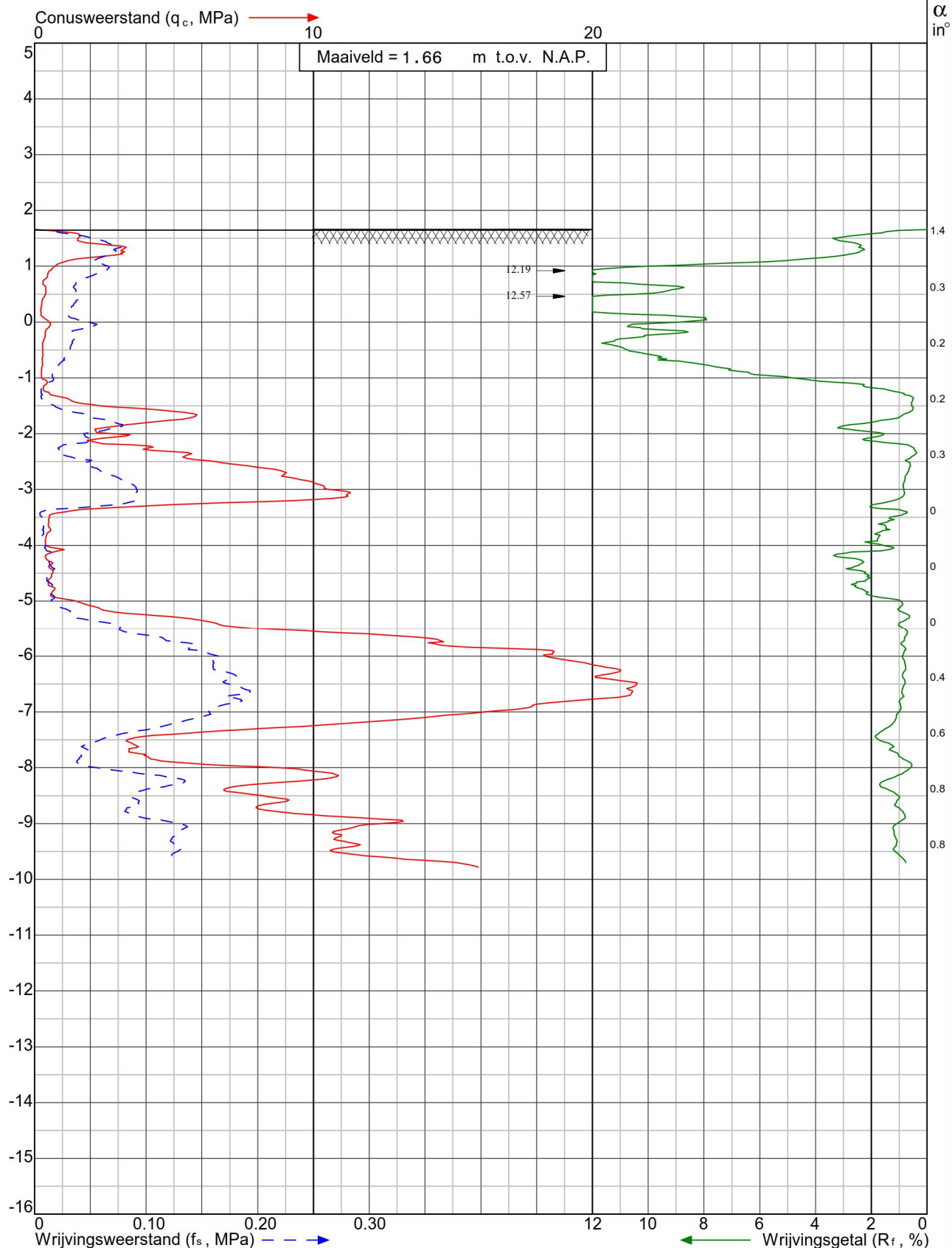
α: Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 110202

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal
te Assen

Sondering: DKM001



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236386

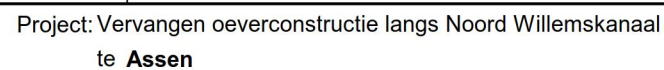
y = 573376

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 10-2-2014

AKKOORD
GEO



 **Wiertsema & Partners**
RAADGEVEND INGENIEURS

Klasse: 2

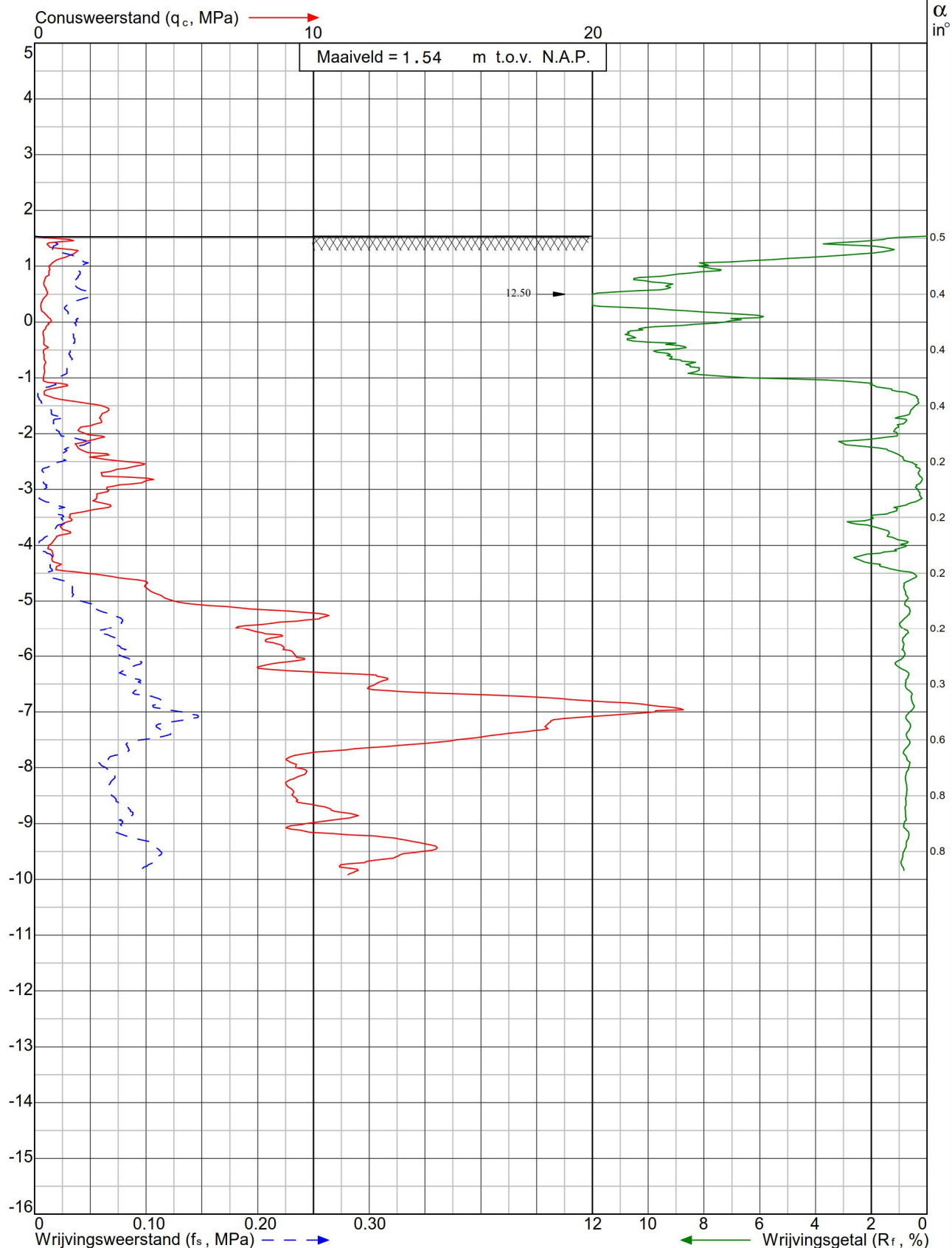
α: Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 080801

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal
te Assen

Sondering: DKM003



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236479

y = 573264

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 18-2-2014

AKKOORD
GEO

Klasse: 2

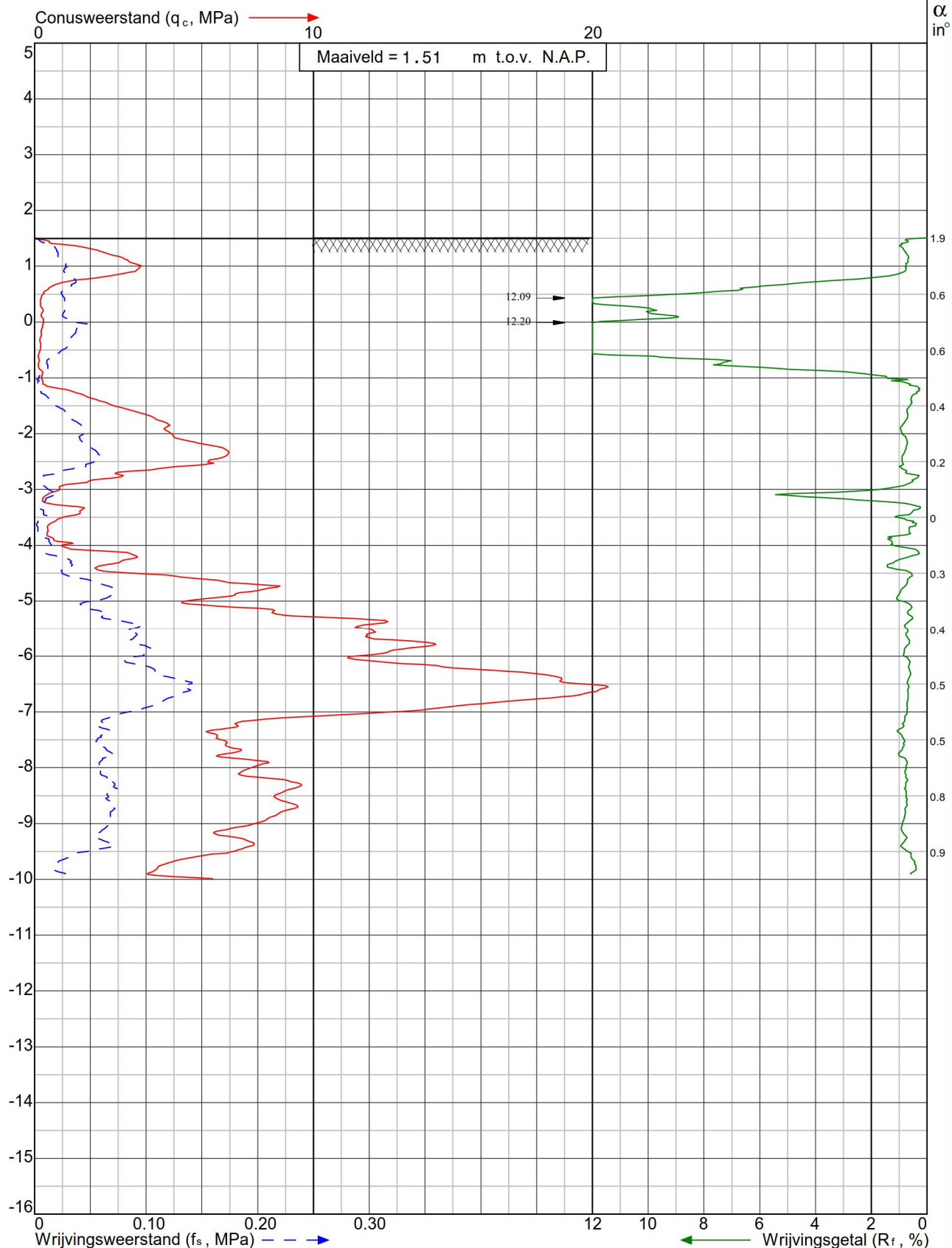
α: Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 080801

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal
te Assen

Sondering: DKM004



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236509

y = 573189

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 18-2-2014

AKKOORD
GEO

Klasse: 2

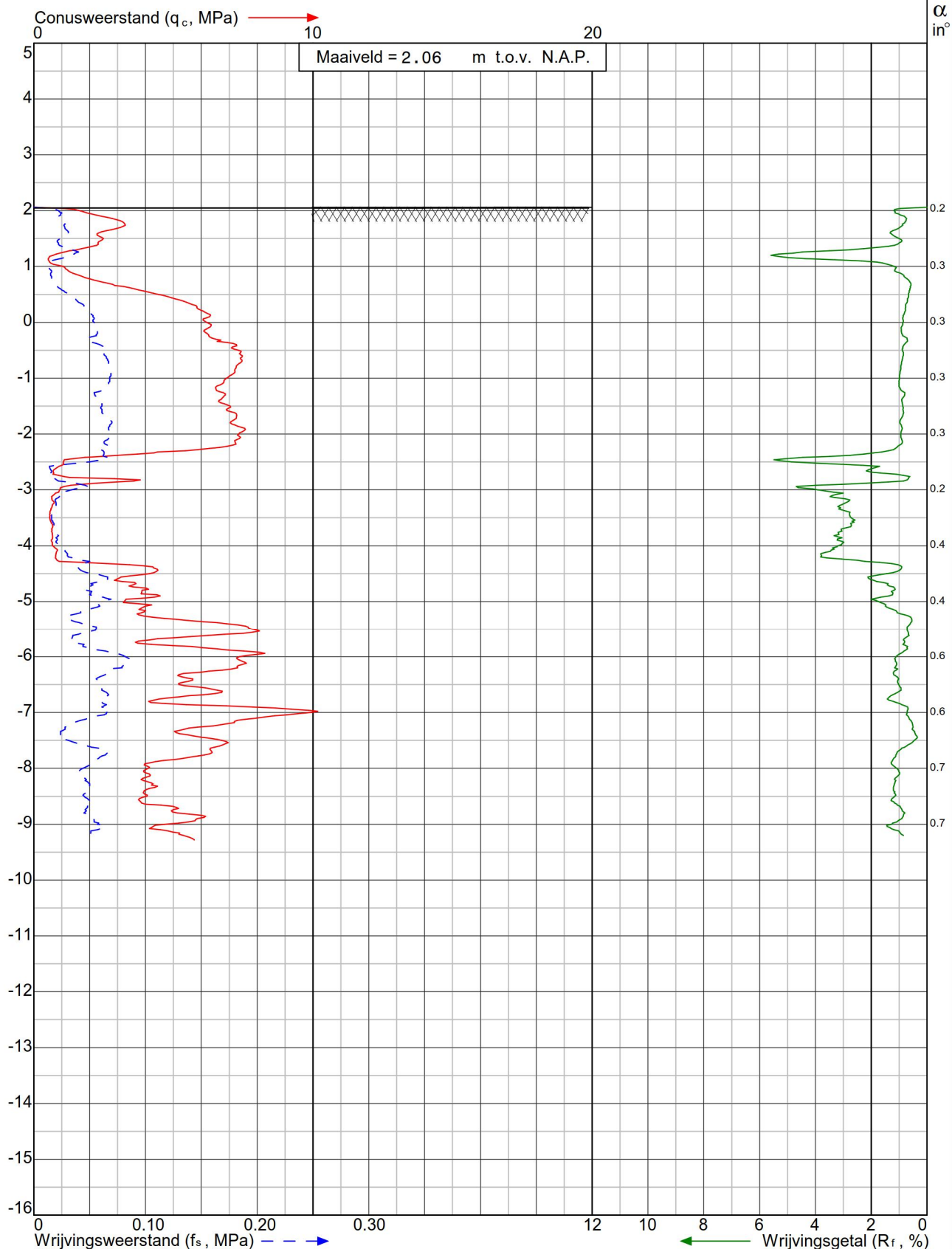
Conus: Afwijking van de verticaal

Conusnummer: 110202

Conus: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal te Assen

Sondering: DKM005



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236661

y = 572362

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 10-2-2014

AKKOORD
GEO

Klasse: 2

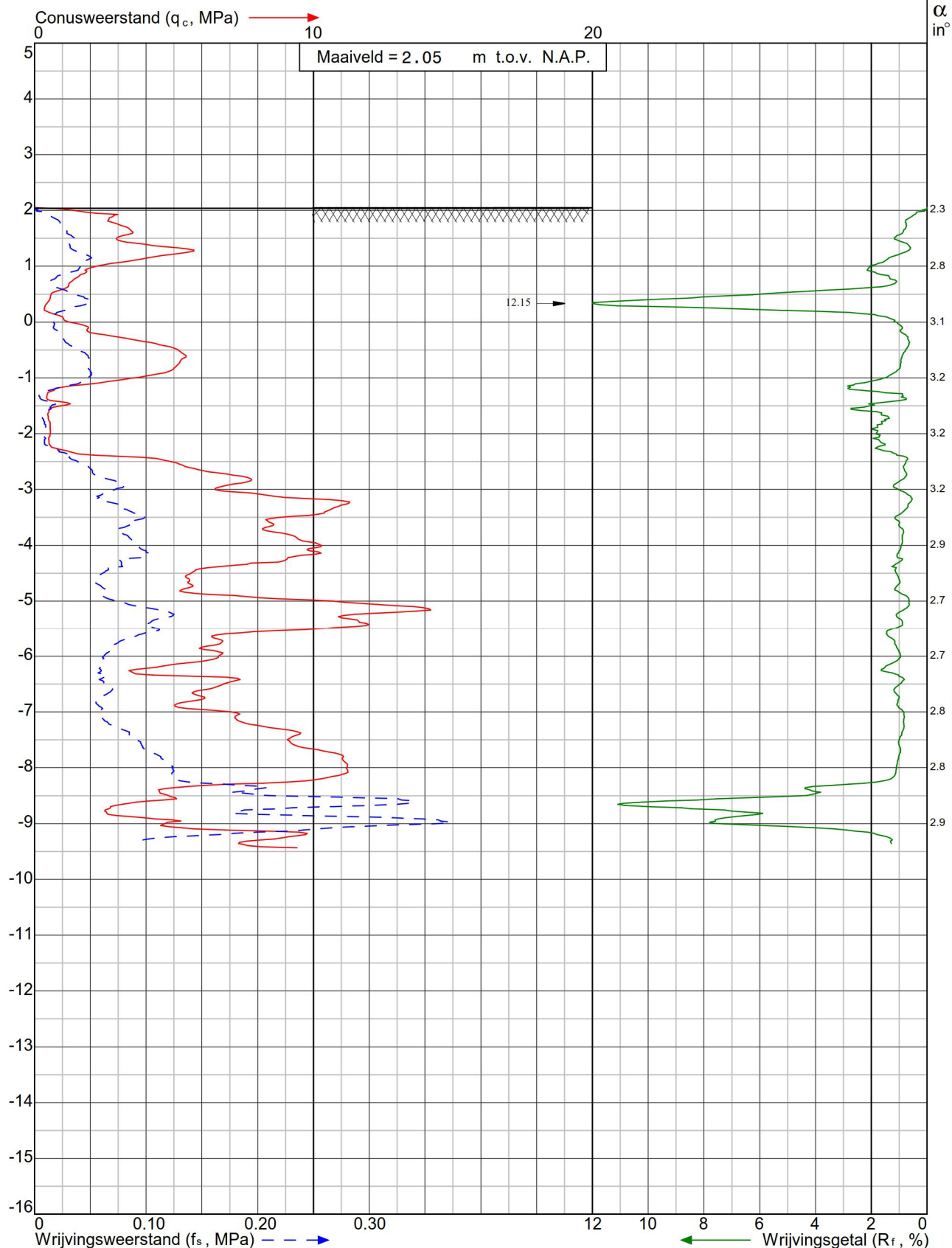
α: Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 110202

Conustype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal
te Assen

Sondering: DKM007



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236620

y = 572054

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 10-2-2014

AKKOORD
GEO

Klasse: 2

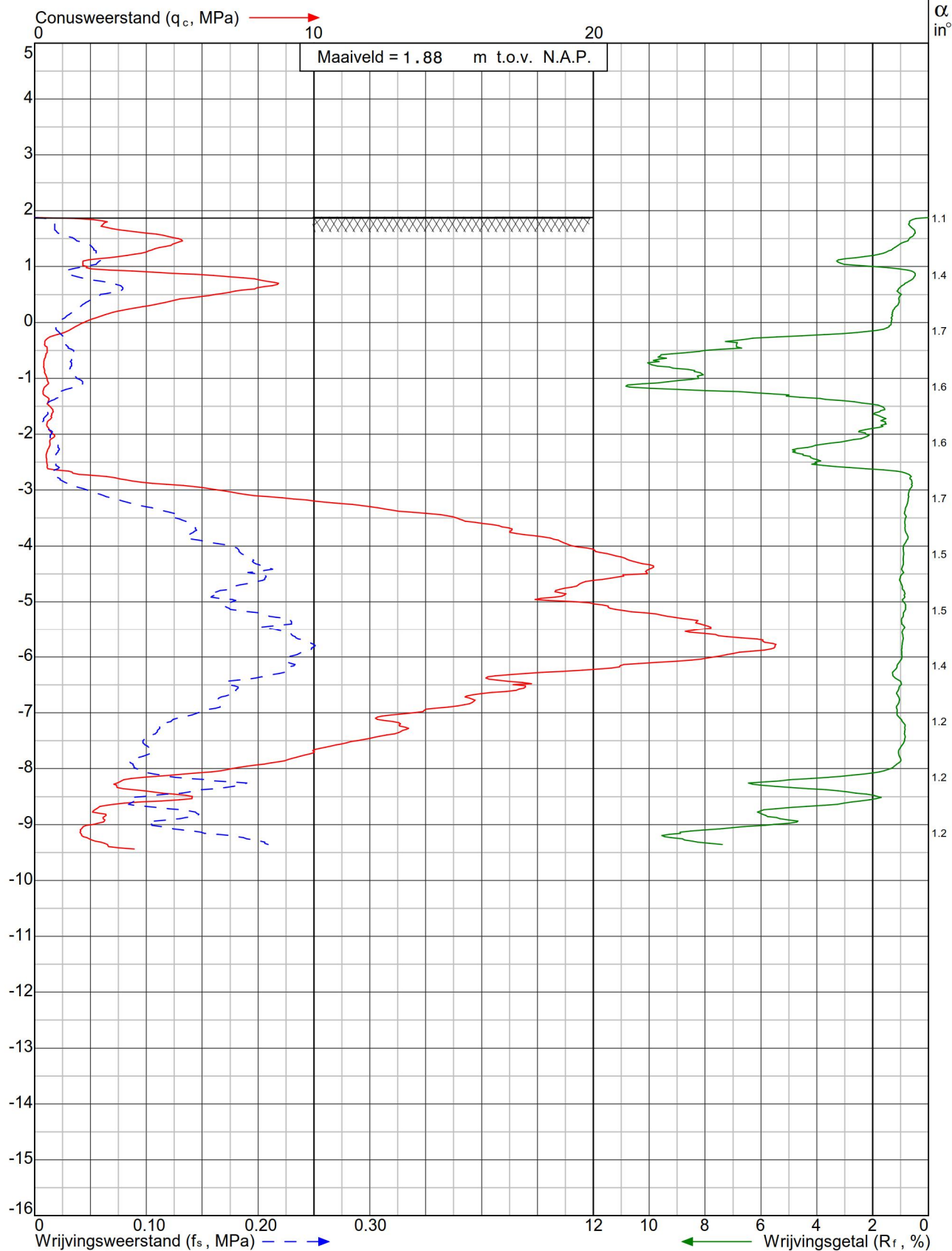
α : Afwijking van de verticaal

Conusserienummer: 110202

Conusstype: cilindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN 5140

Diepte in meters ten opzichte van N.A.P.



Project: Vervangen oeverconstructie langs Noord Willemskanaal
te Assen

Sondering: DKM008



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 236601

y = 571912

Blad: 1 van 1

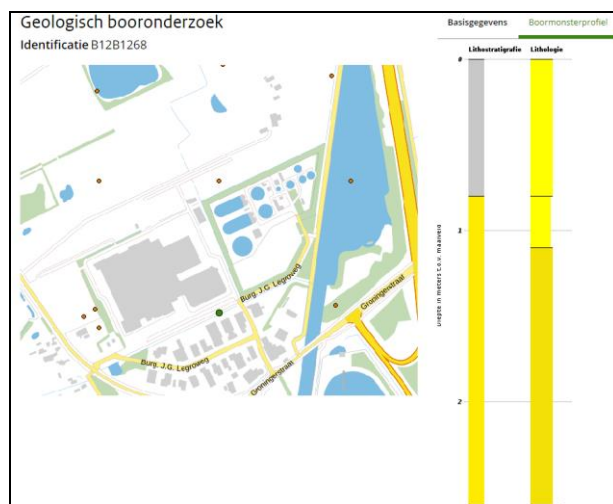
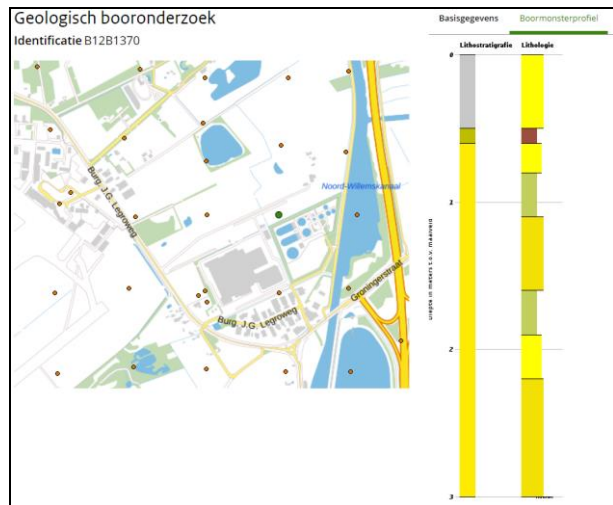
Opdr.nr: VN-59592-1

Datum: 10-2-2014

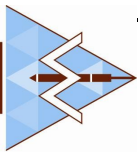
AKKOORD
GEO

Bijlage 6

Booronderzoek Dinoloket achterland profiel F



Bijlage 7



BI, gebruiksfase, 0 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Phone

Fax

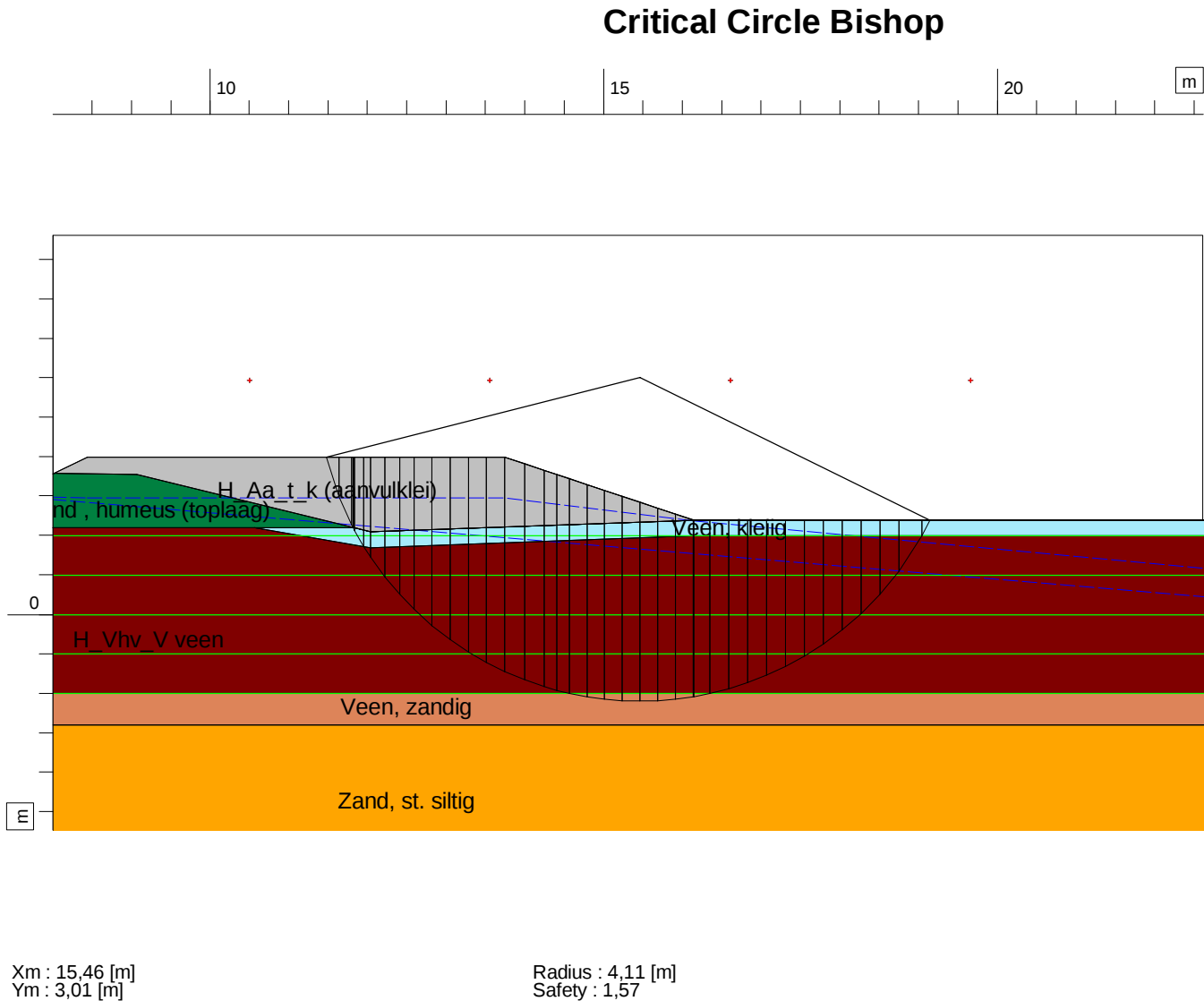
1-2-2022

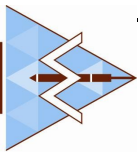
-

Annex -

A4

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.sli





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BI, gebruiksfase, 0 kPa

Projectnaam
Bt
Phone
Fax

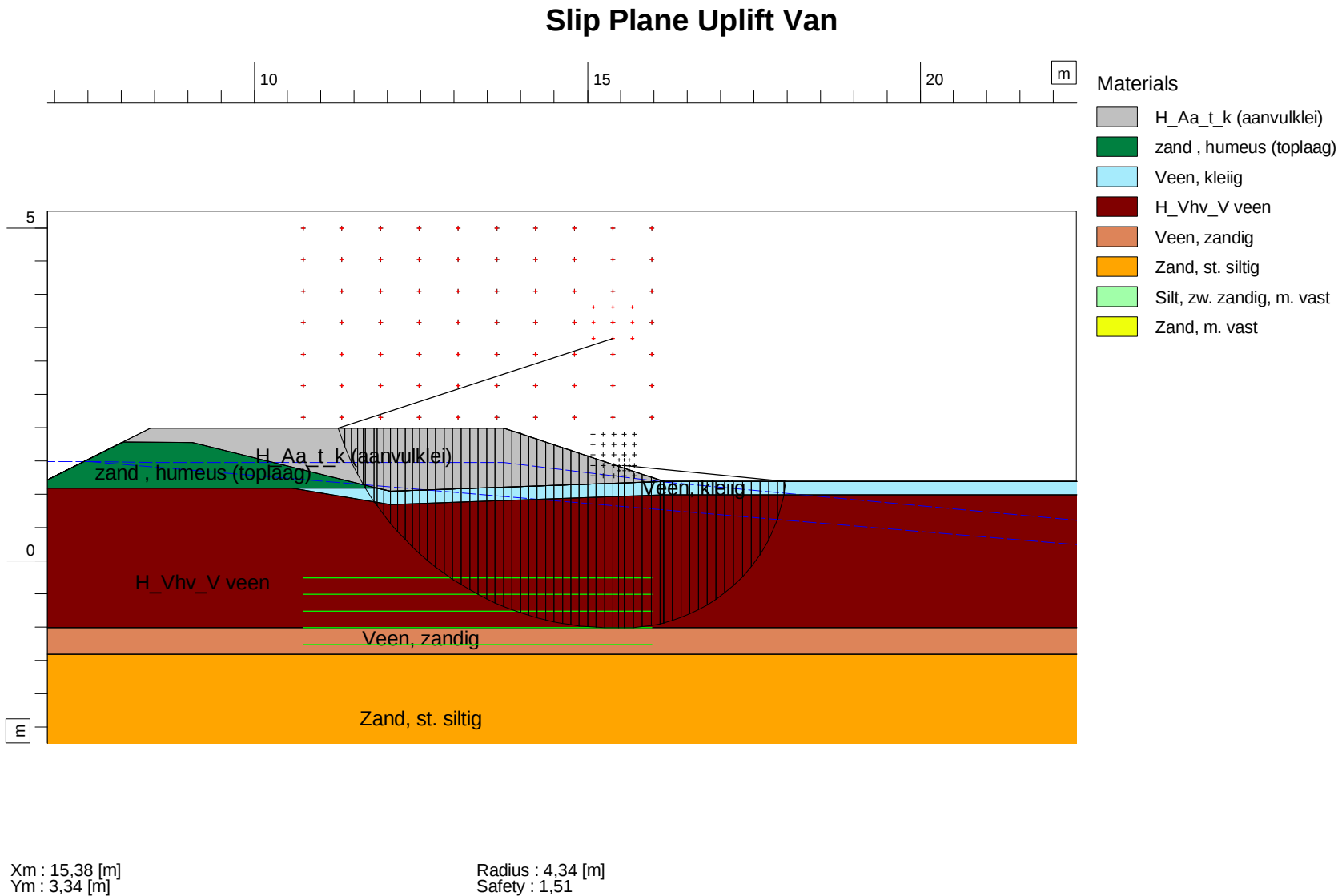
date
1-2-2022

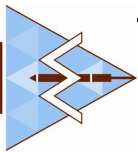
D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.slt

78082-2

Annex -

form.
A4





BI, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN



Telefoon: 06-43111111

BT

Phone
Fax

date
1-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.sli

dw.

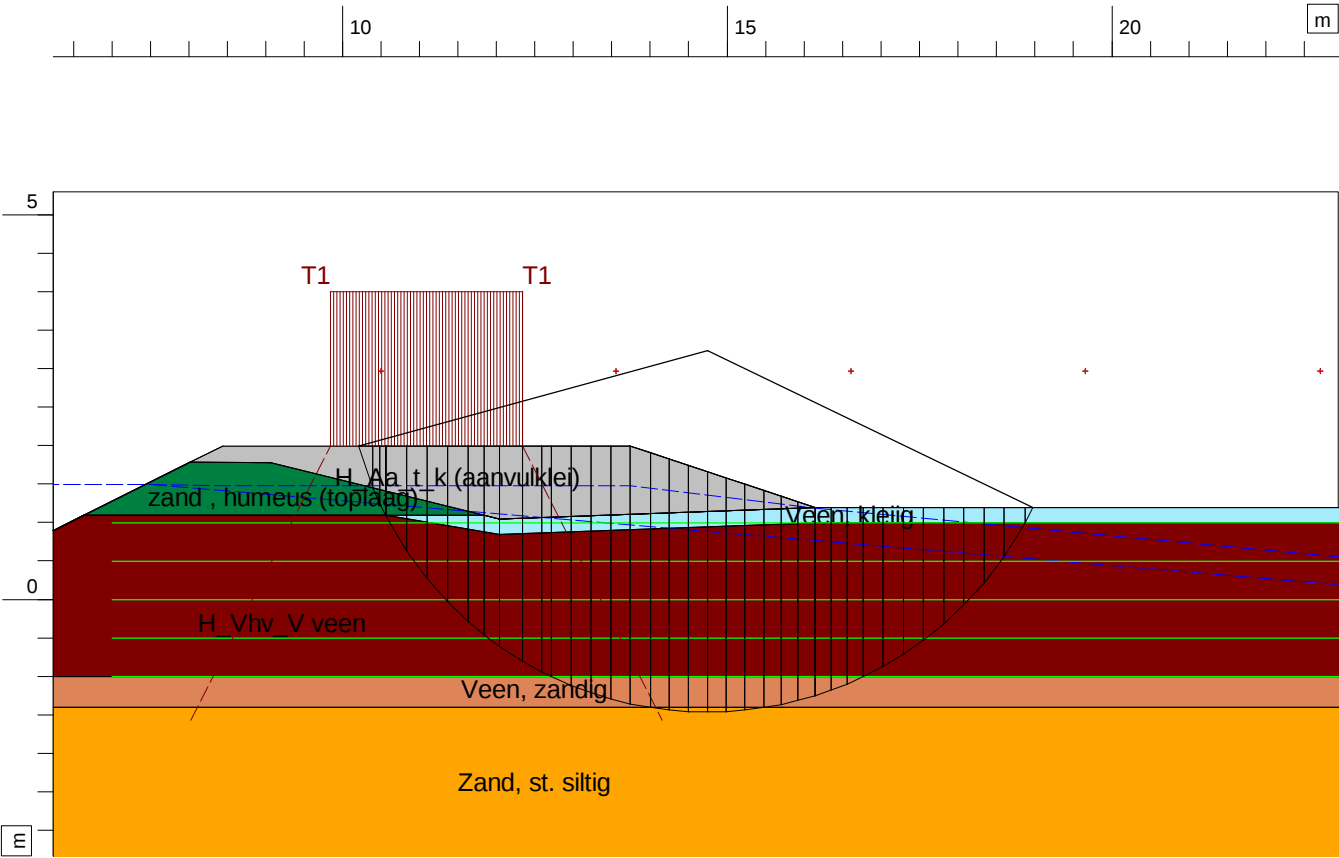
78082-2

ctf.

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop

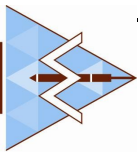


Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- zand , humeus (toplaag)
- Veen, kleiig
- H_Vhv_V veen
- Veen, zandig
- Zand, st. siltig
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Zand, m. vast

Xm : 14,74 [m]
Ym : 3,24 [m]

Radius : 4,70 [m]
Safety : 1,37



BI, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Telefoon nr. 6

311

Phone

Fax

date
1-2-2022

dw.

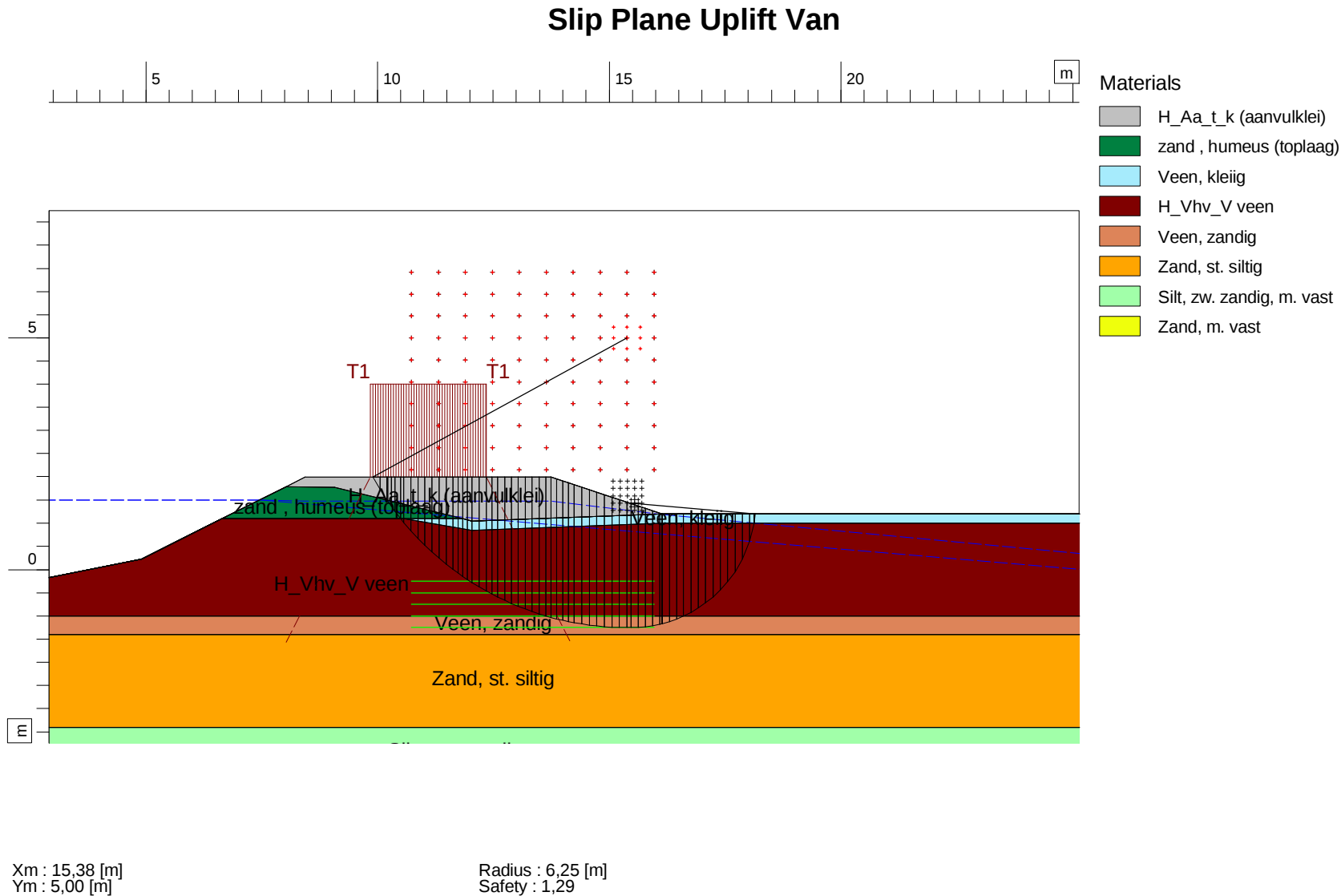
78082-2

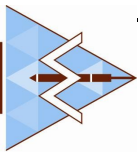
ctf.

Annex -

form.

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.sli





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BI, gebruiksfase, 13 kPa



Int

Phone
Fax

date
1-2-2022

dw.

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.sli

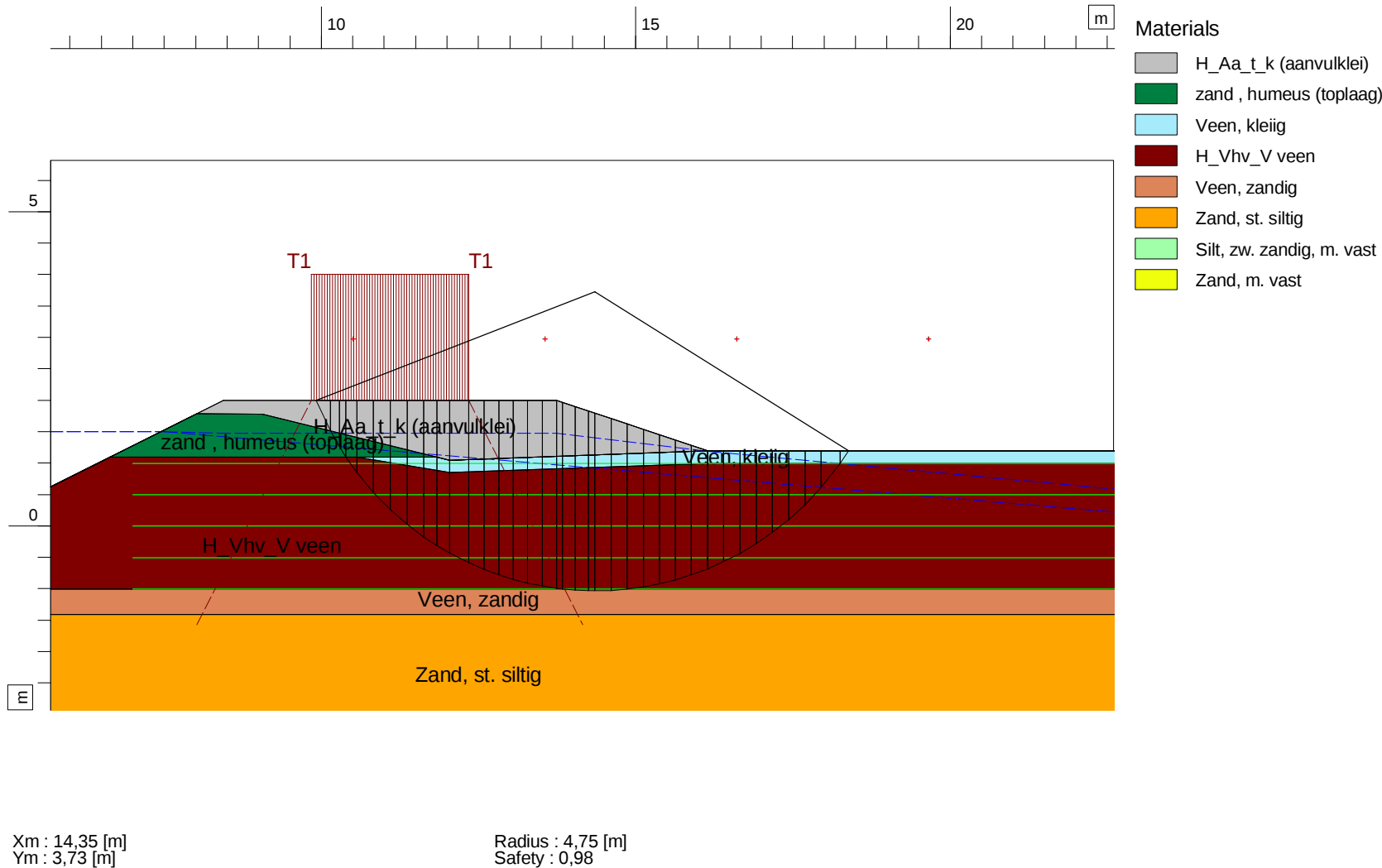
78082-2

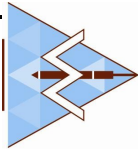
ctf.

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop





BI, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



BT

Phone
Fax

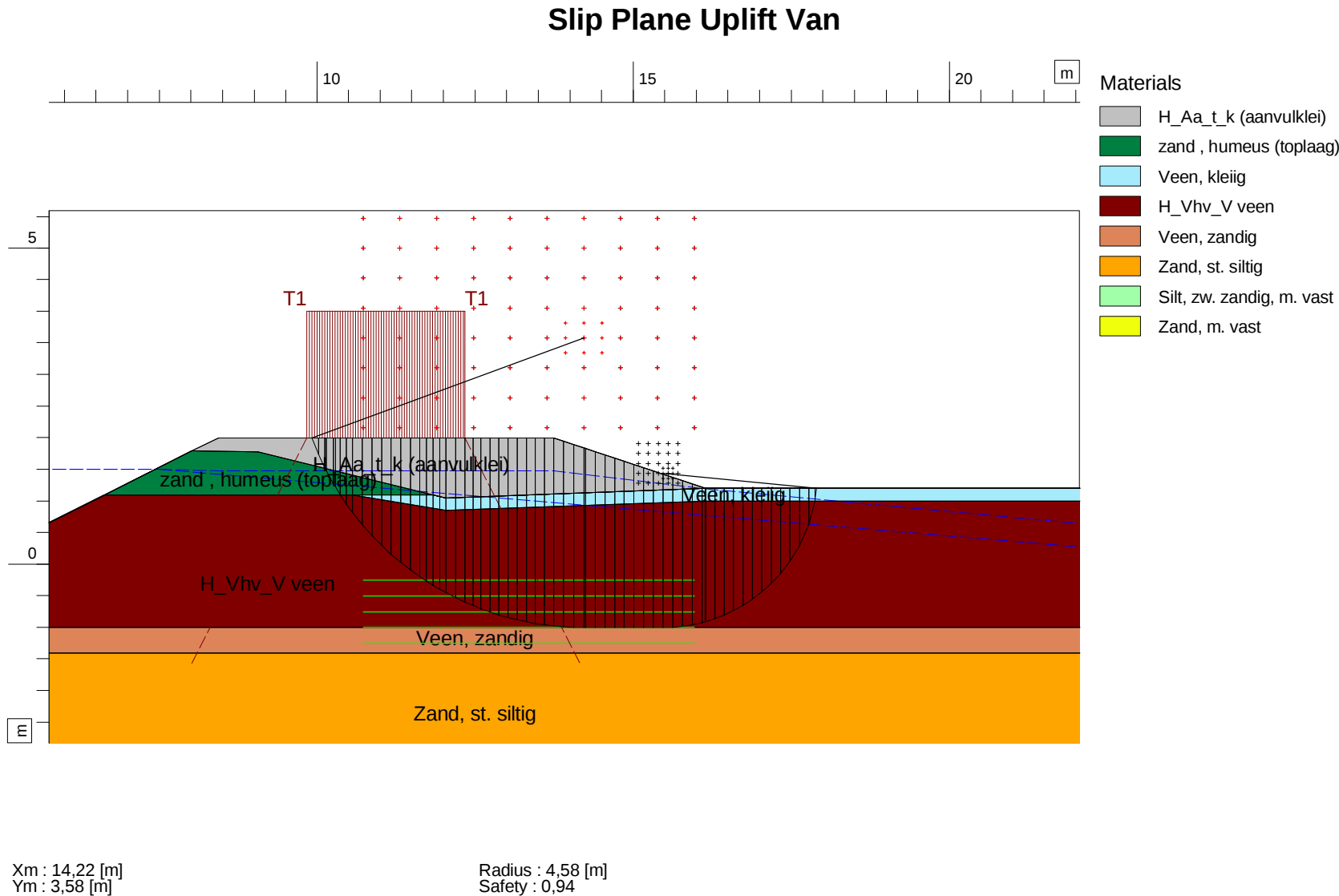
date
1-2-2022

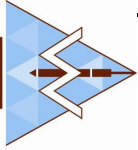
dwg.
-

Annex -

form.
A4

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A_Gebruiksfase BI.sli





BU, gebruiksfase, 0 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Wier

Phone
Fax

2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profil A, Gebruiksfase, BU, sli

date

dw.

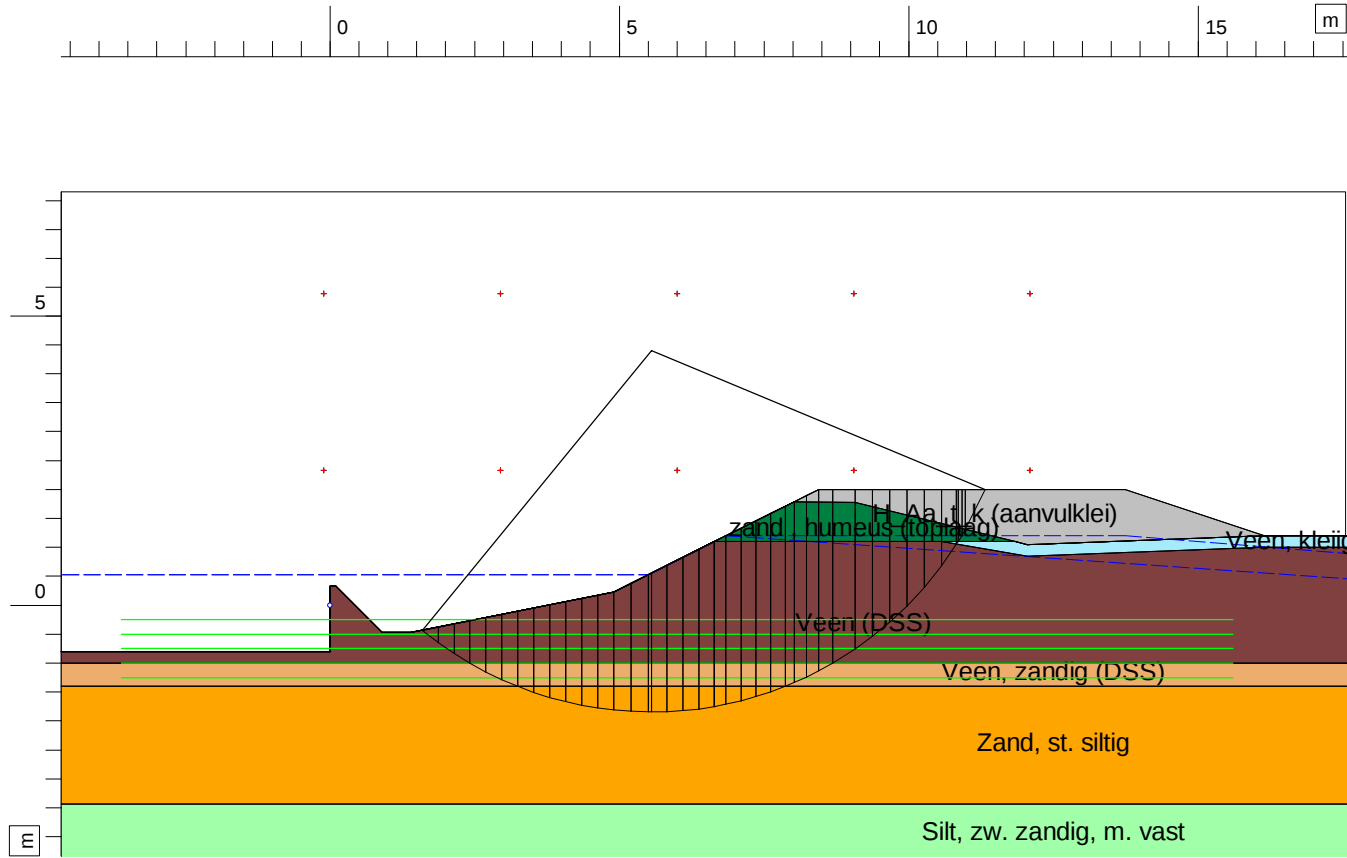
78082-2

cfr.

Annex -

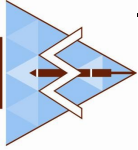
form.
A4

Critical Circle Bishop



Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- zand , humeus (toplaag)
- Veen, kleilig
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Zand, st. siltig
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Zand, m. vast



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 0 kPa



Fullcontact
311

Phone
Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profil A, Gebruiksfase, BU, sli

dwg.

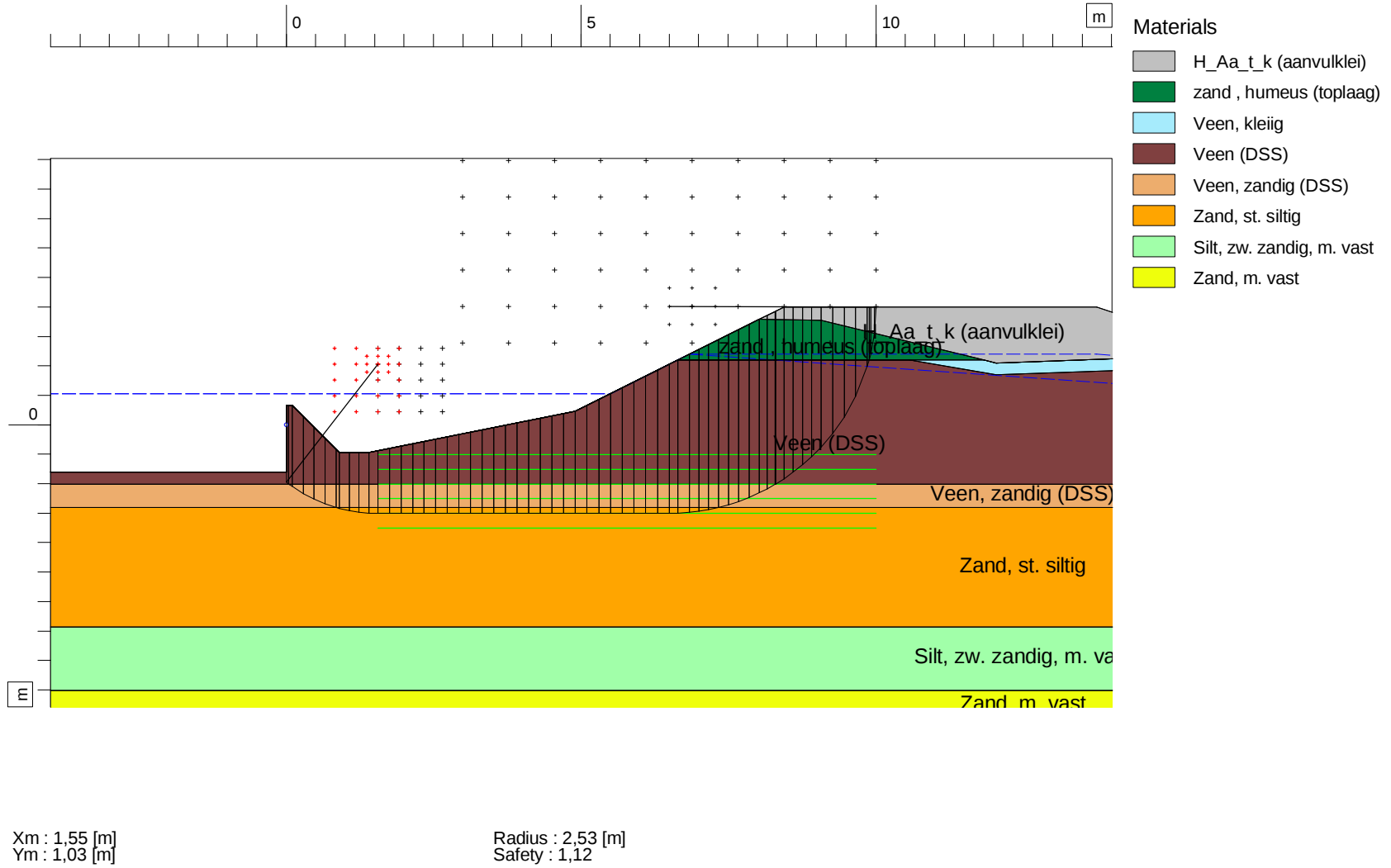
78082-2

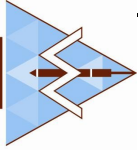
cfr.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van





BU, gebruiksfase, 5 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN



INT

Phone
Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Gebruiksfase, BU, silt

78082-2

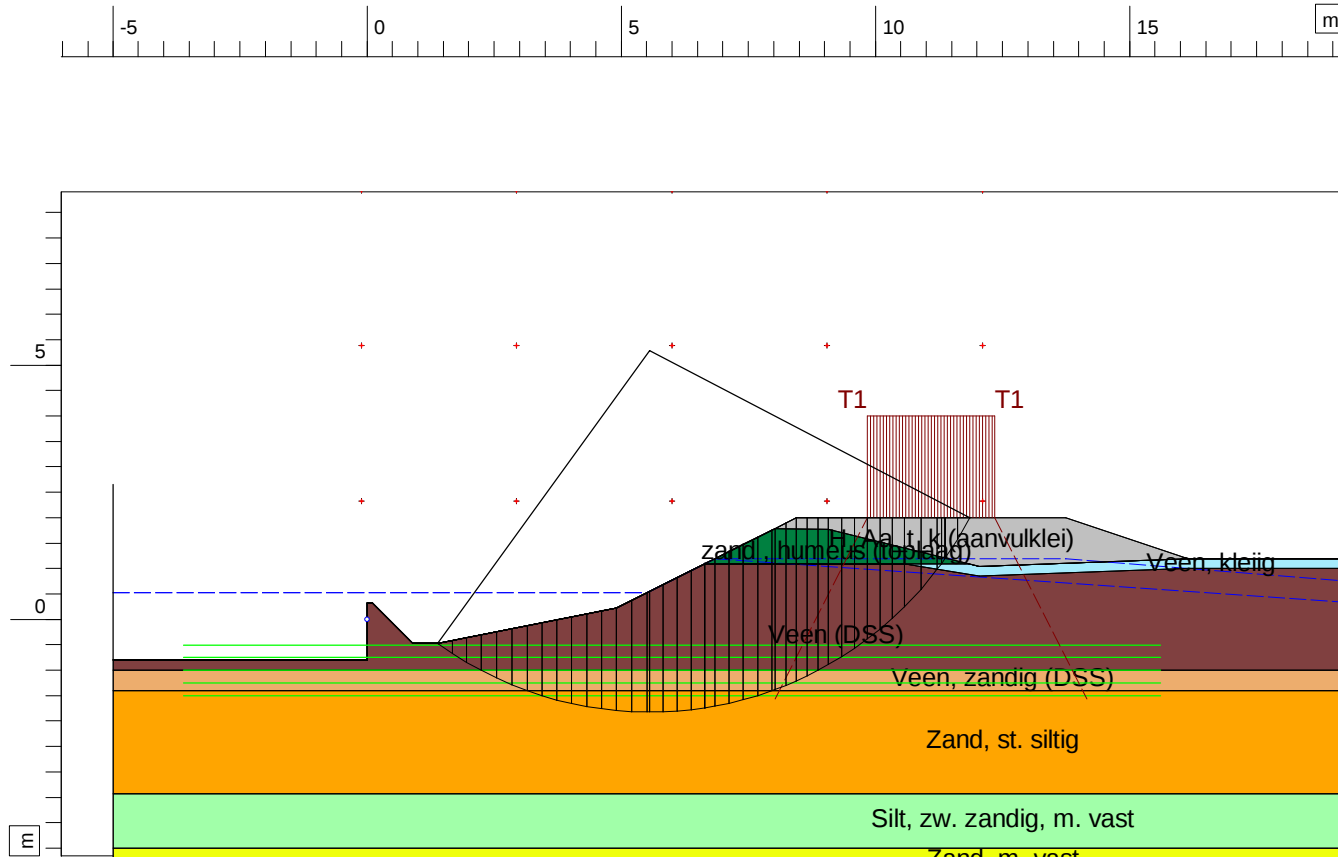
Annex -

form.
A4

dwg.
-

ctf.
-

Critical Circle Bishop

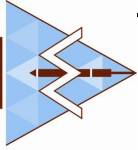


Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- zand, humeus (toplaag)
- Veen, kleilig
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Zand, st. siltig
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Zand, m. vast

Xm : 5,55 [m]
Ym : 5,29 [m]

Radius : 7,11 [m]
Safety : 1,16



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 5 kPa

Projectnaam
SIT
Phone
Fax

date
2-2-2022

D-geo Stability 18.2 : Profil A, Gebruiksfase, BU, sit

dwg.

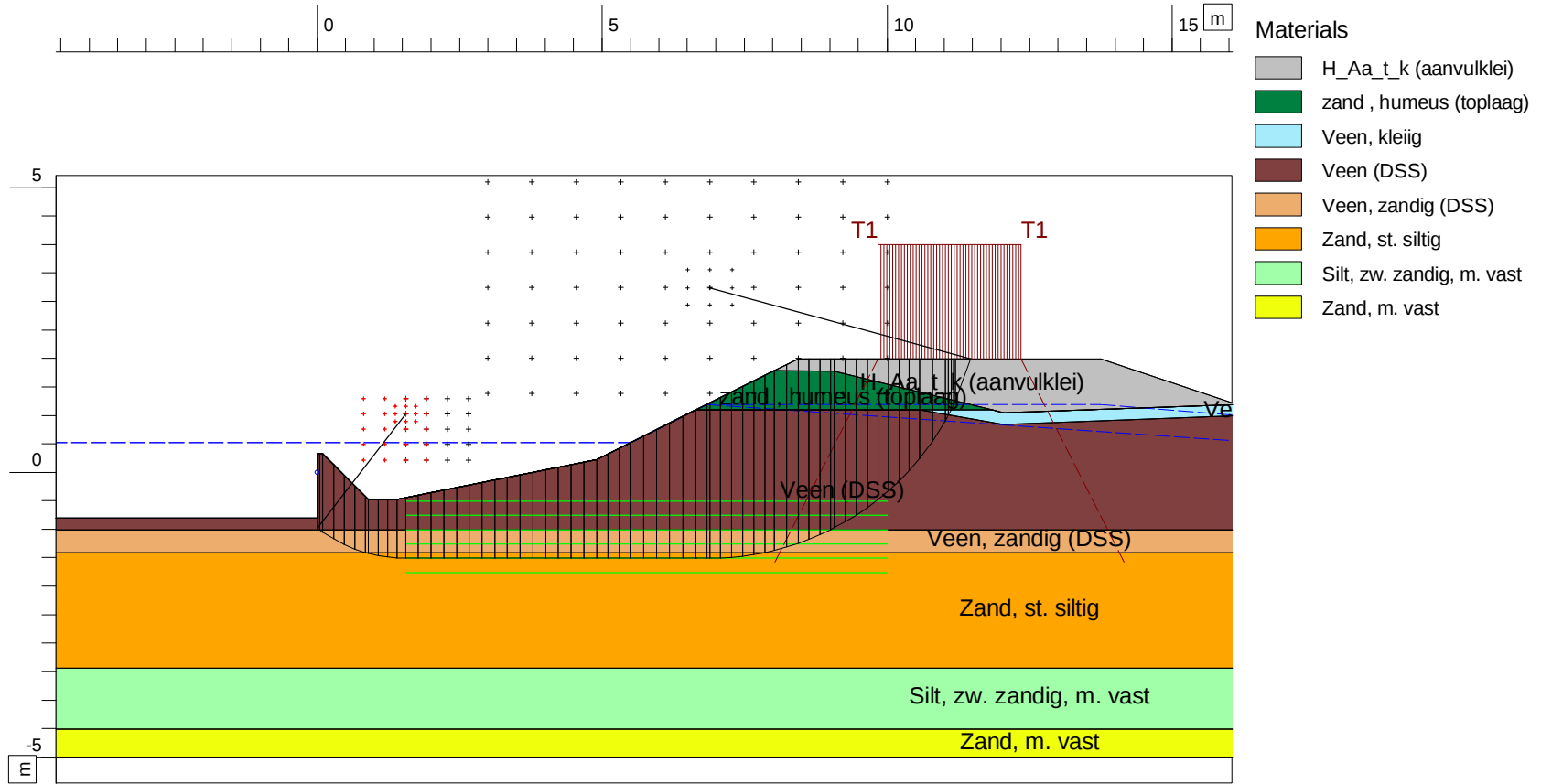
78082-2

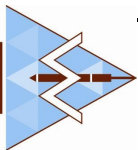
cfr.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa

Fullname
JIT
Phone
Fax

date
2-2-2022

D-geo Stability 18.2 : Profil A, Gebruiksfase, BU, silt

dwg.

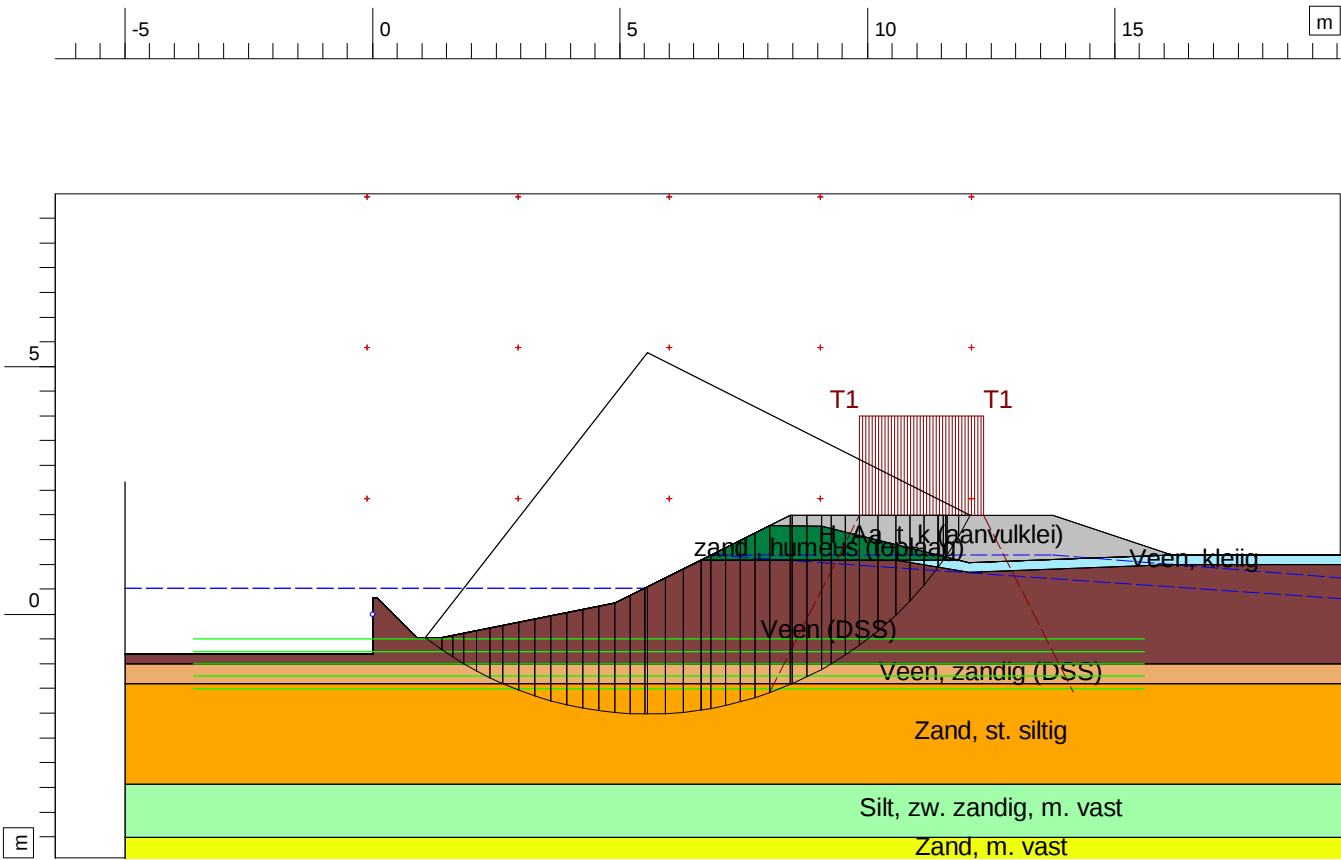
78082-2

cfr.

Annex -

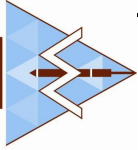
form.
A4

Critical Circle Bishop



Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- zand, humeus (toplaag)
- Veen, kleilig
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Zand, st. siltig
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Zand, m. vast



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa met kleikist

Phone
Fax

2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Kleikist, Gebruiksfase, BU, silt

dw.

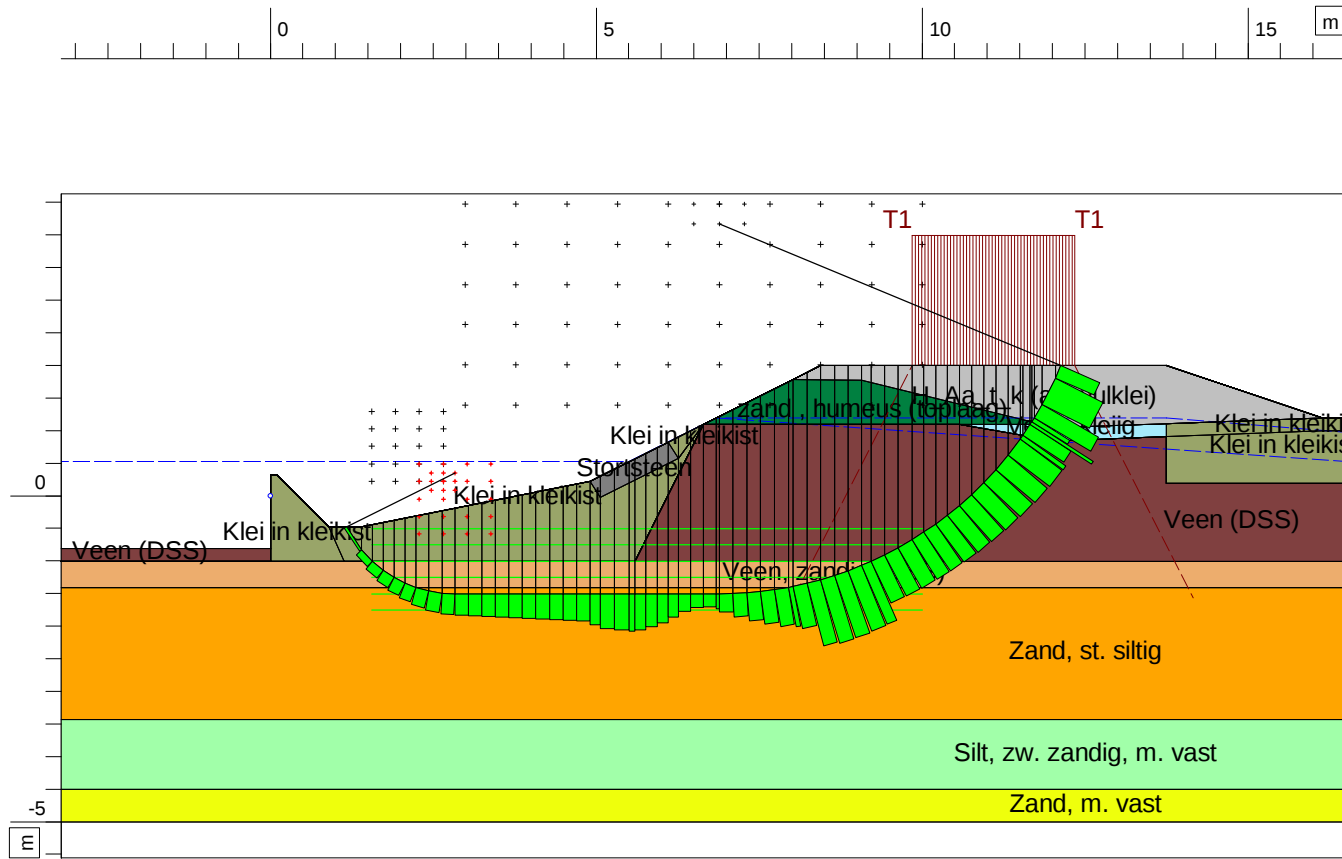
78082-2

ctf.

Annex -

form.
A4

Effective Stress Uplift Van



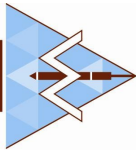
Materials

- Stortsteen
- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- zand, humeus (toplaag)
- Klei in kleikist
- Veen, kleiig
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Zand, st. siltig
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Zand, m. vast

Xm : 2,83 [m]
Ym : 0,36 [m]

Radius : 1,86 [m]
Safety : 1,06

Max. stress : 24,579 [kN/m²]
Min. stress : 0,922 [kN/m²]



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN

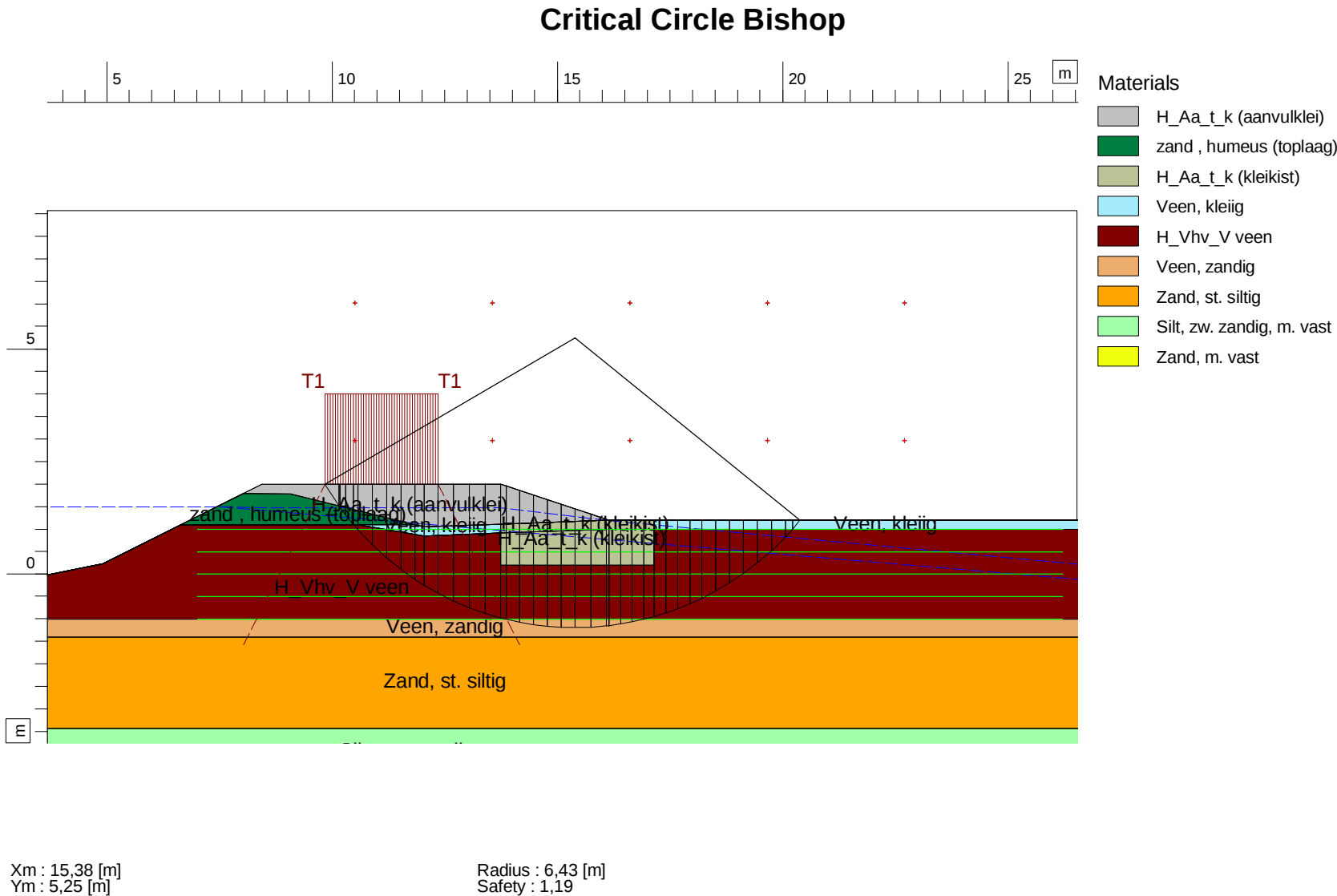
BI, gebruiksfase, 13 kPa met kleikist

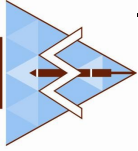
Projectnaam
BI
Phone
Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Kleikist, Gebruiksfase BI.sli

Annex	-	form.	A4
	78082-2	ctf.	





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Telefoon: 06 111 111 111

BT

Phone

Fax

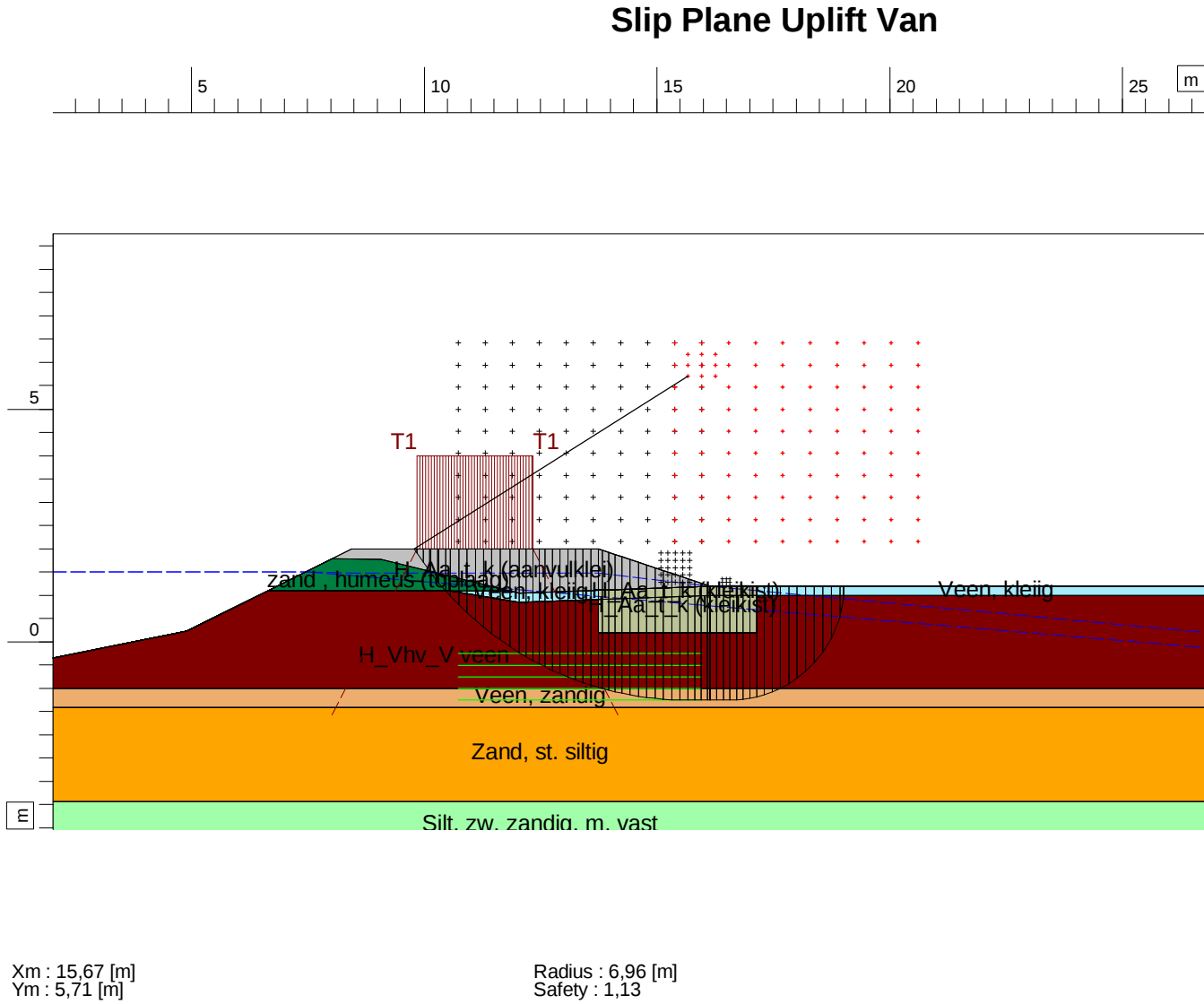
date
2-2-2022

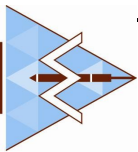
78082-2

Annex -

form.
A4

D-Geo Stability 18.2 : Profil A_Kleikst_Gebruiksfase_BI.slt





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN

BU, gebruiksfase, 5 kPa met kleikist

Fullcontact
Bt Phone
Fax

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Kleikist, Gebruiksfase, BU, sli

date
2-2-2022

dw.

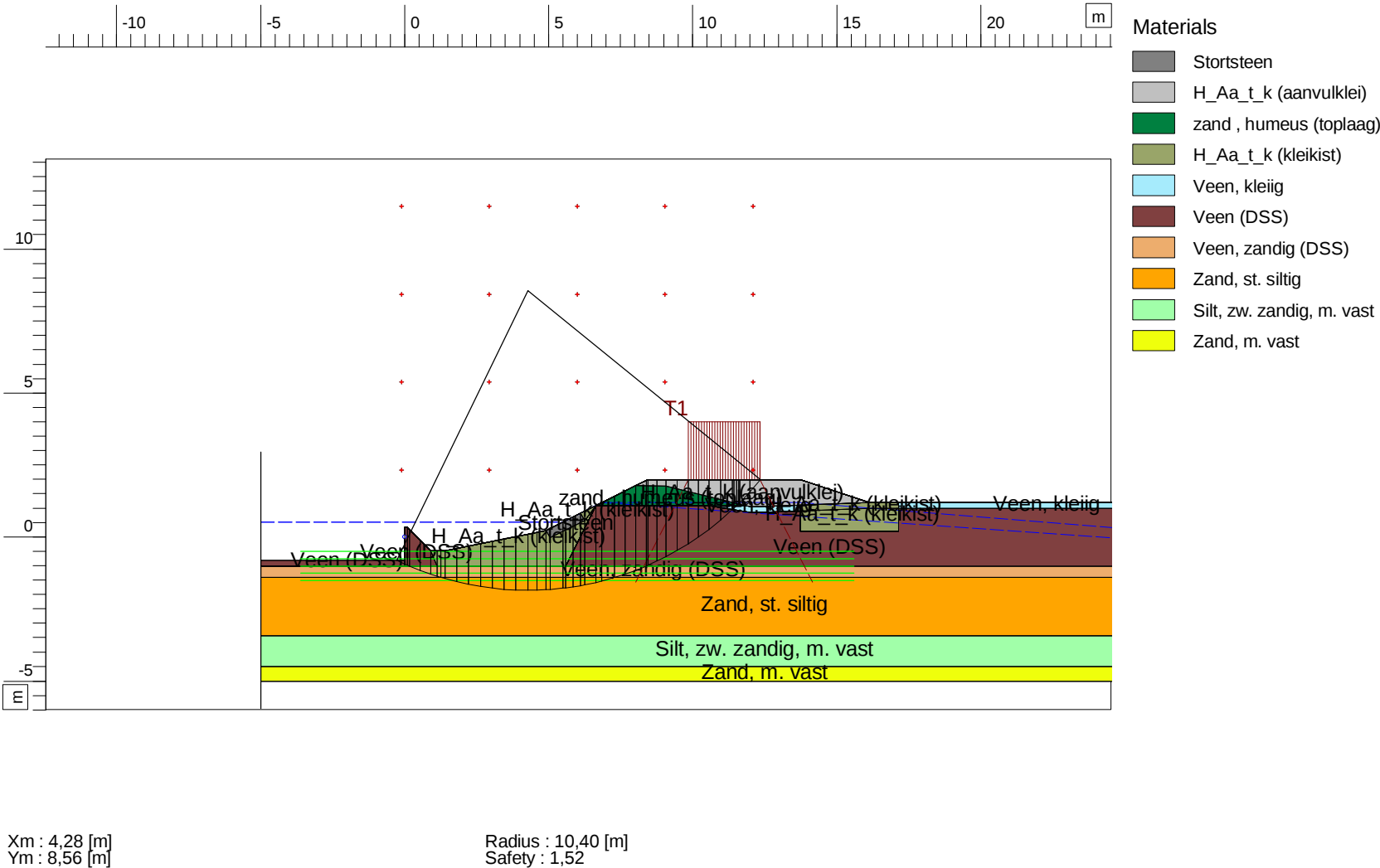
78082-2

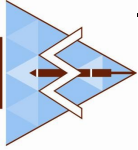
ctf.

Annex -

form.

Critical Circle Bishop





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 5 kPa met kleikist

Fullcontact
E-mail
Phone
Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Kleikist, Gebruiksfase, BU, silt

dwg.

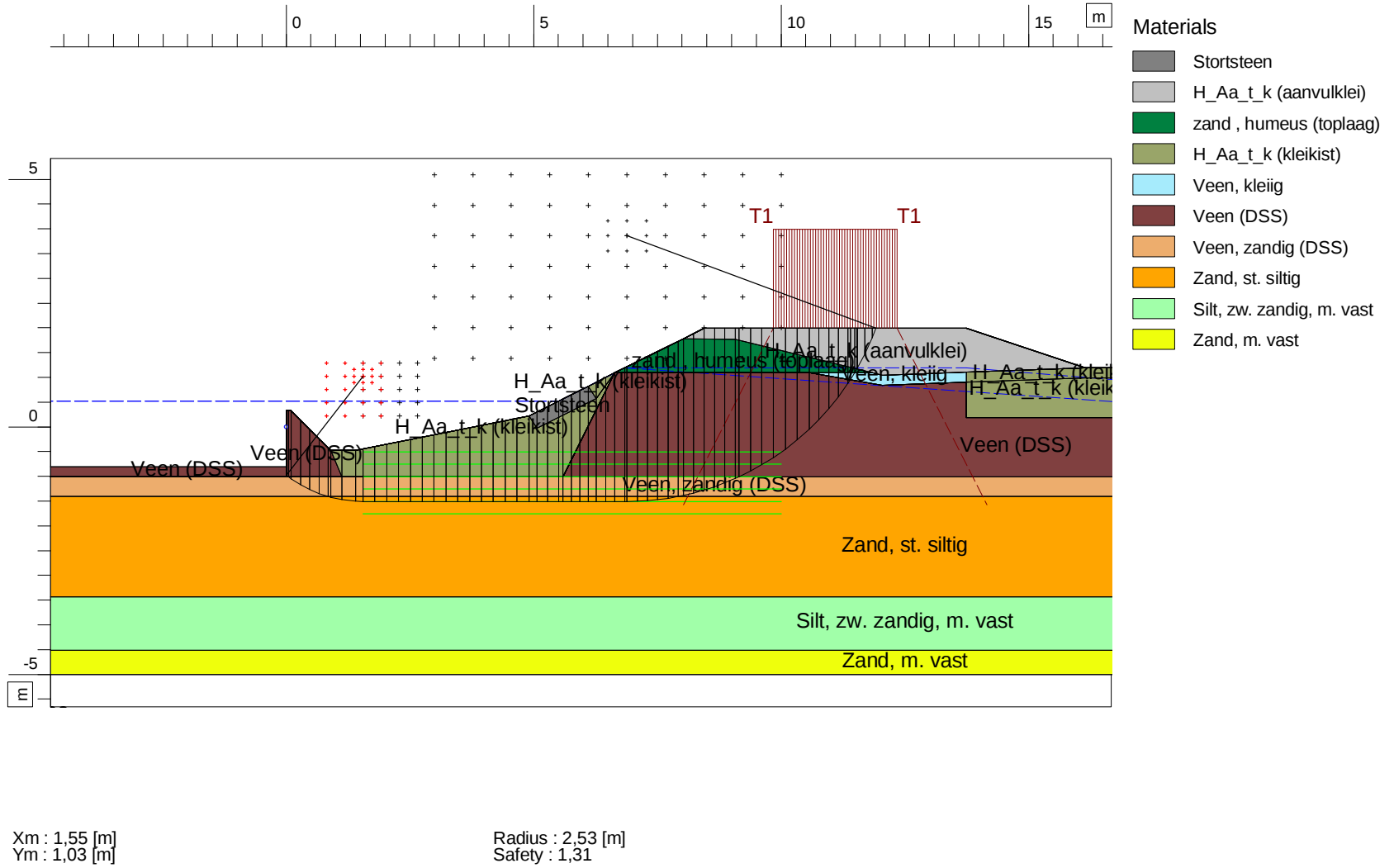
78082-2

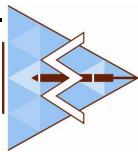
cfr.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa met kleikist

Projectgegevens
SIT Phone Fax

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A, Kleikist, Gebruiksfase, BU, sit

date
4-2-2022

dwg.

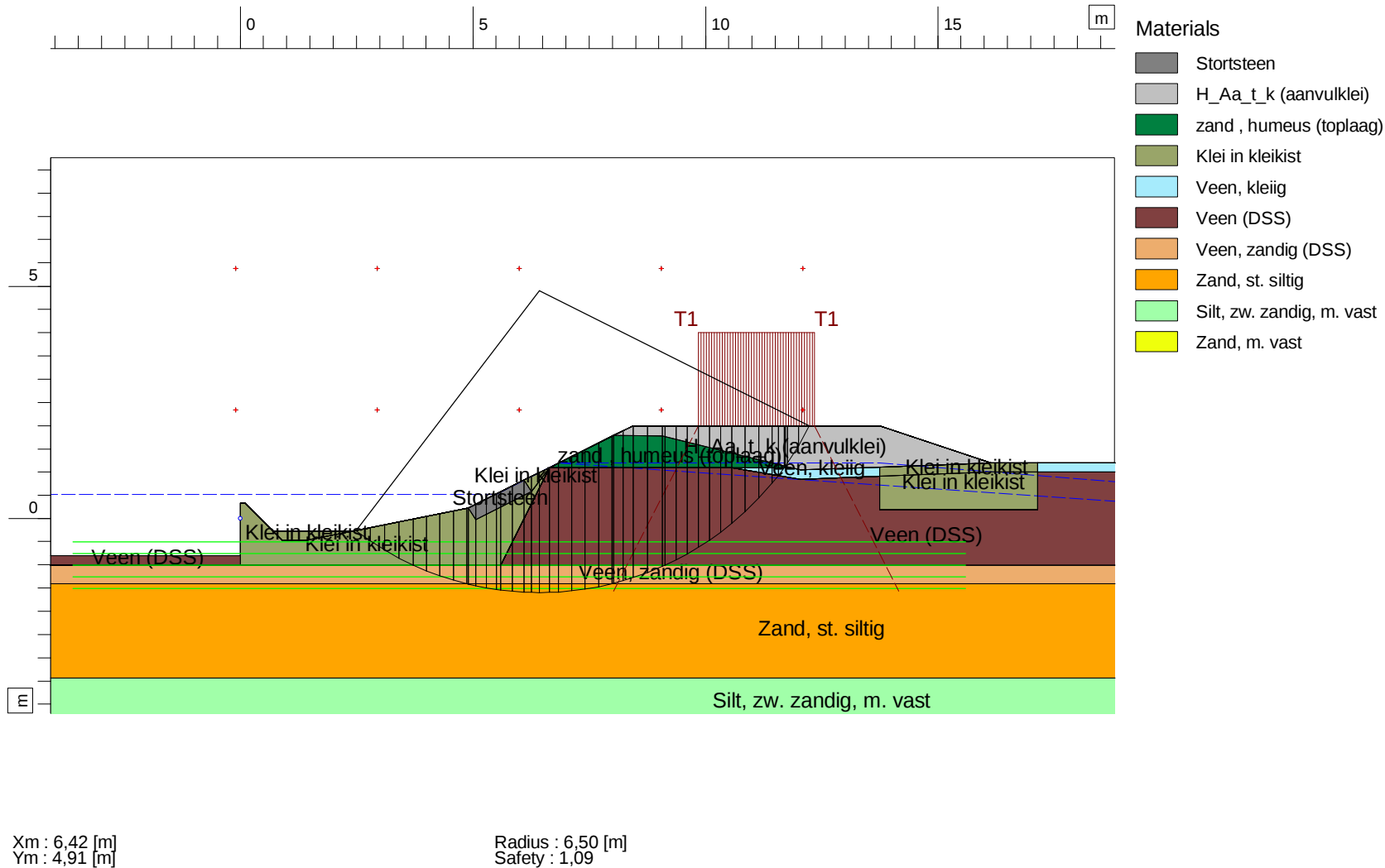
78082-2

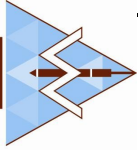
cfr.

Annex -

form.

Critical Circle Bishop





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa met kleikist



Fullcontact
311

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel A Kleikist, Gebruiksfase, BU, sli

dwg.

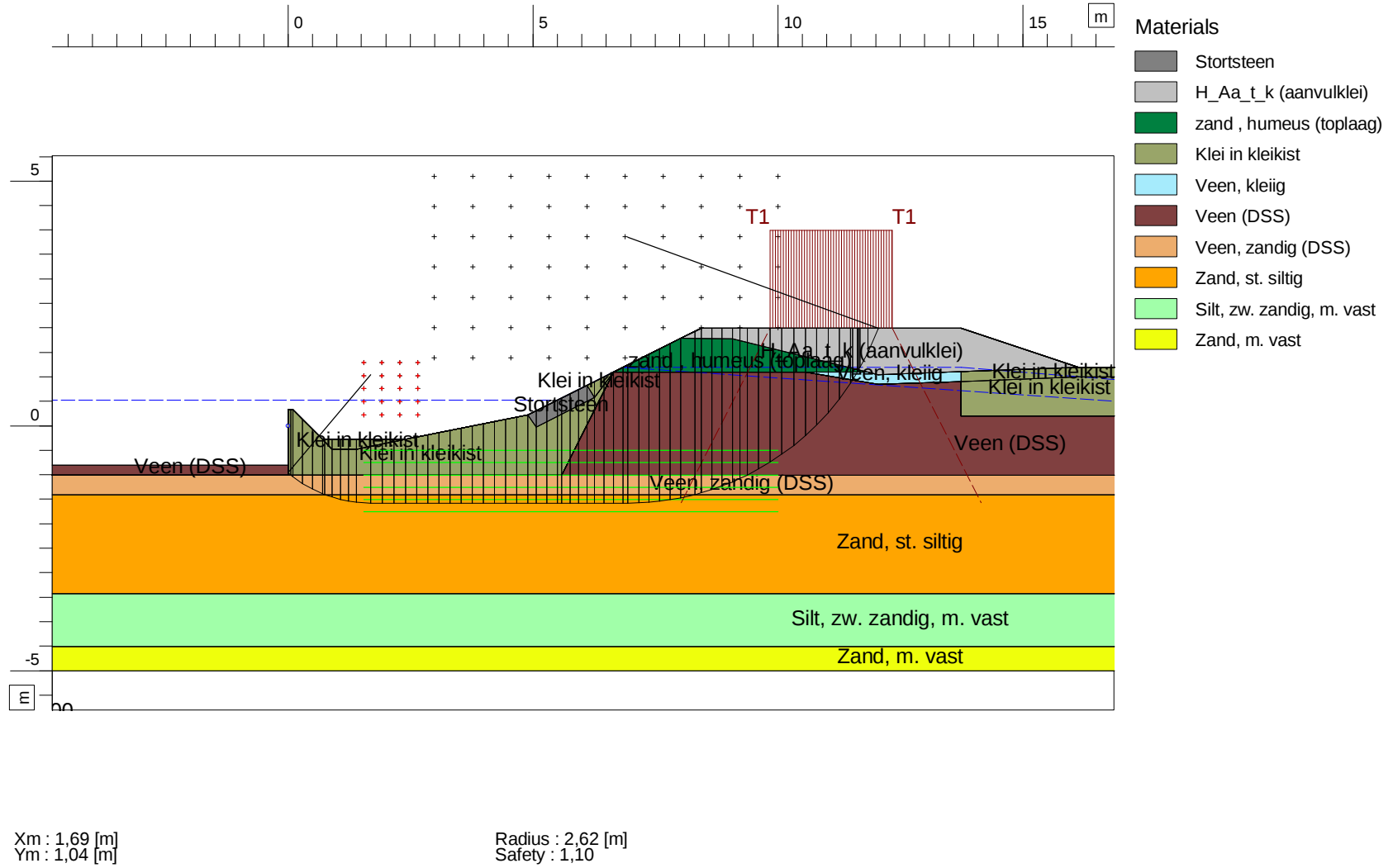
78082-2

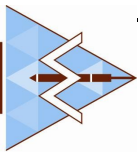
ctf.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 0 kPa

Projectnaam
SIT

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sit

78082-2

Annex -

A4

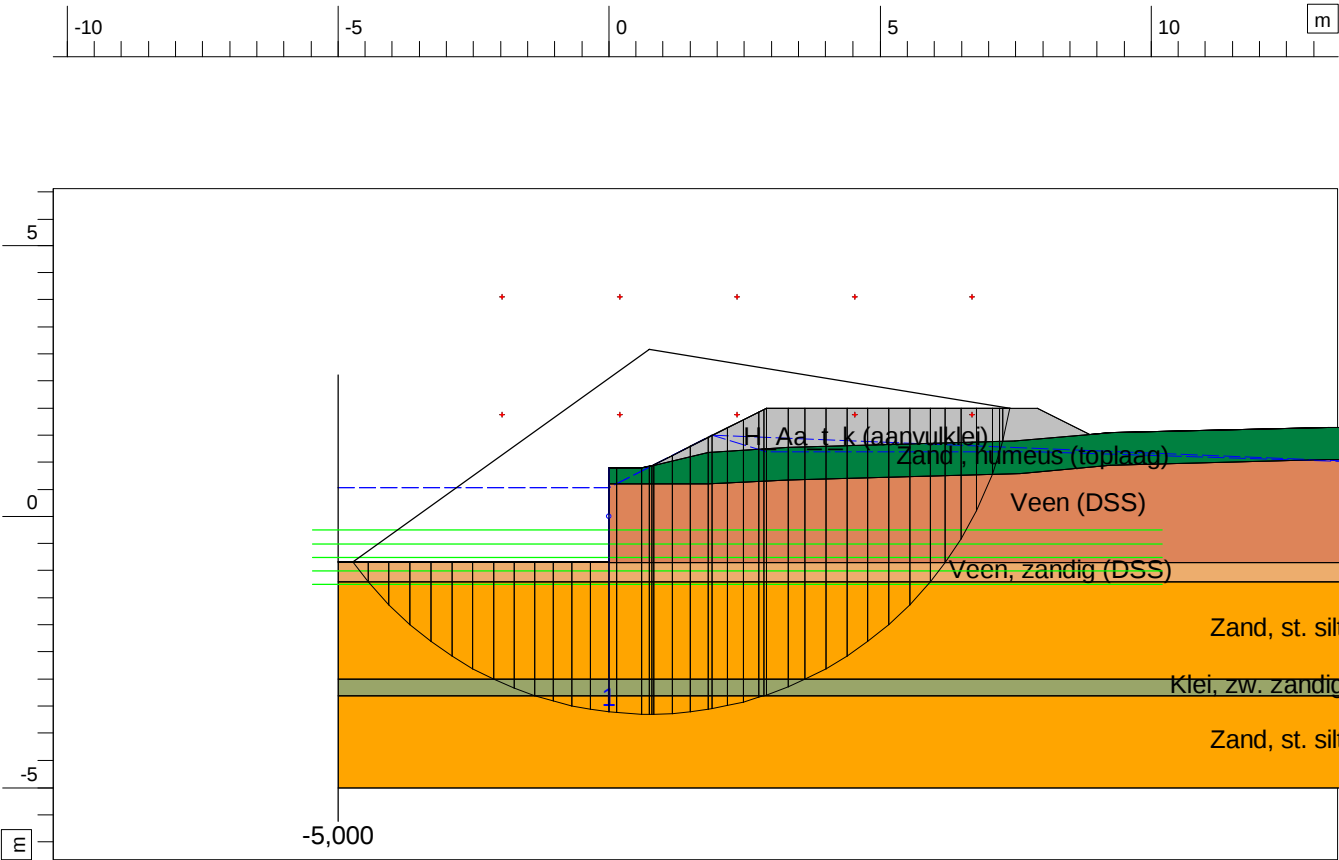
dwg.

-

cfr.

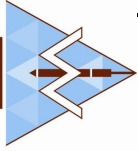
form.

Critical Circle Bishop



Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Zand , humeus (toplaag)
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Klei, zw. zandig, slap
- Zand, st. siltig



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN

BU, gebruiksfase, 5 kPa

Projectnaam
SIT

Telefoon
Phone

Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sit

78082-2

Annex -

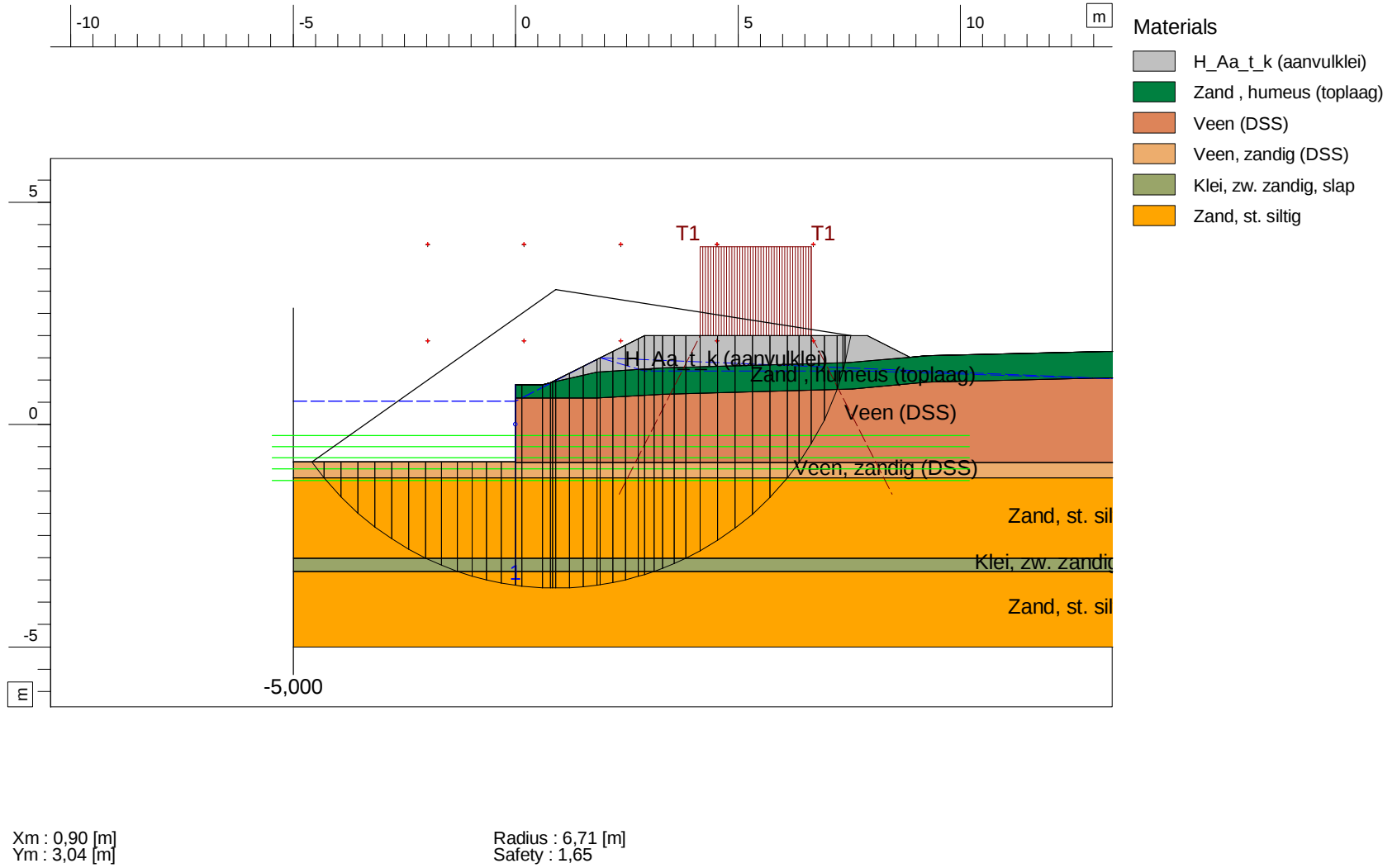
A4

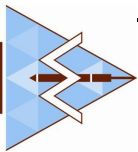
dwg.

ctf.

form.

Critical Circle Bishop





BU, gebruiksfase, 5 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Int

Phone
Fax

date
4-2-2022

dw.

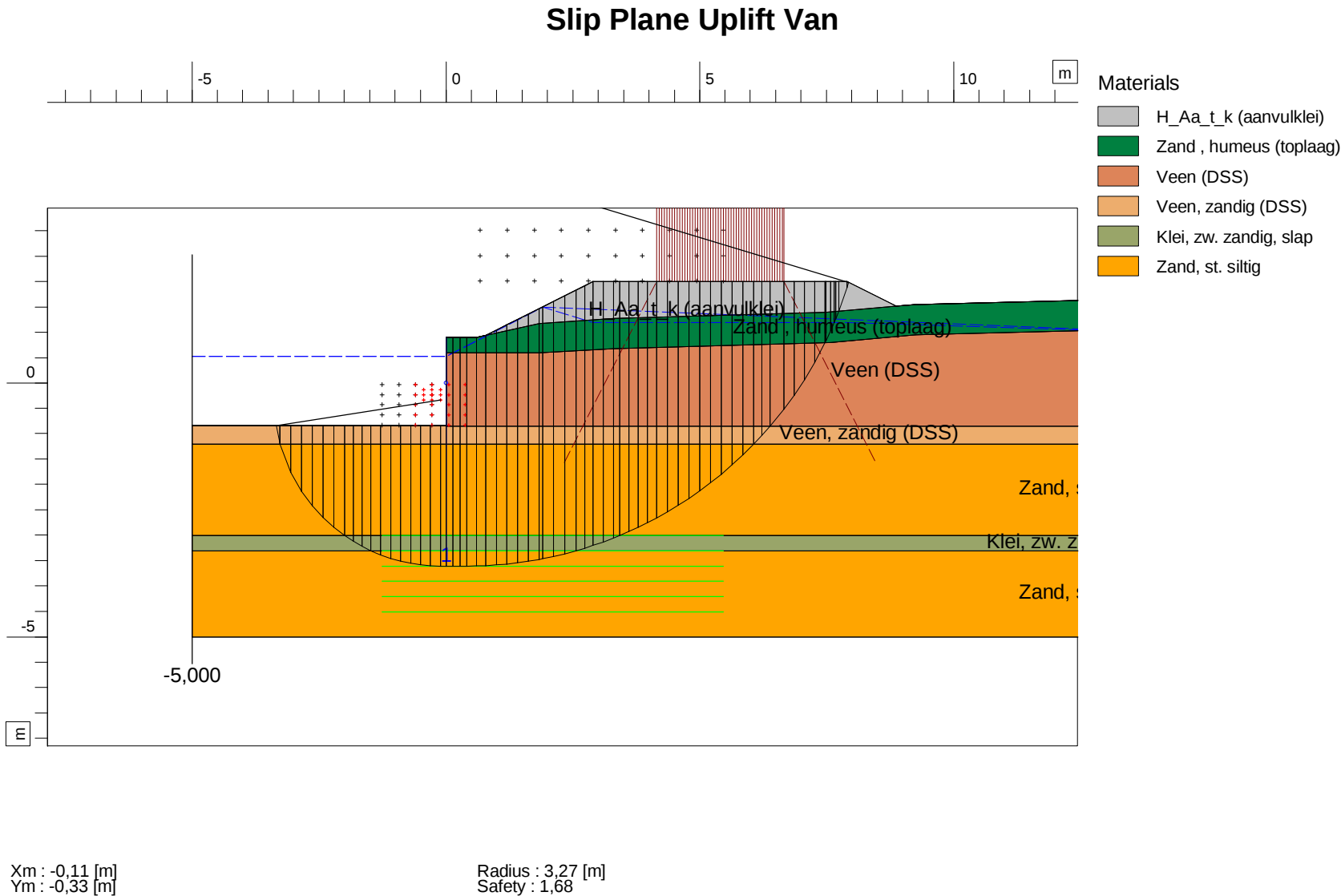
78082-2

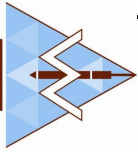
ctf.

Annex -

form.

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sli





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 5 kPa



Fullcontact

Int

Phone
Fax

date
2-2-2022

dwg.

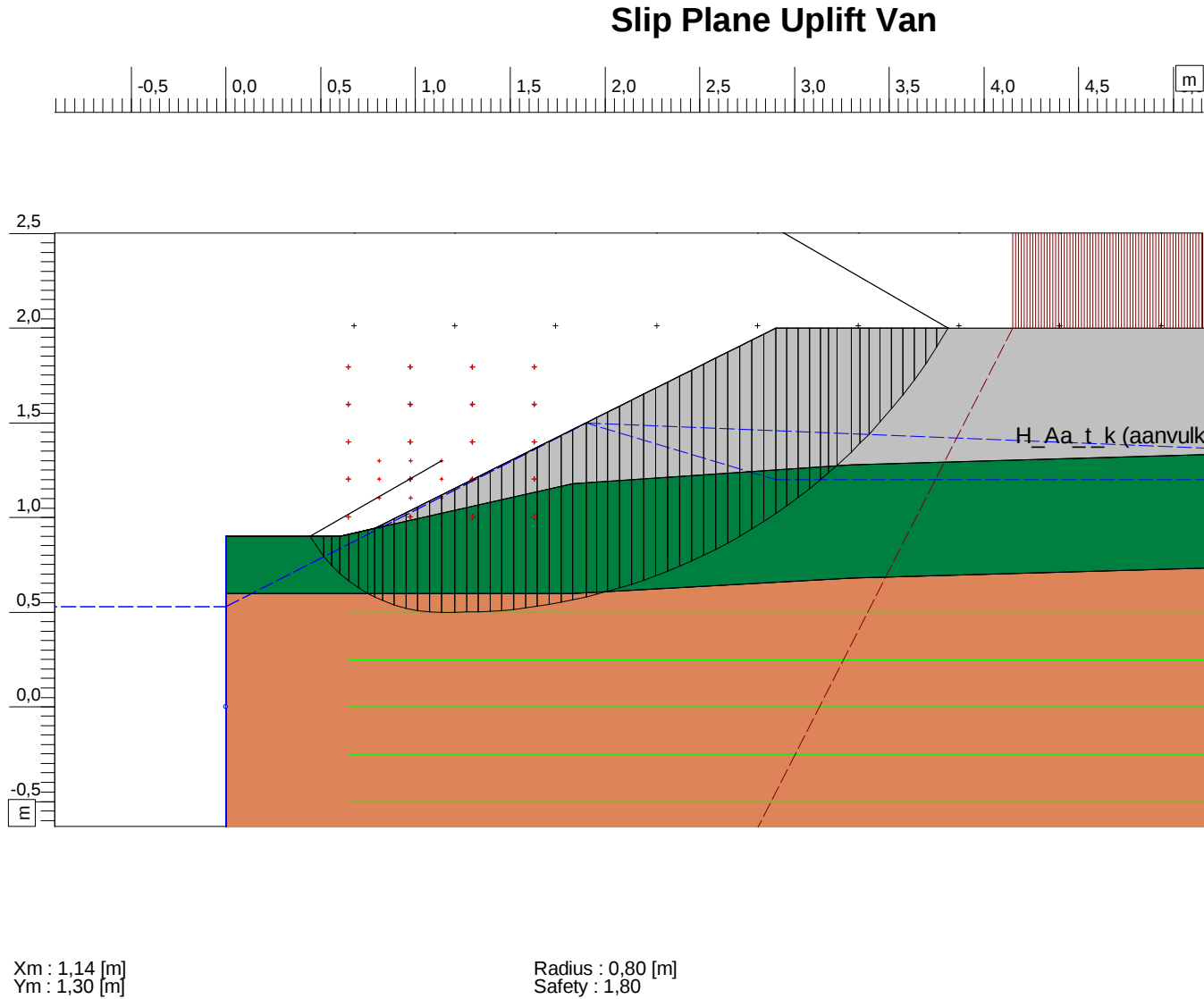
78082-2

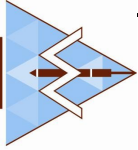
ctf.

Annex -

form.
A4

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sli





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURSEN

BU, gebruiksfase, 13 kPa

Fullcontact
JIT
Phone
Fax

date
2-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sli

dwg.

78082-2

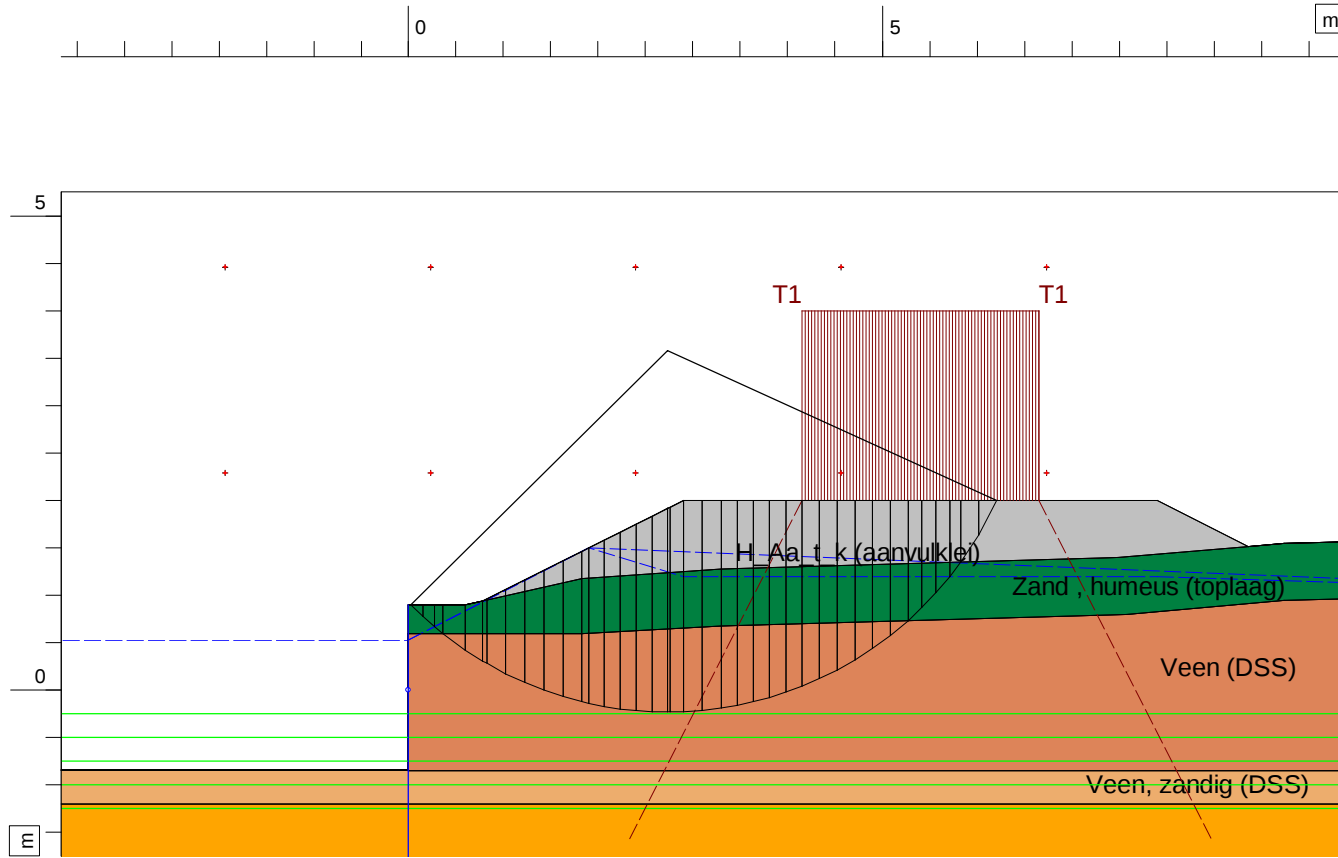
cfr.

Annex -

form.

A4

Critical Circle Bishop

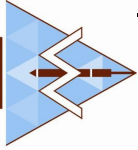


Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Zand, humeus (toplaag)
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Klei, zw. zandig, slap
- Zand, st. siltig

Xm : 2,74 [m]
Ym : 3,58 [m]

Radius : 3,81 [m]
Safety : 1,56



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa



Phone

Fax

2-2-2022

-

D-Geo Stability 18.2 : Profiel B, Gebruiksfase, BU, sli

Projectnaam

Sit

Phone

Fax

date

dw.

78082-2

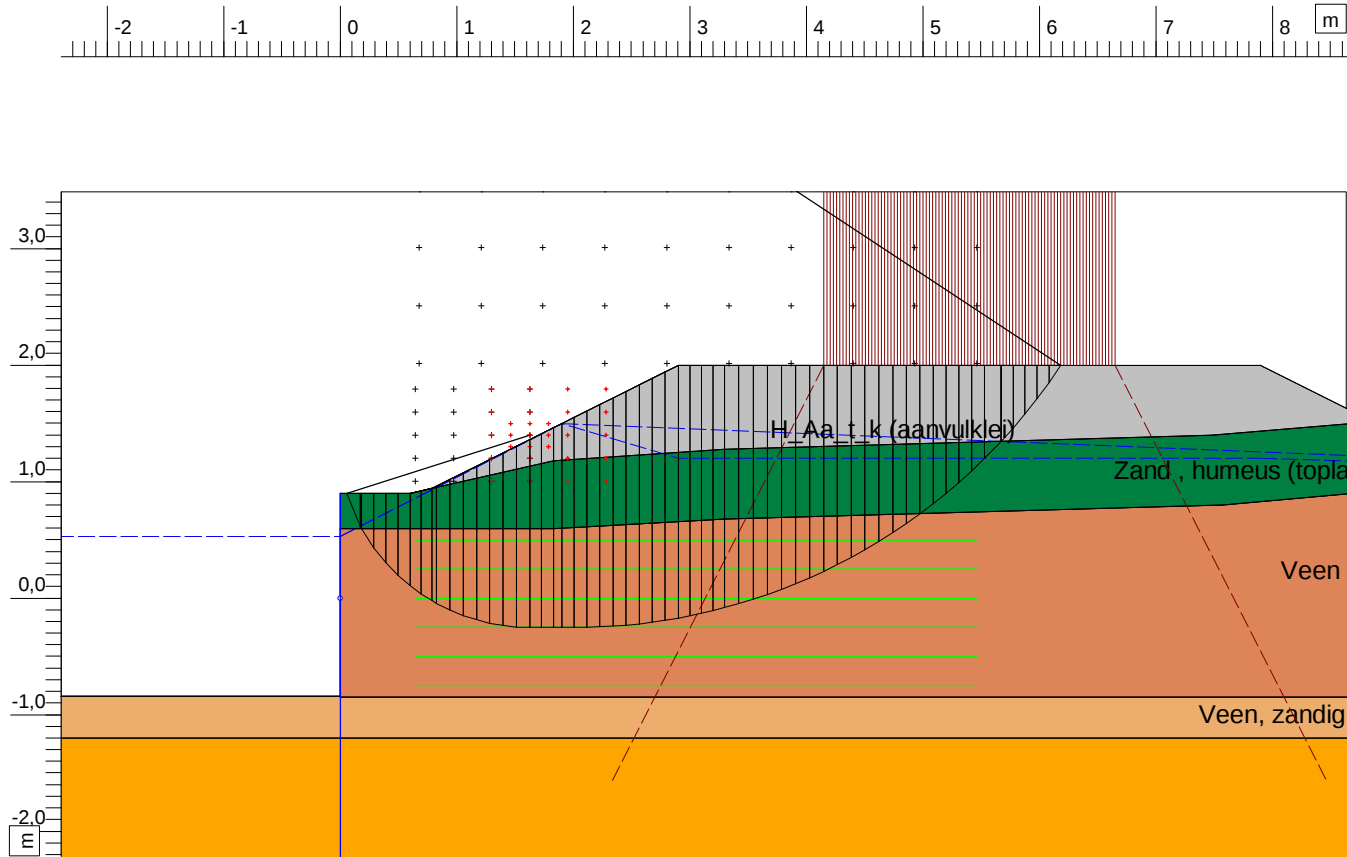
ctf.

Annex -

form.

A4

Slip Plane Uplift Van

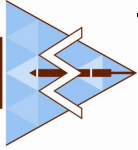


Materials

- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Zand, humeus (toplaag)
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Klei, zw. zandig, slap
- Zand, st. siltig

Xm : 1,63 [m]
Ym : 1,40 [m]

Radius : 1,65 [m]
Safety : 1,53



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 0 kPa



Fullcontact
E-mail

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel E, gebruiksfase, BU, sli

dwg.

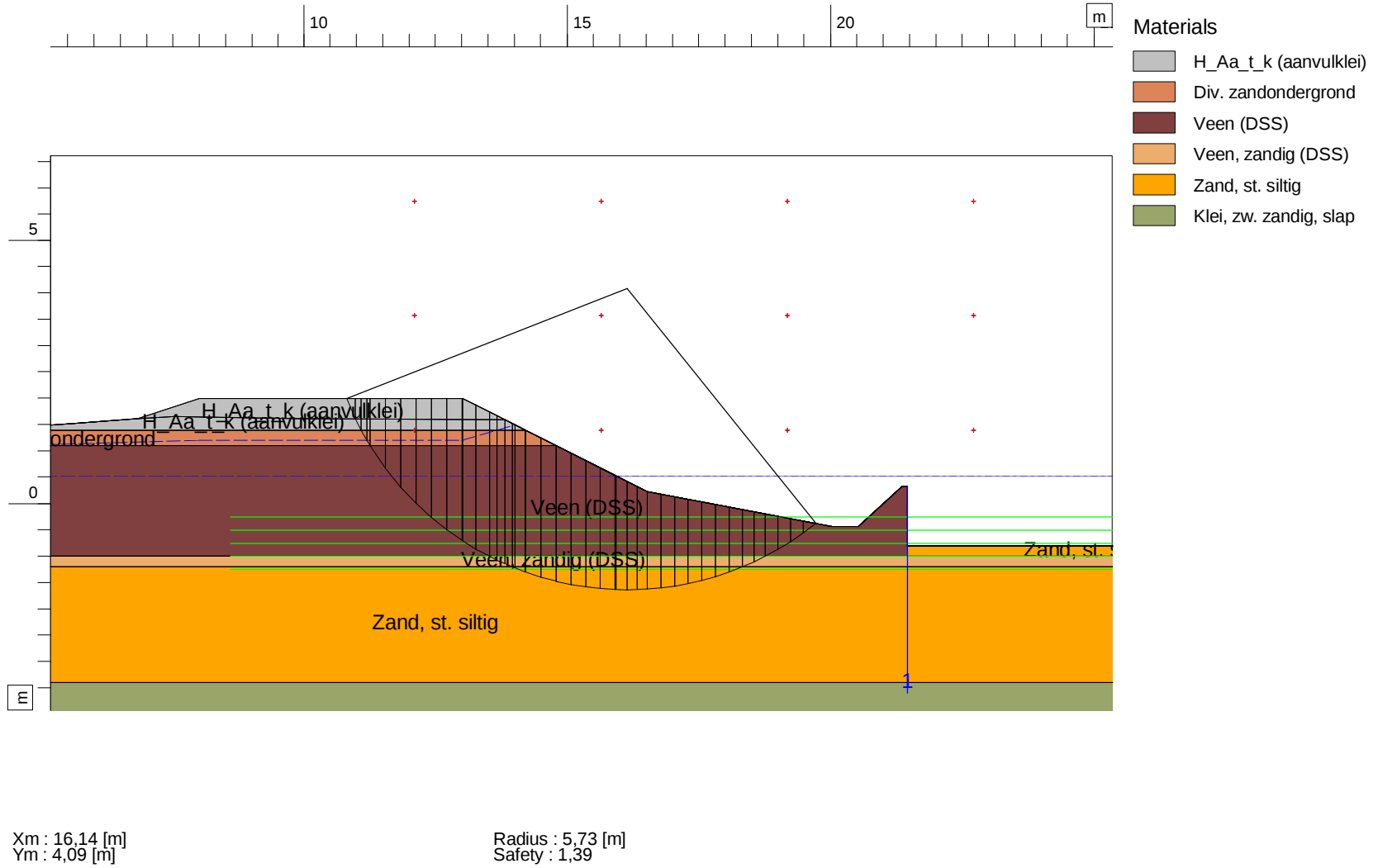
78082-2

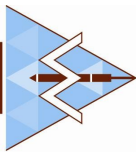
cfr.

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 0 kPa



Fullcontact
311

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel E, Gebruiksfase, BU, sli

dwg.

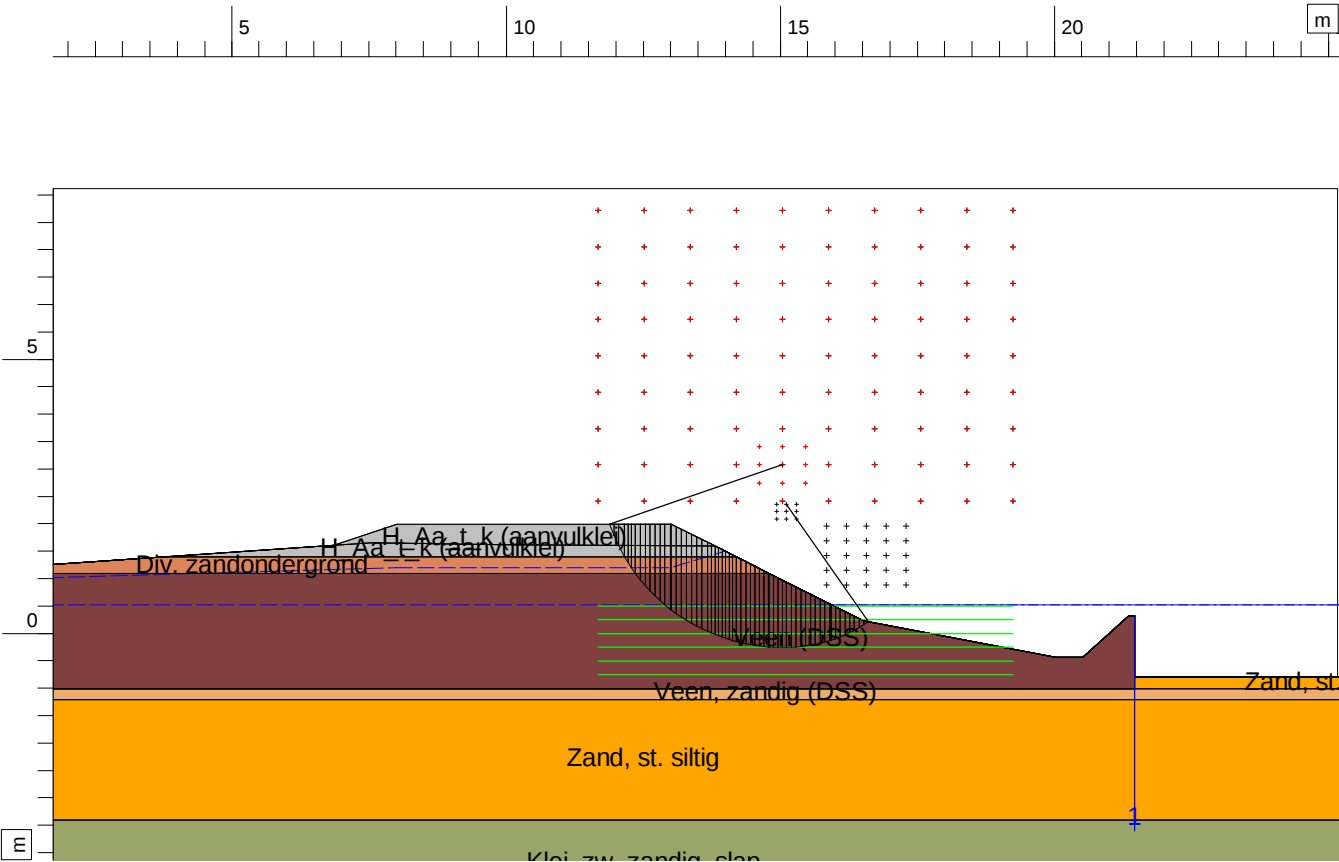
78082-2

cfr.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van



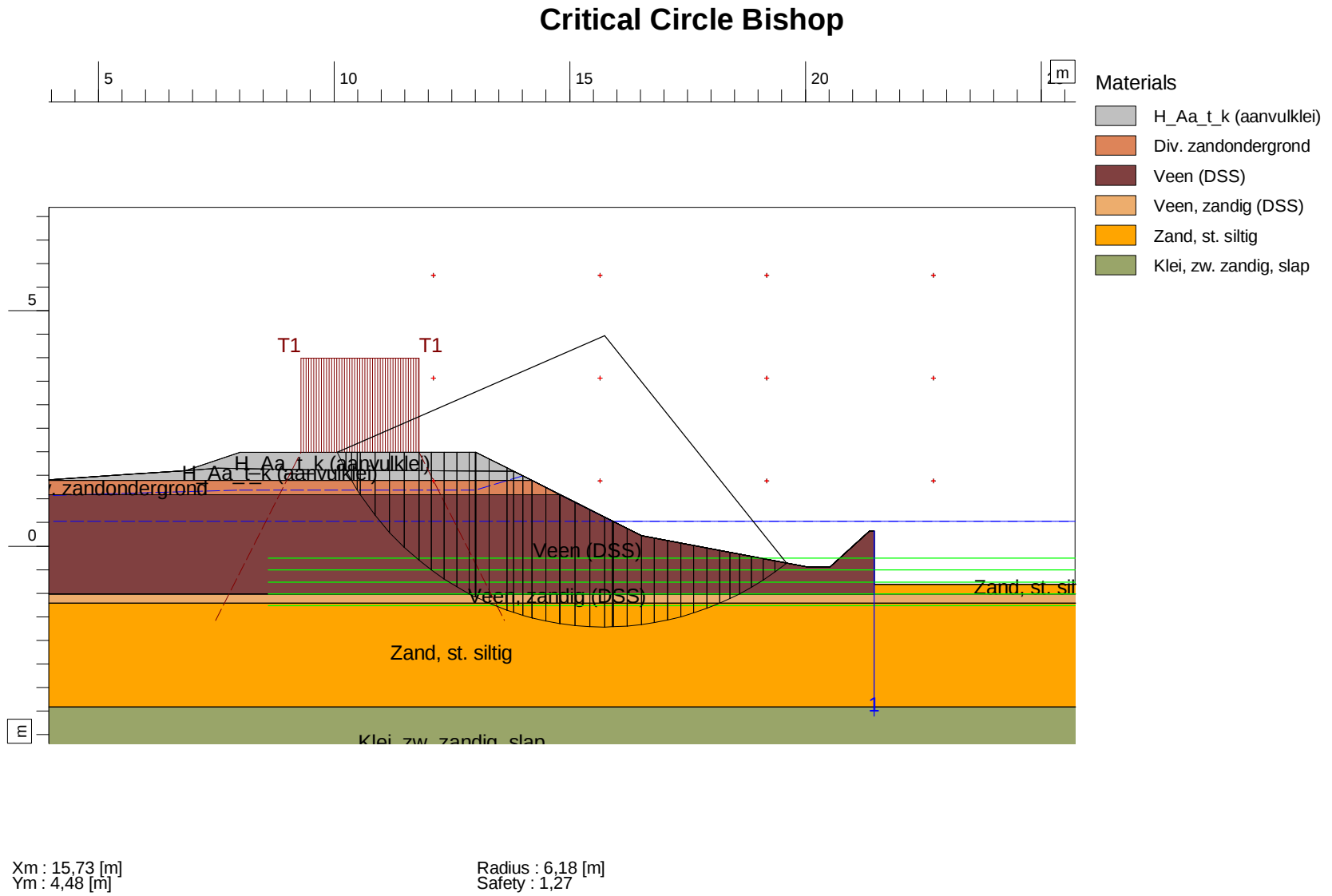
Materials

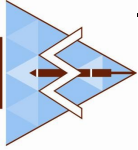
- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Div. zandondergrond
- Veen (DSS)
- Veen, zandig (DSS)
- Zand, st. siltig
- Klei, zw. zandig, slap



BU, gebruiksfase, 5 kPa

date	dtw.
4-2-2022	-
78082-2	ctf.
Annex -	form. A4





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 5 kPa

Projectnaam
SIT
Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel E, gebruiksfase, BU, sit

dwg.

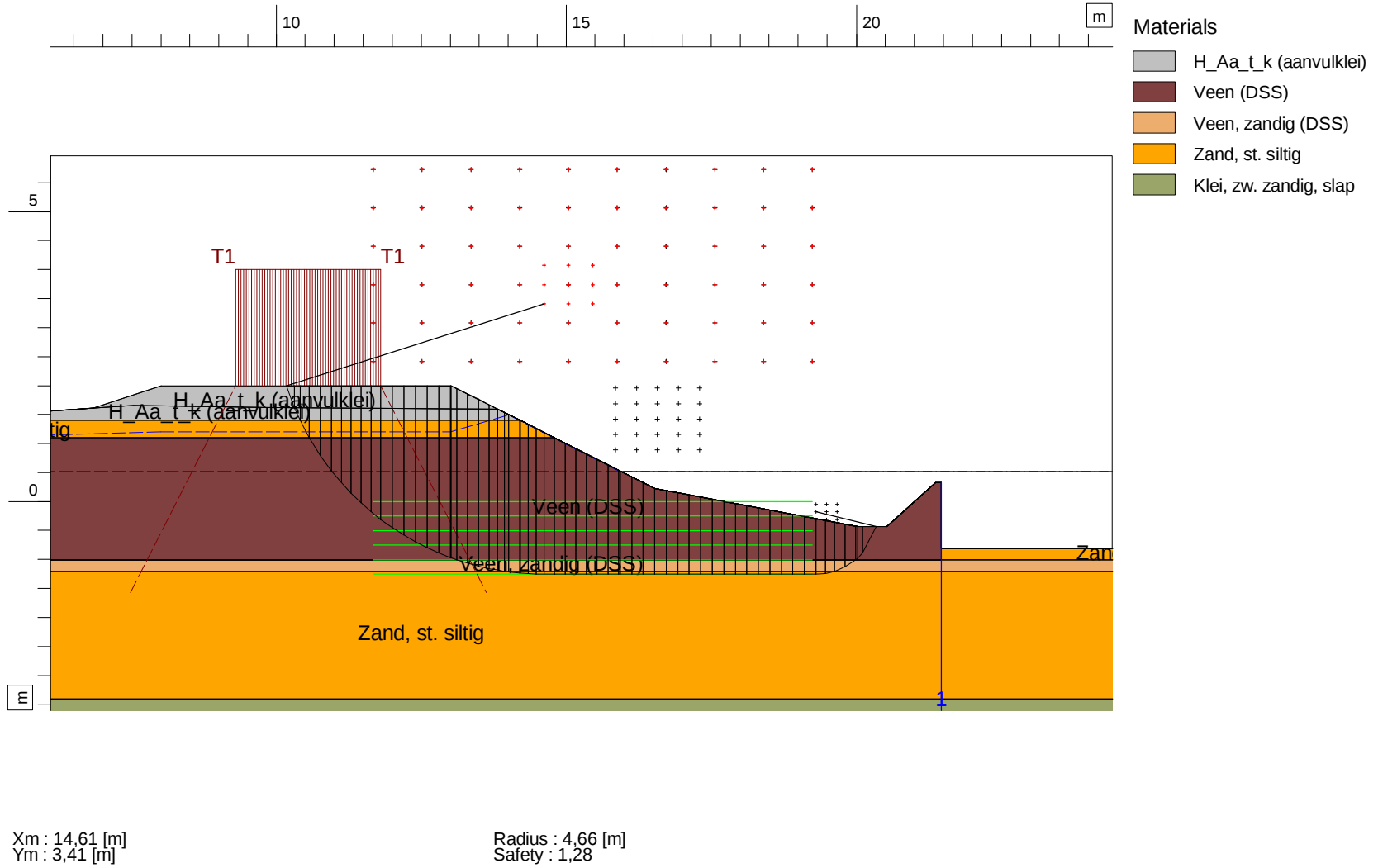
78082-2

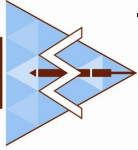
cfr.

Annex -

form.
A4

Slip Plane Uplift Van





BU, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEUR



Int

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel E, Gebruiksfase, BU, sli

dw.

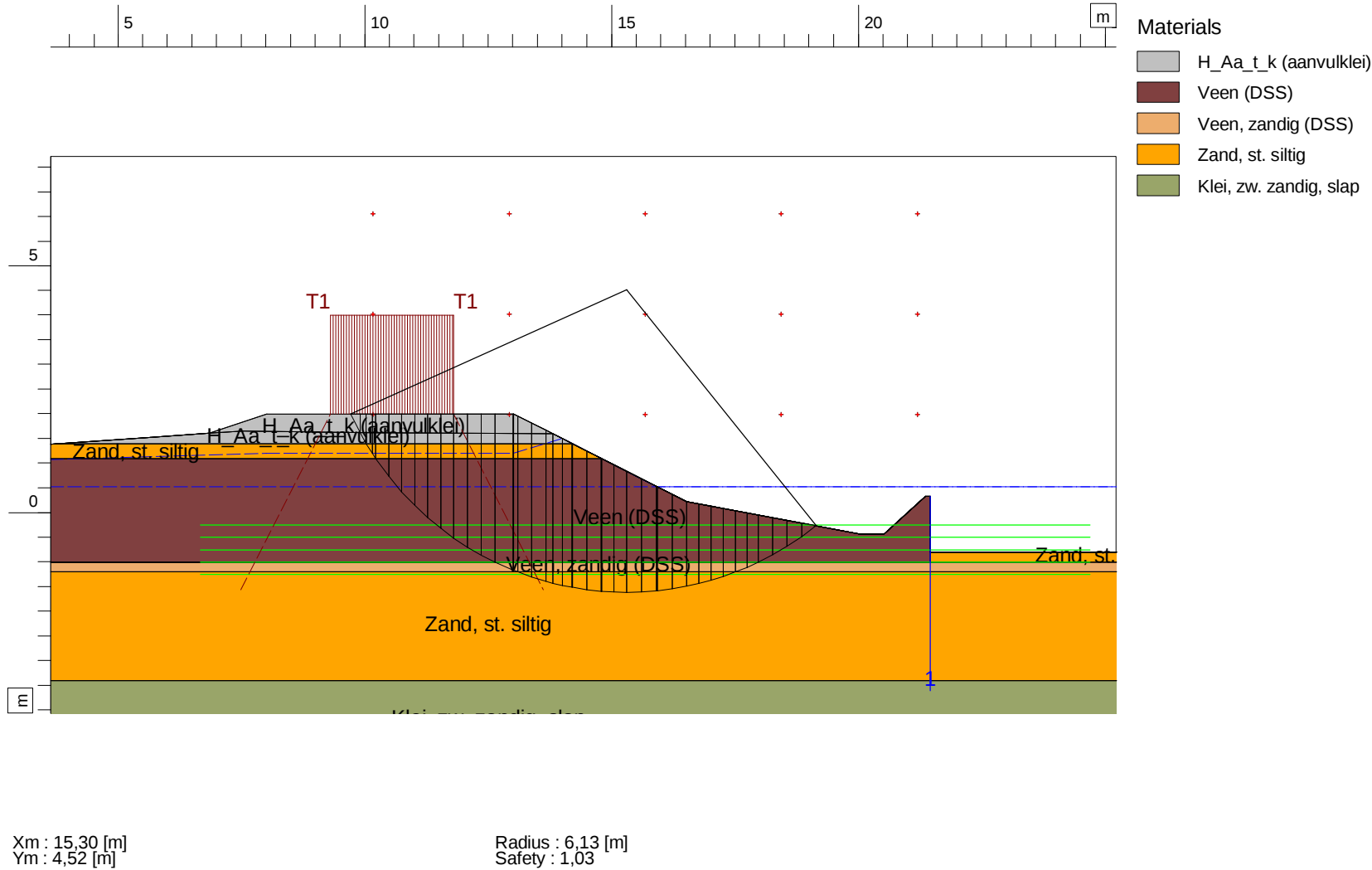
78082-2

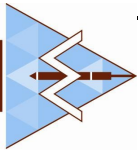
ctf.

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop





BU, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Wiersma & Partners

Phone

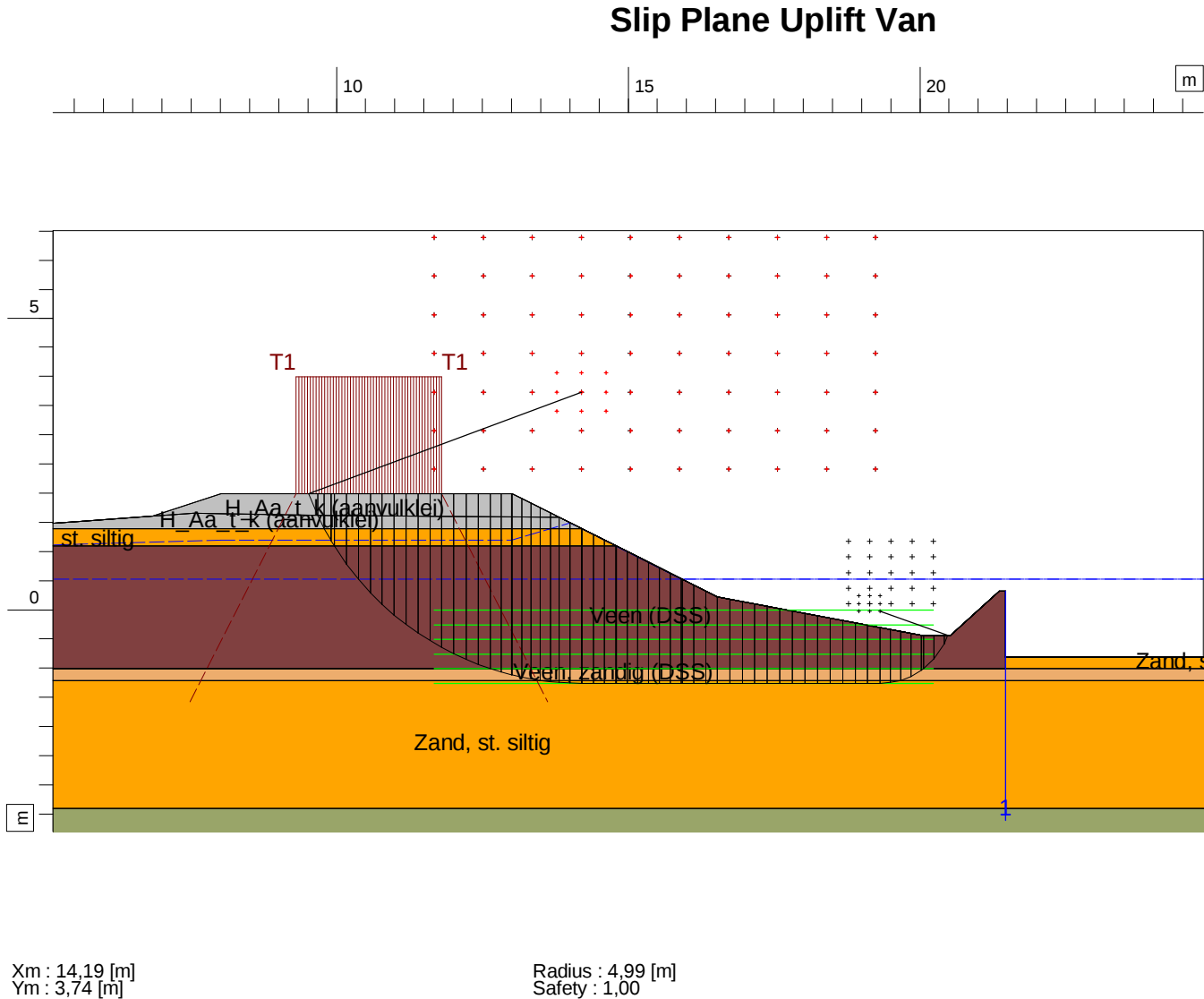
Fax

4-2-2022

-

dw.

D-Geo Stability 18.2 : Profiel E, Gebruiksfase, BU, sli



Annex -

form.

A4

Opt
Profiel

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Phone

Fax

date

4-2-2022

drw.

-

Annex

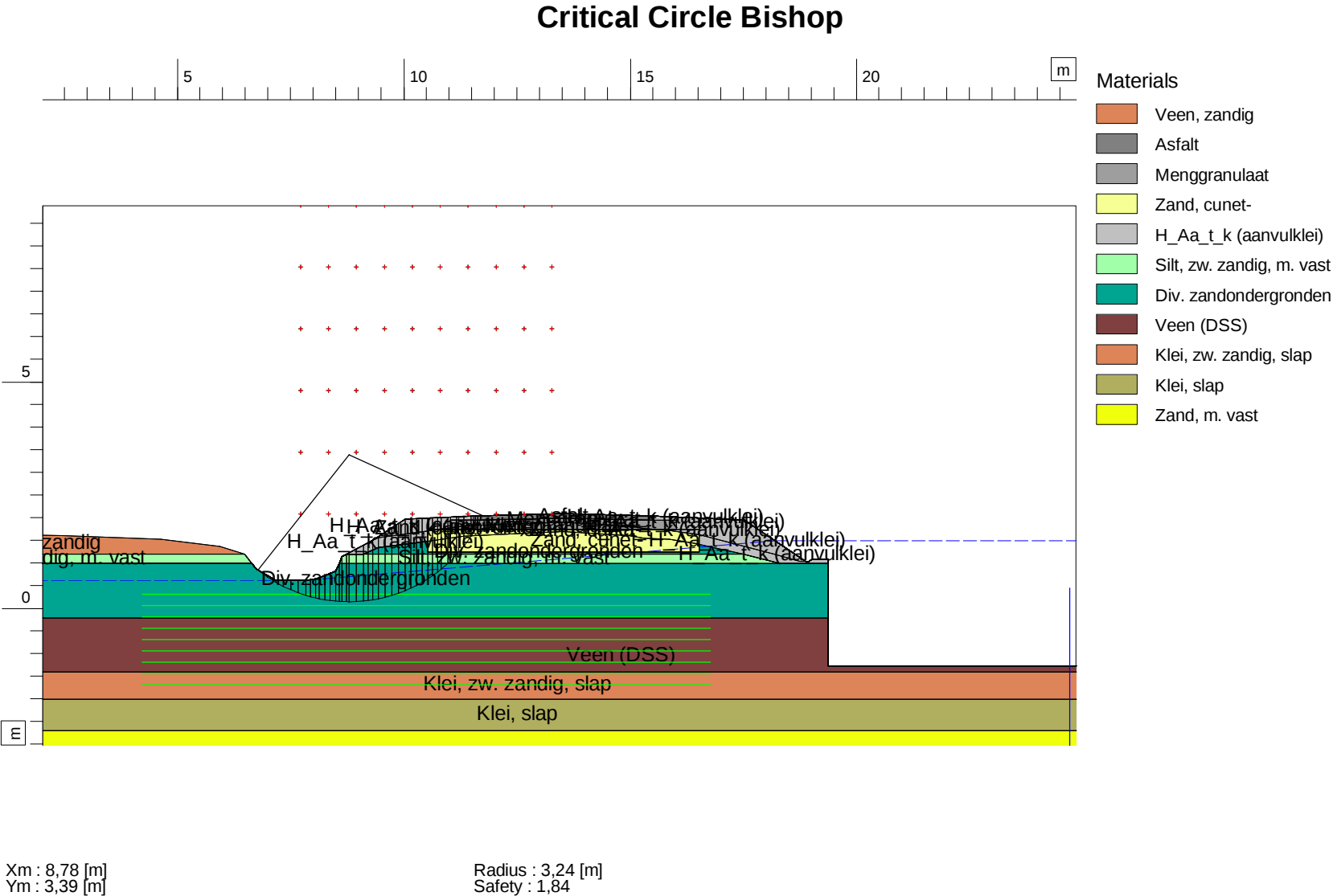
-

form.

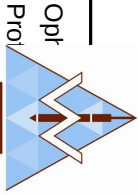
A4

Bl, gebruiksfase, 0 kPa

D-Geo Stability 18.2 : Profiel F, Gebruiksfase, Bl, sti



Bl, gebruiksfase, 0 kPa



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Phone

Fax

date
4-2-2022

D:\Geo Stability 18.2 : Profil F, Gebruiksfase, Bl, sti

drw.

78082-2

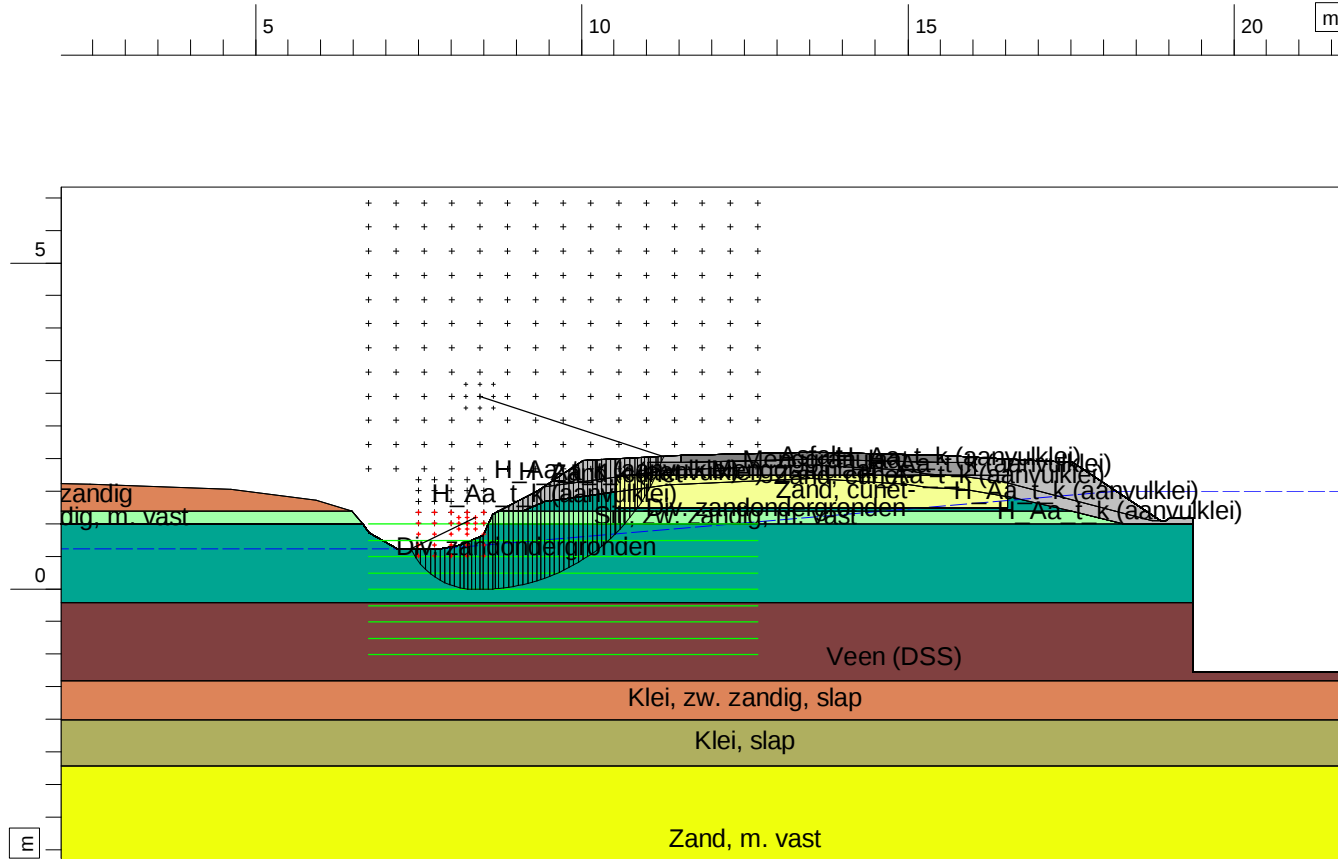
ctr.

Annex -

form.

A4

Slip Plane Uplift Van



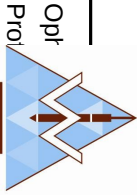
Materials

- Veen, zandig
- Asfalt
- Menggranulaat
- Zand, cunet-
- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Div. zandondergronden
- Veen (DSS)
- Klei, zw. zandig, slap
- Klei, slap
- Zand, m. vast

Xm : 8,37 [m]
Ym : 1,10 [m]

Radius : 1,10 [m]
Safety : 1,46

Bl, gebruiksfase, 13 kPa



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Professioneel

Phone
Fax

date
4-2-2022

drw.
-

78082-2

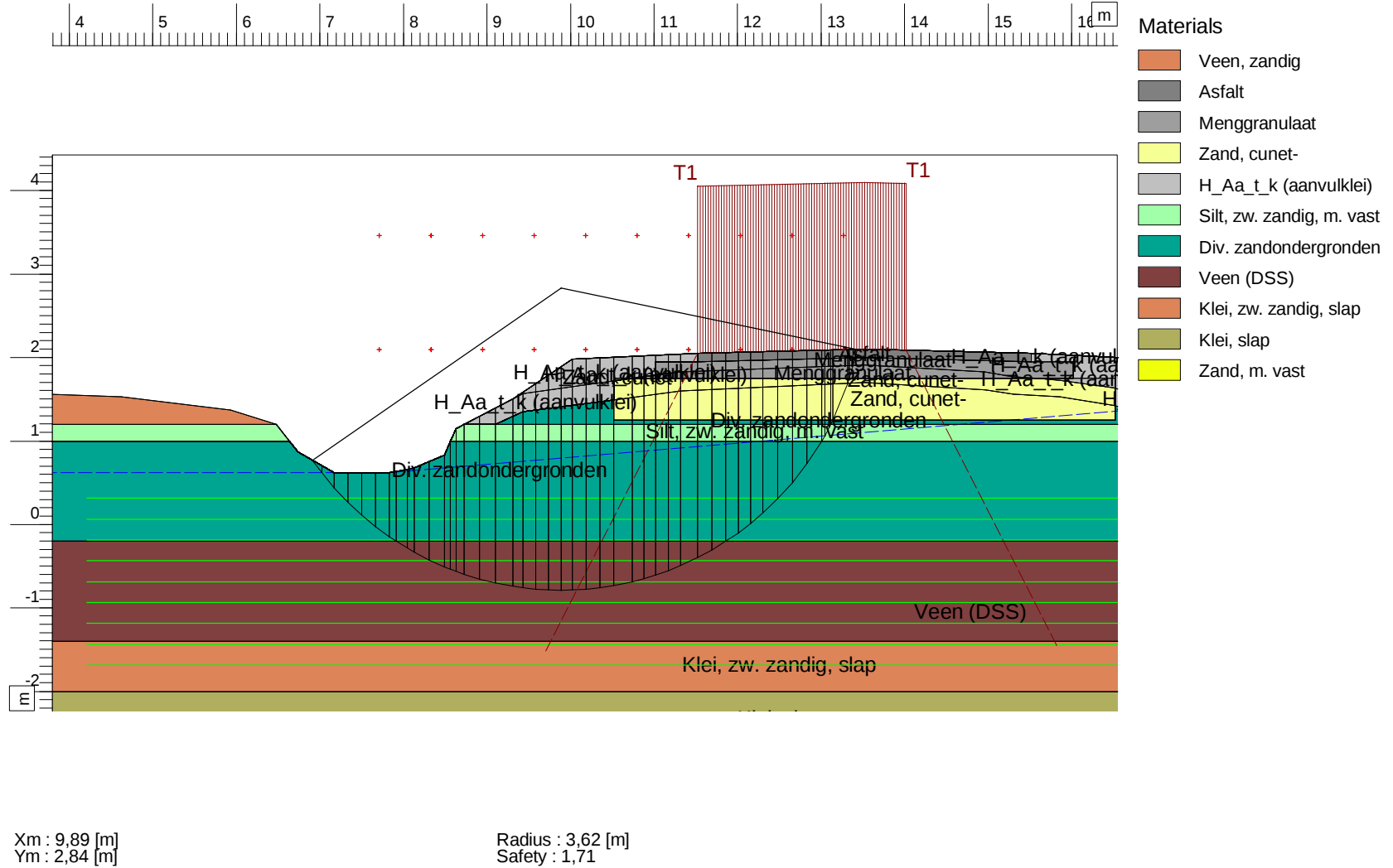
ctr.

Annex -

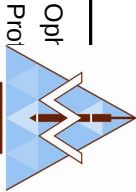
form.
A4

D:\Geo Stability 18.2 : Profiel F, Gebruiksfase, Bl, sti

Critical Circle Bishop



BU, gebruiksfase, 13 kPa



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Phone
Fax

Phone
Fax

date
4-2-2022

drw.
-

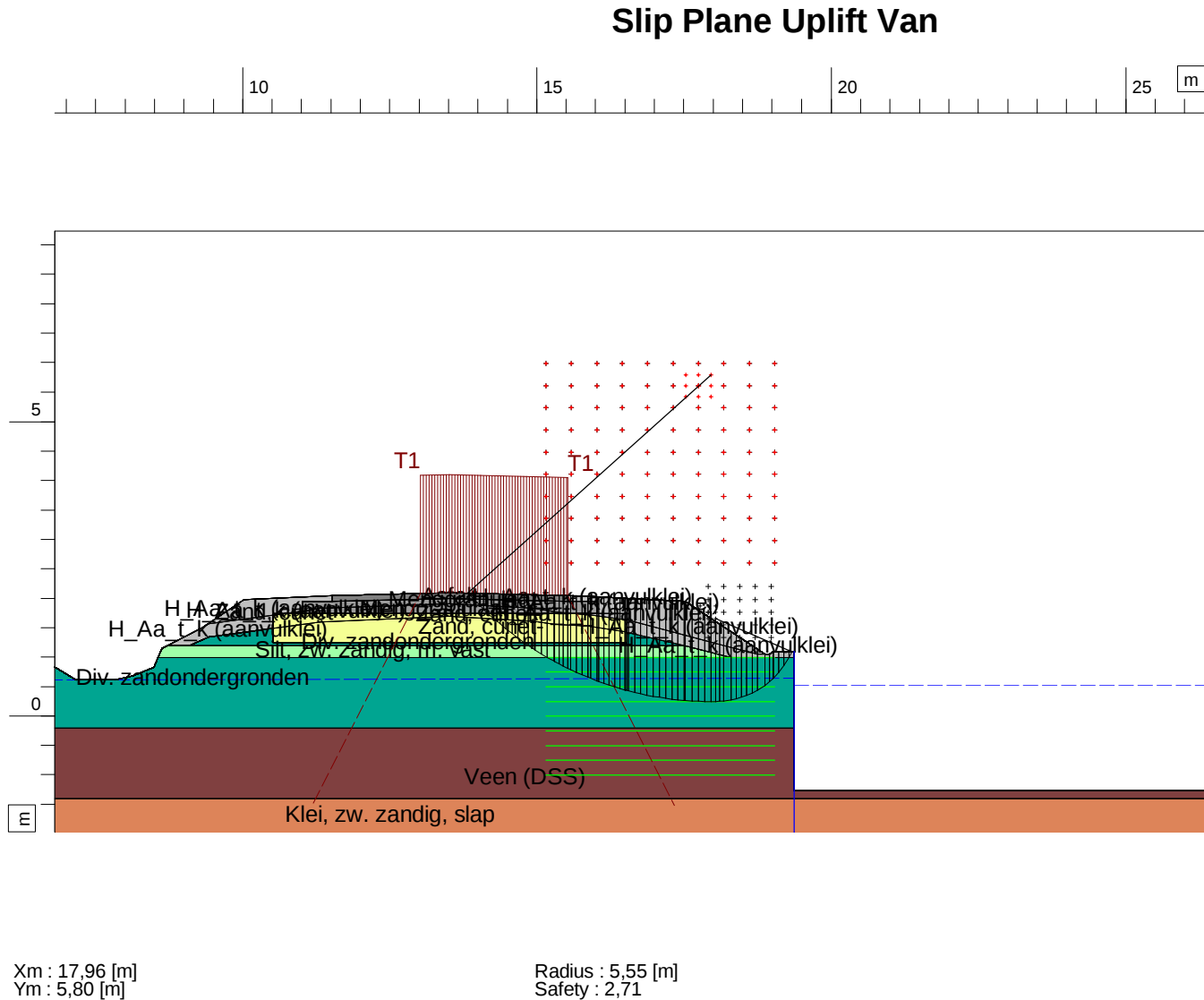
78082-2

ctr.

Annex -

form.
A4

D-Geo Stability 18.2 : Profiel F, Gebruiksfase, BU, sit



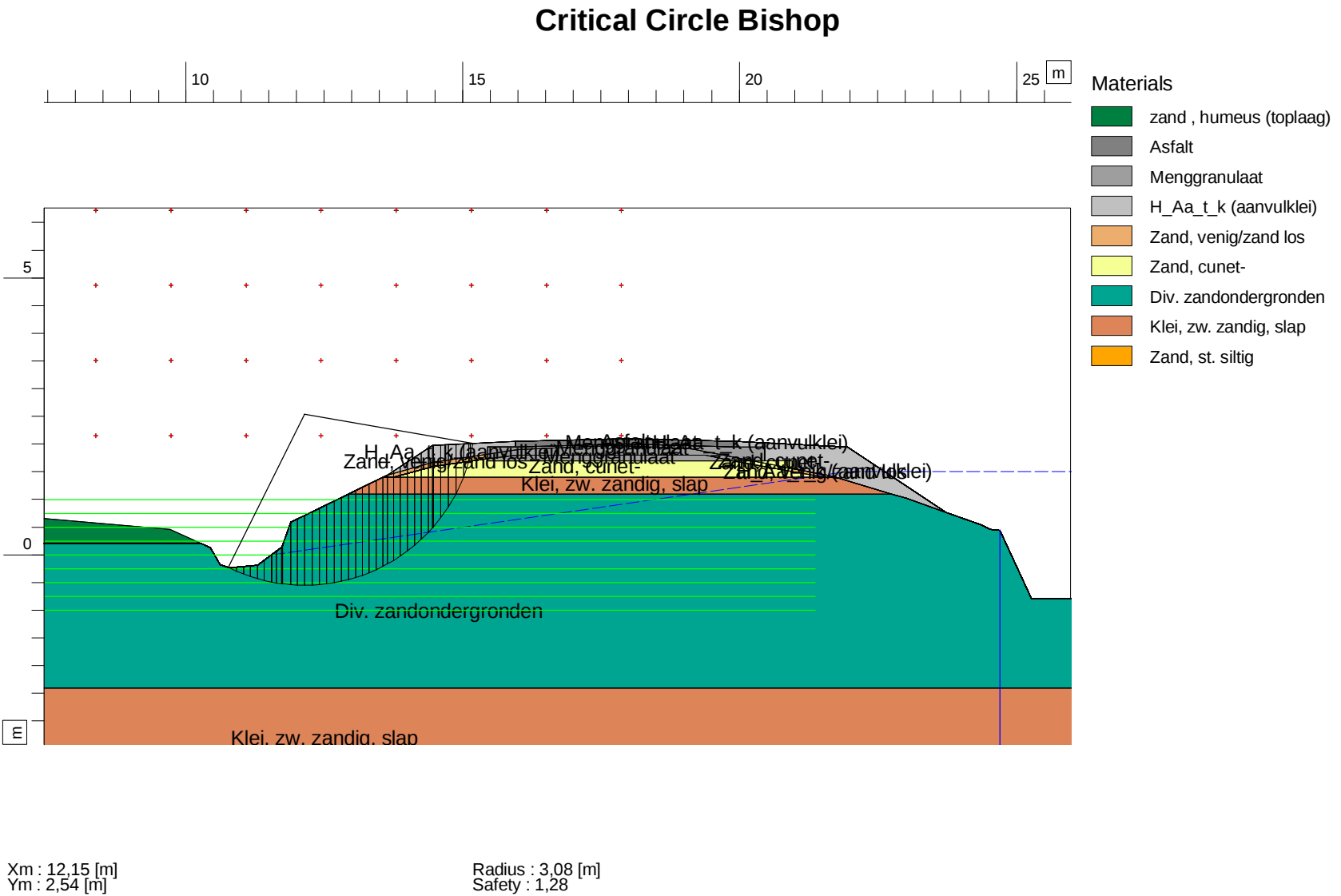
Materials

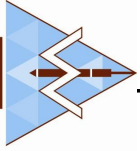
- Veen, zandig
- Asfalt
- Menggranulaat
- Zand, cunet-
- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Silt, zw. zandig, m. vast
- Div. zandondergronden
- Veen (DSS)
- Klei, zw. zandig, slap
- Klei, slap
- Zand, m. vast



BI, gebruiksfase, 0 kPa

Geo-Stability 18.2 : Profil I_Gebruikstraal_B1.stl			
date	4-2-2022	drw.	
-		ctf.	
Annex -		form.	A4





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BI, gebruiksfase, 0 kPa

Telefoonpark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel 1, Gebruiksfase, BI, stil

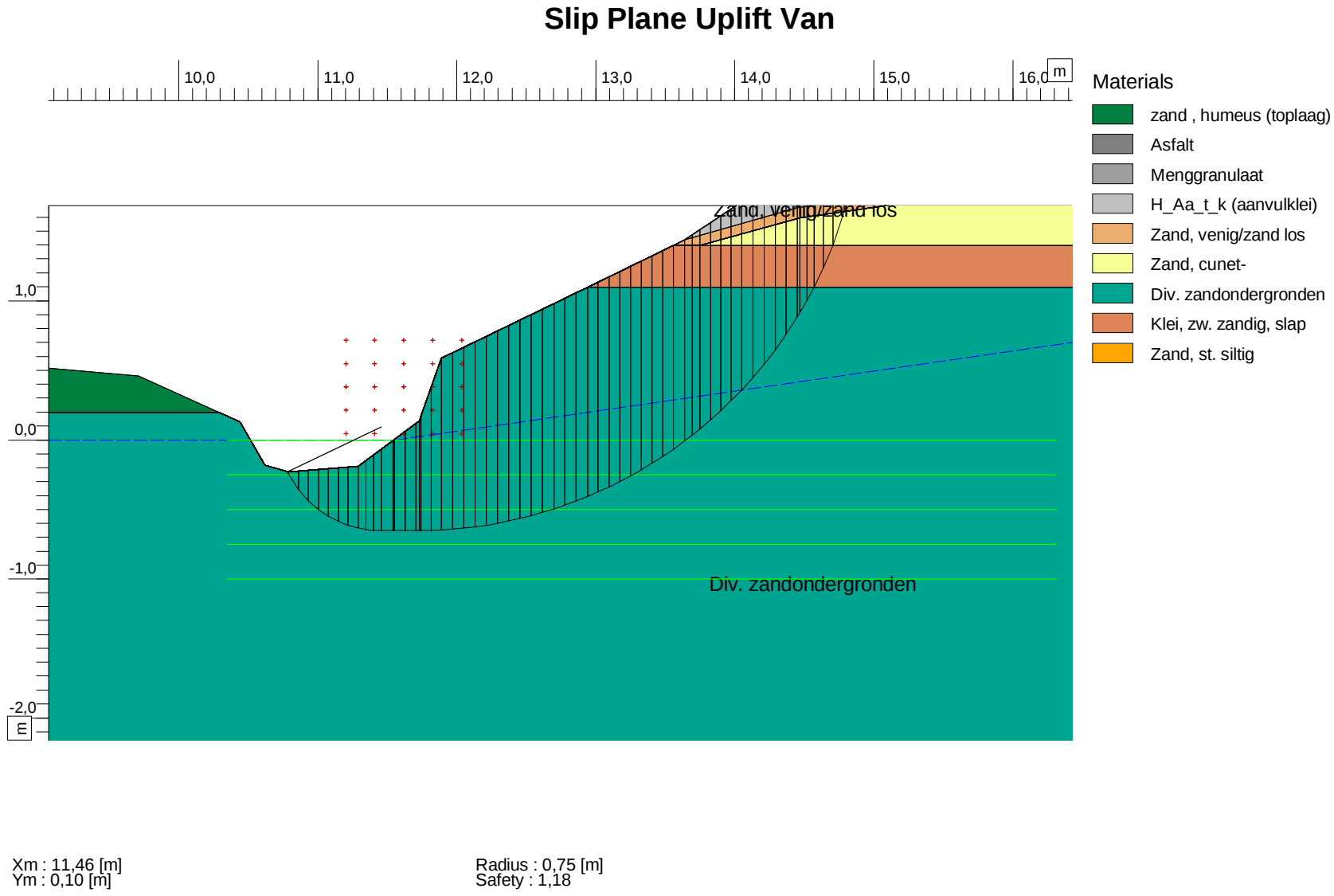
dwv.

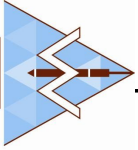
cit.

-

form.

A4





BI, gebruiksfase, 13 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Tel: 0511 356 1111
Fax: 0511 356 1112

Phone
Fax

date
4-2-2022

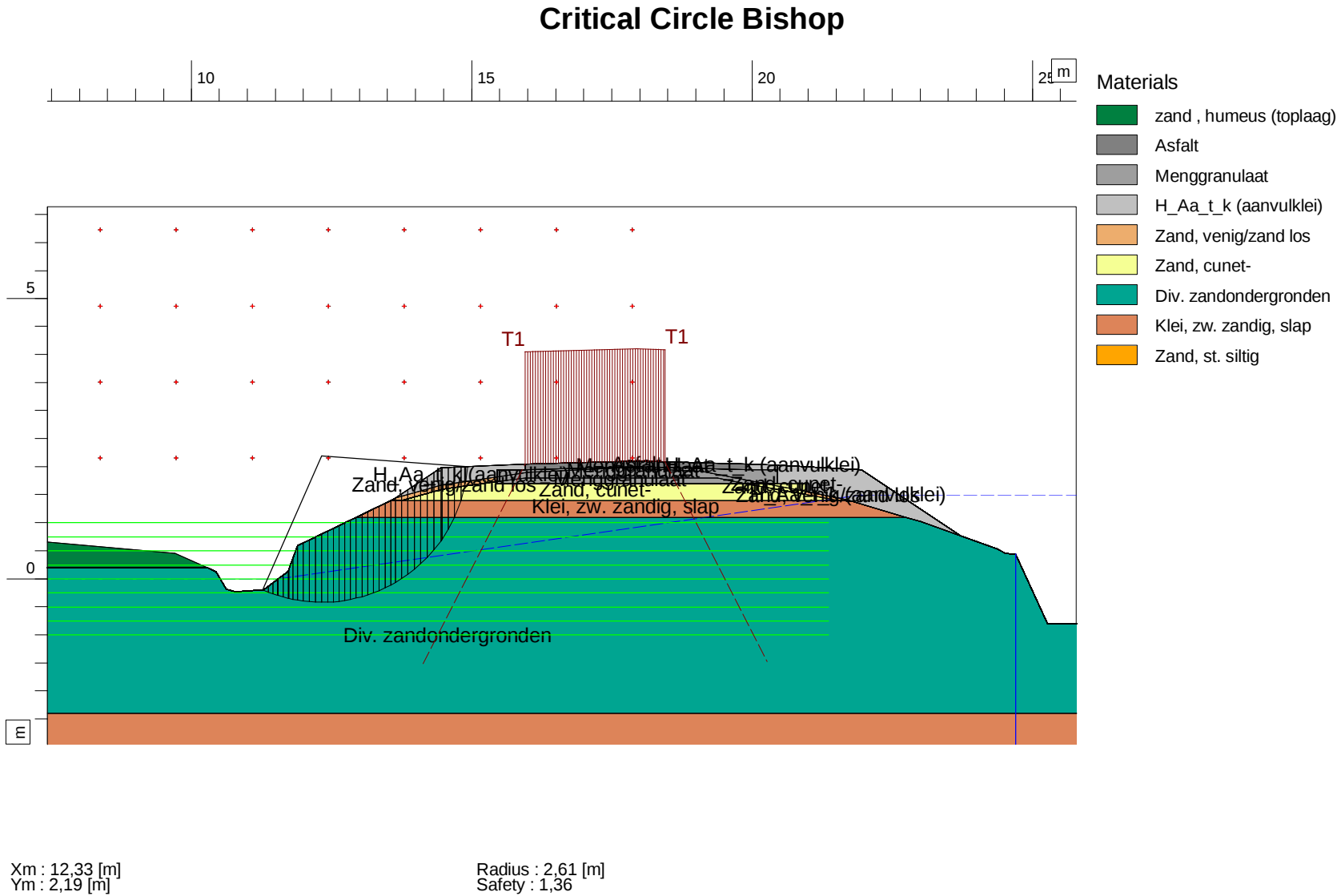
drv.
-

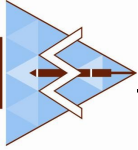
78082-2

cit.

Annex - A4

D-Geo Stability 18.2 : Profiel I, Gebruiksfase, BI, stl





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bl, gebruiksfase, 13 kPa

Telefoon
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel 1, Gebruiksfase, Bl, stl

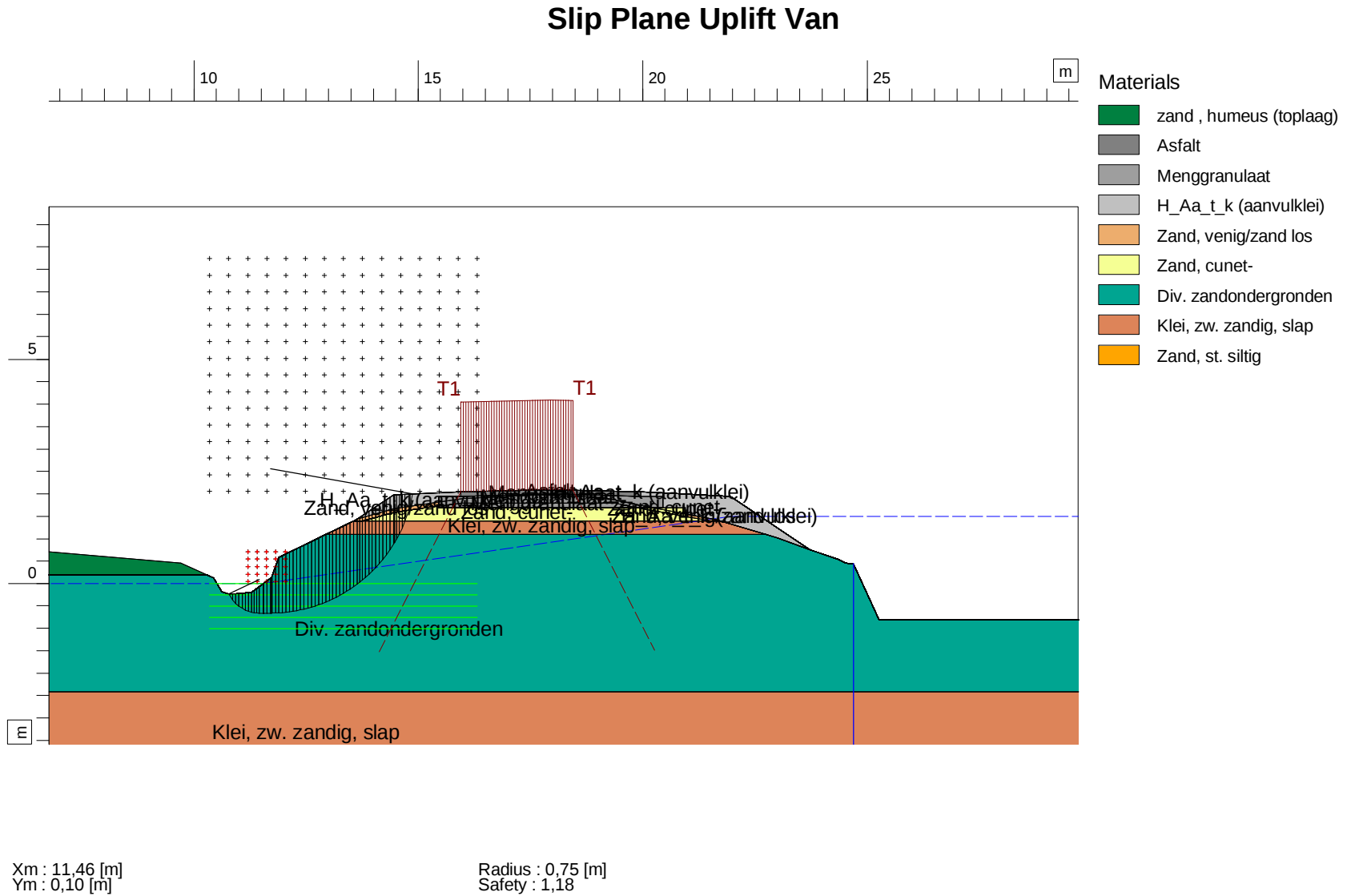
driv.

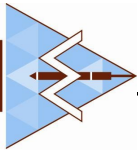
78082-2

cit.

Annex -

A4
form.





BU, gebruiksfase, 0 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Reijspark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel I, Gebruiksfase_BU.stl

drw.

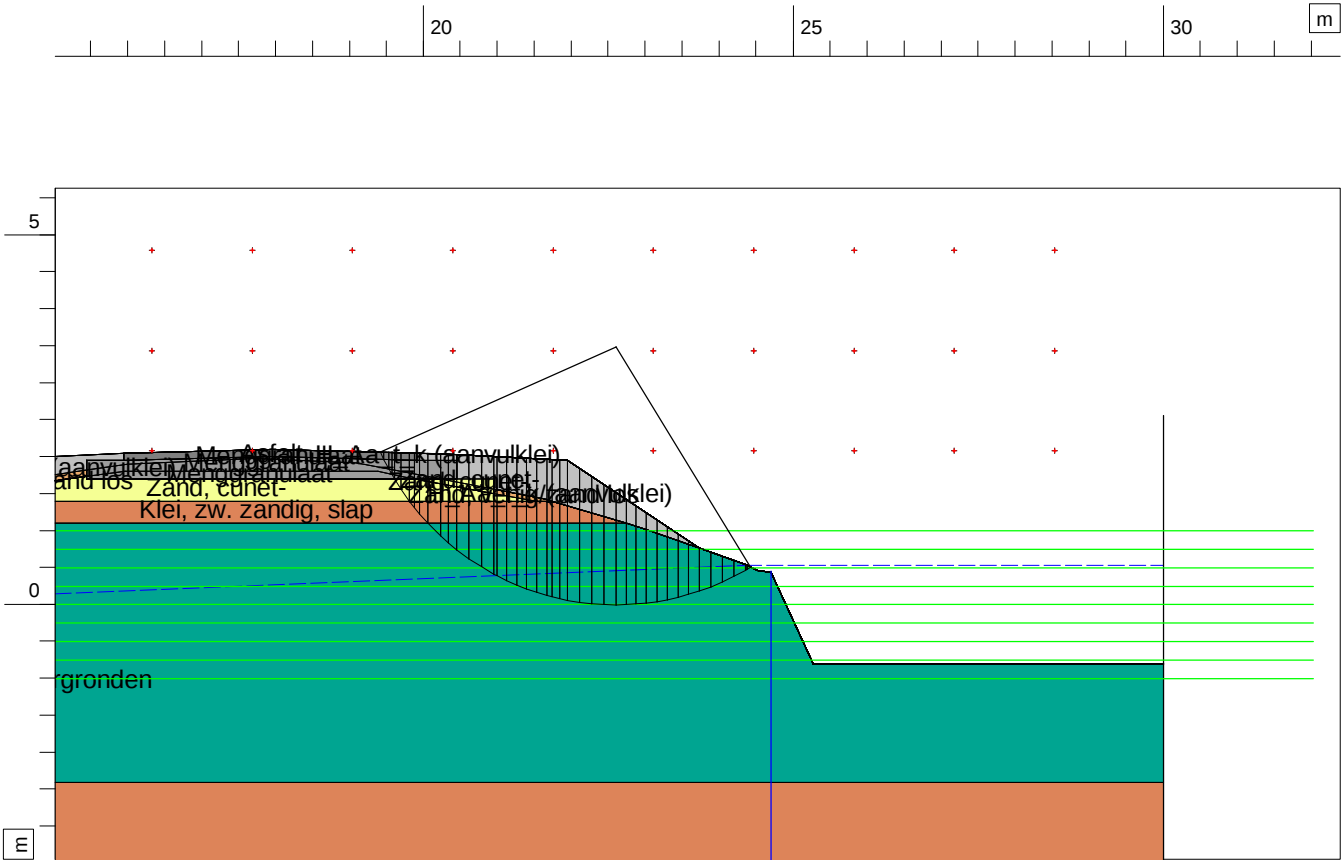
78082-2

cit.

Annex -

form.
A4

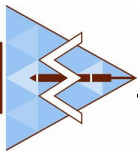
Critical Circle Bishop



- Materials
- zand , humeus (toplaag)
 - Asfalt
 - Menggranulaat
 - H_Aa_t_k (aanvulklei)
 - Zand, weinig/zand los
 - Zand, cunet-
 - Div. zandondergronden
 - Klei, zw. zandig, slap
 - Zand, st. siltig

Xm : 22,60 [m]
Ym : 3,49 [m]

Radius : 3,49 [m]
Safety : 2,44



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 0 kPa

Telefoon
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel I, gebruiksfase_BU.stl

drw.
-

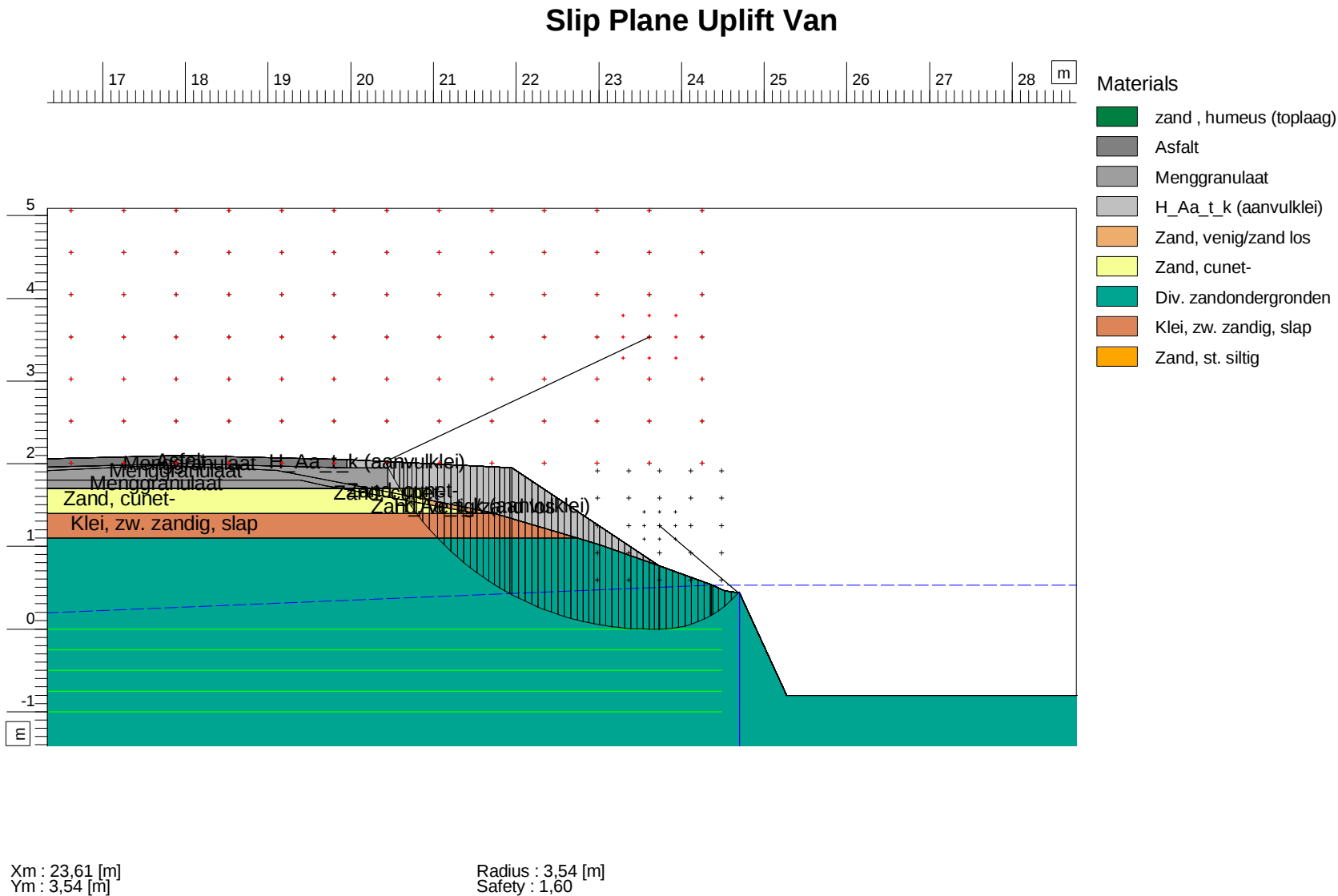
78082-2

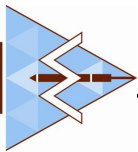
cit.

Annex

-

A4





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa

Tel/spark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel I, Gebruiksfase_BU.stl

drw.

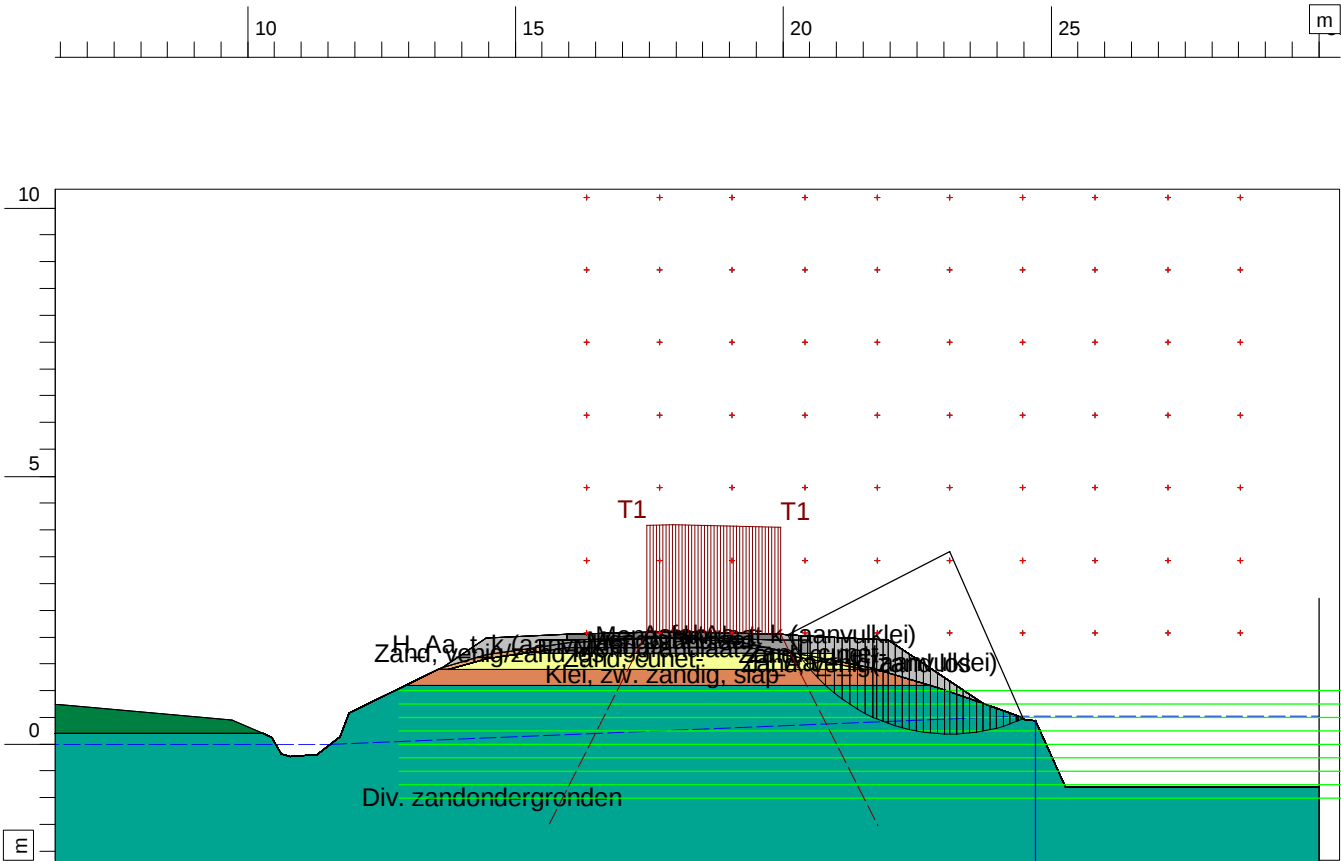
78082-2

cit.

Annex -

form.
A4

Critical Circle Bishop

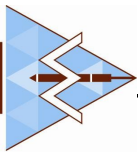


Materials

- zand , humeus (toplaag)
- Asfalt
- Menggranulaat
- H_Aa_t_k (aanvulklei)
- Zand, weinig/zand los
- Zand, cunet-
- Div. zandondergronden
- Klei, zw. zandig, slap
- Zand, st. siltig

Xm : 23,11 [m]
Ym : 3,60 [m]

Radius : 3,41 [m]
Safety : 1,79



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

BU, gebruiksfase, 13 kPa

Telispark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel I, Gebruiksfase_BU.stl

drw.

78082-2

ctt.

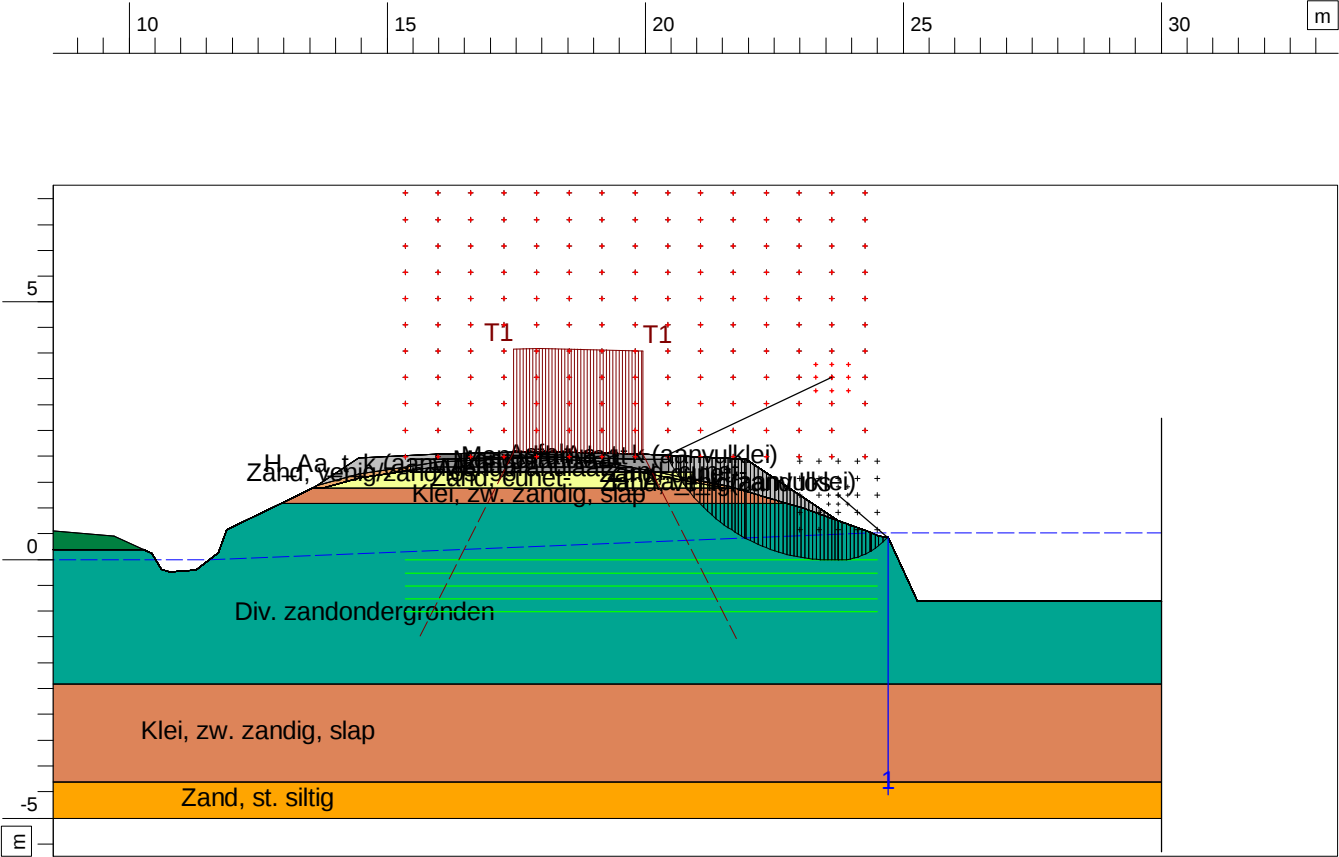
Annex

-

A4

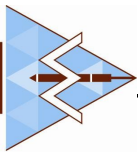
form.

Slip Plane Uplift Van



- Materials**
- zand , humeus (toplaag)
 - Asfalt
 - Menggranulaat
 - H_Aa_t_k (aanvulklei)
 - Zand, weinig/zand los
 - Zand, cunet-
 - Div. zandondergronden
 - Klei, zw. zandig, slap
 - Zand, st. siltig

Xm : 23,61 [m]
Ym : 3,54 [m]
Radius : 3,54 [m]
Safety : 1,60



BI, gebruiksfase, 0 kPa

Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Telerspark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel K, Gebruiksfase, BI, stil

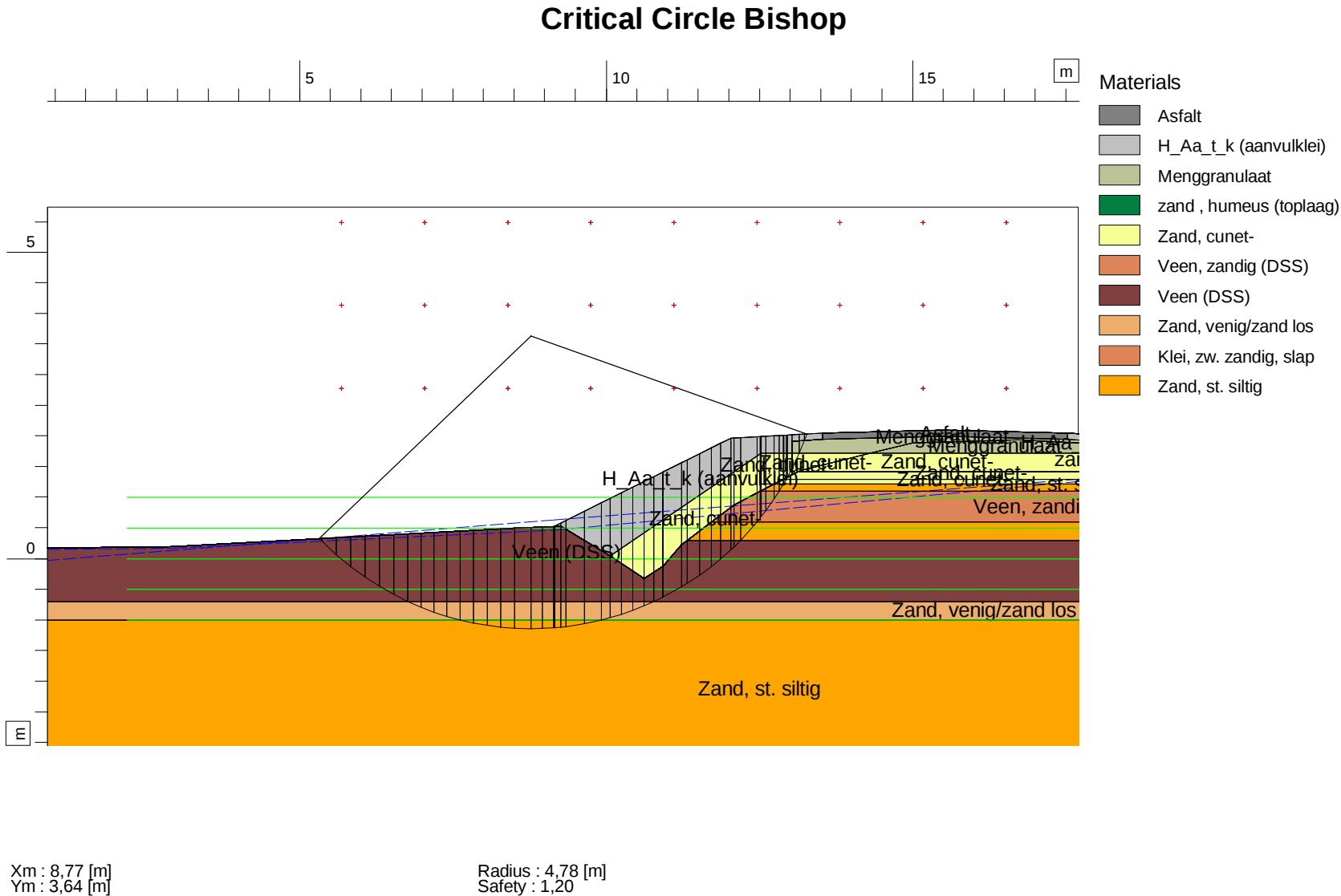
dwv.

78082-2

cit.

Annex -

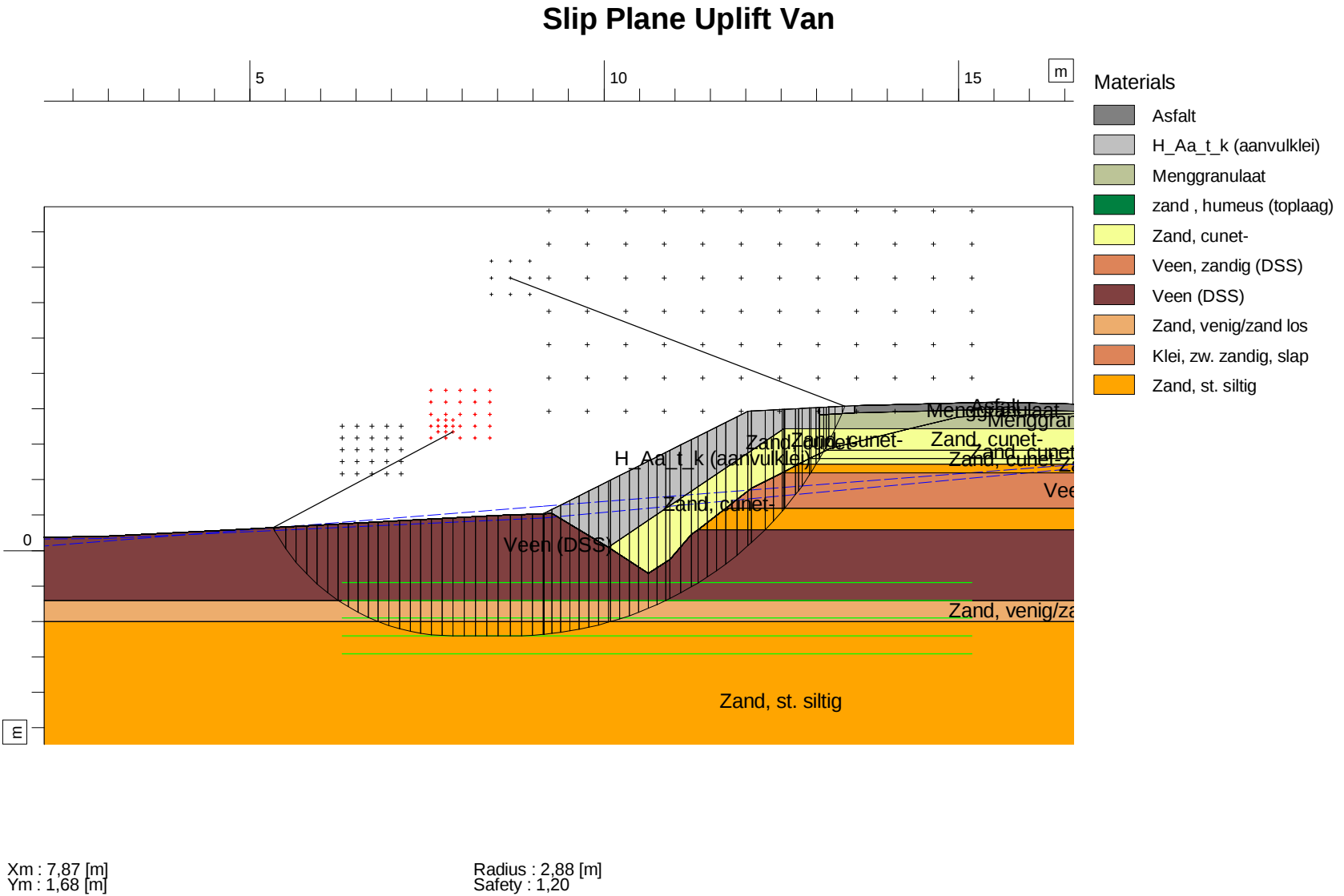
A4
form.

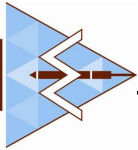




BI, gebruiksfase, 0 kPa

Geo Stability 18.2 : Profile K_Gebuksestee_BJ.stl		
date		drw.
4-2-2022		-
78082-2		cit.
Annex -		form. A4





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bl, gebruiksfase, 13 kPa

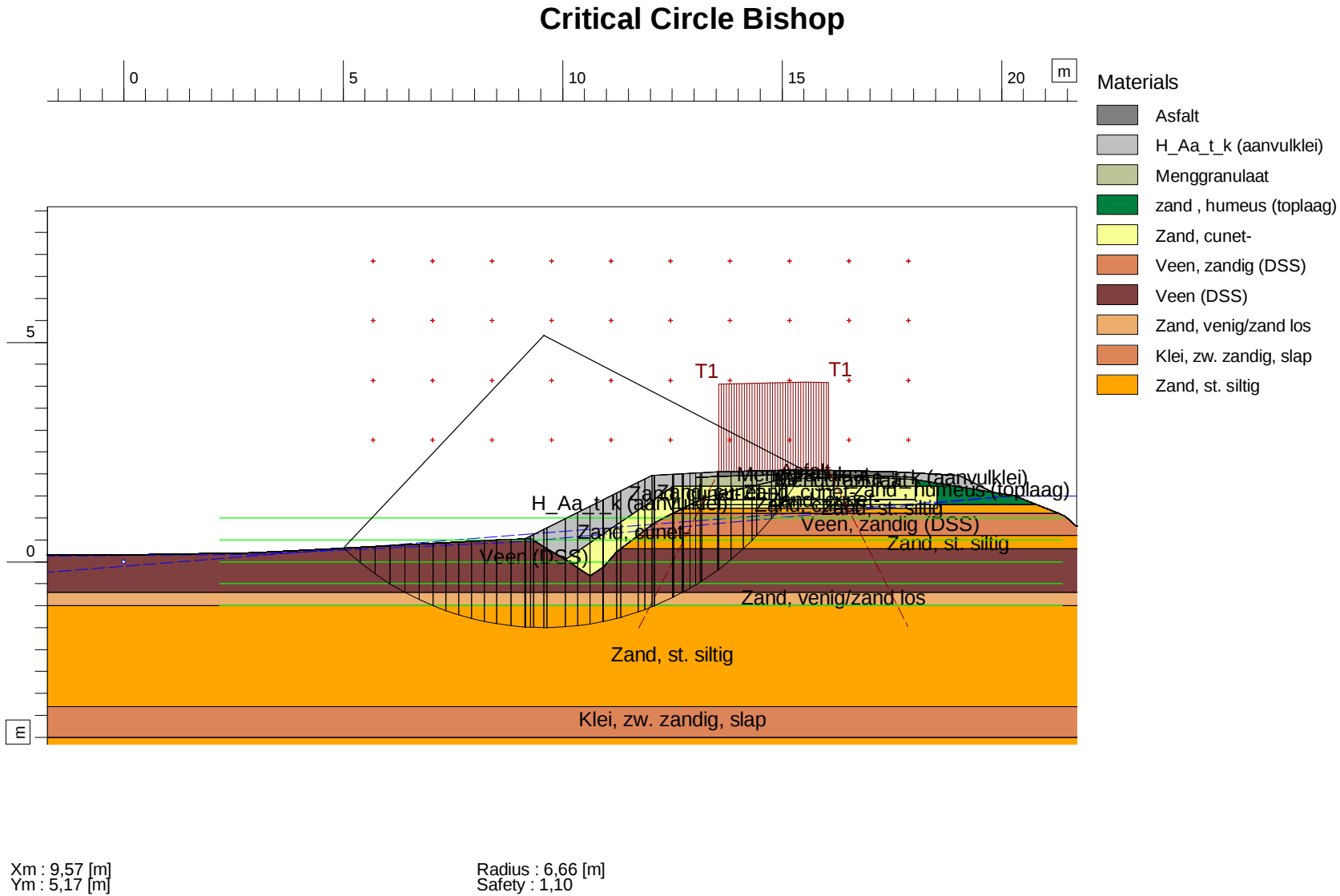
Telefoonpark 6
356 BZ Tolbert

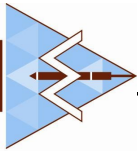
Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel K, Gebruiksfase_BI.stl

Annex -	78082-2	cit.	drw.
A4			form.





Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bl, gebruiksfase, 13 kPa

Televispark 6
356 BZ Tolbert

Phone
Fax

date
4-2-2022

D-Geo Stability 18.2 : Profiel K, Gebruiksfase, Bl, sl

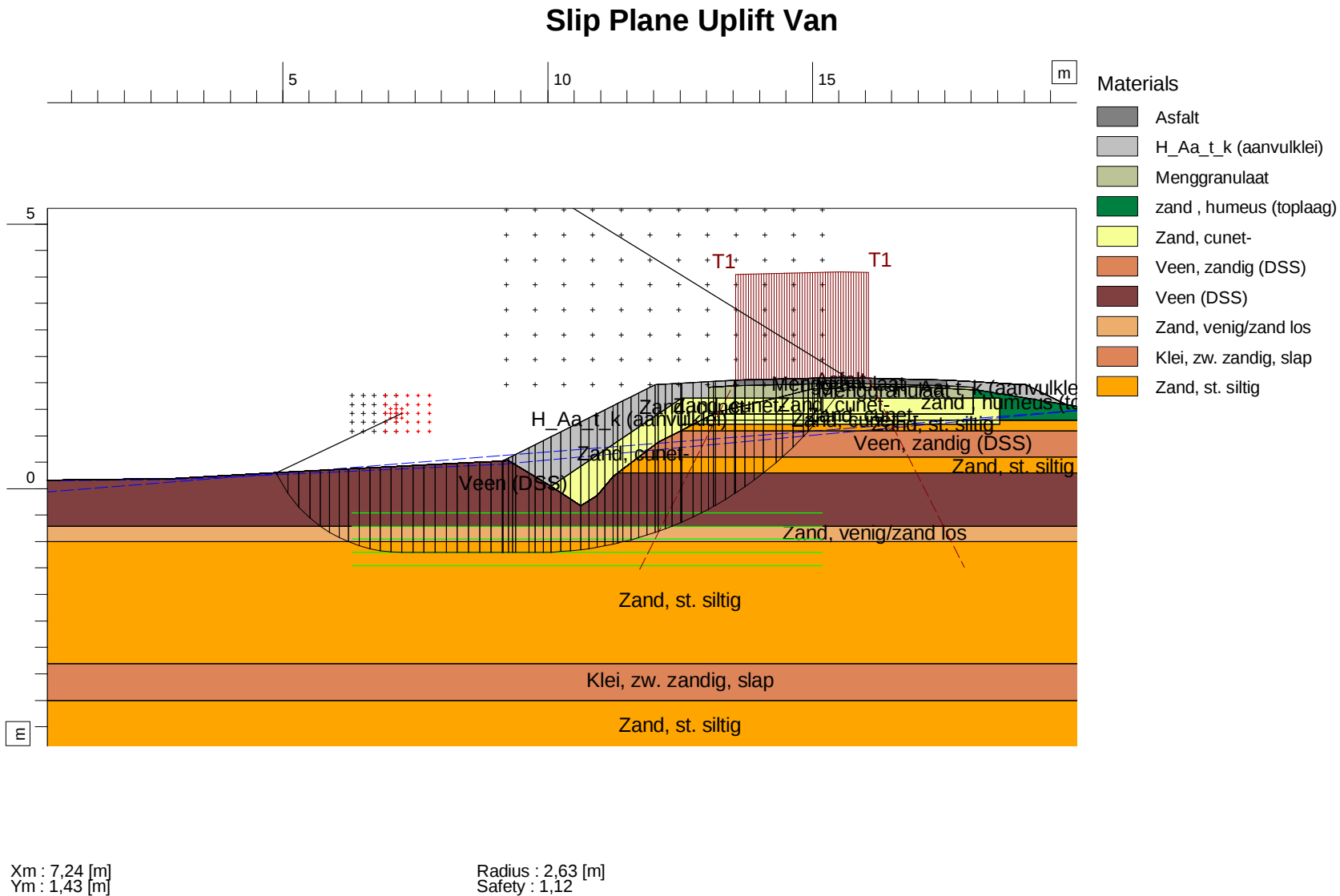
drw.

78082-2

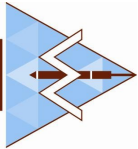
cit.

Annex -

A4
form.



Bijlage 8



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Report for D-Sheet Piling 22.1
Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Wiertsema & Partners

3-6-2022
08:16:38
sion: 22.1.1.35825

tion: 31-5-2022
tion: 13:58:29
version: 22.1.1.35825

File name: Profiel A-A
Project identification: Ophogen kades Noord-Willemskanaal
Profiel A-A

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

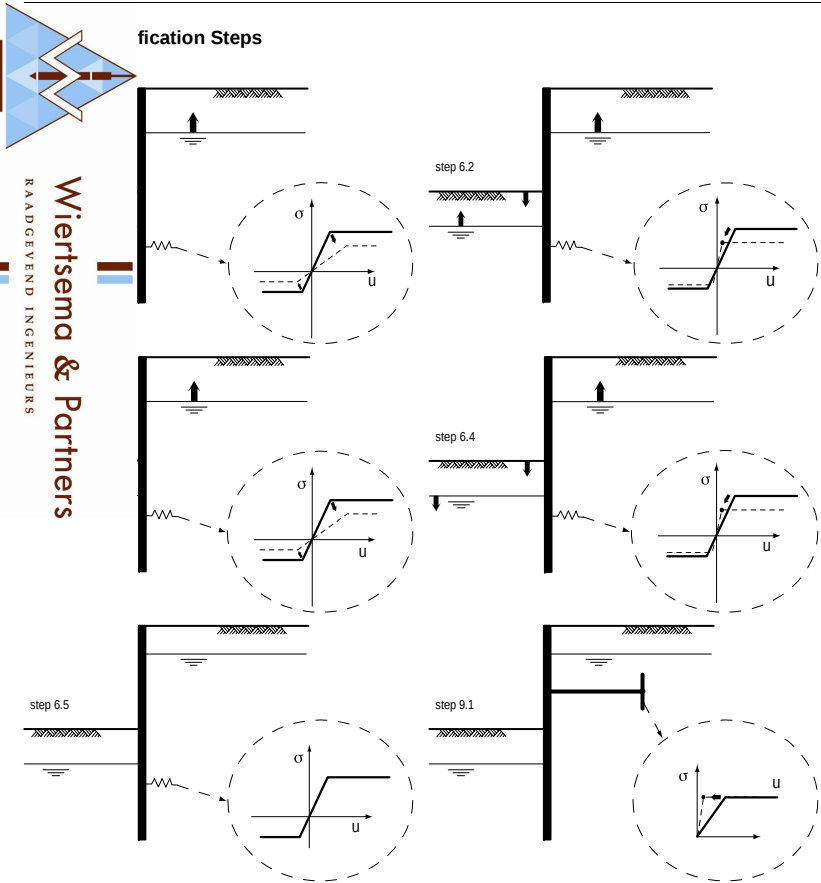
1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.3		4,04	-4,10	0,0	43,7	
1	EC7(NL)-Step 6.4		3,76	-3,79	0,0	42,9	
1	EC7(NL)-Step 6.5	-13,7	2,20	-2,65	0,0	28,1	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		2,64	-3,18			
2	EC7(NL)-Step 6.3		3,86	-4,17	0,0	52,9	
2	EC7(NL)-Step 6.4		3,76	-3,95	0,0	52,5	
2	EC7(NL)-Step 6.5	-14,9	2,36	-2,49	0,0	33,2	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		2,84	-2,99			
Max		-14,9	4,04	-4,17	0,0	52,9	

1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Gebruiksfase	1,78
Calamiteit	1,44



2 Input Data for all Stages

2.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

2.2 Sheet Piling Properties

Length	3,50 m
Level top side	0,25 m
Number of sections	1

2.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
C18, ø100 mm,...	-3,25	0,25	User defined	1,00

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

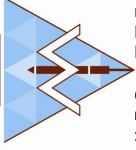
Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
C18, ø100 mm,...	4,4200E+02	1,00	4,4200E+02	

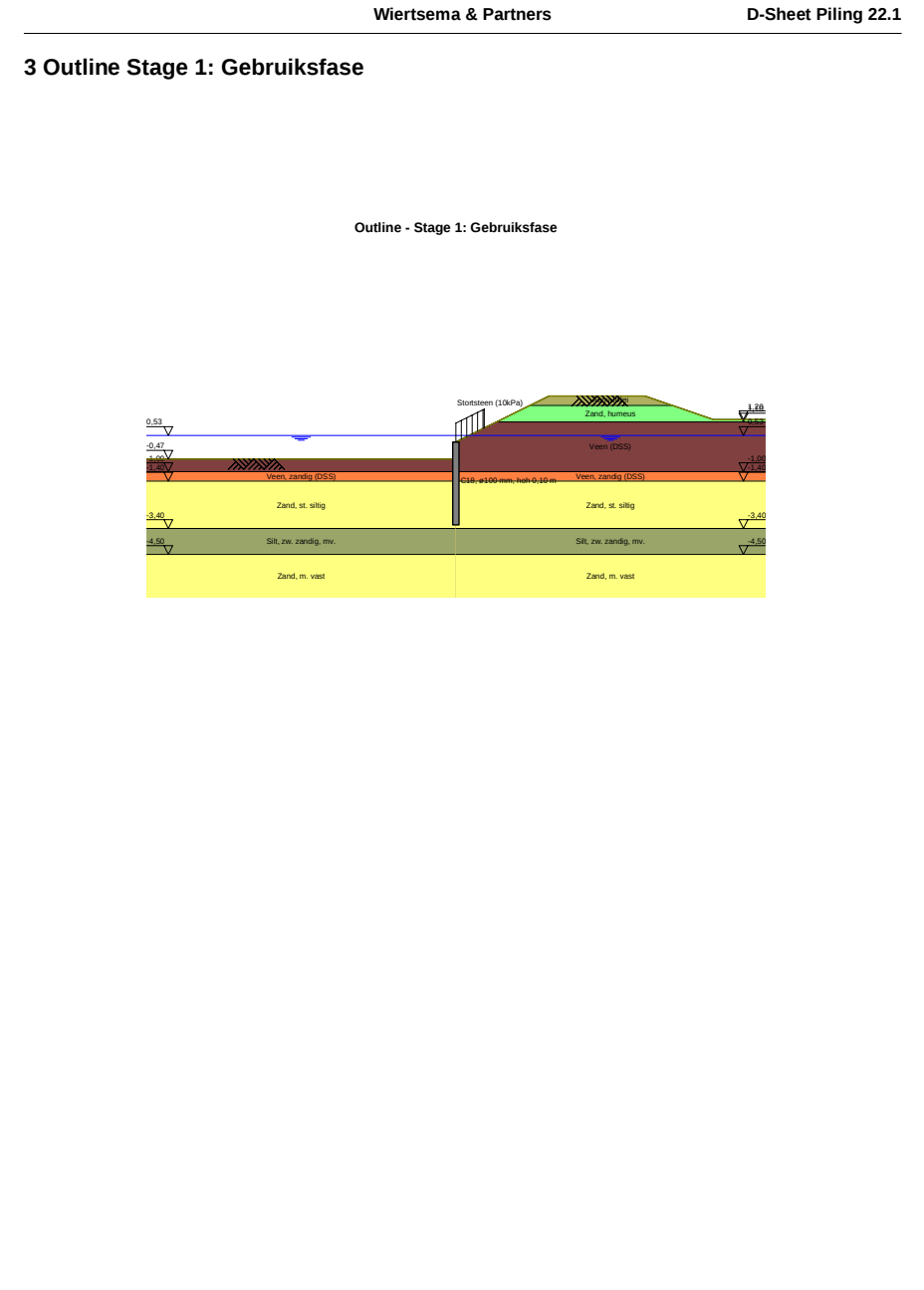
2.2.3 Maximum Allowable Moments

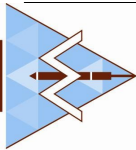
Section name	Mr;char;el [kNm/m]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
C18, ø100 mm,...	6,80	1,00	1,00	1,00	6,80

2.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Verification of stage	1: Gebruiksfas
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215

Wiertsema & Partners		D-Sheet Piling 22.1
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEUR	nt load, favourable	0,900
	oad, unfavourable	1,350
	oad, favourable	0,000
	ctors	
	l	1,150
	phi	1,150
	ll friction angle)*	1,150
	of low representative subgrade reaction	1,300
	modification	
	retaining height	10,00 %
 	n increase retaining height	0,50 m
	n in phreatic line on passive side**	0,00 m User defined
	hreatic line on active side	0,00 m User defined
representative values		
ctor on M, D and Pmax		1,200
bility factors		
l		1,300
phi		1,200
i unit weight soil		1,000
... 1 of stage		2: Calamiteit
Used partial factor set		RC 1
Factors on loads - Geotechnical loads		
- Permanent load, unfavourable		1,000
- Permanent load, favourable		1,000
- Variable load, unfavourable		1,000
- Variable load, favourable		0,000
Factors on loads - Constructive loads		
- Permanent load, unfavourable		1,215
- Permanent load, favourable		0,900
- Variable load, unfavourable		1,350
- Variable load, favourable		0,000
Material factors		
- Cohesion		1,150
- Tangent phi		1,150
- Delta (wall friction angle)*		1,150
- Modulus of low representative subgrade reaction		1,300
Geometry modification		
- Increase retaining height		10,00 %
- Maximum increase retaining height		0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side**		0,00 m User defined
- Raise in phreatic line on active side		0,00 m User defined
Factors on representative values		
- Partial factor on M, D and Pmax		1,200
Overall stability factors		
- Cohesion		1,300
- Tangent phi		1,200
- Factor on unit weight soil		1,000
* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used		
** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.		





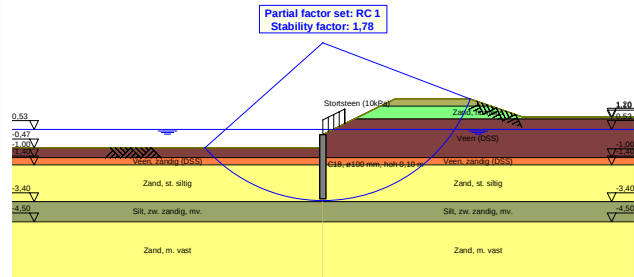
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Stability Stage 1: Gebruiksfas

Factor : 1,78

Stability

Overall Stability - Stage 1: Gebruiksfas



5 Step 6.3 Stage 1: Gebruiksfas

5.1 General Input Data

Passive side: D-Sheet Piling determined

5.2 Input Data Left

5.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

5.2.2 Water Level

Water level: 0,53 [m]

5.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	-0,54
3,50	-0,54
4,00	-0,54

5.2.4 Soil Material Properties in Profile: DKM003/HB004-waterzijde

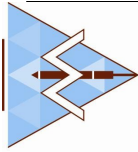
Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Veen (DSS)	0,50	10,30	10,30
Veen, zandig (D...	-1,00	14,40	14,40
Zand, st. siltig	-1,40	18,00	20,00
Silt, zw. zandig,...	-3,40	20,00	20,00
Zand, m. vast	-4,50	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Veen (DSS)	0,50	2,17	17,56	0,00	0,00
Veen, zandig (D...	-1,00	0,87	17,56	0,00	0,00
Zand, st. siltig	-1,40	0,00	22,07	14,74	14,74
Silt, zw. zandig,...	-3,40	0,87	24,35	8,15	8,15
Zand, m. vast	-4,50	0,00	28,99	17,84	17,84

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Veen (DSS)	0,50	1,00	1,00	Fine
Veen, zandig (D...	-1,00	1,00	1,00	Fine
Zand, st. siltig	-1,40	1,00	1,00	Fine
Silt, zw. zandig,...	-3,40	1,00	1,00	Fine
Zand, m. vast	-4,50	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Veen (DSS)	0,50	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, zandig (D...	-1,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, st. siltig	-1,40	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Silt, zw. zandig,...	-3,40	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, m. vast	-4,50	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00



Wiersma & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

of Subgrade Reaction (Secant)

Level	Branch 1		Branch 2	
	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
0.50	769,23	769,23	384,62	384,62
-1.00	769,23	769,23	384,62	384,62
-1.40	4615,38	4615,38	2307,69	2307,69
-3.40	3076,92	3076,92	1538,46	1538,46
-4.50	15384,62	15384,62	7692,31	7692,31

r e	Level [m]	Branch 3	
		Top [kNm ³]	Bottom [kNm ³]
)	0,50	192,31	192,31
tig (D...	-1,00	192,31	192,31
iltig	-1,40	1153,85	1153,85
ndig,...	-3,40	615,38	615,38
ast	-4,50	3846,15	3846,15

Is a Right

Variable Live Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m ²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1.20	10.00		

6 Step 6.5 Stage 1: Gebruiksfase

6.1 General Input Data

Passive side:

D-Sheet Piling determined

6.2 Input Data Right

6.2.1 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		

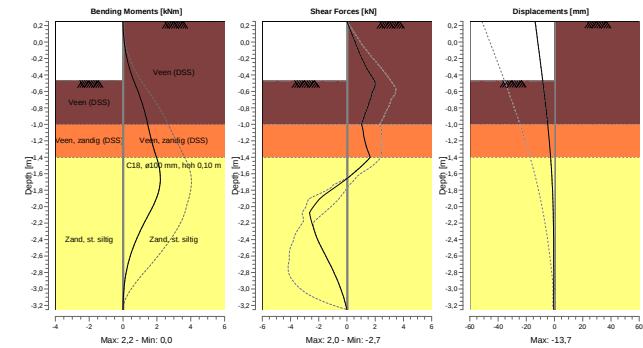
6.3 Calculation Results

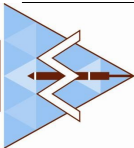
Number of iterations: 5

6.3.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: Gebruiksfas

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1

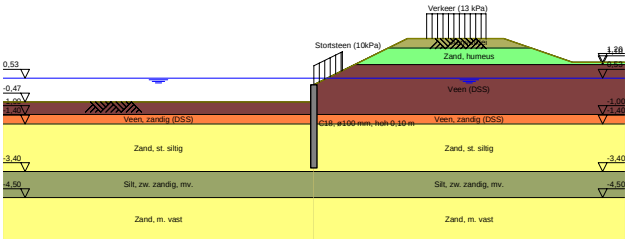




Stage 2: Calamiteit

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Outline - Stage 2: Calamiteit



8 Step 6.5 Stage 2: Calamiteit

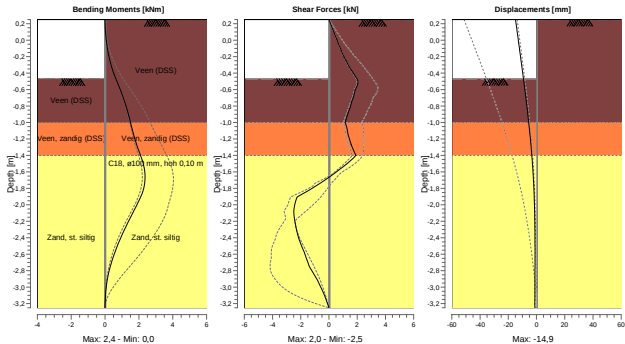
8.1 Calculation Results

Number of iterations: 3

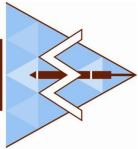
8.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: Calamiteit

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



End of Report



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Report for D-Sheet Piling 22.1
Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Wiertsema & Partners

3-6-2022
08:22:54

Version: 22.1.1.35825

Creation: 3-6-2022
Modification: 08:21:12

Version: 22.1.1.35825

File name: Profiel E-E

Project identification: Ophogen kades Noord-Willemskanaal
Profiel E-E - 59592_DKM001
BU met gesloten palenrij

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

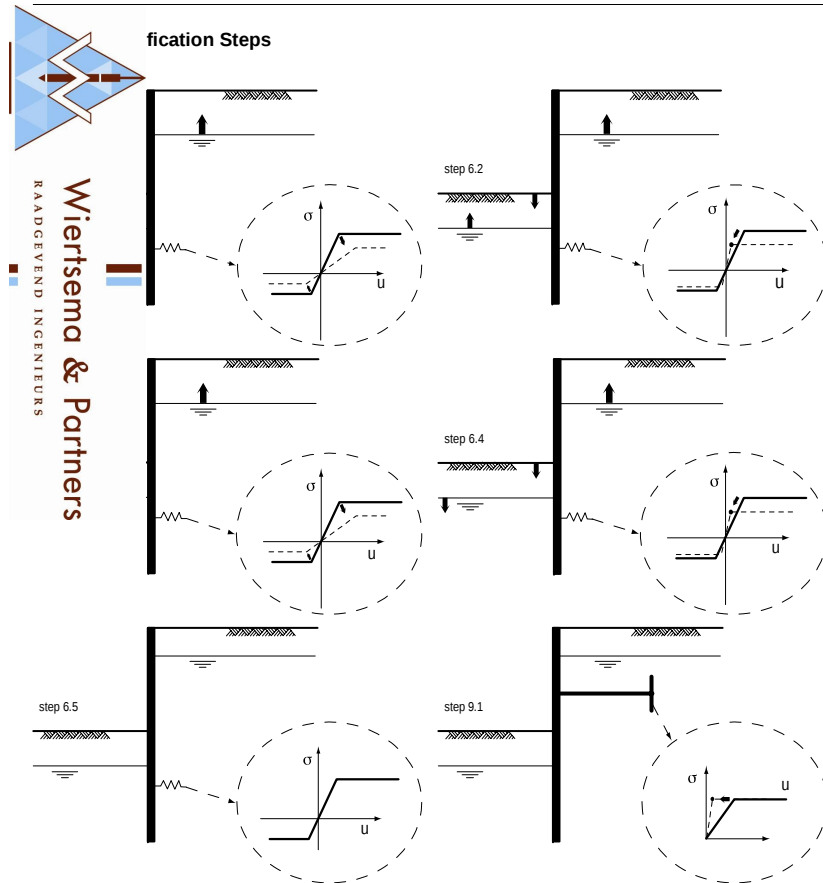
1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.3		-3,83	3,60	0,0	39,4	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-3,53	3,88	0,0	39,2	
1	EC7(NL)-Step 6.5	15,2	-1,93	2,25	0,0	26,7	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-2,32	2,70			
2	EC7(NL)-Step 6.3		-3,67	-3,46	0,0	47,6	
2	EC7(NL)-Step 6.4		-3,54	-3,46	0,0	47,4	
2	EC7(NL)-Step 6.5	16,4	-2,15	2,80	0,0	30,6	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-2,58	3,36			
Max		16,4	-3,83	3,88	0,0	47,6	

1.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Gebruiksfase	1,85
Calamiteit	1,50



2 Input Data for all Stages

2.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	No
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

2.2 Sheet Piling Properties

Length	3,50 m
Level top side	0,25 m
Number of sections	1

2.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
C18, ø90mm, h...	-3,25	0,25	User defined	1,00

2.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
C18, ø90mm, h...	2,9000E+02	1,00	2,9000E+02	

2.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
C18, ø90mm, h...	4,95	1,00	1,00	1,00	4,95

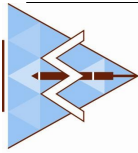
2.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.

Verification of stage 1: Gebruiksfase

Used partial factor set RC 1

Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

nt load, favourable	0,900
oad, unfavourable	1,350
oad, favourable	0,000
ctors	
phi	1,150
ll friction angle)*	1,150
of low representative subgrade reaction	1,300
modification	
retaining height	10,00 %
n increase retaining height	0,50 m
n in phreatic line on passive side**	0,00 m User defined
hreatic line on active side	0,00 m User defined
representative values	
ctor on M, D and Pmax	1,200
ability factors	
i	1,300
phi	1,200
i unit weight soil	1,000
... 1 of stage	2: Calamiteit

Used partial factor set RC 1

Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,350
- Variable load, favourable	0,000

Material factors	
- Cohesion	1,150
- Tangent phi	1,150
- Delta (wall friction angle)*	1,150
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300

Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side**	0,00 m User defined
- Raise in phreatic line on active side	0,00 m User defined

Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,200

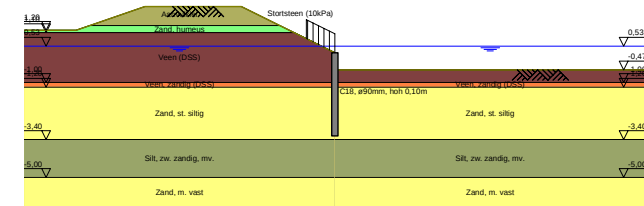
Overall stability factors	
- Cohesion	1,300
- Tangent phi	1,200
- Factor on unit weight soil	1,000

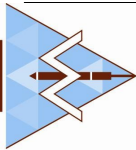
* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used

** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.

3 Outline Stage 1: Gebruiksfase

Outline - Stage 1: Gebruiksfase





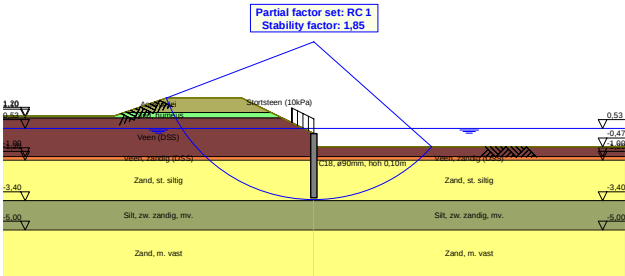
Stability Stage 1: Gebruiksfase

Factor : 1,85

Stability

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Overall Stability - Stage 1: Gebruiksfase



5 Step 6.3 Stage 1: Gebruiksfase

5.1 Input Data Left

5.1.1 Soil Material Properties in Profile: 59592_DKM001-landzijde

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Aanvulklei	2,30	17,00	17,00
Zand, humeus	1,40	17,00	19,00
Veen (DSS)	1,10	10,30	10,30
Veen, zandig (DSS)	-1,00	14,40	14,40
Zand, st. siltig	-1,20	18,00	20,00
Silt, zw. zandig, mv.	-3,40	20,00	20,00
Zand, m. vast	-5,00	18,00	20,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Aanvulklei	2,30	2,17	26,47	8,79	8,79
Zand, humeus	1,40	0,87	26,66	17,77	17,77
Veen (DSS)	1,10	2,17	17,56	0,00	0,00
Veen, zandig (DSS)	-1,00	0,87	17,56	0,00	0,00
Zand, st. siltig	-1,20	0,00	22,07	14,74	14,74
Silt, zw. zandig, mv.	-3,40	0,87	24,35	8,15	8,15
Zand, m. vast	-5,00	0,00	28,99	17,84	17,84

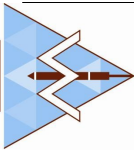
* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Aanvulklei	2,30	1,00	1,00	Fine
Zand, humeus	1,40	1,00	1,00	Fine
Veen (DSS)	1,10	1,00	1,00	Fine
Veen, zandig (DSS)	-1,00	1,00	1,00	Fine
Zand, st. siltig	-1,20	1,00	1,00	Fine
Silt, zw. zandig, mv.	-3,40	1,00	1,00	Fine
Zand, m. vast	-5,00	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Aanvulklei	2,30	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, humeus	1,40	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen (DSS)	1,10	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Veen, zandig (DSS)	-1,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, st. siltig	-1,20	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Silt, zw. zandig, mv.	-3,40	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand, m. vast	-5,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00

5.1.2 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Stage 1: Gebruiksfase

a Left

je Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Vari
(10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		

7 Step 6.5 Stage 1: Gebruiksfase

7.1 General Input Data

Passive side: D-Sheet Piling determined

7.2 Input Data Left

7.2.1 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Vari
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		

7.3 Input Data Right

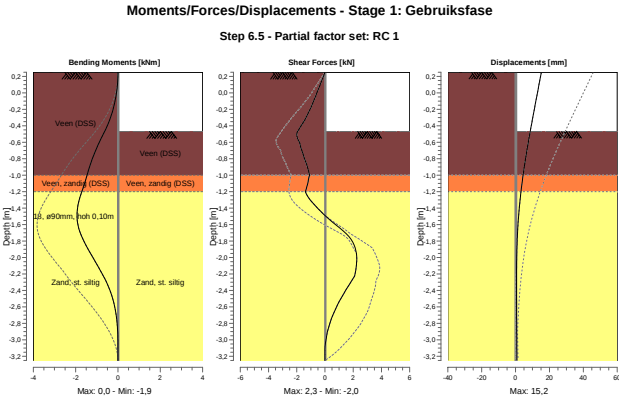
7.3.1 Surface

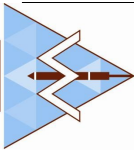
X [m]	Y [m]
0,00	-0,47
3,50	-0,47
4,00	-0,47

7.4 Calculation Results

Number of iterations: 5

7.4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

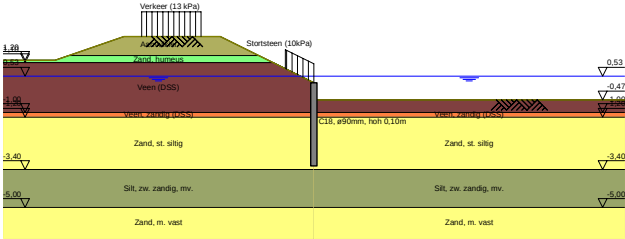




Stage 2: Calamiteit

Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Outline - Stage 2: Calamiteit

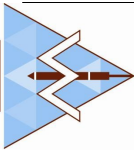


9 Step 6.3 Stage 2: Calamiteit

9.1 Input Data Left

9.1.1 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Variable
Verkeer (13 kPa)	4,75	13,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Variable
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Stage 2: Calamiteit

ita Left

rge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Vari
3 kPa)	4,75	13,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Variable
	7,25	13,00		
(10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		

11 Step 6.5 Stage 2: Calamiteit

11.1 Input Data Left

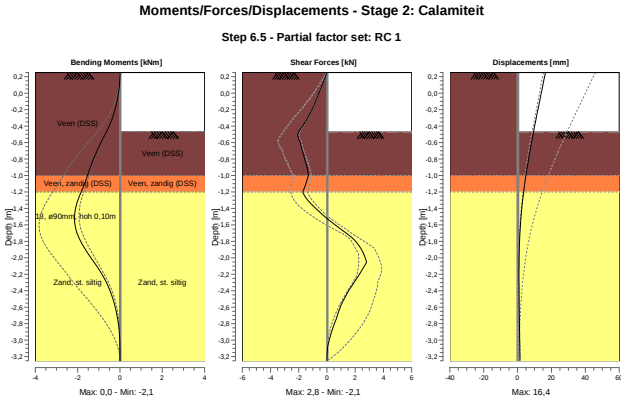
11.1.1 Surcharge Loads

Name	Distance [m]	Characteristic load [kN/m²]	Favourable / Unfavourable	Permanent / Vari
Verkeer (13 kPa)	4,75	13,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Variable
	7,25	13,00		
Stortsteen (10kPa)	0,00	10,00	Unfavourable (D-Sheet Piling)	Permanent
	1,20	10,00		

11.2 Calculation Results

Number of iterations: 4

11.2.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



End of Report