

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan: André van Hoven, Arno Rozing,
Van: Esther Rosenbrand, Arjan Weijenborg, Thomas Viehöfer,
Datum: 10 oktober 2016
Kopie: Peter van der Scheer
Ons kenmerk: WATBE7926N002F01
Classificatie: Open

Onderwerp: Berekeningen 4 profielen KIJK

Versie 10 oktober 2016

In voorliggende memo zijn enkele tekstuele wijzigingen doorgevoerd t.o.v. de opgeleverde versie d.d. 21 juli 2016. De wijzigingen betreffen een nadere toelichting op de gehanteerde werkwijze naar aanleiding van de email van Andre van Hoven d.d. 31 augustus 2016.

Gewijzigde tekst is kenbaar gemaakt d.m.v. een verticale lijn in de linkerkantlijn in het hoofddocument.

Daarnaast is de toelichting bij Bijlage 6 en 8 aangepast.

Tevens moet worden gemeld dat recent is vastgesteld dat er in de CPT processor gerekend is met een foutieve formule. Onderstaande formule voor de bepaling van de overconsolidatieratio uit 'concept schematiseringshandleiding macrostabiliteit' is van toepassing:

Deltares

1220083-008-GEO-0005, Versie 06, 24 februari 2016, definitief

Uit de ongedraineerde schuifsterkte s_u kunnen de overconsolidatieratio OCR en de grensspanning σ'_{vy} worden afgeleid met:

$$\text{OCR} = (s_u / (\sigma'_{vi} S))^{1/m} \quad \text{en} \quad \sigma'_{vy} = \sigma'_{vi} \text{OCR} \quad (I.2)$$

Hierin zijn:

OCR overconsolidatieratio (-)
 s_u ongedraineerde schuifsterkte afgeleid uit de sondeerweerstand (kN/m^2)
 σ'_{vi} in situ effectieve verticale spanning (kN/m^2)
S normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio (-)
m sterkte toename exponent (-)
 σ'_{vy} grensspanning (kN/m^2)

In de versie van de CPT processor die gebruikt is voor voorliggend project is abusievelijk de verkeerde formule voor de bepaling van OCR gehanteerd uit paragrafen 6.6 en 7.2 van de rapportage Handreiking voor het bepalen van schuifsterkte parameters – WTI 2017 Toetsregels Stabiliteit (2014).

Naar aanleiding van deze constatering is er een check gedaan voor een van de kruinsonderingen. Daarbij is geconstateerd dat de berekende grensspanningen welliswaar met de correcte formule hoger uit vallen (m.n. bij hogere spanningsniveaus), maar door de gehanteerde statistiek de rekenwaarden van de gehanteerde grensspanningen (c.q. POP-waarden) in de betreffende analyse ongewijzigd blijven.

Inleiding

In deze memo worden de resultaten gepresenteerd van het met de 'dagelijkse adviesmethodiek' doorrekenen van vier dwarsprofielen langs de Hollandsche IJssel voor de Projectoverstijgende Verkenning Macrostabieleit (POVM). Drie van deze profielen vallen in het project van de dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK). De berekeningen zijn gezamenlijk uitgevoerd door Fugro en Royal HaskoningDHV, die ook het project 'Grondonderzoek en consequentieanalyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard' in opdracht van Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard (april 2016) hebben uitgevoerd.

In de voorliggende memo zijn de vier aanvullende profielen doorgerekend voor het mechanisme macrostabieleit binnenwaarts (STBI), gebruikmakend van het CSSM model en de proevenverzameling die in de voornoemde consequentieanalyse is opgesteld. Deze nieuwe resultaten kunnen gebruikt worden om de meerwaarde van de POVM te analyseren waarin dezelfde profielen berekend zijn met een andere methodiek.

Tijdens de totstandkoming van de berekeningen zijn uitgangspunten afgestemd met de opdrachtgever. Hiervoor zijn twee memo's opgesteld te weten:

- Algemene uitgangspunten: 'Berekeningen 4 profielen KIJK', d.d. 22-06-2016;
- Uitgangspunten voor bepaling van waterspanning voor gevoeligheidsberekeningen: 'Bepalen waterspanninggevoeligheidsanalyse POVM opdracht 1220518' d.d. 11-07-2016.

Via e-mail en telefonisch overleg zijn enkele wijzigingen met betrekking tot de eerste memo afgestemd. De aangepaste, gehanteerde, uitgangspunten staan beschreven in voorliggende memo. De uitgangspunten van de tweede memo zijn zoals voorgesteld gehanteerd om de waterspanningen te bepalen voor de gevoeligheidsberekeningen (de memo zelf is opgenomen in Bijlage 5).

In voorliggende memo worden achtereenvolgens de uitgangspunten voor de berekeningen en de resultaten van de berekeningen met een korte beschouwing daarop gepresenteerd. De maatgevende glijcirkels en ingevoerde parameterwaarden zijn gerapporteerd in Factsheets in bijlagen 6 tot en met 8. In Bijlage 9 zijn de normcirkels van de ongedraineerde berekeningen gepresenteerd. Voor de gedraineerde berekeningen zijn geen afzonderlijke veiligheidseisen afgeleid. Daarom zijn voor deze berekeningen de cirkels behorend bij dezelfde normeis als bij de ongedraineerde berekening gepresenteerd. Dit is niet helemaal correct, maar geeft wel een goede vergelijking van de veiligheid zoals berekend met het CSSM model en de veiligheid zoals berekend met het Mohr Coulomb model.

Bij oplevering van deze memo worden eveneens de D-Geo Stability rekenfiles geleverd.

Aanpak Berekeningen

De dwarsprofielen zijn geleverd door Arno Rozing dd. 17.06.2016. Omdat de profielen voor de berekeningen niet ver genoeg doorlopen, zijn deze in het achterland aangevuld met data uit AHN3. De gehanteerde profielen zijn weergegeven in Bijlage 3.

De profielen zijn gelegen ter hoogte van de volgende hectometrering:

1. 26,275
2. 33,462
3. 36,926
4. 40,550

Berekeningsvarianten

Er zijn voor ieder profiel drie berekeningen gemaakt voor het faalmechanisme ‘macrostabiliteit binnenwaarts’ (STBI), te weten:

- Basisberekening: met CSSM-model, de ongedraineerde parameters zijn bepaald met dezelfde methode als gehanteerd in: RHDHV-Fugro Rapportage Consequentieanalyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard [Ref 1], te weten de waarden van sterkteparameters S en m uit de proevenverzameling zijn gebruikt in combinatie met de grensspanning zoals bepaald uit de klasse 1 sonderingen (conform de Handreiking voor het bepalen van schuifsterkte parameters [Ref 2]). In deze sommen zijn ook de schematisaties van de waterspanning uit [Ref 1]. overgenomen, dat wil zeggen: het dijklichaam is volledig verzadigd geschematiseerd (in verband met de hogere verwachte overslagdebieten). De stijghoogte in het watervoerend pakket is overgenomen uit de berekeningen van [Ref 1].
 - Gevoeligheidsanalyse voor variatie van de waterspanningen in het 1^e watervoerend pakket en de freatische lijn in de dijk. De aangepaste waterspanningen zijn bepaald aan de hand van waterspanningsmetingen. De respons van de waterspanningsmetingen op het getij wordt gebruikt om de waterspanning voor de MHW situatie te extrapoleren.
- Gedraineerde berekening: met gedraineerde parameters in overeenstemming met de D-Geo Stability som, aangeleverd door A. Rozing d.d. 16.01.2016 en waterspanningen conform de Basisberekening. Voor grondsoorten waarvan de volumieke massa niet in dit profiel gegeven is wordt de volumieke massa bepaald aan de hand van de in het laboratorium bepaalde volumieke massa's.

Dit leidt tot 12 sommen (4 profielen*3 varianten), voor ieder van de 12 sommen zijn de glijcirkels met de modellen Bishop en Uplift Van bepaald. De gehanteerde uitgangspunten worden in de volgende hoofdstukken nader toegelicht.

Veiligheidsfactor macrostabiliteit binnenwaarts

De veiligheidsfactor waaraan voldaan moet worden voor macrostabiliteit is overgenomen uit [Ref 1], zie Tabel 1.

Tabel 1 Vereiste veiligheidsfactor γ_r voor faalmechanisme macrostabiliteit binnenwaarts voor het dijktraject van KIJK conform OI2014v3 (CSSM)

Dijktraject KIJK	Bishop γ_r	UpliftVan γ_r
15-3	1,45	1,40
15-3; exclusief schematiseringsfactor	1,21	1,17

Waterstanden & Stijghoogte

Maatgevende buitenwaterstanden

Evenals in [Ref 1] wordt het zichtjaar 2035 aangehouden. In Tabel 2 is het overzicht van de buitenwaterstanden gegeven voor zichtjaar 2035 met overschrijdingskansen van 1/1.000, 1/3.000, 1/10.000 en 1/25.000 per jaar uit [Ref 1] inclusief 30 cm onzekerheidstoelag.

Tabel 2: Waterstanden (incl. 30 cm onzekerheidstoelag) voor zichtjaar 2035 met overschrijdingskansen van 1/1.000, 1/3.000, 1/10.000 en 1/25.000 per jaar.

Herhalings ­ tijd [jaar]	Waterstand [m + NAP]			
	1.000	3.000	10.000	25.000
Hectometerpaal				
37,65	3,18	3,30	3,42	3,51
36,60	3,15	3,28	3,41	3,49
35,60	3,14	3,27	3,40	3,48
34,20	3,11	3,25	3,38	3,46
33,30	3,07	3,21	3,34	3,43
32,25	3,09	3,24	3,37	3,45
30,85	3,11	3,25	3,38	3,47
29,90	3,10	3,25	3,38	3,47
26,70	3,06	3,21	3,34	3,42
25,60	3,04	3,18	3,31	3,39

In [Ref 1] zijn de waterstanden met een overschrijdingskans van 1/3.000 per jaar voor het mechanisme macrostabiliteit binnenwaarts gehanteerd. De maatgevende buitenwaterstand behorend bij de te beschouwen profielen wordt bepaald door lineair te interpoleren tussen de bovenstaande hectometerpalen.

Het dwarsprofiel 40,550 valt buiten het project KIJK. Voor dwarsprofiel 40,550 is de waterstand in 2035 afgeleid met Hydra-BS op dezelfde manier als de waarden in de bovenstaande tabel. Deze bedraagt inclusief 30 cm onzekerheidstoelag NAP +3,34 m.

Er dient rekening gehouden te worden met autonome bodemdaling, evenals in [Ref 1] wordt dit gedaan door 22 cm op te tellen bij de waterstanden in de bovenstaande tabel.

Tabel 3 Waterstanden inclusief 30 cm onzekerheidstoelag en 22 cm compensatie autonome bodemdaling

Profiel	Waterstand incl. 30 cm onzekerheidstoelag en incl. 22 cm compensatie autonome bodemdaling m NAP
26,275	3,42
33,462	3,44
36,926	3,48
40,550	3,56

Stijghoogte 1^e w.v.p.

Voor de basisberekeningen wordt dezelfde stijghoogte in het 1^e watervoerend pakket onder maatgevende omstandigheden als in [Ref 1] aangehouden. De waarden zijn overgenomen uit eerdere toetsingen, deze bevatten ook de stijghoogte voor profiel 40,55.

Tabel 4 Stijghoogte 1^e w.v.p. voor basis berekeningen

Profiel	Stijghoogte 1 ^e watervoerende pakket m NAP
26,275	-1,5
33,462	-4,0
36,926	-4,0
40,550	-4,0

Gevoeligheidsanalyse met gemeten waterspanningen

De wijze waarop de waterspanningsmetingen uit het project 'consequentieanalyse KIJK' [Ref. 1] zijn gebruikt om de waterspanningen te schematiseren, is toegelicht in Bijlage 5. Onderstaand zijn de resultaten van deze analyse voor de freatische lijn en voor de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket samengevat.

Freatische lijn

Onder dagelijkse omstandigheden wordt voor de ligging van de freatische lijn in de kruin 3 m – mv aangehouden en in de teen 0,5 m – mv. Deze hoogten zijn gebaseerd op de waterspanningsmetingen in het cohesieve pakket in de kruin en in de teen, en komt overeen met de freatische lijn onder dagelijkse omstandigheden in de basis analyse.

De ligging van de freatische lijn tijdens MHW is bepaald cf. Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [Ref. 3] gebruikmakend van onderstaande formule om te extrapoleren van dagelijkse omstandigheden naar maatgevende omstandigheden (MHW), zoals toegelicht in Bijlage 5:

$$\varphi_{MHW} = \varphi_{dagelijks} + 0,1(h_{MHW} - h_{dagelijks}) \quad \text{vgl. 1}$$

Waarin:

φ_{MHW} waterspanning tijdens MHW situatie, m NAP;

$\varphi_{dagelijks}$ waterspanning tijdens dagelijkse omstandigheden, m NAP;

h_{MHW} buitenwaterstand tijdens MHW situatie, m NAP;

$h_{dagelijks}$ langdurig gemiddelde dagelijkse buitenwaterstand, te weten: NAP +0,62 m;

Stijghoogte watervoerend pakket

Voor de berekeningen waarin de gevoeligheid voor de waterspanning geanalyseerd wordt, is de stijghoogte bepaald aan de hand van de metingen van de waterspanningsmeters die specifiek voor het project KIJK zijn geïnstalleerd. De locaties van de waterspanningsmeters zijn aangegeven in Bijlage 4. De bepaling van de waterstanden onder maatgevende omstandigheden, aan de hand van de gemeten stijghoogten, is toegelicht in de Memo "Bepalen freatische lijn gevoeligheidsanalyse POVM opdracht 1220518" dd 11-07-2016 die is toegevoegd in Bijlage 5.

Metingen wijzen uit dat de stijghoogte in het watervoerende pakket afneemt van WSM 2 in het zuidwesten naar WSM 6 in het noordoosten. Voor profielen 40,55 en 36,92 wordt de stijghoogte gemeten in WSM 6

gehanteerd voor de dagelijkse omstandigheden. Voor profiel 33,42 wordt de stijghoogte tussen WSM 4 en 6 geïnterpoleerd. Voor profiel 26,27 wordt de stijghoogte van WSM 2 gehanteerd.



Figuur 1 Locatie van waterspanningsmeters (WSM) en dwarsprofielen DWP.

De waterspanningen in het 1^e watervoerende pakket (stijghoogte) tijdens MHW-omstandigheden wordt evenals voor de freatische waterspanning bepaald met vgl. 1 (zie ook Bijlage 5).

De waterspanningen per profiel zijn weergegeven in tabel 5:

Tabel 5 Waterspanningen gehanteerd voor gevoeligheidsanalyse met waterspanningsmetingen.

Profiel	langdurig gemiddelde dagelijkse buitenwaterstand*	Dagelijkse waarden voor 2035			Waarden bij maatgevend hoogwater in 2035			
		freatische waterspanning		gemeten stijghoogte plus 22 cm zettingscompensatie****	MHW	freatische waterspanning		berekende stijghoogte plus 22 cm zettingscompensatie
		Kruin**	Teen***			Kruin	Teen***	
m NAP	m NAP	m NAP	m NAP	m NAP	m NAP	m NAP	m NAP	
26,275	0,62	0,90	-1,60	-1,78	3,42	1,18	-1,32	-1,50
33,420	0,62	0,76	-1,19	-2,68	3,44	1,04	-0,91	-2,40
36,926	0,62	0,60	-2,91	-4,78	3,48	0,89	-2,62	-4,49
40,550	0,62	0,75	-2,04	-4,78	3,56	1,04	-1,75	-4,49

* dagelijkse buitenwaterstand verhoogd met 22 cm zettingscompensatie en een waterstandstoename van ca. 10 cm.

** gelijk aan 3 m –MV op de locatie van de sondering

*** gelijk aan 0,5 m –MV op de locatie van de sondering

**** de dagelijkse stijghoogte inclusief zettingscompensatie wordt gehanteerd om de MHW stijghoogte in 2035 te bepalen. Voor bepaling van grensspanningen uit sonderingen wordt de stijghoogte excl. zettingscompensatie gehanteerd.

Grondparameters

Berekeningen met CSSM model

De ongedraineerde berekeningen zijn uitgevoerd met de waarden van volumieke massa, S , en m uit de proevenverzameling van project KIJK [Ref. 1]. Voor voorliggende analyse is de definitieve proevenverzameling d.d. 18.04.2016 gehanteerd. De rekenwaarden zijn gegeven in Tabel 6, de volledige verzameling is opgenomen in Bijlage 1.

Tabel 6 Rekenwaarden voor ongedraineerde grondparameters uit definitieve proevenverzameling project KIJK.

Grondsoort	γ_{nd} [kN/m ³]		N_{kt}	m_d [-]	POP _d [kN/m ²]		S_d [-]	ϕ_{ia} [degr.]	c'_d [kN/m ²]
	Kruin	Teen	Teen		Kruin	Teen			
			nb						
VEEN	10.9	10.5	nb	0.73	nb	nb	0.34	-	-
DETRITUS	12.9	11.8	nb	0.82	nb	nb	0.25	-	-
GYTTJA	14.4	13.5	nb	0.82	nb	nb	0.26	-	-
VEEN, KLEIIG	12.3	11.6	nb	0.79	nb	nb	0.30	-	-
KLEI ANTROPOGEEN	18.0	18.1	nb	0.83	nb	nb	0.29	-	-
KLEI HUMEUS	15.6	14.2	nb	0.81	nb	nb	0.26	-	-
KLEI SILTIG	16.2	15.7	nb	0.83	nb	nb	0.26	-	-
KLEI KREFTENHEYE	18.0	18.0	nb	0.70	nb	nb	0.20	-	-
ZAND	20.0	20.0	-	-	-	-	-	27.5	0
VERHARDING	20.0	20.0	-	-	-	-	-	30.0	0

*Highlight phi: deze waarde is een conservatieve schatting.

Grensspanningen

Grensspanningen zijn bepaald aan de hand van de door Wiertsema uitgevoerde Klasse I sonderingen met behulp van de CPT processor uit project KIJK (conform [Ref. 2]). De ge-update N_{kt} waarden uit de proevenverzameling van 18.04.2016 zijn hierbij gehanteerd, te weten 17,5 voor klei en 20,1 voor veen [verwezen wordt naar het memorandum met kenmerk 1315-0297-000.M01 dat is toegevoegd aan bijlage 3 van Ref. 1].

De grensspanning uit sonderingen wordt gebruikt in combinatie met de berekende korrelspanning om de 'pre over burden pressure' (POP) te bepalen. Aangezien de waarde van de POP daarmee ook afhangt van de waterspanningen onder dagelijkse omstandigheden wordt de grensspanning apart bepaald voor de basisberekeningen en voor de gevoeligheidsberekening waarbij gebruik gemaakt wordt van de waterspanningsmetingen. De berekening van de grensspanning is toegelicht in de factsheets in Bijlage 6 voor de basis berekening en in Bijlage 8 voor de ongedraineerde berekening gebruik makend van de waterspanningsmetingen.

Er zijn sonderingen in de teen en in de kruin. Indien er verschil is tussen de rekenwaarde van de POP, bepaald aan de hand van sonderingen in de kruin en in de teen, wordt de rekenwaarde van de POP voor de kruin gebruikt om de grensspanning voor de taluds te berekenen. Dit aangezien verwacht wordt dat de POP onder het talud van de kering eerder vergelijkbaar is met de POP onder de kruin van de kering dan met de POP in het achterland. Dit is tevens een veilige aanname.

Gedraineerde berekeningen

De gedraineerde berekeningen worden uitgevoerd met de door de opdrachtgever geleverde grondparameters. De parameters zijn geleverd in de vorm van een D-Geo Stability berekening voor profiel 26,3. In Bijlage 2 staat een overzicht van de beschikbare sigma-tau curves en volumieke gewichten. Voor grondsoorten waar wel een sigma-tau curve beschikbaar is maar geen volumiek gewicht, wordt het volumiek gewicht bepaald aan de hand van laboratoriumbepalingen op monsters uit de betreffende grondlagen. Voor zand cunet met natuurlijk vochtgehalte wordt 18 kN/m³ aangehouden en 20 kN/m³ voor verzadigd cunetzand.

Verkeersbelasting

Er is rekening gehouden met een verkeersbelasting van 13 kPa over een breedte van 2,5 m, spreiding 0 graden en een consolidatiepercentage van 10% in cohesieve lagen (en 100% in zandlagen).

Bodemopbouw

De bodemopbouw is geschematiseerd aan de hand van de geleverde sonderingen en boringen van Wiertsema. Een overzicht van de locaties van de geleverde sonderingen is opgenomen in Bijlage 4. De gehanteerde bodemopbouw staat in tabellen 7, 8, 9 en 10.

Waar in de gedraineerde berekeningen de grondsoort Tiel voorkomt is dit in de ongedraineerde berekeningen geschematiseerd als Klei humeus. Hierbij is de overweging gehanteerd dat de ongedraineerde sterkte van zowel humeuze als siltige klei vergelijkbaar is en dat humeuze klei een lagere volumieke massa heeft (zie Tabel 6), die beter aansluit bij de gemeten volumegewichten. Daarmee is het hanteren van Klei humeus een conservatieve aanname.

Tabel 7 Profiel 26,275 bodemopbouw

Kruin			Teen		
Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained	Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained
M.V.	Verharding	Cunet Zand	M.V.	Klei humeus	Tiel ¹
+3,1	Klei Antropogeen	Dijkmateriaal	-1,5	Veen	Holland Veen naast (hoog wrijvingsgetal)
-4,0	Klei humeus	Tiel onder ¹	-4,5	Klei humeus	Gorkum Licht naast
-5,2	Veen	Holland Veen onder	-7,9	Klei siltig	Gorkum Zwaar naast
-6,6	Klei humeus	Gorkum Licht onder	-9,5	Veen	Holland Veen naast (laag wrijvingsgetal)
-8,3	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-9,9	Veen	Basis Veen naast
-9,9	Veen	Basis Veen onder	-11,5	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye naast
-11,1	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye onder	-12,1	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen
-11,7	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen			

¹ Volumieke massa uit laboratorium bepaling B103 M17-M19 15,87 kN/m³:

Tabel 8 Profiel 33,462 bodemopbouw

Kruin			Teen		
Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained	Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained
M.V.	Verharding	Cunet zand	M.V.	Klei siltig	Gorkum Zwaar naast
+2,8	Klei Antropogeen	Dijkmateriaal	-2,0	Klei humeus	Gorkum Licht naast
-3,0	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-4,2	Veen	Holland Veen naast (hoog wrijvingsgetal)
-4,3	Klei humeus	Gorkum Licht onder	-8,0	Klei siltig	Gorkum Zwaar naast
-5,0	Veen	Holland Veen onder	-8,7	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye naast
-7,9	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-9,4	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen
-8,6	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye onder			
-9,5	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen			

Tabel 9 Profiel 36,926 bodemopbouw

Binnentalud*			Teen		
Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained	Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained
M.V.	Klei Antropogeen	Dijkmateriaal	M.V.	Klei siltig	Gorkum Zwaar naast
-5,0	Klei humeus	Gorkum Licht onder	-5,0	Klei humeus	Gorkum Licht naast
-6,0	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-10,1	Klei siltig	Gorkum Zwaar naast
-6,8	Klei Humeus	Gorkum Licht onder	-13,0	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye naast
-7,3	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-13,7	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen
-8,4	Veen	Holland Veen onder			
-10,9	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder			
-12,5	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye onder			
-13,0	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen			

* De sondering voor dit profiel is op het binnentalud (36.9+09_DKMP403_BITA) **niet** op de kruin.

Tabel 10 Profiel 40,550 bodemopbouw

Kruin			Teen		
Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained	Bovenkant laag [m NAP]	Grondsoort Undrained	Grondsoort Drained
M.V.	Verharding	Cunet Zand	M.V.	Klei humeus	Gorkum Licht
+3,2	Klei Antropogeen	Dijkmateriaal	-3,5	Veen	Holland Veen naast (hoog wrijvingsgetal)
-2,4	Klei humeus	Gorkum Licht onder	-7,5	Klei siltig	Gorkum Zwaar
-4,0	Klei siltig	Gorkum Zwaar onder	-9,0	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye naast
-5,1	Veen	Holland Veen onder	-9,3	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen
-7,4	Klei Kreftenheye	Klei Kreftenheye			
-7,7	Zand Pleistoceen	Zand Pleistoceen			

Resultaten

De resultaten van de berekeningen zijn samengevoegd in onderstaande tabel. Voor de maatgevende glijcirkels wordt verwezen naar bijlagen 5 en 6.

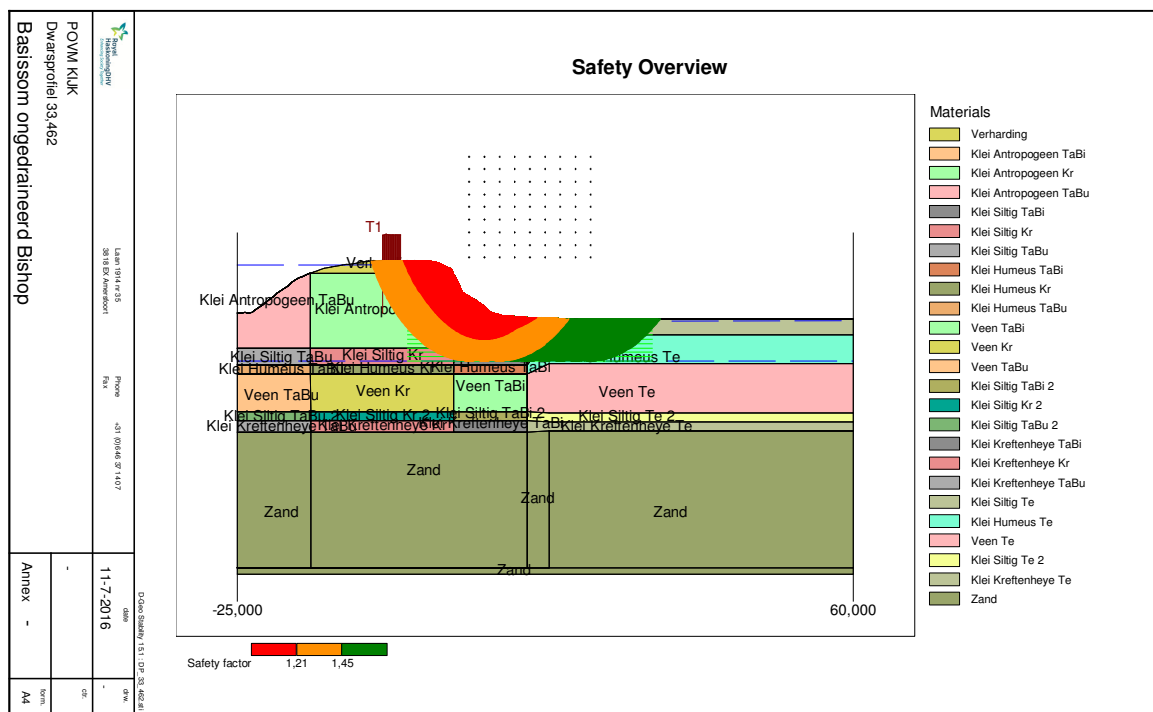
Tabel 11 Berekende veiligheidsfactoren

Berekening	Veiligheidsfactor model Bishop	Vereiste veiligheidsfactor incl. schematiseringsfactor 1,2/ excl. schematiseringsfactor 1,2	Veiligheidsfactor model Uplift Van	Vereiste veiligheidsfactor incl. schematiseringsfactor 1,2/ excl. schematiseringsfactor 1,2
Profiel 26,275 basis	0,88	1.45/1,21	0,88	1,40/1,17
Profiel 26,275 gedraineerd	0,83	-**	0,86	-**
Profiel 26,275 o.b.v. waterspanningsmeting	0,95	1.45/1,21	0,93	1,40/1,17
Profiel 33,462 basis*	1,07*	1.45/1,21	1,07*	1,40/1,17
Profiel 33,462 gedraineerd	1,06*	-**	1,11*	-**
Profiel 33,462 o.b.v. waterspanningsmeting	1,08*	1.45/1,21	1,07*	1,40/1,17
Profiel 36,926 basis	0,90	1.45/1,21	0,87	1,40/1,17
Profiel 36,926 gedraineerd	1,05	-**	1,03	-**
Profiel 36,926 o.b.v. waterspanningsmeting	0,96	1.45/1,21	0,94	1,40/1,17
Profiel 40,550 basis	0,95	1.45/1,21	0,93	1,40/1,17
Profiel 40,550 gedraineerd	1,08	-**	1,08	-**
Profiel 40,550 o.b.v. waterspanningsmeting	0,98	1.45/1,21	0,99	1,40/1,17

* Bij de maatgevende glijcirkel is nog een relatief groot restprofiel aanwezig, echter dit beeld verandert enigszins wanneer de safety overview met de normcirkel (bij vereiste veiligheidsfactor van 1,45 voor model Bishop) wordt gepresenteerd, zie figuur 2.

** vereiste veiligheidsfactoren voor gedraineerde berekeningen met Mohr-Coulomb model zijn niet bepaald aangezien het doel van deze analyse is om de veiligheid van de glijcirkels in een gedraineerde en een ongedraineerde analyse onderling te vergelijken.

Voor profiel 33,462 horen de gerapporteerde veiligheidsfactoren bij maatgevende glijcirkels die mogelijk niet tot bezwijken van de waterkering leiden, aangezien er een ruim restprofiel aanwezig blijft. Echter de normcirkels die voldoen aan de vereiste veiligheid, met een schematiseringsfactor 1,2 of met een schematiseringsfactor 1,0 zijn ruimer en hier is minder restprofiel aanwezig waardoor deze profielen toch niet voldoen. Een voorbeeld hiervan voor de basis berekening is opgenomen in onderstaande figuur 2. In Bijlage 9 zijn normcirkels voor alle profielen en berekeningen (basis, gedraineerd, en gevoeligheidsanalyse op basis van waterspanningsmetingen) opgenomen.



Figuur 2 Safety overview van ongedraineerde Bishop berekening voor profiel 33,462. Hierin is te zien dat de dijk niet voldoet aan de veiligheid van 1,45 die vereist wordt met een schematiseringsfactor van 1,2. Zonder schematiseringsfactor is het restprofiel ruimer.

Analyse glijcirkels modellen Bishop en Uplift van

De glijcirkels die gevonden worden met het model Bishop en met het model Uplift Van zijn voor alle berekeningen vergelijkbaar. Ook met het model Uplift Van worden Bishop-achtige glijvlakken gevonden. Er is geen sprake van een opdrijfsituatie, waardoor ook geen typische langgerekte Uplift Van glijvlakken worden gevonden.

De glijcirkel voor profiel 26,275 reikt het diepste en loopt zowel door dijksmateriaal als door de natuurlijke lagen onder de dijk en de teen. Voor de andere drie profielen zijn de glijcirkels ondieper en lopen bijna uitsluitend in dijksmateriaal onder de kruin, met slechts een klein deel van de glijcirkel in natuurlijke klei ter hoogte van de binnenteen. Dit verschil wordt mogelijk veroorzaakt door de hogere stijghoogte in profiel 26,275, en dus de lagere korrelspanning in de diepere lagen.

Vershil basis berekening met gedraineerde berekening

De glijcirkels in de basis berekening en in de gedraineerde berekening zijn vergelijkbaar voor alle profielen. De radii van de gevonden maatgevende gedraineerde en ongedraineerde glijcirkels verschillen onderling ca. 1 m (zonder duidelijke trend).

De berekende veiligheidsfactoren voor profielen 26,275 en 33,462 zijn vergelijkbaar voor de gedraineerde en de CSSM berekening.

Voor profielen 36,926 en 40,550 is de veiligheid berekend met de CSSM basis berekening lager dan de veiligheid met de gedraineerde berekening. Het verschil tussen de gedraineerde en CSSM veiligheidsfactoren is in de orde van 0,15.

In de safety overviews in Bijlage 9 is de afmeting van de glijcirkel met een veiligheidsfactor 1,45 voor profielen 36,926 en 40,550 beduidend groter in de CSSM berekeningen. Echter, doordat de vereiste veiligheid voor gedraineerde berekeningen niet is bepaald voor dit project is onduidelijk of het verschil tussen de berekende veiligheid en de vereiste veiligheid eveneens kleiner is.

Vershil basis berekening met gevoeligheidsanalyse op basis van waterspanningsmetingen

De glijcirkels in de basis berekening en de berekening met aangepaste waterspanning zijn vergelijkbaar. Het verschil tussen de twee berekeningen betreft zowel de POP, de ingevoerde grensspanning als de stijghoogte en freatische lijn in de D-Geo Stability berekeningen.

In alle gevallen neemt de veiligheidsfactor toe, waarbij de grootste winst behaald wordt in profiel 26,275 voor het model Bishop, de veiligheidsfactor neemt toe van 0,88 naar 0,95.

Referenties

- [Ref. 1] Royal HaskoningDHV, Rapport Consequentieanalyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard. Referentie WATBE2432R002F02 Versie 02/Finale versie. Datum 13 mei 2016.
- [Ref. 2] Deltares, Handreiking voor het bepalen van schuifsterkte parameters. dec. 2014. Status definitief.
- [Ref. 3] TAW, Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, 2004.

Bijlage 1 Proevenverzameling project KIJK

Onderstaande waarden voor de proevenverzameling d.d. 18 april 2016 zijn gebaseerd op een groter aantal laboratoriumresultaten dan in de oorspronkelijke proevenverzameling van Ref.1. Daardoor kunnen de hieronder gepresenteerde waarden op onderdelen enigszins afwijken van de waarden die zijn aangehouden in Ref.1.

CSSM PROEVENVERZAMELING DIJKVERSTERKING KIJK (VERSIE 18-04-2016)

AANTALLEN PROEVEN

Grondsoort	Y _n [kN/m ³]		N _{sk} Teen	m [-]	POP [kN/m ²]		S [-]	phi [degr.]	c' [kN/m ²]
	Kruin	Teen			Kruin	Teen			
VEEN	18	87	23	44	6	38	19	-	-
DETRITUS	4	5	23	3	1	2	1	-	-
GYTTJA	10	23	23	12	4	8	1	-	-
VEEN, KLEIIG	13	40	23	22	7	15	8	-	-
KLEI ANTROPOGEEN	19	14	nb	17	10	7	11	-	-
KLEI HUMEUS	7	55	21	25	3	22	9	-	-
KLEI SILTIG	35	52	21	37	14	23	23	-	-
KLEI KREFTENHEYE	geen proef	geen proef	geen proef	geen proef	geen proef	geen proef	geen proef	-	-
ZAND	geen proef	geen proef	-	-	-	-	-	geen proef	geen proef
VERHARDING	geen proef	geen proef	-	-	-	-	-	geen proef	geen proef

Y_n volumiek gewicht (nat)
Nkt Correlatiefactor met klasse 1-sondering
m sterkte-toenamefactor
POP pre-overburden pressure
S ongedraineerde schuifsterkeratio
phi hoek van inwendige wrijving
c' effectieve cohesie

GEMIDDELDE WAARDEN

Grondsoort	Y _{gem} [kN/m ³]		N _{sk,gem} Teen	m _{gem} [-]	POP _{gem} [kN/m ²]		S _{gem} [-]	phi _{gem} [degr.]	c' _{gem} [kN/m ²]
	Kruin	Teen			Kruin	Teen			
VEEN	10.9	10.5	20.1	0.83	85	42	0.55	-	-
DETRITUS	12.9	11.6	20.1	0.87	68	43	0.33	-	-
GYTTJA	14.4	13.5	20.1	0.88	57	42	0.34	-	-
VEEN, KLEIIG	12.3	11.6	20.1	0.85	99	40	0.40	-	-
KLEI ANTROPOGEEN	18.0	18.1	nb	0.90	54	41	0.43	-	-
KLEI HUMEUS	15.6	14.2	17.5	0.87	54	38	0.33	-	-
KLEI SILTIG	18.2	15.7	17.5	0.89	71	40	0.31	-	-
KLEI KREFTENHEYE	18.0	18.0	20.0	0.80	25	25	0.25	-	-
ZAND	20.0	20.0	-	-	-	-	-	nb	0
VERHARDING	20.0	20.0	-	-	-	-	-	nb	0

*POP bepaald op basis van hydrostatische waterspanning

*S van detritus gebaseerd op klei humeus
*S van gyttja geschat o.b.v. resultaten triaxiaalproeven op gyttja

*Eigenschappen geschat op basis van toetsing en handreiking
*Ygem van zand geschat o.b.v. literatuur

KARAKTERISTIEKE WAARDEN

Grondsoort	Y _{sk} [kN/m ³]		N _{sk} Teen	m _{sk} [-]	POP _{sk} [kN/m ²]		S _{sk} [-]	phi _{sk} [degr.]	c' _{sk} [kN/m ²]
	Kruin	Teen			Kruin	Teen			
VEEN	10.9	10.5	nb	0.77	nb	nb	0.38	-	-
DETRITUS	12.9	11.6	nb	0.86	nb	nb	0.27	-	-
GYTTJA	14.4	13.5	nb	0.86	nb	nb	0.27	-	-
VEEN, KLEIIG	12.3	11.6	nb	0.83	nb	nb	0.35	-	-
KLEI ANTROPOGEEN	18.0	18.1	nb	0.87	nb	nb	0.31	-	-
KLEI HUMEUS	15.6	14.2	nb	0.85	nb	nb	0.30	-	-
KLEI SILTIG	18.2	15.7	nb	0.87	nb	nb	0.27	-	-
KLEI KREFTENHEYE	18.0	18.0	nb	0.73	nb	nb	0.21	-	-
ZAND	20.0	20.0	-	-	-	-	-	32.0	0
VERHARDING	20.0	20.0	-	-	-	-	-	-	0

*geschat op 0,8x gemiddeld
*geschat op 0,8x gemiddeld

*phi geschat o.b.v. literatuur

REKENWAARDEN

Grondsoort	Y _{sk} [kN/m ³]		N _{sk} Teen	m _{sk} [-]	POP _{sk} [kN/m ²]		S _{sk} [-]	phi _{sk} [degr.]	c' _{sk} [kN/m ²]
	Kruin	Teen			Kruin	Teen			
VEEN	10.9	10.5	nb	0.73	nb	nb	0.34	-	-
DETRITUS	12.9	11.6	nb	0.82	nb	nb	0.25	-	-
GYTTJA	14.4	13.5	nb	0.82	nb	nb	0.26	-	-
VEEN, KLEIIG	12.3	11.6	nb	0.79	nb	nb	0.30	-	-
KLEI ANTROPOGEEN	18.0	18.1	nb	0.83	nb	nb	0.29	-	-
KLEI HUMEUS	15.6	14.2	nb	0.81	nb	nb	0.26	-	-
KLEI SILTIG	18.2	15.7	nb	0.83	nb	nb	0.26	-	-
KLEI KREFTENHEYE	18.0	18.0	nb	0.70	nb	nb	0.20	-	-
ZAND	20.0	20.0	-	-	-	-	-	27.5	0
VERHARDING	20.0	20.0	-	-	-	-	-	30.0	0

*phi geschat o.b.v. literatuur

Droog volumegewicht van verharding is 19 kN/m³.

Variatiecoëfficiënten voor Nkt zijn voor:

- Klei: VC = 0,19
- Veen: VC = 0,34

Bijlage 2 Overzicht van geleverde gedraineerde grondparameters

Sterkte eigenschappen voor de gedraineerde proevenverzameling zijn gedefinieerd aan de hand van Sigma-Tau curves. Overgenomen uit het D-GeoStability bestand, ontvangen per e-mail van dhr. Rozing (Deltares) dd. 16-6-2016.

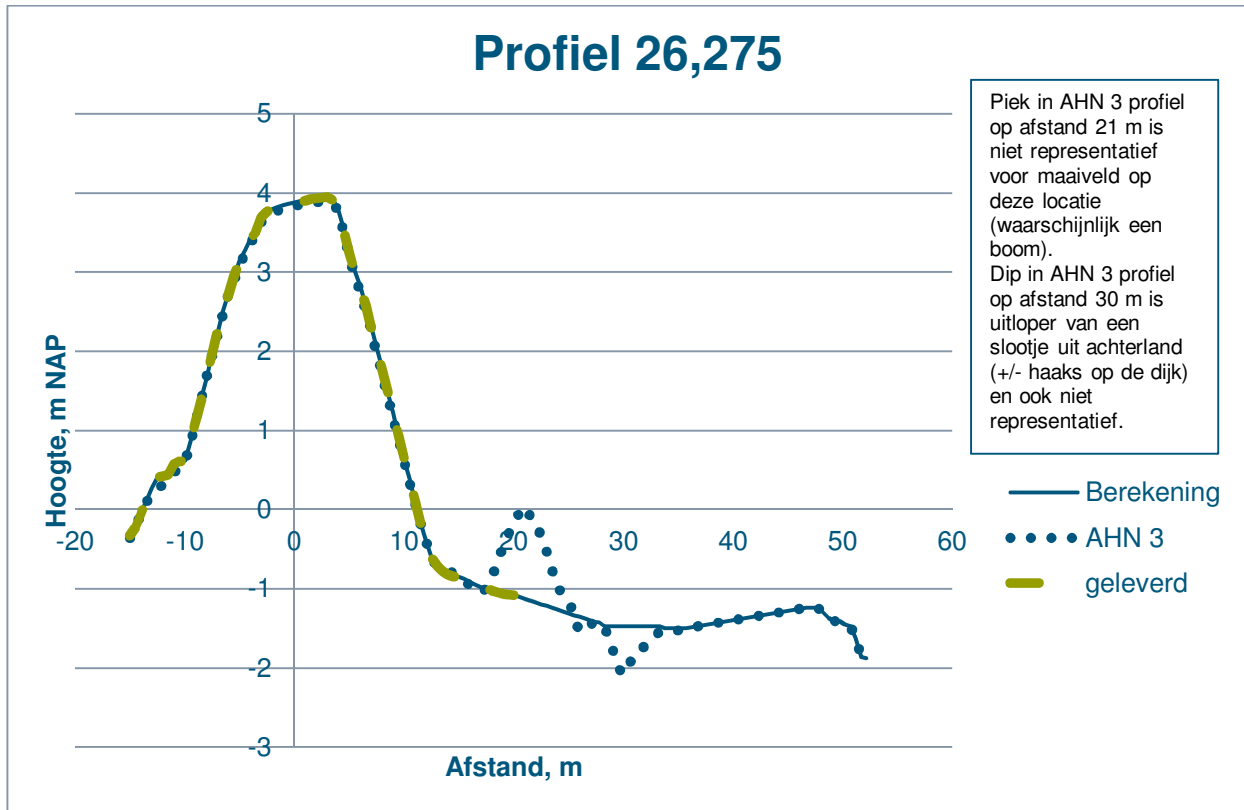


Grondlaag	Y/Ysat	Sigma-Tau curve
Pleistoceen	20,0/18,0 (omgedraaid)	Alg – Zand (0-30)
Kreftenheye naast	18,0/18,0 →	KREFTENHEYE NAAST
BVeen naast	10,5/10,5	BASISVEEN NAAST
GZwaar naast	15,5/15,5	GORKUM 2 NAAST
HVeen Naast (laag wrijv.)	11,0/11,0	HOLLANDVEEN NAAST
GLicht naast	13,0/13,0	GORKUM 1 NAAST
HVeen naast (hoog wrijv.)	10,5/10,5	HOLLANDVEEN NAAST
Tiel naast	14,0/14,0	TIEL NAAST
Kreftenheye onder	18,0/18,0	KREFTENHEYE ONDER
BVeen onder	11,0/11,0	BASISVEEN ONDER
GZwaar onder	16,0/16,0	GORKUM 2 ONDER
HVeen onder	11,0/11,0	HOLLANDVEEN ONDER
Glicht onder	14,0/14,0	GORKUM 1 ONDER
OB	17,5/17,5	DIJKSMATERIAAL
Zand	20,0/18,0 (omgedraaid)	Alg – Zand (0-30)
Klei zandig (16-18) naast	20,0/18,0 (omgedraaid)	GORKUM GEUL
Klei zandig (16-18) onder	18,0/20,0	GORKUM 2 ONDER
Hveen naast 2 (hwr)	10,5/10,5	HOLLANDVEEN NAAST

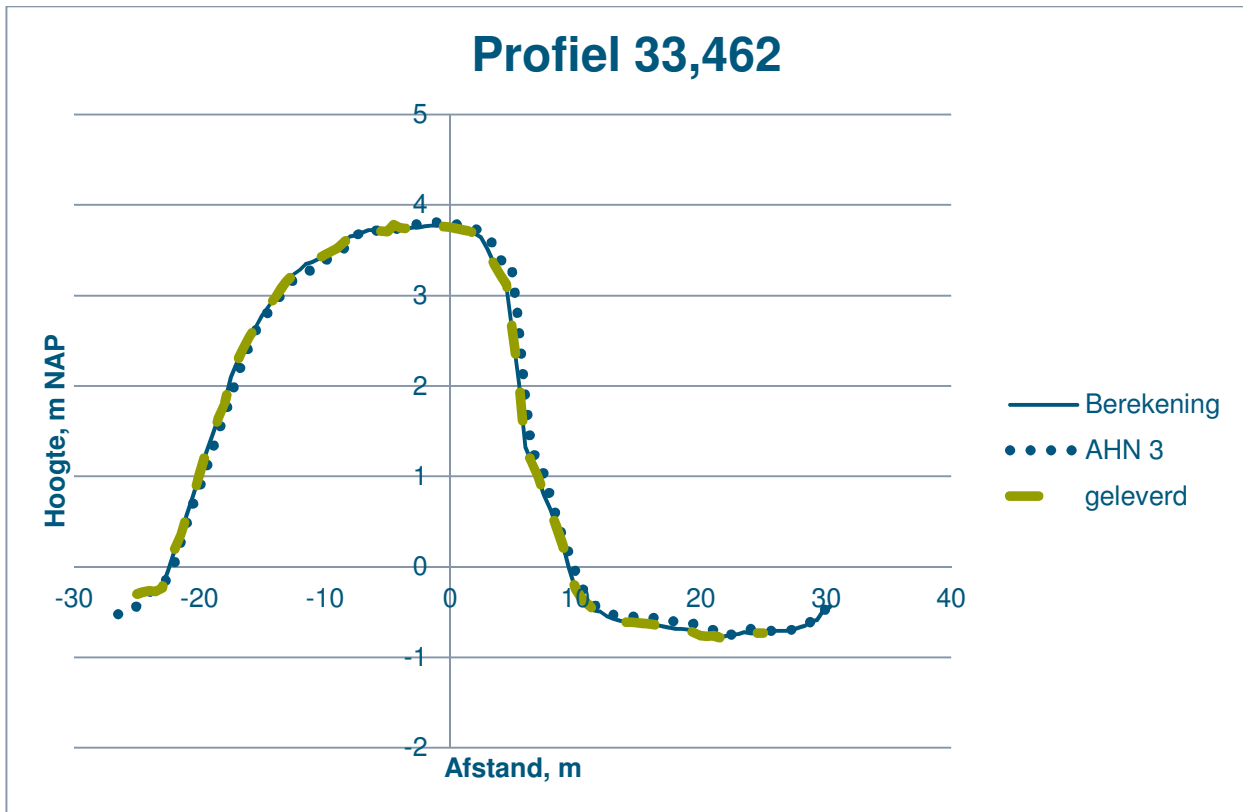
Naast de vermelde waarden hier in de tabel, zijn er de volgende Sigma-Tau curves beschikbaar:

Alg – Cunetzand
 Alg – Dijksmateriaal nieuw
 GORKUM GEUL
 TIEL GEUL
 TIEL ONDER

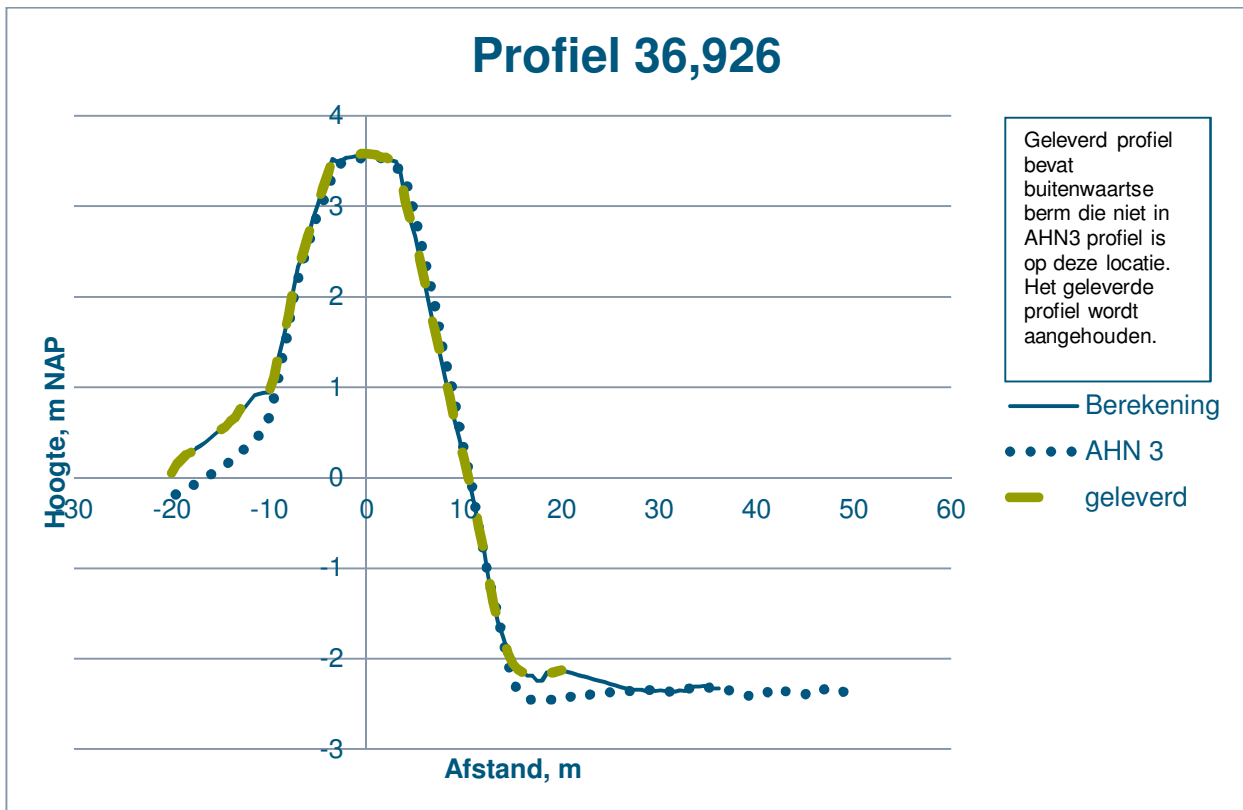
Bijlage 3 Dwarsprofielen



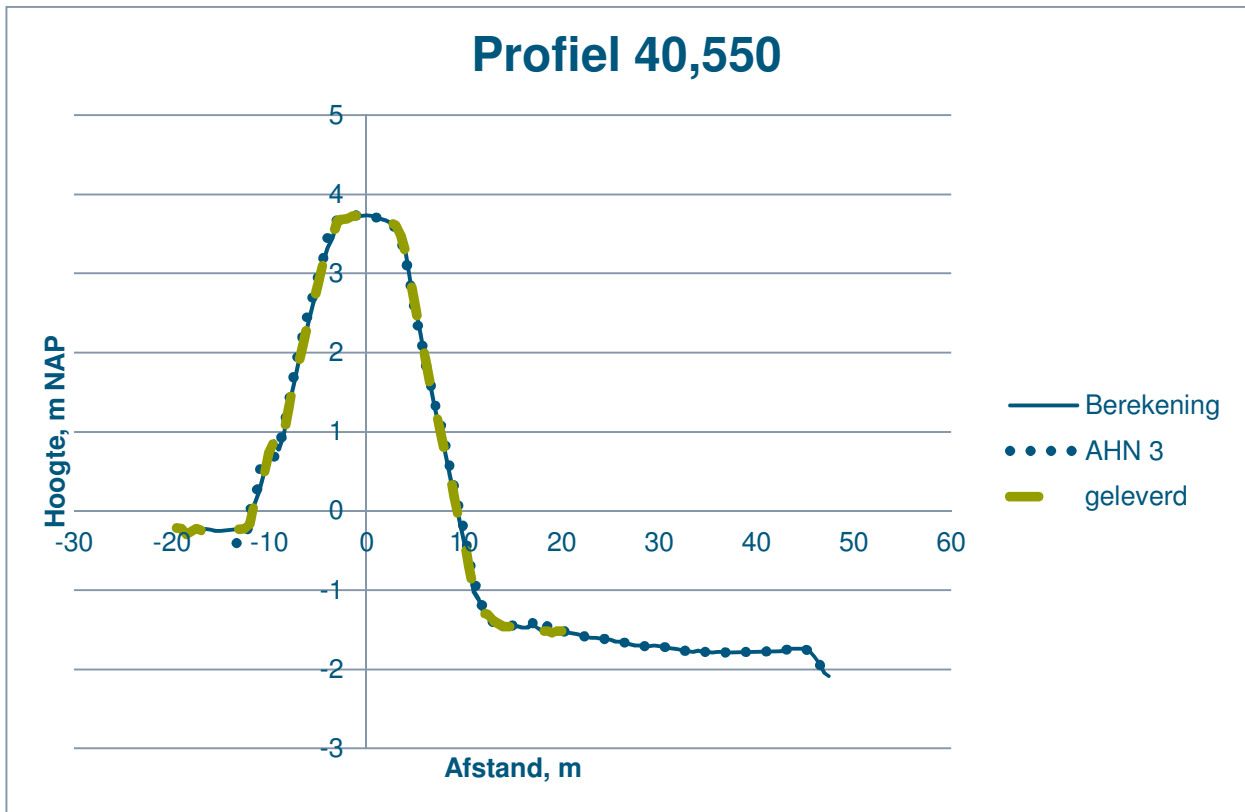
Figuur 3: De berekening wordt uitgevoerd op het profiel geleverd door de opdrachtgever aangevuld met data uit AHN 3. Het profiel uit de AHN 3 data bevat een piek en dal die veroorzaakt zijn door een lokaal aanwezige boom c.q. sloot uitloper die niet representatief zijn voor het maaiveld links en rechts van het profiel. Deze zijn daarom verwijderd in het profiel dat voor de berekening gehanteerd is.



Figuur 4: De berekening wordt uitgevoerd op het profiel geleverd door de opdrachtgever aangevuld met data uit AHN 3.



Figuur 5: De berekening wordt uitgevoerd op het profiel geleverd door de opdrachtgever aangevuld met data uit AHN 3. In dit profiel is een kleine buitenberm in het geleverde profiel die niet in het profiel uit AHN3 wordt aangetroffen op deze locatie. Het geleverde profiel is aangehouden, en alleen binnendijks aangevuld met data uit AHN3.



Figuur 6: De berekening wordt uitgevoerd op het profiel geleverd door de opdrachtgever aangevuld met data uit AHN 3.

Bijlage 4 Overzichtstekening

Overzichtstekening POVM Opdracht KIJK

Coordinate System: Amersfoort RD New
Projection: Stereographic
Datum: Amersfoort

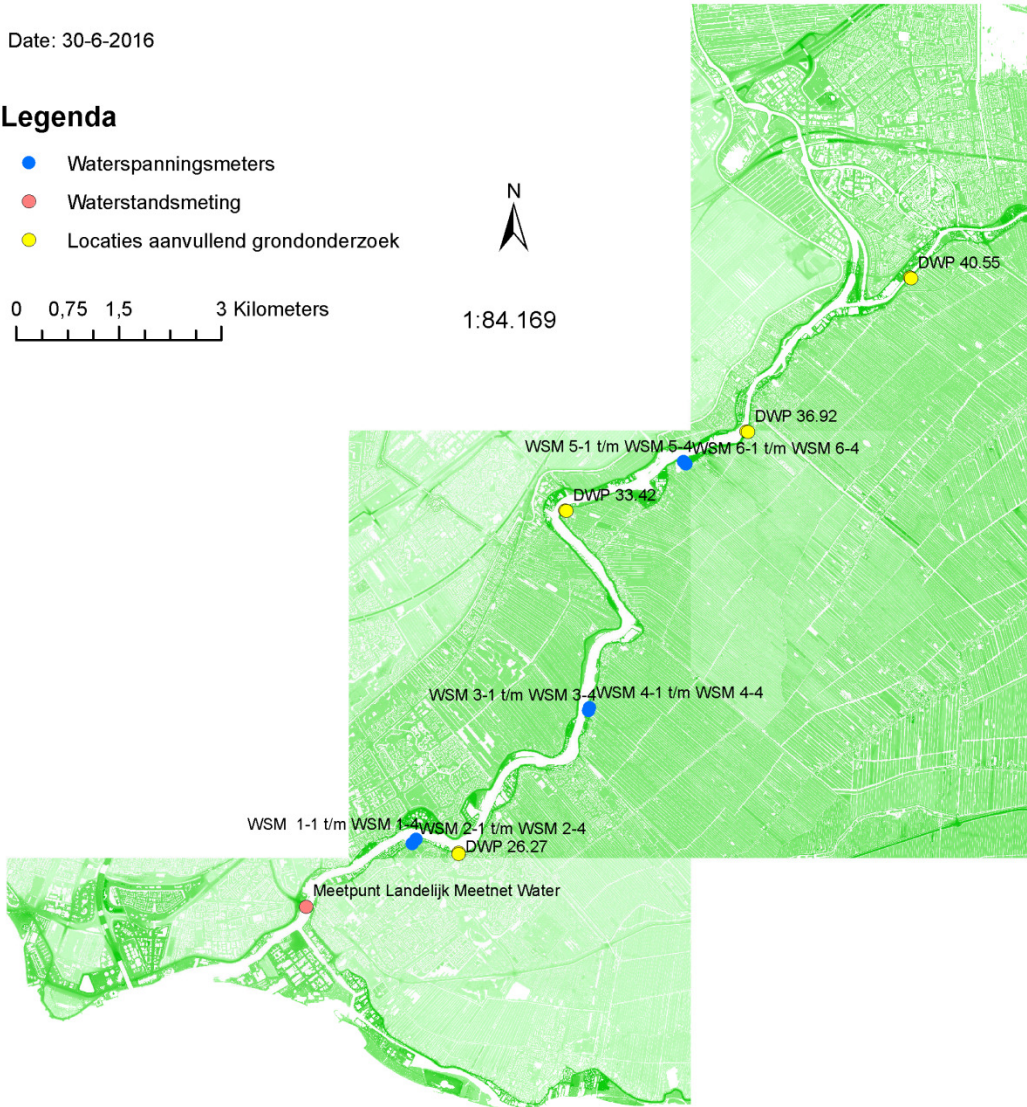
Date: 30-6-2016

Legenda

- Waterspanningsmeters
- Waterstandsmeting
- Locaties aanvullend grondonderzoek

0 0,75 1,5 3 Kilometers

1:84.169



Bijlage 5 Memo schematisatie waterspanningen

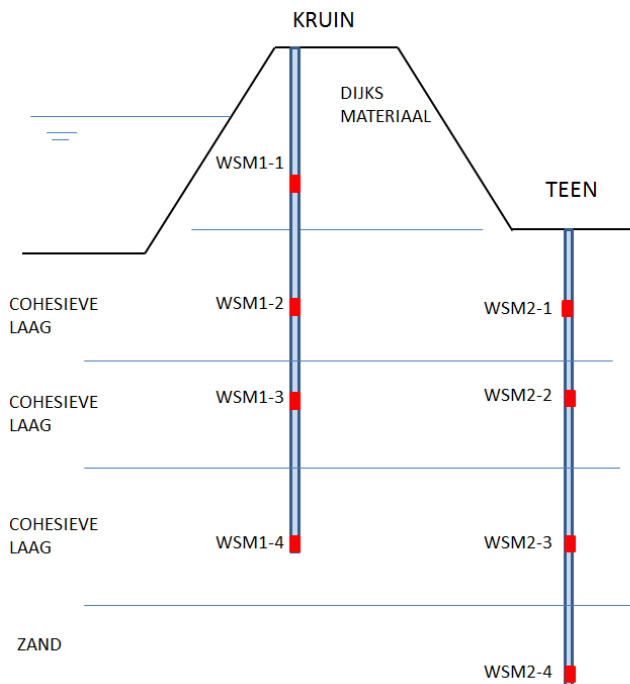
Aan : Andé van Hoven
Van : A.J. Weijnenborg, E. Rosenbrand, T. Viehöfer
:
Ref : 1216-0050-000.M02.doc
Datum : 11 juli 2016
Betreft : Bepalen waterspanninggevoeligheidsanalyse POVM opdracht 1220518

INLEIDING

In het kader van de POV Macrostabieleit – “Beter benutten actuele sterkte” is aan Royal HaskoningDHV en Fugro GeoServices B.V. gevraagd om referentieberekeningen te maken conform de ‘huidige adviespraktijk’ voor vier dwarsprofielen binnen de ruimtelijke scope van KIJK. Hierbij wordt enkel de binnenwaartse macro-stabiliteit beschouwd volgens het CSSM-model op dezelfde wijze als binnen project KIJK. In project KIJK is gerekend met een volledig verzadigde dijk. De POVM wenst inzicht te hebben in de gevoeligheid van de binnenwaartse macrostabieleit voor de waterspanningen in de dijk. In project KIJK zijn 24 nieuwe waterspanningsmeters geïnstalleerd om tot een beter inzicht in de waterspanningen te komen. In dit memorandum wordt besproken hoe de waterspanningen worden geschematiseerd in de gevoeligheidsanalyse op basis van de beschikbare (waterspannings-)metingen.

MEETOPSTELLING

De 24 waterspanningsmeters zijn verdeeld over 3 locaties/dwarsprofielen langs de dijk. Deze locaties zijn weergegeven in blauw in bijlage 1. Per bemeten locatie/dwarsprofiel zijn 8 waterspanningsmeters geïnstalleerd, als weergegeven in figuur 1. De waterspanningsmeters met oneven nummering (d.w.z. WSM 1-x, WSM 3-x en WSM 5-x) meten de waterspanningen onder de kruin. De waterspanningsmeters met even nummering (d.w.z. WSM 2-x, WSM 4-x en WSM 6-x) meten de waterspanningen in de teen.

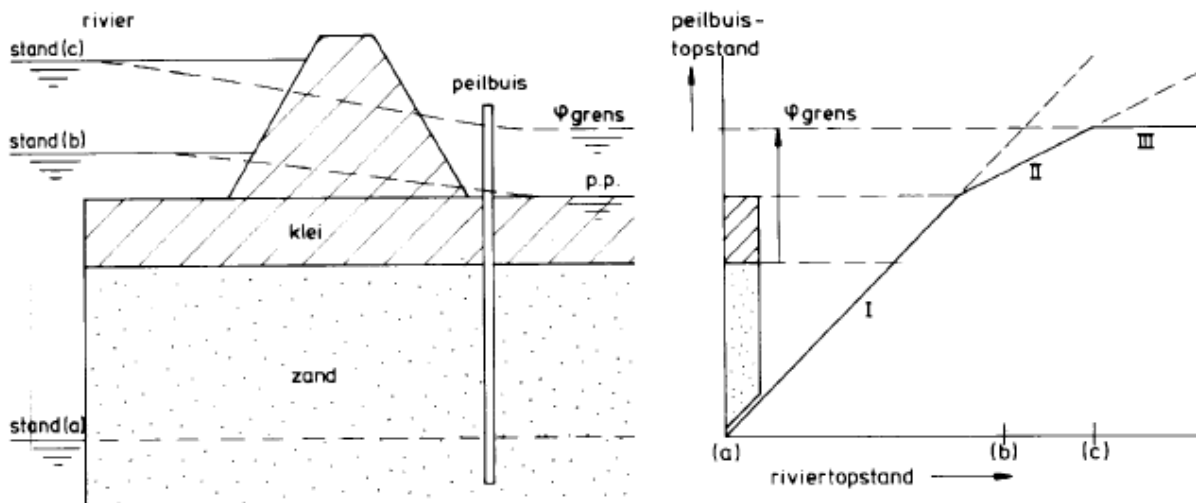


Figuur 7 Schematische weergave locaties waterspanningsmeters in een bemeten dwarsprofiel (in het volgende profiel is nummering WSM 3-X in kruin en WSM 4-X in teen van toepassing, etc.)

De dwarsprofielen waarvoor een stabiliteitsanalyse wordt uitgevoerd zijn in bijlage 1 weergegeven en liggen op enige afstand van de waterspanningsmeters. Ter plaatse van de Algerabrug te Krimpen aan de IJssel is een meetreeks van de waterstand op de Hollandse IJssel beschikbaar.

AANPAK

De freatische lijn en de stijghoogte bij MHW worden bepaald volgens het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, bijlage 3. Hierbij is de stationaire benadering gehanteerd: het extrapoleren van topstanden en momentane peilbuisstanden naar MHW. Bij deze methode wordt een verband gezocht tussen de hoogste waterstanden in de rivier en de corresponderende hoge waterstanden in de waterspanningsmetingen. Vervolgens wordt middels het gevonden verband de extreme rivierwaterstand lineair geëxtrapoleerd naar de peilbuisstopstand (bij MHW) volgens tak I van de grafiek in figuur 2 (de takken II en III gelden voor respectievelijk spanningswater bij een ondiep zandpakket en het bereiken van de grenspotential). Voor de huidige berekeningen is de aanname voor tak I gehanteerd met daarop een kleine toeslag voor extra veiligheid zoals besproken in onderstaande analyse.



Figuur 8 Extrapolatie waterspanningen [Bron: Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken]

ANALYSE

De normale hoge getijwaterstand (dagelijkse omstandigheden) is tot ca. NAP +1,5 m. Voor de extrapolatie van de peilbuistopstand is de hoogwatergolf in de periode 25-4-2016 tot 28-4-2016 beschouwd, omdat voor deze periode zowel waterstands- als waterspanningsmetingen beschikbaar zijn en omdat de waterstand bij hoogwater de NAP + 1,5 m consequent overschrijdt, met een maximum van ca. NAP +1,9 m.

Freatische lijn

De respons van de waterspanning in de antropogene klei op de buitenwaterstand is ca. 0,05 m. Dit betekent ca. 3% van de gehele getijdeamplitude. De waterspanningsmeters in de overige cohesieve lagen, zowel in de kruin als in de teen laten een soortgelijke, zeer geringe, respons op de buitenwaterstand zien (bijlage 2).

Op basis van de meetresultaten van de waterspanningsmeters is het aannemelijk dat de respons van de waterspanning in de cohesieve lagen (incl. antropogene klei) op de buitenwaterstand onder dagelijkse omstandigheden gering is, orde grootte 5%.

Er is ook nog een aspect van golfoverslag tijdens MHW die kan leiden tot een hogere freatische waterstand. In combinatie met het feit dat een hoogwatergolf langer aan zal houden dan de getijdegolven is besloten om in de berekeningen een 10% respons aan te houden.

Het niveau van freatische lijn (φ) in de dijk bij Maatgevend Hoogwater (MHW) wordt dan benaderd met formule [1], waarin h de buitenwaterstand representeert. De langdurig gemiddelde dagelijkse buitenwaterstand op de Hollandse IJssel op basis van de hier beschouwde meting bedraagt ca. NAP +0,3 m door zeespiegelstijging is de verwachting dat dit in 2035 0,1 m hoger is. Ter compensatie van de autonome bodemdaling wordt hierbij 0,22 m opgeteld, zoals ook gedaan is voor het bepalen van de MHW waterstand in de consequentieanalyse van project KIJK en in de berekeningen voor de POVM. De langdurig gemiddelde dagelijkse buitenwaterstand wordt daarmee NAP +0,62 m.

$$\varphi_{\text{MHW}} = \varphi_{\text{DAGELIJKS}} + 0,1(h_{\text{MHW}} - h_{\text{DAGELIJKS}}) \quad [1]$$

Hierin is de $\varphi_{\text{DAGELIJKS}}$ in de kruin op 3 m – MV en de in de teen en het achterland op 0,5 m – MV. Deze freatische schematisatie is eveneens toegepast in de basis berekeningen. De waterspanningsmetingen door de ondiepste waterspanningsmeters in de kruin (WSM 1-1, 3-1 en 5-1) laten een stijghoogte van ca.2 m NAP tot 1 m NAP zien, wat overeenkomt met ca. 2 tot 3 m onder maaiveld. De ligging van de freatische lijn in de kruin zal naar verwachting afhangen van de

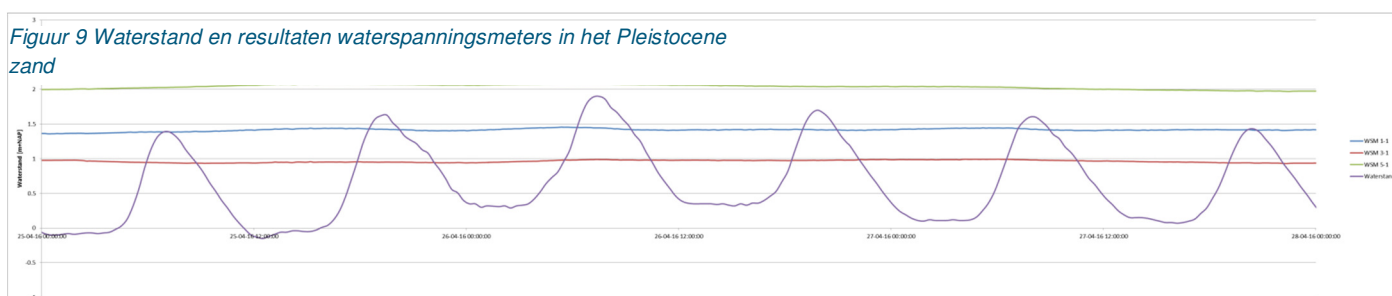
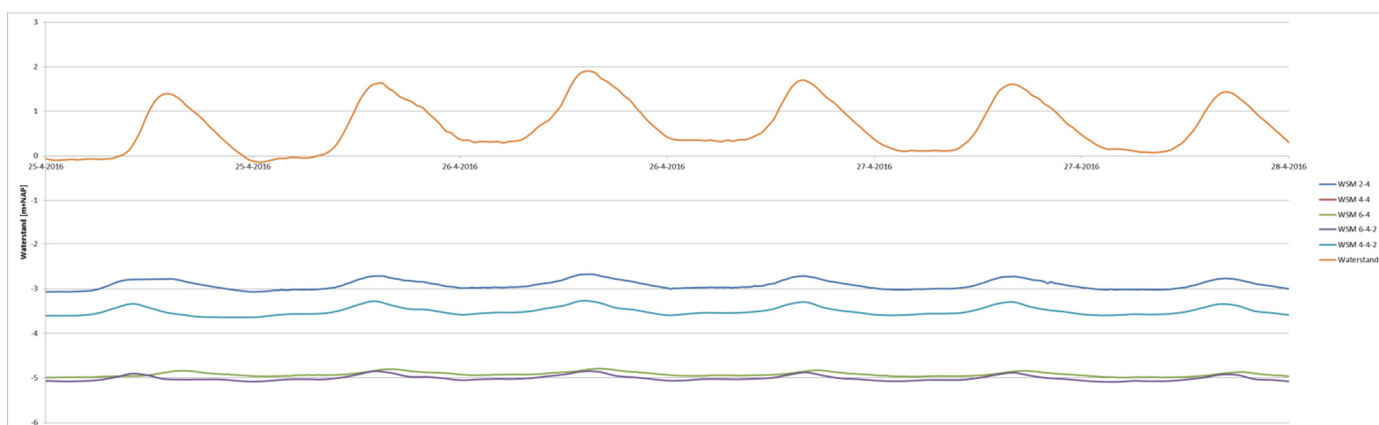
doorlatendheid van het dijks materiaal en daarom wordt één waarde van 3 m – MV gehanteerd voor de vier profielen.

De waterspanningsmetingen in de teen (WSM 2-1, 4-1 en 6-1) laten een waterstand van ca. -1,75 m NAP zien wat overeenkomt met ca. 0,5 m –MV.

Stijghoogte watervoerend pakket

Hier is wel een trend te zien met lagere waterspanningen in het noorden en hogere in het zuiden. (bij de metingen in de cohesieve pakketten lijkt geen trend aanwezig, vermoedelijk hangt dat meer samen met de doorlatendheid van het dijks materiaal). Daarom wordt voor de stijghoogte in het watervoerend pakket voor profielen noordelijk van de metingen in WSM6 de stijghoogte van WSM6 gehanteerd. Voor profiel 33,462 wordt lineair geïnterpoleerd tussen de waterspanningsmetingen WSM4 en WSM 6. Voor profiel 26,275 wordt de waterspanningsmeting in WSM 2 gehanteerd. Evenals bij de buitenwaterstanden wordt de stijghoogte verhoogd met 22 cm ter compensatie van autonome bodemdaling.

De respons in het Pleistocene zand op het getij is ca. 0,15 m. De getijdeamplitude bedraagt ca. 1,5 m (zie figuur 3). Hieruit kan worden opgemaakt dat de respons van de waterspanning in het Pleistocene zand bij hoogwater ca. 10% van de toename in de buitenwaterstand bedraagt. Daarom wordt de waterspanning bij MHW ook weer volgens formule 1 bepaald is voor alle profielen.



Figuur 10 Waterstand en resultaten waterspanningsmeters in de antropogene klei

CONCLUSIE

Voor het bepalen van de freatische lijn onder extreme omstandigheden met behulp van waterspanningsmetingen is gebruik gemaakt van lineaire interpolatie volgens het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken.

Op basis van de waterspanningsmetingen wordt dezelfde ligging van de freatische lijn onder dagelijkse omstandigheden als in de basis analyse gehanteerd, dat wil zeggen 3 m –MV in de kruin en 0,5 m –MV in de teen.

De respons van de waterspanning in de cohesieve lagen op de buitenwaterstand onder dagelijkse omstandigheden blijkt in de orde grootte 5% te liggen. Voor het Pleistocene zand is dit ca. 10%. Voor het bepalen van de freatische lijn onder MHW wordt gerekend met een respons van ca. 10%, om te compenseren voor het feit dat de MHW golf langer aan zal houden dat een getijdegolf, en voor infiltratie door overslag.

De stijghoogte onder dagelijkse omstandigheden wordt per profiel bepaald aan de hand van gemeten stijghoogten in de nabije waterspanningsmetingen. Voor het Pleistocene zand wordt eveneens met een respons van 10% gerekend.

Tussen de freatische lijn en de stijghoogte wordt de waterspanning geïnterpoleerd in het cohesieve pakket.

Zowel de buitenwaterstanden als de stijghoogte worden met 22 cm verhoogd ter compensatie van autonome bodemdaling.

De stijghoogte en de freatische lijn onder dagelijkse omstandigheden worden tevens gebruikt om de grensspanning opnieuw te bepalen, op dezelfde methode als toegepast in de basis berekeningen. In deze berekening worden de freatische lijn en de stijghoogte voor 2016 gehanteerd.

GEBRUIKTE INFORMATIE

[TRW, 2004] Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), september 2004.

BIJLAGE 1

Overzichtstekening POVM Opdracht KIJK

Coordinate System: Amersfoort RD New
Projection: Stereographic
Datum: Amersfoort

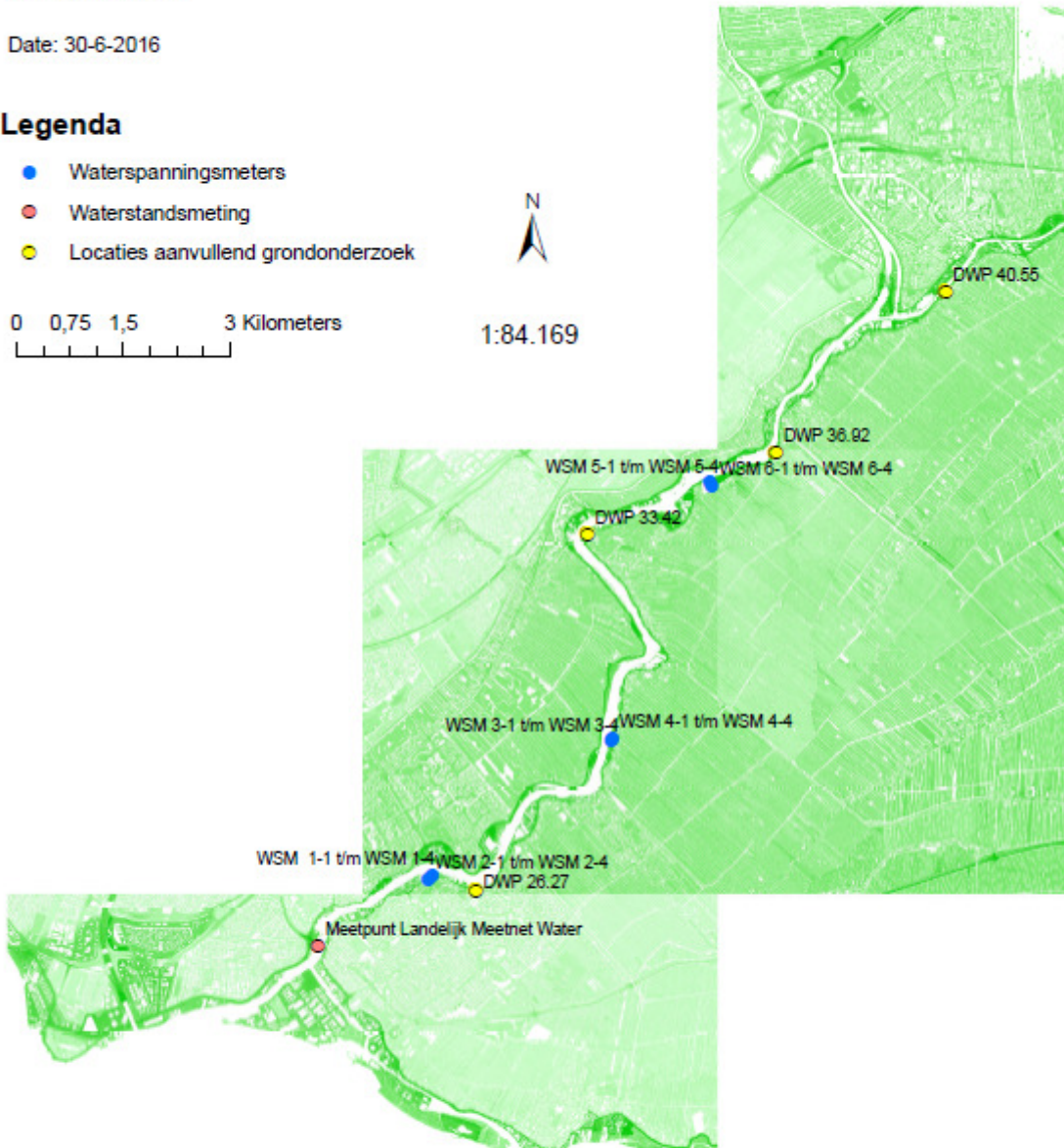
Date: 30-6-2016

Legenda

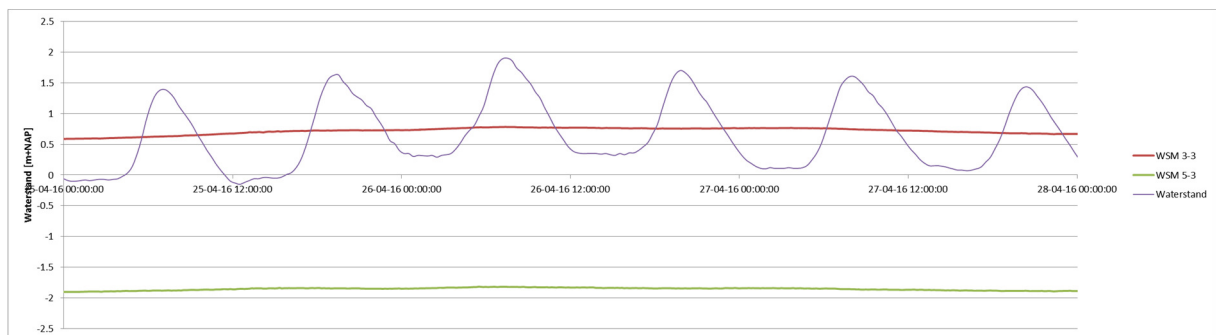
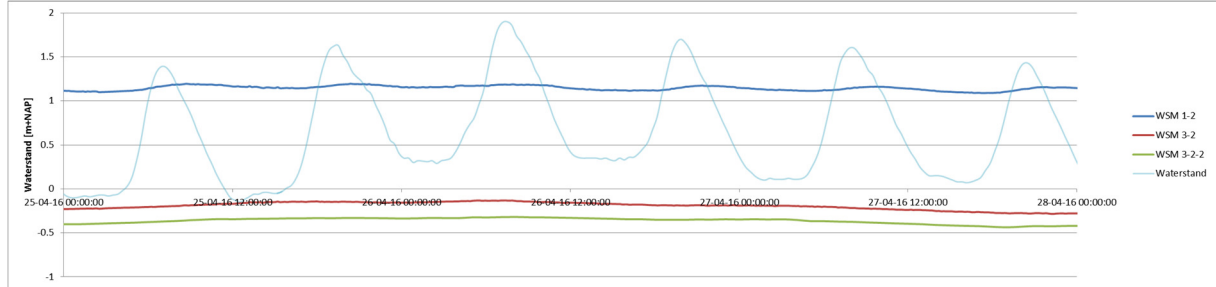
- Waterspanningsmeters
- Waterstandsmeting
- Locaties aanvullend grondonderzoek

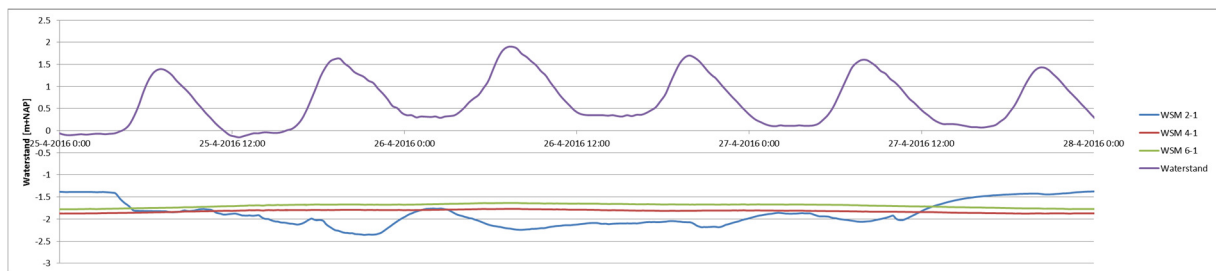
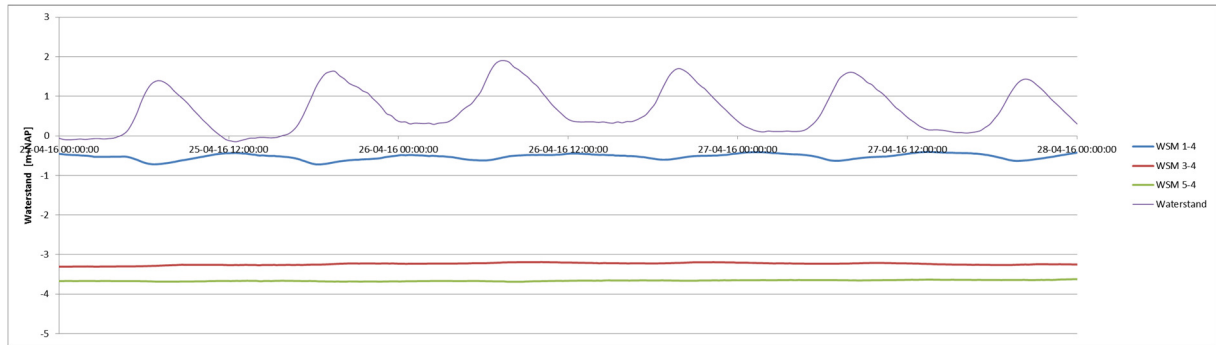
0 0,75 1,5 3 Kilometers

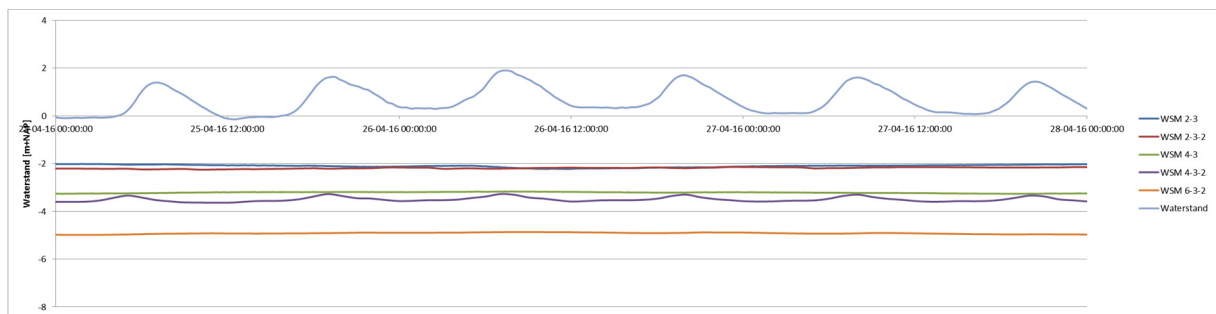
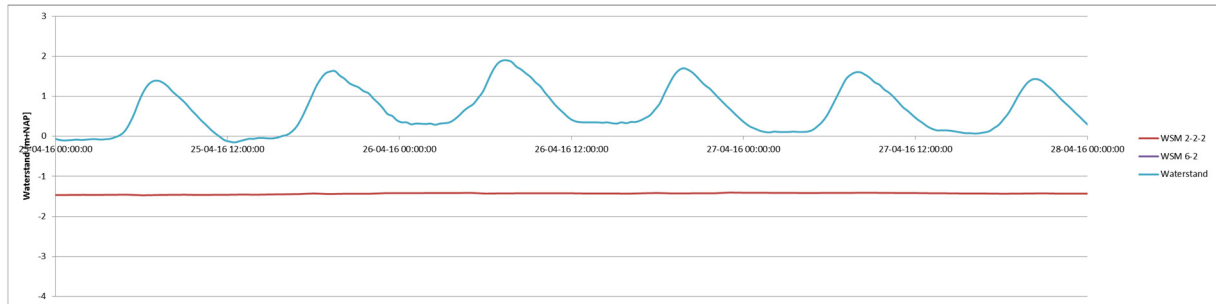
1:84.169



BIJLAGE 2 OVERZICHT WATERSPANNINGSMETINGEN COHESIEVE LAGEN







Bijlage 6 Factsheets Basis Berekening

Toelichting factsheet STBI ongedraineerde berekeningen basis variant

Invoerparameters

Voor volumieke gewichten wordt verwezen naar de proevenverzameling KIJK dd 18.4.2016 in (ref. 1).

Rekenwaarden van S en m uit de proevenverzameling KIJK dd 18.4.2016 worden ingevoerd in het soil materials venster in D-Geo Stability berekeningen.

Grensspanningen

Rekenwaarden voor de grensspanning worden ingevoerd voor de gespecificeerde x, en y coördinaten. De bepaling van de grensspanning is gedaan zoals ook in ref. 1, dat wil zeggen cf. ref.2:

De gemiddelde waarde van de grensspanningen in het midden van de lagen wordt berekend aan de hand van klasse 1 sonderingen. Hierbij wordt per sondering eerst voor alle dieptes beneden de dagelijkse grondwaterstand (voor elke regel in het gef-bestand) de sterkte s_u bepaald door de netto conusweerstand (q_{net}) te delen door de gemiddelde N_{kt} -factor (er is één waarde voor klei 17,5 en voor één veen 20,1 uit ref. 1). Vervolgens wordt de verwachtingswaarde voor de grensspanning over de diepte (voor elke regel in het gef bestand) bepaald met de volgende formule:

$$\sigma'_{vy} = \sigma'_{vi} \left(\frac{s_u}{\sigma'_{vi} S} \right)^{1/m}$$

Met:

σ'_{vy}	grensspanning
s_u	schuifsterkte
S	schuifsterkteratio
σ'_{vi}	initiële korrelspanning
m	sterktetoenamefactor

Voor m en S zijn hierin gemiddelde waarden ingevuld uit de proevenverzameling KIJK (ref.1). De karakteristieke ondergrens waarde van de grensspanning is per diepte (voor elke regel in het gef-bestand) berekend met de volgende formule uit de handreiking voor het bepalen van schuifsterkteparameters:

$$\sigma'_{vy, kar} = \sigma'_{vy, gem} - t_{N-1} \sigma_{\sigma'vy}$$

Hierin zijn de volgende aannames gedaan:

t_{N-1} :	student t-factor voor n-1 waarnemingen (-). Deze waarde is aangenomen op 1,65, omdat het aantal waarnemingen bij sonderingen al snel heel groot is.
$\sigma_{\sigma'vy}$:	standaardafwijking van de grensspanning σ'_{vy} (kN/m ²). Deze bedraagt volgens de handreiking voor het bepalen van de schuifsterkteparameters 0,85 x de variatiecoëfficiënt van de N_{kt} -factor x de verwachtingswaarde van de grensspanning. Waarbij: VC_ N_{kt} klei = 0,19 en VC_ N_{kt} veen = 0,34

Er zijn geen materiaalfactoren voor de grensspanning vastgesteld. Om toch de rekenwaarden hiervan vast te stellen, wordt eerst de karakteristieke waarde van de pre overburden pressure (POP) bepaald per locatie en per diepte (dus voor elke regel in het gef-bestand) door de terreinspanning onder gemiddelde dagelijkse omstandigheden af te trekken van de karakteristieke waarde van de grensspanning. De op deze manier verkregen karakteristieke waarde van de POP wordt minimaal op 8 kPa ingesteld, zoals ook gedaan is in de consequentieanalyse voor project KIJK (ref.1) en volgt uit paragraaf 6.6 van Ref 2.

De POP wordt vervolgens gedeeld door de materiaalfactor voor de POP, waarbij de materiaalfactoren per grondlaag zijn overgenomen uit Ref. 3. De rekenwaarde van de grensspanning wordt berekend door rekenwaarde van de POP bij de (gemiddelde dagelijkse) terreinspanning op te tellen. Vervolgens is de rekenwaarde voor de grensspanning per grondlaag verkregen door de rekenwaarden van de grensspanningen (bepaald per regel in het gef-bestand) te middelen voor de betreffende grondlaag.

Per laag is een rekenwaarde voor de grensspanning in de buitenteen, onder het buitentalud, onder de kruin, onder het binnentalud, en in de binnenteen van de dijk bepaald, die in de berekening wordt gehanteerd.

Voor de bepaling van de gemiddelde dagelijkse terreinspanning worden waterspanningen onder dagelijkse omstandigheden gehanteerd.

Referenties:

Ref 1: Rapport Consequentieanalyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard. Referentie WATBE2432R002F02 Versie 02/Finale versie. Datum 13 mei 2016.

Ref 2: Handreiking voor het bepalen van schuifsterkte parameters. Deltares, dec. 2014

Ref 3: OI2014v3 d.d. juli 2015 Definitief - Handreiking ontwerpen met overstromingskansen - Veiligheidsfactoren en belastingen behorende bij nieuwe overstromingsnormen

Hydraulische uitgangspunten

stijghoogte in w.v.p.	stijghoogte o.b.v. eerdere toetsingen is gelijk voor MHW en dagelijkse omstandigheden
waterspanningsverloop	tussen stijghoogte en freatische lijn is geïnterpoleerd
freatische lijn MHW	uitgangspunt is een verzadigd dijklichaam door hoog overslag debiet in de berekening

Verkeersbelasting

Verkeersbelasting	13 kPa	over	2,5 m
consolidatiegraad cohesieve lagen	10 %	spreidingshoek	0 graden

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,42 m + NAP
1e wvp	-1,5 m + NAP	1e wvp	-1,5 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 26.2+070_DKMP102_BIKR 26.2+070_DKMP107_AL B103

Kruin					Teen			
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei humeus	n.v.t.	10
	3,1 Klei Antropogeen		7	7		-1,5 Veen	n.v.t.	7
	-4,0 Klei humeus		7	7		-4,5 Klei humeus	n.v.t.	39
	-5,2 Veen		7	7		-7,9 Klei siltig	n.v.t.	10
	-6,6 Klei humeus		7	7		-9,5 Veen	n.v.t.	7
	-8,3 Klei siltig		7	7		-9,9 Veen	n.v.t.	7
	-9,9 Veen		7	7		-11,5 Klei Kreftenheye	n.v.t.	8
	-11,1 Klei Kreftenheye		7	7		-12,1 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.
	-11,7 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald in het midden van de lagen met behulp van rekenwaarde POP bij dagelijkse omstandigheden.

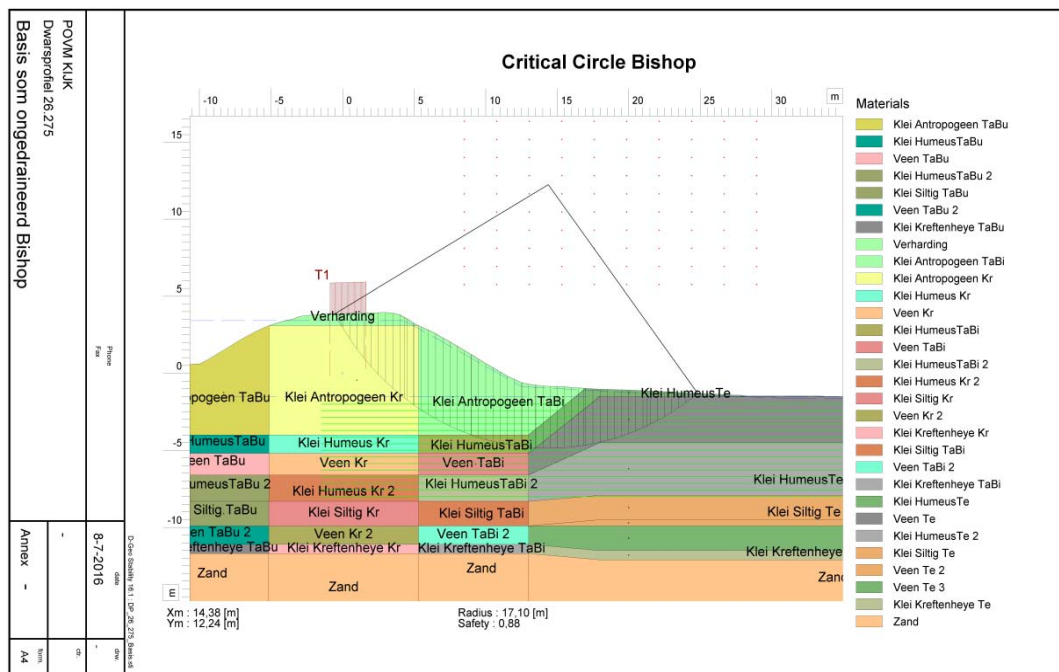
Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,88	Uplift Van	0,88
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45	Uplift Van	1,40 Voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21	Uplift Van	1,17 niet

Versie en evt. opmerkingen

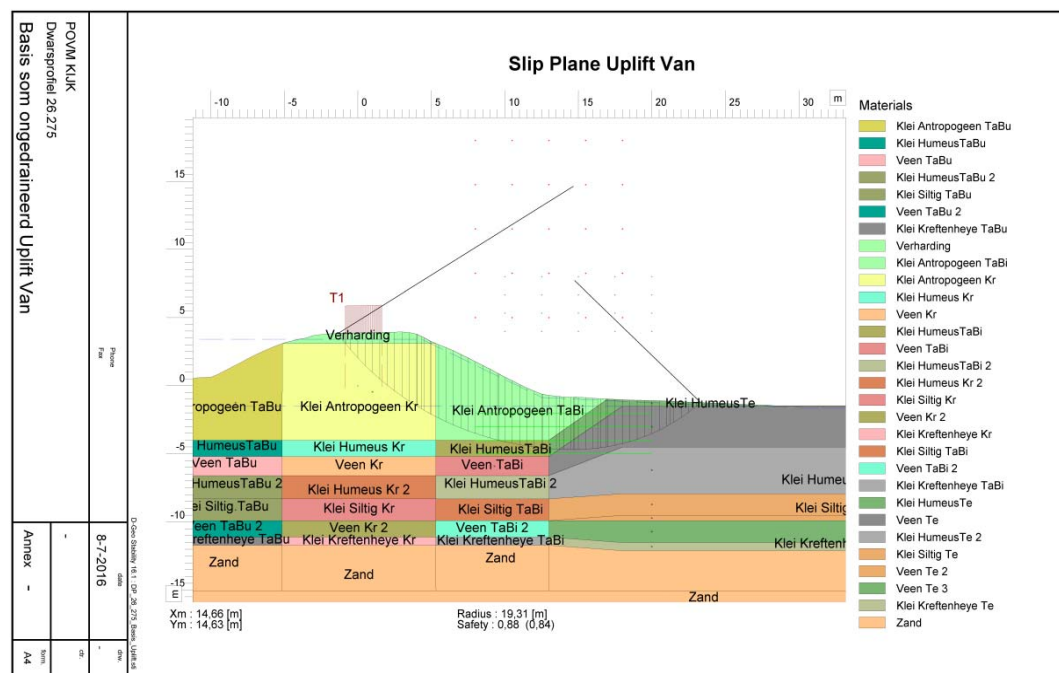
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 33,462

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,44 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP	1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 33.4+061_DKMP202_BIKR 33.4+061_DKMP207_AL B203

Kruin				Teen				
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei siltig	n.v.t.	32
	2,8 Klei Antropogeen	7	7	7		-2 Klei humeus	n.v.t.	12
	-3,0 Klei Siltig	7	7	7		-4,2 Veen	n.v.t.	7
	-4,3 Klei humeus	7	7	7		-8 Klei siltig	n.v.t.	7
	-5,0 Veen	7	7	7		-8,7 Klei Kreftenheye	n.v.t.	9
	-7,9 Klei Siltig	7	7	7		-9,4 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.
	-8,6 Klei Kreftenheye	7	7	7				
	-9,5 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald in het midden van de lagen met behulp van rekenwaarde POP bij dagelijkse omstandigheden.

Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	1,07	Uplift Van	1,07
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45	Uplift Van	1,40 Voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21	Uplift Van	1,17 niet

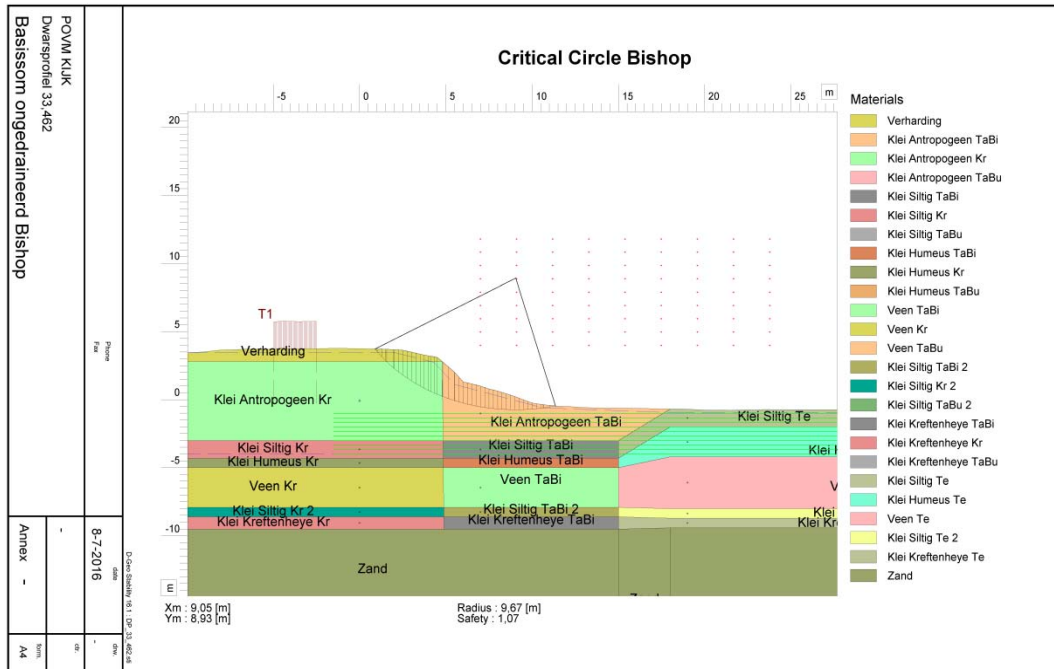
Versie en evt. opmerkingen

Versie 1.0

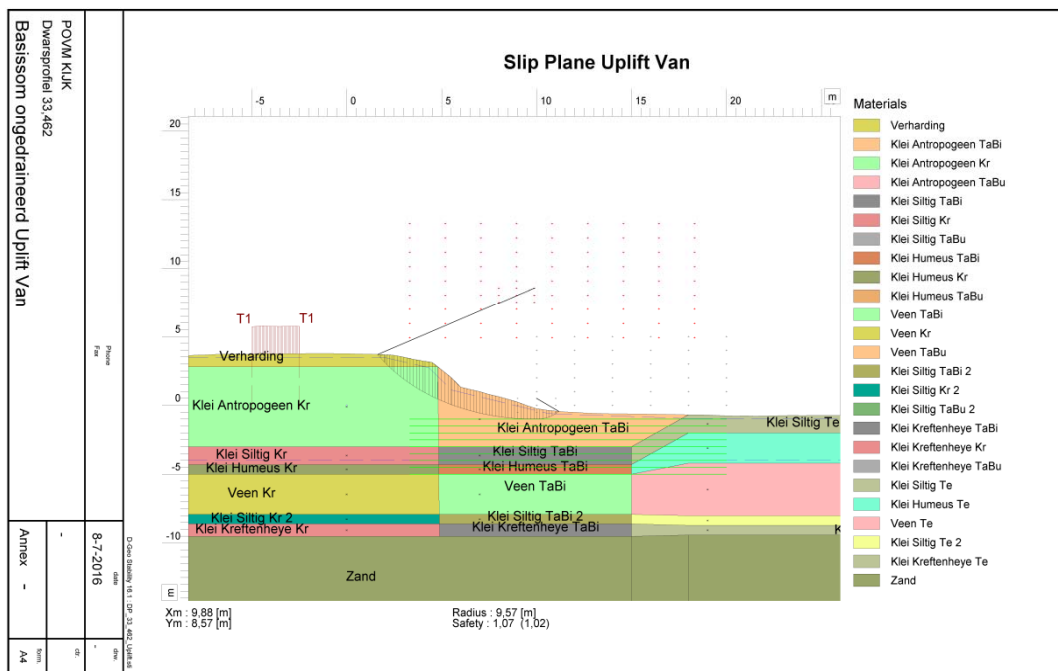
Hoewel er met deze glijcirkels een ruim restprofiel aanwezig is, is dat niet het geval voor de Bishop glijcirkels met een veiligheid groter dan de 1,45 die benodigd is inc. schematiseringsfactor. Hiervoor wordt verwezen naar de hoofd rapportage.

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 33,462

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 36,926

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,48 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP	1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 36.9+008DKMP403_BITA 36.9+008_DKMP207_AL B403

Kruin				Teen				
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Klei Antropogeen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei siltig	7	7
-5,0	Klei humeus	7	7	7	-5	Klei humeus	7	7
-6,0	Klei siltig	7	7	7	-10,1	Klei siltig	7	7
-6,8	Klei Humeus	7	7	7	-13	Klei Kreftenheye	7	7
-7,3	Klei siltig	7	7	7	-13,7	Zand Pleistoceen	n.v.t	n.v.t
-8,4	Veen	7	7	7				
-10,9	Klei siltig	7	7	7				
-12,5	Klei Kreftenheye	8	8	8				
-13,0	Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald in het midden van de lagen met behulp van rekenwaarde POP bij dagelijkse omstandigheden.

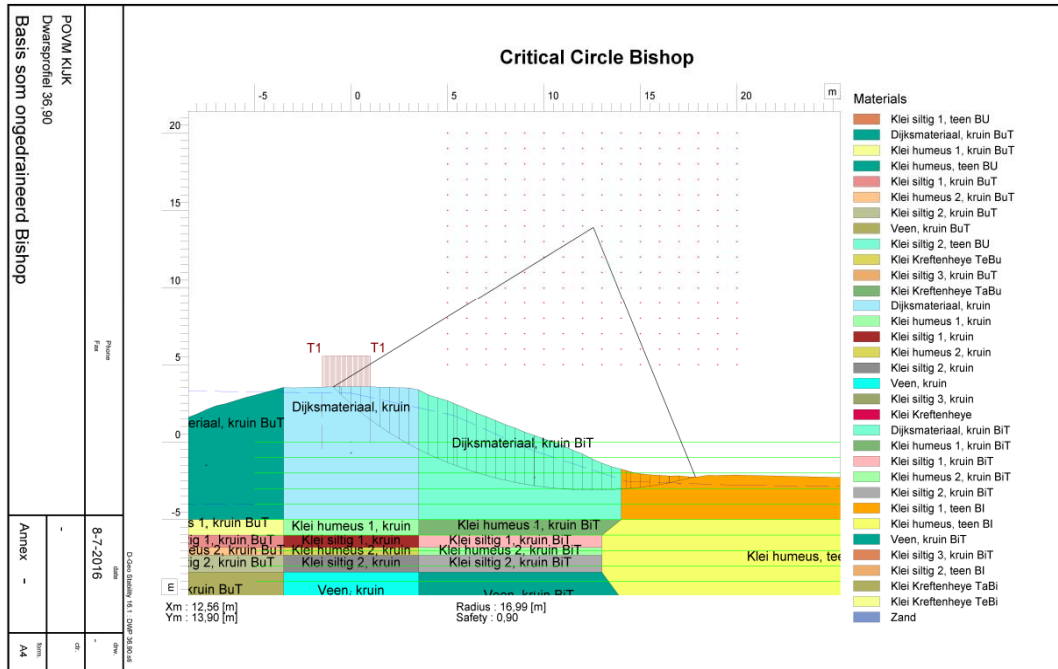
Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,90	Uplift Van	0,87
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45	Uplift Van	1,40 Voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21	Uplift Van	1,17 niet

Versie en evt. opmerkingen

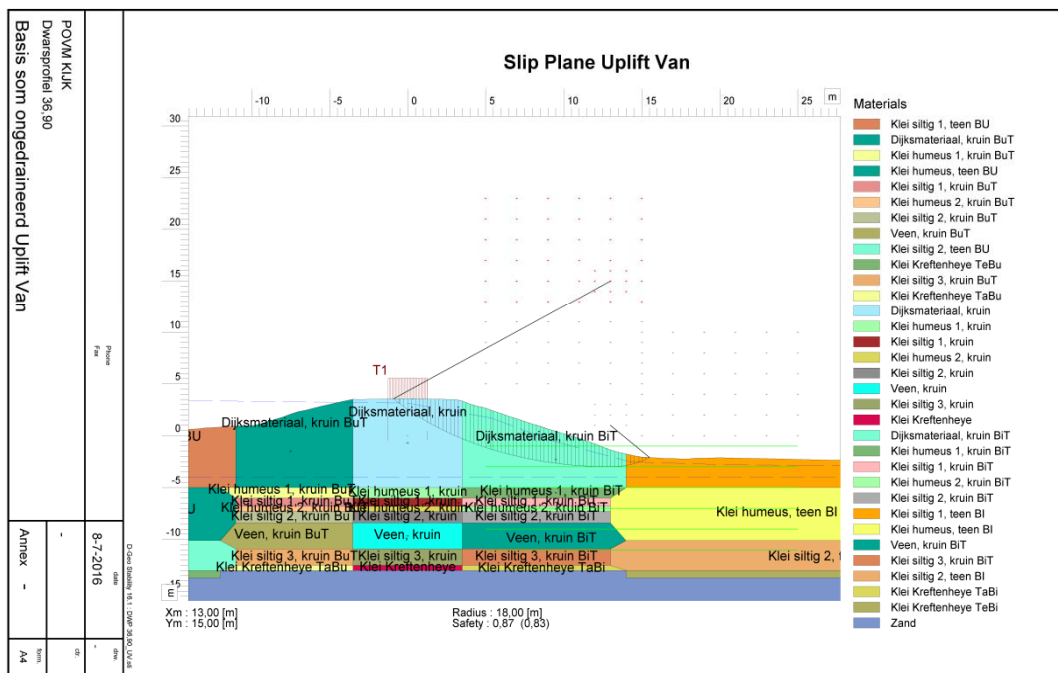
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 36,926

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 40,550

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,56 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP	1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 40.5+059_DKMP507_AL 40.5+060_DKMP502_BIKR B503

Kruin					Teen				
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]		
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI	
M.V.	Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei humeus	8	8	
	3,2 Klei Antropoge	7	7	7	-3,5	Veen	7	7	
-2.4	Klei humeus	7	7	7	-7,5	Klei siltig	7	7	
	-4,0 Klei siltig	7	7	7	-9	Klei Kreftenhe	7	7	
	-5,1 Veen	7	7	7	-9,3	Zand Pleistoce	n.v.t	n.v.t	
	-7,4 Klei Kreftenhe	7	7	7					
	-7,7 Zand Pleistoce	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.					

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald in het midden van de lagen met behulp van rekenwaarde POP bij dagelijkse omstandigheden.

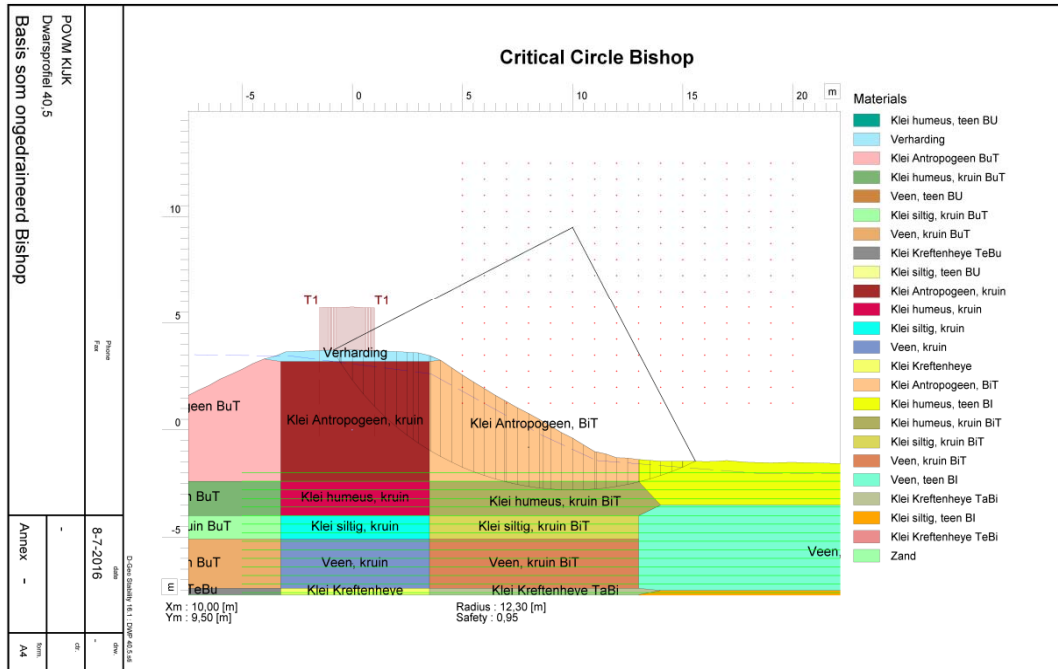
Resultaat	Oordeel		
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,95 Uplift Van	0,93
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45 Uplift Van	1,40 Voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21 Uplift Van	1,17 niet

Versie en evt. opmerkingen

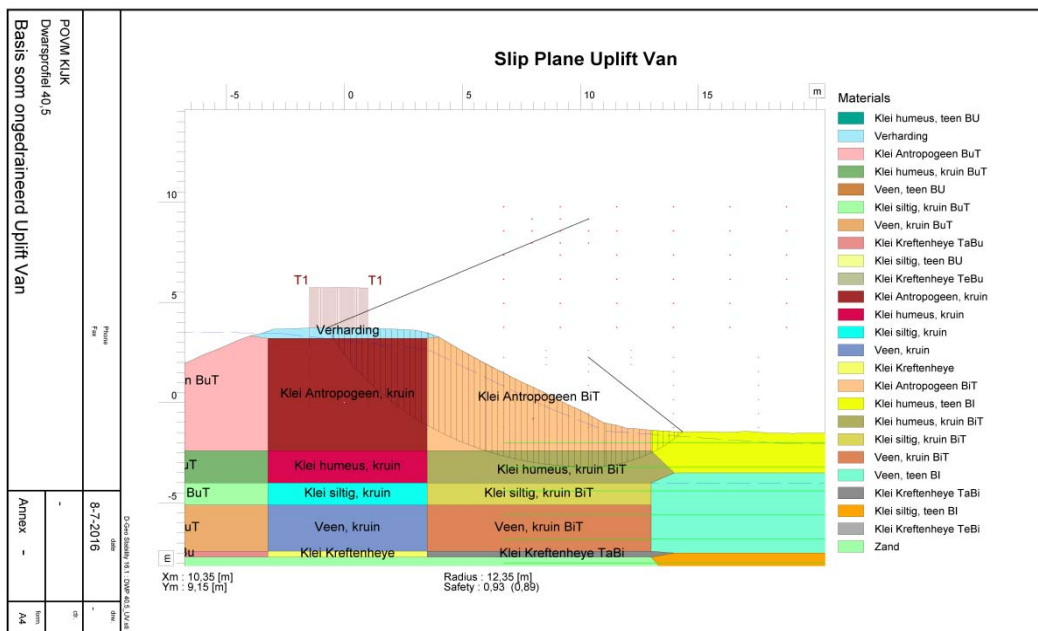
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KJK - Profiel 40,550

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Bijlage 7 Factsheets Gedraineerde Berekening

Toelichting factsheet STBI gedraineerde berekeningen

De sterkte van de grondlagen is in D-Geo Stability ingevoerd met stress tables.

Deze berekeningen dienen als vergelijking met ongedraineerde berekeningen

Veiligheidsfactoren voor berekeningen met het Mohr Coulomb model zijn niet afgeleid voor project KJK daarom wordt de berekende veiligheid niet getoetst aan een vereiste veiligheidsfactor.

Hydraulische uitgangspunten

stijghoogte	stijghoogte is gebaseerd op eerdere toetsingen en is gelijk voor MHW en dagelijkse omstandigheden
waterspanningsverloop	tussen stijghoogte en freatische lijn is geïnterpoleerd
freatische lijn MHW	er wordt uitgegaan van een verzadigd dijklichaam door hoog overslag debiet in de berekening

Verkeersbelasting

Verkeersbelasting	13 kPa
consolidatiegraad cohesieve lagen	10 %
over	2,5 m
spreidingshoek	0 graden

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275 gedraineerd

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden

freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V
1e wvp	-1,5 m + NAP

Maatgevende omstandigheden

Zichtjaar	2035
MHW	3,42 m + NAP
1e wvp	-1,5 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 26.2+070_DKMP102_BIKR 26.2+070_DKMP107_AL B103

Kruin			Teen		
BK	grondsoort	volumiek gewicht	BK	grondsoort	volumiek gewicht
m NAP		verz kN/m ³ droog kN/m ³	m NAP		verz kN/m ³ droog kN/m ³
M.V.	Cunet Zand	20,0 18,0	M.V.	Tiel Naast	14,0 14,0
	3,1 Dijkmateriaal	17,5 17,5		-1,5 H. Veen (h.w.g) Naast	10,5 10,5
	-4,0 Tiel Onder*	15,9 15,9		-4,5 G. Licht Naast	13,0 13,0
	-5,2 H. Veen Onder	11,0 11,0		-7,9 G. Zwaar Naast	15,5 15,5
	-6,6 G. Licht Onder	14,0 14,0		-9,5 H. Veen (l.w.g.) Naast	11,0 11,0
	-8,3 G. Zwaar Onder	16,0 16,0		-9,9 B. Veen Naast	10,5 10,5
	-9,9 B. Veen Onder	11,0 11,0		-11,5 Klei Kreftenheye Naast	18,0 18,0
	-11,1 Klei Kreftenheye O	18,0 18,0		-12,1 Zand Pleistoecen	20,0 18,0
	-11,7 Zand Pleistoecen	20,0 18,0			

Toelichting

volumiek gewicht Tiel onder was geleverd door opdrachtgever, deze waarde is op basis van laboratorium proeven

Resultaat

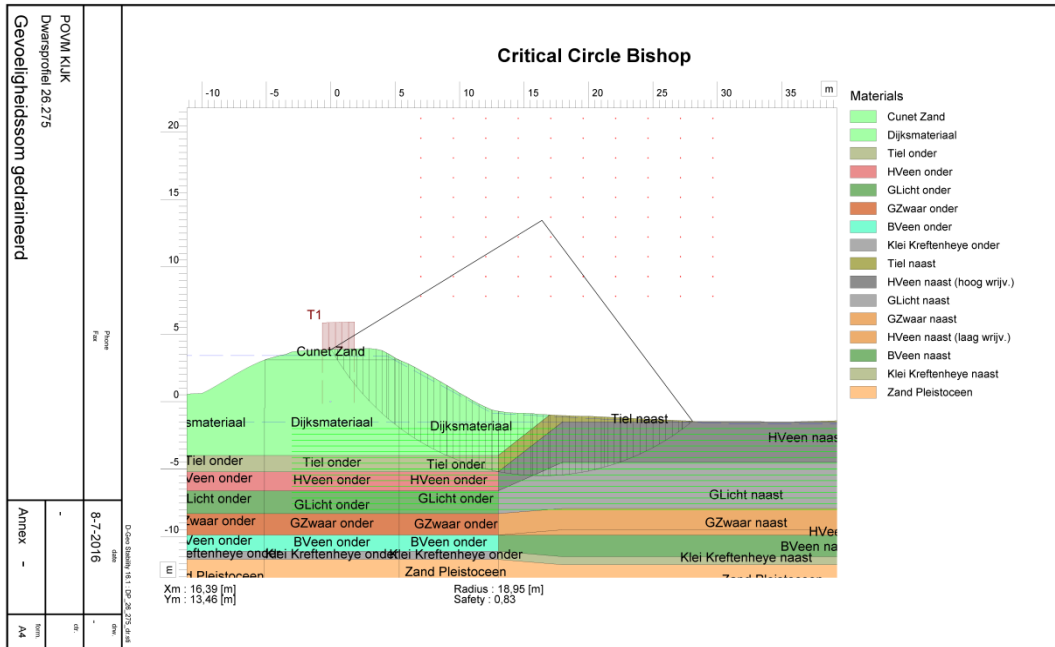
Veiligheidsfactor berekend Bishop 0,83 Uplift Van 0,86

Versie en evt. opmerkingen

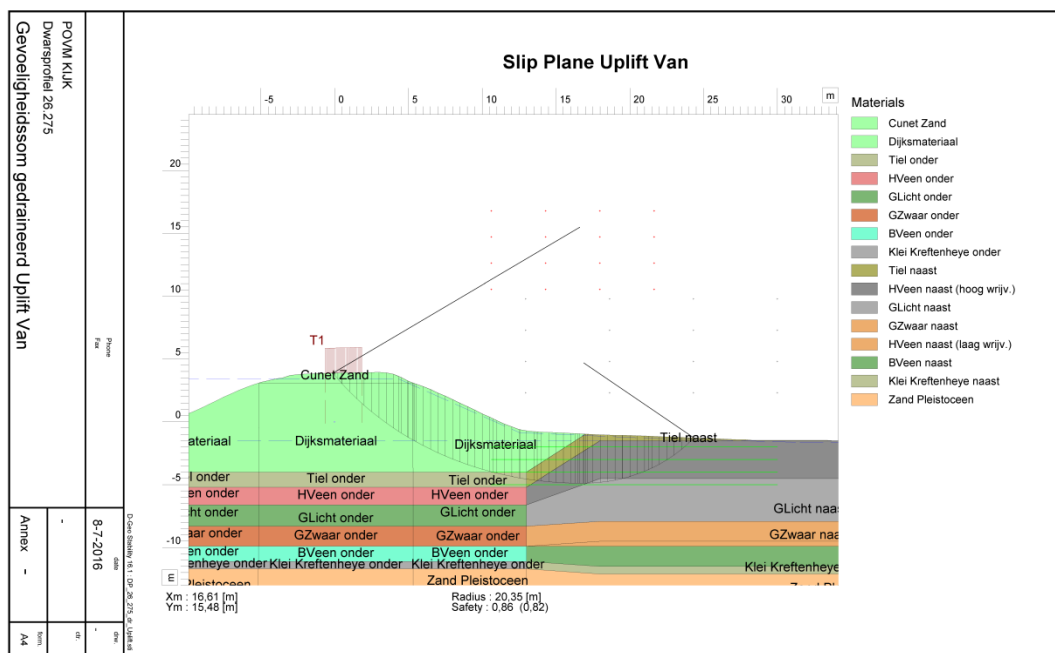
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275 gedraineerd

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIIK - Profiel 33,462 gedraineerd

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,44 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP	1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 33.4+061_DKMP202_BIKR 33.4+061_DKMP207_AL B203

Kruin				Teen			
BK	grondsoort	volumiek gewicht		BK	grondsoort	volumiek gewicht	
m NAP		verz kN/m ³	droog kN/m ³	m NAP		verz kN/m ³	droog kN/m ³
M.V.	Cunet Zand	20,0	18,0	M.V.	G. Zwaar Naast	15,5	15,5
	2,8 Dijkmateriaal	17,5	17,5	-2,0	G. Licht Naast	13,0	13,0
	-3,0 G. Zwaar Onder	16,0	16,0	-4,2	H. Veen (h.w.g.) Naast	10,5	10,5
	-4,3 G. Licht Onder	14,0	14,0	-8,0	G. Zwaar Naast	15,5	15,5
	-5,0 H. Veen Onder	11,0	11,0	-8,7	Klei Kreftenheye Naast	18,0	18,0
	-7,9 G. Zwaar Onder	16,0	16,0	-9,4	Zand Pleistoceen	20,0	18,0
	-8,6 Klei Kreftenheye O	18,0	18,0				
	-9,5 Zand Pleistoceen	20,0	18,0				

Resultaat

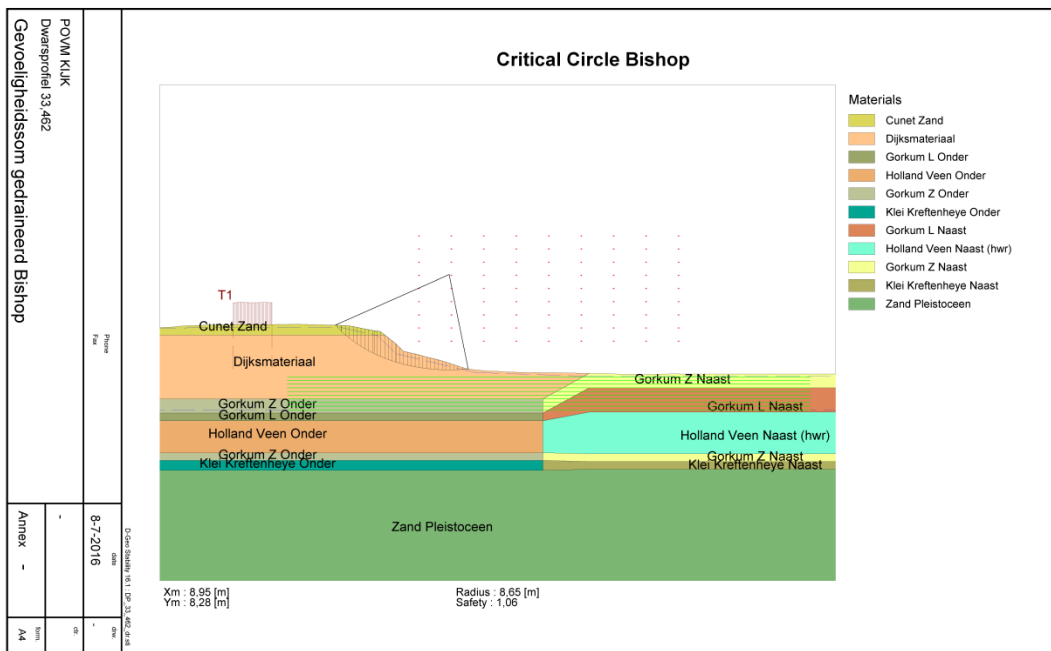
Veiligheidsfactor berekend Bishop 1,06 Uplift Van 1,11

Versie en evt. opmerkingen

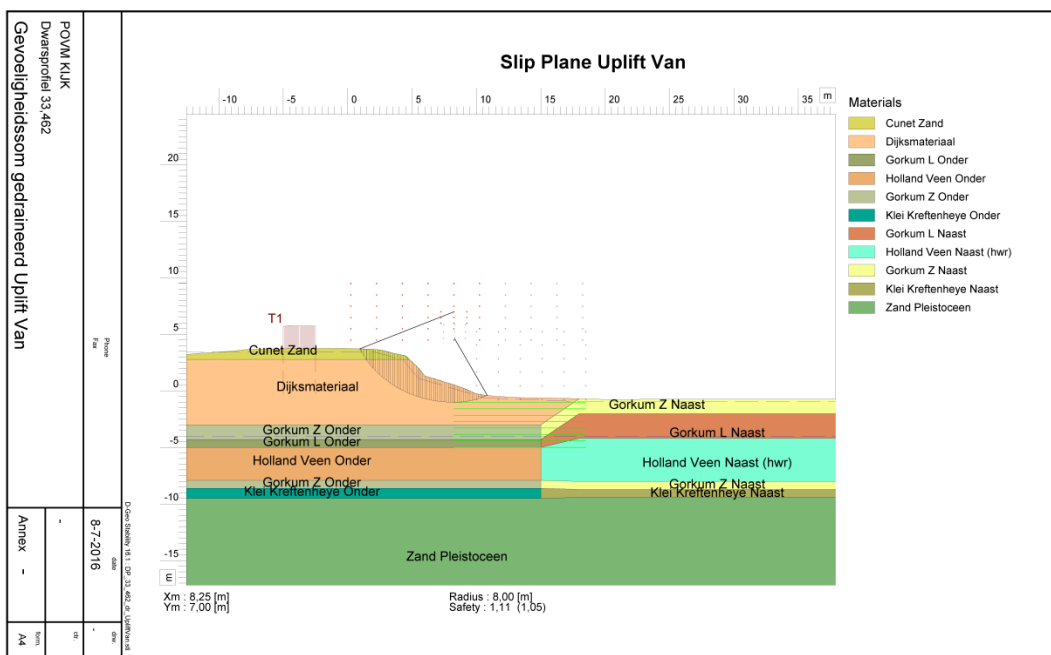
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIIJK - Profiel 33,462 gedraineerd

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIIK - Profiel 36,926 gedraineerd

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden

freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V
1e wvp	-4 m + NAP

Maatgevende omstandigheden

Zichtjaar	2035
MHW	3,48 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 36.9+008DKMP403_BITA 36.9+008_DKMP207_AL B403

Kruin			Teen		
BK	grondsoort	volumiek gewicht	BK	grondsoort	volumiek gewicht
m NAP		verz kN/m ³ droog kN/m ³	m NAP		verz kN/m ³ droog kN/m ³
M.V.	Dijkmateriaal	17,5 17,5	M.V.	G. Zwaar Naast	15,5 15,5
-5,0	G. Licht Onder	14,0 14,0	-5,0	G. Licht Naast	13,0 13,0
-6,0	G. Zwaar Onder	16,0 16,0	-10,1	G. Zwaar Naast	15,5 15,5
-6,8	G. Licht Onder	14,0 14,0	-13,0	Klei Kreftenheye Naast	18,0 18,0
-7,3	G. Zwaar Onder	16,0 16,0	-13,7	Zand Pleistoceen	20,0 18,0
-8,4	H. Veen Onder	11,0 11,0			
-10,9	G. Zwaar Onder	16,0 16,0			
-12,5	Klei Kreftenheye O	18,0 18,0			
-13,0	Zand Pleistoceen	20,0 18,0			

Resultaat

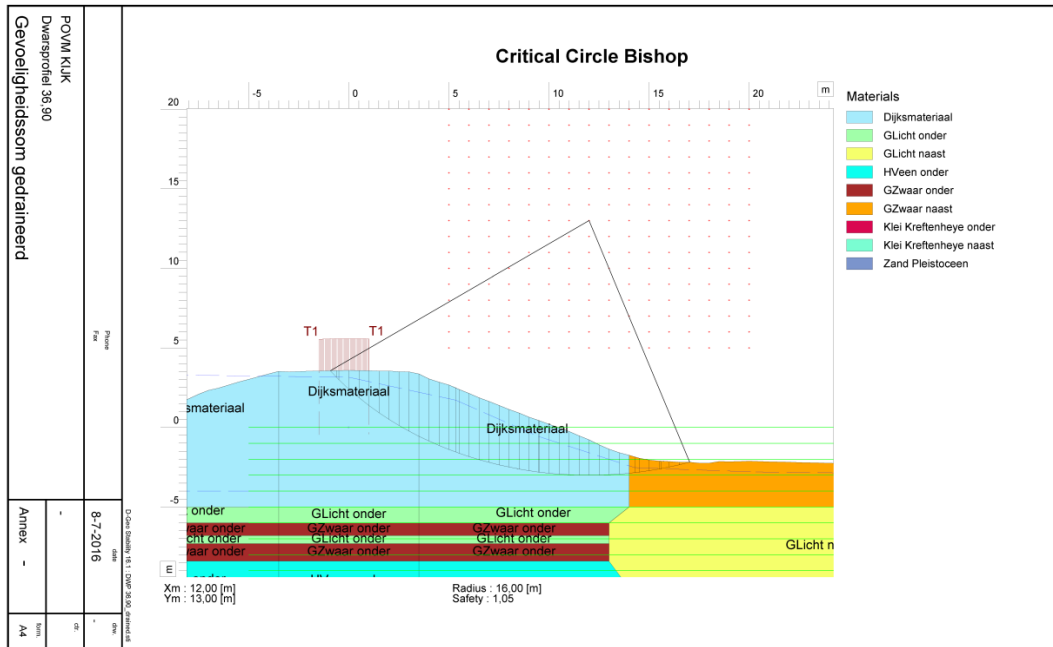
Veiligheidsfactor berekend Bishop 1,05 Uplift Van 1,03

Versie en evt. opmerkingen

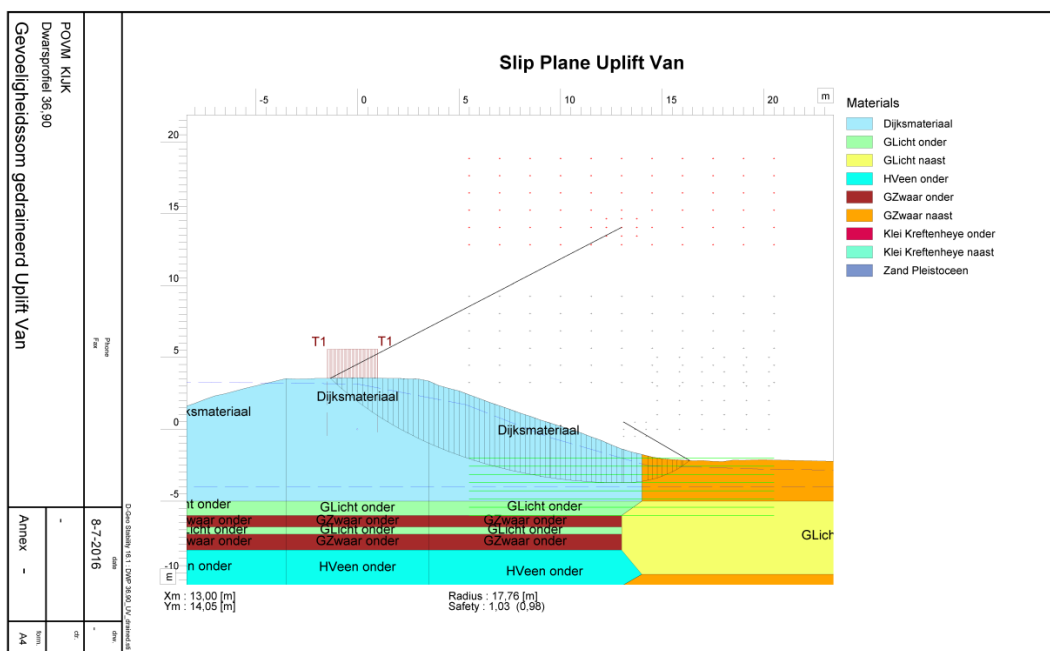
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KUIK - Profiel 36,926 gedraineerd

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIIK - Profiel 40,550 gedraineerd

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,56 m + NAP
1e wvp	-4 m + NAP	1e wvp	-4 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 40.5+059_DKMP507_AL 40.5+060_DKMP502_BIKR B503

Kruin				Teen			
BK m NAP	grondsoort	volumiek gewicht		BK m NAP	grondsoort	volumiek gewicht	
		verz kN/m ³	droog kN/m ³			verz kN/m ³	droog kN/m ³
M.V.	Cunet Zand	20,0	18,0	M.V.	G. Licht Naast	13,0	13,0
	3,2 Dijkmateriaal	17,5	17,5		-3,5 H. Veen Naast (h.w.r)	10,5	10,5
	-2,4 G.Licht Onder	14,0	14,0		-7,5 G. Zwaar Naast	15,5	15,5
	-4,0 G. Zwaar Onder	16,0	16,0		-9,0 Klei Kreftenheye Naast	18,0	18,0
	-5,1 H. Veen Onder	11,0	11,0		-9,3 Zand Pleistoceen	20,0	18,0
	-7,4 Klei Kreftenheye O	18,0	18,0				
	-7,7 Zand Pleistoceen	20,0	18,0				

Resultaat

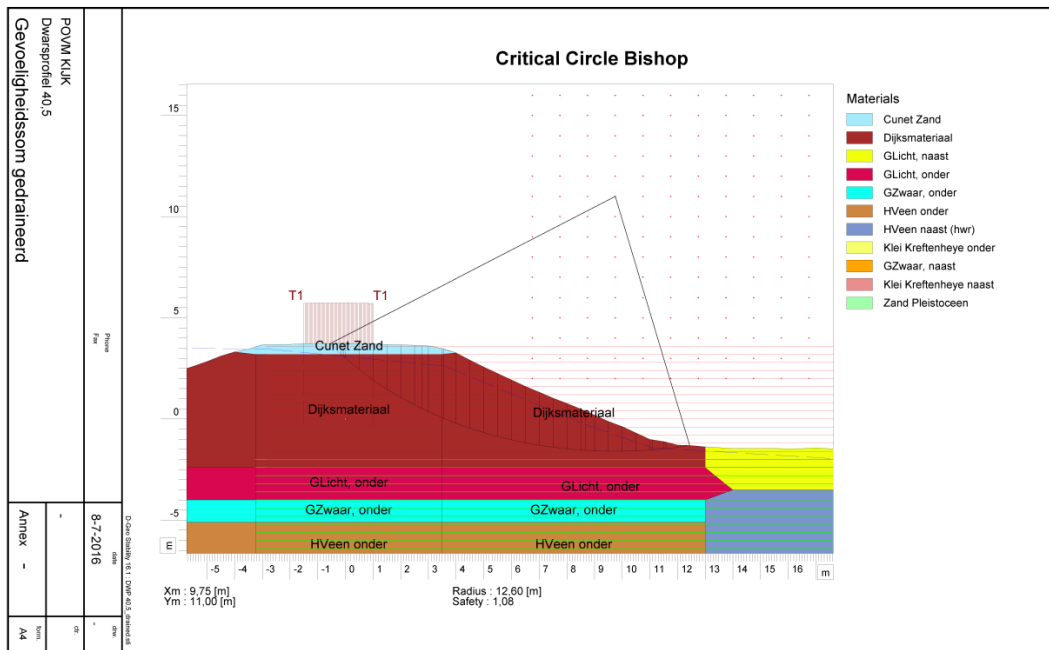
Veiligheidsfactor berekend Bishop 1,08 Uplift Van 1,08

Versie en evt. opmerkingen

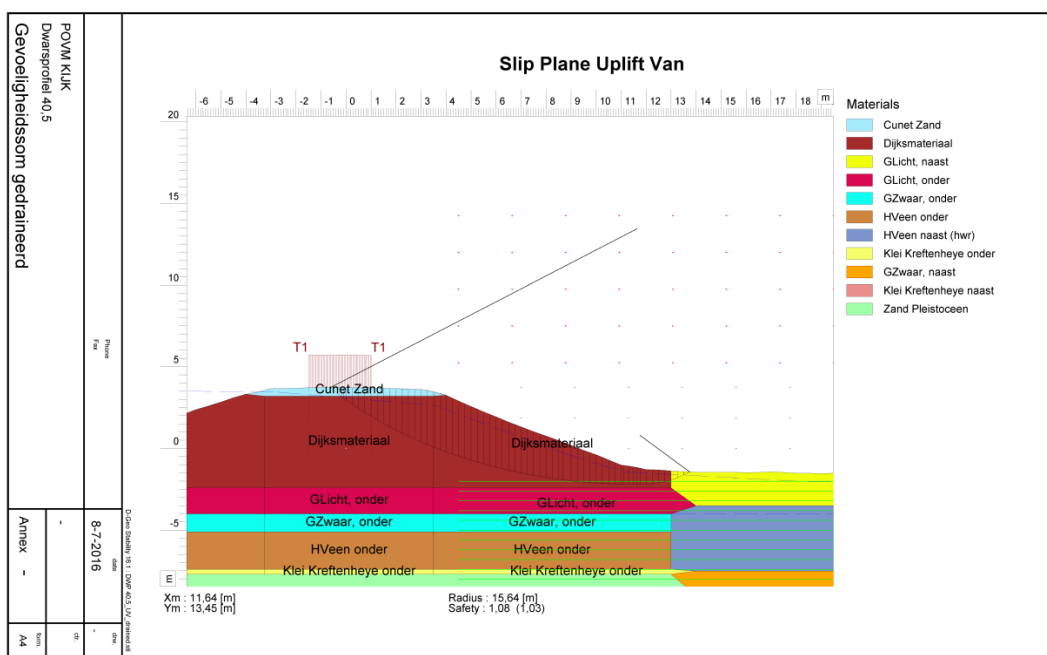
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 40,550 gedraineerd

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Bijlage 8 Factsheets gevoeligheidsanalyse gebruik makend van waterspanningsmetingen

Toelichting factsheet STBI ongedraineerde berekeningen met aangepaste waterspanning

Invoerparameters

Voor volumieke gewichten wordt verwezen naar de proevenverzameling KIIK dd 18.4.2016 in (ref. 1). Rekenwaarden van S en m uit de proevenverzameling KIIK dd 18.4.2016 worden ingevoerd in het soil materials venster in D-Geo Stability berekeningen.

Grensspanningen

Rekenwaarden voor de grensspanning worden ingevoerd voor de gespecificeerde x, en y coördinaten. De bepaling van de grensspanning is gedaan zoals ook in ref. 1, dat wil zeggen cf. ref.2:

De gemiddelde waarde van de grensspanningen in het midden van de lagen wordt berekend aan de hand van klasse 1 sonderingen. Hierbij wordt per sondering eerst voor alle dieptes beneden de dagelijkse grondwaterstand (voor elke regel in het gef-bestand) de sterkte s_u bepaald door de netto conusweerstand (q_{net}) te delen door de gemiddelde N_{kt} -factor (er is één waarde voor klei 17,5 en voor één veen 20,1 uit ref. 1). Vervolgens wordt de verwachtingswaarde voor de grensspanning over de diepte (voor elke regel in het gef bestand) bepaald met de volgende

formule: $\sigma'_{vy} = \sigma'_{vi} \left(\frac{s_u}{\sigma'_{vi} S} \right)^{1/m}$ Met:

σ'_{vy}	grensspanning
s_u	schuifsterkte
S	schuifsterkteratio
σ'_{vi}	initiële korrelspanning
m	sterktetoenamefactor

Voor m en S zijn hierin gemiddelde waarden ingevuld uit de proevenverzameling KIIK (ref.1). De karakteristieke ondergrens waarde van de grensspanning is per diepte (voor elke regel in het gef-bestand) berekend met de volgende formule uit de handreiking voor het bepalen van schuifsterkteparameters: $\sigma'_{vy, kar} = \sigma'_{vy, gem} - t_{N-1} \sigma_{\sigma'vy}$

Hierin zijn de volgende aannames gedaan:

t_{N-1} :	student t-factor voor n-1 waarnemingen (-). Deze waarde is aangenomen op 1,65, omdat het aantal waarnemingen bij sonderingen al snel heel groot is.
$\sigma_{\sigma'vy}$:	standaardafwijking van de grensspanning σ'_{vy} (kN/m ²). Deze bedraagt volgens de handreiking voor het bepalen van de schuifsterkteparameters 0,85 x de variatiecoëfficiënt van de N_{kt} -factor x de verwachtingswaarde van de grensspanning. Waarbij: VC_ N_{kt} klei = 0,19 en VC_ N_{kt} veen = 0,34

Er zijn geen materiaalfactoren voor de grensspanning vastgesteld. Om toch de rekenwaarden hiervan vast te stellen, wordt eerst de karakteristieke waarde van de pre overburden pressure (POP) bepaald per locatie en per diepte (dus voor elke regel in het gef-bestand) door de terreinspanning onder gemiddelde dagelijkse omstandigheden af te trekken van de karakteristieke waarde van de grensspanning. De op deze manier verkregen karakteristieke waarde van de POP wordt minimaal op 8 kPa ingesteld, zoals ook gedaan is in de consequentieanalyse voor project KIIK (ref.1) en volgt uit paragraaf 6.6 van Ref 2.

De POP wordt vervolgens gedeeld door de materiaalfactor voor de POP, waarbij de materiaalfactoren per grondlaag zijn overgenomen uit Ref. 3. De rekenwaarde van de grensspanning wordt berekend door rekenwaarde van de POP bij de (gemiddelde dagelijkse) terreinspanning op te tellen. Vervolgens is de rekenwaarde voor de grensspanning per grondlaag verkregen door de rekenwaarden van de grensspanningen (bepaald per regel in het gef-bestand) te middelen voor de betreffende grondlaag.

Per laag is een rekenwaarde voor de grensspanning in de buitenteen, onder het buitentalud, onder de kruin, onder het binnentalud, en in de binnenteen van de dijk bepaald, die in de berekening wordt gehanteerd.

Voor de bepaling van de gemiddelde dagelijkse terreinspanning worden waterspanningen onder dagelijkse omstandigheden gehanteerd.

Voor de bepaling van de gemiddelde dagelijkse terreinspanning in bovenstaande berekeningen worden waterspanningen (freatisch en stijghoogte in watervoerend pakket) onder dagelijkse omstandigheden in 2016 gehanteerd. Deze waterspanningen zijn bepaald aan de hand van waterspanningsmetingen. Deze waarden zijn niet gecorrigeerd voor bodemdaling of voor toename in het peil van de IJssel.

Waterspanningen voor D- Geo Stability berekening

Op basis van de analyse van waterspanningsmetingen (zie Ref 4.) worden de dagelijkse freatische waterspanning en de dagelijkse stijghoogte geëxtrapoleerd naar de MHW situatie volgens onderstaande vergelijking:

$$\varphi_{MHW} = \varphi_{dagelijks} + 0,1(h_{MHW} - h_{dagelijks})$$

φ_{MHW} waterspanning tijdens MHW situatie, m;

$\varphi_{dagelijks}$ waterspanning tijdens dagelijkse omstandigheden, m;

h_{MHW} buitenwaterstand tijdens MHW situatie, m;

$h_{dagelijks}$ langdurig gemiddelde dagelijkse buitenwaterstand, dit is NAP +0,62 m;

De stijghoogte in de D-Geo Stability berekeningen wordt gecorrigeerd met een zettingscompensatie van 22 cm. De dagelijkse waterstand en het toetspeil bij MHW zijn eveneens gecorrigeerd met deze zettingscompensatie en met een toename in het peil van de IJssel van 10 cm.

Referenties:

Ref 1: Rap Consequentieanalyse Dijkversterking Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard. Ref. WATBE2432R002F02 Versie 02 d.d. 13 mei 2016.

Ref 2: Handreiking voor het bepalen van schuifsterkte parameters. Deltares, dec. 2014

Ref 3: OI2014v3 d.d. juli 2015 Definitief - Handreiking ontwerpen met overstromingskansen

Ref 4: Memo Bepalen waterspanning gevoeligheidsanalyse POVM opdracht 1220518

Hydraulische uitgangspunten

stijghoogte in w.v.p.	stijghoogte gebaseerd op waterspanningsmetingen en extrapolatie cf. TRWD Bijlage 3 zie ook ref.3
waterspanningsverloop	tussen stijghoogte en freatische lijn is geïnterpoleerd
freatische lijn MHW	ligging van de freatische lijn bij MHW o.b.v. waterspanningsmetingen en extrapolatie cf. TRWD Bijlage 3. Zie ook ref. 3

Verkeersbelasting

Verkeersbelasting	13 kPa	over	2,5 m
consolidatiegraad cohesieve lagen	10 %	spreidingshoek	0 graden

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden 2016		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,42 m + NAP
1e wvp	-2 m + NAP	1e wvp	-1,5 m + NAP
deze waarde is excl. zettingscompensatie		freatische waterspanning kruin	1,18 m + NAP
		freatische waterspanning teen	-1,32 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 26.2+070_DKMP102_BIKR 26.2+070_DKMP107_AL B103

Kruin					Teen			
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei humeus	n.v.t.	7
	3,1 Klei Antropogeen	7	7	7		-1,5 Veen	n.v.t.	7
	-4,0 Klei humeus	7	7	7		-4,5 Klei humeus	n.v.t.	36
	-5,2 Veen	7	7	7		-7,9 Klei siltig	n.v.t.	10
	-6,6 Klei humeus	7	7	7		-9,5 Veen	n.v.t.	7
	-8,3 Klei siltig	7	7	7		-9,9 Veen	n.v.t.	7
	-9,9 Veen	7	7	7		-11,5 Klei Kreftenheye	n.v.t.	7
	-11,1 Klei Kreftenheye	7	7	7		-12,1 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.
	-11,7 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald voor het midden van de lagen met de rekenwaarde van de POP voor de dagelijkse situatie.

De POP in de dagelijkse situatie is bepaald aan de hand van grensspanning uit sondering en effectieve terreinspanning in 2016.

Dat wil zeggen aan de hand van hydraulische uitgangspunten *dagelijkse omstandigheden 2016*

In D-Geo Stability berekening zijn de freatische lijn en stijghoogten *voormaatgevende omstandigheden* ingevoerd

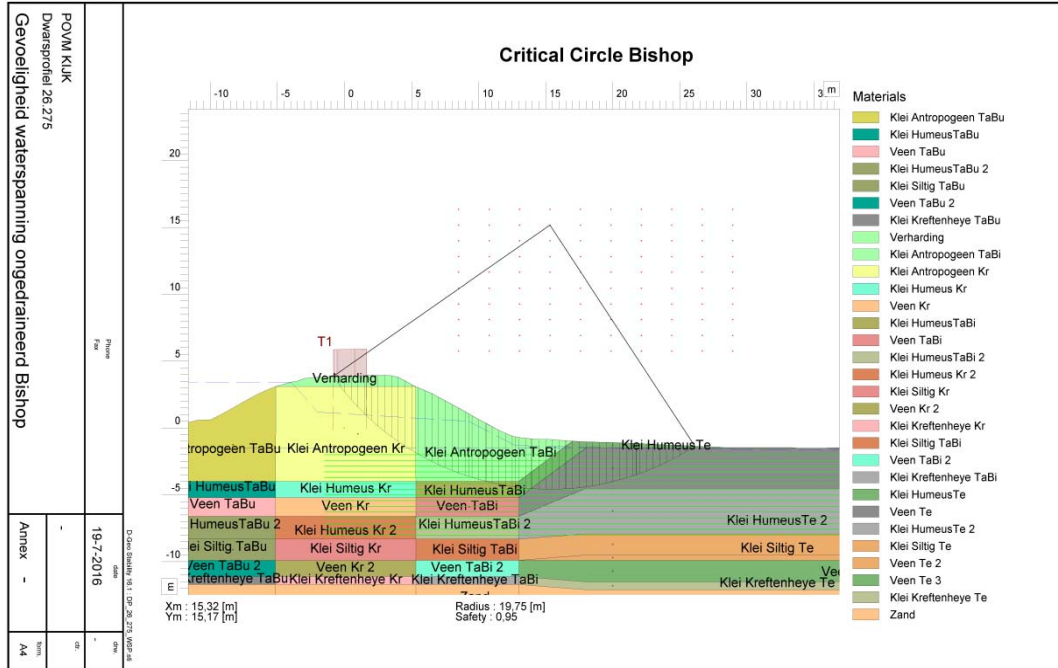
Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,95 Uplift Van	0,93	
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45 Uplift Van	1,40	voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21 Uplift Van	1,17	niet

Versie en evt. opmerkingen

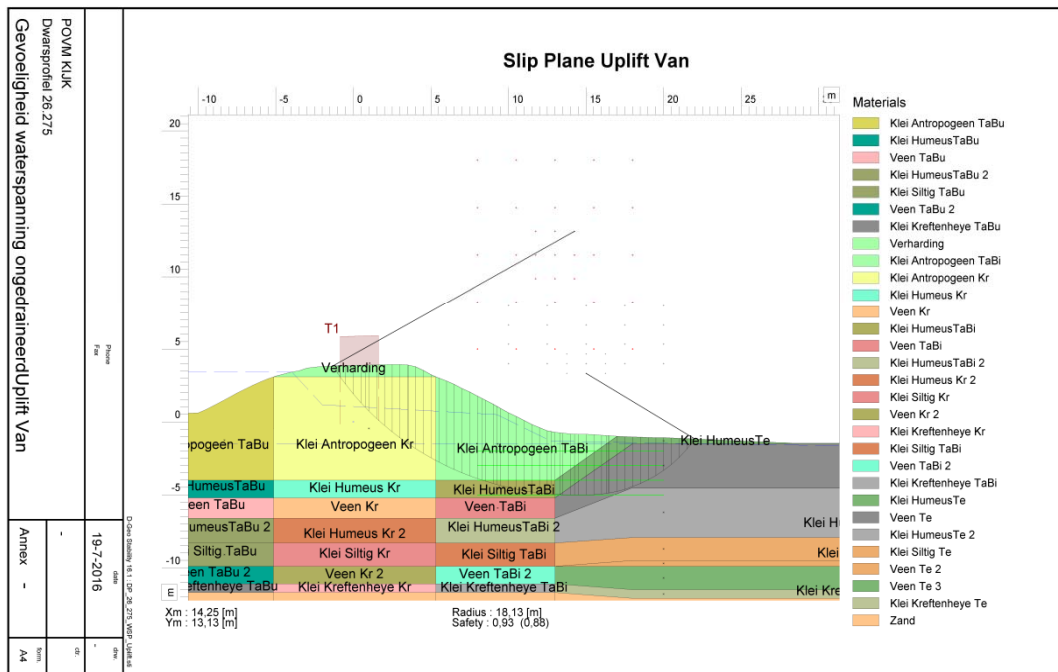
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 26,275

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 33,462

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,44 m + NAP
1e wvp	-2,9 m + NAP	1e wvp	-2,4 m + NAP
		freatische waterspanning kruin	1,04 m + NAP
		freatische waterspanning teen	-0,91 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 33.4+061_DKMP202_BIKR 33.4+061_DKMP207_AL B203

Kruin				Teen				
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei siltig	n.v.t.	33
	2,8 Klei Antropogeen	7	7	7		-2 Klei humeus	n.v.t.	15
	-3,0 Klei Siltig	7	7	7		-4,2 Veen	n.v.t.	7
	-4,3 Klei humeus	7	7	7		-8 Klei siltig	n.v.t.	7
	-5,0 Veen	7	7	7		-8,7 Klei Kreftenheye	n.v.t.	10
	-7,9 Klei Siltig	7	7	7		-9,4 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.
	-8,6 Klei Kreftenheye	7	7	7				
	-9,5 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald voor het midden van de lagen met de rekenwaarde van de POP voor de dagelijkse situatie.

De POP in de dagelijkse situatie is bepaald aan de hand van grensspanning uit sondering en effectieve terreinspanning in 2016.

Dat wil zeggen aan de hand van hydraulische uitgangspunten *dagelijkse omstandigheden 2016*

In D-Geo Stability berekening zijn de freatische lijn en stijghoogten *voormaatgevende omstandigheden* ingevoerd

Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	1,08	Uplift Van	1,07
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45	Uplift Van	1,40 voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21	Uplift Van	1,17 niet

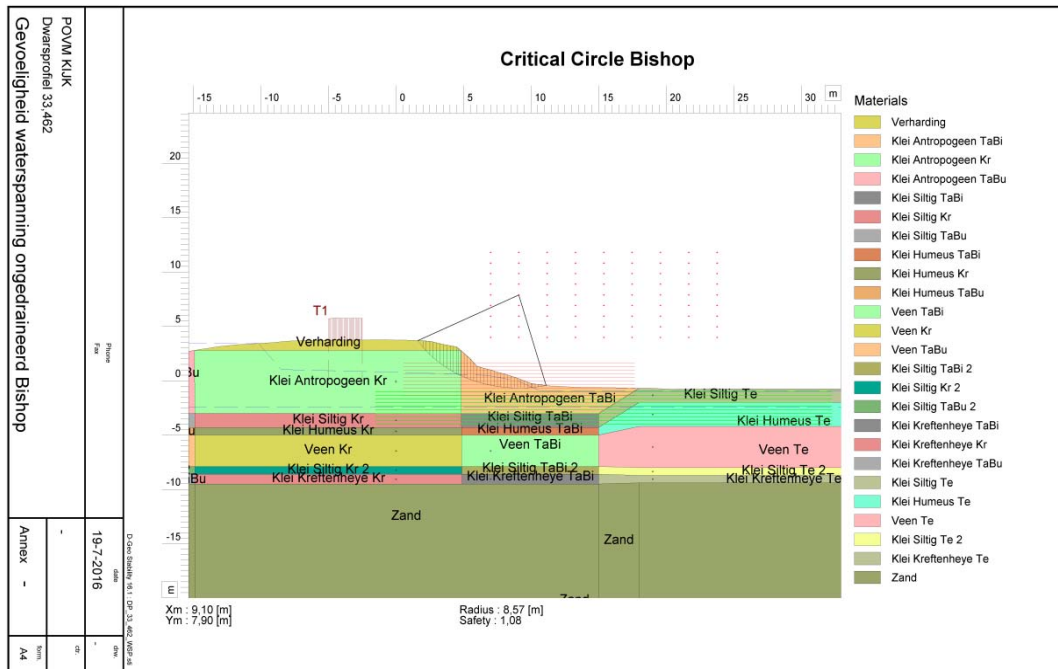
Versie en evt. opmerkingen

Versie 1.0

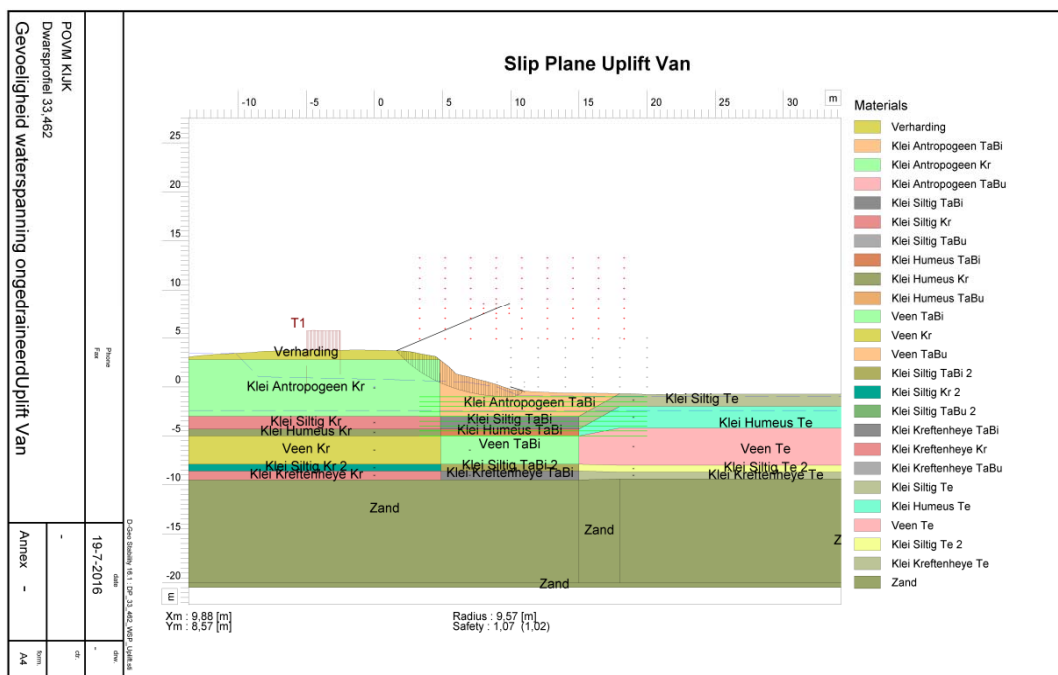
Hoewel er met deze glijcirkels een ruim restprofiel aanwezig is, is dat niet het geval voor de Bishop glijcirkels met een veiligheid groter dan de 1,45 die benodigd is incl. schematiseringsfactor. Hiervoor wordt verwezen naar de hoofd rapportage.

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 33,462

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 36,926

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,48 m + NAP
1e wvp	-5 m + NAP	1e wvp	-4,49 m + NAP
		freatische waterspanning kruin	0,89 m + NAP
		freatische waterspanning teen	-2,62 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 36.9+008DKMP403_BITA 36.9+008_DKMP207_AL B403

Kruin				Teen				
BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP	grondsoort	POP dagelijks [kPa]	
		talud bu	kruin	talud BI			teen BU	teen BI
M.V.	Klei Antropogeen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V.	Klei siltig	7	7
	-5,0 Klei humeus		7	7		-5 Klei humeus	7	7
	-6,0 Klei siltig		7	7		-10,1 Klei siltig	7	7
	-6,8 Klei Humeus		7	7		-13 Klei Krefthenheye	7	7
	-7,3 Klei siltig		7	7		-13,7 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.
	-8,4 Veen		7	7				
	-10,9 Klei siltig		7	7				
	-12,5 Klei Krefthenheye		8	8				
	-13,0 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald voor het midden van de lagen met de rekenwaarde van de POP voor de dagelijkse situatie.

De POP in de dagelijkse situatie is bepaald aan de hand van grensspanning uit sondering en effectieve terreinspanning in 2016.

Dat wil zeggen aan de hand van hydraulische uitgangspunten *dagelijkse omstandigheden 2016*

In D-Geo Stability berekening zijn de freatische lijn en stijghoogten *voormaatgevende omstandigheden* ingevoerd

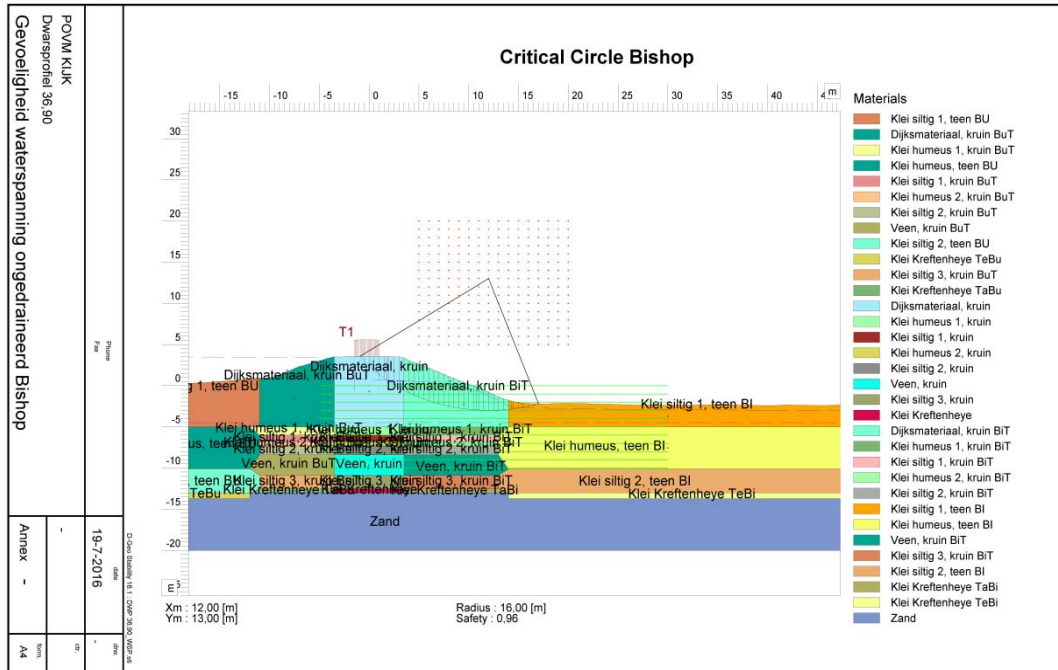
Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,96	Uplift Van	0,94
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45	Uplift Van	1,40 voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21	Uplift Van	1,17 niet

Versie en evt. opmerkingen

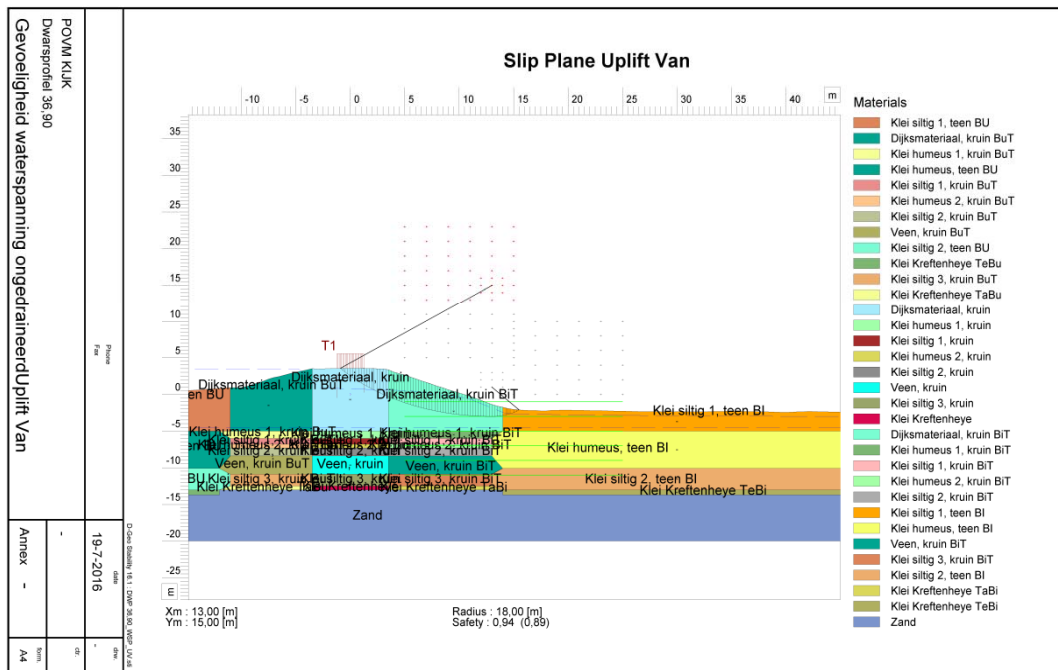
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 36,926

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 40,550

Hydraulische uitgangspunten

Dagelijkse omstandigheden		Maatgevende omstandigheden	
freatisch vlak in de dijk	3 m - M.V	Zichtjaar	2035
freatisch vlak in achterland	0,5 m - M.V	MHW	3,56 m + NAP
1e wvp	-5 m + NAP	1e wvp	-4,49 m + NAP
		freatische waterspanning kruin	1,04 m + NAP
		freatische waterspanning teen	-1,75 m + NAP

Bodemschematisatie

Ondergrondinformatie 40.5+059_DKMP507_AL 40.5+060_DKMP502_BIKR B503

Kruin				Teen			
BK m NAP grondsoort	POP dagelijks [kPa]			BK m NAP grondsoort	POP dagelijks [kPa]		
	talud bu	kruin	talud BI		teen BU	teen BI	
M.V. Verharding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	M.V. Klei humeus	8	8	
3,2 Klei Antropogeen		7	7	-3,5 Veen	7	7	
-2.4 Klei humeus		7	7	-7,5 Klei siltig	7	7	
-4,0 Klei siltig		7	7	-9 Klei Kreftenheye	7	7	
-5,1 Veen		7	7	-9,3 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	
-7,4 Klei Kreftenheye		7	7				
-7,7 Zand Pleistoceen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.				

Toelichting

In D-Geo Stability ingevoerde grensspanningen zijn bepaald voor het midden van de lagen met de rekenwaarde van de POP voor de dagelijkse situatie.

De POP in de dagelijkse situatie is bepaald aan de hand van grensspanning uit sondering en effectieve terreinspanning in 2016.

Dat wil zeggen aan de hand van hydraulische uitgangspunten *dagelijkse omstandigheden 2016*

In D-Geo Stability berekening zijn de freatische lijn en stijghoogten *voormaatgevende omstandigheden* ingevoerd

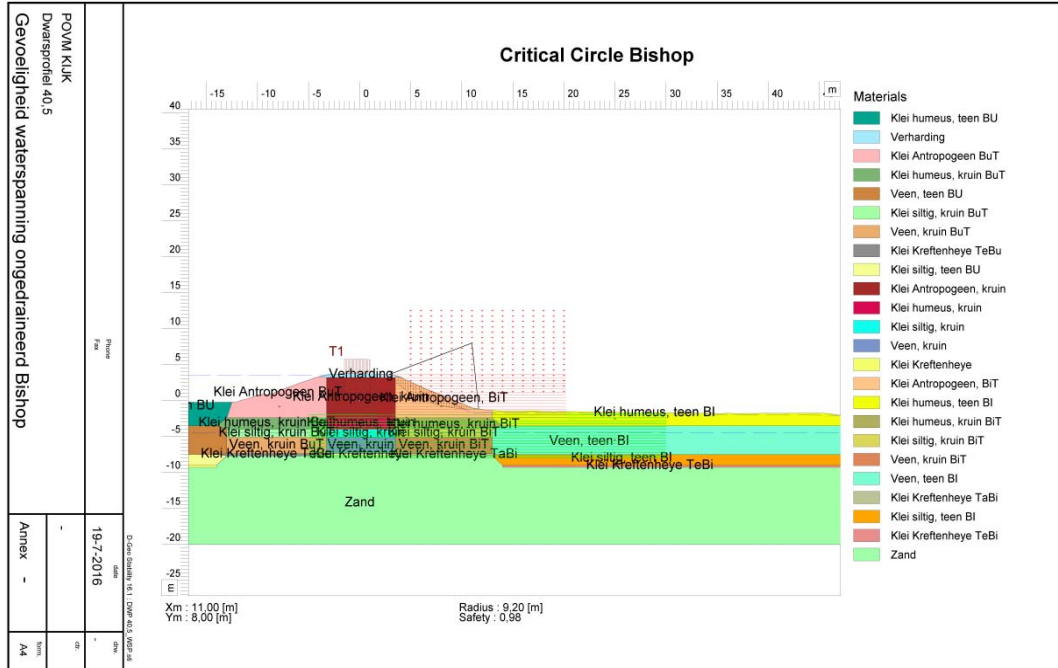
Resultaat				Oordeel
Veiligheidsfactor berekend	Bishop	0,98 Uplift Van	0,99	
Veiligheidsfactor vereist incl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,45 Uplift Van	1,40	voldoet
Veiligheidsfactor vereist excl. schematiseringsfactor 1,2	Bishop	1,21 Uplift Van	1,17	niet

Versie en evt. opmerkingen

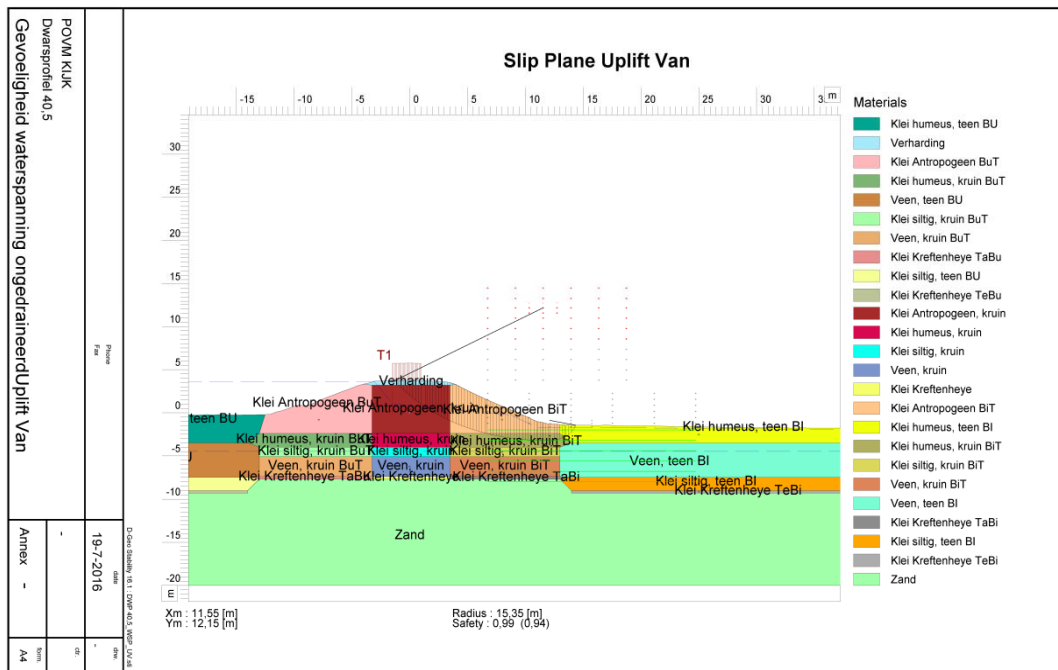
Versie 1.0

Factsheet binnenwaartse macrostabiliteit (STBI) - POVM KIJK - Profiel 40,550

Maatgevende Glijcirkel model Bishop



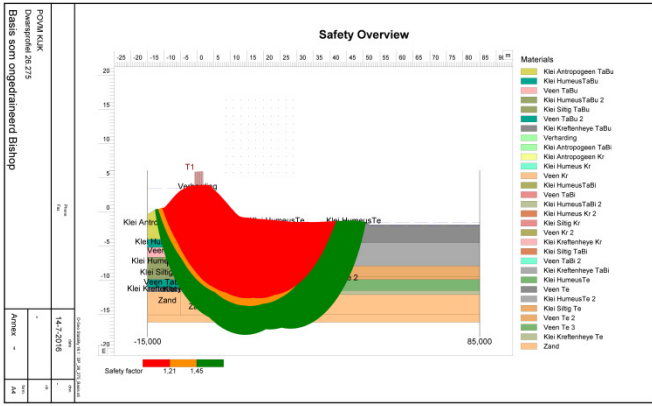
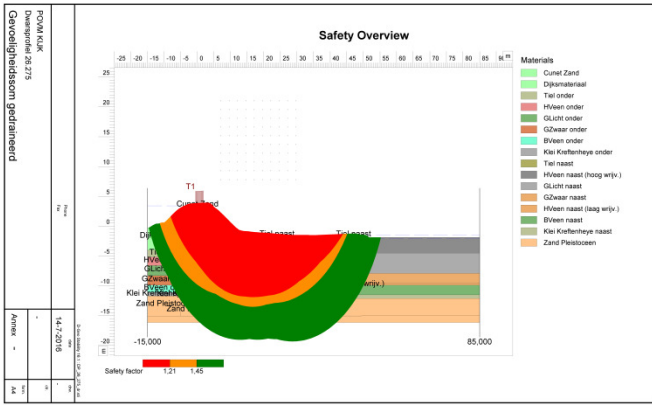
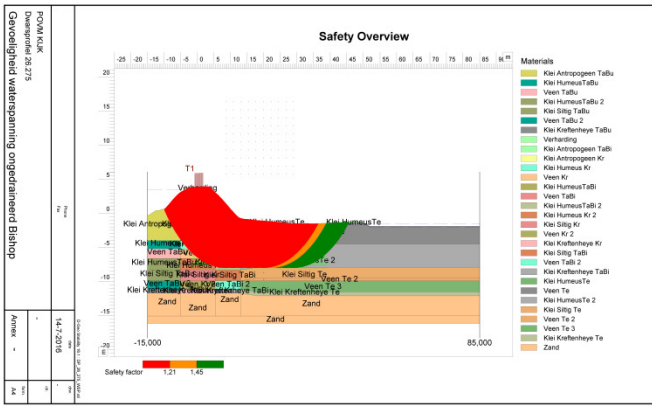
Maatgevende Glijcirkel model Uplift Van



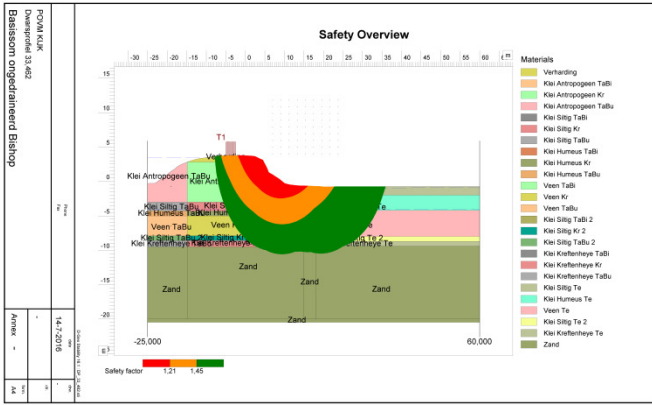
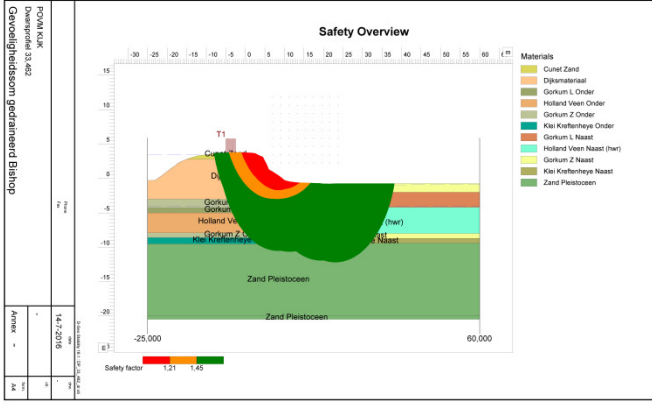
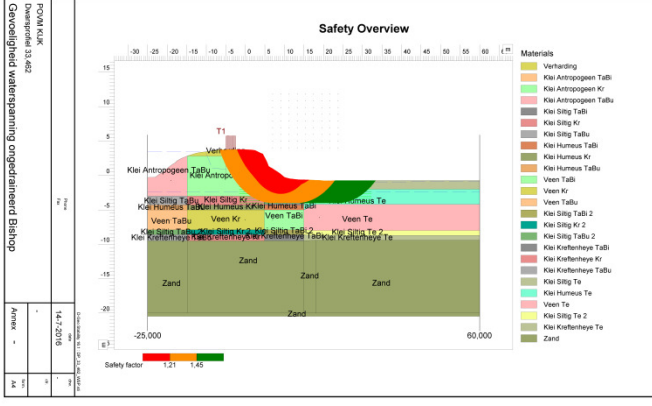
Bijlage 9 Normcirkels behorend bij norm voor CSSM berekeningen

In onderstaande tabellen zijn de normcirkels gegeven bij de veiligheid waaraan voldaan moet worden met een schematiseringsfactor van 1,2 (1,45 model Bishop) en met een schematiseringsfactor van 1,0 (1,21 model Bishop). Deze eisen zijn alleen voor CSSM berekeningen afgeleid. Voor de gedraineerde berekeningen zijn (gemakshalve en ter vergelijking) dezelfde veiligheidsfactoren gehanteerd.

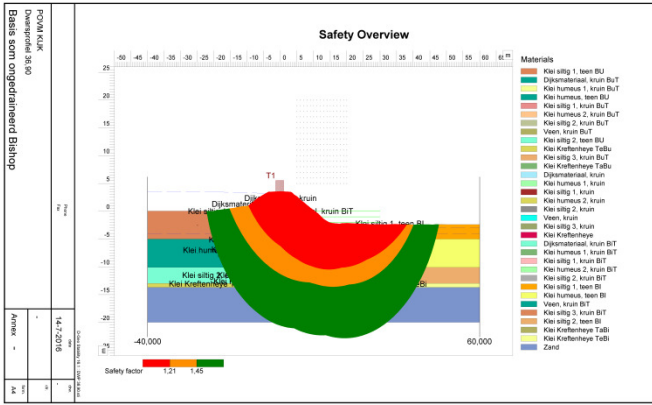
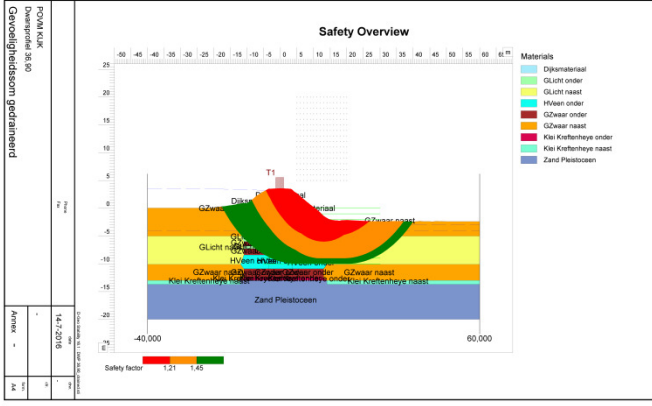
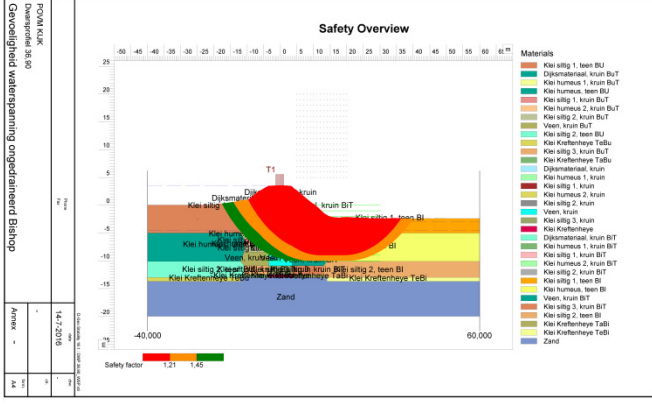
Tabel 12 Normcirkels voor vereiste veiligheid CSSM berekening met schematiseringsfactor 1,2 en 1,0

Normcirkels profiel 26,275	
Berekening basis	 <p>Safety Overview Basis som ongedraineerd Bishop</p>
Berekening gedraineerd	 <p>Safety Overview Genoeglijkzaam opdraineerd</p>
Berekening ongedraineerd aangepaste waterspanning	 <p>Safety Overview Genoeglijkzaam waterpanning ongedraineerd Bishop</p>

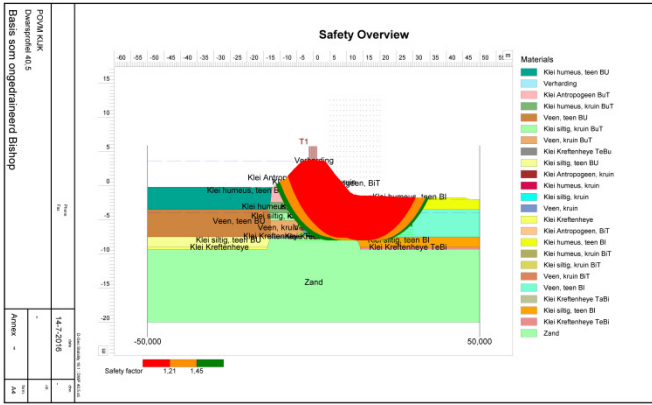
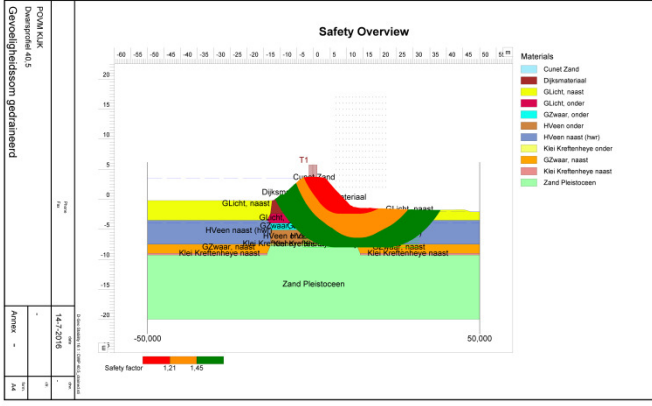
Tabel 13 Normcirkels voor vereiste veiligheid CSSM berekening met schematiseringsfactor 1,2 en 1,0

Normcirkels profiel 33,462	
Berekening basis	
Berekening gedraïneerd	
Berekening ongedraïneerd aangepaste waterspanning	

Tabel 14 Normcirkels voor vereiste veiligheid CSSM berekening met schematiseringsfactor 1,2 en 1,0

		Normcirkels profiel 36,90	
Berekening basis		<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Basis som ongedraineerd Bishop</p>	<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Basis som ongedraineerd Bishop</p>
Berekening gedraineerd		<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Gevalligheidsom gedraineerd</p>	<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Gevalligheidsom gedraineerd</p>
Berekening ongedraineerd aangepaste waterspanning		<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Gevalligheidsom waterspanning ongedraineerd Bishop</p>	<p>Normcirkel Diameter: 36,90</p> <p>Gevalligheidsom waterspanning ongedraineerd Bishop</p>

Tabel 15 Normcirkels voor vereiste veiligheid CSSM berekening met schematiseringsfactor 1,2 en 1,0

Normcirkels profiel 40,55	
Berekening basis	
Berekening gedraaineerd	
Berekening ongedraineerd aangepaste waterspanning	