



Hoogheemraadschap van
Delfland

Proevenverzameling 2.2 Gebruikershandleiding

**Versie 2.2
Definitief
Maart 2018**

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	3
1.1.	<i>Afbakening</i> proevenverzameling 2.2	3
1.2.	Uitgangspunten	3
2.	Gebruiksaanwijzing in relatie tot stabiliteitsbeoordeling Delfland	4
3.	Beheer van de proevenverzameling	5
4.	Referenties	5

1. Inleiding

Het Hoogheemraadschap van Delfland beheert primaire, regionale en overige waterkeringen. In het beheer van deze waterkeringen wordt regelmatig de stabiliteit bepaald, bijvoorbeeld bij vergunningverlening, toetsing en ontwerp van waterkeringen. Hierbij zijn ondergrondgegevens benodigd om de waterkering te schematiseren en te modelleren.

Sinds 1997 wordt hiervoor, naast het uitvoeren van grondonderzoek, de proevenverzameling van Delfland gebruikt. Deze verzameling bestaat uit sterkteparameters, gedifferentieerd naar grondsoort en locatie in de waterkering [1]. Door te werken met een proevenverzameling wordt de omvang van investeringen in grondonderzoek beperkt en blijft de kwaliteit geborgd.

De proevenverzameling 2.2 is voor het CSSM model gewijzigd t.o.v. de proevenverzameling 2.1. Bij het opstellen van de proevenverzameling 2.1 is zoveel mogelijk rekening gehouden met destijds (2015/2016) beschikbare inzichten uit de landelijke kaders. Zo is bijvoorbeeld gewerkt met Stowa protocollen voor grondonderzoek en zijn klasse 1 sonderingen uitgevoerd. Omdat de landelijke kaders sindsdien verder zijn ontwikkeld is in 2017 Fugro, in samenwerking met Deltares en H&K Waterkeringen b.v. gevraagd de proevenverzameling te actualiseren naar de nieuwste inzichten conform het WBI2017 [8]. De sterkteparameters voor het Mohr-Coulomb model zijn ongewijzigd t.o.v. 2.1.

1.1. Afbakening proevenverzameling 2.2

De proevenverzameling 2.2 is als volgt afgebakend:

- De proevenverzameling bevat zowel parameters voor het Mohr-Coulomb model als voor het CSSM model en kan daardoor voor alle type keringen van Delfland worden toegepast.
- De proevenverzameling is alleen dekkend voor het beheergebied van Delfland.
- De proevenverzameling dekt alleen grondlagen uit het Holocene pakket. Dit zijn de grondlagen die voor de stabiliteit van de waterkering van belang zijn. In het beheergebied van Delfland is deze laag maximaal 20 m dik. Voor situaties waarbij de diepe delen van het Holocene pakket dominant zijn in berekeningen wordt aangeraden de representativiteit van de proevenverzameling nader te beoordelen. Dit zal voor gangbare stabiliteitsberekeningen niet het geval zijn. Hierbij is vooral de zone tot 5 m onder de teen van de waterkering van belang. De meeste proeven komen uit deze zone.
- De proevenverzameling 2.2 schrijft geen berekeningswijze voor de stabiliteit voor. Hiervoor wordt verwezen naar de relevante Rijks- en Provinciale kaders.
- Voor de sterkte van zand is geen aanvullend onderzoek uitgevoerd omdat de sterkte en onzekerheid in de sterkte van zand doorgaans geen dominante factor is in de stabiliteit van waterkeringen. Indien dit in specifieke situaties wel het geval blijkt, wordt aangeraden aanvullend onderzoek te doen. Voor de sterkte van zand kan worden uitgegaan van de tabel 2b van de NEN9997-1.

1.2. Uitgangspunten

Bij de totstandkoming van de proevenverzameling 2.2 is voor het CSSM model uitgegaan van:

- Landelijk vastgestelde Stowa protocollen voor het uitvoeren van grond- en laboratoriumonderzoek [3], [4] en [5]. Hiaten in de protocollen zijn ingevuld met het stellen van aanvullende eisen. Voor meer informatie wordt verwezen naar het achtergrondrapport [2].
- Het veldonderzoek, sonderingen en boringen is uitgevoerd conform de vigerende ISO-normen voor grondonderzoek.
- De Schematiseringshandreiking Macrostabiliteit 2016 [8].

Voor de proevenverzameling 2.2 voor het Mohr-Coulomb model is uitgegaan van:

- De proevenverzameling 1997 op basis van celproeven voor de sterkte van klei.
- Direct simple shear proeven, uitgevoerd in het kader van de CSSM proevenverzameling voor de sterkte van veen waarbij een rekpercentage is aangehouden van 15%.

2. Gebruiksaanwijzing in relatie tot stabiliteitsbeoordeling Delfland

Primaire waterkeringen (CSSM model)

Voor het uitvoeren van de toetsing en ontwerp van primaire waterkeringen wordt verwezen naar het vigerende beoordelings- en ontwerpinstrumentarium.

Bij het ontwerp en beoordelen van de primaire waterkering kan de proevenverzameling worden toegepast. Het is aan de gebruiker om te beoordelen of dit leidt tot een voldoende doelmatig ontwerp of beoordeling. Indien gewenst kan conform het vigerende instrumentarium aanvullend grondonderzoek worden uitgevoerd. In de basis is de huidige proevenverzameling conservatief [7].

Regionale keringen

Voor regionale keringen wordt het toetskader opgelegd door de Provincie (Waterverordening). Dit kader schrijft voor hoe de toetsing moet worden uitgevoerd. In dit kader wordt voorgeschreven dat de stabiliteit moet worden bepaald aan de hand van een gedraineerde berekening in combinatie met het Mohr-Coulomb model.

De verwachting is dat bij de stabiliteitsbeoordeling op termijn overgegaan wordt op een ongedraineerde benadering met het CSSM model en grotere rekken. De proevenverzameling 2.2 faciliteert beide benaderingen. In de toetsing dient de proevenverzameling te worden toegepast en zal moeten worden beoordeeld of de proevenverzameling leidt tot een scherpe toetsing en/of aanvullend grondonderzoek zinvol is. In de basis is de huidige proevenverzameling conservatief [6].

Om recht te doen aan het principe 'scherp toetsen, robuust ontwerpen' wordt geadviseerd om voor het ontwerpen een robuustheidstoeslag op de vereiste stabiliteitsfactor van $\gamma_{\text{ontwerp;tussenfase}} = 1,2$ toe te passen. Deze additionele partiele factor dient om restonzekerheden omtrent met name de overstap naar het CSSM model voor regionale keringen af te dekken. Hierdoor wordt de kans op toekomstig afkeuren van recentelijk versterkte dijktrajecten sterk verkleind. Afwijken van deze robuustheidstoeslag kan alleen na een goed beargumenteerde onderbouwing op basis van het uitvoeren van een maatwerkanalyse. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een makkelijk uitbreidbaar ontwerp en/of het uitvoeren van een controle waarbij wordt aangetoond dat het ontwerp voldoet bij een beoordeling met het CSSM model. Voor dit laatste kan gebruik worden gemaakt van bijlage 10 van [LTVR, 2015].

Overige keringen

Voor overige keringen bepaalt Delfland zelf de norm en het toets- en ontwerp kader. Dit is nog in ontwikkeling. Ten aanzien van de sterkte-eigenschappen kan gebruik gemaakt worden van de proevenverzameling.

3. Beheer van de proevenverzameling

De proevenverzameling van Delfland wordt beheerd door team waterkeringen, sector BBC. Indien nieuwe data of inzichten beschikbaar zijn, kan de proevenverzameling in overleg met team waterkeringen worden opgewaardeerd.

4. Referenties

- [1] Proevenverzameling Delfland, eindrapportage, CO-374520/14, Grondmechanica Delft, november 1997
- [2] Achtergrondrapport proevenverzameling 2.0, december 2015.
- [3] Stowa protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven (versie 5), 16 juni 2011, Deltares.
- [4] Stowa toelichting bij het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven, 10 februari 2012, Deltares.
- [5] Stowa aanvulling op het protocol voor het uitvoeren van laboratoriumproeven, 20 september 2012, Deltares.
- [6] Triaxiaal- en DSS proevenverzameling Mohr-Coulomb model, Fugro Geoservices B.V., 11 mei 2017.
- [7] Resultaten quick scan review en aanpassingen proevenverzameling 2.0 CSSM; Fugro; 30 augustus 2017 (versie 3).
- [8] Schematiseringshandreiking Macrostabieliteit WBI 2017, 1 december 2016.

Bijlage 1: Sterkte van Klei Delfland

Deze bijlage bevat de sterkte van klei in het beheergebied van Delfland.

Parameters Mohr Coulomb Model

Nadere toelichting:

1. De sterkteparameters zijn afgeleid uit celproeven [1].
2. Er zijn twee verzamelingen beschikbaar: een basisverzameling en een verfijnde verzameling.
3. De basisverzameling maakt onderscheid tussen het schuifsterkteverloop onder de waterkering en naast de waterkering. Uit ervaring is immers bekend dat langdurig voorbelasten een gunstige invloed heeft op de schuifsterkte van de ondergrond.
4. De basis verzameling zal voor de meest voorkomende gevallen een goede basis zijn voor het uitvoeren van stabiliteitsberekeningen. Voor een aantal situaties waar het evenwicht kritisch ligt of waar andere parameters omtrent de grondlagenopbouw, grondwaterstanden en dergelijke met grote nauwkeurigheid bekend zijn, kan het wenselijk zijn om enige verfijning in de verzameling aan te brengen.
5. Voor de verfijnde proevenverzameling is dezelfde geologische indeling gemaakt als voor de basisverzameling. Echter, behalve een onderscheid naast 'onder' en 'naast' de boezemkade is er ook nog een aparte groep geldig voor 'onder het talud' toegevoegd.
6. De grens tussen 'onder de kade' en 'onder het talud' is gelegen op $\frac{1}{4}$ van de lengte van het talud gemeten vanaf de binnenkruinlijn.
7. De grens tussen 'onder het talud' en 'naast de kade' is gelegen op $\frac{3}{4}$ van de lengte van het talud gemeten vanaf de binnenkruinlijn.
8. De parameters zijn rekenwaarden.

Tabel 1: Rekenwaarden schuifsterkte Klei, Calais (basisverzameling)

Onder de kade		Naast de kade	
σ [kPA]	τ [kPA]	σ [kPA]	τ [kPA]
0,00	0,95	0,00	0,42
13,71	6,75	9,36	3,91
21,66	10,11	15,12	6,06
29,61	12,34	20,88	8,34
37,56	14,57	26,64	10,25
45,51	16,61	32,40	12,16
53,46	19,56	38,16	13,77
61,41	21,02	43,92	15,13
69,36	23,33	49,68	16,83
77,31	24,14	55,44	17,39

Tabel 2: Rekenwaarden schuifsterkte Klei, Duinkerke (basisverzameling)

Onder de kade		Naast de kade	
σ [kPA]	τ [kPA]	σ [kPA]	τ [kPA]
0,00	2,42	0,00	1,95
15,01	8,24	14,39	6,96
25,01	12,12	21,93	9,58
35,01	15,44	29,47	12,99
45,01	18,93	37,00	15,33
55,01	22,13	44,54	17,94
65,00	25,52	52,08	19,24
75,00	28,35	59,62	20,97
85,00	28,87	67,16	22,25
95,00	32,32		

Tabel 3: Rekenwaarden schuifsterkte Klei, Calais (verfijnde verzameling)

Onder de kade		Onder het talud		Naast de kade	
σ [kPA]	τ [kPA]			σ [kPA]	τ [kPA]
0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,42
13,71	6,75	13,19	5,51	9,36	3,91
21,66	10,11	19,53	8,29	15,12	6,06
29,61	12,34	25,87	10,50	20,88	8,34
37,56	14,57	32,21	12,40	26,64	10,25
45,51	16,61	38,55	14,45	32,40	12,16
53,46	19,56	44,89	16,21	38,16	13,77
61,41	21,02	51,23	17,87	43,92	15,13
69,36	23,33	57,57	19,37	49,68	16,83
77,31	24,14	63,91	20,05	55,44	17,39

Tabel 4: Rekenwaarden schuifsterkte Klei, Duinkerke (verfijnde verzameling)

Onder de kade		Onder het talud		Naast de kade	
σ [kPA]	τ [kPA]	σ [kPA]	τ [kPA]	σ [kPA]	τ [kPA]
0,00	2,42	0,00	1,95	0,00	1,95
15,01	8,24	15,96	7,93	14,39	6,96
25,01	12,12	24,53	11,13	21,93	9,58
35,01	15,44	33,09	14,24	29,47	12,99
45,01	18,93	41,65	16,76	37,00	15,33
55,01	22,13	50,21	19,15	44,54	17,94
65,00	25,52	58,78	21,58	52,08	19,24
75,00	28,35	67,34	23,18	59,62	20,97
85,00	28,87	75,90	25,18	67,16	22,25
95,00	32,32				

Parameters Critical State Soil Mechanics (CSSM) model

Nadere toelichting:

1. Het afleiden van de sterkteparameters voor het CSSM model is uitgevoerd conform de Schematiseringshandreiking Macrostabieleit 2016.
2. De sterkteparameters zijn afgeleid uit anisotroop (over- en normaal geconsolideerde) single stage triaxiaalproeven op monsters met een diameter van ongeveer 65 mm.
3. De sterkteparameters in de tabellen betreft statistische schattingen van de 5% ondergrenswaarde van de verwachtingswaarden op basis van een 90% betrouwbaarheid. Dit zijn dus karakteristieke waarden.
4. Voor het afleiden van de parameterset voor het CSSM model in de proevenverzameling 2.2 is gebruik gemaakt van de SHANSEP proefprocedure. Deze proefprocedure wordt in [SHM 2016] afgeraden, omdat door verstoring tijdens de proefprocedure sterkte van de grond verloren gaat. In Nederland is geen onderzoek naar de kwantificering van deze afname beschikbaar. Het hanteren van deze proefprocedure is derhalve wellicht niet een optimale, maar wel een conservatieve, keuze voor het bepalen van S.
5. De hoek van inwendige wrijving CSSM (φ_{cs}) is op basis van eindwaarden van de sterkte afgeleid. Ook dit is een 5% ondergrenswaarde van de verwachtingswaarde op basis van een 90% betrouwbaarheid.
6. Groepen zijn tot stand gekomen op basis van statistische analyse [9].
7. Rekniveau: eindrekken triaxiaalproeven
8. De waarden van S en m zijn bepaald uit de regressie door de punten su/σ'_{vc} tegen de (opgelegde) OCR uit de DSS- en TX-proeven, waarbij voor m voorkennis van OED- en CRS proeven zijn meegenomen.
9. De waarde POP is bepaald uit OED- en CRS-proeven door het verschil te bepalen tussen de grensspanning en de effectieve terreinspanning. De waarde OCR is bepaald uit OED- en CRS-proeven door de ratio te bepalen tussen de grensspanning en de effectieve terreinspanning.
10. Er is in verband met ruimtelijke spreiding bij de bepaling van de karakteristieke waarden van de grondparameters uitgegaan van een variantiereductiefactor $\Gamma = 0,5$ [TRWG 2001].

Tabel 5: Sterkte klei; karakteristieke parameters CSSM

Grondsoort	S_{kar} [-]	m_{kar} [-]	POP_{kar} [kPa]	OCR_{kar} [kPa]	φ'_{cs} [°]
KH ($\gamma < 13,5$ kN/m ³)	0,24	0,83	4,4	1,17	39,8
KSZ ($13,5 < \gamma < 16,5$ kN/m ³)	0,23	0,81	6,7	1,21	36,6
KSZZ ($\gamma > 16,5$ kN/m ³)	0,26	0,86	7,2	1,15	33,7

Toelichting parameters:

S_{kar}	karakteristieke waarde Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio
m_{kar}	karakteristieke waarde Sterktetoename-exponent
POP_{kar}	karakteristieke waarde Pre-overburden pressure
OCR_{kar}	karakteristieke waarde Overconsolidatie ratio
φ'_{cs}	karakteristieke waarde voor de hoek van inwendige wrijving

Bijlage 2: Sterkte van Veen Delfland

Deze bijlage bevat de sterkte van veen in het beheergebied van Delfland.

Parameters Mohr Coulomb Model

Nadere toelichting:

1. De sterkteparameters zijn afgeleid uit DSS-proeven met 15% rek.
2. De sterkteparameters zijn bepaald met een statistische analyse op basis van een lognormale verdeling.
3. Er is voor veen één parameterset gegeven aangezien de verschillen tussen de veensoorten en wel of geen voorbelasting (onder of naast talud) zeer klein zijn.
4. De parameters zijn rekenwaarden.

Tabel 6: Rekenwaarden schuifsterkte Veen

σ [kPA]	τ [kPA]
0,0	1,4
2,0	1,9
5,0	2,8
10,0	4,4
20,0	7,9
50,0	18,7

Parameters Critical State Soil Model

Nadere toelichting:

1. Het afleiden van de sterkteparameters voor het CSSM model is uitgevoerd conform de Schematiseringshandreiking Macrostabiliteit 2016.
2. De sterkteparameters zijn afgeleid uit anisotroop (over- en normaal geconsolideerde) direct simple shear proeven op monsters met een diameter van ongeveer 50 mm.
3. De sterkteparameters in de tabellen betreft statistische schattingen van de 5% ondergrenswaarde van de verwachtingswaarden op basis van een 90% betrouwbaarheid. Dit zijn dus karakteristieke waarden.
4. Voor het afleiden van de parameterset voor het CSSM model in de proevenverzameling 2.2 is gebruik gemaakt van de SHANSEP proefprocedure. Deze proefprocedure wordt in [SHM 2016] afgeraden, omdat door verstoring tijdens de proefprocedure sterkte van de grond verloren gaat. In Nederland is geen onderzoek naar de kwantificering van deze afname beschikbaar. Het hanteren van deze proefprocedure is derhalve wellicht niet een optimale, maar wel een conservatieve, keuze voor het bepalen van S.
5. De hoek van inwendige wrijving CSSM (ϕ_{cs}) is op basis van eindwaarden van de sterkte afgeleid. Ook dit is een 5% ondergrenswaarde van de verwachtingswaarde op basis van een 90% betrouwbaarheid.
6. Groepen zijn tot stand gekomen op basis van statistische analyse [9].
7. Rekniveau: eindrekken DSS-proeven.
8. De waarden van S en m zijn bepaald uit de regressie door de punten su/σ'_{vc} tegen de (opgelegde) OCR uit de DSS- en TX-proeven, waarbij voor m voorkennis van OED- en CRS proeven zijn meegenomen.
9. De waarde POP is bepaald uit OED- en CRS-proeven door het verschil te bepalen tussen de grensspanning en de effectieve terreinspanning. De waarde OCR is bepaald uit OED- en CRS-proeven door de ratio te bepalen tussen de grensspanning en de effectieve terreinspanning.
10. Er is in verband met ruimtelijke spreiding bij de bepaling van de karakteristieke waarden van de grondparameters uitgegaan van een variantiereductiefactor $\Gamma = 0,5$ [TRWG 2001].

Tabel 7: Sterkte veen; karakteristieke parameters CSSM

Grondsoort	S_{kar} [-]	m_{kar} [-]	POP_{kar} [kPa]	OCR_{kar} [kPa]	φ'_{cs} [°]
VM ($w > 300\%$)	0,27	0,76	4,0	1,13	28,6
VK ($w < 300\%$)	0,26	0,80	6,2	1,16	27,3

Toelichting parameters:

S_{kar}	karakteristieke waarde Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio
m_{kar}	karakteristieke waarde Sterktetoename-exponent
POP_{kar}	karakteristieke waarde Pre-overburden pressure
OCR_{kar}	karakteristieke waarde Overconsolidatie ratio
φ'_{cs}	karakteristieke waarde voor de hoek van inwendige wrijving

Bijlage 3: Sterkte van Zand Delfland

Deze bijlage bevat de sterkte van zand in het beheergebied van Delfland. Hierbij is geen onderscheid gemaakt in de verschillende modellen en het gedrag van de grondsoort in de waterkering. Het Mohr-Coulomb model (MC) is de basis waarbij het model wordt gekarakteriseerd met de effectieve parameters c' en φ' .

Nadere toelichting parameters

1. Voor het gedrag van zand in de waterkeringen van Delfland wordt verwezen naar tabel 2b van de NEN-9997-1. Voor het overgrote deel van de stabiliteitsberekeningen is dit goed bruikbaar. Indien het aandeel zand in een ontwerp, toetsing of vergunnings situatie dominant is voor het gedrag van de gehele grondconstructie (eventueel in combinatie met een constructief element) wordt aangeraden aanvullend grondonderzoek uit te voeren.