

Memo

Aan

Bianca Hardeman;Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

Datum

5 juli 2017

Kenmerk

11200575-025-GEO-0002

Aantal pagina's

23

Van

Mark van der Krogt

Doorkiesnummer

+31(0)88335 7268

E-mail

mark.vanderkrogt@deltares.nl

Onderwerp

Beschrijving en handleiding CPT en Nkt Tools

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Op 1 januari 2017 is het Wettelijk Beoordeling Instrumentarium (WBI 2017) in werking getreden. Voor het faalmechanisme macrostabiliteit betekent dit de overstap naar het toepassen van het SHANSEP model voor het bepalen van de ongedraineerde schuifsterke van de slecht doorlatende grondlagen. Om het werkproces voor de afleiding van de ongedraineerde schuifsterkte en grensspanning uit sonderingen eenvoudiger te maken is in diverse Deltares projecten gewerkt aan Excel- en Matlab-tools. Gaandeweg heeft dit geleid tot een gebruikersvriendelijke Matlab-tool met grafische user interface voor de analyse van sonderingen. Vervolgens is deze CPT-Tool aangepast aan de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit en de Dijken op Veen methode voor ongedraineerde schuifsterkte om beter aan te sluiten bij de werkwijze voor WBI.

Daarnaast is er een tool gemaakt om te ondersteunen bij de statistiek bij het afleiden van de empirische Nkt factor voor de correlatie tussen de ongedraineerde schuifsterkte uit laboratorium testen en de gemeten conusweerstand. Dit is opgenomen in de Nkt-Tool.

In opdracht van Rijkswaterstaat zijn beide tools verder ontwikkeld, zodat deze ook door derden kunnen worden gebruikt. Voor dat doel is tevens deze handleiding gemaakt en is door Deltares een interne kwaliteitscontrole uitgevoerd. De functionaliteit van de tools is afgestemd met Rijkswaterstaat en externe gebruikers. De gemaakte tools hebben tot doel om de uniformiteit in projecten en tussen projecten voor macrostabiliteit te bevorderen en om het maken van fouten bij gebruik van spreadsheets te voorkomen. Het ligt in de bedoeling om in de komende jaren de functionaliteit en gebruikersvriendelijkheid van beide tools verder te verbeteren. Dit op basis van gebruikerservaringen en –wensen. Wellicht dat de tools over enige tijd kunnen worden omgevormd tot officiële software.

De tools zijn projectsoftware en hebben geen officiële status. De tools zijn wel getest met benchmarks door interne kwaliteitsborging van Deltares (zie Van der Krogt en Teixeira (2017)). Het gebruik van de software en de verkregen gegevens middels deze tools is voor risico van de gebruiker. De gebruiker heeft geen recht op garantie, onderhoud en ondersteuning bij het gebruik maken van deze tools.

1.2 CPT Tool

Korte beschrijving van de tool:

- Ondersteunen van het proces van het interpreteren van sonderingen op basis van GEF bestanden:
 - o schematiseren laagindeling (o.b.v. wrijvingsgetal, wateroverspanningsindex en Robertson classificatie)
 - o schematiseren waterspanningsverloop
 - o toekennen parameters aan grondlagen (N_{kt} , γ_n , S , m)
 - o Berekenen ongedraineerde sterkte su (o.b.v. N_{kt})
 - o Terugrekenen van OCR, grensspanning en POP
- Ondersteunen bij de berekening van statistiek (verwachtingswaarden, karakteristieke waarden en variatiecoëfficiënten voor de grensspanning)
- Exporteren van resultaten per laag in spreadsheet en grafisch.

1.3 Nkt-Tool

Korte beschrijving van de tool:

- Fitten van de empirische correlatiefactor N_{kt} op twee verschillende wijzen (lineaire regressie en minimalisatie van de variatiecoëfficiënt)
- Ondersteunen van de statistiek voor de fit.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de installatiehandleiding voor beide tools. In hoofdstuk 3, wordt de functionaliteit van beide tools beschreven. De handleiding voor het gebruik van de tools is hierin verweven.

1.5 Referenties

Been, K., en Jefferies, M.G. 1992. Towards systematic CPT interpretation. In Proceedings of the Wroth Symposium, Oxford, U.K. pp. 44–55.

Begemann, H.K.S., 1965. The friction jacket cone as an aid in determining the soil profile, Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, ICSMFE, Montreal, pp. 17-20, 1965.

Deltares public wiki. STREAM library.

<https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/STREAM+Library>

Robertson, P.K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27:151-158.

Robertson, P.K., 2016. Cone penetration test (CPT)-based soil behaviour type (SBT) classification system — an update. Canadian Geotechnical Journal, 53:1910-1927.

Rijkswaterstaat, 2016. Schematiseringshandleiding macrostabiliteit WBI 2017, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 1 december 2016.

Van der Krogt, M. en Teixeira, A. 2017. Benchmark en code review CPT en Nkt Tools. Deltares memo 11200575-025-GEO-0003-m-

2 Installatie

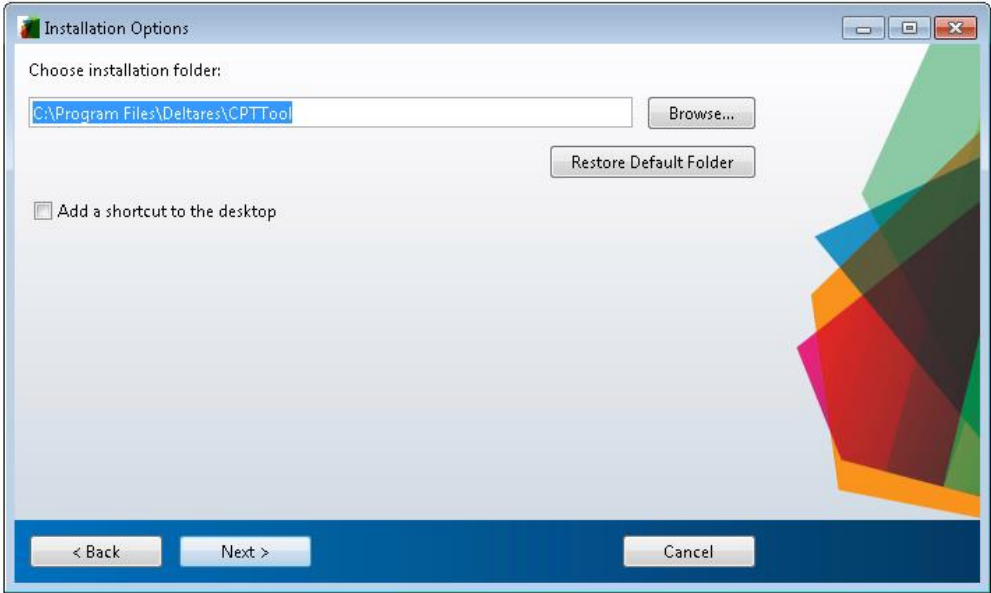
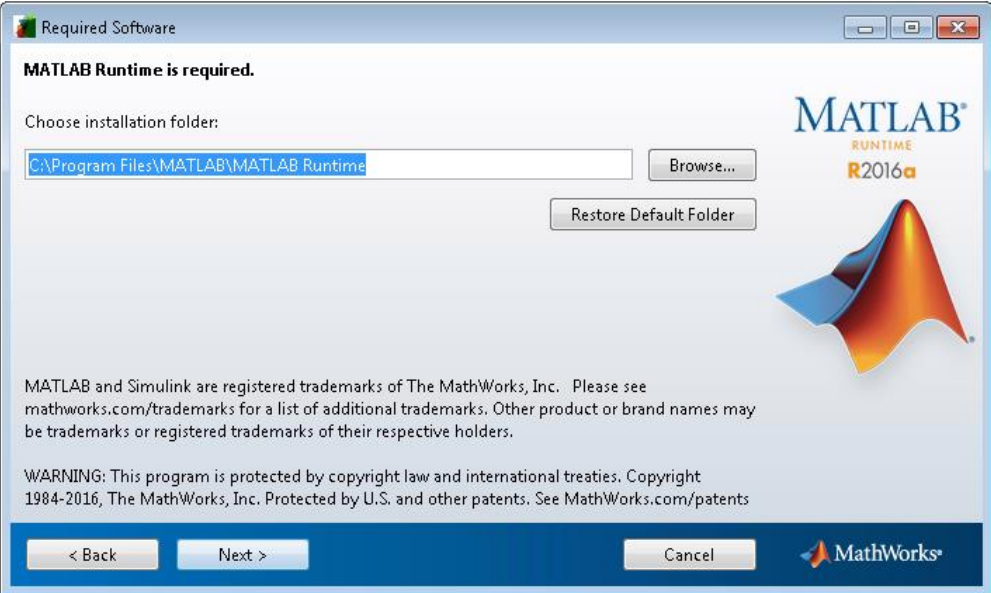
2.1 Introductie

Beide tools (CPT Tool en Nkt Tool) zijn geprogrammeerd met MATLAB versie R2016a_64 en gecompileerd tot een uitvoerbaar bestand (executable *.exe). Voor het uitvoeren van gecompileerde MATLAB bestanden zijn MATLAB Runtime bestanden benodigd. Deze zijn kosteloos beschikbaar en vrij te gebruiken. De installatie van de MATLAB Runtime bestanden kan op twee manieren. Beide worden onderstaand beschreven.

- Via de MyAppInstaller (werkende internet verbinding nodig)
- Handmatig via de website van MATLAB

2.2 Methode 1: Installatie via “MyAppInstaller_web”

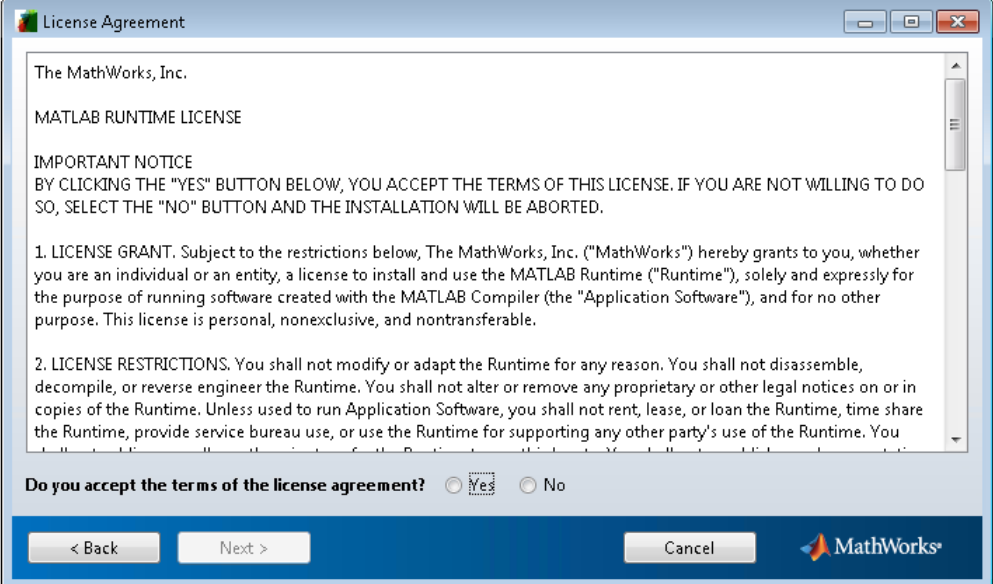
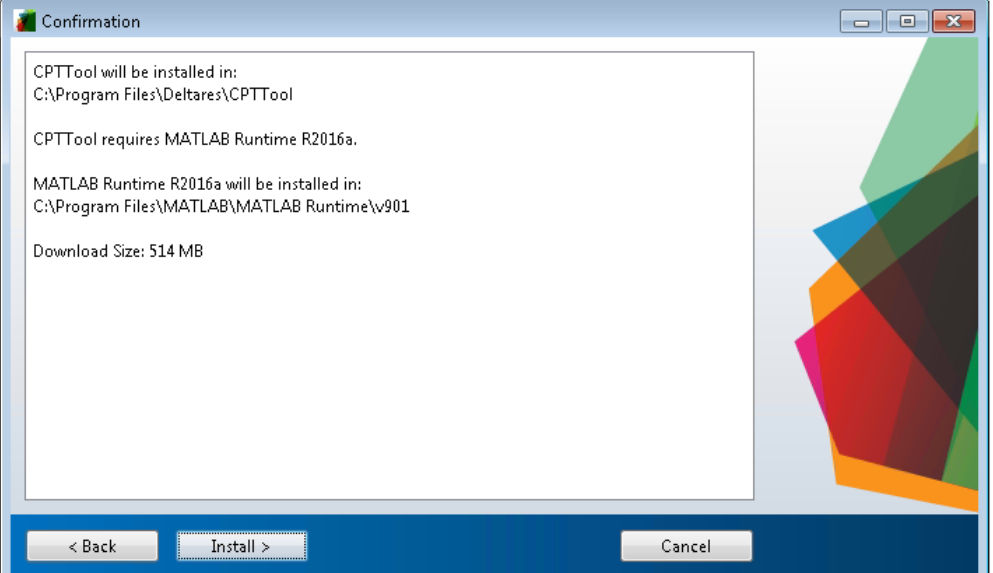
1	<p>Start het installatieprogramma via de icoon “MyAppInstaller_web”.</p> 
2	<p>Klik op volgende (“next”) in het welkomstvenster</p> 

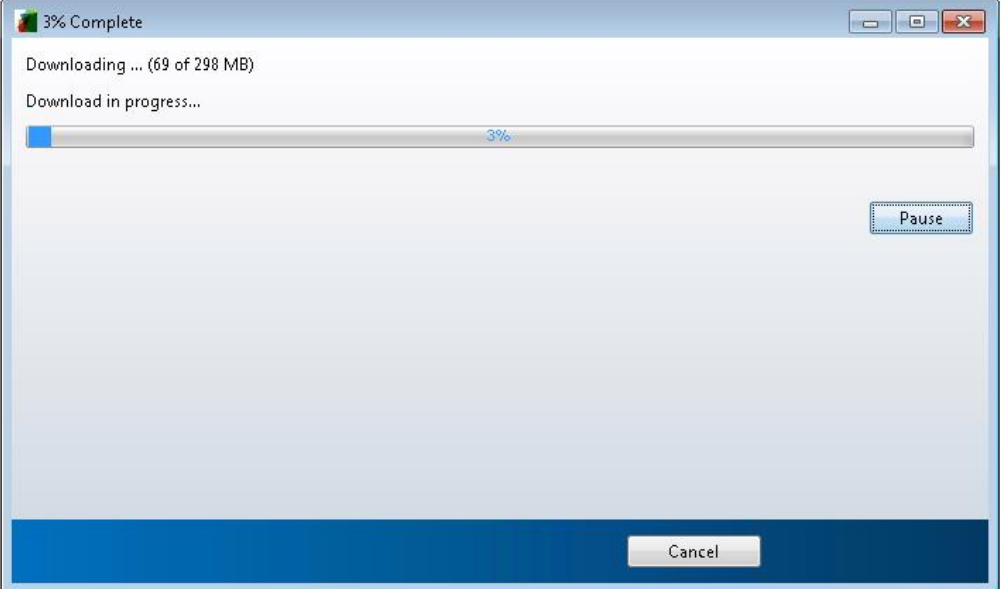
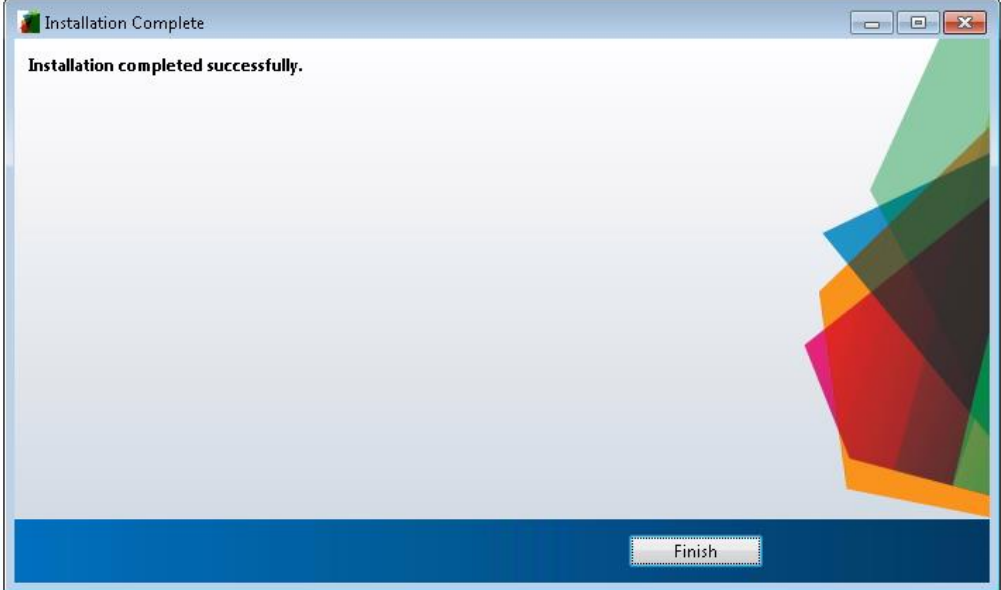

3	<p>Kies de plaats voor de installatie map van de CPT Tool. Let hierbij op dat er schrijfrechten zijn op de gekozen locatie. Eventueel kan een snelkoppeling op het bureaublad worden geplaatst.</p> 
4	<p>De setup zoekt of MATLAB Runtime bestanden beschikbaar zijn op de computer, of dat deze moeten worden geïnstalleerd. Voor het installeren van de MATLAB Runtime bestanden is een werkende internet verbinding benodigd. Kies de plaats voor de installatie map van de MATLAB Runtime bestanden.</p> 

Datum
5 juli 2017

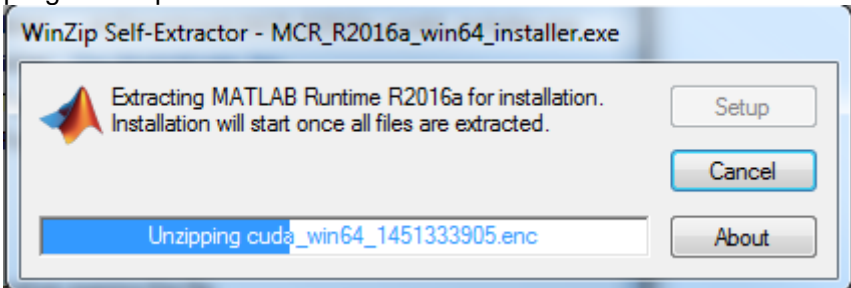

























Ons kenmerk
11200575-025-GEO-0002

Pagina
5/23

5	<p>Accepteer de licentie overeenkomst voor (gratis) gebruik van de MATLAB Runtime bestanden.</p> 
6	<p>Controleer de samenvatting en kies installeren ("install")</p> 

7	<p>Tijdens het downloaden en de installatie is de voortgang zichtbaar.</p> 
8	<p>Het installeren is voltooid. Klik op afsluiten "Finish" om het installatieprogramma af te sluiten.</p> 
9	<p>Start de applicatie via het icoon op het bureaublad of via het *.exe bestand.</p> 

2.3 Methode 2: Handmatige installatie

1	Download de benodigde versie van de MATLAB Runtime bestanden via de website van MATLAB: https://nl.mathworks.com/products/compiler/mcr.html . Kies de juiste versie: R2016a (9.0.1)																																				
2	Open het installatieprogramma door dubbel te klikken en op “Run” te klikken. Het programma pakt nu de bestanden uit. 																																				
4	Volg de instructies in de installatie wizard om de MATLAB Runtime bestanden te installeren.																																				
5	Kopieer de benodigde bestanden van de CPT Tool naar de gewenste plaats op de computer. Eventueel kan een snelkoppeling naar de applicatie gemaakt worden. <table><tr><th>Name</th><th>Date modified</th><th>Type</th><th>Size</th></tr><tr><td> CPTAnalysis100</td><td>5/8/2014 12:16 PM</td><td>XML Document</td><td>589 KB</td></tr><tr><td> CPTAnalysis100_tree.mat</td><td>2/15/2017 6:47 PM</td><td>MAT File</td><td>96 KB</td></tr><tr><td> CPTAnalysis100_tree_s.mat</td><td>2/15/2017 6:47 PM</td><td>MAT File</td><td>95 KB</td></tr><tr><td> CPTTool</td><td>6/1/2017 11:02 AM</td><td>Application</td><td>3,598 KB</td></tr><tr><td> default_icon</td><td>6/20/2013 9:02 AM</td><td>Icon</td><td>47 KB</td></tr><tr><td> readme</td><td>6/1/2017 11:02 AM</td><td>Text Document</td><td>2 KB</td></tr><tr><td> Robertson</td><td>3/31/2017 1:44 PM</td><td>PNG image</td><td>52 KB</td></tr><tr><td> splash</td><td>6/1/2017 10:31 AM</td><td>PNG image</td><td>234 KB</td></tr></table>	Name	Date modified	Type	Size	 CPTAnalysis100	5/8/2014 12:16 PM	XML Document	589 KB	 CPTAnalysis100_tree.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	96 KB	 CPTAnalysis100_tree_s.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	95 KB	 CPTTool	6/1/2017 11:02 AM	Application	3,598 KB	 default_icon	6/20/2013 9:02 AM	Icon	47 KB	 readme	6/1/2017 11:02 AM	Text Document	2 KB	 Robertson	3/31/2017 1:44 PM	PNG image	52 KB	 splash	6/1/2017 10:31 AM	PNG image	234 KB
Name	Date modified	Type	Size																																		
 CPTAnalysis100	5/8/2014 12:16 PM	XML Document	589 KB																																		
 CPTAnalysis100_tree.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	96 KB																																		
 CPTAnalysis100_tree_s.mat	2/15/2017 6:47 PM	MAT File	95 KB																																		
 CPTTool	6/1/2017 11:02 AM	Application	3,598 KB																																		
 default_icon	6/20/2013 9:02 AM	Icon	47 KB																																		
 readme	6/1/2017 11:02 AM	Text Document	2 KB																																		
 Robertson	3/31/2017 1:44 PM	PNG image	52 KB																																		
 splash	6/1/2017 10:31 AM	PNG image	234 KB																																		
6	Start de applicatie via het icoon op het bureaublad of via het *.exe bestand. 																																				

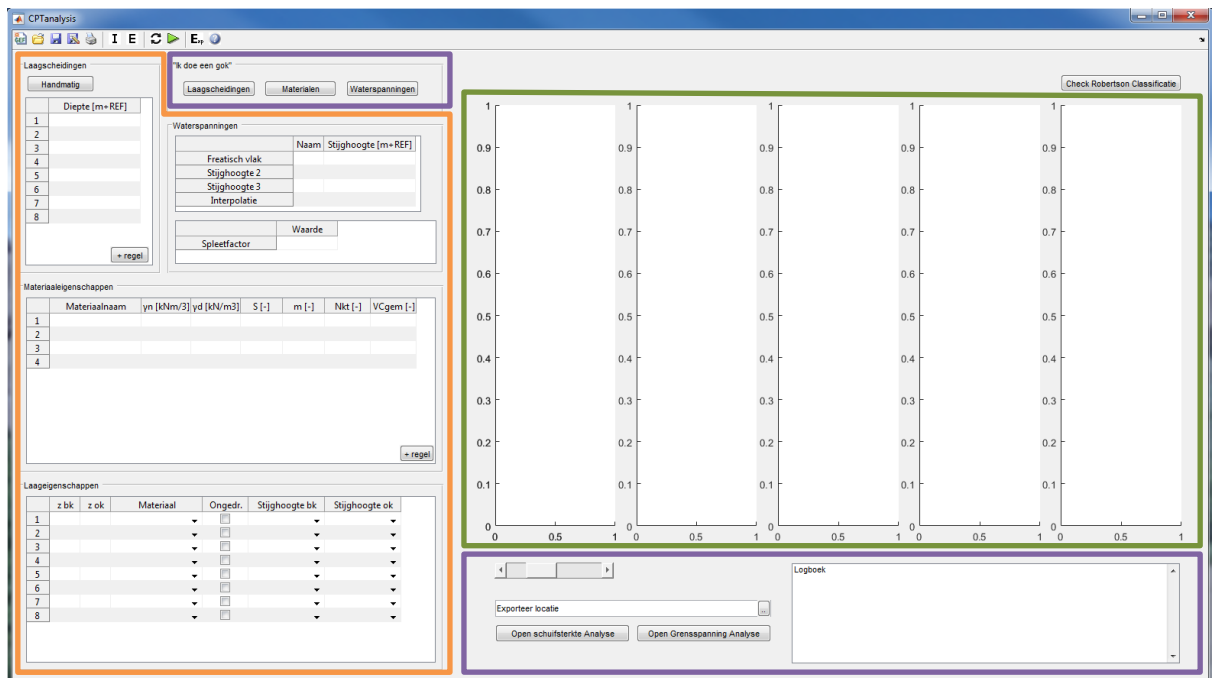
3 Functionaliteitsbeschrijving

3.1 CPT-Tool

Deze paragraaf beschrijft het hoofdscherm van de CPT-Tool

3.1.1 Hoofdscherm

Het hoofdscherm van de CPT-Tool bevat in één venster de invoer, uitvoer en bedieningsknoppen. Onderstaand zijn deze kort samengevat.



Invoer:

- Laagscheidingen (via tabel of handmatig in sondeergrafiek)
- Waterspanningen/stijghoogteverloop
- Materiaaleigenschappen
- Spleetfactor (a) van de gebruikte sondeerconus
- Laageigenschappen (koppelen materiaaleigenschappen en stijghoogteverloop aan de grondlagen)

Uitvoer:

- Grafieken voor conusweerstand, wrijving, wrijvingsgetal, spanningen, wateroverspanningsindex en grondclassificatieindex.












Overig:

- Schaalbalk voor qc grafiek
- Logboek voor aantekeningen
- Exporteerlocatie voor uitvoerbestanden
- Knoppen voor:
 - o Schatting ("ik doe een gok") voor laagscheiding, materialen en waterspanning
 - o Robertson classificatie diagram

- Schuifsterkte analyse
- Grensspanning analyse

3.1.2 Taakbalk

De taakbalk van de CPT-Tool bevat de volgende functionaliteiten.

	Nieuwe GEF sondering openen
	CPT-Tool analyse bestand openen
	CPT-Tool analyse bestand opslaan
	CPT-Tool analyse bestand opslaan als
	Een afdruk van het hoofdscherm van de CPT-Tool exporteren als pdf
	Importeren van een materiaaleigenschappentabel
	Exporteren van een materiaaleigenschappentabel
	Update de grafieken in het hoofdscherm handmatig
	Start de berekening van spanningen, sondeerrelaties en sterkte
	Exporteer geanalyseerde gegevens naar een spreadsheet
	Toon de huidige versie van de CPT-Tool

Nieuwe GEF sondering

Opent een dialoog venster waarmee een sondering (GEF bestand) ingelezen kan worden. Het programma leest (indien aanwezig) de volgende meetgegevens in:

- maaiveldhoogte
- startdiepte
- spleetfactor
- sondeerklasse
- sondeerlengte
- conusweerstand
- wrijving
- weerstandsgetal
- gemeten waterspanning

Opmerkingen

- Het inlezen gebeurt met de STREAM bibliotheek, waardoor de gegevens onafhankelijk van de opzet van het GEF bestand kunnen worden ingelezen. (Deltares public wiki, STREAM library). Voor de meeste GEF bestanden worden alle meetgegevens ingelezen.
- Echter, de spleetfactor (a-factor) kan bij GEF bestanden van verschillende bedrijven op een andere plek of met een andere naam zijn opgeslagen, waardoor de spleetfactor niet altijd ingelezen wordt. In dat geval kan de spleetfactor handmatig worden ingevuld.
- Na het inlezen wordt de sondeerklasse getoond.



Datum
5 juli 2017

Ons kenmerk
11200575-025-GEO-0002

Pagina
10/23



Open project bestand

Opent een dialoog venster waarmee een projectbestand (*.ctp) geopend kan worden.



Opslaan project bestand

Overschrijft het huidige projectbestand (*.ctp)



Opslaan als project bestand

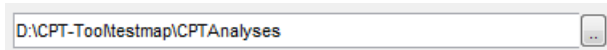
Opent een dialoog venster waarmee een geanalyseerde sondering opgeslagen kan worden als projectbestand (*.ctp). De volgende gegevens worden opgeslagen:

- Sondeergegevens (diepte, qc, fs, Rf, u2)
- Laagscheidingentabel
- Materiaaleigenschappentabel
- Laageigenschappentabel
- Waterspanningen
 - o Stijghoogtetabel
 - o Spleetfactor



Exporteer grafieken

Maakt een pdf afdruk van de uitvoergrafieken in het hoofdscherm van de CPT-Tool en slaat deze op in de map die aangegeven staat als exporteerlocatie. Als het invoerveld (nog) leeg is, wordt in een dialoog venster gevraagd om de opslaglocatie te kiezen.



I Importeer materiaaltabel

Opent een dialoog venster waarmee een materiaaleigenschappentabel bestand (*.cts) geopend kan worden. Dit is een Matlab bestand (*.mat) welke alleen met Matlab te openen is.



E Exporteer materiaaltabel

Opent een dialoog venster waarmee een materiaaleigenschappentabel bestand (*.cts) opgeslagen kan worden.



Update grafieken handmatig

Update de grafieken in het hoofdscherm met de ingevoerde informatie over laageigenschappen.



Start de berekening van spanningen, sondeerrelaties en sterkte

Voor de berekening wordt verwezen naar de paragrafen 3.1.5, 3.1.6 en 3.1.7.



E_{sp} Exporteer geanalyseerde gegevens naar een spreadsheet

Deze functie exporteert alle gemeten en berekende gegevens (qc, fs, diepte, rf, u2, undrained, S, m, Nkt, VCSu, σ_v , σ_p , σ_{eff} , qt, qnet, Bq, Fr, Qt, Ic_Robertson1990, Ic_JD, Ic_BJ, n, Qtn, su, OCR, Yield stress, POP) naar een Excel spreadsheet.



Toon de huidige versie van de CPT-Tool

Opent een venster met het splash-screen met de informatie over de huidige versie van de CPT-Tool die gebruikt wordt.

3.1.3 Invoer

Laagscheidingen

De invoer van laagscheidingen [m + NAP] kan op twee manieren:

1. Invoer in de tabel
 - Getallen kunnen ingevuld worden en worden automatisch op diepte gesorteerd.
 - Indien meer laagscheidingen nodig zijn, kunnen extra invoerregels worden gemaakt met "+regel".
 - Getalsmatig dubbele waarden worden samengevoegd.
 - Foutieve waarden (zoals letters of NaN waarden) worden verwijderd.
2. Grafische invoer via de knop "Handmatig"
 - Een nieuw venster opent, waar de sondeerwaarden worden weergegeven. Het venster kan gemaximaliseerd worden. Met de muis (draadkruis) kan op de diepte geklikt worden waar een laagscheiding geplaatst moet worden. Als alle lagen aangeklikt zijn, moet worden afgesloten met "Enter". Hierna worden alle laagscheidingen in de tabel geplaatst. Let op: aangeklikte dieptes worden niet weergegeven in de figuur, het wordt dus aangeraden om altijd van boven naar beneden of andersom te werken.
 - De toegevoegde laagscheidingen kunnen vrij worden aangepast in de tabel.
 - De knop "Handmatig" kan niet worden gebruikt voor het toevoegen van laagscheidingen als eerder al laagscheidingen zijn aangemaakt; met de optie "handmatig" zullen telkens alle laagscheidingen moeten worden aangeklikt. Het toevoegen van extra laagscheidingen aan al bestaande laagscheidingen kan wel via de tabel.

Waterspanningen

Waterspanningen kunnen gemodelleerd worden met maximaal drie stijghoogte niveaus [m + NAP]:

1. Freatisch vlak (Stijghoogte 1)
2. Stijghoogte 2
3. Stijghoogte 3

De stijghoogten worden in het menu Laageigenschappen gekoppeld aan laagscheidingen. Tussen twee stijghoogten kan het waterspanningsverloop lineair worden geïnterpoleerd. Interpolatie wordt aangegeven met "99". Dit is geen stijghoogte, dus er kan ook geen stijghoogte in dit veld worden ingevuld.

In het invoerveld spleetfactor kan de conusfactor a [-] handmatig worden ingevuld, indien deze niet beschikbaar is in het GEF-bestand van de sondering.

Materiaaleigenschappen

Per materiaal bestaat de invoer uit

- Verzadigd volumiek gewicht γ_n [kN/m³]
- Onverzadigd volumiek gewicht γ_d [kN/m³]
- Normaal geconsolideerde ongedraineerde schuifsterkte ratio S [-]
- Sterkte toename exponent m [-]
- Sondeerfactor N_{kt} [-] (eventueel kan hier voor bolsonderingen N_b gebruikt worden)
- De variatiecoëfficiënt van de laaggemiddelde ongedraineerde schuifsterkte VC_{gem} [-]

Er is een standaard materiaaleigenschappen tabel aanwezig, met alle standaard parameter waarden conform de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit.

Laageigenschappen

Grondlaagscheidingen (z bk [m+NAP] (bovenkant) en z ok [m+NAP] (onderkant)) worden gedefinieerd op:

- Maaiveldhoogte (automatisch door de tool)
- Startdiepte en einddiepte sondering (automatisch door de tool)
- Laagscheidingen uit de laagscheidingentabel (keuze gebruiker)

Per laag moet worden opgegeven:

- Materiaal: Keuzemenu met alle materialen uit de tabel Materiaaleigenschappen
- Ongedraineerd: Check box met keuze of ongedraineerde sterkte analyse gemaakt moet worden. Indien aangevinkt, moeten ongedraineerde parameters S, m en VCgem zijn opgegeven in de materiaaltabel.
- Stijghoogte bk: Verticale stijghoogteverloop. Keuzemenu voor stijghoogte bovenkant laag
- Stijghoogte ok: Verticale stijghoogteverloop. Keuzemenu voor stijghoogte onderkant laag

3.1.4 Grafische uitvoer na inlezen sondering

Na het inlezen van een sondering (GEF bestand), bestaat de uitvoer in de grafieken in het hoofdscherm uit:

Grafiek 1

qc: gemeten conusweerstand [MPa]

fs: gemeten wrijvingsweerstand [MPa] (mantelwrijving)

Grafiek 2

Rf: wrijvingsgetal [%]


Grafiek 3

u2: gemeten waterspanning u2 [kPa]

Laagscheidingen worden weergegeven met horizontale magenta lijnen.

3.1.5 Standaardberekeningen

Berekening

Met de opgegeven informatie (materialen en stijghoogtes per laag) kan (door te klikken op starten berekening ) voor ieder sondeerpoint worden uitgerekend:

- Totaalspanning σ_v
- Waterspanning u_0
- Effectieve spanning σ_v, eff
- conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten q_t
- conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning q_{net}
- Wateroverspanningsindex B_q
- Fr Robertson (2016)
- Q_t Robertson (2016)
- I_c Robertson (1990)
- I_c Jefferies & Davis (1991)
- I_c Been & Jefferies (1992)
- Q_{tn} Robertson (2016)

Datum
5 juli 2017

Ons kenmerk
11200575-025-GEO-0002

Pagina
13/23

Voor sondeerwaarden in lagen welke als ongedraineerd zijn aangevinkt, wordt uitgerekend:

- Ongedraineerde schuiftsterkte s_u
- Overconsolidatie ratio OCR
- Grensspanning $\sigma'_{v,y}$
- Pre overburden pressure POP

Voor de formules voor de sondeerparameters, wordt verwezen naar de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit (Rijkswaterstaat, 2016). Voor de juiste implementatie van de formules, wordt verwezen naar Van der Krogt en Teixeira (2017).

Opmerking: indien de grensspanning lager is dan de verticale effectieve terreinspanning $\sigma_{v,eff}$, wordt de grensspanning gelijk gezet aan de effectieve terreinspanning. Dit wordt later kenbaar gemaakt door rode punten in de uitvoer grafieken.

Grafische uitvoer

In het hoofdscherm worden dan de volgende gegevens grafisch weergegeven.

Grafiek 1

qc: gemeten conusweerstand [MPa]

fs: gemeten wrijvingsweerstand [MPa] (mantelwrijving) [MPa]

qt: conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

qnet: conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

Rf: wrijvingsgetal [%]

Grafiek 3

u2: gemeten waterspanning u2 (tijdens sonderen) [kPa]

u0: geschematiseerde stationaire waterspanning [kPa]

σ_v : geschematiseerde verticale totale grondspanning [kPa]

$\sigma_{v,eff}$: geschematiseerde verticale effectieve spanning [kPa]

Grafiek 4

Bq [-]: Wateroverspanningsindex

Grafiek 5

Ic [-]: Grondclassificatie index Been & Jefferies (1992)

Robertson 2016 classificatie (knop)

Deze functie plot de reeks geanalyseerde sondeerpunten in het classificatie diagram van Robertson (2016). Iedere laag wordt met een eigen kleur weergegeven. In het diagram zijn de lijnen voor zand, overgang (transitional) en klei en contractant en dilatant (CC, CD, TC, TD, SC, SD) weergegeven. Verder wordt verwezen naar de publicatie Robertson (2016). Het venster met het figuur is te schalen. Echter, het wordt sterk afgeraden om de zoom en pan functie in de grafiek te gebruiken, omdat de achtergrondafbeelding dan niet meebeweegt.

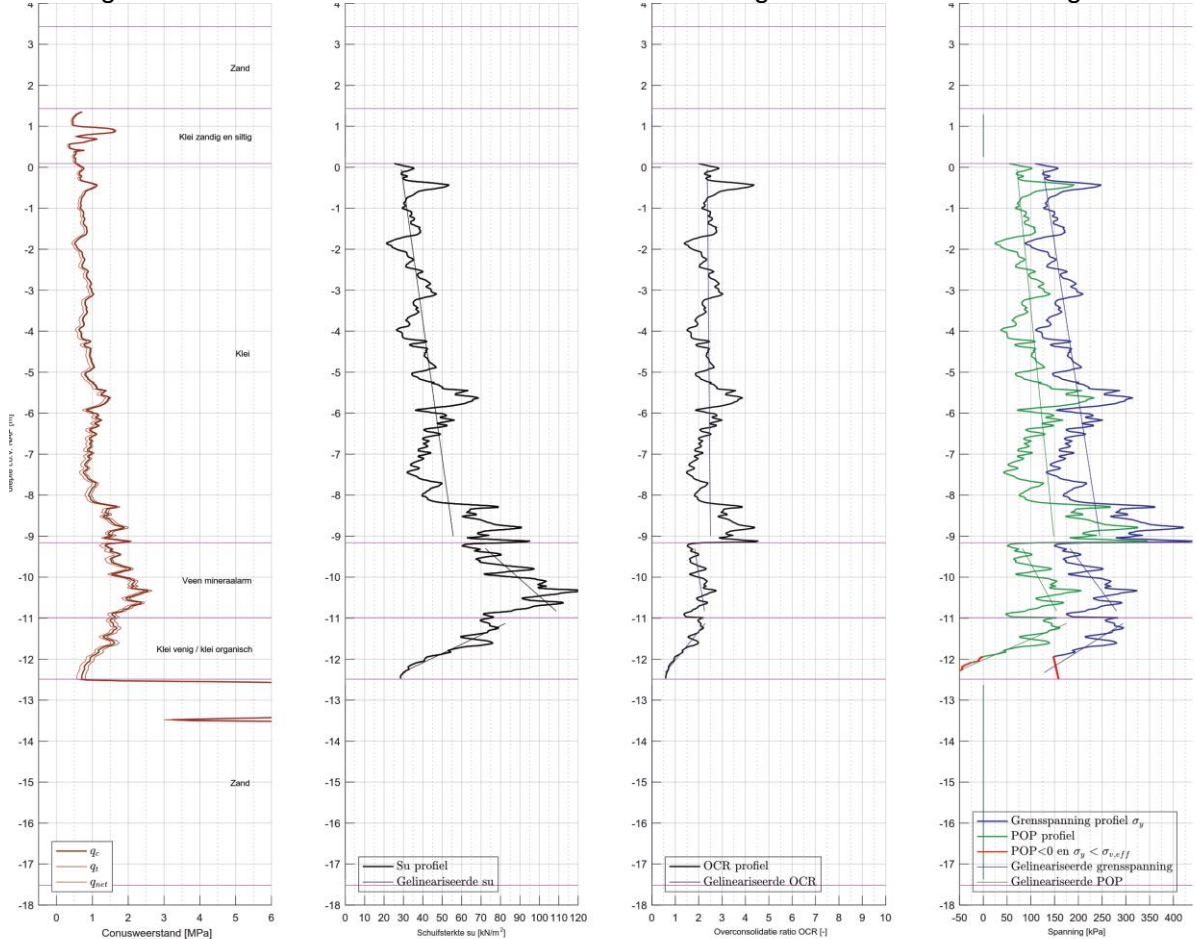
3.1.6 Su analyse (DOV-methode)

Berekening

Uit de standaardberekening volgt het schuifsterkte profiel over de diepte. Met dit ongedraineerde schuifsterkteprofiel zijn de OCR, grensspanning en POP teruggerekend op basis van de parameters uit de materiaaleigenschappen tabel. Met het uitvoeren van de su analyse, worden de profielen voor ongedraineerde schuifsterkte, OCR, grensspanning en POP gelineariseerd over de laagdikte. Hiervoor wordt een lineaire regressie gedaan op alle datapunten in een laag, met uitzondering van 15 centimeter boven en onder de laagscheidingen. Dit is een aanname voor de zone rond de conus waar invloed van de boven- en onderliggende laag wordt gevoeld.

Grafische uitvoer

De grafische uitvoer bestaat uit een figuur met vier grafieken:



Grafiek 1

q_c : gemeten conusweerstand [MPa]

q_t : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

q_{net} : conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

Su: ongedraineerde schuifsterkte profiel en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt)

Grafiek 3

OCR: teruggerekende overconsolidatie ratio en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt)

Grafiek 4

σ'_{vy} : teruggerekende grensspanning en linearisatie (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt)

POP: teruggerekende pre overburden pressure (alleen voor de lagen die als ongedraineerd zijn aangemerkt)

Opmerkingen:

- Datapunten waarvoor de grensspanning kleiner is dan de effectieve spanning, zijn teruggezet op de effectieve spanning. Deze punten zijn rood gekleurd.
- De punten met een negatieve POP zijn ook rood gekleurd, maar niet aangepast aan 0.
- De punten met een $OCR < 1$ zijn niet rood gekleurd en niet aangepast.

Getalsmatige uitvoer

Bij het openen van de figuur wordt de figuur ook opgeslagen in de opgegeven map met de naam van de sondering en achtervoegsel (" $\langle \text{naam_gef} \rangle_{\text{su}} \text{Figures.pdf}$ ") Daarnaast wordt een uitvoerbestand in Excel formaat opgeslagen (" $\langle \text{naam_gef} \rangle_{\text{su}} \text{Statistics.pdf}$ ") met de volgende informatie:

Per laag:

- Laagnummer
- Materiaalnaam
- Z coördinaat midden laag
- Effectieve spanning
- Su
 - o Waarde van het gelineariseerde profiel ter plaatse van bovenkant, midden en onderkant van de laag.
 - o Gradiënt van het gelineariseerde profiel over de laag
 - o Standaardafwijking en variatiecoëfficiënt van de regressie
- OCR, Grensspanning en POP
 - o Waarde van het gelineariseerde profiel ter plaatse van bovenkant, midden en onderkant van de laag.
 - o Gradiënt van het gelineariseerde profiel over de laag
 - o Standaardafwijking en variatiecoëfficiënt van de regressie

3.1.7 Grensspanningsanalyse (WBI methode)

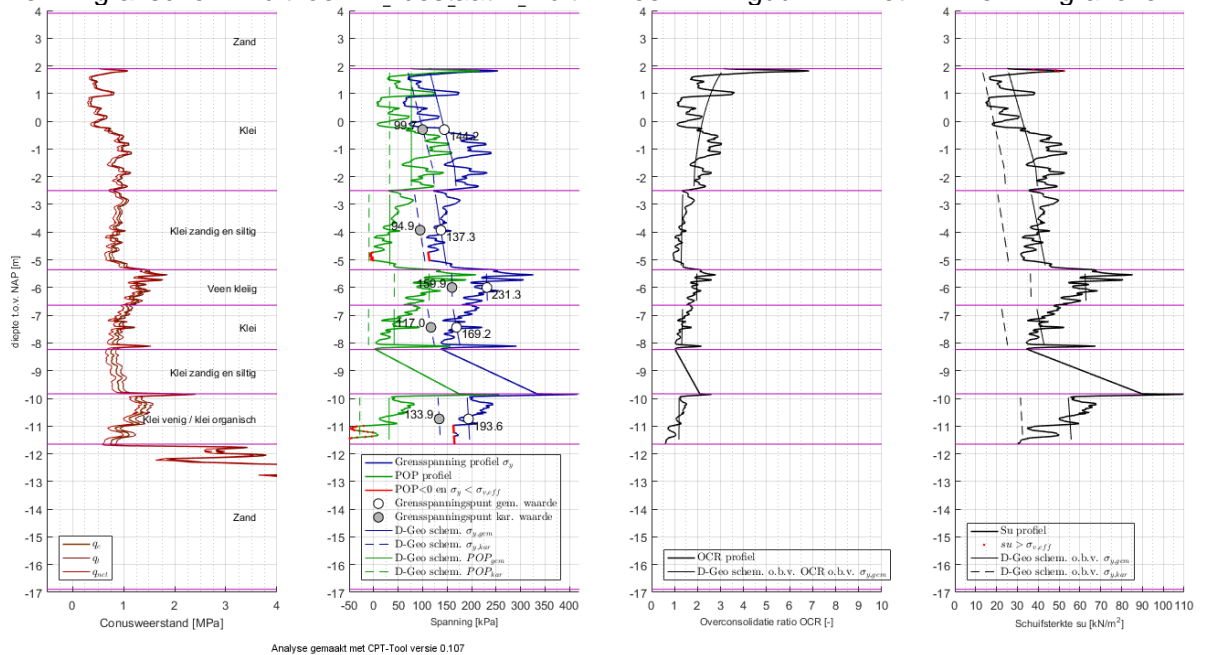
Berekening

Uit de standaardberekening volgt het ongedraineerde schuifsterkte profiel over de diepte. Met dit ongedraineerde schuifsterkteprofiel zijn voor de punten in het midden van de grondlagen de OCR, grensspanning en POP teruggerekend op basis van de parameters uit de materiaaleigenschappentabel. Met het uitvoeren van de grensspanning analyse, wordt de gemiddelde grensspanning (met uitzondering van 15 centimeter boven en onder de

laagscheidingen) voor het midden van iedere laag uitgerekend. Vervolgens wordt de karakteristieke waarde van de grensspanning berekend, op basis van de opgegeven variatiecoëfficiënt van de schuifsterkte (zie paragraaf 3.2.4). De aanname voor de $VC_{\text{grensspanning}} = 0,85 VC_{\text{su}}$ uit de WBI schematiseringshandleiding macrostabiliteit is hierbij in de tool geïmplementeerd.

Grafische uitvoer

De grafische uitvoer bestaat uit een figuur met vier grafieken:



Grafiek 1

qc: gemeten conusweerstand [MPa]

qt: conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten [MPa]

qnet: conusweerstand, gecorrigeerd voor waterspanningseffecten en totaalspanning [MPa]

Grafiek 2

σ'_{vy} : teruggerekend grensspanningsprofiel en schematisering met grensspanningspunten [kPa]. Zowel de gemiddelde waarde als de karakteristieke waarde van het grensspanningspunt in het midden van de grondlaag zijn getoond.

POP: teruggerekend pre overburden pressure profiel [kPa].

Verder is in de figuur met doorgetrokken lijnen aangegeven hoe de extrapolatie van grensspanning in D-GeoStability en BM-Macrostabiliteit gebeurt. In de software wordt de berekende gemiddelde POP op het grensspanningspunt constant over de hele laag verondersteld (dunne groene lijn). Hiermee wordt op iedere plaats in de verticaal de grensspanning berekend door de POP(dagelijks) bij de effectieve spanning (dagelijks) op te tellen (dunne blauwe lijn). Dit is tevens voor de karakteristieke waarde weergegeven (gestreepte lijnen).

Opmerkingen:

- Datapunten waarvoor de grensspanning kleiner is dan de effectieve spanning, zijn teruggezet op de effectieve spanning. Deze punten zijn rood gekleurd.

- De karakteristieke waarde van de grensspanning kan door de tool echter wel lager dan de effectieve spanning worden berekend.
- De punten met een negatieve POP zijn ook rood gekleurd, maar niet aangepast aan 0.
- Doordat de karakteristieke waarde van de grensspanning lager dan de effectieve spanning kan worden berekend, kan de karakteristieke waarde van de POP kleiner dan 0 worden berekend.
- In al deze gevallen is het aan de ingenieur om te oordelen over het gebruik van de resultaten.

Grafiek 3

OCR: teruggerekend overconsolidatie ratio profiel (de punten met een $OCR < 1$ zijn niet rood gekleurd en niet aangepast)

Verder is in de figuur met een doorgetrokken lijn aangegeven hoe de OCR in D-GeoStability en BM-Macrostabiliteit geschematiseerd wordt, gebaseerd op het gebruik van grensspanningspunten.

Grafiek 4

su: teruggerekend ongedraineerde schuifsterke profiel op basis van de sondering (dikke doorgetrokken zwarte lijn). De punten waarvoor de schuifsterkte groter is dan de verticale in situ spanning (zie WBI Schematiseringshandleiding macrostabiliteit) zijn rood gekleurd.

Verder is in de figuur met een dunne doorgetrokken zwarte lijn aangegeven hoe de verwachtingswaarde van de ongedraineerde schuifsterkte in D-GeoStability en BM-Macrostabiliteit geschematiseerd wordt, gebaseerd op het gebruik van grensspanningspunten. Dit is gedaan op basis van de verwachtingswaarden van S , m , σ'_{vi} en σ'_{vy} (doorgetrokken lijn) en voor de verwachtingswaarden van S , m , σ'_{vi} en de karakteristieke waarde van σ'_{vy} (gestreepte lijn).

Getalsmatige uitvoer

Bij het openen van de figuur wordt de figuur ook opgeslagen in de opgegeven map met de naam van de sondering en achtervoegsel (" $\langle \text{naam_gef} \rangle$ _Grensspanning_Figures.pdf") Daarnaast wordt een uitvoerbestand in Excel formaat opgeslagen (" $\langle \text{naam_gef} \rangle$ _Grensspanning_Statistics.pdf") met de volgende informatie:

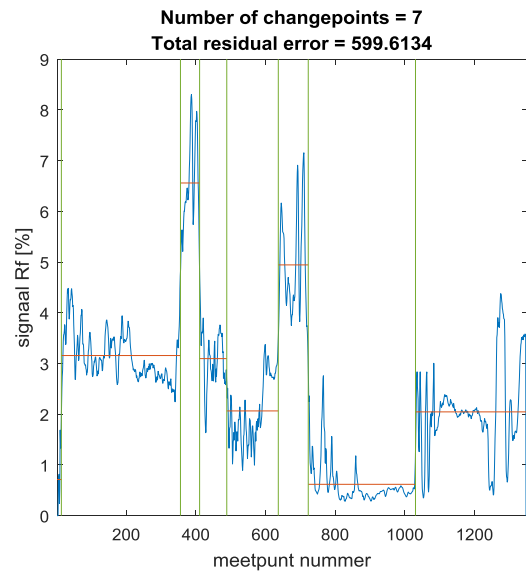
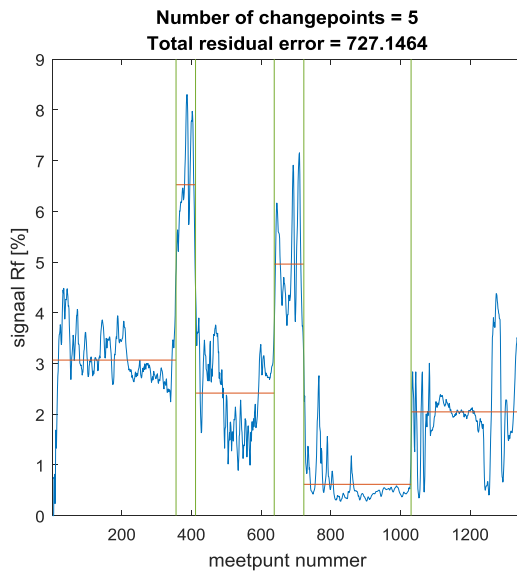
Per laag:

- Laagnummer
- Materiaalnaam
- Z coördinaat bovenkant, midden, onderkant laag
- VC grensspanning
- Verticale totaalspanning en effectieve spanning
- Grensspanning
 - o Gemiddelde waarde midden van de laag
 - o Karakteristieke waarde midden van de laag
- POP
 - o Gemiddelde waarde midden van de laag
 - o Karakteristieke waarde midden van de laag

3.1.8 Overige functies

Ik doe een gok – Laagscheidingen

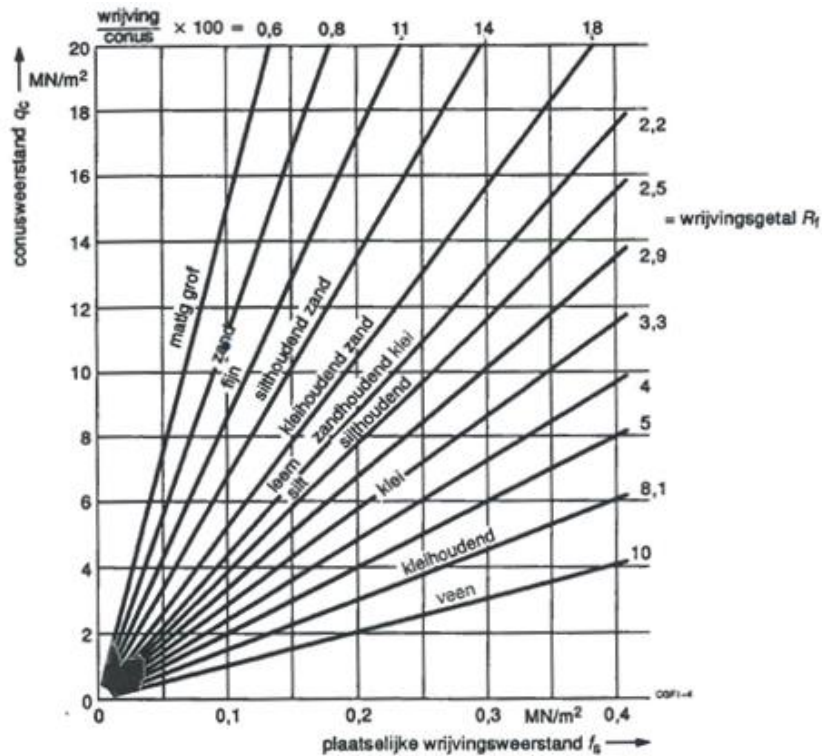
Het programma doet een statistische analyse op het signaal van het wrijvingsgetal. Er wordt gezocht naar zogenaamde change points, waartussen het signaal relatief constant is. De change points geven dan laagscheidingen aan. De indeling is indicatief, omdat niet iedere laag een constant wrijvingsgetal heeft, en omdat de statistische methode (sterk) afhankelijk is van de gestelde criteria (bijvoorbeeld de verhouding van het maximum aantal lagen en de verbetering in totale residuele fout). Een voorbeeld is onderstaand weergegeven voor 5 lagen en 7 lagen.



Ik doe een gok – Materialen

Op basis van het gemiddelde wrijvingsgetal wordt een inschatting gemaakt welk default materiaal (uit de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit) overeenkomt. De volgende indeling is gemaakt op basis van het Begemann classificatie diagram (Begemann, 1965). Het wrijvingsgetal is slechts een indicatie van de grondsoort en klopt niet altijd met de werkelijk aanwezige grondsoort

Rf [%]	Default materiaal schematiseringshandleiding
<2,5	Zand
2,5 – 4,0	Klei zandig en siltig
4,0 – 5,0	Klei
5,0 – 8,1	Klei venig / klei organisch
>8,1	Veen mineraalarm



Ik doe een gok - Waterspanningen

Voor de ligging van het freatisch vlak wordt een gok gedaan op basis van de u_2 waterspanningsmeting. De laagste diepte waarvoor het lopend gemiddelde over 50 meetpunten niet meer negatief is, wordt als inschatting gebruikt voor het freatisch vlak (stijghoogte 1).

Opmerking: doordat de conus vaak eerst door een onverzadigde zone heen wordt gedrukt, sluit er vaak lucht in de waterspanningsmeter. Hierdoor zijn de metingen op de eerste meters nog niet betrouwbaar en is de inschatting voor het freatisch vlak niet altijd betrouwbaar.

Voor de stijghoogte 2 (PL2) in de watervoerende laag wordt de gemiddelde stijghoogte in de onderste laag berekend volgens:

$$\varphi_2 = h + \frac{p}{\rho g} = \text{mean}(h_{\text{onderste laag}}) + \frac{\text{mean}(u_{2\text{onderste laag}}) * 10^3}{9,81}$$

3.2 Nkt-Tool

Deze paragraaf beschrijft het hoofdscherm van de Nkt-Tool

3.2.1 Hoofdscherm

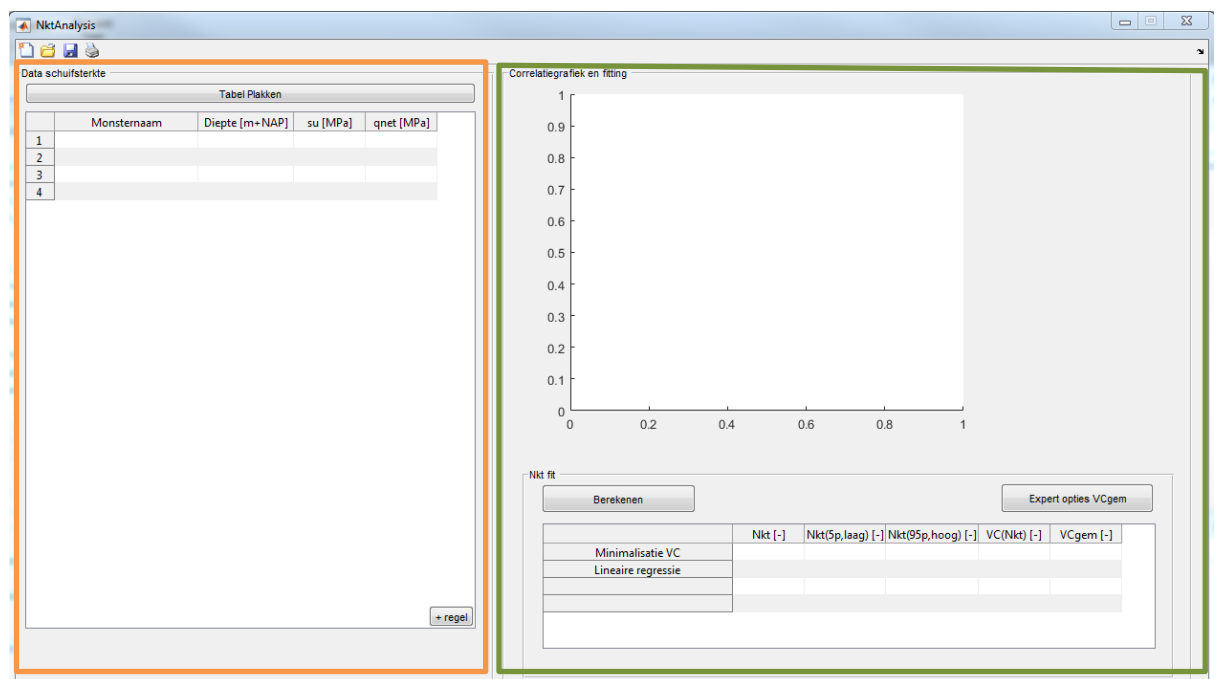
Het hoofdscherm van de Nkt-Tool bevat in één venster de invoer, uitvoer en bedieningsknoppen. Onderstaand zijn deze kort samengevat.

Invoer:

- Monsternaam
- Diepte monster
- Gemeten schuifsterkte laboratorium [MPa]
- Gemeten netto conusweerstand op monsterdiepte [MPa]






Uitvoer:

- Correlatiegrafiek voor netto conusweerstand, en gemeten schuifsterkte
- Analyse voor de fit van Nkt
- Berekening van VC_{gem} voor ongedraineerde schuifsterkte



3.2.2 Taakbalk

De taakbalk van de CPT-Tool bevat de volgende functionaliteiten.

	Nieuw project aanmaken
	CPT-Tool analyse bestand openen
	CPT-Tool analyse bestand opslaan
	Een afdruk van het hoofdscherm van de CPT-Tool exporteren als pdf
	Toon de huidige versie van de CPT-Tool



Nieuw project aanmaken

Wist alle huidige gegevens. Let op: er wordt niet gevraagd om het huidige project op te slaan.



Open project bestand

Opent een dialoog venster waarmee een projectbestand (*.ntp) geopend kan worden.



Opslaan project bestand

Opent een dialoog venster waarmee de Nkt analyse opgeslagen kan worden als projectbestand (*.ntp). Vervolgens worden alle meetgegevens (invoertabel) opgeslagen.



Exporteer grafieken

Maakt een pdf afdruk van het hoofdscherm van de Nkt-Tool en slaat deze op, op de door de gebruiker aangegeven locatie.



Toon de huidige versie van de CPT-Tool

Opent een venster met het *splash-screen* met de informatie over de huidige versie van de Nkt-Tool die gebruikt wordt.

3.2.3 Invoer

De invoer voor de Nkt tool bestaat uit:

- Monsternaam
- Diepte monster
- Gemeten schuifsterkte laboratorium [MPa]
- Gemeten netto conusweerstand op monsterdiepte [MPa]

Zodra meetgegevens worden ingevuld, worden deze geplot in de grafiek.

Er zijn drie manieren om gegevens in te vullen:

- Handmatig in de tabel
- Via kopiëren en plakken vanuit Excel, of Notepad.
 - o Door te klikken op de knop "Tabel plakken"
 - o Door de toetsen combinatie Ctrl+V

Let op: voor het kopiëren van invoergegevens is een matrix van vier kolommen benodigd, gescheiden door tabs. Matlab wil invoer met punten als decimaal teken. De tool maakt echter automatisch de conversie als gegevens met komma's worden geplakt.

3.2.4 Berekening

Correlatiefactor Nkt

De Nkt-Tool fit een Nkt door de data voor su en qnet. Hiervoor zijn twee methoden gebruikelijk. Het verschil tussen de twee methoden wordt onderstaand uitgelegd.

- Lineaire regressie (kleinste kwadraten methode) (standaard Excel functionaliteit)
- Minimalisatie VC (DOV- en WBI-methode)

Wanneer de kleinste kwadratenmethode in Excel wordt toegepast, wordt door Excel een regressielijn berekend, waarbij uitgangspunt is dat de variantie rondom de gefitte lijn gemiddeld genomen niet toe- of afneemt voor het hele bereik van de onafhankelijk X-variabele. De uitwerking in de schematiseringshandleiding gaat uit van het berekenen van een regressielijn door de waarnemingen, waarbij de variatiecoëfficiënt wordt geminimaliseerd. Bij een

toenemende waarde van de X-variabele mogen de Y-waarden dan relatief verder van de berekende regressielijn lijn af liggen. Deze uitwerking sluit aan bij de waarneming dat bij hogere q_{net} waarden de range van s_u waarden groter is. Bij wat kleinere datasets kan het ook gebeuren dat de 5%- en 95%-onder- en bovengrenslijnen bij het toepassen van de kleinste kwadratenmethode wat minder netjes liggen ten opzichte van de waarnemingen dan bij toepassen van het minimaliseren van de variatiecoëfficiënt.

Beide methoden worden door het programma berekend. De berekening wordt gestart door op de knop “Berekenen” te klikken.

Variatiecoëfficiënt VC

Vervolgens wordt met de variatiecoëfficiënt van de gefitte N_{kt} berekend. Het betreft hier de transformatieonzekerheid VC_{trans} , volgens:

$$VC_{trans} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{s_{u,i} - \frac{q_{net,i}}{N_{kt}}}{\frac{q_{net,i}}{N_{kt}}} \right)^2}{n - 1}}$$

De karakteristieke 5% en 95% waarde van de N_{kt} zijn dan:

$$N_{kt,5/95} = \frac{N_{kt,gem}}{1 \pm 1,65 \cdot VC_{trans}}$$

Vervolgens kan de variatiecoëfficiënt van de schuifsterkte ($VC_{su,gem}$) worden berekend. Voor deze berekening worden defaults uit DOV en de WBI 2017 schematiseringshandleiding macrostabiliteit gebruikt. De gebruikte waarden kunnen worden ingezien en veranderd met behulp van de knop “Expert opties $VC_{su,gem}$ ”). Hiermee opent een nieuw venster met de invoergegevens. Onderstaand zijn de defaults weergegeven, alsmede de gebruikte formules.

Transformatie onzekerheid	Default	Bron
VC N_{kt}	n/a	Uit fit
$N_{m,dsn}$	n/a	Aantal opgegeven punten
R_{sys}	0,75	DOV
Ruimtelijke onzekerheid		
VC _{reg}	0,14	DOV
$N_{m,reg}$	99	Schematiseringshandleiding
α_v	0,73	DOV
D_v	0,30	Schematiseringshandleiding
D_{laag}	1,0	Schematiseringshandleiding

$$VC_{su,gem} = \sqrt{VC_{trans,gem}^2 + VC_{ruimt,gem}^2}$$

$$VC_{trans,gem} = \sqrt{r_{sys} + \frac{1}{n_{m,dsn}}} \cdot VC_{trans}$$

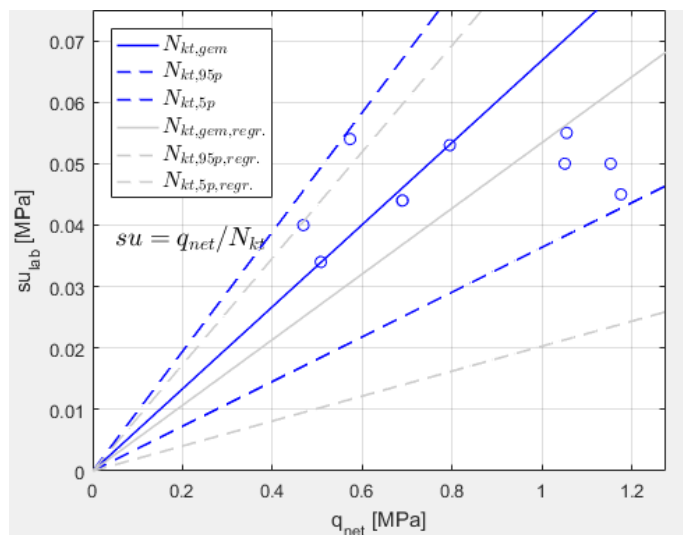
$$VC_{ruimt,gem} = \sqrt{\frac{1}{n_{m,reg}} + \Gamma^2 + \gamma_v \cdot (1 - \Gamma^2)} \cdot VC_{ruimt} \quad \text{met} \quad \Gamma^2 \approx 1 - \alpha_v \quad \text{en} \quad \gamma_v \approx \min\left(\frac{\sqrt{\pi} \cdot D_v}{d_{laag}}, 1\right)$$

3.2.5 Uitvoer

Voor beide methoden zijn er vijf uitvoeren beschikbaar:

- Gemiddelde waarde Nkt (Nkt)
- Karakteristieke 5% waarde Nkt (Nkt(5p,laag))
- Karakteristieke 95% waarde Nkt (Nkt(95p,hoog))
- Transformatieonzekerheid: variatiecoëfficiënt van de Nkt (VC_trans)
- Variatiecoëfficiënt van de ongedraineerde schuifsterkte s_u (VC_su,gem)

De resultaten worden getoond in de tabel en de grafiek.



	Nkt [-]	Nkt(5p,laag) [-]	Nkt(95p,hoog) [-]	VC_trans [-]	VC_su,gem [-]
Minimalisatie VC	14.972	10.29	27.50	0.2761	0.2791
Lineaire regressie	18.723	11.56	49.26	0.3757	0.3648