CPTU kairauskokeen suoritus

Juha Selänpää
Tampereen teknillinen yliopisto

18.11.2015

CPTU kairauskokeen suoritus

Laitteisto:

- Monitoimivaunu: GM50combi
  - Paino: yli 2500 kg kalustoineen
  - Syöttövoima: 50 kN
- CPTU kärki 1t (”herkkä” kärki)
  - Valmistaja: Geomil equipment B.V.
  - Mittausalueet: kärkivastus 0…10 000 kPa, vaippavastus 0…500 kPa, huokospaine 0…2000 kPa
  - Rakosuodin
  - Kyllästys: Rasva ja silikoniöljy
  - Huokospainemittaus u_2
  - Kärkeen tallentava
- Maastotallennin/kenttätietokone
  - Rufco DL2

Tutkimus:

- Suljetun leikkauslujuuden määritys hienorakeisissa maalajeissa rantaradalla Inkoossa
  - Turve 0…-0,8 m, liejuista savea -0,8…~-13 m, liejuisessa savessa ohuita kerroksia silttiä/hiekkaa, liejuisen saven alla moreeni
  - Painokairausten ansiosta kerrosrajat jo alustavasti tiedossa, joten lopetussyvyys voitiin määrittää turvalliseksi kärjen kannalta
- Herkkää kärkeä käytettäessä ei vaunua tarvitse ankkuroida kairauskokeen ajaksi
  - Vaunun oma paino riittävä pitämään vaunua paikallaan
  - Kärkivastuksen suurin kärkeen kohdistuva kuorma max. 1000 kg (1t kärjellä)

- **Kuvat otettu Vr:n luvalla. Kuvien tekijänoikeudet sovittu valokuvaajan Juha Selänpää (TTY) sekä Vr Track Oy:n yhteisiksi. Kuvien käytöstä muuhun tarkoitukseen toivotaan tämän takia viittausta: © Juha Selänpää TTY sekä Vr Track Oy**

Kärjen kyllästys: huokospainekanavien kyllästäminen rasvalla kärkikartiossa

- Huokospainekanavien kyllästys jatkuvalla puristuksella ilmatonta rasvaa
  - Apuvälineenä silikonipuristin
- Uuden rasvatuubin käyttöönotossa kannattaa pursotuskärki ilmata ennen rasvan puristamista kärkikartioon

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen kyllästys: huokospainekanavien kyllästäminen rasvalla kärkikartiossa

Ennen CPTU kärjen kyllästämistä kannattaa varmistaa, että kärkikartio ja vaippakitkahylsy täyttävät kuntovaatimukset:

- Kärkikartion ja vaippakitkahylsyn mitat ovat vaaditut sekä symmetriset
- Osat eivät ole liian kuluneet

- Rasva saa pursota reilusti huokospainekanavista
- Rasvaa pitää olla kärkikartion yläosassa kuperasti (kupru)
  - Näin vältetään, ettei rasvasta muodostu ”ilmataskua”
- Hyvänä apukeinoja kärkikartion kyllästyksessä on ruuvipuristin, millä kärkikartio pysyy paikoillaan

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen kyllästys: huokospainekanavien kyllästäminen rasvalla kärkikartiossa

- Rasvakupru voidaan varovasti muotoilla kärkikartion yläosasta esim. sormella
- Kärjen sivuilta yli mennyt rasva voidaan poistaa

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen kyllästys: huokospainekammion kyllästäminen silikoniöljyllä

- Silikoniöljy kaadetaan suoraan pullosta huokospainekammioon
  - Tarkistettava, että huokospainekammio on puhdas!
- Huokospainekammio täytetään pintaan asti
- Silmämääräisesti voi tarkistaa, ettei kammion seinämiin ole jäänyt ilmakuplia
- Ilmakuplat kannattaa poistaa ennen kärkikartion asentamisen esim. ohuella neulalla/tikulla

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

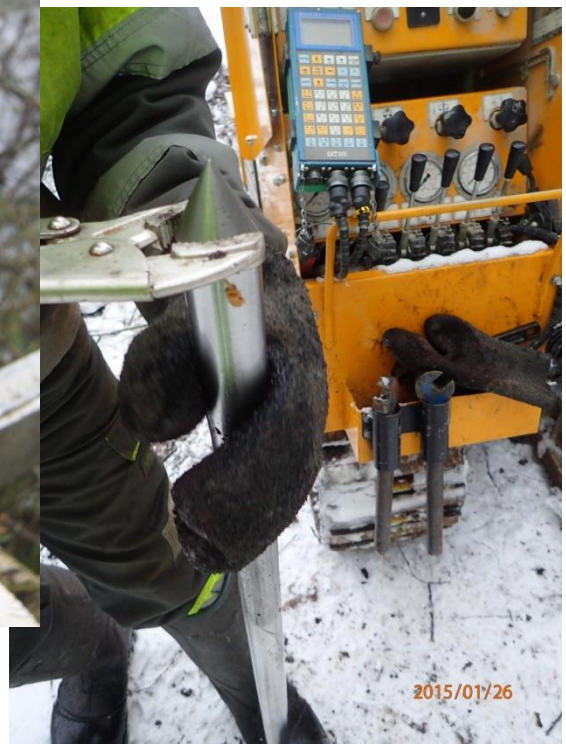
Kärjen kyllästys: Kärkikartion asentaminen

- Kärkikartio kierretään kiinni

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen kyllästys: Kärkikartion asentaminen

- Kärkikartio kiinnitetään niin, että se saadaan avattua käsivoimin
  - Kiinni kiertämisessä voi kuitenkin olla apua esim. lukkopihdeistä, sillä kärkikartio voi olla rasvainen/öljyinen
- Vältettävä kuitenkin turhaa voimaa
- Liika öljy/rasva hyvä pyyhkäistä pois kärjen pinnalta ennen kairauskokeen aloitusta



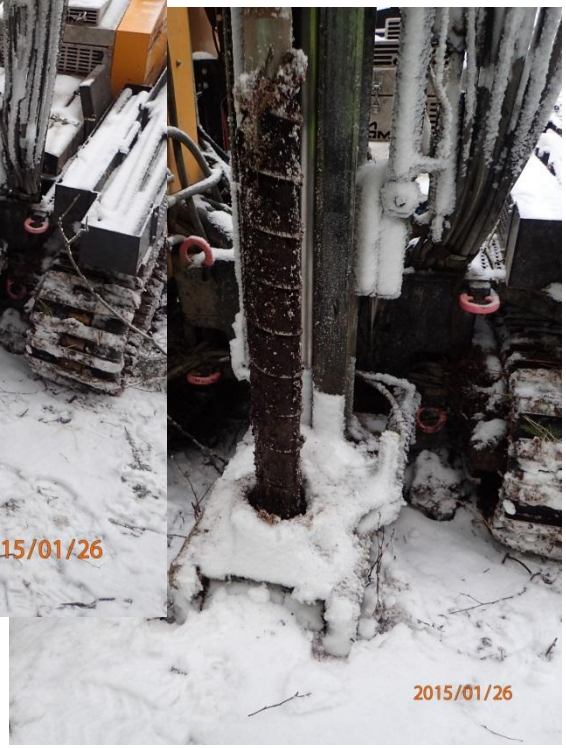
Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen lämpötilatasaaminen maan lämpötilaan

Kärjen kyllästämisen jälkeen kärjen lämpötila tasataan maan lämpötilaan.

Lämpötilatasaus alkukairausreiässä

- Alkukairausreikä voi olla tehtynä valmiiksi ennen kärjen kyllästystä, jotta kärki voidaan laskea välittömästi kyllästyksen jälkeen lämpötilatasaantumaan
  - Tällöin kärjen kyllästysnesteet eivät pääse karkaamaan kyllästyksen jälkeen
- Alkukairausreikä ulotuttua pohjavedenpinnan/pintaveden alapuolelle alkukairausreiän pohja täyttyy vedestä
  - Ei tarvitse kantaa maaston vettä sekä vesi valmiiksi lähellä maan lämpötilaa
- Merkataan ylös alkukairausreiän maalaji
- Kierrekaira vähiten maata häiritsevä alkukairausmenetelmä



Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen lämpötilatasaaminen maan lämpötilaan

- Kärki lasketaan alkukairausreiän pohjalle tasaantumaan joko koneella tai käsin
  - Kärjen olisi hyvä olla ainakin 10 cm vedenpinnan alapuolelle (painekammio jäisi vedenpinnan alapuolelle)
  - Annetaan lämpötilatasaantua vähintään 10 min
    - Maan ja ilman lämpötilaeron ollessa suuri voidaan tarvita pidempääkin tasaantumisaikaa
- Toisinaan voi olla tarpeellista tehdä erillinen alkukairausreikä lämpötilatasaantumista varten. Tällöin reiän syvyys voidaan ulottaa varmasti vedenpinnan alapuolelle. Lisäksi, mitä syvempi alkukairausreikä, sitä ”oikeampi” tasaantumislämpötila.
- Maan lujuudesta riippuen voi olla hyödyllistä varmistaa, ettei kärki vajoa maahan esim. tankoavaimella

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kärjen lämpötilatasaantumisen aikana tehtäviä valmisteluja

Lämpötilatasaantumisen aikana voi valmistella tulevia CPTU kairauskoevaiheita, esim:

- Mikäli lämpötilatasaantuminen tapahtuu toisessa alkukairausreiässä voidaan tehdä varsinainen alkukairausreikä kairauskoetta varten
- Varmistetaan koneen ja tankojen suoruus
- Syötetään Rufcoon kairauskokeen alkutiedot
  - Vasta alkunollalukemia mitattaessa kärki ja Rufco pitää yhdistää kaapelilla

Geomilin kärjessä on myös lämpötila-anturi, minkä mittaaman lämpötilan voi tarkistaa Rufcon avulla. Tällöin varmistetaan, että lämpötilatasaantuminen on onnistunut.

Lämpötilan tarkastamisen voi myös tehdä jo silloin, kun kärki on alkukairausreiässä lämpötilatasaantumassa

- Vaatii johdon kytkemistä kärjen ja Rufcon välille
- Lämpötilan ollessa 3-8 astetta on lämpötila tasaantunut

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Alkunollalukemat

- Alkunollalukemien mittaamiseksi kärki ja Rufco yhdistetään kaapelilla
- Alkunollalukemilla määritetään CPTU kärjen näyttämät arvot **kuormittamattomana**
  - Kärki asetetaan roikkumaan suoraan
  - Tällöin saadaan myös mitattua inklinaation nollalukemat oikein
  - Inklinaatiolukemat näkyvät alkunollalukemien tallentamisen jälkeen
- Myös vaunun syöttövoiman nollataso mitataan ennen kairauksen alkua kuormittamattomana. Tällöin istukassa ei saa olla tankoja kiinni.

Alkunollalukemien vaihtelusta on mahdollista myös nähdä, koska lämpötila on tasaantunut riittävästi, kun kärki on edelleen alkukairausreiässä

- Kun lämpötila saavuttaa maan lämpötilan alkukairausreiässä, tällöin myös nollalukemat alkavat vakioitua eli pysymään samoina
- Nollalukemia ei saa kuitenkaan tallentaa ennen kuin kärki on kuormittamattona (esim. roikkuu ilmassa)

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU kairauskokeen aloitus

Rufcon ollessa kytkettynä kärkeen johdolla on myös hyvä tarkistaa, että kärjen akun varaustila on riittävä.

- Kärkeen tallentava CPTU kärki sisältää akun

Alkunollalukemien tallennuksen ja muiden Rufco asetusten asettamisen jälkeen voidaan Rufcon ja kärjen välinen johto irroittaa toisistaan. Kärjen päähän asennetaan mittavilkku, mikä vilkkuessaan ilmoittaa, että mittaus ja tallennus on käynnissä.

Kärkeen tallentavissa kärjissä kärkeen ja tallentimeen tallennetaan juoksevaa aikaa kärjessä ja tallentimessa. Tämän mittausajan avulla yhdistetään kärjen mittaaman tiedon sekä kenttätietokoneen rekisteröidyn tiedon yhdistäminen mm. kairauskokeen syvyys.

- Kärkeen arvot tallentuvat 0,5 sekunnin välein

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU kairauskokeen aloitus ja kärjen puristaminen maahan

Alkunollalukemien tallentamisen jälkeen voidaan aloittaa kairauskoe liittämällä kärki kairatankoihin. Tässä vaiheessa voi vielä tehdä tarvittavia tarkistuksia, kuten puomin suoruuden tarkistus jne.

- CPTU kärjen puristusnopeus maahan on 2cm/s (sallittu poikkeama ±0,5cm/s)
- Kairaaja tarkkailee Rufcon avulla puristusnopeutta sekä vaunun puristusvoiman käyttöä
  - Puristusnopeutta säädellään käsin vivusta
  - Vaunun käyttämä puristusvoiman tarkkailulla pyritään välttämään, ettei kärjen kuormituskapasiteetti ylity
    - Vaunun puristusvoima tosin vastaa kokonaisvastusta, mikä on kärkivastuksen ja kaikkien tankojen aiheuttamaa vaippavastusta
- Tankoja voidaan lisätä 2 m pätkissä
  - Tiiviissä maissa varsinkin kairauksen alussa kannattaa tankoja puristaa 1 m vähimmäissyöttöpituudella mahdollisimman läheltä maanpintaa kärjen kaltevuuden minimoimiseksi.

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU kairauskokeen päättyminen

Kairauskoe päättyy, kun:

- Määräsyvyys saavutetaan
- Mittausalueen rajat saavutetaan ts. esim. kärkivastuksen kuormistusarvot ovat lähellä sallittuja maksimiarvoja
- Koneen puristuskapasiteetti saavutetaan

Jonkun näistä ehdoista täytyttyä voidaan alkaa nostamaan kärkeä takaisin maanpinnalle.

Tankolukkoa käytettäessä on hyvä varmistua, ettei purista tankolukolla CPTU kärkeä

- Kuvassa: CPTU kärkeen liitettävä ensimmäinen tanko värjätty tämän takia punaiseksi, jotta tiedetään kärjen tulevan seuraavaksi ylös.

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU kairauskokeen päättyminen ja loppunollalukemien mittaus

CPTU kärjen yläosaan asetettu mittavilkku tulisi edelleen vilkkua.

Poistetaan mittavilkku ja yhdistetään CPTU kärki ja Rufco kaapelilla.

- Loppunollalukemien mittaamisen aikana kärjen oltava myös kuormittamattomana
  - Kevyt kärjen putsaus on sallittu ennen loppunollalukemien mittaamista
  - Loppunollalukemien ottaminen pitää kuitenkin suorittaa niin nopeasti, ettei kärjen lämpötila ehdi muuttua maan lämpötilasta ilman lämpötilaan
- Loppunollalukemien ottamisen jälkeen voidaan lukea kärkeen mitattu tieto ja yhdistää se Rufcoon tallennetun tiedon kanssa.
- Tiedon siirron jälkeen on hyvä suorittaa kärjen kenttäpuhdistus.

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU kärjen puhdistus

CPTU kärki tulisi puhdistaa joka kairauksen jälkeen.

Puhdistuksen apuna voi käyttää esim:

- Paineilmaa (kärkikartion huokospainekanavien puhaltaminen tyhjäksi)
- Hammasharjaa
- Paperia
- jne

O-renkaiden ja liitosten välistä on hyvä puhdistaa niihin tarttunut lika, jotta kärkeen tai vaippakitkahylsyyn kohdistuva kuormitus ei johdu lian kautta muuhun kärjen rakenteeseen.

Alkunollalukemien eroaminen aiemmista alkunollalukemista voi olla merkki huonosti huolletusta kärjestä! Hyvin hoidettu mittalaite, mitä käytetään ”vakio” olosuhteissa pitäisi näyttää tällöin samaa lukemaa (vakio olosuhde=sama lämpötila+sama ilmanpaine).

Myös alkunollalukemien eroaminen voi johtua mm. ylikuormituksesta, kärjen ”ikääntymisestä” jne.

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU nollalukemien poikkeamasta

Nollalukemien poikkeama voi johtua mm.

- Kärjen ylikuormituksesta
- Hystereesistä eli kuormituksen jälkeen mittauslaitteisto ei palaudu ”alkutilaansa”
- Huonosta lämpötilatasauksesta
- Toisen nollalukemien mittauksen aikana kärkeen on kohdistunut erilainen kuormitus esim.
  - Toisen nollalukemien mittauksen aikana CPTU kärkeä on pidetty ilmassa ja toisessa kärkeä maata vasten
- Liasta liitoksissa

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

CPTU nollalukemien poikkeamasta

Kairauskokeen suorituksen laatu voidaan todentaa nollalukemien poikkeamasta (erosta= vähennetään alkunollalukemista loppunollalukemat).

Eurostandardin käyttöluokissa sallitut virheet sisältävät kaikki mahdolliset virheet, mitä kairauskokeen aikana voi tapahtua, kuten:

- Mittauslaitteiston tarkkuus
  - Prosentuaalinen epätarkkuus anturin koko mittausalueesta (valitettavasti kaikki valmistajat eivät tätä arvoa ilmoita)
- Kairauskokeen suorituksen virheet
  - Nollalukemien erotus oletetaan olevan pysyvä virhe koko mittauksen aikana
  - Muut virheet esim. huokospaineen kyllästyksen epäonnistuminen
    - Epäonnistunut kyllästäminen tipauttaa kairauksen käytännössä käyttöluokkaan 4

Mittauksen kokonaisvirhettä voi arvioida näiden virheiden yhteenlasketusta arvosta ja luokitella tämän mukaan kairaus käyttöluokkaansa.

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Kairauskokeen tietojen siirto Rufcosta tietokoneelle ja huokospainemittauksen onnistumisen tarkistus

Kairaustiedot siirretään Rufcosta tietokonelle johdon avulla.

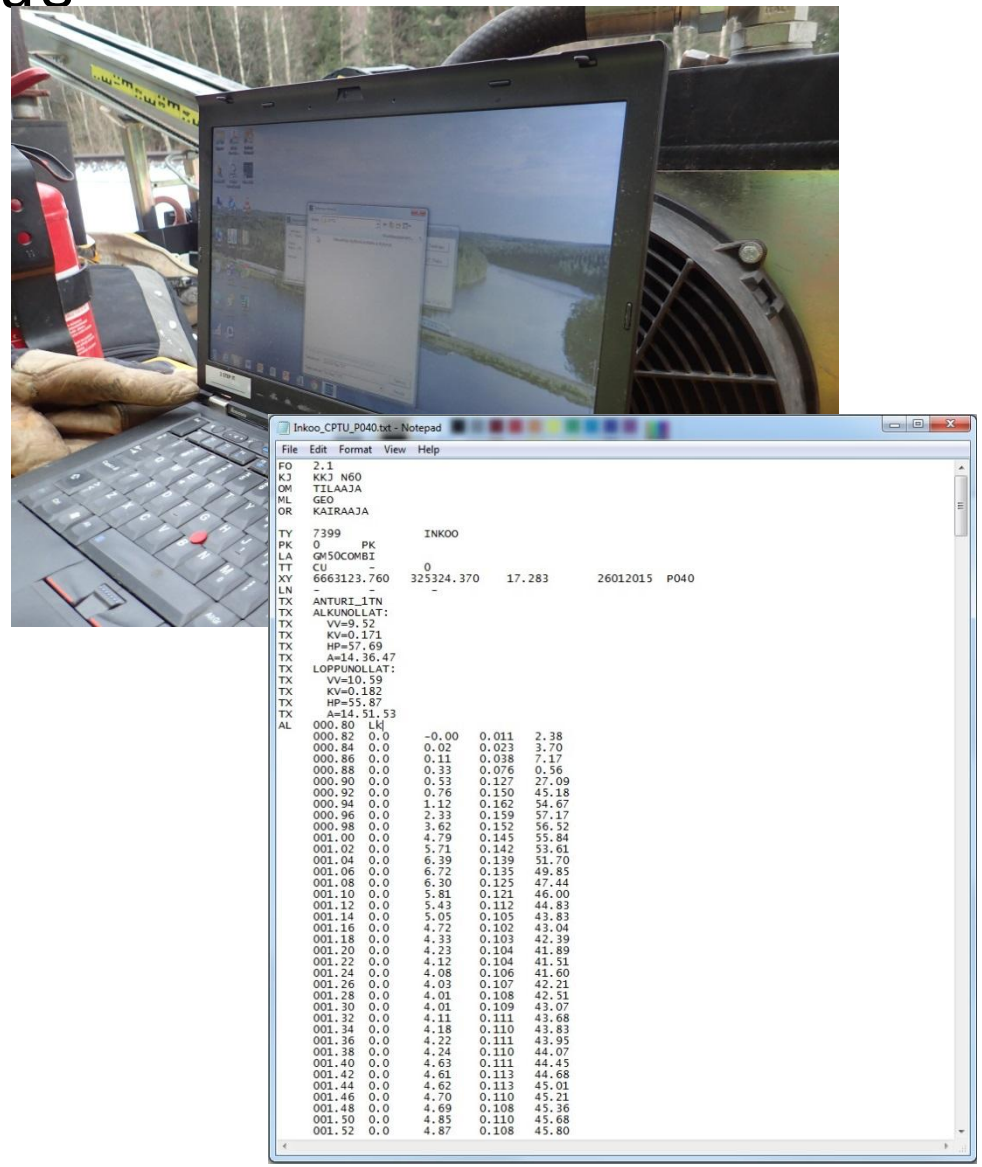
Tietokoneelta voidaan paremmin tarkastella mitattuja arvoja sekä arvioida kärjen kyllästyksen onnistumista.

Kyllästyksen onnistumista voi olla hankala varmentaa esim. pelkän tekla-tekstitiedoston perusteella.

Apuohjelmana voi käyttää jotain mittaustiedon piirto ohjelmaa, millä nähdään kairausdiagrammi.

Kairausdiagrammissa merkkinä epäonnistuneesta huokospainemittauksesta voi olla esim. tasalaatuisessa pehmeässä maassa:

- Pykälät pysähdyskohdissa, kuten tankolisäyskohdissa
- Pehmeässä maassa huokospainearvojen pienet arvot, joita esiintyy useammassa peräkkäisessä mittauksessa (ts. peräkkäisissä syvyysmittaustasoissa)



Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Huokospainemittauksen onnistumisen arviointi tekstitiedostosta

Esimerkkinä kaksi tekla-tiedostoa, missä syytä epäillä huokospainemittauksen epäonnistumista tasalaatuisessa maassa:

- Vasemman puoleisessa teklassa huokospaine on pienentynyt tankolisäyksen jälkeen, mutta kairauksen jatkuessa huokospaineen arvot saavuttavat saman arvon kuin ennen tankolisäystä vasta 40 cm alempana (huokospaineen arvo oikeassa sarakkeessa)
  - Tankolisäyksen jälkeen kairauskokeen jatkuessa huokospaineen arvot palautuvat normaalisti lähes välittömästi samalla tasolle kuin ennen pysähdystä varsinkin savimaissa
- Oikean puoleisessa kuvassa huokospaine on suurentunut ennen tankolisäyksestä johtuvan pysähdyksen aikana
  - Tasalaatuisessa maassa arvojen pitäisi jatkaa tasaisesti kasvua kärjen tunkeutuessa syvemmälle maahan

	006.00	0.0	4.74	0.180	116.94
	006.02	0.0	4.77	0.178	117.12
	006.04	0.0	4.77	0.180	117.38
	006.06	0.0	4.79	0.180	117.41
	006.08	0.0	4.81	0.185	117.44
	006.10	0.0	4.85	0.187	117.44
	006.12	0.0	4.84	0.187	117.65
	006.14	0.0	4.81	0.187	117.79
	006.16	0.0	4.95	0.180	118.26
	006.18	0.0	4.96	0.178	118.88
	006.20	0.0	4.69	0.174	118.97
HM	Tankojatkos				
	006.22	0.0	4.24	0.185	106.95
	006.24	0.0	5.15	0.203	108.07
	006.26	0.0	5.10	0.209	110.18
	006.28	0.0	5.11	0.211	110.83
	006.30	0.0	5.23	0.206	111.30
	006.32	0.0	4.80	0.182	112.03
	006.34	0.0	4.87	0.183	112.56
	006.36	0.0	5.48	0.191	112.95
	006.38	0.0	5.94	0.190	113.39
	006.40	0.0	5.96	0.189	113.62
	006.42	0.0	5.98	0.189	113.97
	006.44	0.0	5.53	0.184	114.85
	006.46	0.0	5.05	0.180	115.38
	006.48	0.0	5.10	0.180	115.35
	006.50	0.0	5.44	0.188	115.68
	006.52	0.0	5.45	0.191	116.03
	006.54	0.0	5.53	0.192	116.47
	006.56	0.0	5.46	0.196	116.73
	006.58	0.0	5.54	0.199	117.06
	006.60	0.0	5.63	0.203	117.50
	006.62	0.0	5.56	0.204	118.23
	006.64	0.0	5.43	0.204	118.59

006.10	0.0	5.58	0.173	121.41
006.12	0.0	5.94	0.202	121.25
006.14	0.0	7.01	0.463	129.11
006.16	0.0	7.96	0.719	128.53
006.18	0.0	7.00	0.512	126.91
006.20	0.0	6.62	0.283	129.25
006.22	0.0	6.71	0.214	131.42
006.24	0.0	5.35	0.196	138.18
006.26	0.0	5.16	0.192	139.09
006.28	0.0	5.36	0.185	139.47
006.30	0.0	5.62	0.185	140.50
006.32	0.0	5.65	0.186	142.41
Tankojatkos				
006.34	0.0	5.54	0.191	170.44
006.36	0.0	5.76	0.195	166.88
006.38	0.0	6.18	0.203	168.18
006.40	0.0	6.01	0.209	173.85
006.42	0.0	5.88	0.212	177.34
006.44	0.0	5.70	0.210	176.67
006.46	0.0	5.51	0.206	175.67
006.48	0.0	5.43	0.205	175.43
006.50	0.0	5.59	0.205	176.20
006.52	0.0	5.76	0.206	176.73
006.54	0.0	6.02	0.210	178.25
006.56	0.0	6.04	0.206	177.75
006.58	0.0	6.15	0.207	178.75
006.60	0.0	6.16	0.209	179.93
006.62	0.0	6.12	0.208	180.49
006.64	0.0	6.00	0.206	180.16
006.66	0.0	5.89	0.204	180.93
006.68	0.0	5.81	0.201	180.98
006.70	0.0	5.80	0.203	182.48
006.72	0.0	5.78	0.206	183.78

Esimerkki kenttäraportti mittaustietojen lisäksi

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

KENTTÄRAPORTTI
CPT/CPTU-kairaus

Perustiedot

Tutkimuspaikka	Pistenumero
Inkoo-Karjaa rantarata KM+M 73+960 oik.10.00	**P010**
Työnimi	Työnumero
Ratus2_Ratarata	**1288**
Päivämäärä	Aloitus- ja lopetusaika
27/01/2015	**12.19.14-12.37.07**
Pisteen koordinaatit	Pisteen korkeustaso
X=6663041.839 Y=326282.008	**Z=16.519**
Koordinaattijärjestelmä	Korkeusjärjestelmä
ETRS-TM35	**N2000**
Tutkimusorganisaatio	Kairaaja/-t
VR Track Oy	
Huomioita	
Kairaus suoritettu standardin EN ISO 22476-1 mukaisesti TE2 tyypin kärjellä.	

CPTU-kärjen tiedot

Kärjen tunniste nro	Kärjen valmistaja
1202	**Geomil Equipment B.V.**
Kärjen geometria	Suodattimen tyyppi ja sijainti
A_{cone}=10 cm2, A_{sleeve}=150 cm2	**Rakosuodatin, u2**
Huokospainejärjestelmän nestelaatu ja kärjen kyllästystapa	
Envin CPTU-rasva ja silikoniöljy	
Kalibrointiajankohta	Kalibrointipaikka
07/10/2014	**Geomil Equipment B.V.**

	Kärkivastus	Vaippavastus	Huokospaine
Kalibroitu mittausalue (kPa)	**0...10 000**	**0...500**	**0...2 000**
Maksimikapasiteetti (kPa)	**15,000**	**650**	**3,000**
Mittaustarkkuus (kPa)	**20**	**2.5**	**8**
Maks. lämpötilavaikutus (kPa)			
Lämpötila-alue (°C)	**-10...+40**		
Pinta-alakerroin a	**0.8**		
Pinta-alakerroin b	**0**		
Tiedonsiirtotapa	**Kärkeen tallentava**		
Kärjen kunto	tarkastettu **X**	ei tarkastettu	
Huomioita			

Suoritustapa

Kairavaunun tyyppi ja tunniste		Maks. puristusvoima (kN)	
GM 50 Combi, 061389		**50**	
Ankkurointi			
Kairatankojen suoruus	tarkistettu **X**	ei tarkistettu	
Maston suoruus ennen kairausta	tarkistettu **X**	ei tarkistettu	
Alkukairaustapa	**Lk**	Alkukairaussyvyys	**0.90**
Huuhtelun käyttö	vesi	ilma	
Maalaji alkukairauksessa	**Tv**	määritystapa	**Silmämääräinen**
Aloitussyvyys	**0.92**	Päättymissyvyys	**14.14**
Päättymistapa	**TM**	Mittaustiheys	**0.02**
Pysähdyssyvyydet	**1.42,2.24,4.24,6.32,8.24,10.26,12.30**		
Pohjavedenpinta		määritystapa	

Huokosvedenpaineen purkautumiskokeet:

Syvyys	Kesto	Syvyys	Kesto	Syvyys	Kesto	Syvyys	Kesto

Maks. inklinaatio (°)	

Lämpötilakontrolli

Kärjen lämpötila ennen kairausta (°C)	**7.0**	ei tiedossa	**X**
Kärjen lämpötila kairauksen jälkeen (°C)	**6.0**	ei tiedossa	**X**
Ulkolämpötila (°C)	**3.0**		
Kuvaus lämpötilan tasauksesta			

		Kärkivastus (kPa)	Vaippavastus (kPa)	Huokospaine (kPa)
Lämpötilanmuutoksen vaikutus				
ei tiedossa	**x**			

Nolla-arvot

	Kärkivastus (kPa)	Vaippavastus (kPa)	Huokospaine (kPa)
Ennen kairausta	**180**	**8.44**	**53.73**
Kairauksen jälkeen	**179**	**9.70**	**49.47**
Nolla-arvon muutos	**1**	**1.26**	**4.26**

Luotettavuusarviointi

	Kärkivastus (kPa)	Vaippavastus (kPa)	Huokospaine (kPa)
Kokonaisepätarkkuus	**21**	**3.76**	**12.26**
Vaadittu tarkkuus, luokka 1	35	5	10
Vaadittu tarkkuus, luokka 2	100	15	25
Vaadittu tarkkuus, luokka 3	200	25	50
Saavutettu käyttöluokka	**1**	**1**	**2**

Havainnot ja huomautukset

Vapaamuotoinen purkuformaatti mitattujen tietojen tarkastelemiseksi

- Vapaamuotoiseen purkuformaattiin saadaan tulostettua kaikki kärjen mittaamat arvot, kuten kaltevuus, lämpötila ja kairavaunun puristusvoima.
  - Kaltevuuden avulla tarkistetaan, että kairauskokeen suoruus on hyväksyttävä (suositus max. 15 astetta)
  - Lämpötilamuutoksen avulla voidaan arvioida lämpötilatasaantumisen onnistumista. Mikäli nollalukemien poikkeama on ollut ”suuri”, voi syynä olla liian suuri lämpötilamuutos kairauksen alun ja lopun välillä.
  - Vapaamuotoiseen purkuformaattiin tallentuu lähes automaattisesti kaikki kenttäraporttiin tarvittavat tiedot.

Inkoo_CPTU_EXT_P040.txt - Notepad

File Edit Format View Help

```
FO   2.1
KJ   KKJ N60
OM   TILAAJA
ML   GEO
OR   KAIRAAJA

TY   7399            INKOO
PK   0       PK
LA   GM50COMBI
TT   CU        -        0
XY   6663123.760   325324.370    17.283       26012015  P040
LN   -        -        -
TX   ANTURI_1TN
TX   ALKUNOLLAT:
TX     VV=9.52
TX     KV=0.171
TX     HP=57.69
TX     A=14.36.47
TX   LOPPUNOLLAT:
TX     VV=10.59
TX     KV=0.182
TX     HP=55.87
TX     A=14.51.53
AL   000.80  Lk
TX   ttmmssd  syv./m  kokV/MPa  vv/kPa  kv/MPa  hp/kPa  voima/kg cm/s x-kal/° y-kal/° lam/C° maalaji  huom
     1436501  000.82  0.0       -0.00   0.011   2.38    19       0.6  2.5     2.0     4       -------- -
     1436509  000.84  0.0       0.02    0.023   3.70    17       0.6  2.4     0.5     4       -------- -
     1436515  000.86  0.0       0.11    0.038   7.17    10       1.5  2.4     -0.0    4       -------- -
     1436520  000.88  0.0       0.33    0.076   0.56    3        2.5  2.5     0.5     5       -------- -
     1436526  000.90  0.0       0.53    0.127   27.09   14       2.5  2.4     0.1     4       -------- -
     1436532  000.92  0.0       0.76    0.150   45.18   5        3.2  2.3     1.2     4       -------- -
     1436540  000.94  0.0       1.12    0.162   54.67   3        3.1  2.3     1.2     4       -------- -
     1436551  000.96  0.0       2.33    0.159   57.17   6        2.7  2.4     0.7     4       -------- -
     1436561  000.98  0.0       3.62    0.152   56.52   9        2.1  2.3     -0.0    4       -------- -
     1436571  001.00  0.0       4.79    0.145   55.84   8        1.9  2.3     1.6     4       -------- -
     1436582  001.02  0.0       5.71    0.142   53.61   4        1.9  2.3     2.0     4       -------- -
     1436592  001.04  0.0       6.39    0.139   51.70   11       1.9  2.4     0.7     4       -------- -
     1437002  001.06  0.0       6.72    0.135   49.85   4        1.9  2.3     1.0     4       -------- -
     1437013  001.08  0.0       6.30    0.125   47.44   9        1.9  2.3     2.7     4       -------- -
     1437023  001.10  0.0       5.81    0.121   46.00   7        2.0  2.3     3.6     5       -------- -
     1437033  001.12  0.0       5.43    0.112   44.83   6        1.9  2.3     0.7     5       -------- -
     1437043  001.14  0.0       5.05    0.105   43.83   8        1.9  2.3     0.7     4       -------- -
     1437054  001.16  0.0       4.72    0.102   43.04   10       1.9  2.3     0.7     5       -------- -
     1437065  001.18  0.0       4.33    0.103   42.39   8        1.9  2.3     1.6     4       -------- -
     1437076  001.20  0.0       4.23    0.104   41.89   6        1.8  2.3     2.7     4       -------- -
     1437089  001.22  0.0       4.12    0.104   41.51   13       1.8  2.3     0.7     4       -------- -
```

Kuvalähde: Juha Selänpää TTY/Vr Track Oy

Hyödyllisiä arvoja standardikärjelle

	Jännitys, MPa	Jännitys, kPa	Voima, N	Voima, kN	Massa, kg
Kärkivastus (kärkikartioon kohdistuva tunkeumavastus)	0,1	100	100	0,1	10
Kärkivastus	0,2	200	200	0,2	20
Kärkivastus	1	1 000	1 000	1	100
Kärkivastus, usein herkän kärjen maksimiarvo	10	10 000	10 000	10	1 000=1t
Kärkivastus, usein suurikapasiteettisen kärjen maksimiarvo	100	100 000	100 000	100	10 000=10t
Vaippavastus (vaippahylsyn ja maan välinen kitkavastus)	0,001	1	15	0,015	1,5
Vaippavastus	0,002	2	30	0,03	3
Vaippavastus	0,1	100	1 500	1,5	150
Vaippavastus, usein herkän kärjen maksimiarvo	0,5	500	7 500	7,5	750
Vaippavastus, usein suurikapasiteettisen kärjen maksimiarvo	1	1 000	15 000	15	1 500

	Jännitys, MPa	Jännitys, kPa	Vastaa syvyyttä vapaasta virtaamattomasta vedenpinnasta, m
Huokospaine	0,01	10	1
Huokospaine	0,02	20	*2*
Huokospaine	0,1	100	10

Kärkikartion poikkipinta-ala 10 cm^2, vaippahylsyn pinta-ala 150 cm^2

Esim. jos kaikki vaunun puristusvoima kohdistuu kärkivastukseen, herkän kärjen maksimikuormitus arvon saavuttamiseksi vaunun vastapaino puristukselle oltava 1 000 kg. Suurikapasiteettista kärjellä vastaavasti vaunun massa oltava 10 000 kg ja puristusvoima 100 kN, mikä nykyisellä kalustolla harvemmin saavutetaan.

Mitattu huokospaine muodostuu luonnollisesta vedenpaineesta sekä kärjen tunkeutumisesta maahan muodostuneesta huokosylipaineesta. Huokosylipaine tasaantuu luonnolliseen vedenpaineeseen, mikäli kärki pidetään riittävän kauan paikallaan.

Esim. pohjaveden ollessa -1 m (metrin syvyydellä) luonnollinen huokosvedenpaine on virtaamattomassa tilassa 10 kPa. Kärjen tunkeutumisesta tälle syvyydelle aiheutuu ylipaine, minkä takia CPTU mittauksessa tallennettu arvo on tätä suurempi tasalaatuisessa maassa. Huokospaineen ylipaineen tasaannuttua huokospaineen arvo kuitenkin näyttäisi 10 kPa