

**DI-työ:
Kallioperätutkimusdatan vertailu
porapaalujen dynaamisten
koekuormitusten tuloksiin**

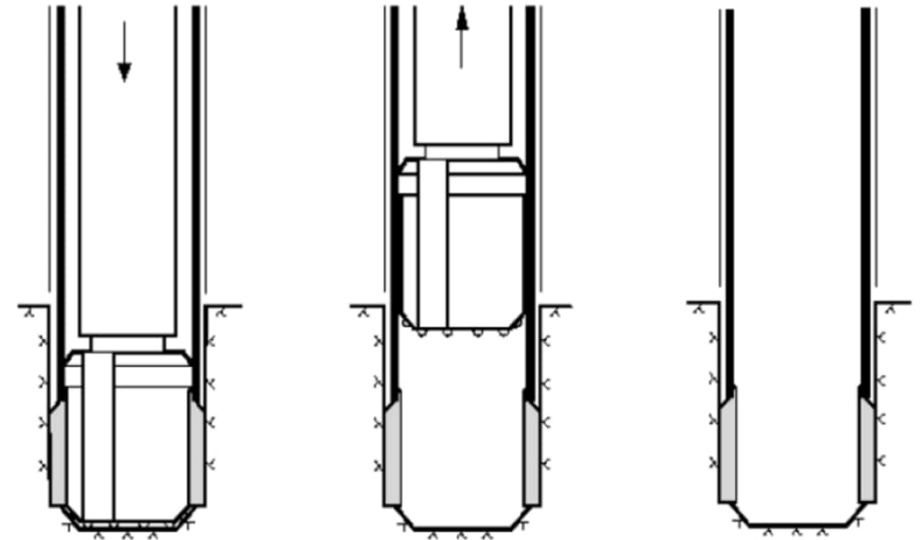
Matti Hopia

Työn tarkoitus

- Määritellä, voidaanko porapaalun kantavuus arvioida riittävän tarkasti jollain muulla menetelmällä kuin PDA-mittauksella

Aiheen tausta

- Suomessa on pitkälti luotettu kallion lujuuteen porapaalutuksessa, kun taas Ruotsissa tehdään porapaaluille PDA-mittaukset
 - Pitäisikö PDA-mittauksia hyödyntää enemmän Suomessa?
- Case: Porapaalu painui työmaalla PDA-mittauksessa lähes 0,5 m
 - Miksi?
- Väylävirasto osallistui työn rahoittamiseen



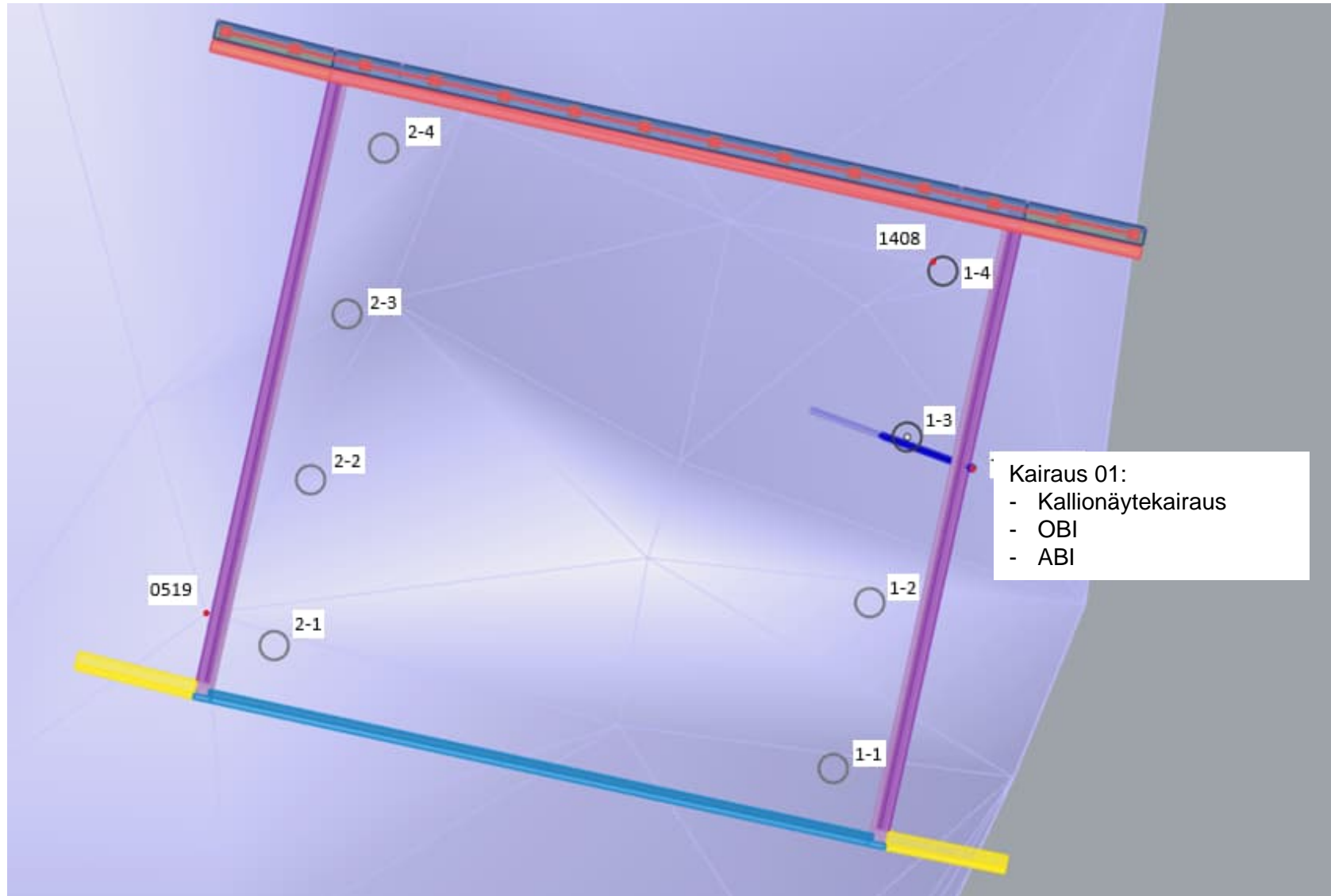
Tutkimuskysymykset

- Mitkä kallioperään liittyvät tekijät lisäävät kallioon asennetun porapaalun painumisriskiä?
- Millä menetelmillä em. tekijöistä voidaan hankkia tietoa?

Menetelmät

- Kahden siltakohteen aineiston vertailu
 - Porapaalujen PDA-mittaukset
 - Paaluporarin havainnot
 - Kallioperätutkimusdataa paalujen läheisyydestä
 - Porakonekairaus
 - Akustinen kallioreikäkuvaus, ABI (ääniaaltoihin perustuva menetelmä)
 - Optinen kallioreikäkuvaus, OBI (valokuva kairareian seinämästä)
 - Kallionäytekairaus
- Erillisen kenttätutkimuksen aineiston vertailu
 - Measurement while drilling, MWD
 - OBI

Case: Silta 1



Case: Silta 1

Paalu 1-3

- Paaluporarin havainnot
 - Paalu on porattu 4 m ehjään kallioon
 - Ei rikkonaisuutta havaittu kalliossa
- Paalun PDA-mittaus
 - Paaluputkea kuormitettiin onttona ilman betonitäyttöä
 - Paalusta mitattiin 483 mm painuma
 - Riittävää kantavuutta ei saavutettu
- Videokuvaa paalun pohjalta dynaamisen koekuormituksen jälkeen
 - 1. videossa näkyy irtainta kiviainesta paalun pohjalla
 - 2. video paalun tyhjennyksen jälkeen: ehjää kalliota ja vääntynyttä paalumateriaalia

1. video

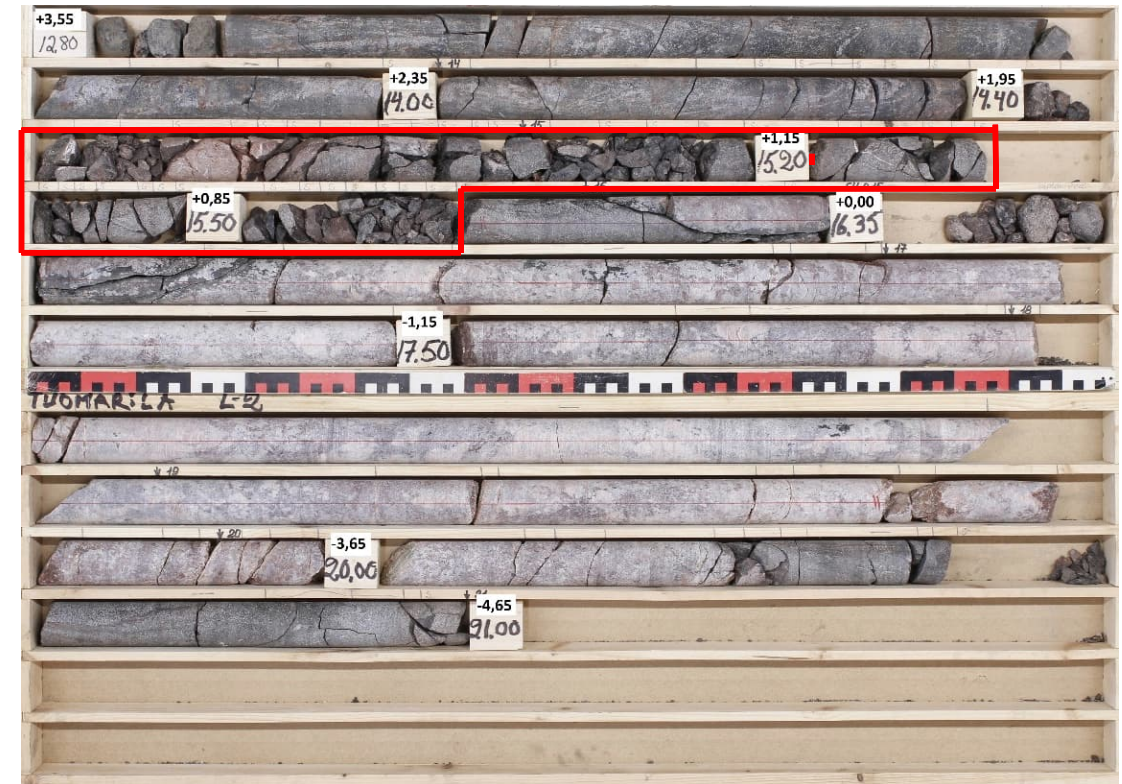


2. video



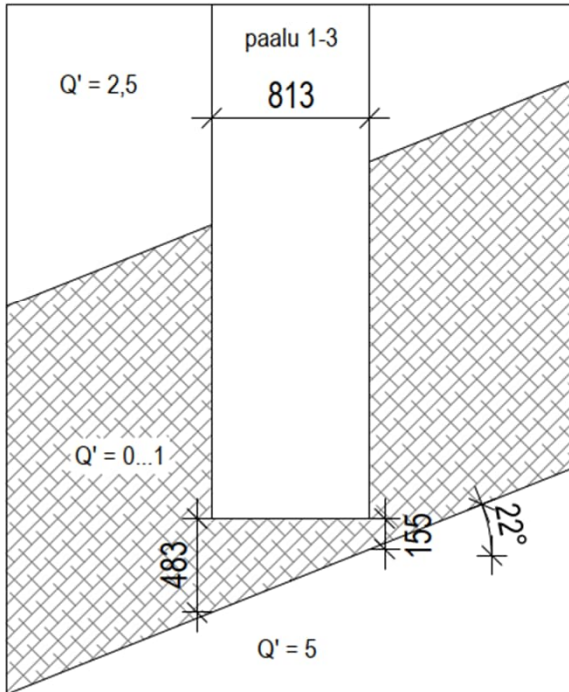
Case: Silta 1

- Kallionäyttekairaus paljasti varsin heikkoa kalliota ($Q'=0...1$) painuneen paalun kärjen tasolla

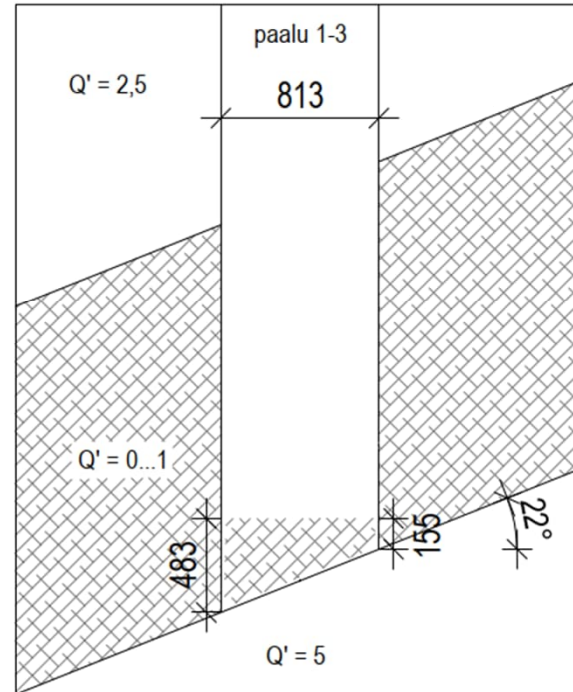


Case: Silta 1

Ennen koekuormitusta



Koekuormituksen jälkeen



Paalu 1-3

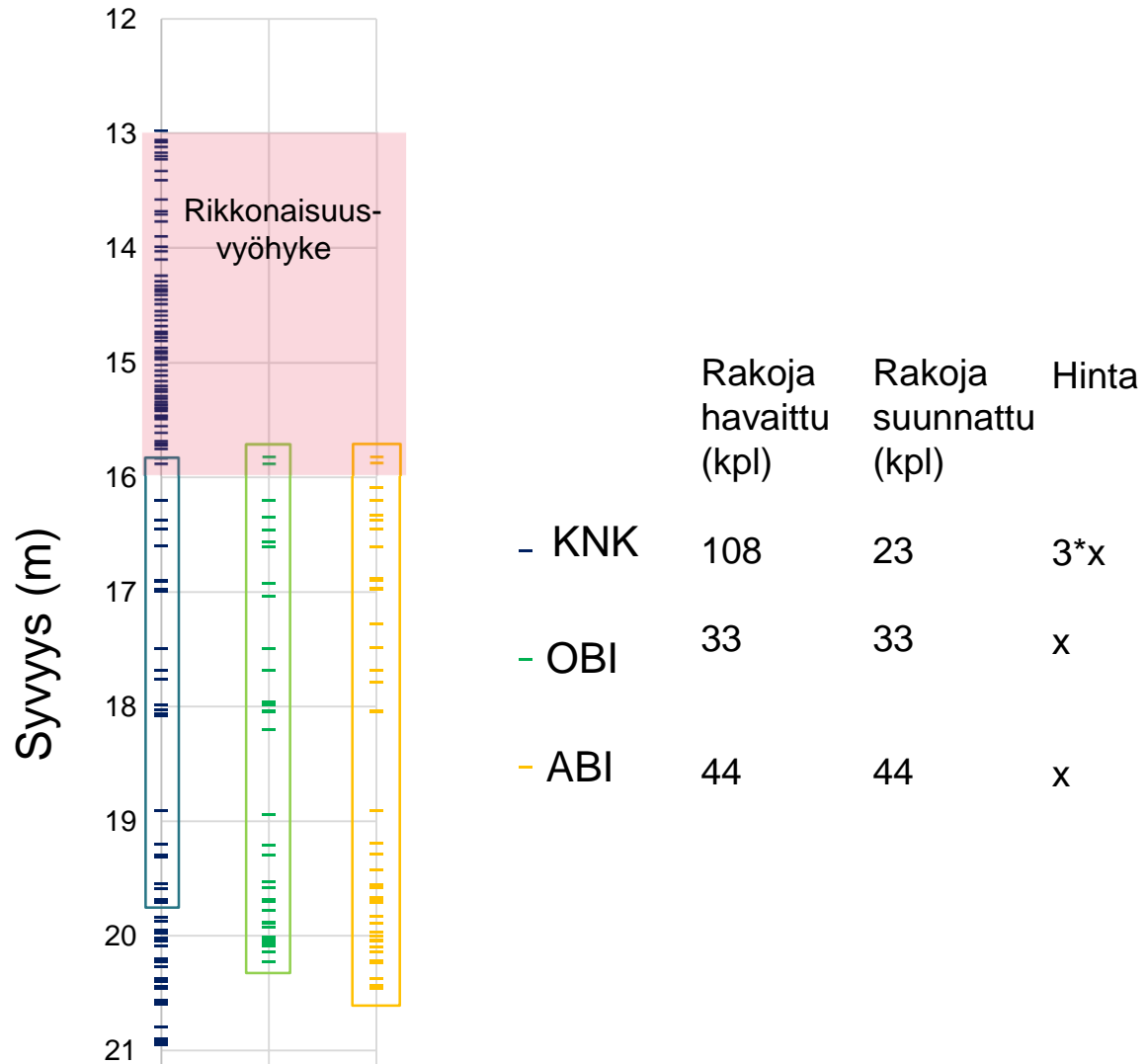
- Paalun kärki oli jäänyt porauksen jäljiltä rikkonaisuusvyöhykkeeseen ($Q' = 0...1$)
- PDA-mittauksessa paalu painui aluksi ehjää kalliota vasten vain pieneltä osalta paaluputkea
- Koekuormitusiskut aiheuttivat epätasaisen jännitys jakauman paalun kärkeen johtuen kallion kantavuuden oletetusta epätasaisuudesta
 - Paalumateriaali taipui
- Paalu painui alaspäin ja rikkonaisuusvyöhykkeen kiviainesta tunkeutui paalun sisään

Johtopäätöksiä 1/2

Mitkä kallioperään liittyvät tekijät lisäävät kallioon asennetun porapaalun painumisriskiä?

- Varsin heikko kalliolaatu ($Q'=0\dots 1$) paalun kärjen tasolla ja jonkin matkaa sen alapuolella
 - Väyläviraston teettämässä selvityksessä saatiin samankaltaisia tuloksia
- Paaluputken kuormittaminen ilman betonitäyttöä
 - Betonitäyttö kasvattaisi paalun kärjen pinta-alaa ja pienentäisi siten kallioon ja paaluputkeen kohdistuvaa jännitystä

Case: Silta 1



Kairareikä 01

Kallionäytekairauksen, OBI:n ja ABI:n vertailu

Kallionäytekairauksen ongelmia

- Vika laitteiston toiminnassa aiheutti suuntauksen epäonnistumisen rikkonaisuusvyöhykkeen osalta

OBI:n ja ABI:n ongelmat

- Kairareiän sortuminen tai sortumisen riski esti rikkonaisuusvyöhykkeen kuvaamisen

OBI:n ongelmat

- Kiven tumma ulkoasu, kairareiän peitteisyys ja likainen vesi kairareiässä heikentävät rakojen havainnointia

Kaikkien menetelmien ongelmat

- Pistemäinen tutkimusmenetelmä → kalliolaatu täytyy ekstrapoloida tai interpoloida useamman pisteen välille
 - Rakosuunnat tärkeitä

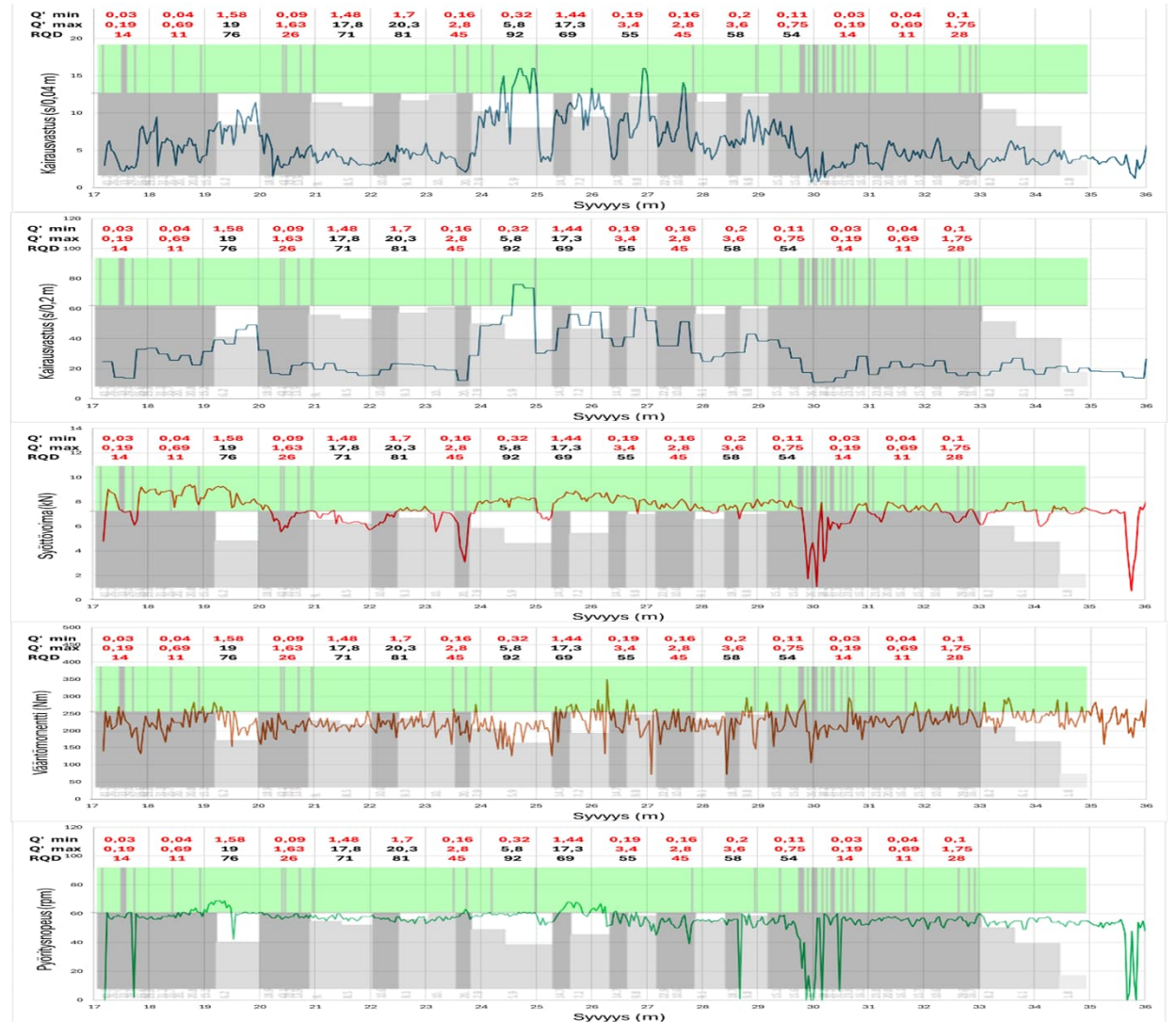
Kenttätutkimus: MWD ja OBI

- Kairareiät 3001-3004
 - MWD-parametrit (4 cm mittausväli)
 - Kairausvastus
 - Syöttö
 - Vääntömomentti
 - Pyöritysnopeus
 - Vasaran paine
 - Huuhtelupaine
 - Huuhteluaineen virtaus



Kenttätutkimus: MWD ja OBI

- Kaikki OBI:t onnistuivat huolimatta varsin heikosta kalliolaadusta ($Q'=0...1$)
- MWD vs perinteinen porakonekairaus
 - MWD:n tiheämpi mittausväli (4 cm vs. 20 cm) ja mitattavat parametrit antavat parempaa tietoa kallon rakoilusta
- Raon läpi poraaminen aiheuttaa
 - Kairausvastuksen tippumisen
 - Syöttövoiman ja vääntömomentin tippumisen (joskus)
- MWD:n datasta ei sellaisenaan pystytä luotettavasti tulkitsemaan esim. RQD:ta tai kiven lujuutta
 - Kirjallisuuskatsauksen perusteella MWD:n raakadata vaatii prosessointia ja kalibrointia, jotta voidaan tulkita kalliolaatua tai kiven lujuutta luotettavasti



Johtopäätöksiä 2/2

Millä menetelmillä voidaan hankkia tietoa niistä kallioperään liittyvistä tekijöistä, jotka lisäävät porapaalun painumisriskiä?

Tutkimuksen perusteella:

Menetelmät järjestyksessä datan luotettavuuden ja hyödynnettävyyden perusteella:

1. Porapaalun PDA-mittaus
2. Kallionäyttekairaus
3. Akustinen kallioreikäkuvaus
4. Optinen kallioreikäkuvaus
5. Measurement while drilling
6. Perinteinen porakonekairaus
7. Paaluporarin havainnot

Menetelmien kätevyyden järjestys (hinta, logistiikka ja aikatauluvaikutukset työmaalla yms.) on karkeasti sama, mutta käänteinen.

→ Käytettävien menetelmien yhdistelmä hyvä päättää kohdekohtaisesti, jotta päästään järkevään kustannus-laatusuhteeseen

Muita hyödyllisiä menetelmiä:

- Paalun pohjan videokuvaus

Kiitos!