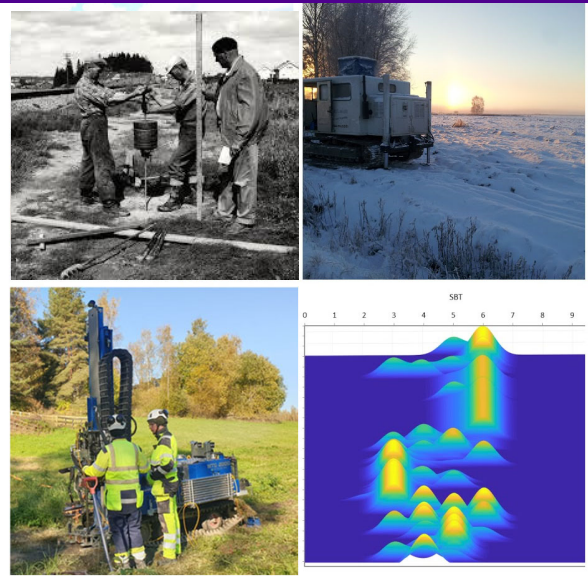


Luotettavat pohjatutkimus- menetelmät ja niiden tulkinta

Tim Länsivaara



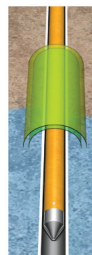
25.3.2026 | 1

Research Centre
TERRA
Geo
Road
Rail

1

Esityksen sisältö

Muodonmuutosominaisuudet
jatkuvana syvyyden suhteen



1. Motivointi
2. CPTU kairaus
 - Uudet tulkinnot saviille – entistä luotettavampi
 - Tulkinnot nyt myös silteille
3. Näytteenotto
 - Entistä parempia näytteitä
4. Dilatometri DMT
 - Voisiko tästä olla apua?
5. Magneettikuvantaminen NMR
 - Uusia mahdollisuuksia
 - Vesipitoisuus, vedenläpäisevyys...
 - Mitä muuta tulevaisuudessa?



25.3.2026 | 2

Research Centre
TERRA
Geo
Road
Rail

2

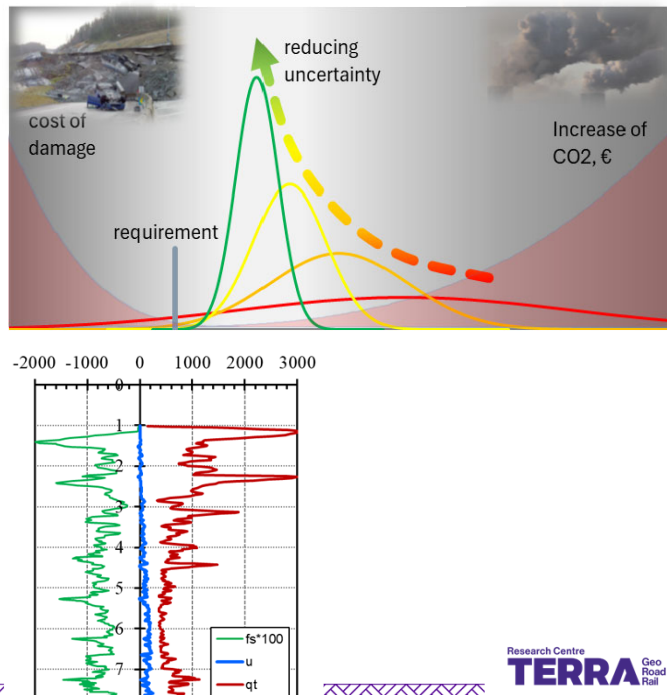
Miksi?

yhteisenä nimittäjänä maan ominaisuuksiin ja geotekniseen laskentaan liittyvien epävarmuuksien pienentäminen, jotta:

1. Jotta ei tapahtuisi murtumia tai haitallisia siirtymiä
2. Jotta ei tuhlataisi/aiheutettaisi turhia CO₂ päästöjä

Miten?

Hyödynnetään uusinta teknologiaa,
Pyritään jatkuvaan luotettavaan dataan



3

CPTU kairaus ja sen tulkinta

Tutkimukset/väitökset

Bruno DiBuo, 2020

Juha Selänpää, 2021

Mohammad Farhadi tulossa 2026

Fincone 1 (DiBuo, Selänpää) keskittyi saveen.

Tulkintoja on edelleen kehitetty ja parannettu

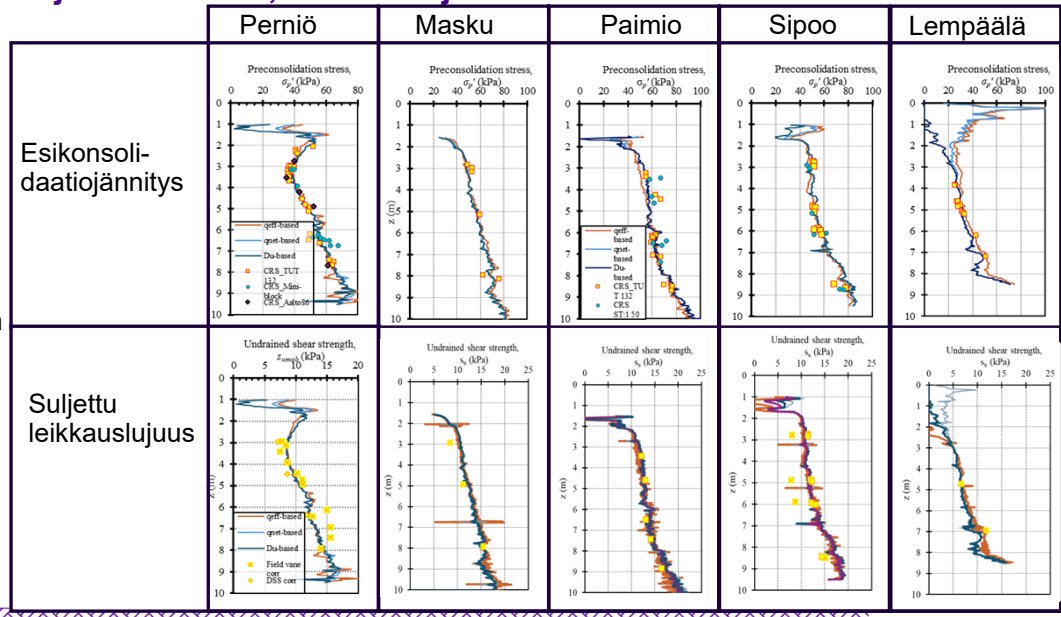
Fincone 2 (Farhadi) silttimaat, sekä maan karakterisointi yleensä, muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen savelle.



4

CPTU kairaus ja sen tulkinta, esimerkkejä savikohteet

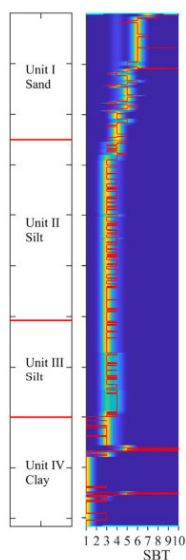
Sama
yhdenmukainen
tulkinta joka
kohteessa



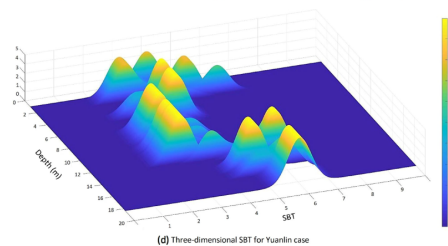
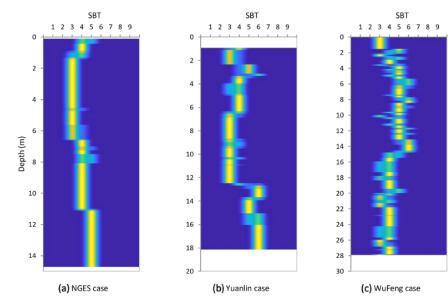
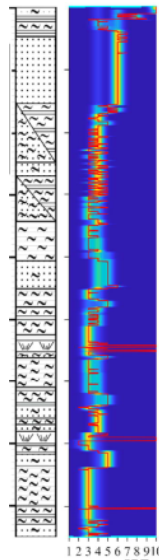
5

CPTU kairaus ja sen tulkinta, maan karakterisointi

Halden,
Norway



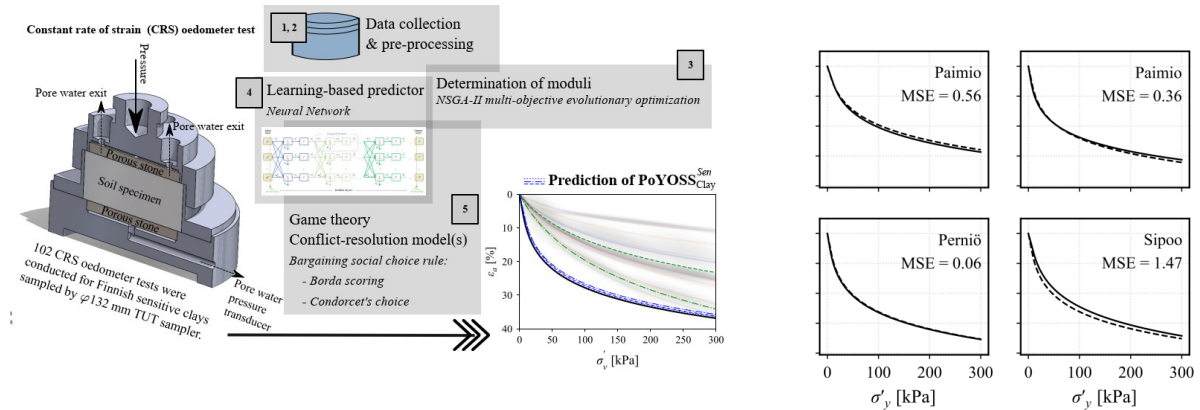
Venetian
Lagoon, Italy



(d) Three-dimensional SBT for Yuanlin case

6

Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana osa 1, määrittys indeksiominaisuuksien avulla

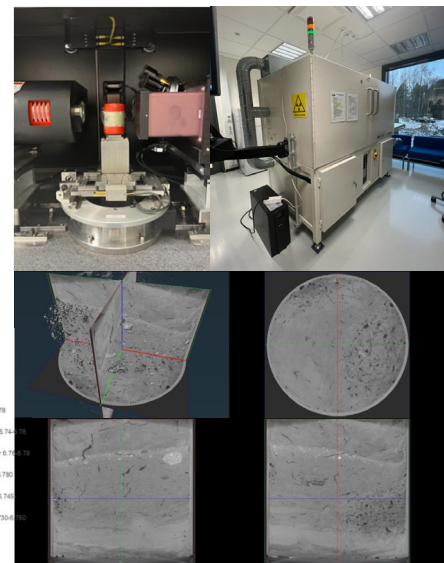
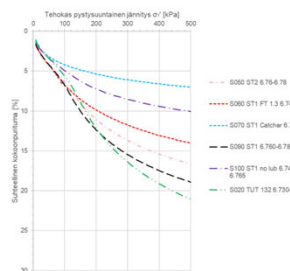
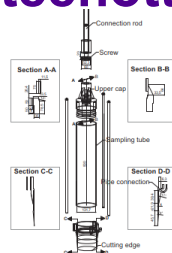


7

Häiriintymätön näytteenotto

Viimeaikaiset innovaatiot;

- TUNI132 Näytteenotin:
 - Näytehalkaisija 132 mm
 - Näytteen leikkaaminen vaijerin avulla
 - Mahdollisuus syöttää vettä/ilmaa leikkauskohtaan
 - Tulppaantumisen estäminen silttimailloilla
 - Liukasteen käyttö
 - Näytteen putoamisen ja venymisen estäminen ylösnostovaiheessa
 - Kitkateipit
 - Näytteen paineistaminen
 - In-situ jännitystilän säilyttäminen

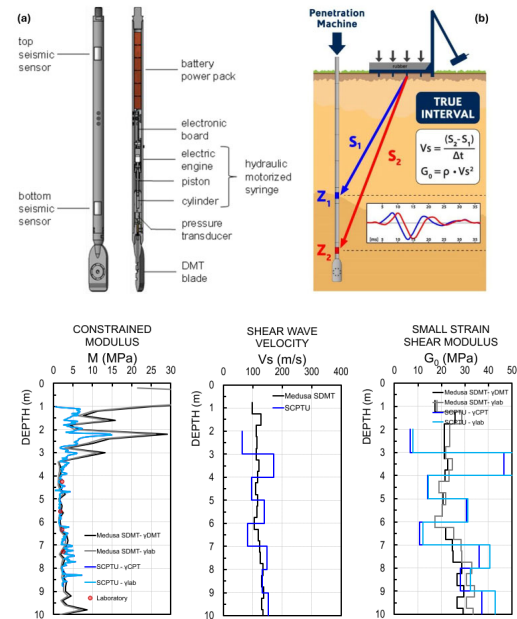


Pöyry et al. 2024

8

Dilatometri DMT

- Uusi Medusa SDMT jossa paineyksikkö kairasondissa ja anturia leikkausaallon mittausta varten
- Yhteistyö University of Chieti-Pescara, Università degli Studi dell'Aquila, Studio Prof. Marchetti
- Tutkimuksia tehty Finnimäessä, Haistilassa ja Perniössä, tulokset hyvin lupaavia.



Amoroso et al. 2025

Research Centre
TERRA Geo Road Rail

9

Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana osa 2, mutta mistä sitten indeksiominaisuudet jatkuvana?

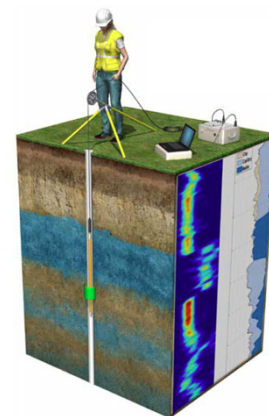
CPTU

- esikonsolidaatiojännitys
- Suljettu leikkauslujuus
- M_0
- Kitkakulma
- Maalajityyppi
-
- **sensitiivisyys**



NMR

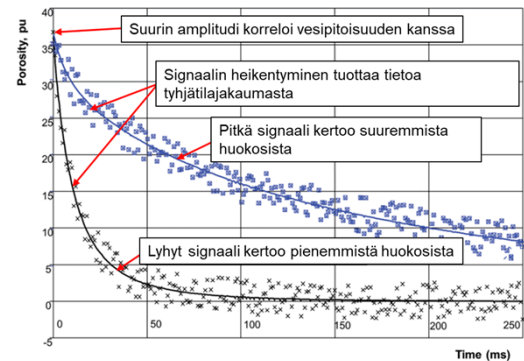
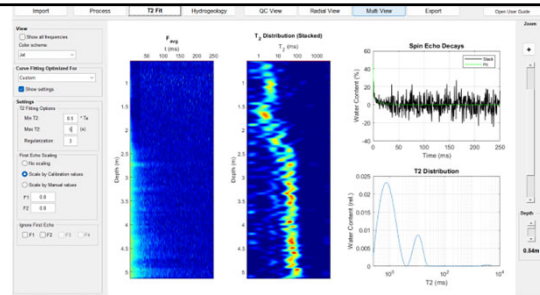
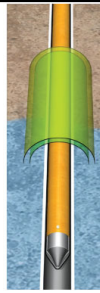
- **Vesipitoisuus**
- (josta tilavuuspaino)
- Vedenläpäisevyys
- rakeisuus

Research Centre
TERRA Geo Road Rail

10

NMR lyhyesti

- NMR – Nuclear Magnetic Resonance, eli atomin ytimen magneettinen resonanssi (myös käytetty MRI, BMR)
- Perustuu vedyn ytimen magneettisiin ominaisuuksiin
- **Mittaa suoraan vetyatomien määrää maassa – ja tästä saadaan suoraan vesipitoisuus**
- PVP alapuolella tästä huokoisuus ja tilavuuspaino
- T2-jakaumasta saadaan arviota maan rakeisuudesta



Kuva: Coates 1999

Research Centre
TERRA
Geo Road Rail

11

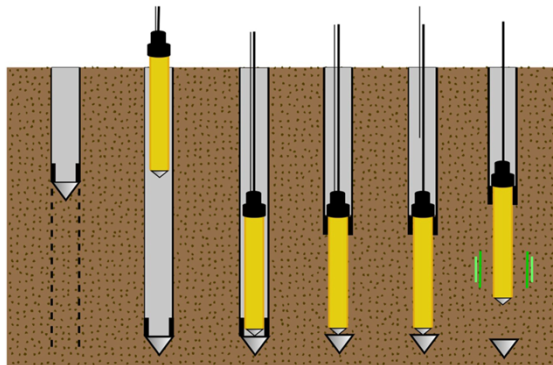
Joona Tuisku D-työ, Mittaustavat:

Pohjavesiputkesta



- Mitattava alue on reiän ulkopuolella
- Mittaus voidaan suorittaa joko painamalla NMR-luotain maahan tai pohjavesiputkesta
- Mittauskalusto on nopea asentaa ja mittaus on nopea

Kairavaunulla painamalla

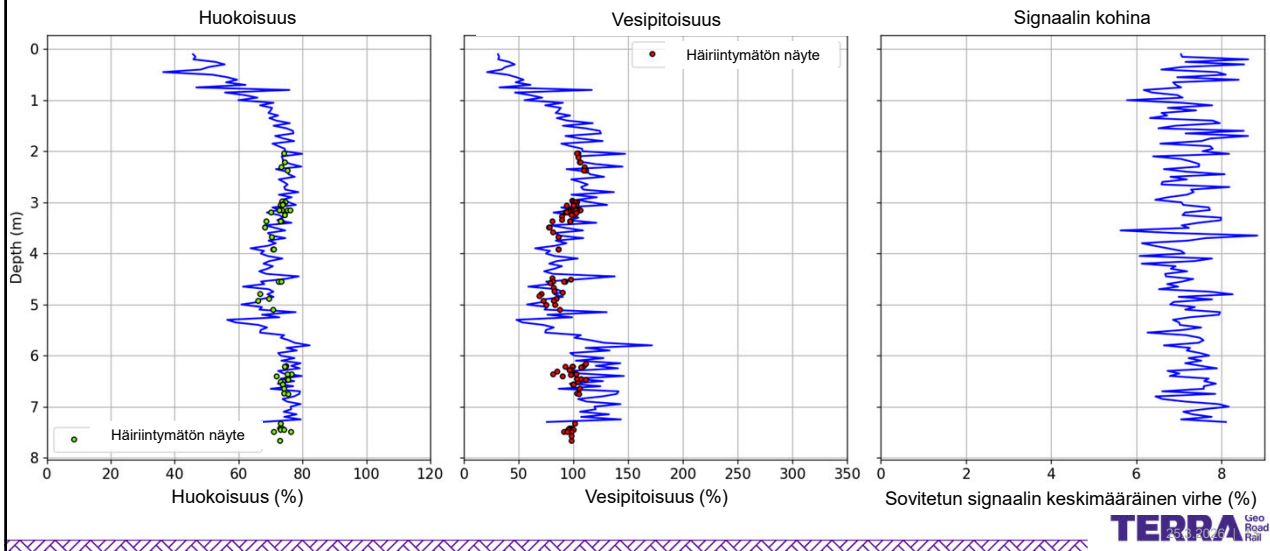


Kuva: Morozov et al. 2024

Research Centre
TERRA
Geo Road Rail

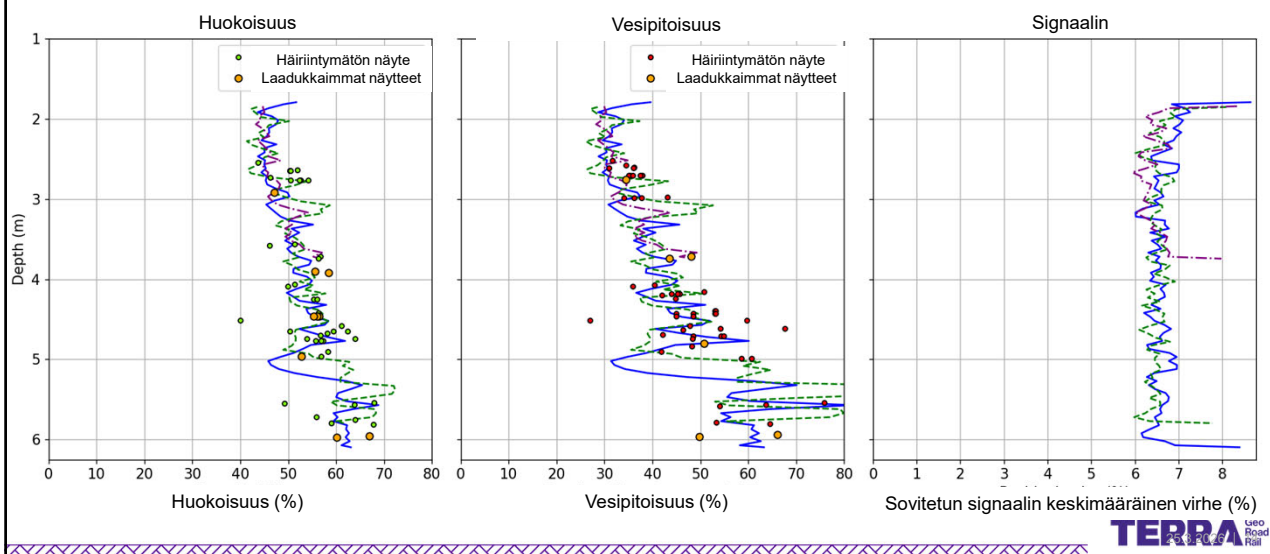
12

Esimerkki, Perniö (Joona Tuisku D-työ)



13

Esimerkki, Haistila (Joona Tuisku D-työ)



14

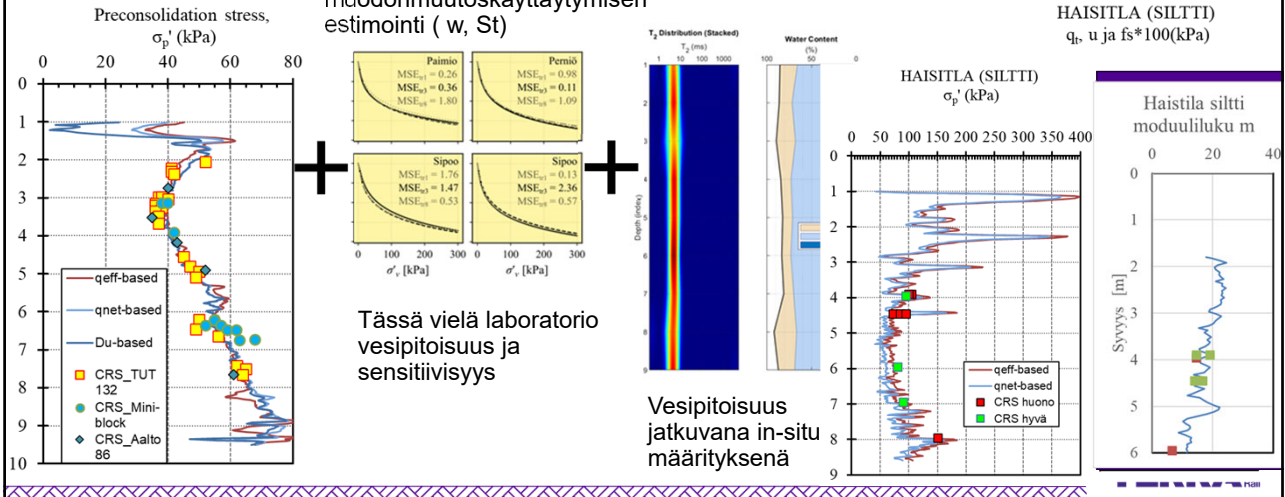
Muodonmuutosominaisuuksien määrittäminen jatkuvana osa 3, seuraavaksi tarkoitus yhdistää CPTU ja NMR

FINCONE 1 (ja sen jälkeen) FINCONE 2 osatulos:
muodonmuutoskäyttämisen
estimointi (w , S_t)

NMR

Siltti kohde

HAISITLA (SILTTI)
 q_t , u ja $f_s \cdot 100$ (kPa)



15

Ja vielä jotain ihan muuta...

Suomen Akatemia haku AI2Geo



TERRA
GTK
TMC
CIVIT

Taas yksi tutkija
toivoo Suomen
Akatemia lahjaa

Tarkoituksena selvittää
hyperspektrikuvantamisen mahdollisuuksia
parantaa maan kerroksellisuuden, rakeisuuden
ja mekaanisten ominaisuuksien
määrittystarkkuutta (jatkuvana syvyysprofiilina)



16