
Syvästabiloinnin laadunvalvonnan ohjeistus

Diplomityö

Peter Kolis / 21.8.2025 / SGY Pohjanvahvistuspäivä

Syvästabiloinnin laadunvalvonnan ohjeistuksen päivitys

- Stabiloidun maan laadunvalvonnan ohjeistus jakautunut eri teoksiin
 - Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje (Tielaitos 1992)
 - Kalkkipilariohje KPO 2002 (Espoo 2002)
 - Syvästabiloinnin suunnittelu (Liikennevirasto 2018)
 - InfraRYL
- Tilanne osin sama Ruotsissa ja Norjassa
 - SGF 2000:2
 - SD Rapport 17 (2006)
 - AMA Anlägg
 - NGF 2012
 - ...

Väyläviraston ja/tai SGY:n ohje ”Syvästabiloidun maan tutkimusohje” 2026-2027 (?)

A!

Diplomityön sisältö (pelkistetysti)

1. Johdanto
2. Stabiloidun maan tutkimukset
 - lujuuden määrittäminen laboratoriossa
 - lujuuden määrittäminen kentällä, QA / QC
 - laadunvalvonnan ohjeistus
3. Pohjoismaissa käytetyt stabiloidun maan tutkimusmenetelmät
 - pilarikairaus
 - käänteinen pilarikairaus
 - puristin-heijarikairaus (A 50 cm²)
 - monikanavaporaus
 - CPT
 - pilarisiipikairaus
4. Kantavuuskertoimen määrittäminen kirjallisuudessa
5. Kantavuuskertoimen määrittäminen tutkimuskohteissa
 - laskennallinen tarkastelu pilarikairauksen ja pilarisiipikairauksen tuloksista
6. Johtopäätökset
7. Liitteet
 - pohjoismaisen haastattelututkimus
 - tutkimusaineisto (kohdetiedot, tulosteet, ...)

Työn tilaajat:
- Väylävirasto / Veli-Matti Uotinen
- Helsingin kaupunki / Mirva Koskinen

Työn valvonta:
- Aalto yliopisto / Jussi Leveinen

Työn ohjaus:
- Ramboll

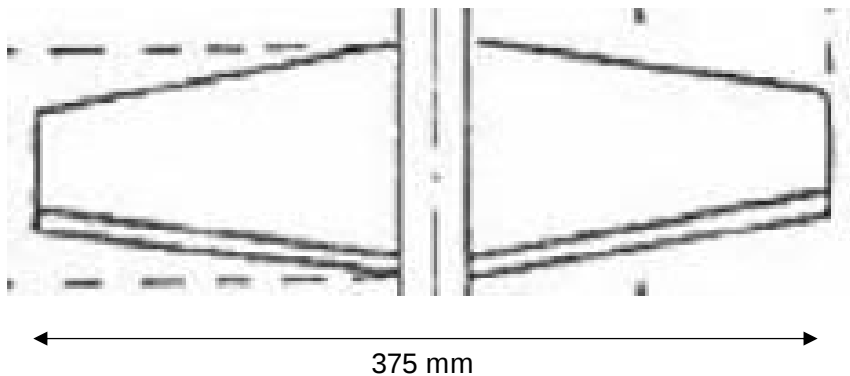
Laadunvalvontakairauksissa käytetyt tutkimuskärjet ja niiden mitat

Kairausmenetelmäksi valitaan yksi tai useampi seuraavista (suluissa kärjen tavanomaiset mitat, liitteessä 8 on esitetty kärkien periaatekuvat):

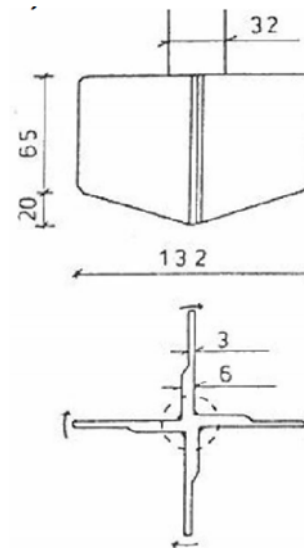
- pilarikairaus (kärjen alapinnan pinta-ala yleensä 100 cm²)
- pilarisiipikairaus (siiven koko 65×130 mm²)
- CPTU-kairaus (kärjen alapinnan pinta-ala 10 cm²)
- puristinheijarikairaus (kärjen alapinnan pinta-ala 50 cm²).

(Liikennevirasto 2018)

Pilarikaira (PK2/100)



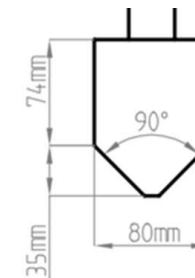
Pilarisiipikaira



CPTU
A=10 cm²



Puristinheijari
A=50 cm²



Pohjoismainen haastattelututkimus

Osana työtä kyselytutkimus stabiloinnin laadunvalvontakäytännöistä

- Suomi, Ruotsi ja Norja
- verkkokysely
- noin 20 kysymystä
- 15 vastausta, vastaajia tasapuolisesti kaikista kolmesta maasta
- urakointi, kairaukset, suunnittelu, tilaajat, tutkijat
- kyselyn tarkoitus selvittää alan nykyiset käytännöt, käytetyt menetelmät, ohjeistukset, haasteet, yms.
- lisäksi haastatteluja ja työmaakäyntejä

Keskeisiä havaintoja Ruotsista ja Norjasta:

- laadunvalvontatutkimukset nykyisin pääosin pilarikairalla
- stabilointiurakoitsija vastaa usein laadunvalvontaprosessista
- urakointi ja suunnittelu toimivat rajojen yli
- tällä hetkellä meneillään tutkimusta pilarikairan tulosten tulkinnan keskeistä epävarmuustekijöistä

A!

Stabiloidun maan tutkimusmenetelmiä



Pilarikairaus
(Suomi, Ruotsi, Norja)



Pilarisiipikairaus
(Suomi)

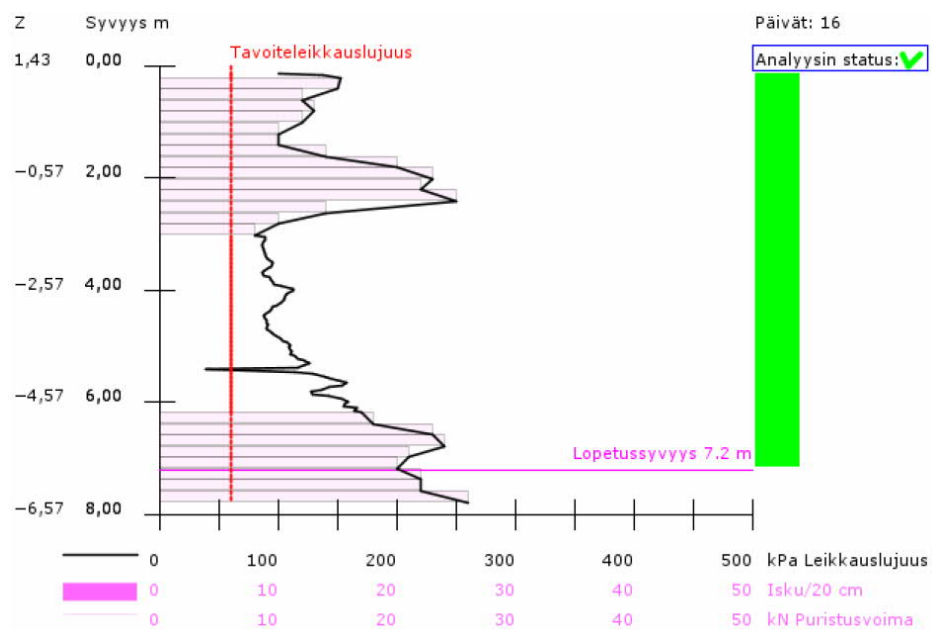


Käänteinen pilarikairaus (Ruotsi, Norja)

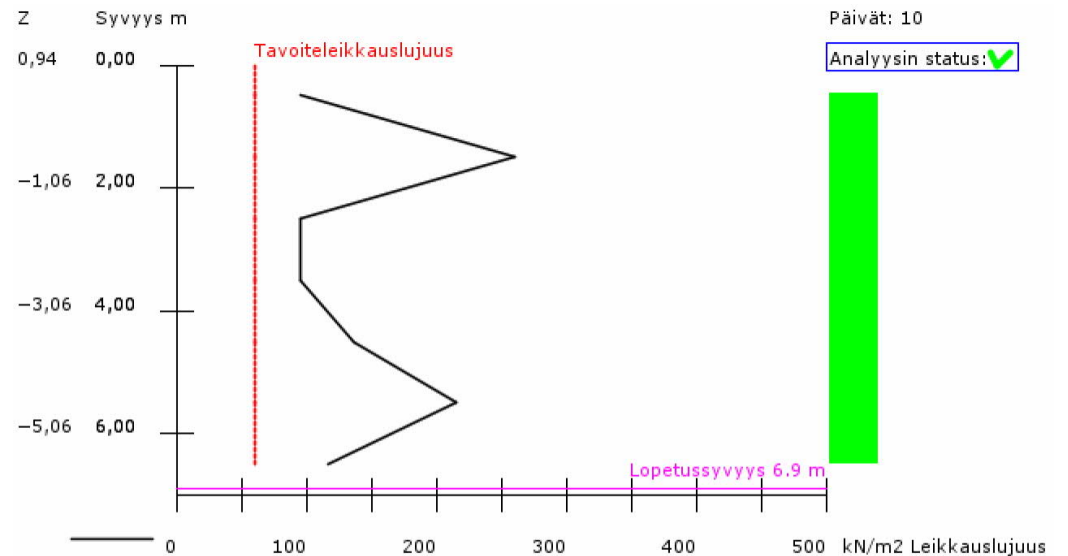
A!

Kuvat
Vasemmalla ja keskellä: Niskanen (2018), oikealla: Avery (2010)

Laadunvalvontakairauksen tulostus, yksittäiskairaukset



Pilarikairaus



Pilarisiipikairaus

A!

Miksi sekä pilarikairaus että pilarisiipikairaus?



Pilarikairauksen kantavuuskaava:

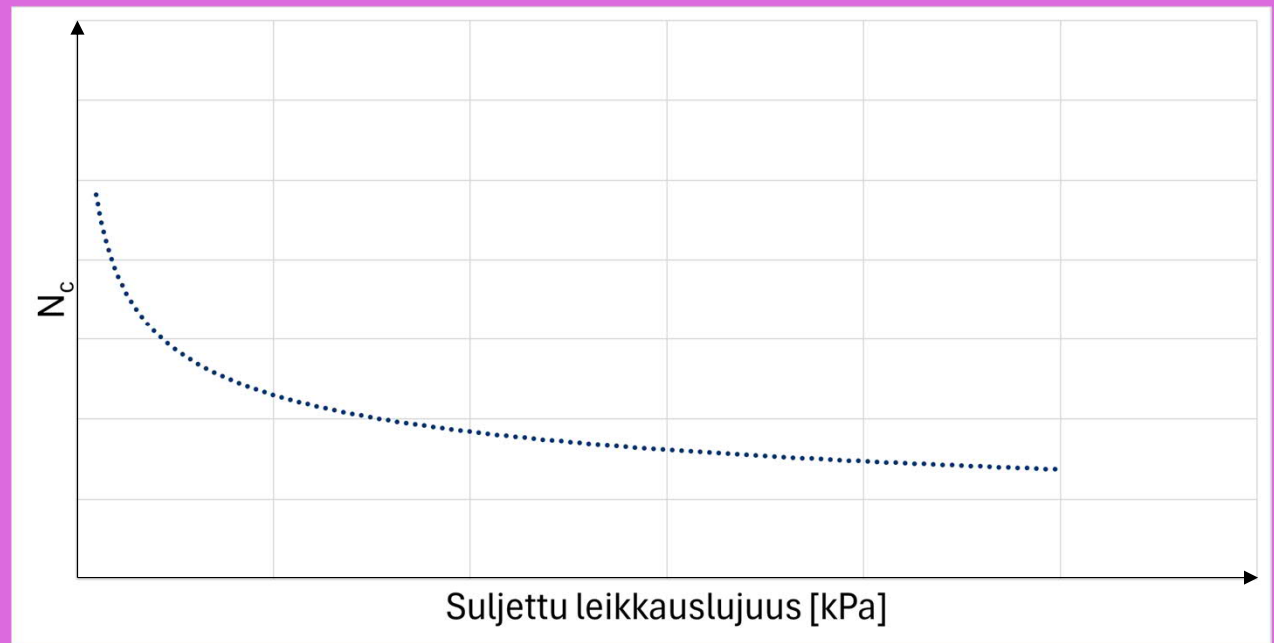
$$S_u = \frac{p - \sigma_0}{N_c} = \frac{\text{kairausvastus-tehokas jännitys}}{\text{kantavuuskerroin}}$$

- Kantavuuskerroin N_c voidaan määritellä Suomessa pilarisiipikairausten perusteella
- N_c kerroin noin 8–16 (Melander 1989)
- Usein oletetaan $N_c = 10$ (Ruotsissa aina 10)

A!

Mikä vaikuttaa kantavuuskertoimen arvoon?

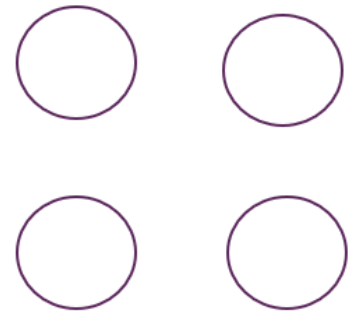
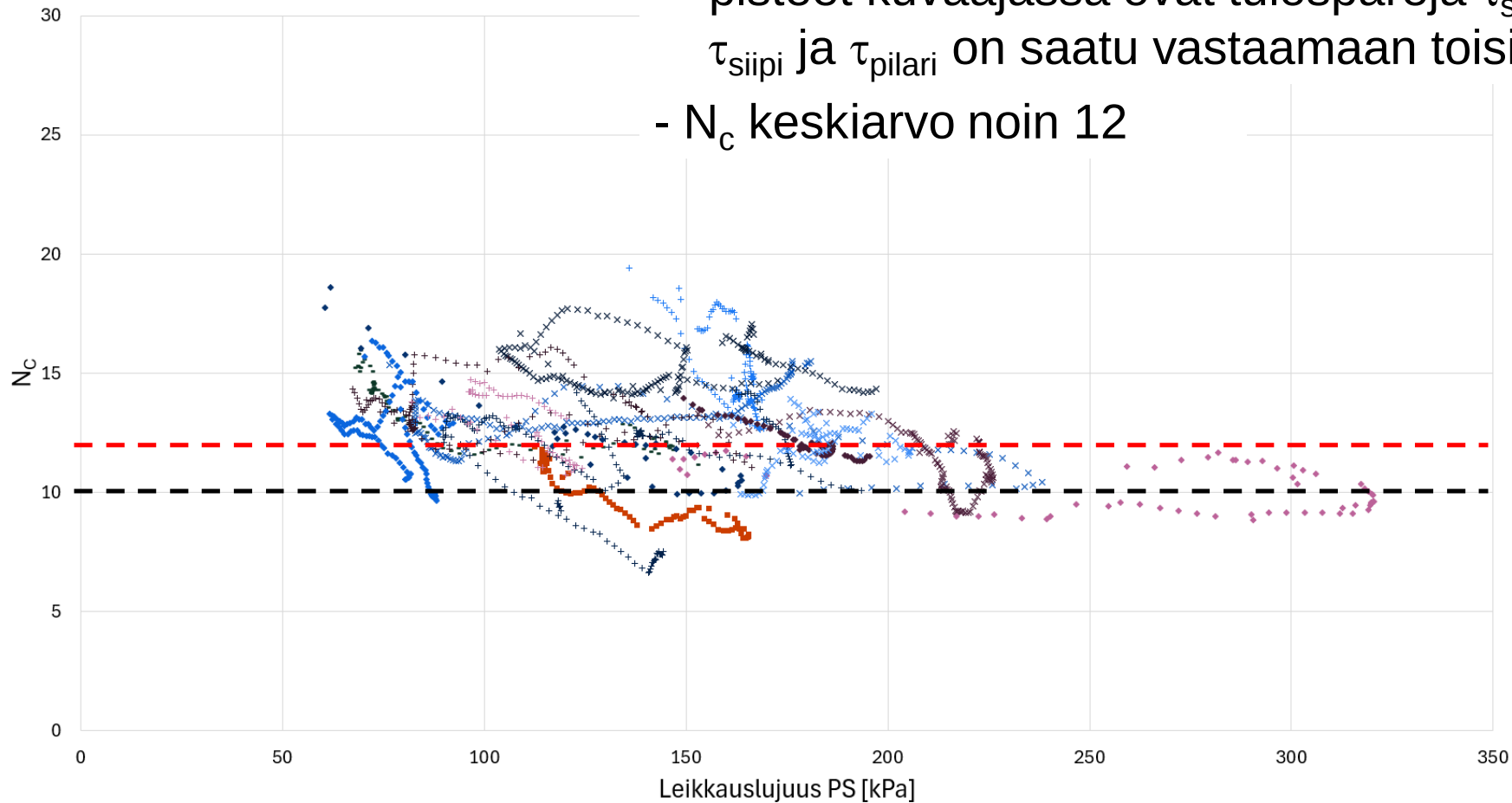
- Useat tutkijat ovat havainneet että pilarikairauksen kantavuuskerroin ei ole vakio kaikissa pilareissa ja kohteissa
- Kantavuuskertoimeen on havaittu vaikuttavan:
 - stabiloidun maan suljettu leikkauslujuus (mm. Timoney 2015, Melander 2017)
 - tehokas vaakajännitys (mm. Hov ym. 2025)
 - ...



A!

Yksittäispilarit

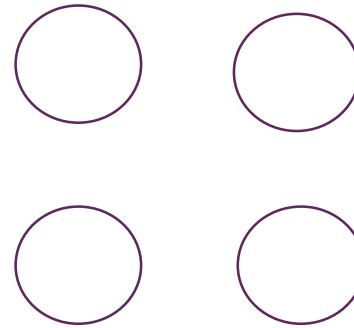
- 14 suomalaista kohdetta
- pisteet kuvaajassa ovat tulospareja τ_{siipi} ja N_c (jolla τ_{siipi} ja τ_{pilari} on saatu vastaamaan toisiaan)
- N_c keskiarvo noin 12



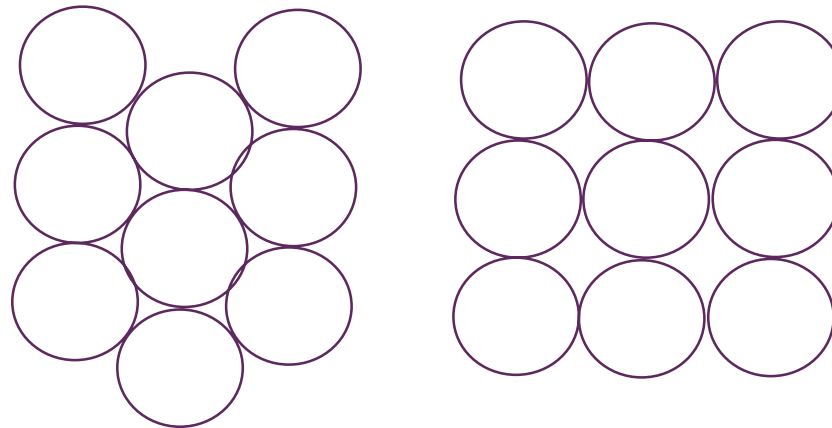
Yksittäiset pilarit / pilarilamellit

*"onko stabiloitu maa lujempaa lamellien
pilareissa tai toisiaan sivuavissa pilareissa
kuin yksittäisissä pilareissa?"*

Yksittäiset pilarit

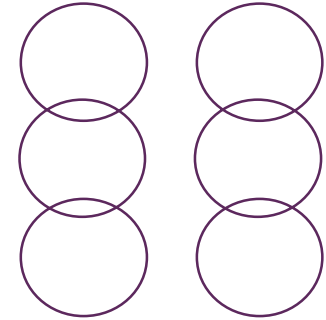


Toisiaan sivuavat pilarit

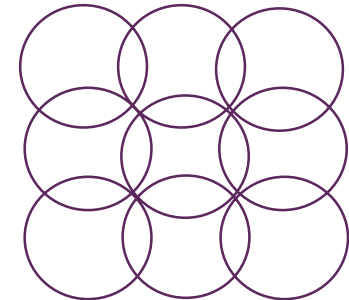


Toisiaan leikkaavat pilarit

Pilarilamelli



Pilareilla tehty
massastabilointi

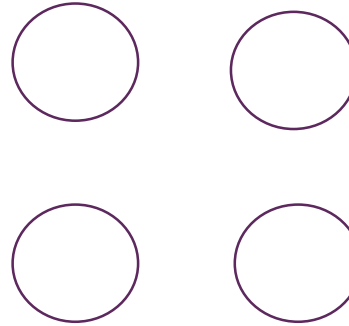


A!

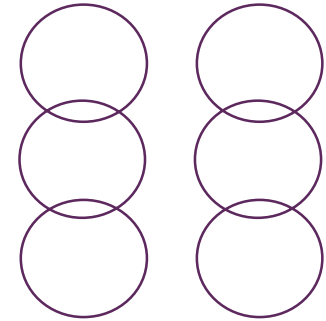
Yksittäiset pilarit / pilarilamellit

- Sideainemäärä limityksissä?
- Vaakajännitys?
- Lämpötila lujittumisvaiheessa?
- Pilarikaavio syvemmillä?
- ...?

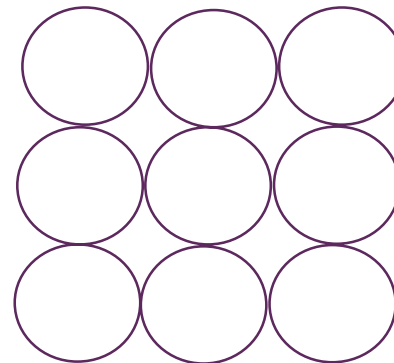
Yksittäiset pilarit



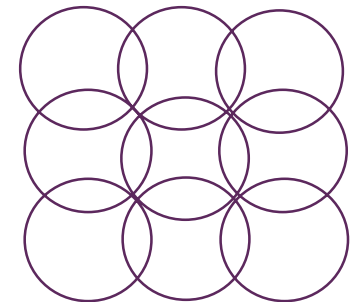
Pilarilamelli



Toisiaan sivuavat pilarit

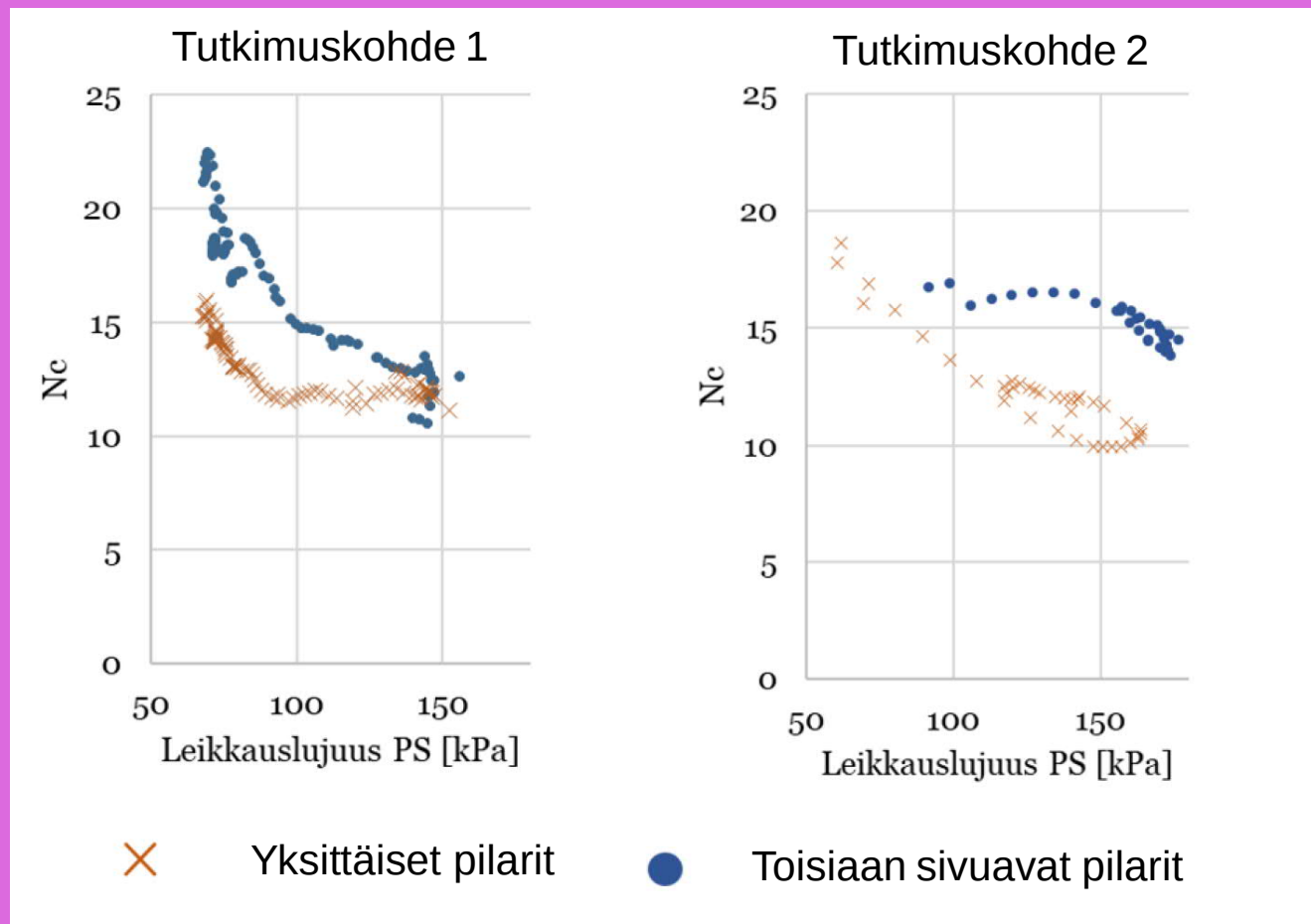


Pilareilla tehty massastabilointi



A!

Yksittäiset pilarit / toisiaan sivuavat pilarit



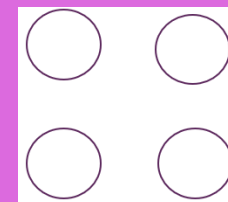
✕ Yksittäiset pilarit

Kohde 1:

83 kpl PK / 32 kpl PS

Kohde 2:

25 kpl PK / 8 kpl PS



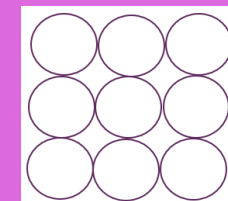
● Toisiaan sivuavat pilarit

Kohde 1:

41 kpl PK / 7 kpl PS

Kohde 2:

10kpl PK / 3 kpl PS



A!

Yhteenveto

- Yleisimmät menetelmät Suomessa käyttökelpoisia (pilarikairaus ja pilarisiipikairaus)
- Lamelli- ja limittyvien pilarien käytäntöjä tarkennettava (N_c -kerroin, pilarikairan lavan suunta lamellissa, ...)
- Tutkimusaineisto mahdollisti myös tarkastelun mm. kairauksen pilarissa pysymisestä, pilarikairan tankokitkasta ja täydentävistä pilarikairauksista
- Työ valmistumassa syyskuussa 2025
- Myöhemmin laaditaan Väyläviraston ja/tai SGY:n ohje ”Syvästabiloidun maan tutkimusohje”

A!



Kiitos
aalto.fi

Lähteet:

Avery, T. (2010). *Soil Mixing Methods*. Geotechnical Society of Edmonton: 2010 Annual Symposium
Hov, S., Moe, E. Haraldsen, G., Paniagua, P. & Larsson, S. (2025). *Laboratory scale column penetration tests for deep mixing purposes*. Canadian Geotechnical Journal 62.
Liikennevirasto. (2018). *Syvästabiloinnin suunnittelu*. Liikenneviraston ohjeita 17/2018.
Melandar, M. (2017). *Massastabiloinnin laadunvarmistuskairaukset*. Diplomityö. Aalto-yliopisto.
Timoney, M. (2015). *Strength verification methods for stabilised soil-cement columns: a laboratory investigation of PORT and PIRT*. Väitöskirja.