

Georakentamisen maisteriohjelma

Pilaristabiloinnin kenttä- ja laboratoriolu- juuksien suhde koestabilointikohteissa

Jari Ikävalko

Diplomityö
2023

Copyright ©2023 Jari Ikävalko

01.09.2023 tekstiin tehty korjauksia, työn sisältö ei ole muuttunut.

Tekijä Jari Ikävalko

Työn nimi Pilaristabiloinnin kenttä- ja laboratoriolujuuksien suhde koestabilointikohteissa

Koulutusohjelma Georakentamisen maisteriohjelma

Pääaine Geotekniikka

Vastuupettaja/valvoja Professori Leena Korkiala-Tanttu

Työn ohjaaja(t) DI Juha Forsman ja DI Asko Aalto

Yhteistyötaho Ramboll Finland Oy

Päivämäärä 12.06.2023 **Sivumäärä** 76 / 146 **Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Syvästabiloinnin suunnittelussa stabiloidun maan puristuslujuuden määrittämiseen tarvitaan kenttä-/laboratoriolujuuskerrointa. Tämän työn tavoitteena oli määrittää kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen arvoja uusiosideaineseoksille perustuen koestabilointikohteiden laboratorio- ja kenttätutkimuksiin (stabiloitavuuskokeet ja valvontakairaukset). Tämän tutkimuksen tuloksia on tarkoitus hyödyntää Väyläviraston päivitetystä Syvästabilointiohjeessa.

Tutkimustuloksia kerättiin yhteensä kuudesta eri pilaristabilointikohteesta: Malminkenttä, Topinpuisto, Luhtitie, Länsiranta, Kuninkaantammi ja Ilokkaanrinne. Tässä työssä vertailtiin samalla sideainereseptillä tehtyjen yhtä pitkään lujittuneiden stabiloitavuuskoekappaleiden yksiaksiaalisia puristuskoetuloksia (leikkauslujuudeksi muutettuna) ja stabilointipilareiden pilari- ja pilarisiipikairausten keskiarvoleikkauslujuuksien tuloksia. Työssä tehtiin lisäksi stabiloitavuuskokeiden vertailututkimus kolmen laboratorion välillä.

Tutkimustuloksista laadittiin kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet sideaineilla: Nordkalk Terra Green, Terra POZ, Terra GTC, Terra KC, Finnsementti CEMIII/A ja CEMIII/B ja lentotuhka+sementti -seoksille (UPM, PVO ja InfraStabi). Tulosten perusteella havaittiin odotusten mukaisesti, että pienemmillä laboratoriolujuuksilla on suurempi kenttä-/laboratoriolujuuskerroin kuin suuremmilla laboratoriolujuuksilla. Lisäksi sideaineilla CEMIII, GTC ja InfraStabi oli tyypillistä se, että stabiloitavuuskokeilla laboratoriossa saavutettiin suurempia leikkauslujuuksia kuin koepilareissa kentällä. Sideaineilla POZ, Green ja LT+CEM saavutettiin puolestaan koepilareissa suurempia lujuuksia kuin laboratoriossa.

Tutkimustuloksista koottiin kolme kuvaajaa sideaineille, joiden kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet vastasivat toisiaan. Tutkimuksessa mukana olleille sideaineille määritetyt kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet ovat selvästi suurempia kuin käytössä olevan Liikenneviraston ohjeen 2018 sideaineille määritetyt kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet.

Avainsanat Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin, pilaristabilointi, stabiloitavuuskoe, koestabilointi, uusiosideaine

Author Jari Ikävalko

Title of thesis The field and laboratory strength ratio of column stabilization in test stabilization sites

Programme Master's programme in Geoengineering

Major Geotechnical engineering

Thesis supervisor Professor Leena Korkiala-Tanttu

Thesis advisor(s) M.Sc.Tech Juha Forsman, M.Sc.Tech Asko Aalto

Collaborative partner Ramboll Finland Oy

Date 12.06.2023 **Number of pages** 76 /146 **Language** Finnish

Abstract:

In the design of deep mixing, a field and laboratory strength ratio is used to determine the compressive strength of the stabilized soil. The objective of this study was to determine field and laboratory strength ratio values for recycled binders based on laboratory stability tests and site investigations of column stabilization sites. The results of this study are intended to be used in the updating of Finnish Transport Infrastructure Agency's (FTIA) Deep Stabilization Guidelines.

Research results were collected from a total of six different column stabilization sites: Malminkenttä, Topinpuisto, Luhtitie, Länsiranta, Kuninkaantammi and Ilokkaanrinne. In this work, the laboratory test results (uniaxial compression strength converted to shear strength), and quality control soundings test results (column penetrometer and vane penetrometer for deep stabilized soil) were compared. The laboratory test specimens were done with the same clay, binder recipe, and curing time as the columns. The work also included a laboratory comparison test between three laboratories.

From the research results, field and laboratory strength ratios were compiled for binders: Nordkalk Terra Green, Terra POZ, Terra GTC, Terra KC, Finnsementti CEMIII/A and CEMIII/B and fly ash+cement mixtures (UPM, PVO and InfraStabi). Based on the results, it was found, that lower laboratory strengths have a higher field and laboratory strength ratio than higher laboratory strengths. In addition, it was typical for the binders CEMIII, GTC and InfraStabi that higher shear strengths were achieved in the stability tests in the laboratory than in the columns in the field. The binders POZ, Green and LT+CEM, on the other hand, achieved higher strengths in the field columns than in the laboratory.

From the research results, three nomographs options were compiled for binders whose field and laboratory strength ratios corresponded to each other. The field and laboratory strength ratios of the binders included in the study are clearly higher than the field and laboratory strength ratios determined for binders in the 2018 guidelines of the FTIA.

Keywords Field and laboratory strength ratio, column stabilization, laboratory stability test, recycled binders.

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällysluettelo

Alkusanat	7
Symbolit ja lyhenteet	8
1 Johdanto	10
2 Syvästabilointimenetelmät	11
2.1 Syvästabiloinnin periaate	11
2.2 Pilaristabilointimenetelmä	11
2.3 Sideaineet	13
2.4 Stabiloidun maan leikkauslujuuden ominaisarvo ja mitoitusarvo	15
2.5 Ominaisarvon määrittämismenetelmät	19
3 Syvästabiloinnin suunnittelu ja laadunvalvonta	21
3.1 Stabilointisuunnitelma	21
3.2 Laadunvalvontamenetelmät	22
3.3 Stabiloinnin laatuun vaikuttavat tekijät	26
3.4 Stabiloitavuuskokeet laboratoriossa	27
3.5 Stabiloitavuuskokeiden laboratorio-ohje	28
4 Aiemmat koestabilointikohteet	30
4.1 Koestabiloinnin sideaineet	30
4.2 Ilokkaanrinne 2019	32
4.3 Kuninkaantammi 2020	33
4.4 Länsiranta 2020	36
4.5 Luhtitie 2021	38
4.6 Topinpuisto 2022	40
5 Malminkenttä, koestabilointi 2022	42
6 Laboratoriotutkimukset	52
6.1 Stabiloitavuuskokeiden toteutus Aalto-yliopistossa	52
6.2 Vertailututkimukset	55
6.3 Vertailukokeiden havainnot	56
7 Tutkimustulokset	58
7.1 Laboratoriokoetulokset	58

7.2	Laadunvalvontakairaus- ja laboratoriolujuuksien yhdistäminen	60
8	Kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen määrittäminen	62
9	Tulosten analyysi	67
10	Johtopäätökset.....	70
	Lähdeluettelo.....	71
	Liiteluettelo	
	Liitteet	

Alkusanat

Syvästabiloinnissa on siirrytty ja siirrytään käyttämään uusiosideaineita enenevässä määrin. Uusiosideaineilla tehtävän stabiloinnin mitoituksen ohjeistuksessa on havaittu puutteita (mm. kenttä-/laboratoriolujuuskerroin). Tämän diplomityön tavoitteena oli määrittää uusiosideaineille kenttä-/laboratoriolujuuskertoimia perustuen koestabilointikohteiden laboratorio- ja kenttätutkimuksiin. Työn tuloksia on tarkoitus hyödyntää Väyläviraston Syvästabiloinnin suunnittelu ohjeen päivityksessä.

Diplomityön valvojana toimi professori Leena Korkiala-Tanttu ja ohjaajina diplomi-insinööri Juha Forsman ja diplomi-insinööri Asko Aalto. Kiitos Leenalle, Juhalle ja Askolle työn aikaisista neuvoista, ohjeista ja kommenteista.

Työn ja työssä tehtyjen sekä käsiteltyjen laboratorio- ja kenttätutkimusten rahoittajina toimivat: Helsingin kaupunki, Väylävirasto, Ramboll Finland Oy, Nordkalk Oy, UPM-Kymmenen Oyj, Pohjolan Voima Oyj ja Finnsementti. Diplomityön etenemistä on esiteltä ja etenemisestä on keskusteltu UUMA4-ohjelman työryhmän 7 kokouksissa. Työryhmä on kommentoinut työn luonnosta.

Kiitos kaikille yhteistyöstä ja tämän työn mahdollistamisesta. On ollut opettavaista ja inspiroivaa tehdä tätä työtä.

Diplomityön tein Aalto-yliopiston laboratoriossa. Kiitos Aallon työntekijöille Matti Ristimäki, Veli-Antti Hakala, Pekka Eloranta ja Otto Hedström hyvästä työilmapiiristä ja mukavista keskusteluhetkistä.

Suuri kiitos perheelleni ja ystävilleni kaikesta tuesta ja avusta, mitä olette minulle antaneet.

Espoossa 6.6.2023
Jari Ikävalko

Symbolit ja lyhenteet

Sideaineet

CaO	polttettu kalkki
Ca(OH) ₂	sammutettu kalkki
CEM	sementti
CEMII	plussementti, portlandsementti
CEMIII/A ja CEMIII/B	kolmossementti
KC	kalkkisementti
LT	lentotuhka

Kairausmenetelmät

CPT	Cone Penetration Test – puristinkairaus
CPTU	puristinkairaus huokosvedenpainemittauksella
PK2/100	pilarikairaus, jossa kärki kaksisiipinen ja kärjen alapinnan pinta-ala 100 cm ²
ps130/65	pilarisiipikairaus, jossa siiven koko on 13x6,5 cm ²

Kaavoissa käytetyt merkinnät

$k_{K/L}$	kenttä- / laboratoriolujuuskerroin [-]
$k_{ed.}$	koetulosten edustavuuskerroin [-]
$k_{Ts/Tt}$	aikalujittumiskerroin [-]
N_c	kantavuuskerroin [-]
S_u	suljettu leikkauslujuus [kPa]
X_d	materiaaliominaisuuden mitoitusarvo
X_k	materiaaliominaisuuden ominaisarvo
$\sigma_{murto,lab.}$	laboratoriossa valmistetun stabiloidun näytteen puristuskestävyys, 1- aksiaalinen
σ_0	maan tehokas pystysuora jännitys [kPa]
τ_{stab}	stabiloidun maan leikkauslujuus [kPa]
$\tau_{stab;d}$	stabiloidun maan leikkauslujuuden mitoitusarvo stabiliteettilaskentaan ja pilarin puristuskestävyydestä tarkasteluun [kPa]
$\tau_{stab;emp}$	kokemusperäisesti määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus [kPa]
$\tau_{stab;k}$	stabiloidun maan leikkauslujuuden ominaisarvo, suunnittelulujittumisaajan jälkeen [kPa]
$\tau_{stab;koestab.}$	koestabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus, kairaustulosten varovainen keskiarvo [kPa]
$\tau_{stab;lab.}$	laboratoriossa valmistetun näytteen puristuskestävyydestä määritetty leikkauslujuus, puristuskokeiden tulosten keskiarvo [kPa]

$\tau_{stab;s}$	stabiloidun maan leikkauslujuus, suunnittelulujittumisajan jälkeen [kPa]
$\tau_{stab;t}$	leikkauslujuus ennakkotutkimusten lujittumisajan jälkeen [kPa]
$\tau_{stab;tuot.stab}$	tuotantostabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus, kairaustulosten varovainen keskiarvo [kPa]
γ_m	maaparametrin (materiaaliominaisuuden) osavarmuysluku [-]
γ_{stab}	leikkauslujuuden osavarmuysluku stabiloidulle maalle (1,4) [-]

1 Johdanto

Syvästabilointi ja muut pohjanvahvistusmenetelmät ovat mukana uudessa luonnosvaiheessa olevassa eurokoodiehdotuksessa (prEN1997-3, luku 11). Ehdotuksessa on esitetty vaatimuksena stabiloidun maan puristuslujuuden määrittäminen lujuuden ominaisarvosta. Ominaisarvon määrittämiseen tarvitaan kenttä-/laboratoriolujuuskerroin Väyläviraston ”Syvästabiloinnin suunnitteluohjeen” (2018) kaavan 6.3 mukaisesti.

Syvästabiloinnin mitoitustalujuuden määrittämiseen tarvitaan kenttä-/laboratoriolujuuskerrointa, jolla laboratoriossa määritetty stabiloidun maan leikkaustalujuus muutetaan mitoituksessa käytettäväksi lujuuksi. Väyläviraston Stabiloinnin suunnitteluohjeessa on esitetty käytössä oleva nomogrammi, joka on peräisin 90-luvulta. Siinä ei ole nykyisin käytössä olevia ja kehitysvaiheessa olevia uusiosideaineita eikä uusia sementtilaatuja.

Tämän työn päätavoitteena on määrittää kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen arvoja uusiosideaineille, joita on käytetty savipehmeiköille toteutetuissa koepilaristabiloinneissa 2019-2022. Tutkimuksen aineistoa kerättiin yhteensä kuudesta eri pilaristabiloinnin työkohteesta: Malminkenttä (Malmin entinen lentokenttä), Topinpuisto, Lohitie, Porvoon Länsiranta, Kuninkaantammi ja Ilokkaanrinne. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin määritetään vertaamalla samalla sideainereseptillä tehtyjen yhtä pitkään lujittuneiden stabiloitavuuskoekappaleiden puristuskoetulosten keskiarvoa ja stabilointipilareiden valvontakairauksen keskiarvotuloksia. Kun tuloksia on useista kohteista, joissa laboratoriolujuudet vaihtelevat riittävän laajalla lujuusalueella, tuloksista on mahdollista laatia nomogrammeja mitoitushjeeseen koostettavan nomogrammin lähtötiedoiksi.

Väyläviraston Stabiloinnin suunnitteluohjeen 2018 liitteeksi laadittiin stabiloitavuuskokeiden toteutusohje. Ohjeistuksesta huolimatta on havaittu edelleen jonkin verran hajontaa eri laboratoriodien tekemisessä stabiloitavuuskoetuloksissa. Tässä työssä tehtiin myös stabiloitavuuskokeiden vertailututkimus runkoaineena Malminkentän pilaristabiloinnin koalueen savi ja sideaineena Finnsementti CEMIII/A. Vertailututkimukseen osallistuivat laboratoriot Ramboll Finland Oy, Nordkalk Oy ja Aalto-yliopisto. Tavoitteena on aikaansaada aineistoa, jota voidaan mahdollisesti hyödyntää Väyläviraston stabiloitavuuskokeiden ohjeistusta kehitettäessä.

Tämän työn alku käsittelee kirjallisuusselvityksenä pilaristabiloinnin peruseriaatteen, pilaristabiloinnin laadunvalvontavalvontakairaukset ja stabiloitavuuskokeiden eri vaiheet läpi. Työssä esitellään tutkimuskohteet ja niiden tulokset. Työn lopussa esitetään kenttä-/laboratoriolujuuskertoimille sovitettut kaavat ja kuvaajat sideaineille: Nordkalk Terra Green, Terra POZ, Terra GTC, Terra KC, Finnsementti CEMIII, Pohjan Voiman (Kaukaa) ja UPM-Kymmenen (Jämsänkoski) sideaineseokselle lentotuhka+sementti.

2 Syvästabilointimenetelmät

2.1 Syvästabiloinnin periaate

Pilaristabilointia on käytetty Helsingin kaupungin kohteissa 1970-luvulta ja Tielaitoksen kohteissa 1980-luvun alkupuolelta asti. Stabiloinnin tavoitteena on parantaa pehmeän maa-aineksen ominaisuuksia eli lisätä maan leikkauslujuutta ja/tai vähentää kokoonpuristuvuutta. Stabiloinnissa maa-ainekseen sekoitetaan sideainetta, joka kemiallisten reaktioiden kanssa lujittaa maa-aineksen. Syvästabilointimenetelmä voidaan jakaa kahdeksi eri menetelmäksi: pilari- ja massastabilointi. Pilaristabiloinnilla voidaan päästä noin 20 metrin syvyyteen (Suomessa tehty enimmillään 24 m syvyyteen) ja massastabiloinnilla noin viiden metrin syvyyteen (hyvissä olosuhteissa 8 m syvyyteen). Massastabiloinnilla voidaan lujittaa savi-, siltti-, lieju- ja turvekerroksia. Pilaristabiloinnilla lujitetaan savi- ja silttikerroksia, joissa saavutettava lujuus on riippuvainen sideaineen määrästä ja laadusta. (Liikennevirasto 2018, 17-25; Tielaitos 1999, 9; Aalto 1998, 12.)

Sideaine voidaan sekoittaa maa-ainekseen kuiva- tai märkämenetelmänä. Suomessa stabiloinnissa käytetään kuivamenetelmää, jossa kuiva sideaine syötetään paineilmalla stabiloitavaan maahan. Märkämenetelmä on yleisesti käytössä Japanissa ja Keski-Euroopassa, menetelmässä sideaine sekoitetaan ennen sekoitinkärkeen pumpaamista veteen, josta muodostuu liejumaista nestettä. (Liikennevirasto 2018, 17-20; Tielaitos 1999, 9.)

2.2 Pilaristabilointimenetelmä

Stabilointikoneet ovat tela-alustaisia. Koneissa on tyypillisesti 1-3 erillistä sideainesäiliötä samalla alustalla. Suomessa pilareiden halkaisijat ovat 500, 600, 700 tai 800 mm. Pilareiden halkaisija on sama, kuin työssä käytettävä sekoituskärki. Sekoitinkärkityyppejä ovat kattilakärki kuva 2.1 a ja käpykärki kuva 2.1 b. Sekoitinkärki viedään aluksi haluttuun syvyyteen. Sekoitinkärjen alas-viennin aikana kärjen kautta puhalletaan ilmaa, ettei sekoitinkärjen syöttöaukko tukkiudu maa-aineksestä. Sideaineen syöttö tapahtuu paineilmalla ylösnostovaiheessa sekoitinkärjen syöttöaukosta stabiloitavaan maahan. Ylösnostovaiheessa kärkeä pyöritetään, jolloin sideaine ja stabiloitava maa-aines sekoittuvat. Pohjoismaissa stabilointipilareiden maksimipituus on enintään n. 25 m. (Lahtinen & Parkkinen 1992, 9; Liikennevirasto 2018, 19-21.)

Sideaineen sekoituksella on merkittävä vaikutus pilarin lujuuteen ja tasalaatuisuuteen. Tärkeintä on sideainesyötön tasaisuus ja hallittavuus, riittävän tehokas sekoitustyö sekä paineilman minimointi. Sekoitustyötä ja sideaineen syöttömäärää seurataan ohjaamosta automaattisesti (ja tarvittaessa manuaalisesti) tasalaatuisen stabiloinnin aikaansaamiseksi. Sekoitustyön tehokkuus määritellään terän nousunopeutena kierrosta kohti kaavan 2.1 mukaisesti. Terätaojen määrä on tavallisesti 2-4 ja terän nousu/kierros on tyypillisesti max. 15 mm/kierros. Sideaineen syöttömäärä rekisteröidään 0,2 metrin mittaista pilarinosaa kohden. Syöttömäärä mitataan säiliön

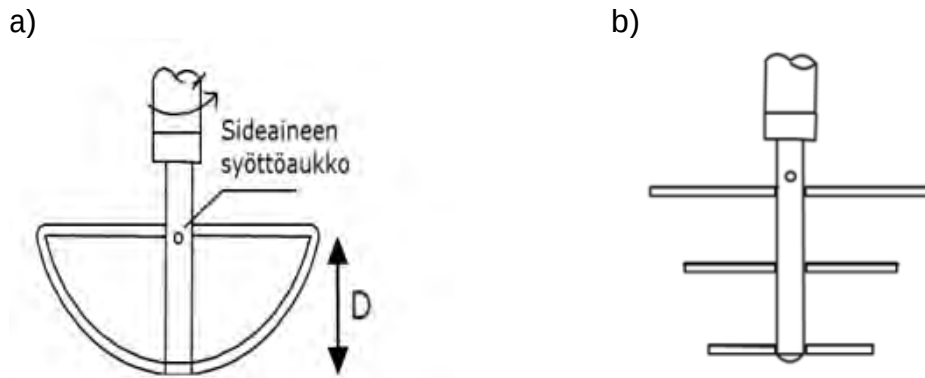
massan vähenemisenä sideaineen syötön aikana. Syöttötarkkuus on noin 1 kg pilari-metriä kohden. (Liikennevirasto 2018, 19-21.)

$$\text{Sekoitustyön tehokkuus} = \frac{\text{terätasojen määrä sekoitinkärjessä}}{\text{nousu kierrosta koti}} \quad 2 - 1$$

Suomessa eniten käytettyjen kimmoisten pilareiden oletetaan käyttäytyvän yhteistoiminnessa maapohjan kanssa, ja niiden myötölujuus ei ylity. Kimmoisten pilareiden leikkauslujuus on alle 150 kPa. Myötäävillä pilareilla myötölujuuden oletetaan ylittyvän ja niiden mitoitusleikkauslujuus on enintään 100 kPa. (Aalto 1998, 99-100; Liikennevirasto 2018, 17.)

Pilaristabiloinnin käyttökohteita ovat:

- penkereiden ja vallien perustaminen
- putkijohtojen perustaminen
- keveiden rakenteiden perustaminen
- kantavuuden parantaminen
- alueellisen vakavuuden varmistaminen
- paalujen sivusuuntaisen vastuksen lisääminen (työnaikaisesti tai pysyvästi)
- kaivannon pohjan vahvistaminen
- kaivannon tai leikkauksen luiskan vahvistaminen
- tuetun kaivannon ponttien passiivi- ja/tai aktiivipuolen lujuuden lisääminen
- pohjannousun estäminen
- liikennetärinän estäminen tai haittojen lieventäminen
- patoseinät / vettä ohjaavat seinät
- kaivu- ja ruoppausmassojen käsiteltävyyden parantaminen
- rakennus- tai täyttömateriaalin tuottaminen heikkolaatuisesta kaivumaasta
- sulfidisavien ja muiden happamien maiden liukoisuuden vähentäminen/estämien (pH:n säätö)
- haitta-aineiden eristäminen / kiinteyttäminen (pilaantunut maa)



Kuva 2.1: Pilaristabilointi sekoitinkärkityyppejä. a) kattilakärki, D on sideaineen syöttöaukon ja sekoitinkärjen välinen etäisyys. b) Käpykärki. (Liikennevirasto 2018, 20)

2.3 Sideaineet

Suomessa 1980-luvun alkuvaiheessa sideaineena käytettiin ainoastaan kalkkia ja 1980-luvun loppupuolella otettiin käyttöön sementin ja kalkin sekoitus. 1990-luvulla on alettu tuottamaan uusia sideaineita teollisuuden sivuvirroista. (Tielaitos 1999, 9.)

Sideaine koostuu yhdestä tai useammasta stabiloivasta aineesta ja sideaineseos koostuu useammasta sideaineesta. Maan stabiloinnissa sideaineena käytetään tyypillisesti sementtiä, kalkkia ja teollisuuden sivuvirtoja kuten esim. kipsi, lentotuhka ja masuunikuona. Masuunikuona ja lentotuhkat tarvitsevat tyypillisesti sementin tai kalkin aktivoimaan sideaineen lujittumisprosessia. Stabiloitavan maan ja sideaineen välinen lujittumismekanismi perustuvat hydrataatioreaktioon, pozzolaaniseen reaktioon tai etringiitin muodostumiseen. Sideaine ja vesi synnyttävät yhdessä stabiloitavan maan mineraalien kanssa kemiallisia reaktioita. Reaktioiden aikana stabiloituun maahan syntyy lämpöä, maan vesipitoisuus laskee ja maan lujuus kasvaa. (Liikennevirasto 2018, 27; Åhnberg 2006, 17.)

Sementti:

Sementin (CEM) pääraaka-aine on kalkkikivestä jauhettu kalsiumkarbonaatti (CaCO_3). Sementin valmistukseen tarvitaan lisäksi piioksidia (SiO_2), rautaoksidia (Fe_2O_3) ja alumiinioksidia (Al_2O_3), joita saadaan kalkkikivilouhoksen sivukivistä ja muun teollisuuden sivutuotteista. Suomessa käytettävät sementit ovat CE-merkittyjä ja täyttävät SFS-EN 197-1 standardin vaatimukset. Stabiloinnissa käytettäviä sementtituotteita ovat mm.: Pikasementti (CEM I 52,5 R), Oiva-sementti (CEMII/B-M (S-LL*) 42,5 N), Rapidsementti (CEMII/A-LL 42,5 R), Pikasementti (CEM I 52,5 R) ja SR-sementti (CEM I 42,5 N-SR3) ja Kolmossementti (CEM III/A 52,5 L). (Finnsementti Oy 2023.)

Sementti reagoi veden kanssa aiheuttaen hydrataatioprosessin. Sementin alkulujittuminen on nopeaa ja pitkäaikaislujuuttuminen vähäistä. Sementti lujittaa myös

maalajeja, joissa lujittuminen kalkilla on heikkoa. Pelkällä sementillä stabiloidut pilarit ovat tyypillisesti hauraita. Tästä syystä sideaineseoksessa käytetään lisänä kalkkia, joka lisää stabiloidun maan sitkeyttä. (Liikennevirasto 2018, 27; Janz & Johansson 2002, 30-31.) Sementissä CEM III on uusiomateriaalin (masuunikuona) osuus suuri ja on mahdollista, että sillä stabiloitujen pilareiden käyttäytyminen poikkeaa vähemmän uusiomateriaalia sisältävillä sementeillä (CEM I ja CEM II) stabiloitujen pilareiden käyttäytymisestä.

Kalkki:

Poltettu kalkki (CaO) on ollut 1970-80-luvuilla yleisin syvästabiloinnin sideaine. Vuosina 1990 ja 1991 pelkän kalkin osuus syvästabiloinnissa käytetyn sideaineen kokonaismäärästä oli 26 ja 40 %. Poltettu kalkki on hyvin reaktiivinen sideaine, joka nostaa stabiloitavan maan pH-arvoa, sitoo tehokkaasti vettä ja lujittuu pitkään. Kalkin lujittuminen perustuu pozzolaaniseen reaktioon, jossa kalkki reagoi veden ja stabiloitavan maan mineraalien kanssa. Kalkin lujittuessa muodostuu lämpöä, joka kiihdyttää myöhempiä lujittavia reaktioita. Kalkkipilareilla on ominaista suuri sitkeys, mutta melko alhainen lujuus verrattuna muihin sideaineisiin. Kalkki ei sovellu humuspitoisten savien ja liejujen stabilointiin. (Lahtinen et al. 1992; Liikennevirasto 2018, 27; EuroSoilStab 2002, 42.)

Kipsi:

Kipsiä saadaan teollisuuden sivuvirroista ja kaivoksilta louhittuna. Kipsin lujittuminen on hidasta ja lujittumisreaktiot jatkuvat pitkään sideaineen sekoituksen jälkeen. Kipsin sulfaatit aktivoivat sementin ja muodostavat materiaalin rakenteessa ettringiittejä. Ettringiittien muodostuminen aiheuttaa materiaalin laajenemisen, jonka johdosta sideaineen lujuus on vähäisempi kuin pelkän sementin lujuuden. Kipsi ei nosta maan pH:ta. (Suomen Betoniyhdistys ry 2023; EuroSoilStab 2002, 43, Forsman et al. 2014, 54; Kämäri & Ekholm 2020.)

Masuunikuona:

Masuunikuonajauhe tuotetaan raakaraudan valmistuksen sivutuotteena. Masuunikuonan lujittuminen perustuu hydrataatioreaktioon, jossa kuona tarvitsee sementin tai kalkin aktivoimaan lujittumisprosessia. Sementin ja veden reaktiossa masuunikuona kehittää lähes yhtä paljon lujuutta kuin sementtiklinkkeri. Masuunikuona on ominaisuuksiltaan sementin kaltainen, mutta laatu ja reaktiivisuus vaihtelevat eri valmistusmenetelmillä. (Suomen Betoniyhdistys ry 2023; EuroSoilStab 2002, 41; Finnsementti 2023.)

Lentotuhka:

Lentotuhkaa syntyy metsä- ja energiateollisuuden polttoprosesseissa. Tuhka kerätään talteen voimalaitoksen savukaasuista. Tuhkan ominaisuuksiin vaikuttavat poltto- ja käsittelyprosessi ja käytetty polttoaine (esim. kivihiili, metsäteollisuuden sivuvirta, ...). Voimaloissa on käytössä eri palamistuotteita ja prosesseja, mistä syystä

lentotuhkan ominaisuudet vaihtelevat eri voimaloiden välillä. Lentotuhka on hienora-
keista ja sen lujittuminen on hidasta. Lujittumismekanismi perustuu pozzolaaniseen
reaktioon, joten se tarvitsee sementin tai kalkin aktivaattoriksi. (EuroSoilStab 2002,
41; Janz & Johansson 2002, 20.)

2.4 Stabiloidun maan leikkauslujuuden ominaisarvo ja mitoitus- arvo

Eurokoodimitoitussjärjestelmässä geoteknisten parametrien mitoitusarvot (X_d) johde-
taan yhtälöllä 2-1, jossa maan mitoitusarvo määritetään jakamalla materiaaliominais-
suuden ominaisarvo (X_k) varmuuskertoimella (γ_m). Suomessa väylähankkeissa sovel-
letaan eurokoodiluonnoksen vaatimuksia Väyläviraston ohjeistuksien mukaan. Väylä-
viraston ohjeessa Syvästabiloinnin suunnittelu 17/2018 stabiloidun maan ominai-
sarvo saadaan kenttä- ja/tai laboratoriokokeiden tuloksien keskiarvoista. Geotekni-
sessä mitoituksessa käytettävä stabiloidun maan leikkauslujuuden mitoitusarvo $\tau_{stab;d}$
johdetaan kaavoilla 2-2, 2-3 ja 2-4. (Liikennevirasto 2018, 54-55; SFS-EN 1997-1, 29.)

$$X_d = X_k / \gamma_m \quad (2.1)$$

$$\tau_{stab;k} = \tau_{stab} \times k_{K/L} \times k_{ed.} \times k_{Ts/Tt} \quad (2.2)$$

$$\tau_{stab;lab.} = \sigma_{murto, lab.} / 2 \quad (2.3)$$

$$\tau_{stab;d} = \tau_{stab;k} / \gamma_{stab} \quad (2.4)$$

$\tau_{stab;k}$ stabiloidun maan leikkauslujuuden ominaisarvo mitoituslujittu-
misajan jälkeen (yleensä 28 vrk tai 90 vrk)

τ_{stab}	$\tau_{stab;lab}$	laboratoriossa valmistetun näytteen puristuskestävyy- destä määritetty leikkauslujuus (kaava 3-3)
	$\tau_{stab;koestab.}$	koestabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määri- tetty stabiloidun maan leikkauslujuus
	$\tau_{stab;tuot.stab}$	tuotantostabiloinnin laadunvalvontakairaustuloksista määritetty stabiloidun maan leikkauslujuus
	$\tau_{stab;emp}$	kokemusperäisesti määritetty stabiloidun maan leikkaus- lujuus

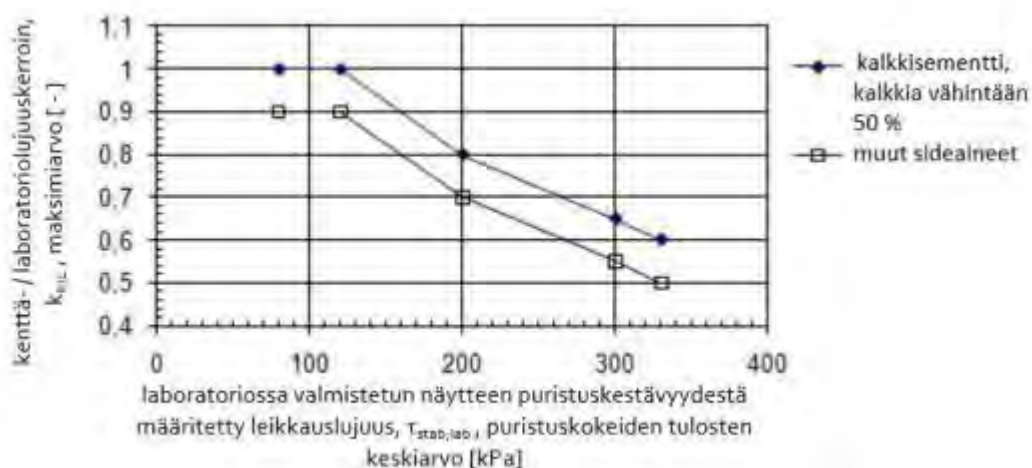
$k_{K/L}$ kenttä- / laboratoriolujuuskerroin

$k_{ed.}$ koetulosten edustavuuskerroin

$k_{Ts/Tt}$	aikalujittumiskerroin
$\sigma_{murto,lab.}$	laboratoriossa valmistetun stabiloidun näytteen puristuskestävyys, 1- aksiaalinen
$\tau_{stab;d}$	stabiloidun maan leikkauslujuuden mitoitusarvo stabiliteetti-laskentaan ja pilarin puristuskestävyydestä tarkasteluun
γ_{stab}	leikkauslujuuden osavarmuuskertoimen stabiloidulle maalle (= 1,4)

Kaavassa 2-2 kenttä- / laboratoriolujuuskertoimella ($k_{K/L}$) muutetaan laboratoriolujuuden arvo vastaamaan kenttälujuusarvoa. Kuvassa 2.2 on esitetty pilaristabiloinnille käytettäviä lujuskertoimia. Kertoimelle $k_{K/L}$ voidaan käyttää arvoa 1, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- pilarien leikkauslujuustavoite on alle 120 kPa
- sideaineena käytetään kalkkisementtiä, jossa kalkin osuus on vähintään 50 %
- stabiloitava maakerros on savea tai liejuista savea (Liikennevirasto 2018, 59-60.)



Kuva 2.2: Kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen arvoja eri sideaineilla. (Liikennevirasto 2018, 60.)

Maasto- / laboratoriolujuuden redusointikerroin k_{red} on esitetty Syvästabiloinnin mitoitusohjeessa (Tiehallinto 1997) taulukon 2.1 mukaisesti. Taulukko perustuu TPPT-tutkimusohjelmassa 1990-luvulla tehtyyn tutkimukseen (VTT 2003). Kuvassa 2.2 esitetyn kaltainen nomogrammi esitettiin Syvästabiloinnin suunnitteluohje (Tiehallinto 2001), jossa nomogrammin selitteet ja rajaukset hieman poikkeavat Stabiloinnin suunnitteluohjeessa 2018 (Liikennevirasto) esitettyyn nomogrammiin verrattuna.

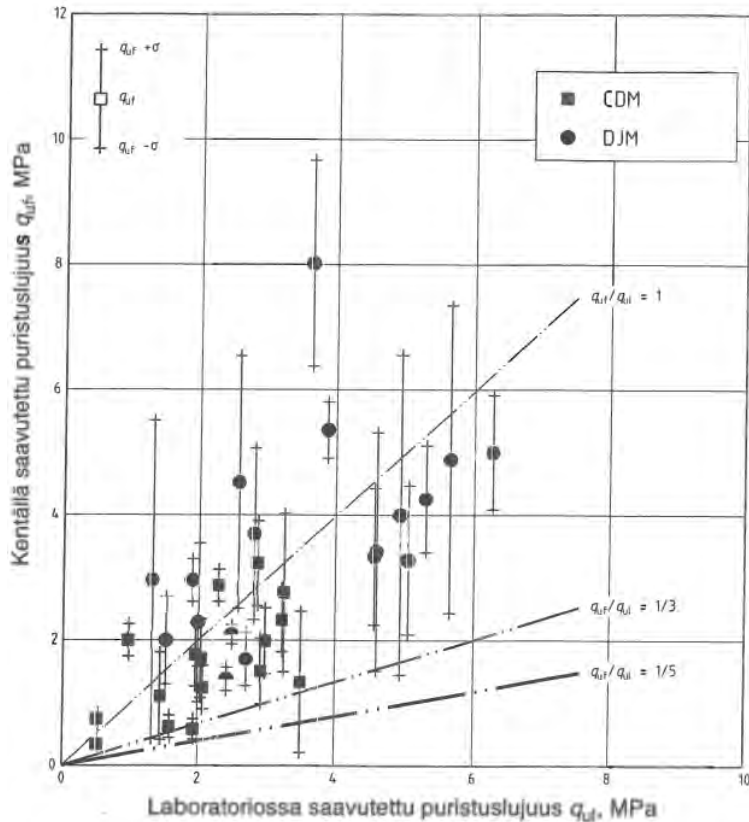
Kenttä- / laboratoriolujuuskertoimen arvoja on esitetty kirjallisuudessa. Kuvassa 2.3 on esitetty japanilaisten maa-alueilla toteutuneista kentällä ja laboratoriokokeista saatujen lujustulosten suhde. Kuvassa 2.4 on esitetty Kitazume ja Terashi (2013)

tutkimuksessa toteutuneiden kuiva- ja märkämenetelmällä stabiloiduista pilareista otettujen näytteiden ja laboratoriossa valmistettujen näytteiden lujuuden suhde.

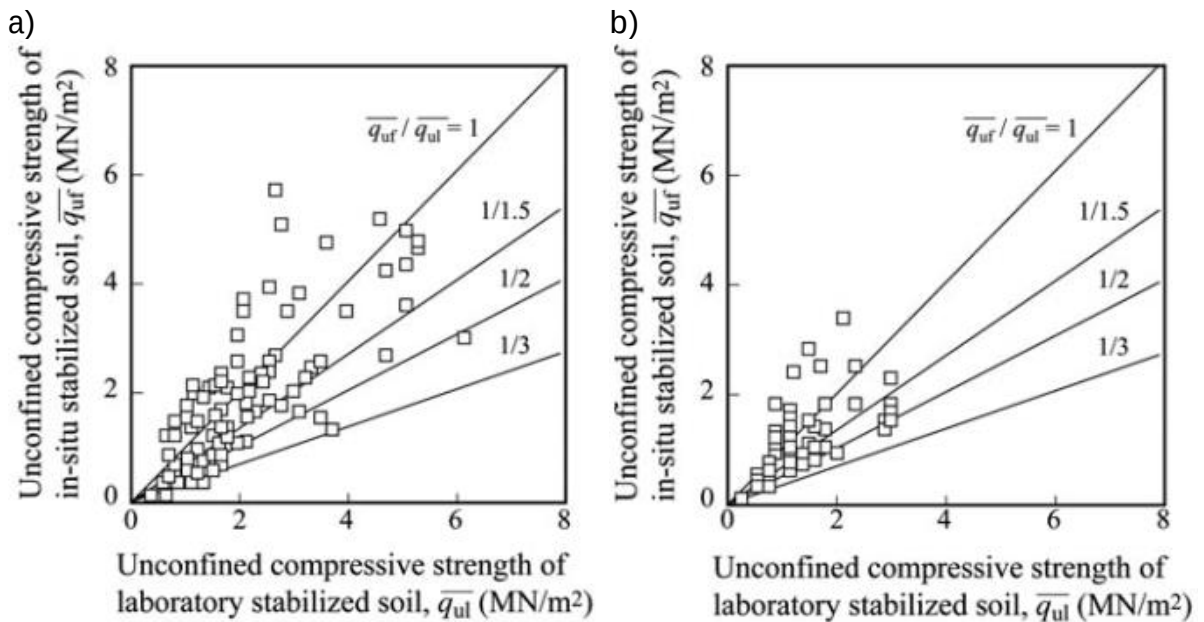
Aalto (1998) teki kirjallisuus- ja haastattelututkimusta laboratoriossa ja kentällä saavutettujen lujuuksien suhteesta. Kenttä- / laboratoriolujuuskertoimen hajonnan havaittiin tutkimuksen perusteella johtuvan osin stabiloituun maahan puhalletun todellisen sideainemäärän poikkeamista suunnitellusta.

Taulukko 2.1. Maasto- / laboratoriolujuuden redusointikerrointaulukko (Tiehallinto 1997; VTT 2003).

Pilaristabiloinnin laboratoriossa määritetyn leikkauslujuuden $\tau_{\text{laboratorio}}$ ja maastossa saavutettavan leikkauslujuuden τ_{maasto} välisen reduktiokertoimen k_{red} arvot, kun stabiloinnissa käytetään syöttöpainetta $p < 3,0$ bar ja kärjen nousunopeus sekoitettaessa on 12 mm/kierros. Mikäli nousunopeus on 5 mm/kierros alla esitetyt kertoimet voidaan kertoa luvulla 1,3. Mikäli nousunopeus on 20 mm/kierros, tulee kertoimet jakaa luvulla 2. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. Suurempaa redusointikertoimen arvoa kuin 1 ei kuitenkaan tule käyttää.				
$k_{\text{red}} = \frac{\tau_{\text{maasto}}}{\tau_{\text{laboratorio}}}$				
Kärkityyppi	Sekoitus-tasoja	Saven suljettu leikkauslujuus		
		< 10 kPa	10...15 kPa	15...25 kPa
	2	0,3	0,4	0,5
	3	0,45	0,7	0,85
	4	0,8	1,0	1,2
	≥ 6	0,9	1,1	1,3



Kuva 2.3. Kenttäkokeissa ja laboratoriokokeissa saatujen lujuustulosten suhde maa-alueella stabiloiduissa pilareissa (SFS-EN 2005). Kuvassa esitetyt tulokset ovat japanilaisista kohteista.



Kuva 2.4. Stabilointipilareista otettujen näytteiden ja laboratoriossa valmistettujen näytteiden lujuuden suhde. Kuva a) edustaa märkämenetelmällä ja kuva b) kuivamenetelmällä stabiloitua savea. (Kitazume & Terashi 2013)

2.5 Ominaisarvon määrittämismenetelmät

Stabiloidun maan leikkauslujuuden arvo voidaan määrittää maastossa tehtävillä koestabiloinnin valvontakairaustuloksilla, laboratoriossa tehtävillä stabiloitavuuskokeilla, aikaisempien stabilointien toteumatiedoista tai kokemuseräisesti. Ominaislujuus valitaan tuloksista varovaisen keskiarvon perusteella. Stabiloidun maan leikkauslujuustavoite on yleensä vähintään 70 kPa, matalien penkereiden perustamiseen leikkauslujuustavoite on 80-120 ja korkeammilla penkereillä 120-200 kPa. (Liikennevirasto 2018, 57-58.)

Stabiloidun maan ominaisarvo laboratoriotutkimuksilla voidaan määrittää, joko laboratoriossa valmistettujen koekappaleiden puristuskokeilla tai in-situ menetelmällä, jossa sideaineaine on sekoitettu maastossa stabiloitavaan maahan. Luvussa 3 käsitellään tarkemmin laboratoriossa tehtäviä stabiloitavuuskokeita. In situ menetelmässä sideaine lujittuu maaperässä, josta lujittunut näyte otetaan näytteenottimella, putkella tai kaivinkoneella koestukseen. In situ menetelmässä näyte voidaan myös maastossa tehdyn sekoituksen jälkeen sulloa muottiin ja säilyttää laboratoriossa koestukseen asti. Edellä mainittu vaihtoehto ei yleensä käytetä Suomessa. Laboratoriossa tehtävistä koekappaleista määritetään yksiaksiaalinen tai kolmiaksiaalinen puristuslujuus sekä jännitys-muodonmuutoskuvaajat. Yksiaksiaalisen puristuskokeiden tuloksista lasketaan keskiarvo, josta saadaan maan leikkauslujuuden arvo kaavalla 2-3. Laboratoriokokeiden leikkauslujuuden arvo muutetaan vastaamaan kenttälujuuden arvoa kenttä-/laboratoriolujuuskertoimella $k_{k/L}$, kuva 2.2. (Liikennevirasto 2018, 59; Tiehallinto 2001, 15-16.)

Suurissa hankkeissa stabiloidun maan leikkauslujuus voidaan määrittää luotettavammin maastossa tehtävillä koestabiloinneilla. Koestabiloinnin etuna on laboratoriolujuuden kenttälujuudeksi muuntamisen epävarmuuden poisjääminen. Koestabilointia voidaan toteuttaa stabilointiurakan koeluontoisena aloituksena ja sen valvontakairauksina. Koestabilointi on huomattavasti kalliimpaa, kuin laboratoriossa tehtävät kokeet. Koepilareita tulisi tehdä vähintään 6 kpl / sideainevariaatio+lujittumisaika ja pilarit tulisi tehdä suunnittelukohteen lähelle maaperäolosuhteita vastaavaan paikkaan. Koeapilareiden tutkimukset tulisi tehdä 1-3 kk ikäisille pilareille, riippuen hankkeen aikataulusta. Laadunvalvontakairausmenetelmät on tarkemmin esitelty luvussa 3.2. Suomessa käytettyjä toteavia laadunvalvontamenetelmiä ovat:

1. pilarikairaus (kärjen alapinnan pinta-ala yleensä 100 cm², kaksisiipinen malli PK2/100)
2. pilarisiipikairaus PS130/65 (siiven koko 13 × 6,5 cm²)
3. CPTU-kairaus (kärjen alapinnan pinta-ala 10 cm²)
4. puristinheijarikairaus, tyypillisesti PH50 (kärjen alapinnan pinta-ala 50 cm²), erityisen lujan stabiloidun maan tutkimiseen käytetään myös kärkeä PH16 (pinta-ala 16 cm²).

Muita harvoin käytettyjä tutkimusmenetelmiä ovat mm. pieniläpimittaiset pilarinäytteet, kokopilarinäytteet ja ruuvilevykuormitus. Ruuvilevyä on käytetty 1980-90 -

luvulla pilareiden tutkimuksiin, mutta käytännössä menetelmä ei ole mielekäs tuotantostabiloinnin laadunvalvontaan. (Liikennevirasto 2018, 61, 114; Uotinen 1994, 6.)

Stabiloinnin lujuus- ja painumaominaisuudet voidaan arvioida tapauskohtaisesti aikaisempien stabilointitulosten perusteella, mikäli aikaisempi stabilointi vastaa sijaintinsa, maaperätietojen, sideainereseptin, yms. tietojen perusteella suunnittelukohteen tietoja. Stabiloinnin mitoituslujuus, sideainetyyppi ja - määrä voidaan määrittää myös kokemukseräisesti helpossa ja pienessä suunnittelukohteessa, jonka maaperäolosuhteet ovat selkeät ja jota vastaavissa olosuhteissa syvästabilointia on tehty runsaasti. (Liikennevirasto 2018, 61-62.)

3 Syvästabiloinnin suunnittelu ja laadunvalvonta

3.1 Stabilointisuunnitelma

Stabilointisuunnitelman laatii yleensä rakennuttajan suunnittelija. Suunnitelmissa esitetään vaatimukset pilarien sijoituksesta ja laadunvaihteluun liittyvät toleranssit, pilaritutkimuksista ja pilarointityön työnaikaisista toimenpiteistä, sideaineen laatu, määrä ja sideaineen syöttö. Suunnitelmissa esitetään yleensä yksi lujittumisaika, jossa mitoituslujuus tulee saavuttaa. Lujuusvaatimukset voivat vaihdella syvyysuunnassa ominaisuuksiltaan eritavoin lujittuvissa kerroksissa. (Liikennevirasto 2018, 105-107; InfraRyl 2020.)

Pilarien sijoitusta koskevat laatumääritykset syvästabilointisuunnitelmassa esittää seuraavat tiedot:

- pilarien koko
- sijoittelu esitetään usein rastereilla ja sijoituskaavioilla piirustuksissa
- pilarien ala- ja yläpäiden tasot
- pilarien sijaintitoleranssit
- pilarien kallistuskulma ja -suunta
- pilarien kallistus- ja kaltevuustoleranssit
- työnsuunnitteluvaatimukset

(Liikennevirasto 2018, 105-107; InfraRyl 2020.)

Sideainetta ja sideaineen syöttöä varten suunnitelmassa esitetään seuraavat tiedot:

- sideaineen tyyppi
- sideaineen tai sideaineseoksen laatuvaatimukset
- sideaineen määrä, määrävaihtelut ja seosvaihtelut
- syöttökärjen nousunopeus ja kierrosnopeus
- syöttöpaine
- syötettävä ilmamäärä alaspäin mentäessä
- sideaineen työnaikaiset laatuvaatimukset

(Liikennevirasto 2018, 105-107; InfraRyl 2020.)

Pilarilaadun tutkimukset suunnitelmassa tulisi esittää:

- pilarien lujuudelle asetetut vaatimukset eri aikoina ja tarvittaessa eri maakerroksille
- suunnitelman edellyttämät erillisvaatimukset
- pilarin laadun tutkimusmenetelmät
- laaduntutkimusajankohdat ja tutkimusten lukumäärä
- menettelytapa pilarien valinnassa
- pilarikoestuksen edellyttämät toimenpiteet (pilari tehdään ylös asti, pilarien merkitseminen jne.)
- laadunvalvonnan tulosten arviointimenettely

(Liikennevirasto 2018, 105-107; InfraRyl 2020.)

Pilarointityön työnaikainen seuranta ja puutteiden korjaaminen toteutetaan työn valvojan toimesta. Työnaikainen seuranta ja puutteiden korjaukset voivat olla:

- pilarointikoneen puomin kaltevuus
- sideaineen syötön tarkkailu
- sideainelaadun tarkistukset kärjen syöttöaukon kautta otetuista näytteistä
- syöttökärkien kunnon tarkkailu työn aikana

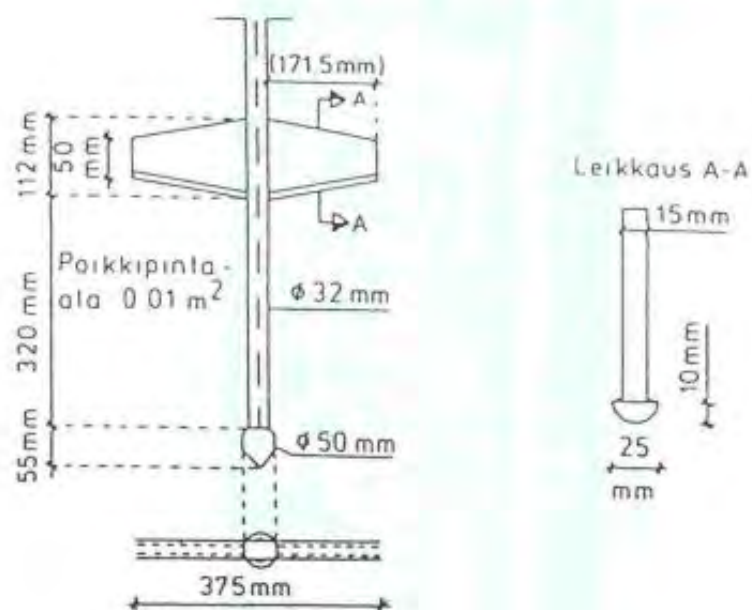
(Liikennevirasto 2018, 105-107; InfraRyl 2020.)

3.2 Laadunvalvontamenetelmät

Stabiloinnin laadunvalvonta ja -varmistus perustuu stabilointityön aikaiseen ja jälkeiseen laadunvalvontaan. Laadunvalvonnan tarkoituksena on varmistaa, että stabilointi on saavuttanut tai tulee saavuttamaan tavoitelujuutensa. Kentällä toteutettava laadunvalvonta tapahtuu in-situ kairauksilla, joilla saadaan määritettyä stabiloidun maan lujuus ja homogeenisuus. Sideaineen sekoittumista ja toteutunutta määrää voidaan selvittää pilareista otettujen näytteiden laboratoriotutkimuksilla tai pilareiden ylösnostoilla. (Liikennevirasto 2018, 113; Hautalahti et al. 2007, 25-26.)

Pilarikairaus:

Pilarikairaus on Suomessa yleisimmin käytetty laadunvalvontakairausmenetelmä. Pilarikairauksesta saadaan tuotettua kairausvastuksen jatkuva mittaustuloksena syvyyden funktiona. Kuvassa 3.1 on kairauksessa perinteisesti käytettävä PK2/100 kärki. Nimessä oleva numero 2 viittaa kärjen kahteen lapaan ja numero 100 viittaa kärkiosan laskennalliseen poikkipinta-alaan 100 cm². PK2/100 kärjen lavat on suunniteltu pitkiksi ja kapeiksi, jotta pilarin poikkipinta-ala saadaan laajasti tutkittua. Kärjen keskellä on syvemmälle ulottuva kärkikartio, joka auttaa kärkeä pysymään pilarissa. Kairauksen heikkoutena on kärjen huono tunkeutuminen, kun pilarin leikkauslujuus ylittää 200 kPa. Lisäksi pitkissä pilareissa on riskinä kairakärjen ohjautuminen ulos pilarista. Esi-
porauksella kairakärki saadaan pysymään varmemmin pilarissa. Pilarikairauksen ominaisuuksia ovat mittausten suoritusnopeus, pilarin koko matkalta saatu puristuslujuus ja kairauksen suhteellisen edullinen hinta. (Lahtinen & Parkkinen 1992, 20; Melander 2017, 21-24.)



Kuva 3.1: Pilarikairauksessa käytettävä PK2/100 kairakärki, kärjen pinta-ala 100 cm² (Lahtinen & Parkkinen 1992, 20).

Pilarikairaus muistuttaa kairausmenetelmänä puristinheijarikairausta, mutta kairauksen aikana tankoja ei pyöritetä. Puristinkairauksen aikana kairakärkeä puristetaan 0,02 m/s nopeudella stabiloituun maahan. Kairauksen aikana kairauksesta mitataan 0,04 m syvyysvälein hetkellinen puristusvoima 1 Newtonin tarkkuudella. Stabiloinnin ollessa puristamiselle liian kovaa siirrytään dynaamiseen heijarikairaukseen. Heijarikairauksessa tallennetaan kärjen 0,2 m tunkeumaan tarvittavien iskujen lukumäärä. Heijaroinnin isukumäärät muunnetaan vastaamaan leikkauslujuuden arvoa olettaen iskuluvun 10 lyöntiä/0,2 m vastaavan kairausvastuksen q_c arvoa 1 MPa. Kairausvastuksen arvo muutetaan pilarin leikkauslujuudeksi s_u kaavalla 3-1. Kaavassa kokemusperäinen kantavuuskertoimen N_c arvo saadaan määritettyä kohdekohtaisesti vertailemalla pilarikairaustuloksia siipikairaustuloksiin. Suomessa N_c arvolla käytetään tyypillisesti arvoa 10. (Liikennevirasto 2018, 114; Melander 2017, 21-24; Ruotsala 2012, 24-26; Piispanen 2017, 23.)

$$s_u = \frac{p - \sigma_0}{N_c} \quad 3-1$$

$$p = \frac{F}{A} \quad 3-2$$

missä

s_u = likimääräinen suljettu leikkauslujuus (kPa)

p = kairausvastus (kPa)

σ_0 = maan tehokas pystysuora jännitys (kPa)

N_c = kokeellinen kantavuuskerroin, (-)
 F = kairaukseen vaadittava voima (kN)
 A = kairakärjen pinta-ala (m^2)

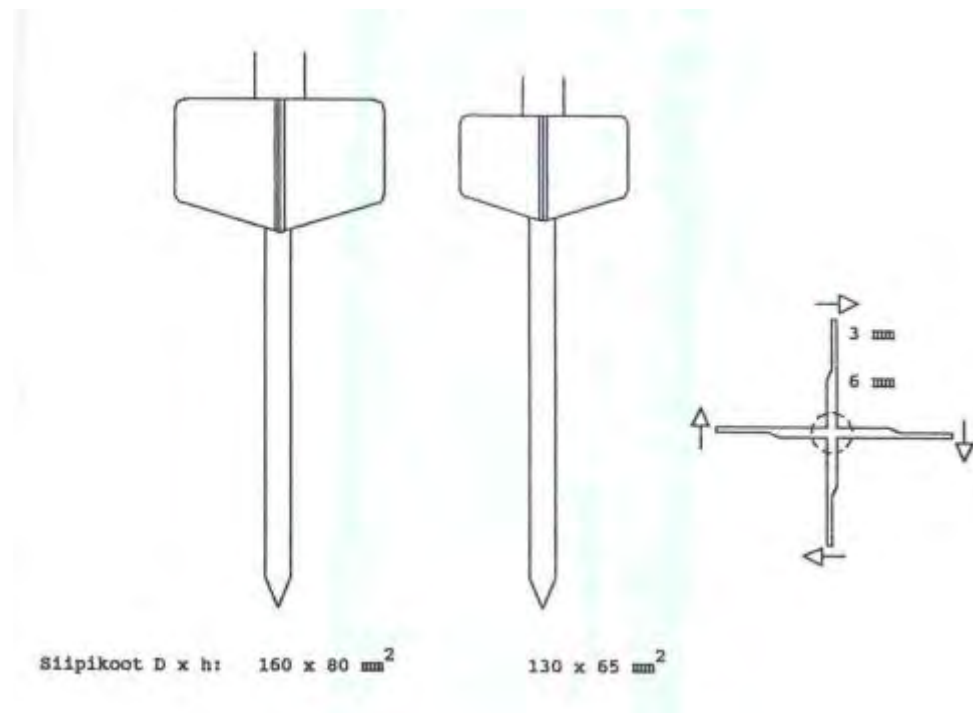
Puristinkairaus:

Puristinkairauksella (CPTU-kaira) saadaan mitattua stabiloidun maan puristuslujuus, huokosvedenpaine ja vaippakitka. Kairaus suoritetaan puristinkairauksena, josta puristusvoima ja huokosvedenpaine saadaan mitattua kairan kärkiosan sisäpuolisilla antureilla. Vaippakitka mitataan kärjen yläpuolisella kitkahylsyn avulla. Kairauksella saadaan tarkasti selville pilarin homogeenisuus verrattuna koko pilarin levyisiin kairoihin. Kairakärki on poikkileikkaukseltaan 10 cm^2 . Kairaus sopii hyvin lujien yli 200 kPa lujittuneille pilareille. Menetelmän heikkoutena pidetään CPTU-kairauksen pienen kärjen ohjautumista pilarin pehmeämpään keskireikään tai ulosohjautumista pois pilarista. CPTU-kairaustuloksista voidaan määrittää kaavalla 3-1 pilarin leikkauslujuus. (Hautalahti et al. 2007, 31-32; Lahtinen & Parkkinen 1992, 21; Melander 2017, 27.)

Pilarisiipikairaus:

Pilarisiipikairaus on kairausmenetelmistä ainoa, jolla saadaan tutkittua suoraan stabiloidun maan leikkauslujuus. Muiden kairausmenetelmien tulokset joudutaan muuntamaan leikkauslujuuden arvoiksi laskennallisesti tai kokemusperäisesti. Pilarisiipikairauksessa käytettävä kärkikoko määräytyy stabiloidun pilarin lujuuden mukaan. Siipikokoa ($h \times d$) $130 \times 65\text{ mm}^2$ käytetään, jos pilarin leikkauslujuus on 100...250 kPa ja siipikokoa $160 \times 80\text{ mm}^2$, jos pilarin leikkauslujuus on alle 100 kPa. Kuvassa 3.3 on esitetty pilarisiipikairauksessa perinteisesti käytettävä PS130/65 kairakärki. Kärjessä on vastaavanlainen kärkikartio-ohjain kuin pilarikairassa helpottaakseen kärjen pysymistä pilarissa. (Hautalahti et al. 2007, 31-32; Lahtinen & Parkkinen 1992, 22; Melander 2017, 24-25.)

Pilarisiipikairaus toimii samalla periaatteella kuin tavanomainen siipikairaus luonnonmaassa. Kairakärki painetaan mittaussyvyydellä ja kärkeä aletaan kiertämään. Kairassa oleva tallennin mittaa maan leikkautumiseen tarvittavan leikkausvoiman. Kairauksesta saadaan tulokset ennalta suunnitelluilta syvyyksiltä, eli poikkeuksena pilarikairaukseen kairaus ei anna jatkuvaa lujuuden mittausta pilarin koko matkalta. Pilarisiipikairaus on menetelmänä hidas ja näin myös kalliimpaa kuin esim. pilarikairaus. Siipikairaustuloksia tarvitaan kuitenkin kaavan 3-1 N_c arvon määrittämisessä. N_c arvo määritetään siipikokeiden perustella, niin että pilarikairausten tulokset vastaisivat saatuihin siipikairaustuloksiin. (Hautalahti et al. 2007, 32-33; Melander 2017, 26.)



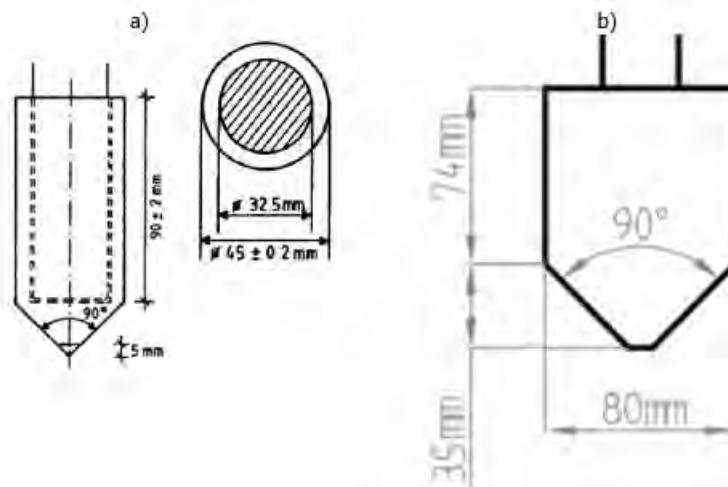
Kuva 3.3: Pilarisiipikairauksessa perinteisesti käytettävä PS130/65 kärki. kärjen numero 130 viittaa siipien väliseen leveyteen 130 mm ja 65 viittaa siipien korkeuteen 65 mm (Lahtinen & Parkkinen 1992, 22).

Puristinheijarikairaus:

Puristinheijarikairaus on yhdistelmäkairaus mekaanisesta puristinkairauksesta sekä dynaamisesta heijarikairauksesta. Suomessa kehitelty kairausmenetelmä soveltuu hyvin vaihteleviin maaperäolosuhteisiin. Puristinkairausta käytetään tyypillisesti löyhien ja keskitiiviiden (kitka- ja koheesiomaiden) tutkimiseen ja heijarikairausta tiiviiden kitkamaiden tutkimiseen. Kairausmenetelmää voidaan vaihtaa kairauksen aikana maalajien vaihtuvuuden mukaan. Kairauksessa mitataan seuraavia parametreja:

- puristusvoima
- vääntömomentti
- kairaussyvyys
- iskujen määrä
- puristusnopeus
- pyörityskierrosten määrä.

Stabiloinnin laadunvalvontakairauksissa käytetään PH50 teräkärkeä (kuva 3.4), jossa numero 50 viittaa terän pinta-alaan 50 cm². Todella lujissa pilareissa voidaan käyttää myös teräkärkeä PH16, terän pinta-ala 16 cm². Teräkärki on asennettuna tankoihin, niin ettei kärki pääse pyörimään tankojen pyörimyksen aikana. Kairaus aloitetaan useimmiten puristinkairauksena, jossa tankoja puristetaan 1,2 m/min. Puristinkairauksesta siirrytään heijarointikairaukseen, kun puristuskapasiteetti ylittyy. Maksimipuristusvoima laitteistoilla on yleensä n. 30 kN. Heijarikairauksessa heijarin pudotuskorkeus on n. 0,5 m ja massa n. 65 kg. Kairatessa mitataan tarvittavien lyöntien lukumäärää jokaisen 0,2 m tunkeumaa kohden. (Melander 1989, 3-11; SGY 2001, 67.)



Kuva 3.4: Puristinheijarikairan kairakärki, kärjen pinta-ala a) 16 cm² ja b) 50 cm² (SGY 2001, 7; Melander 2017, 26).

3.3 Stabiloinnin laatuun vaikuttavat tekijät

Stabilointityön laatuun vaikuttavat sideaineen syöttö, sideaineen syöttöpaine, sekoitustyö, sekoituskärjen muoto, kierrosnousun suuruus, sideaineen laatu ja maaperä. Sideaine syötetään maahan paineilman avulla. Paineilmaa käytetään myös kärjen alas viennin aikana, jotta kärjen syöttöaukko ei tukkiutuisi. Paineilman käyttö tulisi minimoida, jotta pilarien ulkopuolinen savi ei häiriintyisi, eikä pilaroitavaa maata löyhdytettäisi tarpeettomasti. (Lahtinen & Parkkinen 1992, 18; Liikennevirasto 2018, 21.)

Stabilointityön aikana sideaineen syöttöpaineen tulisi taata tasalaatuinen sideainelevitys pilarin eri syvyyksillä. Väärä syöttöpaine voi aiheuttaa sideaineen epätasalaatuisen sekoittumisen. Pilarin tasalaatuisuuteen ja varsinkin lujuuteen voidaan lisäksi vaikuttaa sekoituskärjen muodolla. Kärjen tarkoitus on tuottaa tasainen sideaineen sekoittuminen ja tiivistää stabiloitavaa maata sekoituksen aikana. (Lahtinen & Parkkinen 1992, 11-19; Liikennevirasto 2018, 21.)

Sekoitustyön aikana sekoituskärjen kierrosnousun suuruudella on merkittävä vaikutus pilareiden laatuun. Optimaalinen nousunopeus on välillä 10-15 mm/r (nousu/kierros). Tätä alhaisemmilla nousunopeuksilla sideaineen syötössä käytettävä ilmamäärä kasvaa ja pilari kuohkeutuu ja lujuus jää alhaisemmaksi. (Lahtinen & Parkkinen 1992, 19; Liikennevirasto 2018, 21.)

3.4 Stabiloitavuuskokeet laboratoriossa

Laboratoriossa stabiloitavuuskokeita tehdään hankkeen yleis- ja rakennussuunnitteluvaiheessa. Myös urakkalaskentavaiheessa on urakoitsijan mahdollista tehdä stabiloitavuuskokeita, mikäli laskenta-aika on riittävän pitkä ja tilaaja mahdollistaa urakoitsijan oman sideainevaihtoehdon esittämisen tarjouksessaan. Kokeiden perusteella valitaan stabiloinnissa käytettävä sideaine ja sideainemäärät. Tavoitteena on löytää teknisesti ja taloudellisesti kilpailukykyisimmät sideainereseptit. Stabiloitavuustutkimuksia ohjelmoitaessa tutkimusalueelta valitaan tutkimuspisteitä, jotka edustaisivat mahdollisimman hyvin alueen kokonaisuutta. Tärkeimmät alueet sijaitsevat useimmiten kohteen pehmeimmillä kohdilla. Stabiloitavuuskokeiden alussa kohteen tutkimuspisteistä määritetään seuraavat ominaisuustiedot (Aalto 1998, 37; Liikennevirasto 2018, 37.):

- maalajinmääritys
- irtotiheys
- rakeisuus
- humuspitoisuus
- vesipitoisuus
- pH

Laboratoriossa valmistetuista koekappaleista määritetään puristuslujuus sekä jännitys- muodonmuutoskuvaaja yksiaksiaalisella puristuskokeilla. Parametrit on mahdollista määrittää myös kolmiaksiaalisilla puristuskokeilla, jotka jäljittelevät paremmin maassa vallitsevaa kuormitustilannetta sekä stabiloidussa maassa tapahtuvia muodonmuutoksia. (Liikennevirasto 2018, 59.) Luvussa 4.5 on esitetty Liikenneviraston laboratorio-ohjeen eri vaiheet.

Laboratoriossa määritetty yksiaksiaalinen puristuslujuus voi poiketa merkittävästi kentällä suoritetusta puristuslujuudesta mm. seuraavista syistä (Piispanen 2017):

- sideaine sekoitetaan tasaisemmin laboratorio-olosuhteissa
- vallitseva lämpötila (ulkolämpötila) on usein poikkeava in situ -tilanteessa verrattuna laboratorio-olosuhteisiin
- kalkin ja veden välisessä reaktiossa vapautuvan energian ja sitä kautta nousevan lämpötilan in situ -vaikutuksia on vaikea mallintaa laboratorio-olosuhteissa (lämpötilalla on vaikutusta varsinkin pozzolaanisiin lujittumisreaktioihin)
- kuivastabiloinnissa kuiva sideaine pienentää maaperän vesipitoisuutta, mikä johtaa yleisesti lujuuden kasvuun (laboratoriokokeissa vesipitoisuus laskee ja pysyy vakiona tai pienenee edelleen, kun taas in situ -tilanteessa vesipitoisuus voi jälleen nousta stabiloinnin ympäriltä tulevan veden ja kyllästymisen seurauksena).

3.5 Stabiloitavuuskokeiden laboratorio-ohje

Tässä kappaleessa esitetään tiivistettynä stabiloitavuuskokeiden eri vaiheet Väyläviraston ohjeen 17/2018 liitteen 1 mukaisesti. Runkomateriaali tulee ottaa huoneenlämpöön 1 vrk ennen stabiloitavuuskokeiden aloittamista. Materiaalista on määritettävä aina vesipitoisuus (w), hehkutushäviö (LOI tai Hh) ja pH. Rakeisuuden ja hienousluvun määrittäminen on suositeltavaa. Runkoaine+sideaineseos sekoitetaan tehokkaalla keittösekoittimella minimissään 2 minuuttia ja maksimissaan 5 minuuttia. (Liikennevirasto 2018.)

Laboratoriokoetta varten suositeltava koekappalemäärä on kolme ja vähimmäismäärä kaksi rinnakkaiskappaletta samalla sideaineseoksella (laatu+määrä) yhtä lujittumisaikaa kohden. Saville ja silteille koekappaleiden muotin halkaisija on 40-50 mm. Koekappaleet ovat sylinterinmuotoisia, joiden korkeus / halkaisija -suhde tulee olla 2:1. (Liikennevirasto 2018.)

Näytteiden tiivistäminen riippuu materiaalista. Mikäli materiaali on löysää, tiivistäminen tapahtuu viitenä kerroksena koputtelemalla muottia tukevaa alustaa vasten. Jos materiaali on plastista, näyte tiivistetään vastakappaletta vasten kymmenenä kerroksena. Materiaalin ollessa kuivahkoa tiivistetään näytekappale tiivistysvasaralla viitenä kerroksen. (Liikennevirasto 2018.)

Tiivistyksen jälkeen koekappaleet säilytetään ensimmäiset kaksi vrk huoneenlämmössä lämpöeristetyissä laatikoissa muottien päät tai koko putki tiiviisti suljettuina. Muotit tulee säilyttää siten, että eri sideainetyypit ovat eri laatikoissa. Kahden vrk säilytyksen jälkeen koekappaleet siirretään viileään +6 - +10 °C lujittumaan loppuajaksi. (Liikennevirasto 17/2018.)

Puristuskoetta varten koekappaleet poistetaan valmistusmuoteistaan varovasti koekappaletta vaurioittamatta. Puristuskokeessa koekappaletta puristetaan nopeudella 1 mm/min kunnes koekappale murtuu selvästi. Mikäli murtumista ei tapahdu, kappaletta puristetaan 10 % asti ja puristuslujuudeksi tulkitaan 10 % muodonmuutosta vastaavan jännityksen arvo. Poikkeama puristusnopeudessa on ilmoitettava koeselostuksessa. (Liikennevirasto 2018.)

Testausselostuksessa esitetään aina:

1. koekappaleen, sideaineen ja runkoaineen tunnistetiedot kuten kairauspiste, näytteen numero, näytteen syvyys, kokeen numero, sideaineen nimi ja tyyppi jne.
2. alkuperäisen näytteen vesipitoisuus kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella (*CEN ISO/TS 17892-1:fi Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 1: Vesipitoisuuden määrittäminen*)
3. alkuperäisen näytteen irtotiheys (*CEN ISO/TS 17892-2:fi Geotekninen tutkimus ja koestus. Osa 2: Hienorakeisen maan irtotiheyden määrittäminen, kohta 5.1*) kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella

4. alkuperäisen näytteen pH (*Soil quality – Determination of pH ISO 10390:2005*)
5. alkuperäisen näytteen hehkutushäviö (*GLO-85 Geotekniset laboratorio-ohjeet 1. Luokituskokeet: Polttomenetelmä 800 °C lämpötilassa, ruoppausmassoilla 550 °C lämpötilassa*) kahden merkitsevän numeron tarkkuudella
6. puristuskoekappaleen massa ja mitat (halkaisija ja korkeus) kolmen merkitsevän numeron tarkkuudella
7. yksiaksiaalinen puristuslujuus q_u ja siitä laskettu suljettu leikkauslujuus c_u kokonaisina kilopascaleina ($c_u = q_u/2$), kPa
8. rinnakkaisten puristuskoetulosten keskiarvo $\tau_{stab;lab}$ kokonaisina kilopascaleina, kPa
9. tieto menettelystä, mikäli murtumista ei tapahdu ja puristuslujuus on tulkittu 10 % muodonmuutosta vastaavasta jännityksen arvosta
10. kuvaus poikkeamista verrattuna tässä asiakirjassa kuvattuihin menetelmiin
11. muu tieto, joka tarvitaan koetulosten asiamukaiseen tulkintaan
12. jännitys-muodonmuutoskuvaajat.

Testausselostuksessa esitetään tarvittaessa:

13. muut alkuperäisen näytteen runkoaineen määritetyt indeksiominaisuudet, esim. rakeisuus (*ISO 17892-4 Geotechnical investigation and testing. Laboratory testing of soil. Part 4: Determination of particle size distribution*)
14. koekappaleen vesipitoisuus (*CEN ISO/TS 17892-1:fi Geotekninen tutkimus ja koetus. Osa 1: Vesipitoisuuden määrittäminen*) tai muut mahdolliset indeksiominaisuudet
15. koekappaleen massasta, korkeudesta ja halkaisijasta laskettu koekappaleen irtotiheys
16. muodonmuutos murtotilassa kahden merkitsevän numeron tarkkuudella, %
17. voima-siirtymä-datan tallennus (ei toimiteta tulosten mukana, mutta säilytetään vähintään 1 vuoden ajan)
18. moduulien laskenta.

4 Aiemmat koestabilointikohteet

4.1 Koestabiloinnin sideaineet

Tässä luvussa on esitetty kohteissa Malminkenttä 2022, Luhtitie 2022, Topinpuisto 2020, Länsiranta 2020, Kuninkaantammi 2019 ja Ilokkaanrinne 2019 käytetyt sideaineseokset. Taulukossa 4-1 on esitetty työkohteissa käytetyt sideaineet.

Ecolan InfraStabi65 ja InfraStabi80 (Stabi80 ja Stabi65, Stabi):

InfraStabi65 -sideaineseoksessa on 65 % tuhkaseosta ja 35 % sementtiä. InfraStabi80 -sideaineseoksessa on 80 % tuhkaseosta ja 20 % sementtiä. Tuhkaseos koostuu kivihiilen polton lentotuhkasta, biopolton lentotuhkasta ja kalkkipitoisen lietteen polton tuhkasta. (Nguyen. T, 2021). Sideaine soveltuu myös vaikeasti lujittuvien sulfidisavien stabilointiin. (Tuotekortti_Infrastabi80). InfraStabi sideaineita ei ole tällä hetkellä saatavissa.

Nordkalk, Terra GTC (GTC2, GTC3 ja GTC):

GTC on sideaineseos, joka sisältää kipsiä, sammutettua kalkkia (Ca(OH)_2) ja sementtiä. Kipsiä (kalsiumsulfaatti) on 33 %, sammutettua kalkkia (kalsiumhydroksidi) on 33 %, ja sementtiä 33 %. Koestabiloinneissa, jotka on tehty ennen 03/2022 sementti oli Plussementtiä CEMII, sideaine GTC2. 04/2022 alkaen sementti on ollut Kolmossementtiä CEMIII/A, sideaine GTC3. Topinpuiston koestabiloinnissa käytettiin molempia eli GTC2 ja GTC3. GTC on kaupallinen sideaineseos, jossa sideaineen kierrätysmateriaalien osuus on noin 47 % sementillä CEMII ja n. 50 % sementillä CEMIII/A. Sideaineseos soveltuu ongelmallisten liejujen ja sulfidisavien stabilointiin. (Nordkalk Oy 2023; Kuusipuro 2023).

Nordkalk, Terra Green (Green):

Green on kalkkisementtiseos, jossa on kalkkiuunin sähkösuodinpölyä (LKD) ja Plussementtiä suhteessa 1:1. Green soveltuu helpohkosti stabiloituville saviille. Sideaineseoksessa on kierrätysmateriaalia 70 % (Nordkalk Oy 2023; Kuusipuro 2023)

Nordkalk, Terra POZ (POZ):

POZ-sideaineseos koostuu sähkösuodin pölystä (LKD), CEM III ja poltetusta ja kalkista. Sideaineoksen seossuhde on 1:1:1. Sideaineseoksessa on kierrätysmateriaalia n. 40 -45 %. (Nordkalk 2023, Nguyen 2021, 28)

Nordkalk, Terra KC (KC20, KC30 ja KC50):

KC20 sisältää kalkkia 20 % ja sementtiä 80 %. Sementti laatu on CEM III. KC30 sisältää kalkkia 30 % ja sementtiä 70 %. Sementti laatu on CEM III. Kierrätysmateriaali-osuudet ovat KC20 32 %, KC30 28 % ja KC50 20 %. (Nordkalk Oy 2023; Kuusipuro 2023)

UPM-Kymmenen OyJ, (LT KAI+CEMII 7:3 tai LT+CEMII):

LT KAI+CEMII 7:3 on Kaipolan paperitehtaan lentotuhkan ja Plussementin (Finnsementti) sideaineseos, 70% lentotuhkaa ja 30% sementtiä. Lentotuhka saadaan turpeen

ja käsittelemättömän puun poltosta. Sideaineseoksessa on kierrätysmateriaalia n. 77%. Kaipolan tehdas on lopettanut toiminnan 12/2020. (Nguyen 2021, 28)

UPM-Kymmenen Oyj, (LT JAM+CEMII 7:3 tai LT+CEMII):

LT JAM+CEMII 7:3 on Jämsänkosken tehtaan lentotuhkan ja Plussementin (Finnsementti) sideaineseos, 70% lentotuhkaa ja 30% sementtiä. Lentotuhka saadaan turpeen ja käsittelemättömän puun poltosta. Sideaineseoksessa on kierrätysmateriaalia n. 77%. (Nguyen 2021, 28)

Pohjolan Voiman Oyj, (LT KAU+CEMII 7:3 tai LT+CEMII):

LT KAU+CEMII 7:3 on Kaukaan Voiman voimalaitoksen lentotuhkan ja Plussementin (Finnsementti) sideaineseos, 70% lentotuhkaa ja 30% sementtiä. Laitos käyttää polttoaineinaan kuorta, hakkuutähdettä, puuperäisiä polttoaineita ja turvetta. Sideaineseoksessa on kierrätysmateriaalia n. 77%. (Pohjolan Voiman Oyj 2023)

Finnsementti kolmossementti (CEMIII/A ja CEMIII/B):

CEM III/A sisältää klinkkeriä 35-64 % ja masuunikuonaa 36-65 %. CEMIII/B sisältää masuunikuonaa 65-80 % ja klinkkeriä 20-35 %. Finnsementin CEMIII/A kierrätysmateriaaliosuus on n. 40 % ja CEMIII/B n. 70%. (Finnsementti 2022, Heikkilä 2023)

Taulukko 4-1: Koestabilointikohteiden stabilointipilareissa käytetyt sideaineet. (x =kyllä ja - = ei

Sideaine	Malminkenttä 2022	Topinpuisto 2022	Luhtitie 2021	Porvoo, Länsiranta 2020	Kuninkaantammi 2020	Ilokkaanrinne 2019
Stabi65	-	-	-	-	-	x
Stabi80	-	-	-	x	x	-
GTC2	-	x	x	x	x	x
GTC3	x	x	x	-	-	-
Green	x	x	x	-	x	-
POZ	x	x	-	-	x	-
KC20	-	-	x	-	-	-
KC30	-	-	-	x	-	x
LT KAI+CEMII	-	-	-	-	x	-
LT JAM+CEMII	x	-	-	-	x	-
LT KAU+CEMII	x	x	-	-	-	-
CEMIII/A	x	-	-	-	-	-
CEMIII/B	x	-	-	-	-	-

4.2 Ilokkaanrinne 2019

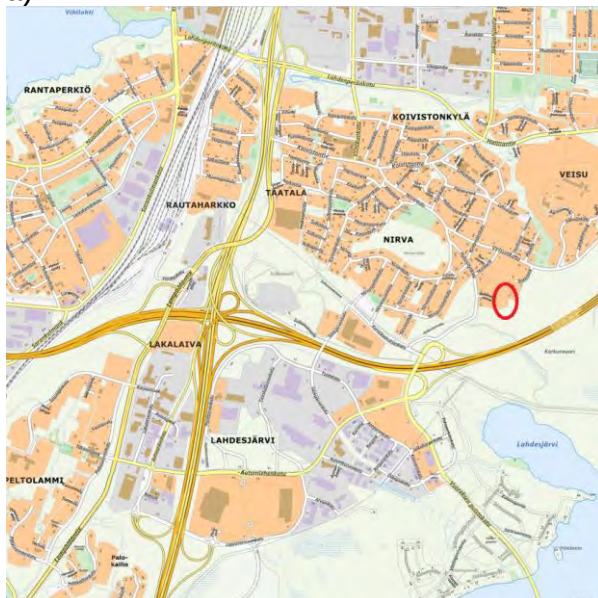
Esitetty Ilokkaanrinteen maaperäkuvaus ja koestabilointiohjelma on laadittu kohteen työselostuksen perusteella (Ilokkaanrinteen kaava-alue, pilaristabilointi työselostus, Ramboll Finland Oy, 2019.) Liitteessä 1 on esitetty pilaristabilointialueen pilarikartta ja pohjatutkimusleikkaus kuvat.

Maaperä:

Ilokkaanrinne sijaitsee Tampereella Koivistonkylässä, kuva 4.1. Maanpinta vaihtelee suunnittelualueella välillä +104,4...+107,5. Rakennettavuusselvityksen (FCG) yhteydessä tehtyjen pohjatutkimusten ja muiden lähtötietojen perusteella alueen maaperä koostuu 2-10 metrin savikerroksesta. Savikerroksen alapuolella on siltti-, hiekka- ja moreenikerrostumia.

Suunnittelualueelta on tehty yhdestä tutkimuspisteestä siipikairaus. Siipikairauksen perusteella maakerroksen pinnassa on erittäin sitkeä kuivakuorikerros, jonka redusioimaton suljettu leikkauslujuus on yli 70 kN/m². Kuivakuorikerroksen sensitiivisyys on suuri, jopa yli 70. Kuivakuori ulottuu noin tasolle +101,5 saakka. Muiden pohjatutkimusten perusteella voidaan olettaa, että sitkeä kuivakuorikerros esiintyy rakennuspai- kalla laajemminkin. Kuivakuoren alapuolisen savikerroksen redusioimaton suljettu leikkauslujuus vaihtelee välillä 12...46 kN/m². Saven sensitiivisyys vaihtelee välillä 2,1...33,4. Alueen savi voidaan luokitella häiriintymisherkäksi. Alueelta on otettu häiriintyneitä näytteitä. Näytteiden perusteella maalaji on pehmeissä kerrostumissa laihaa ja lihavaa savea, vesipitoisuus vaihtelee välillä 24,5... 44,7 %.

a)



b)



Kuva 4.1: Ilokkaanrinne. a) Koestabilointialue sijaitsee kartalla likimain punaisen ympyrän kohdalla. b) Koestabilointi alue ilmakuvassa ja näytepisteen sijainti. (Tampereen karttapalvelu 2023)

Koestabilointi:

Kohteen stabilointityöt ja valvontakairaukset on suoritettu vuosien 2019-2020 aikana. Pilareiden halkaisija on 700 mm. Pilareiden tavoitelujuuskeskiarvo oli 100 kPa ja yksittäisen pilarin minimi lujuustavoite 80 kPa. Sideaineena käytettiin KC30, Stabi65 ja GTC2. Laadunvalvontakairaukset toteutettiin 12/2019-2/2020 välisenä aikana. Kairaukset suoritettiin pilarikairalla PK2/60 ja pilarisiipikairalla PS130/65. 1 kk ikäisistä pilareista tehtiin yht. 47 pilarikairausta ja 12 pilarisiipikairausta. (Ramboll Finland Oy 2019 a)

4.3 Kuninkaantammi 2020

Kuninkaantammen maaperäkuvaus ja koestabilointiohjelma on laadittu työselostuksen perusteella (Lammenranta, Koestabilointi, Ramboll Finland Oy 2020.) Koestabilointi on toteutettu vuoden 2020 aikana. Liitteessä 2 on esitetty alueen pohjatutkimusleikkaus- ja tyyppileikkauskuvat.

Maaperä:

Kuninkaantammen koestabilointialue sijaitsee Helsingin ja Vantaan rajalla. Kuvassa 4.2 on esitetty kohteen sijainti kartalla ja ilmakuva alueesta. Alueella on tehty maaperätutkimuksia useassa eri vaiheessa. Ensimmäiset tutkimukset koestabiloinnin lähellä on tehty 1970-luvulla, jonka jälkeen tutkimuksia on tehty 2003-2018. Kairaukset ovat käsittäneet paino-, puristinheijari- ja siipikairauksia. Alueella on tehty myös koekuoppia ja otettu maanäytteitä maan ominaisuuksien ja stabiloitavuuden tutkimiseksi. Koestabiloinnin välittömässä läheisyydessä on useita pohjavesiputkia koestabiloinnin ympäristövaikutusten seuraamiseksi. (Ramboll 2020)

Maanpinta koestabilointialueella on välillä +29...+32. Pintamaa on täyttömaata, jossa on lohkaraita, kiviä ja rakennusjätettä. Täytteen alla on 1-2 m kuivakuorisavea, jonka alla on pehmeää savea n. 7,5-8 m. Pehmeän saven redusoimaton leikkauslujuus on määritetty siipikairalla 5,2 kPa. Saven alapuolella n. 8-10 m syvyydellä alkaa hiekka-/moreenikerros. Pohjavedenpinta on havaittu maanpinnasta noin 3,8 m syvyydellä, tasolla +27,3...+28,1. Saven indeksikoetulokset stabiloitavuuskokeiden näytesyvyyksiltä on esitetty tarkemmin luvussa 7.1.



Kuva 4.2: Kuninkaantammi, koestabilointialue ja tarkempi ilmakeku alueesta. Stabilointikoekenttä sijaitsee likimain punaisen ympyrän kohdalla. (Helsingin karttapalvelu 2023)

Koestabilointi:

Koepilarit toteutti YIT Finland Oy. Pilareiden halkaisija on 700 mm. Pilareiden lujuustavoite oli 100 kPa. Valvontakairauksia tehtiin pilarikairalla, pilarisiipikairalla, ja puristinkairauksella (CPTu). Koekenttä on esitetty kuvassa 4.3 ja taulukossa 4-2 on esitetty koestabiloinnin koalueilla käytetyt sideaineet ja sideainemäärät.

Laadunvalvontakairauksina tehtiin 1 kk ikäisistä pilareista yht. 48 pilarikairausta (PK2/100) ja 12 pilarisiipikairausta (PS130/65) 6/2020 aikana. 3 kk ikäisille pilareille tehtiin yht. 38 pilarikairausta ja 7 CPTU-kairausta 8/2020 aikana. Pilari- ja siipikairaukset toteutti Ramboll Finland Oy ja CPTU-kairaukset Stara.



Kuva 4.3: Kuninkaantammen koestabilointialueet. (Ramboll Finland Oy 2020 a)

Taulukko 4-2: Kuninkaantammi, koestabilointialue. Koestabiloinnissa käytetyt sideainereseptit ja koealueet kullekin sideainereseptille. (Nguyen 2021 s. 32)

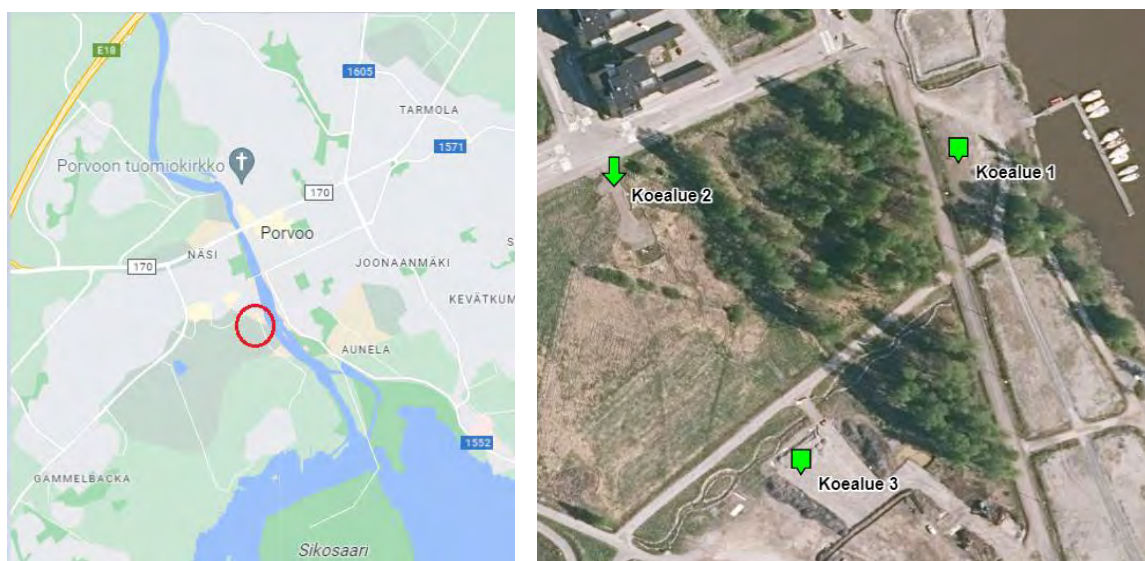
Koealueen tunnus	Sideainemäärä [kg/m ³]	Tuotenimi tässä tutkimuksessa	Sideainetoimittaja
A1	120	GTC	Nordkalk Oy Ab
A2	80		
A3	120		
A4	80	Infra Stabi80	Ecolan Oy
B1	120	LT KAI + CEMII 7:3	UPM-Kymmene Oyj
B2	160		
B3	120	LT JAM + CEMII 7:3	
B4	160		
C1	120	Terra Green	Nordkalk Oy Ab
C2	80		
C3	120	Terra POZ	
C4	80		
D1	120	Infra Stabi80	Ecolan Oy
D2	120		
E1	120	GTC	Nordkalk Oy Ab
E2	80		

4.4 Länsiranta 2020

Porvoon Länsirannan maaperäkuvaus ja koestabilointiohjelma on laadittu raportti-luonnoksen perusteella (Porvoon kaupunki, Länsiranta, eteläosa koestabilointi, Ramboll Finland Oy 2019 ja Koestabilointitöiden laadunvalvontatutkimusten yhteenvetoraportti, Ramboll Finland Oy 2020). Liitteessä 3 on esitetty alueelta tehtyjen pohjatutkimusleikkauskuvia ja koealueiden kartta.

Maaperä:

Porvoon Länsirannan koestabilointialueet sijoittuvat laajalle ja paikoin hyvin syvälle pehmeikköalueelle. Maaperätiedot on esitetty tässä koekenttäkohtaisesti. Kuvassa 4.4 on esitetty koestabilointialueen sijainti sekä ilmakuva. Saven indeksikoetulokset stabiloitavuuskokeiden näytesyvyyksiltä on esitetty tarkemmin luvussa 7.1.



Kuva 4.4: Porvoo, Länsiranta. a) Kartalla punaisella ympyrällä on merkitty koekenttien sijainti. b) Koestabilointikentät 1, 2 ja 3 on merkitty vihreällä nuolella ilmakuvassa. (Paikkatietoikkuna 2023)

Koekenttä 1: Nykyinen maanpinnan korkeusasema on tasolla n. +0,7... +0,8. Porvoonjoen ranta on n. 20-40 m etäisyydellä. Maaperä alueella on savea, liejuista savea tai savista liejua. Koekentän alueella savikerroksen alapinta on tasolla n. -23... -25. Savikerroksen alla on kitkamaakerroksia. Pohjavedenpinnan taso on lähellä jokiveden pinnan tasoa. Savikerroksen vesipitoisuus, hehkutushäviö ja leikkauslujuus on esitetty taulukossa 4-3.

Koekenttä 2:

Nykyinen maanpinnan korkeusasema on tasolla n. +1,4... +2,0. Maaperä alueella on savea tai liejuista savea. Koekentän alueella savikerroksen alapinta on tasolla n. -8... -11. Savikerroksen alla on kitkamaakerroksia. Pohjavedenpinnan taso on aiempien mittauksen (2017) perusteella lähellä maanpintaa tasolla n. +1,0. Maaperän ominaisuudet on arvioitu koekentälle ja sen lähistölle sijoittuvien tutkimuspisteiden sekä

Kultalistankadulle sijoittuvien näyte- ja kairaustietojen perusteella. Savikerroksen vesipitoisuus, hehkutushäviö ja leikkauslujuus on esitetty taulukossa 4-3.

Koekenttä 3: Nykyinen maanpinnan korkeusasema on tasolla n. +1,0... +1,6. Maaperä alueella on savea tai savista liejua. Koekentän alueella savikerroksen alapinta on tasolla n. -14... -25. Savikerroksen alla on kitkamaakerroksia. Pohjavedenpinnan taso on aiempien mittausten (2017) perusteella lähellä maanpintaa n. tasolla +1,0. Savikerroksen vesipitoisuus, hehkutushäviö ja leikkauslujuus on esitetty taulukossa 4-3.

Taulukko 4-3: Porvoo, Länsiranta. Koekenttien 1-3 maakerrosrajat ja niiden vesipitoisuus, hehkutushäviö ja redusoimaton leikkauslujuus siipikairalla. (Ramboll Finland Oy 2020 b)

Koekenttä	Kerroksen ylä- ja alapinnan taso	Vesipitoisuus	Hehkutushäviö	Redusoimaton leikkauslujuus (siipik.)
1	±0...-8	170–185 %	8–10,5 %	8–15 kPa
	-8...-13	105–135 %	5–7 %	9–12 kPa
	-13...-24	80–100 %	3,5–4 %	15–30 kPa
2	±0 – -5	110–150 %	7-10 %	10–20 kPa
	-6,5 – -10	80–120 %	4-6 %	15–25 kPa
3	-3 – -5	143–159 %	11–16 %	10–18 kPa
	-5 – -10	126–146 %	10-11 %	12–20 kPa
	-10 – -16	96–126 %	4-5 %	15–30 kPa

Koestabilointi:

Kohteen stabilointityön suoritti YIT Suomi Oy 3/2020. Koestabiloinnissa käytetyt sideaineet olivat: Stabi80, KC30 ja GTC. Pilareiden halkaisija on 800 mm. Pilareissa käytettävät sideaineet, sideainemäärät ja pilaripituudet on esitetty taulukossa 4-4. Pilareille ei esitetty lujuusvaatimuksia. Laadunvalvontakairaukset tehtiin pilari-, siipi- ja puristinheijarikairauksilla 1 kk ja 3 kk lujittuneille pilareille.

Taulukko 4-4: Porvoo, Länsiranta. Koestabilointialueilla käytetyt sideaineseokset ja sideainemäärät. Koealueella 1 pilarit tehtiin määräsyvyyteen 20 m (tasolle n. -19). (Ramboll Finland Oy 2020 b)

Koealue	Taso	Sideaineos, sideainemäärä [kg/m ³]					
		KC 3:7		Nordkalk GTC		Ecolan Stabi80	
Koealue 1	tason -12 yläpuolella	135	170	135	170	135	170
	tasovälillä -12 - -19	100	135	100	135	100	135
Koealue 2	koko savikerros	100	135	100	135	100	135
Koealue3	tason -10 yläpuolella	135	170	135	170	135	170
	tason -10 alapuolella	100	135	100	135	100	135

4.5 Luhtitie 2021

Luhtitien maaperäkuvaus on laadittu työselostuksen perusteella (Luhtitie ja Pellaksenoja, koestabilointisuunnitelma, Ramboll Finland Oy 2021 a). Koestabilointi on toteutettu 2021-2022 aikana. Liitteessä 4 on esitetty koestabilointialue ja alueen poikkeileikkauksia.

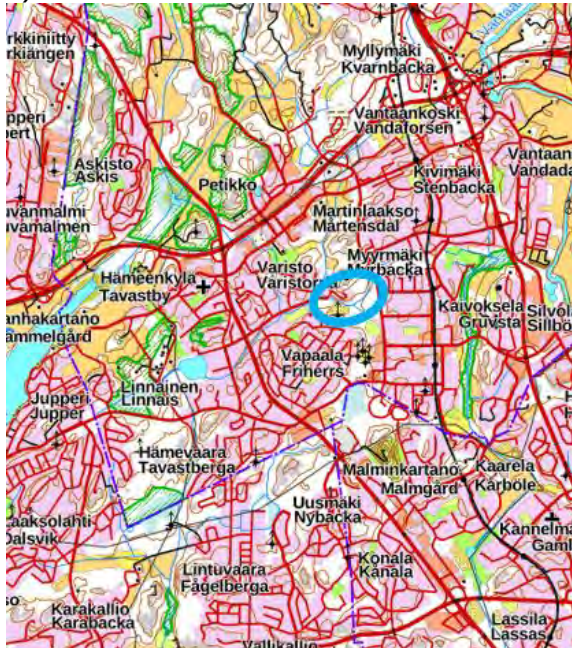
Maaperä

Luhtitien stabilointialue sijaitsee Variston ja Myyrmäen kaupunginosassa. Luhtitien sijainti ja tarkempi kuva alueesta on esitetty kuvassa 4.5 Suunnittelualueella on tehty pohjatutkimuksia 1960-, 1970- ja 1990-luvuilla ja vuosien 2017-2021 aikana. Pohjatutkimukset ovat sisältäneet paino- ja siipikairauksia sekä häirittyjä että häiriintymättömiä näytteenottoja mm. ödometrikokeita varten. Tämän lisäksi alueelle on asennettu pohjavedenpinnan mittauspisteitä. Alueella on tehty pima- ja pintamaatutkimuksia pintamaan hyötykäyttöä varten.

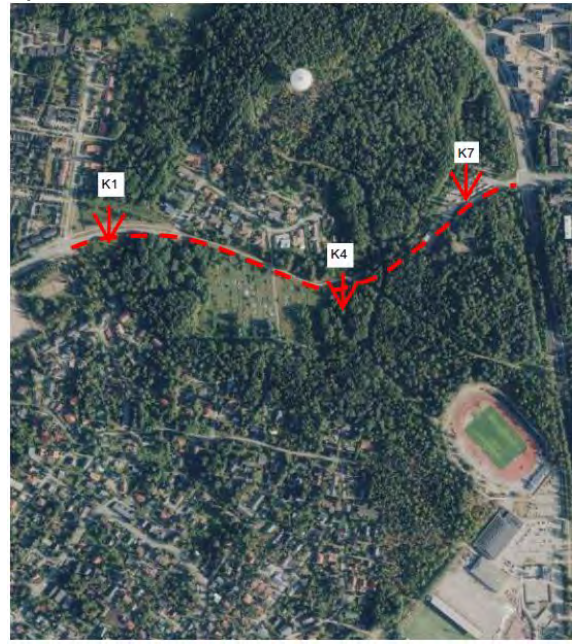
Luhtitien alueen maanpinnan taso vaihtelee välillä +27,8...+34,6. Koepilareiden alueella K1 ja K4 maanpinnan taso on n. +29 ja K7 maanpinnan taso n. +32. Kairausten perusteella pohjamaa on pääasiassa tasaisesti paksuneva savialue. Savikerroksen paksuus vaihtelee noin välillä 1-7 m. K1, K4 ja K7 alueilla savikerroksen paksuus on n. 5 m. Savialueella kuivakuorisavikerroksen paksuus on tyypillisesti noin 1 m. Savikerroksen alapuolella maalaji on pääasiassa silttiä tai hiekkaa ennen pohjamoreenia. Kairaukset ovat päättyneet tiiviiseen maakerrokseen, kiveen, lohkareeseen tai kallioon. Alueella ei ole tehty kallionpinnan varmistuksia.

Tehtyjen siipikairausten perusteella saven kuivakuorikerroksen redusoimaton leikkaukslujuus on keskimäärin noin 50 kPa. Paikoitellen lujuudet ovat olleet yli 100 kPa. Kuivakuoren alapuolisen pehmeän savikerroksen yksittäiset redusoimattomat leikkaukslujuudet ovat vaihdelleet välillä 6,2...30 kPa kasvaen alaspäin. Saven indeksi-koetulokset stabiloitavuuskokeiden näytesyvyyksiltä on esitetty tarkemmin luvussa 7.1.

a)



b)



Kuva 4.5: Luhtitie. a) Koestabilointialueen sijainti merkitty karttaan sinisellä ympyrällä. b) Punaisella katkoviivalla on esitetty kohteen toteutuksessa tehty pilaristabilointi. Punaiset nuolet osoittavat stabiloitavuuskokeissa käytettyjen näytteiden koekuoppien K1, K4 ja K7 sijainnit. (Paikkatietoikkuna 2023)

Koestabilointi:

Koepilarit toteutti Skanska 1/2022. Pilareiden halkaisija on 600 mm. Valvontakairaukset tehtiin 1-3 kk lujittumisajan jälkeen. Pilareiden lujuustavoite oli 100 kPa 90d lujittumisen jälkeen.

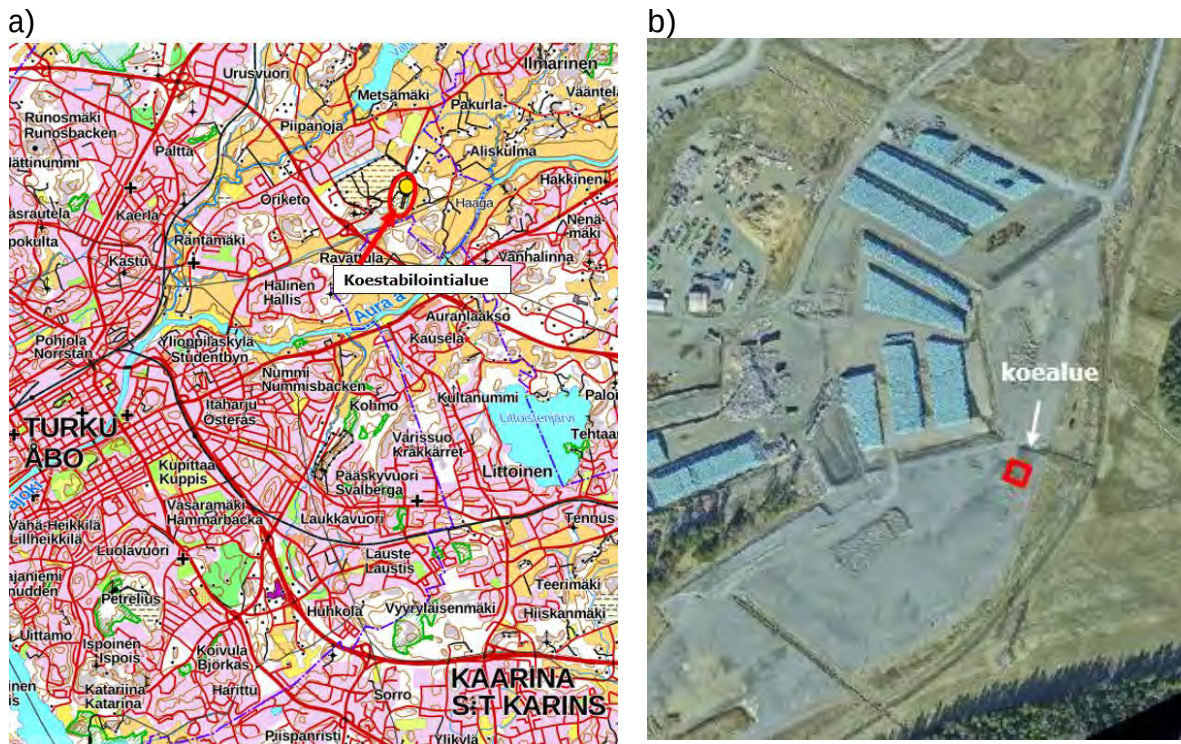
Laadunvalvontakairaukset tehtiin pilari- ja pilarisiipikairalla. Kohteessa käytetyt sideaineet olivat GTC2, GTC3, Green ja KC20 sideainemäärillä 70 ja 110 kg/m³. Kohteessa tutkittiin yhteensä 87 pilaria, joista 58 kpl n. 28 vrk ja 29 kpl n. 90 vrk ikäisinä. Laadunvalvontakairaukset teki Ramboll Finland Oy 12/2021 ja 1/2022. (Ramboll Finland Oy 2021)

4.6 Topinpuisto 2022

Topinpuiston maaperäkuvaus ja koestabilointiohjelma on laadittu loppuraportin perusteella (Topinpuisto, Turku, yhteenveto koestabiloinnin ympäristötutkimuksista, Ramboll Finland Oy 2022). Liitteessä 5 on esitetty koestabilointialue ja pohjatutkimusleikkauksia.

Maaperä:

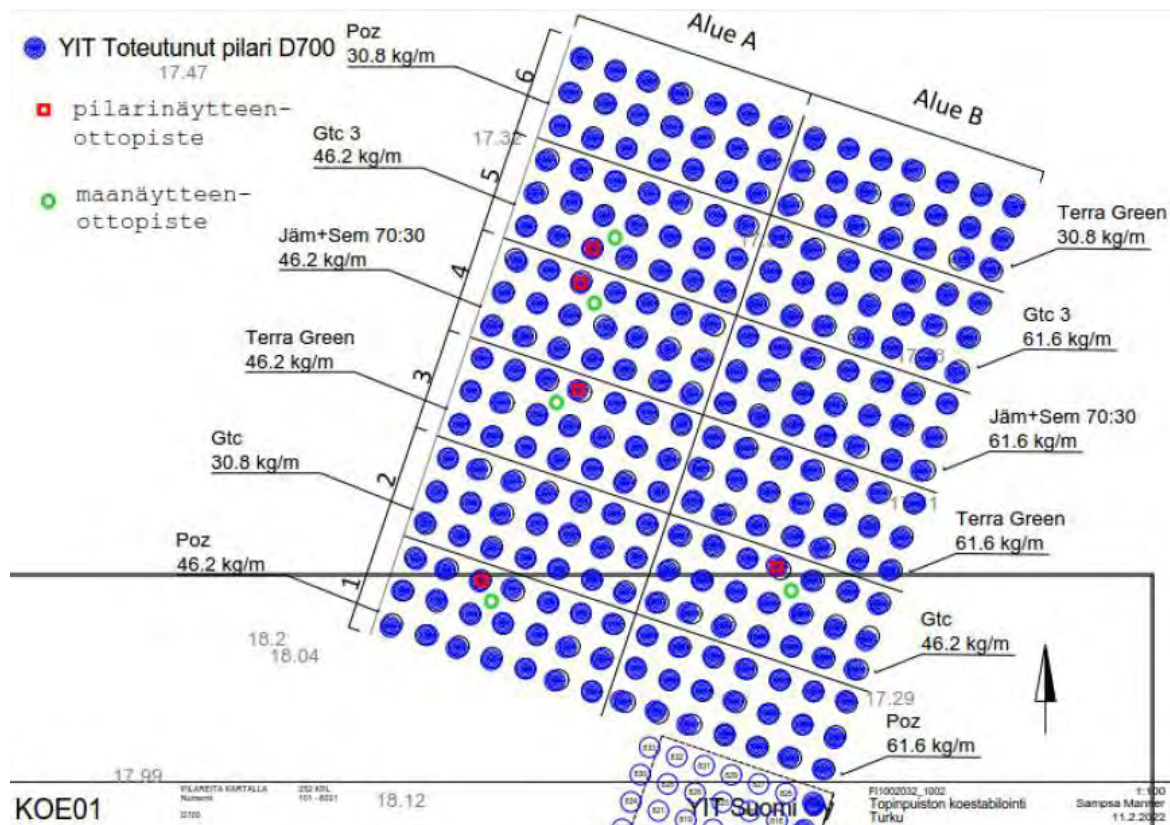
Topinpuiston koestabilointialueen sijainti on esitetty kuvassa 4.6. Koetoiminta-alueella on välivarastoitu n. 1-2 m kalliomurskeita laaja-alaisina penkereinä. Murskeen alla on savea. Koestabilointialue sijoittuu savikolle, jossa saven syvyys vaihtelee noin välillä 17–18 m. Ylimpänä maakerroksena on n. 1 m paksu kuivakuorikerros, jonka alla on savista liejua / liejuista savea n. 9 m. Tämän alapuolella on lihavaa savea n. 6–7 m. Savikerroksien alapuolella on silttiä ja hiekkaa/moreenia n. 1–6 m. Kalliopinnan syvyyttä ei ole määritetty koestabilointialueella. Saven indeksikoetulokset stabiloituvuuskokeiden näytesyvyyksiltä on esitetty tarkemmin luvussa 7.1.



Kuva 4.6: Topinpuisto. a) Koestabilointialueen sijainti merkitty punaisella ympyrällä karttaan. b) Koekentän sijainti ilmakuvassa. (Paikkatietoikkuna 2023)

Koestabilointi:

Stabilointipilarit toteutti YIT Suomi Oy 03/2022. Pilareiden halkaisija on 700 mm. Valvontakairaukset tehtiin 28 d ja 90 d +/- 5 d lujittuneille pilareille. Kairaukset suoritettiin pilarikairalla PK2/100. Koestabiloinnissa käytettävät sideaineet olivat: GTC2, GTC3, POZ, Green ja LT KAU+CEMII 7:3. Koestabiloinnin pilarikaavio ja näytteiden suunnitellut sijaintipaikat on esitetty kuvassa 4.7. (Ramboll Finland Oy 2022)

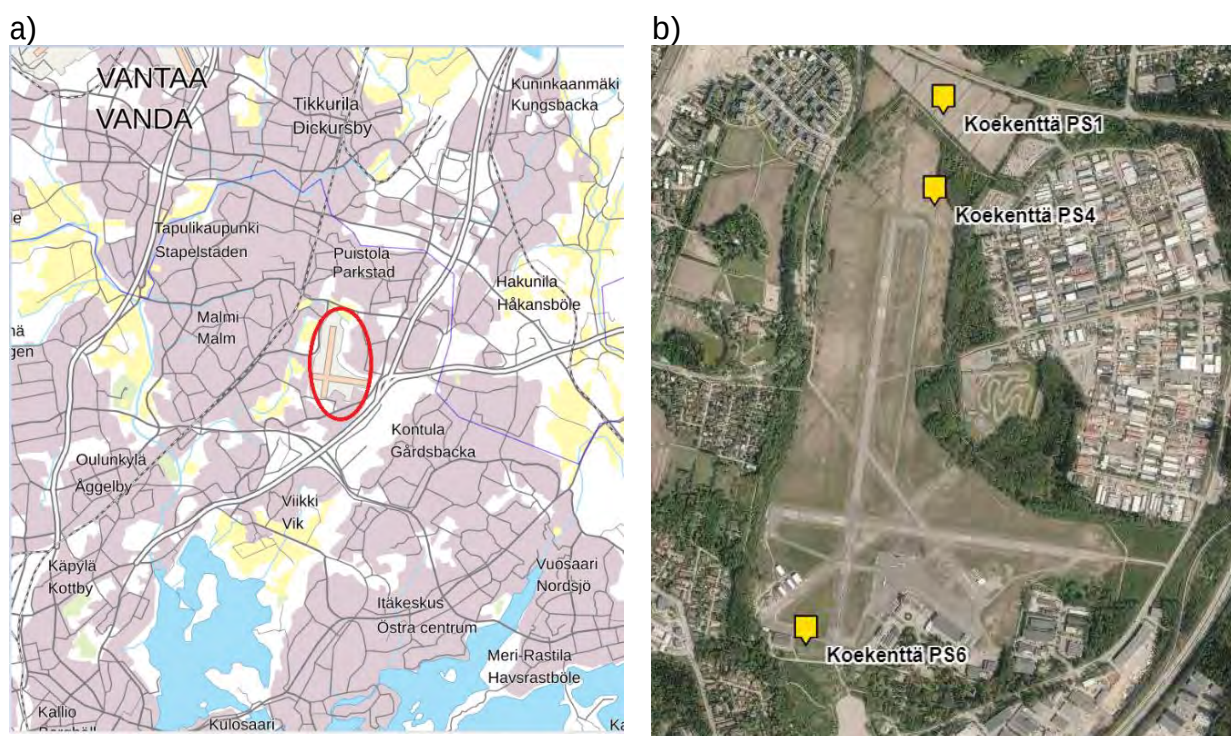


Kuva 4.7: Topinpuisto. Koestabiloinnin pilarikaavio ja näytteiden suunnitellut sijaintipaikat. (Ramboll Finland Oy 2022) Kuvassa esitetyn JAM+CEM sijaan käytettiin KAU+CEM.

5 Malminkenttä, koestabilointi 2022

Malminkentän maaperäkuvaus ja koestabilointiohjelma on laadittu työselostusten perusteella (Ma403-3 Malmin entinen lentokenttä, Maakaasun siirtoputken muutos koestabilointialue PS6 koesyvästabilointi, Ramboll Finland Oy 2022 ja Malmin lentokenttä alueen tilapäiset reittiyhteydet, pohjoinen ajoyhteys Suurmetsäntielle koestabilointi, Ramboll Finland Oy 2022). Liitteessä 6 on esitetty koestabilointialueiden karttoja ja pohjatutkimusleikkauskuvia.

Malminkentän lähestymiskartta ja koestabilointialueiden sijainnit on esitetty kuvassa 5.1. Koealueet PS1 ja PS2 sijaitsevat Malminkentän pohjoisosassa ja koealue PS6 eteläosassa (Ramboll Finland Oy 2022). Koepilaristabilointi on toteutettu 08-09/2022 ja tuotantopilarit 08-12/2022.



Kuva 5.1: Malminkenttä. a) Koestabilointialueet kartalla punaisen ympyrän alueella. b) Koekenttien PS1, PS4 ja PS6 sijainnit ilmakuvassa. (Paikkatietoikkuna 2023)

Maaperä:

Alueella on tehty maaperätutkimuksia useassa eri vaiheessa. Ensimmäiset tutkimukset suunniteltujen koestabilointien lähellä on tehty 1930- ja 60-luvuilla, minkä jälkeen kenttä- ja laboratoriotutkimuksia on tehty 2010 ja 20-luvuilla. Kairaukset ovat käsitäneet paino-, puristinheijari- ja siipikairauksia. Alueella on tehty myös koeuoppia ja otettu maanäytteitä maan ominaisuuksien ja stabiloitavuuden tutkimiseksi. Lisäksi on tehty maatutkausta. Koestabiloinnin välittömässä läheisyydessä on useita pohjavesi-putkia koe- ja tuotantostabiloinnin ympäristövaikutusten seuraamiseksi.

Koealue PS1 ja PS4:

Maanpinta on suunnittelualueella tasainen, vaihdellen noin välillä +15,0...+15,5. Suunnittelualue sijoittuu savikolle, jossa saven syvyys vaihtelee noin välillä 7-13 m. Ylimpänä maakerroksena on 0-1 m paksu heikko kuivakuorikerros, jonka alla on 0-2 m savista liejua / liejuista savea. Tämän alapuolella on hyvin pehmeää liejuista savea/savea (leikkauslujuus <10 kPa) noin 6 m ja pehmeää savea noin 0-7 m (leikkauslujuus 10-25 kPa). Siipikairalla mitattu saven suljettu redusoimaton leikkauslujuus syvyysväliltä 2-7 m on vaihdellut välillä 3-12 kPa kasvaen syvyysuunnassa. Syvemmällä savi muuttuu sitkeämmäksi ja lujemmaksi, leikkauslujuuden vaihdeltaessa noin välillä 10-22 kPa. Savikerroksien alapuolella on silttiä ja hiekkaa/moreenia noin 2-5 m. Kallionpinta on noin 12-16 m syvyydellä maanpinnasta tasolla + 0...+4.

Suunnittelualueelta on otettu häiriintyneitä ja häiriintymättömiä maanäytteitä. Tutkimustuloksissa liejuisen saven vesipitoisuus on vaihdellut välillä 106-144 %. Vastavasti saven vesipitoisuus on vaihdellut noin välillä 27-81 %, pienentyen syvemmälle mentäessä. Suunnittelualueen läheisyydessä on pohjaveden tasoa mitattu kahdesta havaintoputkesta. Noin viiden vuoden mittaus historian alin mitattu pohjaveden paines taso on ollut +15,02 ja ylin +16,18, maanpinnan ollessa noin tasolla +15,4. Näin ollen pohjavesi on ollut ajoittain paineellista.

Stabiloitavan alueen eteläosassa (PS4) on havaittu syvyydellä n. 0,3...1 m hapanta maata, jossa pH on määritetty olevan välillä 3,9...4,2 ja kokonaisriikki välillä n. 1000...5000 mg/kg. Tämän hapettuneen kerroksen alapuolella saven pH on määritetty olevan välillä 6...7 ja kokonaisriikki välillä n. 1000...15000 eli hapettumattomassa kerroksessa rikin määrä vaihtelee merkittävästi.

Koealue PS6:

Maanpinta on suunnittelualueella tasainen, vaihdellen noin välillä +14,8...+15,0. Suunnittelualue sijoittuu savikolle, jossa saven syvyys on noin 10 m. Ylimpänä maakerroksena on 0-1 m paksu heikko kuivakuorikerros, jonka alla on n. 4 m savista liejua / liejuista savea. Tämän alapuolella on pehmeää savea noin 5 m. Siipikairalla mitattu saven suljettu redusoimaton leikkauslujuus syvyysväliltä 2-10 m on vaihdellut välillä 6-12 kPa kasvaen hitaasti syvyysuunnassa. Savikerroksien alapuolella on silttiä 1-2 m kerros, jonka alla on hiekkaa/moreenia noin 4-8 m. Kalliopinnan taso ei ole tiedossa.

Suunnittelualueelta on otettu häiriintyneitä maanäytteitä. Tutkimustuloksissa liejuisen saven vesipitoisuus on vaihdellut välillä 60-100 % siten, että alhainen vesipitoisuus on havaittu ohuessa silttisessä kerroksessa. Saven vesipitoisuus on vaihdellut välillä 30-70 %, pienentyen syvemmälle mentäessä.

Koestabilointi:

Kohteen stabilointityön on suorittanut YIT Suomi Oy. Pilareiden halkaisija on 700 mm. Taulukossa 5.1 on esitetty koealueilla PS1, PS4 ja PS6 eri syvyyksillä käytetyt sideainemäärät. Taulukossa 5-5 on esitetty koekenttien PS1 ja PS4 suunnitellut sideainepitoisuudet ja taulukossa 5-6 on esitetty koekentällä PS6 suunnitellut sideainepitoisuudet.

Koealue PS1:

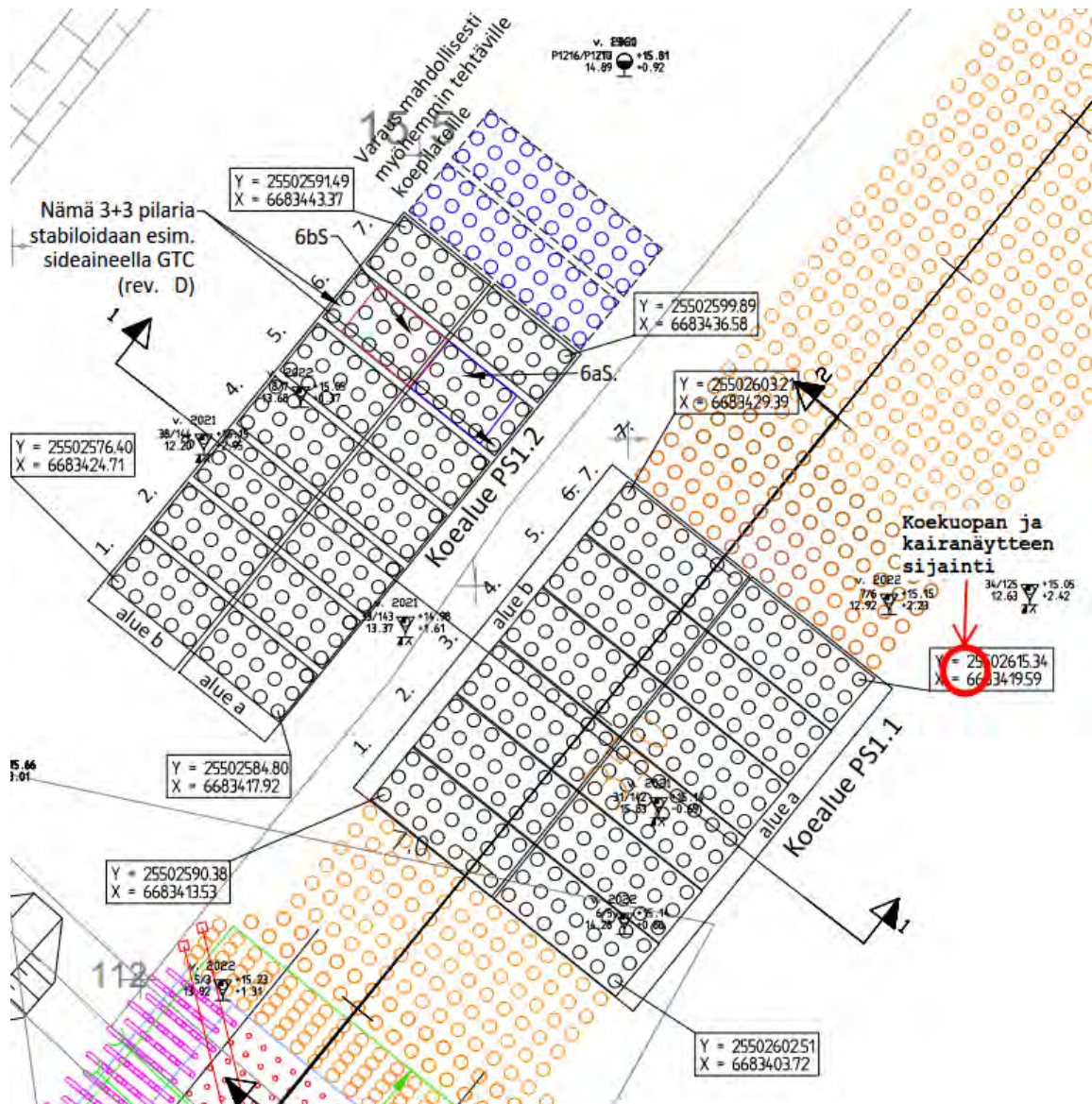
Kuvassa 5.2 on esitetty PS1 koekenttäalue ja koekuopan likimääräinen sijainti, josta otettiin savinäytteitä stabiloitavuuskokeita varten. Koekentällä PS1 on tehty valvontakairauksia 94 kpl. Taulukossa 5.1 on esitetty PS1 koestabiloinnissa käytetyt sideaineet, tutkimusmäärät ja lujittumisajat.

Koealue PS4:

Kuvassa 5.3 esitetyn punaisen ympyrän kohdalta otettiin koekupasta savinäytteitä Laboriostabiloitavuuskokeita varten. Koekentältä tehtiin 91 kpl valvontakairauksia. Taulukossa 5.1 on esitetty koekentällä PS4 käytetyt sideaineet, tutkimusmäärät ja lujittumisajat.

Koealue PS6:

Kuvassa 5.4 esitetyn punaisen ympyrän kohdalta otettiin koekupasta savinäytteitä stabiloitavuuskokeita varten. Koekentältä tehtiin 85 kpl valvontakairauksia. Taulukossa 5.1 on esitetty koekentällä PS6 käytetyt sideaineet, tutkimusmäärät ja lujittumisajat.



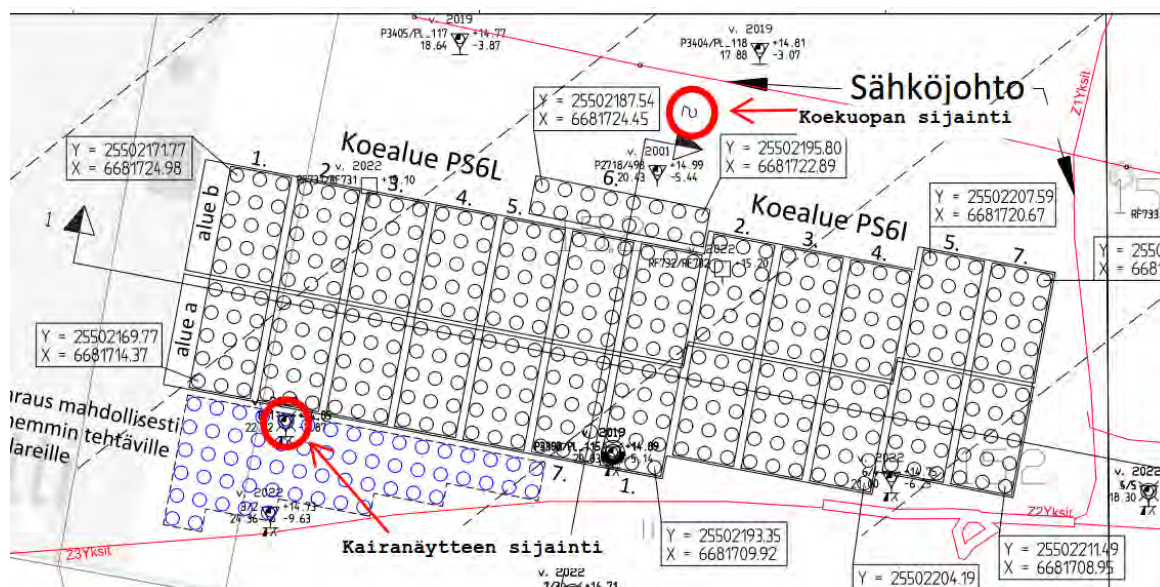
Kuva 5.2: Malminkenttä. Koekenttä PS1. Punaisella ympyrällä merkitty koekuopan ja kairanäytteen sijainti, josta otettiin 2022 savinäytteet laboratoriokokeita varten. (Ramboll Finland Oy 2022 b.)

Taulukko 5-1: Malminkenttä. Koekenttien PS1.1 ja PS1.2 tutkimusmäärät, lujittumisajat ja tutkimusajankohdat. (Ramboll Finland Oy 2022)

Sideaine	Alue	Side- aine- määrä	Stab. tot. Pvm	28d tutk.pii			90d tutk.pii		
				tutk. pii kpl	tutk. aika pvm	tutk. ikä vrk	tutk. pii kpl	tutk. aika pvm	tutk. ikä vrk
CEMIII/A 52,5L	1A	pieni	15.8.2022	3	12.9.2022	28	4	2.11.2022	79
CEMIII/A 52,5L	1B	ISO	15.8.2022	3	13.9.2022	29	4	7.11.2022	84
Terra GTC3	2A	pieni	9.8.2022	3	6.9.2022	28	4	2.11.2022	85
Terra GTC3	2B	ISO	8.8.2022	3	5.9.2022	28	4	4.11.2022	88
Terra Green	3A	pieni	10.8.2022	3	7.9.2022	28	4	1.11.2022	83
Terra Green	3B	ISO	9.8.2022	3	6.9.2022	28	4	2.11.2022	85
Terra POZ	4A	pieni	10.8.2022	3	7.9.2022	28	4	1.11.2022	83
Terra POZ	4B	ISO	10.8.2022	3	8.9.2022	29	3	1.11.2022	83
UPM LT+CEMII 7/3	5A	pieni	16.8.2022	-	-	-	4	31.10.2022	76
UPM LT+CEMII 7/3	5B	ISO	16.8.2022	3	13.9.2022	28	5	1.11.2022	77
PVO (PS1.2) LT+CEMII 7/3	6A	pieni	18.8.2022	-	-	-	4	3.11.2022	77
PVO (PS1.2) LT+CEMII 7/3	6B	ISO	17.8.2022	3	14.9.2022	28	4	3.11.2022	78
CEMIII/B 42,5L	7A	pieni	8.9.2022	3	7.10.2022	29	5	4.11.2022	57*
CEMIII/B 42,5L	7B	ISO	8.9.2022	3	6.10.2022	28	5	4.11.2022	57*
Yhteensä				36			58		

Taulukko 5-3: Malminkenttä. Koekenttä PS4 valvontakairausten tutkimusmäärät, lujittumisajat ja tutkimusajankohdat. (Ramboll Finland Oy 2022)

Sideaine	Alue	Side- aine- määrä	Stab. tot. pvm	28d tutk.pil			90d tutk.pil		
				tutk. pil kpl	tutk. aika pvm	tutk. ikä vrk	tutk. pil kpl	tutk. aika pvm	tutk. ikä vrk
CEMIII/B 42,5L	1A	pieni	31.8.2022	3	28.9.2022	28	4	17.11.2022	78
CEMIII/B 42,5L	1B	ISO	31.8.2022	3	28.9.2022	28	5	16.11.2022	77
Terra GTC3	2A	pieni	22.8.2022	-	-	-	4	16.11.2022	86
Terra GTC3	2B	ISO	22.8.2022	3	19.9.2022	28	4	14.11.2022	84
Terra Green	3A	pieni	29.8.2022	3	26.9.2022	28	5	14.11.2022	77
Terra Green	3B	ISO	26.8.2022	3	23.9.2022	28	4	11.11.2022	77
Terra POZ	4A	pieni	19.8.2022	-	-	-	3	8.11.2022	81
Terra POZ	4B	ISO	19.8.2022	3	16.9.2022	28	4	11.11.2022	84
UPM LT+CEMII 7/3	5A	pieni	26.8.2022	3	23.9.2022	28	4	11.11.2022	77
UPM LT+CEMII 7/3	5B	ISO	25.8.2022	3	22.9.2022	28	4	10.11.2022	77
PVO LT+CEMII 7/3	6A	ISO*	18.8.2022	3	15.9.2022	28	5	17.11.2022	91
PVO LT+CEMII 7/3	6B	pieni*	22.8.2022	3	19.9.2022	28	3**	8.11.2022	78
CEMIII/A 52,5L	7A	pieni	29.8.2022	-	-	-	6	17.11.2022	80
CEMIII/A 52,5L	7B	ISO	29.8.2022	3	26.9.2022	28	4	7.11.2022	70
Yhteensä				32			59		



Kuva 5.4: Koekenttä PS6. Punaisella ympyrällä merkitty koekuopan ja kairanäytteen sijainnit, joista otettiin savinäytteet 2022 laboratoriokokeita varten. (Ramboll Finland Oy 2022 a)

Taulukko 5-4: Malminkenttä. Koekenttä PS6 valvontakairausten tutkimusmäärät, lujittumisajat ja tutkimusajankohdat. (Ramboll Finland Oy 2022 a)

Sideaine	Alue	Side- aine- määrä	Stab. tot. pvm	28d tutk.pil			90d tutk.pil		
				tutk. pil kpl	tutk.aika pvm	tutk. ikä vrk	tutk. pil kpl	tutk.aika pvm	tutk. ikä vrk
CEMIII/B 42,5L	1A	pieni	1.9.2022	-	-	-	4	21.11.2022	81
CEMIII/B 42,5L	1B	ISO	1.9.2022	4	29.9.2022	28	4	22.11.2022	82
Terra GTC3	2A	pieni	25.8.2022	-	-	-	4	25.11.2022	92
Terra GTC3	2B	ISO	25.8.2022	4	22.9.2022	28	5	29.11.2022	96
Terra Green	3A	pieni	30.8.2022	-	-	-	4	24.11.2022	86
Terra Green	3B	ISO	30.8.2022	3	27.9.2022	28	5	28.11.2022	90
Terra POZ	4A	pieni	22.8.2022	-	-	-	4	24.11.2022	94
Terra POZ	4B	ISO	22.8.2022	3	20.9.2022	29	4	24.11.2022	94
UPM LT+CEMII 7/3	5A	pieni	26.8.2022	-	-	-	4	23.11.2022	89
UPM LT+CEMII 7/3	5B	ISO	25.8.2022	3	22.9.2022	28	5	24.11.2022	91
PVO LT+CEMII 7/3	6A	pieni	18.8.2022	-	-	-	5	25.11.2022	99
PVO LT+CEMII 7/3	6B	ISO	18.8.2022	3	15.9.2022	28	5	24.11.2022	98
CEMIII/A 52,5L	7A	pieni	31.8.2022	-	-	-	4	22.11.2022	83
CEMIII/A 52,5L	7B	ISO	31.8.2022	4	28.9.2022	28	4	23.11.2022	84
				24			61		

Taulukko 5-5. Suunniteltu sideainepitoisuus koekentillä PS1 ja PS4.

	Sideainemäärä, kg/m ³		
Tasoväli	+13 yläpuolella	+9 - +13	+9 alapuolella
pieni	150	120	100
ISO	200	150	120
	Sideainemäärä, kg/m (d700)		
pieni	57,7	46,2	38,5
ISO	77	57,7	46,2

Taulukko 5-6. Suunniteltu sideainepitoisuus kentällä PS6.

	Sideainemäärä, kg/m ³	
Tasoväli	+11.5 yläpuolella	+11.5 alapuolella
pieni	120	80
ISO	160	120
	Sideainemäärä, kg/m (d700)	
pieni	46,2	30,8
ISO	61,6	46,2

Havainnot:

Nordkalk Oy:n sideaineseokset tulivat työmaalle valmiina seoksina. Lentotuhkan ja sementin sekoitus toteutettiin työmaalla ns. vanhalla menetelmällä. Sekoituksessa sementti ja lentotuhka olivat erillisissä säiliöissään. Sideaineet syötettiin paineilmaletkujen kautta y-haaraliitokseen, jossa sideaineet sekoittuivat keskenään. Sideaineiden syöttömäärä määritettiin säiliön painon muutoksen mukaan. Vastaavanlaista menetelmää käytettiin Kuninkaantammen työkohteessa. Kuninkaantammessa sideaineet sekoitettiin siirtämällä sideaineet säiliöstä toiseen kolme kertaa ennen stabiloinnin aloitusta. Kuvassa 5.2 b on esitetty UPM lentotuhkan ja sementin sideainesäiliöt Kuninkaantammen työkohteessa. Kuvassa 5.2 a on esitetty stabiloitavuuskokeisiin kentältä saatu LT JAM+CEMII sideaineseos. (Välimäki 2023, Nguyen 2021)

Aalto-yliopistossa tehtiin LT KAU+CEMII 7:3 ja LT JAM+CEMII 7:3 sideaineseoksilla stabiloitavuuskokeet (12/2022 – 4/2023). Kokeita varten Malminkentältä haettiin valmiit sideaineseokset 10 l ämpäreissä. Työmaalta saadun LT KAU+CEMII 7:3 sideaineseoksen seassa oli puutikkuja, kumilenkki ja isompia kiviä. Työmaalla käytyjen keskustelujen mukaan ylimääräinen materiaalia oli päätynyt lentotuhkan sekaan lentotuhkan toimittajan varastoinnin aikana. Työmaalla käydyissä keskusteluissa selvisi lisäksi, ettei työmaalta saadun sideaineen seossuhde ollut tarkka 7:3 laboratoriotarkkuuksiin verrattuna. Aalto-yliopiston stabiloitavuuskokeita varten lentotuhka ja sementti sideaineet päädyttiin tilaamaan erikseen, jotta sideaineiden sekoitus 7:3 pystyttiin toteuttamaan laboratoriotarkkuudella.

Malminkentän koestabiloinnin kokemuksista ja tuloksista pidettiin 17.1.2023 keskustelutilaisuus. Yhtenä aiheena oli urakoitsijan kokemukset koestabiloinneista. Alla on listattu koneenkuljettajan huomioita Malminkentän koestabiloinnissa käytetyistä sideaineista (Ormio 2022):

- Tuhkaseosten juoksevuus ei ole samalla tasolla vakiintuneiden sideaineiden kanssa. Toisen tuhkan seassa roskia (tupakantumppeja yms., nämä varmaan peräisin tuhkan varastoinnista?) jotka aiheuttivat vähäisiä ongelmia tankkauksessa.
- Yleisesti kevyemmät sideaineet (esim. tuhkat) juoksevat koneesta läpi huonommin ja aiheuttavat herkemmin tukoksia.
- Malmilla käytetyistä sideaineista Terra POZ oli käytettävyydeltään helpointa (paino ja juoksevuus tasaista, helppo säätää konetta). Tyypillisesti kalkki-sementtiseos on ollut helpointa käsiteltävää (tasalaatuisuus, juoksevuus).
- GTC:ssä on jonkin verran vaihtelua painossa kuormien välillä, tämä hankaloittaa hieman koneen säätämistä. Käytettävyys kuitenkin hyvällä tasolla.

Lisäksi urakoitsija esitti yleistä huomioitavaa vaihtoehtoisista sideaineista (Ormio 2022):

- Tuhkien toimitusaikatauluissa haasteita (ymmärrettävää koekohteissa pienen erän vuoksi). Miten kuormat saadaan aikataulutettua työmaalle jos / kun tehdään suurempi määrä tuhkaseoksella / muulla uusioaineella?
- Työmäärän kausivaihtelut, miten varmistetaan saatavuus, kun tarvittavat määrät / kk vaihtelevat paljonkin?
- Sekoitustyö ja välivarastointi työmaalla vaatii panostusta urakoitsijalta (yhdysputket, säiliöt, vaakalaitteisto?). Sekoituksen tasalaatuisuuden varmistaminen vs. ”tehdasolosuhteissa”, sekoitus valmiiksi siiloon?
- Tyypillisesti lentotuhkaa tai muuta uusiomateriaalia käytettäessä sideainemäärä /m³ on melko suuri, millä on suora vaikutus tuotantotehoon. Toisinaan suuren sideainemäärän sekoittaminen maahan aiheuttaa saven ylösnousua tavallista enemmän.
- Sideaineiden tasalaatuisuus, mahdolliset vaihtelut painossa, kosteudessa ja rakeisuudessa hankaloittavat työtä (koneiden tankkaus ja säätäminen)
- Osan uusiosideaineista on havaittu aiheuttavan kaluston putkien / letkujen normaalia suurempaa kulumista ja jopa sähköjohtojen hapettumista (johtuuko raakoosta, muodosta, kemiallisista ominaisuuksista?)
- Aiemmin on ollut ongelmana sideaineen juoksevuus, tämä on korjautunut viimeisimmissä kohteissa
- Tuhkat yms. soveltuvat hyvin massastabilointiin menetelmän erilaisuudesta johtuen; syötön säätäminen helpompaa, suuri sideainemäärä helpompi hallita, laitteisto ei niin herkkä.

a)



b)



Kuva 5.5: Kuvassa a) UPM Kymmenen Jämsänkosken LT+CEM II 70/30 sideaineseos, sideaine päällisin puolin tasalaatuista. (Ikävalko 2022) b) Kuninkaantammen koestabilointialue. UPM lentotuhkan ja sementin työmaasäiliöt sideaineseosten sekoittamiseen paikan päällä (Nguyen 2021).

6 Laboratoriotutkimukset

6.1 Stabiloitavuuskokeiden toteutus Aalto-yliopistossa

Stabiloitavuuskokeiden runkoaineet (savinäytteet) ovat Malminkentän koestabilointikentiltä PS1, PS4 ja PS6. Näytteet otettiin koekuopista kaivinkoneella (8/2022) syvyysväleiltä 1,5-3 m ja kairaamalla (11/2022) 50 mm näytteenottomella syvyysväleiltä 4-8 m. Stabiloitavuuskokeissa käytettiin vastaavia sideaineita ja sideainemääriä kuin koepilareissa. Stabiloitavuuskokeet suoritettiin Liikenneviraston ohjeen (Syvästabiloinnin suunnittelu 17/2018 liite 1) mukaisesti.

Saven geotekniset indeksiominaisuudet määriteltiin (pH, kiintotiheys, rakeisuus, humuspitoisuus) laboratorio-ohjeen GLO-85 mukaisesti. Koekappaleiden valmistuksessa käytetty sideainemäärä laskettiin kaavan 6-1 mukaisesti. Saven märkätiheysarvo määritettiin punnitsemalla savinäytteen massa 1 dl mitta-astiassa. Mittauksia tehtiin 5 otoskertaa, joiden keskiarvosta määritettiin märkätiheysarvo.

$$m_1 = \frac{p_1}{p_m} \times m_2 \quad \text{kaava 6-1}$$

missä,

m_1 = sekoituserään tarvittava sideaineen massa (g)

p_1 = haluttu sideainemäärä (kg/m³)

p_m = runkoaineen märkätiheys (kg/m³)

m_2 = sekoituserässä käytettävä runkoaineen massa (g)

Koekappaleiden valmistuksessa käytetty savinäyte homogenisoitiin Hobbart keittiösekoittimella, (kuva 6.1 stabiloitavuuskokeissa käytetty keittiösekoitin ja sekoitin-koukku). Malminkentän alueella on havaittu esiintyvän sulfidisavea. Saven sulfidihaittoja pyrittiin poissulkemaan homogenisoimalla koekappaleiden valmistukseen tarvittava savimäärä, joka käytettiin muutaman päivän kuluessa.

a)



b)

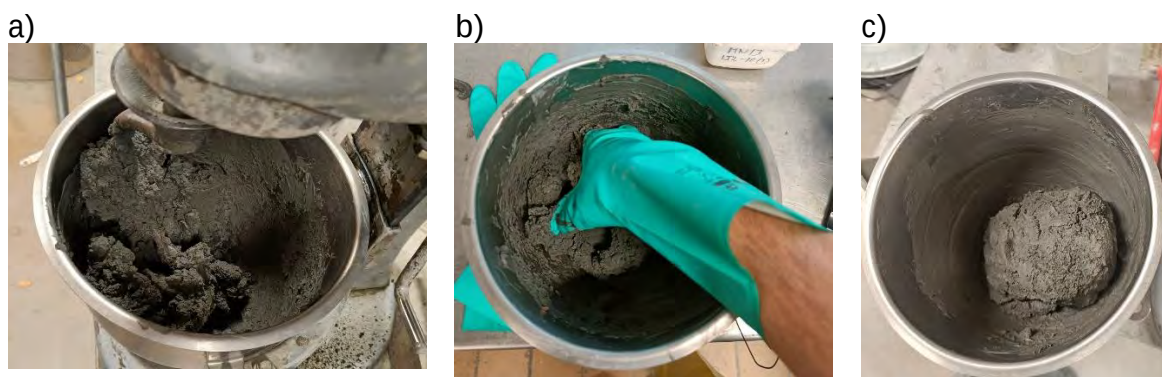


Kuva 6.1: Aalto-yliopiston laboratorio. a) Stabiloitavuuskokeissa käytössä oleva Hobart keittiösekoitin. b) Runko ja sideaineen sekoituksessa käytetty sekoitinkoukkumalli. (Ikävalko 2023)

Aalto-yliopiston stabiloitavuuskokeissa sideaineina käytettiin LT JAM+CEMII 7:3 ja LT KAU+CEMII 7:3. Lentotuhka ja sementti punnittiin erillisissä kipoissa, minkä jälkeen sideaineet lisättiin homogenisoidun saven sekaan. Savi ja sideaineet sekoitettiin keskenään 2×2 min ajan. Kuvassa 6.2 ovat homogenisoitu savinäyte ja sideaineet. Ensimmäisen 2 min sekoituskerran jälkeen sekoitinkoukkuun ja kulhon reunoille jäänyt savi+sideaineseos kaavittiin yhtenäiseksi massaksi. Savi+sideaineseos pyrittiin saamaan mahdollisimman tasaisesti sekoittumaan keskenään, niin ettei epätasaisia sideainekertymiä pääsisi muodostumaan. Viimeisen 2 min sekoituskerran jälkeen savi+sideaineseoksesta muotoiltiin yhtenäinen 'taikinapallo', josta seosta otettiin koe-kappaleiden valmistukseen. Yhdestä sekoituserästä valmistettiin 3 koe-kappaletta. Kuvassa 6.3 on esitetty sekoitustilanne ja valmis savi+sideaineseos.

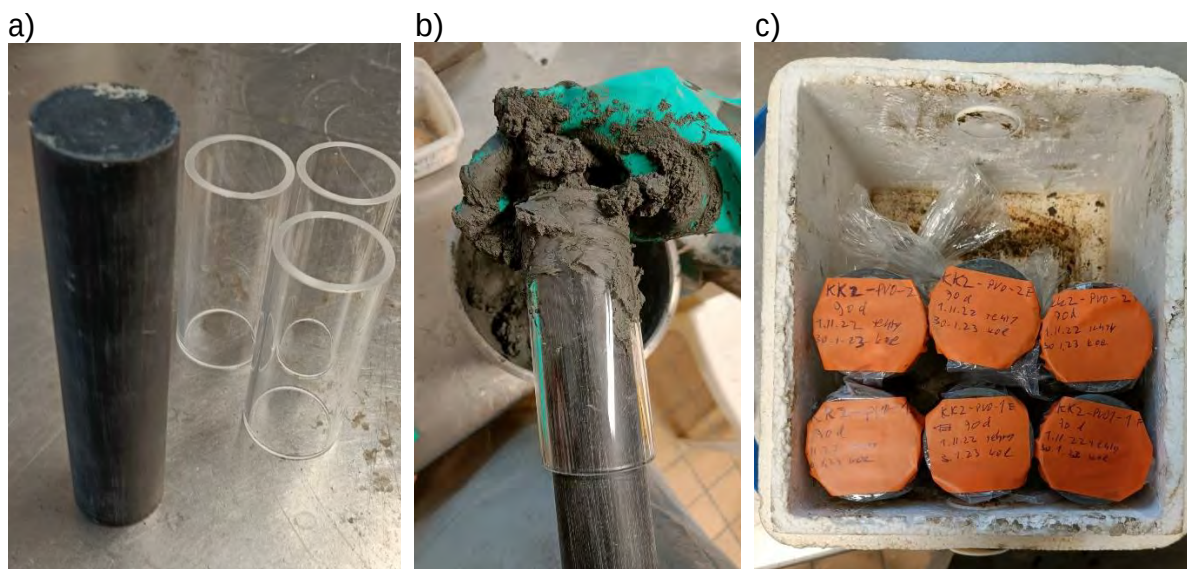


Kuva 6.2: Sideaineet ja savinäyte ennen sekoitusta. Vasemmalla ylemmässä kulhossa on LT KAU lentotuhka ja alemmassa kulhossa CEMII sideaine. Isossa kulhossa on homogenisoitu savinäyte. (Ikävalko 2023)



Kuva 6.3: a) Ensimmäinen 2 min savi+sideaineseos sekoituskerta. Seosta pakkaantuu kulhon reunoille sekä sekoituskoukun yläpäähän. b) savi+sideaineseoksen kaavinta kulhon reunoilta. c) 'taikinapallo', josta seosta otettiin koekappaleiden valmistukseen. (Ikävalko 2023)

Koekappaleiden valmistuksessa sekoitettu savi+sideaineseos tiivistettiin vastakappaleita vasten käsin painellen sylinterimuotoiseen läpinäkyvään akryylimuottiin. Läpinäkyvästä muotista pystyi silmämääräisesti arvioimaan koekappaleen tiivistyksen laadun. Hyvälaatuisessa koekappaleessa tiivistetty seos näkyi muotin läpi tasaisena massana ja huonolaatuisessa tiivistyksessä koekappaleessa näkyi selvästi huokoisia kohtia. Valmiit koekappaleet laitettiin kylmälaukkuihin ilmatiiviisti pusseihin käärittyinä. Koekappaleita säilytettiin kylmälaukuissa huoneenlämmössä kaksi vuorokautta, minkä jälkeen ne siirrettiin kylmiöön koestukseen saakka. Kuvassa 6.4 a ja b on esitetty koekappaleen käsin tiivistys, tiivistyksessä käytetty akryylimuotti ja vastakappale. Kuvassa 6.4 c on esitetty koekappaleiden säilytys kylmälaukkuun pakattuina ilmatiiviissä muovipusseissa.



Kuva 6.4: a) Läpinäkyvät akryylimuotit ja tiivistyksessä käytettävä vastakappale. b) savi+sideaineseoksen tiivistys muottiin käsin painellen vastakappaletta vasten. c) koekappaleet kylmälaukussa muovipusseissa. Koekappaleen päälle merkitty näytenumero, valmistus pvm. ja koestus pvm. (Ikävalko 2023)

Lujittumisajan jälkeen koekappaleet työnnettiin akryyliputkista ulos kuvan 6.5 a mukaisella laitteella ja leikattiin veitsellä määrämittaan koestusta varten ($h/d=2$), kuva 6.5 b. Koekappaleet koestettiin yksiaksiaalisella puristuskokeella kuormitusnopeudella 1 mm/min. Puristuksesta tallennettiin puristuslujuus ja muodonmuutos, joista laadittiin puristus- ja muodonmuutoskuvaajat. Koekappaleita puristettiin, kunnes nähtävissä oli selkeä murtopinta tai puristus- muodonmuutos kuvaajan käyrä oli selkeästi laskusuunnassa.



Kuva 6.5: a) Koekappaleen poisto muotista ja b) koekappaleiden määrämittaan leikkaaminen. (Ikävalko 2023)

6.2 Vertailututkimukset

Osana tätä diplomityötä tehtiin stabiloitavuuskokeiden vertailututkimus. Vertailututkimukseen osallistuivat Ramboll Finland Oy, Aalto-yliopisto ja Nordkalk Oy. Runkoaineena käytettiin Malminkentän PS1 koealueen savea syvyyksiltä 2,0 ja 3,0 m ja sideaineena Finnsementti CEMIII/A. Stabiloitavuuskokeet suoritettiin Liikenneviraston ohjeen (Syvästabiloinnin suunnittelu 17/2018 liite 1) mukaisesti. Käytetyt sideainepitoisuudet olivat 150 ja 200 kg/m³ ja koekappaleiden lujittumisajat olivat 7, 28 ja 91 d. Jokaisesta koesarjasta tehtiin kaksi koekappaletta lujittumisaikaa kohden.

Taulukossa 6-1 on esitetty stabiloituvuuskokeilla määritetyt puristuslujuudet, koesarjojen puristuslujuuskeskiarvot, koekappaleiden valmistus pvm. ja koekappaleiden halkaisija. Aalto-yliopistossa tehtiin kaksi erillistä koe-erää. Ensimmäinen koe-erä valmistettiin Ramboll Finland Oy:n kanssa samanaikaisesti 10/2022 ja toinen koe-erä Nordkalk:n kanssa samanaikaisesti 1/2023. Aalto-yliopiston ensimmäisessä koe-erässä valmistettiin 50 mm halkaisijaltaan olevat koekappaleet ja toisessa erässä valmistettiin 42 ja 50 mm halkaisijaltaan olevat koekappaleet. 42 ja 50 mm koe-erän valmistuksessa oli tarkoitus vertailla koekappaleen halkaisijan vaikutusta lujuuteen.

Taulukko 6-1: Malminkenttä 2022, stabiloitavuuskokeiden vertailututkimustulokset. Runkoaine koekentältä PS1, sideaine CEM III/A, sideainepitoisuus 150 kg/m³ ja lujittumisaika 7 d.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenotto syvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm	1/2023	1/2023	10/2022	9/2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1A (7d)	730	664	708	779	596
MVT-1B (7d)	742	650	801	713	546
ka.	736	657	755	746	571
	erotus avrg - ka. =		64	55	-120
		ka. =	691		

6.3 Vertailukokeiden havainnot

Aalto-yliopiston koekappaleiden säilytyksessä kylmiön lämpötilan huomattiin olleen n. +3 °C. Tämä eroaa Liikenneviraston ohjeesta, jonka mukaisesti koekappaleiden säilytyslämpötilan tulee olla +6... +10 °C astetta.

Lämpötila ja lujittumisaika ovat vaikuttavimmat tekijät stabiloidun maan lujuuskehityksessä (Kitazume et al. 2009). Näiden kahden tekijän vaikutusta kuvaa termi kypsyy (maturity). Kitazume et al. (2009) havaitsivat stabiloitavuustutkimuksessa stabiloidun maan lujuuden kasvavan lähes lineaarisesti lujittumisajan logaritmin suhteen. Tutkimuksessa vertailtiin samoilla sideaineilla ja sideainemäärillä eri lämpötilojen vaikutusta lujuusarvoihin. Lujuuden kehittymistä vertailtiin +5, +7, +10, +20, ja +40°C asteen lämpötiloissa. Stabiloidun saven lujuuden kehityksen havaittiin käyttäytyvän lineaarisesti eri lämpötilaeroissa riippumatta sideaineen laadusta tai määrästä. Yksi Kitazumen et al. raportoimassa tutkimuksessa käytetty kaava oli Åhnberg & Holm 1984 stabiloidun saven kypsyyden määrittämiseen, kaava 6-1.

$$M = (20 + 0.5(T - 20))^2 \times \sqrt{t_c} \quad \text{kaava 6-1}$$

missä:

T = koekappaleiden säilytyslämpötila
 t_c = koekappaleiden lujittumisaika, d

Taulukossa 6-2 on esitetty +3, +6, +8 ja +10 °C kypsyyssarvoja, jotka on määritetty kaavalla 6-1 28 ja 91 vuorokauden lujittumisajoille. Kypsyyssfunktion lujittumisajoissa on huomioitu näytteiden 2 vuorokauden säilytys huoneenlämmössä ennen kylmiöön siirtämistä. Kun verrataan lämpötilojen +6, +8 ja +10 °C kypsyyksien eroja +3 °C

kypsyyteen, havaitaan +3 °C kypsyys on 78 % +6 °C säilytetyn näytteen kypsyystä, 67 % +8 °C säilytetyn näytteen kypsyystä ja 59 % +10 °C säilytetyn näytteen kypsyystä. +3 °C lämpötilassa säilytettyjen näytteiden kypsyys saadaan vastaamaan +6 °C näytteiden kypsyystä kertomalla +3°C kypsyysarvo korjauskertoimella 1,28 ($862/674=1,28$). Liitteessä 7 on esitettyinä vertailututkimuksen tulokset, joissa Aalto-yliopiston puristuskoetulokset on muunnettu korjauskertoimella 1,28 vastaamaan lämpötilassa +6 °C säilytettyjä koekappaleita. Liitteessä 8 on esitetty Aalto-yliopiston alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat puristuskoetulokset.

Taulukko 6-2: a) Kypsyyshfunktion M arvoja eri säilytyslämpötiloissa 28 ja 91 d lujittumisajoilla. b) +3 °C lämpötilasäilytyksen kypsyys suhde +6, +8 ja +10 °C lämpötilassa säilytetyn näytteen kypsyys.

b)

Lämpötila °C	Kypsyyden (M) arvoja eri säilytyslämpötilassa (°C d)	
	26 d	89 d
	M	M
+3	674	1247
+6	862	1594
+8	999	1849
+10	1147	2123

b)

+3 °C lämpötilasäilytyksen kypsyys suhde +6, +8 ja +10 C säilytetyn näytteen kypsyys		
Lämpötila °C	26 d	89 d
+6	78 %	78 %
+8	67 %	67 %
+10	59 %	59 %

Aalto-yliopiston ja Ramboll Finland Oy:n 12/2022 valmistettujen koekappaleiden puristuslujuuksien keskiarvojen ero on välillä 3-10 %. Poikkeuksena on koesarja (PS1 koealueen näytteenotto syvyys 2,0 m, sideainemäärä 200 kg/m³, 91d lujittumisaika, esitetty liitteessä 8), jossa Aalto-yliopiston puristuslujuuskeskiarvo on n. 20 % suurempi kuin Ramboll Finland Oy:n tekemillä koekappaleilla.

Aalto-yliopiston valmistamien koesarjojen 10/2022 ja 01/2023 puristuslujuuksien välillä on havaittavissa, että 10/2022 valmistettujen koekappaleiden puristuslujuudet ovat suurempia kuin 01/2023 valmistettujen koekappaleiden puristuslujuudet. Yksi vaikuttava tekijä voi olla 01/2023 koesarjan savinäytteen pidempiaikainen säilytys, jolloin savinäytteessä on saattanut tapahtua hapettumista. Koesarjoissa 10/2022 ja 01/2023 käytettiin samaa savea.

Aalto-yliopiston koesarjan 01/2023 halkaisijaltaan 42 mm ja 50 mm koesarjoissa havaitaan 42 mm näytteiden puristuslujuuskeskiarvojen olevan 8-12 % suurempia kuin 50 mm näytteiden. Tästä on epävarma tehdä johtopäätöksiä pienen havaintomäärän (6 kpl) vuoksi.

7 Tutkimustulokset

7.1 Laboratoriokoetulokset

Stabiloitavuuskokeet suoritettiin Liikenneviraston ohjeen (Syvästabiloinnin suunnitelu 17/2018 liite 1) mukaisesti. Liitteissä 9-14 on esitettyinä koekappaleiden puristuslujuudet, koesarjojen keskiarvot, lujittumisajat ja sideainepitoisuudet. Liitteissä 15 ja 16 on esitetty Aalto-yliopistossa tehtyjen stabiloitavuuskokeiden jännitys- muodonmuutoskuvaajat. Runkoaineen luokittelutestien tulokset eri kohteissa on esitetty liitteissä 17-22.

Liitteessä 9 on esitetty Ilokaanrinteen stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Stabiloitavuuskokeiden sideaineet olivat KC30, GTC2 ja Stabi65. Koekappaleita valmistettiin kahden koekappaleen koesarjoissa 28 d lujittumisajalla. Sideainepitoisuudet olivat KC30 ja GTC2 sideaineilla 100, 120, 140 ja 160 kg/m³ ja sideaineella Stabi 65 120, 140 ja 160 kg/m³. Koepilarit, joille tehtiin valvontakairaukset, oli stabiloitu KC30, GTC2 ja Stabi65 sideaineilla sideainepitoisuudella 100 kg/m³. Stabi65 sideaineella ekstrapoloitiin lineaarisesti 120, 140 ja 160 kg/m³ stabiloitavuuskokeiden lujuuksista 100 kg/m³ sideainemäärää vastaava lujuus.

Liitteessä 10 on esitetty Kuninkaantammen stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Kokeet on toteutettu kahden rinnakkaiskappaleen koe-erissä lujittumisajoilla 28 ja 90 d. Sideainepitoisuudet olivat 80, 120, 150 ja 160 kg/m³. Sideaineilla Stabi80, KAI LT+CEMII 7:3 ja JAM LT+CEMII 7:3 stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy ja sideaineilla GTC, Green ja POZ kokeet teki Nordkalk Oy. Savinäytteet stabiloitavuuskokeita varten otettiin koestabilointialueelta (kuva 4.3).

Liitteessä 11 on esitetty Länsirannan stabiloitavuuskokeiden tulokset. Stabiloitavuuskokeet sideaineilla KC30, GTC2 ja Stabi80 toteutettiin koealueiden 1-3 savinäytteillä. Puristuslujuudet määritettiin pääosin kahden rinnakkaiskappaleen 28 ja 90 d lujittuneille koekappaleille. Sideainepitoisuudet olivat 100, 135 ja 170 kg/m³.

Liitteessä 12 on esitetty Luhtitien stabiloitavuuskokeiden tulokset. Stabiloitavuuskokeet toteutettiin koekenttien K1, K4 ja K7 kohdalta otetuilla savinäytteillä. Puristuslujuusmääritykset tehtiin pääosin kahdella rinnakkaiskappaleella 28 ja 90 d lujittumisajoilla. Käytetyt sideaineet olivat Green, Stabi80, GTC, KC20. Sideainepitoisuudet olivat 70, 110 ja 150 kg/m³.

Topinpuiston stabiloitavuuskoetulokset vuodelta 2021 on esitetty liitteessä 13. Näytteet stabiloitavuuskokeita varten otettiin syvyydeltä 3,0 m. Puristuslujuusmääritykset tehtiin kolmella rinnakkaiskappaleella 28 ja 90 d lujittumisajoilla. Sideaineilla GTC, Green ja POZ teki Nordkalk Oy ja sideaineella KAU LT+CEMII 7:3 Aalto-yliopisto. Sideainepitoisuudet olivat 80, 120 ja 160 kg/m³. Vertailututkimusta varten myös usea muu laboratorio teki stabiloitavuuskokeita sideaineilla GTC. Ne tulokset on esitetty raportissa Stabiloitavuuskokeiden vertailututkimus (Ikävalko 2022), tuloksia ei käsitellä tässä työssä.

Malminkentän stabiloitavuuskoetulokset on esitetty liitteessä 14. Stabiloitavuuskoeket toteutettiin koekentiltä PS1, PS4 ja PS6 otetuilla savinäytteillä. Puristuslujuusmäärityksissä tehtiin kolme rinnakkaiskoekappaletta jokaista lujittumisaikaa kohden. Lujittumisaajat olivat 28 ja 91 d ja sideainepitoisuudet 80, 120, 150, 160 ja 200 kg/m³. Stabiloitavuuskoeket sideaineilla CEMIII/A ja CEMII/B teki Ramboll Finland Oy, sideaineilla GTC, Green ja POZ Nordkalk Oy ja sideaineilla JAM LT+CEMII 7:3 ja KAU LT+CEMII 7:3 Aalto-yliopisto. Taulukossa 7-1 on esitetty esimerkki taulukko PS1 koalueen stabiloitavuuskoeketiden puristuskoetuloksista.

Taulukko 7-1: Malminkenttä. Stabiloitavuuskoeketiden puristuslujuustulokset sideaineilla LT+CEMII, GTC3, Green, POZ ja CEM. Sideainemäärät olivat 120 kg/m³ ja lujittumisaajat 28d ja 91d.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	108	113	110	110	147	161	151	153
LT KAU+CEMII 7:3	128	137	131	132	189	183	179	184
GTC3	611	617	546	591	694	764	801	753
Green	386	431	411	409	433	601	496	510
POZ	210	210	195	205	249	249	221	240
CEM III/A	729	640	662	677	1170	1110	1230	1170
CEM III/B	504	460	471	478	664	708	641	671

Indeksikoetulokset

Stabiloitavavan saven indeksikoetuloksissa esitetään aina standardin CEN ISO/TS 17892-1 mukaisesti vesipitoisuus, märkätiheys, pH ja hehkutushäviö 800°C lämpötilassa (Liikennevirasto 2018). Taulukossa 7-2 on esitetty Malminkentän stabiloitavuuskoeketissa käytetyn runkoaineen indeksikoetulokset. Liitteissä 17-22 on esitettyinä kohteiden Topinpuisto 2022, Luhtitie 2021, Porvoon länsiranta 2020, Kuninkaantammi 2020 ja Ilokkaanrinteen 2019 indeksikoetulokset. Taulukoissa on jokaisen laboratorion stabiloitavuuskoeketiden runkoaineen indeksikoetulokset.

Taulukko 7-2: Malminkenttä. Stabiloitavuuskoeketissa käytettyjen savinäytteiden indeksikoetulokset eri laboratorioissa. Osa eri laboratorioissa tutkituista näytteistä ovat rinnakkaisia.

Malminkenttä

Koealue/ Näytepiste	Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Rikki (%)	Maalaji- määritys
PS1/KK1	Aalto-yliopisto	2-3	1430	112 %	6,14	4,3 %	-	liSa
PS1/PS1	Aalto-yliopisto	5,5-6,5	1448	104 %	6,14	3,8 %	-	liSa
PS1/KK1	Ramboll Finland Oy	2,4	1440	110 %	7,6	4,6 %	-	liSa
PS1/KK1	Ramboll Finland Oy	3,0	1390	120 %	8,2	4,2 %	-	liSa
PS1/KK1	Nordkalk Oy	2,4-3,0	1408	119 %	6,73	4,2 %	0,14 %	-
PS1/PS1	Nordkalk Oy	5,5-6,5	1509	87 %	6,94	4,7 %	0,18 %	-
PS4/KK2	Aalto-yliopisto	1,5-2,0	1416	115 %	5,74	3,8 %	-	liSa
PS4/PS4	Aalto-yliopisto	3,5-4,5	1433	108 %	5,42	4,9 %	-	liSa
PS4/PS4	Aalto-yliopisto	7,5-8,5	1468	98 %	6,2	3,5 %	-	liSa
PS4/KK2	Ramboll Finland Oy	1,5-2,0	-	115 %	7,3	5,1 %	-	liSa
PS4/PS4	Ramboll Finland Oy	3,5-4,5	-	104 %	6,9	4,3 %	-	liSa
PS4/KK2	Ramboll Finland Oy	7,5-8,5	-	92 %	8,1	3,7 %	-	liSa
PS4/KK2	Nordkalk Oy	1,5-2,0	1399	115 %	6,7	4,7 %	0,26 %	-
PS4/PS4	Nordkalk Oy	3,5-4,5	1451	102 %	5,82	4,2 %	0,21 %	-
PS4/PS4	Nordkalk Oy	7,5-8,5	1535	82 %	7,75	3,5 %	0,04 %	-
PS6/PO1	Aalto-yliopisto	2,0-3,0	1462	98 %	5,74	3,8 %	-	liSa
PS6/PO1	Aalto-yliopisto	5,5-6,5	1599	69 %	7,42	2,9 %	-	liSa
PS6/PO1	Ramboll Finland Oy	5,5-6,5	-	66 %	8,8	3,0 %	-	liSa
PS6/PO1	Nordkalk Oy	2,0-3,0	1368	124 %	7,04	6,4 %	1,46 %	-
PS6/PO1	Nordkalk Oy	5,5-6,5	1597	68 %	8,12	3,1 %	0,03 %	-

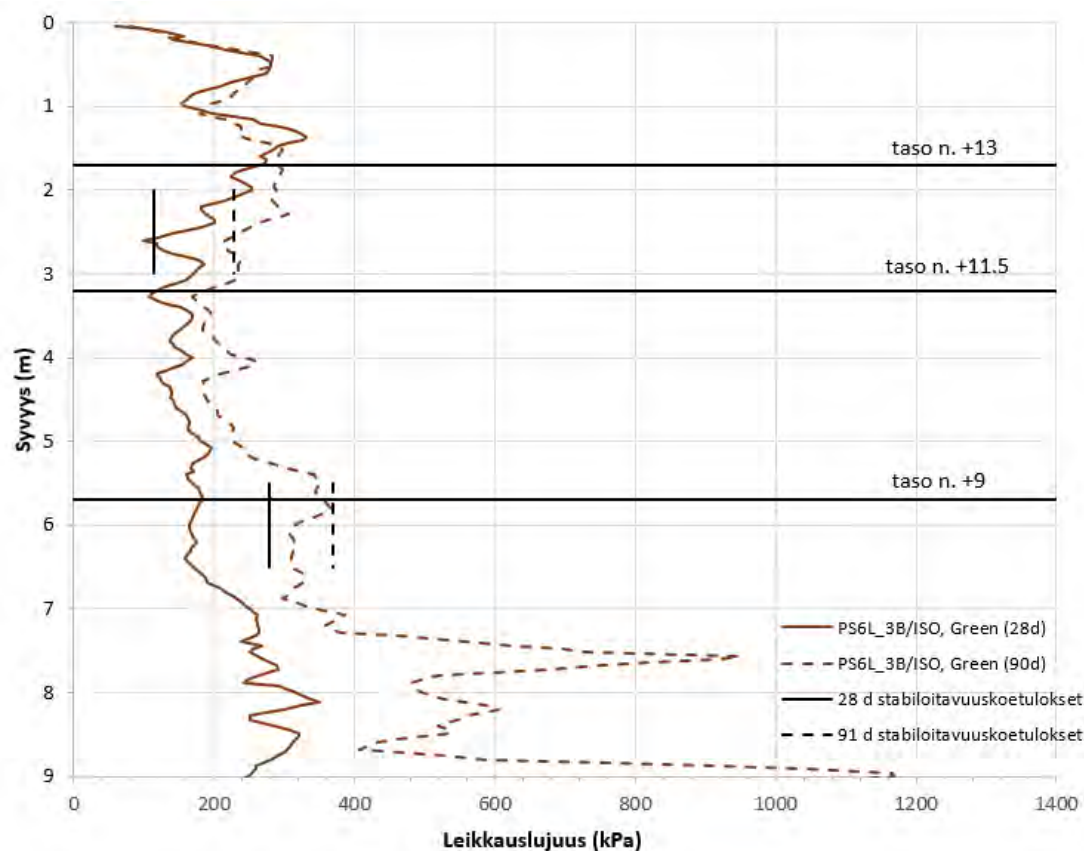
7.2 Laadunvalvontakairaus- ja laboratoriolujuuksien yhdistäminen

Liitteissä 23-28 on esitetty kohteista Ilokkaanrinne, Kuninkaantammi, Luhtitie, Länsiranta, Topinpuisto ja Malminkenttä laadunvalvontavalvontakairauksista ja stabiloitavuuskokeista saadut keskiarvoleikkauslujuudet. Valvontakairauksen keskiarvokuvaajat edustava kolmea tai neljää rinnakkaista kairautulosta, joista on jätetty huomiotta osuudet, joissa kairakärjen on arvioitu tulleen ulos pilarista. Osa keskiarvokuvaajista on muodostettu suuremmasta kairausmäärästä. Valvontakairautulokset ovat raporteista: Malminkenttä (Ramboll Finland 2023), Topinpuisto (Ramboll Finland 2022 d), Luhtitie (Ramboll Finland 2021), Länsiranta (Ramboll Finland 2020 c), Kuninkaantammi (Ramboll Finland 2020 d) ja Ilokkaanrinne (Ramboll Finland 2019 b)

Stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus on määritetty yksiaksiaalisten puristuskokeiden tuloksista kaavalla 2-3. Kuvassa 7.1 (ja muissa vastaavissa kuvissa) pystyviivat kuvastavat stabiloitavuuskokeiden runkoaineen näytteenottosyvyyttä, jonka välille keskiarvoleikkauslujuus on määritetty. Kuvan selitteet on esitetty alla:

- Ruskea kuvaaja on laadunvalvontakairauksista muodostettu keskiarvoleikkauslujuus 1 kk ikäisille pilareille.
- Ruskea katkoviivakuvaaja on laadunvalvontakairauksista muodostettu keskiarvoleikkauslujuus 3 kk ikäisille pilareille (muutamassa tapauksessa lujittumisaika on 60 d).
- Musta pystyviiva esittää 28d stabiloitavuuskokeista saatua keskiarvoleikkauslujuutta.

- Musta katkoviiva esittää 91d stabiilitavuuskokeista saatua keskiarvoleikkauslujuutta (muutamassa tapauksessa lujittumisaika on 60 d).



Kuva 7.1: Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine TerraGreen, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11,5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11,5 alapuolella.

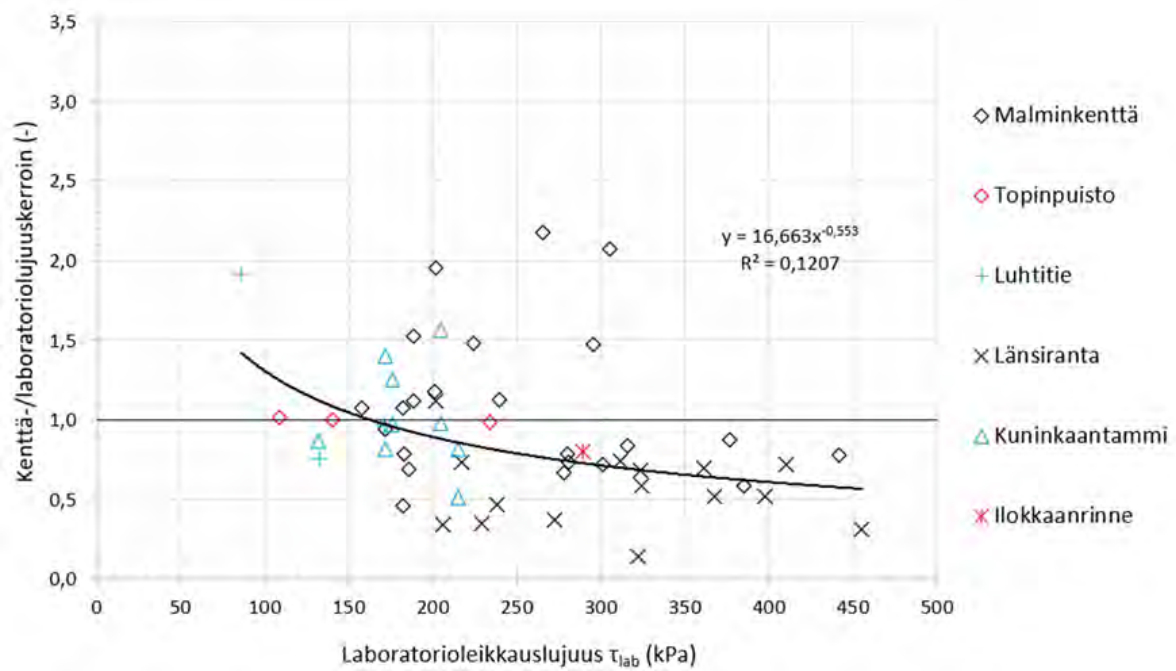
8 Kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen määrittäminen

Tässä diplomityössä on käsitelty laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden tutkimustuloksia yhteensä kuudesta eri koestabilointikohteesta: Malminkenttä, Topinpuisto, Luhtitie, Länsiranta, Kuninkaantammi ja Ilokkaanrinne.

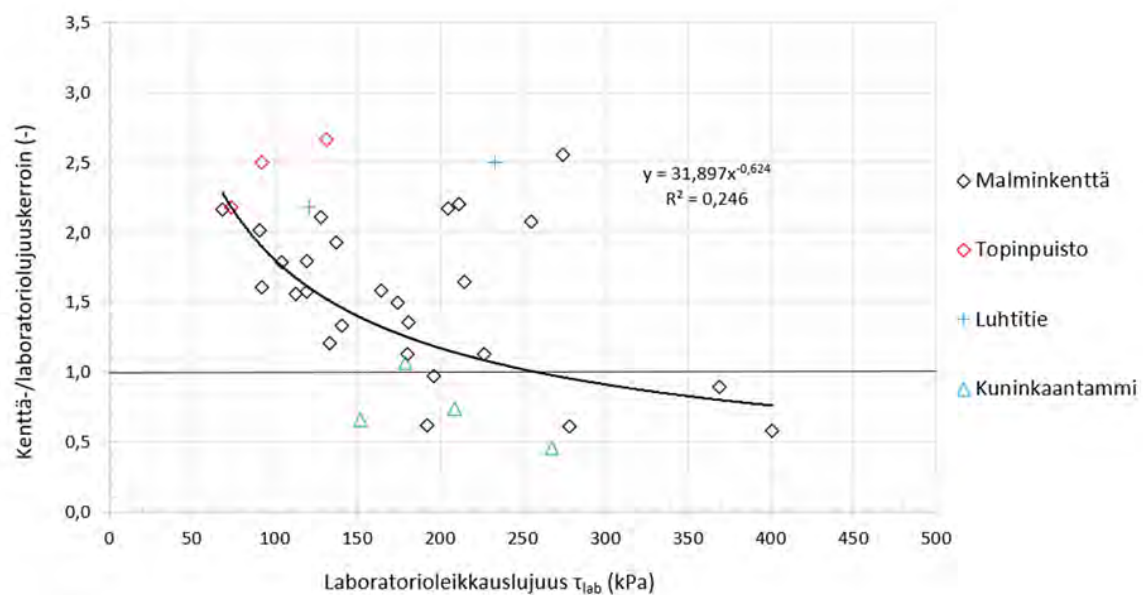
Tutkimustuloksista määritettiin kenttä-/laboratoriolujuuskerroin sideaineille CEMIII/A, CEMIII/B, GTC, Green, KC, LT+CEMII, POZ ja Stabi80. Kuvissa 8.1-8.7 on esitetty määritetyt kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet ja niitä vastaavat trend-kuvaajat sideainetyyppikohtaisesti. Taulukossa 8-1 on esitetty koestabilointikohteittain laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvotulosteiden määrät.

Taulukko 8-1: Kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen määrittämisessä käytettyjen tulosparien lukumäärä. Tulospari = valvontakairausten keskiarvo ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvo syvyydellä, jossa stabilointi on tehty samalla sideainereseptillä, savinäytteellä ja lujittumisajalla. Tulospareja on taulukossa kaikkiaan 274 kpl.

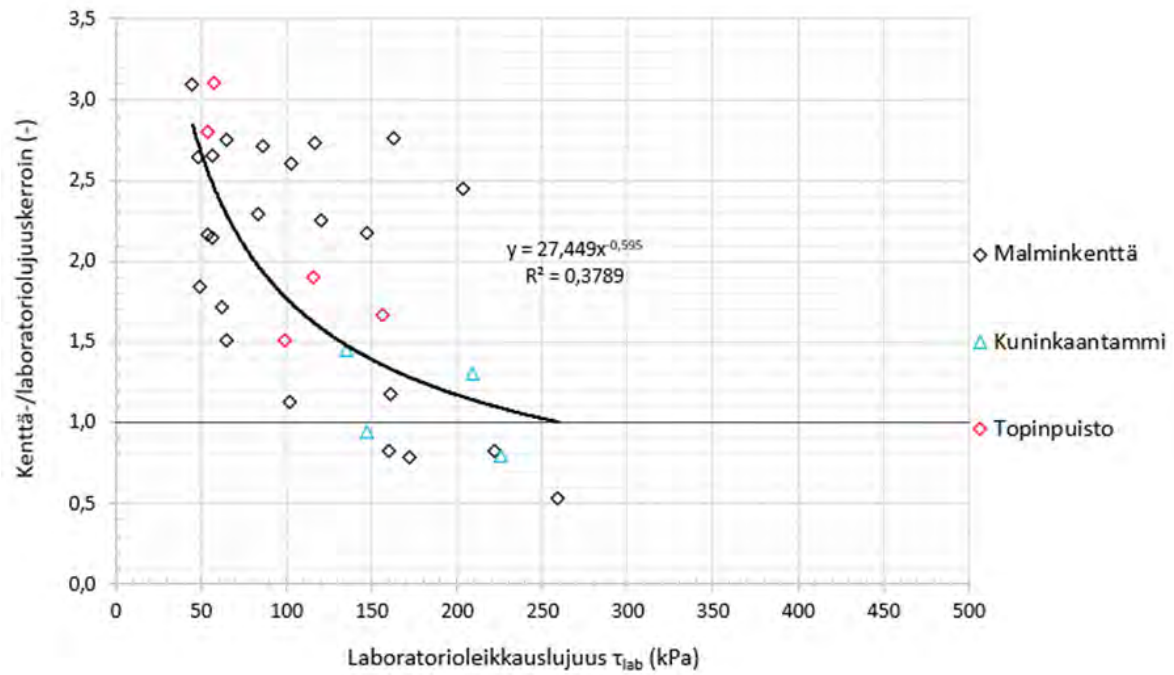
Tutkimuskohde	GTC	Green	POZ	LT+CEMII	KC	Stabi	CEMIII	Yht:
Malminkenttä 2022	23	26	23	48	-	-	44	164
Topinpuisto 2022	3	3	5	6	-	-	-	17
Luhtitie 2021	3	2	-	-	2	-	-	7
Länsiranta 2020	15	-	-	-	12	17	-	44
Kuninkaantammi 2020	9	4	4	14	-	8	-	39
Ilokkaanrinne 2019	1	-	-	-	1	1	-	3
Yht:	54	35	32	68	15	26	44	274



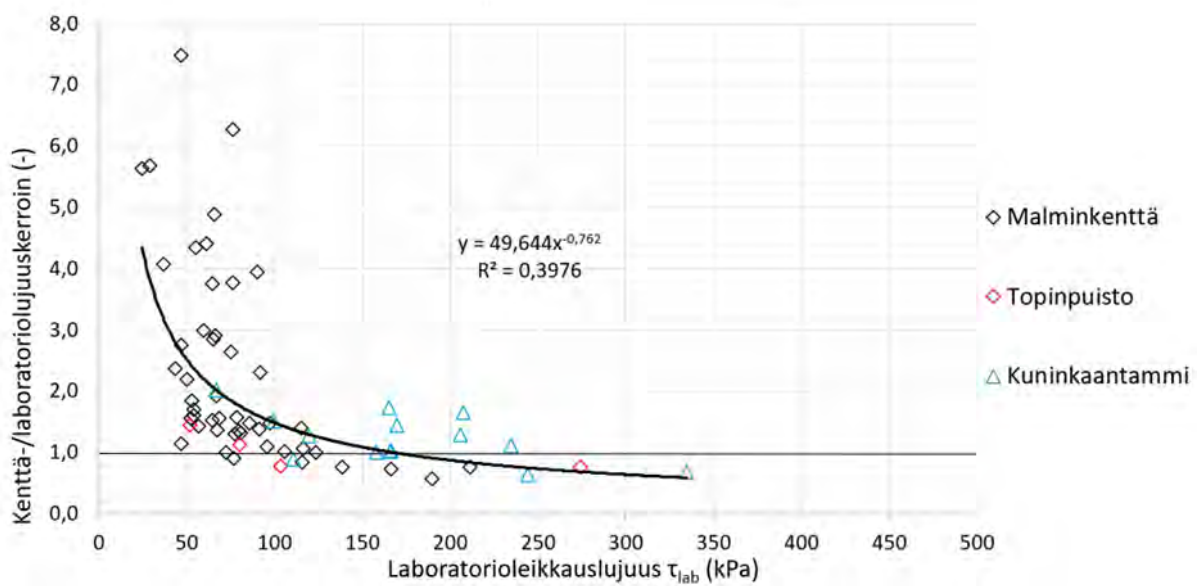
Kuva 8.1: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla GTC2 ja GTC3.



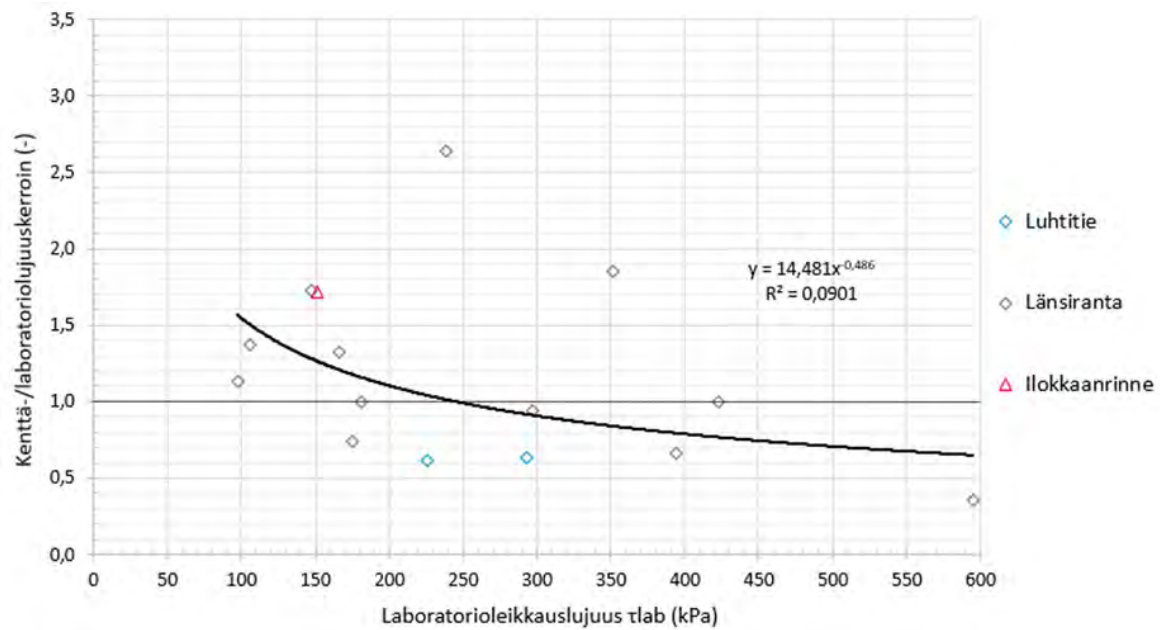
Kuva 8.2: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineella Green.



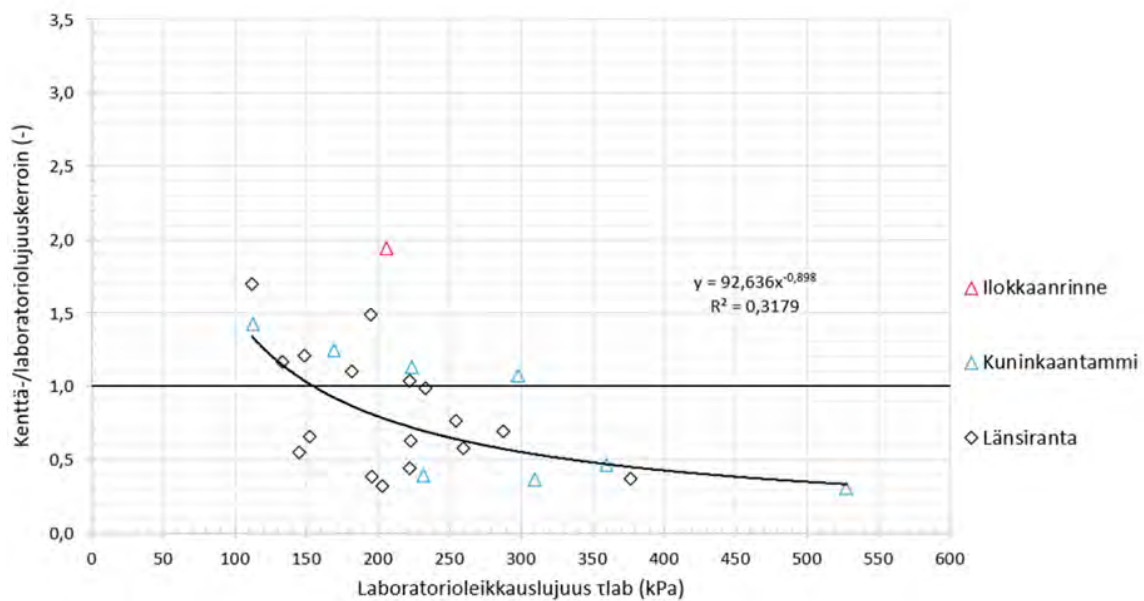
Kuva 8.3: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineella POZ.



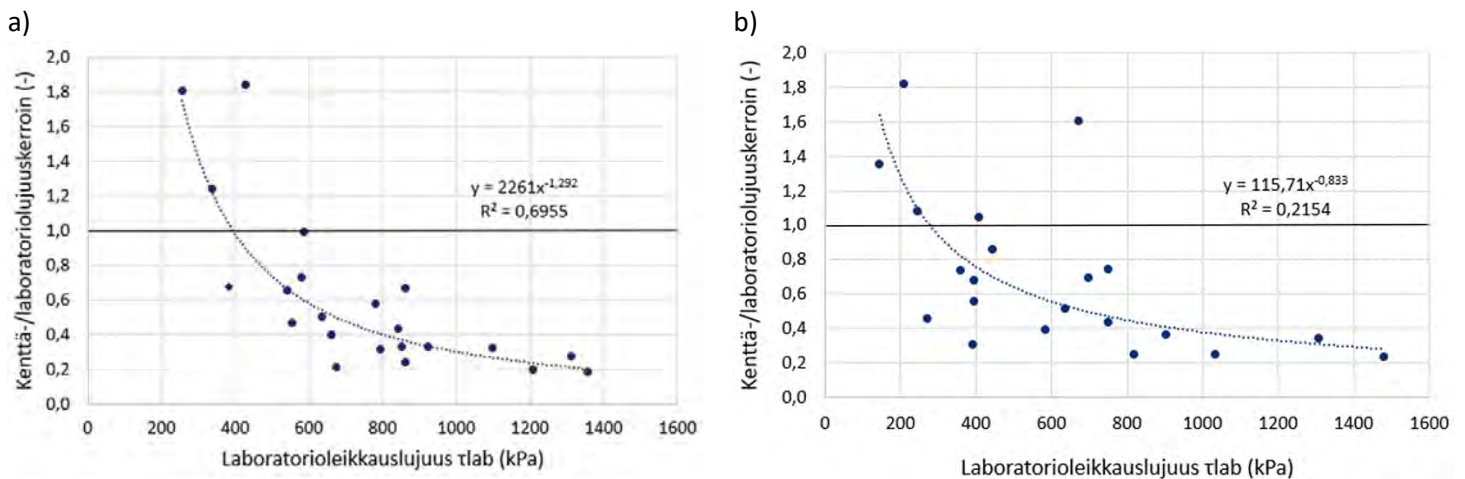
Kuva 8.4: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla LT+CE-MII. Lentotuhka on Kaipolan ja Jämsänkosken tehtailta (UPM) ja Kaukaan voiman voimalaitokselta (PVO).



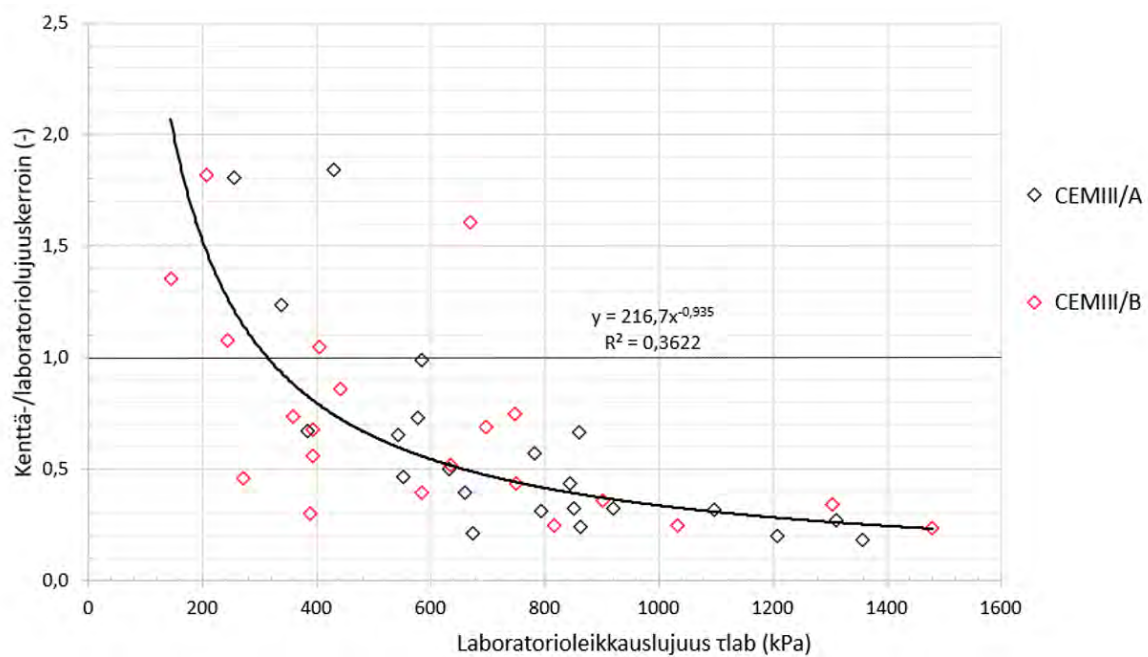
Kuva 8.5: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla KC20 ja KC30.



Kuva 8.6: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla Stabi80 ja Stabi65 (Stabi).



Kuva 8.7: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja a) CEM III/A ja b) CEM III/B.



Kuva 8.8: Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja CEM III/A ja CEM III/B yhdistetyistä tuloksista.

9 Tulosten analyysi

Kuvaan 9.1 on koottu sideaineiden kenttä-/laboratoriolujuuskertoimien trend- kuvaajat. Kertoimet, joihin kuvaajat perustuvat, on laskettu kentällä ja laboratoriossa määritetyillä keskiarvolujuuksilla. Sideaineilla POZ, Green ja LT+CEMII havaitaan trend-kuvaajan sijoittuvan pääosin kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen arvon 1,0 yläpuolelle. Tutkimusaineiston perusteella näille sideaineille on siis tyypillistä suuremmat leikkauslujuusarvot kenttäkokeissa kuin laboratorioskokeissa. Sideaineilla GTC, Stabi (Stabi80 ja Stabi65) ja CEMIII trend- kuvaajat sijoittuvat vastaavasti kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen 1,0 alapuolelle. Tutkimusaineiston perusteella näillä sideaineilla on tyypillistä saada suurempia leikkauslujuusarvoja stabiloitavuuskokeilla kuin kenttäkokeilla. Sideaineen KC kenttä-/laboratoriolujuuskerroin -tulosparien määrä on 15 kpl ja arvot jakaantuvat tasaisesti kertoimen 1,0 molemmin puolin.

Kuvien 8.1-8.8 perusteella havaitaan, että pienemmillä laboratorioleikkauslujuuksilla kenttä-/laboratoriokerroin on suurempi kuin suurilla ljuuksilla. Kun kenttä-/laboratoriokerroin on suurempi kuin 1 on kenttäkokeilla saavutettu suurempia leikkauslujuusarvoja kuin stabiloitavuuskokeilla. Sideaineilla Green, POZ ja KC Kenttä-/laboratoriokertoimen arvot ylittävät arvon 1, kun laboratoriossa määritetty leikkauslujuus on pienempi kuin n. 250 kPa. Sideaineilla LT+CEMII, Stabi ja KC vastaava leikkauslujuusarvo on pienempi kuin n. 160 kPa. Sideaineilla CEMIII kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ylittää arvon 1,0, kun laboratoriossa määritetty leikkauslujuus on pienempi kuin n. 320 kPa.

Kuvassa 9.1 esitetyistä trend- kuvaajista on yhdistetty kuvaan 9.2 kolme trend- kuvaajaa. Näihin kolmeen kuvaajaan on koottu sideaineet, joilla trend-kuvaajat vastaavat toisiaan. Näin on muodostettu trend-kuvaajat, joissa ovat sideaineet:

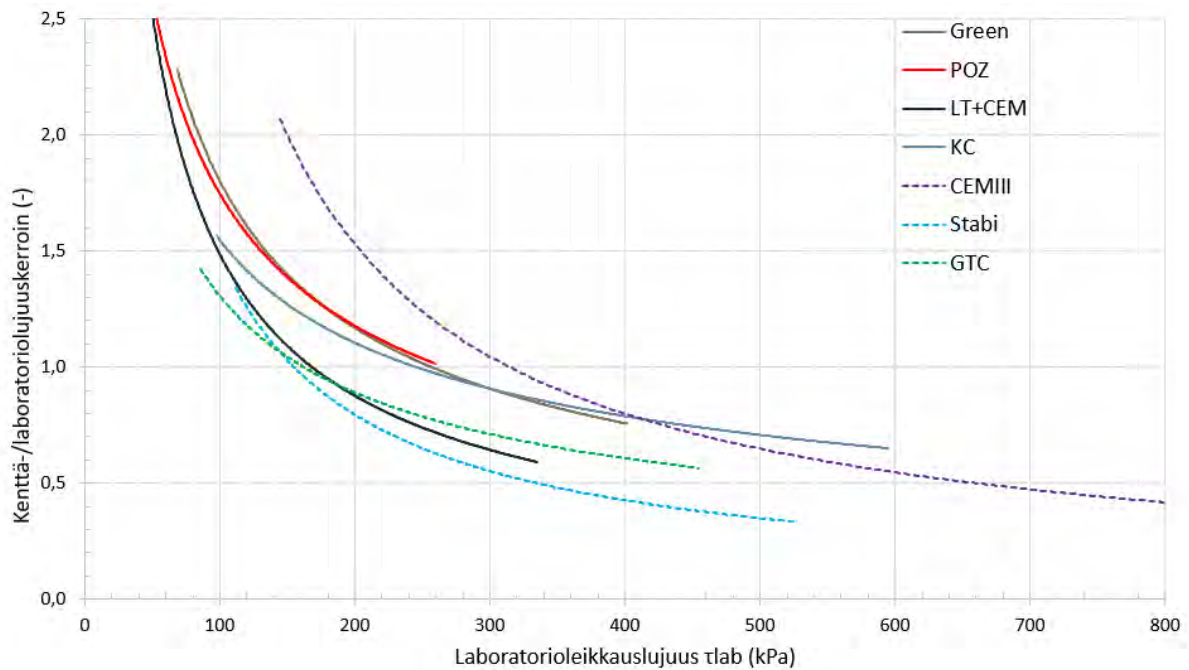
- POZ, Green ja KC (kuvaaja 1)
- Stabi, GTC ja LT+CEM (kuvaaja 2)
- CEMIII (kuvaaja 3)

Kuvassa 9.3 on esitetty kuvaajat 1-3 yhdistettyinä Liikenneviraston ohjeen Syvästabiloinnin suunnittelu 17/2018 kuvaan 6.5. Tässä työssä saadut kenttä-/laboratoriolujuuskertoimien tulokset saavat selvästi suurempia arvoja kuin Liikenneviraston ohjeen kuvaajat. Liikenneviraston ohjeessa kalkkisementti sideaineen kenttä-/laboratoriokertoimen suurin arvo on yksi, kun laboratorioleikkauslujuus on pienempi kuin 120 kPa. Muut sideaineet saavat vastaavasti arvon 0,9, kun laboratorioleikkauslujuus on pienempi kuin 120 kPa. Liikenneviraston ohjeen kuvaajat ovat 1990- luvulta. Kun verrataan Liikenneviraston ohjeen kuvaajia ja nykyisin käytössä olevien sideaineiden kuvaajia, nykyisillä sideaineilla kenttäkokeilla saavutetaan suurempia leikkauslujuuksia.

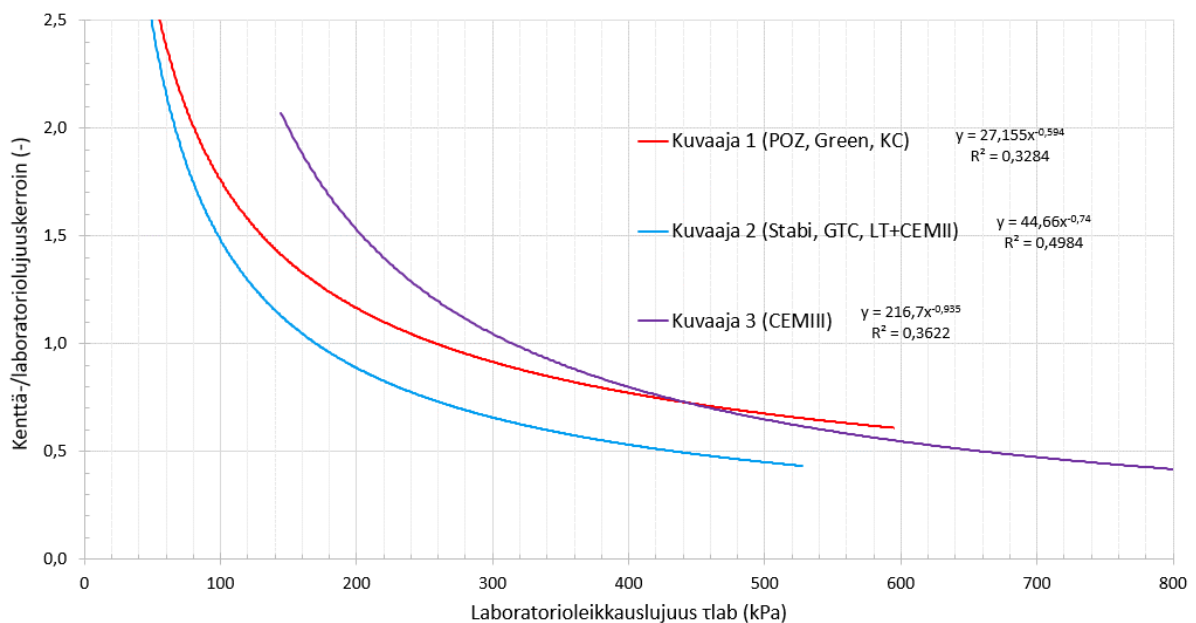
Taulukossa 9-1 on esitetty kenttä-/laboratoriolujuuskertoimien yhtälöt, R^2 -arvot ja havaintomäärät eri sideaineille. Yksi havaintomäärä sisältää kolme tai neljä rinnakkaista kairautulosta ja kaksi tai kolme rinnakkaista stabiloitavuuskoetulosta. Tulospärimäärissä ei ole huomioitu epäonnistuneita kairaus- tai stabiloitavuuskoetuloksia. KC ja

GTC sideaineilla on alhaisin R^2 -arvo ($KC=0,09$ ja $GTC=0,12$). Sideaineilla Green, POZ, LT+CEMII , Stabi, CEMIII ja Kuvaaja 1 R^2 -arvo vaihtelee välillä 0,24-0,36. Kuvaaja 2 R^2 -arvo on suurin 0,50.

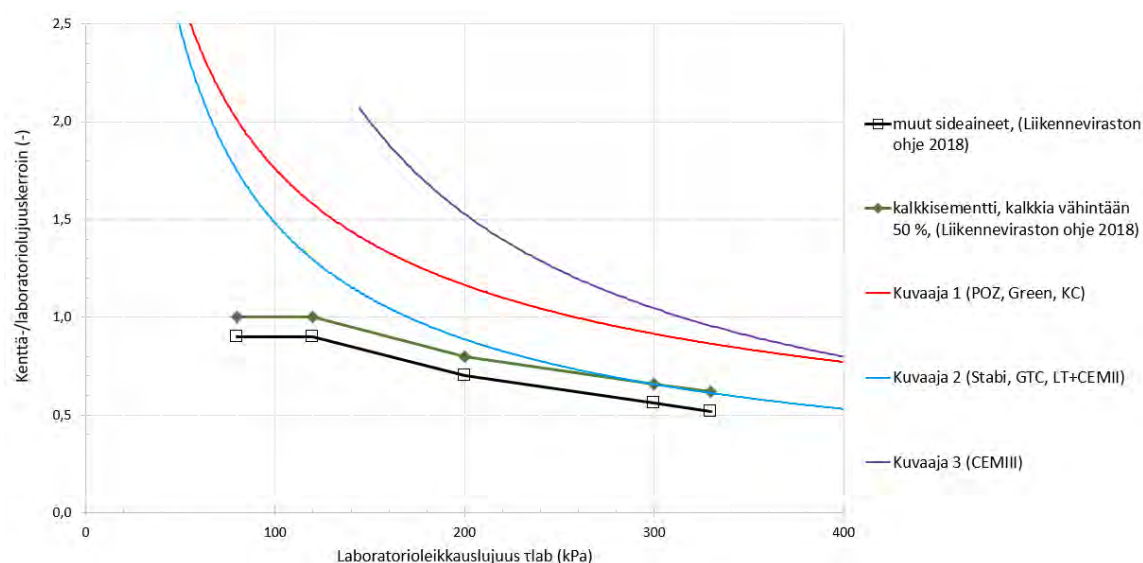
CEMIII sideaineilla huomataan (kuva8.8), että suuremmilla laboratorioleikkauslujuuksilla kenttä-/laboratoriokertoimen hajonta pienenee. Sama trendi on havaittavissa muilla sideaineilla, mutta suurempien laboratorioleikkauslujuuksien tulosparimäärät ovat osittain vähäisempiä.



Kuva 9.1: Sideaineiden GTC, Green, POZ, LT+CEM, KC, Stabi ja CEMIII -trend-kuvaajat.



Kuva 9.2: Yhdistetyt trend- kuvaajat sideaineille POZ, Green ja KC (kuvaaja 1), sideaineille Stabi, LT+CEMII ja GTC (kuvaaja 2) ja sideaineille CEMIII/A ja CEMIII/B (kuvaaja 3).



Kuva 9.3: Kuvaajat 1-3 yhdistettyinä Liikenneviraston ohjeen 2018 Syvästabiloinnin suunnittelu kuvaan 6.5.

Taulukko 9-1: Sideaineiden kenttä-/laboratoriolujuuskertoimien yhtälöt, R²-arvot ja tulosparimäärät.

Sideaine	Kaava	R ²	Tulosparimäärä
GTC	$y = 16,663x^{-0,553}$	0,1207	54
Green	$y = 31,897x^{-0,624}$	0,2460	35
POZ	$y = 27,449x^{-0,595}$	0,3789	32
LT+CEMII	$y = 49,644x^{-0,762}$	0,3976	68
KC	$y = 14,481x^{-0,486}$	0,0901	15
Stabi	$y = 92,636x^{-0,898}$	0,3179	26
CEMIII	$y = 216,700x^{-0,935}$	0,3622	44
Kuvaaja 1	$y = 27,155x^{-0,594}$	0,3284	80
Kuvaaja 2	$y = 44,660x^{-0,740}$	0,4984	148

Kuvaaja 1 = sideaineiden POZ, Green ja KC yhdistetyt tulokset

Kuvaaja 2 = sideaineiden Stabi80, GTC ja LT+CEMII yhdistetyt arvot

10 Johtopäätökset

Tämän diplomityön tavoitteena oli määrittää sideaineille CEMIII/A, CEMIII/B, GTC, Green, KC, LT+CEM, POZ ja Stabi80 pilaristabiloinnin suunnittelussa käytettävät kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet, jotka esitetään nomogrammeina.

Työtä varten koottiin valvontakairaus- ja stabiloitavuuskoetuloksia kuudesta eri koestabilointikohteesta: Malminkenttä 2022, Topinpuisto 2022, Luhtitie 2021, Länsiranta 2020, Kuninkaantammi 2020 ja Ilokkaanrinne 2019. Jotta koetulokset ovat ker-toimen määrittämiseen soveltuvia, tulee pilareiden valvontakairaustulosten ja stabiloi-tavuuskokeiden tulosten olla samoilla sideaineresepteillä, samasta savikerroksesta ja samoilla lujittumisajoilla tehtyjä.

Työssä vertailtiin stabiloitavuuskokeiden yksiaksiaalisilla puristuskokeilla määritet-tyjä keskiarvotuloksia ja kentällä tehtyjen pilari-, ja pilarisiipikairausten keskiarvo-leikkauslujuuksien tuloksia. Tulospareja koottiin yhteensä 274 kpl (Malminkenttä 164 kpl, Topinpuisto 17 kpl, Luhtitie 7 kpl, Länsiranta 44 kpl, Kuninkaantammi 39 kpl ja Ilokkaanrinne 3 kpl).

Työn tutkimustulosten perusteella havaittiin, että sideaineilla CEMIII, GTC ja Stabi (Stabi65 ja Stabi80) oli tyypillistä se, että stabiloitavuuskokeilla laboratoriossa saavu-tettiin suurempia leikkauslujuuksia kuin koepilareissa kentällä. Sideaineilla POZ, Green ja LT+CEM saavutettiin puolestaan koepilareissa suurempia lujuuksia kuin la-boratoriossa. Tutkimuksessa todettiin sideaineilla POZ, Green ja KC kenttä-/labora-toriolujuuskertoimen vastaavan toisiaan. Vastaavasti sideaineilla Stabi, LT+CEMII ja GTC todettiin kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen vastaavan toisiaan. CEMIII/A ja CEMIII/B sideaineilla stabiloitavuuskokeilla saavutetut leikkauslujuudet olivat sel-västi korkeammat kuin muilla tutkituilla sideaineilla. Sideaineilla havaittiin pienem-millä laboratoriolujuuksilla kenttä-/laboratoriolujuuskertoimen olevan suurempi kuin suuremmilla laboratoriolujuuksilla.

Tämän tutkimuksen tuloksia on tarkoitus hyödyntää jatkokäsiteltyinä Väyläviraston päivitetystä Syvästabilointiohjeessa. Tutkimustuloksista koottiin kolme kuvaajavai-h-toetta sideaineista, joiden kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet vastasivat toisiaan. Tutkimuksessa olleiden sideaineiden kenttä-/laboratoriolujuuskertoimet ovat selvästi suurempia, kuin käytössä olevan Liikenneviraston ohjeessa 2018 esitetyt kenttä-/la-boratoriolujuuskertoimet. Nykyisillä sideaineilla kenttäkokeissa saatiin siis suurem-pia leikkauslujuusarvoja kuin Liikenneviraston ohjeessa 2018 esitetyillä kenttä- / la-boratoriolujuuskertoimen nomogrammin avulla arvioidaan saatavan.

Lähdeluettelo

Aalto, A. 1998. Syvästabilointi, kirjallisuus- ja haastattelututkimus, 10.12.1998. TKK. 150 s.

Suomen Betoniyhdistys ry. 2023. Yrityksen kotisivut [Verkkosivu]. Saatavissa: <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto.html>

EuroSoilStab. 2002. Design Guide Soft Soil Stabilization, Development of design and construction methods to stabilize soft organic soils. CT97-0351. 94 s.

Finnsementti Oy. 2023. Yrityksen kotisivut [Verkkosivu]. Saatavissa: www.finnsementti.fi

Forsman, J. Jyrävä, H. Lahtinen, P. Niemelin, T. & Hyvönen, I. 2014. Massastabilointikäsikirja. 62 s. Saatavilla: https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/images/Massastabilointik%C3%A4sikirja%20YLEISVERSIO%20-%202014_06_24.pdf

Forsman, J. Melander, M. Winqvist, F. Halkola, H & Korkiala-Tanttu, L. 2017. Mass stabilization quality control methods. International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Seoul, Korea, Republic of, 17/09/2017. ISBN 978-89-952197-5-1

SFS-EN 1997-1. 2014. Eurokoodi 7. Geotekninen suunnittelu. Osa 1: yleiset säännöt.

Heikkilä, E. 2023. Puhelinkeskustelu Malminkentän sideaineiden CEMIII/A ja CEMIII/B kierrätysmateriaaliosuuksista 6.6.2023.

Hautalahti, P. Halkola, H. & Puumalainen, N. 2007. Kivikon teollisuusalueen stabiloinnin koerakentaminen. [Verkkodokumentti]. Tiedote. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto. Geotekninen osasta julkaisu 92. 105 s. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/kv/Geo/Julkaisut/julkaisu92.pdf>

InfraRyl. 2020. 14131 Pilaristabiloidut rakenteet. [Verkkoaineisto]. Saatavissa: https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2022_2/14100.html#TL14131id1739798

Ikävalko, J. 2022. Stabiloitavuuskokeiden vertailututkimus, kohteet Tankovainio ja Topinpuisto. Erikoistyö. Aalto-yliopisto, insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 54 + 8 s.

Janz, M. & Johansson, S-E. 2002. The Function of Different Binding Agents in Deep Stabilization. Swedish Deep Stabilization Research Centre. Report 9. Linköping, Ruotsi. 47 s. ISSN 1402-2036

Kuusipuro, K. 2023. Sähköpostiviestit Malminkentän Nordkalk sideaineiden kierrätysmateriaaliosuuksista 1.6.2023.

Kitazume, M. & Terashi, M. 2013. The Deep Mixing Method. CRC Press / Balkema, Leiden, Hollanti. 410 s. ISBN 978-0-203-58963-2

Kämäri, M. & Ekholm, P. 2020. Kipsin maatalouskäytön sääntely ja saatavuus eri lähteistä. Suomen ympäristökeskus (SYKE). Helsinki. 25 s. Saatavilla: https://blogs.helsinki.fi/save-kipsihanke/files/2020/10/Kipsiselvitys__20201013.pdf

Lahtinen, P & Parkkinen, E. 1992 Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. [Verkkodokumentti]. Tielaitoksen selvityksiä 46/1992. Tielaitos. Helsinki. 53 s. Saatavissa: <http://www.doria.fi/handle/10024/138441>

Liikennevirasto. 2016. Luotettavuuden arviointi ja riskienhallinta geoteknisessä suunnittelussa. Liikennevirasto tutkimuksia ja selvityksiä 44/2016. Helsinki. 101 s. ISBN 978-952-317-318-7

Liikennevirasto. 2018. Liikenneviraston ohjeita 17/2018. Syvästabiloinnin suunnittelu. Helsinki. 128 s. ISBN 978-952-317-588-4.

Ormio, O. 2022. Urakoitsijan kokemuksia koestabiloinneista 2022. Malminkentän koestabilointi, infotilaisuus 17.1.2023.

Melander, K. 1989. Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä. Geoteknisen osaston tiedote 48. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. Geotekninen osasto. Helsinki. 99 s.

Melander, M. 2017. Massastabiloinnin laadunvarmistuskairaukset. [Verkkodokumentti]. Diplomityö. Aalto-yliopisto, insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 68 s. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/28507/master_Melander_Markus_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nguyen, T. 2021. Uusiosideaineet pilaristabiloinnissa, Kuninkaantammen koestabilointi. [Verkkodokumentti]. Diplomityö. Aalto-yliopisto, insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 84 + 68 s. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/103361>

Piispanen, P. 2017. Massastabiloinnin pitkäaikaistoimivuus. [Verkkodokumentti]. Diplomityö. Aalto-yliopisto, insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 92 s. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/28497>

Ruotsala, H. 2011. Syvästabilointi – Laadunvalvonta geofysikaalisilla reikämittausten menetelmillä ja mekaanisilla kairausmenetelmillä. Diplomityö, Insinööritieteiden korkeakoulu, Aalto-yliopisto. Espoo. 65+31 s. ISBN 978-952-272-104-4.

Ramboll Finland Oy. 2023. Malmin koestabiloinnit, 28d ja 90d laadunvalvontakairauksen yhteenvetoraportti. Tilaaaja Helsingin kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2022 a. Malmin Entinen lentokenttä, maakaasun siirtoputken muutos, koestabilointialue PS6, koesyvästabilointi. Ma403-3 projektimateriaali. Tilaaaja Helsingin kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2022 b. Malmin lentokenttäalueen tilapäiset reittiyhteydet. Ramboll Finland Ma403-3 projektimateriaali. Tilaaja Helsingin kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2022 c. Topinpuisto, Turku, Yhteenvedo koestabiloinnin ympäristötutkimuksista. Tilaaja Lounais-Suomen Jätehuolto Oy.

Ramboll Finland Oy. 2022 d. Topinpuisto koestabiloinnit. 28d ja 90d valvontakairaukset, painumamittaukset sekä näytteenotto yhteenvedoraportti 2022. Tilaaja Lounais-Suomen Jätehuolto Oy.

Ramboll Finland Oy. 2021 a. Luhtitie ja Pellaksenoja, koestabilointisuunnitelma. Hankekohtainen työselostus. Tilaaja Vantaan kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2021 b. Luhtitie. Projektiaineisto valvontakairauksista.

Ramboll Finland Oy. 2020 a. Lammenranta, Koestabilointi. Hankekohtainen työselostus. Tilaaja Helsingin kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2020 b. Porvoo Länsiranta, Koestabilointitöiden laadunvalvontatutkimusten yhteenvedoraportti. Tilaaja Porvoon kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2020 c. Porvoon Länsiranta, koestabilointi. Koestabilointitöiden laadunvalvontatutkimusten yhteenvedoraportti. Tilaaja Porvoon kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2020 d. Kuninkaantammi, Stabilointitöiden laadunvalvontatutkimusten yhteenvedoraportti 2020. Tilaaja Helsingin kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2019 a. Ilokkaanrinteen kaava-alue, pilaristabilointi. Hankekohtainen työselostus. Tilaaja Tampereen kaupunki.

Ramboll Finland Oy. 2019 b. Ilokkaanrinne, projektiaineisto valvontakairauksista.

Seppälä, J. 2021. CPTU kairauskone, FINCONE hanke Väylävirasto & Tampereen yliopisto. [Verkkodokumentti]. CPTU koulutus suunnittelijoille. Saatavissa: <https://sgy.fi/content/uploads/2021/04/cptu-koulutus-suunnittelijoille.pdf>

Suomen geoteknillinen yhdistys SGY 2001. Kairausopas VI, CPTu/Puristinkairaus, Puristinheijarikairaus, versio 1.00, 7.6.2001. 91 s. ISBN 951-98818-1-6

Tiehallinto. 2001. Syvästabiloinnin suunnitteluohje. Helsinki. s. 39. ISBN 951-726-823-8

Tielaitos. 1999 a. Syvästabilointi Tielaitoksen kohteissa. Osa 1: Toteutetut kohteet. Tielaitoksen selvityksiä 2/1999. Tielaitos. Helsinki. s. 69. ISBN 951-726-477-1.

Tielaitos. 1999 b. Syvästabilointi Tielaitoksen kohteissa. Osa 2: Laadunvalvontatutkimukset ja laadunvalvontatutkimusten vaikutukset. Tielaitoksen selvityksiä 3/1999. Tielaitos. Helsinki. 40 s. ISBN 951-726-478-x.

Uotinen, V. 1994. Syvästabiloinnin ennakkokokeet. Sideaineen valinta maalajin ja vesipitoisuuden perusteella. Tielaitos. Helsinki. s. 27

Välimäki, M. 2023. Puhelinkeskustelu Malminkentän sideaineiden sekoitusmenetelmästä 4.5.2023.

Åhnberg, H. 2006 Strength of Stabilized soils - A laboratory report on clays and organic soils stabilized with different types of binder. Väitöstyö. Lund University, Ruotsi. 80 s. ISBN 978-91-628-6790-4

Liiteluettelo

Liite 1. Ilokkaanrinne, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 2 Kuninkaantammi, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 3. Länsiranta, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 4. Luhtitie, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 5. Topinpuisto, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 6. Malminkenttä, koestabilointialueiden piirustuksia (karttoja, pohjatutkimuspoikkileikkauksia ja pituusleikkauksia)

Liite 7. Malminkentän stabiloitavuusvertailukokeiden tulokset, Aalto-yliopiston koetulokset lämpötilakorjattuja

Liite 8. Malminkentän stabiloitavuusvertailukokeiden tulokset, Aalto-yliopiston alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat koetulokset.

Liite 9. Ilokkaanrinteen stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 10. Kuninkaantammen stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 11. Länsiranta stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 12. Luhtitie stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 13. Topinpuisto stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 14. Malminkentän stabiloitavuuskoetulokset.

Liite 15. Malminkentän Aalto-yliopiston LT+CEMII stabiloitavuuskoetulokset ja jännitys- muodonmuutoskuvaajat

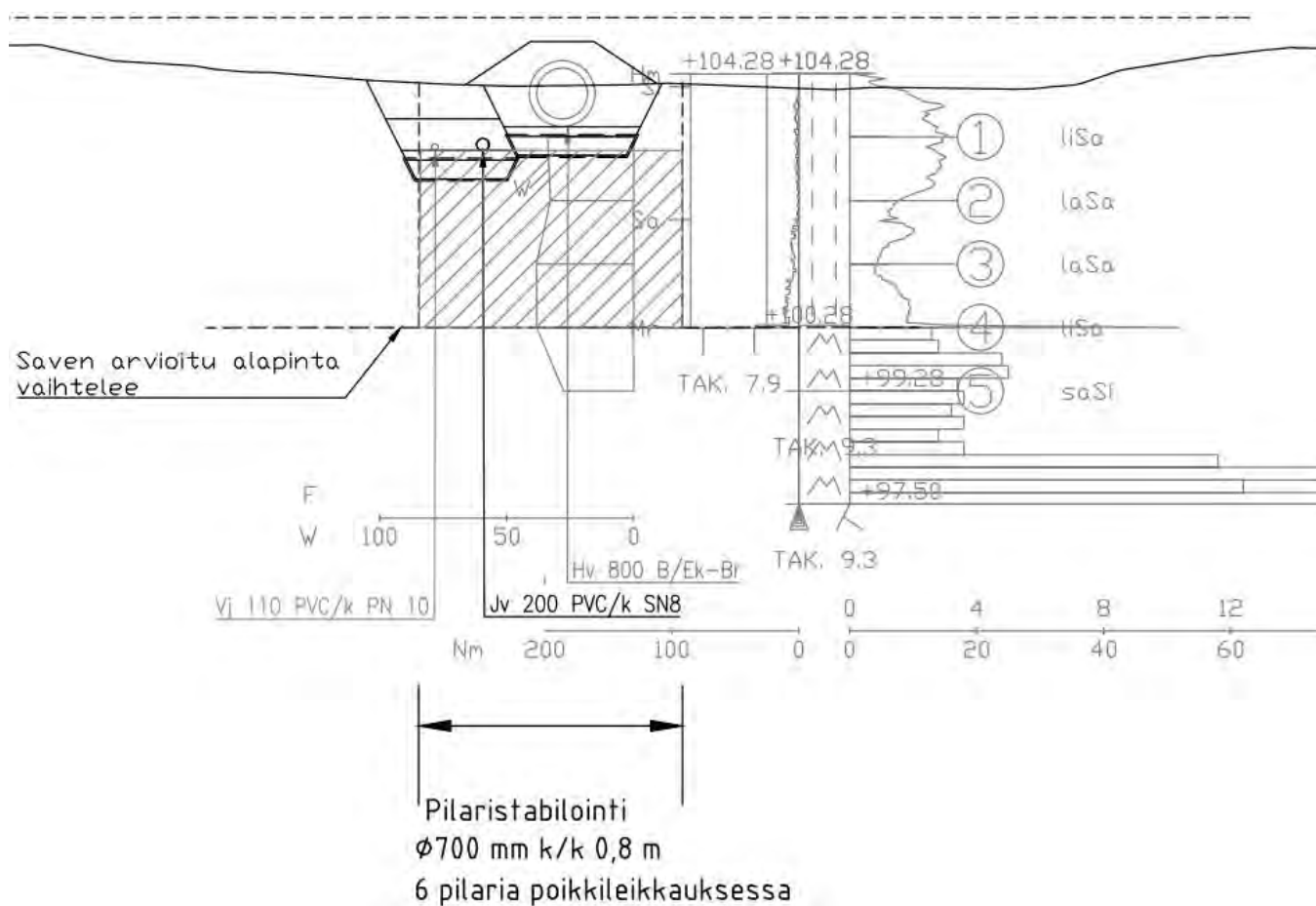
Liite 16 Aalto-yliopiston stabiloitavuuskoetulokset Topinpuiston

Liite 17. Ilokkaanrinne stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset

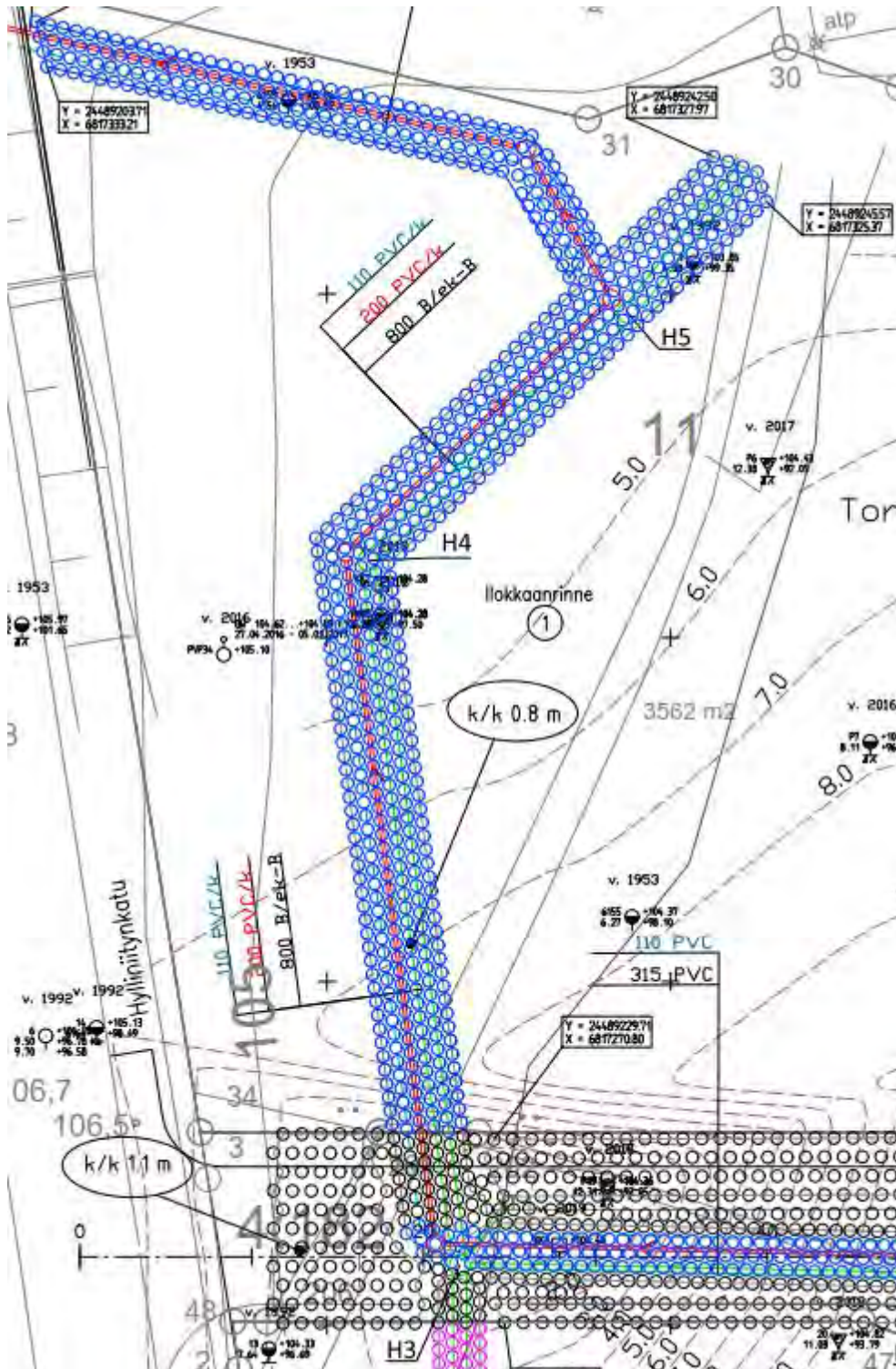
Liite 18. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset

Liite 19. Länsiranta stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset

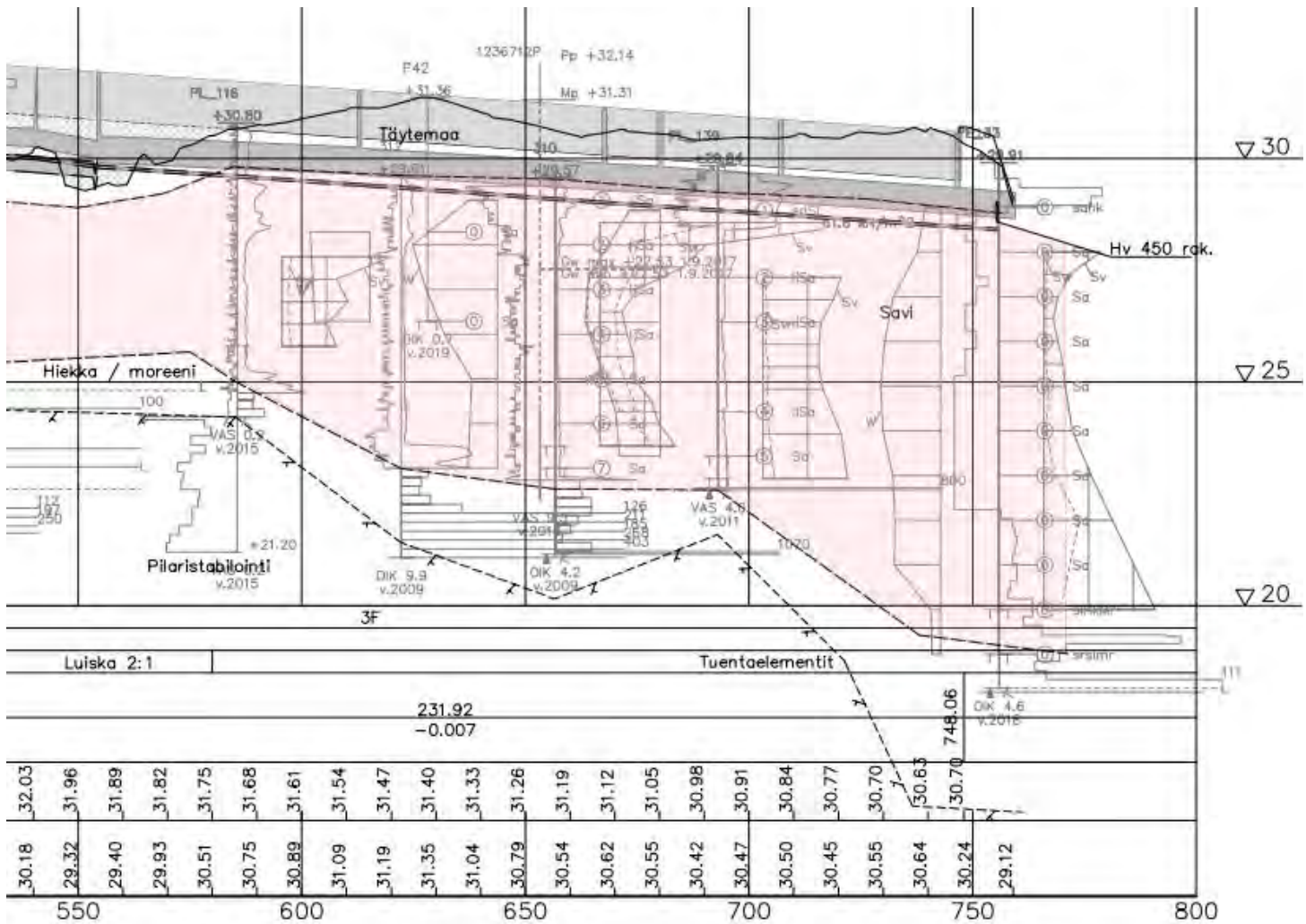
- Liite 20. Luhtitie stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset
- Liite 21. Topinpuisto stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset
- Liite 22. Malminkenttä stabiloitavuuskokeiden indeksikoetulokset
- Liite 23. Ilokkaanrinne kenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 24. Kuninkaantammi kenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 25. Länsirantakenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 26. Luhtitie kenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 27. Topinpuisto kenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 28. Malminkenttä kenttä-/laboratoriolujuudet
- Liite 29. Kenttä laboratoriolujuuskertoimen määrittäminen



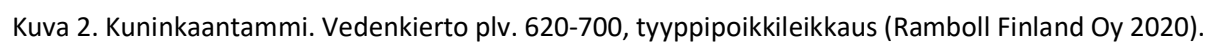
Kuva 1. Ilokkaanrinne. Tyyppipoikkileikkaus, kaivoväli H3-H5 (Ramboll Finland 2019).

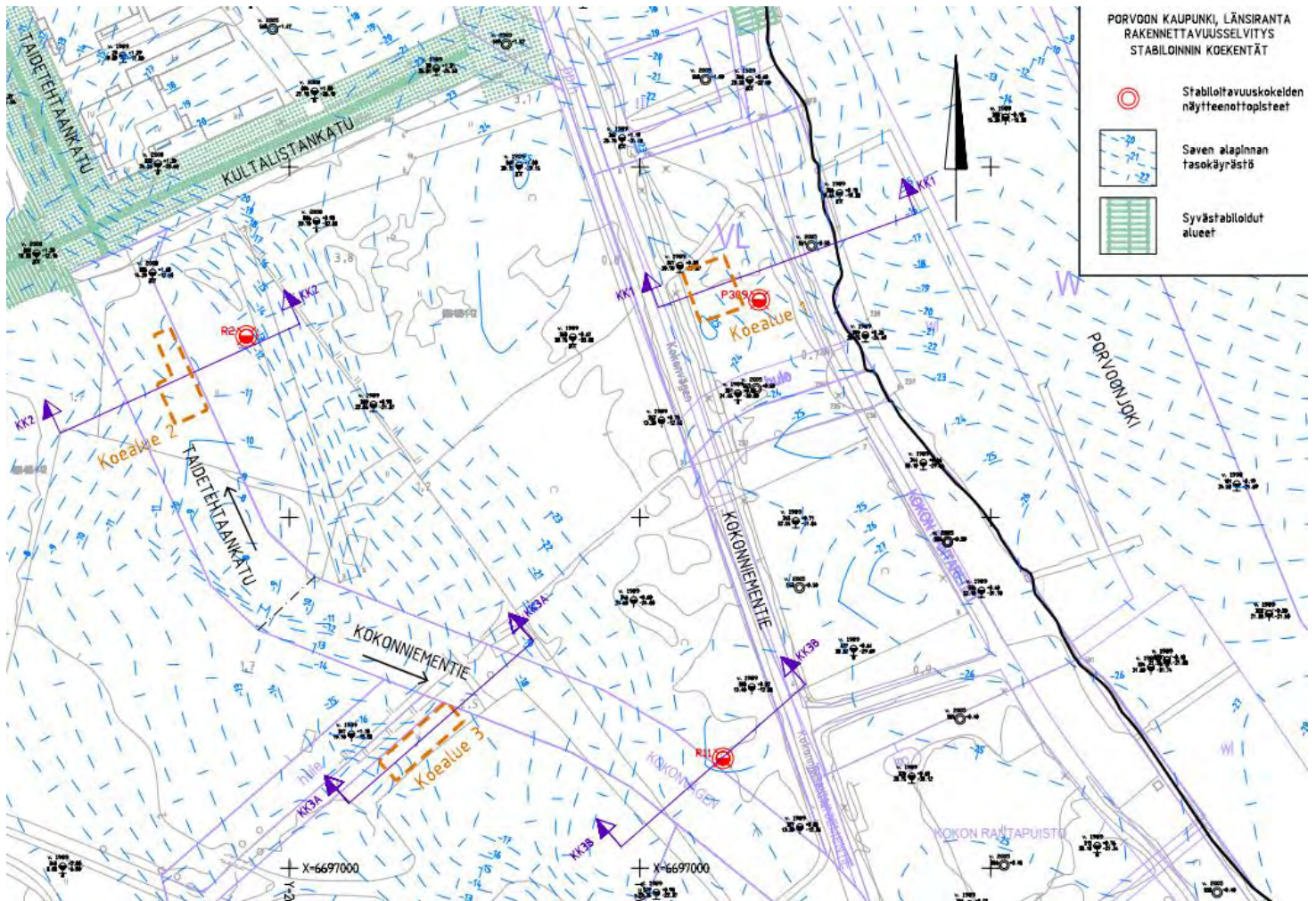


Kuva 1. Ilokkaanrinne. Pilarikartta (Ramboll Finland 2019).

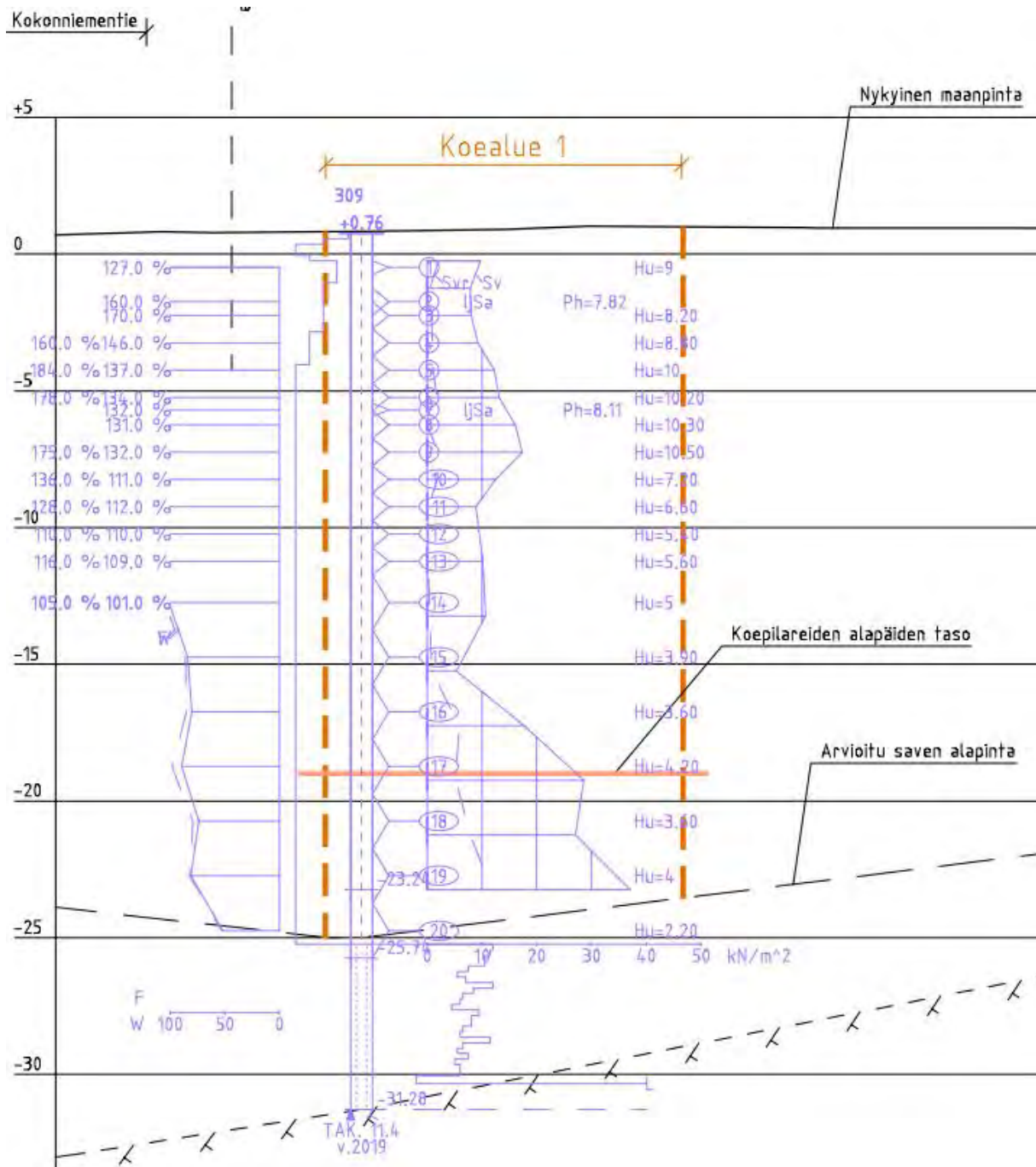


Kuva 1. Kuninkaantammi. Vedenkierto plv. 540-800, pituusleikkaus (Ramboll Finland Oy 2020).

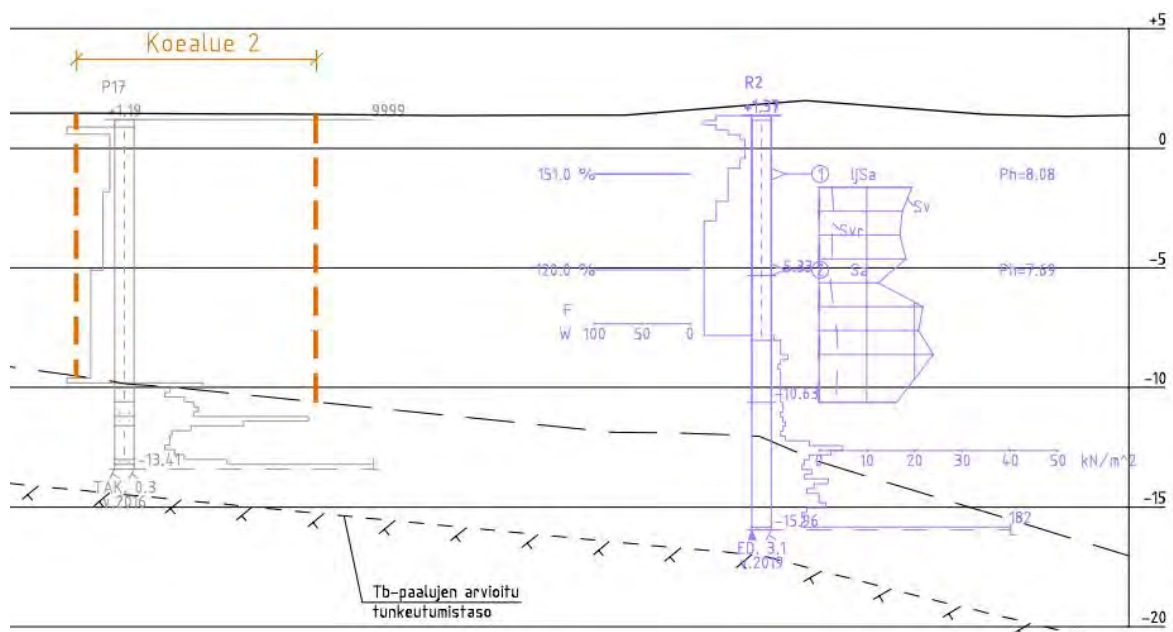




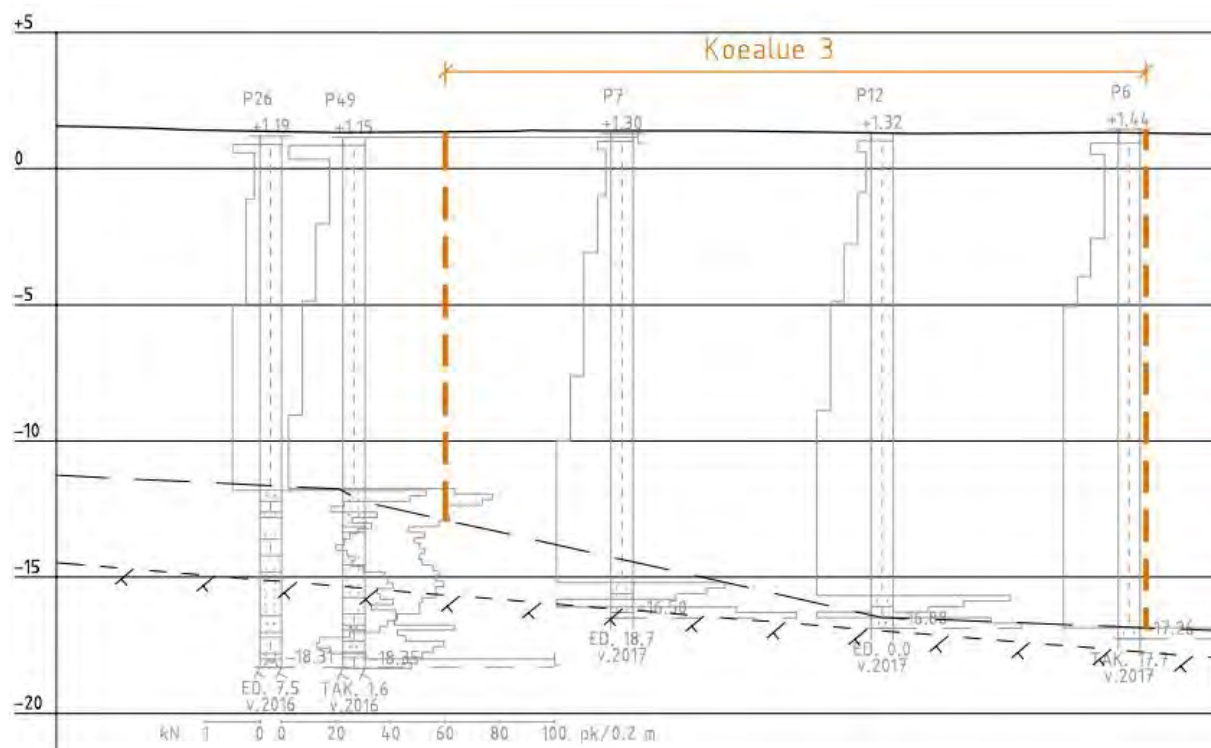
Kuva 1. Länsiranta. Koealueet P01, P02 ja P03- Kartta (Ramboll Finland 2020).



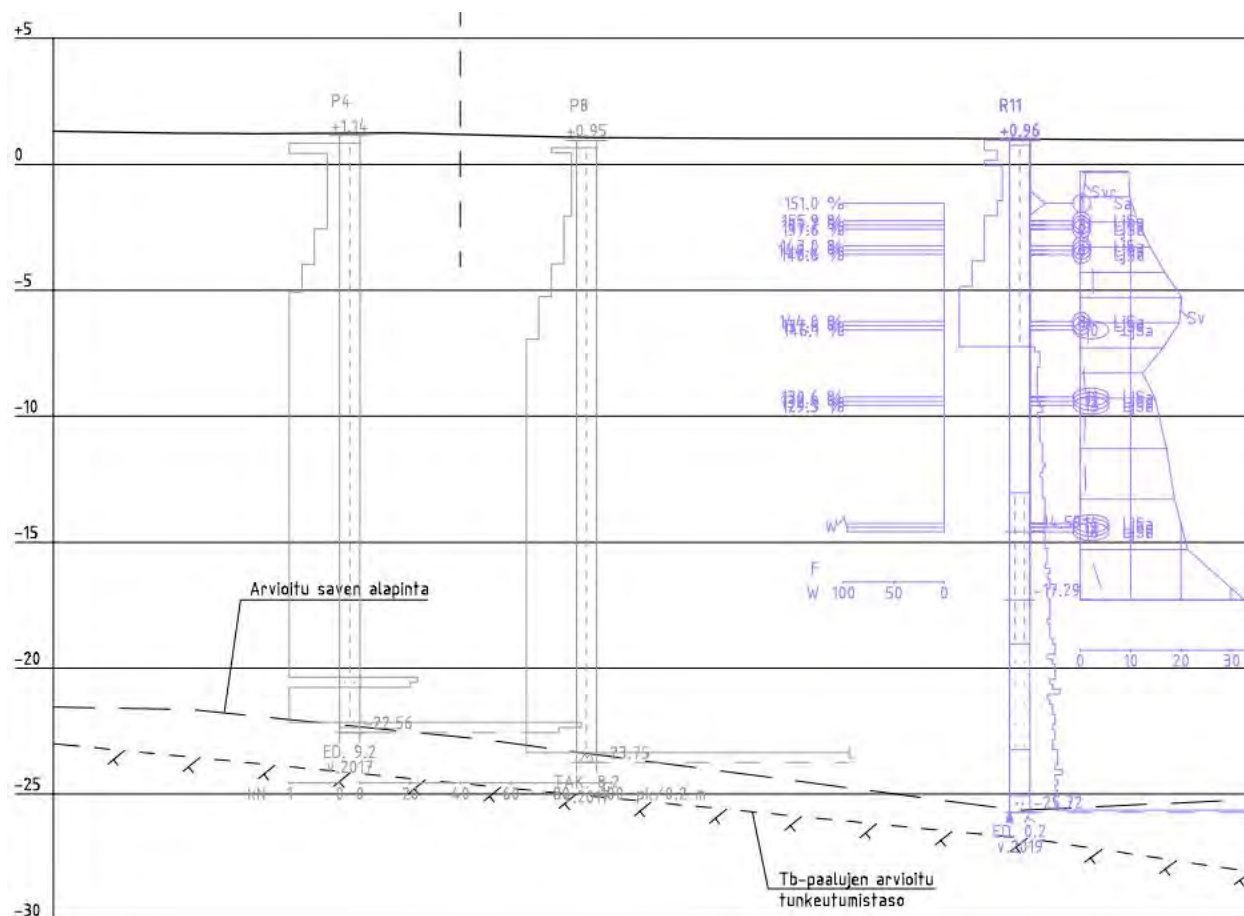
Kuva 2. Länsiranta. Koealue P01, poikkileikkaus (Ramboll Finland 2020).



Kuva 3. Länsiranta. Koealue P02, poikkileikkaus (Ramboll Finland 2020).

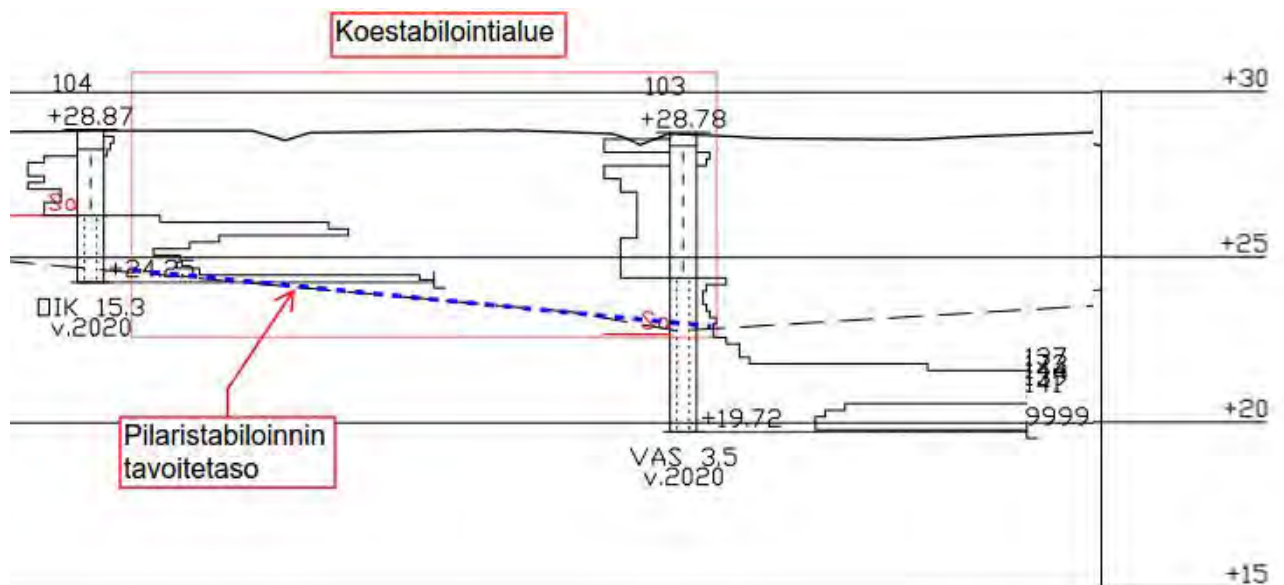


Kuva 4. Länsiranta. Koealue P03, poikkileikkaus KK3A (Ramboll Finland 2020).

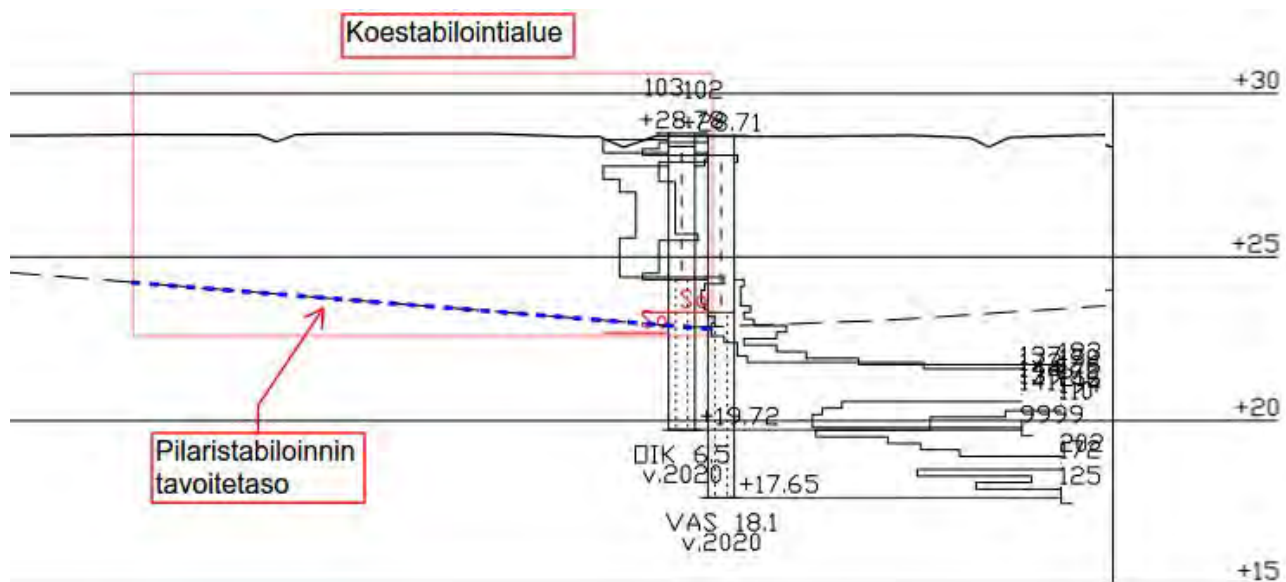




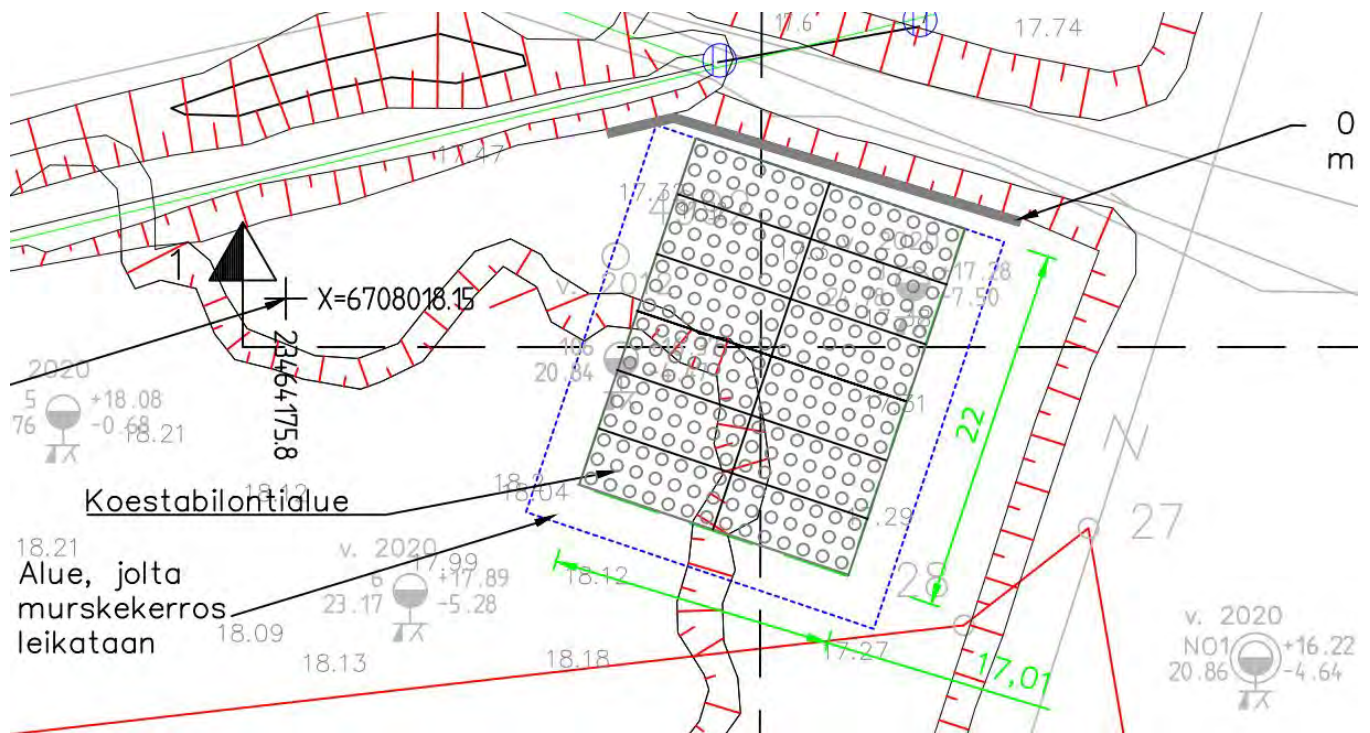
Kuva 1. Luhtitie. Koestabilointialue (Ramboll Finland Oy 2021).



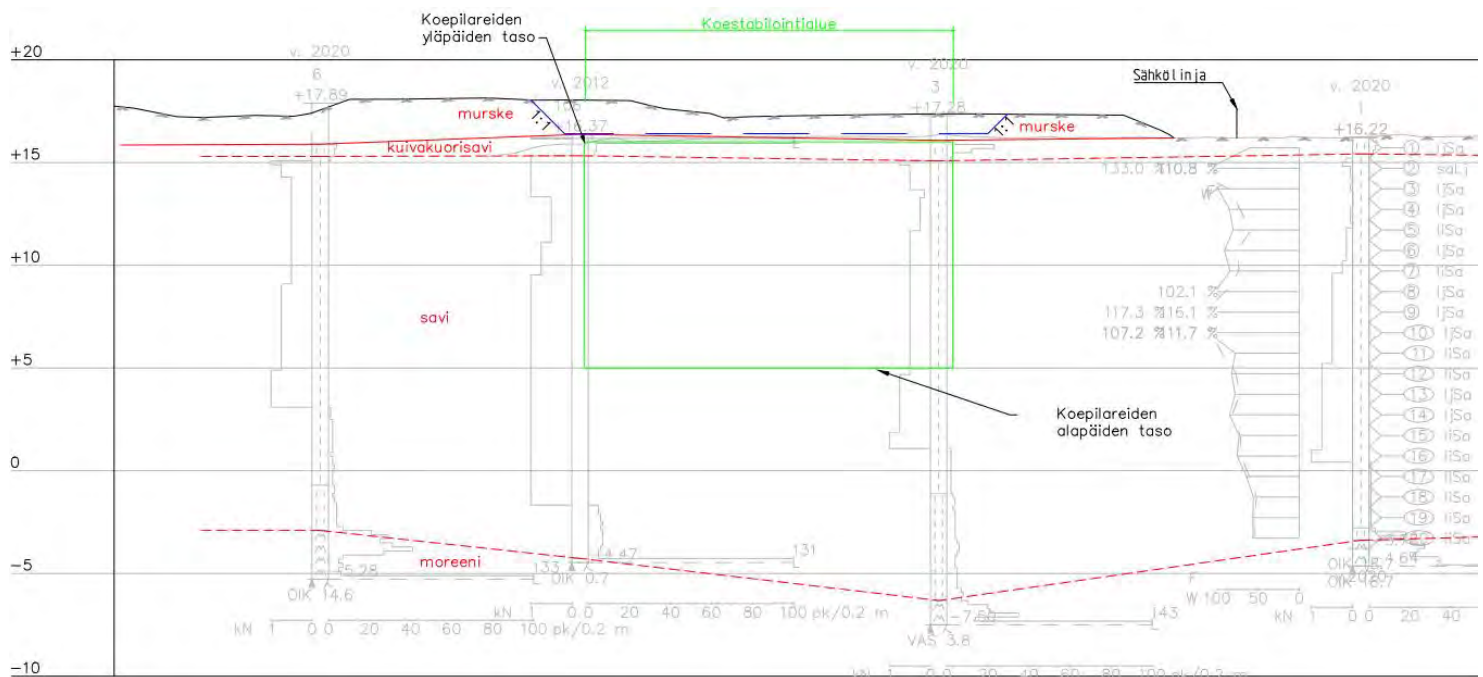
Kuva 2. Luhtitie. Poikkileikkaus A (Ramboll Finland Oy 2021).



Kuva 3. Luhtitie. Poikkileikkaus B (Ramboll Finland Oy 2021).



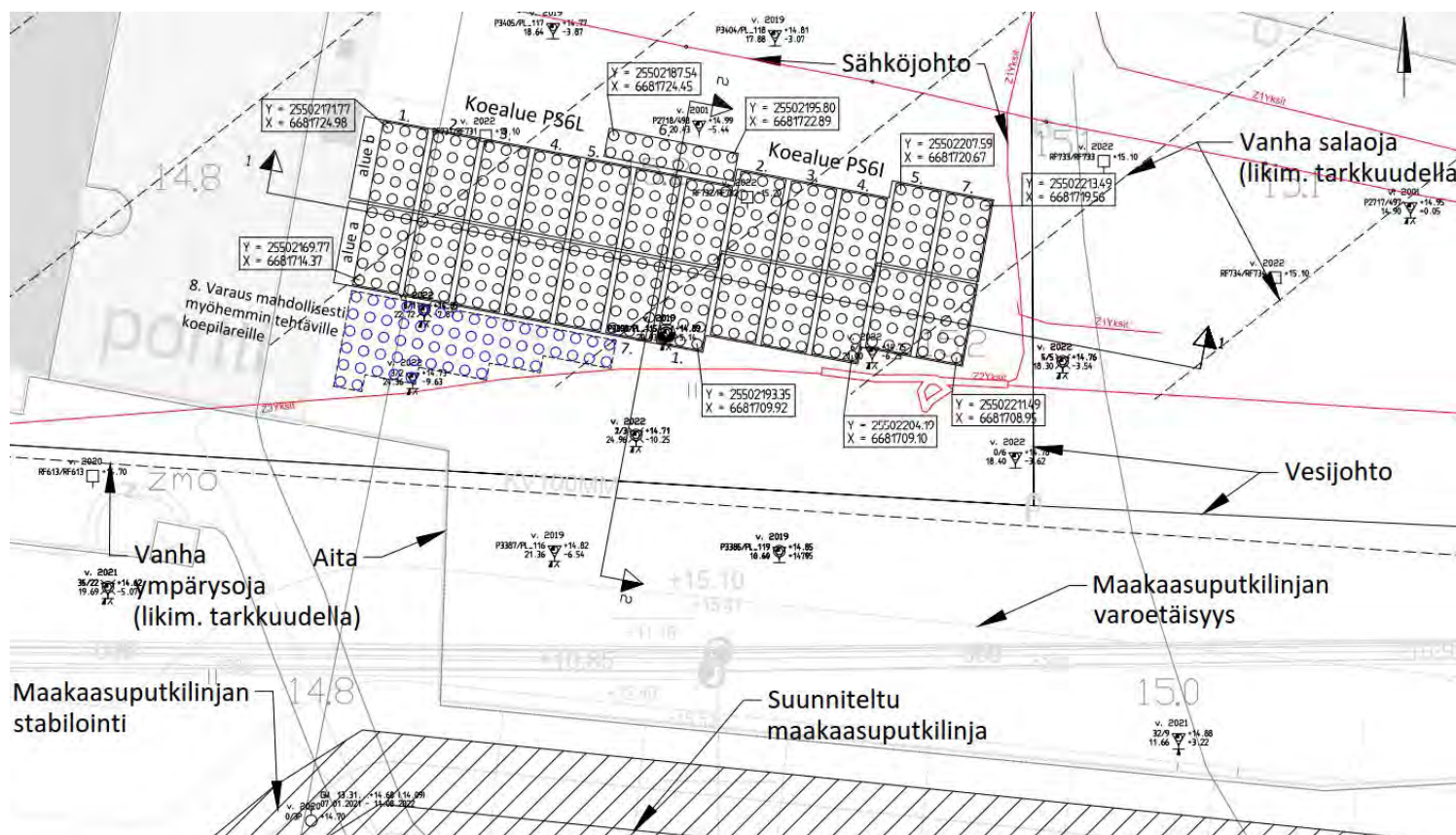
Kuva 1. Topinpuisto. Poikkileikkaus 1 (Ramboll Finland Oy 2022).



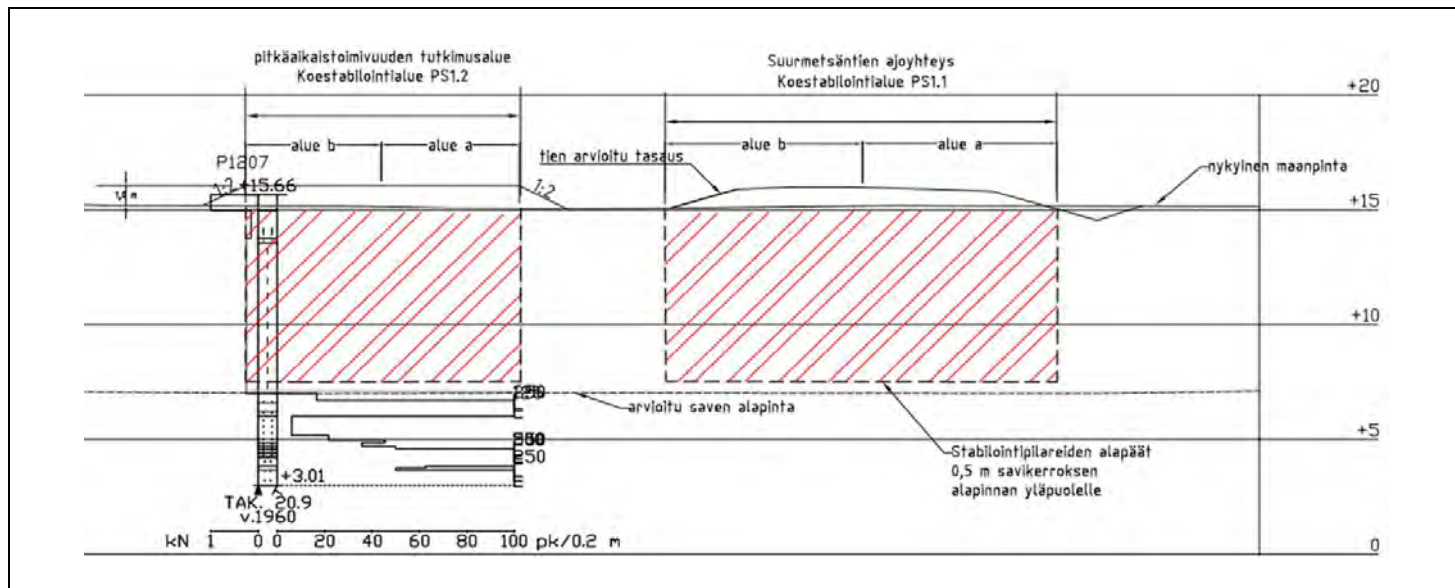
Kuva 2. Topinpuisto. Poikkileikkaus 1 (Ramboll Finland Oy 2022).



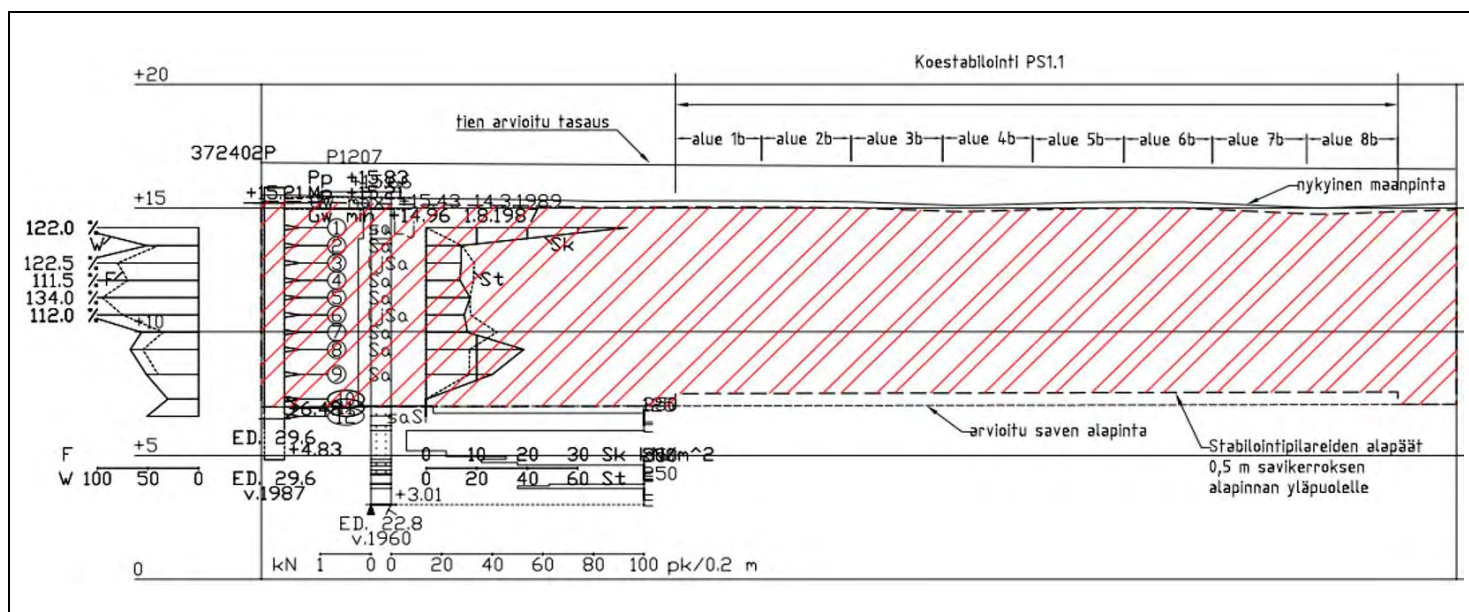
Kuva 1. Malminkenttä. Koekentät PS1 ja PS4. Kartta. (Ramboll Finland Oy 2022)



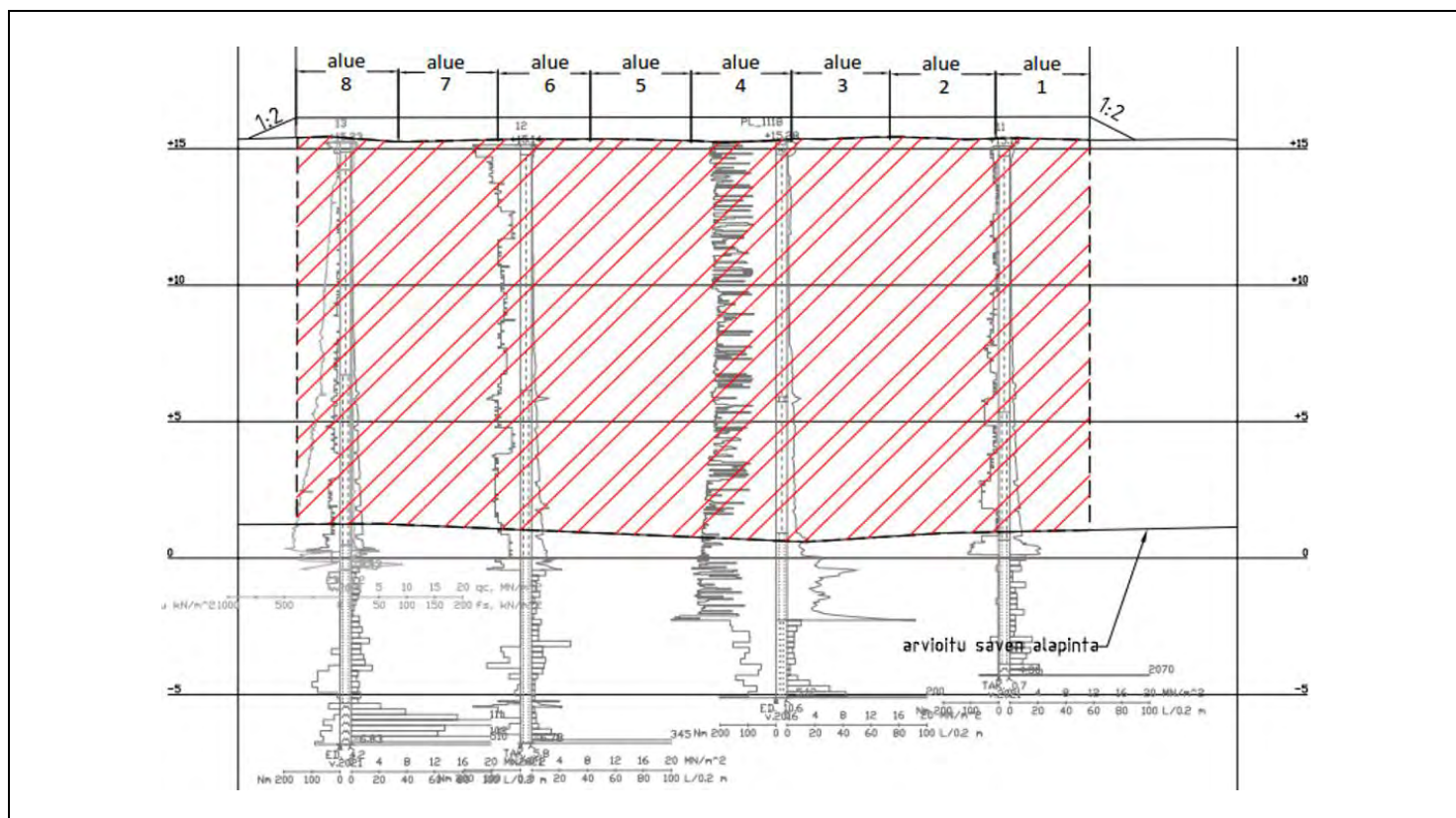
Kuva 2. Malminkenttä. Koekentät PS1 ja PS4. Kartta. (Ramboll Finland Oy 2022)



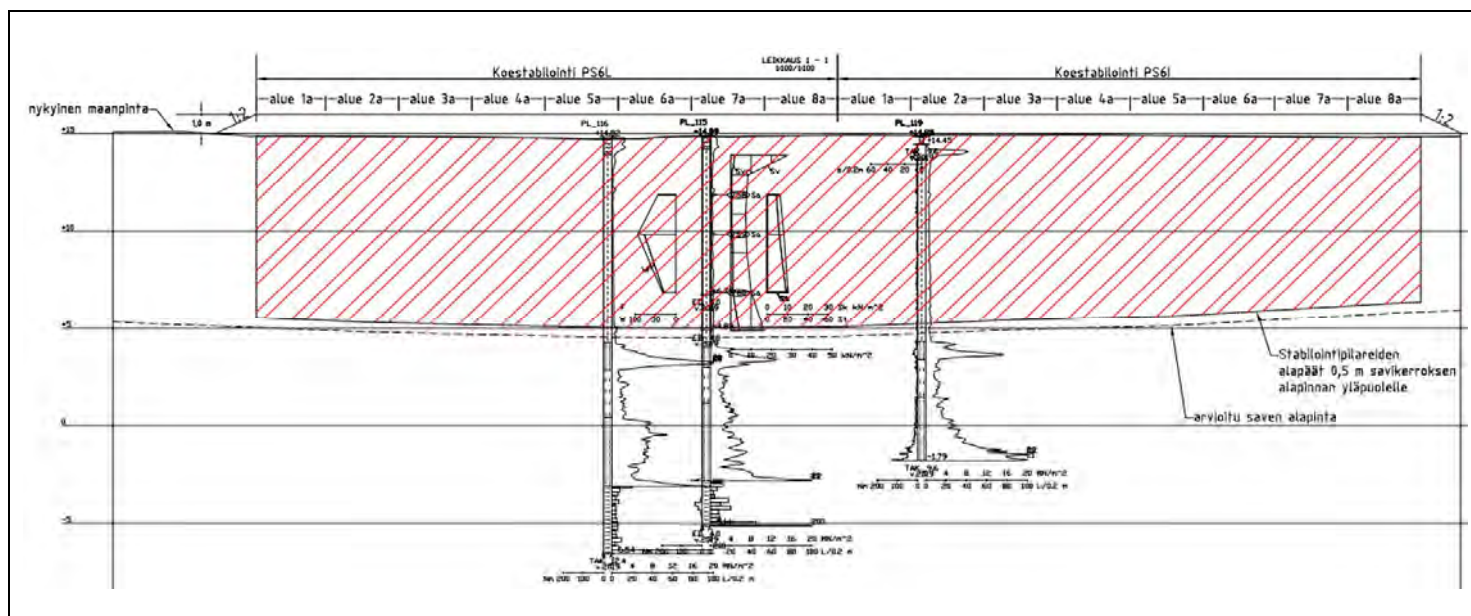
Kuva 3. Malminkenttä. Koekenttä PS1 pohjatutkimusleikkaus. (Ramboll Finland Oy 2022)



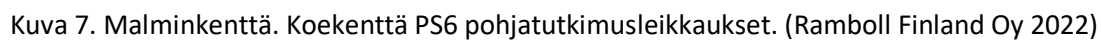
Kuva 4. Malminkenttä. Koekenttä PS1 pohjatutkimusleikkaus. (Ramboll Finland Oy 2022)



Kuva 5. Malminkenttä. Koekenttä PS4 pohjatutkimusleikkaus. (Ramboll Finland Oy 2022)



Kuva 6. Malminkenttä. Koekenttä PS6 pohjatutkimusleikkaus. (Ramboll Finland Oy 2022)



Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm	1/2023	1/2023	10/2022	9/2022	1/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1A (7d)	730	664	708	779	596
MVT-1B (7d)	742	650	801	713	546
ka.	736	657	755	746	571
erotus avrg - ka. =			64	55	-120
ka. =			691		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm	1/2023	12/2022	10/2022	9/2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1C (28d)	1253	1088	1354	1150	773
MVT-1D (28d)	1208	1102	1219	1340	524
ka.	1231	1095	1286	1245	649
erotus avrg - ka. =			226	185	-411
ka. =			1060		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1E (91d)	1955	1658	1953	2070	695
MVT-1F (91d)	1514	1638	1885	2190	961
ka.	1734	1648	1919	2130	828
erotus avrg - ka. =			294	504	-798
ka. =			1626		

Aalto-yliopiston koetuloksille Aalto (42mm), Aalto (50mm) on tehty lämpötilakorjaus.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm	20.1.2023	20.1.2023	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2A (7d)	1243	1220	1143	1080	870
MVT-2B (7d)	1199	1046	1156	1060	796
ka.	1221	1133	1149	1070	833
erotus avrg - ka. =			132	53	-184
ka. =			1017		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2C (28d)	1682	1536	1930	1820	1137
MVT-2D (28d)	1618	1513	1930	1850	776
ka.	1650	1524	1930	1835	957
erotus avrg - ka. =			356	261	-617
ka. =			1574		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2E (91d)	2511	2849	3261	2590	1184
MVT-2F (91d)	2760	2575	3201	2720	1276
ka.	2636	2712	3231	2655	1230
erotus avrg - ka. =			859	283	-1142
ka. =			2372		

Aalto-yliopiston koetuloksille Aalto (42mm), Aalto (50mm) on tehty lämpötilakorjaus.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm		10.1.2023		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3A (7d)	ei tehty	499	ei tehty	296	348
MVT-3B (7d)	ei tehty	488	ei tehty	454	377
ka.	-	493	-	375	363
erotus avrg - ka. =		83		-35	-48
ka. =		410			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3C (28d)	ei tehty	722	ei tehty	567	484
MVT-3D (28d)	ei tehty	658	ei tehty	756	381
ka.	-	690	-	662	433
erotus avrg - ka. =		95		67	-162
ka. =		595			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3E (91d)	ei tehty	1243	ei tehty	1010	670
MVT-3F (91d)	ei tehty	1108	ei tehty	1150	651
ka.	-	1176	-	1080	661
erotus avrg - ka. =		204		108	-312
ka. =		972			

Aalto-yliopiston koetuloksille Aalto (42mm), Aalto (50mm) on tehty lämpötilakorjaus.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm		10.1.2023		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4A (7d)	ei tehty	751	ei tehty	773	512
MVT-4B (7d)	ei tehty	705	ei tehty	798	456
ka.	-	728	-	786	484
erotus avrg - ka. =		62		120	-182
ka. =		666			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4C (28d)	ei tehty	1088	ei tehty	1390	789
MVT-4D (28d)	ei tehty	1164	ei tehty	1370	452
ka.	-	1126	-	1380	621
erotus avrg - ka. =		84		338	-422
ka. =		1042			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4E (91d)	ei tehty	1606	ei tehty	2160	773
MVT-4F (91d)	ei tehty	1798	ei tehty	-	719
ka.	-	1702	-	2160	746
erotus avrg - ka. =		166		624	-790
ka. =		1536			

Aalto-yliopiston koetuloksille Aalto (42mm), Aalto (50mm) on tehty lämpötilakorjaus.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm	1/2023	1/2023	10/2022	9/2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1A (7d)	570	519	553	779	596
MVT-1B (7d)	580	508	626	713	546
ka.	575	513	590	746	571
erotus avrg - ka. =			-46	111	-65
ka. =			636		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm	1/2023	12/2022	10/2022	9/2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1C (28d)	979	850	1058	1150	773
MVT-1D (28d)	944	861	952	1340	524
avrg	962	856	1005	1245	649
erotus avrg - ka. =			39	279	-318
ka. =			966		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-1E (91d)	1527	1295	1526	2070	695
MVT-1F (91d)	1183	1280	1473	2190	961
avrg	1355	1288	1500	2130	828
erotus avrg - ka. =			14	644	-658
ka. =			1486		

Aalto-yliopiston koetulokset Aalto (42mm) ja Aalto (50mm) ovat alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm	20.1.2023	20.1.2023	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2A (7d)	971	953	893	1080	870
MVT-2B (7d)	937	817	903	1060	796
avrg	954	885	898	1070	833
erotus avrg - ka. =			-36	136	-101
ka. =			934		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2C (28d)	1314	1200	1508	1820	1137
MVT-2D (28d)	1264	1182	1508	1850	776
avrg	1289	1191	1508	1835	957
erotus avrg - ka. =			75	402	-477
ka. =			1433		

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 2,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm	20.1.2023	27.12.2022	11.10.2022	27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-2E (91d)	1962	2226	2548	2590	1184
MVT-2F (91d)	2156	2012	2501	2720	1276
avrg	2059	2119	2525	2655	1230
erotus avrg - ka. =			388	519	-907
ka. =			2137		

Aalto-yliopiston koetulokset Aalto (42mm) ja Aalto (50mm) ovat alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm		10.1.2023		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3A (7d)	ei tehty	390	ei tehty	296	348
MVT-3B (7d)	ei tehty	381	ei tehty	454	377
avrg	-	386	-	375	363
erotus avrg - ka. =		-738		-748	-761
ka. =		1123			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3C (28d)	ei tehty	564	ei tehty	567	484
MVT-3D (28d)	ei tehty	514	ei tehty	756	381
avrg	-	539	-	662	433
erotus avrg - ka. =		-5		117	-112
ka. =		544			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiaksiaalinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 150 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-3E (91d)	ei tehty	971	ei tehty	1010	670
MVT-3F (91d)	ei tehty	866	ei tehty	1150	651
avrg	-	919	-	1080	661
erotus avrg - ka. =		32		194	-226
ka. =		886			

Aalto-yliopiston koetulokset Aalto (42mm) ja Aalto (50mm) ovat alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat.

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 7d					
valmistus pvm		10.1.2023		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4A (7d)	ei tehty	587	ei tehty	773	512
MVT-4B (7d)	ei tehty	551	ei tehty	798	456
avrg	-	569	-	786	484
erotus avrg - ka. =		-44		173	-129
ka. =		613			

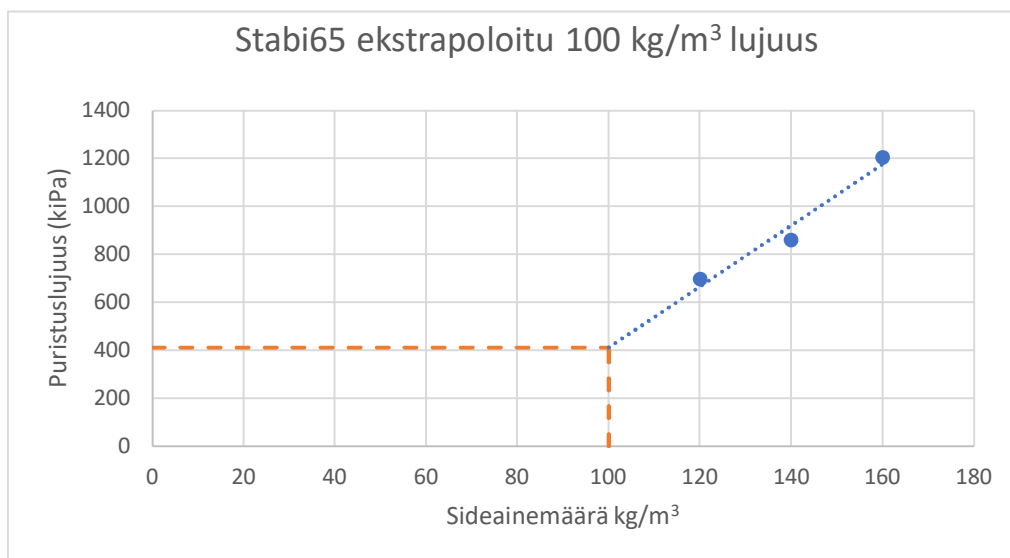
Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 28d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4C (28d)	ei tehty	850	ei tehty	1390	789
MVT-4D (28d)	ei tehty	909	ei tehty	1370	452
avrg	-	880	-	1380	621
erotus avrg - ka. =		-81		420	-340
ka. =		960			

Koekenttä PS1. Runkoaineen näytteenottosyvyys 3,0 m					
Yksiakselialinen puristuslujuus (kPa), CEM IIIA 200 kg/m ³					
Lujittumisaika 91d					
valmistus pvm		20.12.2022		27.9.2022	2/2023
Näyte nro	Aalto (42mm)	Aalto (50mm)	Aalto (50mm)	Luopioinen	Nordkalk
MVT-4E (91d)	ei tehty	1255	ei tehty	2160	773
MVT-4F (91d)	ei tehty	1405	ei tehty	-	719
avrg	-	1330	-	2160	746
erotus avrg - ka. =		-82		748	-666
ka. =		1412			

Aalto-yliopiston koetulokset Aalto (42mm) ja Aalto (50mm) ovat alkuperäiset lämpötilakorjaamattomat.

Taulukko 1. Ilokkaanrinteen stabiloitavuuskokeiden tulokset. Savinäyte pisteestä KK1, näytesyvyys 4,5-5,5 m. Puristuskokeet 28 d lujittumisajoilla, sideainepitoisuudet 100, 120, 140 ja 160 kg/m³. Sideainepitoisuuden 100 kg/m³ puristuslujuus on ekstrapoloitu 120, 140 ja 160 kg/m³ tuloksista alla esitetyn kuvaajan mukaisesti. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

Sideaine	100 kg/m ³		ka	120 kg/m ³		ka	140 kg/m ³		ka	160 kg/m ³		ka
	28 d		kPa	28 d		kPa	28 d		kPa	28 d		kPa
KC30	301	304	303	378	370	374	404	435	420	-	-	-
GTC2	566	590	578	674	-	674	-	-	-	-	-	-
Stabi65	412	-	412	731	661	696	880	841	861	1280	1130	1205



Taulukko 1. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P701 näytesyvyys 2,0-3,0 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90 d. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m³. Taulukossa b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m³. Taulukossa c) koekappaleiden sideainepitoisuus 150 kg/m³. Taulukossa d) koekappaleiden sideainepitoisuus 160 kg/m³.

a)

Sideaine	80 kg/m ³		ka (kPa)	80 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
Stabi80	231	218	225	344	331	338
LT KAI+CEM 7:3	82	85	84	129	-	129
LT KAI+CEM 8:2	43	45	44	63	-	63
LT KAI(JAUH)+CEM 7:3	124	133	129	214	-	214

b)

Sideaine	120 kg/m ³		ka (kPa)	120 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
Stabi80	487	439	463	613	625	619
LT KAI+CEM 7:3	209	232	221	333	-	333
LT KAI+CEM 8:2	138	119	129	203	-	203
LT KAI(JAUH)+CEM 7:3	323	320	322	489	-	489
LT JAM+CEM 7:3	134	133	134	199	-	199
LT JAM(JAUH)+CEM 7:3	228	220	224	381	-	381
KC50	354	345	350	348	363	356
GTC2	344	344	344	430	-	430
Green	358	-	358	428	407	418
POZ	253	289	271	427	410	419

c)

Sideaine	150 kg/m ³		ka (kPa)	150 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
GTC	337	267	302	617	558	588
Green	553	-	553	735	-	735

d)

Sideaine	160 kg/m ³		ka (kPa)	160 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
LT KAI+CEM 7:3	-	330	330	415	-	415
LT KAI+CEM 8:2	258	286	272	341	-	341
LT JAM+CEM 7:3	241	237	239	339	-	339

Taulukko 2. Kuninkaantammi stabiilitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P701 näytesyvyys 4,5-5,5 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m³. Taulukossa b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m³. Taulukossa c) koekappaleiden sideainepitoisuus 150 kg/m³. Taulukossa d) koekappaleiden sideainepitoisuus 160 kg/m³.

a)

Sideaine	80 kg/m ³		ka (kPa)	80 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
Stabi80	447	447	447	613	579	596
LT KAI+CEM 7:3	195	174	185	274	-	274
LT KAI+CEM 8:2	129	124	127	205	-	205
LT KAI(JAUH)+CEM 7:3	193	186	190	239	-	239

b)

Sideaine	120 kg/m ³		ka (kPa)	120 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
Stabi80	708	731	720	1070	1040	1055
LT KAI+CEM 7:3	319	313	316	472	-	472
LT KAI+CEM 8:2	216	207	212	326	-	326
LT KAI(JAUH)+CEM 7:3	306	314	310	442	-	442
LT JAM+CEM 7:3	336	328	332	412	-	412
LT JAM JAUH+CEM 7:3	338	341	340	433	-	433
KC50	215	243	229	314	-	314
GTC2	313	390	352	400	418	409
Green	328	280	304	540	532	536
POZ	319	270	295	439	463	451

c)

Sideaine	150 kg/m ³		ka (kPa)	150 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
LT KAI+CEM 7:3	470	468	469	647	-	647
LT KAI+CEM 8:2	334	343	339	458	-	458
LT JAM+CEM 7:3	489	486	488	670	-	670

d)

Sideaine	160 kg/m ³		ka (kPa)	160 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
LT KAI+CEM 7:3	470	468	469	647	-	647
LT KAI+CEM 8:2	334	343	339	458	-	458
LT JAM+CEM 7:3	489	486	488	670	-	670

Taulukko 3. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P101 näytesyvyys 2,5-3,5m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90 d. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m³. Taulukossa b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m³.

a)

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d			
GTC2	235	298	259	264
KC30	298	250	250	266

b)

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
GTC2	353	314	386	351	400	458	388	415
KC30	448	395	345	396	531	563	481	525

Taulukko 4. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P101 näytesyvyys 4,5-5,5m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90 d. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 ja 120 kg/m³.

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				28 d			
GTC2	257	239	247	248	357	437	380	391
KC30	272	263	234	256	412	414	317	381

Taulukko 5. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P102 näytesyvyys 3,0-4,0 m. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m³ ja koekappaleiden lujittumisaika 28d. Taulukossa b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d.

a)

Sideaine	80 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d		
GTC2	277	243	260
KC30	359	396	378

b)

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d				90 d		
GTC2	295	294	253	281	266	356	311
KC30	578	596	-	587	593	700	647

Taulukko 6. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P102 näytesyvyys 7,2 m. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m^3 ja koekappaleiden lujittumisaika 28d. Taulukossa b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m^3 , koekappaleiden lujittumisaikat 28 ja 90d.

a)

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d			
GTC2	438	394	364	399

b)

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
GTC2	473	405	443	440	569	595	717	627

Taulukko 7. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P103 näytesyvyys 2,5 m. Taulukossa koekappaleiden sideainepitoisuus 80 ja 120 kg/m^3 ja koekappaleiden lujittumisaika 28d.

a)

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				28 d			
GTC2	331	289	343	321	565	581	630	592

Taulukko 8. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P103 näytesyvyys 5,5 m. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 80 kg/m^3 ja koekappaleiden lujittumisaika 28d. Taulukossa b) koekappaleiden sideainepitoisuus 120 kg/m^3 ja koekappaleiden lujittumisaika 28 ja 90d.

a)

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d			
GTC	242	208	217	222

b)

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
GTC2	400	393	496	430	492	661	440	531

Taulukko 9. Kuninkaantammi stabiloitavuuskokeiden puristuskoetulokset. Savinäytepiste P103 näytesyvyys 8,5 m. Taulukossa koekappaleiden sideainepitoisuus 80 ja 120 kg/m³ ja koekappaleiden lujittumisaika 28d.

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				28 d			
GTC2	234	270	245	250	384	288	288	320
KC30	305	264	-	285	495	518	536	516

Taulukko 10. Laboratoriot, joissa eri sideaineiden stabiloitavuuskokeet on tehty.

Sideaine	Laboratorio
Stabi80	Ramboll Finland Oy
LT KAI+CEM 7:3	Ramboll Finland Oy
LT KAI+CEM 8:2	Ramboll Finland Oy
LT KAI(JAUH)+CEM 7:3	Ramboll Finland Oy
LT JAM+CEM 7:3	Ramboll Finland Oy
LT JAM(JAUH)+CEM 7:3	Ramboll Finland Oy
KC	Nordkalk
GTC2	Nordkalk
Green	Nordkalk
POZ	Nordkalk

Taulukko 1. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO1, näytesyvyys 2-3 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d ja sideainepitoisuus 135 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	212	212	212	326	339	333
GTC2	437	433	435	548	541	545
Stabi80	302	306	304	412	400	406

Taulukko 2. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO1, näytesyvyys 6-7 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d. Taulukon a) sideainepitoisuus 100 kg/m³, b) sideainepitoisuus 135 kg/m³ ja c) sideainepitoisuus 170 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

a)

Sideaine	100 kg/m ³		ka (kPa)	100 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
GTC2	378	365	372	429	-	429
Stabi80	255	254	255	324	-	324

b)

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	501	455	478	845	-	845
GTC2	714	732	723	795	-	795
CaO+SR 3:7	630	633	632	920	-	920
Stabi80	381	398	390	509	-	509

c)

Sideaine	170 kg/m ³		ka (kPa)	170 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	736	669	703	1200	-	1200
GTC2	815	826	821	1070	-	1070
Stabi80	375	445	410	634	-	634

Taulukko 3. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO1, näytesyvyys 12-13 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d. Taulukon a) sideainepitoisuus 100 kg/m³, b) sideainepitoisuus 135 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

a)

Sideaine	100 kg/m ³		ka (kPa)	100 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
GTC2	413	404	409	567	550	559
Stabi80	281	275	278	376	386	381

b)

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	280	310	295	476	465	471
GTC2	627	619	623	929	891	910
CaO+SR 3:7	403	397	400	601	625	613
Stabi80	529	508	519	756	749	753

Taulukko 4. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO2, näytesyvyys 2-3 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d. Taulukon a) sideainepitoisuus 100 kg/m³, b) sideainepitoisuus 135 kg/m³ ja c) sideainepitoisuus 170 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

a)

Sideaine	100 kg/m ³		ka (kPa)	100 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
GTC2	365	372	369	412	-	412
Stabi80	264	268	266	290	-	290

b)

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	574	616	595	855	-	855
GTC2	637	651	644	733	-	733
CaO+SR 3:	578	560	569	738	-	738
Stabi80	447	445	446	517	-	517

c)

Sideaine	170 kg/m ³		ka (kPa)	170 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	787	804	796	1090	-	1090
GTC2	689	689	689	881	-	881
Stabi80	592	595	594	753	-	753

Taulukko 5. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO2, näytesyvyys 6-7 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d. Taulukon a) sideainepitoisuus 100 kg/m³, b) sideainepitoisuus 135 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

a)

Sideaine	100 kg/m ³		ka (kPa)	100 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
GTC2	327	351	339	492	460	476
Stabi80	308	285	297	407	377	392

b)

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	363	336	350	548	553	551
GTC2	470	446	458	708	717	713
CaO+SR 3:	375	358	367	486	492	489
Stabi80	418	471	445	710	657	684

Taulukko 6. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO3, näytesyvyys 2-3 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d ja sideainepitoisuus 135 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

Sideaine	135 kg/m³		ka (kPa)	135 kg/m³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	786	791	789	1190	1190	1190
GTC2	641	655	648	728	741	735
Stabi80	456	475	466	564	586	575

Taulukko 7. Porvoo länsiranta. Stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet. Savinäyte koealue PO3, näytesyvyys 7-8 m. Koekappaleiden lujittumisajat 28 ja 90d ja sideainepitoisuus 135 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

Sideaine	135 kg/m ³		ka (kPa)	135 kg/m ³		ka (kPa)
	28 d			90 d		
KC30	195	194	195	368	355	362
GTC2	402	405	404	640	653	647
Stabi80	218	230	224	386	342	364

Taulukko 1. Luhtitie stabiloitavuuskoetulokset. Stabiloitavuuskokeiden savinäyte koestabilointialueelta K1, näytteenottosyvyys 2,0-2,5 m. Lujuusluokissa suurehkoa vaihtelua. Edellisen vuoksi 1 varakappale ja/tai esitetty kaikki yksittäiskoetulokset erikseen tulostaulukoissa, selvästi epälooginen tulos kirjattu punaisella. Puristuskoetulokset 28 ja 90d lujittuneilla koekappaleilla. Taulukoissa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 70 kg/m³, b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 110 kg/m³ ja c) koekappaleiden sideainepitoisuus 150 kg/m³. Stabiloitavuuskokeet teki Ramboll Finland Oy.

a)

Sideaine	70 kg/m ³		ka kPa	70 kg/m ³		ka kPa
	28 d			90 d		
Green	217	239	228	306	336	321
Stabi80	278	281	280	382	368	375
GTC2	174	170	172	229	221	225
KC30	424	430	427	538	642	590
KC20	468	491	480	903	928	916

b)

Sideaine	110 kg/m ³		ka kPa	110 kg/m ³		ka kPa
	28 d			90 d		
Green	556	-	556	731	674	703
Stabi80	579	-	579	607	684	646
GTC2	531	-	531	648	657	653

c)

Sideaine	150 kg/m ³			ka kPa	150 kg/m ³			ka kPa
	28 d				90 d			
Green	853	855	-	854	1190	1140	-	1165
Stabi80	630	474	453	464	611	505	-	611
GTC2	825	841	-	833	1180	1170	-	1175
KC30	501	564	-	533	706	834	790	777
KC20	697	601	-	649	1070	1070	-	1070

Taulukko 2. Luhtitie stabiloitavuuskoetulokset.. Stabiloitavuuskokeiden savinäyte koestabilointialueelta K4, näytteenotto syvyys 2,0-2,5 m. Lujuusluokissa suurehkoa vaihtelua. Edellisen vuoksi 1 varakappale ja/tai esitetty kaikki yksittäiskoetulokset erikseen tulostaulukoissa, selvästi epälooginen tulos punaisella kirjattu. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 70 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk. b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 110 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk. 28 vrk koesarjassa koekappaleita valmistettu 1 kpl. c) koekappaleiden sideainepitoisuus 150 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk.

a)

Sideaine	70 kg/m ³		ka kPa	70 kg/m ³			ka kPa
	28 d			90 d			
Green	264	220	242	245	373	256	291
Stabi80	232	230	231	314	295	-	305
GTC2	270	259	265	323	335	-	329
KC30	371	370	371	464	501	-	483
KC20	431	473	452	839	868	-	854

b)

Sideaine	110 kg/m ³		ka kPa	110 kg/m ³		ka kPa
	28 d			90 d		
Green	467	-	467	730	658	694
Stabi80	379	-	379	553	505	529
GTC2	421	-	421	602	551	577
KC30	576	588	582	791	771	781
KC20	614	559	587	1000	1050	1025

c)

Sideaine	150 kg/m ³		ka kPa	150 kg/m ³			ka kPa
	28 d			90 d			
Green	826	726	776	991	764	954	903
Stabi80	661	708	685	918	1080	-	999
GTC2	777	753	765	758	920	947	875

Taulukko 3. Luhtitie stabiloitavuuskoetulokset. Stabiloitavuuskokeiden savinäyte koestabilointialueelta K7, näytteenottosyvyys 2,0-2,5 m. Taulukossa a) koekappaleiden sideainepitoisuus 70 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk. b) Koekappaleiden sideainepitoisuus 110 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk. 28 vrk koesarjassa koekappaleita valmistettu 1 kpl. c) koekappaleiden sideainepitoisuus 150 kg/m³, lujittumisaika 28 ja 90 vrk.

a)

Sideaine	70 kg/m ³		ka kPa	70 kg/m ³		ka kPa
	28 d			90 d		
Green	433	480	457	637	726	682
Stabi80	308	279	294	427	407	417
GTC2	342	342	342	469	445	457
KC20	509	506	508	1280	1020	1150

b)

Sideaine	110 kg/m ³		ka kPa	110 kg/m ³		ka kPa
	28 d			90 d		
Green	774	804	789	1310	1320	1315
Stabi80	513	471	492	876	790	833
GTC2	570	542	556	1020	1040	1030
KC20	845	731	788	1520	2030	1775

c)

Sideaine	150 kg/m ³		ka kPa
	90 d		
Green	1540	1540	1540
Stabi80	1040	1050	1045
GTC2	1450	1300	1375

Taulukko 1. Topinpuisto stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 2,5-3,5 m. Sideainemäärä 80 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 90d.

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)	80 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
GTC2	182	237	-	210	266	209	176	217
Stabi80	97	102	102	100	128	122	125	125

Taulukko 2. Topinpuisto stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 2,5-3,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 90d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT KAU+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
GTC2	270	297	275	281	459	541	403	468
Stabi80	161	129	128	139	182	194	177	184
Green	137	139	165	147	158	218	176	184
LT KAU+CEMII 7:3	216	196	209	207	283	285	302	290
LT JAM+CEMII 7:3	134	129	133	132	178	188	199	188
POZ	199	177	219	198	227	224	246	232

Taulukko 3. Topinpuisto stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 2,5-3,5 m. Sideainemäärä 80 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT KAU+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	160 kg/m ³			ka (kPa)	160 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				90 d			
Green	162	179	209	183	292	258	239	263
LT KAU+CEMII 7:3	349	393	403	382	536	554	554	548
LT JAM+CEMII 7:3	186	203	182	190	234	213	243	230
POZ	225	239	244	236	344	289	307	313

Taulukko 5. Topinpuisto stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 2,5-3,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisaika 21d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT KAU+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka
	21 d			
LT KAU+CEMII 7:3	225	216	233	225

Taulukko 5. Topinpuisto stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisaika 28d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT KAU+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT KAU+CEMII 7:3	116	84	110	104	157	164	159	160
LT JAM+CEMII 7:3	104	80	78	87	-	-	-	-
POZ	104	129	115	116	-	-	-	-

Taulukko 5. Topinpuisto stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 160 kg/m³, koekappaleiden lujittumisaika 28d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT KAU+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	160 kg/m ³			ka (kPa)	160 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT KAU+CEMII 7:3	216	206	230	218	289	269	298	285
LT JAM+CEMII 7:3	129	129	114	124	-	-	-	-
POZ	162	165	160	162	-	-	-	-

Taulukko 6. Topinpuisto stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 9,5-10,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisaika 28d.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d			
LT JAM+CEMII 7:3	56	78	67	67
POZ	89	113	118	107

Taulukko 7. Topinpuisto stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet, näytteenottosyvyys 9,5-10,5 m. Sideainemäärä 160 kg/m³, koekappaleiden lujittumisaika 28d.

Sideaine	160 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d			
LT JAM+CEMII 7:3	96	102	84	94
POZ	166	170	135	157

Taulukko 8. Laboratoriot, joissa eri sideaineiden stabiilitavuuskokeet on tehty.

Sideaine	Laboratorio
Stabi80	Nordkalk
LT JAM+CEM 7:3	Nordkalk
LT KAU+CEM 7:3	Aalto-yliopisto
GTC2	Nordkalk
Green	Nordkalk
POZ	Nordkalk

Taulukko 1. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS1, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. CEM III/B näytteiden lujittumisajat 28d ja 60d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	83	84	83	84	105	108	102	105
LT KAU+CEMII 7:3	91	84	95	90	142	147	147	145
GTC3	360	349	383	364	587	541	541	556
Green	166	207	182	185	262	328	253	281
POZ	97	108	88	98	114	146	131	130
CEM III/A	765	743	797	768	1230	1290	1280	1267
CEM III/B*	546	538	546	543	748	699	710	719

* CEM III/B sideaineella tehdyt puristuskoetulokset on tehty lujittumisajoilla 28d ja 60d

Taulukko 2. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS1, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m. Sideainemäärä 150 kg/m³, näytteiden lujittumisajat 28d ja 91d. CEM III/B näytteiden lujittumisajat 28d ja 60d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	150 kg/m ³			ka (kPa)	150 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	111	100	106	106	140	138	133	137
LT KAU+CEMII 7:3	223	237	233	231	210	212	211	211
GTC3	509	449	-	479	855	-	684	770
Green	279	273	271	274	-	335	323	329
POZ	99	104	117	107	152	176	171	166
CEM III/A	1340	1360	1270	1323	2200	2190	2190	2193
CEM III/B*	845	752	769	789	1300	1290	1220	1270

* CEM III/B sideaineella tehdyt puristuskoetulokset on tehty lujittumisajoilla 28d ja 60d

Taulukko 3. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS1, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 100 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91 d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	100 kg/m ³			ka (kPa)	100 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	81	90	84	85	116	119	120	119
LT KAU+CEMII 7:3	99	100	93	97	129	128	133	130
GTC3	386	360	384	377	384	479	483	449
Green	344	350	354	349	-	414	431	423
POZ	170	173	174	172	-	250	218	234
CEM III/A	538	499	498	512	907	851	820	859
CEM III/B	291	274	302	289	424	402	416	414

Taulukko 4. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS1, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	108	113	110	110	147	161	151	153
LT KAU+CEMII 7:3	128	137	131	132	189	183	179	184
GTC3	611	617	546	591	694	764	801	753
Green	386	431	411	409	433	601	496	510
POZ	210	210	195	205	249	249	221	240
CEM III/A	729	640	662	677	1170	1110	1230	1170
CEM III/B	504	460	471	478	664	708	641	671

Taulukko 5. Malminkentän stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,5 m. Sideainemäärä 150 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	150 kg/m ³			ka (kPa)	150 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	87	84	88	87	125	133	129	129
LT KAU+CEMII 7:3	154	151	157	154	195	186	192	191
GTC3	241	253	268	254	361	417	354	377
Green	132	139	139	137	242	260	215	239
POZ	56	68	77	67	122	132	118	124
CEM III/A	1070	1030	1050	1050	1720	1680	1660	1687
CEM III/B	807	772	786	788	1550	1450	1500	1500

Taulukko 6. Malminkentän stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,5 m. Sideainemäärä 200 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	200 kg/m ³			ka (kPa)	200 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	159	156	156	157	227	233	230	230
LT KAU+CEMII 7:3	278	292	261	277	383	375	379	379
GTC3	274	331	343	316	574	641	591	602
Green	-	160	257	209	375	-	344	360
POZ	123	128	89	113	139	112	140	130
CEM III/A	1490	1620	1580	1563	2610	2530	2730	2623
CEM III/B	1360	1410	1410	1393	2580	2570	2680	2610

Taulukko 7. Malminkentän stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	50	50	47	49	56	61	58	58
LT KAU+CEMII 7:3	91	96	95	94	116	116	108	113
GTC3	252	323	289	288	335	536	335	402
Green	179	176	191	182	236	272	210	239
POZ	70	68	62	67	95	87	105	96
CEM III/A	682	607	688	659	1080	1150	1090	1107
CEM III/B	474	513	475	487	880	814	956	883

Taulukko 8. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m. Sideainemäärä 150 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	150 kg/m ³			ka (kPa)	150 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	73	74	73	73	102	88	87	93
LT KAU+CEMII 7:3	161	151	165	159	186	177	187	183
GTC3	355	342	336	344	-	639	625	632
Green	248	259	262	256	302	411	373	362
POZ	79	99	91	90	102	123	116	114
CEM III/A	1100	1070		1085	1900	1850	1780	1843
CEM III/B	805	812	820	812	1520	1520	1450	1497

Taulukko 9. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 7,5-8,5 m. Sideainemäärä 100 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	100 kg/m ³			ka (kPa)	100 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	96	85	99	93	114	119	135	123
LT KAU+CEMII 7:3	102	110	111	108	130	133	125	129
GTC3	312	333	381	342	543	575	476	531
Green	375	410	-	393	-	416	444	430
POZ	258	252	280	263	281	386	312	326
CEM III/A	771	806	777	785	1110	1180	1180	1157
CEM III/B	470	456	453	460	927	899	872	899

Taulukko 10. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS4, näytteenottosyvyys 7,5-8,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	144	124	125	131	142	167	151	153
LT KAU+CEMII 7:3	148	157	145	150	179	180	180	180
GTC3	450	412	349	404	522	552	759	611
Green	571	560	512	548	-	656	948	802
POZ	288	286	311	295	442	385	397	408
CEM III/A	1100	1160	1100	1120	1460	1840	1860	1720
CEM III/B	740	713	626	693	1370	1420	1230	1340

Taulukko 11. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	84	88	90	87	105	109	109	108
LT KAU+CEMII 7:3	102	101	104	102	137	137	129	134
GTC3	263	-	-	263	391	341	-	366
Green	192	132	-	162	276	255	-	266
POZ	126	140	-	133	222	184	-	203
CEM III/A	1190	1210	-	1200	1710	1740	-	1725
CEM III/B*	853	896	-	875	1650	1620	-	1635

Taulukko 12 Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m. Sideainemäärä 160 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	160 kg/m ³			ka (kPa)	160 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	102	100	99	100	140	133	132	135
LT KAU+CEMII 7:3	155	152	159	155	196	195	195	195
GTC3	378	363	-	371	519	603	-	561
Green	232	218	-	225	394	512	-	453
POZ	325	316	-	321	557	478	-	518
CEM III/A	1610	1570	-	1590	2430	2400	-	2415
CEM III/B*	1860	1750	-	1805	2870	3050	-	2960

Taulukko 13. Malminkentän stabiloitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 80 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	80 kg/m ³			ka (kPa)	80 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	101	105	102	103	175	156	151	161
LT KAU+CEMII 7:3	115	92	120	109	170	173	170	171
GTC3	291	309	351	317	380	364	347	364
Green	218	271	290	260	370	365	417	384
POZ	234	265	260	253	336	346	354	345
CEM III/A	869	851	903	874	1320	1320	1400	1347
CEM III/B*	446	441	398	428	683	787	870	780

Taulukko 14. Malminkentän stabiilitavuuskokeiden puristuslujuudet koekentältä PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m. Sideainemäärä 120 kg/m³, koekappaleiden lujittumisajat 28d ja 91d. Aalto yo:n laboratoriotuloksille LT+CEMII on tehty lämpötilakorjaus.

Sideaine	120 kg/m ³			ka (kPa)	120 kg/m ³			ka (kPa)
	28 d				91 d			
LT JAM+CEMII 7:3	236	236	227	233	320	333	346	333
LT KAU+CEMII 7:3	252	247	242	247	431	424	413	423
GTC3	587	510	583	560	935	-	832	884
Green	512	612	546	557	869	693	651	738
POZ	317	329	-	323	412	475	-	444
CEM III/A	1690	1730	1690	1703	2530	2800	2810	2713
CEM III/B	1200	1130	1170	1167	1980	2140	2080	2067

Taulukko 15. Laboratoriot, joissa eri sideaineiden stabiilitavuuskokeet on tehty.

Sideaine	Laboratorio
LT JAM+CEMII 7:3	Aalto-yliopisto
LT KAU+CEMII 7:3	Aalto-yliopisto
GTC3	Nordkalk
Green	Nordkalk
POZ	Nordkalk
CEM III/A	Ramboll Finland Oy
CEM III/B	Ramboll Finland Oy

Puristuslujuusmäärittäminen

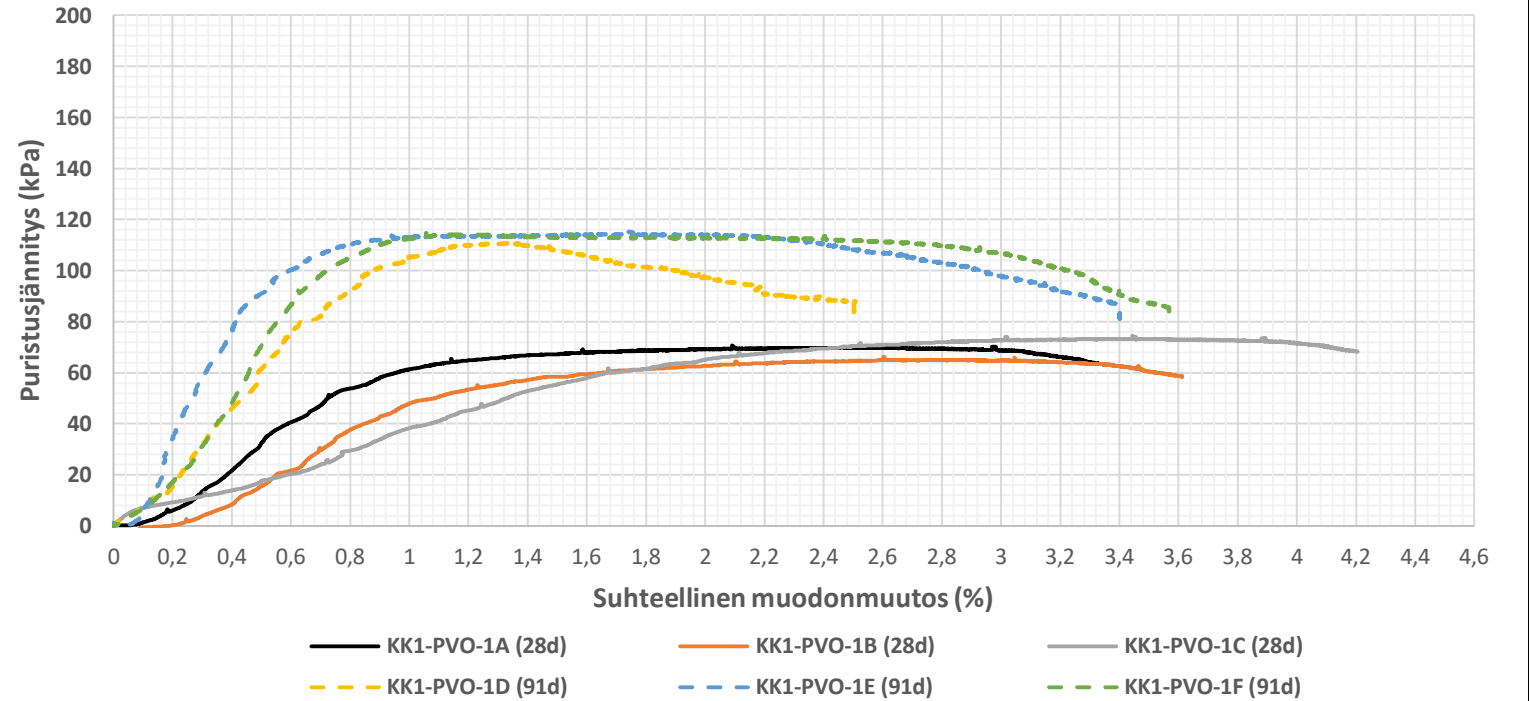
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1, näytteenottosyvyys 2,4-3,0 m

Koekappalenumero:	KK1-PVO-1A	KK1-PVO-1B	KK1-PVO-1C	KK1-PVO-1D	KK1-PVO-1E	KK1-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	71	66	74	111	115	115
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1499	1485	1466	1466	1466	1462
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	88	88	87	91	90	89
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	112 %
Märkätiheys, kg/m ³	1428
Kiintotiheys, kg/m	2755
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,33 %

PVO LT+CEMII 7/3, sideainemäärä 120 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäys

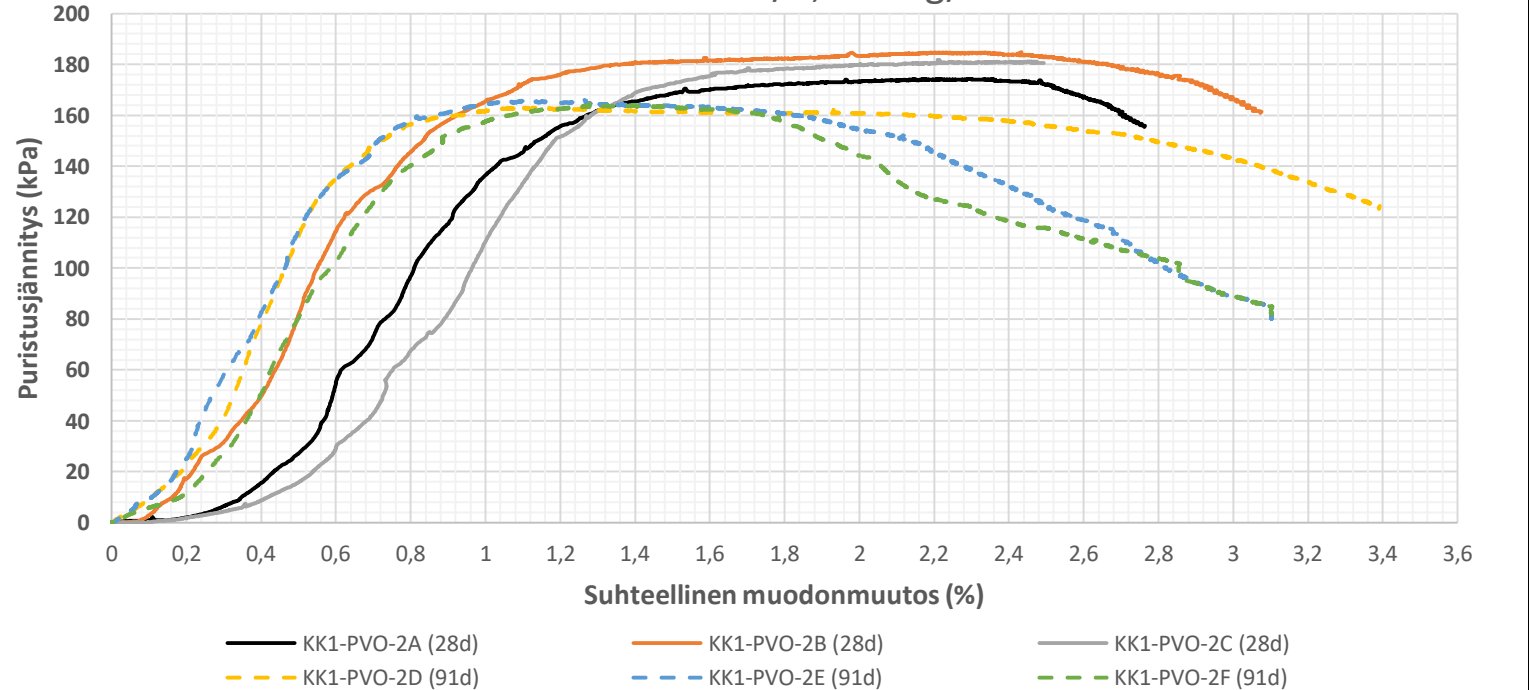
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1, näytteenottosyvyys 2,4-3,0 m

Koekappalenumero:	KK1-PVO-2A	KK1-PVO-2B	KK1-PVO-2C	KK1-PVO-2D	KK1-PVO-2E	KK1-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	174	185	182	164	166	165
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1493	1489	1472	1470	1471	1481
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	85	85	85	87	83	84
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	112 %
Märkätiheys kg/m ³	1428
Kiintotiheys kg/m	2755
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI (800°)	4,33 %

PVO LT+CEM II 7/3, 150 kg/m³



Puristuslujuusmäärittäminen

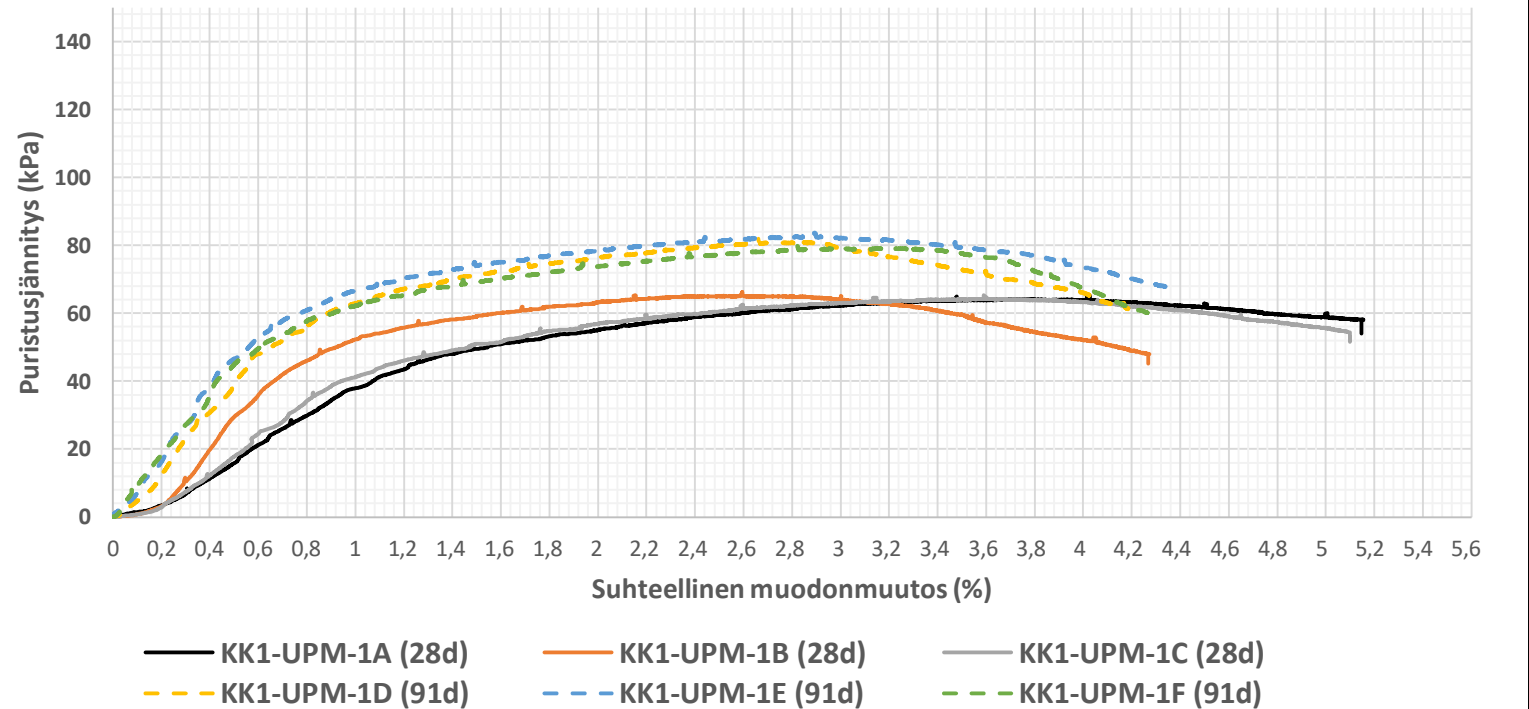
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1, näytteenottosyvyys 2,4-3,0 m

Koekappalenumero:	KK1-UPM-1A	KK1-UPM-1B	KK1-UPM-1C	KK1-UPM-1D	KK1-UPM-1E	KK1-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	65	66	65	82	84	80
Koekappaleen tiheys (kg/m³) vrk:	1464	1444	1468	1460	1454	1461
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	92	92	92	114	94	93
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	112 %
Märkätiheys, kg/m³	1428
Kiintotiheys, kg/m	2755
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,33 %

UPM LT+CEMII 7/3, sideainemäärä 120 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäminen

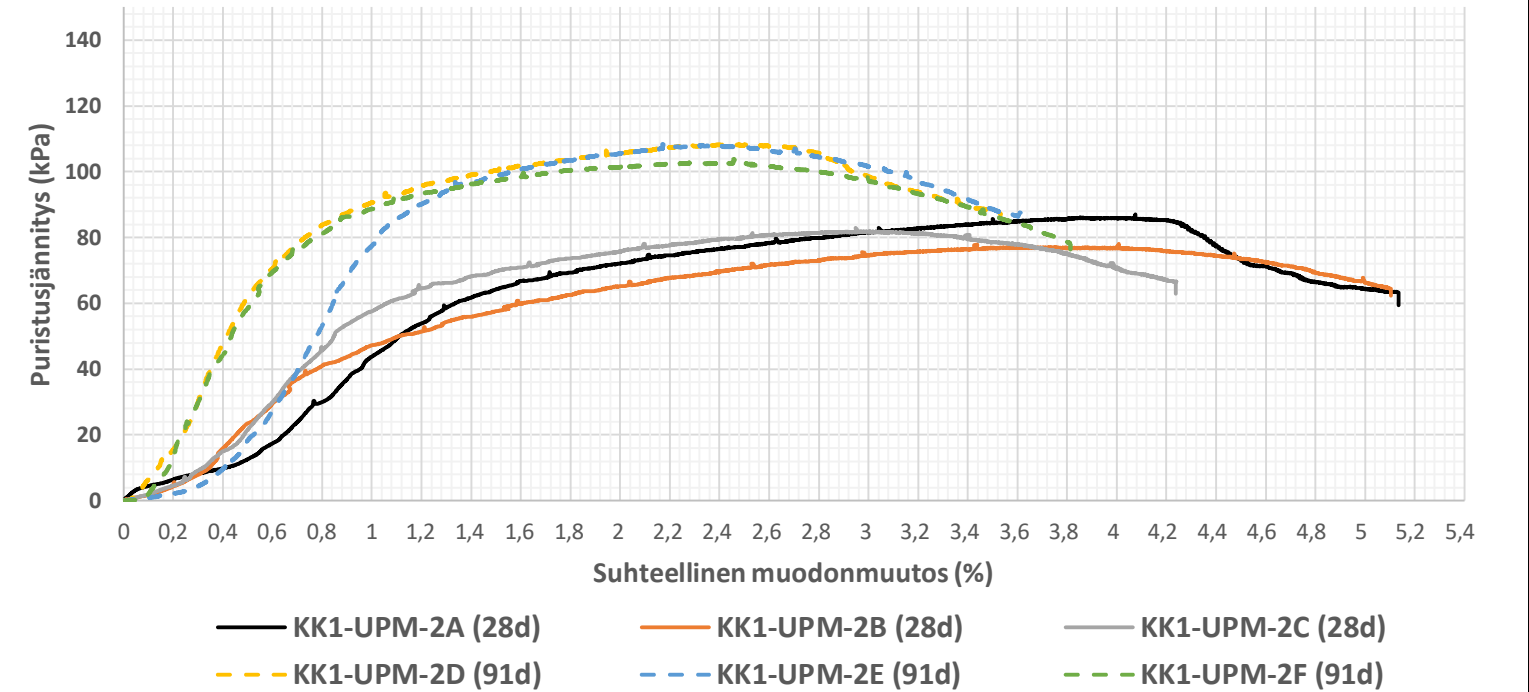
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1, näytteenottosyvyys 2,4-3,0 m

Koekappalenumero:	KK1-PVO-2A	KK1-PVO-2B	KK1-PVO-2C	KK1-PVO-2D	KK1-PVO-2E	KK1-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	87	78	83	109	108	104
Koekappaleen tiheys (kg/m³) vrk:	1471	1484	1499	1473	1474	1471
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	87	87	87	88	88	85
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	112 %
Märkätiheys kg/m³	1428
Kiintotiheys kg/m	2755
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI (800°)	4,33 %

UPM LT+CEMII 7/3, sideainemäärä 150 kg/m3



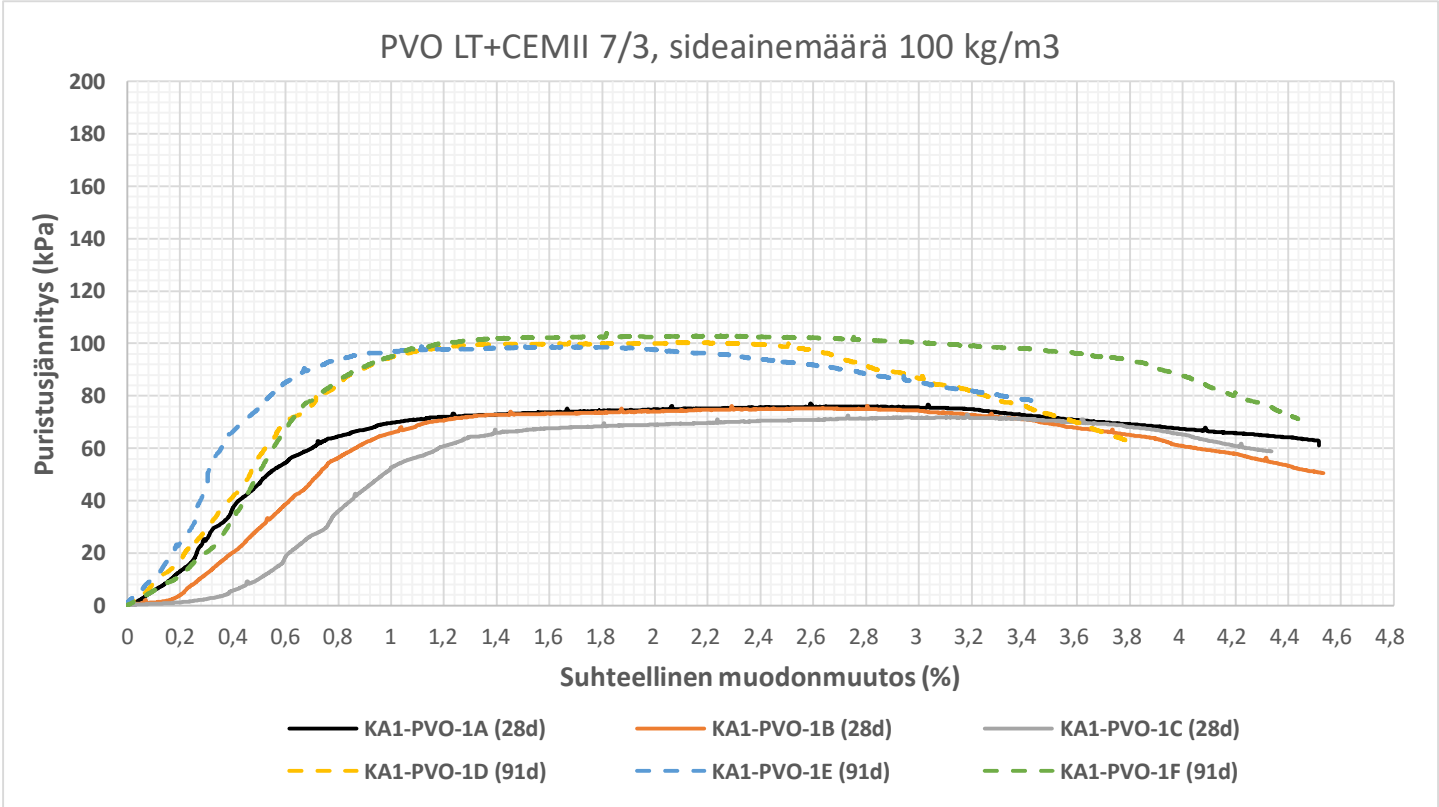
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	KA1-PVO-1A	KA1-PVO-1B	KA1-PVO-1C	KA1-PVO-1D	KA1-PVO-1E	KA1-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m³):	100	100	100	100	100	100
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	77	79	73	101	100	104
Koekappaleen tiheys (kg/m³) vrk:	1498	1493	1484	1485	1494	1488
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	87	87	87	85	85	85
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	104 %
Märkätiheys, kg/m³	1448
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



Puristuslujuusmäärittäminen

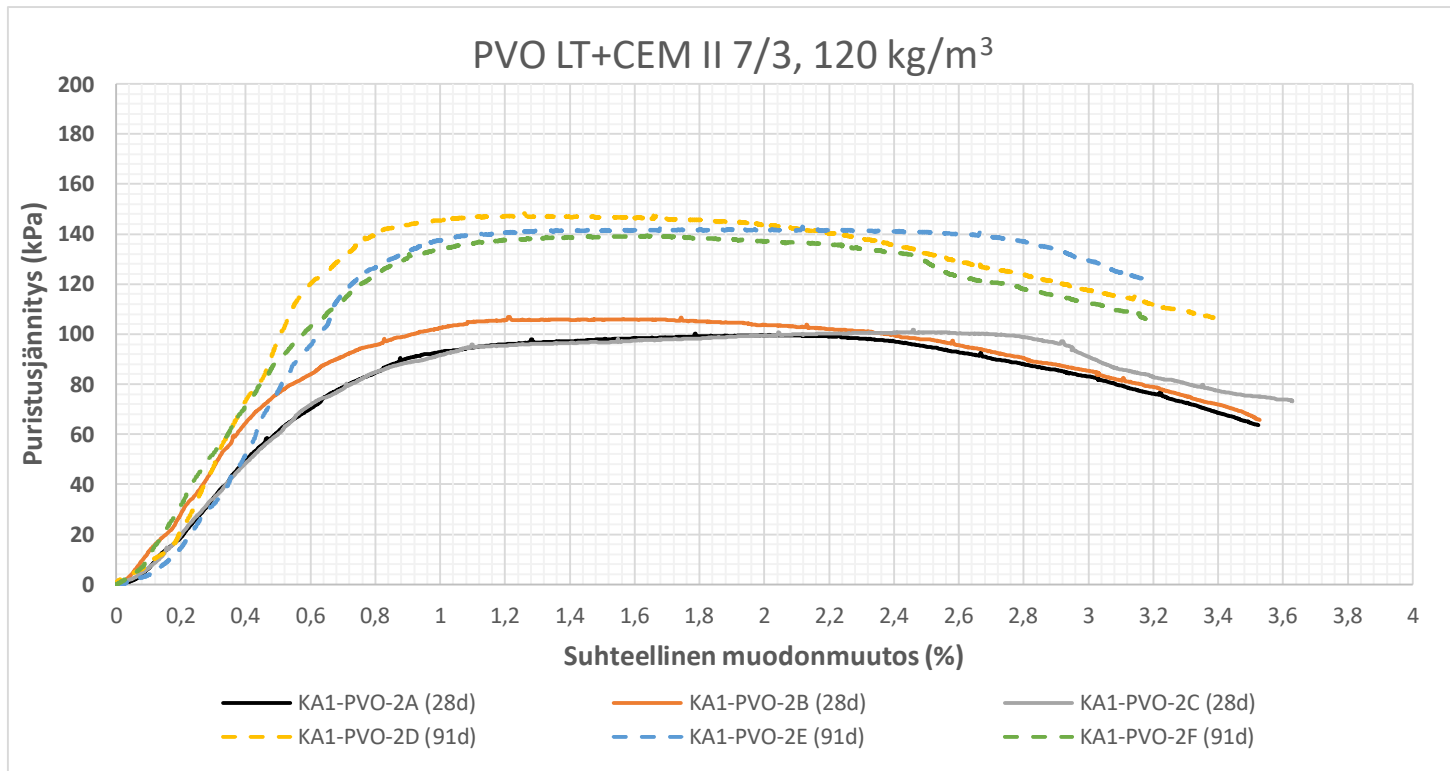
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	KA1-PVO-2A	KA1-PVO-2B	KA1-PVO-2C	KA1-PVO-2D	KA1-PVO-2E	KA1-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	100	107	102	148	143	140
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1484	1500	1496	1495	1498	1502
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	85	85	85	84	84	83
Säilytyslämpötila (° C):		3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:

Vesipitoisuus w (%)	104 %
Märkätiheys, kg/m ³	1448
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



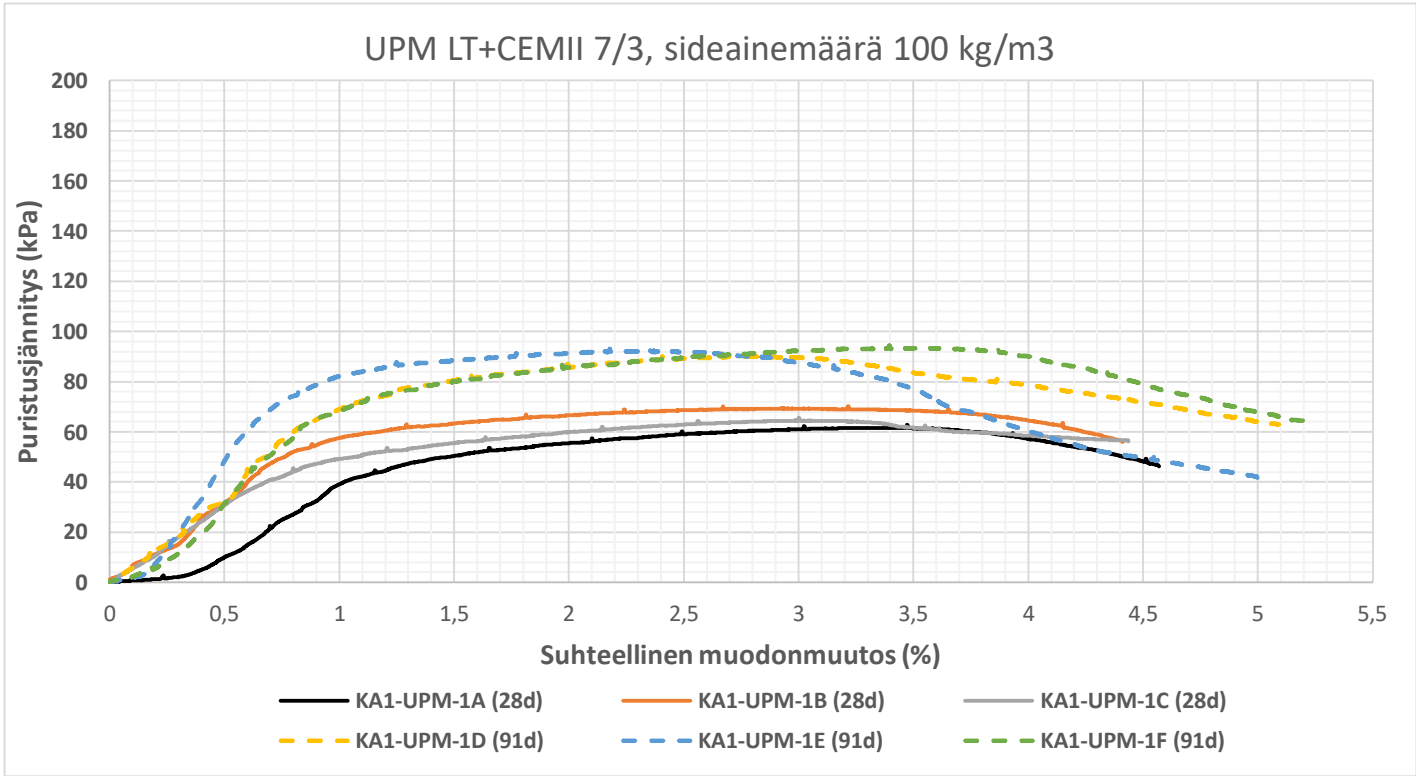
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	KA1-UPM-1A	KA1-UPM-1B	KA1-UPM-1C	KA1-UPM-1D	KA1-UPM-1E	KA1-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m³):	100	100	100	100	100	100
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	63	70	66	91	93	94
Koekappaleen tiheys (kg/m³) vrk:	1479	1477	1478	1487	1494	1510
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	86	85	84	84	84	83
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	104 %
Märkätiheys, kg/m³	1448
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



Puristuslujuusmääritys

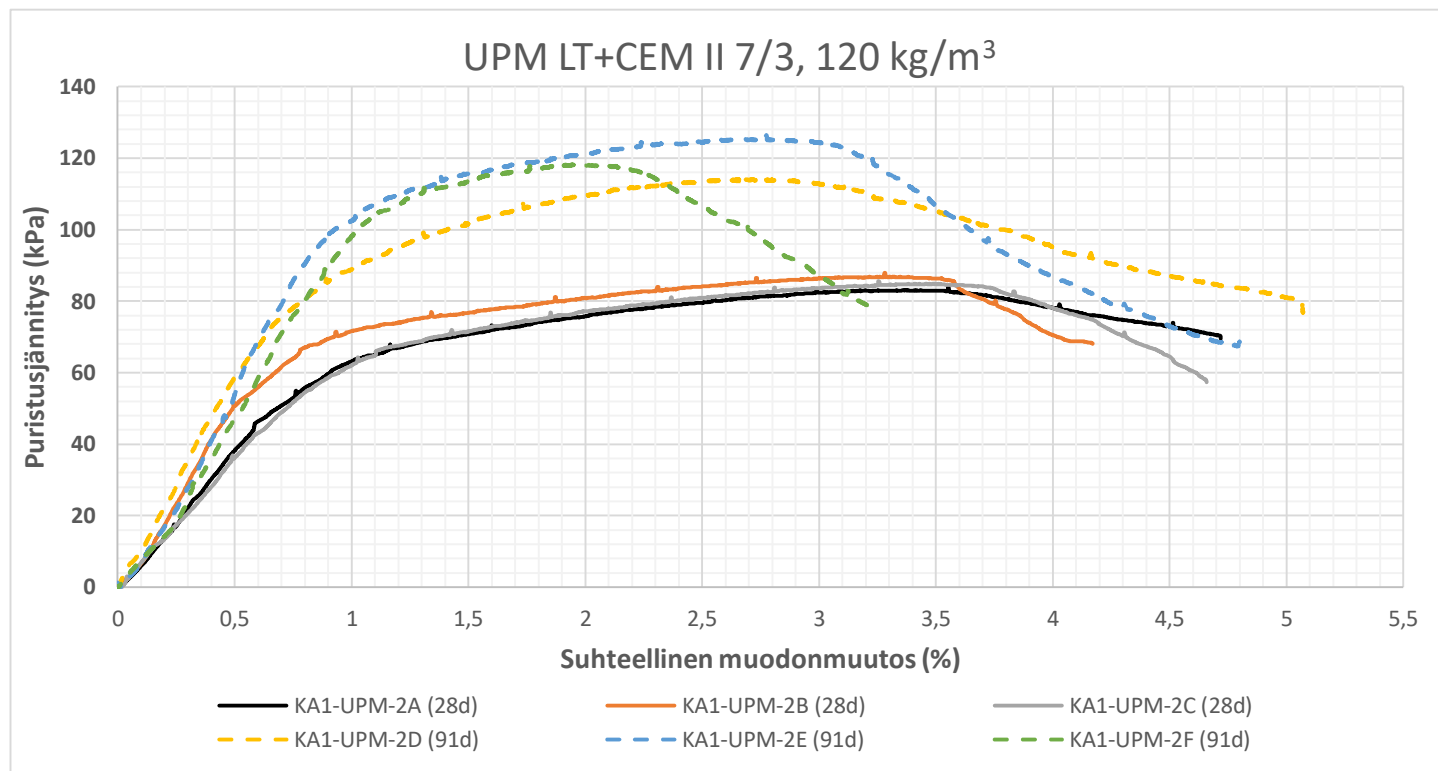
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS1 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	KA1-UPM-2A	KA1-UPM-2B	KA1-UPM-2C	KA1-UPM-2D	KA1-UPM-2E	KA1-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	84	88	86	115	126	118
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1482	1503	1488	1486	1519	1516
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	81	81	80	82	81	81
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:

Vesipitoisuus w (%)	104 %
Märkätiheys, kg/m ³	1448
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,14
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



Puristuslujuusmääritys

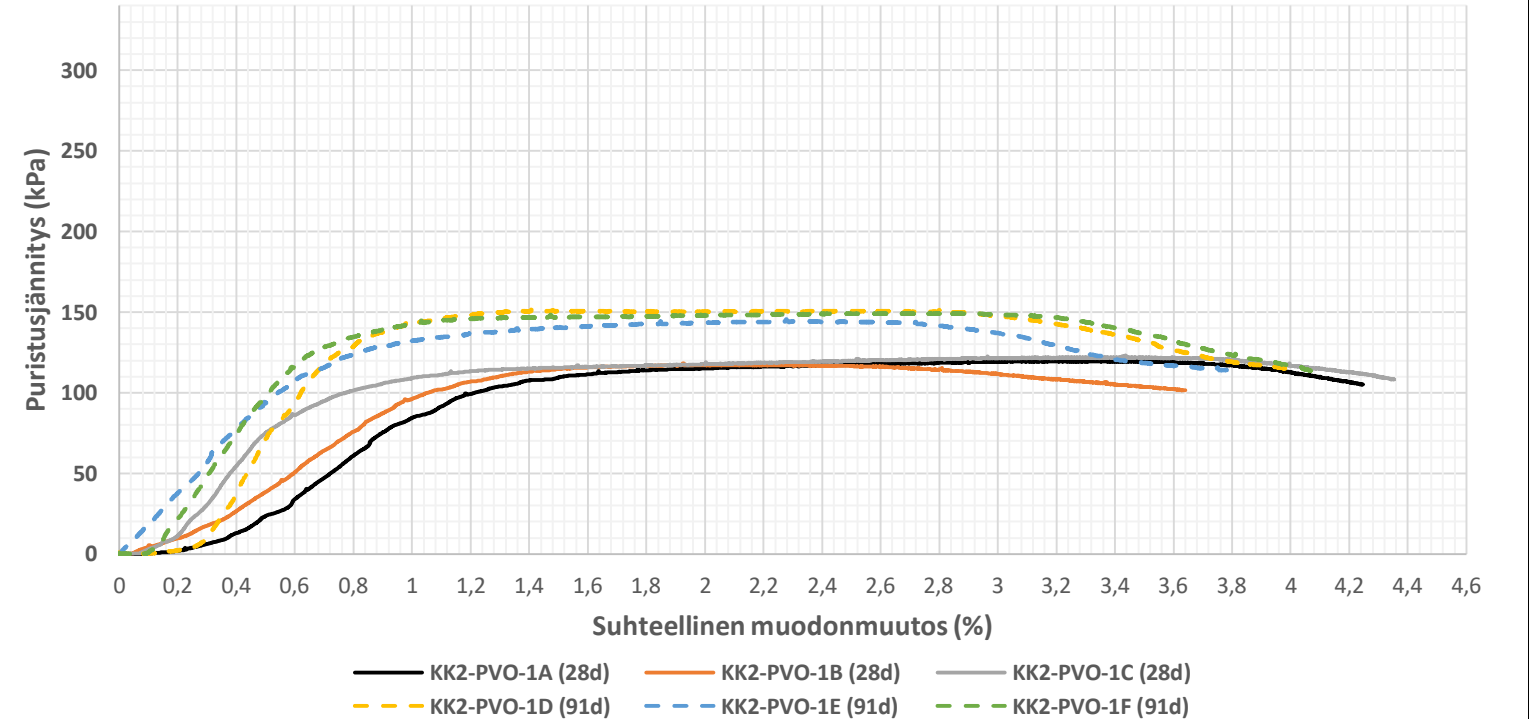
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,0 m

Koekappalenumero:	KK2-PVO-1A	KK2-PVO-1B	KK2-PVO-1C	KK2-PVO-1D	KK2-PVO-1E	KK2-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	120	118	123	152	145	150
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1463	1461	1457	1479	1478	1472
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	90	90	89	88	88	88
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	115 %
Märkätiheys, kg/m ³	1416
Kiintotiheys, kg/m	2718
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,75 %

PVO LT+CEMII 7/3, sideainepitoisuus 150 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäys

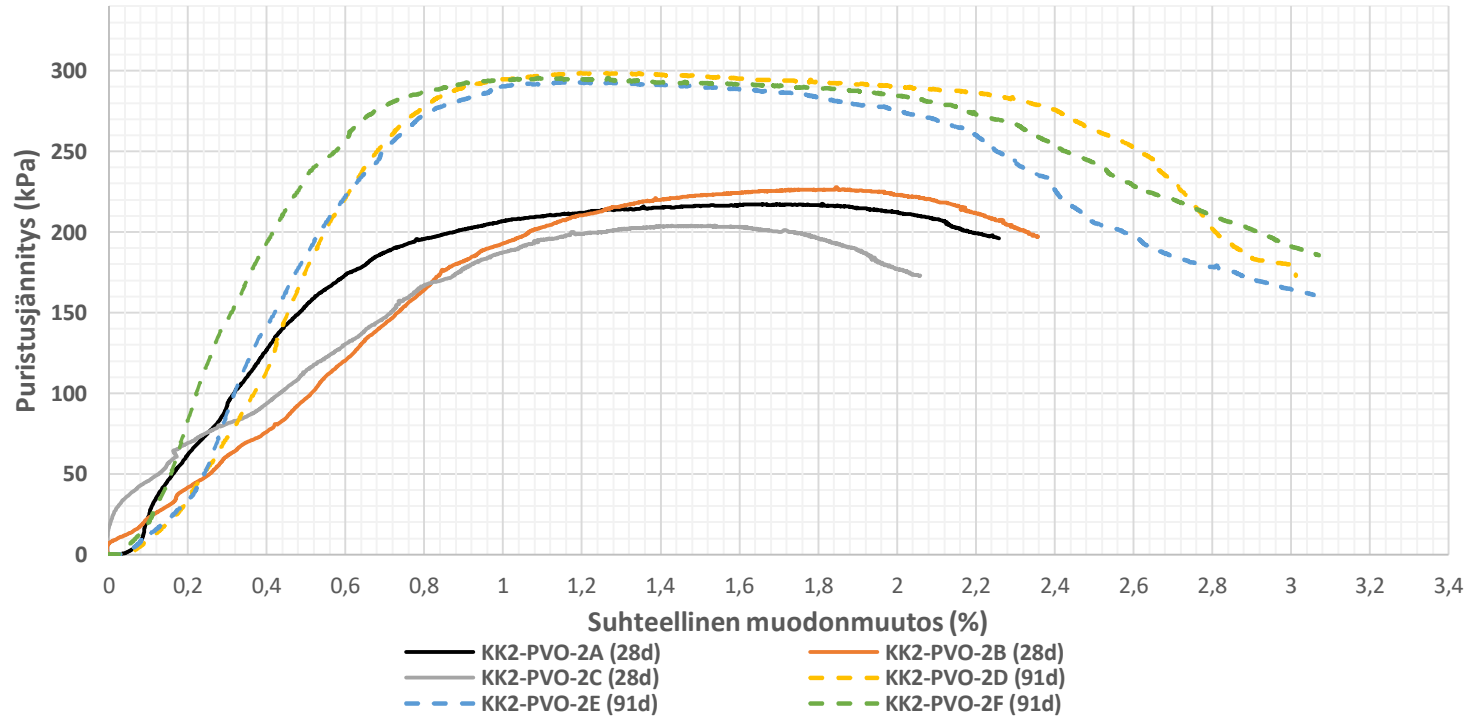
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,0 m

Koekappalenumero:	KK2-PVO-2A	KK2-PVO-2B	KK2-PVO-2C	KK2-PVO-2D	KK2-PVO-2E	KK2-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	200	200	200	200	200	200
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	217	228	204	299	293	296
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1493	1499	1493	1493	1499	1494
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	83	80	77	84	84	84
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	115 %
Märkätiheys, kg/m ³	1416
Kiintotiheys, kg/m	2718
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,75 %

PVO LT+CEMII 7/3, sideainepitoisuus 200 kg/m3



Puristuslujuusmääritys

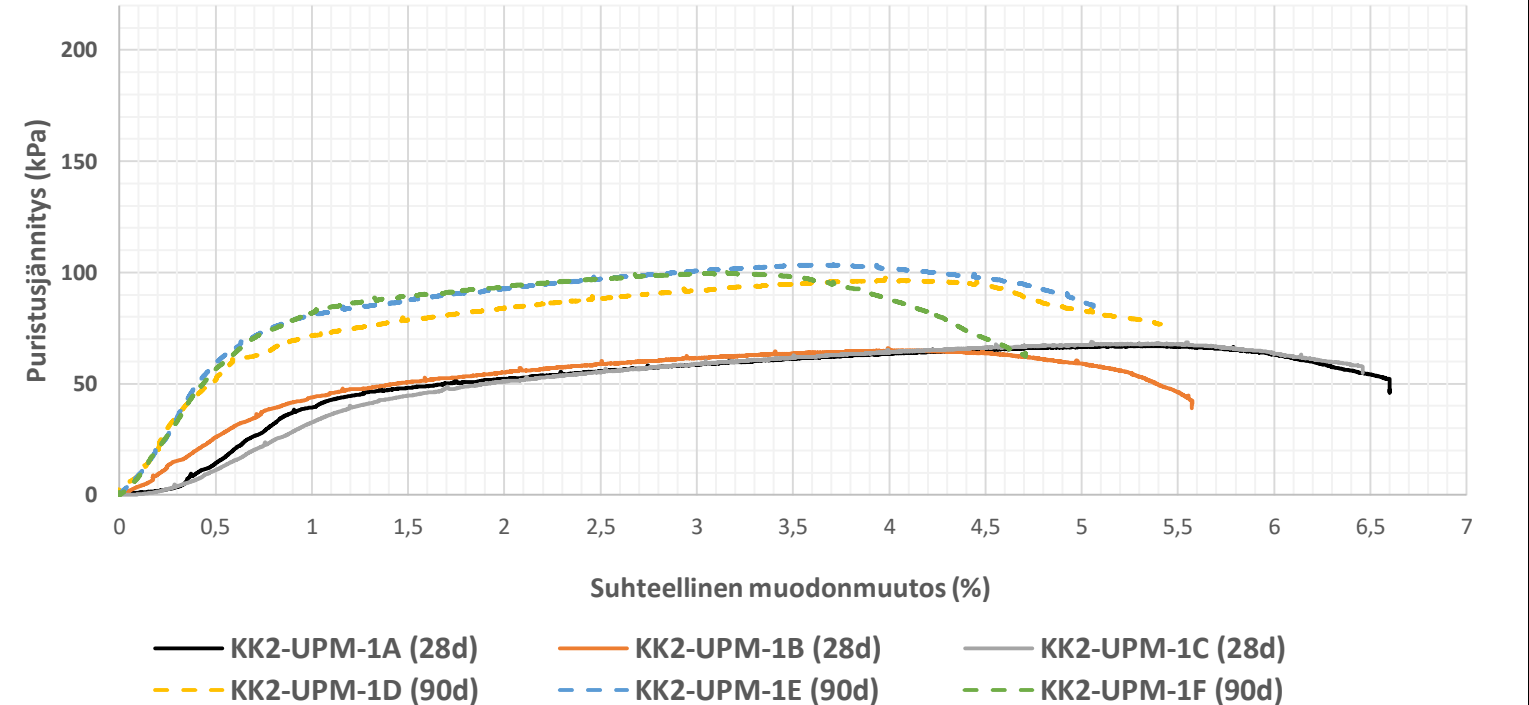
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,0 m

Koekappalenumero:	KK2-UPM-1A	KK2-UPM-1B	KK2-UPM-1C	KK2-UPM-1D	KK2-UPM-1E	KK2-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	90	90	90
Puristuslujuus (kPa):	68	66	69	98	104	101
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1471	1474	1470	1461	1485	1470
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	90	90	89	90	89	89
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	115 %
Märkätiheys, kg/m ³	1416
Kiintotiheys, kg/m	2718
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,75 %

UPM LT+CEMIII 7/3, sideainemäärä 150 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäminen

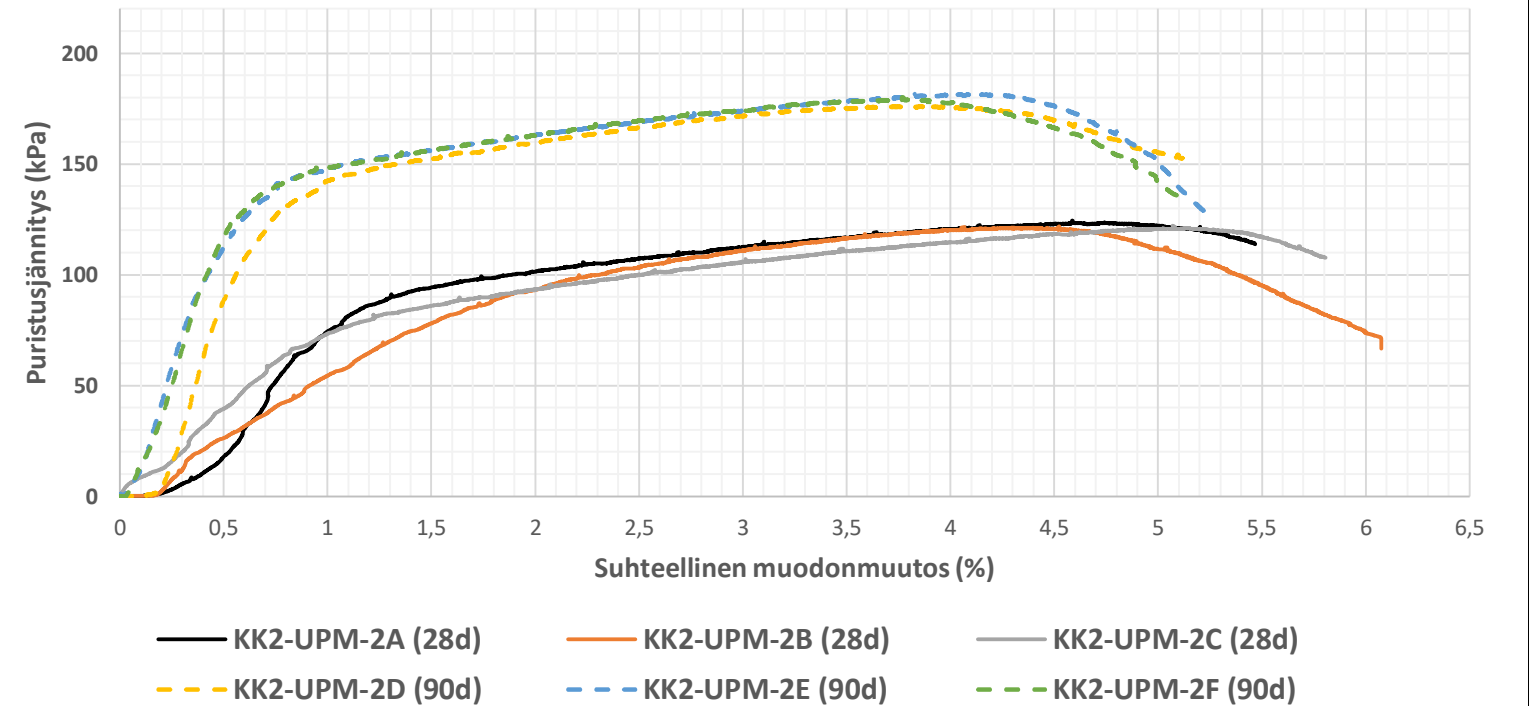
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 1,5-2,0 m

Koekappalenumero:	KK2-UPM-2A	KK2-UPM-2B	KK2-UPM-2C	KK2-UPM-2D	KK2-UPM-2E	KK2-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	200	200	200	200	200	200
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	90	90	90
Puristuslujuus (kPa):	124	122	122	177	182	180
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1484	1493	1480	1499	1487	1488
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	84	84	84	83	82	83
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	115 %
Märkätiheys, kg/m ³	1416
Kiintotiheys, kg/m	2718
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,75 %

UPM LT+CEMIII 7/3, sideainemäärä 200 kg/m3



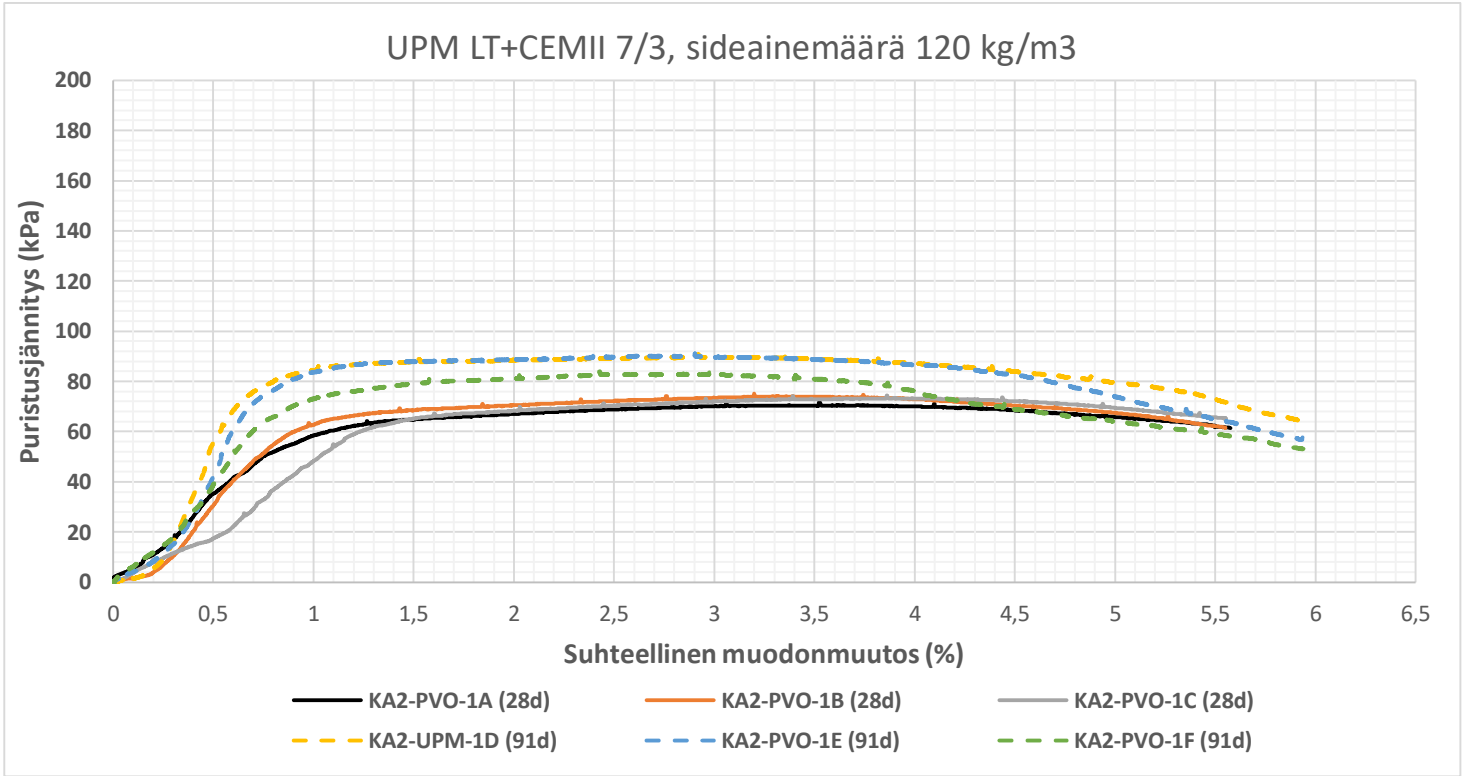
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m

Koekappalenumero:	KA2-PVO-1A	KA2-PVO-1B	KA2-PVO-1C	KA2-PVO-1D	KA2-PVO-1E	KA2-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	71	75	74	91	91	84
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1495	1467	1502	1474	1475	1486
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	85	85	85	86	86	86
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	108 %
Märkätiheys, kg/m ³	1433
Kiintotiheys, kg/m	2690
pH	5,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,90 %



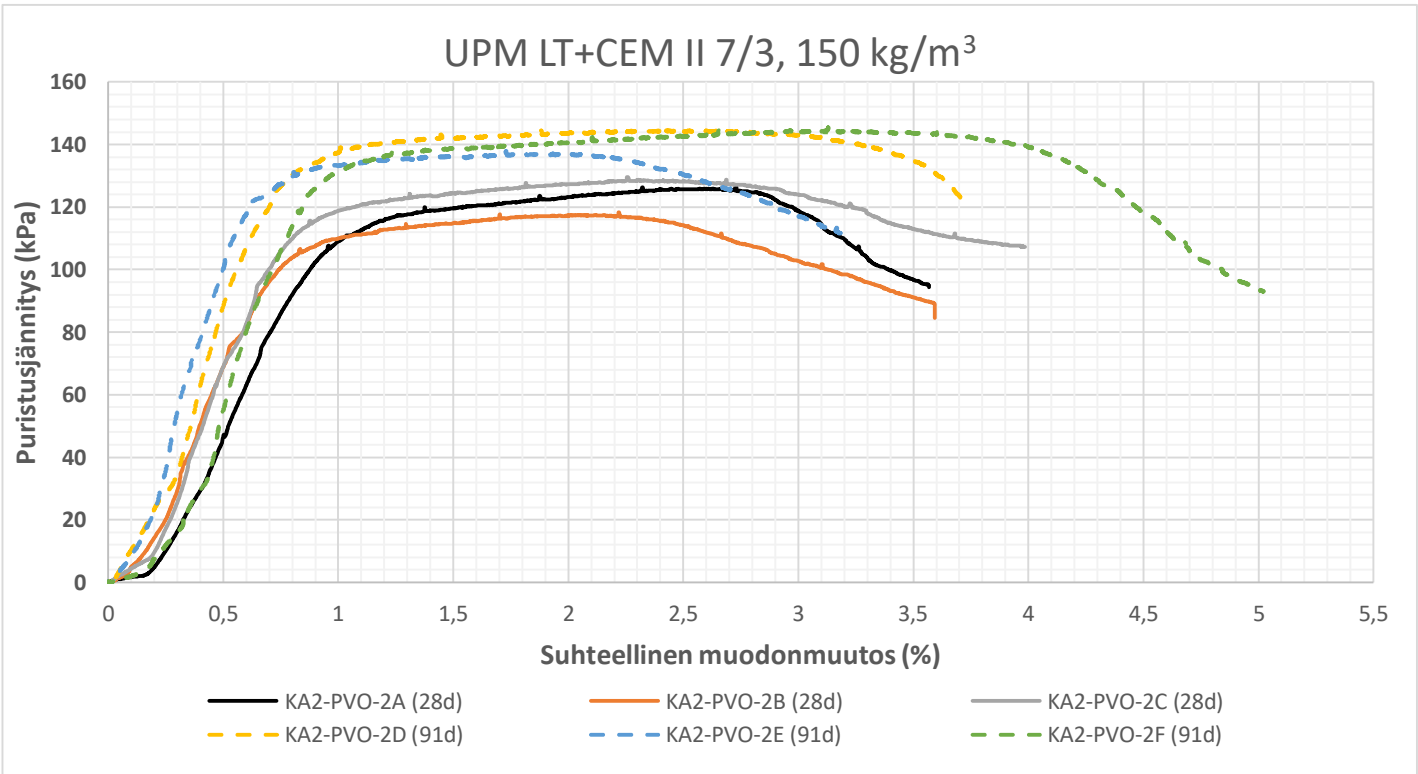
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m

Koekappalenumero:	KA2-PVO-2A	KA2-PVO-2B	KA2-PVO-2C	KA2-PVO-2D	KA2-PVO-2E	KA2-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	126	118	129	145	138	146
Koekappaleen tiheys (kg/m³) vrk:	1518	1482	1497	1525	1502	1519
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	80	80	80	83	82	83
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	108 %
Märkätiheys, kg/m³	1433
Kiintotiheys, kg/m	2690
pH	5,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,90 %



Puristuslujuusmäärittys

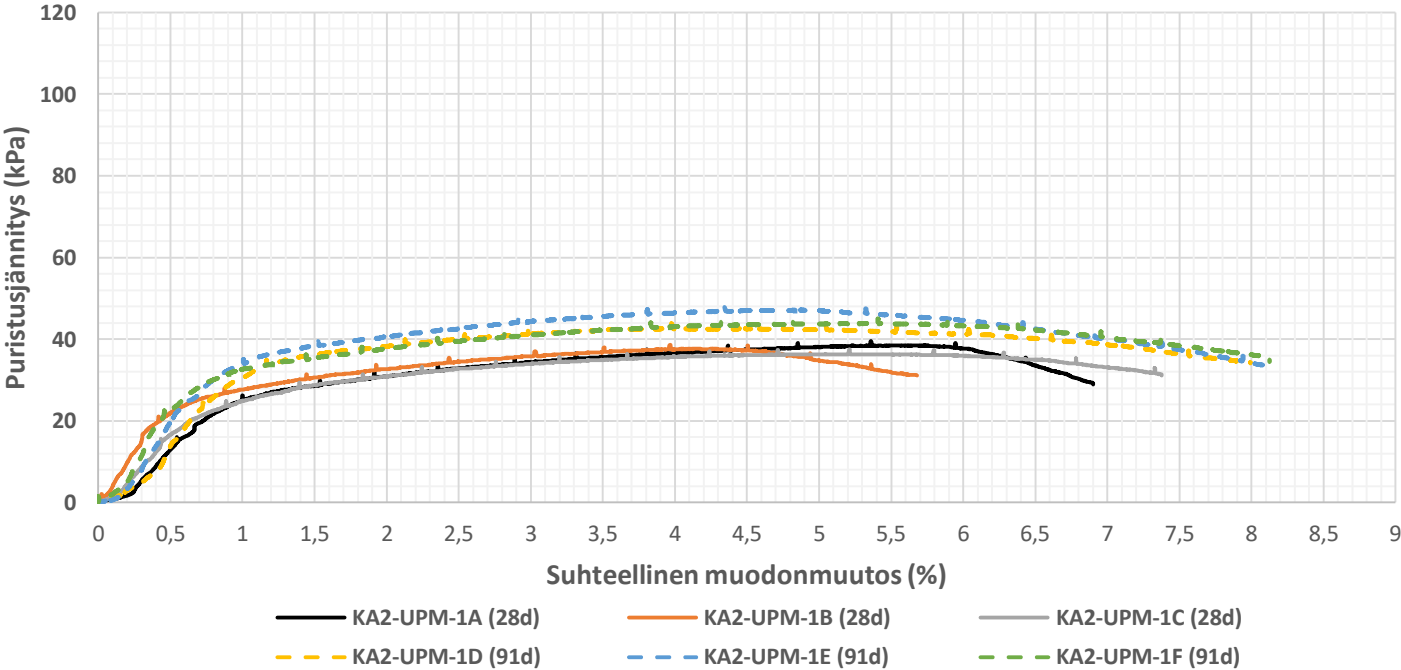
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m

Koekappalenumero:	KA2-UPM-1A	KA2-UPM-1B	KA2-UPM-1C	KA2-UPM-1D	KA2-UPM-1E	KA2-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	39	39	37	44	48	45
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1466	1479	1507	1512	1508	1511
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	88	87	88	87	87	87
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	108 %
Märkätiheys, kg/m ³	1433
Kiintotiheys, kg/m	2690
pH	5,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,90 %

UPM LT+CEMII 7/3, sideainemäärä 120 kg/m3



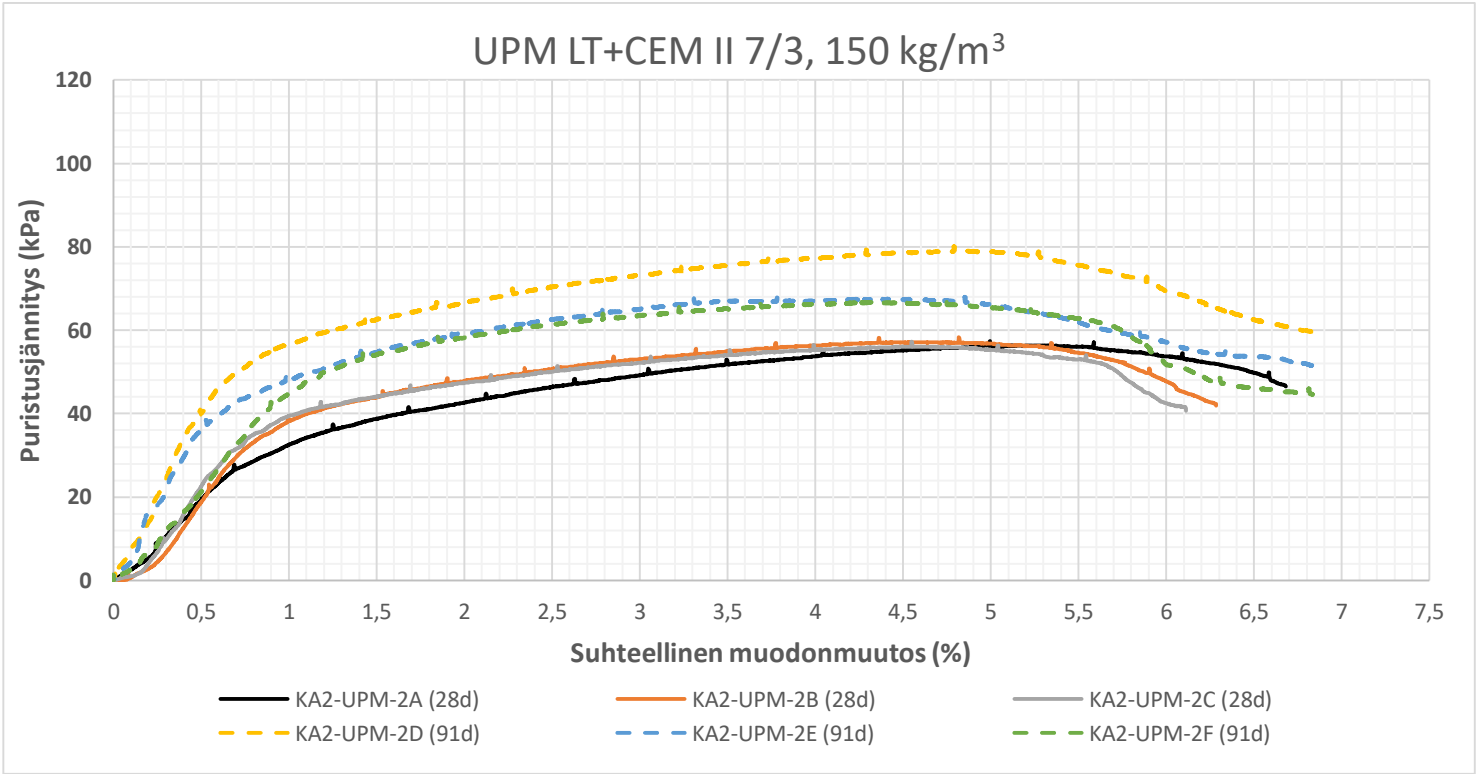
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 3,5-4,5 m

Koekappalenumero:	KA2-UPM-2A	KA2-UPM-2B	KA2-UPM-2C	KA2-UPM-2D	KA2-UPM-2E	KA2-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	57	58	57	80	69	68
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1480	1493	1484	1499	1489	1494
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	84	84	84	82	82	82
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	108 %
Märkätiheys, kg/m ³	1433
Kiintotiheys, kg/m	2690
pH	5,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	4,90 %



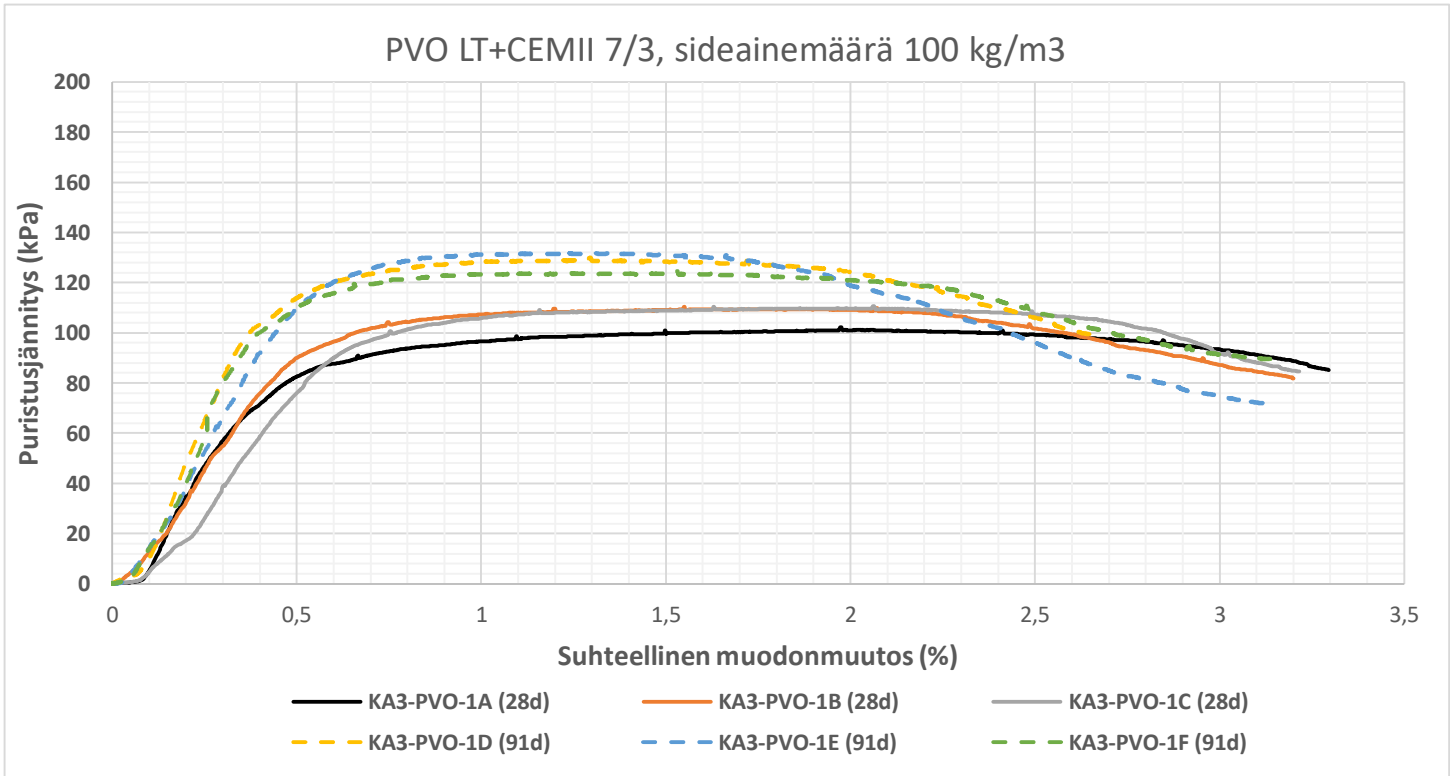
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 7,0-8,0 m

Koekappalenumero:	KA3-PVO-1A	KA3-PVO-1B	KA3-PVO-1C	KA3-PVO-1D	KA3-PVO-1E	KA3-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	100	100	100	100	100	100
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	102	110	111	130	133	125
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1523	1524	1522	1526	1527	1514
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	78	77	77	78	77	78
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1468
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,2
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,50 %



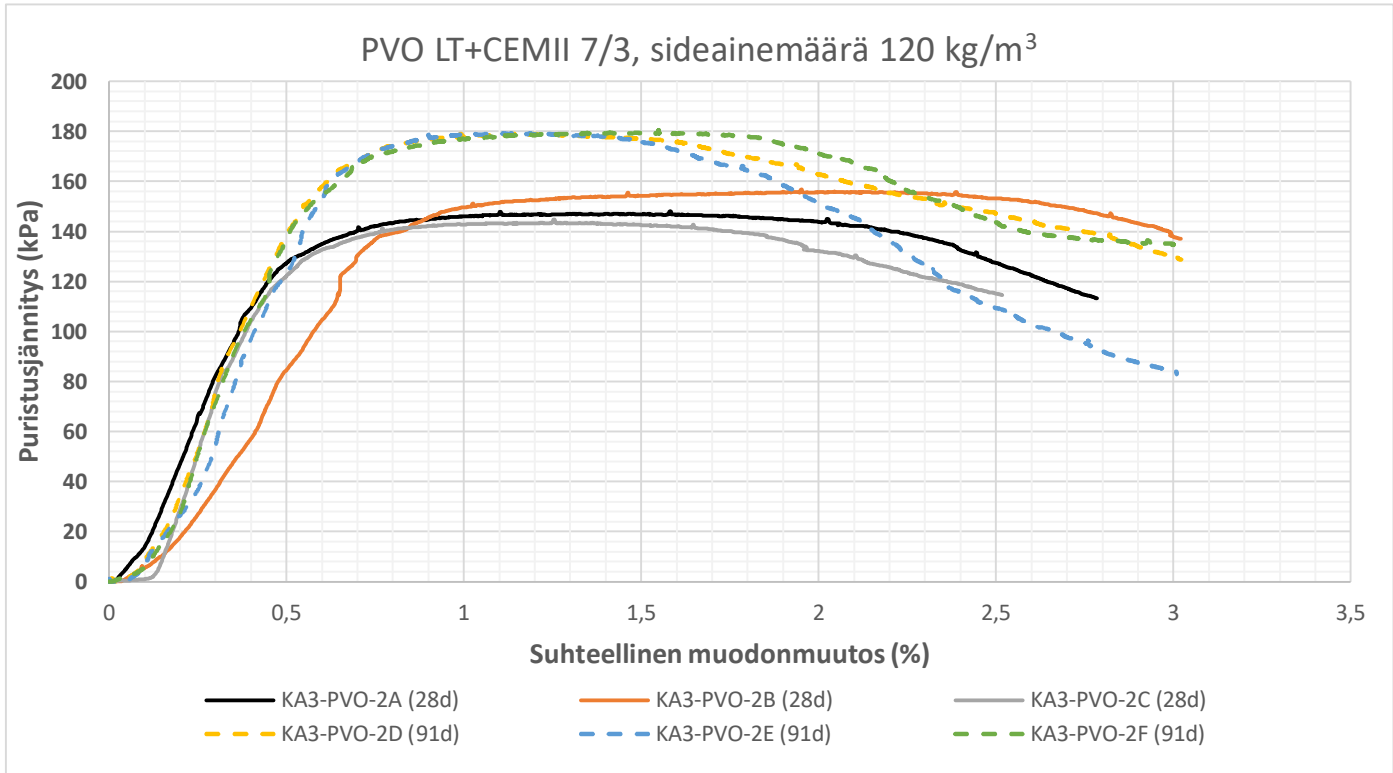
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 7,0-8,0 m

Koekappalenumero:	KA3-PVO-2A	KA3-PVO-2B	KA3-PVO-2C	KA3-PVO-2D	KA3-PVO-2E	KA3-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	148	157	145	179	180	180
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1535	1537	1534	1536	1536	1538
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	75	75	75	75	75	75
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1468
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,2
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,50 %



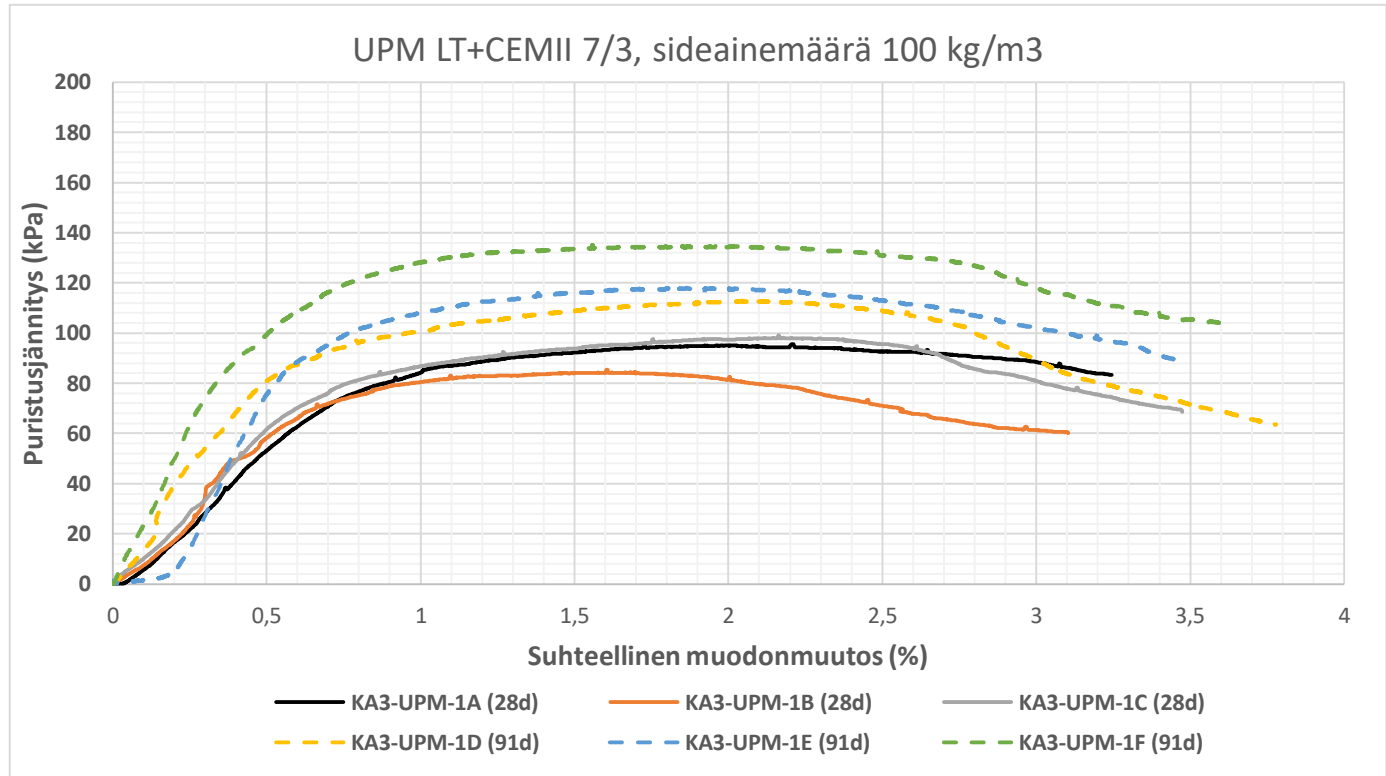
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 7,0-8,0 m

Koekappalenumero:	KA3-UPM-1A	KA3-UPM-1B	KA3-UPM-1C	KA3-UPM-1D	KA3-UPM-1E	KA3-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	100	100	100	100	100	100
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	96	85	99	114	119	135
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1527	1527	1532	1520	1524	1520
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	77	77	78	77	78	75
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1468
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,2
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,50 %



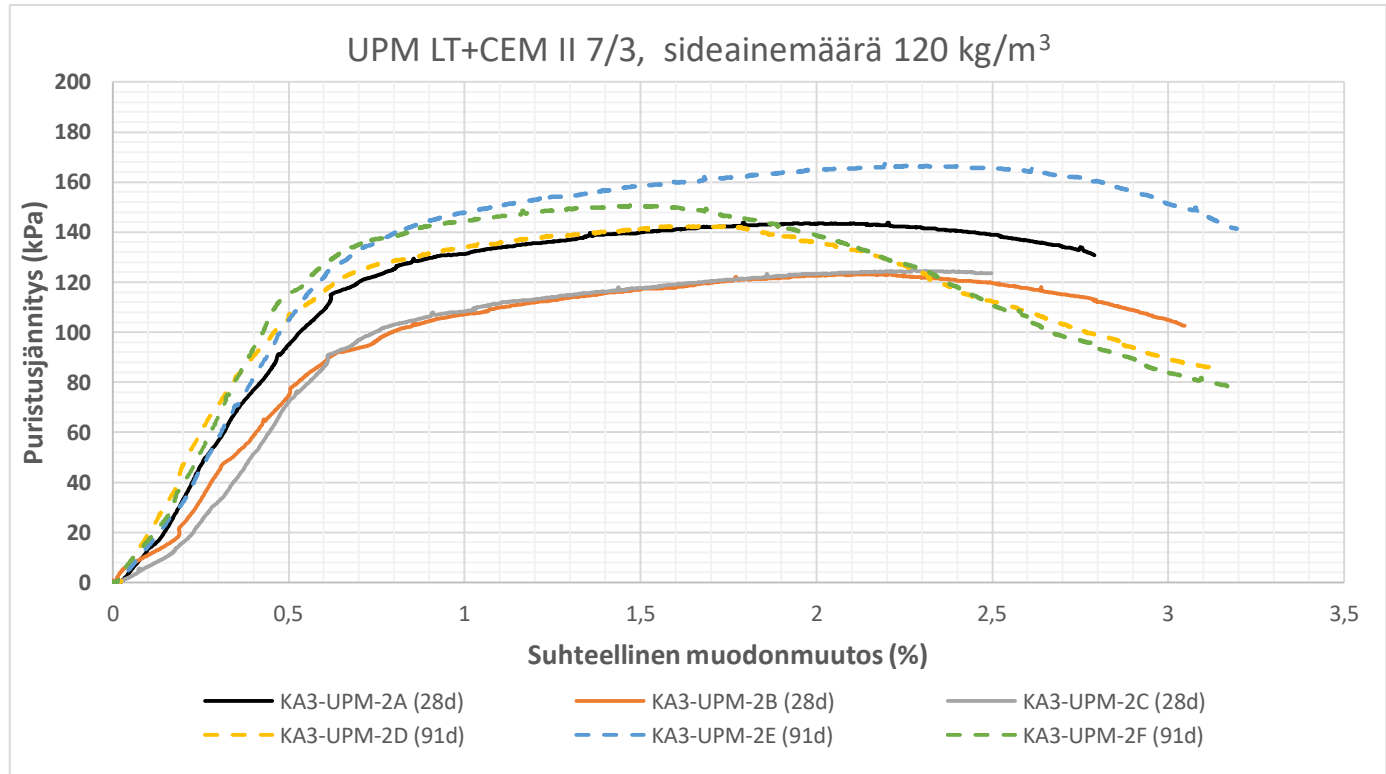
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS4, näytteenottosyvyys 7,0-8,0 m

Koekappalenumero:	KA3-UPM-2A	KA3-UPM-2B	KA3-UPM-2C	KA3-UPM-2D	KA3-UPM-2E	KA3-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	144	124	125	142	167	151
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1541	1508	1528	1524	1542	1531
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	74	75	75	75	75	75
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1468
Kiintotiheys, kg/m	2712
pH	6,2
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,50 %



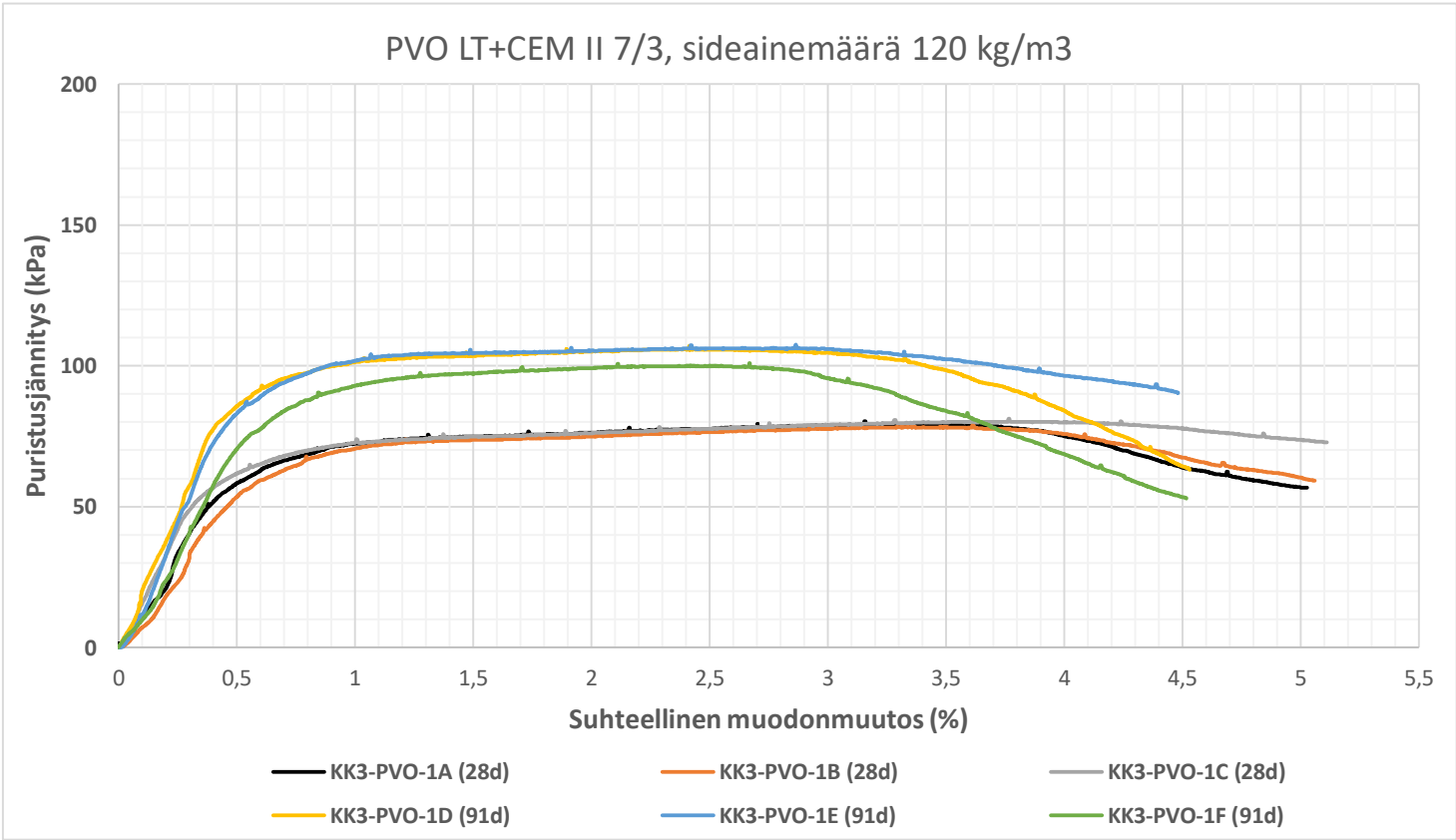
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m

Koekappalenumero:	KK3-PVO-1A	KK3-PVO-1B	KK3-PVO-1C	KK3-PVO-1D	KK3-PVO-1E	KK3-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	80	79	81	107	107	101
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1492	1489	1493	1488	1480	1498
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	86	86	86	85	85	86
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1462
Kiintotiheys, kg/m	2674
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



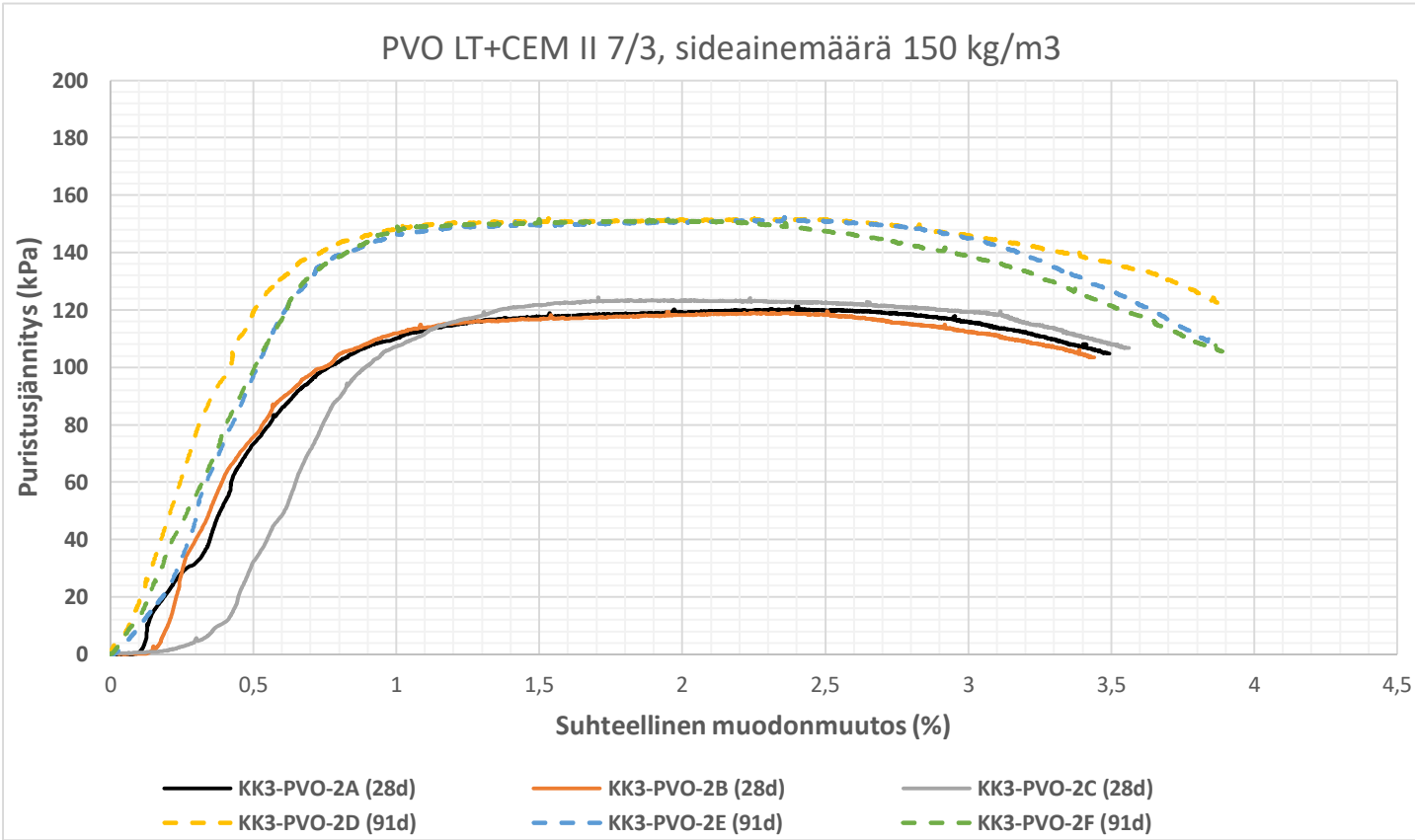
Puristuslujuusmäärittäys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m

Koekappalenumero:	KK3-PVO-2A	KK3-PVO-2B	KK3-PVO-2C	KK3-PVO-2D	KK3-PVO-2E	KK3-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	121	119	124	153	152	152
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1530	1520	1523	1531	1525	1530
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	74	74	74	78	77	77
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1462
Kiintotiheys, kg/m	2674
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



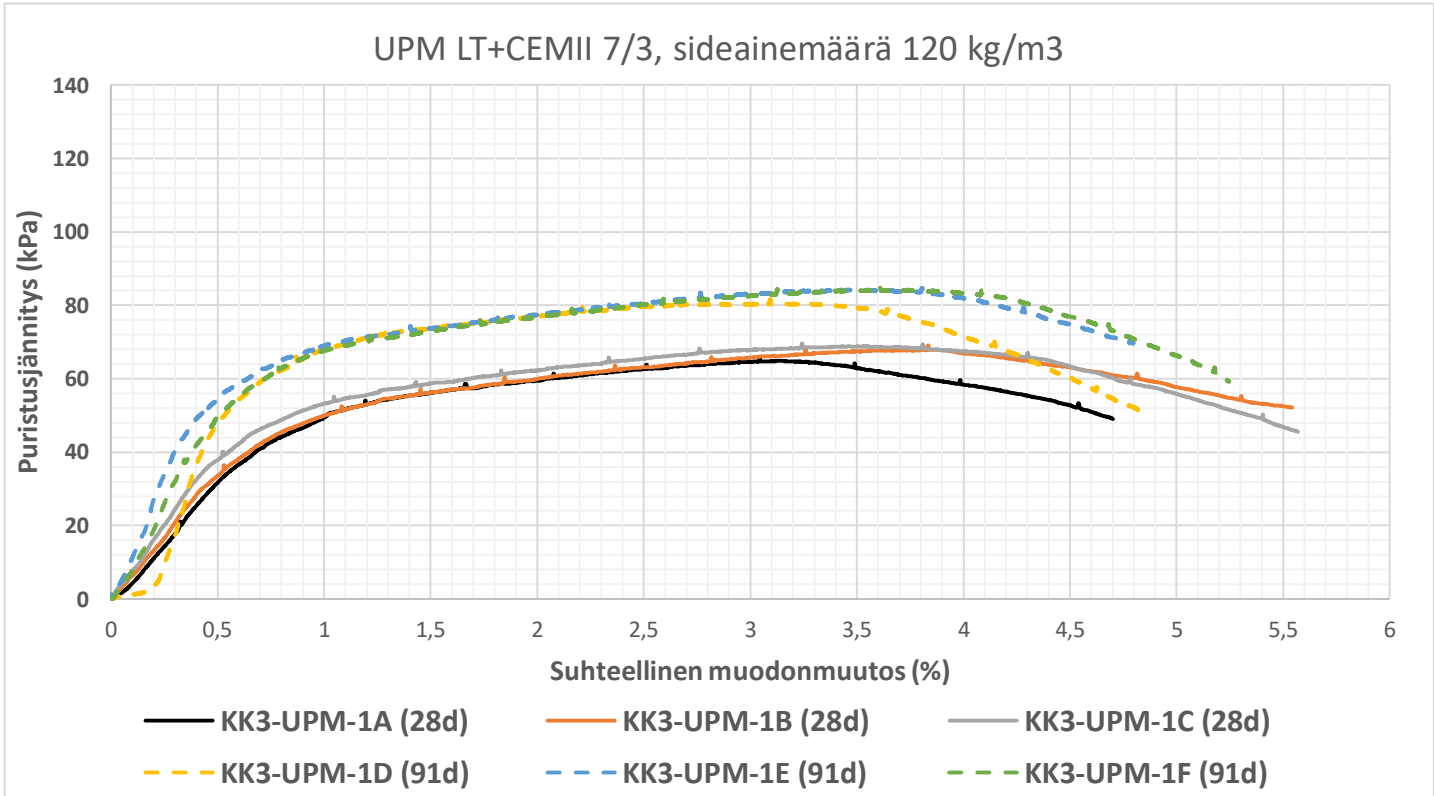
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m

Koekappalenumero:	KK3-UPM-1A	KK3-UPM-1B	KK3-UPM-1C	KK3-UPM-1D	KK3-UPM-1E	KK3-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	66	69	70	82	85	85
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1486	1491	1492	1490	1493	1487
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	84	84	84	86	84	84
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1462
Kiintotiheys, kg/m	2674
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



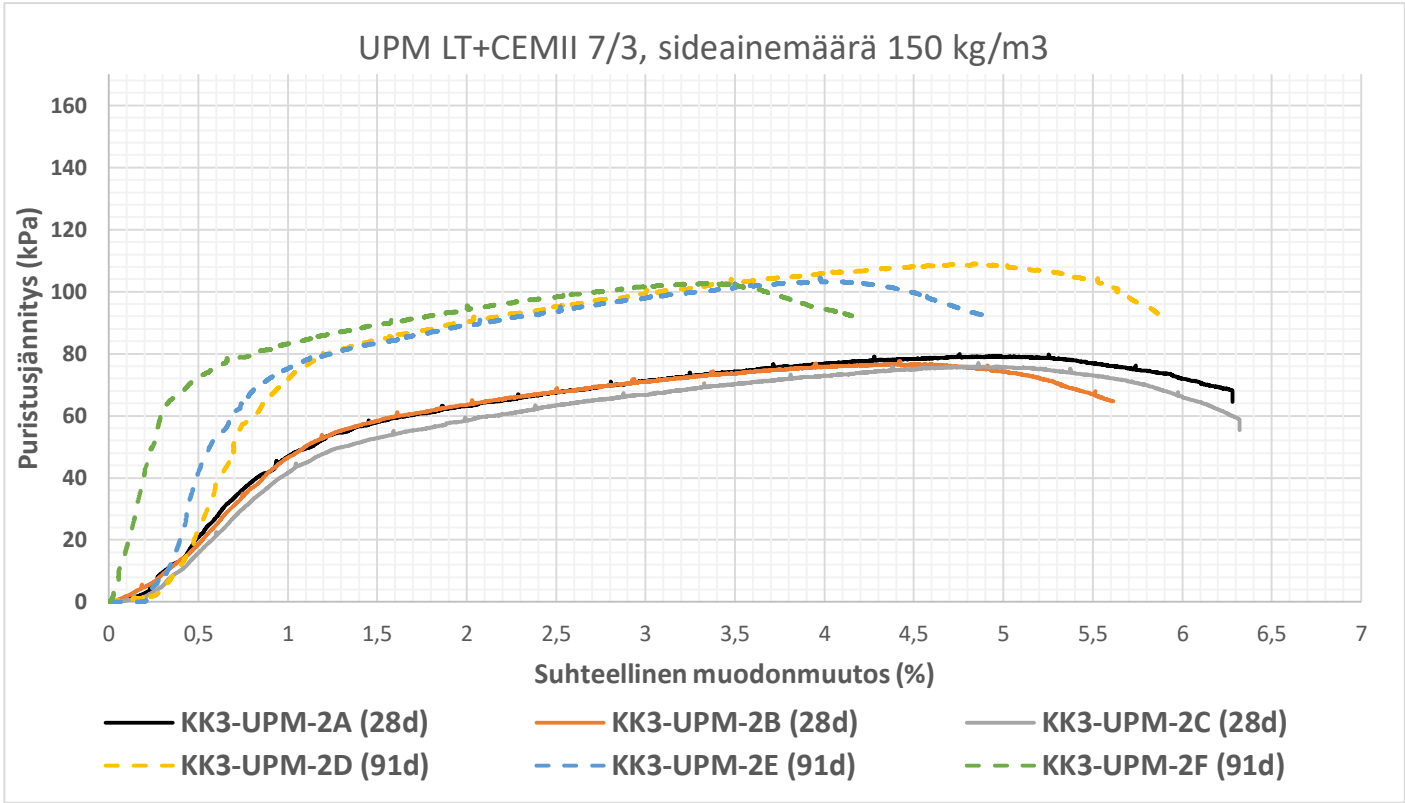
Puristuslujuusmääritys

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 2,0-3,0 m

Koekappalenumero:	KK3-UPM-2A	KK3-UPM-2B	KK3-UPM-2C	KK3-UPM-2D	KK3-UPM-2E	KK3-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	150	150	150	150	150	150
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	80	78	77	109	104	103
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1573	1531	1520	1501	1506	1512
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	77	77	77	79	79	79
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	98 %
Märkätiheys, kg/m ³	1462
Kiintotiheys, kg/m	2674
pH	5,74
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,80 %



Puristuslujuusmäärittäys

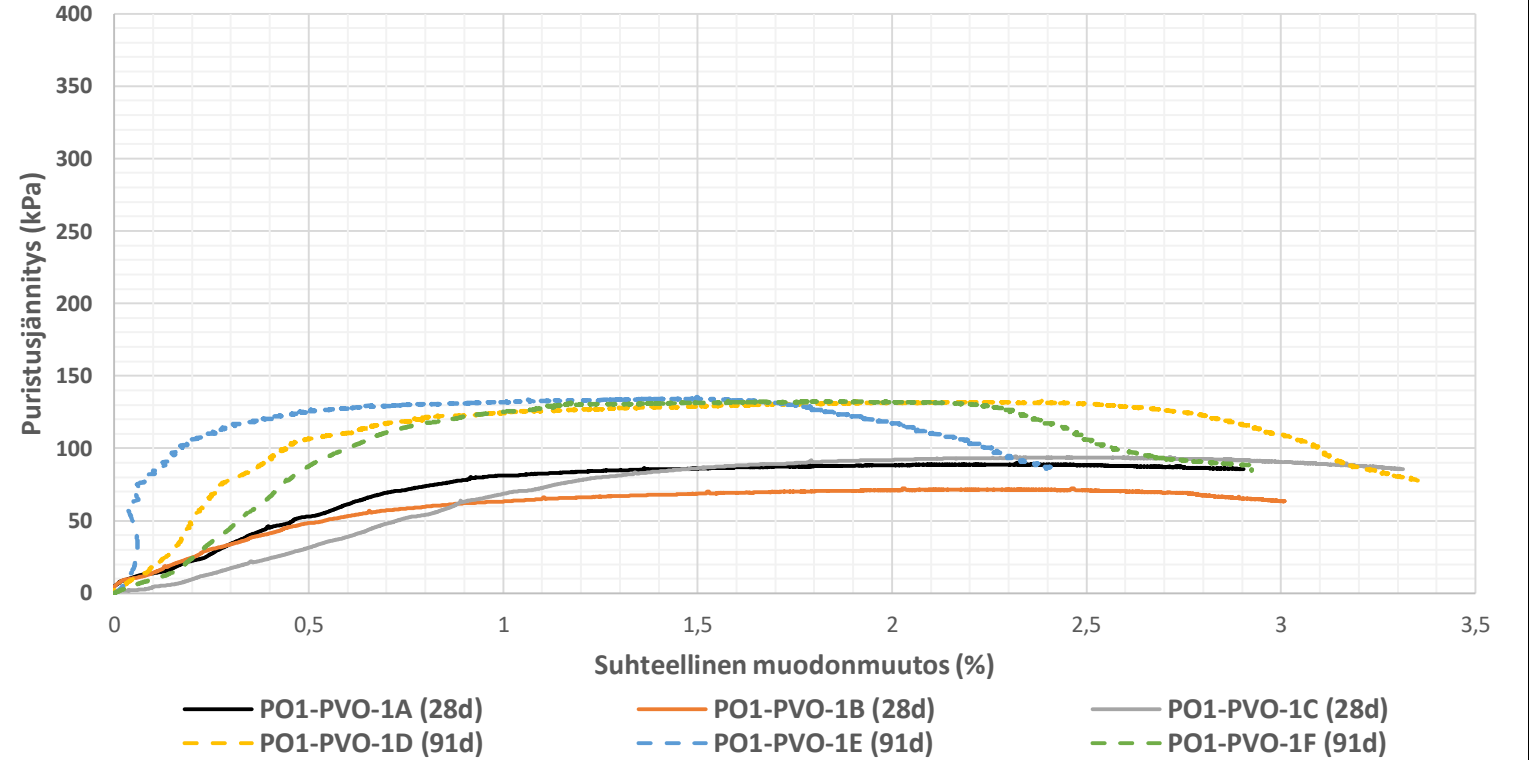
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m

Koekappalenumero:	PO1-PVO-1A	PO1-PVO-1B	PO1-PVO-1C	PO1-PVO-1D	PO1-PVO-1E	PO1-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	80	80	80	80	80	80
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	90	72	94	133	135	133
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1593	1606	1616	1607	1616	1608
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	63	63	63	61	61	61
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	69 %
Märkätiheys, kg/m ³	1599
Kiintotiheys, kg/m	2725
pH	7,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	2,90 %

PVO+LT 7/3, sideainemäärä 80 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

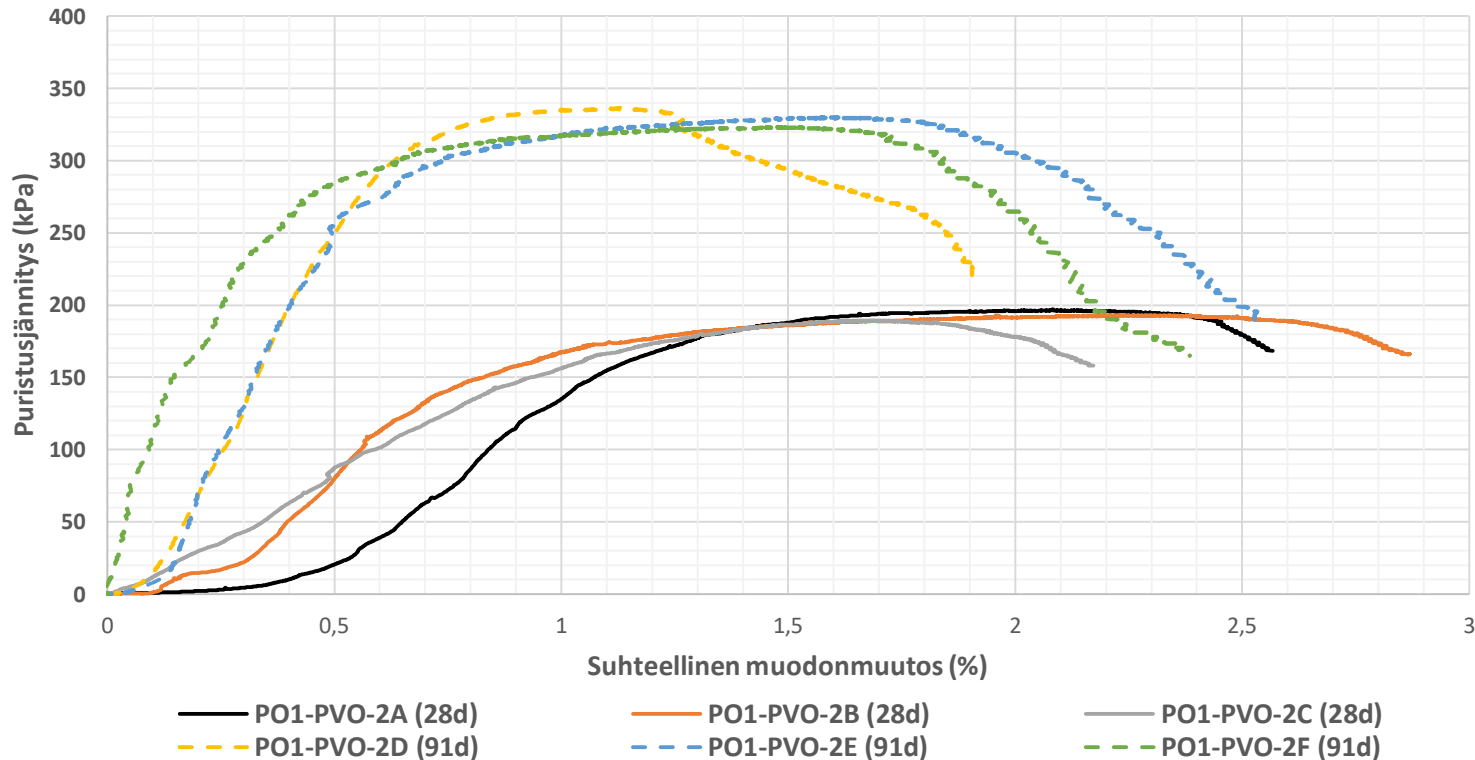
Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m

Koekappalenumero:	PO1-PVO-2A	PO1PVO-2B	PO1-PVO-2C	PO1-PVO-2D	PO1-PVO-2E	PO1-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	197	193	189	337	331	323
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1605	1597	1587	1651	1660	1649
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	61	62	61	55	54	54
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:

Vesipitoisuus w (%)	69 %
Märkätiheys, kg/m ³	1599
Kiintotiheys, kg/m	2725
pH	7,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	2,90 %

PVO+LT 7/3, sideainemäärä 120 kg/m³



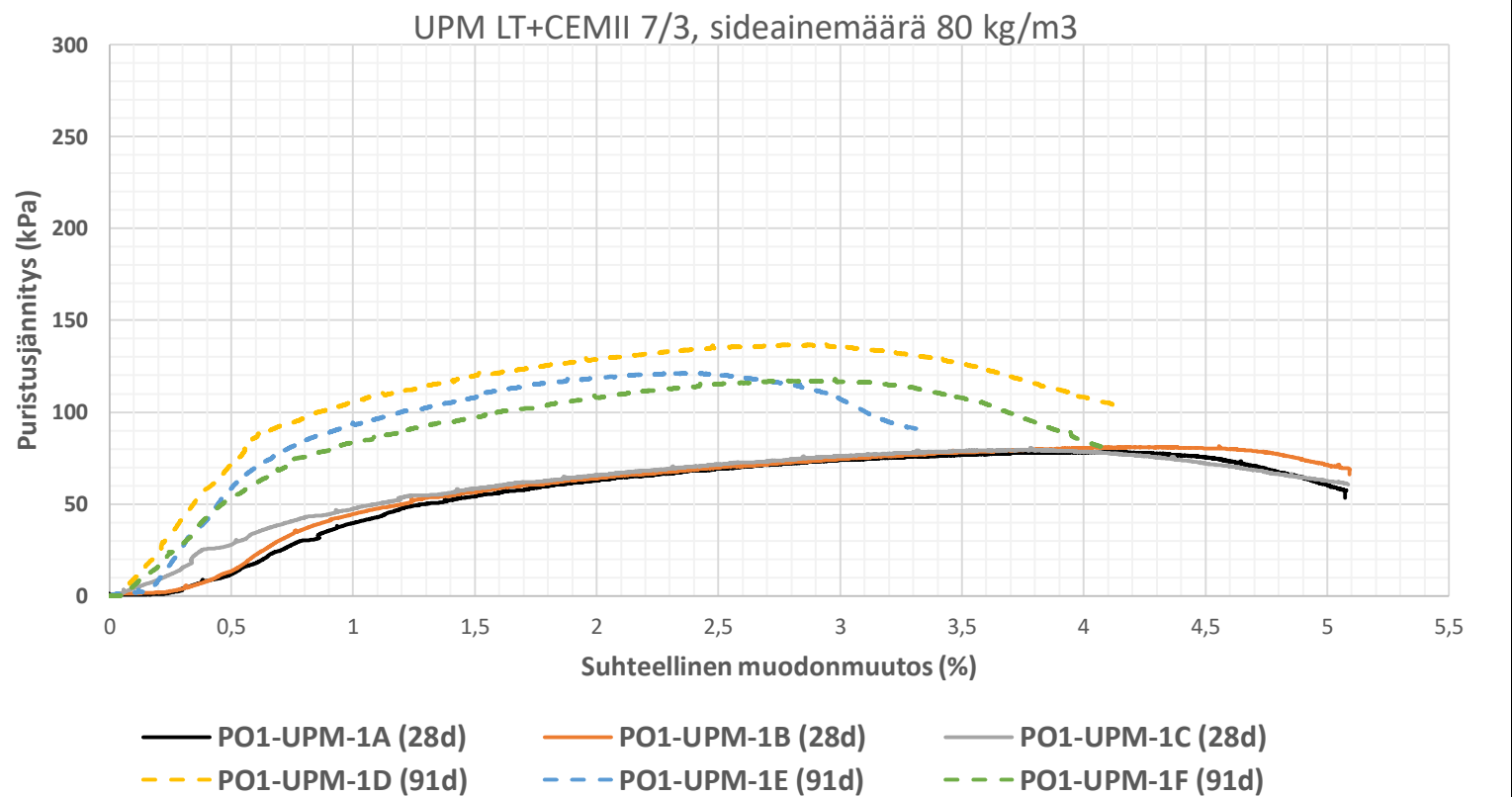
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m

Koekappalenumero:	PO1-UPM-1A	PO1-UPM-1B	PO1-UPM-1C	PO1-UPM-1D	PO1-UPM-1E	PO1-UPM-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	80	80	80	80	80	80
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	79	82	80	137	122	118
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1629	1622	1622	1672	1675	1676
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	58	58	58	53	53	53
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	69 %
Märkätiheys, kg/m ³	1599
Kiintotiheys, kg/m	2725
pH	7,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	2,90 %



Puristuslujuusmäärittäminen

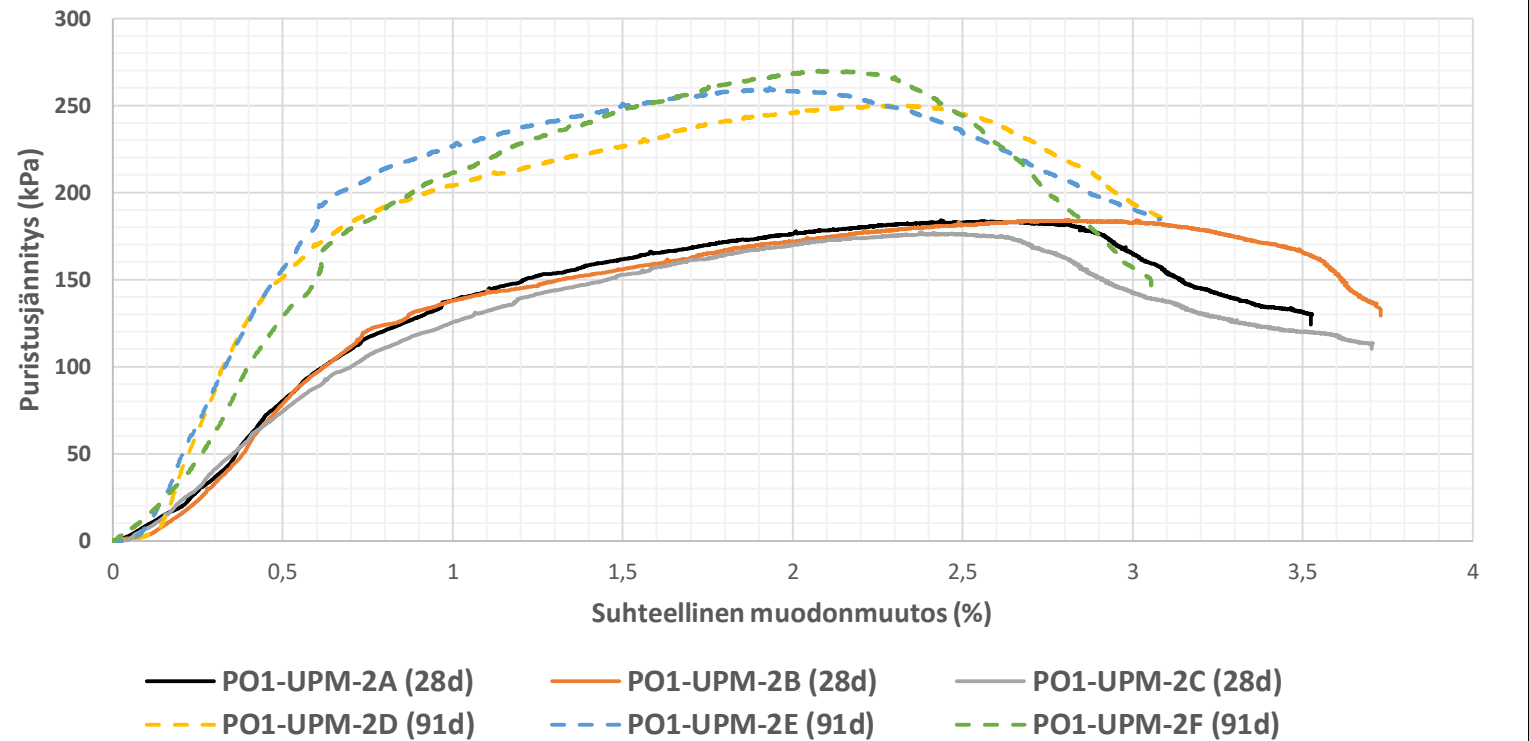
Aalto-yliopisto

Koealue: Malminkenttä, PS6, näytteenottosyvyys 5,5-6,5 m

Koekappalenumero:	PO1-UPM-2A	PO1-UPM-2B	PO1-UPM-2C	PO1-UPM-2D	PO1-UPM-2E	PO1-UPM-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	184	184	177	250	260	270
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1660	1665	1675	1679	1675	1678
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	53	54	54	51	52	51
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	69 %
Märkätiheys, kg/m ³	1599
Kiintotiheys, kg/m	2725
pH	7,42
Hehkutushäviö LOI, (800°)	2,90 %

UPM LT+CEMII 7/3, sideainemäärä 120 kg/m3



Puristuslujuusmäärittäminen

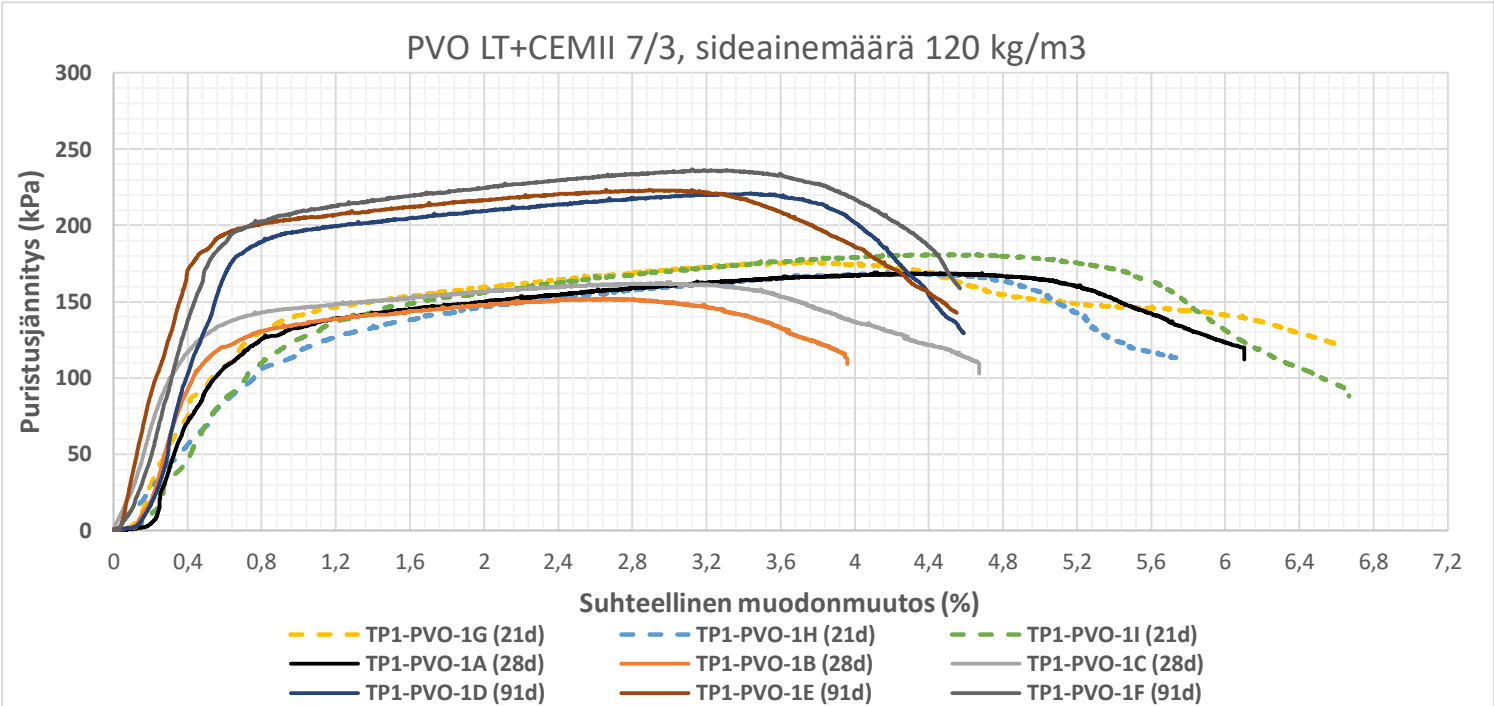
Aalto-yliopisto

Koealue: Topinpuisto, TP1 näytteenottosyvyys 2,5-3,5

Koekappalenumero:	TP1-PVO-1G	TP1-PVO-1H	TP1-PVO-1I			
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120			
Koestus ikä (vrk):	21	21	21			
Puristuslujuus (kPa):	176	169	182			
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1654	1658	1664			
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50			
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100			
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	54	54	54			
Säilytyslämpötila (° C):	3	3	3			

Koekappalenumero:	TP1-PVO-1A	TP1-PVO-1B	TP1-PVO-1C	TP1-PVO-1D	TP1-PVO-1E	TP1-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	169	153	163	221	223	236
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1669	1669	1675	1663	1669	1675
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	53	53	52	53	53	53
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	62 %
Märkätiheys, kg/m ³	1635
Kiintotiheys, kg/m	2667
pH	6,76
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,06 %



Puristuslujuusmääritys

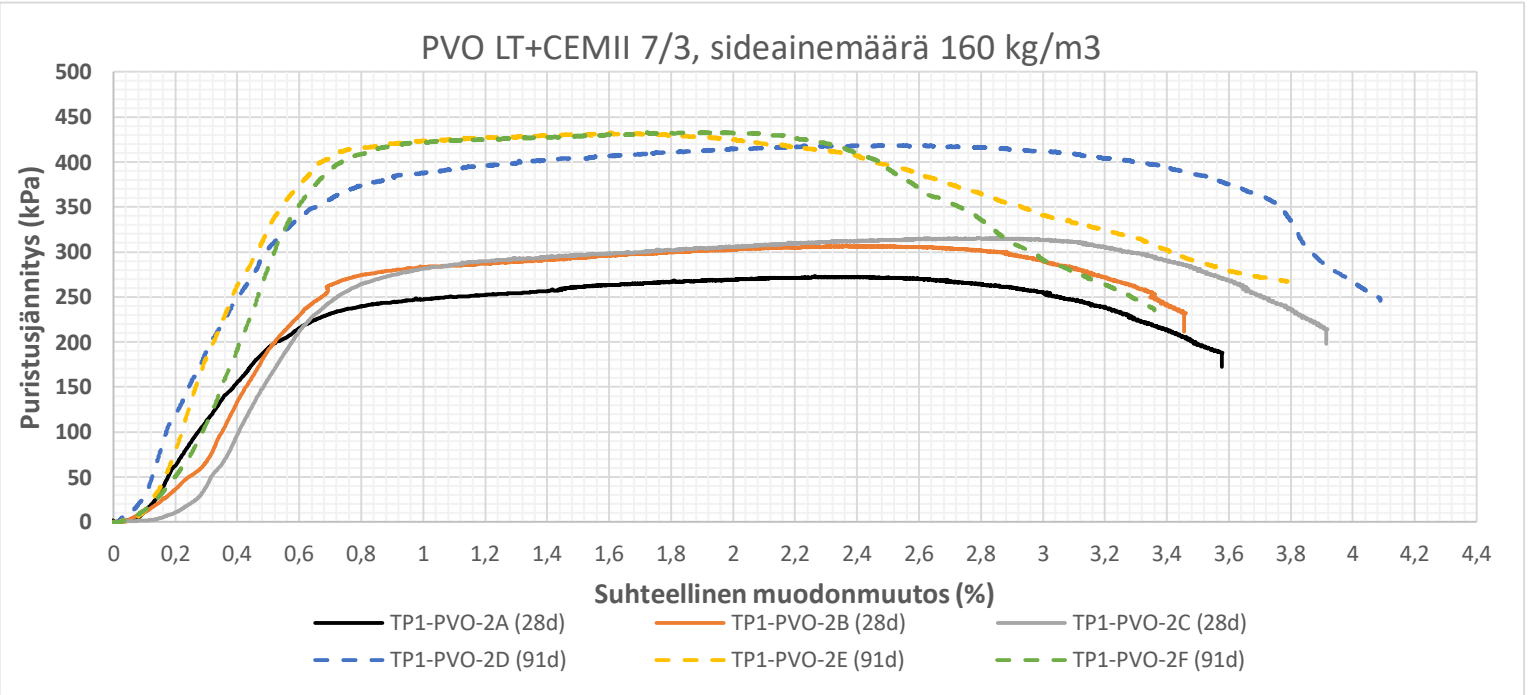
Aalto-yliopisto

Koealue: Topinpuisto, TP1 näytteenottosyvyys 2,5-3,5

Koekappalenumero:	TP1-PVO-2A	TP1-PVO-2B	TP1-PVO-2C	TP1-PVO-2D	TP1-PVO-2E	TP1-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	160	160	160	160	160	160
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	373	307	315	419	433	433
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1671	1676	1683	1680	1671	1683
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	52	52	52	51	51	51
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:

Vesipitoisuus w (%)	62 %
Märkätiheys, kg/m ³	1635
Kiintotiheys, kg/m	2667
pH	6,76
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,06 %



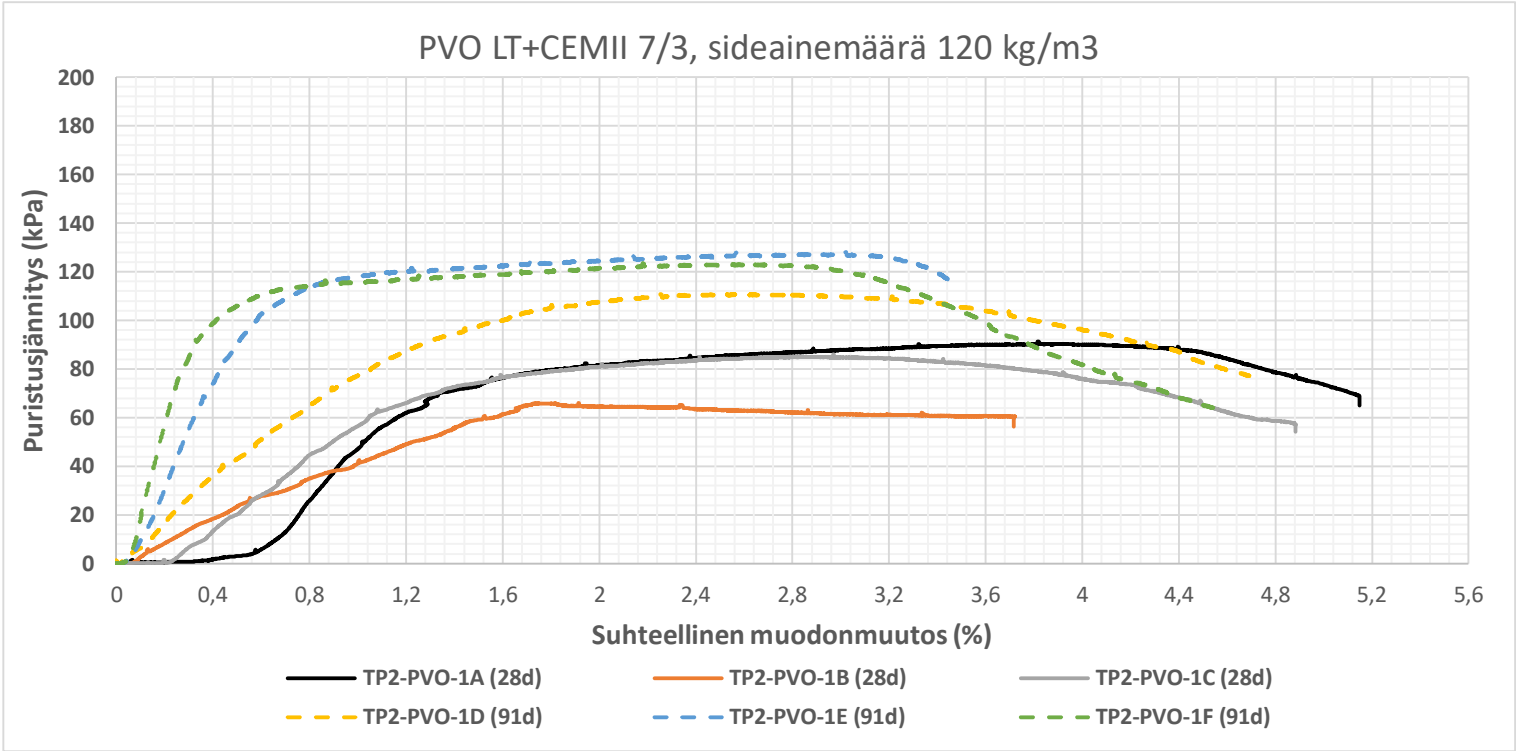
Puristuslujuusmääritys

Aalto-yliopisto

Koealue: Topinpuisto, TP2 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	TP2-PVO-1A	TP2-PVO-1B	TP2-PVO-1C	TP2-PVO-1D	TP2-PVO-1E	TP2-PVO-1F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	120	120	120	120	120	120
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	91	66	86	112	128	124
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1586	1594	1603	1591	1591	1596
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	65	65	66	65	65	65
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	75 %
Märkätiheys, kg/m ³	1534
Kiintotiheys, kg/m	2670
pH	6,79
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,64 %



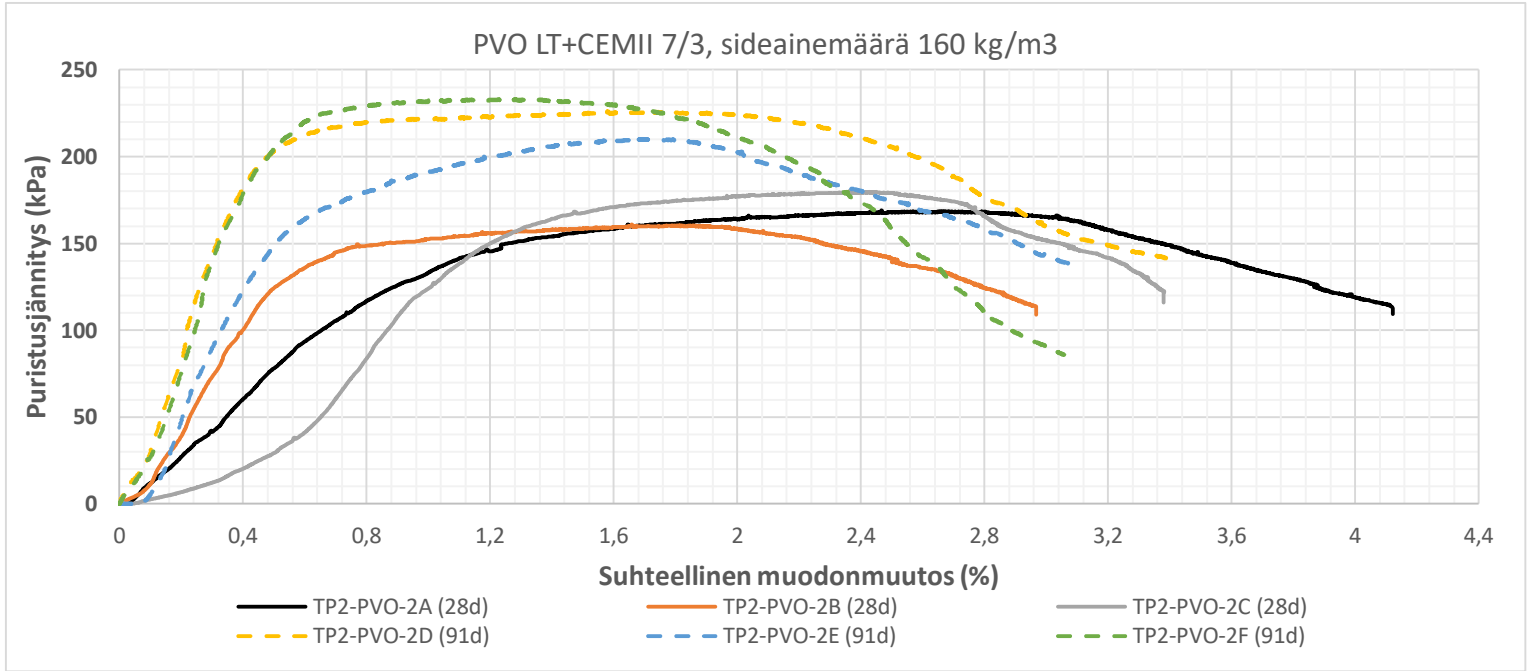
Puristuslujuusmäärittäminen

Aalto-yliopisto

Koealue: Topinpuisto, TP2 näytteenottosyvyys 5,5-6,5

Koekappalenumero:	TP2-PVO-2A	TP2-PVO-2B	TP2-PVO-2C	TP2-PVO-2D	TP2-PVO-2E	TP2-PVO-2F
Sideainepitoisuus (kg/m ³):	160	160	160	160	160	160
Koestus ikä (vrk):	28	28	28	91	91	91
Puristuslujuus (kPa):	169	161	180	226	210	233
Koekappaleen tiheys (kg/m ³) vrk:	1597	1605	1614	1615	1614	1617
Koekappaleen halkaisija (mm):	50	50	50	50	50	50
Koekappaleen korkeus (mm):	100	100	100	100	100	100
Koekappaleen vesipitoisuus (%):	62	62	62	62	61	61
Säilytyslämpötila (° C):	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1

Runkoaine:	
Vesipitoisuus w (%)	75 %
Märkätiheys, kg/m ³	1534
Kiintotiheys, kg/m	2670
pH	6,79
Hehkutushäviö LOI, (800°)	3,64 %



Ilokkaanrinne

Koealue/ näytepiste	Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Maalaji- määritys
KK1	Ramboll	5	-	38 %	7,8	2,9 %	liSa

Kuninkaantammi, näytepiste P701

Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Rikki (%)
Nordkalk Oy	2,5	1455	92 %	7,1	4,9 %	0,03 %
Nordkalk Oy	5	1553	72 %	8,2	3,4 %	
Ecolan Oy	2,5	1520	78 %	6,8	4,2 %	
Ecolan Oy	5	1570	69 %	7,6	3,1 %	

Porvoo, Länsiranta

Koealue/ näytepiste	Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Maalaji- määritys
1/P309	Ramboll Finland Oy	2,0	1290	144 %	7,82	8,1 %	ljSa
1/P309	Ramboll Finland Oy	3,0	1250	149 %	8,1	8,4 %	saLj
1/P309	Ramboll Finland Oy	6,2-6,7	-	132 %	8,11	8,2 %	-
2/R2	Ramboll Finland Oy	2,0-3,0	-	151 %	8,08	8.4%	-
2/R2	Ramboll Finland Oy	6,0-7,0	-	120 %	7,69	4,0 %	-
2/R2	Ramboll Finland Oy	2,0-3,0	-	151 %	7,96	7,4 %	-

Luhtitie

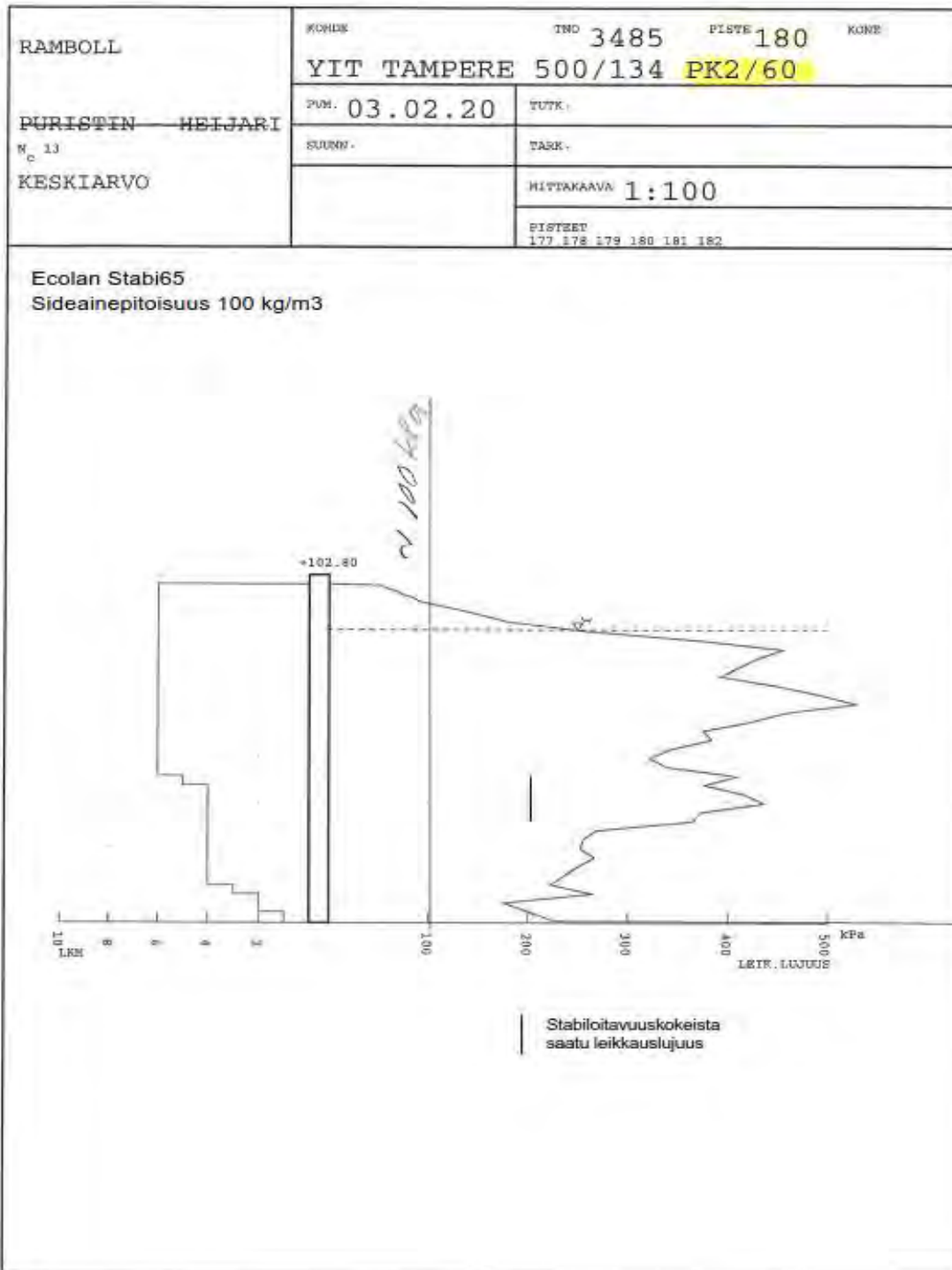
Koealue/ näytepiste	Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)
K1	Ramboll	2,0-2,5	1560	73 %	7,8	3,9 %
K4	Ramboll	2,0-2,5	1620	60 %	7,7	3,4 %
K7	Ramboll	2,0-2,5	1860	36 %	6,6	1,5 %

Topinpuisto

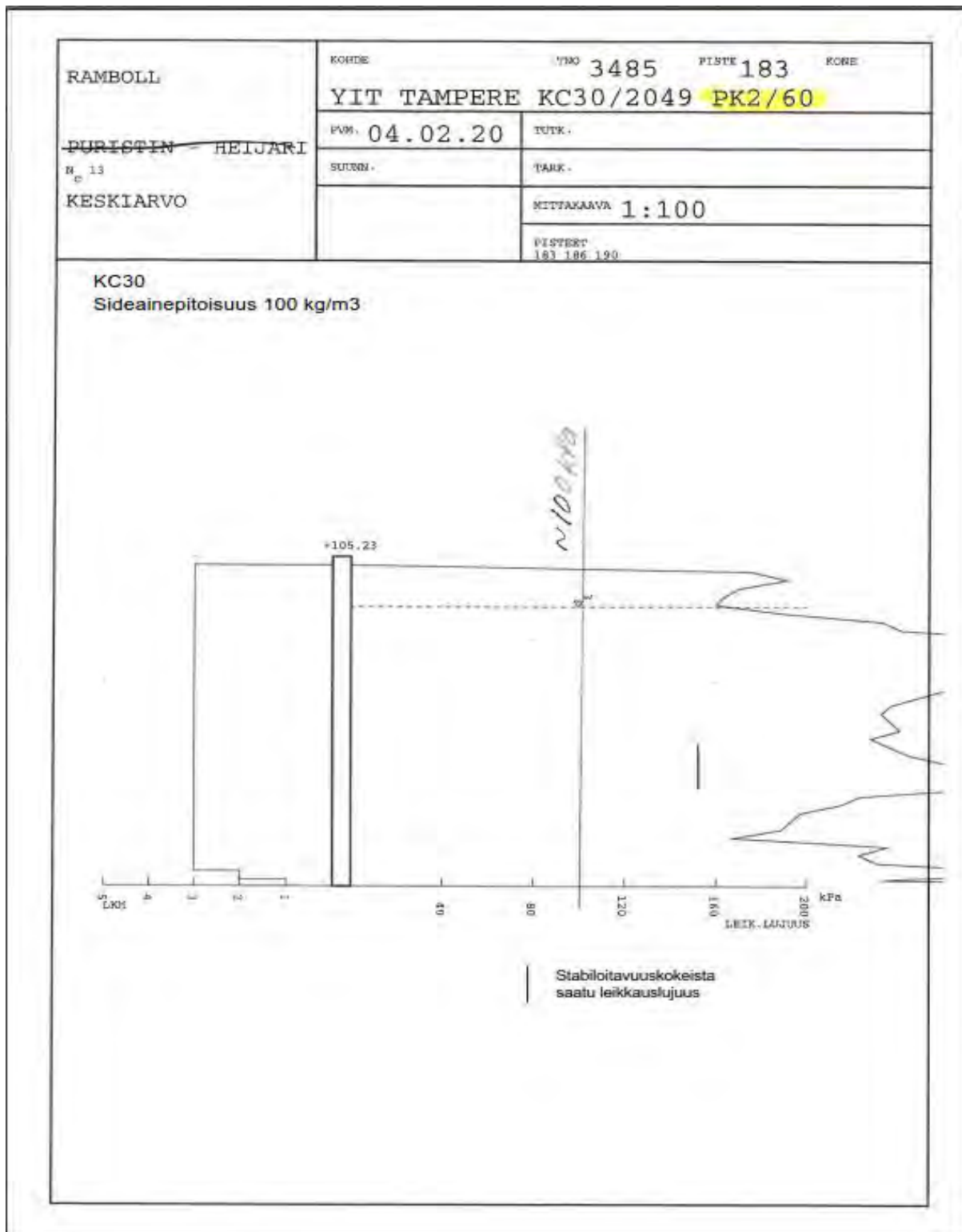
Laboratorio	Näytepiste	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Rikki (%)
Aalto-yliopisto	TP1	2,5-3,5	1635	62 %	6,76	3,1 %	
Aalto-yliopisto	TP1	5,5-6,5	1534	75 %	6,79	3,6 %	
Nordkalk Oy	TP1	2,5-3,5	1598	68 %	6,3	3,1 %	0,14 %
Ramboll Finland Oy	TP1	2,5-3,5	1590	67 %	7,5	2,8 %	

Malminkenttä

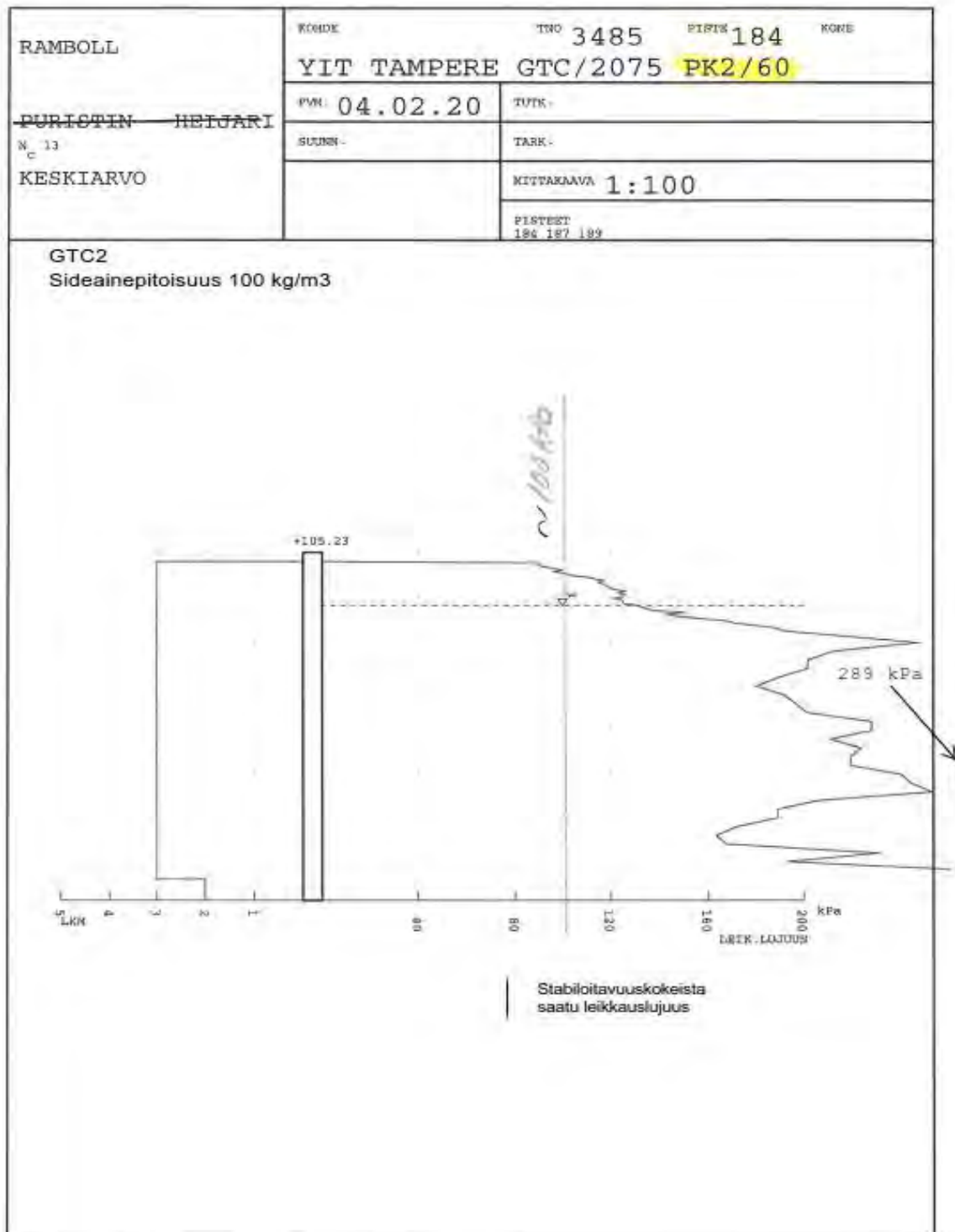
Koealue/ Näytepiste	Laboratorio	Näytesyvyys (m)	Runkoaineen märkätiheys (kg/m ³)	Vesipitoisuus (%)	pH	Hehkutushäviö (800 °C) LOI (%)	Rikki (%)	Maalaji- määritys
PS1/KK1	Aalto-yliopisto	2-3	1430	112 %	6,14	4,3 %	-	liSa
PS1/PS1	Aalto-yliopisto	5,5-6,5	1448	104 %	6,14	3,8 %	-	liSa
PS1/KK1	Ramboll Finland Oy	2,4	1440	110 %	7,6	4,6 %	-	liSa
PS1/KK1	Ramboll Finland Oy	3,0	1390	120 %	8,2	4,2 %	-	liSa
PS1/KK1	Nordkalk Oy	2,4-3,0	1408	119 %	6,73	4,2 %	0,14 %	-
PS1/PS1	Nordkalk Oy	5,5-6,5	1509	87 %	6,94	4,7 %	0,18 %	-
PS4/KK2	Aalto-yliopisto	1,5-2,0	1416	115 %	5,74	3,8 %	-	liSa
PS4/PS4	Aalto-yliopisto	3,5-4,5	1433	108 %	5,42	4,9 %	-	liSa
PS4/PS4	Aalto-yliopisto	7,5-8,5	1468	98 %	6,2	3,5 %	-	liSa
PS4/KK2	Ramboll Finland Oy	1,5-2,0	-	115 %	7,3	5,1 %	-	liSa
PS4/PS4	Ramboll Finland Oy	3,5-4,5	-	104 %	6,9	4,3 %	-	liSa
PS4/KK2	Ramboll Finland Oy	7,5-8,5	-	92 %	8,1	3,7 %	-	liSa
PS4/KK2	Nordkalk Oy	1,5-2,0	1399	115 %	6,7	4,7 %	0,26 %	-
PS4/PS4	Nordkalk Oy	3,5-4,5	1451	102 %	5,82	4,2 %	0,21 %	-
PS4/PS4	Nordkalk Oy	7,5-8,5	1535	82 %	7,75	3,5 %	0,04 %	-
PS6/PO1	Aalto-yliopisto	2,0-3,0	1462	98 %	5,74	3,8 %	-	liSa
PS6/PO1	Aalto-yliopisto	5,5-6,5	1599	69 %	7,42	2,9 %	-	liSa
PS6/PO1	Ramboll Finland Oy	5,5-6,5	-	66 %	8,8	3,0 %	-	liSa
PS6/PO1	Nordkalk Oy	2,0-3,0	1368	124 %	7,04	6,4 %	1,46 %	-
PS6/PO1	Nordkalk Oy	5,5-6,5	1597	68 %	8,12	3,1 %	0,03 %	-



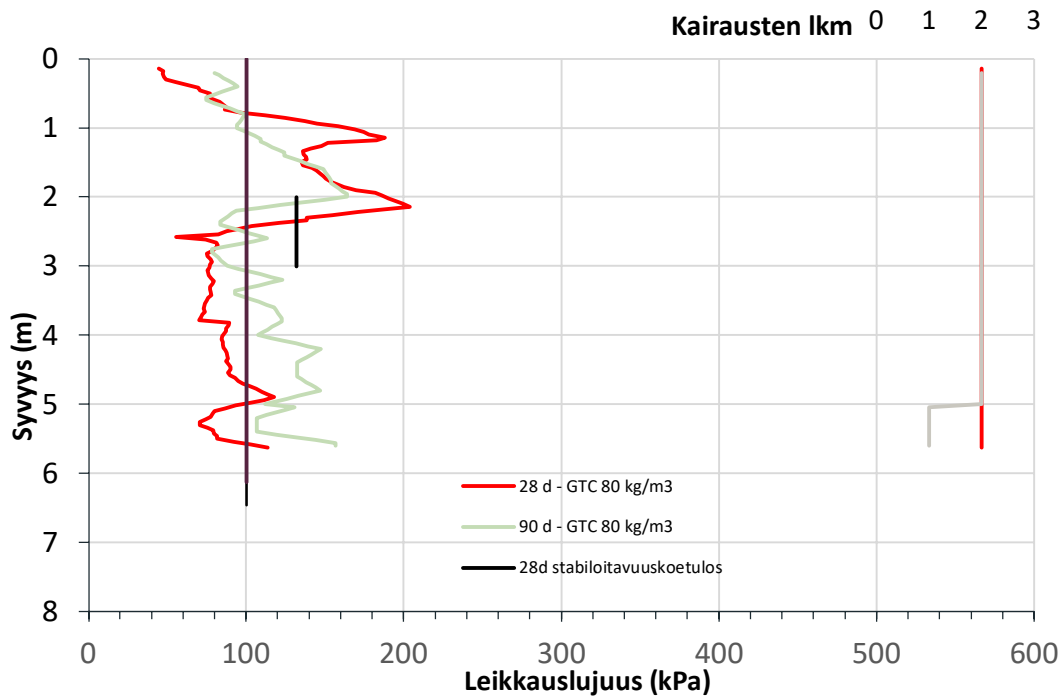
Kuva 1. Ilokkaanrinne 2019. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella Stabi65, sideainemäärä 100kg/m³.



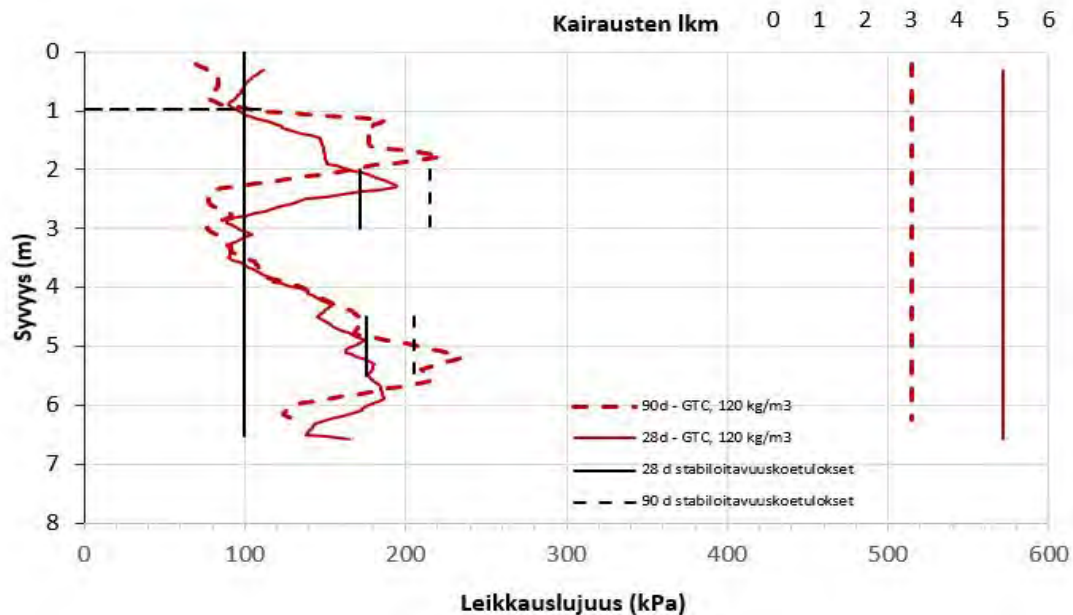
Kuva 2. Ilokkaanrinne 2019. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella KC30, sideainemäärä 100kg/m³.



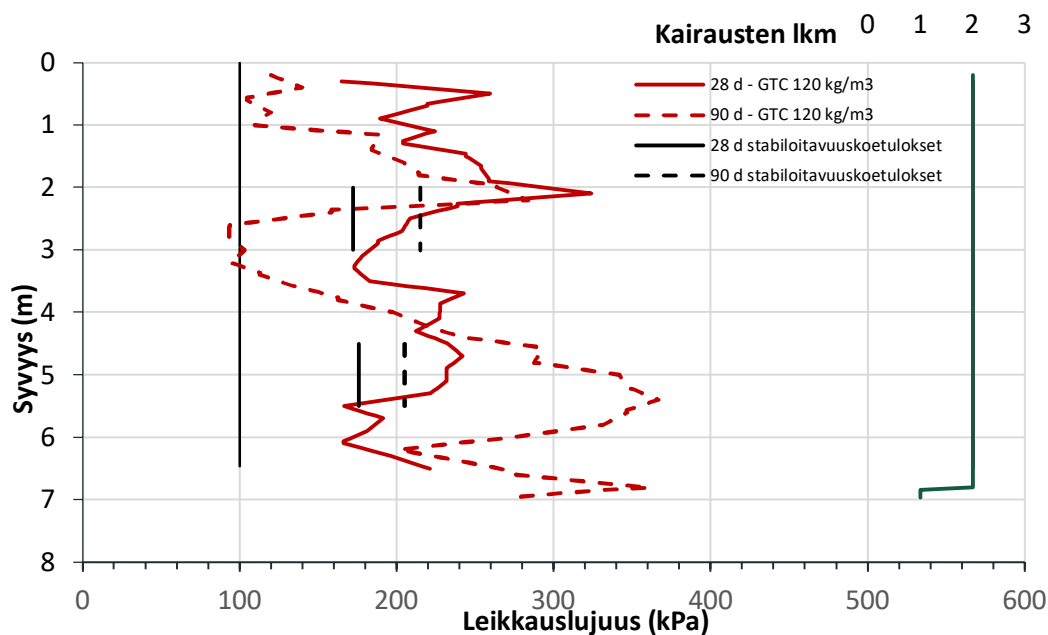
Kuva 3. Ilokkaanrinne 2019. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC2, sideainemäärä 100kg/m³.



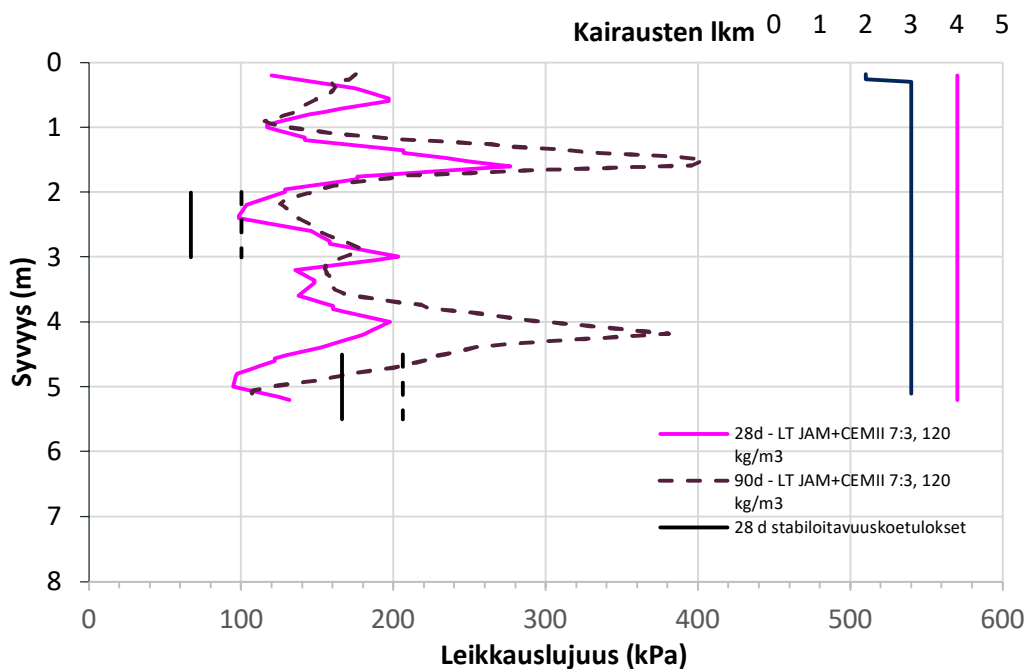
Kuva 1. Kuninkaantammi 2020, koealue A3. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 80 kg/m³.



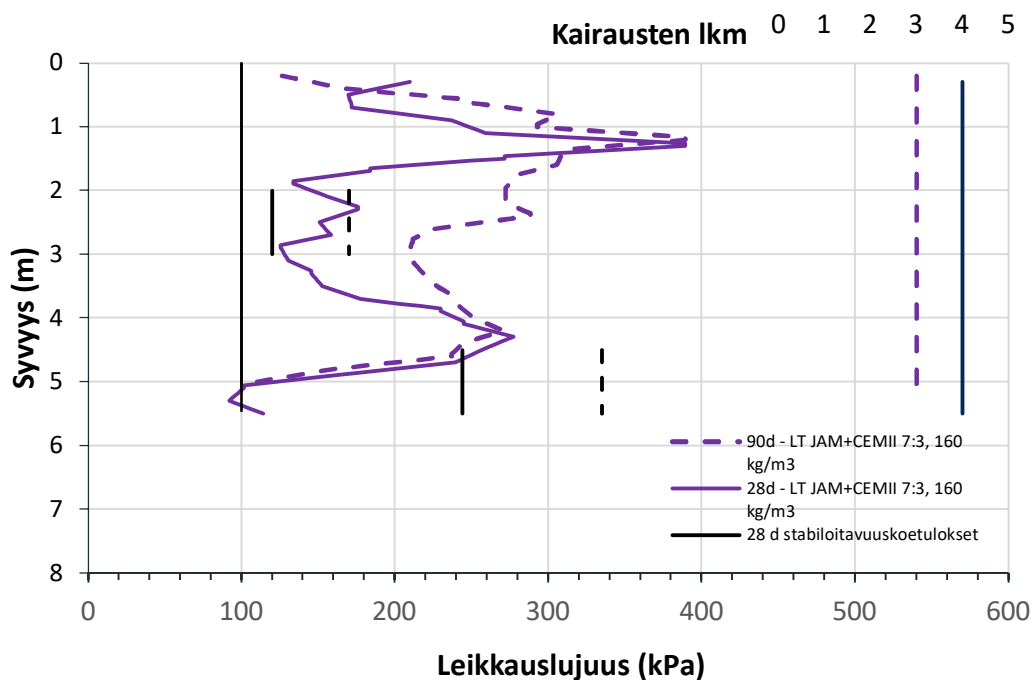
Kuva 2. Kuninkaantammi 2020, koealue E1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 120 kg/m³.



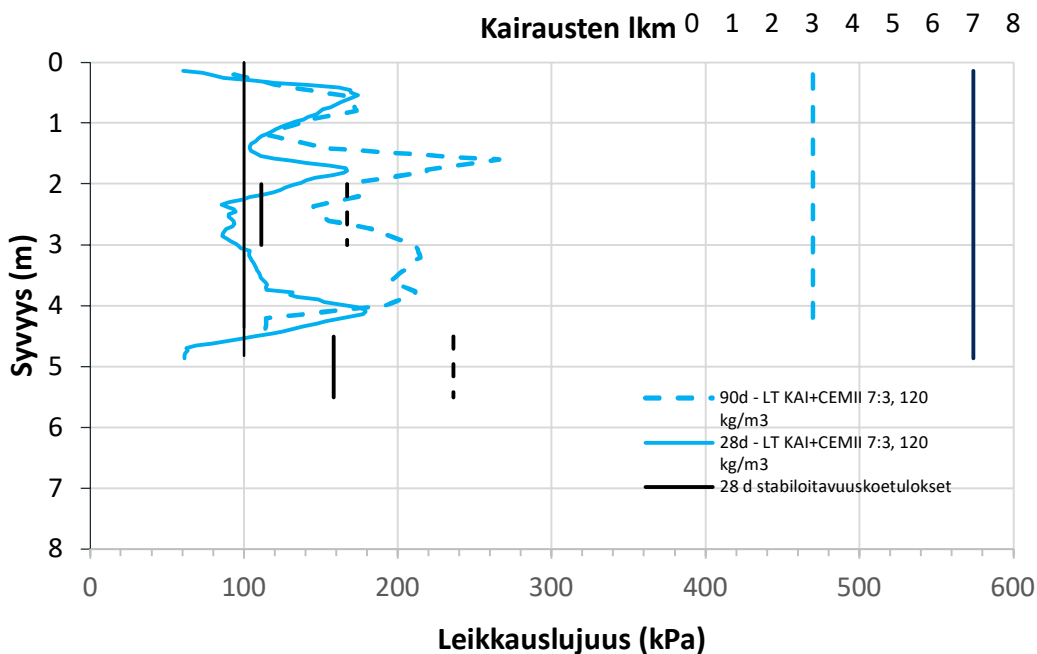
Kuva 3. Kuninkaantammi 2020, koealue A3. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 120 kg/m³.



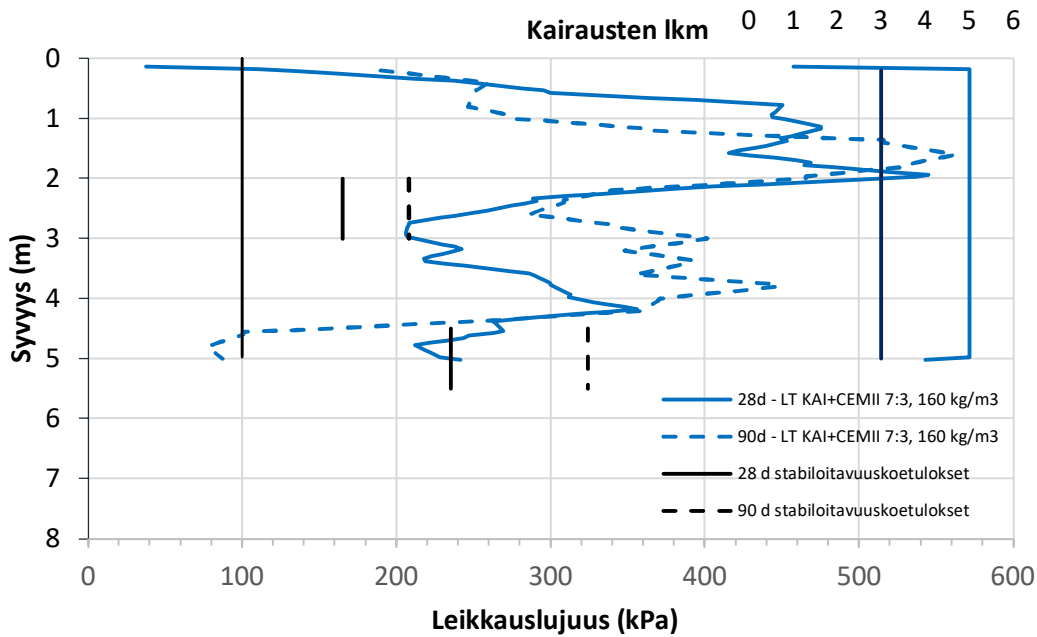
Kuva 4. Kuninkaantammi 2020, koealue B3. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT JAM+CEMII 7:3, sideainemäärä 120 kg/m³.



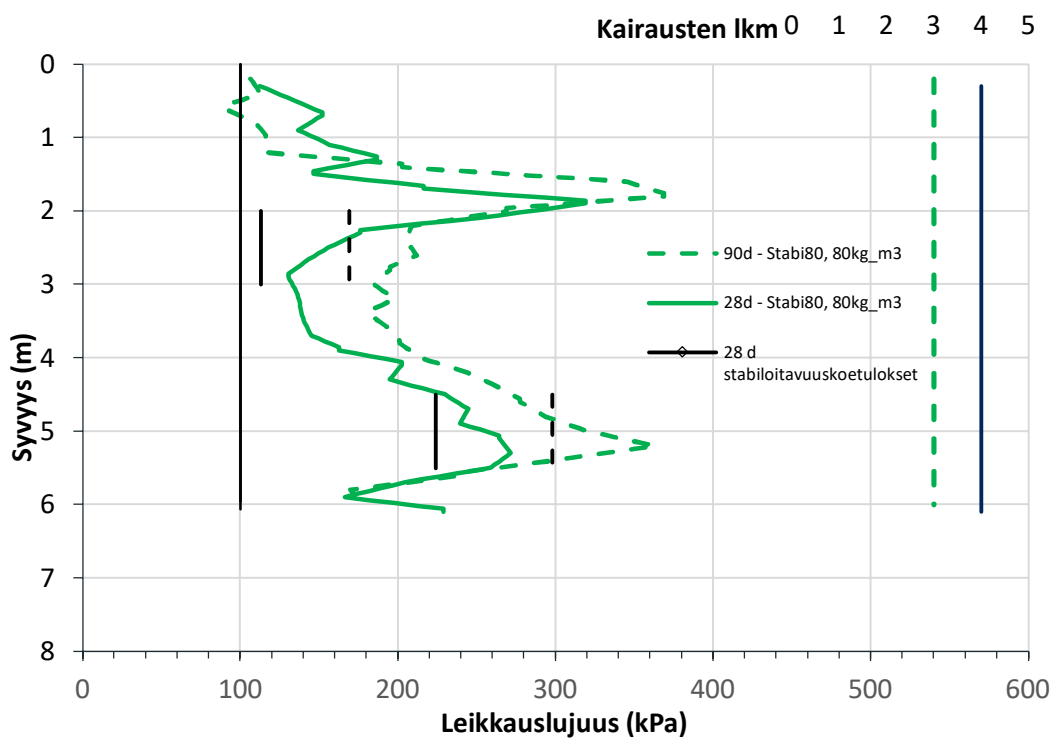
Kuva 5. Kuninkaantammi 2020, koealue B4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloituavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella LT JAM+CEMII 7:3, sideainemäärä 160 kg/m³.



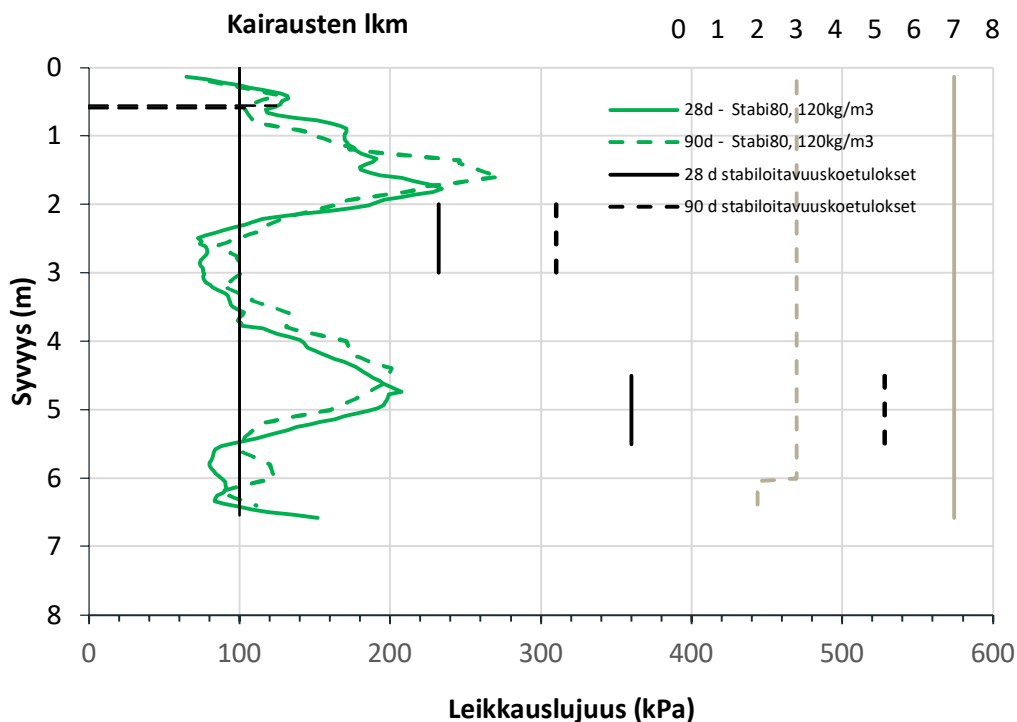
Kuva 6. Kuninkaantammi 2020, koealue B1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloituavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT KAI+CEMII 7:3, sideainemäärä 120 kg/m³.



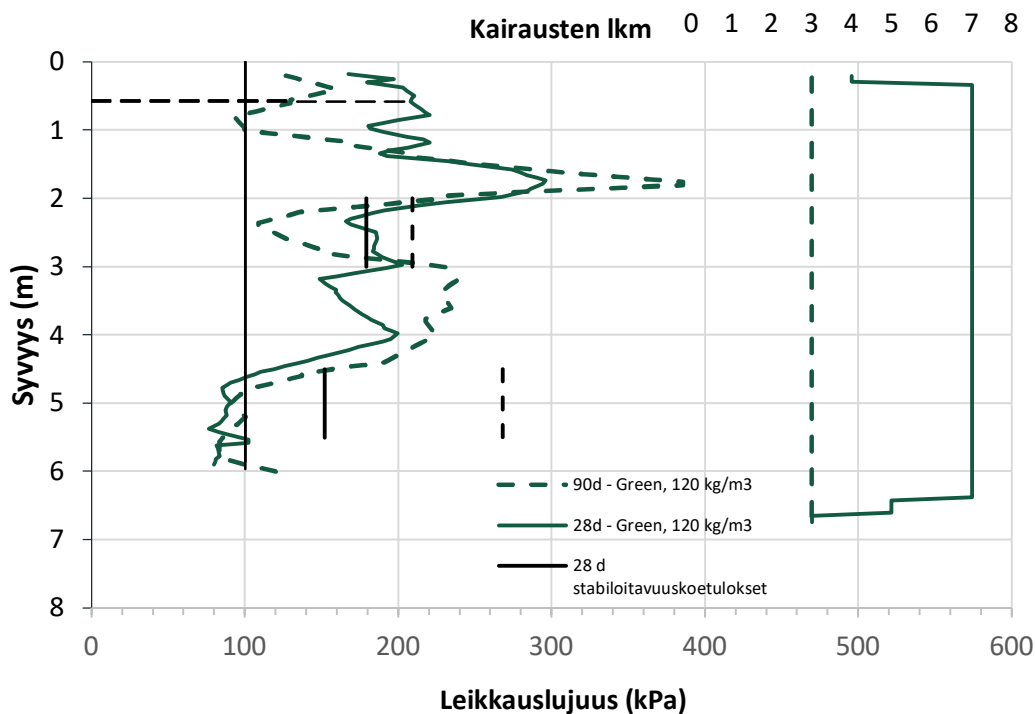
Kuva 7. Kuninkaantammi 2020, koealue B2. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT KAI+CEMII 7:3, sideainemäärä 160 kg/m³.



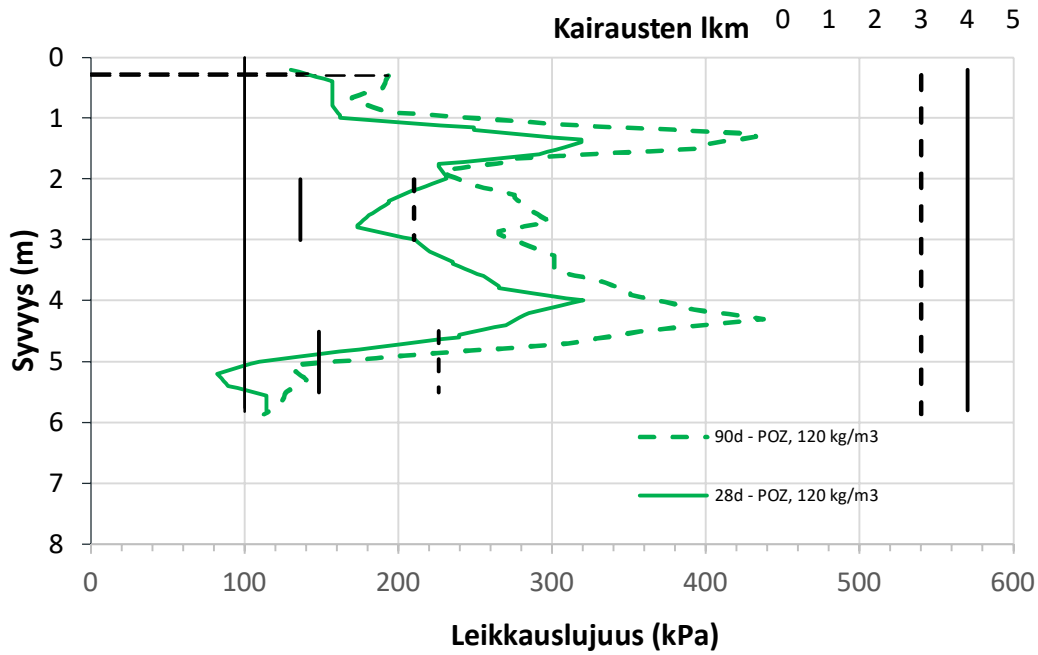
Kuva 8. Kuninkaantammi 2020, koealue A4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 80 kg/m³.



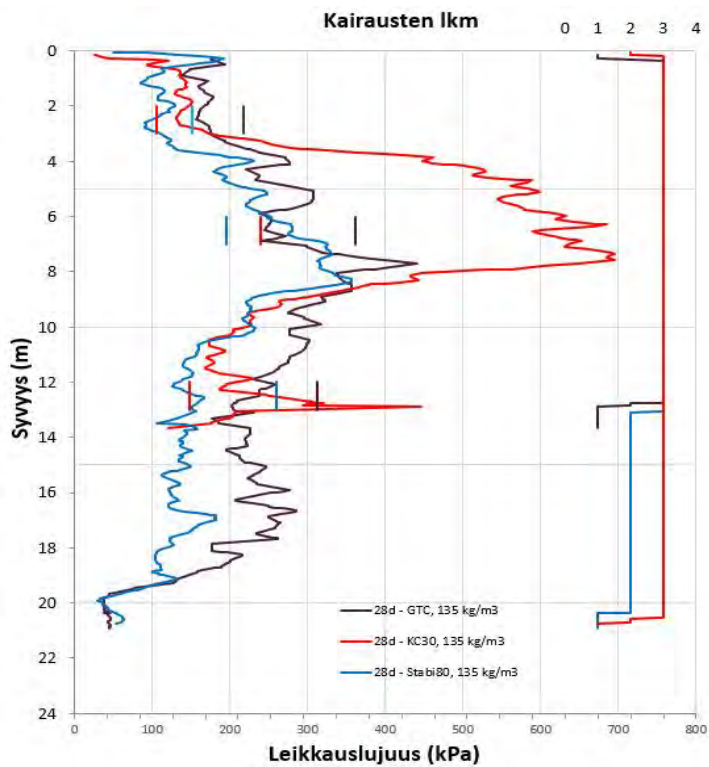
Kuva 9. Kuninkaantammi 2020, koealue D1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 120 kg/m³.



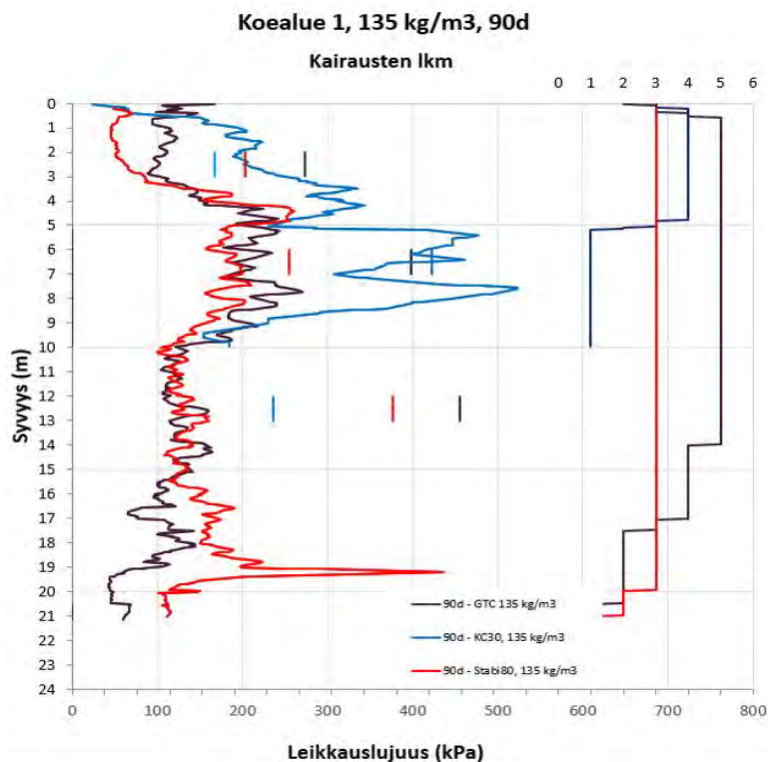
Kuva 10. Kuninkaantammi 2020, koealue C1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 120 kg/m³.



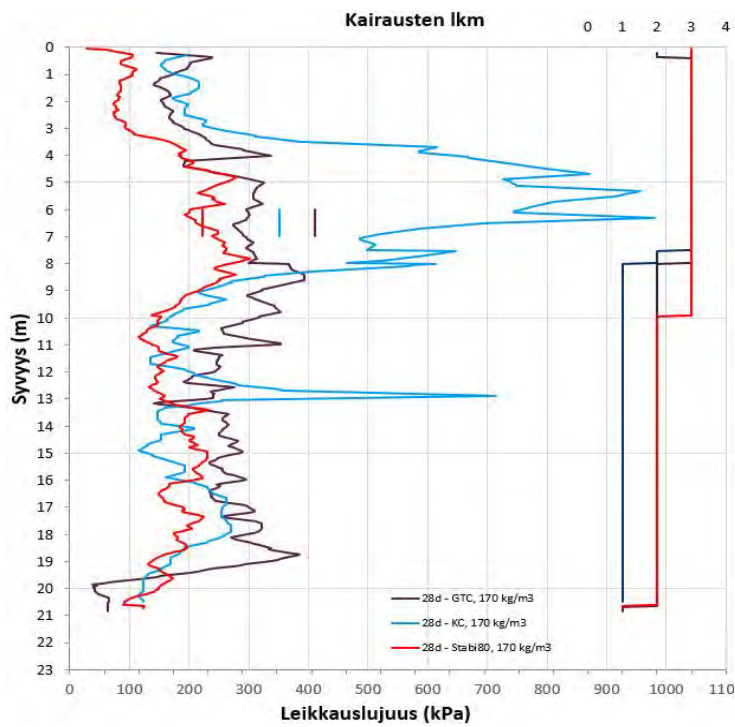
Kuva 11. Kuninkaantammi 2020, koealue C1. 28 ja 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella POZ, sideainemäärä 120 kg/m³.



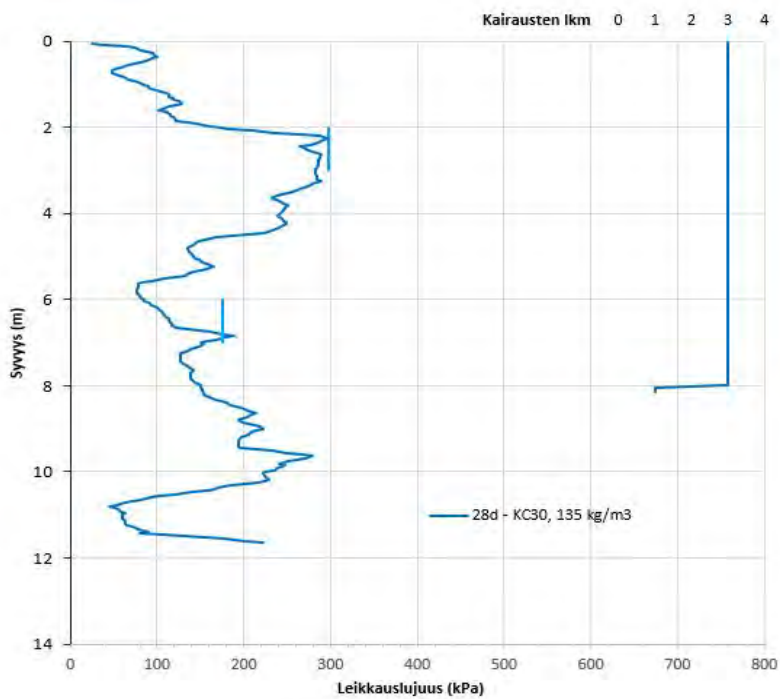
Kuva 1. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO1. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineet GTC, KC30 ja Stabi80, sideainemäärä 135 kg/m³.



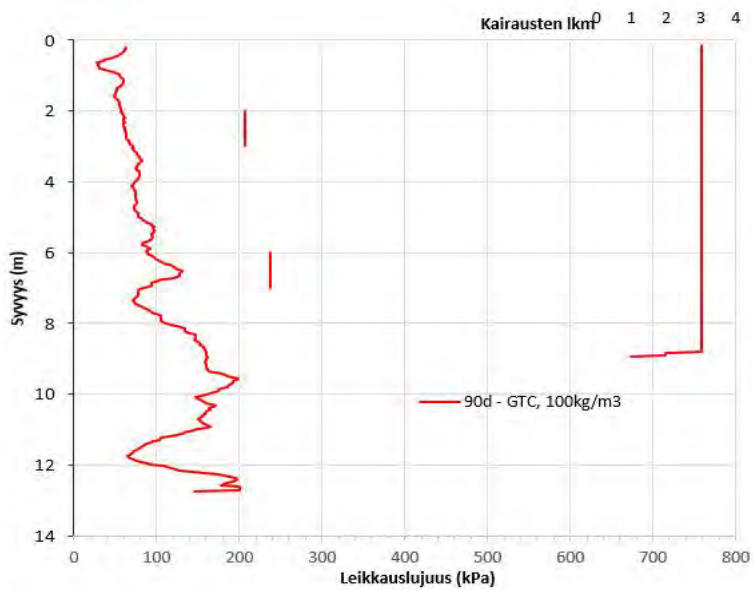
Kuva 2. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO1. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineet GTC, KC30 ja Stabi80, sideainemäärä 135 kg/m³.



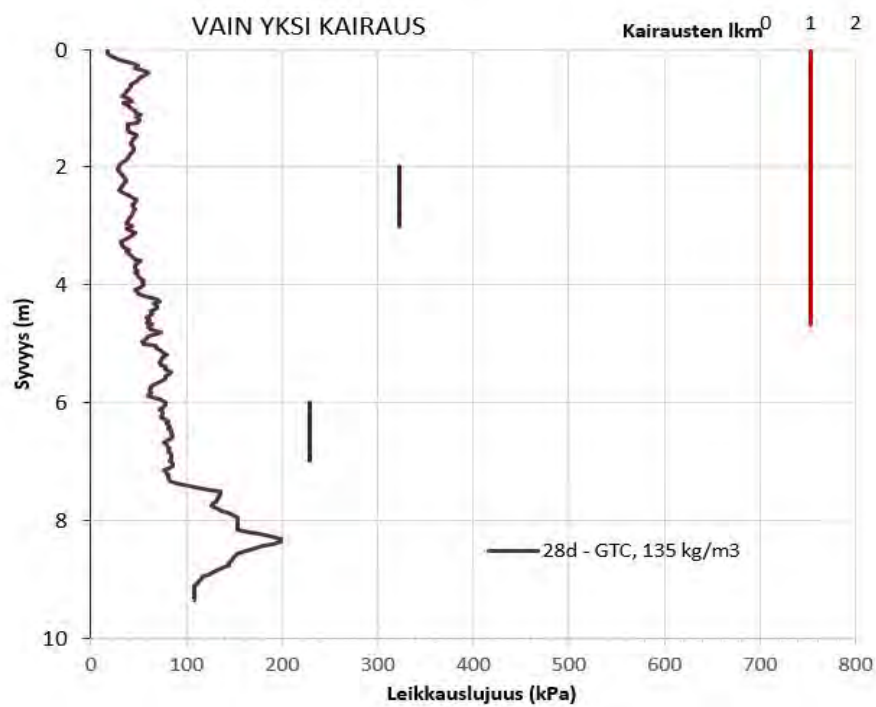
Kuva 3. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO1. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineet GTC, KC30 ja Stabi80, sideainemäärä 170 kg/m³.



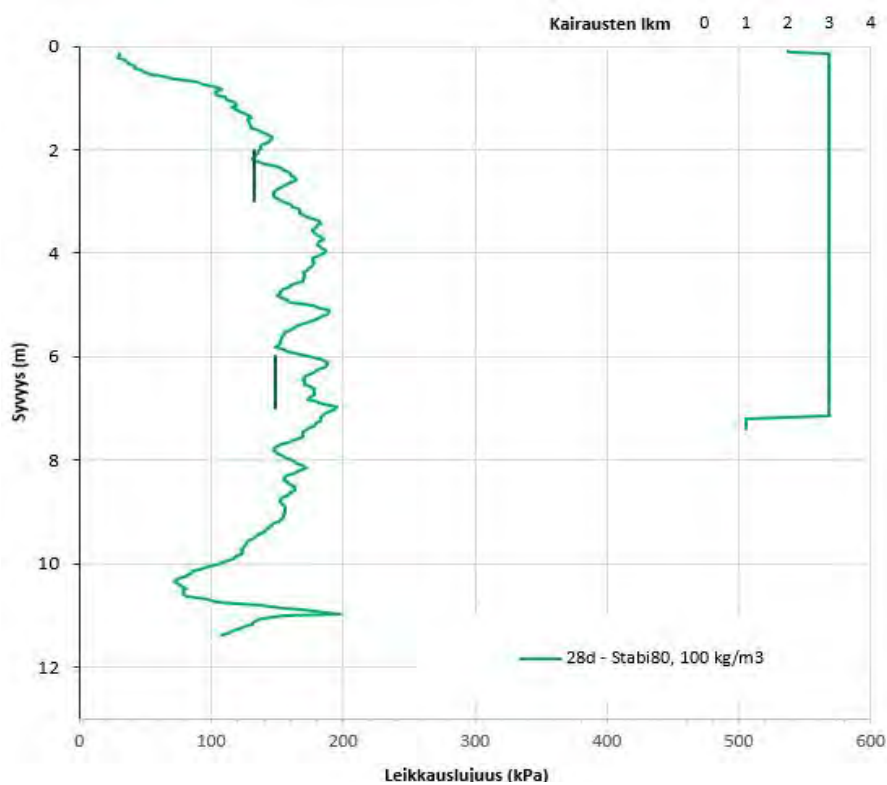
Kuva 4. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KC30, sideainemäärä 135 kg/m³.



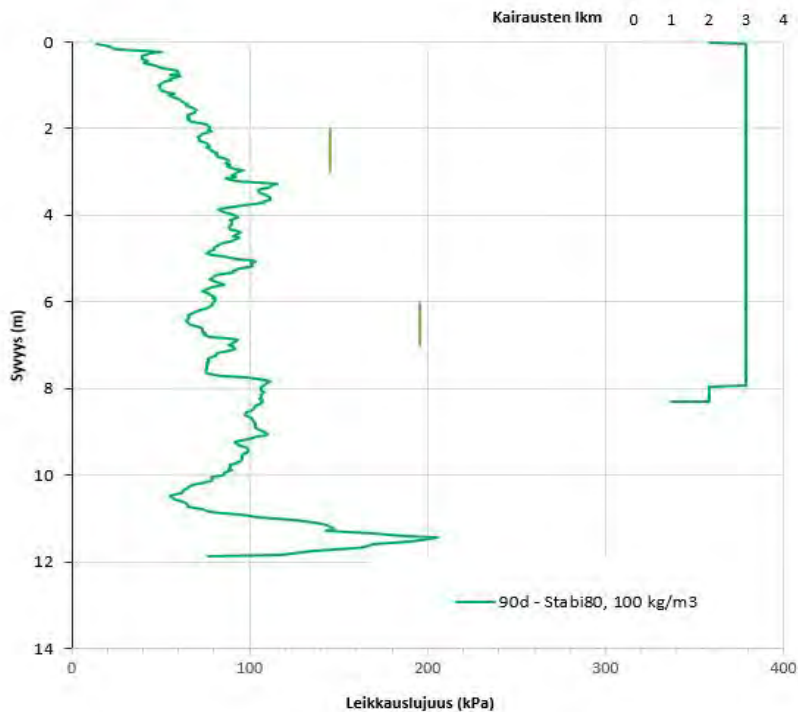
Kuva 5. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC, sideainemäärä 100 kg/m³.



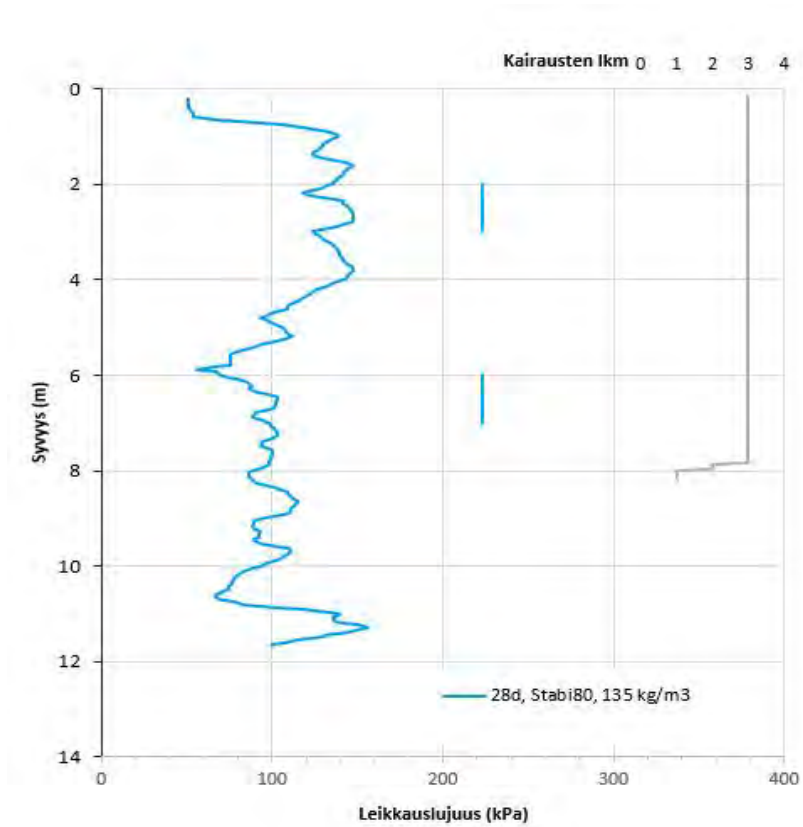
Kuva 6. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC, sideainemäärä 135 kg/m³.



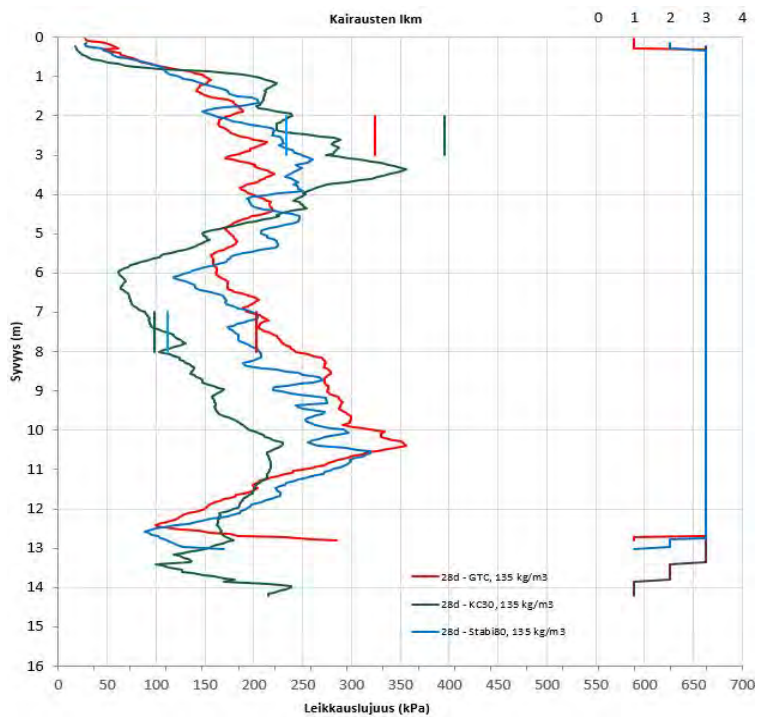
Kuva 7. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 100 kg/m³.



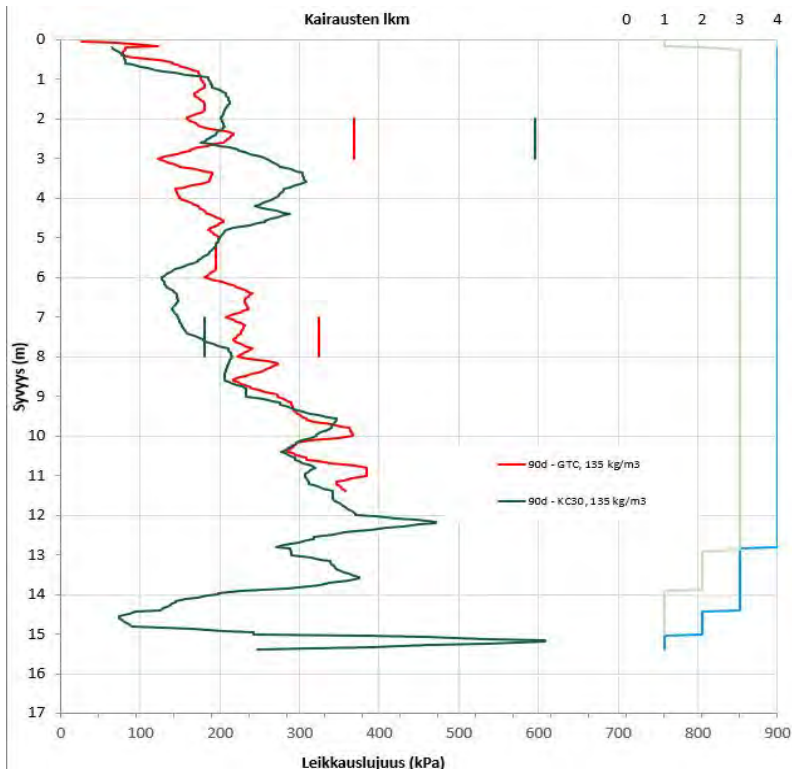
Kuva 8. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 100 kg/m³.



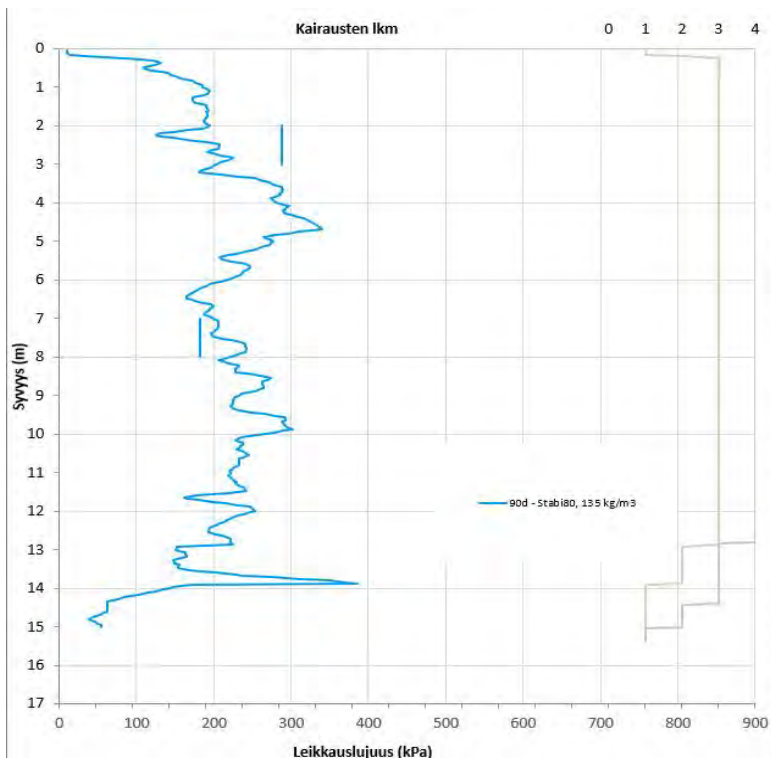
Kuva 9. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO2. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 135 kg/m³.



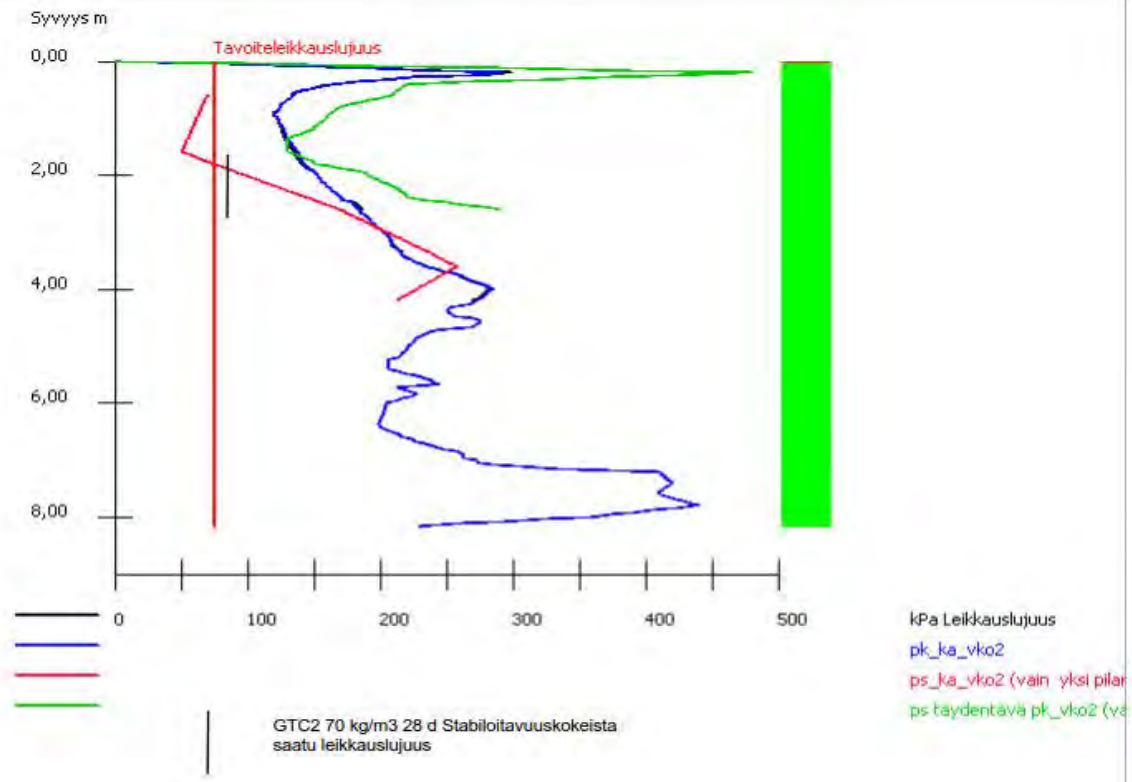
Kuva 10. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO3. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineet GTC, KC ja Stabi80, sideainemäärä 135 kg/m³.



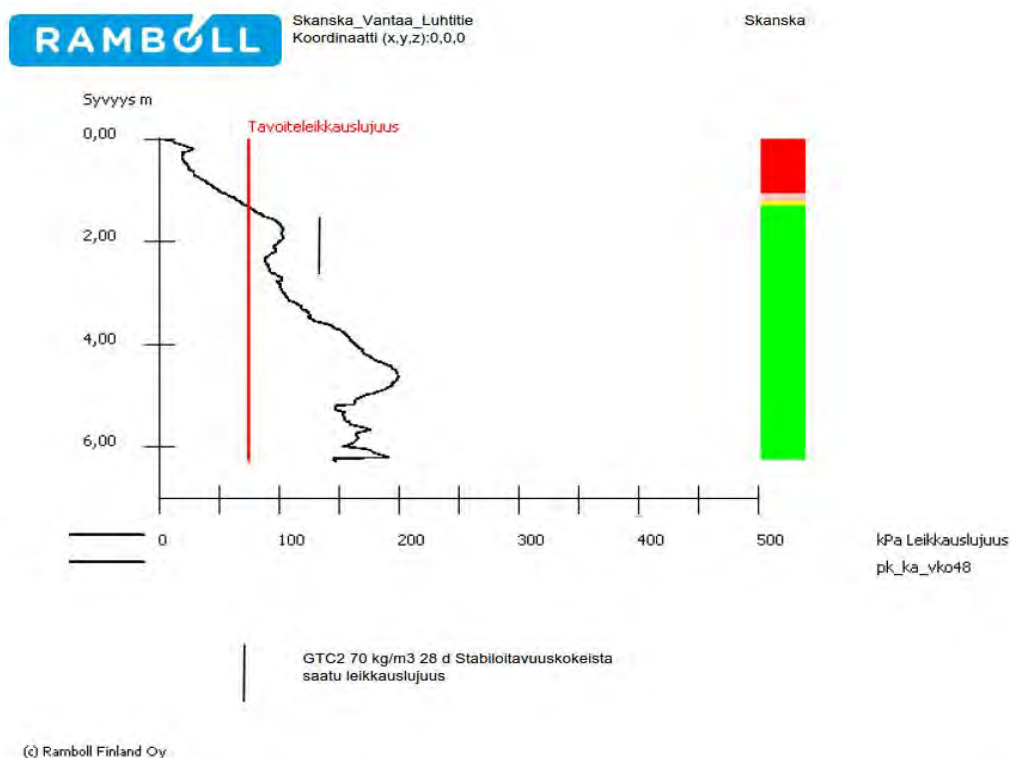
Kuva 11. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO3. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineet GTC ja KC30 sideainemäärä 135 kg/m³.



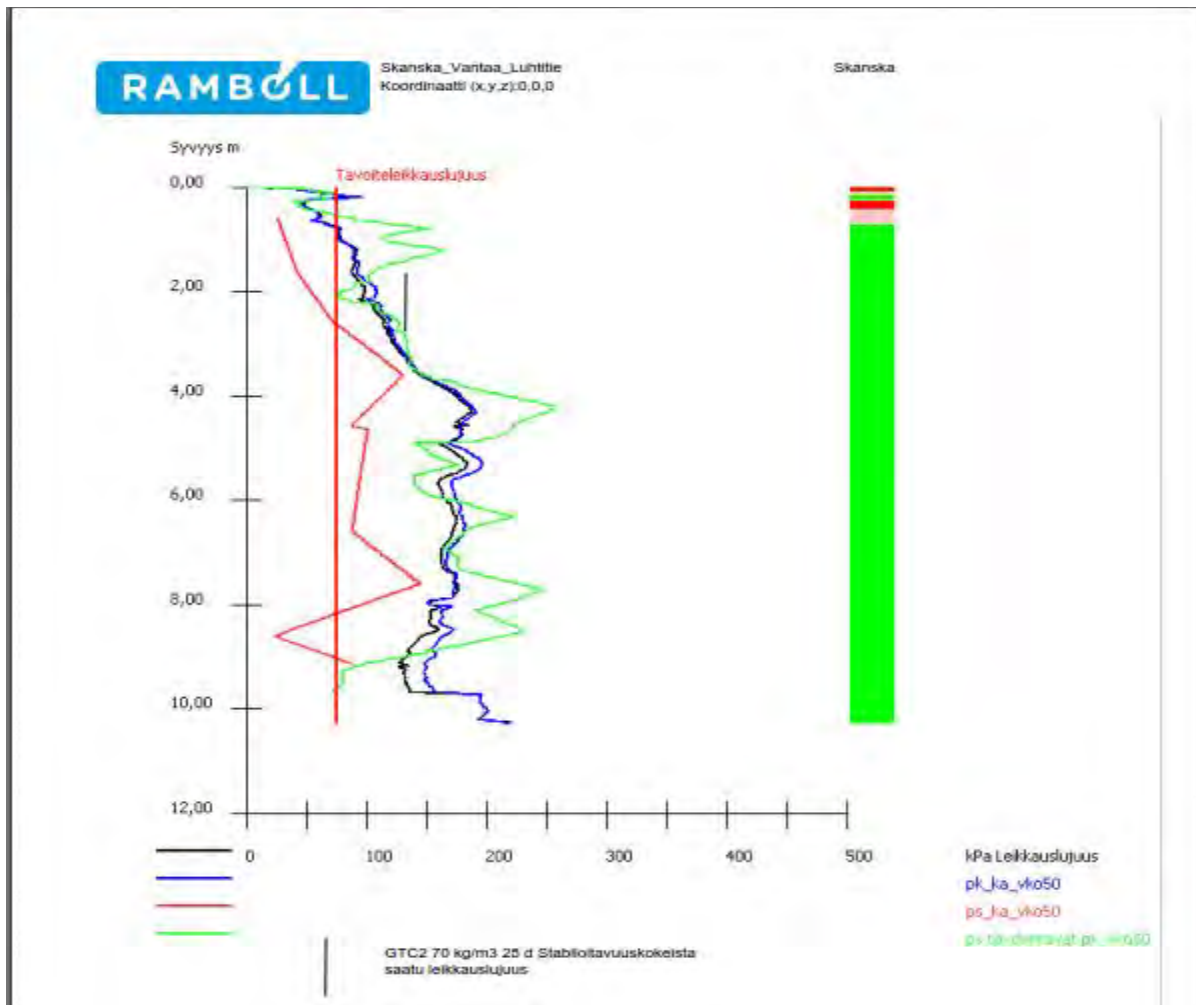
Kuva 12. Porvoo, Länsiranta 2020, koealue PO3. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Stabi80, sideainemäärä 135 kg/m³.



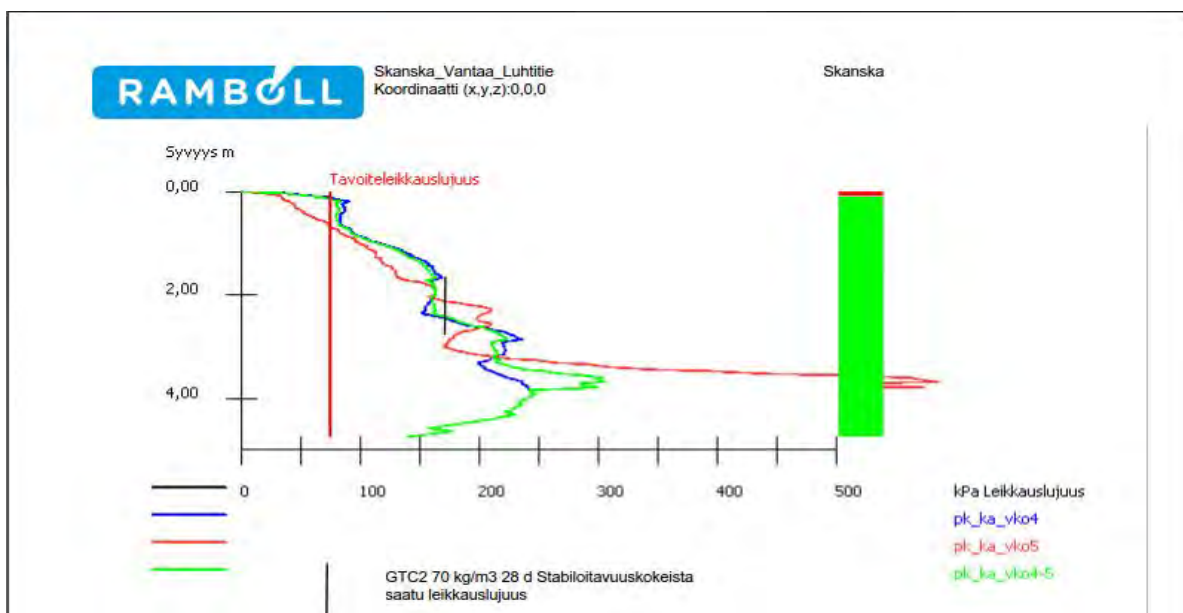
Kuva 1. Luhtitie 2021, koealue K1. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 70 kg/m³.



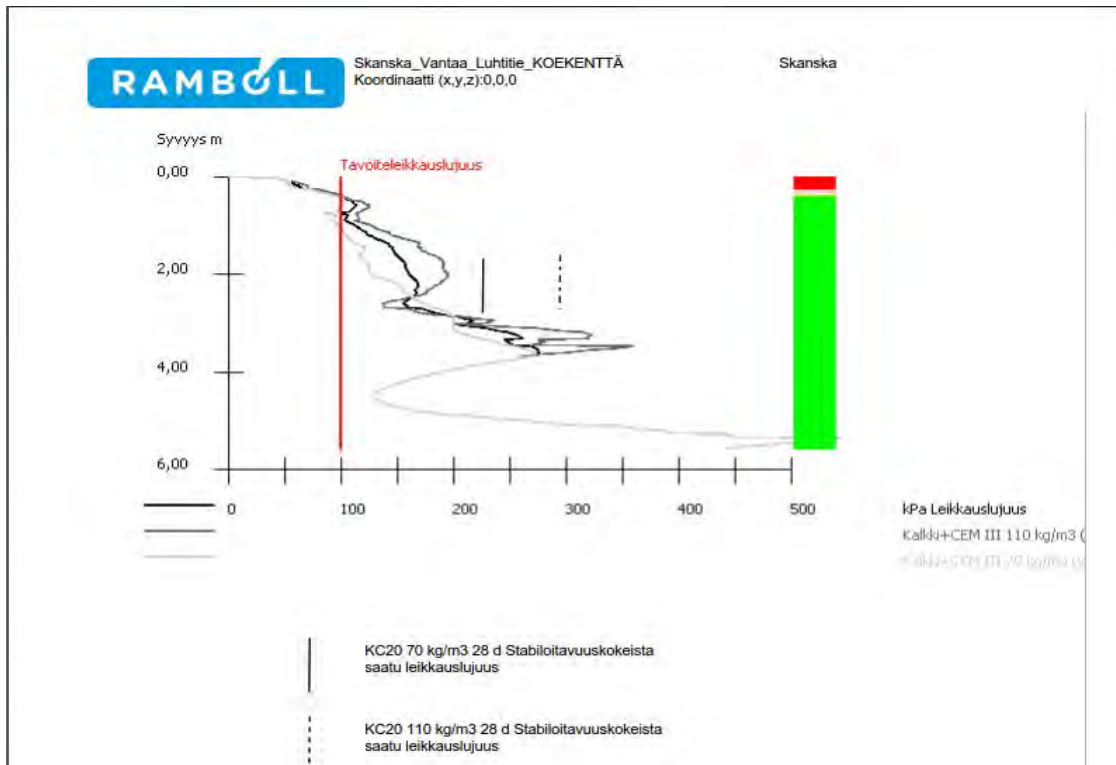
Kuva 2. Luhtitie 2021, koealue K4. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 70 kg/m³.



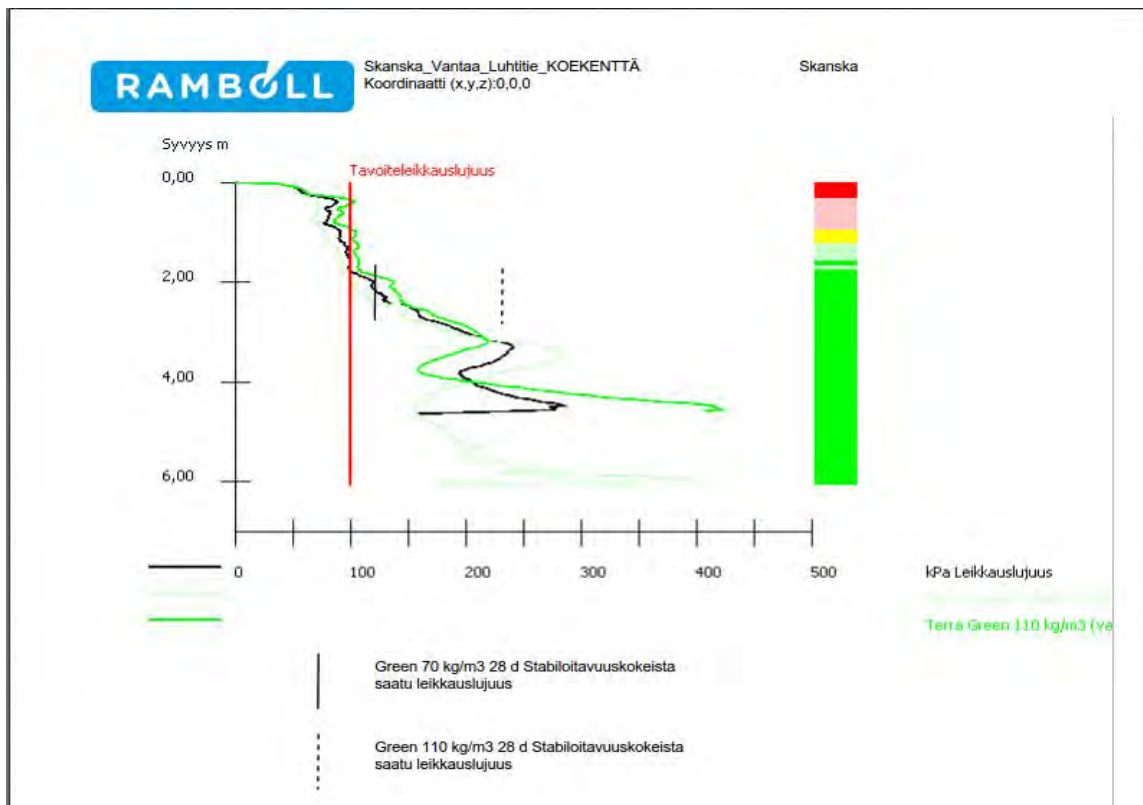
Kuva 3. Luhtitie 2021, koealue K4. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC, sideainemäärä 70 kg/m³.



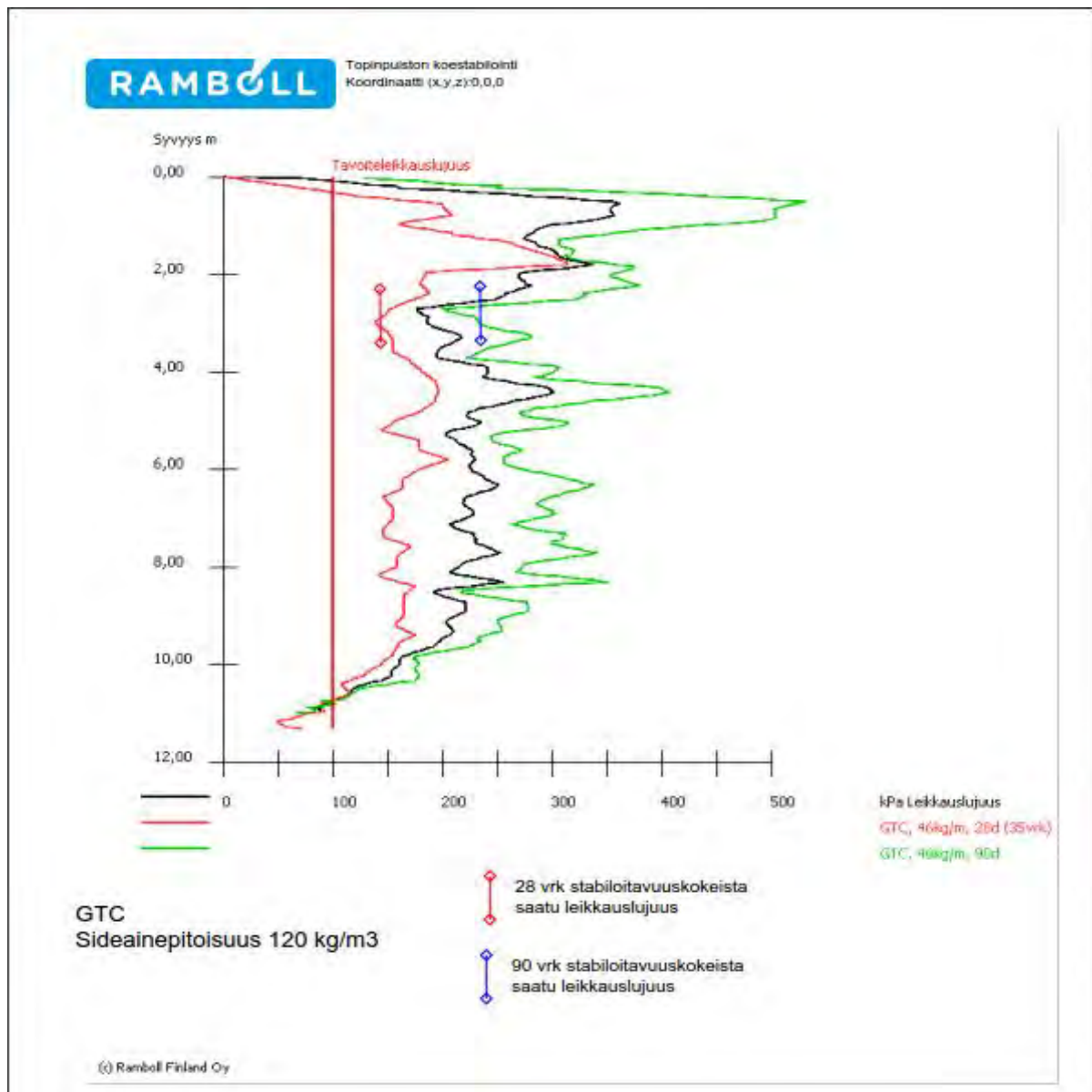
Kuva 4. Luhtitie 2021, koealue K7. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella GTC2, sideainemäärä 70 kg/m³.



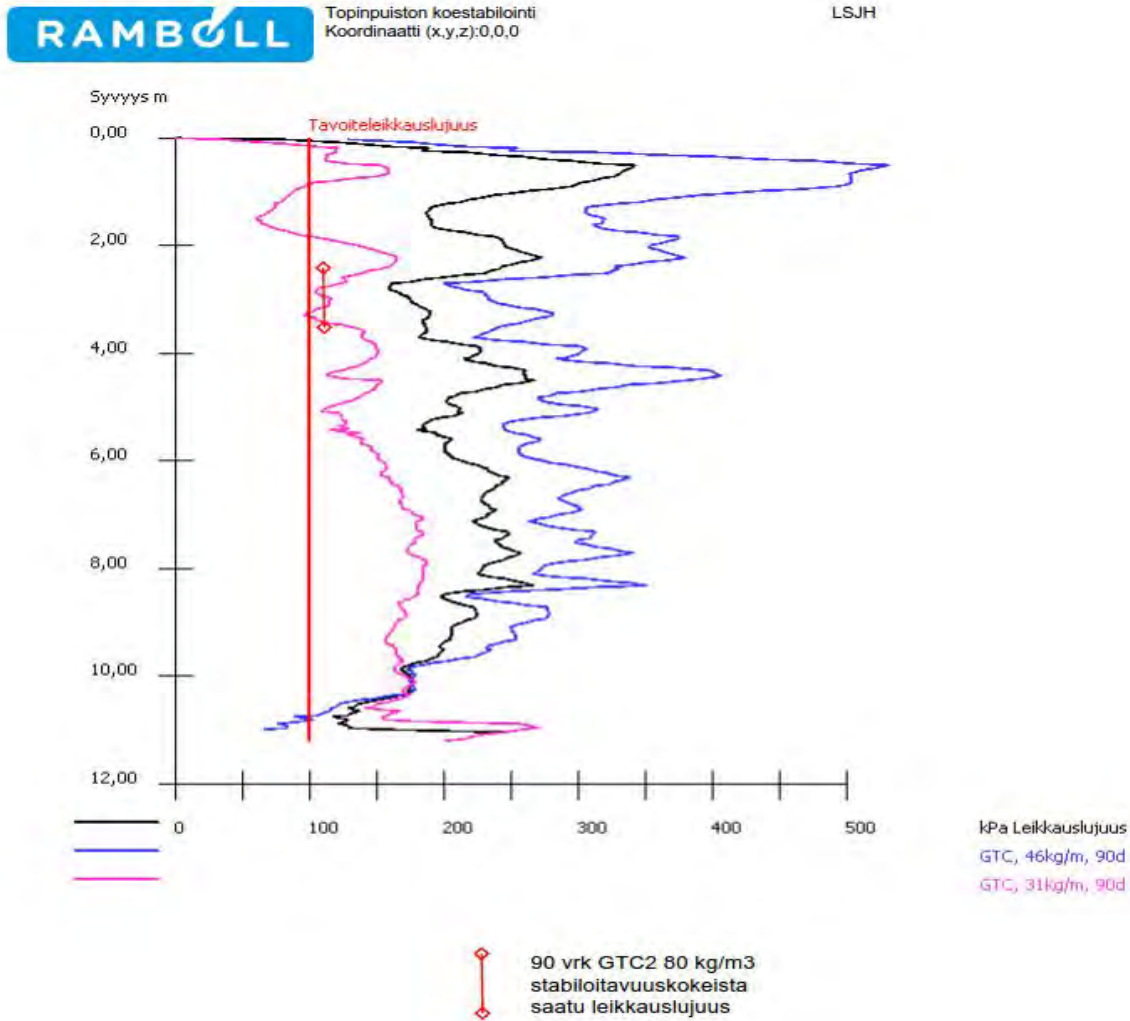
Kuva 5. Luhtitie 2021, koealue K4. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella KC20, sideainemäärä 70 ja 110 kg/m³.



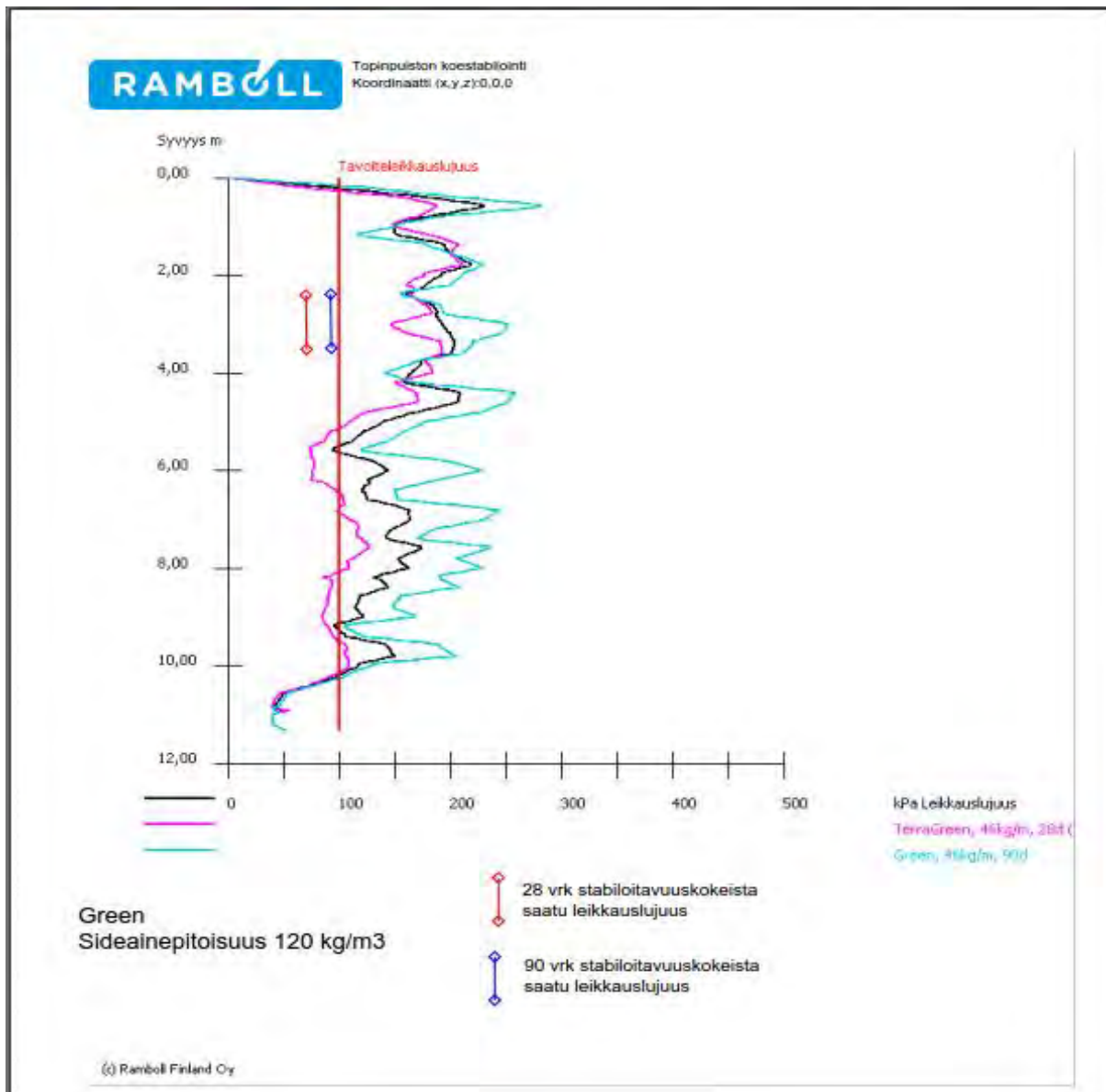
Kuva 6. Luhtitie 2021, koealue K4. 28d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaineella Green, sideainemäärä 70 ja 110 kg/m³.



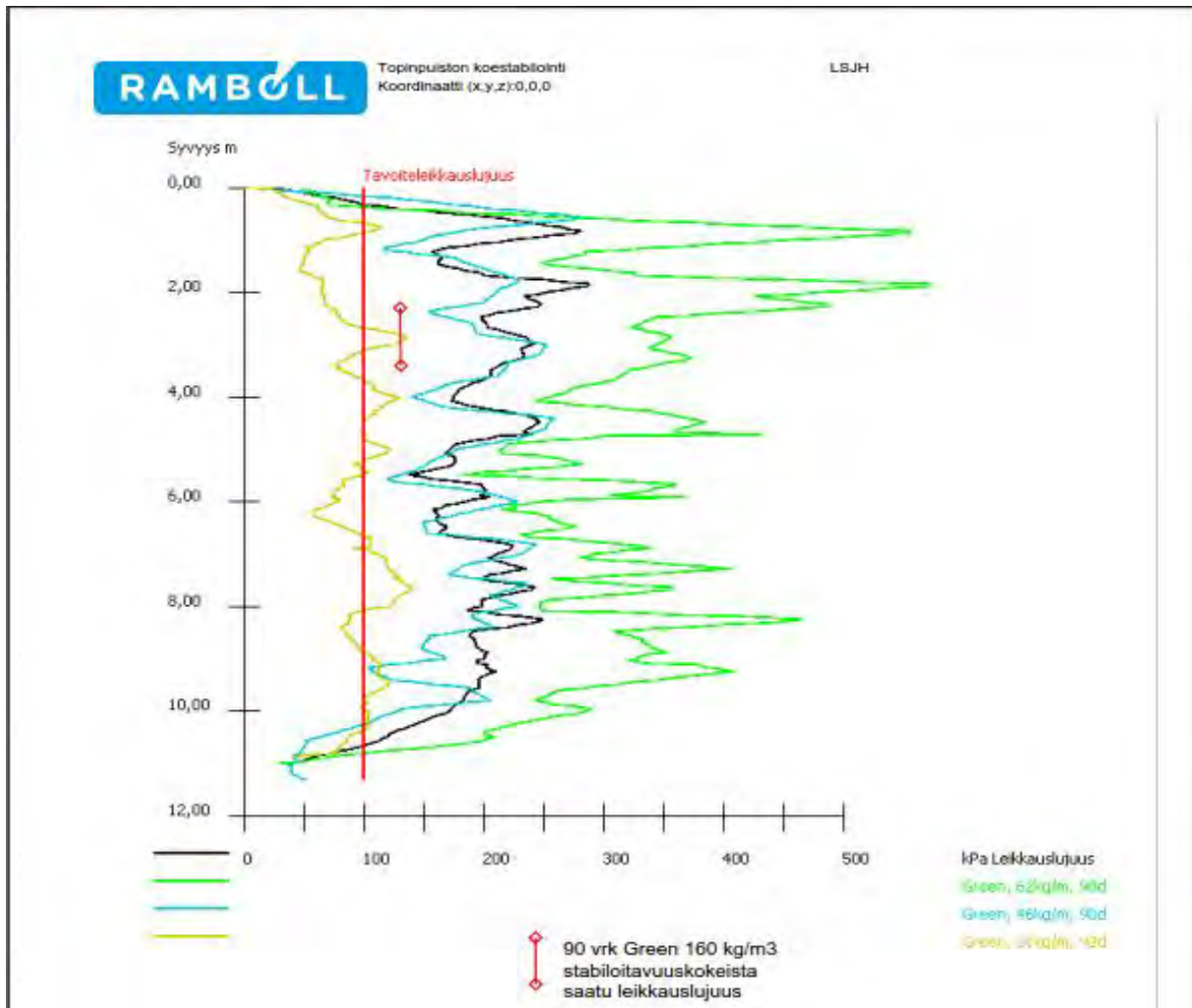
Kuva 1. Topinpuisto 2022. 28 ja 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC2, sideainemäärä 120kg/m³.



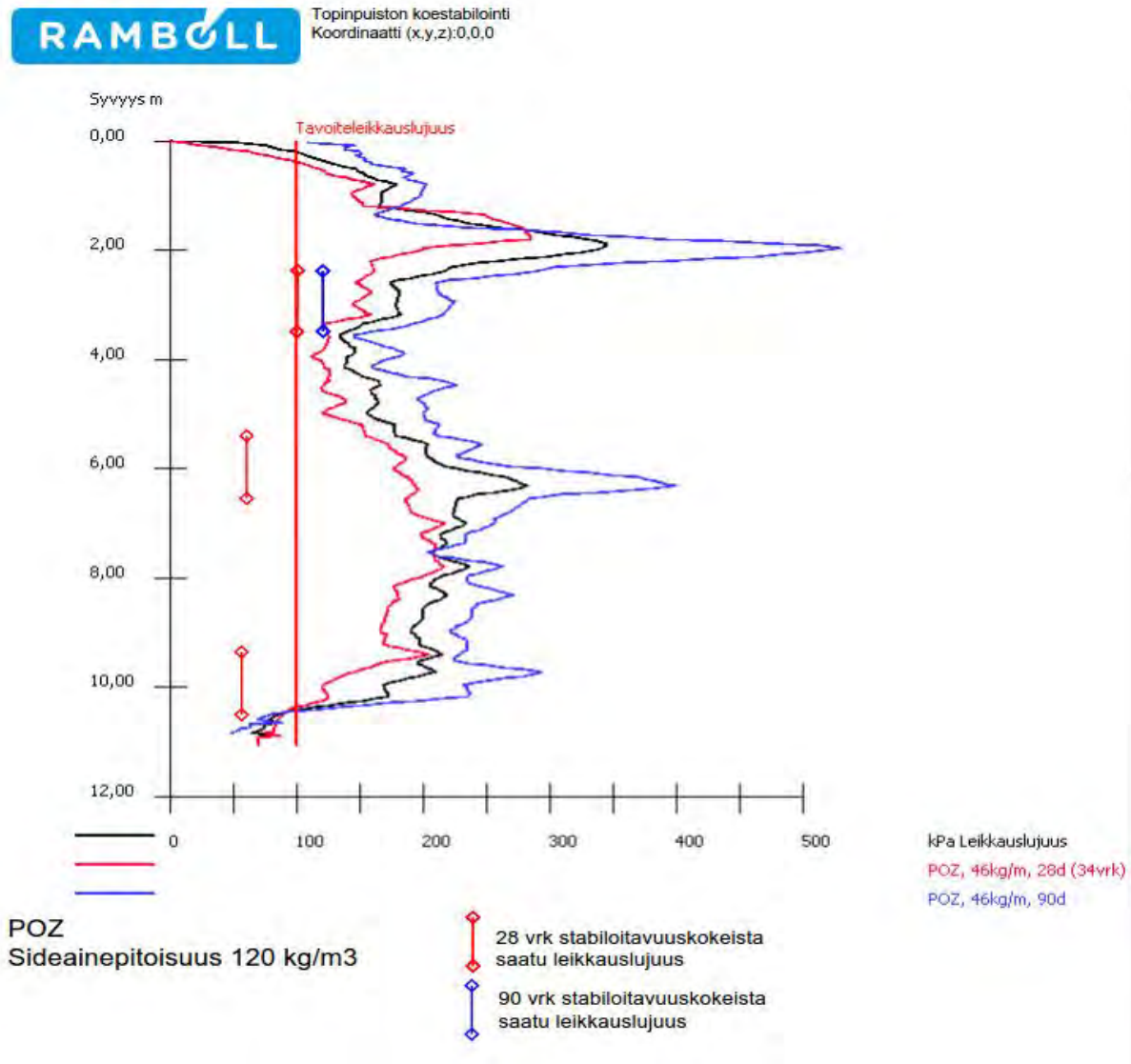
Kuva 2. Topinpuisto 2022. 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC2, sideainemäärä 100kg/m³.



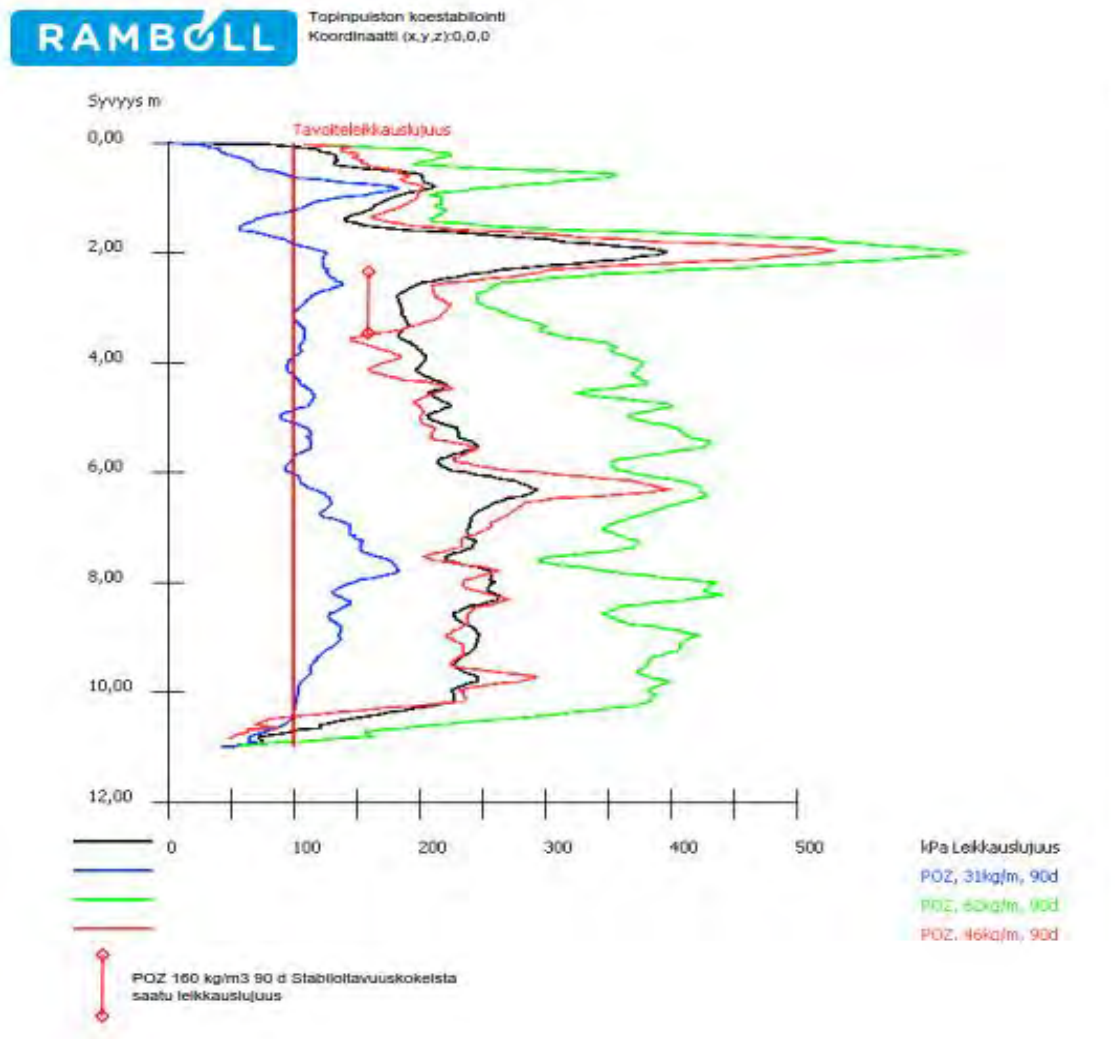
Kuva 3. Topinpuisto 2022. 28 ja 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 120kg/m³.



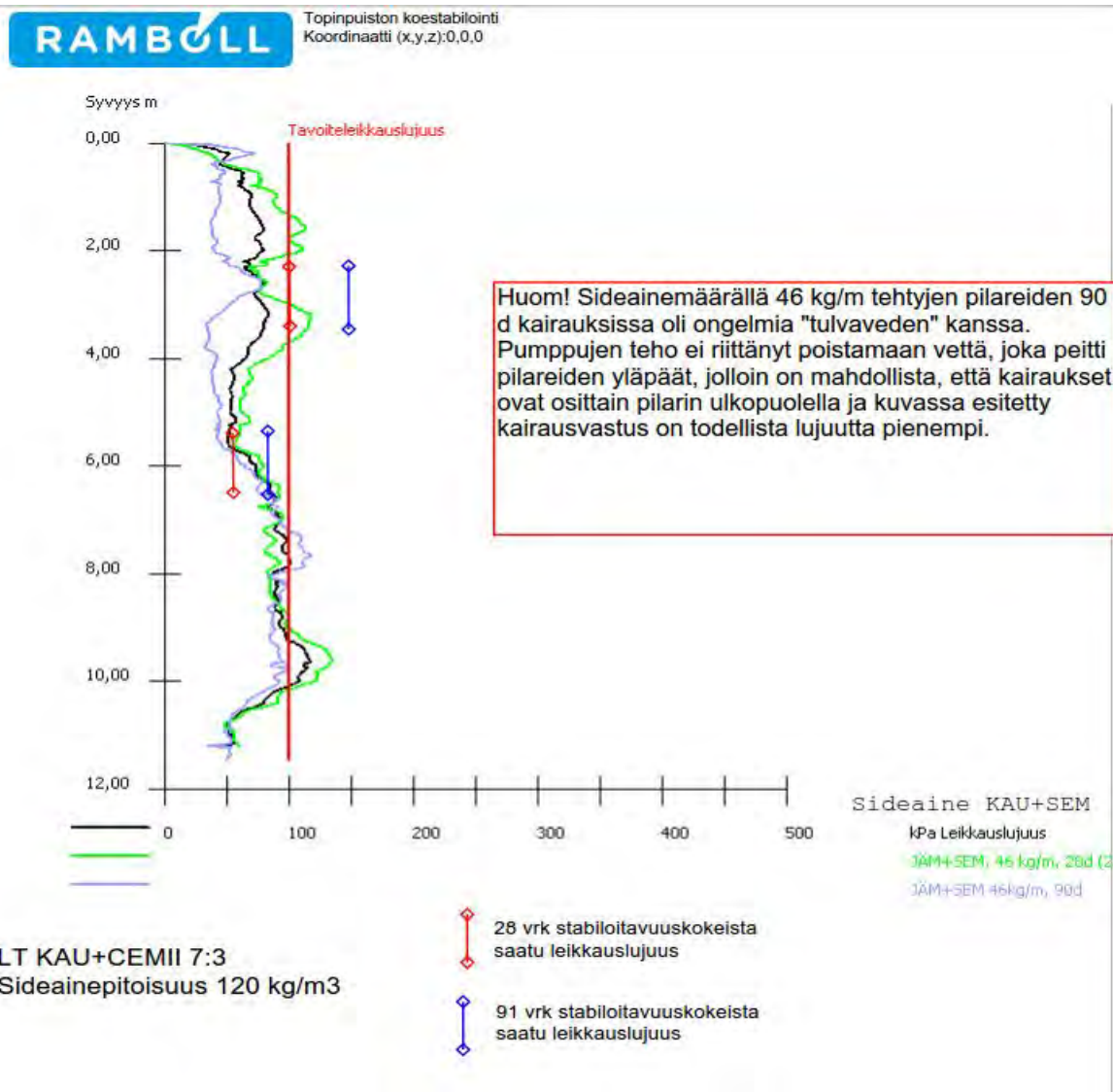
Kuva 4. Topinpuisto 2022. 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 160kg/m³.



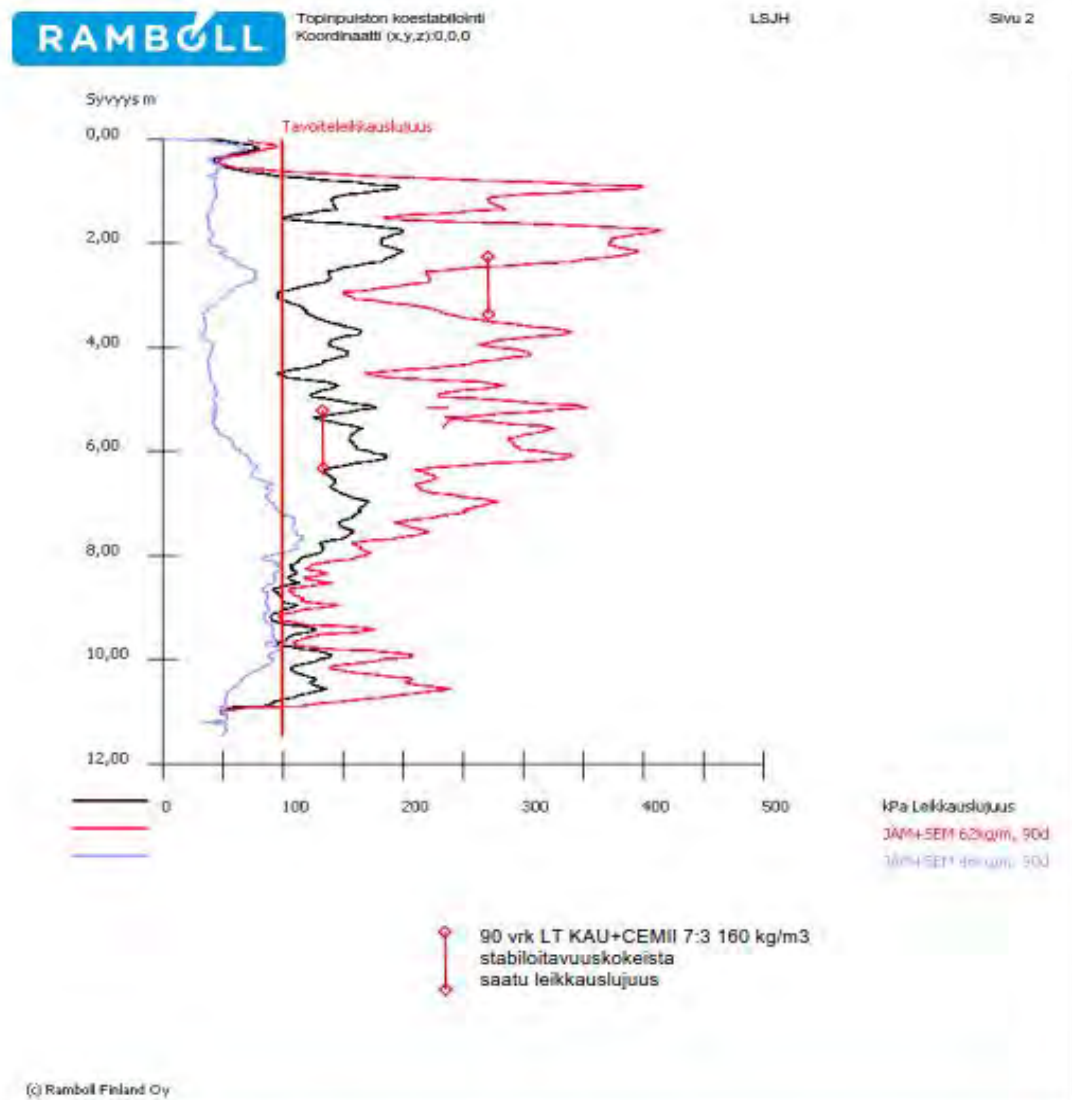
Kuva 5. Topinpuisto 2022. 28 ja 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 120kg/m³.



Kuva 6. Topinpuisto 2022. 90 d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 160kg/m³.

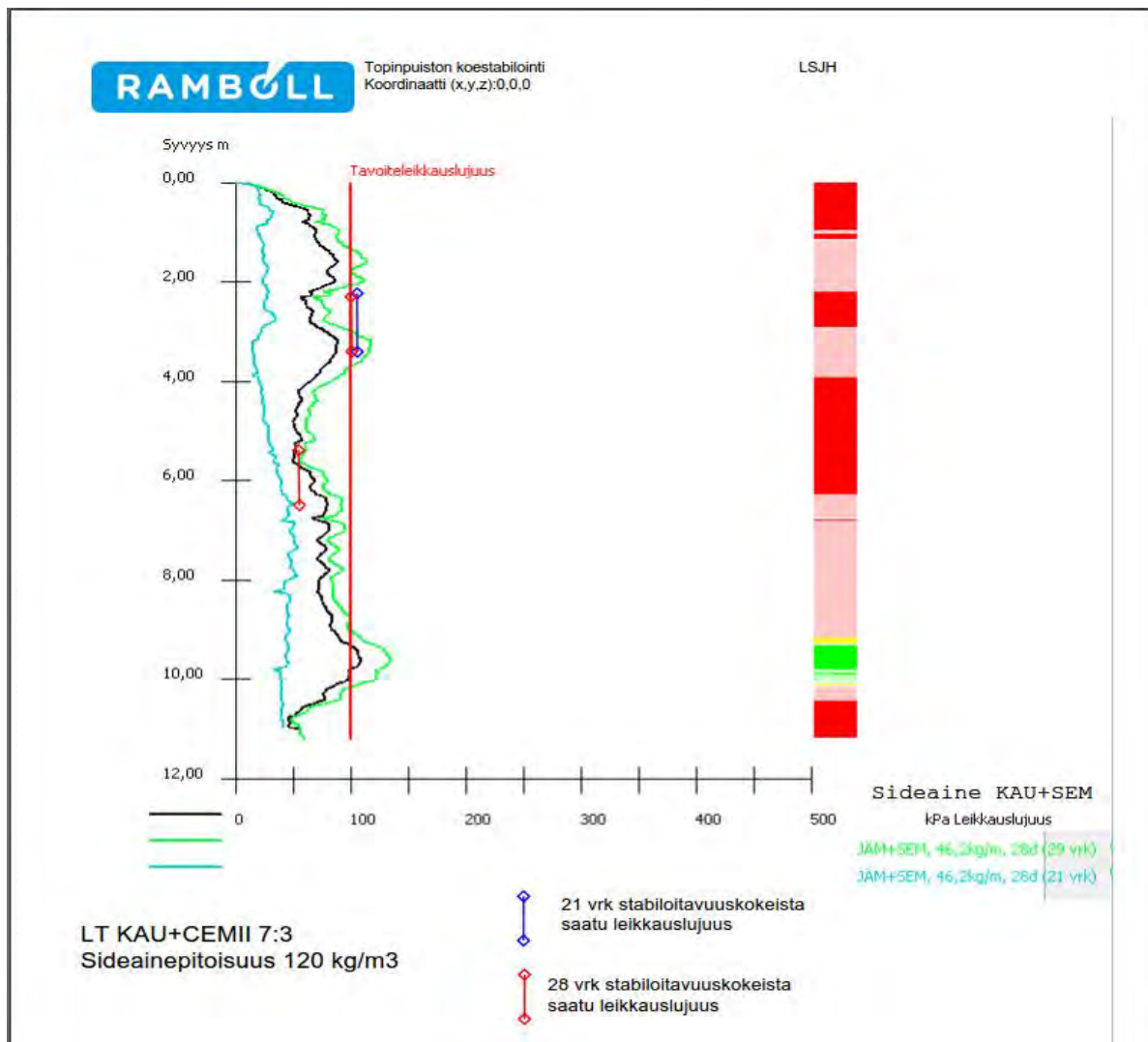


Kuva 7. Topinpuisto 2022. 28 ja 90 d laadunvalvontakairauksen ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 120kg/m³.

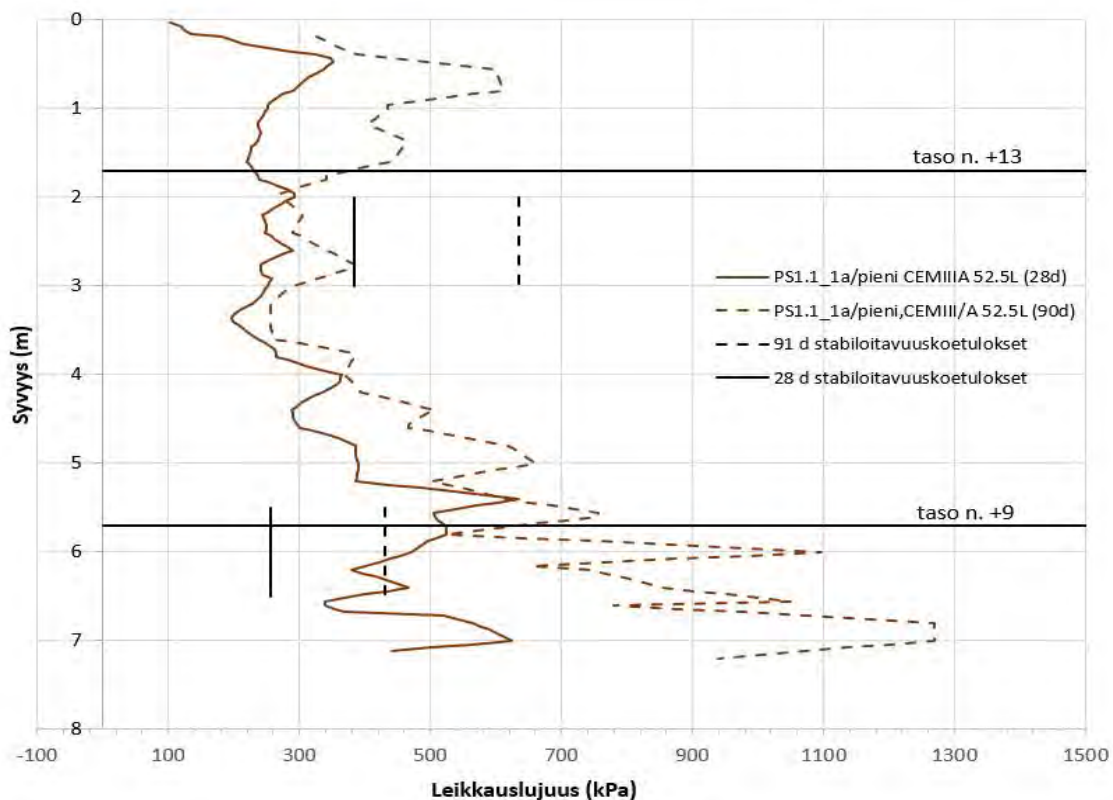


Huom! Sideainemäärällä 46 kg/m tehtyjen pilareiden kairauksessa oli ongelmia "tulvaveden" kanssa. Pumppujen teho ei riittänyt poistamaan vettä, joka peitti pilareiden yläpää, jolloin on mahdollista, että kairaukset ovat osittain pilarin ulkopuolella ja kuvassa esitetty kairausvastus on todellista lujuutta pienempi.

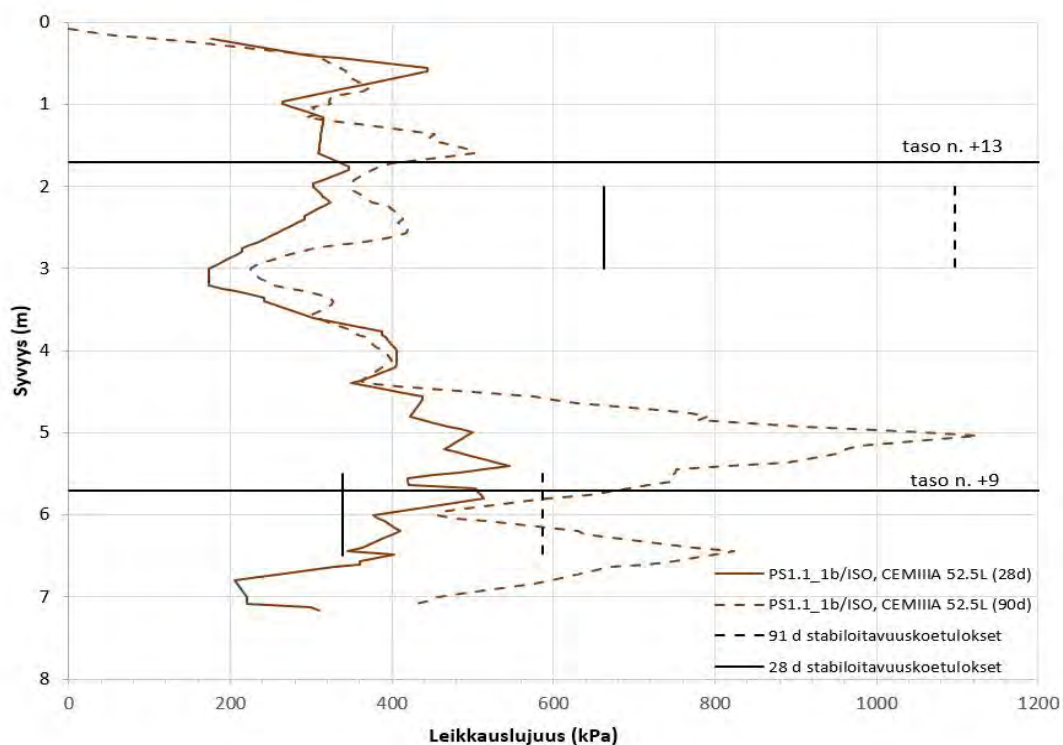
Kuva 8. Topinpuisto 2022. 90 d laadunvalvontakairauksen ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 160kg/m³.



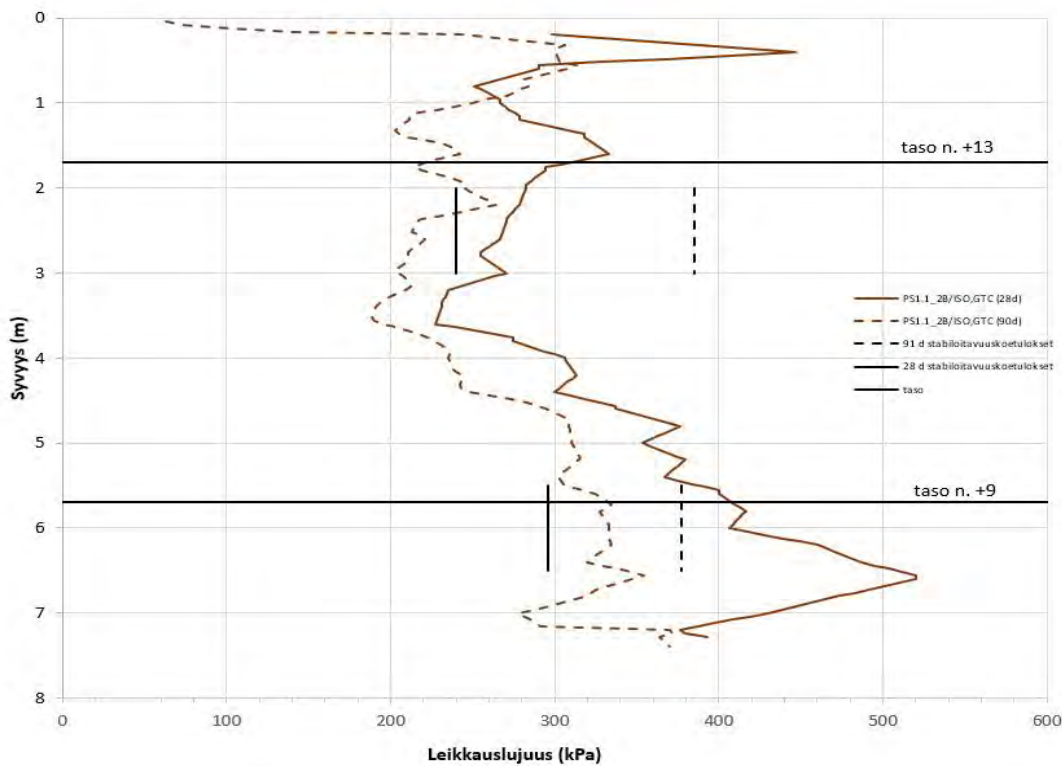
Kuva 9. Topinpuisto 2022. 21 ja 28 d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 120kg/m³.



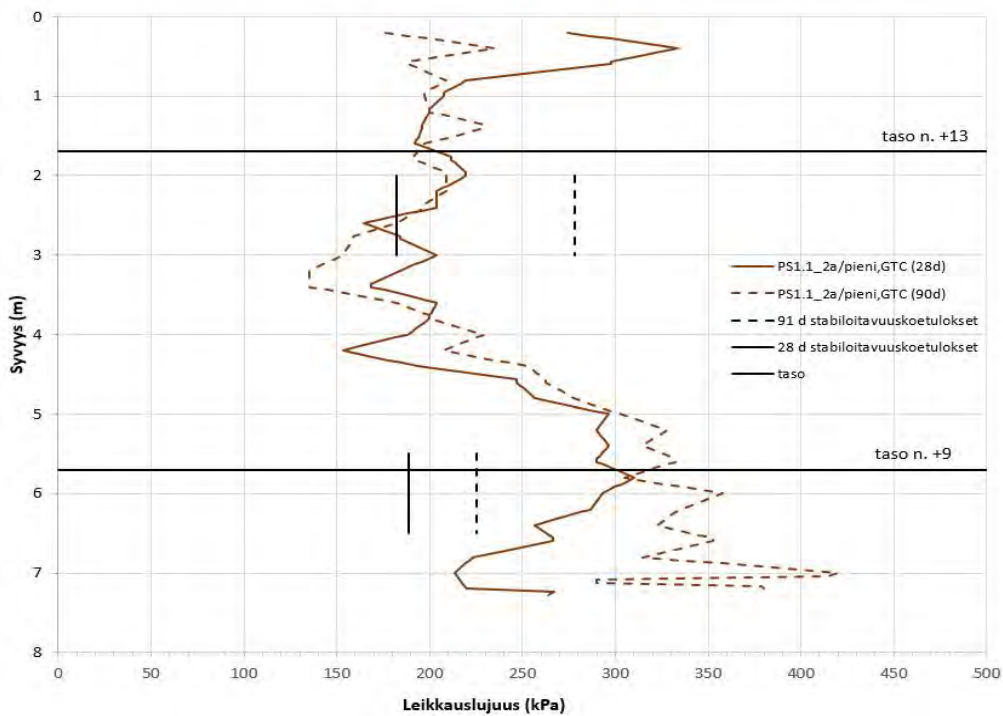
Kuva 1. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/A, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³.



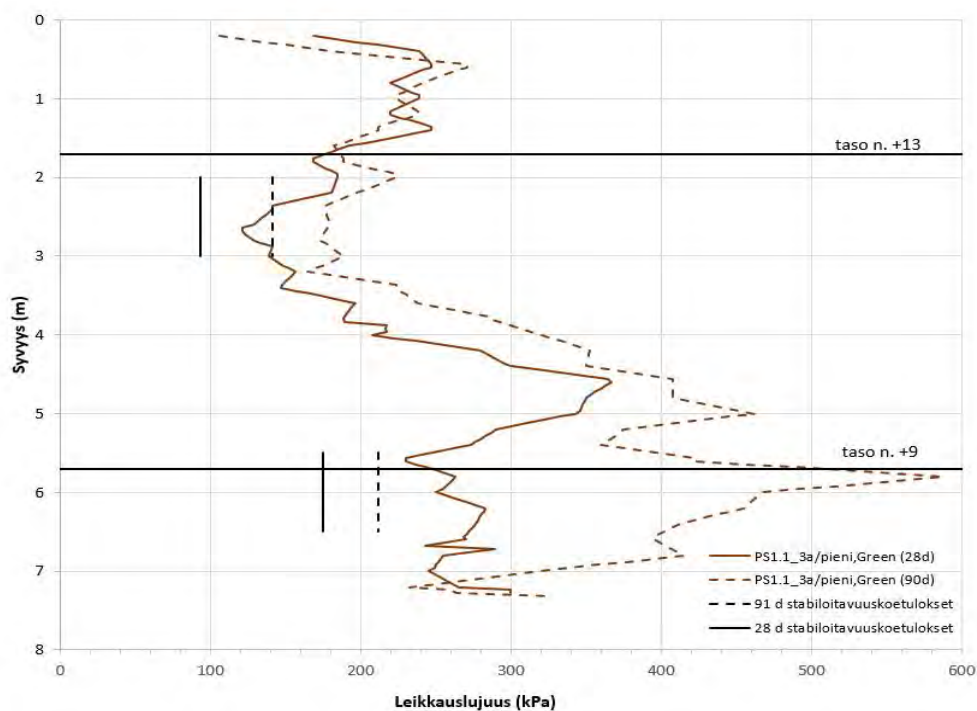
Kuva 2. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/A, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



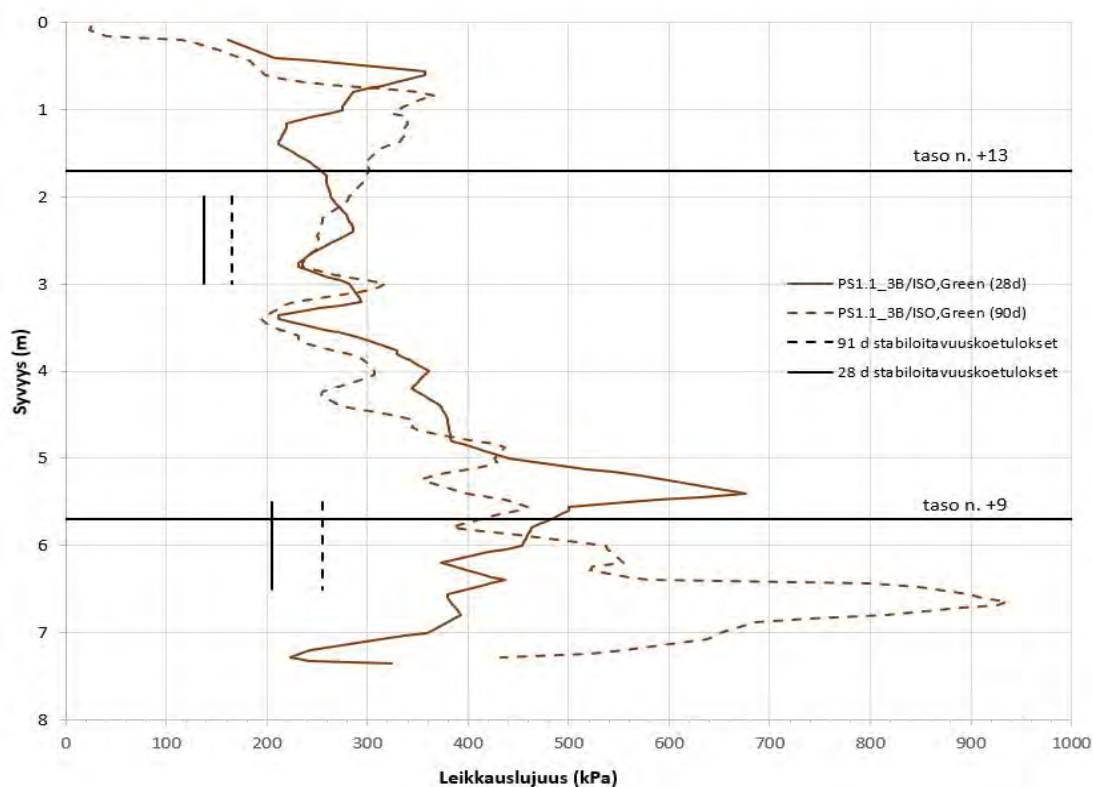
Kuva 3. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloituuskoekeskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella. Syytä siihen, miksi 90 d lujittuneiden pilareiden kairauksilla määritetty lujuus on pienempi kuin 28 d lujittuneiden, ei ole löydetty. Mahdolliset virheet pilareiden tunnistamisessa, paikalleen mittauksessa, tms. on poissuljettu.



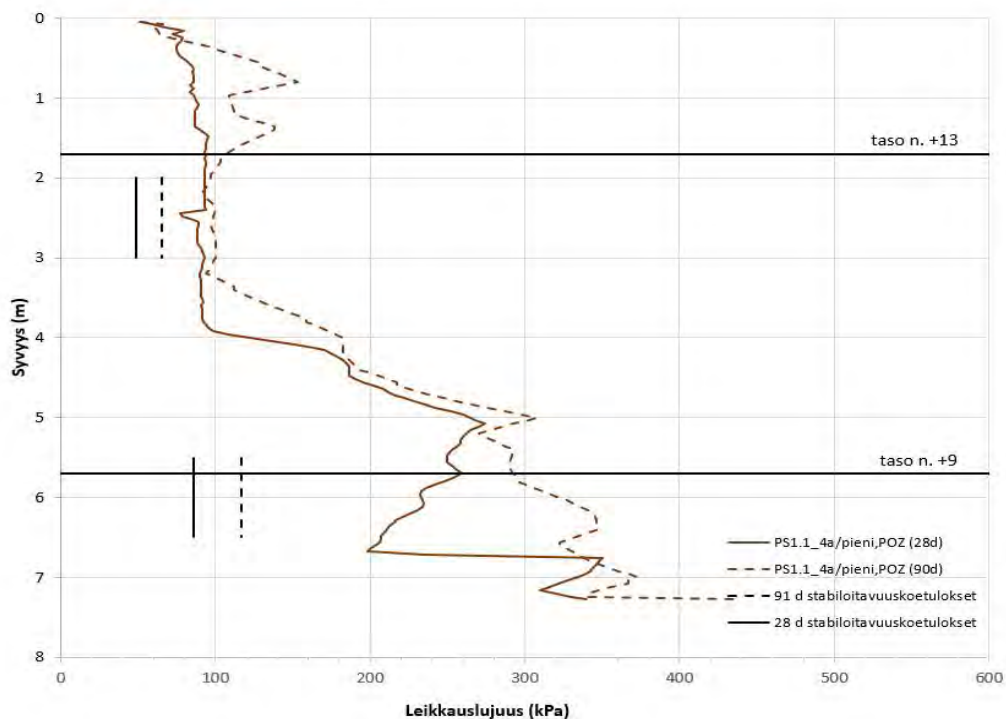
Kuva 4. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloituuskoekeskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³.



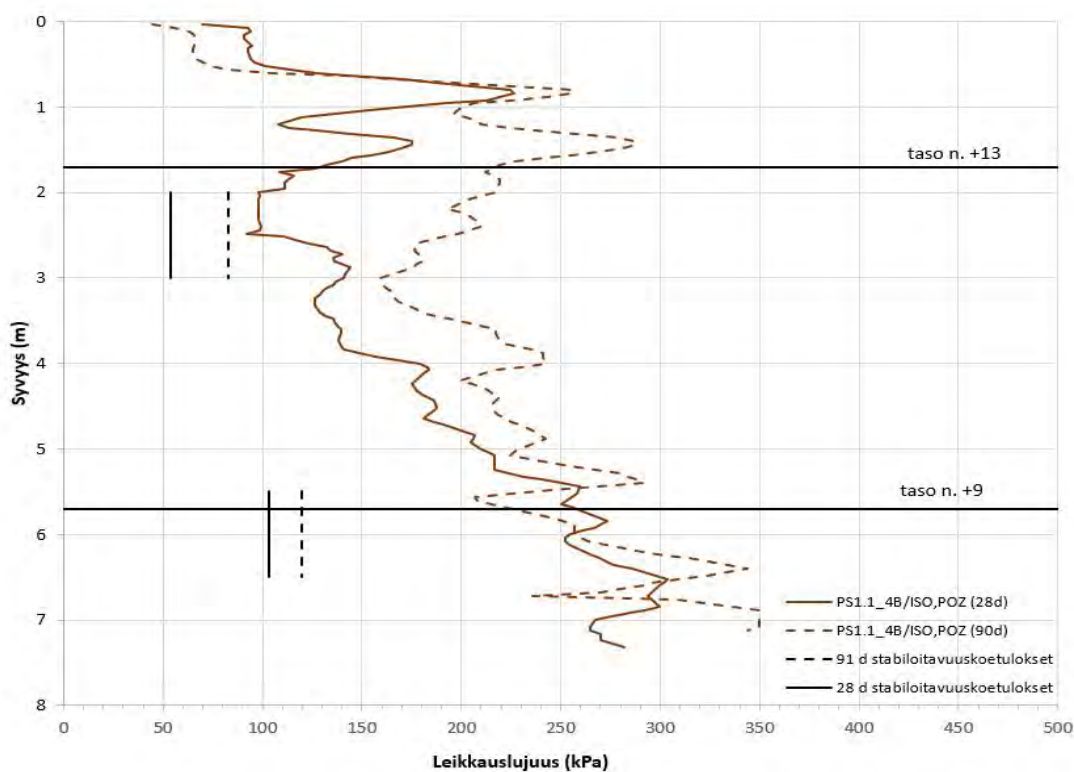
Kuva 5. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³.



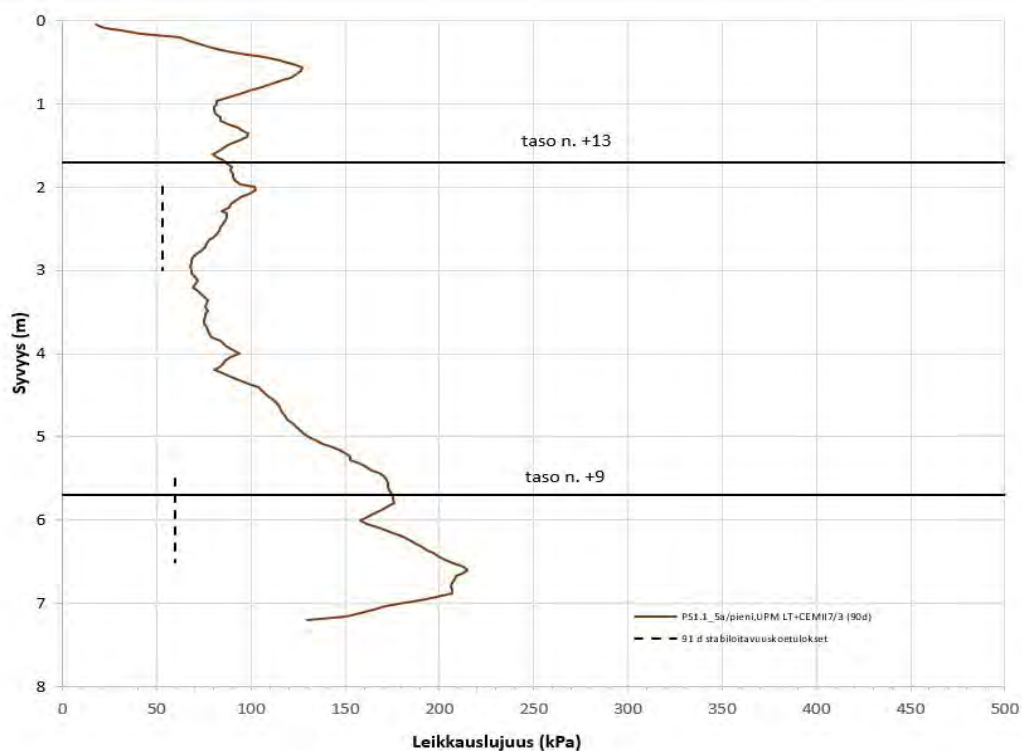
Kuva 6. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



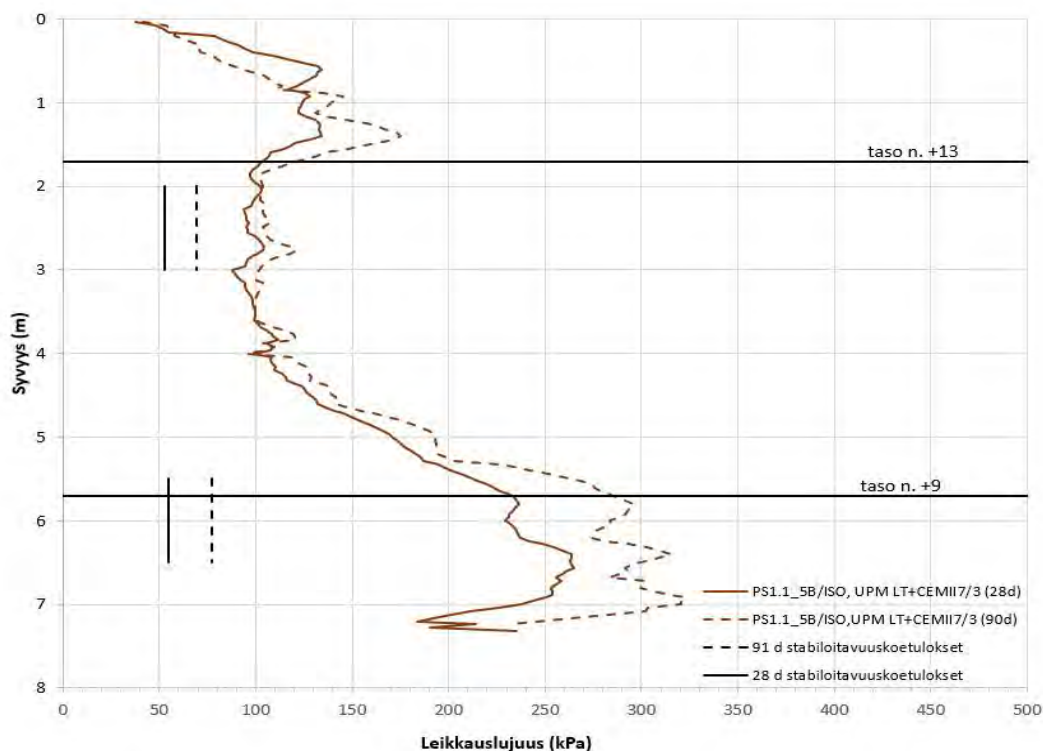
Kuva 8. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³.



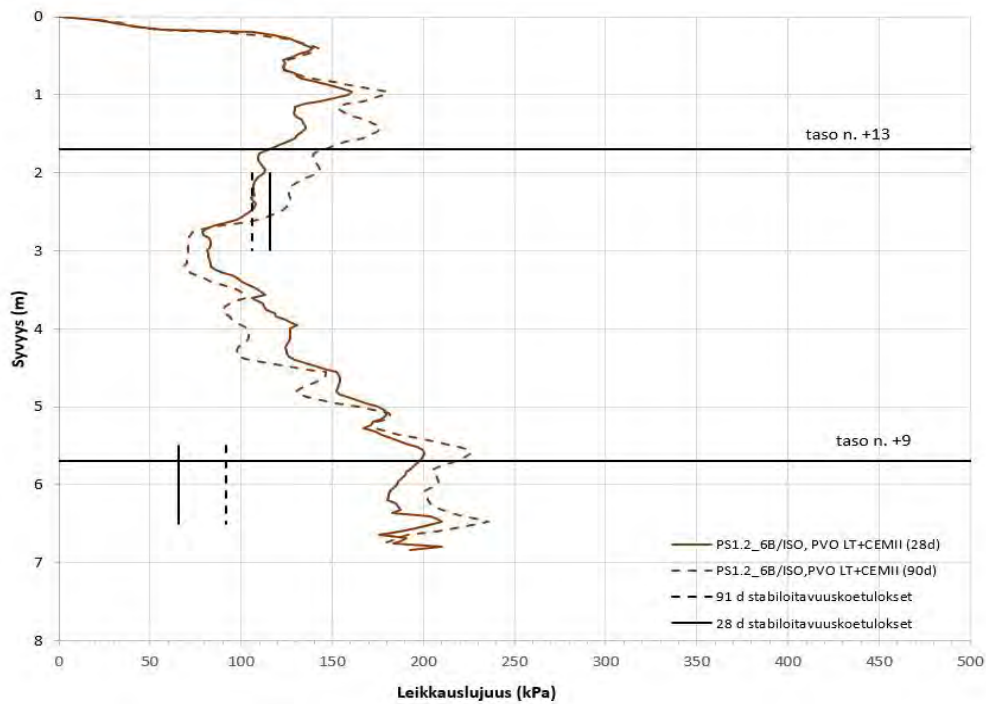
Kuva 9. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



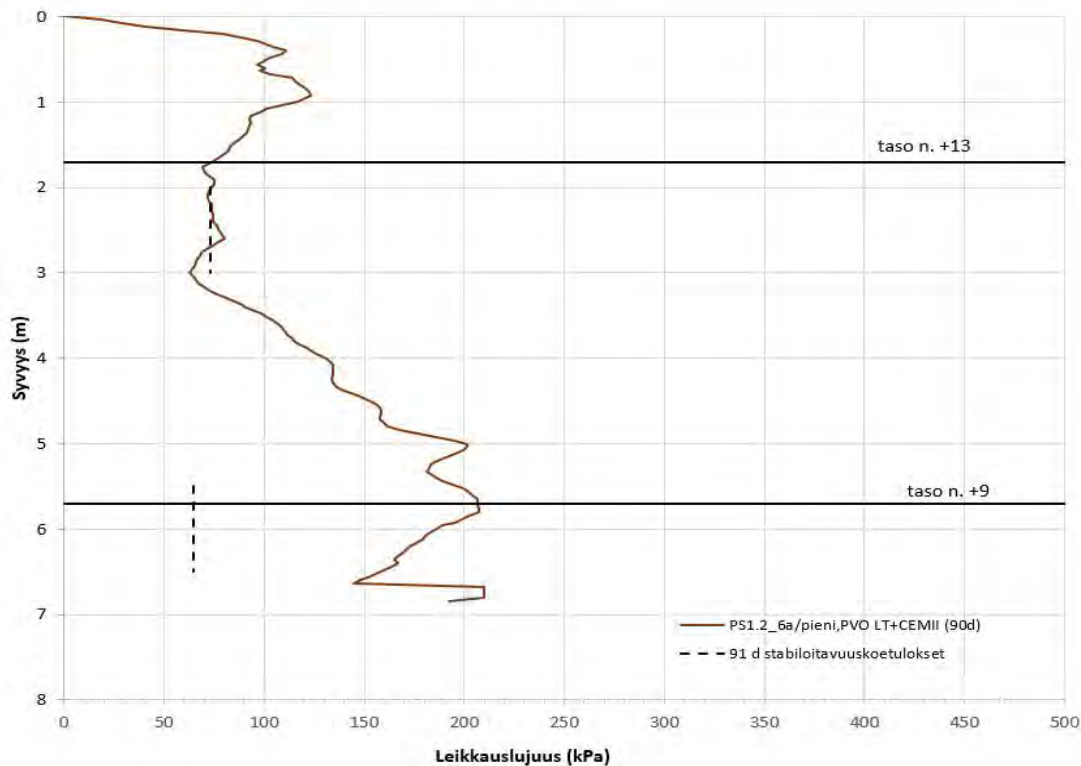
Kuva 10. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskoekiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT JAM+CEMII 7:3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



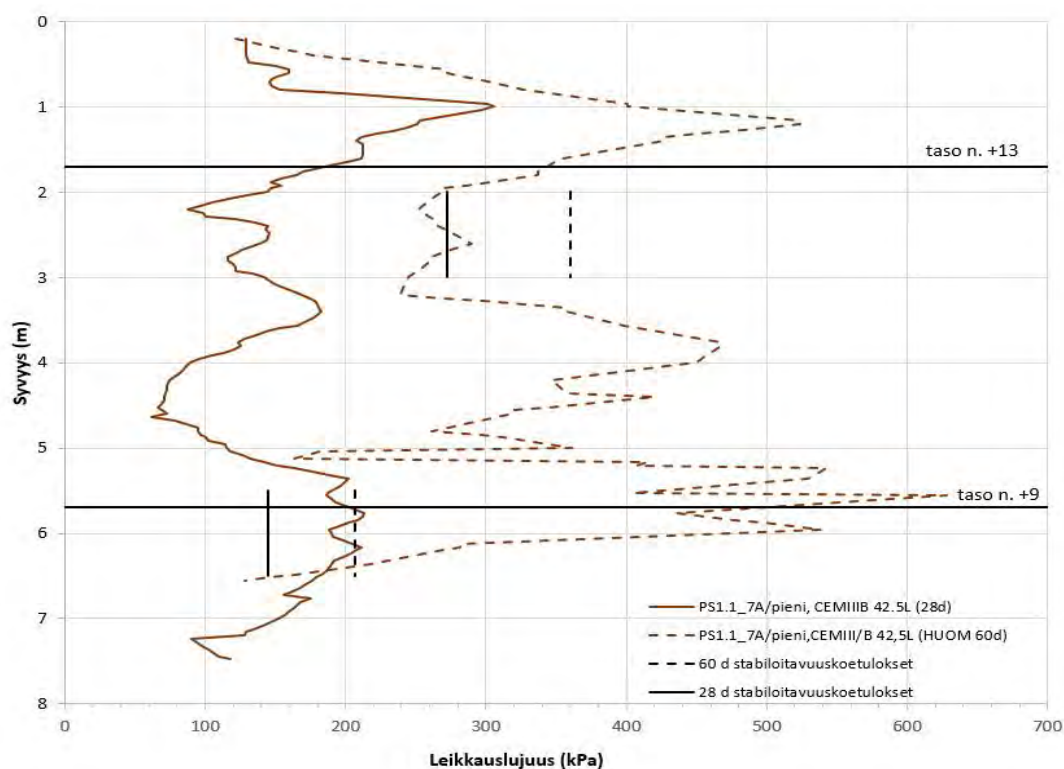
Kuva 11. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskoekiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT JAM+CEMII 7:3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



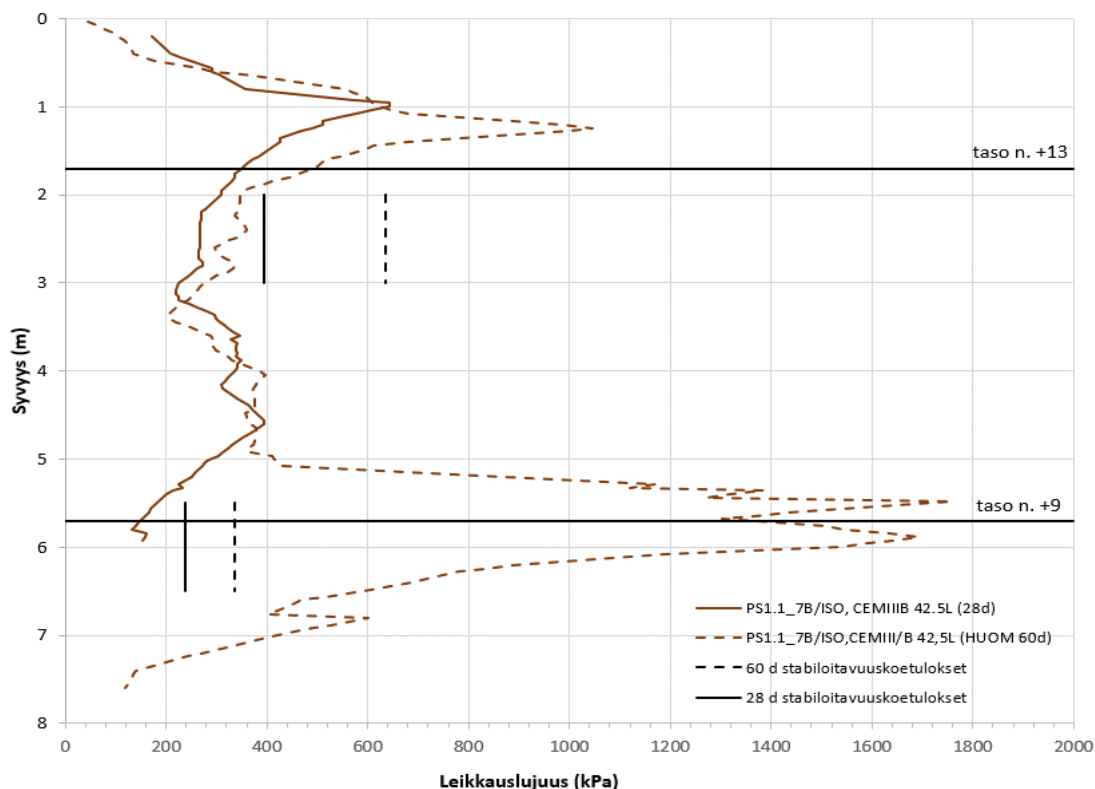
Kuva 12. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointikokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT KAU+CEMII 7:3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



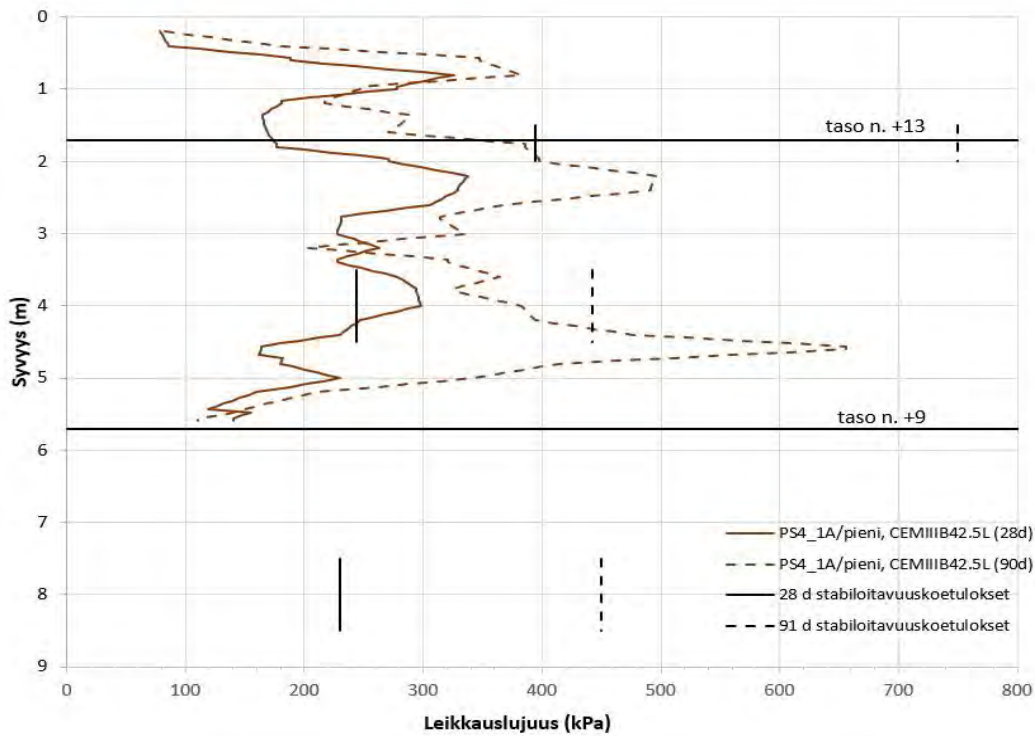
Kuva 13. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointikokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine LT KAU+CEMII 7:3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



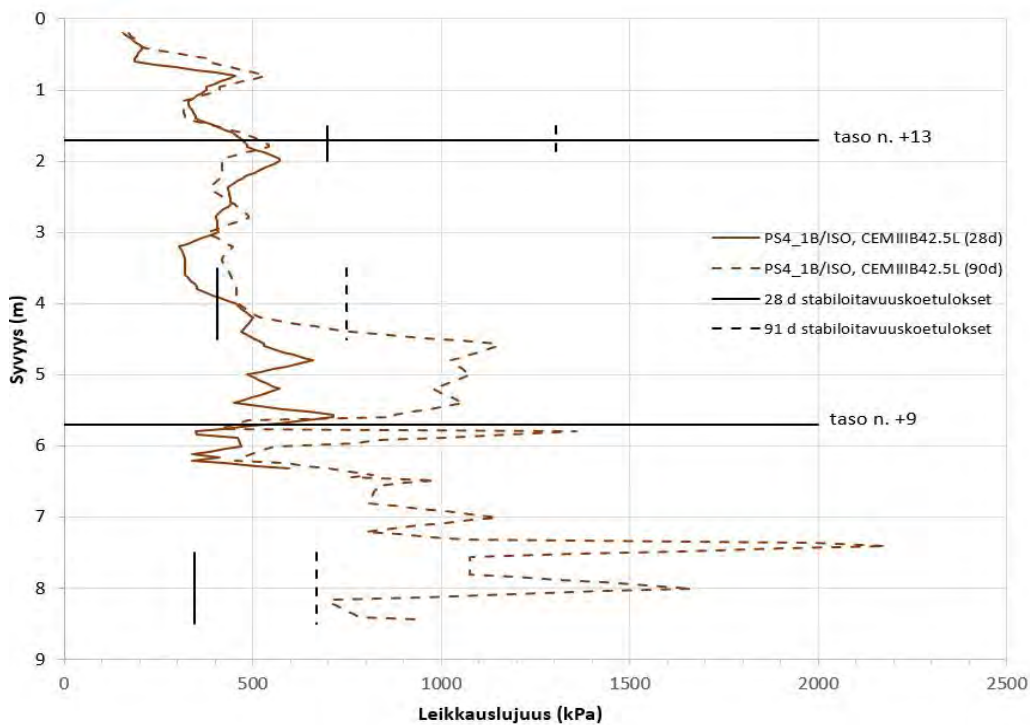
Kuva 14. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 60 d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskoekiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIIIB, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja tason +9 alapuolella 100 kg/m³.



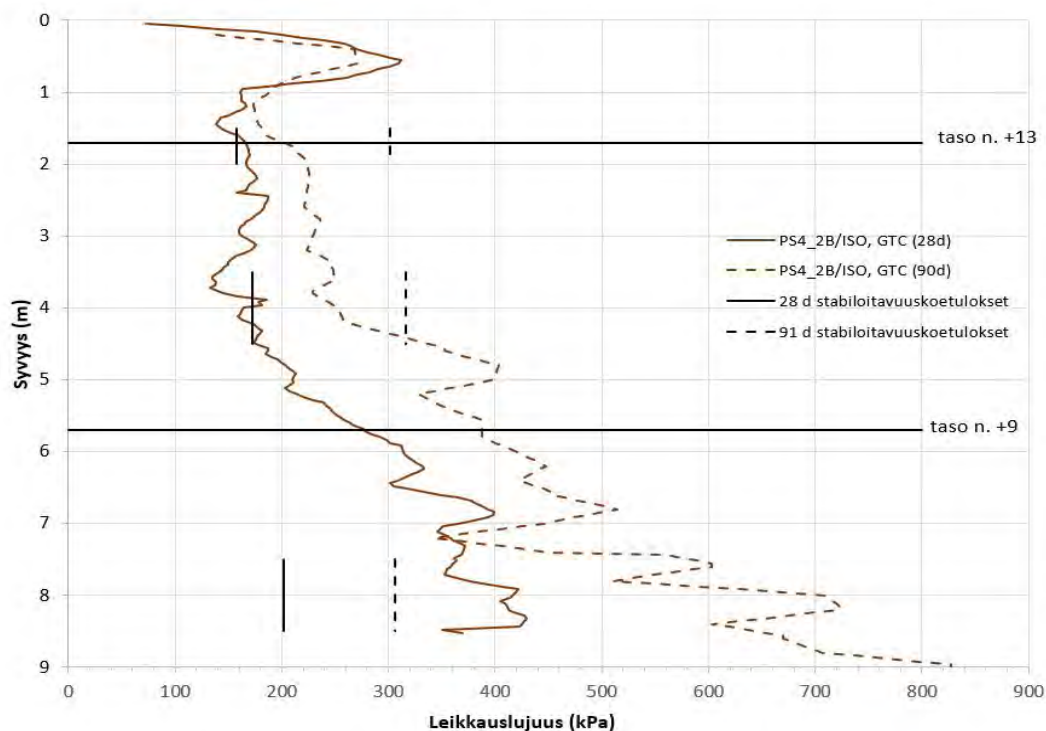
Kuva 15. Malminkenttä 2022, koealue PS1. 28 ja 60 d laadunvalvontakairausten ja stabiilitavuuskoekiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIIIB, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



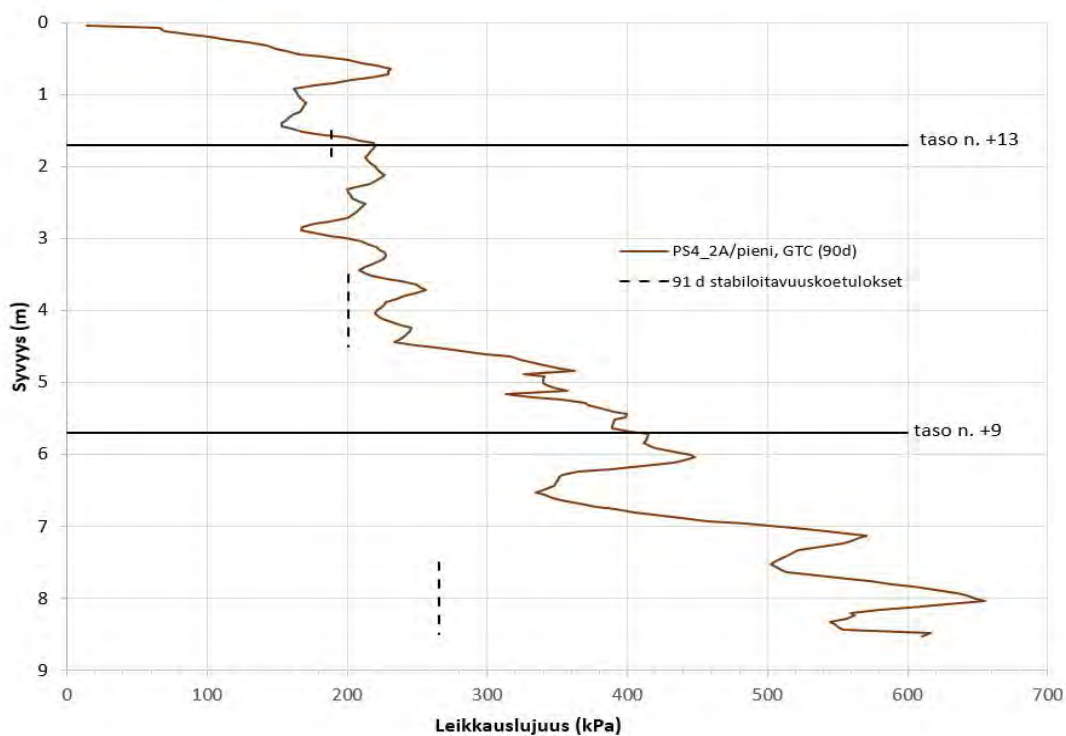
Kuva 16. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/B, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100kg/m³ tason +9 alapuolella.



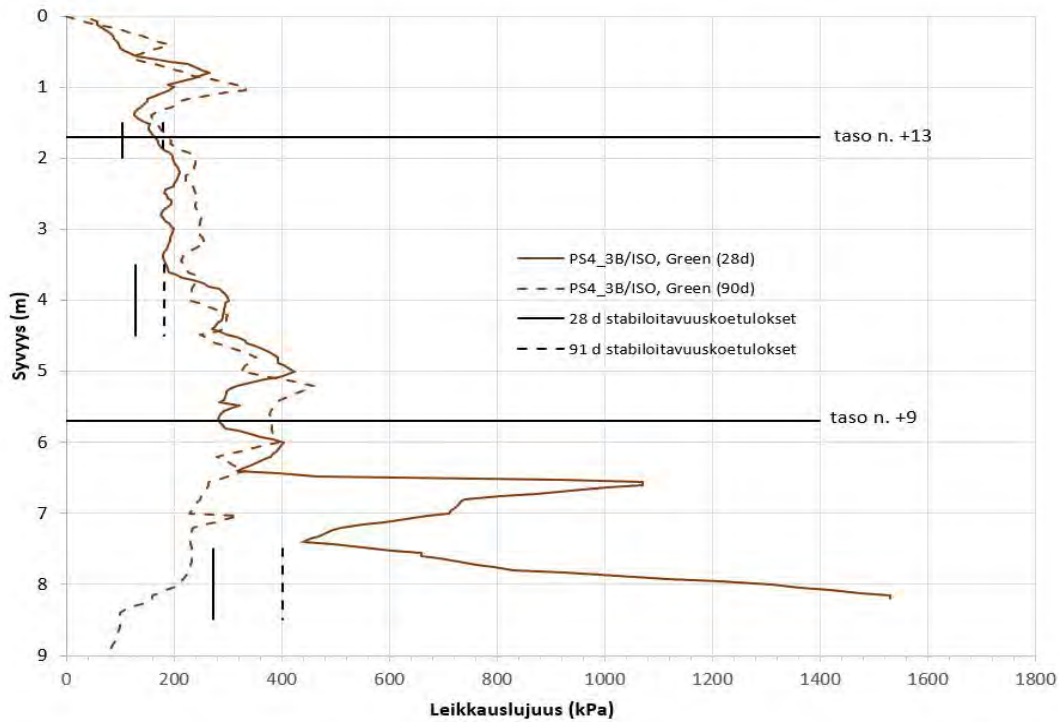
Kuva 17. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/B, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



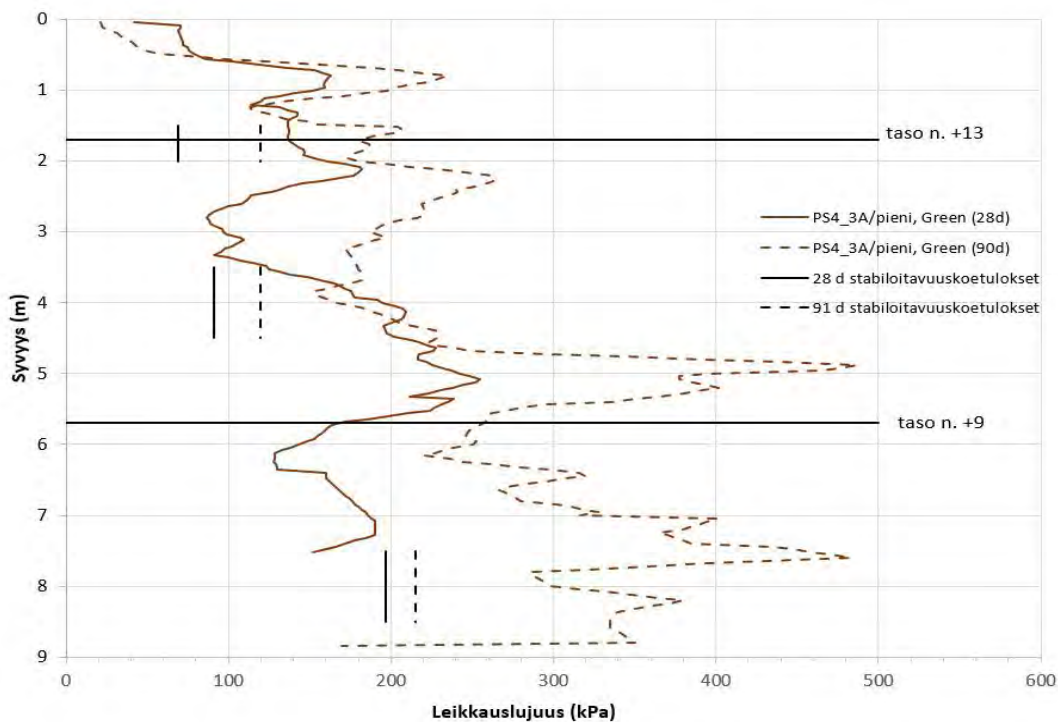
Kuva 18. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakirausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



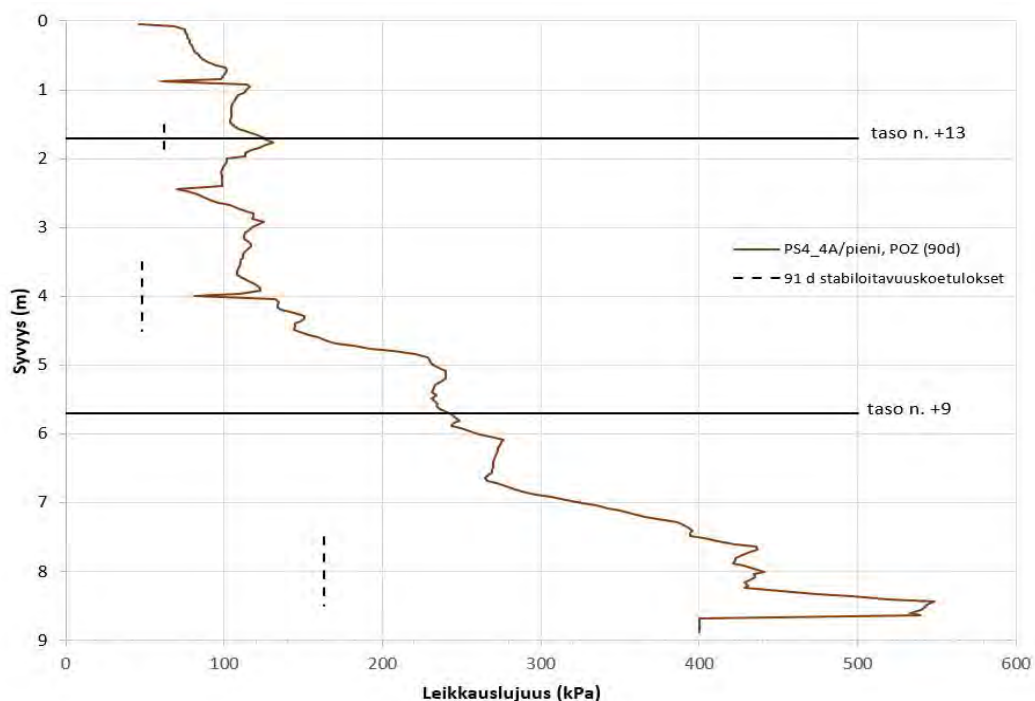
Kuva 19. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 90d laadunvalvontakirausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella.



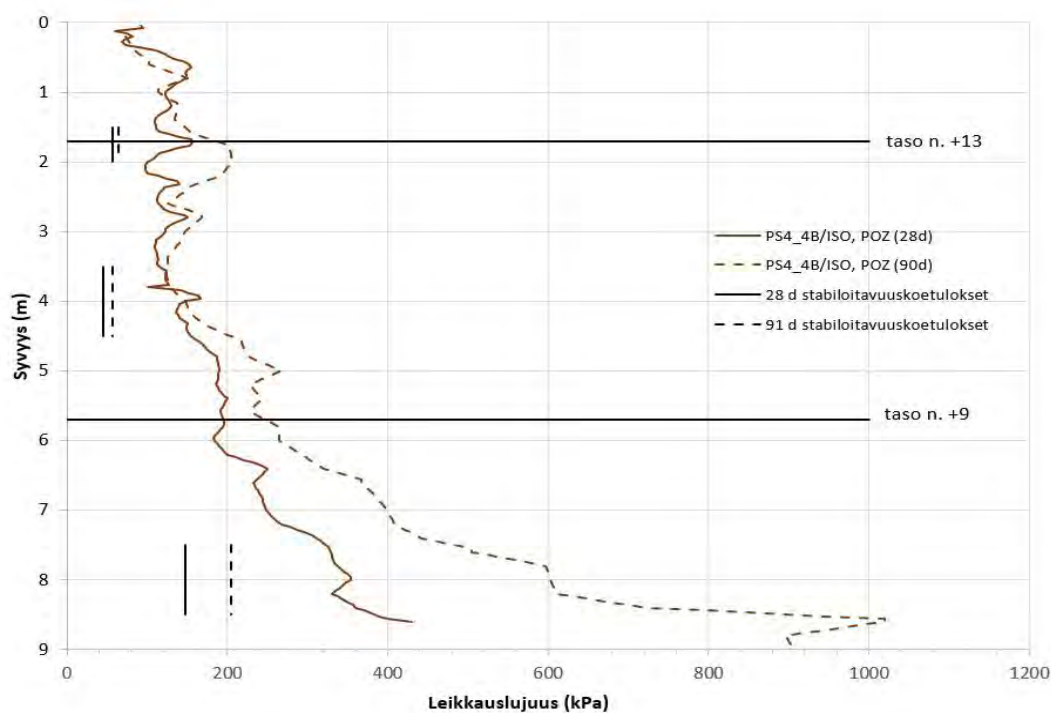
Kuva 20. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



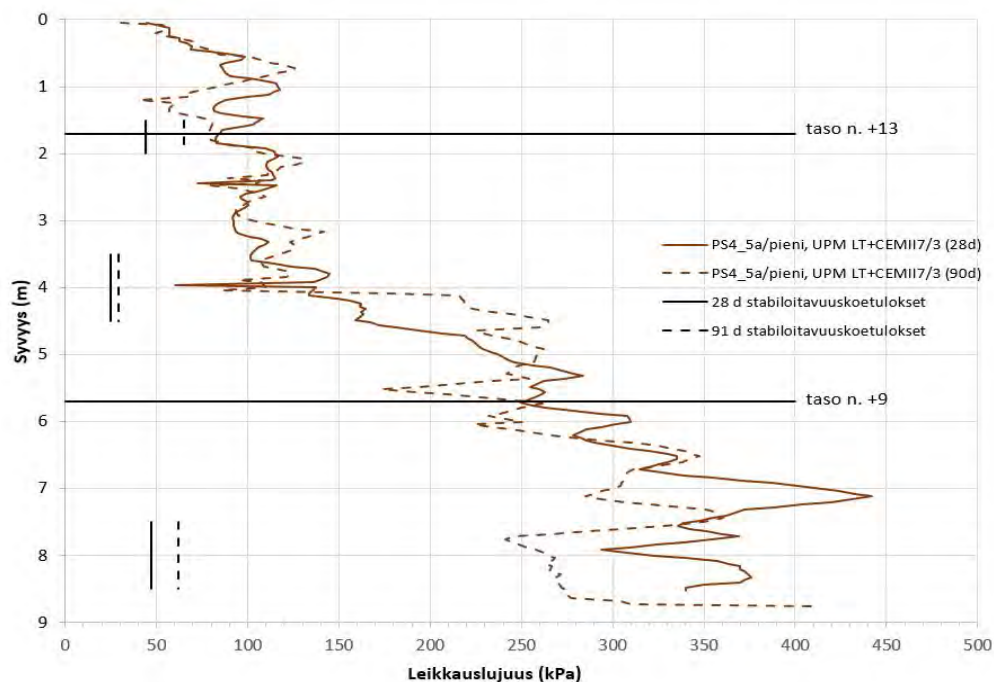
Kuva 21. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella.



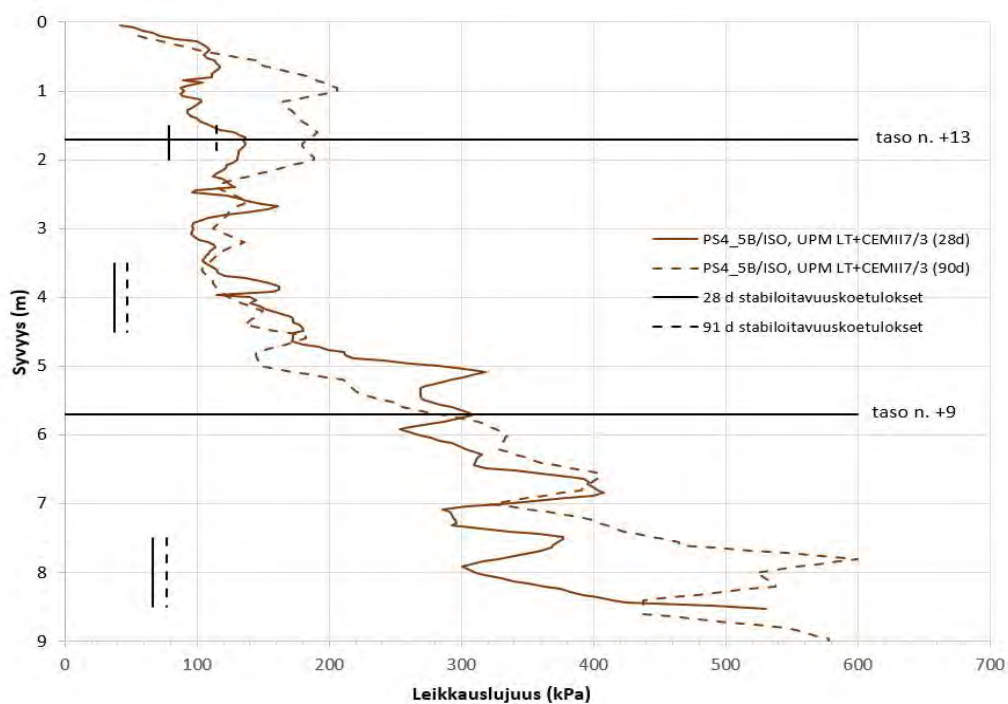
Kuva 22. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella.



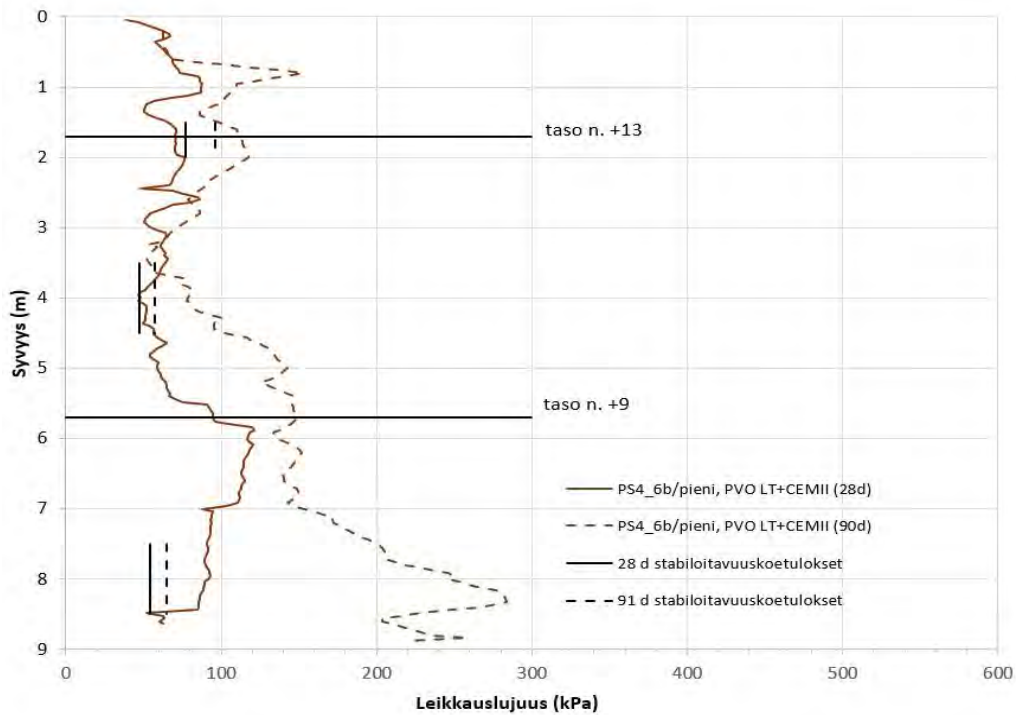
Kuva 23. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



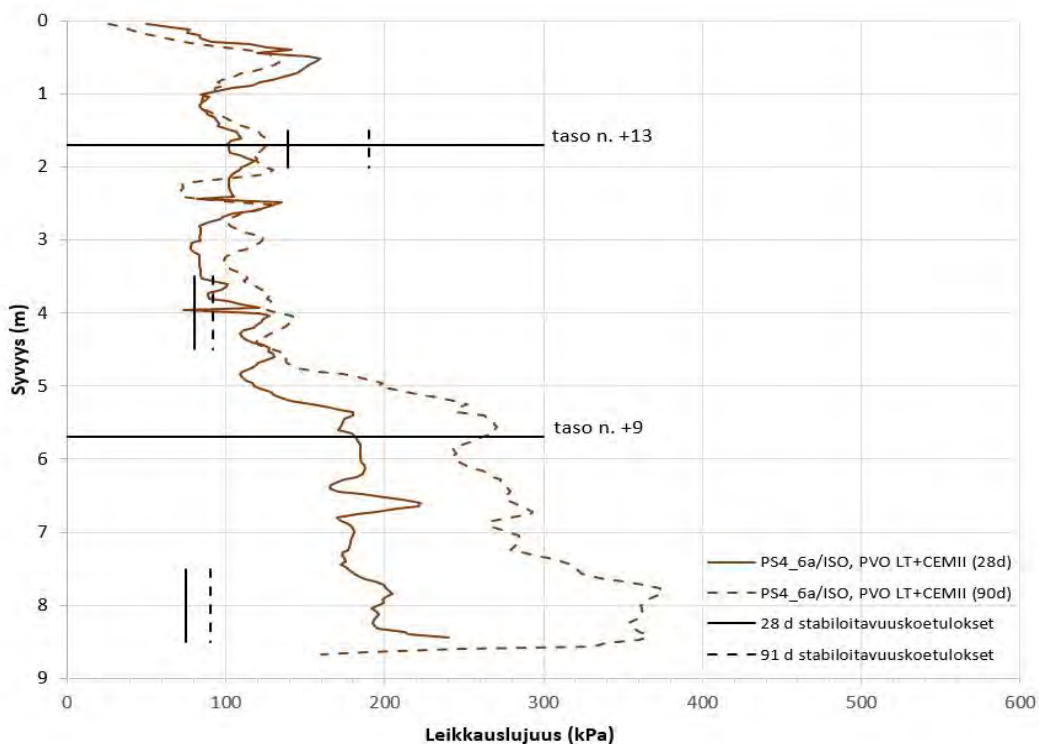
Kuva 24. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine JAM LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



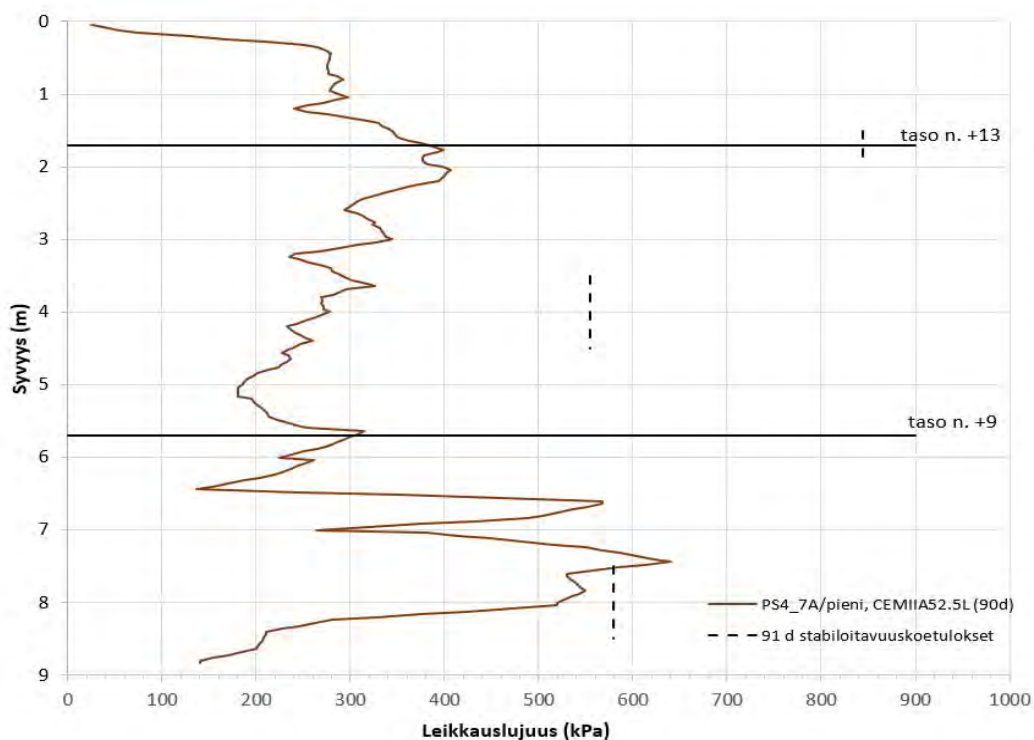
Kuva 25. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine JAM LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



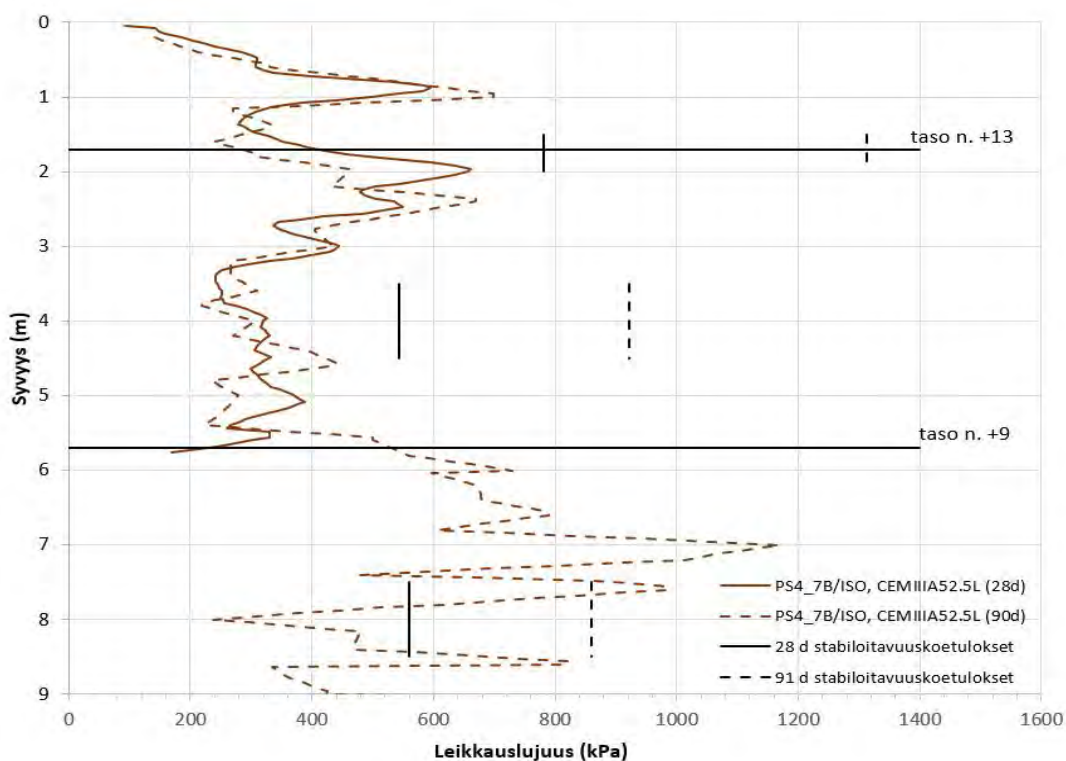
Kuva 26. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



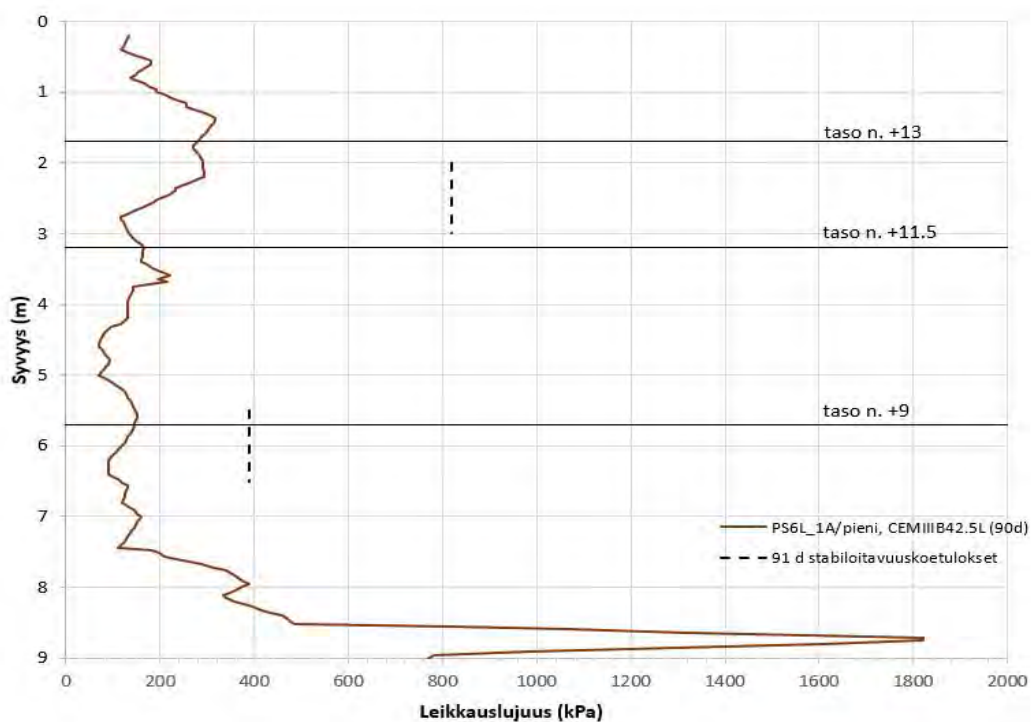
Kuva 27. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



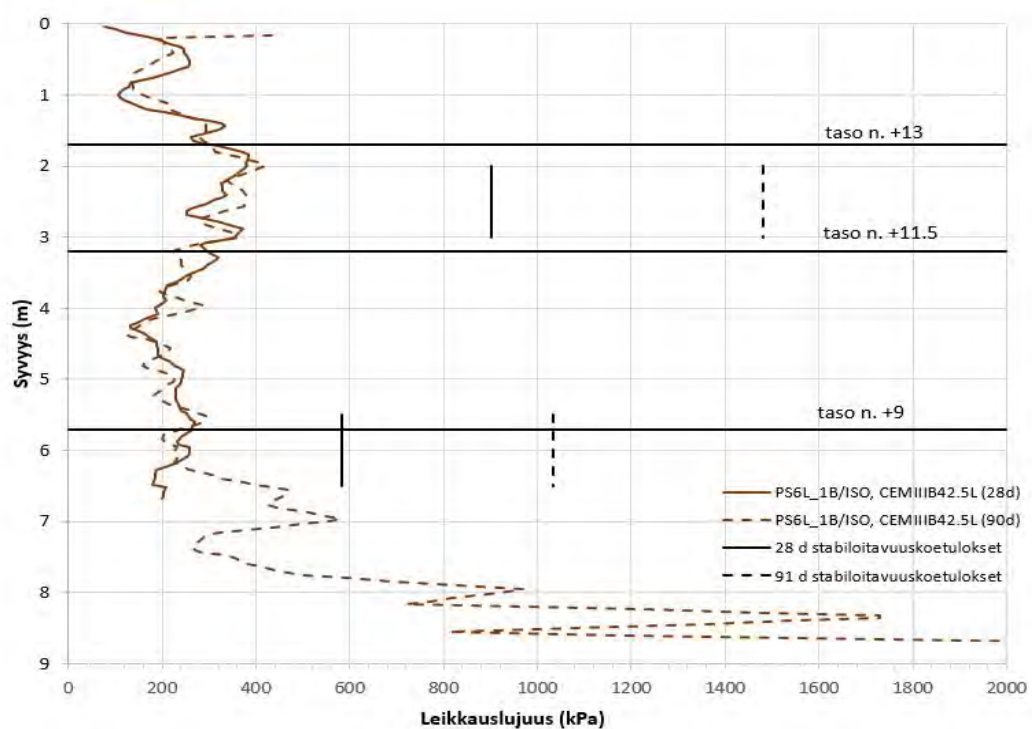
Kuva 28. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEM III/A, sideainemäärä 150 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 120 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 100 kg/m³ tason +9 alapuolella.



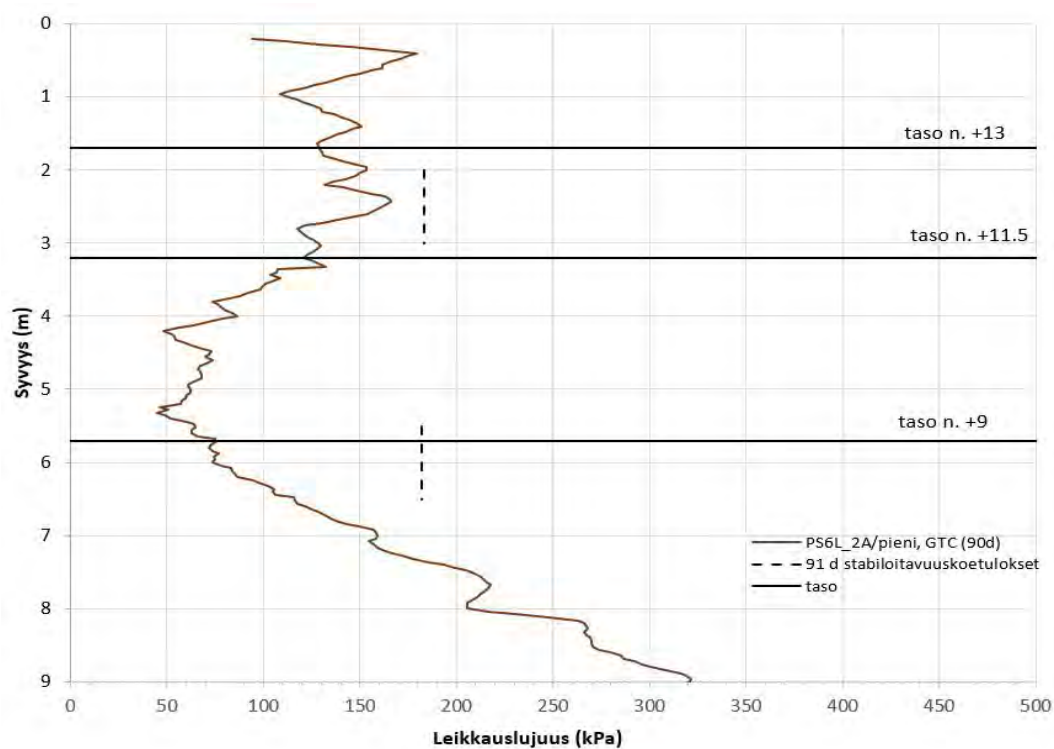
Kuva 29. Malminkenttä 2022, koealue PS4. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEM III/A, sideainemäärä 200 kg/m³ tason +13 yläpuolella, 150 kg/m³ tasolla +9...+13 ja 120 kg/m³ tason +9 alapuolella.



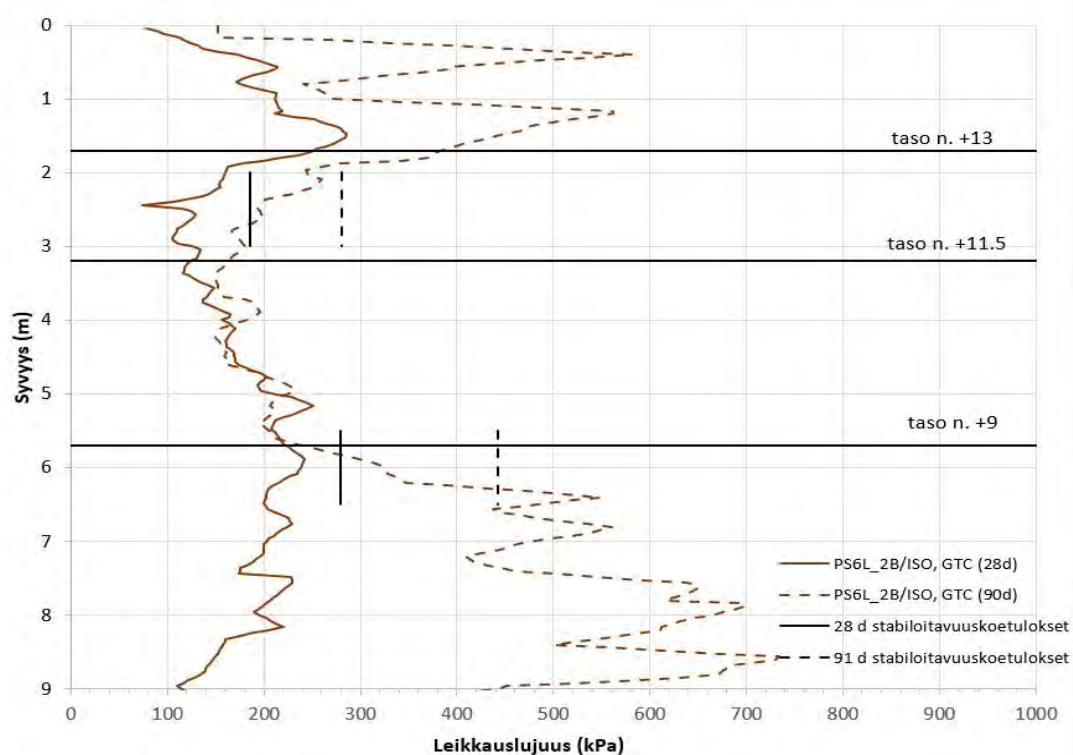
Kuva 30. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/B, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



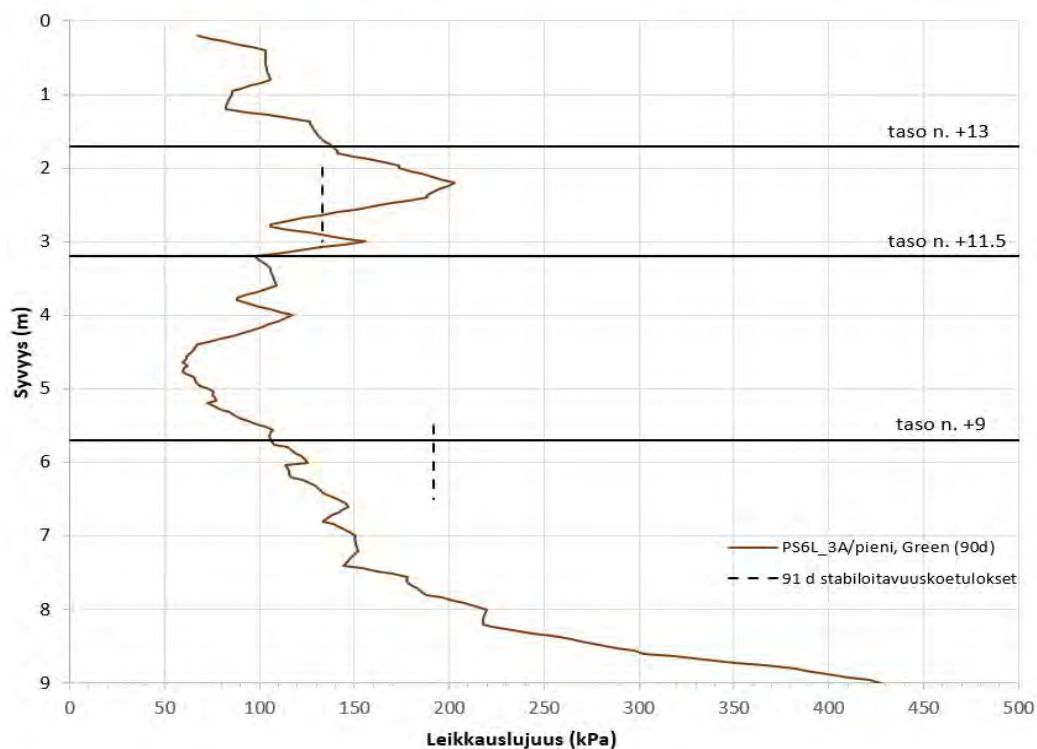
Kuva 31. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEMIII/B, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



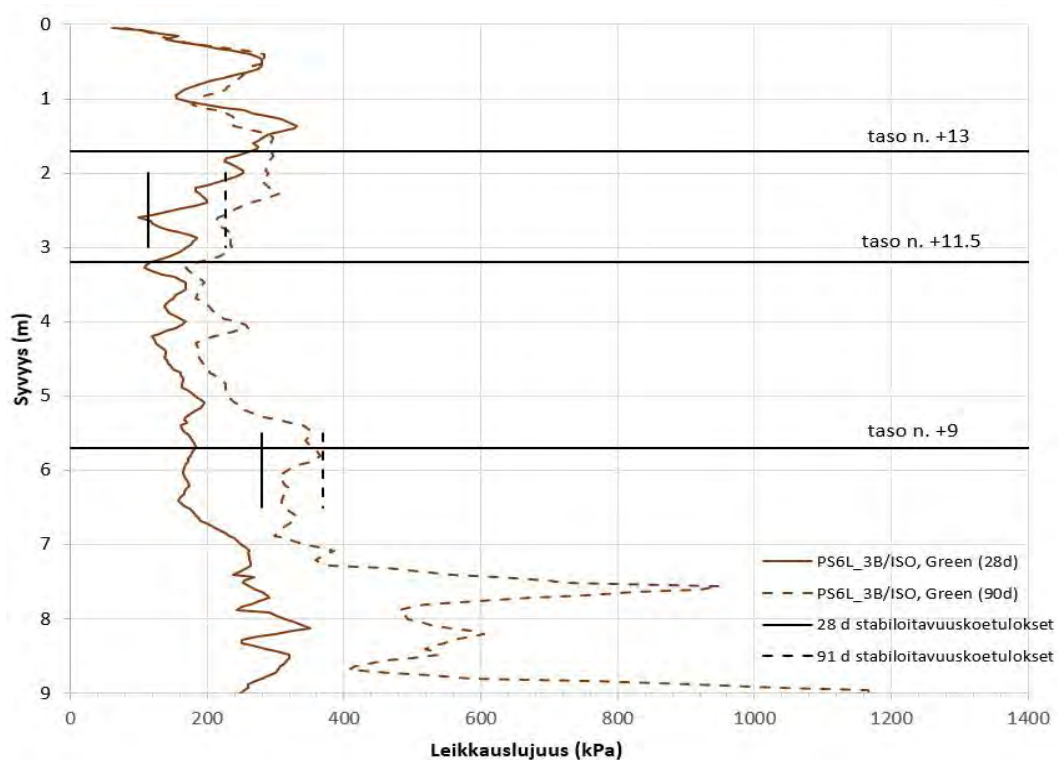
Kuva 32. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



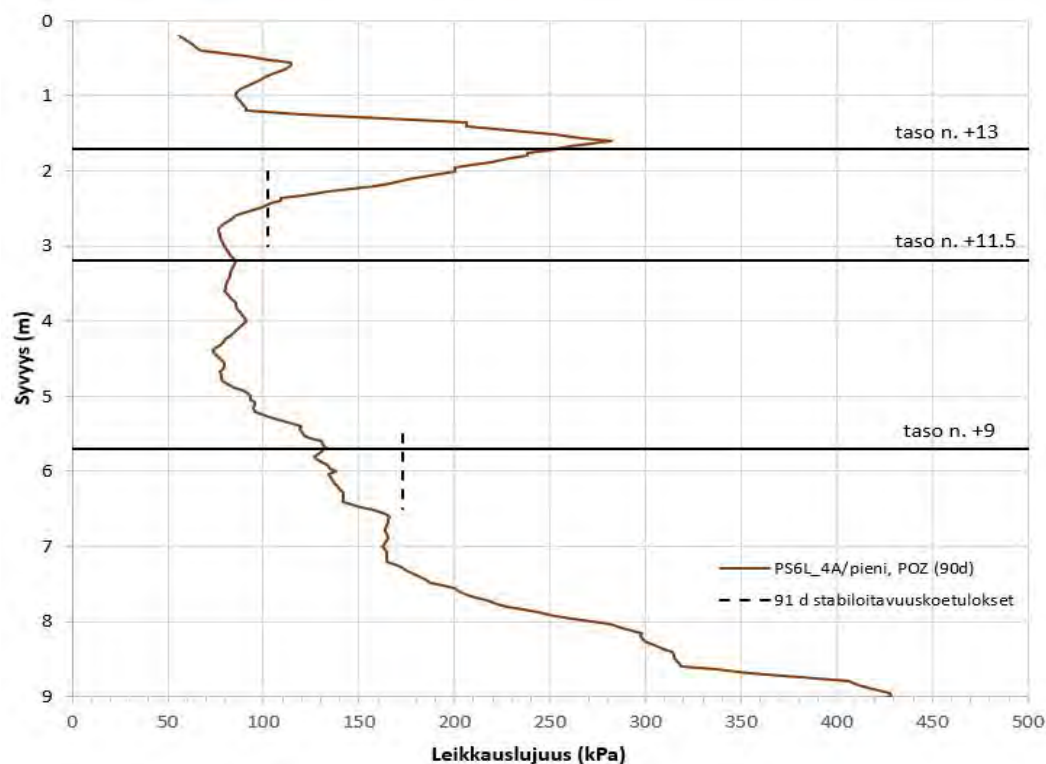
Kuva 33. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabilointavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine GTC3, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



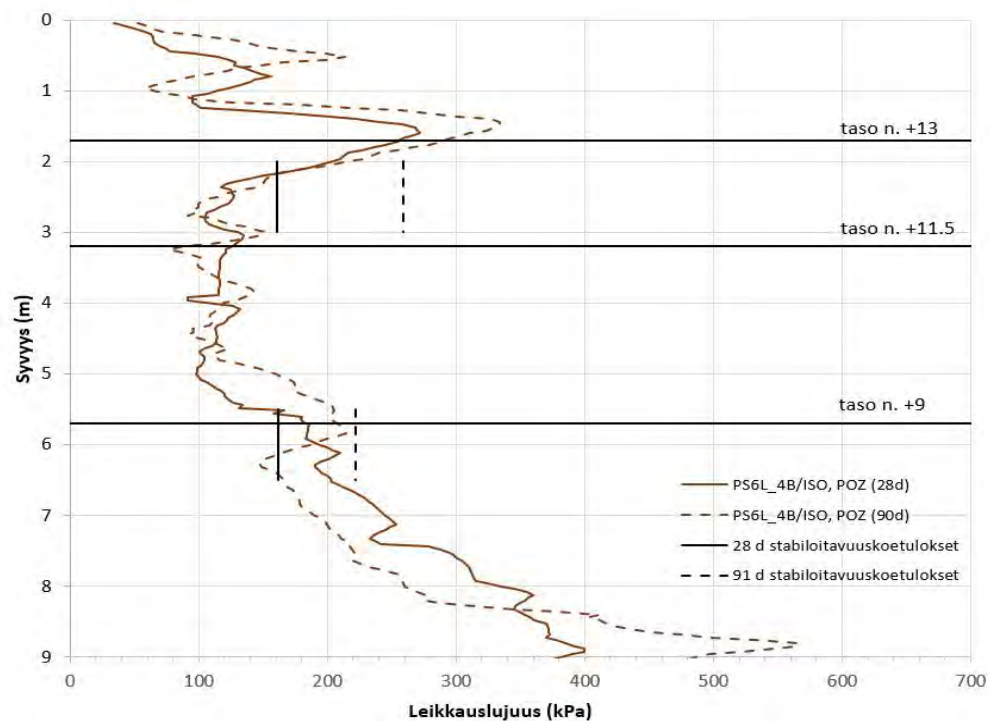
Kuva 34. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



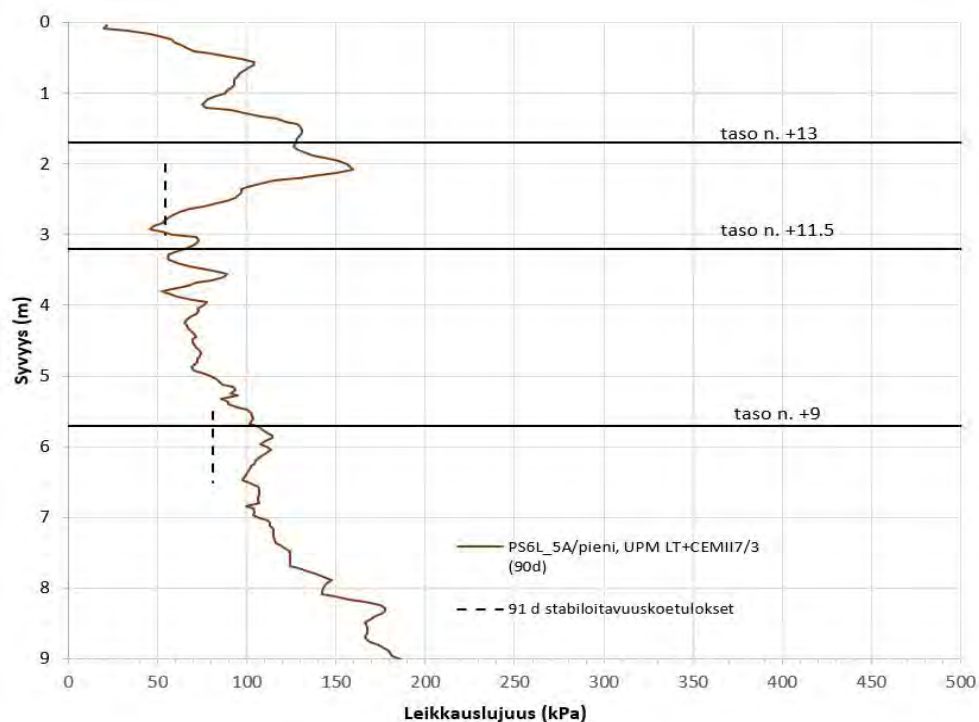
Kuva 35. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine Green, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



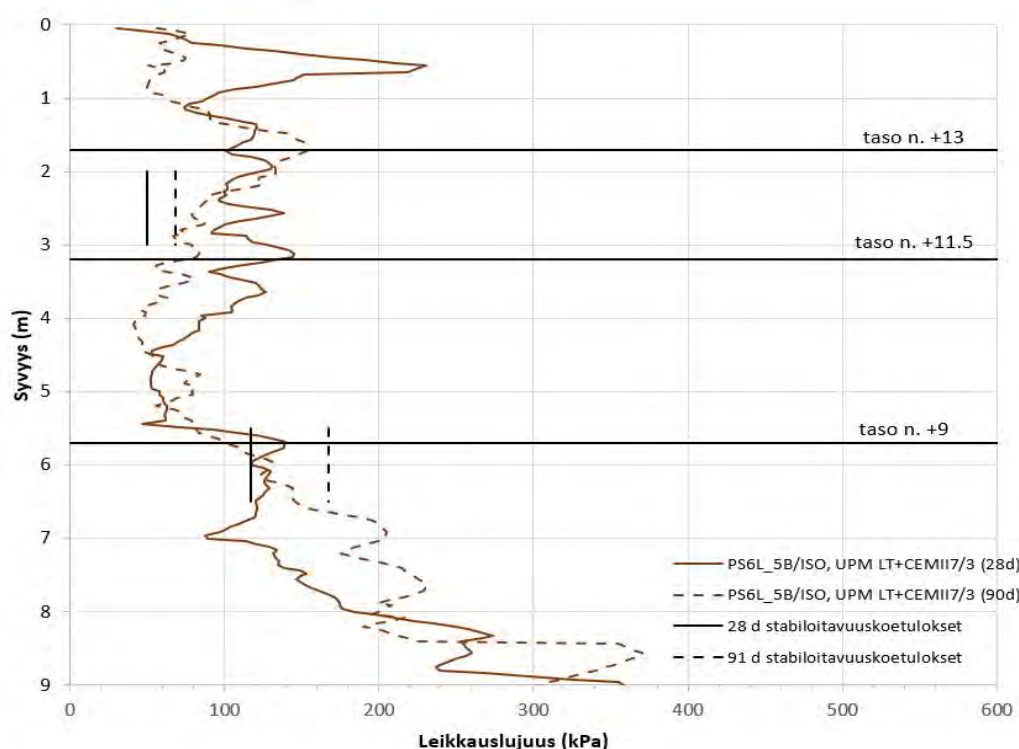
Kuva 36. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



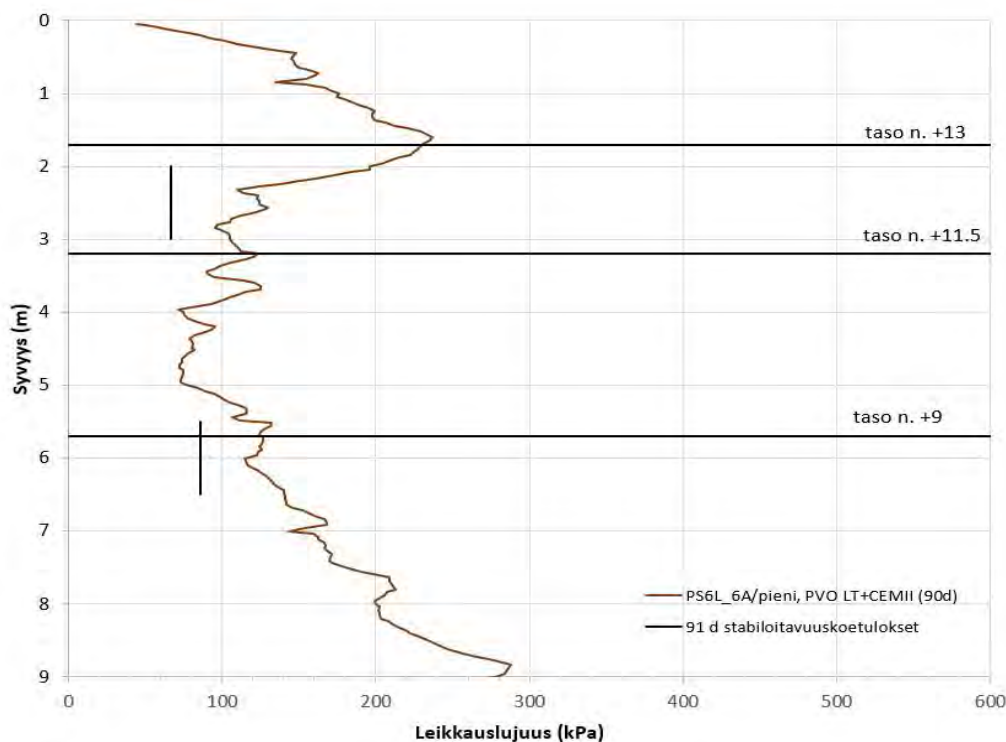
Kuva 37. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine POZ, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



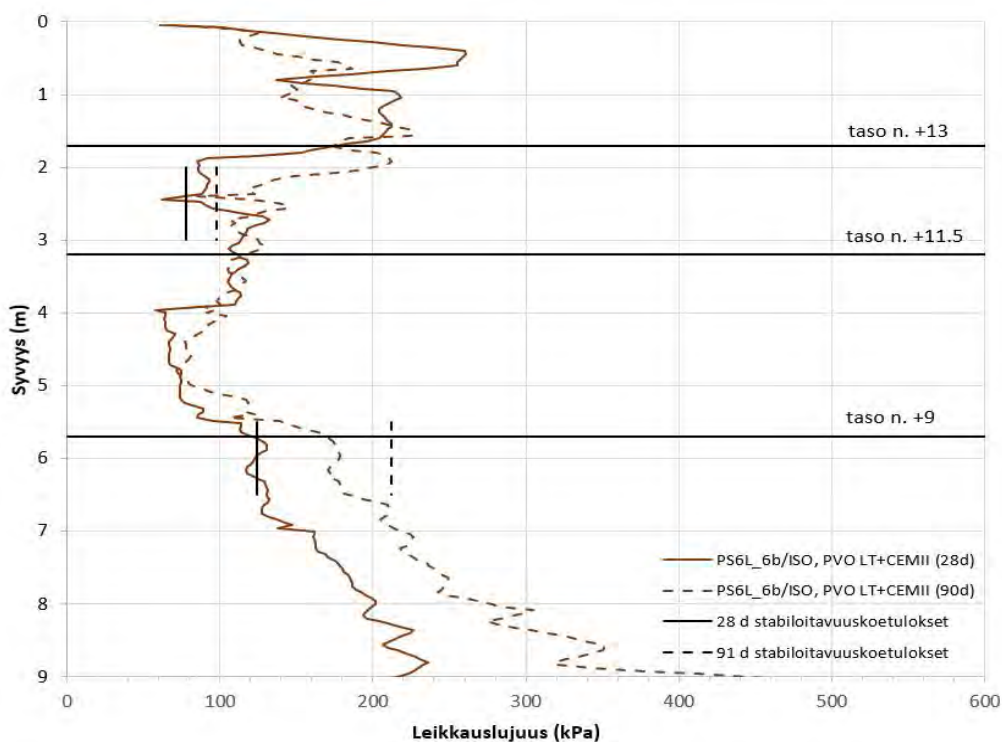
Kuva 38. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine JAM LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



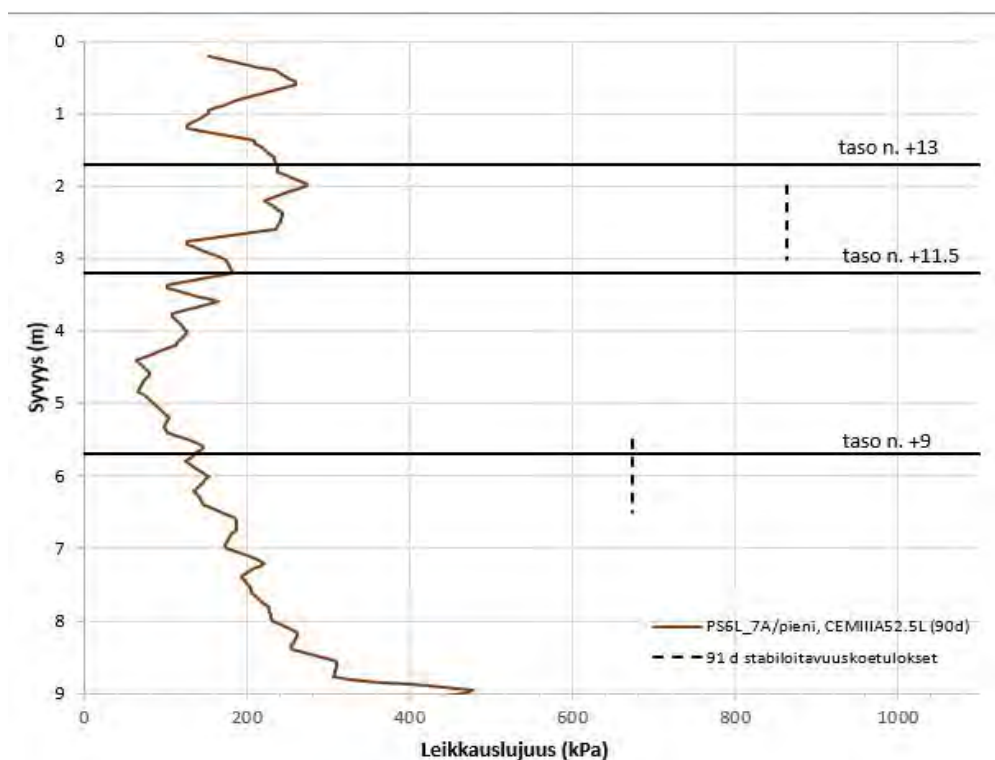
Kuva 39. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine JAM LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



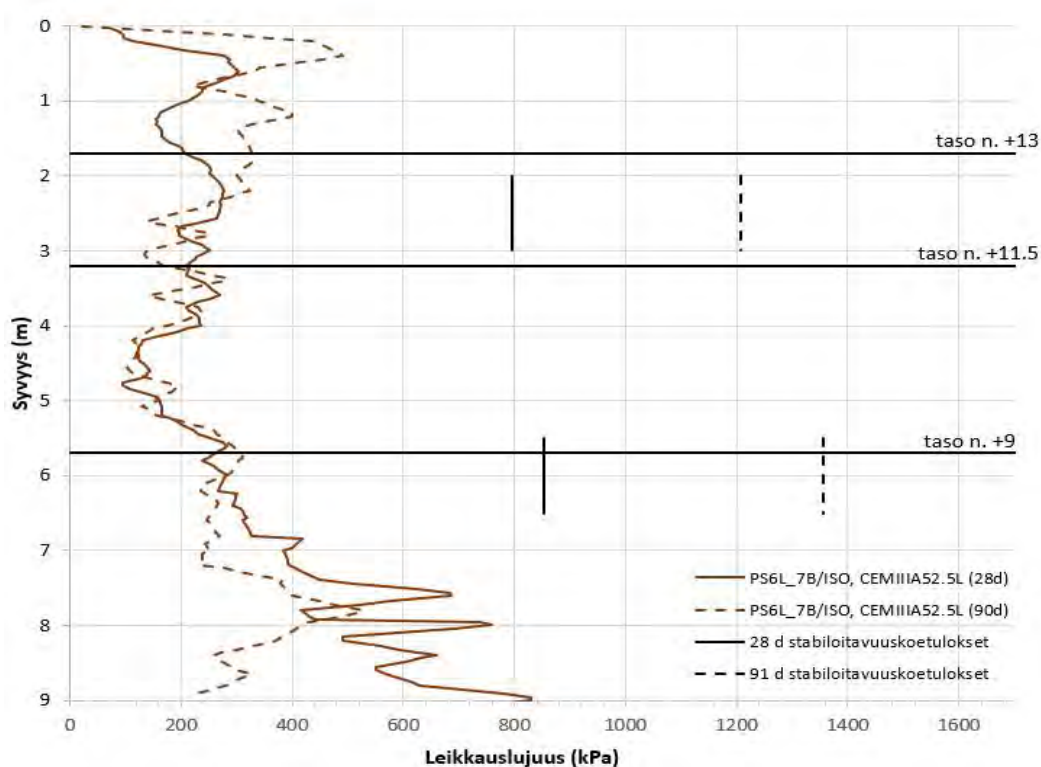
Kuva 40. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



Kuva 41. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine KAU LT+CEMII 7:3, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella. Aalto yo:n laboratoriotuloksille on tehty lämpötilakorjaus.



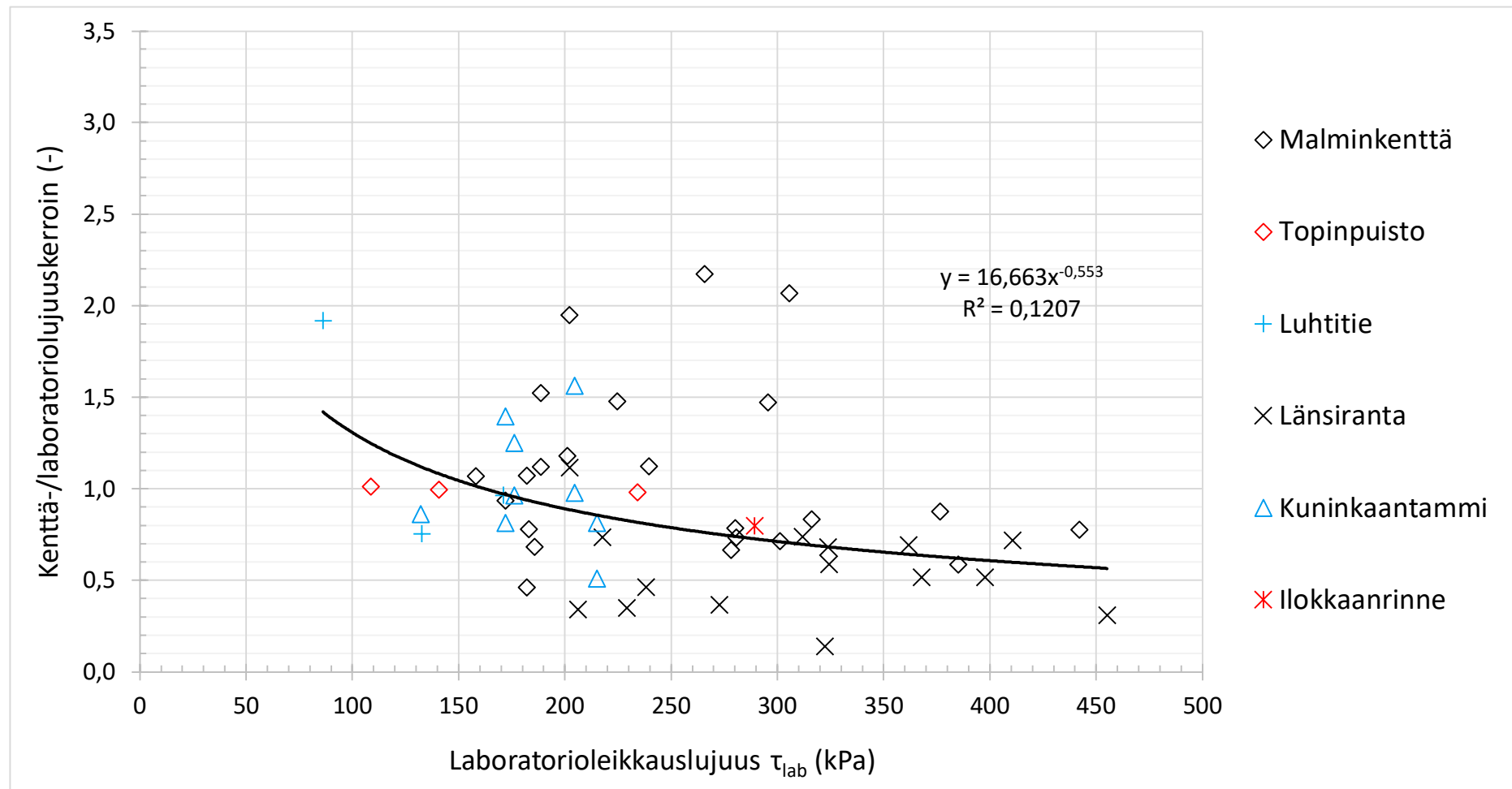
Kuva 42. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEM III/A, sideainemäärä 120 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 80 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.



Kuva 43. Malminkenttä 2022, koealue PS6. 28 ja 90d laadunvalvontakairausten ja stabiloitavuuskokeiden keskiarvoleikkauslujuus. Sideaine CEM III/A, sideainemäärä 160 kg/m³ tason +11.5 yläpuolella ja 120 kg/m³ tason +11.5 alapuolella.

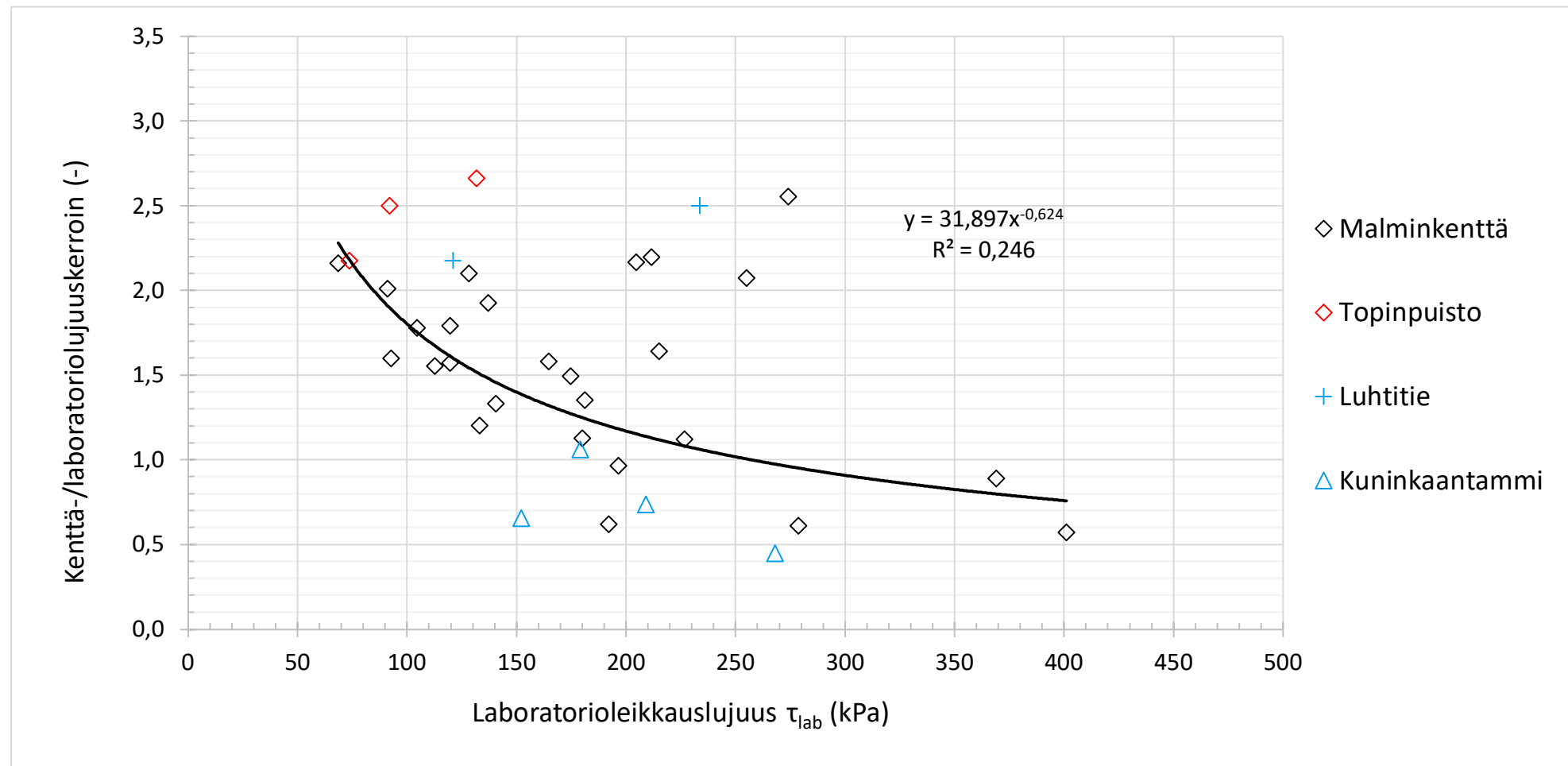
GTC (GTC2 & GTC3)									
Sideaine	Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorion 1-akiaalinen puristuslujuus (kPa)	Laboratorio leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	Kenttä leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	Kenttä- /laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
GTC3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	28	364	182	195	1,07
GTC3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	556	278	185	0,67
GTC3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	479	240	269	1,12
GTC3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	770	385	226	0,59
GTC3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	28	377	189	287	1,52
GTC3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	449	225	332	1,48
GTC3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	591	296	435	1,47
GTC3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	753	377	330	0,88
GTC3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	377	189	211	1,12
GTC3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	316	158	169	1,07
GTC3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	602	301	215	0,71
GTC3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	402	201	237	1,18
GTC3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	344	172	161	0,94
GTC3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	632	316	264	0,84
GTC3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	531	266	577	2,17
GTC3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	28	404	202	394	1,95
GTC3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	611	306	632	2,07
GTC3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	366	183	143	0,78
GTC3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	371	186	127	0,68
GTC3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	561	281	206	0,73
GTC3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	364	182	84	0,46
GTC3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	560	280	220	0,79
GTC3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	884	442	343	0,78
GTC2	Topinpuisto		3	120	28	281	141	140	1,00
GTC2	Topinpuisto		3	80	90	217	109	110	1,01
GTC2	Topinpuisto		3	120	90	468	234	230	0,98
GTC2	Luhtitie	K1	2,0-2,5	70	28	172	86	165	1,92
GTC2	Luhtitie	K4	2,0-2,5	70	28	265	133	100	0,75
GTC2	Luhtitie	K7	2,0-2,5	70	28	342	171	165	0,96
GTC2	Länsiranta	PO2	2,0-3,0	135	28	644	322	45	0,14
GTC2	Länsiranta	PO2	2,0-3,0	100	90	412	206	70	0,34
GTC2	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	28	723	362	250	0,69
GTC2	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	170	28	821	411	295	0,72
GTC2	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	90	795	398	205	0,52
GTC2	Länsiranta	PO2	6,0-7,0	135	28	458	229	80	0,35
GTC2	Länsiranta	PO2	6,0-7,0	100	90	476	238	110	0,46
GTC2	Länsiranta	PO1	12,0-13,0	135	28	623	312	230	0,74
GTC2	Länsiranta	PO1	12,0-13,0	135	90	910	455	140	0,31
GTC2	Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	28	648	324	190	0,59
GTC2	Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	90	735	368	190	0,52
GTC2	Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	28	404	202	225	1,11
GTC2	Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	90	647	324	220	0,68
GTC2	Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	28	435	218	160	0,74
GTC2	Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	90	545	273	100	0,37

GTC2	Kuninkaantammi	A3/P101	2,0-3,0	80	28	264	132	114	0,86
GTC2	Kuninkaantammi	A3/P701	2,0-3,0	120	28	344	172	240	1,40
GTC2	Kuninkaantammi	E1/P701	2,0-3,0	120	28	344	172	140	0,81
GTC2	Kuninkaantammi	A3/P701	4,5-5,5	120	28	352	176	220	1,25
GTC2	Kuninkaantammi	E1/P701	4,5-5,5	120	28	352	176	170	0,97
GTC2	Kuninkaantammi	A3/P701	2,0-3,0	120	90	430	215	175	0,81
GTC2	Kuninkaantammi	E1/P701	2,0-3,0	120	90	430	215	110	0,51
GTC2	Kuninkaantammi	A3/P701	4,5-5,5	120	90	409	205	320	1,56
GTC2	Kuninkaantammi	E1/P701	4,5-5,5	120	90	409	205	200	0,98
GTC2	Ilokkaanrinne	KK1	5	100	28	578	289	230	0,80



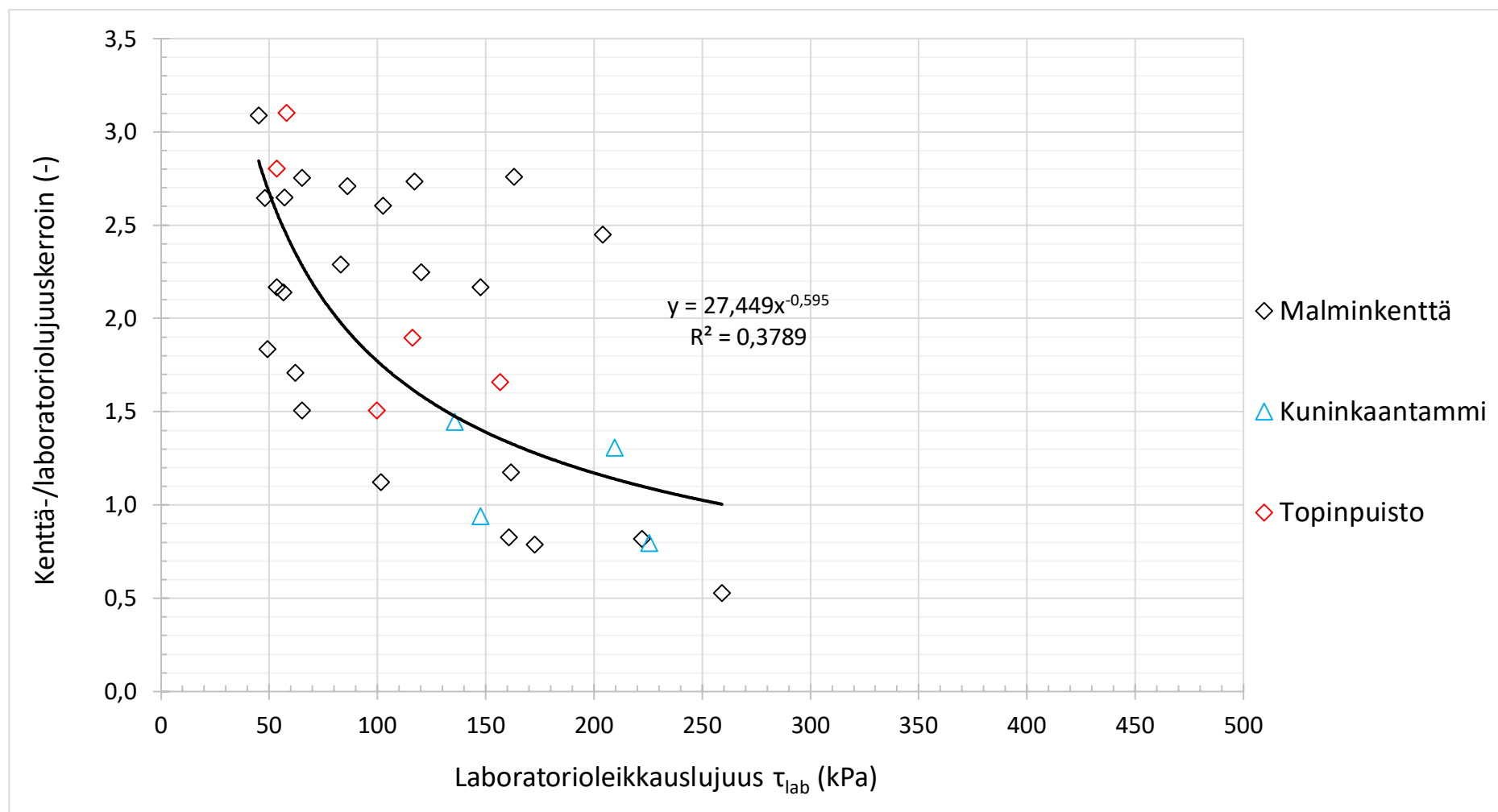
Kuva 1. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla GTC2 ja GTC3.

Green								
Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorion 1-aksiaalinen puristuslujuus (kPa)	Laboratorio leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	Kenttä leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	Kenttä- /laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	28	185	93	148	1,60
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	281	141	187	1,33
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	274	137	264	1,93
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	329	165	260	1,58
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	28	349	175	261	1,50
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	423	212	465	2,20
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	409	205	443	2,17
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	510	255	529	2,07
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	28	137	69	148	2,16
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	239	120	214	1,79
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	209	105	186	1,78
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	360	180	203	1,13
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	28	182	91	183	2,01
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	239	120	188	1,57
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	256	128	269	2,10
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	362	181	245	1,35
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	28	393	197	190	0,97
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	430	215	353	1,64
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	28	548	274	700	2,55
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	802	401	230	0,57
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	266	133	160	1,20
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	225	113	175	1,56
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	453	227	254	1,12
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	384	192	119	0,62
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	557	279	170	0,61
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	738	369	329	0,89
Topinpuisto		3	120	28	147	74	160	2,18
Topinpuisto		3	120	90	184	92	230	2,50
Topinpuisto		3	160	90	263	132	350	2,66
Luhtitie	K4	2,0-2,5	70	28	242	121	115	0,95
Luhtitie	K4	2,0-2,5	110	28	467	234	140	0,60
Kuninkaantammi	C1/P701	2,0-3,0	120	28	358	179	190	1,06
Kuninkaantammi	C1/P701	4,5-5,5	120	28	304	152	100	0,66
Kuninkaantammi	C1/P701	2,0-3,0	120	90	418	209	154	0,74
Kuninkaantammi	C1/P701	4,5-5,5	120	90	536	268	120	0,45



Kuva 2. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla Terra Green.

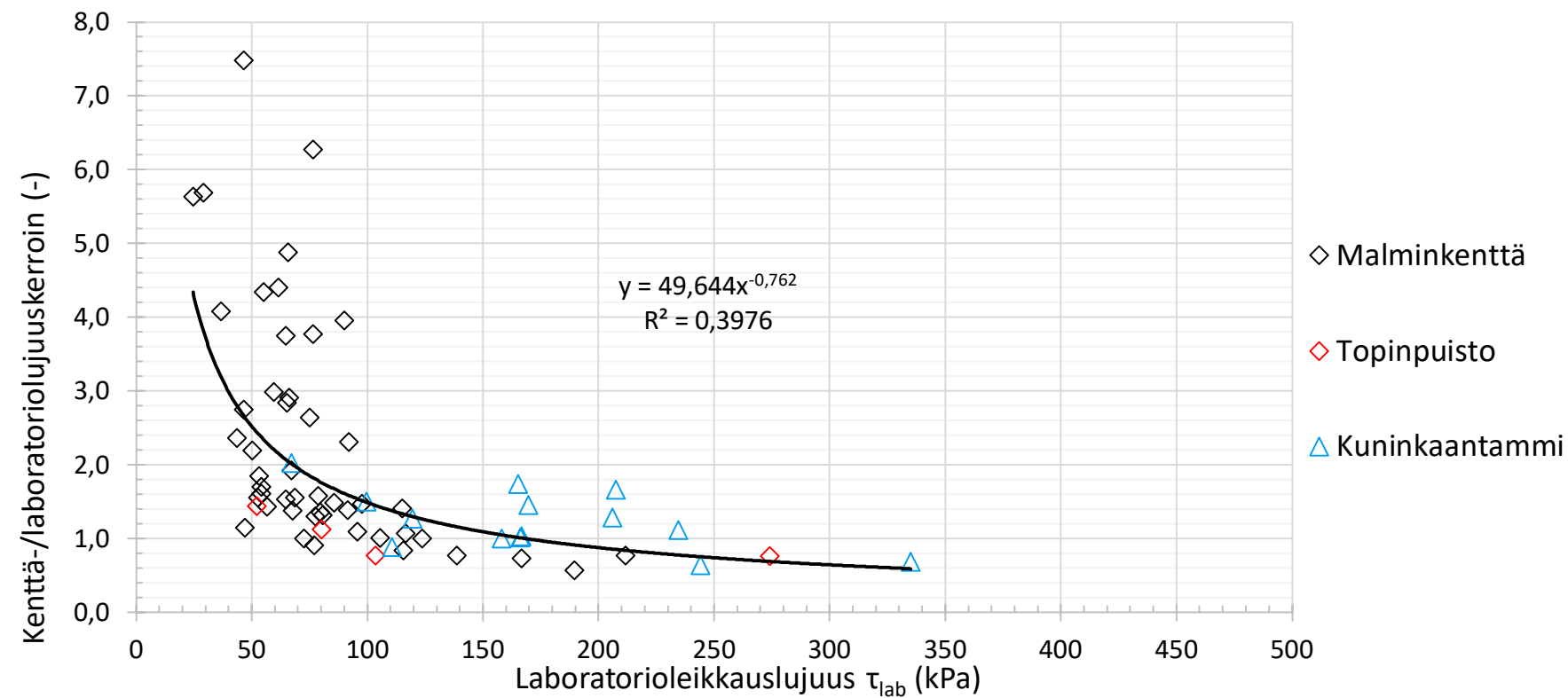
POZ								
Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorio	Laboratorio	Kenttä	Kenttä-
					1-aksiaalinen puristuslujuus (kPa)	leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	/laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	28	98	49	90	1,84
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	130	65	98	1,51
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	107	54	116	2,17
Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	166	83	190	2,29
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	28	172	86	233	2,71
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	234	117	320	2,74
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	205	103	267	2,60
Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	240	120	270	2,25
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	124	62	106	1,71
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	113	57	121	2,14
Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	130	65	179	2,75
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	96	48	127	2,65
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	90	45	139	3,09
Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	114	57	151	2,65
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	326	163	450	2,76
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	28	295	148	320	2,17
Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	408	204	500	2,45
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	203	102	114	1,12
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	321	161	133	0,83
Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	518	259	137	0,53
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	345	173	136	0,79
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	323	162	190	1,18
Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	444	222	182	0,82
Kuninkaantammi	C3/P701	2,0-3,0	120	28	271	136	196	1,45
Kuninkaantammi	C3/P701	4,5-5,5	120	28	295	148	139	0,94
Kuninkaantammi	C3/P701	2,0-3,0	120	90	419	210	274	1,31
Kuninkaantammi	C3/P701	4,5-5,5	120	90	451	226	180	0,80
Topinpuisto		2,5-3,5	120	28	199	100	150	1,51
Topinpuisto		2,5-3,5	120	90	232	116	220	1,90
Topinpuisto		2,5-3,5	160	90	313	157	260	1,66
Topinpuisto		5,5-6,5	120	28	116	58	180	3,10
Topinpuisto		9,5-10,5	120	28	107	54	150	2,80



Kuva 3. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla Terra POZ.

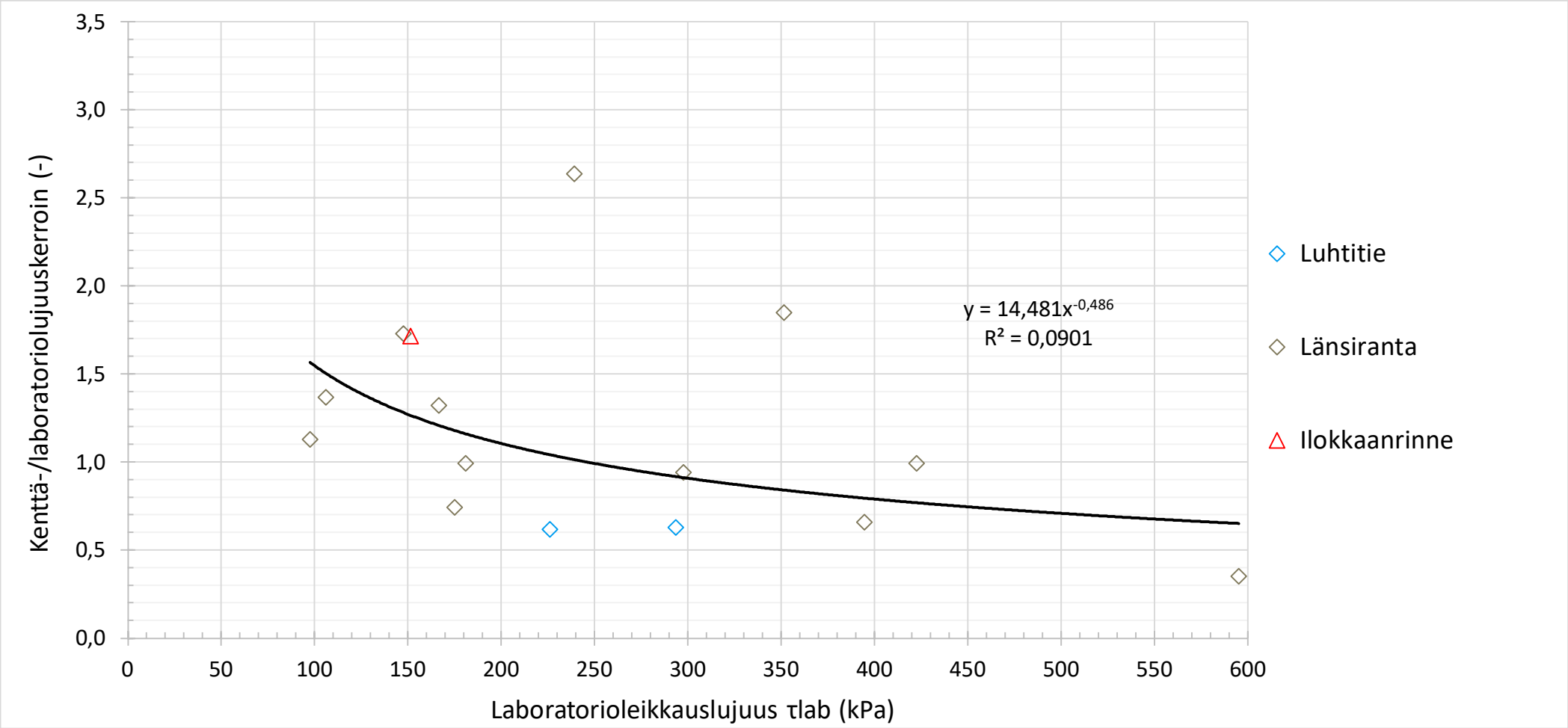
LT+CEM									
Sideaine	Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorio	Laboratorio leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	Kenttä leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	Kenttä- /laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
						1-aksiaalinen puristuslujuus (kPa)			
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	105	53	82	1,56
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	106	53	98	1,85
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	137	69	107	1,56
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	119	60	178	2,99
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	110	55	239	4,35
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	153	77	289	3,78
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	28	87	44	103	2,37
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	129	65	99	1,53
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	157	79	124	1,58
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	230	115	162	1,41
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	28	49	25	138	5,63
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	58	29	165	5,69
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	73	37	149	4,08
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	93	47	128	2,75
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	28	93	47	348	7,48
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	123	62	271	4,41
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	28	131	66	320	4,89
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	153	77	480	6,27
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	108	54	92	1,70
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	100	50	110	2,20
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	135	68	93	1,38
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	161	81	106	1,32
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	233	117	125	1,07
LT JAM+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	333	167	122	0,73
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	145	73	73	1,01
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	231	116	97	0,84
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	211	106	107	1,01
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	130	65	185	2,85
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	132	66	192	2,91
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	184	92	213	2,32
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	28	154	77	70	0,91
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	191	96	105	1,10
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	277	139	107	0,77
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	379	190	108	0,57
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	28	94	47	54	1,15
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	113	57	81	1,43
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	159	80	108	1,36
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	183	92	127	1,39
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	28	108	54	87	1,61
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	129	65	242	3,75
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	28	150	75	198	2,64
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	180	90	356	3,96
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	134	67	129	1,93
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	155	78	101	1,30

LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	195	98	144	1,48
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	171	86	127	1,49
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	247	124	124	1,00
LT KAU+CEMII 7:3	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	423	212	163	0,77
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		2,5-3,5	120	21	225	113	60	0,53
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		2,5-3,5	120	28	207	104	80	0,77
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		2,5-3,5	120	90	290	145	60	
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		5,5-6,5	120	28	104	52	75	1,44
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		5,5-6,5	120	90	160	80	90	1,13
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		2,5-3,5	160	90	548	274	210	0,77
LT KAU+CEMII 7:3	Topinpuisto		5,5-6,5	160	90	285	143	300	2,11
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B1/P701	2,0-3,0	120	28	221	111	98	0,89
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B2/P701	2,0-3,0	160	28	330	165	287	1,74
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B1/P701	4,5-5,5	120	28	316	158	159	1,01
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B2/P701	4,5-5,5	160	28	469	235	263	1,12
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B1/P701	2,0-3,0	120	90	333	167	172	1,03
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B2/P701	2,0-3,0	160	90	415	208	345	1,66
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B1/P701	4,5-5,5	120	90	472	236	163	
LT KAI+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B2/P701	4,5-5,5	160	90	647	324	345	
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B3/P701	2,0-3,0	120	28	134	67	136	2,03
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B4/P701	2,0-3,0	160	28	239	120	152	1,27
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B3/P701	4,5-5,5	120	28	332	166	169	1,02
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B4/P701	4,5-5,5	160	28	488	244	156	0,64
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B3/P701	2,0-3,0	120	90	199	100	150	1,51
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B4/P701	2,0-3,0	160	90	339	170	247	1,46
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B3/P701	4,5-5,5	120	90	412	206	265	1,29
LT JAM+CEMII 7:3	Kuninkaantammi	B4/P701	4,5-5,5	160	90	670	335	232	0,69



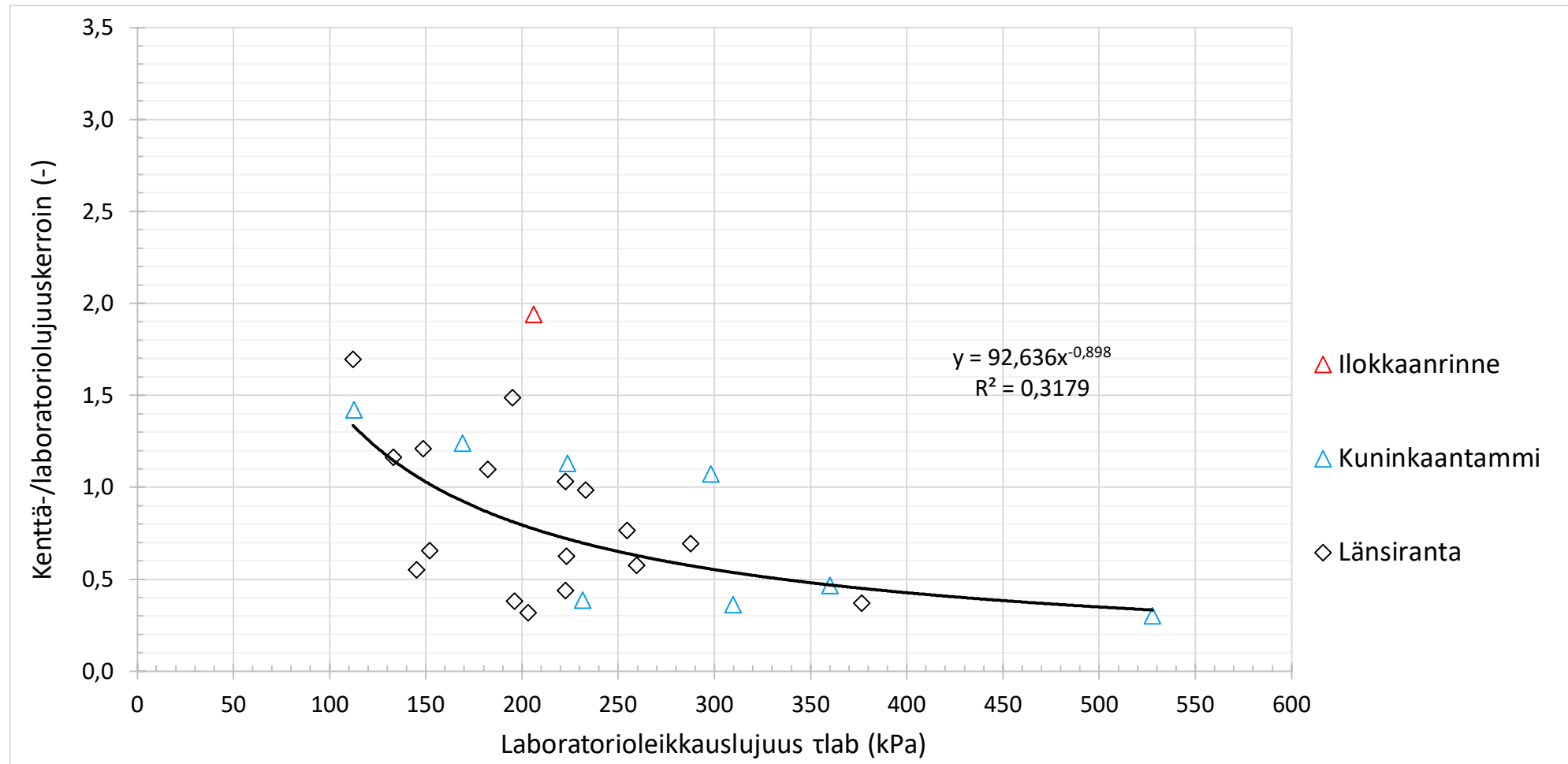
Kuva 4. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla LT+CEM.

KC (KC20 & KC30)									
Sideaine	Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorio	Laboratorio	Kenttä	Kenttä-
						1-akselinen puristuslujuus (kPa)	leikkauslujuus τ _{lab} (kPa)	leikkauslujuus τ _{kenttä} (kPa)	/laboratoriolujuuskerroin τ _{kenttä} /τ _{lab}
KC20	Luhtitie	K4	2,0-2,5	70	28	452	226	140	0,62
KC20	Luhtitie	K4	2,0-2,5	110	28	587	294	185	0,63
KC30	Länsiranta	PO2	2,0-3,0	135	28	595	298	280	0,94
KC30	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	28	478	239	630	2,64
KC30	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	170	28	703	352	650	1,85
KC30	Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	90	845	423	420	0,99
KC30	Länsiranta	PO2	6,0-7,0	135	28	350	175	130	0,74
KC30	Länsiranta	PO1	12,0-13,0	135	28	295	148	255	1,73
KC30	Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	28	789	395	260	0,66
KC30	Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	90	1190	595	210	0,35
KC30	Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	28	195	98	110	1,13
KC30	Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	90	362	181	180	0,99
KC30	Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	28	212	106	145	1,37
KC30	Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	90	333	167	220	1,32
KC30	Ilokkaanrinne	KK1	5	100	28	303	152	260	1,72



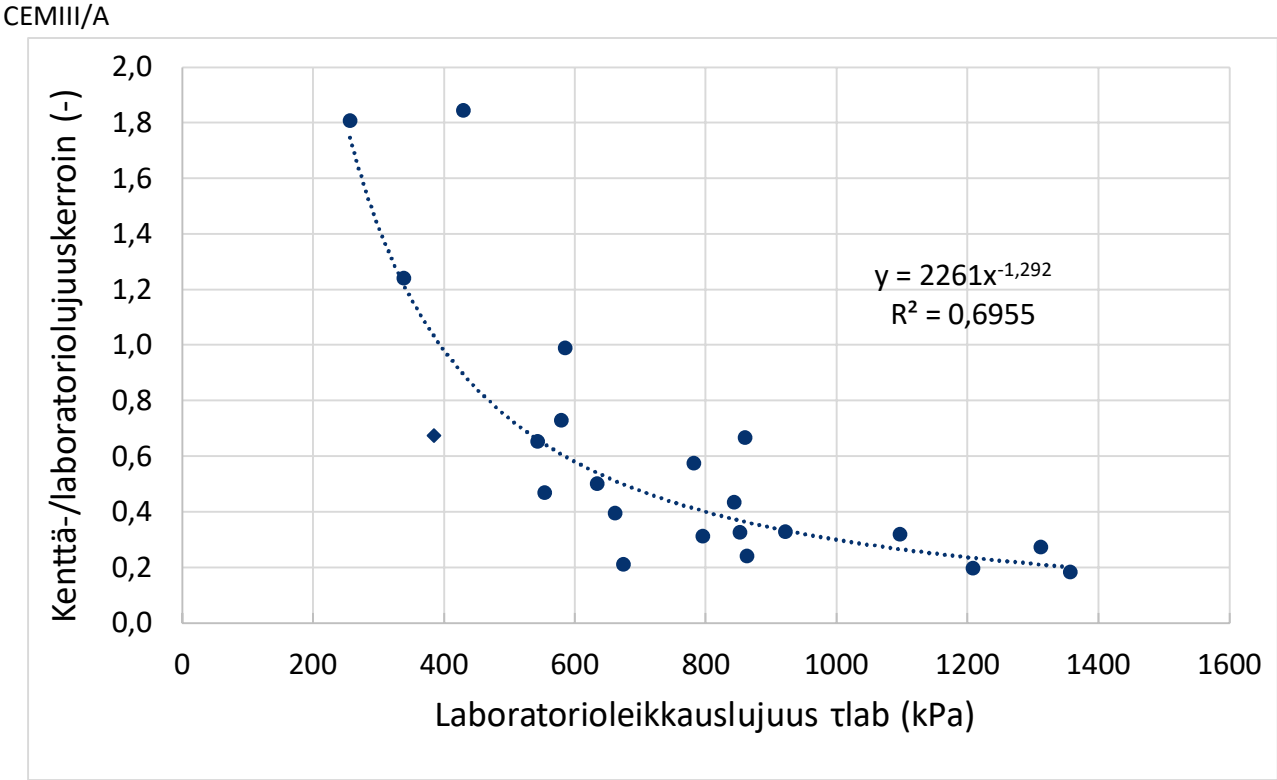
Kuva 5. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla KC20 ja KC30.

Stabi (InfraStabi80 & InfraStabi65)								
Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorio 1-akseliallinen puristuslujuus (kPa)	Laboratorio leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	Kenttä leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	Kenttä- /laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
Ilokkaanrinne	KK1	5	100	28	412	206	400	1,94
Kuninkaantammi	A4/P701	2,0-3,0	80	28	225	113	160	1,42
Kuninkaantammi	D1/P701	2,0-3,0	120	28	463	232	90	0,39
Kuninkaantammi	A4/P701	4,5-5,5	80	28	447	224	253	1,13
Kuninkaantammi	D1/P701	4,5-5,5	120	28	720	360	168	0,47
Kuninkaantammi	A4/P701	2,0-3,0	80	90	338	169	210	1,24
Kuninkaantammi	D1/P701	2,0-3,0	120	90	619	310	112	0,36
Kuninkaantammi	A4/P701	4,5-5,5	80	90	596	298	320	1,07
Kuninkaantammi	D1/P701	4,5-5,5	120	90	1055	528	160	0,30
Länsiranta	PO2	2,0-3,0	100	28	266	133	155	1,17
Länsiranta	PO2	2,0-3,0	135	28	446	223	140	0,63
Länsiranta	PO2	2,0-3,0	100	90	290	145	80	0,55
Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	28	390	195	290	1,49
Länsiranta	PO1	6,0-7,0	170	28	445	223	230	1,03
Länsiranta	PO1	6,0-7,0	135	90	509	255	195	0,77
Länsiranta	PO2	6,0-7,0	100	28	297	149	180	1,21
Länsiranta	PO2	6,0-7,0	135	28	445	223	98	0,44
Länsiranta	PO2	6,0-7,0	100	90	392	196	75	0,38
Länsiranta	PO1	12,0-13,0	135	28	519	260	150	0,58
Länsiranta	PO1	12,0-13,0	135	90	753	377	140	0,37
Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	28	466	233	230	0,99
Länsiranta	PO3	2,0-3,0	135	90	575	288	200	0,70
Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	28	224	112	190	1,70
Länsiranta	PO3	7,0-8,0	135	90	364	182	200	1,10
Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	28	304	152	100	0,66
Länsiranta	PO1	2,0-3,0	135	90	406	203	65	0,32

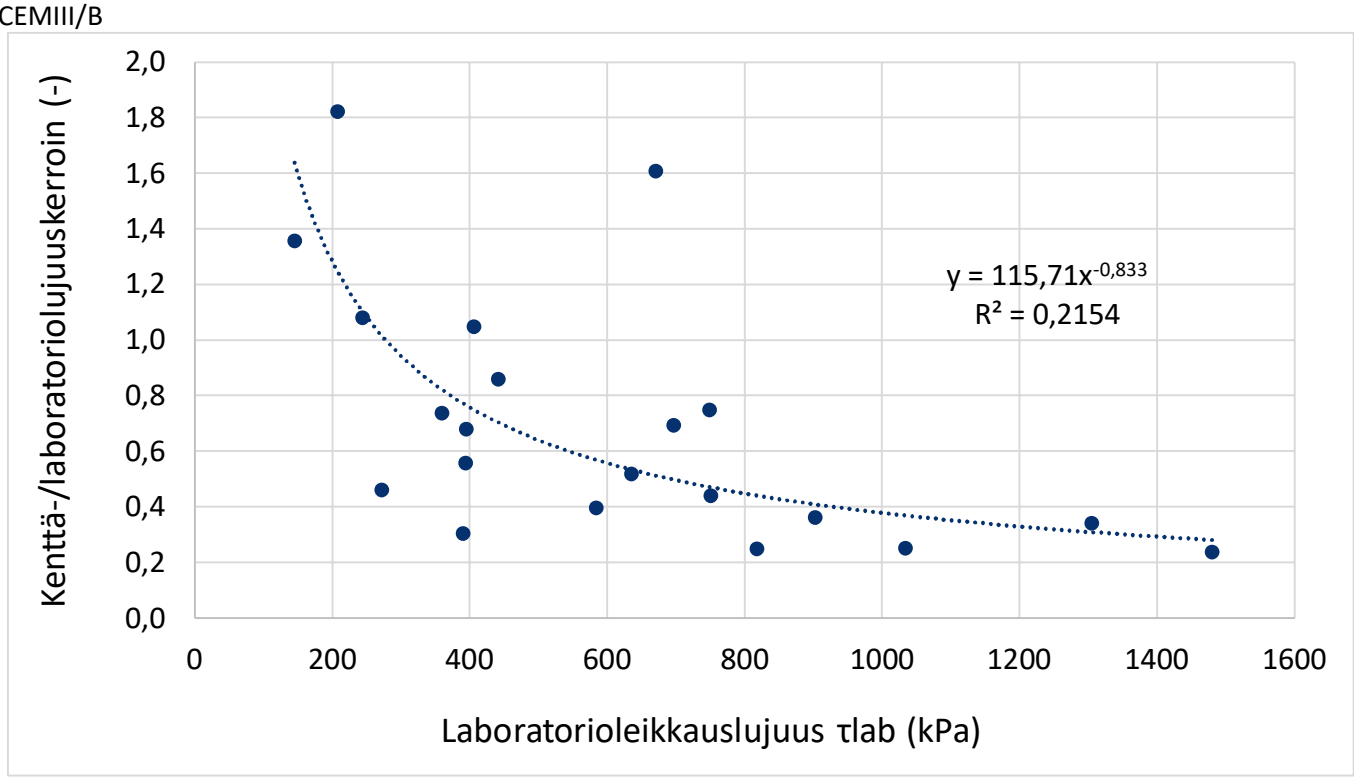


Kuva 6. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla Stabi.

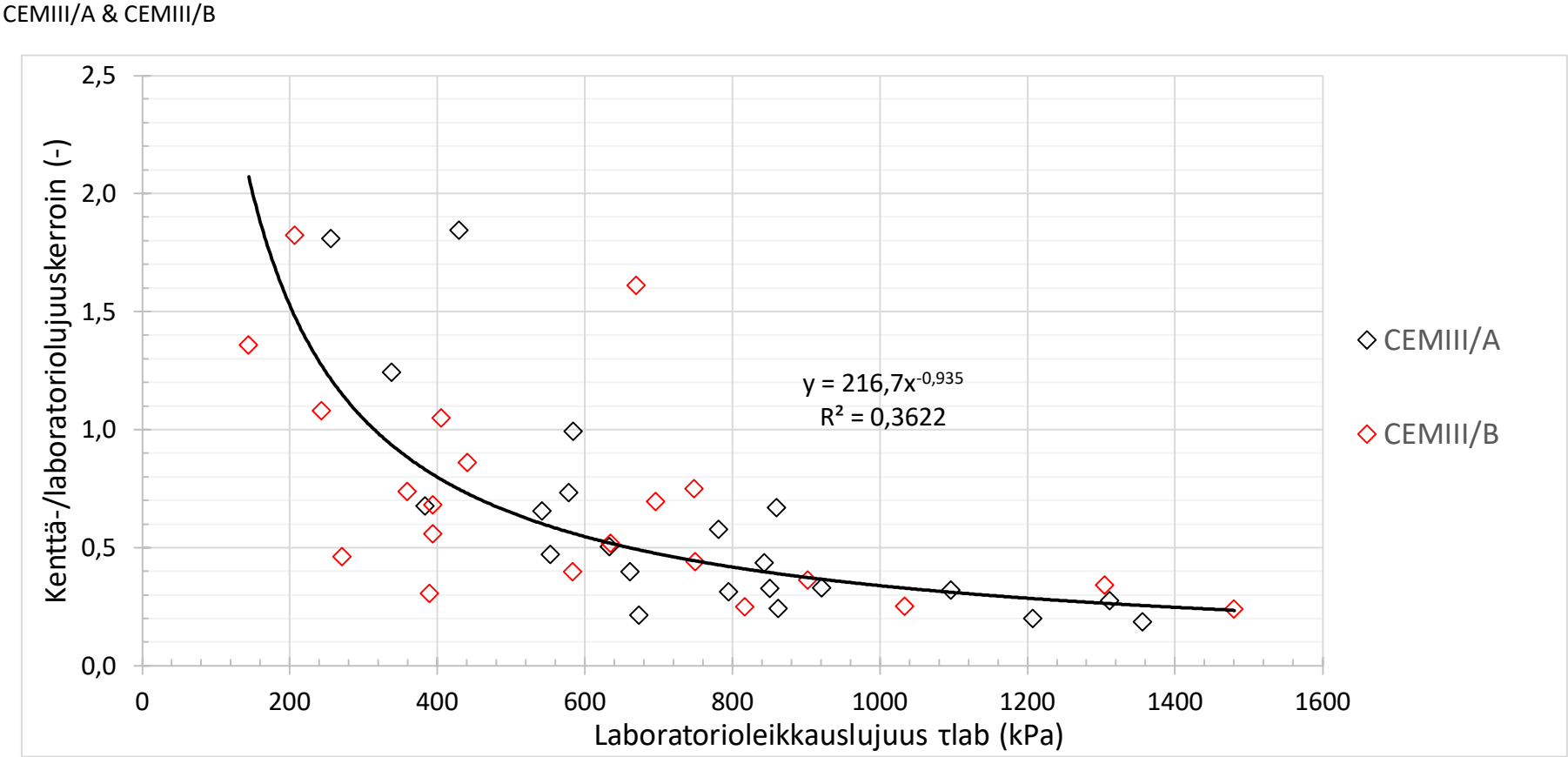
CEMIII (CEMIII/A & CEMIII/B)									
Sideaine	Kohde	Koealue	Syvyys (m)	Sideaine- pitoisuus (kg/m ³)	Lujittumisaika (d)	Laboratorio			
						1-akseliallinen puristuslujuus (kPa)	Laboratorio leikkauslujuus τ_{lab} (kPa)	Kenttä leikkauslujuus $\tau_{kenttä}$ (kPa)	Kenttä- /laboratoriolujuuskerroin $\tau_{kenttä}/\tau_{lab}$
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	28	768	384	259	0,67
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	91	1267	634	319	0,50
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	1323	662	262	0,40
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	91	2193	1097	351	0,32
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	28	512	256	463	1,81
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	91	859	430	792	1,84
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	28	677	339	420	1,24
CEMIII/A	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	91	1170	585	580	0,99
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	1687	844	367	0,44
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	1563	782	450	0,58
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	2623	1312	360	0,27
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	1107	554	260	0,47
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	1085	543	355	0,65
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	1843	922	303	0,33
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	100	91	1157	579	423	0,73
CEMIII/A	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	1720	860	575	0,67
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	1725	863	209	0,24
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	1590	795	249	0,31
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	2415	1208	241	0,20
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	1347	674	143	0,21
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	1703	852	278	0,33
CEMIII/A	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	2713	1357	250	0,18
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	28	543	272	125	0,46
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	120	60	719	360	265	0,74
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	28	789	395	268	0,68
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	2,0-3,0	150	60	1270	635	329	0,52
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	28	289	145	196	1,36
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	100	60	414	207	377	1,82
CEMIII/B	Malminkenttä	PS1	5,5-6,5	120	60	671	336	1000	2,98
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	28	788	394	220	0,56
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	150	91	1500	750	330	0,44
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	28	1393	697	483	0,69
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	1,5-2,5	200	91	2610	1305	445	0,34
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	28	487	244	263	1,08
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	120	91	883	442	380	0,86
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	28	812	406	426	1,05
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	3,5-4,5	150	91	1497	749	560	0,75
CEMIII/B	Malminkenttä	PS4	7,5-8,5	120	91	1340	670	1078	1,61
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	120	91	1635	818	203	0,25
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	28	1805	903	327	0,36
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	2,0-3,0	160	91	2960	1480	353	0,24
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	80	91	780	390	119	0,31
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	28	1167	584	232	0,40
CEMIII/B	Malminkenttä	PS6	5,5-6,5	120	91	2067	1034	260	0,25



Kuva 7. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla CEMIII/A.



Kuva 8. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla CEMIII/B.



Kuva 9. Kenttä-/laboratoriolujuuskerroin ja trend- kuvaaja sideaineilla CEMIII/A ja CEMIII/B.