

Tekninen vastuuhenkilö, testaus, raportointi:

Petri Niemelä, tj.

|                                                                                                                    |                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tilaaaja:</b> Sanna Ihatsu<br>CasaCo Studio Oy<br>Otalammentie 16<br>03300 Otalampi                             | <b>Tilaus/ pvm.:</b> Sanna Ihatsu / 13.8.2024<br><b>Näytteiden saap. pvm.:</b> 16.8.2024 |
| <b>Kohde:</b> Kuusiston linnanraunio                                                                               |                                                                                          |
| <b>Tehtävä:</b> Mikrorakennetutkimus ohuthieestä, 3 kpl; testaus 4.9.2024<br>Mikroskooppivalokuva, 1 kpl; 4.9.2024 |                                                                                          |

## NÄYTTEET

Tilaaajan toimittamana ja merkitsemänä 3 kpl irrotettuja laastin kappaleita. Näytteet oli varustettu tunnuksilla KU 1...KU 3. Näytteet arvioitiin suunniteltuun testaukseen soveltuviksi.

## TUTKIMUKSET

Näytekappaleista valmistettiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n Sotkamon laboratoriossa esi-impregnoitien jälkeen noin 0,025 mm paksut ohuthienäytteet 55 mm x 35 mm kokoisille näytelaseille. Ohuthieet tutkittiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n Tampereen toimipisteessä polarisaatiomikroskooppilla. Tutkimuksissa noudatettiin standardia ASTM C856/C856M-20 soveltuvien osin.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:llä on FINAS-akkreditointipalvelun myöntämä akkreditointi betonin ohuthietutkimuksille, tiheysmäärittämiselle ja suola-pakkaskokeena tehtävälle laattakokeelle (akkreditoitu testauslaboratorio T208, SFS-EN ISO/IEC 17025).

## TULOKSET

Tutkimustulokset koskevat tähän toimeksiantoon sisältyneitä ohuthienäytteitä.

## OHUTHIETUTKIMUKSET

### Näyte KU 1, tiilimuurin sauma

Näytteen koko ohuthieessä on 55 mm \* 35 mm. Hienäyte koostuu kahdesta laastiosakerroksesta. Näytteen pintoja ei ole tunnistettavissa. Sementtipitoisemmasta osakerroksesta käytetään tässä raportissa nimitystä ulompi osakerros.

Ulompi osakerros:

- Ulomman osakerroksen paksuus on noin 13–17 mm.
- Osakerros on karbonatisoitunut pääosin 4,7–7,5 mm:n syvyydelle pinnasta lukien. Paikoiden osittain karbonatisoitunutta sideainesta on koko osakerroksen paksuudella.
- Sideaineena on sementtiä ja seosaineena on vähäinen määrä masuunikuonaa. Pienikokoisia hydratoitumattomia sementtipartikkeleita on yleisesti, millä perusteella hydrataatioaste voidaan luokitella tavanomaista alhaisemmaksi. Vesi-sideainesuhde vaikuttaa tavanomaiselta.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy  
Kainuuntie 27 as. 5  
88600 Sotkamo

puh. 0400 011182  
petri.niemela@ohuthiekeskus.com  
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:

Petri Niemelä, tj.

- Ulommassa osakerroksessa on jonkin verran pienikokoisia epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <0,5 mm). Silmämääräisesti arvioituna ilmahuokosten kokonaismäärä on luokkaa 5–10 %, joten osakerroksen pakkasenkestävyysominaisuudet ovat todennäköisesti puutteellisia märissä olosuhteissa (kuva 1).
- Karbonatisoitumattomalla alueella huokostilojen seinämillä on yleisesti kehämäisiä ettringiittiä muistuttavia täytekiteytymiä merkinä kosteuden kulkeutumisesta rakenteessa. Karbonatisoituneella alueella huokostilojen täytekiteytymät muistuttavat kalkkikiteytymiä.
- Kiviaineksena on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa graniittipitoista luonnon hiekkaa (suurin raekoko # 3,7 mm). Sideaine-runkoaine kontaktit ovat pääosin kunnossa.
- Oletetun ulkopinnan ja toisen sivupinnan tuntumassa kulkee muutamia hyvin kapeita pinna suuntaisia mikrohalkeamia / säröjä, jotka ovat todennäköisesti pakkasrasituksen aiheuttamia.
- Kontaktissa sisempään osakerrokseen on muutama pitkulainen tiivistyshuokonen ja pääosin kontakti on kunnossa.

Sisempi osakerros:

- Sisemmän osakerroksen paksuus näytteessä on noin 27 mm.
- Osakerros on karbonatisoitunut 9–13 mm:n syvyydelle ulomman osakerroksen puoleisesta päästä lukien. Lisäksi karbonatisoitumista on näkyvissä 1–2 mm:n syvyydelle saakka sisäpinnasta ja kyljistä lukien.
- Sideaineena on epätasaisesti sekoittunut kalkin ja sementin seos. Pääosin sideaines on sementtirikas, mutta osakerroksen ulkopinnan tuntumassa noin 5 mm leveällä vyöhykkeellä sementtiä on huomattavasti vähemmän ja alue voidaan luokitella kalkkirikkaaksi. Vyöhyke saattaa olla erillinen osakerros, mutta selkeitä osakerrosten rajapintoja ei ole havaittavissa. Sekoittumattomia kalkkipaakkuja on jonkin verran (pituus < 1,5 mm).
- Osakerroksessa on yleisesti epämääräisen muotoisia huokosia (pituus pääosin < 1,5 mm, ulkopinnan tuntumassa muutaman pituus 5 mm). Silmämääräisesti arvioituna ilmahuokosten määrä on luokkaa 15 % joten osakerroksella on todennäköisesti jonkin asteisia pakkasenkestävyysominaisuuksia märissä olosuhteissa.
- Huokostilojen seinämillä on paikoitellen kalkkikiteytymiä.
- Kiviaineksena on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä graniittipitoista luonnon hiekkaa (suurin raekoko # 1,8 mm). Sideaine-runkoaine kontaktit ovat pääosin kunnossa.
- Osakerroksen ulkopinnasta lukien 1-10 mm syvyydellä kulkee < 0,03 mm leveitä pinnan suuntaisia mikrohalkeamia 1–2 kpl, jotka ovat pakkasrasituksen aiheuttamia. Lisäksi Sisäpinnan ja näytteen sivupinnan tuntumassa kulkee muutama lyhyt mikrohalkeama, jotka saattavat olla pakkasrasituksen aiheuttamia. Sisäpinnassa ja sivupinnassa on paikoitellen kalkkikiteytymiä.

### **Näyte KU 2, tiilimuurin sauma**

Näytteen koko ohuthieessä on 28 mm \* 25 mm. Hienäytteessä on näkyvissä kahta tiiltä ja tiilien välistä laastia. Pintoja ei ole tunnistettavissa.

Laasti:

- Laastia on tiilien välissä 15 mm paksu kerros.
- Laasti on pääosin läpikarbonatisoitunut. Suuremman tiilen kappaleen kohdalla on 5-10 mm paksu karbonatisoitumaton vyöhyke.

Tämän tutkimusselostuksen osittainen kopiointi on kielletty ilman Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n kirjallista lupaa.

Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy  
Kainuuntie 27 as. 5  
88600 Sotkamo

puh. 0400 011182  
petri.niemela@ohuthiekeskus.com  
www.ohuthiekeskus.com

Y-tunnus 1713909-2  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:

Petri Niemelä, tj.

- Sideaineena on kalkkirikas kalkin ja sementin seos. Lisäosa-aineena on vähäinen määrä masuunikuonaa. Sementin hydrataatioaste vaikuttaa tavanomaiselta. Liukenemattomia kalkkipaakkuja on jonkin verran (suurin 2,5 mm pitkä).
- Laastissa on jonkin verran epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <1,5 mm). Silmämääräisesti arvioituna ilmahuokosten kokonaismäärä on luokkaa 15 %, joten laastilla todennäköisesti on jonkin asteisia pakkasenkestävyyssominaisuuksia määrisä olosuhteissa.
- Karbonatisoitumattomalla alueella huokostiloissa on yksittäisiä ettringiittiä muistuttavia täytkeiteytymiä merkinä kosteuden kulkeutumisesta rakenteessa. Karbonatisoituneella alueella osassa huokostiloissa seinämillä on kalkkikiteytymiä.
- Kiviaineksena on särmikkäistä ja särmiltään pyörityneistä rakeista koostuvaa graniittipitoista luonnon hiekkaa (suurin raekoko # 2 mm). Sideaine-runkoaine kontaktit ovat pääosin kunnossa. Yksittäisten rakeiden kontakteissa esiintyy plastisen vaiheen vedenerottumaan viittaavaa rakoilua.
- Tiilikappaleiden ulkopuolelle ulottuvassa ulokkeellisessa osassa laastia on muutama lyhyt pinnan suuntainen mikrohalkeama pinnan tuntumassa, jotka saattavat olla pakkasrasituksen aiheuttamia. Poikittain tiilien välillä kulkee yksittäinen kapea ja epäjatkuva mikrohalkeama, joka on todennäköisesti plastisen vaiheen kutistuman aiheuttama.
- Kontakti näytteen tiiliin on kunnossa. Toisen tiilen kontaktipinnan tuntumassa 0,1–0,5 mm paksu kerros laastia on tiiviimpää kuin syvemällä, todennäköisesti tiilen vedenimun seurauksena. Tiiviimmän osan taustalla on kalkkikiteytymiä.

Tiilet:

- Tiilet ovat poltettuja savitiiliä.
- Suuremman tiilen kappaleen koko on 21 mm \* 9 mm. Toista tiiltä on näytteessä < 1 mm paksu kerros. Vähäisen määrän vuoksi pienemmän kappaleen ominaisuuksia ei voida arvioida.
- Graniittisen hiekan (# 1,7 mm) määrä on tavanomaista pienempi. Raekoko jakautuma on tavanomainen.
- Sahanpuruhuokosia on jonkin verran (pituus < 1,5 mm).
- Tiilessä on harvakseltaan polton/kuivumisen yhteydessä syntyneitä, tekstuurihalkeamia. Pakkasenkestävyyden suhteen tiili kuuluu VTT:n julkaisun nro 1624 (1995) nelijakoisessa halkeamaluokituksessa (luokat 0–3) luokkaan 1, eli toiseksi ylimpään luokkaan.
- Selkeästi käytön aikaiseen vaurioitumiseen viittaavaa halkeilua ei esiinny.

### **Näyte KU 3, pintalaastin tausta**

Näytteen koko ohuthieessä on 42 mm \* 32 mm. Hienäyte koostuu laastista. Näytteen pintoja ei ole tunnistettavissa.

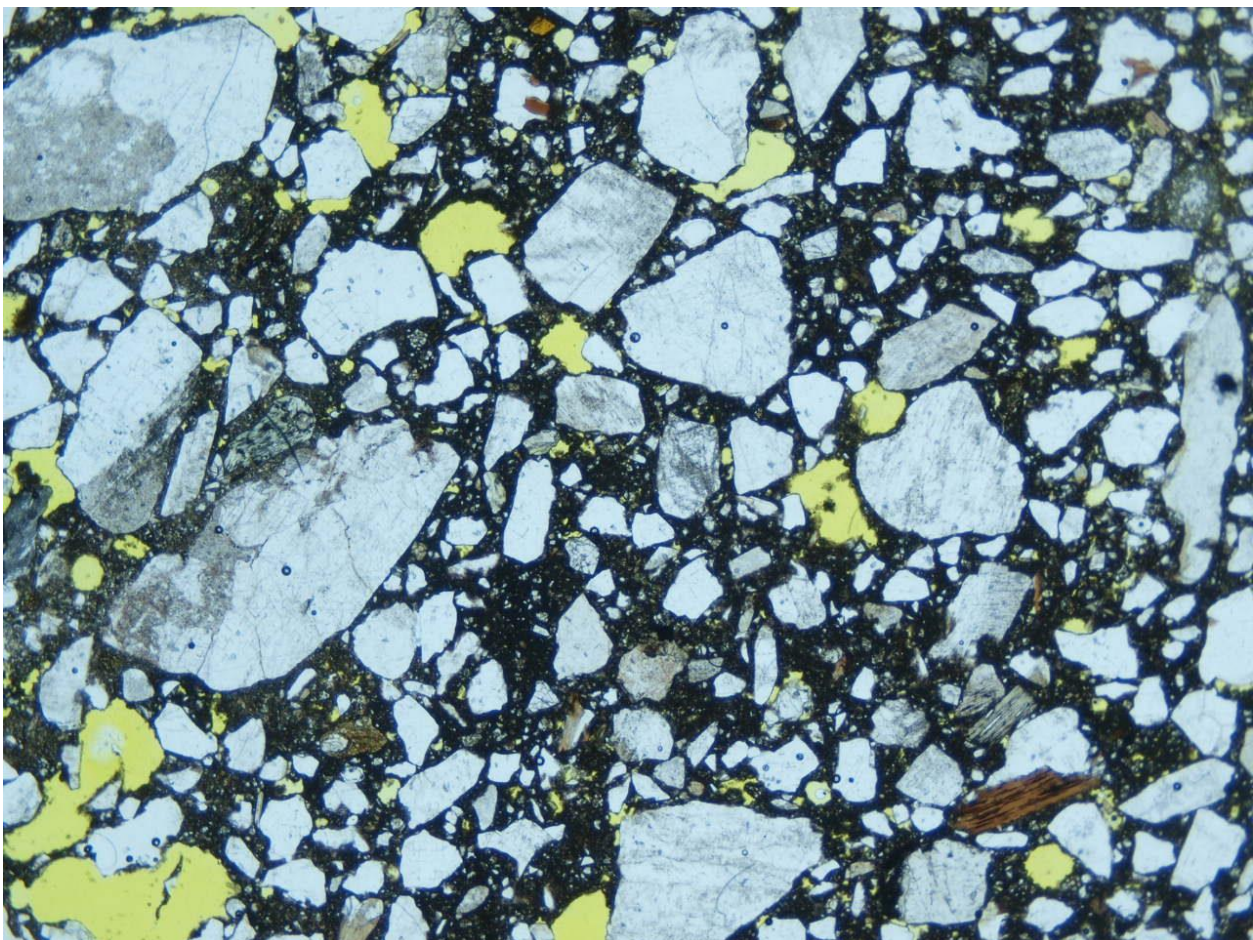
Laasti:

- Laasti on kauttaaltaan karbonatisoitunutta.
- Sideaineena on kalkkia. Suurikokoisia sekoittumattomia kalkkipaakkuja on yleisesti (pituus < 3,7 mm).
- Laastissa on yleisesti epämääräisen muotoisia huokosia (pituus <0,5 mm). Silmämääräisesti arvioituna ilmahuokosten kokonaismäärä on luokkaa 20 %, joten laastilla todennäköisesti on jonkin asteisia pakkasenkestävyyssominaisuuksia määrisä olosuhteissa.
- Huokostilojen seinämillä on yleisesti kehämäisiä kalkkikiteytymiä.

Tekninen vastuhenkilö, testaus, raportointi:

Petri Niemelä, tj.

- Kiviaineksena on särmikkäistä ja särmiltään pyöristyneistä rakeista koostuvaa graniittipi-toista luonnon hiekkaa (suurin raekoko # 1,9 mm). Lisäksi laastin seassa on yksittäinen poltetun savitiilen kappale, kooltaan 9 mm \* 6,5 mm. Runkoaineksen määrä suhteessa si-deaineeseen on tavanomaista vähäisempi. Sideaine-runkoaine kontaktit ovat paikoitellen halkeamien rikkomat.
- Näyte on kauttaaltaan yleisesti halkeillut. Halkeilu on seurausta kalkkirikkaalle laastille tyy-pillisestä kutistumasta. Selkeästi käytön aikaiseen vaurioitumiseen viittaavia halkeamia ei havaita.



Kuva 1. Näyte KU 1 ulompi osakerros. Ilmahuukokset näkyvät kuvassa keltaisina. Kuva-ala 7,5 mm \* 5,5 mm.