

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus
Yhdyskuntarakentaminen

Junnu Karhu

Ulkomaisten tarvekivien laatu: tekninen selvitys ja vertailu

Insinööriyö 2019

Tiivistelmä

Junnu Karhu

Ulkomaisten tarvekivien laatu: tekninen selvitys ja vertailu, 38 sivua, 2 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus

Yhdyskuntarakentaminen

Insinööriyö 2019

Ohjaajat: yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu; erikoisasantuntija Seppo Leinonen, Geologian tutkimuskeskus

Tässä insinööriyössä käsitellään kiinalaisten reunakivien laatuun liittyviä ongelmia ja luonnonkiven käyttöön liittyviä yleisluontoisia asioita, kuten laatuvaatimuksia erityisesti infrarakentamisen alalla reunakiviin keskittyen. Työn lähtökohtana ovat infra-alalla sitkeästi elävät epäilykset kiinalaisten luonnonkivituotteiden heikosta kestävydestä.

Työn tarkoituksena oli tuottaa puolueetonta tutkimusmateriaalia kiinalaisten luonnonkivimateriaalien teknisistä ominaisuuksista ja soveltuvuudesta katu- ja aluerakentamisen käyttöön Suomen olosuhteissa. Työn pääasiallinen materiaali tuotettiin kiinalaisista kivituohteista valmistetuille koekappaleille suoritetuilla laboratoriotesteillä sekä maastokatselmuksin suoritetuilla silmämääräisillä arvioinneilla. Koetulosten heijastumista käytäntöön pyrittiin arvioimaan vertailemalla testatuista kivistä saatuja pitkäaikaiskestävyyttä kuvaavia arvoja joidenkin kotimaisten kivien vastaaviin arvoihin.

Insinööriyö koostuu aiheeseen liittyvää teoriaa, suoritettuja kokeita, koetuloksia ja käytännön havaintoja sekä näistä johdettuja päätelmiä käsittelevän raportin lisäksi testausraportin ja testattujen kivimateriaalien koostumusanalyysin käsitteistä liitteistä.

Asiasanat: ulkomainen tarvekivi, reunakivi, tekninen laatu

Abstract

Junnu Karhu

The quality of imported natural stone: technical examination and comparison,
38 Pages, 2 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Construction and Civil Engineering

Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Tuomo Tahvanainen, Principal Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr Seppo Leinonen, Special Expert, Geological Survey of Finland

This thesis concerns the issues related to the quality of kerbstones imported from China as well as general matters around the usage of natural stone materials, such as quality requirements from a civil engineering point of view concentrating on kerbstones. The base of the thesis lies in long-established doubts about the durability of Chinese natural stone products within the field of civil engineering in Finland.

The goal of the thesis was set in impartially researching the technical properties of Chinese natural stone materials and their usability for street construction under the Finnish climate conditions. The primary source of information was generated by means of both laboratory tests conducted on samples refined from Chinese natural stone products and visual inspections of completed structures. The relevance of the test results was estimated by a comparison between the obtained values and comparable values of some Finnish natural stones.

In addition to a report handling the applicable theory, conducted tests, test results, practical observations and conclusions drawn, the thesis consists of appendices covering the complete testing report and the mineralogical composition analysis of the tested stones.

Keywords: imported natural stone, kerbstone, technical quality

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Luonnonkiven käyttö rakentamisessa.....	6
3	Yleiset laatuvaatimukset.....	8
3.1	EN 1343.....	9
3.2	SFS 7017.....	10
3.3	CE-merkintä.....	11
4	Luonnonkiven käyttöön liittyvät ohjeet.....	12
5	Rasitustekijät ja vauriomuodot.....	12
6	Luonnonkiven testaus.....	13
6.1	Tämän työn yhteydessä testattavat kivet.....	13
6.2	Suoritettut kokeet.....	16
6.3	Tulokset.....	17
7	Vertailu kotimaisiin graniitteihin.....	20
8	Katselmukset.....	21
8.1	Kuopio, Tulliportinkatu.....	22
8.2	Kuopio, Satamakatu.....	24
8.3	Kuopio, Saaristokatu.....	26
8.4	Helsinki, Pakila, Sahtikuja.....	29
8.5	Helsinki, Maunula, Suopellonkaari ja Palstakuja.....	31
9	Tulosten yhteenveto ja tulkinta.....	35
10	Päätelmät.....	36
	Lähteet.....	38

Liitteet

Liite 1 Kiinalaiset graniitit CH1 ja CH2, tutkimusselostus

Liite 2 Kiinalaisten graniittien mineraalikoostumus ja kokokivikemia, raportti

1 Johdanto

Ulkomaisten, erityisesti kiinalaisten, tarvekivien laatu on ollut epäilyksen alaisena jo pitkään. Erityisesti pitkäaikaiskestävyyttä on kyseenalaistettu ja kivissä on havaittu ulkonäköpoikkeamia. Pakollinen CE-merkintä ei ole täysin tyrehtyttänyt keskustelua mahdollisista laatuun liittyvistä epäkohdista, sillä useimpien luonnonkivituotteiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen ei vaadita valmistajan ulkopuolista tarkastusta ja saatavilla oleva tutkimusaineisto on pääosin kivituu- teiden valmistajien tai maahantuojien varoin tuotettua.

Tämä insinööriyö on toteutettu osana Rakennuskivituotannon resurssitehokkuuden kehittämishanketta (jatkossa RARE), ensisijaisena tavoitteena on tuottaa mahdollisimman puolueettomia julkisin varoin rahoitettuja testaustuloksia kiinalaisten reunakivien kivimateriaalista. Työn tuloksen ja sen yhteydessä toteutettujen tutkimusten on tarkoitus tukea luonnonkiven julkisen hankinnan ohjemateriaalin kehittämistä. Työn yhteydessä suoritettujen tutkimusten kustannuksista ja käytännön järjestelyistä on vastannut työn tilaaja, Geologian tutkimuskeskus GTK, RARE -projekti.

Insinööriyö koostuu yleisiä tekijöitä, kuten laatuvaatimuksia, kiven käyttöä ja rasiustekijöitä käsittelevästä teoriaosuudesta, kivimateriaalin testauksesta, testituloksista ja vertailusta kotimaisiin kiviin sekä mahdollisten reunakivissä esiintyvien laatu- poikkeamien maastokatselmuksiin perustuvasta havainnoinnista. Työssä keskitytään tarkastelemaan erityisesti reunakiviä, kustannustekijöiden käsittely on rajattu työn ulkopuolelle. Ensisijainen lähdemateriaali on tuotettu kiinalaisille graniiteille toteutetuilla standarditesteillä ja rakennetussa ympäristössä suoritetuilla maastokatselmuksilla.

2 Luonnonkiven käyttö rakentamisessa

Nykyaikaisessa rakentamisessa luonnonkiven käyttö keskittyy talonrakennuksen osalta pääasiassa pintamateriaaleihin, kuten julkisivuverhouksiin ja lattiapinnoitteisiin. Perinteisiä materiaaleja ovat tasarakeiset ja -väriset kivilajit; pintakäsittelynä nähdään usein hiontaa ja kiillotusta. Luonnonkiveä käytetään myös sisäportaissa, erityisesti kivilattioiden yhteydessä. (1.)

Infrarakentamisessa luonnonkiveä käytetään alue- ja katurakenteiden pinnoitteissa erityisesti kevyen liikenteen alueilla, muurirakennelmissa sekä reunakivissä. Yleisimpiä ulkotilojen luonnonkivipinnoitteita ovat laatat, noppa- ja nupukivet, joita nähdään usein katujen ja aukioiden pintamateriaaleina. Ulkotilojen kivit tuotteet ovat tavallisesti pinnoiltaan lohkoittuja, poltettuja tai ristipäähakattuja. Luonnonkiveä voidaan käyttää myös kadunkalusteissa, kuten pollareissa ja penkeissä. Pollareita käytetään esimerkiksi alueita rajaavina elementteinä, pylväiden jalkoina ja ajoesteinä. (2.) Esimerkkejä luonnonkiven käytöstä katuymäristössä kuvissa 1, 2 ja 3.

Yksi yleisimmistä infrarakentamisen luonnonkivielementeistä on reunakivi, jonka lähempään tarkasteluun tässä työssä keskitytään. Luonnonkivinen reunatuki on suosittu erityisesti kaupunkialueilla ja se puoltaa paikkaansa sekä esteettisistä että toiminnallisista syistä. Betoniseen reunatukeen verrattuna luonnonkivivaihtoehtoa voidaan yleisesti pitää paremmin enemmän miellyttävänä ja kestävyydeltään parempana. Luonnonkivi on selvästi pitkäikäisempi erityisesti kohteissa, joissa reunakiveen kohdistuu törmäyskuormia ja voimakasta kulutusta. (3.)



Kuva 1. Noppa- ja nupukiveä, luonnonkivistä reunatukea sekä luonnonkiveä tilaelementtinä kiertoliittymässä. Lappeenranta, Taipalsaarentie



Kuva 2. Luonnonkiveä tukimuurissa ja kaidetolpissa. Lappeenranta, Raastuvankatu



Kuva 3. Luonnonkiveä ulkoportaissa ja pintakäsittelemättömänä tukimuurissa. Lappeenranta, Kauppakatu

3 Yleiset laatuvaatimukset

Katu- ja aluerakentamisen luonnonkivituotteiden laatuvaatimuksista säädetään eurooppalaisissa harmonisoiduissa tuotestandardeissa, kuten Luonnonkivipäällystelaatat EN 1341, Noppa- ja nupukivet EN 1342 ja Ulkotilojen reunakivet EN 1343 sekä näihin liittyvässä kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7017. Edellä mainittuihin standardeihin viittaa myös infrarakentamisen laatuvaatimuksia käsittelevä InfraRYL. Lisäksi InfraRYL:n asettamien vaatimusten mukaan luonnonkivisissä reunatuissa käytettävä kivimateriaali ei saa sisältää halkeamia, eikä valmiiden kivien pinnoilla saa näkyä porausjälkiä. Harmonisoitujen tuotestandardien alaisilta luonnonkivituotteilta, kuten reunakiviltä vaaditaan CE-merkintää. (4; 5.)

Tuotestandardeilla tarkoitetaan tuotteelle asetettavia vaatimuksia, kuten yhteensopivuutta, mitoitusta, kestävyyttä ja laatua käsittelevää standardia. Harmonisoidut standardit ovat Euroopan unionin virallisessa lehdessä mainittuja, EU:n pyynnöstä laadittuja standardeja. (6, s. 8.) Kansallinen soveltamisstandardi

di täydentää harmonisoitua standardia ja siinä määritellään tarkemmin tuotteelle asetettuja kansallisen tason ominaisuusvaatimuksia (4).

3.1 EN 1343

Standardi EN 1343 selventää yksityiskohtaisesti reunakiviä koskevat termit ja määritelmät sekä asettaa sallitut poikkeamat leveys- ja korkeusmitoille, viisteiden mitoille, suorien reunakivien pintojen suorudelle ja pintojen epätasaisuudelle. Myös lujutta, kestävyyttä ja koostumusta koskevat tekijät ja näiden määrittämistä ohjaavat normit sekä vaatimustenmukaisuuden arvioinnin edellytykset on eritelty. (7.)

Koska harmonisoidun tuotestandardin on tarkoitus johtaa tuotteen CE-merkintään, on EN 1343 -standardissa kuvattu myös CE-merkintäprosessiin liittyvän vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyn edellytykset ja kulku. Tähän liittyvissä reunakivituotteen alkutestauksessa ja tehtaan sisäisessä laadunvalvonnassa määritettäviksi vaaditut asiat on esitetty taulukoissa 1 ja 2. (7.)

Vaatimuksia koskeva kohta	Ominaisuudet	Testausmenetelmä	Tulosten esittäminen
4.4	Murtolujuus – taivutuslujuus	EN 12372	Ilmoitettu arvo
4.3.1	Jäädytys-sulatuskestävyys taivutuslujuuden pitkäaikaiskestävyytenä tavanomaisissa olosuhteissa	EN 12371	2 ilmoitettua arvoa
4.3.2	Jäädytys-sulatuskestävyys taivutuslujuuden pitkäaikaiskestävyytenä jäänsulatusaineita käytettäessä	Ks. kohta 4.3.2	Ilmoitettu arvo (ilmoitetut arvot)
4.2.1	Sallitut mittapoikkeamat – tasomitat	EN 13373:2003 kohta 5.2	Taulukko 1
4.2.1	Mitat	EN 13373	Ilmoitettu arvo
4.6	Vedenimukyky	EN 13755	Ilmoitettu arvo
4.7	Suhteellinen tiheys ja avoin huokoisuus	EN 1936	Ilmoitetut arvot
4.8	Petrografinen kuvaus	EN 12407	Ilmoitettu kuvaus
4.9	Vaaralliset aineet	Ks. kohta 4.9	Tarvittaessa ilmoitettu arvo tai luokka

Taulukko 1. Ulkotilojen luonnonkivisten reunakivien ominaisuuksien alkutestaus (7)

Vaatimuksia koskeva kohta	Ominaisuudet	Todentaminen tuotannon aikana	Testausmenetelmä	Vähimmäis-testaustaajuus (ks. alaviitteet ¹⁾ ja ³⁾)	Hyväksymisehdot
4.2.1	Mitat	Jatkuva todentaminen tehtaan sisäisen laadunvalvonnan mukaisesti (ks. alaviite ²⁾)	EN 13373	Jokainen valmistuserä	Toleranssialueella ^{a)}
4.2.1	Sallitut poikkeamat – tasomitat		EN 13373:2003 kohta 5.2		
4.4	Taivutuslujuus		EN 12372	Kerran kahdessa vuodessa ^{b)}	> 80 % yksittäisistä tuloksista > ilmoitettu arvo
4.6	Vedenimukyky		EN 13755		> 80 % yksittäisistä tuloksista < ilmoitettu arvo
4.7	Suhteellinen tiheys ja avoin huokoisuus		EN 1936		Ei vaatimusta
4.3.1	Jäädytys-sulatuskestävyys – tavanomaiset olosuhteet		EN 12371	Kerran kymmenessä vuodessa ^{b)}	Kahden ilmoitetun arvon toleranssialueella ^{a)}
4.3.2	Jäädytys-sulatuskestävyys – jäänsulatusaineet		Ks. kohta 4.3.2		Ilmoitetun arvon (ilmoitettujen arvojen) toleranssialueella ^{a)}
4.8	Petrografinen kuvaus		EN 12407		Täyttää ilmoitetun kuvauksen mukaiset vaatimukset
4.9	Vaaralliset aineet		Ks. kohta 4.9		Yksittäiset tulokset täyttävät ilmoitetun arvon tai ilmoitetun luokan vaatimukset

¹⁾ Testaustaajuus olisi määriteltävä siten, että se varmistaa tuotteen ilmoitettujen arvojen tai luokkien pysyvyyden ja luotettavan ilmoittamisen sekä käyttäjien että valmistajan kannalta.

²⁾ Näiden ominaisuuksien valvontatestaus tehdään tarkoituksenmukaisimmalla epäsuoralla testaus- ja/tai tarkastusmenetelmällä (tarkoituksenmukaisimmilla epäsuorilla testaus- ja/tai tarkastusmenetelmillä), jo(t)ka esitetään yksityiskohtaisesti valmistajan laatimassa parametrien laadunvalvontasuunnitelmassa, joka on laadittu alkutestauksen perusteella ja joka liittyy näiden ominaisuuksien (esim. materiaalit, koostumus) arvoihin tai luokkiin.

³⁾ Kun kiven valmistus todennäköisesti muuttaa jotakin valmiin tuotteen ominaisuutta verrattuna alkuperäiseen kiveen (esim. valmistustavan seurauksena tai koska fyysikaaliset ominaisuudet ovat muuttuneet impregnoinnin, luonnostaan esiintyvien reikien, virheiden, halkeamien tai vastaavien täyttämiseen käytettyjen paikkausaineiden, täyteaineiden tai muiden vastaavien tuotteiden takia), tämä on otettava huomioon testaustaajuutta määritettäessä.

^{a)} Yleensä vaatimuksia sisältävässä kohdassa viitataan tähän.

^{b)} Nämä edustavat testaustaajuuden ylärajoja (ks. alaviite ¹⁾).

Taulukko 2. Tehtaan sisäisessä laadunvalvonnassa määritettävät ulkotilojen luonnonkivien reunakivien ominaisuudet (7)

3.2 SFS 7017

SFS 7017 on muiden muassa EN 1343 standardia täydentävä kansallinen soveltamisstandardi, jossa määritellään reunakiviltä Suomessa vaadittavat ominaisuudet. Taulukkoon 3. liittyvässä huomautuksessa todetaan pitkäaikaiskestävyyden olevan riittävä, mikäli eräiden muiden ehtojen ohella vedenimukyky ei ylitä arvoa 0,30 %, mutta menettely on sallittu sovellettavaksi ainoastaan vuoden 2016 loppuun saakka. Näin ollen testattujen kiven kelpoisuutta ei voida arvioida suoraviivaisesti vedenimukykytestauksen tuloksien perusteella. (8.)

Ominaisuus	Käyttökohde	Vaatus Suomessa	Vaatus taso
Mittapoikkeamat ¹⁾	Kaikki	Kyllä	Liite B luvun 3 mukainen
Murtolujuus	Kaikki	Kyllä	Taivutuslujuus ≥ 8 MPa (keskiarvo) ≥ 5 MPa (alempi odotusarvo) Eri käyttöluokkien ohjeelliset murtokuorman arvot esitetään liitteessä C ²⁾
Pitkäaikaiskestävyys ³⁾	Kaikki	Kyllä	Jäänpoistosuolojen avulla (1 paino-% NaCl) määritetyn SFS-EN 12371 jäädytys-sulatustestin läpäisy (pass) 56 sykliä, murtolujuuden alenema ≤ 20 %

Taulukko 3. Ulkotilojen reunakiviltä vaadittavat ominaisuudet (8)

3.3 CE-merkintä

CE-merkintä on Suomessa pakollinen rakennustuotteille, joita koskee voimassa oleva harmonisoitu tuotestandardi. CE-merkinnällä tuotteen valmistaja ilmoittaa tuotteen ominaisuuksien ja näiden toteutuksen toteutuksen vastaavan harmonisoidun tuotestandardin asettamia vaatimuksia. CE-merkinnän yhteydessä valmistaja antaa tuotteen ominaisuuksista koostuvan suoritusosoituksen. (9, s. 10-12.) Vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyn tehtävienjako on riippuvainen tuoteryhmäkohtaisesta AVCP-luokasta, joka ilmaisee mahdollisen ulkopuolisen arviointilaitoksen tarpeen laadunvalvonnassa. Luonnonkiviset reunakivet kuuluvat AVCP-luokkaan 4, näin ollen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseen kuuluvan tehtaan sisäisen laadunvalvonnan lisäksi myös alkutestaus jää yksin valmistajan vastuulle eikä kolmatta osapuolta tarvita. Vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyn jälkeen valmistaja tai tämän edustaja antaa EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen, joka oikeuttaa tuotteen CE-merkitsemisen. (9, s. 16-19; 7, s. 27.)

Reunakivien vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa, tehtaan sisäisessä laadunvalvonnassa ja alkutestauksessa sovellettavat testit on esitetty edellä kohdassa 3.1, taulukoissa 1. ja 2.

4 Luonnonkiven käyttöön liittyvät ohjeet

Luonnonkiven käyttöön liittyvää ohjemateriaalia tarjoaa esimerkiksi kiviteollisuusliitto verkkosivuillaan ja julkaisemassaan RARE -hankkeessa kerättyyn aineistoon perustuvassa oppaassa: *Luonnonkivihankinnat, ohje julkiselle hankkijalle*. Oppaassa käsitellään kivimateriaalin valintaa, tarpeiden ja vaatimusten määrittelyä sekä näiden sisällyttämistä tarjouspyyntöihin, vaatimusten täyttymisen arviointia hankinnassa, teknisiä vaatimuksia, luonnonkivirakentamisen ympäristönäkökohtia ja hankinnan taloudellisia tekijöitä. Näiden lisäksi myös luonnonkiven sosiaalinen kestävyys, kuten kivituotteiden valmistuksessa vallitsevien työolojen epäkohdat on huomioitu. (10; 11.)

InfraRYL tarjoaa laatuvaatimusten lisäksi myös reunakiven ja muiden infrarakentamisen luonnonkivituotteiden valintaa, asentamista ja toteumatilanteen arviointia koskevaa ohjetasoisia materiaalia sekä opastaa määräysten ja vaatimusten soveltamisessa (5).

Luonnonkiven käytölle julkistilarakentamisessa on olemassa myös paikallisia ohjeistoja. Esimerkiksi Helsingin kaupunkitilaohje asettaa tarkoin rajatut edellytykset kaupungin ulkoasussa hyvin keskeisessä osassa olevalle kivrakentamiselle. Katu- ja aluerakentamisessa käytettävät kivilaadut ulkoasuineen ja laatu-tekijöineen on yksityiskohtaisesti eritelty. (12.)

5 Rasitustekijät ja vauriomuodot

Katu- ja aluerakentamisen materiaaleihin kohdistuu useita rasittavia tekijöitä. Veden liikkeet ja lämpötilan vaihtelu yksinään rasittavat rakenteita, mutta Suomen olosuhteissa merkittävimpiin rasitukseen kuuluu näiden yhdistelmä: toistuva jäätyminen ja sulaminen. Liikennealueilla pinnoitemateriaaleihin kohdistuu ajoneuvojen renkaiden kuluttava vaikutus sekä erityisesti mitoiltaan suurempien laattamaisten tuotteiden kohdalla perustamisolosuhteiden vaihtelusta johtuvat taivutusjännitykset. Reunatukien kohdalla merkittävimpiin rasitustekijöihin kuuluvat lumenaurauksen yhteydessä esiintyvät törmäyskuormat, joiden vaikutuksesta kivistä voi irrota paloja tai se voi jopa haljeta. (3.)

Jäätymisen ja sulamisen yhteydessä esiintyvä rasitus perustuu kiven huokosiin ja mahdollisiin halkeamiin joutuneen veden laajentumiseen sen jäätyessä. Liukaudentorjuntaan käytettävät suolat rasittavat kiveä vastaavalla tavalla; kiven sisältämään tyhjätilaan joutuneeseen veteen liuennut suola kohdistaa kiteytyessään painetta kiveen. (3.)

Tyypillisimmät reunakivissä esiintyvät vauriot ovat halkeilua, palojen irtoamista, kulumista ja värimuutoksia. Halkeilu voi johtua esimerkiksi sääolosuhteista, pakkasrasituksesta eli jäätymisestä ja sulamisesta tai törmäyksistä. Törmäysvauriot näkyvät kivissä useimmiten irronneina paloina. (3.)

Lähinnä kosmeettisia haittoja aiheuttaviin vaurioihin lukeutuvat erilaiset värimuutokset, kuten likaantuminen ympäristöolosuhteista ja kiven huokoisuudesta riippuen. Myös talvikunnossapidon vaikutuksista voi aiheutua selvästi näkyviä värimuutoksia; auran terästä kiven pintaan tarttuva rauta antaa kivelle ruosteisen ruskean värin. (3.)

6 Luonnonkiven testaus

Luonnonkiven testausta koskevat tässä yhteydessä olennaiset standardit on mainittu kohdassa 6.2. Standardeissa eritellään käytettävät koekappaleet, mitattavat ja ilmoitettavat suureet sekä käytettävät testausjärjestelyt.

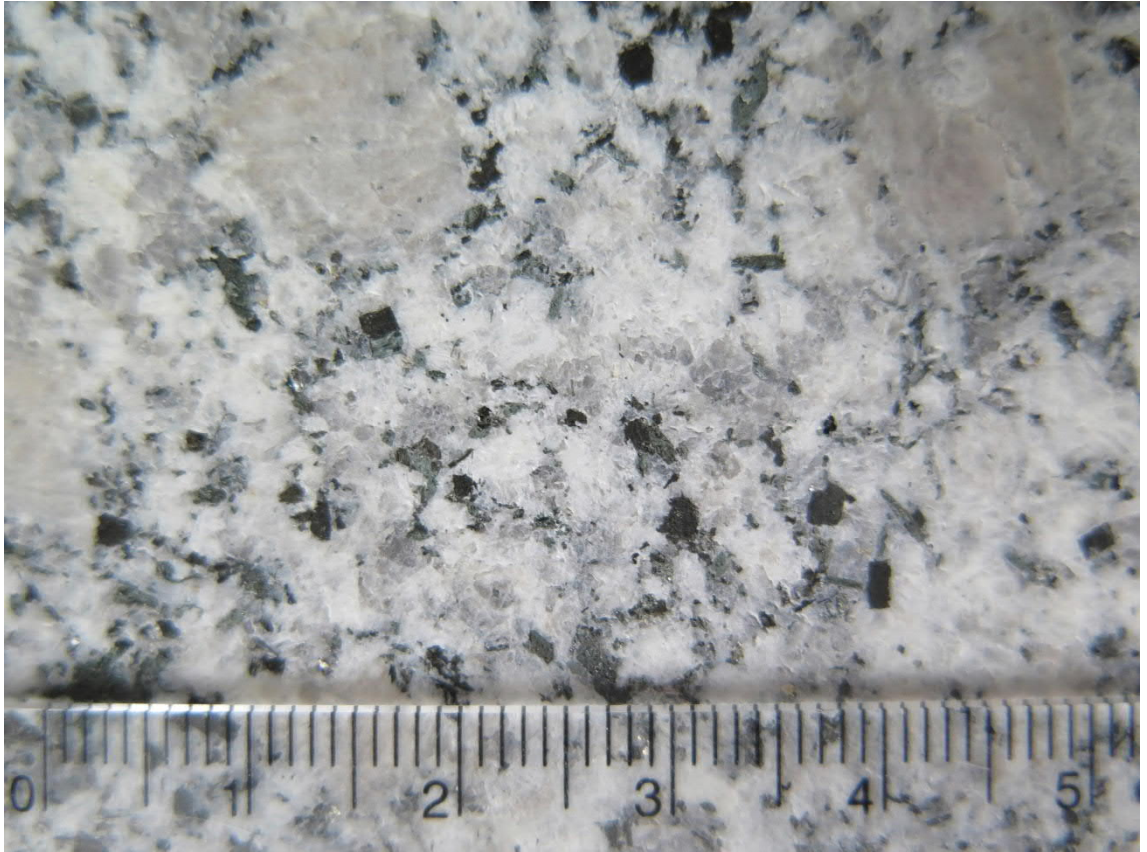
6.1 Tämän työn yhteydessä testattavat kivet

Testattavia kivilaatuja on kaksi, harmaa graniitti nimikkeellä G3741 (Kuva 4) ja punainen graniitti nimikkeellä G3754 (Kuva 5). Testauksen yhteydessä G3741 on merkitty tunnuksella CH1 ja G3754 tunnuksella CH2. Testitulosten käsittelyssä käytetään nimityksiä CH1 ja CH2 tutkimusselostuksen tarkastelun helpottamiseksi. Molemmat kivilaadut ovat kiinalaista alkuperää ja hankittu reunakivien muodossa. Hankittujen kivien pintakäsittely on kiinalaisille reunakiville tyypillinen ilmeisesti käsin piikattu viimeistely; kuvassa 6 nähtävä uritus, joka ei kovinkaan hyvin muistuta luonnollista kivipintaa. Laboratoriokokeisiin tarvittavat kappaleet paloiteltiin reunakivistä sahaamalla GTK:n toimesta.

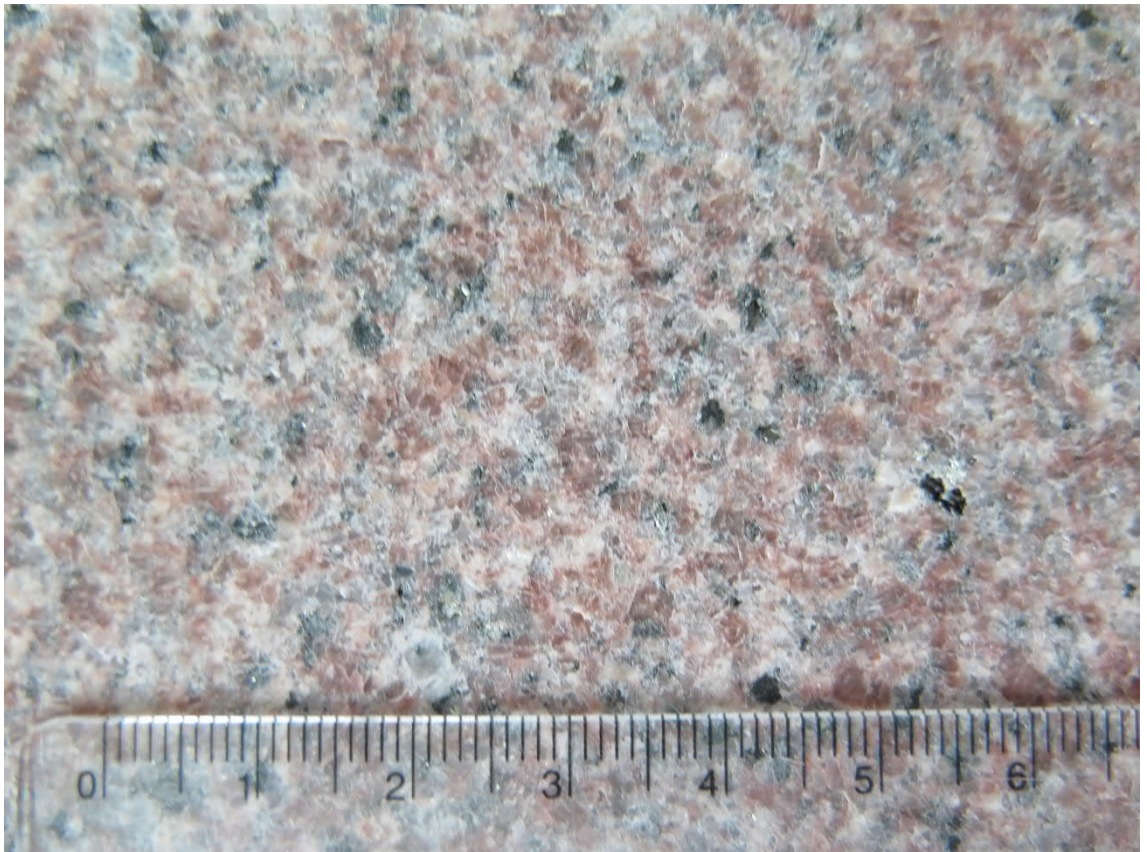
Testattavien kivien mineraalikoostumukset määritettiin mikroskooppisesti hienäytteistä 1000 pisteen laskuna, 0,1 tilavuus-% määritystarkkuudella. Määritys on suoritettu kolmen näytteen perusteella kustakin kivistä, taulukon 4 kahdessa ensimmäisessä sarakkeessa esitetyt mineraalien prosenttiosuudet ovat kolmen toisiinsa nähden kohtisuoraan leikatun näytteen keskiarvoja. Harmaa G3741 on karkearakeinen porfyyrinen graniitti, jonka päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi ja kvartsi. Punainen G3754 on keski-karkearakeinen graniitti, jonka päämineraalit ovat kalimaasälpä, plagioklaasi, kvartsi ja saussuriitti. Testattujen graniittien mineraalikoostumusta käsittelevä raportti on tarkasteltavissa liitteesä 2.

Mineraali	G3741 keskiarvo %	G3754 keskiarvo %	G3741 STL2- 3.1.1 %	STL2- 3.1.2 %	STL2- 3.1.3 %	G3754 STL2- 4.1.1 %	STL2- 4.1.2 %	STL2- 4.1.3 %
Kalimaasälpä	32.8	32.2	32.1	27.3	38.9	32.0	30.4	34.3
Plagioklaasi	33.9	25.1	38.6	33.3	29.8	25.6	24.9	24.8
Kvartsi	22.1	29.5	17.2	27.5	21.6	29.7	31.0	27.9
Biotiitti	4.8	2.3	4.4	5.2	4.7	2.5	2.2	2.3
Sarvivälke	3.3	0.0	3.3	3.6	3.0	0.0	0.0	0.0
Saussuriitti	1.9	7.3	3.1	1.7	0.9	7.9	8.2	5.9
Kloriitti	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6
Karbonaatti	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1
Opaakki	0.4	0.7	0.4	0.7	0.2	0.6	0.6	1.0
Muut	0.8	2.1	0.9	0.7	0.9	1.1	2.0	3.1
	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Taulukko 4. Testattavien kivien mineraalikoostumukset (Seppo Leinonen)



Kuva 4. Harmaa graniitti G3741 / CH1, sahattu pinta (Seppo Leinonen)



Kuva 5. Punainen graniitti G3754 / CH2, sahattu pinta (Seppo Leinonen)



Kuva 6. Testauksen tarpeisiin hankitut kiinalaiset reunakivet (Seppo Leinonen)

6.2 Suoritetut kokeet

Testauspalvelut hankittiin VTT Expert Services Oy:ltä. Testaus suoritettiin asiaan kuuluvien eurooppalaisten standardien mukaisesti. Suoritettuihin testeihin kuuluivat:

- tiheys ja huokoisuus SFS-EN 1936
 - koekappaleet 50 mm kuutioita 6 kappaletta
- vedenimukyky SFS-EN 13755
 - koekappaleet 70 mm kuutioita 6 kappaletta
- puristuslujuus SFS-EN 1926

- koekappaleet 50 mm kuutioita 10 kappaletta
- taivutusvetolujuus SFS-EN 12372
 - koekappaleet 50x60x300 mm särmiöitä 10 kappaletta
- kulutuskestävyys SFS-EN 14157
 - koekappaleet 30x71x71 mm särmiöitä 3 kappaletta
- säänkestävyys (suola-/pakkasrasitus) SFS-EN 12371 ja SFS 7017
 - koekappaleet 70 mm kuutioita 10 kappaletta ja 50x60x300 mm särmiöitä 10 kappaletta

6.3 Tulokset

Graniittien CH1 ja CH2 testitulokset esitetään tässä yhteydessä kootusti taulukoissa 4–10 näyte-erien tuloksista laskettuina keskiarvoina ja tulosten keskihajontoina sekä tarvittaessa alemmina odotusarvoina. EN 1343 -standardi vaatii taivutuslujuudelle ilmoitettavaksi alemmaa odotusarvoa, jonka laskennasta on standardiin lisätty esimerkki. Yksittäisten näytekappaleiden tulokset kokonaisuudessaan ovat tarkasteltavissa liitteessä 1.

näyte-erä		tilavuuspaino g/cm ³	huokoisuus tilavuus %
CH1	x	2,667	1,098
	s	0,002	0,008
CH2	x	2,649	0,394
	s	0,002	0,023

Taulukko 4. Tilavuuspaino ja huokoisuus esitettynä keskiarvoina (x) ja keskihajontoina (s)

näyte-erä		vedenimukyky paino %
CH1	x	0,316
	s	0,006
CH2	x	0,122
	s	0,002

Taulukko 5. Vedenimukyky ilmakehän paineessa esitettynä keskiarvoina (x) ja keskihajontoina (s)

näyte-erä		puristuslujuus
		MPa
CH1	x	226
	s	12,1
	E	201
CH2	x	248
	s	36,0
	E	171

Taulukko 6. Puristuslujuus esitettynä keskiarvoina (x), keskihajontoina (s) ja alemmina odotusarvoina (E)

näyte-erä		taivutusvetolujuus
		MPa
CH1	x	13,9
	s	0,96
	E	12,0
CH2	x	18,9
	s	0,83
	E	17,2

Taulukko 7. Taivutusvetolujuus esitettynä keskiarvoina (x), keskihajontoina (s) ja alemmina odotusarvoina (E)

näyte-erä		kulutuskestävyys		
		cm ³ /50 cm ²	kg/m ²	mm
CH1	x	6,17	3,29	1,32
	s	0,10	0,05	0,06
CH2	x	4,87	2,58	1,25
	s	0,09	0,05	0,19

Taulukko 8. Kulutuskestävyys keskiarvoina (x) ja keskihajontoina (s)

näyte-erä		vertailuarvo MPa	pakkaskoe MPa	muutos %
CH1	x	193	187	-3,1
	s	20,3	25,8	
	E	152	135	-11,2
CH2	x	246	225	-8,5
	s	24,2	39,1	
	E	198	147	-25,8

Taulukko 9. Puristuslujuus suola-/pakkasrasituksen jälkeen esitettyinä keskiarvoina (x), keskihajontoina (s) ja alemmina odotusarvoina (E)

näyte-erä		vertailuarvo MPa	pakkaskoe MPa	muutos %
CH1	x	13,9	13,3	-4,3
	s	0,96	1,11	
	E	12,0	11,1	-7,5
CH2	x	18,9	18,4	-2,6
	s	0,83	0,45	
	E	17,2	17,5	+1,7

Taulukko 10. Taivutusvetolujuus suola-/pakkasrasituksen jälkeen esitettyinä keskiarvoina (x), keskihajontoina (s) ja alemmina odotusarvoina (E)

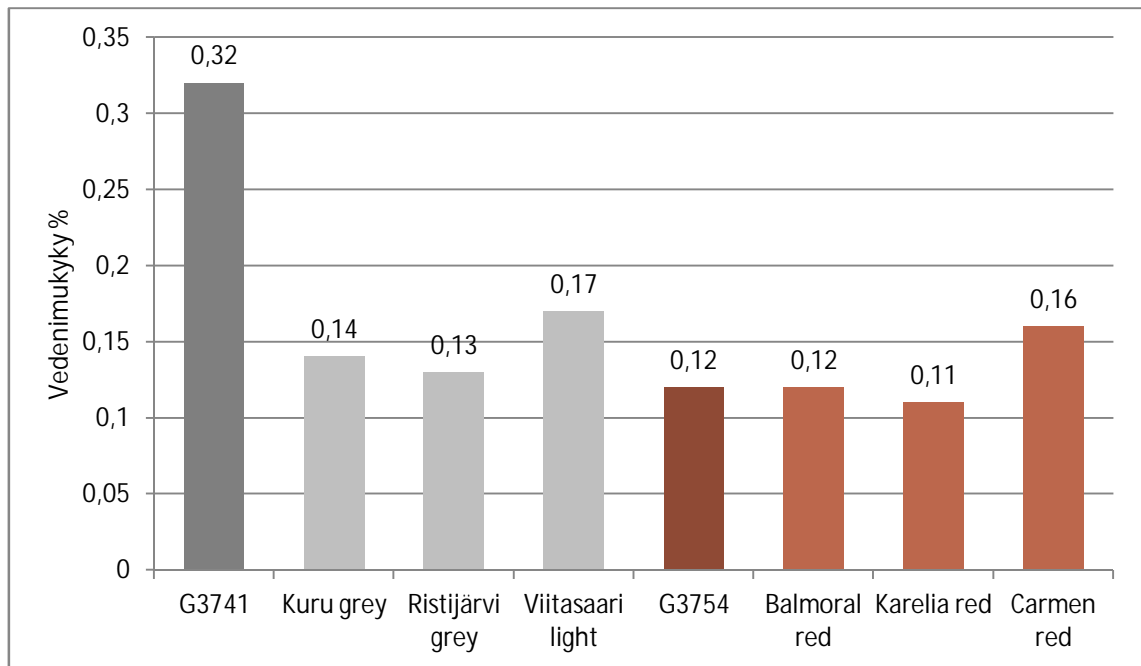
Testattujen ominaisuuksien osalta testatut kivet täyttävät standardien EN 1343 ja SFS 7017 asettamat vaatimukset. Harmaan graniitin CH1 huokoisuus 1,098 tilavuus-% ja erityisesti vedenimukyky 0,316 paino-% ovat kohtalaisen korkeita, tämän perusteella voitaisiin epäillä kiven pitkäaikaiskestävyyttä pakkaskestävyyden osalta. Suola-/pakkasrasituksen yhteydessä tapahtuvan taivutuslujuuden aleneman erot graniittien CH1 ja CH2 välillä noudattavat kiven välisiä huokoisuus- ja vedenimukykyeroja, mutta kiven heikentyminen ei kuitenkaan ole kovin merkittävää. Taivutuslujuuden alenema alittaa selvästi SFS 7017:n asettaman enintään 20 % raja-arvon.

7 Vertailu kotimaisiin graniitteihin

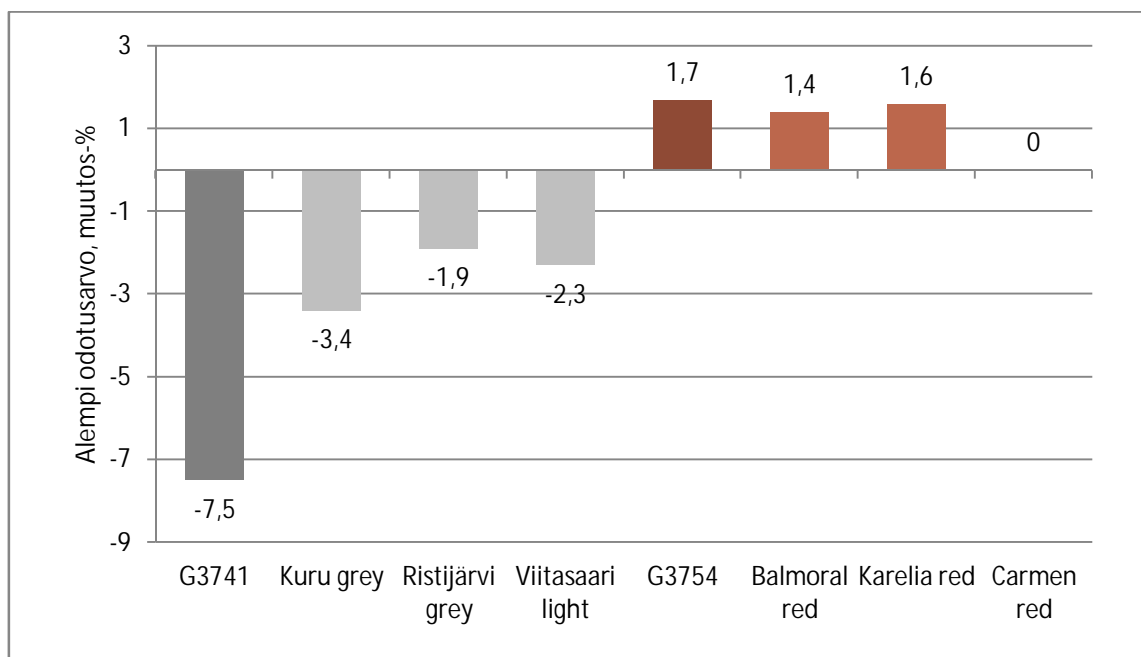
Testattuja kiviä verrataan tässä yhteydessä kotimaisiin likimääräisen värin perusteella valittuihin graniittikivilaatuihin. Vertailukivien vedenimukykyarvot (Kaa-
vio 1) on poimittu suoraan suomalaisenkivi.fi-sivustolta, taivutusvetolujuuden
alemman odotusarvon muutosprosentit pakkasrasituskokeen yhteydessä (Kaa-
vio 2) on johdettu sivustolla esitetyistä lujuusarvoista. Vertailtavien suureiden
valintaperusteena on pyrkimys havainnollistaa mahdollisia eroja pitkäaikaiskes-
tävydessä.

Vertailuarvoja tarkasteltaessa testatun harmaan graniitin G3741 vedenimukyky
ja lujuuden alenema suola-/pakkasrasituksen jälkeen näyttävät varsin selkei-
nä poikkeamina vertailujoukosta; molemmat arvot ovat karkeasti ottaen kaksin-
kertaisia vertailuryhmään valittuihin kotimaisiin harmaisiin graniitteihin verrattu-
na. Vaikka testikivi täyttääkin yleisissä laatuvaatimuksissa asetetut edellytykset,
voidaan vertailun perusteella odottaa G3741-graniitille kotimaisia vaihtoehtoja
lyhyempää käyttöikä.

Punainen graniitti G3754 vaikuttaa pakkaskestävyydeltään oman vertailuryh-
mänsä kotimaisia kiviä vastaavalta, kummassakaan vertailtavassa arvossa ei
ole havaittavissa merkittäviä eroavaisuuksia. Punaisilla graniiteilla vaikuttaa
olevan taipumus taivutusvetolujuuden kasvuun suola-/pakkasrasituksen yhtey-
dessä.



Kaavio 1. Testattujen- ja vertailukivien vedenimukyky ilmakehän paineessa



Kaavio 2. Testattujen- ja vertailukivien taivutusvetolujuuden muutos suola-/pakkasrasituksen yhteydessä

8 Katselmukset

Laboratoriotestauksen lisäksi työn yhteydessä suoritettiin maastokatselmuksia neljässä eri kohteessa, joista kaksi sijaitsi Kuopiossa ja kaksi Helsingissä. Lisäksi tarkasteltiin vertailukohtana iäkkäällä kotimaisella kivellä toteutettua kuo-

piolaiskohdetta. Helsingin katselmukset suorittivat 19.6.2018 Seppo Leinonen ja Junnu Karhu, Kuopion katselmuksiin 23.5.2018 osallistui lisäksi oppaan ominaisuudessa Kuopion kaupungin edustaja, rakennuttaja Petri Pucilowski. Katselmointien tarkoituksena oli päästä käsitykseen kivessä mahdollisesti esiintyvien heikkouksien käytännön vaikutuksista reunakivien ulkoasuun, arvioida kulutus- ja pitkäaikaiskestävyyttä silmämääräisesti ja hakea tukea testitulosten tulkinnalle. Neljän olosuhteiltaan toisistaan poikkeavan kohteen otanta on hyvin suppea eikä tarjoa luotettavaa pohjaa selkeiden johtopäätösten muodostamiselle. Katselmusten perusteella saatiin kuitenkin suhteellisen hyvä kokonaiskuva reunakiviä erilaisissa kaupunkiympäristöissä rasittavista tekijöistä, rasituksen vaikutusten ilmenemisestä kivessä, vaurioiden mahdollisista syntymekanismeista sekä itse kiven heikkouksista.

8.1 Kuopio, Tulliportinkatu

Vertailukohtana kiinalaisille kiville tarkasteltu Tulliportinkatu oli toteutettu kotimaisella, väriltään hiukan vaihtelevalla, mutta pääasiassa harmaalla kotimaisella reunakivellä. Kivet olivat paikallisesti valmistettuja ja todennäköisesti olleet asennettuna useammassa kohteessa käyttöikänsä kuluessa. Petri Pucilowskin henkilökohtaisen arvion mukaan reunakivet olisivat noin 40 vuoden ikäisiä. Kivien leveys oli noin 25 cm, pituudeksi mitattiin noin 1,0...4,0 m.

Kohteen kivet eivät vaikuttaneet erityisen kuluneilta pitkään jatkuneesta käytöstä huolimatta. Etusärmässä oli havaittavissa pyöristymistä ja pinnoissa lievää hioutumista, pinnat eivät olleet kuitenkaan kuluneet sileiksi. Kivissä oli satunnaisia lohkeamia, joitakin suurempiakin paloja puuttui, mutta lohkeamat vaikuttivat olevan voimakkaiden iskujen seurausta eikä niitä esiintynyt säännöllisesti. (Kuvat 7 ja 8) Mitään kivimateriaalin heikkouteen viittaavaa ei kohteessa havaittu.



Kuva 7. Lohkeama kivessä, todennäköisesti voimakkaan iskun seurausta (Sep-po Leinonen)



Kuva 8. Lohkeama kiven kulmassa

8.2 Kuopio, Satamakatu

Kuopion Satamakadun kohde oli hiljattain saneerattu, vuonna 2016 valmistunut kaupunkikeskustan joukkoliikennekatu, josta tarkastelimme Tulliportinkadun ja Lukkarinkadun välistä noin 100 m mittaista osuutta. Kohteessa käytetyt 170 mm leveät V17 viistereunakivet olivat Kiinasta tuotua harmaata graniittia. Kivet olivat todennäköisesti sahaamalla paloiteltuja, pituudeksi mitattiin 1,7 m.

Reunakivien yleinen ulkoasu oli siisti, pintakäsittely oli testikiviä vastaava, ilmeisesti käsin piikattu uritus. Kivien päätypinnat olivat poikkeuksellisesti sahauksen jälkeen viimeistelemättömiä, mikä oli mahdollistanut poikkeuksellisen tiiviin asennuksen; ehjien kivien välillä ei näkynyt juurikaan rakoja. Kivet olivat erittäin mittatarkkoja ja kohteen lähtökohtainen yleisasu oli hyvin siisti, luonnonkivirakenteeksi jopa hiukan epäluonnollisen säännöllinen. Kivimateriaali oli visuaaliselta ilmeeltään tasalaatuista.

Mekaanisen kulutuksen jälkiä tai törmäysvaurioita ei ollut vielä tuoreessa rakenteessa kovinkaan paljon havaittavissa. Paikoitellen esiintyi kiven etusärmän pyöristymistä ja talvikunnossapidon aiheuttamia ruostevärjäytymiä (Kuva 9). Merkittävimmät vauriot löydettiin saumakohdista; useiden kivien päistä oli lohjennut paloja, joista osa oli jäänyt kivien väliin (Kuvat 9, 10 ja 11). Lohkeilun syyksi arveltiin tiiviin asennuksen ja lämpöliikkeiden, tai kunnossapidon aiheuttamien törmäyskuormien yhteisvaikutusta. Samantyyppisiä vaurioita esiintyi hyvin säännöllisesti ja osa niistä oli jopa silmiinpistäviä.



Kuva 9. Etusärmän pyöristyminen, ruostevärjäytymä ja kiven pään lohkeilu



Kuva 10. Kivien päiden lohkeilua



Kuva 11. Kiven päästä lohjennut kookas kappale

8.3 Kuopio, Saaristokatu

Kuopion Saaristokadusta tarkasteltiin Kaivannonlahdenkadun ja Lintulahdenkadun välistä noin 100 m mittaista osuutta. Kohde oli kokoojakatu, jonka reunakivet olivat vuonna 2008 asennettuja 170 mm leveitä V17 viistereunakiviä, harmaata kiinalaista graniittia pituudeltaan 1,4...1,7 m.

Kivet olivat oletettavasti sahaamalla paloitetuja, pintakäsittely oli silmämääräisesti arvioiden testikiviä vastaava piikkaus. Kivien päätypinnat olivat joko lohkotuja tai karkeaksi viimeistelyjä. Yleisilmeeltään kohde oli Satamakatua epä säännöllisempi ja henkilökohtaisen arvion mukaan luonnollisempi, vaikka kivesä olikin havaittavissa selvästi enemmän värivirheitä (Kuva 12). Joidenkin yksittäisten kivien näkyvillä pinnoilla oli jäänteitä poranrei'istä (Kuva 13).

Saaristokadulla kunnossapidon vaikutus kiven ulkoasuun oli selvästi havaittavissa; auran terän hankaamat kohdat olivat muuttuneet ruskeiksi niihin tarttuneen raudan ruostuessa (Kuva 14). Kunnossapidon mekaaniselle rasitukselle alttiiksi joutuneet kohdat olivat selvästi hioutuneet sileiksi ja kivien etusärmät olivat pyöristyneet. Voimakkaimmin rasitetuissa kohdissa oli nähtävissä jopa

vuoleutumista; kivistä oli irronnut merkittäviä määriä materiaalia hankaavan rasituksen vaikutuksesta, mikä viittaa kivimateriaalin pehmeeseen (Kuva 14).

Joidenkin reunakivien pystypinnoilla havaittiin merkittävää epätasaisuutta. Oletettavasti lohkeilu on tapahtunut pintojen viimeistelyn yhteydessä ja ollut kivessä jo asennettaessa, sillä asfaltointi ulottui kolojen pohjaan asti (Kuva 15). Epätasaisuuden pintaan jättämät kohoumat tarjoavat kuitenkin hyvän tartuntapinnan esimerkiksi auran terälle ja silmämääräisen arvion perusteella kiven etupinnasta olikin irronnut paloja myös asennuksen jälkeen, todennäköisesti kunnossapidon yhteydessä.

Kivien pintakäsittelyssä havaittu vaihtelu, mainittu pystypintojen lohkeilu joissakin kivissä, viittaa kivien sahausuunnan sattumanvaraisuuteen. Oletettavasti tuotannossa ei ole kiinnitetty huomiota kivimateriaalin luontaiseen lohkeamissuuntaan.



Kuva 12. Tumma väri virhe kivessä, ruostevärjäytymä



Kuva 13. Pystysuuntaiset poranreiät kiven etupinnassa, ruostevärjäytymä



Kuva 14. Kiven etusärmän pyöristyminen, ruostevärjäytymät ja pinnan ulkonemien sileäksi hioutuminen



Kuva 15. Merkittävä epätasaisuus kiven etupinnan viimeistelyssä, ruostevärjäytymä

8.4 Helsinki, Pakila, Sahtikuja

Pakilassa tarkasteltiin Spelttipolun ja Siliuksentien välistä osuutta Sahtikujasta. Kohde oli tonttikatu, jonka reunakivet olivat vuonna 2010 asennettuja 220 mm leveitä V22 viistereunakiviä, harmaata kiinalaista graniittia pituudeltaan 1,0...1,8 m.

Reunakivien valmistustapa ja pintakäsittely vastasivat silmämääräisen arvion perusteella Kuopion kohteiden kiviä; kivet olivat oletettavasti sahaamalla paloiteltuja ja piikkaamalla viimeistelyjä. Pintakäsittelyn ulkoasussa oli jälleen selvää vaihtelua; joidenkin kivien pinnat näyttivät työstön jäljiltä lähes luonnollisilta lohkopinnoilta, toiset taas olivat selkeästi uurteille piikattuja. Oletettavasti tässäkin tapauksessa kivien sahaussuunta suhteessa kivimateriaalin luontaiseen lohkeamissuuntaan vaihtelee, mistä johtuen samalla pintakäsittelymenetelmällä saadaan aikaan erilainen lopputulos pinnan työstettävyyden vaihdellessa eri suuntiin sahattujen kivien välillä.

Kohteen reunakivissä ei havaittu poikkeuksellista lohkeilua tai kulumista. Kunnossapidon yhteydessä suurimmalle rasitukselle altistuissa kohdissa oli nähtävissä särmien pyöristymistä (Kuva 16). Joitakin paloja oli irronnut, mutta esimerkiksi Kuopion Satamakadun kohteen tapaista säännöllistä kivien päiden lohkeilua ei tavattu (Kuva 17).

Kadun eri puolille asennettujen reunakivien välillä havaittiin varsin huomiota herättävä väriero; tien eteläpuoliset kivet vaikuttivat selvästi likaantuneilta ja tummuneilta. Mitään selkeää syytä tähän ei ollut havaittavissa ja tiettävästi kadun molempien puolien reunatuet on toteutettu samassa yhteydessä samoilla kivillä.



Kuva 16. Kiven likaantuminen ja etusärmän pyöristyminen



Kuva 17. Kookas lohkeama kivessä (Seppo Leinonen)

8.5 Helsinki, Maunula, Suopellonkaari ja Palstakuja

Maunulassa katselmoitiin Suursuontien ja Palstakujan välinen osuus Suopellonkaaresta sekä Palstakuja. Kohde oli tonttikatu, jonka reunakivet olivat vuonna 2017 asennettuja 220 mm leveitä V22 viistereunakiviä pituudeltaan 0,9...1,7 m. Kiven alkuperämaa on Kiina, kohde oli toteutettu nimellisesti punaisella graniitilla.

Kohteen reunakivien valmistustekniikka ja pintakäsittely vaikuttivat muita katselmuskohteita vastaavilta. Yksittäisten reunakivien välillä oli havaittavissa erittäin merkittävää, jopa silmiinpistävää väri vaihtelua voimakkaan punaisesta lähes täysin harmaaseen (Kuva 18). Kivissä oli kohtalaisen paljon väri virheitä ja epäpuhtauksia (Kuva 19). Joissakin kivissä havaittiin jo kalliossa olleita hiushalkeamia, joita ei tulisi esiintyä reunakivien valmistukseen käytettävässä kivimateriaalissa (Kuva 20).

Lyhyen käytön aikana ei vielä ollut ehtinyt syntyä kovin merkittäviä vaurioita, mutta joitakin paloja oli irronnut oletettavasti talvikunnossapidon yhteydessä.

Palstakujan reunakivistä löytyi katselmoitujen kohteiden joukossa selkein kivi-
materiaalin laatuun liittyvä epäkohta. Noin kymmenen metrin matkalle oli asen-
nettu suorastaan rapautuvasta kivistä valmistettuja reunakiviä. Kivet olivat erit-
tään huokoisia ja niiden särmät olivat jo vuoden käytön jälkeen pyöristyneet
merkittävästi; useita paloja oli irronnut ja asfaltille asetettujen palasten päälle
astuttaessa nämä murentuivat hiekaksi (Kuva 21). Myös lohkeamia ympäröivät
särmät olivat ehtineet selvästi pyöristyä (Kuva 22). Hämmästyttävää on, miten
näin hauraat kivet on saatu asennetuksi ehjinä.



Kuva 18. Huomattava ero rinnakkaisten kiven värissä



Kuva 19. Poikkeama kivimateriaalissa



Kuva 20. Vaakasuuntaiset hiushalkeamat kivessä



Kuva 21. Kivestä irronneet erittäin hauraat kappaleet



Kuva 22. Reunoiltaan pyöristynyt lohkeama

9 Tulosten yhteenveto ja tulkinta

Saatujen koetulosten perusteella ei voida todeta testikiviä reunatukiin kelpaamattomiksi. Testitulosta ei voida myöskään pitää yleispätevänä pienen otannan ja eri lähteistä saatavien kivimateriaalien laatuvaihtelun takia. Eniten epäilyksen alaisena olevan pakkasenkestävyyden puutteellisuudesta yleisissä laatuvaatimuksissa asetettuun vaatimustasoon nähden ei saatu hälyttävää indikaatiota suola-/pakkasrasituskokeessa; kuitenkin vertailu kotimaisiin kiviin paljastaa harmaaseen kiinalaiseen graniittiin G3741 liittyvän riskin keskimääräistä heikommasta pitkäaikaiskestävyydestä. Testatut kivet ovat varsinkin tuoreen materiaalin puristuslujuuden osalta laadukkaita, taivutuslujuudessa harmaa G3741 jää jonkin verran jälkeen parhaista kotimaisista kilpailijoistaan.

Katselmuksien yhteydessä nähtiin joitakin testituloksia selkeämpiä merkkejä kiinalaisen kiven laatuun liittyvistä haasteista. Kuopion Satamakadun lohkeilevat saumat saattoivat olla kivien valmistustavan, sahaussuunnan ja päiden viimeistelyn sekä heikon kivimateriaalin yhdistelmää. Kovakouraista käsittelyä asennuksen yhteydessä ei voida myöskään sulkea mahdollisten osasyiden ulkopuolelle. Kuopion Saaristokadulla joissakin yksittäisissä reunakivissä havaitut jäljet poranrei'istä tekevät kivistä InfraRYL:n asettamien laatuvaatimusten vastaisia, sama koskee Helsingin Palstakujan hiushalkeamia sisältäviä kiviä. Palstakujalla havaittu rapautuva graniitti oli erittäin selkeä osoitus kiinalaisen kiven laatuun liittyvien epäilysten totuus pohjasta. Kivien ilmiselvästi erittäin heikko lujuus ja kulutuskestävyys näkyivät merkittävinä vauriona noin vuoden ikäisessä rakenteessa ja oletettavasti niiden käyttöikä tulee jäämään poikkeuksellisen lyhyeksi. Tämän kaltaisen kivimateriaalin päätyminen rakenteeseen on kuitenkin viimekädessä rakennusaikaiseen laadunvalvontaan liittyvä epäkohta. Valitettavasti kiven tarkkaa alkuperää ei voitu todentaa.

Toteutettuja rakenteita tarkasteltaessa havaittiin myös selkeitä visuaaliseen laatuun liittyviä ongelmia. Erityisesti molemmissa Helsingin kohteissa kivimateriaalissa esiintyi runsaasti kiven pääasiallisesta väristä poikkeavia juonteita ja sulkeumia, joita yleisesti pidetään ulkonäkövirheinä. Erityisesti lievemmissä tapauksissa satunnaisia värivirheitä ei välttämättä olisi tarvetta pitää ylitsepääsemättömän vakavana ongelmana. Lievät paikalliset väri vaihtelut voi nähdä myös ki-

vimateriaalia elävöittäväksi tekijänä ja kohtuullisten ulkonäköpoikkeamien sallimista voitaisiin pitää yhtenä keinona Suomessa louhittavan tarvekiven tehokkaampaan hyödyntämiseen. Katselmuskohteissa tavattu väri vaihtelu oli kuitenkin jo paikoitellen häiritsevää.

Ulkoasultaan kiinalaisen kiviteollisuuden reunakivituotteet ovat hiukan omintakeisia. Pintakäsittely ei testikivissä tai minkään katselmuskohteen kivissä ollut poltettu, ristipäähakattu, saati lohkopinta. Käytetystä pintakäsittelymenetelmästä ei ole varmuutta, mutta silmämääräisesti arvioiden pintojen viimeistely vaikuttaisi käsin piikkaamalla toteutetulta. Lopputuloksena kivien pinnoilla näkyy selkeydeltään kiven pinnan työstettävyyden mukaan vaihtelevia uria, jotka eivät anna reunakivelle kovinkaan luonnollista ulkoasua.

Kuopion Tulliportinkatu, kotimaisella kivellä toteutettu katselmuskohde, ei anna kovinkaan tukevaa vertailupohjaa kiinalaisista kivistä tehtyjen käytännön havaintojen arviointiin. Kaikista muista kohteista poiketen Tulliportinkadulla ei kuitenkaan havaittu epäkohtia, joita voitaisiin epäillä heikkolaatuisesta kivimateriaalista johtuviksi. Otannan suppeudesta johtuen tätä voidaan luonnollisesti pitää ainoastaan viitteenä suomalaisen kiven mahdollisesti korkeammasta laadusta.

10 Päätelmät

Insinööriyön tavoitteena oli kiinalaisia tarvekiviä koskevan julkisen tutkimusmateriaalin tuottaminen laboratoriokokeisiin ja käytännön tarkasteluihin perustuen. Asetetut tavoitteet saavutettiin pääpiirteittäin ja ensisijainen työsältö, kiinalaisen kivimateriaalin testaus, testitulosten koonti ja käsittely, toteutettiin alkupe räisen suunnitelman mukaan. Käytännön näkökohtien tarkastelu rajoitettiin valmiiden katukohteiden omatoimiseen silmämääräiseen arviointiin ja alustavasti hahmotellut kyselytutkimukset sekä haastattelut jätettiin rajauksen ulkopuolelle.

Työn haasteellisimmaksi osuudeksi muodostui oleellisen teorian tiedon kokoaminen alan monimuotoisista tietolähteistä, esimerkiksi standardien sisältöjen tulkitseminen ymmärrettävään muotoon ei ollut täysin yksiselitteistä. Lopullisessa muodossaan teorian osuus jättäneen joitakin aihealueita epäselviksi. Myös loo-

gisten johtopäätösten muodostaminen tehdyistä havainnoista vaati asian moninkertaista tarkastelua ja harkintaa.

Jatkokäytön kannalta merkittävintä työn yhteydessä syntynyttä materiaalia edustavat kiinalaisten graniittien tutkimusselostus ja mineraalikoostumusanalyysi, joihin sisältyy työn ensisijaiseen tavoitteeseen kuuluva puhdas tutkimusaineisto. Insinööriyön raporttiosuuden merkittävyys painottuu enimmäkseen käytännönläheiseen osa-alueeseen; suoritettujen katselmusten yhteydessä kerättyjen havaintojen käsittelyyn.

Lähteet

1. Kiviteollisuusliitto. Rakennuskivet.
<https://www.suomalainenkivi.fi/luonnonkivituotteet/rakennuskivet/>. Luettu 21.2.2019.
2. Kiviteollisuusliitto. Ympäristökivet.
<https://www.suomalainenkivi.fi/luonnonkivituotteet/ymparistokivet/>. Luettu 18.3.2019.
3. Leinonen, S. 2019. Erikoisasiantuntija. Geologian tutkimuskeskus. Haastattelu 23.1.2019.
4. Kiviteollisuusliitto. Standardit.
<https://www.suomalainenkivi.fi/luonnonkivialan-standardisointi-ja-ce-merkinta/>. Luettu 26.2.2019.
5. Rakennustieto. InfraRYL 2019/1.
6. Suomen standardisoimisliitto. Käsikirja. Avain standardien maailmaan.
https://www.sfs.fi/files/83/kk1_avain_standardien_maailmaan_web.pdf. Luettu 28.2.2019.
7. Suomen standardisoimisliitto 2013. Standardi. SFS-EN 1343 Ulkotilojen reunakivet, vaatimukset ja testausmenetelmät.
8. Suomen standardisoimisliitto 2014. Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Standardi. SFS 7017 Betonista tai luonnonkivestä tehdyille ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimukset.
9. Isotupa, J. 2015. Reunakivien CE-merkintäprosessi ja Tampereen infran kivi-varaston laatukäsikirja. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.
10. Kiviteollisuusliitto. <https://www.suomalainenkivi.fi/>. Luettu 22.3.2019.
11. Kiviteollisuusliitto 2018. Opas. Luonnonkivihankinnat, ohje julkiselle hankkijalle. <https://www.suomalainenkivi.fi/kiviteollisuusliitto/kiviteollisuusliiton-julkaisuja/luonnonkivihankinnat-ohje-julkiselle-hankkijalle/>. Luettu 11.1.2019.
12. Helsingin kaupunki. Kaupunkiympäristön toimiala. Kaupunkitilaohje. Graniittipäällysteet - laatuvaatimukset ja ohjeet.
<http://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/graniittipinnoitteet-laatuvaatimukset-ja-ohjeet/>. Luettu 11.1.2019.

Liitteet

Liite 1 Kiinalaiset graniitit CH1 ja CH2, tutkimusselostus

Kiinalaiset graniitit CH1 ja CH2

Luonnonkivien tekniset ominaisuudet

Tilaaja: Geologian tutkimuskeskus

Tehtävän suoritus

Näytteistä määritettiin seuraavat kiven ominaisuudet: tiheys ja huokoisuus, vedenimukyky, puristuslujuus, taivutusvetolujuus, kulutuskestävyys sekä säänkestävyys suola-/pakkasrasituksessa. Määrittämissä käytettiin toimitettuja näytteitä alla esitetyllä tavalla sellaisenaan sen jälkeen, kun ne oli kuivattu vakiomassaan (70 °C).

Näyte kivien näennäiset tiheydet (tilavuuspainot) ja huokoisuudet määritettiin standardin SFS-EN 1936 mukaisesti käyttäen 50 mm kuutioita. Tuloksista laskettiin myös kivien vedenimukyvyt. Määrittämiset tehtiin käyttäen 6 koekappaletta.

Näyte kivien vedenimukyvyt ilmakehän paineessa määritettiin standardin SFS-EN 13755 mukaisesti käyttäen 70 mm kuutioita. Määrittämiset tehtiin käyttäen 6 koekappaletta.

Näyte kivien puristuslujuudet määritettiin standardin SFS-EN 1926 mukaisesti käyttäen 50 mm kuutioita. Määrittämiset tehtiin käyttäen 10 koekappaletta.

Näyte kivien taivutusvetolujuudet määritettiin standardin SFS-EN 12372 mukaisesti käyttäen 50x60x300 mm särmiöitä. Määrittämiset tehtiin käyttäen 10 koekappaletta.

Näyte kivien kulutuskestävyydet määritettiin standardin SFS-EN 14157 menetelmän B (Böhmen testi) mukaisesti käyttäen 30x110x160 mm särmiöitä. Varsinaiset koekappaleet, mitat 30x71x71 mm, sahattiin särmiöistä. Määrittämiset tehtiin käyttäen 3 koekappaletta.

Näyte kivien säänkestävyydet määritettiin standardien SFS-EN 12371 ja SFS 7017 mukaisesti suorittaen sulatus suolaliuoksessa, jonka suolapitoisuus oli 1 p-%. Kokeessa käytettiin sekä 70 mm kuutioita että 50x60x300 mm särmiöitä. Määrittämiset tehtiin käyttäen 10 kuutiota ja 10 särmiötä.

Tutkimustulokset

Näyte kiville mitatut vedenimukyvyn, tilavuuspainon ja näennäisen huokoisuuden arvot on esitetty keskiarvoina (x) ja hajontoina (s) taulukossa 2. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 1.

Näyte kiville mitatut vedenimukyvyn arvot normaalissa ilmakehän paineessa on esitetty keskiarvoina ja hajontoina taulukossa 3. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 2.

Näyte kiville mitatut puristuslujuudet on esitetty keskiarvoina, hajontoina ja alempina odotusarvoina (E) taulukossa 4. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 3.

Taulukko 2. Näyte kivien vedenimukyky, tilavuuspaino ja näennäinen huokoisuus (SFS-EN 1936).

näyte-erä	vedenimukyky p-%	tilavuuspaino g/cm ³	huokoisuus til-%
CH1			
x	0,412	2,667	1,098
s	0,003	0,002	0,008
CH2			
x	0,149	2,649	0,394
s	0,009	0,002	0,023

Taulukko 3. Näyte kivien vedenimukyky ilmakehän paineessa (SFS-EN 13755).

näyte-erä	vedenimukyky p-%
CH1	
x	0,316
s	0,006
CH2	
x	0,122
s	0,002

Taulukko 4. Näyte kivien puristuslujuus (SFS-EN 1926).

näyte-erä	puristuslujuus MPa
CH1	
x	226
s	12,1
E	201
CH2	
x	248
s	36,0
E	171

Näyte kiville mitatut taivutusvetolujuudet on esitetty keskiarvoina, hajontoina ja alempina odotusarvoina taulukossa 5. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 4.

Taulukko 5. Näyte kivien taivutusvetolujuus (SFS-EN 12372).

näyte-erä	taivutusvetolujuus MPa
CH1	
x	13,9
s	0,96
E	12,0
CH2	
x	18,9
s	0,83
E	17,2

Näyte kiville mitattu kulutuskestävyydet (Böhme) on esitetty keskiarvoina ja hajontoina taulukossa 6. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 5.

Taulukko 6. Näyte kivien kulutuskestävyys (SFS-EN 14157, Böhme).

näyte-erä	kulutuskestävyys		
	cm ³ /50 cm ²	kg/m ²	mm
CH1			
x	6,17	3,29	1,32
s	0,10	0,05	0,06
CH2			
x	4,87	2,58	1,25
s	0,09	0,05	0,19

Suoritetussa suola-/pakkaskokeessa näytekuutioissa tai -särmöissä ei 56 jäädytys-sulatussyklin jälkeen havaittu muita muutoksia kuin vähäistä reunojen ja kulmien pyöristymistä. Standardissa SFS-EN 12371 esitetyn arvosteluasteikon mukaisesti näytteet saivat arvion 1. Näyte kivien puristus- ja taivutusvetolujuudet suola-/pakkaskokeen jälkeen sekä vertailunäytteiden vastaavat lujuudet on esitetty keskiarvoina, hajontoina sekä alimpina odotusarvoina taulukossa 7. Mittaustulokset kokonaisuudessaan on esitetty liitteessä 6.

Taulukko 7. Näyte kivien puristus- ja taivutusvetolujuus suola-pakkaskokeen jälkeen (SFS-EN 12371/SFS 7017).

	vertailuarvo MPa	pakkaskoe MPa	muutos MPa	muutos %
puristuslujuus, CH1				
x	193	187	-6	-3,1
s	20,3	25,8		
E	152	135	-17	-11,2
taivutusvetolujuus, CH1				
x	13,9	13,3	-0,6	-4,3
s	0,96	1,11		
E	12,0	11,1	-0,9	-7,5
puristuslujuus, CH2				
x	246	225	-21	-8,5
s	24,2	39,1		
E	198	147	-51	-25,8
taivutusvetolujuus, CH2				
x	18,9	18,4	-0,5	-2,6
s	0,83	0,45		
E	17,2	17,5	+0,3	+1,7

Tulosten tarkastelu

Suoritetuissa määrittäyksissä tutkittavaksi toimitettujen näytekiivien, harmaan ja punaisen kiinalaisen graniitin, teknisille ominaisuuksille mitattuja arvoja voidaan pitää kyseiselle kivilajille tyypillisinä. Mitatut arvot täyttävät esimerkiksi standardissa SFS 7017 ulkotilojen päällystekiville, -laatoille ja reunakiville eri käyttökohteissa asetetut vaatimukset.

Espoo 13.7.2018



Pertti Koskinen
Erityisasiantuntija



Jarkko Klami
Asiantuntija

Liitteet

- Liite 1. Mittaustulokset: tilavuuspaino ja huokoisuus, 2 s.
- Liite 2. Mittaustulokset: vedenimukyky, 2 s.
- Liite 3. Mittaustulokset: puristuslujuus, 2 s.
- Liite 4. Mittaustulokset: taivutusvetolujuus, 2 s.
- Liite 5. Mittaustulokset: kulutuskestävyys.
- Liite 6. Mittaustulokset: suola-/pakkaskoe, 6 s.

Jakelu

Tilaaaja	alkuperäinen
VTT ES Oy/arkisto	alkuperäinen

Mittaustulokset: tilavuuspaino ja huokoisuus

Kiinalainen graniitti CH1

Kuivattu 70°C

näyte	kuivapaino g	märkäpaino g	paino vedessä g	vedenimukyky p-%	huokoisuus til-%	tilavuuspaino g/cm ³
1/1	340,56	341,96	214,37	0,411	1,097	2,669
1/2	332,98	334,35	209,36	0,411	1,096	2,664
1/3	333,64	335,02	209,87	0,414	1,103	2,666
1/4	336,75	338,12	211,87	0,407	1,085	2,667
1/5	334,47	335,86	210,46	0,416	1,109	2,667
1/6	338,06	339,45	212,80	0,411	1,098	2,669
x				0,412	1,098	2,667
s				0,003	0,008	0,002
s (%)				0,73	0,73	0,08
max				0,416	1,109	2,669
min				0,407	1,085	2,664

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen missään muussa muodossa mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Kiinalainen graniitti CH2

Kuivattu 70°C

näyte	kuivapaino g	märkäpaino g	paino vedessä g	vedenimukyky p-%	huokoisuus til-%	tilavuuspaino g/cm ³
1/1	320,55	321,02	199,93	0,147	0,388	2,647
1/2	320,28	320,76	199,88	0,150	0,397	2,650
1/3	311,70	312,17	194,48	0,151	0,399	2,648
1/4	343,42	343,97	214,46	0,160	0,425	2,652
1/5	323,86	324,35	201,98	0,151	0,400	2,647
1/6	322,46	322,89	201,16	0,133	0,353	2,649
x				0,149	0,394	2,649
s				0,009	0,023	0,002
s (%)				6,04	5,84	0,08
max				0,160	0,425	2,652
min				0,133	0,353	2,647

Mittaustulokset: vedenimukyky

Kiinalainen graniitti CH1

Kuivattu 70°C

näyte	kuivapaino g	märkäpaino g	vedenimukyky p-%
2/1	889,69	892,54	0,320
2/3	905,90	908,69	0,308
2/5	877,29	880,09	0,319
2/7	911,64	914,46	0,309
2/9	879,66	882,49	0,322
2/11	869,70	872,46	0,317
x			0,316
s			0,006
s (%)			1,90
max			0,322
min			0,308

Kiinalainen graniitti CH2

Kuivattu 70°C

näyte	kuivapaino g	märkápaino g	vedenimukyky p-%
2/1	960,13	961,30	0,122
2/3	923,28	924,43	0,125
2/5	966,97	968,16	0,123
2/7	882,85	883,91	0,120
2/9	882,60	883,66	0,120
2/11	881,40	882,46	0,120
x			0,122
s			0,002
s (%)			1,64
max			0,125
min			0,120

Mittaustulokset: puristuslujuus

Kiinalainen graniitti CH1

Kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
1/1	50,99	51,27	49,56	623,43	238,5
1/2	50,38	50,98	49,11	596,25	232,2
1/3	50,56	51,00	49,37	592,35	229,7
1/4	50,90	49,96	50,46	523,30	205,8
1/5	51,04	50,90	48,80	586,14	225,6
1/6	51,11	51,23	49,04	573,73	219,1
1/7	51,01	50,90	49,67	597,43	230,1
1/8	50,93	50,67	48,91	618,93	239,8
1/9	51,27	50,57	49,07	604,13	233,0
1/10	51,06	51,04	49,24	536,28	205,8
x					226,0
s					12,1
s (%)					5,35
E					201,0
max					239,8
min					205,8

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen missään muussa muodossa mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Kiinalainen graniitti CH2

Kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
1/1	49,61	50,47	49,70	560,75	224,0
1/2	49,16	50,27	49,67	630,83	255,3
1/3	49,24	48,54	49,85	597,38	249,9
1/4	50,15	51,39	51,19	398,05	154,5
1/5	49,77	48,89	50,75	667,94	274,5
1/6	49,01	49,78	50,44	653,84	268,0
1/7	49,92	48,22	49,64	608,51	252,8
1/8	50,25	49,75	49,88	651,94	260,8
1/9	48,95	49,49	50,15	672,75	277,7
1/10	50,40	49,91	49,69	651,45	259,0
x					247,7
s					36,0
s (%)					14,5
E					170,5
max					277,7
min					154,5

Mittaustulokset: taivutusvetolujuus

Kiinalainen graniitti CH1

Kuivattu 70 °C, jänneväli 250 mm

näyte	korkeus * mm	leveys * mm	murtovoima kN	taivutuslujuus MPa
3/1	50,97	59,99	5,84	14,05
3/3	50,59	60,17	5,38	13,10
3/5	51,05	60,66	6,44	15,28
3/7	51,12	58,69	4,82	11,79
3/9	50,27	58,58	5,70	14,44
3/11	51,48	60,17	5,74	13,50
3/13	49,78	60,24	5,76	14,47
3/15	49,18	61,79	5,78	14,50
3/17	50,88	60,13	5,92	14,26
3/19	51,15	59,97	5,80	13,86
x				13,93
s				0,96
s (%)				6,89
E				11,95
max				15,28
min				11,79

* keskiarvo kahdesta mittauksesta

Kiinalainen graniitti CH2

Kuivattu 70 °C, jänneväli 250 mm

näyte	korkeus * mm	leveys * mm	murtovoima kN	taivutuslujuus MPa
3/1	49,64	59,72	7,32	18,65
3/3	51,32	59,33	8,02	19,25
3/5	48,53	59,59	6,84	18,28
3/7	51,63	60,17	7,60	17,77
3/9	51,70	60,21	8,32	19,39
3/11	49,74	60,28	7,42	18,66
3/13	49,16	59,95	7,26	18,79
3/15	48,21	60,08	6,82	18,32
3/17	50,23	58,78	8,24	20,84
3/19	52,16	59,77	8,14	18,77
x				18,87
s				0,83
s (%)				4,40
E				17,23
max				20,84
min				17,77

* keskiarvo kahdesta mittauksesta

Mittaustulokset: kulutuskestävyys

Kuivattu 70°C

Kiinalainen graniitti CH1

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	kulutuskestävyys mm	kulutuskestävyys kg/m ²	kulutuskestävyys cm ³ /50 cm ²
4/1	70,79	71,56	29,09	1,27	3,259	6,110
4/2	70,76	71,00	29,67	1,39	3,350	6,280
4/3	71,02	70,55	29,43	1,31	3,257	6,107
x				1,32	3,289	6,166
s				0,06	0,053	0,099
s (%)				4,55	1,61	1,61
max				1,39	3,350	6,280
min				1,27	3,257	6,107

Kiinalainen graniitti CH2

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	kulutuskestävyys mm	kulutuskestävyys kg/m ²	kulutuskestävyys cm ³ /50 cm ²
4/1	70,23	71,28	28,20	1,06	2,525	4,766
4/2	71,01	70,52	27,83	1,44	2,592	4,893
4/3	70,39	70,64	29,08	1,26	2,614	4,935
x				1,25	2,577	4,865
s				0,19	0,046	0,088
s (%)				15,2	1,79	1,81
max				1,44	2,614	4,935
min				1,06	2,525	4,766

Mittaustulokset: suola-/pakkaskoe

Kiinalainen graniitti CH1

puristuslujuus ennen, kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
2/1	69,27	68,93	70,40	997,30	208,9
2/3	70,71	69,42	70,09	1022,97	208,4
2/5	68,47	69,82	69,68	992,26	207,6
2/7	70,86	69,50	69,84	984,36	199,9
2/9	68,36	69,46	70,10	919,32	193,6
2/11	69,04	68,82	69,46	932,80	196,3
2/13	70,04	69,88	69,92	938,88	191,8
2/15	71,69	71,41	71,43	810,27	158,3
2/17	70,29	71,27	71,21	1054,90	210,6
2/19	71,09	68,28	70,80	753,87	155,3
x					193,1
s					20,3
s (%)					10,5
E					151,8
max					210,6
min					155,3

Kiinalainen graniitti CH1

puristuslujuus jälkeen, kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
2/2	69,42	69,97	69,00	842,19	173,4
2/4	69,06	70,85	70,56	975,51	199,4
2/6	70,33	68,12	69,73	1020,30	213,0
2/8	67,87	69,00	70,72	1001,79	213,9
2/10	68,87	70,77	69,15	901,38	184,9
2/12	68,86	69,65	69,40	1022,40	213,2
2/14	69,18	69,06	69,04	832,26	174,2
2/16	70,91	70,71	68,17	966,08	192,7
2/18	71,59	68,07	70,75	848,19	174,1
2/20	68,01	70,76	71,65	627,64	130,4
x					186,9
s					25,8
s (%)					13,8
E					135,1
max					213,9
min					130,4

Kiinalainen graniitti CH1

taivutusvetolujuus jälkeen, kuivattu 70°C, jänneväli 250 mm

näyte	korkeus * mm	leveys * mm	murtovoima kN	taivutuslujuus MPa
3/2	49,71	59,38	5,84	14,93
3/4	50,91	60,00	4,78	11,53
3/6	49,59	59,42	5,24	13,45
3/8	49,38	60,00	5,32	13,64
3/10	51,07	60,80	4,86	11,49
3/12	51,44	59,28	5,48	13,10
3/14	49,90	61,51	5,84	14,30
3/16	49,79	60,48	5,66	14,16
3/18	49,36	60,14	5,16	13,21
3/20	49,59	59,31	5,24	13,47
x				13,33
s				1,11
s (%)				8,33
E				11,12
max				14,93
min				11,49

* keskiarvo kahdesta mittauksesta

Kiinalainen graniitti CH2

puristuslujuus ennen, kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
2/1	71,86	71,26	71,79	1102,11	215,2
2/3	71,44	71,44	69,83	1297,83	254,3
2/5	72,54	71,53	71,16	1233,58	237,7
2/7	70,16	69,08	69,35	1290,54	266,3
2/9	69,86	69,44	69,35	1285,68	265,0
2/11	69,46	70,22	68,91	1332,62	273,2
2/13	72,38	72,86	70,99	1211,68	229,8
2/15	69,77	69,44	69,17	1316,08	271,6
2/17	72,19	71,33	69,51	1217,40	236,4
2/19	71,79	70,96	71,15	1045,18	205,2
x					245,5
s					24,2
s (%)					9,86
E					197,7
max					273,2
min					205,2

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen missään muussa muodossa mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Kiinalainen graniitti CH2

puristuslujuus jälkeen, kuivattu 70°C

näyte	pituus mm	leveys mm	korkeus mm	murtovoima kN	puristuslujuus MPa
2/2	69,72	69,13	69,27	1232,74	255,8
2/4	72,55	68,83	71,01	1258,38	252,0
2/6	72,07	71,76	70,60	1246,34	241,0
2/8	68,28	70,94	70,60	719,13	148,5
2/10	71,27	71,30	69,20	1331,79	262,1
2/12	71,67	72,67	70,76	1140,60	219,0
2/14	68,42	71,40	71,46	809,06	165,6
2/16	71,34	68,65	70,92	1261,10	257,5
2/18	72,05	69,13	71,27	1125,52	226,0
2/20	71,64	71,97	70,90	1169,96	226,9
x					225,4
s					39,1
s (%)					17,4
E					147,3
max					262,1
min					148,5

Kiinalainen graniitti CH2

taivutusvetolujuus jälkeen, kuivattu 70°C, jänneväli 250 mm

näyte	korkeus * mm	leveys * mm	murtovoima kN	taivutuslujuus MPa
3/2	50,27	61,06	7,84	19,05
3/4	50,01	59,88	7,34	18,38
3/6	49,65	59,53	7,06	18,04
3/8	50,27	60,01	7,28	18,00
3/10	50,92	60,11	7,52	18,09
3/12	51,08	60,06	7,44	17,80
3/14	52,21	59,97	8,34	19,13
3/16	49,39	61,21	7,46	18,74
3/18	50,43	59,52	7,44	18,43
3/20	50,07	59,79	7,36	18,41
x				18,41
s				0,45
s (%)				2,44
E				17,49
max				19,13
min				17,80

* keskiarvo kahdesta mittauksesta

Liite 2 Kiinalaisten graniittien mineraalikoostumus ja kokokivikemia, raportti

Reunakivenä käytettyjen kiinalaisten graniittien mineraalikoostumus ja kokokivikemia

Seppo Leinonen



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

31.12.2018

Dnro GTK/220/03.01/2016

Tekijät Seppo Leinonen		Raportin laji Työraportti	
		Toimeksiantaja Pohjois-Savon liitto	
Raportin nimi Reunakivenä käytettyjen kiinalaisten graniittien mineraalikoostumus ja kokokivikemia			
Tiivistelmä Kiinalaisten graniittien mineraalikoostumus määritettiin osana RARE-projektin tutkimuksia, "Rakennuskivituotannon resurssitehokkuuden kehittäminen". Projektin toiminta-aika oli 2015-2018. Projekti sai rahoitusta Pohjois-Savon liitolta. Määritykset tehtiin mikroskooppisesti 1000 pisteen laskuna (point count), tarkkuus 0.1 til-%. Kokokivikemian analyysit tehtiin Eurofins Labtium Oy:llä (metodi 175X). Näytteet ovat harmaa graniitti G3741 ja punainen graniitti G3754, tuotanto Yantai Shandong Kiina. Maasälvät, lähinnä plagioklaasi on korvautunut huokoisella saussuriitilla. Karbonaattia esiintyy vähäisessä määrin sulkeumina, raerajoilla ja mikrohalkeamien täytteenä. Kiisujen määrä on erittäin vähäinen.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Reunakivi, Graniitti, Kiina			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi			
Karttalehdet -			
Muut tiedot -			
Arkistosarjan nimi -		Arkistotunnus -	
Kokonaissivumäärä 9	Kieli	Hinta -	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue 5040300171 Malmit ja teollisuusmineraalit MTM		Hanketunnus -	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Seppo Leinonen		Allekirjoitus/nimen selvennys	

31.12.2018

31.12.2018

Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	KIINALAISTEN GRANIITTIEEN MINERAALIKOOSTUMUS	2
1.1	Tutkimustoimet	2
1.2	Päämineraalit	2
1.3	Aksessoriset mineraalit	2
1.4	Opaakit mineraalit	3
2	TEKSTUURI	5
2.1	Harmaa graniitti G3741	5
2.2	Punainen graniitti G3754	7
3	Kokokivikemian koostumus	8
4	Yhteenveto	9

31.12.2018

1 KIINALAISTEN GRANIITTIEEN MINERAALIKOOSTUMUS

1.1 Tutkimustoimet

Geologian tutkimuskeskus teki Kiinalaisten graniittien mineraalikoostumuksen määrittämisen osana RARE-projektin tutkimuksia ”Rakennuskivituotannon resurssitehokkuuden kehittäminen”. Määrittämiset tehtiin mikroskooppisesti 1000 pisteen laskuna (point count), tarkkuus 0.1 til-%. Näytteet ovat harmaa graniitti G3741 ja punainen graniitti G3754, tuotanto Yantai Shandong Kiina. Harmaa on karkearakeinen ja porfyyrinen graniitti, punainen keski-karkearakeinen graniitti (kuva 1).

G3741 graniitista valmistettiin hieet: STL2-2018-3.1.1., 3.1.2., 3.1.3. ja G3754 graniitista STL2-2018-4.1.1., 4.1.2. ja 4.1.3.

Näytteet otettiin reunakivistä. Hiepalat leikattiin kolmeen kohtisuoraan suuntaan

- STL2-2018-3.1.1. reunakiven pituussuunnassa
- STL2-2018-3.1.2. reunakiven pituussuunnassa ja kohtisuorassa näytettä 3.1.1.
- STL2-2018-3.1.3. kohtisuorassa reunakiven pituussuuntaa ja näytteitä 3.1.1. ja 3.1.2.

- STL2-2018-4.1.1. reunakiven pituussuunnassa
- STL2-2018-4.1.2. reunakiven pituussuunnassa ja kohtisuorassa näytettä 4.1.1.
- STL2-2018-4.1.3. kohtisuorassa reunakiven pituussuuntaa ja näytteitä 4.1.1. ja 4.1.2.

1.2 Päämineraalit

Harmaan graniitin G3741 päämineraalit (> 5 tilavuus-%) ovat *kalimaasälpä*, *plagioklaasi* ja *kvartsi*. **Punainen graniitti** G3754 koostuu pääasiassa *kalimaasälvästä*, *plagioklaasista*, *kvartsista* ja *saussuriitista*. Näistä saussuriitti on hydrotermistä plagioklaasin muuttumista. Raekoko on hyvin hienorakeinen. Saussuriitti on usean mineraalin sekoitus, muun muassa *zoisiitti*, *epidootti*, *serisiitti* ja *albiitti*.

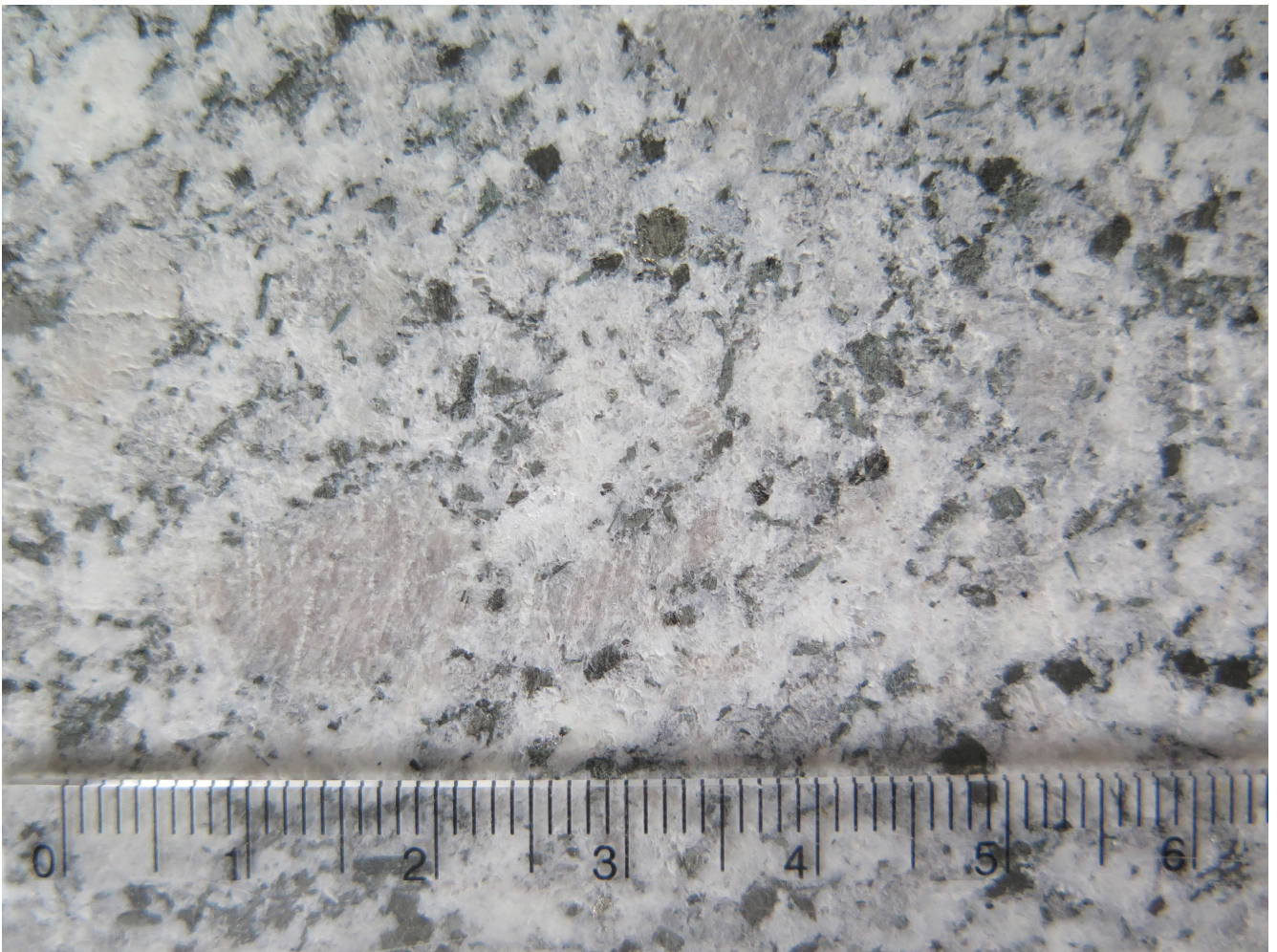
1.3 Aksessoriset mineraalit

Harmaan graniitin G3741 aksessoriset mineraalit (< 5 tilavuus-%) ovat *biotiiitti*, *sarvivälke*, *saussuriitti*, *kloriitti*, *opaakki*, *titaniitti*, *karbonaatti*, *apatiitti* ja *zirkoni*. **Punaisessa graniitissa** G3754 vähäisessä määrin esiintyviä mineraaleja (< 5 tilavuus-%) ovat *biotiiitti*, *kloriitti*, *opaakki*, *karbonaatti* (kalsiitti tai dolomiitti), *titaniitti*, *epidootti*, *apatiitti* ja *zirkoni*.

31.12.2018

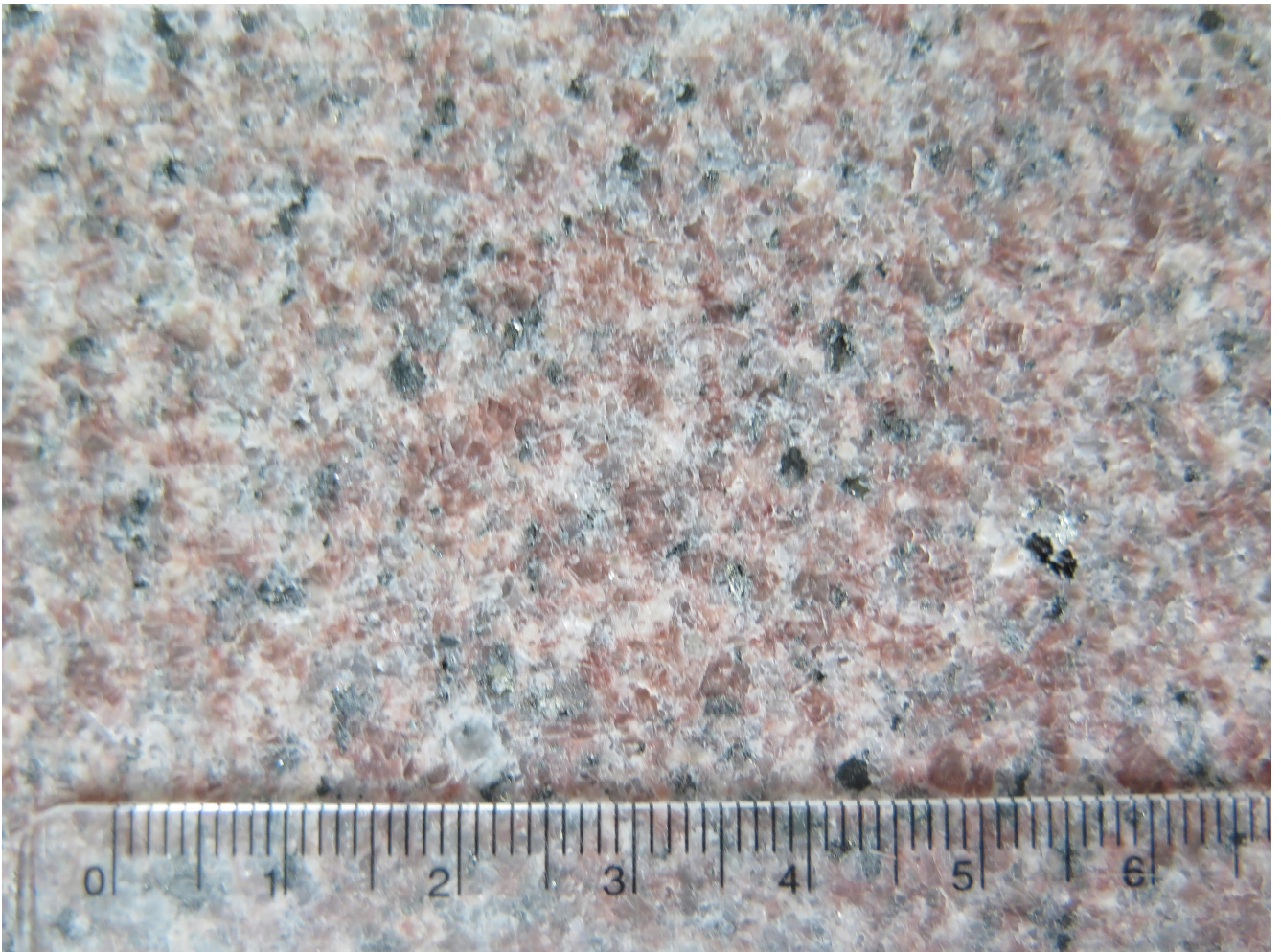
1.4 Opaakit mineraalit

Opaakit mineraalit tunnistetaan mikroskoopin heijastavassa valossa. Harmaassa graniitissa G3741 esiintyvä opaakki on valtaosin *magnetiittia*. *Rikkikiisu* esiintyy vähäisessä määrin ja hyvin pieninä rakeina, kokokivikemian analyysissä rikkipitoisuus (S) erittäin matala 0.02 paino, p-%. Punaisessa graniitissa G3754 opaakki on myös pääasiassa *magnetiittia*, *rikkikiisu* esiintyy yksittäisinä rakeina, kokokivikemian rikkipitoisuus 0.03 p-%.



Kuva 1a. Valokuva, harmaa porfyrygraniitti G3741, tuotanto Yantai Shandong Kiina. Kalimaasälpä esiintyy muita mineraaleja karkeampina kiteinä, sahatulla pinnalla ruskehtava väri. Valkoinen mineraali on plagioklaasia, mustat rakeet biotiittia ja sarvivälkettä. Mittakaavassa luvut 1 cm välein.

31.12.2018



Kuva 2. Valokuva, punainen graniitti G3754, tuotanto Yantai Shandong Kiina. Punainen mineraali on kalimaasälpää, valkoinen-harmaa mineraali plagioklaasia, musta biotiittia. Näytteessä on sahattu pinta. Mittakaavassa luvut 1 cm välein.

31.12.2018

Taulukko 1. Mineraalikoostumukset: G3741, harmaa graniitti ja G3754, punainen graniitti. Koostumukset tilavuus-%) ovat kolmen hieen keskiarvoja.

Mineraali	G3741 keskiarvo %	G3754 keskiarvo %	G3741 STL2- 3.1.1 %	STL2- 3.1.2 %	STL2- 3.1.3 %	G3754 STL2- 4.1.1 %	STL2- 4.1.2 %	STL2- 4.1.3 %
Kalimaasälpä	32.8	32.2	32.1	27.3	38.9	32.0	30.4	34.3
Plagioklaasi	33.9	25.1	38.6	33.3	29.8	25.6	24.9	24.8
Kvartsi	22.1	29.5	17.2	27.5	21.6	29.7	31.0	27.9
Biotiitti	4.8	2.3	4.4	5.2	4.7	2.5	2.2	2.3
Sarvivälke	3.3	0.0	3.3	3.6	3.0	0.0	0.0	0.0
Saussuriitti	1.9	7.3	3.1	1.7	0.9	7.9	8.2	5.9
Kloriitti	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.6
Karbonaatti	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1
Opaakki	0.4	0.7	0.4	0.7	0.2	0.6	0.6	1.0
Muut	0.8	2.1	0.9	0.7	0.9	1.1	2.0	3.1
	100.0	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

G3741 muut: kloriitti, karbonaatti, titaniitti, apatiitti ja zirkoni.

G3754 muut: biotiitti, kloriitti, muskoviitti, titaniitti, karbonaatti, epidootti, apatiitti ja zirkoni.

G3741 opaakit: magnetiittia, erittäin vähän rikkikiisua

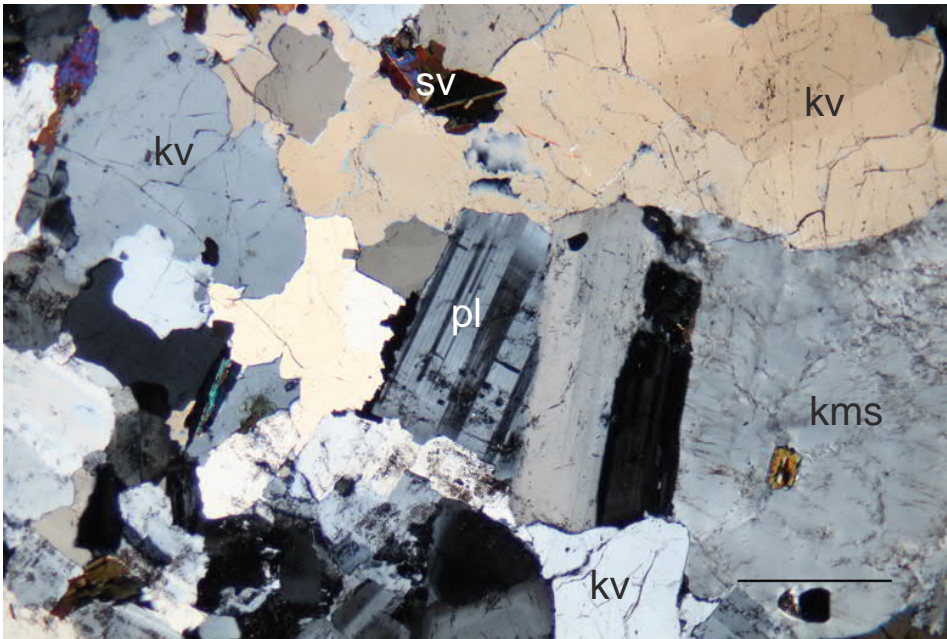
G3754 opaakit: magnetiittia, hieman rikkikiisua

2 TEKSTUURI

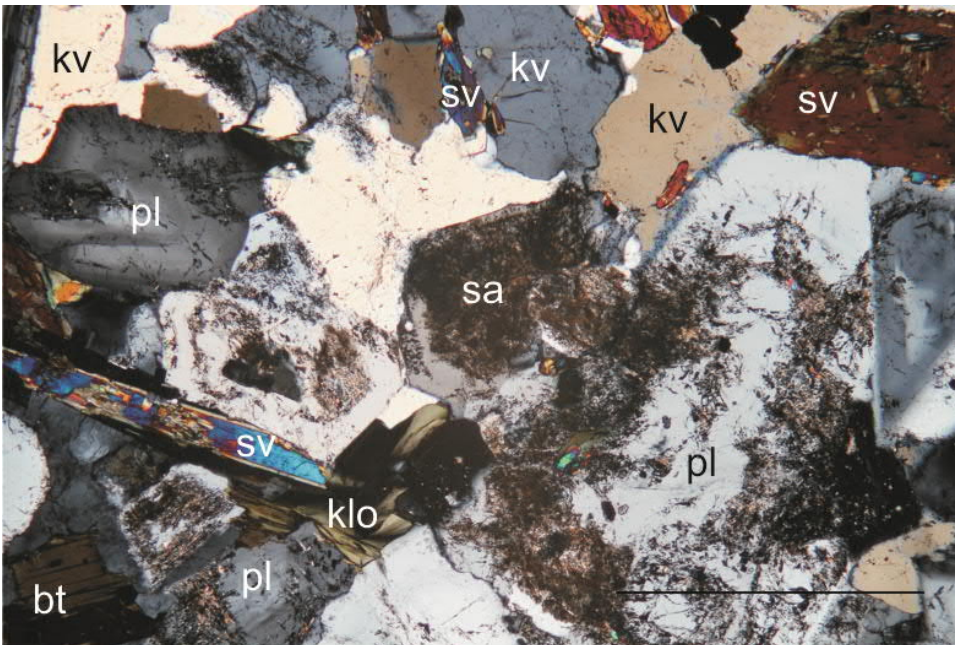
2.1 Harmaa graniitti G3741

Kalimaasälpä esiintyy harmaassa graniitissa (G3741) karkeina kiteinä (läpimitta 10-20 mm). *Plagioklaasin* ja *kvartsin* raekoko vaihtelee keskirakeisesta karkearakeiseen (2-10 mm). Kvartsissa esiintyy yleisesti täytteistä mikrorakoilua. Kalimaasälpä on yleisesti varsin muuttumatonta, plagioklaasi sisältää paikoin hienojakoista *saussuriittia* (kuva 3). Saussuriitti on hienojakoista *zoisiitista*, *epidootista*, *serisiitistä* ja *albiitista* koostuvaa massaa (kuva 4). Plagioklaasissa on sulkeumina myös suomuista *muskoviittia*. Saussuriitin ja muskoviitin lisäksi aksessorisia mineraaleja (< 5 tilavuus, til-%) ovat hienrakeisena esiintyvät (<0.5 mm) *biotiitti*, *sarvivälke* ja *opaakki*. Opaakki on pääasiassa *magnetiittia*. *Rikkikiisua* esiintyy erittäin niukasti. Muita vähäisessä määrin esiintyviä mineraaleja ovat *kloriitti*, *karbonaatti*, *titaniitti*, *apatiitti* ja *zirkoni* (yhteensä < 1 til-%). Näistä karbonaatti on veteen liukeneva. *Kalsiitti* on erittäin liukoinen kaupunkiympäristöjen happamiin sadevesiin, *dolomiitti* hitaammin liukeneva. Mikroskoopilla ei ole mahdollista luotettavasti määrittää onko karbonaatti kalsiittia vai dolomiittia. Kalsiitin esiintymisen voi todeta laimealla suolahapolla.

31.12.2018



Kuva 3. Mikroskooppikuva näytteestä STL2-2018-3.1.3, harmaa graniitti G3741. Mittakaava on 1 mm (1 mm), suurennos 2.5x, nikolit ristissä. Kms, kalimaasälpä esiintyy noin 2.50 mm; pl, plagiokaasi 2.00 mm; kv, kvartsi 1.75 mm ja sv, sarvivälke 0.50 mm raekoossa.



Kuva 4. Mikroskooppikuva näytteestä STL2-2018-3.1.3, harmaa graniitti G3741. Mittakaava on 1 mm (1 mm), suurennos 5x, nikolit ristissä. Pl, plagiokaasi; kv, kvartsi, sa, saussuriitti; sv, sarvivälke; bt, biotiitti ja klo, kloriitti. Saussuriitin ohella esiintyy muskoviittia.

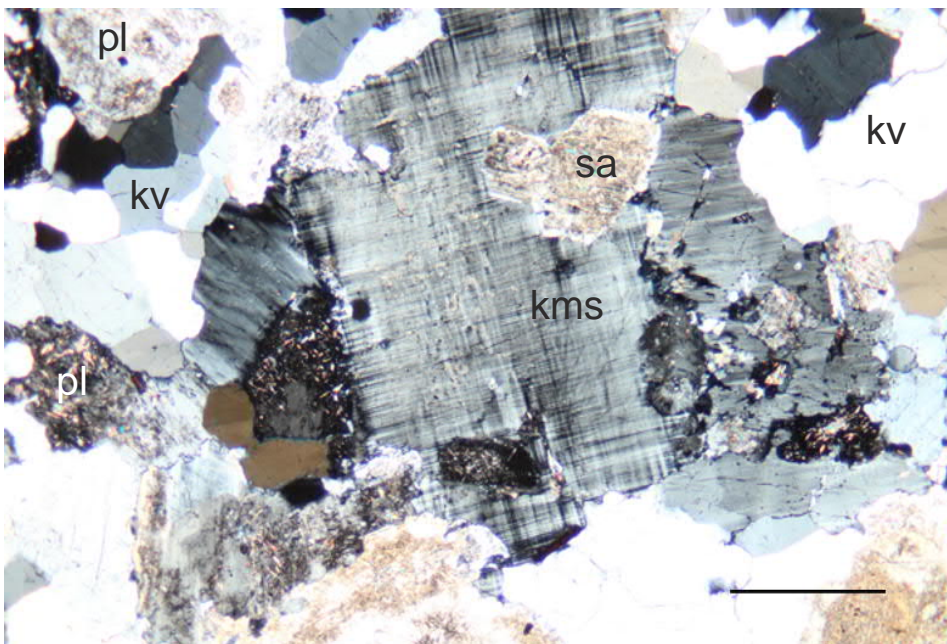
31.12.2018

2.2 Punainen graniitti G3754

Punainen graniitti (G3754) on keski-karkearakeinen, *kalimaasälvän* ja *plagioklaasin* raekoko vaihtelee 2-10 mm. *Kvartsin* raekoko on < 2 mm (kuva 5). Kalimaasälpä on yleisesti varsin muuttumatonta, plagioklaasi sisältää yleisesti *saussuriittia* ja *muskoviittia*. Saussuriitti on hienojakoista *zoisiitista*, *epidootista*, *serisiitistä* ja *albiitista* koostuvaa massaa (kuva 6).

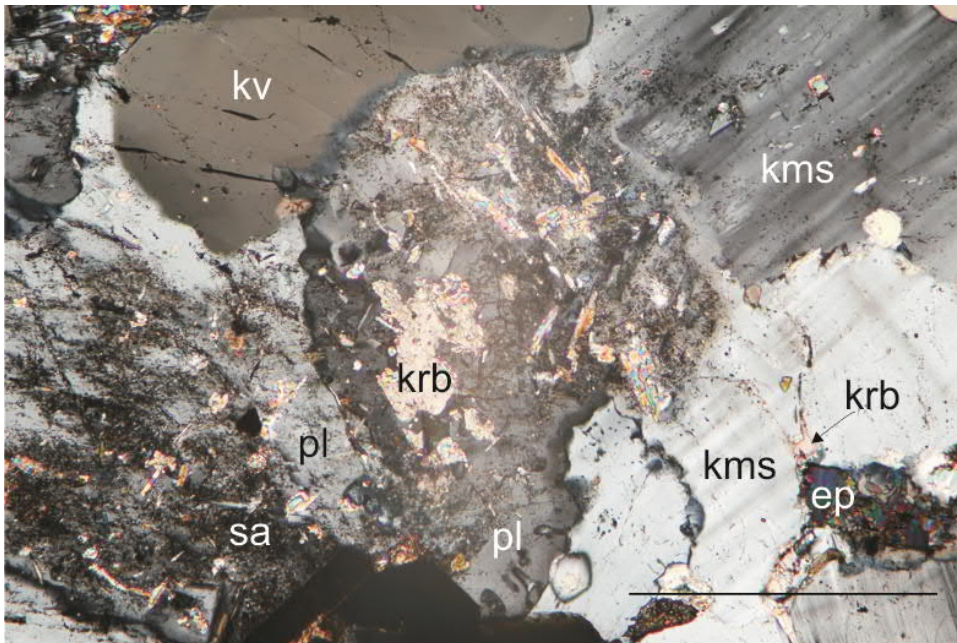
Saussuriitin ja muskoviitin lisäksi aksessorisia mineraaleja (< 5 til-%) ovat hienrakeisena esiintyvät (<0.5 mm) *biotitti*, *kloriitti*, *karbonaatti* ja *opaakki*. Opaakki on pääasiassa *magnetiittia*. *Rikkikiisua* esiintyy vähäisessä määrin. Muita vähäisessä määrin esiintyviä mineraaleja ovat *titaniitti*, *epidootti*, *apatiitti* ja *zirkoni*. (yhteensä < 2.1 til-%, taulukko 1). Näistä karbonaatti on veteen liukeneva.

Kalsiitti on erittäin liukoinen kaupunkiympäristöjen happamiin sadevesiin, dolomiitti hitaammin liukeneva. Mikroskoopilla ei ole mahdollista luotettavasti määrittää onko karbonaatti kalsiittia vai dolomiittia. Kalsiitin esiintymisen voi todeta laimealla suolahapolla.



Kuva 5. Mikroskooppikuva näytteestä STL2-2018-4.1.3, punainen graniitti G3754. Mittakaava on 1 mm, suurennos 2.5x, nikolit ristissä. Kms, kalimaasälpä esiintyy noin 3.00 mm; pl, plagioklaasi 1.75; ja kv, kvartsi 1.25 raekoossa. Saussuriitti (sa) korvaa yleisesti plagioklaasia.

31.12.2018



Kuva 6. Mikroskooppikuva näytteestä STL2-2018-4.1.3, punainen graniitti G3754. Mittakaava on 1 mm, suurennos 5x, nikolit ristissä. Kms, kalimaasälpä; pl, plagiokaasi; kv, kvartsi, sa, saussuriitti ja ep, epidootti. Karbonaatti esiintyy plagioklaasissa ja mineraalien raerajoilla ja mikrohalkeamien täyteenä. Saussuriitti korvaa yleisesti plagioklaasia, ohella esiintyy yleisesti muskoviittia.

3 KOKOKIVIKEMIAN KOOSTUMUS

Graniittinäytteille tehtiin kokokivikemian analyysi XRF-määrityksenä (röntgenfluoresenssi) Eurofins Labtium Oy:llä (metodi 175X). Harmaassa graniitissa (G3741) on korkeammat pitoisuudet kalsiumissa (CaO), alumiinissa (Al₂O₃), magnesiumissa (MgO), raudassa (Fe₂O₃) ja natriumissa (Na₂O), kun taas punaisessa graniitissa (G3754) piissä (SiO₂) ja kaliumissa (K₂O), taulukko 2. Kaikki alkuaineet esiintyvät liukenemattomassa muodossa, CaO ja MgO myös osin happamiin luonnonvesiin liukenevassa karbonaatissa (punainen graniitti).

Rikkipitoisuus on molemmissa näytteissä (STL2-2018-3.1 ja STL2-2018-4.1) erittäin matala (0.02 ja 0.03 p-%). Hiilen määrä (karbonaatissa) on punaisessa graniitissa 1.7x korkeampi kuin harmaassa graniitissa. Punaisen graniitin mineraalikoostumuksessa karbonaattia esiintyy keskimäärin 0.3 til-% (0.1-0.4), harmaassa graniitissa huomattavasti vähemmän (<0,1 %). Rikki liittyy rikkikiisuun, mutta vähäisenä määränä esiintyessään ei aiheuta ruosteisuutta.

31.12.2018

Taulukko 1. Kokokivikemian koostumus harmaalle (G3741) ja punaiselle graniitille (G3754), paino-% (p-%), menetelmä 175X, Eurofins Labtium Oy. Hiilen määrä analysoitiin hiilianalysaattorilla (Leco), Eurofins Labtium Oy koodi 811L (tulos laskettu oksideiksi).

	STL2-2018-3.1	STL2-2018-4.1
SiO ₂	67.26	71.72
Fe ₂ O ₃	2.95	2.34
MnO	0.04	0.03
MgO	1.50	0.51
Al ₂ O ₃	15.62	14.05
TiO ₂	0.34	0.31
CaO	3.39	1.55
K ₂ O	4.11	5.32
Na ₂ O	4.03	3.65
P ₂ O ₅	0.18	0.13
Zr	0.02	0.03
Ba	0.24	0.07
S	0.02	0.03
summa	99.71	99.73

CO₂* 0.26 0.44

* Hiili Leco-analysaattorilla (koodi 811L)

4 YHTEENVETO

Harmaan graniitin G3741 päämineraalit (> 5 tilavuus-%) ovat kalimaasälpä, plagioklaasi ja kvartsi. Punainen graniitti G3754 koostuu valtaosin kalimaasälvästä, plagioklaasista, kvartsista ja saussuriitista. Määritykset tehtiin mikroskooppisesti 1000 pisteen laskuna (point count), tarkkuus 0.1 til-%. Graniitit sisältävät kalimaasälpää ja plagioklaasia lähes samassa määrin, kvartsia yli 20 tilavuus-%. Punaisessa graniitissa on hieman karbonaattia, 0.3 til-%, mikä rapautuessaan lisää kiven huokoisuutta. Harmaan ja punaisen graniitin kemialliset koostumukset ovat hyvin toistensa kaltaiset, punaisessa graniitissa on merkittävästi enemmän piitä, SiO₂. Tämä liittyy punaisen graniitin korkeampaa kvartsi-pitoisuuteen.