

Jani Kunnari

**KAIVOSTEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEEN KÄYTTÖ LAASTIN JA  
TASOITTEEN RUNKOAINEENA**

# **KAIVOSTEOLLISUUDEN SIVUTUOTTEEN KÄYTTÖ LAASTIN JA TASOITTEEN RUNKOAINEENA**

Jani Kunnari  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennesuunnittelu

---

Tekijä: Jani Kunnari

Opinnäytetyön nimi: Kaivosteollisuuden sivutuotteen käyttö laastin ja tasoitteen runkoaineena

Työn ohjaajat: Hannu Kääriäinen ja Heikki Isohookana

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 58 + 6 liitettä

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kaivosteollisuuden rikastusprosessissa syntyvän sivutuotteen käyttömahdollisuudet rakennusteollisuuden tuotteissa. Kaivosteollisuuden sivutuote oli kvartsimaasälpäjauhe ja rakennusteollisuuden tuotteiksi valittiin laastit ja tasoitteet. Opinnäytetyö tehtiin Keliber Oy:lle.

Työssä selvitettiin kvartsimaasälpäjauheen sopivuus aiheeseen liittyvän kirjallisuuden ja aiemmin tehtyjen tutkimusten perusteella. Kirjallisuuden avulla selvitettiin, mitä mineraaleja laastit ja tasoitteet sisältävät ja minkälainen on niissä käytettyjen kiviainesten rakeisuus. Lisäksi koottiin rakeisuudelle annettuja ohjeistuksia.

Tämän jälkeen opinnäytetyössä tutkittiin kvartsimaasälpäjauhetta laastin ja tasoitteen runkoaineena laboratoriotutkimusten avulla. Laboratoriotutkimuksissa keskityttiin lujuusominaisuuksiin. Laboratoriotutkimukset suoritettiin yhteistyössä Fescon Oy:n kanssa.

Opinnäytetyössä selvisi, että kvartsimaasälpäjauhe parantaa tasoitteen lujuuksia verrattaessa luonnonhiekkään. Laasteissa kvartsimaasälpäjauheesta valmistetun laastin lujuus oli samaa luokkaa kuin luonnonhiekkasta valmistetun. Opinnäytetyössä tehtyjen tutkimuksien perusteella kvartsimaasälpäjauhetta voidaan käyttää laastien ja tasoitteiden runkoaineena.

---

Asiasanat: Rakennusaineet, kaivosteollisuus, laasti, tasoite, rikaste

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, Structure Engineering

---

Author: Jani Kunnari

Title of thesis: Use of Mining Industry By-Product in Mortar and Plaster

Supervisors: Hannu Kääriäinen and Heikki Isohookana

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017

Pages: 58 + 6 appendices

---

The purpose of this thesis was to examine the use of a mining industry by-product in mortar and plaster. The by-product tested in this thesis was quartz-feldspar. Normally sand and crushed stone have been used as aggregates in mortar and plaster.

The suitability of quartz-feldspar in mortar and plaster was researched by studying related literature and comparing test results between samples in the laboratory. Instructions for the minerals and the grading of the aggregate contained in mortars and plasters were found in related literature. The laboratory tests focused on the strength of the samples. The purpose of the tests was to use sand and quartz-feldspar in different quantities and examine the effects on the resulting samples.

This thesis was made for the company Keliber Oy. Quartz-feldspar is a by-product of the ore enrichment process done on ore containing lithium carbonate by the company.

The results of the tests done were promising. The laboratory test results prove that quartz-feldspar when used as a replacement for sand, increases the strength properties of the plaster compared to plasters produced with a sand based aggregate. In mortars when used for replacing sand, the strength properties of the produced mortar are comparable to regular sand based mortar.

Based on the tests done and the results of this thesis, quartz-feldspar can be used as the aggregate for plaster and mortar.

---

Keywords: Aggregate, quartz-feldspar, mortar, plaster, by-product

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 TILAAJA	8
3 LAASTIT	10
3.1 Rappauslaastit	11
3.2 Muurauslaastit	14
3.3 Kiviaines	14
4 TASOITTEET	19
4.1 Seinä- ja kattopintojen tasoitteet	20
4.2 Lattiatasoitteet	20
4.3 Kiviaines	21
5 KVARTSIMAASÄLPÄJAUHE RUNKOAINEENA	22
5.1 Kvartsimaasälpä	23
5.1.1 Seulonta	25
5.2 Rappauslaasti	28
5.2.1 Seulonta	28
5.2.2 Laastin valmistus	30
5.2.3 Tuoreen laastin notkeus	31
5.2.4 Tuoreen laastin tiheys	31
5.2.5 Tuoreen laastin ilmamäärä	32
5.2.6 Kovettuneen laastin puristus- ja taivutusvetolujuus	32
5.2.7 Kovettuneen laastin tartuntalujuus	35
5.3 Märkätilatasoite	40
5.3.1 Seulonta	40
5.3.2 Tasoitteen valmistus	42
5.3.3 Kovettuneen tasoitteen puristus- ja taivutusvetolujuus	43
5.3.4 Kovettuneen tasoitteen tartuntalujuus	47
5.4 Yhteenveto laboratoriotuloksista	49
6 POHDINTA	51

LÄHTEET	53
LIITTEET	58

# 1 JOHDANTO

Nykyinen kaivostoiminta on erittäin julkista ja tarkoin valvottua. Kaivostoiminnan aloittamisen kannalta on tärkeää, ettei ylimääräisiä kustannuksia tulisi. Louhittua pääraaka-ainetta ei yleensä ole malmassa suuria määriä. Tämän vuoksi on hyvä, että muut sivutuotteina syntyvät rikasteet saadaan kaupallistettua.

Kaivosteollisuuden tuotteissa esimerkiksi alle 4 mm:n murske katsotaan yleensä hävikiksi, josta joudutaan maksamaan jätemaksuja. Rakennusteollisuuden tuotteissa käytetään paljon luonnonhiekkaa ja monissa tuotteissa alle 4 mm:n hiekan osuus on merkittävä. Luonnonhiekan huonoja puolia on sen epätasalaatuisuus, mikä lisää esimerkiksi betonituotteissa sementin kulutusta. Luonnonhiekan korvaaminen kvartsimaasälpäjauheella on molempia teollisuuden osapuolia hyödyntävä mahdollisuus ja tämä on myös opinnäytetyön lähtötilanne. (35.)

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää malmin rikastusprosessissa sivutuotteena syntyvän kvartsimaasälpäjauheen käyttömahdollisuudet laasteissa ja tasoitteissa. Työssä kerrotaan aluksi tilaajasta, jonka jälkeen tarkastellaan laastit ja tasoitteet sekä niiden ominaisuudet. Lisäksi perehdytään laastien ja tasoitteiden runkoaineisiin. Kvartsimaasälpäjauheen käyttökelpoisuutta runkoaineena tutkitaan laboratoriotutkimuksilla Fescon Oy:n tuotteissa. Laboratoriotutkimuksissa pyritään selvittämään, onko kvartsimaasälpäjauheella vaikutuksia laastin tai tasoitteen ominaisuuksiin.

Opinnäytetyö tehdään Keliber Oy:n toimeksiannosta ja se on osa yhtiön jatkokehityshanketta. Keliber Oy on suomalainen kaivosyhtiö, jonka tavoitteena on olla Euroopan ensimmäinen erikoispuhdasta litiumkarbonaattia tuottava yritys. Toiminta on keskittynyt Keski-Pohjanmaalle, Kaustisen alueelle, jossa sijaitsee litiumrikkaita spodumeenipegmatiittiesintymiä

## 2 TILAAJA

Keliber Oy on Kaustisen alueella toimiva kaivosyhtiö, joka etsii ja pyrkii kehittämään kaivostoimintaa Keski-Pohjanmaan alueella. Yrityksestä noin 75 prosenttia omistaa suomalaiset yksityishenkilöt sekä sijoitusyhtiöt ja noin 25 prosenttia norjalainen Nordic Mining ASA. (1, Linkit Keliber Oy->Yritys)

Keliber Oy:n historia alkaa vuodesta 1959, jolloin Kaustisen alueelta löydettiin vierasta mineraalia sisältävät irtolohkareet. Myöhemmin tämä osoittautui spodumeeniksi, joka on litiummineraali. Löydön myötä aloitettiin laajat koeporaukset Kaustisella ja lähikunnissa, ja jo seuraavan vuoden loppuun mennessä oli löydetty kolme esiintymää (Alavetelin Emmesi, Jänislammen ja Ullavan Länttä). Näistä kolmesta Emmesin ja Läntän kairaukset saatiin valmiiksi jo vuoden 1960 loppuun mennessä (1, Linkit Keliber Oy->Historia)

Ensin toimijana oli Suomen Mineraali Oy ja myöhemmin sen ostanut Paraisten Kalkkivuori Oy. Jo vuosien 1976-1982 välisenä aikana tehtyjen tutkimusten perusteella asia vietiin investointipäätökseen saakka. Tuolloisen litiumkarbonaatin maailmankaupan ja suurten markkinariskien takia ei tuotantoon ryhdytty. (1, Linkit Keliber Oy->Historia)

Vuonna 1999 keväällä perustettiin Keliber-työryhmä, joka teki varaukset viiteen litiumesiintymään. Etelä-Pohjanmaalta TE-keskuksen maaseutuosaston myöntämän EU-rahoituksen avulla tehdyt tutkimukset osoittautuivat niin lupauksellisiksi, että kehitysyritys Keliber Resources Ltd perustettiin. (1, Linkit Keliber Oy->Historia)

Vuonna 2006 kehitysyritys Keliber Resources Ltd muutettiin kaivosyhtiö Keliber Oy:ksi. Tähän mennessä oli jo kairattu ja valmisteltu Ullavan Läntän kaivostoimintaa. Keski-Pohjanmaan Litium esiintymiä varten räätälöitiin uusi Litiumkarbonaatin tuotantoprosessi. Myöhemmin Keliber Oy:n pääomistajaksi on tullut norjalainen Nordic Mining ASA. (1, Linkit Keliber Oy->Historia)



Koeporauksilla saatujen tulosten osoittamat laskennalliset malmivarat riittävät jo yhdeksitoista vuoden kaivostoimintaan. Arvioitu vuosituotto on noin 50-60 M€. (9.)

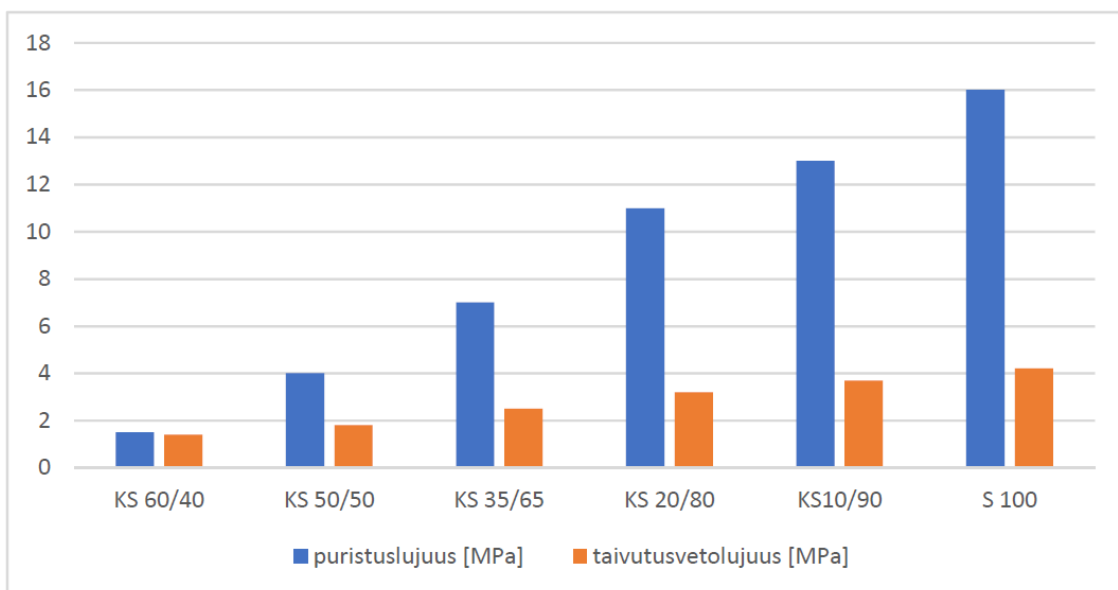
Hopeanhohtoinen litium on herkästi hapettuva, pehmeä ja kevein metalli. Kaivosyhtiön tarkoitus on tuottaa battery grade litiumkarbonaattia akkuteollisuuden tarpeisiin. Yhtiön pitkän aikavälin tavoitteena on tuottaa puhdasta litiumkarbonaattia 9000 tonnia vuodessa. Litiumkarbonaatin tarpeen arvioidaan kasvavan 7,8 prosenttia vuodessa. Yhtiön tavoitteena on aloittaa kaivostoiminta parin vuoden sisällä. Kaivoksia on suunniteltu tehtäväksi neljä, ja nämä on suunniteltu avolouhoksiksi. (1, Linkit Tuotanto ja tuotteet-> Lopputuotteet; 1, Linkit Keliber Oy->Yritys; 8.)

### 3 LAASTIT

Laasti on sideaineesta, runkoaineesta ja vedestä valmistettava kovettuva seos. Laasteja valmistetaan sekä kuivalaasteina että valmislaasteina. Laastiin voidaan lisätä lisäaineita, joilla vaikutetaan tuoreen ja kovettuneen laastin ominaisuuksiin. Lisäksi laastit saattavat sisältää väriaineita ja täyteaineita. Kuivalaasti tarkoittaa sideaineen, lisäaineiden ja kiviaineen kuivaa seosta. Kuivalaasteihin vesi lisätään yleensä työmaalla. Valmistuotteet ovat suoraan käyttövalmiita. (12; 30, s. 36; 32, s.11, 103-104.)

Laastin sideaineena toimii sementti, kalkki tai niiden seos. Laastin lujuusominaisuuksia pystytään parantamaan kasvattamalla sementin osuutta sideaineesta (Taulukko 1.). Laasti voidaan nimetä käyttötarkoituksen, sideaineen, runkoaineen tai sekoittamistavan perusteella. Runkoaineen tehtävänä on pitää kovettuva laasti koossa. Runkoaines koostuu yleensä luonnonhiekasta tai murskatusta kiviaineksesta. (4, s. 105, 193;28, s. 65; 30, s. 36.)

Taulukko 1. Sideaineen vaikutus laastin taivutus- ja puristuslujuuteen. (Duhrop, Henry — Saretok, Vitold — Sneck, Tenho — Svendsen, Sven D. Laasti muuraus rappaus)



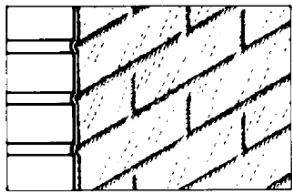
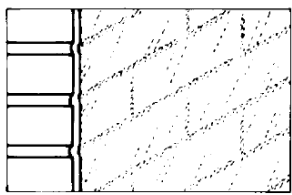
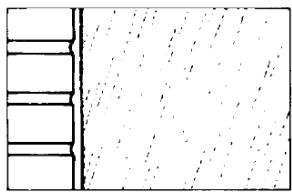
### 3.1 Rappauslaastit

Rappaus on julkisivujen pinnoitusmenetelmä, jota on käytetty Suomessa jo vuosisatoja. Rappaus on rappauskerrosten ja pintakäsittelyn muodostama kokonaisuus. Suomessa ei ole laadittu rappauksia koskevia normeja tai standardeja. Rappausta käytetään rakennusosien suojaukseen, ulkonäön parantamiseen ja pinnan tasaukseen. Rappauslaasteja voidaan myös valmistaa eri värisinä. Laastin väri saadaan aikaan pigmenteillä tai runkoaineksen avulla. (2, s. 6, 15; 18, s.1-2.)

Rappauksen pinta voidaan muodostaa hiertimellä, harjalla, kammalla, naulalaudalla, telalla ja laastikauhalla. Rappauslaasti voidaan levittää seinään lyömällä tai ruiskuttamalla. Ruiskutettu laasti voidaan myös jättää lopulliseksi pinnaksi. Rappaus voidaan jakaa kovien alustojen rappauksiin ja eristerappauksiin. Rappaukset voidaan jakaa alustan mukaan eri tyyppeihin. Kovien alustojen rappaustyyppinä on kolme: yksi-, kaksi- ja kolmikerrosrappaus. Eristerappaukset taas jaetaan kahteen eri tyyppiin: ohut- ja paksurappaus. Nykyisin kuitenkin puhutaan vain ohut- ja paksurappauksesta. (2, s. 28; 45, s. 10-15; 46.)

Useammasta kerroksesta muodostuva rappaus pyritään tekemään niin, että käytettyjen rappauskerrosten lujuus heikkenee pintaan kohti. Näin sementtipitoisempi laasti mahdollistaa hyvän tartunnan ja pinnan kalkkipitoisempi laasti muodostaa pehmeän ja joustavan pinnan. Kalkkipitoisempi laasti vähentää myös pinnan halkeilua. (4, s. 263-271; 45, s. 15; 46.)

Taulukko 2. Rappauksen ulkonäön, rappausalustan tasaisuuden ja rappaustyypin keskinäinen riippuvuus (RT 33-1086)

	Rappauksen ulkonäkö	Rappausalusta	Rappaustyyppi
	Rappaus ilmentää alustan rakennetta	Moitteeton, kuten ilman pintakäsittelyä	Ohutrapaus, paksuus 1...3 mm <sup>*1</sup>
	Rappaus peittää alustan epätasaisuutta, mutta alustan rakenne on vielä nähtävissä	Vähän epätasainen, pieniä tasapoikkeamia	Kaksikerrosrapaus, tartuntarappaus, pintarappaus, kokonaispaksuus 5...8 mm
	Tasainen, alustan rakenne ei näy	Sallitaan epätasaisuutta tavanomaisin työtavoin	Kolmikerrosrapaus, kokonaispaksuus $\geq$ 15 mm

\* Työ voi sisältää myös erillisen pohjauksen. Tällöin on noudatettava valmistajan ohjeita.

Yksikerrosrapaus on hienoa runkoainesta sisältävä rappauskerros tai -käsittely. Tyypillisimmin sementtilaastilla tehty rapaus. Rappauksen pinnat ja alustan läpikuultavuus voivat olla erilaisia. Tyypillisin alusta on puhtaaksimuurattu rakenne. (2, s. 16.)

Kaksikerrosrapaus tehdään kahdella laastilla ja se voidaan tehdä joko kalkkisementti- tai sementtilaasteilla. Kaksikerrosrappauksen pintana on yleensä roiskerappaus tai harjattu rapaus. (2, s.11; 2, s. 15.)

Kipsisementtilaasteilla tehty rapaus koostuu yleensä kahdesta tartuntarappauksesta, vahvuudeltaan 3-5 mm. Sekä yhdestä tai useammasta pintarappauksesta, vahvuudeltaan 1-3 mm. Rappauksen kokonaispaksuus on 10-15 mm. (2, s.15; 7.)

Sementtilaasteilla tehtävä kaksikerrosrappaus koostuu tyypillisesti kahdesta tartuntarappauskerroksesta. Tartuntarappauksen paksuus on 3-5 mm ja se lyödään tai ruiskutetaan esikostutettuun alustaan tiiviisti. Pintarappaus voidaan tehdä joko sementti tai kalkkisementtilaastilla. Pintarappauksen paksuus on 2-6 mm ja se tehdään kahtena kerroksena. Rappauksen kokonaispaksuus on noin 10 mm. (2, s. 15-16.)

Kolmikerrosrappaus koostuu yleensä kolmesta kerroksesta. Rappauskerrokset ovat tartuntarappaus, täyttörappaus ja pintarappaus. Laastina kolmikerrosrappauksessa on kalkki- tai kalkkisementtilaasti. (2, s. 15; 7.)

Alin kerros on tartuntarappaus, joka on paksuudeltaan 0-3 mm ja se peittää vähintään 90 prosenttia alustasta. Täyttörappaus tasataan tartuntarappauksen päälle, ja sen tehtävänä on tasata epätasaisuuksia. Täyttörappauksen paksuus on tyypillisesti 10-30 mm. Pintarappaus on kolmirappauskerroksen uloin, näkyvä pinta, jolla saadaan julkisivuun haluttu pinta ja väri. Sen tyypillinen paksuus on 3-5 mm. (7.)

Ohutrappaus on eristeen ulkopintaan rapattava pinta. Rappaus muodostaa yhtenäisen levyn. Ohutrappaus on vahvistettu muovipinnoitetun lasikuituverkon avulla. Ohutrappauksen paksuus on 5-10 mm Ohutrappaus koostuu tartunta- tai pohjarappauskerroksesta sekä pintarappauksesta. Ohutrappauksen avulla voidaan tehdä suuria pintoja ilman liikuntasauvoja. (45, s. 10.)

Paksurappaus on eristeen päälle tehtävä rappaus, joka on lujitettu teräksisen rappausverkon avulla. Paksurappaus muodostuu kolmikerrosrappauslaastin tapaan kolmesta kerroksesta. Rappauskerroksia ovat pohjarappaus, täyttörappaus ja pintarappaus. Paksurappauksen tyypillinen paksuus on 20-25 mm. Paksurappaus vaatii paksuutensa vuoksi liikuntasauvoja, toisin kuin ohutrappaus. (45, s. 14-15.)

### 3.2 Muurauslaastit

Muurauslaastin tehtävä on sitoa muuratut kappaleet yhteen, tasoittaa muurattavien kappaleiden kokoeroja ja tiivistää rakenne. Laastin avulla pienistä kappaleista voidaan muodostaa suurempia kokonaisuuksia. Lisäksi laastin avulla rakenne saa lopullisen lujuutensa. Laastin vaadittavat lujuusominaisuudet ja sideainetyyppi riippuvat muurauskivestä. (27; 4. s. 203, 220-222; 29, s. 57.)

Muurauslaastin saumapaksuuden keskiarvo on normaalitapauksissa 10-20 mm. Sopivan saumapaksuuden ratkaisevat mm. laastin työstettävyyden, muurattavan kivi- tai harkkomateriaalin vedenimuominaisuudet ja muuratulle rakenteelle asetetut lujuusvaatimukset. (29, s. 532.)

Ohutsaumamuurauslaastia käytetään harkkojen ja tiilien muuraukseen. Ohutsaumalaastin käyttö edellyttää muurauskiviltä pienet mittatoleranssit. Ohutsaumamuurauksessa sauman paksuus on noin 3-6 mm. Ohutsaumamuuraus on perinteisen tiilimuurauksen ja muurausliiman välimuoto. (14; 15; 16; 29, s. 532.)

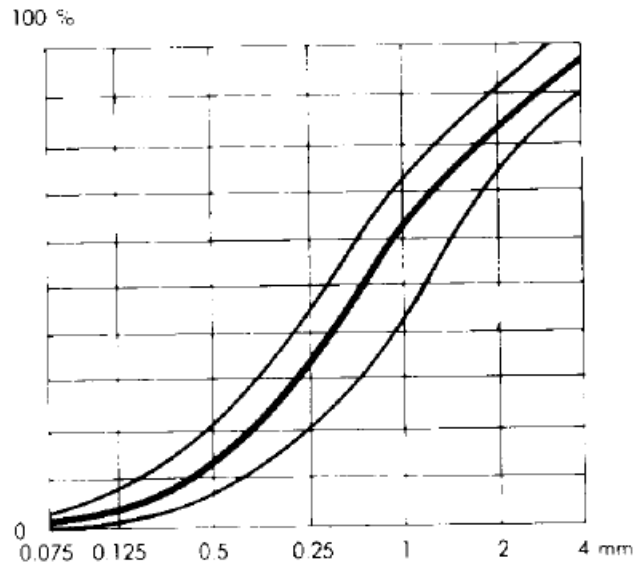
### 3.3 Kiviaines

Kiviaines muodostaa laastin kantavan rungon. Tavallisimmin laastien kiviaineksena käytetään luonnonhiekkaa, jonka rakeet ovat jääkauden pyöristämiä. Jotta kiviaines pakkautuisi tiiviisti, tulee murskauksessa pyrkiä saamaan kivirakeista kuution muotoisia. Pitkulaiset ja litteät rakeet pakkautuvat huonommin. Laastin runkoaines valmistetaan usein sekoittamalla kahta tai kolmea rakeisuudeltaan eri kiviainesta, sopivan rakeisuuskäyrän saavuttamiseksi. Laastihiekaksi hyvin sopivia mineraaleja ovat dolomiitti, gneissi, graniitti, kalkkikivi. Runkoaines estää lisäksi kovettuvassa laastissa tapahtuvia muodonmuutoksia. (2, s. 26; 4, s. 114; 6, s. 5; 28, s. 58, 65, 183; 30, s. 38.)

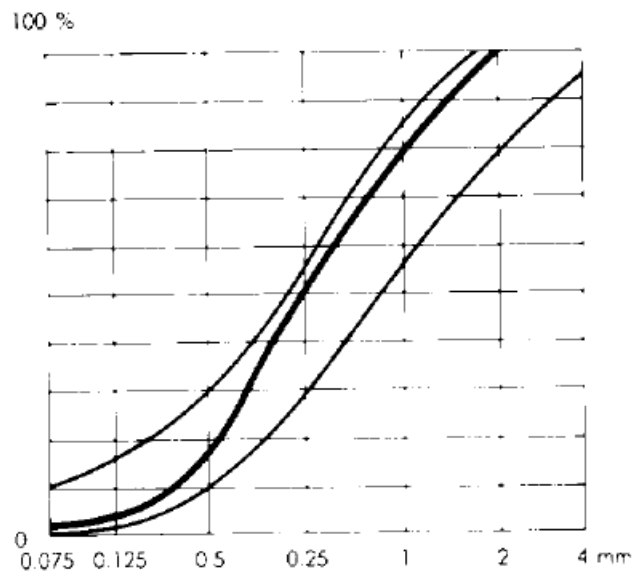
Tuoreen laastin työstettävyyteen, notkeuteen ja kovettuneen laastin lujuuteen vaikuttavat runkoaineksen puhtaus ja raejakauma. Kiviaineksella on myös merkitystä laastin vetolujuuteen. Murskattu kivi on vetolujuuden kannalta parempi kuin luonnonhiekkä. Fillerin osuus vaikuttaa laastin työstettävyyteen ja vedentarpeeseen. Lisäksi fillerit lisäävät laastin kutistumaa, mutta parantaa

tartuntaa. Hienon kiviaineksen (0-4 mm) raemuodolla ei ole merkityä laastin käyttäytymisen kannalta. (2, s. 27; 4, s. 195; 11, s. 8; 28, s. 183.)

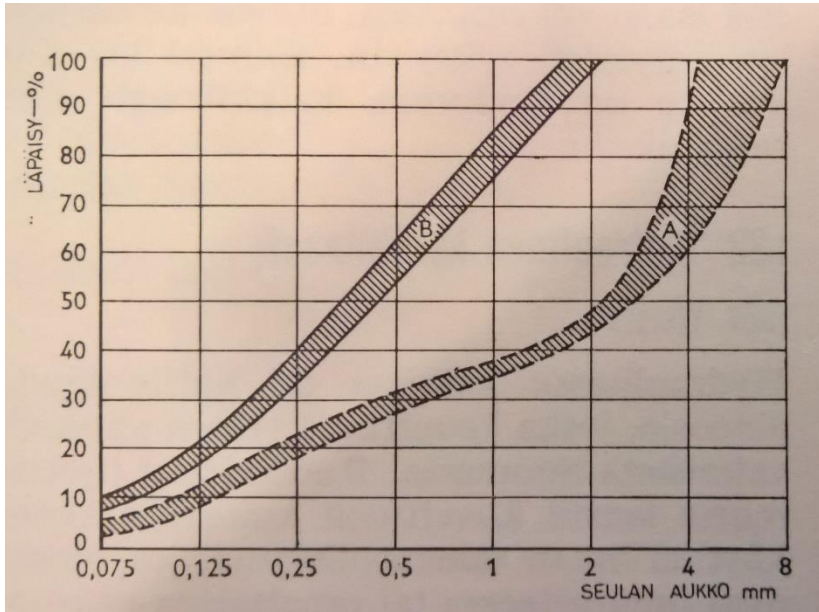
#### Rakeisuuden ohjearvot rappauslaasteille



kuva 1. tartunta ja täyttörappauslaastit (RT 33-1086)



kuva 2. Pintarappauslaastit (RT 33-1086)

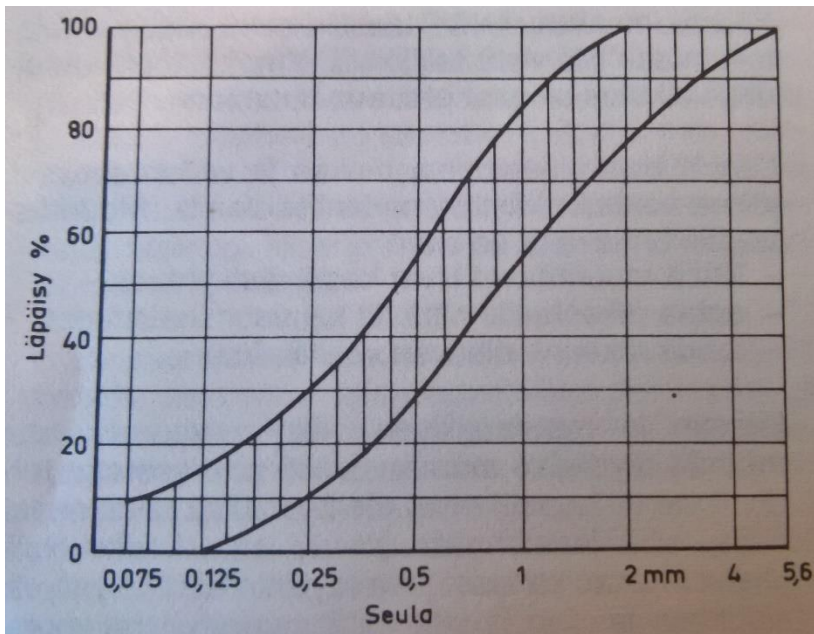


Kuva 3. Roiskerappauksen rajakäyrä (alue A) ja lietelaastin rajakäyrä (alue B) (Koiso-kanttila, Erkki — Kuuskoski, Viljo — Rihlana. Seppo — Ruso, Risto — Sneck, Tenho. Rakennustekniikan käsikirja: 3: pääjakso 2. Rakennusaineet ja -tarvikkeet)

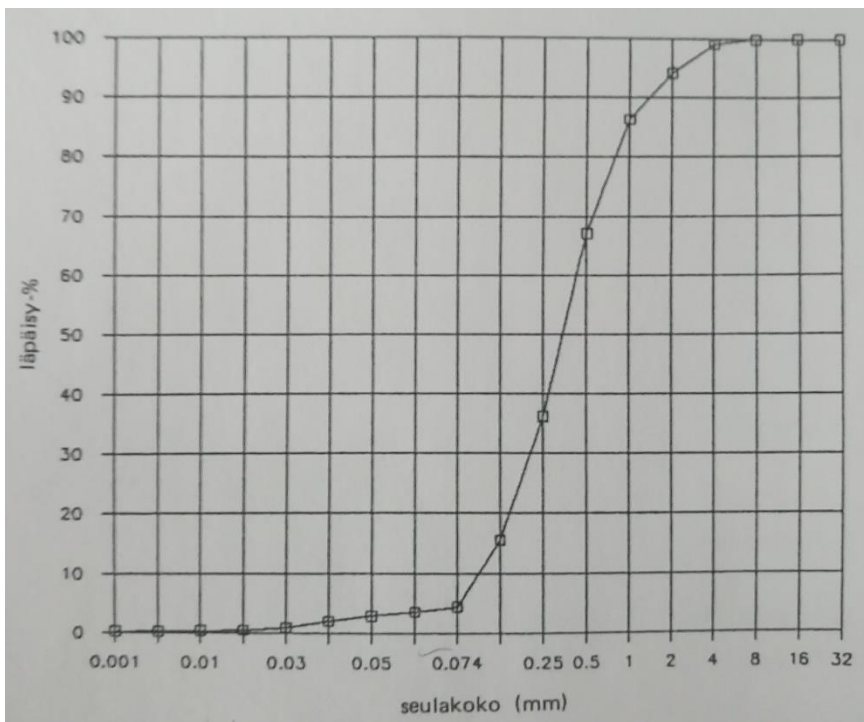
Rappauslaastiin tulevan kiviaineksen rakeiden tulee olla pyöreitä ja jakautuneena oikeassa suhteessa. Rappauslaastiin tulevan kiviaineksen koko riippuu laastin sekoitus- ja työstötavasta. Suurimpien raekokojen tulisi olla 4-5 mm tartunta ja täyttörappauslaasteilla ja pintarappauslaasteilla 1-3 mm. Hyvä sääntö on, että suurin rae ei ylitä yhtä neljäsosaa rappauksen paksuudesta. Kiviaineksen raemuoto vaikuttaa konerappauslaastin pumpattavuuteen. Rappauslaastin kiviainesjakaumaan vaikuttavat myös sen haluttu pintatyyppi. Konerappauslaasti sisältää myös enemmän hienoa kiviainesta kuin käsirappauslaasti. (2, s. 28, 183; 3, s. 19; 4, s. 116-117; 30, s. 39.)



## Rakeisuuden ohjearvot muurauslaasteille



Kuva 4. Muurauslaastin runkoaineksen rakeisuuskäyrän raja-alue (RIL 99-1975)

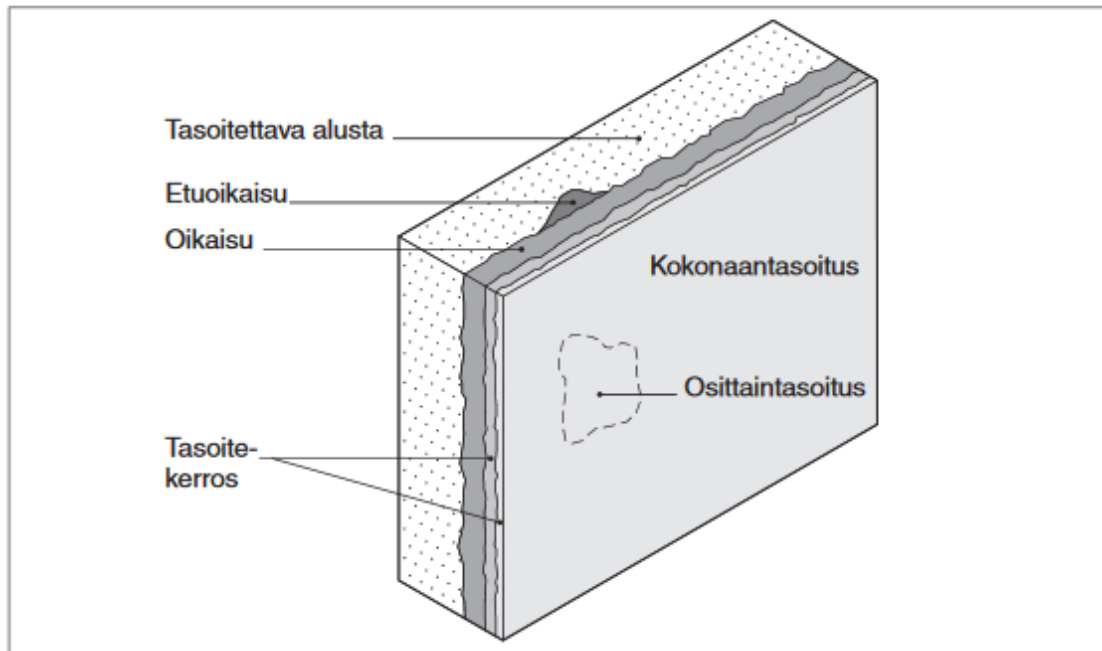


Kuva 5. Muurauslaastin rakeisuuskäyrä (Heikkinen, Aino — Konow, Thorborg von. Betonin mikrosuhteutus)

Muurauslaastissa hienon hiekan, jonka rakeisuus on 0-0,25 mm osuus tulisi olla 10-30 prosenttia. Suurimman rakeen tulisi olla 30-40 prosenttia sauman paksuudesta. Rakeisuuskäyrän raja-arvoista voidaan ennakkokokeiden perusteella poiketa esimerkiksi tilanteessa, jossa muurauskivet imevät laastimassasta vettä. Ohutsaumamuurauslaastien kiviaineksen suuri raekoko tulisi olla korkeintaan 2 mm. (25; 26 s. 164; 28, s. 58; 30, s. 38.)

## 4 TASOITTEET

Tasoitteella tarkoitetaan tuotetta, jonka tehtävänä on korjata pinnan epätasaisuuksia. Tasoite koostuu sideaineesta, runkoaineesta, lisäaineista ja vedestä. Tasoituskerroksia voi olla yksi tai useampia. Ennen tasoitetyötä suurempia epätasaisuuksia voidaan esioikaista laastilla. Tasoitettava kohde voi olla lattia, seinä tai katto ja se voi sijaita kuiva- tai märkätilassa. Tasoitteet voidaan jakaa kuivatasoitteisiin ja valmistasoitteisiin. Tasoitteen alustana voi olla betoni, laasti, muurattu rakenne tai rakennuslevy. Kuivatasoitteille asetetut tekniset vaatimukset ovat standardissa SFS-EN 998-1 ja valmistasoitteille SFS-EN 15824(12; 13.)



Kuva 6. Tasoituksen termejä (RT 14-11103)

Tasoite levitetään tasoitettavaan pintaan käsin tai ruiskuttamalla. Tasoitetyö voidaan tehdä osittais-, kokonaan- tai ruiskutasoituksena. Osittaistasoituksessa tasoitettavasta alueesta käsitellään korkeintaan 30 prosenttia. Kokonaantasoituksessa tasoitettava alue käsitellään kokonaan. Ruiskutasoituksessa koneellisesti ruiskutettu laasti jätetään lastalla tasoittamatta, jolloin lopputuloksena on roiskepinta. (12; 21; 23.)

#### **4.1 Seinä- ja kattopintojen tasoitteet**

Tasoitteita käytetään pääasiassa sisäpinnoilla tasoittamaan epätasaisuuksia. Seinätasoitteet levitetään koneellisesti ruiskulla ja työstetään tämän jälkeen teräslastalla. Tasoitus voidaan tehdä yhteen tai useampaan kertaan. Tasoitteet valitaan rasitus- ja kosteusolosuhteiden mukaan. Tasoitteiden avulla voidaan täyttää betonin huokokset ja levyjen saumat. Tasoitekerroksen paksuus voi olla jopa 20-30 mm ja sen tartuntaominaisuudet ovat esimerkiksi tiileen paremmat kuin rappauslaastin. (28, s.185; 31, s. 55.)

Kuivan tilan tasoitteet ovat seinä- ja kattopintoihin käytettäviä tasoitteita. Tasoitteet voivat olla, joko sementtipohjaisia, kipsipohjaisia tai vesiliukoisiin liimoihin pohjautuvia tasoitteita. Kuivan tilan tasoitetta ei tule käyttää, jos rakenteeseen voi päästä kosteutta tai tasoitettavassa tilassa käsitellään vettä. Suurempien kolojen täyttämiseen käytetään karkeatasoitetta. Pohjamaalauksen jälkeen pieniä koloja voidaan vielä tasoittaa pintatasoitteella. (13; 24; 31, s. 52.)

Kostean tilan tasoitteet sopivat tiloihin, joissa on suuret mekaaniset rasitukset, mutta ei suurta kosteusrasitusta. Sideaineena kostean tilan tasoitteessa toimii veteen dispergoidut polymeerit tai sementti. (31, s. 52-53.)

Märkätiloissa käytetään kosteuden kestäviä tasoitteita ja sideaineen on sementti. Märkätilatasoitetta käytetään sisällä tilassa, johon kohdistuu suuret kosteusrasitukset tai mekaaniset rasitukset. Kipsipohjaiset tasoitteet eivät sovi käytettäväksi märkätiloihin. (17; 19; 31, s. 53.)

#### **4.2 Lattiatasoitteet**

Lattiatasoitteen tartunnan ja tartuntapinnan sitova PVA-muovidispersio toisin kuin seinä- ja kattotasoitteilla. Tyypillisesti lattiatasoite koostuu sementistä, runkoaineesta ja lisäaineesta. Sementtiä tasoitteesta on noin 25 prosenttia, runkoainetta 30-50 prosenttia ja lisäainetta 5 prosenttia tasoitteen painosta. Lattiatasoitteet voidaan jakaa oikaisutasoitteisiin, pintatasoitteisiin ja itsetasoittuviin pumpattaviin tasoitteisiin. (31, s. 51-54.)

Oikaisutasoitteen tasoitekerroksen paksuus on 10-50 mm ja se tasoitetaan pintatasoitteella. Pintatasoitteen tasoitekerroksen paksuus on 0,1-10 mm. Itsetasoittuvan pumpattavan tasoitteen tasoitekerroksen paksuus on 3-30 mm. Oikaisutasoite ja pintatasoite ovat käsin levitettäviä tasoitteita ja työ on hyvin rasittavaa, kun taas itsestään tasoittuva tasoite levitetään pumppaamalla ja työ tehdään seisten. (20; 31, s. 51-52.)

### **4.3 Kiviaines**

Katto ja seinätasoitteiden runkoaineena on hiekka tai hienoksi jauhettu kiviaines. Valmistasoitteilla kiviaineksena on kalsiitti tai dolomiitti. Kostean tilan tasoitteilla ja vesiliukoisiin liimoihin pohjautuvilla kuivan tilan tasoitteilla runkoaineena on kalkkikivi. Märän tilan tasoitteilla runkoaineena on kalsiumkarbonaatti tai kvartsihiekkä. Karkeatasoitteen runkoaineen suurin raekoko on 1-2 mm, pohjatasoitteen runkoaineen suurin raekoko on 0,5-1 mm ja pintatasoitteen runkoaineen suurin raekoko on 0,1-0,5 mm. (12; 28, s. 185; 31, s. 52-53.)

Lattiatasoitteissa käytetty runkoaine on kvartsi-maasälpähiekkaa. Tasoitteen runkoaineen koko riippuu tasoitekerroksen paksuudesta. Itsetasoittuvilla sementtipohjaisilla lattiatasoitteilla raekoko on 0,5 mm ja käsin levitettävillä lattiatasoitteilla suurin raekoko on 0,3-1,0 mm:iin. (20; 31, s. 51-54)

## 5 KVARTSIMAASÄLPÄJAUHE RUNKOAINEENA

Kvartsimaasälpäjauheen käyttökelpoisuutta testattiin tuotteissa, joihin se on mineraalien puolesta sopivaa. Lisäksi pyrittiin valitsemaan tuotteet, joissa kvartsimaasälpäjauhe voisi korvata suurimman osan runkoaineesta jolloin mahdolliset vaikutukset tulisivat parhaiten esille. Tuotteiksi valittiin lopulta Fescon Oy:n rappauslaasti KS 65/35/600 sekä märkätilatasoite WTT.

Tarkoituksena oli korvata alkuperäinen runkoaines kvartsimaasälpäjauheella, säilyttäen rakeisuus samana. Näin koe-erien välille syntyvät erot ovat ainoastaan kiviaineksesta johtuvia. Kvartsimaasälpäjauheella ei kuitenkaan voitu korvata 0,5 mm tai sitä suurempia rakeita, koska sen suurin raekoko on 0,5 mm ja sen osuus on pieni.

Ensin valmistettiin vertailukappaleet alkuperäisistä Fescon:n kuivalaastista ja -tasoitteesta. Näiden lisäksi valmistettiin myös kappaleet, jossa runkoaines oli pelkkää luonnon hiekkaa. Tämän jälkeen tuotteiden runkoaines valmistettiin sekoittamalla luonnonhiekkaa ja kvartsimaasälpäjauhetta. Ensin 50 prosenttia luonnonhiekkaa ja 50 prosenttia kvartsimaasälpäjauhetta ja toiseen erään runkoaines korvattiin kokonaan kvartsimaasälpäjauheella.

Opinnäytetyötä varten Fescon toimitti tutkimuksiin pienen erän kuivalaastia ja -tasoitetta, joissa ei ollut runkoainesta. Tämä sen vuoksi, koska tuotteiden tarkat reseptit ovat yrityksen liikesalaisuuksia ja runkoainesta ei ollut mahdollista seuloa erilleen sideaineesta. Laboratoriokokeet suoritettiin Oulun Ammattikorkeakoulun rakennustekniikan laboratoriossa 31.1.2017-14.3.2017 välisenä aikana.

## 5.1 Kvartsimaasälpä

Kvartsimaasälpä jauhe on spodumeenin rikastusprosessissa syntyvää rikastushiekkaa. Opinnäytetyön alkuvaiheessa työn tilaaja, Keliber Oy, toimitti kvartsimaasälpä jauheelle aiemmin tehtyjen analyysien tuloksia. MLA (Mineral Liberation Analysis) kokeesta selvisi, että rikaste sisältää pääasiassa kvartsia ja plagioklaasia sekä pienempiä määriä mikrokliiniä, muskoviittia ja spodumeenia. Muiden mineraalien osuudet olivat pieniä.

Taulukko 3. MLA kokeen tulokset (9.)

Mineral	Wt%	Grain Count
Quartz	36.72	9085
Plagioclase	39.33	10241
Microcline	15.90	4259
Spodumene	1.22	1155
Muscovite	6.38	2499
Biotite	0.11	118
Clay	0.10	134
Garnet	0.00	0
Tourmaline	0.02	37
Titanite	0.01	34
Forsterite	0.00	1
Amphiboles	0.08	44
Epidote	0.01	6
Kyanite	0.02	13
Apatite	0.04	98
Sicklerite	0.00	1
Apa_sick_mix	0.00	1
Calcite	0.01	3
Sphalerite	0.00	2
Pyrite	0.00	1
Arsenopyrite	0.00	0
Columbite_tantalite	0.00	4
Iron	0.00	0
Unknown	0.04	186
Total	100.00	26882

Kvartsimaasälpä jauheen kemiallinen koostumus oli myös selvitetty. Kvartsimaasälpä jauhe sisältää suurimmaksi osaksi piioksidia, alumiinioksidia, natriumoksidia ja kaliumoksidia.

Taulukko 4. Rikastushiekka analyysit (9.)

Date:	21.09.	21.09.	21.09.	22.09.	22.09.	23.09.	23.09.
Hour:	0130-0200	1030-1115	1630-1730	0245-0315	1500-1600	0300-0345	0945-1015
	SEJ	SEJ	SEJ	SEJ	SEJ	SEJ	SEJ
	L16054242	L16054606	L16054983	L16055001	L16055134	L16055163	L16055186
Li <sub>2</sub> O	0,154	0,139	0,148	0,116	0,107	0,108	0,102
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>77,5</b>	<b>77,5</b>	<b>77,4</b>	<b>77,9</b>	<b>77,7</b>	<b>77,6</b>	<b>77,2</b>
TiO <sub>2</sub>	0.014	0.013	0.015	0.011	0.014	0.011	0.017
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>13.6</b>	<b>13.5</b>	<b>13.6</b>	<b>13.3</b>	<b>13.4</b>	<b>13.4</b>	<b>13.6</b>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0025	0.0016	0.0019	0.0013	0.0013	0.0012	0.0010
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0009	0.0003	0.0009	0.0009	0.0006	0.0007	0.0001
FeO	0.20	0.18	0.19	0.17	0.18	0.16	0.20
MnO	0.005	0.006	0.006	0.004	0.005	0.003	0.005
MgO	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05
<b>CaO</b>	<b>0.262</b>	<b>0.260</b>	<b>0.263</b>	<b>0.247</b>	<b>0.260</b>	<b>0.212</b>	<b>0.307</b>
Rb <sub>2</sub> O	0.057	0.057	0.057	0.055	0.055	0.057	0.058
SrO	0.0051	0.0046	0.0047	0.0052	0.0047	0.0043	0.0054
BaO	0.006	0.005	0.004	0.004	0.005	0.002	0.003
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>4.70</b>	<b>4.86</b>	<b>4.78</b>	<b>4.83</b>	<b>4.84</b>	<b>4.77</b>	<b>4.81</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>3.35</b>	<b>3.31</b>	<b>3.35</b>	<b>3.22</b>	<b>3.21</b>	<b>3.41</b>	<b>3.40</b>
ZrO <sub>2</sub>	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>0.137</b>	<b>0.135</b>	<b>0.135</b>	<b>0.131</b>	<b>0.131</b>	<b>0.133</b>	<b>0.139</b>
OxSumm	99.90	100.00	100.00	99.90	99.90	99.90	99.90



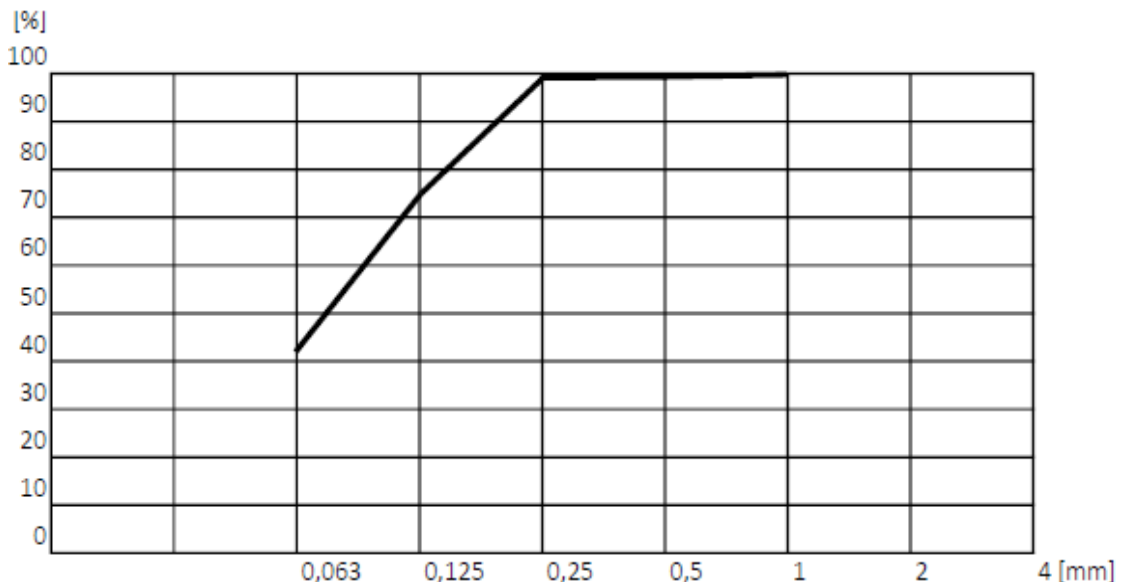
### 5.1.1 Seulonta

Kvartsimaasälpäjauheen tarkka rakeisuus määritettiin seulonnan avulla. Seulonta määritettiin standardin SFS-EN 933-1 kohdan 7.1 ohjeen mukaan. Seulonnan avulla määritettiin kiviaineksen rakeisuuskäyrä. Seulonta suoritettiin ns. pesuseulontana.

Seulonta suoritettiin asettamalla kiviaines 0,063 mm:n seulalle. Seulalle laskettiin vettä niin kauan, että seulalla oleva vesi muuttui kirkkaaksi. Seulaa läpi menneestä kiviaineksesta syntyi pesutappio. Pesuseulonnan yhteydessä havaittiin, että lisättäessä kvartsimaasälpäjauheeseen vettä, veden pinnalle alkoi muodostua runsaasti vaahtoa.

Tämän jälkeen seulalle jäänyt kiviaines kuivattiin uunissa 110°C lämpötilassa ja kuiva kiviaines seulottiin seulasarjan avulla. Seulasarja koostuu kaikkiaan 15 seulasta, pohjasta ja kannesta. Seulasarja nostettiin tärypöydän päälle ja tärypöytää käytettiin päällä muutaman sekunnin ajan. Jokaiselle seulalle jäänyt kiviainemäärä punnittiin ja kirjattiin.

Seulonnan avulla syntynyt kiviaineksen rakeisuuskäyrä.



Kuva 7. Pesuseulonnan avulla selvitetty rakeisuus

Kiviaineksesta noin 42 prosenttia läpäisi pienimmän seulan, mikä on hyvin paljon (kuva 7.). Kuitenkaan laboratoriossa ei ollut mahdollisuuksia selvittää pienimmän seulan läpäisseen kiviaineksen rakeisuutta tarkemmin.



Kuva 8. Kvartsimaasälpä jauheen pinnalle syntynyttä vaahtoa

Kvartsimaasälpä jauheen kosteusprosentti määritettiin standardin SFS EN 1097-5 ohjeen mukaan. Ensin näyte punnittiin normaalitilassa ja tämän jälkeen se kaadettiin tarjottimelle. Tarjottimet asetettiin lämpökuivauskaappiin 110°C lämpötilaan, jossa kiviaines kuivattiin. Kuivattu näyte punnittiin, minkä jälkeen laskettiin kosteusprosentti. Kosteusprosentti saatiin vähentämällä normaali tilanteen painosta kuivapaino.

Tämän jälkeen näyte asetettiin jäähtymään pöydälle umpinaiseen astiaan. Kun näyte oli jäähtynyt huoneen lämpötilaan, laitettiin se takaisin lämpökuivauskaappiin ja punnittiin tämän jälkeen uudelleen. ensimmäisen kuivauksen jälkeinen tulos ei poikennut jälkimmäisestä, jolloin voitiin todeta tulos näytteen kuivamassaksi. Lopulliseksi kosteuspitoisuudeksi saatiin 7 prosenttia.

Kiintotiheys puolestaan määritettiin standardin SFS EN 1097-6 ohjeen mukaan. Ensin kuiva aines punnittiin kyllästetyssä ja pintakuivassa tilassa, sitten lämpökuivauskaapissa kuivattuna. Tämän jälkeen näytteen tilavuus selvitettiin näytteen syrjäyttämän veden massasta verkkokorimenetelmällä. Lopulliseksi kiintotiheydeksi saatiin 2975 kg/m<sup>3</sup>.

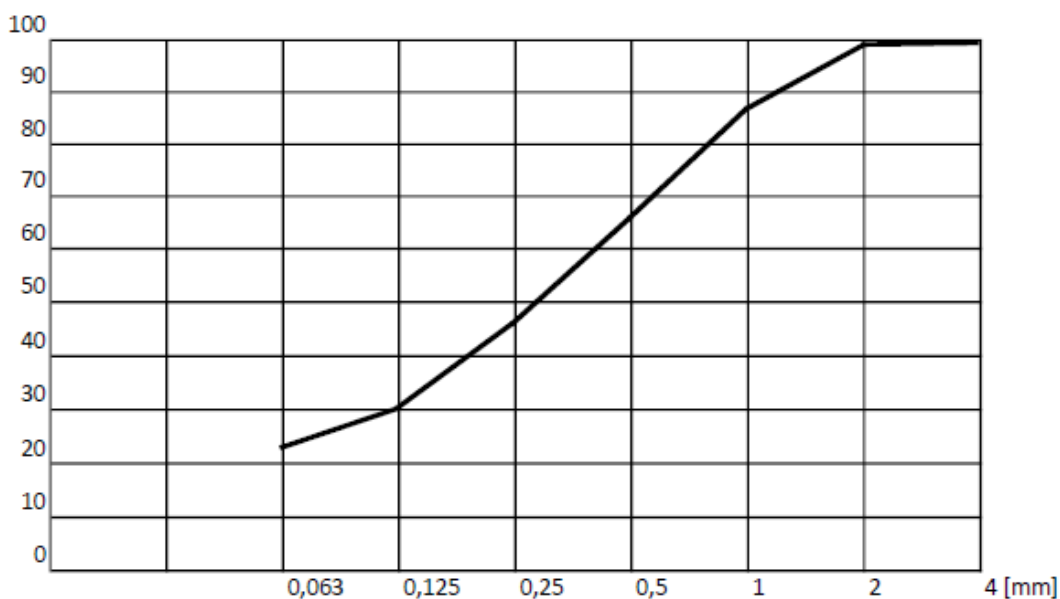
## 5.2 Rappauslaasti

Rappauslaastiksi valittiin Fescon KS 65/35/600. Laastin sideaineena ovat kalkki ja sementti. Rappauslaasti sisältää niemensä mukaisesti 65 yksikköä kalkkia, 35 yksikkö sementtiä ja 600 yksikköä runkoainesta. Rappauslaastia koskee standardi SFS-EN 998-1, sen mukaan laastille tehtävät kokeet määritetään standardien SFS-EN 1015-1 –12 mukaan.

### 5.2.1 Seulonta

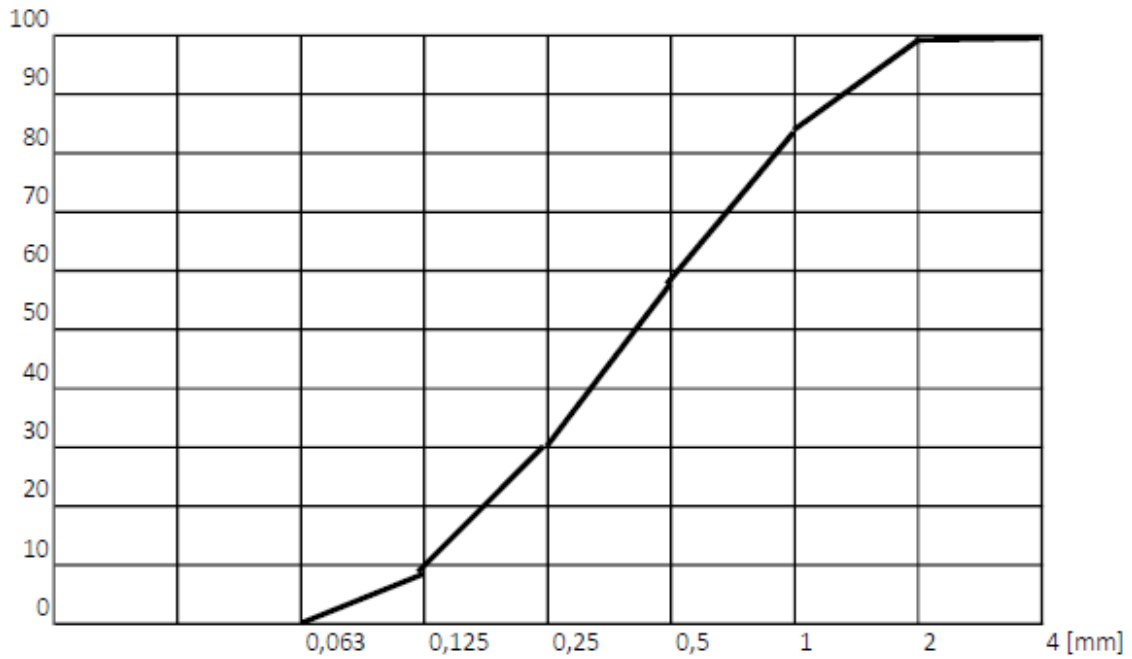
Laastille suoritettiin pesuseulonta, jolla selvitettiin laastin runkoainespitoisuus ja rakeisuuskäyrä. Seulonta määritettiin standardin SFS-EN 1015-1 ohjeen mukaan.

Pesuseulonnan tuottama rakeisuuskäyrä.



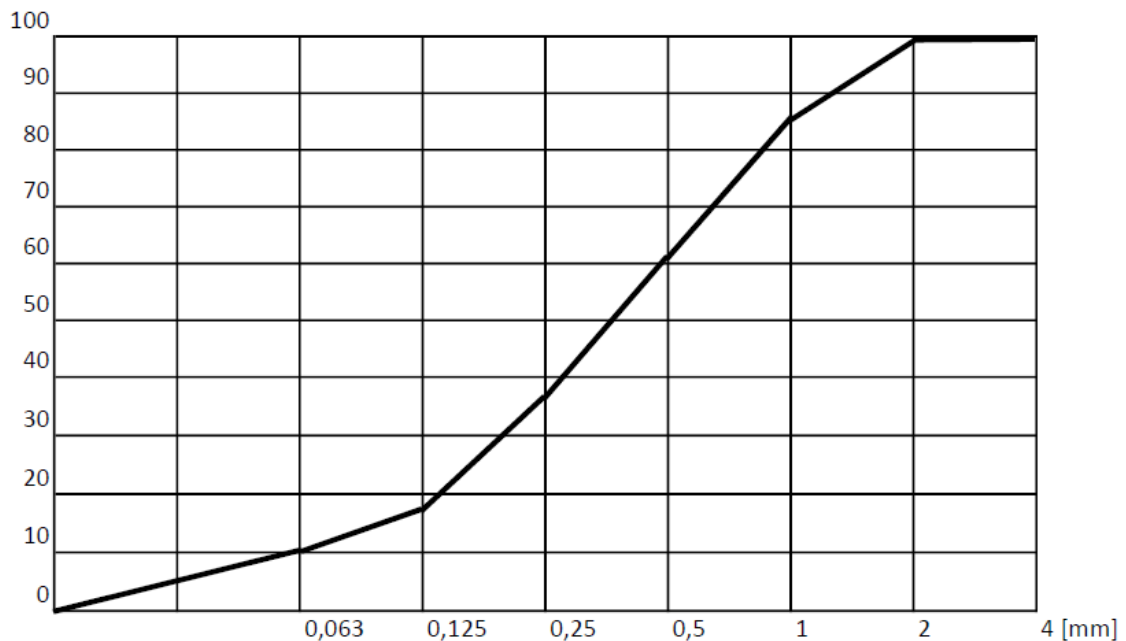
Kuva 9. Pesuseulonnan tuottama rakeisuuskäyrä

Kuvassa 9. on alkuperäinen seulonnan tuottama rakeisuuskäyrä. Koska pesuseulonnassa mukana oli myös sideaine, ei seulonnan pesutappiota otettu huomioon muodostettaessa runkoaineksen rakeisuuskäyrää. Runkoainetta pesuseulonnan avulla saatiin eroteltua 76 prosenttia laastista.



Kuva 10. Runkoaineen rakeisuuskäyrä

Fescon ilmoitti laastissa olevan 85 prosenttia runkoainetta kuivalaastista. Koska märkäseulonnassa laastin runkoaineen osuudeksi saatiin 76 prosenttia, voitiin laskea hienon kiviaineksen osuudeksi 9 prosenttia laastista ja 10 prosenttia runkoaineesta.



Kuva 11. Rappauslaastin runkoaineen rakeisuuskäyrä

## 5.2.2 Laastin valmistus

Laastin kuiva-ainekset ja vesi sekoitettiin standardin SFS-EN 196-1 mukaisella laboratoriosekoittimella. Laastin sekoitus tehtiin standardin SFS-EN 1015-2 kohdan 6.2.2 ohjeen mukaan. Laastin valmistusohjeen mukaan minimi annoskoko oli 0,5 l. Annoskoko määräytyi laastille tehtävän kokeen mukaan. Kokeessa valmistettavan laastin määrä saatiin kertomalla kokeeseen tarvittava laastimäärä 1,5:lla.

Valmistajan ohjeiden mukaan laastin vedentarve oli 4,5-5,5 l/25kg. Kuiva-ainekset ja vesi sekoitettiin. Laasti valmistettiin niin, että se täytti sille asetetun notkeusvaatimuksen standardin SFS-EN 1015-2 kohdan 6.2.1 taulukon 2 mukaan. Laastin vaadittu notkeus oli 175 +5/-5 mm, kun tuoreen laastin tiheys oli suurempi, kuin 1200 kg/m<sup>3</sup>.



Kuva 12. Sekoituksessa käytetty laboratoriosekoitin

### **5.2.3 Tuoreen laastin notkeus**

Laastin notkeus määritettiin standardin SFS-EN 1015-3 mukaan. Notkeuskoe suoritettiin iskupöytää käyttäen. Kokeessa laasti asetettiin iskupöydän päällä olevaan kartion muotoiseen muottiin. Kartion alapinnan sisähalkaisija oli 100 mm, yläpinnan sisähalkaisija 70 mm ja korkeus oli 60mm. Kartio täytettiin laastilla 2 vaiheessa ja kummankin täyttövaiheen jälkeen suoritettiin 10 iskun sullontasauvalla.

Tämän jälkeen ylimääräinen laasti pyyhittiin kartion päältä pois ja 15 sekunnin kuluttua kartio nostettiin pois kohtisuoraan ylöspäin. Tämän jälkeen iskupöydällä annettiin 15 iskua n. 1 isku sekunnissa. Iskujen jälkeen mitattiin iskupöydälle levinneen laastin leviämä. Tuoreen laastin tiheyden mukainen sallittu leviämä saadaan standardin SFS-EN 1015-2 kohdasta 6.2.1.

### **5.2.4 Tuoreen laastin tiheys**

Tuoreen laastin tiheys määritettiin standardin SFS-EN 1015-6 ohjeen mukaan. Laastin tiheyden määrittämiseksi laastin notkeus asetettiin standardin SFS-EN 1015-2 vaaditulle tasolle. Laastin tiivistys tapahtui standardin kohdan 7.2.2 ohjeen mukaan.

Tiheyden määrittämiseen tarvittiin litran kokoinen astia, jonka sisähalkaisija oli 125 mm. Astian tilavuus sekä paino selvitettiin ennen koetta. Astia täytettiin 2 vaiheessa ja kummankin täyttövaiheen jälkeen astiaa nostettiin vastakkaisilta puolilta 30 mm. Tämän jälkeen astiasta päästettiin irti ja astia putosi alustalle. Tämä toistettiin kummankin täyttövaiheen jälkeen kymmenen kertaa.

Täytön ja tiivistämisen jälkeen ylimääräinen laasti poistettiin palettiveistä käyttäen ja laastijäämät pyyhittiin astian ulkoreunoilta. Astia asetettiin puntarille ja saatu lukema kirjoitettiin ylös. Koe toistettiin kahdesti ja tulokseksi kirjattiin näiden tulosten keskiarvo.

### **5.2.5 Tuoreen laastin ilmamäärä**

Tuoreen laastin ilmamäärä määritettiin standardin SFS-EN 1015-7 ohjeen mukaan. Kokeessa käytettiin samaa astiaa, kuin tiheyden määrittämisessä. Astia täytettiin laastilla kahdessa vaiheessa ja molempien täyttövaiheiden jälkeen laastia tiivistettiin iskemällä sullontasauvalla kymmenen kertaa.

Tämän jälkeen ylimääräinen laasti pyyhittiin palettiveistä käyttäen ja reunat puhdistettiin märällä liinalla. Seuraavaksi asetettiin ilmamäärämittari astian päälle ja mittarin venttiilit avattiin. Toisesta venttiilistä laskettiin vettä niin kauan, että toisesta venttiilistä alkoi tulla vettä ulos.

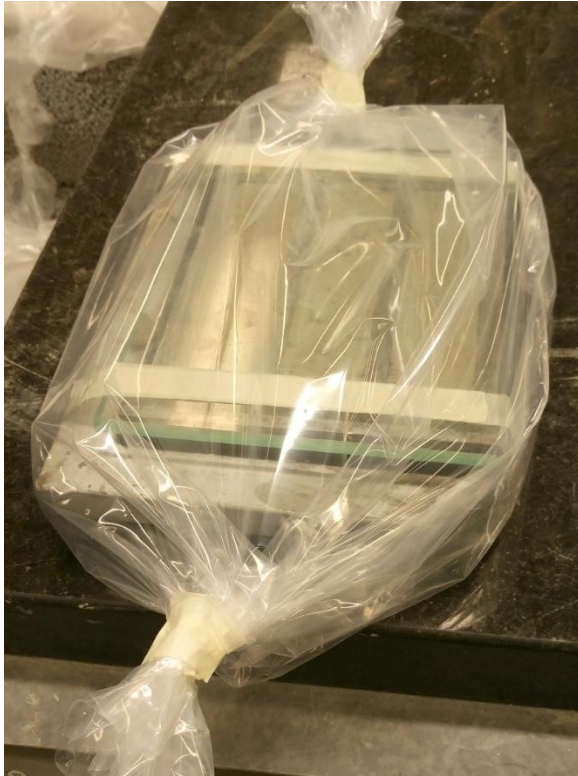
Seuraavaksi venttiilit suljettiin ja astiaan pumpattiin ilmaa mittarin ilmoittamaan rajaan saakka, kun raja oli saavutettu, painettiin testi nappia ja mittari ilmoitti laastin ilmamäärän. Tuoreen laastin suurimpana suositeltuna ilmapitoisuutena pidetään 15-20 prosenttia, suurempi ilmapitoisuus alkaa heikentää laastia. (28, s.59)

### **5.2.6 Kovettuneen laastin puristus- ja taivutusvetolujuus**

Puristus ja taivutusvetolujuus määritettiin standardin SFS-EN 1015-11 ohjeen mukaisesti. Rappauslaastissa KS 65/35/600 on sementtiä alle 50 prosenttia sideainemäärästä. Tämän vuoksi kokeessa tarvittavat prismat valmistettiin standardin kohdan 7.2.3 mukaan. Prismamuotin mitat olivat 40 x 40 x 160 mm.

Ensiksi lasilevyn päälle asetettiin kaksi kerrosta harsokangasta ja päälle asetettiin prismamuotti. Muotti täytettiin kahdessa vaiheessa ja kummankin vaiheen jälkeen suoritettiin tiivistys antamalla 25 iskua sullontasauvalla, jonka sivun mitat olivat 12 mm. Tämän jälkeen ylimääräinen laasti pyyhittiin pois ja päälle asetettiin ensin kaksi kerrosta harsokangasta ja sen jälkeen kuusi kerrosta suodatinkangasta. Näiden päälle asetettiin lasilevy, minkä jälkeen muotti käännettiin ympäri laseja tiukasti yhteen puristaen. Seuraavaksi päällä ollut lasi nostettiin pois ja harsokankaiden päälle asetettiin kuusi kerrosta suodatinpaperia, jonka jälkeen lasilevy asetettiin päälle. Tämän jälkeen muotti käännettiin vielä uudelleen ympäri alkuperäiseen asentoon ja asetettiin polyeteenipussiin.





kuva. 13. Muotti asetettuna lasilevyjen väliin ja polyeteenipussiin.

Seuraavaksi muotin päälle asetettiin 5 kg:n paino, jolla muottia kuormitettiin kolmen tunnin ajan. Tämän jälkeen kuormitus poistettiin. Lasilevyn alta harsokankaat ja suodatinpaperit poistettiin ja lasi asetettiin takaisin muotin päälle. Muotti käännettiin ympäri lasilevyjä tiukasti yhteen puristaen. Harsokankaat ja suodatinpaperit poistettiin ja lasilevy asetettiin muotin päälle. Muotti käännettiin takaisin alkuperäiseen asentoon, minkä jälkeen muotti asetettiin polyeteenipussiin.

Muotti säilöttiin sisällä 20 °C:n lämpötilassa. Viiden vuorokauden kuluttua muotti purettiin ja prismat asetettiin takaisin polyeteenipussiin. Prismat varastoitettiin kolmiorimojen päälle. Kolmiorimat sijoitettiin prismojen kolmannespisteisiin.

28 vuorokauden kuluttua määritettiin taivutusveto- ja puristuslujuudet. Ensin prismoille suoritettiin taivutusrasituskoet. Kappale asetettiin kahden tukirullan varaan, joiden halkaisija oli 10 mm:ä. Tukirullien välinen etäisyys oli 100 mm:ä. Prismaa kuormitettiin yläpuolelta, kuormituspiste sijaitsi keskellä prismaa. Kuormitusnopeudeksi asetettiin 25 N/s.

Lopullinen taivutusvetolujuus laskettiin kaavan avulla

$$f = 1,5Fl / bd^2$$

$f$  = koekappaleen suurin kuorma, [N]

$l$  = Tukirullien akselien välinen etäisyys [mm]

$b$  = kappaleen leveys, [mm]

$d$  = kappaleen korkeus, [mm]

Taivutusvetolujuuden selvityksen jälkeen suoritettiin puristuslujuuskoe. Kun prismalle suoritettiin taivutusrasituskoe, murtui prisma kahteen osaan. Puristuslujuus selvitettiin jokaisesta prisman puolikkaasta. Puolikkaat asetettiin kahden teräslevyn väliin, joiden sivumitat olivat 40 mm. Tämän jälkeen kappaletta kuormitettiin, kunnes se murtui. Kuormitusnopeudeksi asetettiin 50N/s.

Puristuslujuus saatiin laskemalla kaavasta

$$f = F / A$$

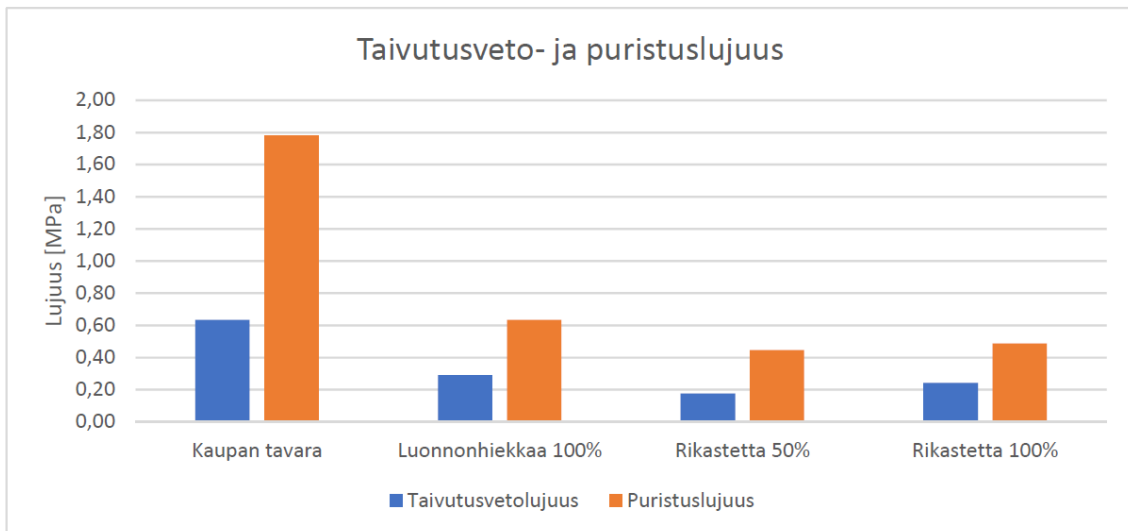
$f$  = koekappaleen lujuus [MPa]

$F$  = koekappaleen suurin kuorma, [N]

$A$  = Kuormitus pinta-ala [mm<sup>2</sup>]

Laastin taivutusveto- ja puristuslujuuden lopulliset arvot saatiin laskemalla koekappaleiden lujuuksien keskiarvot. Lujuudet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Laastien taivutus ja puristuslujuudet



### 5.2.7 Kovettuneen laastin tartuntalujuus

Laastin tartuntalujuus määritettiin standardin SFS-EN 1015-12 ohjeen mukaan, mutta standardista poiketen vetokokeita suoritettiin ainoastaan kolme, viiden sijasta. Laasti valmistettiin standardin SFS-EN 1015-2 ohjeen mukaan ja notkeus asetettiin standardin taulukon 2 mukaiseksi. Laastin tartunta-alustaksi valittiin betoni. Laastia ei kuitenkaan ole suunniteltu betonipinnoille.

Laastin sekoittamisen ja notkeuden selvittämisen jälkeen laasti levitettiin tartunta-alustalle. Laastia levitettiin 10 mm:n kerros ja pinnasta pyrittiin tekemään sileä. Tämän jälkeen laastin annettiin kuivua niin, että se voitiin peittää polyeteenipussilla. Polyeteenipussin annettiin peittää laasti seitsemän vuorokauden ajan, minkä jälkeen pussi poistettiin. Koekappale varastoitettiin huoneenlämmössä 20 °C lämpötilassa yhteensä 28 vuorokauden ajan.

Ennen vetokoetta porattiin koelaastiin timanttikorakruunulla vetonäyteaihiot. Terä leikkasi ympäröivästä laastista pyöreän halkaisijaltaan 50 mm:n näytteen, joka oli kiinni betonissa. Poraussyvyys ulottui laastin läpi noin 3 mm betoniin. Kappaleen ollessa 27 vuorokautta vanha liimattiin laastiin pyöreät teräksiset vetolaikat, joiden halkaisija oli 50 mm ja paksuus noin 25 mm. Liimana käytettiin kaksikomponenttiliimaa.



Kuva 14. Vetolaikat liimattuna laastiin

28 vuorokauden iässä vetolaikat vedettiin vetolaitteen avulla irti. Vetolaitteena käytettiin akkukäyttöistä Easy-M (10 kN) laitetta. Vetolaite kiinnitettiin ”vetonappiin” välikappaleen avulla. Kuormitusnopeus asetettiin 25 N/s. Kiinnittäessä vetolaitetta havaittiin laastin tartuntalujuuden olevan niin heikko, että osa vetonäytteistä irtosi jo ennen koetta.



Kuva 15. Vetolaite kiinnitettynä vetolaikkaan

Kun Vetokoe oli suoritettu, kirjattiin suurin kuormitus ja standardin SFS-EN 1015-12 kohdan 9 mukainen vetomurtokuvio. Laastilla yleisin vetomurtokuvio oli kuvio A. Porattaessa huomattiin terän syövän laastia ja vetopinnan todellinen pinta-ala mitattiin vetokokeen jälkeen.



Kuva 16. Irti vedettyjä vetonäytteitä

Lopuksi tartuntalujuus laskettiin kaavan avulla.

$$f_u = F_u / A$$

$f_u$  = Tartuntalujuus, [MPa]

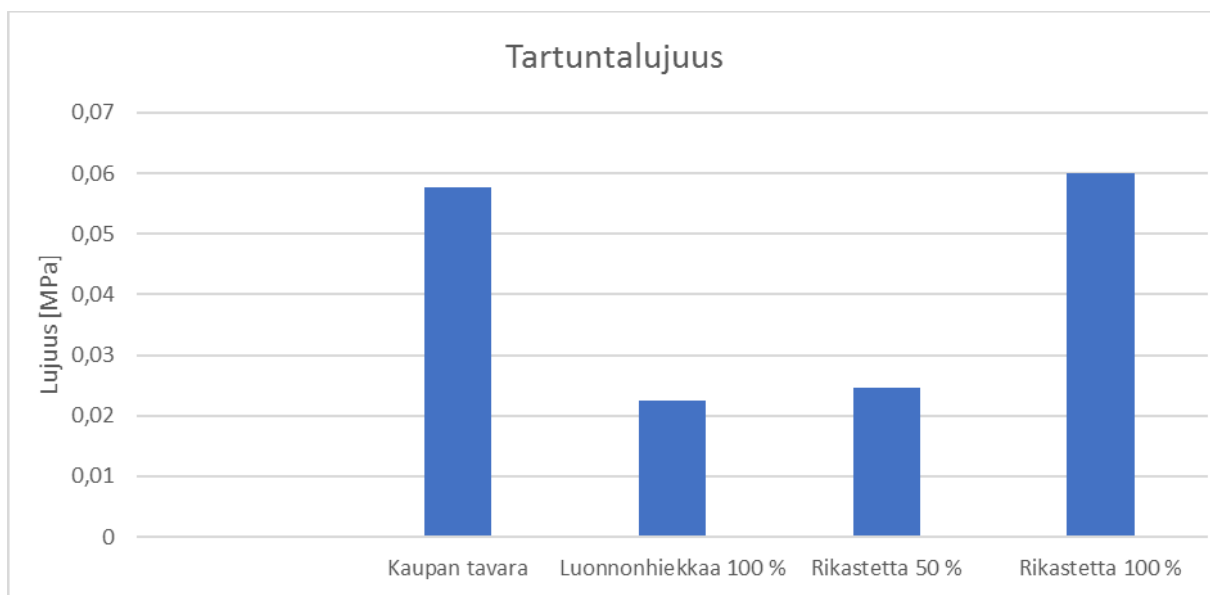
$F_u$  = Vetokoekappaleen suurin kuorma, [N]

$A$  = Vetokoekappaleen pinta-ala, [mm<sup>2</sup>]

Laastin tartuntalujuus saatiin laskemalla koekappaleiden lujuuksien keskiarvo.

Tartuntalujuudet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Laastien tartuntalujuudet



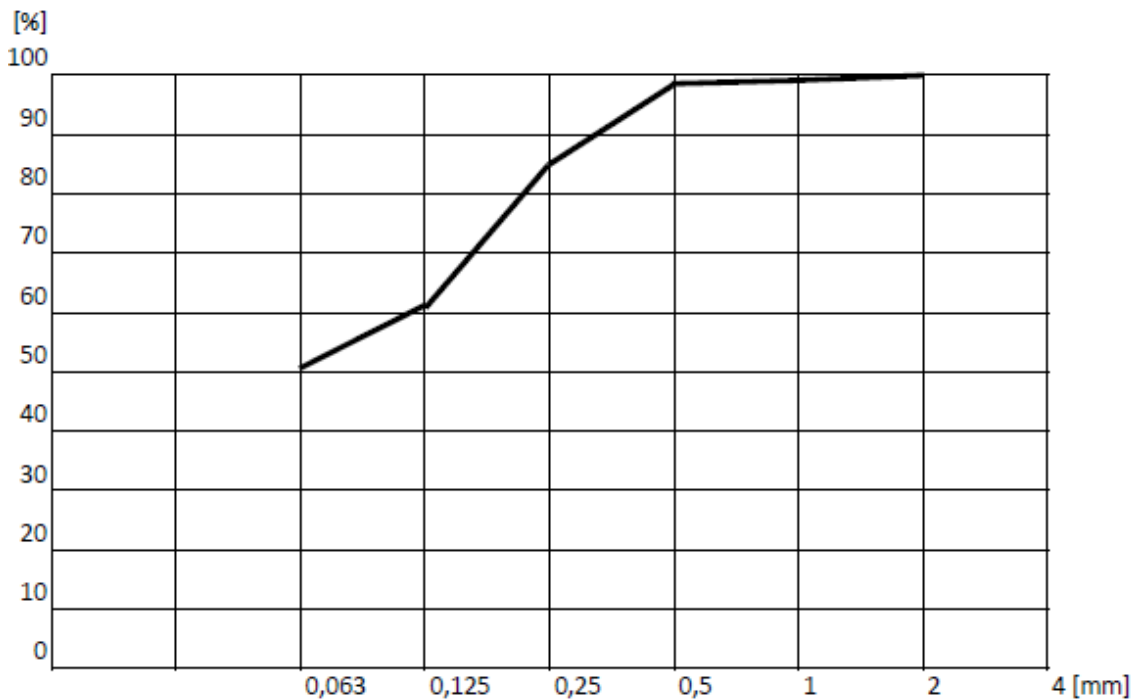
### 5.3 Märkätilatasoite

Märkätilatasoitteeksi valittiin Fescon WTT. Tasoitteen sideaineena on sementti. Tasoitteen käyttökohteena ovat nimensä mukaisesti rakennuksen märkätilat, sekä kovan rasituksen alaiset tilat.

#### 5.3.1 Seulonta

Märkätilatasoitteelle suoritettiin pesuseulonta, jossa laastin sideaineet ja lisäaineet pyrittiin erottamaan. Seulonta suoritettiin standardin SFS-EN 1015-1 mukaan. Näin pystyttiin muodostamaan tasoitteen rakeisuuskäyrä ja selvittämään runkoaineuksen osuus tasoitteesta.

Pesuseulonnan tulokset

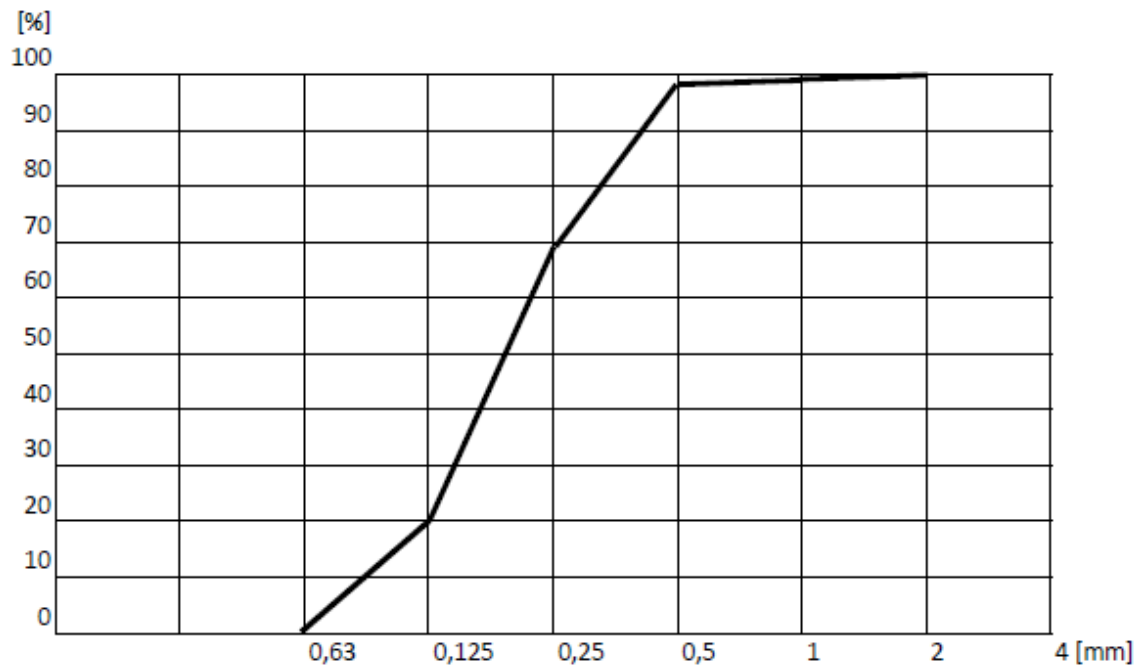


kuva 18. Pesuseulonnalla saatu tasoitteen rakeisuus.

Koska pesuseulonnassa mukana oli myös sideaine ei seulonnan pesutappiota otettu huomioon muodostettaessa runkoaineuksen rakeisuuskäyrää.



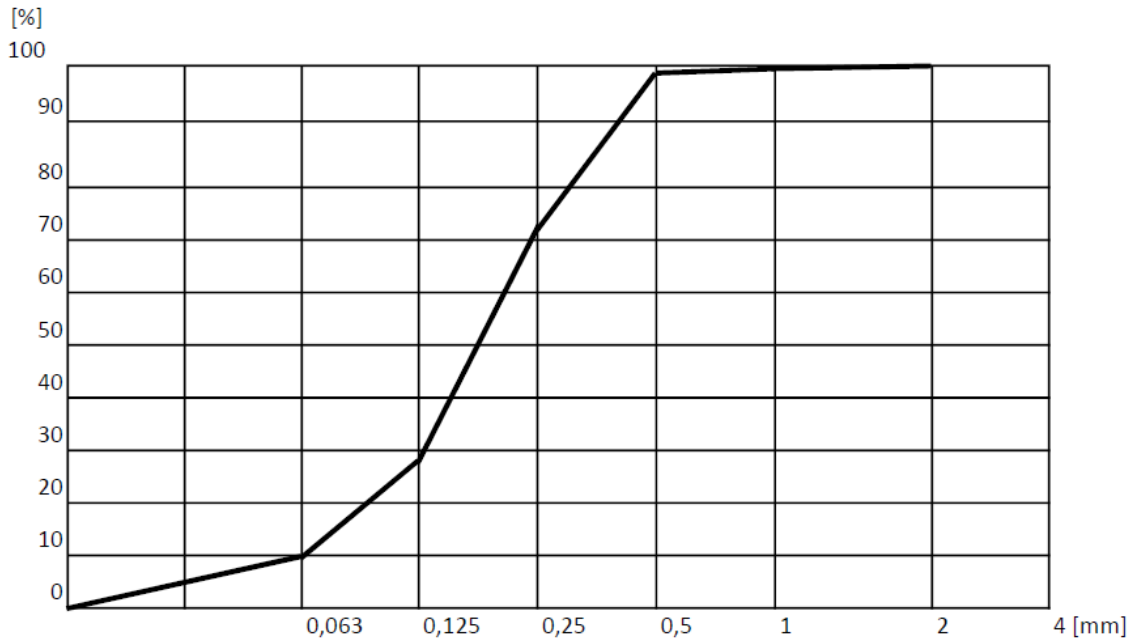
Märkätilatasoitteen runkoaineuksen rakeisuuskäyrä.



Kuva 19. Runkoaineuksen rakeisuuskäyrä.

Koska runkoaineen osuudeksi saatiin pesuseulonnassa 49 prosenttia ja Fescon ilmoitti runkoaineen osuudeksi 54,2 prosenttia voitiin laskea hienon kiviaineksen osuus näiden erotuksesta. Näin ollen hienon kiviaineksen osuus tasoitteesta on 5,2 prosenttia ja 9,5 prosenttia runkoaineesta.

Lopullinen runkoaineksen rakeisuuskäyrä.



Kuva 20. Runkoaineksen rakeisuuskäyrä.

### 5.3.2 Tasoitteen valmistus

Tasoite valmistettiin samojen standardien mukaan kuin rappauslaasti. Sekoituksessa käytetty sekoitin oli standardin SFS-EN 196-1 mukainen laboratoriosekoitin. Sekoitus suoritettiin standardin SFS-EN 1015-2 kohdan 6.2.2 ohjeen mukaisesti. Tasoitteen notkeutta ei voitu määrittää. Iskupöydällä selvitettävä notkeuskoe ei onnistunut, tasoitteen liimamaisuuden vuoksi ja ammattikorkeakoulun laboratoriossa ei ollut standardin SFS-EN 1015-4 ohjeen mukaisia laitteita. Tämän vuoksi tasoite sekoitettiin ainoastaan valmistajan ohjeiden mukaisesti, ja notkeus arvioitiin silmämääräisesti. Tasoitteen vedentarve oli 4-5,7 l/20kg valmistajan ohjeiden mukaan.

### 5.3.3 Kovettuneen tasoitteen puristus- ja taivutusvetolujuus

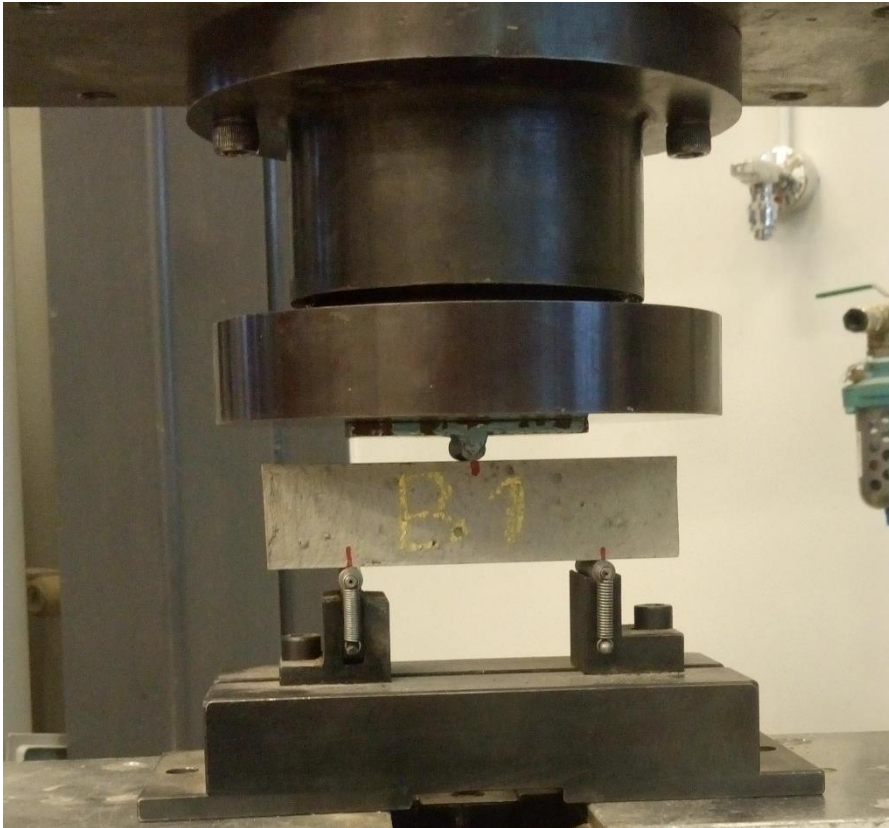
Märkätilatasoitteen puristus- ja taivutusvetolujuus selvitettiin standardin SFS-EN-11 mukaan. Koska märkätilatasoitteen sideaineena on sementti, valmistettiin prismat standardin kohdan 7.2.2 mukaan. Muotti oli mitoiltaan 40 x 40 x 160 mm. Muotti oli kokonaan valmistettu teräksestä.

Muotti täytettiin kahdessa vaiheessa ja kummankin täyttövaiheen jälkeen sullontasauvalla tiivistettiin laasti antamalla 25 iskua. Kun toinen täyttövaihe ja tiivistys oli suoritettu, poistettiin ylimääräinen laasti muotin päältä palettiveitsellä. Laastin pinnasta pyrittiin saamaan mahdollisimman tasainen. Tämän jälkeen muotti asetettiin polyeteenipussiin ja pussin suu suljettiin. Tasoite säilöttiin huoneen lämmössä 20 °C:n lämpötilassa.

Kahden vuorokauden kuluttua prismat purettiin muotista ja asetettiin kolmiorimojen päälle siten, että rimat tulivat prisman kolmannespisteisiin. Prismoja säilytettiin edelleen polyeteenipussissa huoneen lämmössä seuraavat 23 vuorokautta.

28 Vuorokauden iässä prismoille suoritettiin taivutus- ja puristuslujuus kokeet. Ensin prismoille suoritettiin taivutusvetokoe. Kappale asetettiin kahden tukirullan varaan. Tukirullien välinen etäisyys oli 100 mm. Prismaa kuormitettiin yläpuolelta, kuormituspiste sijaitsi keskellä prismaa. Kuormitusnopeudeksi asetettiin 25 N/s.

Prisma asetettuna taivutuslujuuskoetta varten.



Kuva 21. Prisman taivutusvetokoe

Lopullinen taivutuslujuus laskettiin kaavan avulla.

$$f = 1,5Fl / bd^2$$

$f$  = Koekappaleen lujuus, [MPa]

$F$  = koekappaleen suurin kuorma, [N]

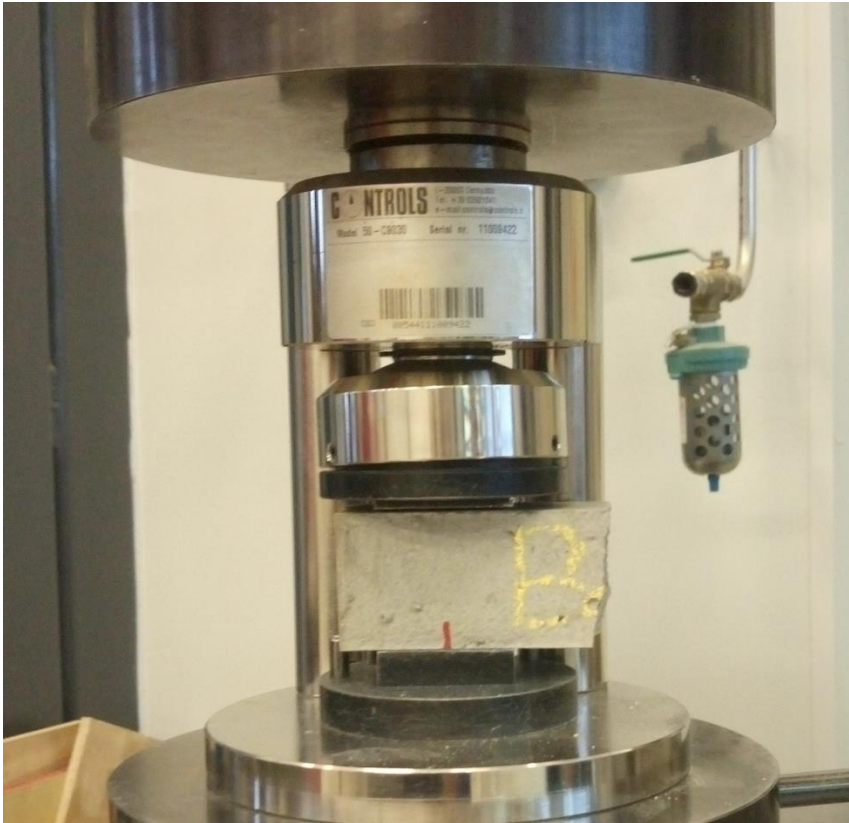
$l$  = Tukirullien akselien välinen etäisyys, [mm]

$b$  = kappaleen leveys, [mm]

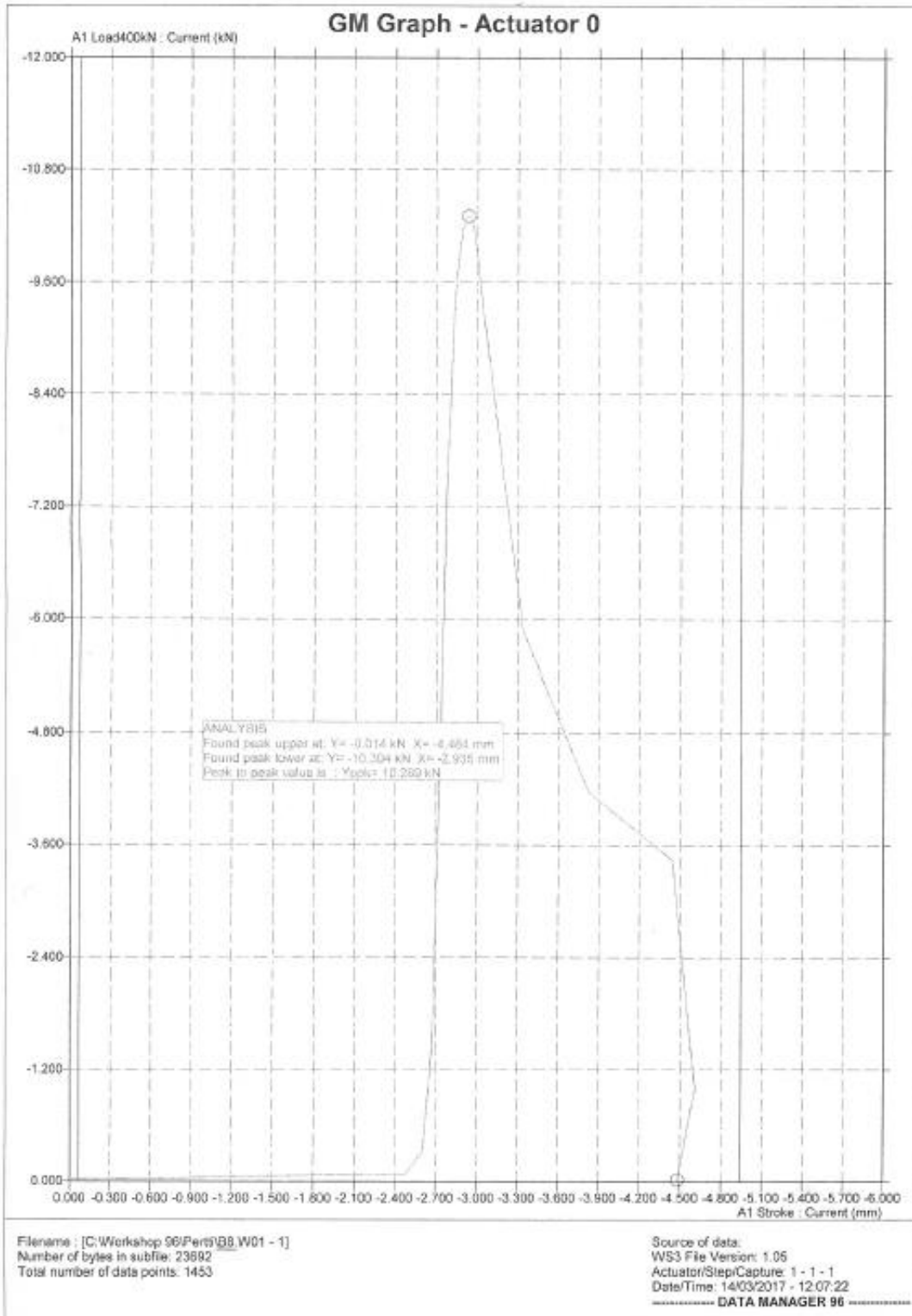
$d$  = kappaleen korkeus, [mm]

Taivutusvetolujuuden selvityksen jälkeen suoritettiin puristuslujuuskoe. Puristuslujuus määritettiin jokaisesta prisman puolikkaasta. Puolikkaat puristettiin prismojenpuristuslaitteen avulla. Prismat asetettiin laitteen kahden teräslevyn väliin. Teräslevyjen sivumitat olivat 40 mm. Tämän jälkeen kappaletta kuormitettiin, kunnes se murtui. Kuormitusnopeudeksi asetettiin 50N/s.

Prisman puolikas asetettuna puristuskoetta varten.



Kuva 22. Prisman puristuskoee



Kuva 23. Puristuskokeessa muodostuva murtovoimakuvio.

Puristuslujuus saatiin laskemalla kaavasta.

$$f = F / A$$

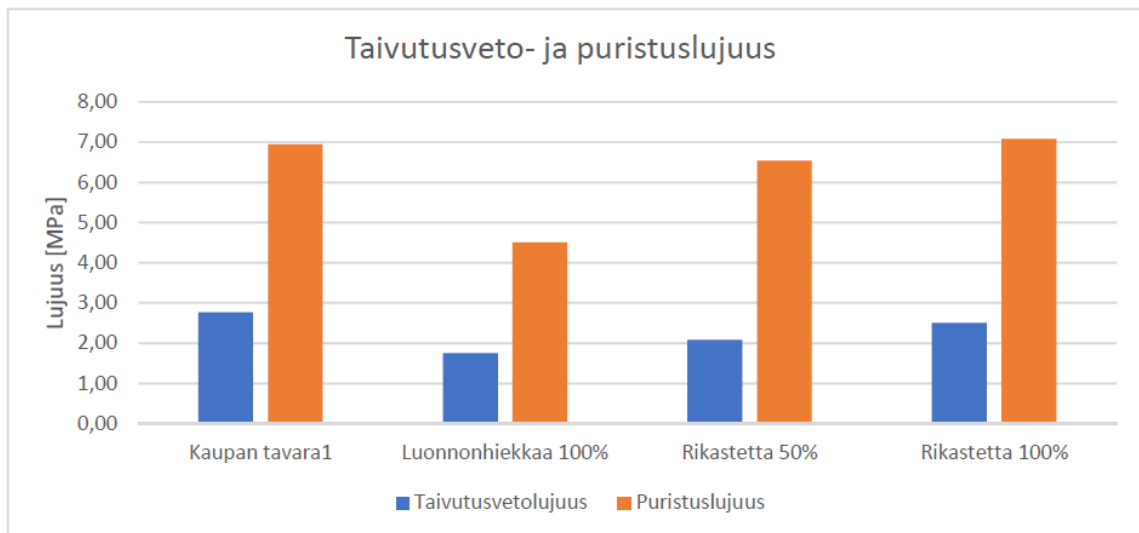
$f$  = koekappaleen lujuus [MPa]

$F$  = koekappaleen suurin kuorma, [N]

$A$  = Kuormitus pinta-ala [mm<sup>2</sup>]

Tasoitteen taivutusveto- ja puristuslujuuden lopulliset arvot saatiin laskemalla koekappaleiden lujuuksien keskiarvot. Lasketut lujuudet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Tasoitteiden puristus- ja taivutusvetolujuudet.



### 5.3.4 Kovettuneen tasoitteen tartuntalujuus

Tasoitteen tartuntalujuus määritettiin standardin SFS-EN 1015-12 ohjeen mukaisesti. Tasosite valmistettiin standardin SFS-EN 1015-2 mukaisesti, mutta tasoitteen notkeutta ei määritetty. Tasoitteen tartunta-alustaksi valittiin Betoni, kuten laastille.

Tasoitetta levitettiin 10 mm:n kerros, ja pinnasta pyrittiin tekemään sileää. Tämän jälkeen tasoitteen annettiin kuivua niin, että se voitiin peittää polyeteenipussilla. Polyeteenipussin poistettiin seitsemän vuorokauden kuluttua. Koekappale varastoitettiin sisällä 20 °C:n lämpötilassa 28 vuorokauden ajan.

Kappaleen ollessa 27 vuorokautta vanha, porattiin timanttiporakruunulla vetonäyteaihiot. Poraus ulottui tasoitteen läpi noin 3 mm betoniin. Tämän jälkeen liimattiin laastiin pyöreät vetolaikat, joiden halkaisija oli 50 mm:ä ja paksuus yli 10 mm. Seuraavana päivänä suoritettiin laastin vetokoe.

Tasoitteen tartuntalujuus määritettiin vetolaitteen avulla. Vetolaitteen kuormitusnopeudeksi asetettiin 100 N/s. Tasoitteiden murtokuvio oli kaikissa tasoite-erissä standardin SFS-EN 1015-12 kohdan 9 ohjeen mukaan B.

Lopuksi tartuntalujuus laskettiin kaavan avulla.

$$f_u = F_u / A$$

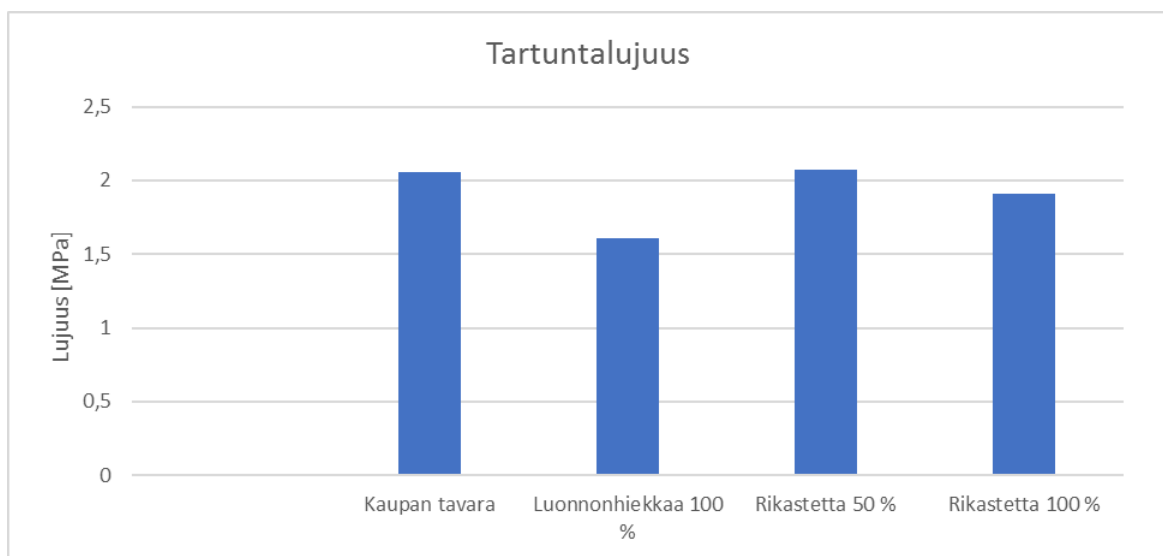
$$f_u = \text{Tartuntalujuus [MPa]}$$

$$F_u = \text{vetokoekappaleen suurin kuorma [N]}$$

$$A = \text{vetokoekappaleen pinta-ala}$$

Tasoitteen tartuntalujuus saatiin laskemalla koekappaleiden lujuuksien keskiarvo.

Taulukko 8. Tasoitteiden tartuntalujuudet





#### 5.4 Yhteenveto laboratoriotuloksista

Laastien puristus- ja taivutusvetolujuudet poikkesivat merkittävästi kaupan alkuperäisestä tuotteesta. Eroa kuitenkin syntyi myös luonnonhiekasta valmistettuun koe-laastiin, joten syy on todennäköisesti rakeisuuskäyrässä. Rikasteen kemikaalijäämät eivät ilmamäärämittauksien perusteella nostaneet laastin ilmamäärää. Laastien tartuntalujuudet ovat erittäin heikot, eivätkä ne ole vertailukelpoisia suuren hajonnan vuoksi. Työstettävyydessä ei havaittu tasoite- ja laastierien välillä muutoksia.

Tasoitteiden kohdalla lujuudet heikkenivät luonnonhiekkaa sisältävissä koetasoiteissa. Lujuuden heikkeneminen oli jo odotettavissa, sillä alkuperäisen vertailulaastin runkoaineena on kvartsihiekkä. Korvattaessa tasoitteen runkoaines kvartsimaasälvällä päästiin samoihin lujuuksiin kuin vertailulaastilla. Tartuntalujuuksissa ei merkittäviä muutoksia tapahtunut. Koetulokset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Laboratoriotulokset

	Notkeus koe. Leviämä [mm]	Märkätiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	ilmamäärä [%]	Kuivatiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	Puristuslujuus [N/mm <sup>2</sup> ]	Tavutuslujuus [N/mm <sup>2</sup> ]	Tartuntalujuus [N/mm <sup>2</sup> ]
<b>Rappauslaasti</b>							
Kaupan tavara							
A4,A5,A6,AA*	176	1850	12	1860	1,8	0,6	0,1
Luonnonhiekkaa 100% rikastetta 0%							
A7,A8,A9,AB	181	1870	11	1850	0,6	0,3	0,0
Luonnonhiekkaa 50% rikastetta 50%							
A10,A11,A12,AC	184	1900	9,5	1890	0,4	0,2	0,0
Luonnonhiekkaa 0% rikastetta 100%							
A13,A14,A15,AD	169	1870	12	1870	0,5	0,2	0,1
<b>Märkätilatasoite</b>							
Kaupan tavara							
B1,B2,B3,BA	-	-	-	1420	6,9	2,8	2,1
Luonnonhiekkaa 100% rikastetta 0%							
B4,B5,B6,BB	-	-	-	1220	4,5	1,7	1,6
Luonnonhiekkaa 50% rikastetta 50%							
B7,B8,B9,BC	-	-	-	1350	6,5	2,1	2,1
Luonnonhiekkaa 0% rikastetta 100%							
B10,B11,B12,BD	-	-	-	1530	7,1	2,5	1,9

\* koekappaleiden puristus ja taivutusvetolujuudet tehty 31 vrk iässä

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kaivosteollisuuden rikastusprosessissa sivutuotteena syntyvän kvartsimaasälpäjauheen käyttömahdollisuudet rakennusteollisuudessa käytettävien laastien ja tasoitteiden runkoaineena. Työssä pyrittiin selvittämään, vaikuttaako kvartsimaasälpäjauhe tuotteiden ominaisuuksiin, ja onko sillä jopa parantavia vaikutuksia.

Työssä perehdyttiin laasteihin ja tasoitteisiin selvittäen, minkä kokoista kiviainesta ja mitä mineraaleja eri käyttötarkoituksiin soveltuvat tuotteet sisältävät. Työssä laastien ja tasoitteiden runkoainekset valmistettiin seulonnan avulla. Tämä suoritettiin sen vuoksi, että rakeisuuskäyristä saatiin juuri samanlaiset ja näin erien välille syntyvät erot johtuvat kiviaineksen mineraalikoostumuksesta eivätkä sen raejakaumasta.

Laboratoriokokeiden perusteella voidaan sanoa kvartsimaasälpäjauheen olevan kilpailukykyinen ominaisuuksiltaan kvartsihiekan kanssa. Luonnonhiekkään verrattuna kvartsimaasälpäjauhe parantaa tasoitteen lujuuksia ja laastissa ne pysyvät samoina. Opinnäytetyössä perehdyttiin alan kirjallisuuteen ja standardeihin. Työssä selvisi kvartsimaasälpäjauheen sopivan moniin eri tuotteisiin mineraalien perusteella. Lisäksi kysyttiin mielipiteitä myös alan asiantuntijoilta.

Opinnäytetyö oli opettavainen ja erittäin ajankohtainen. Työn loppuvaiheessa selvisi rikasteen sisältävän jäämiä rikastusprosessissa käytetyistä kemikaaleista. Rikastuskemikaaleja ovat rapsirasvahappo ja emulgaattori, jotka reagoivat veden kanssa muodostaen hiilidioksidia. Rikastuskemikaalien vaikutusta lujuuksiin on vaikea sanoa laboratoriokokeiden perusteella.

Kvartsimaasälpäjauheen käyttöä laasteissa tai tasoitteissa säätelee hinta. Kvartsimaasälpäjauheen hyvänä puolena on sen tasalaatuisuus, mikä vaikuttaa sideainemääriin. Jotta rakennustuoteteollisuudella kiinnostaisi kvartsimaasälpäjauheen käyttö, tulisi hinnan olla kilpailukykyinen vähintäänkin kvartsihiekan kanssa. Jos hinta kykenee kilpailemaan luonnonhiekan kanssa, on kvartsimaasälpäjauheelle varmasti kysyntää. Yhteistyökumppanin kanssa

käydyissä keskusteluissa selvisi, että kvartsimaasälpä jauhe voisi sopia myös kovabetonipinnoitteisiin.

Ennen mahdollisen kvartsimaasälpä jauheen käyttöönottoa, tulisi varmistaa puhtaus. Lisäksi tulisi tutkia, vaikuttaako kvartsimaasälpä jauheen puhtaus lujuuksiin nostavasti jo tehtyihin kokeisiin verrattaessa. Myös kvartsimaasälpä jauheen ja kalkin yhteensopivuutta tulisi vielä tutkia.

## LÄHTEET

1. Keliber Oy. saatavissa: [www.keliber.fi](http://www.keliber.fi). Hakupäivä 24.11.2016
2. By 46 2005. Rappaus 2005. Suomen Betonitieto Oy.
3. By 43 2009. Betonin kiviainekset 2008. Suomen Betonitieto Oy.
4. Duhrkop, Henry — Saretok, Vitold — Sneck, Tenho — Svendsen, Sven D 1966. Laasti muuraus rappaus. Rakentajain kustannus Oy.
5. RT 33-10386. 1990 rappaus, laastit ja niiden valinta. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10386.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin) Hakupäivä 24.11.2016
6. Olavin linnan vanhojen laastien analyysitutkimus, Soile Tirilä 2009. [http://kulttuuriymparisto.nba.fi/netsovellus/rekisteriportaali/raportti/read/asp/hae\\_liite.aspx?id=100066&ttyyppi=pdf&kansio\\_id=740](http://kulttuuriymparisto.nba.fi/netsovellus/rekisteriportaali/raportti/read/asp/hae_liite.aspx?id=100066&ttyyppi=pdf&kansio_id=740). Hakupäivä 24.11.2016
7. <http://www.kivitaloinfo.fi/rappaus/kolmi-kaksi-ja-yksikerrosrappaus/>. Hakupäivä 24.11.2016
8. Tyhtilä, Jukka-Pekka. Kaivosyhtiö Keliber aikoo avata Euroopan ensimmäisen litiumkaivoksen – ”Olemme tulossa markkinoille oikeaan aikaan”. Yle. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9070617>. Hakupäivä 24.11.2016
9. Siren, Olle. 2016. Operatiivinen johtaja. Opinnäytetyöpalaverit syksyllä 2016
10. SFS-EN 1015-2. 2007. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 2: Näytteiden otto laasteista ja valmistelu kokeisiin. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
11. SFS-EN 13139. 2002. Laastikiviainekset. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

12. RIL 255-2013 Rakennusfysiikan käsikirja, Luku 9. Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Saatavissa: [http://www.ril.fi/media/luku-9\\_rakennusmateriaalit\\_28062013.pdf](http://www.ril.fi/media/luku-9_rakennusmateriaalit_28062013.pdf). Hakupäivä 10.1.2017
13. Tasoitteet. Tikkurila Oyj. Saatavissa: [http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/suunnitteluohjeet/sisamaalaus/leisohjeet/tasoitteet/yleista\\_tasottamisesta](http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/suunnitteluohjeet/sisamaalaus/leisohjeet/tasoitteet/yleista_tasottamisesta). Hakupäivä 10.1.2017
14. [http://www.fescon.com/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/luja/embeds/fesconwwwstructure/13380\\_3.8\\_Ohutsaumalaasti.pdf](http://www.fescon.com/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/fesconwwwstructure/13380_3.8_Ohutsaumalaasti.pdf). Hakupäivä 10.1.2017
15. Ohutsaumalaastit 2011. Lakan Betoni Oy. Saatavissa: <https://www.lakka.fi/wp-content/uploads/2015/05/ohutsaumalaasti.pdf>. Hakupäivä 10.1.2017
16. Ohutsaumamuuraus suosiossa keskieuroopassa, 2016, Kivestä muuraamalla -Lehti vol.2
17. Floor screeds. mpa The Concrete Centre. Saatavissa: <http://www.concretecentre.com/Building-Elements/Floors/Floor-Screeds.aspx>. Hakupäivä 10.1.2017
18. Reinikainen, Pertti 2001. HYB-Märkälaastit ja kalkkimaalit. Hyvinkään Betoni Oy. Saatavissa: <http://www.hyb.fi/files/c3853fc26ca821816219d8f6b8c73419>. Hakupäivä 10.1.2017
19. Teetkö kylpyhuoneremonttia. Rakentaja.fi. Saatavissa: [https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11925/kylpyhuoneremontti\\_saint\\_gobain\\_weber.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11925/kylpyhuoneremontti_saint_gobain_weber.htm). Hakupäivä 10.1.2017
20. Ratu 24-0405. 2012. Lattiatasoitetyö. Menekit ja menetelmät. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/ratu/kortit/0405.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin) Hakupäivä 11.1.2017

21. KH 92-00378 Sisäseinien ja -kattojen tasoitus. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00378> (Vaatii käyttäjälisenssin)  
Hakupäivä 12.1.2017
22. RT 14-11103. 2012. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talon rakennuksen sisätyöt 2013. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11103.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin) Hakupäivä 12.1.2017
23. Tasoitetyö. Ahveniston rakennuspalvelu Oy. Saatavissa:  
<http://www.tasoitetyot.fi/>. Hakupäivä 12.1.2017
24. Tasainen maalausaluusta – kiteillä, siloiteilla ja tasoitteilla. Tikkurila Oyj. Saatavissa:  
[http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/suunnitteluohjeet/sisamaalaus/leisohjeet/kitit\\_silotteet\\_ja\\_tasoitteet](http://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/suunnitteluohjeet/sisamaalaus/leisohjeet/kitit_silotteet_ja_tasoitteet). Hakupäivä 15.1.2017
25. SFS-EN 998-2. 2016. Specification for mortar for masonry. Part 2: Masonry mortar. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
26. RT 14-11016. 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt 2010. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11016.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin) Hakupäivä 15.1.2017
27. RT 82-10510. 1993. Tiilirakenteet. Saatavissa:  
<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10510.html.stx> (Vaatii käyttäjälisenssin) Hakupäivä 16.1.2017
28. RIL 99-1975 Muuratut rakenteet. 1975. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry.
29. Koiso-kanttila, Erkki — Kuuskoski, Viljo — Rihlma, Seppo — Ruso, Risto — Sneck, Tenho 1972. Rakennustekniikan käsikirja: 4: pääjakso 3. konstruktio tekniikka. Tammi.

30. Koiso-kanttila, Erkki — Kuuskoski, Viljo — Rihlama, Seppo — Ruso, Risto — Sneck, Tenho 1970. Rakennustekniikan käsikirja: 3: pääjakso 2. Rakennusaineet ja -tarvikkeet. Tammi.
31. Palomäki, Eero 1993. Rakennusmateriaalit ja terveys. Rakennustieto Oy.
32. RIL 85-1989 Tiilirakenteet 1989. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
33. Märkätilatasoite WTT. Fescon Oy. Saatavissa: <http://www.fescon.fi/laastit-kuivabetoni-ja-vedeneristys/tuotteet/seinatasoitteet/39/markatilataseite-wtt>. Hakupäivä 5.1.2017.
34. Rappauslaasti KS 65/35. Fescon Oy. Saatavissa: <http://www.fescon.fi/laastit-kuivabetoni-ja-vedeneristys/tuotteet/rappauslaastit/66/rappauslaasti-ks-6535>. Hakupäivä 5.1.2017.
35. Murskatussa hiekassa piilee tuottoisa mahdollisuus. Metso. Saatavissa: <http://www.metso.com/fi/showroom/kivenmurskaus/murskatussa-hiekassa-piilee-tuottoisa-mahdollisuus/>. Hakupäivä 5.1.2017.
36. SFS-EN 998-1. 2010. Laastien spesifikaatiot. Osa 1: Rappauslaastit ja tasoitteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
37. SFS-EN 1015-1. 1998. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 1: Raekokojakauman määrittäminen (seulomalla). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
38. SFS-EN 1015-3. 2007. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 3: laastien notkeuden määrittäminen iskupöydällä. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
39. SFS-EN 1015-4. 1998. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 4: Tuoreen laastin notkeuden määrittäminen (upotuskappaleen painumasta). Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
40. SFS-EN 1015-6. 2007. Muurauslaastien testimenetelmät. Osa 6: Tuoreen laastin tiheyden määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.



41. SFS-EN 1015-7. 1998. Muurauslaastien testimenetelmät. Osa 7: Tuoreen laastin ilmapitoisuuden määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
42. SFS-EN 1015-11. 2007. Muurauslaastien testimenetelmiä. Osa 11: Kovettuneen laastin taivutus- ja puristuslujuuden määrittäminen. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
43. SFS-EN 1015-12. 2016. Methods of test for mortar masonry. Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
44. Heikkinen, Aino — Konow, Thorborg von 1992. Betonin mikrosuhteutus. Suomen Betonitieto Oy.
45. By 57 2016. Eriste- ja levyrappaus 2016. BY- Koulutus Oy.
46. Kääriäinen, Hannu 2017. Lopputyö. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jani Kunnari. 4.4.2017.

## **LIITTEET**

Liite 1 Kvartsimaasälpä jauheen pesuseulonta

Liite 2 Rappauslaastin pesuseulonta

Liite 3 Märkätilatasoitteen pesuseulonta

Liite 4 Rappauslaastin taivutus- ja puristuslujuus

Liite 5 Märkätilatasoitteen taivutus- ja puristuslujuus

Liite 6 Rappauslaastin ja märkätilatasoitteen tartuntalujuus

**Pesuseulonta** Rikastushiekka

Seulonta pestylle näytteelle B

Seula # [mm]	Seulalle jäi [g]	seulalle jäi [%]	läpäisy [%]
63,0	0	0	
45,0	0	0	
31,5	0	0	
22,4	0	0	
16,0	0	0	
11,2	0	0	
8,0	0	0	
5,6	0	0	
4,0	0	0	
2,0	0	0	
1,0	0	0	100
0,5	0,3	0,05	99,95
0,25	5,5	0,9	99,05
0,125	142,3	24	75,05
0,063	194,7	33	42,05
pohja	29,3	5	
Pesutappio	215,6	36,7	
Summa	587,7	100	

**1 Punnitus**

Kuivanäyte+astia	859,3 g
Astia:	270,6 g
<b>A</b> Kuivanäyte	588,7 g

**2 Pesu****3 Kuivaus**

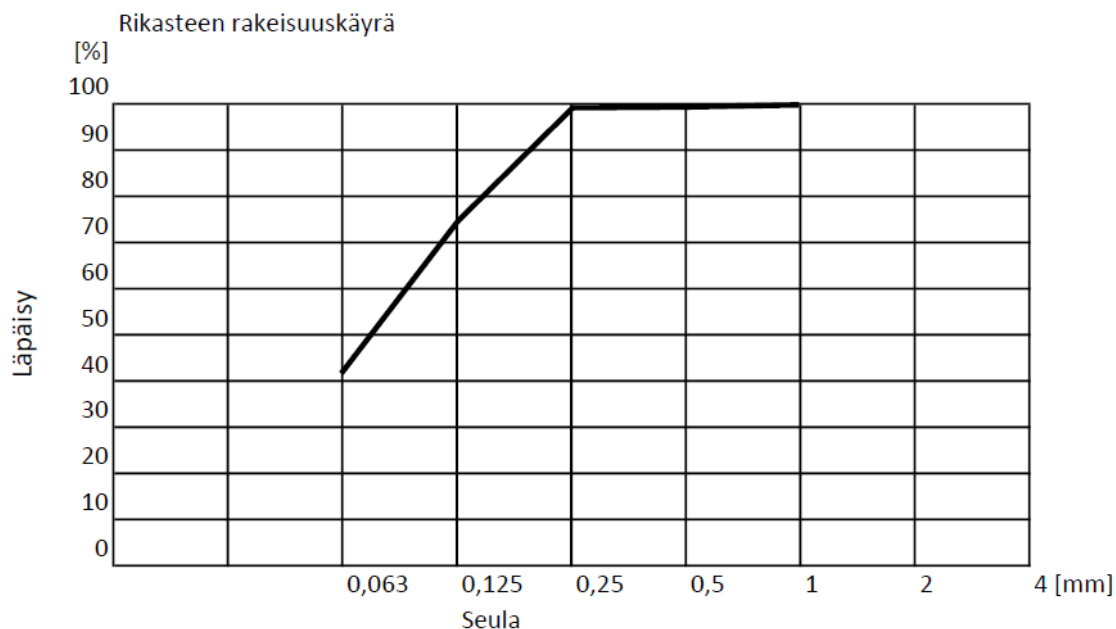
Näytteen paino	
Pestynä+asti	643,7 g
Astia	270,6 g
<b>B</b> Pesty näyte:	373,1 g
Pesutappio (A-B)	215,6 g

**4 Seulonta**

Tarkistus:  
Kuivanäyte - summa = 1 g

(Pesutappio+pohja+seulalle jäänyt(0,063-63))

Kosteusprosentti 7,0 %

Kiintotiheys 2,975 Mg/m<sup>3</sup>

**Pesuseulonta** Rappauslaasti

Seulonta pestylle näytteelle B

Seula # [mm]	Seulalle jäi [g]	seulalle jäi [%]	läpäisy [%]
63,0	0	0	
45,0	0	0	
31,5	0	0	
22,4	0	0	
16,0	0	0	
11,2	0	0	
8,0	0	0	
5,6	0	0	
4,0	0	0	100
2,0	0,5	0,31	99,69
1,0	19,4	12,13	87,56
0,5	31,7	19,81	67,75
0,25	33,3	20,81	46,94
0,125	26,2	16,38	30,56
0,063	10,9	6,81	23,75
pohja	0,6	0,38	
Pesutappio	37,4	23,38	
Summa	160	100,00	(Pesutappio+pohja+seulalle jäänyt(0,063-63))

**1 Punnitus**

Kuivanäyte+astia	393,4 g
Astia:	233,3 g
<b>A</b> Kuivanäyte	160,1 g

**2 Pesu****3 Kuivaus**

Näytteen paino	
Pestynä+asti	356,4 g
Astia	233,3 g
<b>B</b> Pesty näyte:	122,7 g
Pesutappio (A-B)	37,4 g

**4 Seulonta**

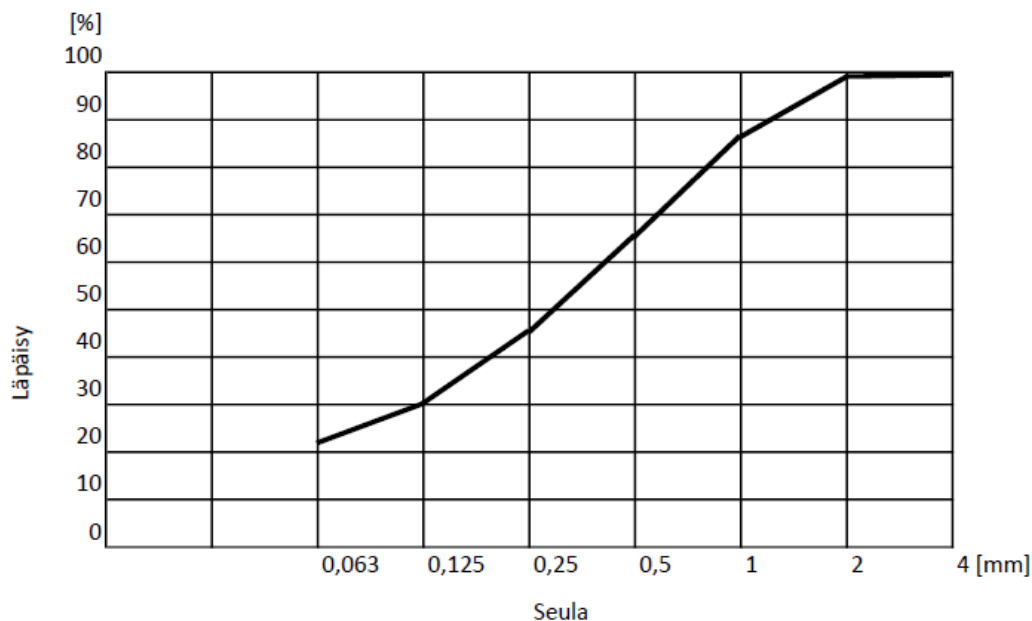
Tarkistus:

Kuivanäyte - summa = 0,1 g

31.1.20117

Jani Kunnari

Rappauslaastin rakeisuuskäyrä



**Pesuseulonta** Märkätilatasoite  
Seulonta pestylle näytteelle B

Seula # [mm]	Seulalle jäi [g]	seulalle jäi [%]	läpäisy [%]
63,0	0	0	100,00
45,0	0	0	100,00
31,5	0	0	100,00
22,4	0	0	100,00
16,0	0	0	100,00
11,2	0	0	100,00
8,0	0	0	100,00
5,6	0	0	100,00
4,0	0	0	100,00
2,0	0	0,00	100,00
1,0	0,7	0,22	99,78
0,5	2,9	0,93	98,85
0,25	43,7	13,99	84,85
0,125	75,3	24,11	60,74
0,063	32,4	10,37	50,37
pohja	3	0,96	
Pesutappio	154,3	49,41	
Summa	312,3	100,00	

**1 Punnitus**

Kuivanäyte+astia	547,3 g
Astia:	233,9 g
<b>A</b> Kuivanäyte	313,4 g

**2 Pesu****3 Kuivaus**

Näytteen paino	
Pestynä+asti	394,1 g
Astia	235 g
<b>B</b> Pesty näyte:	159,1 g
Pesutappio (A-B)	154,3 g

**4 Seulonta**

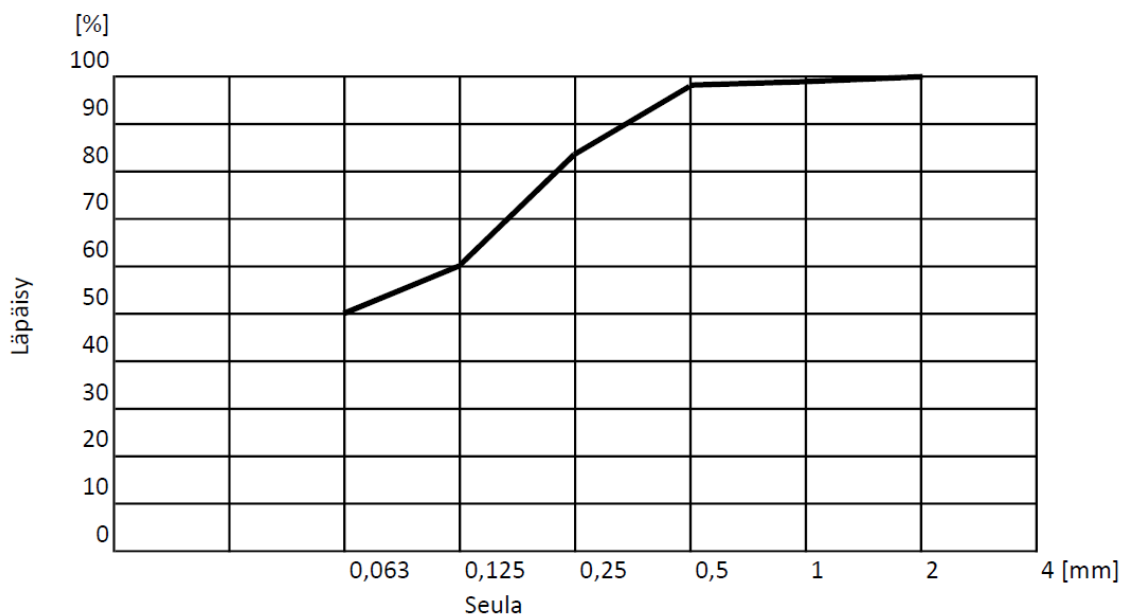
Tarkistus:	
Kuivanäyte - summa =	1,1 g

(Pesutappio+pohja+seulalle jäänyt(0,063-63))

31.7.2017

Jani Kunnari

## Märkätilatasoitteen rakeisuuskäyrä



## Rappauslaasti

Puristuslujuus										
Testauspäivä	Tunnus	Ikä [d]	Paino [g]	Tilavuus cm <sup>3</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Voima kN		Lujuus MPa		Ka MPa
						1	2	1	2	
9.3.2017	A4	31	460,5	251,9	1828	2,8	2,46	1,77	1,56	1,78
	A5	31	475,1	251,4	1890	2,86	2,82	1,82	1,79	
	A6	31	467,2	250,7	1863	3,01	2,87	1,91	1,83	
13.3.2017	A7	28	468,8	255,3	1836	1,02	1,05	0,64	0,66	0,63
	A8	28	468,9	253,7	1848	0,93	1,00	0,59	0,63	
	A9	28	476,1	253,5	1878	1,05	0,98	0,66	0,62	
13.3.2017	A10	28	476,0	252,5	1885	0,69	0,74	0,44	0,47	0,45
	A11	28	482,7	253,7	1903	0,68	0,68	0,43	0,43	
	A12	28	484,9	257,1	1886	0,74	0,71	0,46	0,44	
14.3.2017	A13	28	458,9	250,3	1833	0,81	0,79	0,51	0,50	0,49
	A14	28	467,5	246,5	1896	-	0,78	-	0,50	
	A15	28	463,8	246,8	1880	0,67	0,73	0,44	0,47	

Huom. A4 159,7 x 40,2 x 39,7; A5 159,6 x 40,2 x 39,5; A6 159,9 x 39,9 x 39,7; A7 160,0 x 39,9 x 39,6;  
A8 159,8 x 39,9 x 40,3; A9 159,8 x 39,6 x 40,3; A10 159,3 x 39,9 x 39,4; A11 159,5 x 39,9 x 38,7;  
A12 159,0 x 40,3 x 38,5

Taivutuslujuus					
Testauspäivä	Tunnus	Ikä [d]	Voima kN	Lujuus MPa	Ka MPa
9.3.2017	A4	28	0,27	0,65	1,75
	A5	28	0,26	0,62	
	A6	28	0,26	0,63	
13.3.2017	A7	28	0,09	0,21	2,08
	A8	28	0,09	0,21	
	A9	28	0,19	0,45	
13.3.2017	A10	28	-	-	0,18
	A11	28	0,07	0,16	
	A12	28	0,08	0,19	
14.3.2017	A13	28	0,7	1,67	0,24
	A14	28	0,1	0,24	
	A15	28	0,1	0,24	

A4, A5 ja A6: Kaupan tavara  
A7, A8 ja A9: Luonnonhiekkää 100 %  
A8, A9 ja A10: Rikastetta 50 %  
A11, A12 ja A13: rikastetta 100%

## Märkätilatason

Puristuslujuus										
Testauspäivä	Tunnus	Ikä [d]	Paino [g]	Tilavuus [cm <sup>3</sup> ]	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	Voima [kN]		Lujuus [MPa]		Ka [MPa]
						1	2	1	2	
1.3.2017	B1	28	368,1	259,5	1418	11,95	11,26	7,43	7,00	6,94
	B2	28	369,7	258,2	1432	10,75	10,55	6,72	6,59	
	B3	28	364,5	258,2	1411	11,09	11,1	6,93	6,94	
14.3.2017	B4	28	317,7	266,0	1194	6,99	6,58	4,33	4,08	4,51
	B5	28	324,0	259,5	1249	7,79	7,14	4,89	4,48	
	B6	28	320,0	260,5	1228	7,69	7,1	4,83	4,46	
14.3.2017	B7	28	372,0	261,9	1421	12,9	10,76	8,03	6,70	6,53
	B8	28	361,4	264,6	1366	10,3	9,59	6,36	5,92	
	B9	28	330,4	262,8	1257	9,23	10,42	5,73	6,47	
14.3.2017	B10	28	397,4	260,7	1524	10,54	12,34	6,51	7,62	7,08
	B11	28	390,8	257,6	1517	10,57	10,9	6,61	6,82	
	B12	28	400,4	260,0	1540	11,42	12,5	7,12	7,80	

Huom. B1 161,4 x 40,0 x 40,2; B2 161,4 x 40,0 x 40,0; B3 161,4 x 40,0 x 40,0; B4 162,4 x 40,6 x 40,4

B5 160,0 x 40,2 x 39,8; B6 161,9 x 40,4 x 39,8; B7 162,4 x 40,2 x 40,2; B8 162,3 x 40,2 x 40,5

B9 162,2 x 40,2 x 40,3; B10 160,5 x 40,1 x 40,5; B11 160,5 x 40,2 x 40,0; B12 160,3 x 40,5 x 40,1

Taivutuslujuus					
Testauspäivä	Tunnus	Ikä [d]	Voima [kN]	Lujuus [MPa]	Ka [MPa]
1.3.2017	B1	28	1,16	2,71	2,76
	B2	28	1,23	2,88	
	B3	28	1,15	2,70	
14.3.2017	B4	28	0,69	1,56	1,75
	B5	28	0,84	1,96	
	B6	28	0,75	1,73	
14.3.2017	B7	28	0,91	2,11	2,08
	B8	28	0,9	2,06	
	B9	28	0,9	2,07	
14.3.2017	B10	28	1	2,30	2,50
	B11	28	1,06	2,46	
	B12	28	1,2	2,74	

B1, B2 ja B3: Kaupan tavara

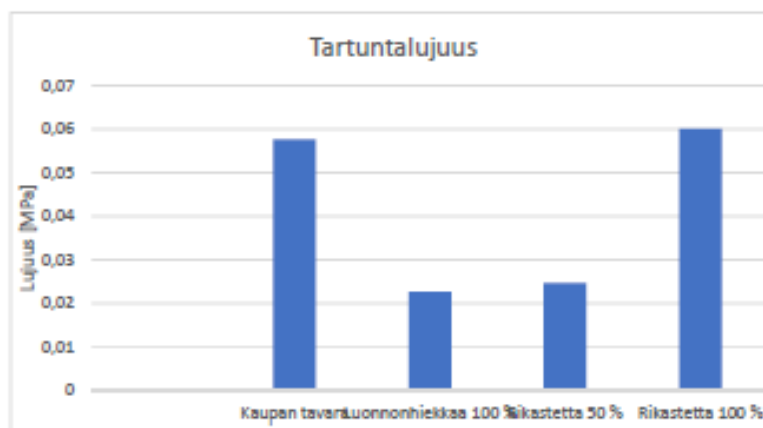
B4, B5 ja B6: Luonnonhiekkää 100 %

B7, B8 ja B9: Rikastetta 50 %

B10, B11 ja B12: rikastetta 100%

## Rappauslaasti

Tartuntalujuus										
Testauspäivä	Tuote	ikä [d]	Voima [kN]			Lujuus [MPa]			Ka [MPa]	Tartunta kuvio
			1	2	3	1	2	3		
8.3.2017	Kaupun tavara	28	0,161	-	0,04	0,092	-	0,023	0,06	B,A,A
13.3.2017	Luonnonhiekkaa 100 %	28	-	0,022	0,055	-	0,013	0,032	0,02	A,B,A
13.3.2017	Rikastetta 50 %	28	0,061	0,023	-	0,036	0,013	-	0,02	A,A,A
14.3.2017	Rikastetta 100 %	28	0,101	-	-	0,060	-	-	0,06	A,A,A



## Märkätilatason

Tartuntalujuus										
Testauspäivä	Tuote	ikä [d]	Voima [kN]			Lujuus [MPa]			Ka [MPa]	Tartunta kuvio
			1	2	3	1	2	3		
8.3.2017	Kaupun tavara	28	4,57	4,44	3,51	2,33	2,26	1,79	2,06	B,B,B
13.3.2017	Luonnonhiekkaa 100 %	28	3,63	3,48	2,84	1,85	1,77	1,45	1,61	B,B,B
13.3.2017	Rikastetta 50 %	28	3,96	4,20	4,15	2,02	2,14	2,11	2,08	B,B,B
14.3.2017	Rikastetta 100 %	28	4,04	3,46	2,45	2,06	1,76	1,25	1,91	B,B,B

