

# **CLT-SEINÄN KÄSITTELY SISÄLLÄ JA ULKONA**

Lahden Puurakentajat Oy

## Tiivistelmä

Tekijä Vanhanen, Lassi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 43	Valmistumisaika Syksy 2020
Työn nimi <b>CLT-seinän käsittely sisällä ja ulkona</b> Lahden Puurakentajat Oy		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Lahden Puurakentajat Oy:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää CLT-seinien käsittelyyn soveltuvat käsittelyaineet, jotka sopivat seinän sisäpinnalle sekä ulkopinnalle.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään toimeksiantajayritystä, CLT eli monikerroslevyn valmistusta, CLT-rakentamista sekä pintakäsittelyaineita. Kokeellinen osuus sisältää koekappaleiden valmistamisen ja käsittelyn eri käsittelyaineilla sekä koekappaleiden testauksen. Kokeellinen osuus toteutettiin osittain Lahden Puurakentajat Oy:n tiloissa, Lahden Puurakentajat Oy:n työmailla sekä LAB-ammattikorkeakoulun laboratoriossa.</p> <p>Opinnäytetyön avulla toimeksiantajayritys saa käyttöönsä uutta tietoa liittyen uusiin käsittelyaineisiin, käsittelyaineiden yhdistelmiin sekä näiden käyttötapoihin. Näiden tietojen avulla yritys säästää resursseja sekä ei veloita asiakkailtaan ylimääräisestä työstä.</p>		
Asiasanat CLT, monikerroslevy, pintakäsittely		

## Abstract

Author Vanhanen, Lassi	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2020
	Number of pages 43	
Title of publication <b>CLT wall treatment indoors and outdoors</b> Lahden Puurakentajat Oy		
Name of Degree Bachelor's Thesis in Wood Technology		
Abstract <p>The thesis was commissioned by Lahden Puurakentajat Oy. The purpose of the thesis was to find out the treatment agents suitable for the treatment of CLT walls, which are suitable for the inner and outer surface of the wall.</p> <p>The theoretical part of the thesis deals with the client company, manufacture of CLT walls, CLT construction and surface treatment materials. The experimental part includes the preparation and treatment of test specimens with different treatment agents and the testing of test specimens. The experimental part was carried out partly on the premises of Lahden Puurakentajat Oy, on the construction sites of Lahden Puurakentajat Oy and in the laboratory of LAB University of Applied Sciences.</p> <p>With the help of the thesis, the commissioning company gets new information related to new types of treatment agents, combinations of treatment agents and their uses. With this information, the company saves resources and does not charge customers for extra work.</p>		
Keywords CLT, cross laminated timber, surface treatment		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	LAHDEN PUURAKENTAJAT OY.....	2
2.1	Yritysesittely.....	2
2.2	Lahten Puurakentajat Oy:n tarjoamat palvelut.....	2
3	CLT.....	3
3.1	CLT-levyn valmistus .....	3
3.2	CLT-rakentaminen .....	4
3.3	Paloturvallisuus.....	6
3.4	Puurakentamisen tulevaisuus.....	8
4	PINTAKÄSITTELY .....	14
4.1	Maalien historia.....	14
4.2	Öljymaalit .....	18
4.3	Lipeät .....	18
4.4	Saunavaha.....	19
4.5	Lakka .....	20
4.6	Tervamaalit .....	21
4.7	Esikäsitelyaineet .....	21
5	KOKEELLINEN OSA.....	23
5.1	Koekappaleiden valmistus .....	23
5.2	Koekappaleiden pintakäsittely .....	25
5.3	Koekappaleiden testaus .....	26
6	TULOSTEN TARKASTELU.....	29
6.1	Tulokset sisäkäyttöön tarkoitetuilla käsittelyaineilla .....	29
6.2	Tulokset ulkokäyttöön tarkoitetuilla käsittelyaineilla.....	34
7	KEHITYSEHDOTUKSET .....	39
8	YHTEENVETO .....	40
	LÄHTEET .....	41
	LIITTEET .....	44

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia CLT-seinän pintakäsittelyä sisällä ja ulkona erilaisilla maaleilla, lakoilla, öljyillä tai näiden yhdistelmillä. Opinnäytetyössä testattiin toimeksiantajayritykselle entuudestaan tuttuja sekä tuntemattomia pintakäsittelyaineita ja tutkittiin niiden kestävyyttä sekä visuaalisuutta CLT-seinän sisä- ja ulkopinnoilla. Työn tavoitteena oli myös selvittää, onko erilaisten pintakäsittelyaineiden yhdistelmillä vaikutusta käsitellyn pinnan kestävyteen ja visuaalisuuteen, vai käyttääkö yritys tällä hetkellä ylimääräisiä resursseja pintakäsittelyyn, jolla ei ole lopputuloksen kannalta konkreettista hyötyä.

Teoriaosuudessa käsitellään toimeksiantajayritystä sekä CLT-levyn valmistusta, ominaisuuksia sekä käyttökohteita. Lisäksi teoriaosuudessa käydään läpi myös maalien, lakkojen ja öljyjen historiaa, ominaisuuksia sekä käyttökohteita.

Kokeellisessa osuudessa käydään läpi CLT:n pintakäsittelyä sekä tässä tutkimuksessa käytettyjä maaleja, öljyjä, saunavahoja, lakkoja, rautasulfaattikäsittelyä sekä lipeää. Kokeellisessa osuudessa käydään läpi myös erilaisia yhdistelmiä käsittelyaineista, joita tässä opinnäytetyössä tutkittiin. Kokeellinen osuus sisältää myös testaustavat sekä saadut tulokset. Kokeellisen osuuden yksi tavoite oli pintakäsittelyn pinnan tutkimisen lisäksi myös selvittää, kuinka hyvin liimamassat kestävät säärasitusta sekä niiden visuaalista havaittavuutta erilaisten käsittelyaineiden kanssa CLT-elementtien liitoskohdissa.

## 2 LAHDEN PUURAKENTAJAT OY

### 2.1 Yritysesittely

Lahden Puurakentajat Oy on puurakentamiseen erikoistunut rakennusliike, jonka erityisosaamiseen kuuluvat massiivipuutalojen valmistus. Etenkin CLT-tekniikalla valmistetut talot ovat Lahden Puurakentajat Oy:n erikoisosaamisaluetta. (Lahden Puurakentajat Oy 2020; Puurakentajat 2020a.)

Lahden Puurakentajat Oy on perustettu vuonna 2017 ja sen palveluksessa työskentelee tällä hetkellä (11/2020) 14 työntekijää. Lahden Puurakentajat Oy sekä Puurakentajat Group yhdistyvät joulukuussa 2020, jolloin Lahden Puurakentajat Oy:n uusi nimi yritysosaston myötä on Puurakentajat Pientalot Oy. (Lahden Puurakentajat Oy 2020; Puurakentajat 2020a.)

### 2.2 Lahden Puurakentajat Oy:n tarjoamat palvelut

Yritys tarjoaa asiakkailleen pientalojen rakentamista projektiluontoisesti ja asiakkaan tarpeiden mukaisesti, joko koko projektihallinnan tai vain rakennusprojektin yhden osa-alueen, kuten elementtien pystytyksen. Asiakkaan tarpeiden mukaisesti talot voidaan rakentaa joko ulkovalmiiksi tai täysin muuttovalmiiksi. (Lahden Puurakentajat Oy 2020.)

Rakentamispalveluita, joita yritys pystyy asiakkailleen tarjoamaan ovat rakennuksen suunnittelu, arkkitehtikuvat ja rakennusluvan hakeminen, energialaskelmat ja energiatodistus, maaperätutkimus, perustussuunnitelma, LVIS- ja muut talotekniset suunnitelmat, jätevesisuunnitelmat, pääsuunnittelijan ja vastaavan työnjohtajanpalvelut sekä projektijohtamisen palvelut. Lisäksi yritys tarjoaa asiakkailleen puutalojen korjauspalveluita. (Lahden Puurakentajat Oy 2020.)

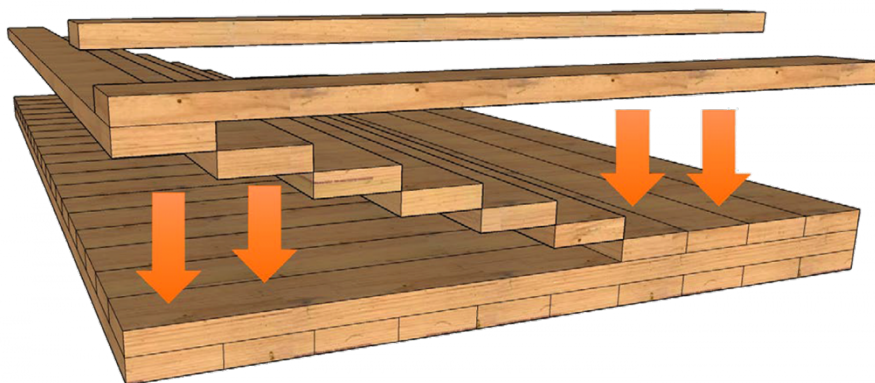
### 3 CLT

#### 3.1 CLT-levyn valmistus

Monikerroslevy, eli CLT (Cross Laminated Timber) koostuu useista toisiinsa nähden ristikkäin liimatuista lautalevyistä, jotka ovat yleensä kuusta tai mäntyä. Yleisimmin kerroksia on kolme tai viisi, mutta on myös mahdollista valmistaa levyjä, joissa kerroksia on enemmän. CLT-levyn paksuus voi alimmillaan olla 60 mm ja paksuimmillaan 400 mm, leveys voi olla enintään 4800 mm ja pituus enintään 20 000 mm valmistajasta riippuen. (Puuinfo 2020a.)

Kerrokset voidaan valmistaa kahdella tavalla, joista käytetään nimityksiä syrjäliimattu sekä syrjäliimaamaton. Näistä ensimmäisessä tavassa laudat liimataan ensin syrjistään yhdeksi kokonaiseksi levyksi, jonka jälkeen kokonaiset levyt ladotaan ristikkäin ja liimataan. Syrjäliimaamattomassa tavassa laudat ladotaan irrallisina lautoina, jolloin liima levitetään lautojen lappelle kerrosten välissä (Kuva 1.). Lopuksi levy puristetaan joko hydraulisella prässillä tai vakuumpiirässillä, jotta liimaus onnistuu ja saadaan tiivis sekä kestävä CLT-levy. Levyjen liimauksessa käytetään formaldehydittömiä ympäristöystävällisiä liimoja. (Puuinfo 2020a; Puumerkki 2020.)

Liimauksen jälkeen CLT-levyt työstetään oikeaan kokoon sekä muotoon CNC-jyrsimen avulla. CNC-koneilla levyihin voidaan jyrsiä valmiiksi esimerkiksi ikkuna- ja oviaukkoja sekä talotekniikkaa varten lävistyksiä. Levyjen mittatarkkuus on +/- 1 mm. (Puuinfo 2020a.)



Kuva 1. CLT-levyn lautojen ladontaperiaate (Sterling 2020)

### 3.2 CLT-rakentaminen

CLT-rakentamisen suosio on jatkuvasti kasvanut ja se on alkanut saada tilaa perinteisiltä rakennustavoilta, kuten betoniin sekä teräkseen perustuvilta rakennustavoilta. Yhtenä selittävästä tekijänä tähän on CLT-talojen pystytykseen kuluva aika, sillä CLT-runkoelementit on mahdollista pystyttää jopa yhden työpäivän aikana ja niihin on jyrstetty valmiiksi muun muassa oviaukot sekä ikkunat jo tehtaalla (Kuva 2.). Rakentamiseen kuluva aikaa selittää lisäksi se, että CLT-elementti toimii kantavana rakenteena, mutta samalla se toimii myös esimerkiksi valmiina seinä- ja lattiapintana. (Puuinfo 2020a; Puurakentajat 2020b.)

Muita selittäviä tekijöitä CLT-talojen suosiolle ovat ympäristöystävällisyys, sillä CLT-elementit voidaan valmistaa kestävästi kasvatetusta ja uusiutuvasta puusta sekä puurakentamisen terveellisyys. CLT-elementeillä on hyvät lämmöneristävyys sekä äänieristävyys arvot, joten rakentamiseen ei tarvitse käyttää lainkaan muovia esimerkiksi ilmansulkuihin. Kun CLT-taloja rakennetaan täysin muovittomasti, eristämiseen käytetään vain selluvillaa. CLT-talojen terveellisyyttä selittää puun kyky tasata ilmankosteutta. Kosteuden ollessa suuri, puu ikään kuin imee kosteutta itseensä, jolloin sisäilman kosteusprosentti laskee ja puolestaan ilman ollessa kuiva, puu luovuttaa kosteutta ilmaan, jolloin sisäilman kosteusprosentti kasvaa. (Puurakentajat 2020b.)



Kuva 2. CLT-elementeistä rakennettavassa talossa ovat mm. oviaukot jyrstetty CNC-koneella valmiiksi jo tehtaalla

Yksi CLT-rakentamisen hyödyistä on, että tilaelementtejä voidaan rakentaa valmiiksi jo esimerkiksi tehtaalla (Kuva 3.). Tällöin CLT-elementit pysyvät sääsuojaissa koko rakennusvaiheen, aina työmaalle siirtoon asti. Lisäksi valmiiden yksiköiden asentaminen työmaalla on nopeaa.



Kuva 3. Tilaelementtejä voidaan valmistaa sisätiloissa, jonka jälkeen niiden asennustyömaalla valmiina yksikköinä on nopeaa

CLT-elementit on mahdollista jättää ilman ulkoverhousa tai jopa ilman pintakäsittelyä, sillä muun muassa puun luonnollinen harmaantuminen suojaa puuta. CLT-elementtien pintakäsittely on kuitenkin suotavaa, sillä UV-säteily kuluttaa hyvin nopeasti puun pintaa, etenkin yhdessä kosteuden sekä vaihtelevan lämpötilan kanssa.



Kuva 4. CLT-runkorakenteisen talon ulkoverhouksen asentamista

Pintaverhouksella pyritäänkin suojaamaan talon rakenteita ja CLT-rakentamisessa pinta-verhouksen alla olevaa CLT-elementtiseiniä (Kuva 4.). Pintaverhouksen käsittelyllä pyritään pidentämään verhouksen käyttöikää sekä samalla värjäämään rakennus halutun väriksi. Pintaverhouksen kuluessa ajansaatossa, on sen vaihtaminen uuteen mahdollista.

### 3.3 Paloturvallisuus

Paloturvallisuuden osoittamiseen on kaksi tapaa, jotka ovat luokka- ja lukuarvoihin perustuva mitoitus (ns. taulukkomitointi) sekä toisena tapana tapauskohtainen oletettuun palonkehitykseen perustuva toiminnallinen palomitoitus. Nämä rakennusten paloturvallisuuden asetukset on säätänyt Ympäristöministeriö. (Puuinfo 2020c.)

Rakennukset voidaan jakaa neljään paloluokkaan P0, P1, P2 sekä P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään silloin, kun rakennus on suunniteltu lukuarvoihin perustuvan mitoituksen mukaan (taulukkomitointi) ja paloluokkaa P0 silloin, kun rakennus on suunniteltu osin tai kokonaan perustuen oletettuun palonkehitykseen (toiminnallinen palomitoitus), joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. Saman rakennuksen eri osat voivat myös kuulua eri paloluokkiin, jos palon leviäminen eri osien välillä on esitetty palomuurilla. (Puuinfo 2020c.)

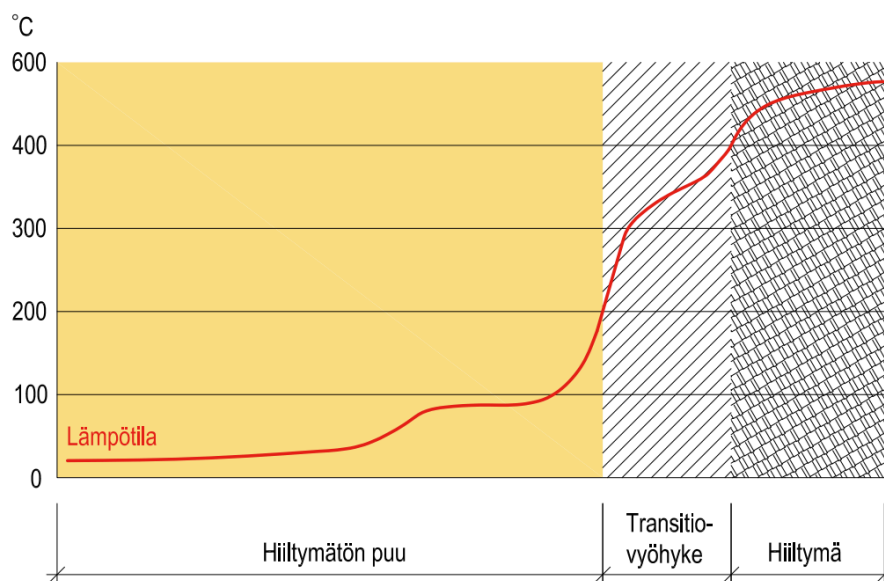
P2- ja P3-paloluokissa palokuorma määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan ja P1-paloluokassa palokuorma ryhmän mukaan. Puuta voidaan käyttää runkomateriaalina kaikissa paloluokissa, kun rakennus on enintään kaksi kerroksinen. P2-paloluokkaa voidaan käyttää, kun rakennus on enintään kahdeksan kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus sekä enintään neljä kerroksinen muu kuin asuin- tai työpaikkakäyttöön tarkoitettu rakennus. (Puuinfo 2020c.)

Palonkestovaatimukset, jotka rakenteille on asetettu ilmaistaan REI-luokkina. Rakenteen kantavuutta ilmaistaan kirjaimella R, tiiviyttä kirjaimella E sekä eristävyyttä kirjaimella I. Palonkesto-aikaa ilmaistaan puolestaan numerolla vaatimuksen perässä. Esimerkiksi palonkestovaatimus REI60 tarkoittaa, että palotilanteessa rakenteen on säilytettävä kantavuutensa, tiiviytensä sekä eristävyytensä 60 minuuttia. Alla olevassa kuvassa 5. on esitetty puun hiiltymistä palotilanteessa. (Puuinfo 2020c.)



Kuva 5. Puun palaessa sen pinta hiiltyy, jolloin palaminen hidastuu (Puuinfo 2020c)

Rakennuksissa ja rakenteissa käytettävien materiaalien käyttöä säädelään tarvikeluokilla (A, B, C, D, E ja F), jotka ilmenevät aina tuotteen CE-merkinnästä. Nämä luokat ilmaisevat sitä, miten kyseinen materiaali osallistuu paloon. Puulla voidaan yleensä päästä tarvikeluokkaan D ja palosuojatulla puulla tarvikeluokkaan B. Alla olevassa kuviossa 1. on esitetty puun palamisessa muodostuvaa hiilikerrosta. (Puuinfo 2020c.)



Kuvio 1. Kuvaaja esittää puun palamisessa muodostuvaa hiilikerrosta, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja puun palamista (Puuinfo 2020c)

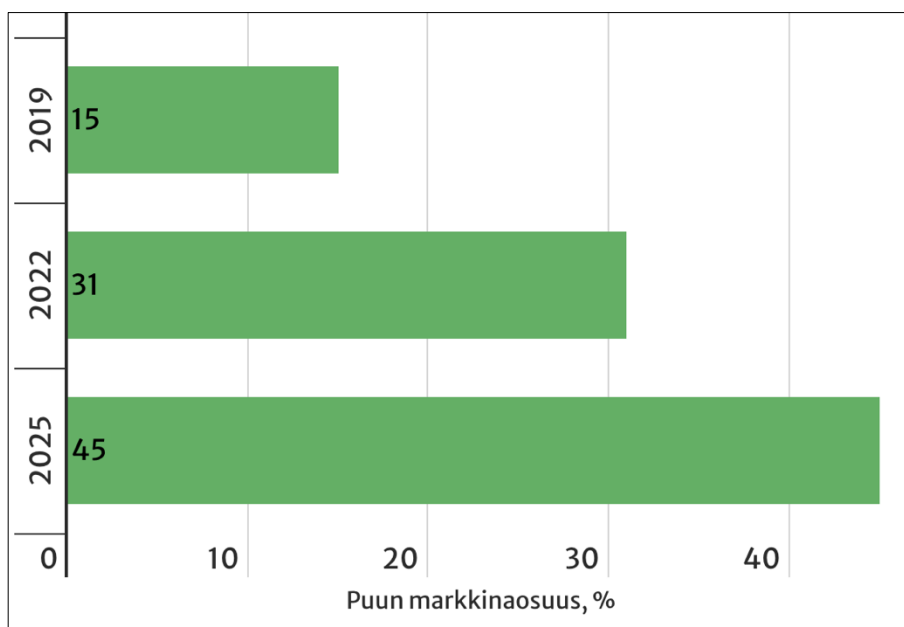
CLT-talojen palonkestävyyttä pidetään hyvänä, sillä palotilanteessa CLT-levyn pinta hiiltyy, joka suojaa sisäkerrosta syttymiseltä (tämä hiiltymisvara on otettu huomioon mitoituksessa, kun taloa on suunniteltu). CLT-levyn hiiltymisnopeus on 0,65 mm/min, EN 1995-1-2 koodin mukaan. (Puumerkki 2020c.)

### 3.4 Puurakentamisen tulevaisuus

Puu tulee nostamaan suosiotaan rakennusmateriaalina monista syistä. Yksi syistä on puumateriaalin ekologisuus, jos puu on kasvatettu kestävän periaatteen mukaisesti. Tästä syystä yhteiskunnalliset ja ilmastopoliittiset tarpeet tulevat edellyttämään puun käytön lisäämistä sekä puupohjaisten tuotteiden ja rakennustapojen kehittämistä. Puun käytöllä ja etenkin puun käytön kehittämisellä voidaan tukea ja edistää metsien kestävää käyttöä ja pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjälki pienenee koko rakennuksen elinkaaren ajalta, alkaen aina puun jalostuksesta, käytöstä sekä lopulta kierrätettävyydestä. Puurakenteiden sitoma hiili myös säilyisi rakenteissa pitkään, jolloin puiset rakennukset toimisivat samalla hiilivarastoina. (Ympäristöministeriö 2020.)

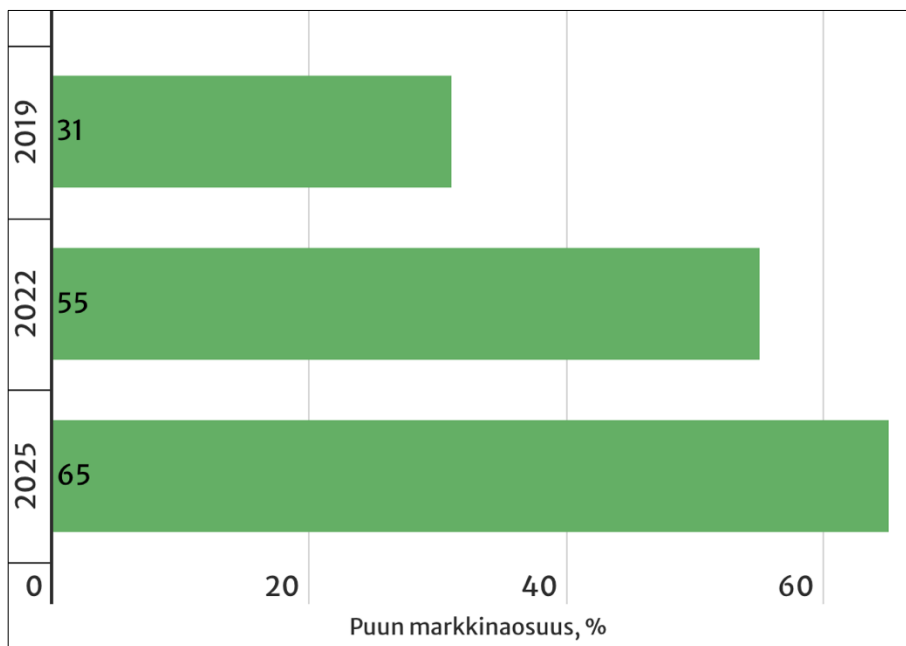
Suomessa puun käyttäminen rakentamisessa tulee nousemaan, sillä Puurakentamisen ohjelma (2016-2022) pyrkii monipuolistamaan puun käyttöä sekä samalla puun jalostusarvoa. Ohjelman tavoitteena on myös puurakentamisen osaamisen edistäminen sekä teollisen valmistuksen edistäminen kilpailukykyisemmäksi. Teollisen puurakentamisen

ratkaisut mahdollistaisivat materiaalitehokkuuden sekä tuotantotehokkuuden kehittämisen. Tällöin paranisi lisäksi laatu sekä kustannustehokkuus, kun prosessit olisivat teollisesti hallittuja. (Ympäristöministeriö 2020.)



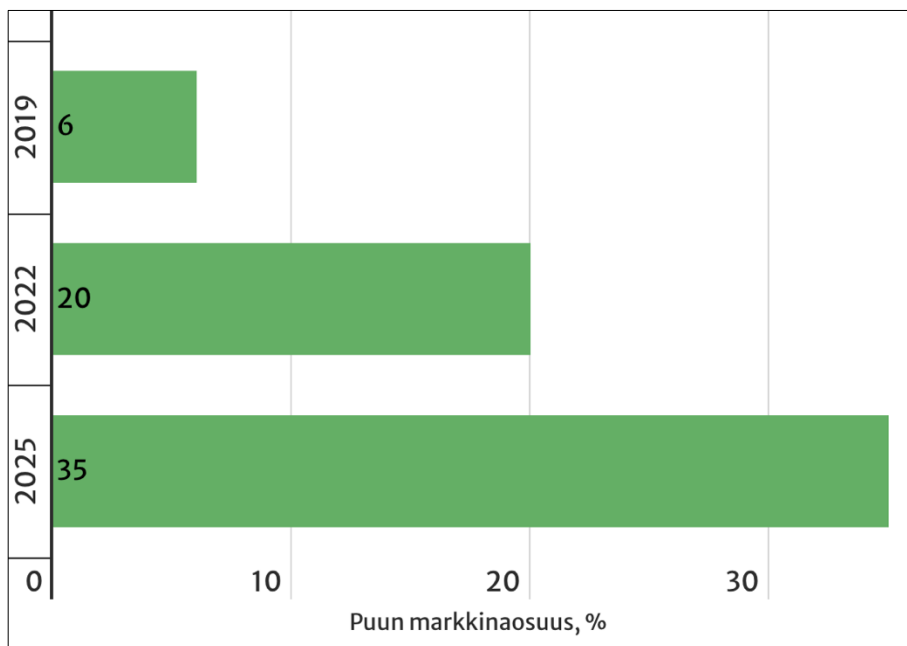
Kuvio 2. Julkisen puurakentamisen tavoitteet kaikkeen rakentamiseen (Maaseudun tulevaisuus 2020)

Yllä olevassa kuviossa 2. on esitetty Ympäristöministeriön asettamia julkisen rakentamisen tavoitteita kaikkeen rakentamiseen. Kuvion perusteella puun markkinaosuus kaikesta rakentamisesta oli 15 prosenttia vuonna 2019 ja vuonna 2022 prosenttiosuus olisi arviolta 33 prosenttia ja vuonna 2025 arviolta 45 prosenttia.



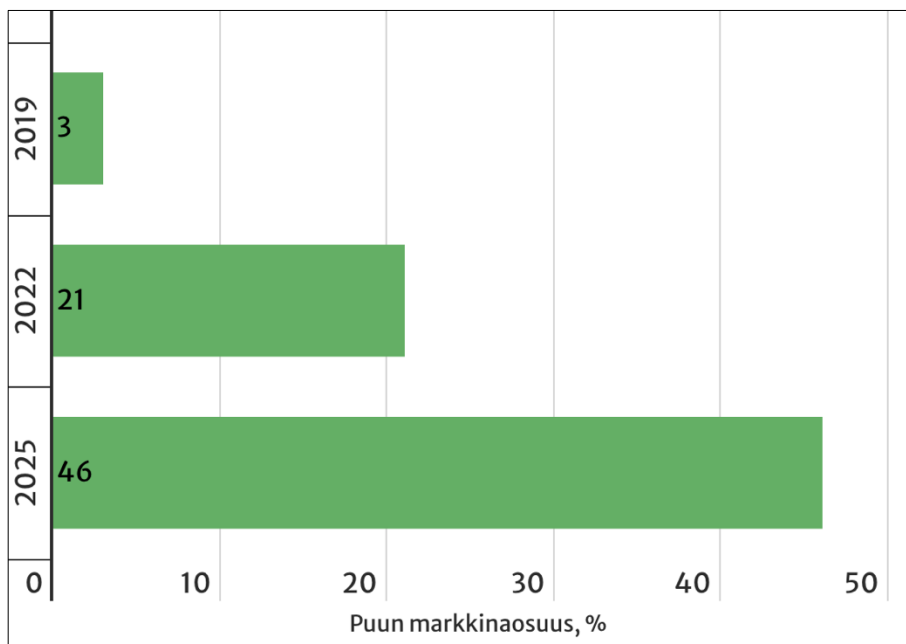
Kuvio 3. Julkisen rakentamisen tavoitteet opetusrakennusten osalta (Maaseudun tulevaisuus 2020)

Yllä olevassa kuviossa 3. on esitetty Ympäristöministeriön asettamia julkisen rakentamisen tavoitteita opetusrakennusten rakentamiseen. Kuvion perusteella puun markkinaosuus opetusrakennusten osalta oli 31 prosenttia vuonna 2019 ja vuonna 2022 prosenttiosuus olisi arviolta 55 prosenttia ja vuonna 2025 arviolta 65 prosenttia.



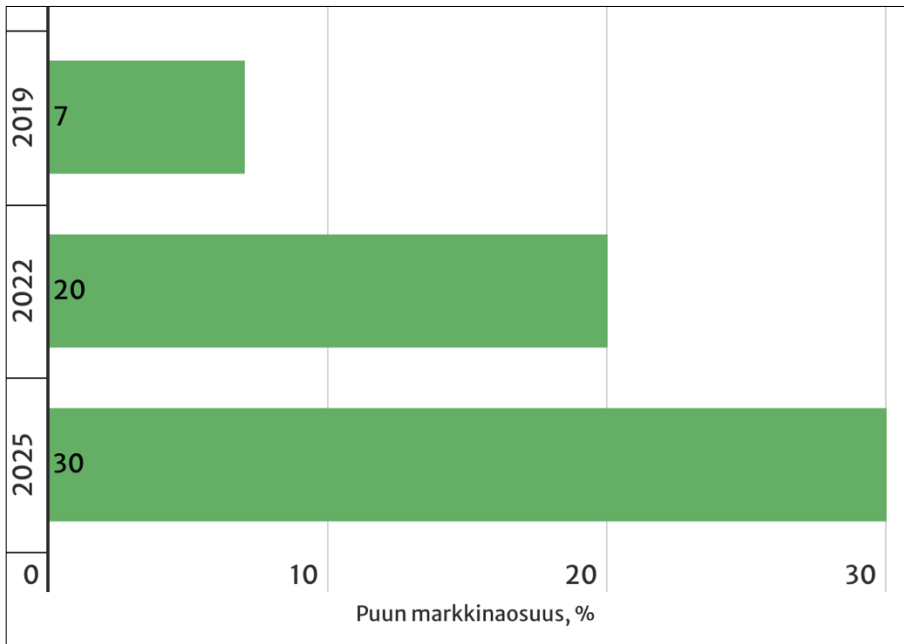
Kuvio 4. Julkisen rakentamisen tavoitteet hoitoalan rakennusten osalta (Maaseudun tulevaisuus 2020)

Yllä olevassa kuviossa 4. on esitetty Ympäristöministeriön asettamia julkisen rakentamisen tavoitteita hoitoalan rakennusten rakentamiseen. Kuvion perusteella puun markkinaosuus hoitoalan rakennusten osalta oli 6 prosenttia vuonna 2019 ja vuonna 2022 prosenttiosuus olisi arviolta 20 prosenttia ja vuonna 2025 arviolta 35 prosenttia.



Kuvio 5. Julkisen rakentamisen tavoitteet asuinkerrostalojen osalta (Maaseudun tulevaisuus 2020)

Yllä olevassa kuviossa 5. on esitetty Ympäristöministeriön asettamia julkisen rakentamisen tavoitteita asuinkerrostalojen rakentamiseen. Kuvion perusteella puun markkinaosuus asuinkerrostalojen osalta oli 3 prosenttia vuonna 2019 ja vuonna 2022 prosenttiosuus olisi arviolta 22 prosenttia ja vuonna 2025 arviolta 46 prosenttia.



Kuvio 6. Julkisen rakentamisen tavoitteet kokoontumisrakennusten osalta (Maaseudun tulevaisuus 2020)

Yllä olevassa kuviossa 6. on esitetty Ympäristöministeriön asettamia julkisen rakentamisen tavoitteita kokoontumisrakennusten rakentamiseen. Kuvion perusteella puun markkinaosuus kokoontumisrakennusten osalta oli 7 prosenttia vuonna 2019 ja vuonna 2022 prosenttiosuus olisi arviolta 20 prosenttia ja vuonna 2025 arviolta 30 prosenttia.

## 4 PINTAKÄSITTELY

### 4.1 Maalien historia

Yksi vanhimmista tunnetuista maaleista on keittomaali, joka perustuu kasvitärkkelykseen ja pitkään keittämisaikaan, jolloin tärkkelyksestä muodostuu liisteriä. Keittomaali tunnetaan paremmin nimellä punamultamaali. Maalin nimitys tulee väriä antavasta pigmentistä, joka on yleensä rautapitoinen maa-aines, eli punamulta. Suomessa punamultamaalia on käytetty 1500-luvulta asti, mutta sen käyttö alkoi yleistyä vasta 1800-luvulla. Tätä ennen maalia käytettiin lähinnä vain arvokkaiden rakennusten, kuten kirkkojen tai kartanoiden maalaukseen. Alla olevassa kuvassa 6. on esitettynä esimerkkejä nykyään saatavilla olevista keittomaaleista. (Museovirasto 2020a, 2-3.)



Kuva 6. Esimerkkivärejä nykyään myytävistä keittomaaleista (Suomen Luonnonmaalit 2020a)

Keittomaalin valmistukseen käytetään yleensä ruis- tai vehnä jauhoja, jotka toimivat maalin sideaineena. Pigmenttinä käytetään punamultaa tai muita niin sanottuja maavärejä. Lisäaineita, joita maalissa käytetään ovat rautasulfaatti, vernissa, suola sekä liuottimena vettä. Alla olevassa taulukossa 1. on esitettynä Museoviraston julkaisema resepti keittomaalille. (Museovirasto 2020a, 2-3.)

Vettä	150 litraa
Rautasulfaattia	6 kg
Hienoja ruisjauhoja	12 kg
Punamultaa	25 kg
Vernissaa	5 litraa
Suolaa	200 g

Taulukko 1. Keittomaali resepti 200 litran tynnyrille (Museovirasto 2020a)

Toinen pitkään tunnettu maali on öljymaali, joka on ollut tunnettu jo antiikin maailmassa. Pohjoismaissa öljymaali yleistyi kuitenkin vasta 1700-luvun lopulla. Öljymaaleissa sideaineena toimii pellavaöljy, joka hapettuessaan muuttuu kiinteäksi. Yleisimpiä öljymaalivärejä 1700-luvulla olivat keltainen, siniharmaa, valkoinen sekä punainen. Alla olevassa kuvassa 7. on esitettyä esimerkkivärejä nykyisistä öljymaaleista. (Museovirasto 2020b, 3.)



Kuva 7. Esimerkkivärejä nykyään saatavista öljymaaleista (Virtasen maalitehdas 2020a)

Kolmas pitkän historian omaava maali on kalkkimaali, jota on käytetty Suomessa jo 1300-luvulla. Aluksi kalkkimaalia oli vain valkoisena, mutta 1500-luvulla valkoisen värin lisäksi alettiin yhdistellä värejä lisäämällä kalkkimaaliin punamultaa ja nokimustaa. Keltainen kalkkimaali oli 1700-luvun keksintö, kun kalkkimaaliin sekoitettiin rautasulfaattia. Rautasulfaatti hapettui ulkoilmassa ja sai näin aikaan keltaisen värin seinään. Kalkkimaalin valmistukseen tarvitaan kalkkitahnaa sekä kalkkivettä, joista jälkimmäinen on sekoitettava kalkkitahnasta ja vedestä muutamia vuorokausia ennen kalkkimaalin valmistusta. Alla olevassa kuvassa 8. on esitettyä esimerkkivärejä nykyisistä kalkkimaaleista. (Museovirasto 2020c, 2-5.)

Cotton	Driftwood	Drop Cloth	Lemonade	Pink Champagne	Dusty Blue	Haint Blue	Farmhouse Green
Fluff	Savannah Mist	Sand Bar	Rebel Yellow	Soft Pink	Blueberry	Sea Glass	Mint Julep
Buttercream	Manatee Gray	Burlap	Daisy	Tea Rose	Lucky Lavender	Vintage Duck Egg	The Gulf
Sawmill Gravy	Mason Dixon Gray	Putty	Colonel Mustard	Apricot	Amethyst	Dixie Belle Blue	Mermaid Tail
French Linen	Stormy Seas	Mud Puddle	Rusty Nail	Flamingo	Aubergine	Pure Ocean	Kudzu
Dried Sage	Gravel Road	Pine Cone	Honky Tonk Red	Peony	Cobalt	Peacock	Evergreen
Spanish Moss	Midnight Sky	Chocolate	Barn Red	Plum Crazy	Bunker Hill Blue	Antebellum Blue	Palmetto
Hurricane Gray	Caviar	Coffee Bean	Rustic Red	Muscadine Wine	In The Navy	Yankee Blue	Collard Greens

Kuva 8. Esimerkkejä nykyään saatavista kalkkimaaleista (Kalkkimaalikauppa 2020)

Neljäs pitkään käytetty käsittelyaine, joka ei varsinaisesti ole maali, mutta omaa pitkän historian käsittelyaineena on terva. Tervaa on käytetty vuosisatojen ajan suojaamaan muun muassa puisia veneitä ja pärekattoja. Terva on ollut myös Suomen ensimmäinen vientituote Eurooppaan 1500-luvulla. Alla olevassa kuvassa 9. on esitetty tervan valmistukseen käytetty tervahauta. (Suomen kemian historia 2020.)



Kuva 9. Tervahauta ennen tervanpolton aloitusta (Yle 2010)

Tervaa on Suomessa valmistettu kuivatislaamalla, eli pyrolyysillä. Pyrolyysi tarkoittaa puuaineksen hajottamista erilaisiksi tuotteiksi lämmön avulla. Yleisin kuivatislaus menetelmä etenkin Suomessa on ollut tervahauta. (Kainuun terva 2020a.)



Kuva 10. Esimerkkejä nykyisin saatavilla olevista tervamaaleista Tervatex-tuotemerkiltä (Suomen Luonnonmaalit 2020b)

Tervasta on nykyisin saatavilla myös tervamaalia, joka on valmistettu lisäämällä luonnontervaan pellavaöljyvernissaa sekä puutärpättiä. Tervamaalin etuna perinteiseen tervaan on muun muassa nopeampi kuivumisaika sekä parempi imeytyminen puuhun. Yllä olevassa kuvassa 10. on esitetty erilaisia tervamaalin värejä. (Kainuun terva 2020b.)

## 4.2 Öljymaalit

Öljymaaleja käytetään pääsääntöisesti ulkomaalaukseen, jolloin niiden sideaineena toimii pellavaöljy. Perinteisen öljymaalin sideaineena käytetään vernissaa, joka on valmistettu kuumentamalla raakaa pellavaöljyä metallisuolojen kanssa. Nykyaikaisessa öljymaalissa sideaineena on puolestaan modifioitu vernissa, joka on valmistettu polymerisoimalla. Polymerisointi tarkoittaa öljyn kuumentamista hapettomassa tilassa, joka saa öljymolekyylit liittymään toisiinsa. Alla olevassa kuvassa 11. on esitetty öljymaalilla maalattu rakennus. (Museovirasto 2020b, 3.)



Kuva 11. Virtasen 4 Öljyn Maalilla maalattu rakennus (Virtasen Maalitehdas Oy 2020b)

## 4.3 Lipeät

Lipeää käytetään puupintojen, etenkin paneelipintojen, hirsipintojen sekä lattian vaalentamiseen. Puulipeä estää puun luonnollisen tummumisen sekä tekee samalla puun pinnasta kovemman, jolloin pinta kestää paremmin kulutusta. Lipeää voidaan käyttää myös tummuksen puupinnan vaalentamiseen. Lipeäkäsittely sopii käsittelemättömille havupuupinnoille. Alla olevassa kuvassa 12. on esitetty lipeällä käsiteltyjä CLT-pintoja. (TM Rakennusmaailma 2017.)



Kuva 12. Lipeällä käsiteltyjä CLT-pintoja

#### 4.4 Saunavaha

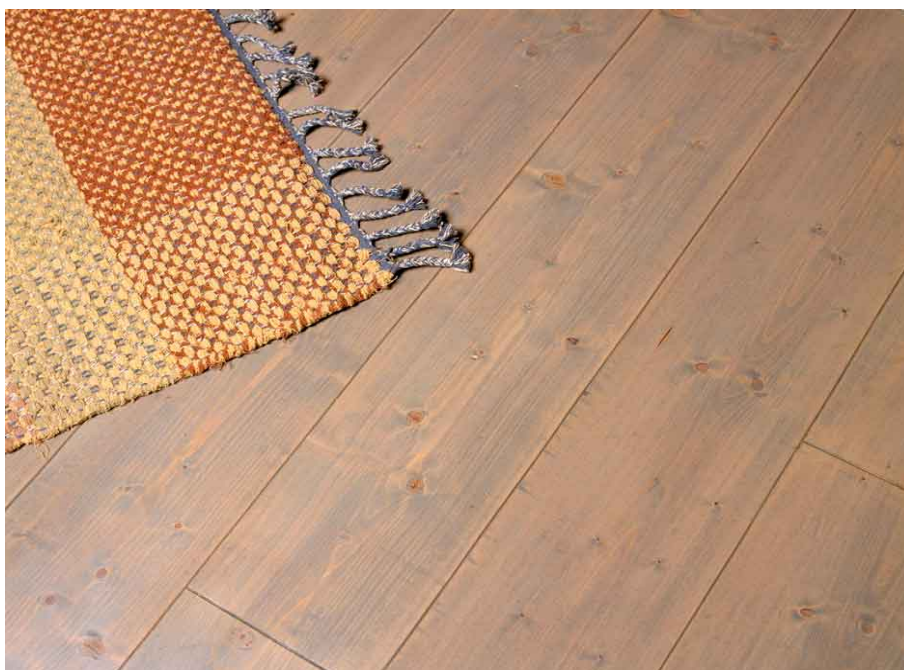
Saunavahojen tarkoituksena on nimensä mukaisesti suojata puuosia saunassa (Kuva13.). Saunavahojen idea on täysin sama, kuin maaleissa, eli värjätä käsiteltävä puu halutun väriksi sekä samalla tehdä siihen liialta ja kosteudelta suojaava pinta, joka pidentää puuosien käyttöikää. (Tikkurila 2020.)



Kuva 13. Vesiohenteisella saunavahalla käsitellyt lauteet sekä seinäpaneelit (K-Rauta 2020a)

#### 4.5 Lakka

Puupintojen lakkauksella pyritään samaan lopputulokseen kuin maaleilla, lukuun ottamatta pinnan värjäystä. Lakkoja käytetäänkin etenkin silloin, kun halutaan puupinnan jäävän näkyväksi pinnaksi ja puun syykuvion jäävän näkyviin. Lakkoja käytetään puun suojaukseen muun muassa likaantumista, kulutusta, kosteutta tai UV-säteilyä vastaan. Käyttökohteita lakoille ovat esimerkiksi paneeliseinät, katot, lattiat sekä erilaiset kalusteet. Alla olevassa kuvassa 14. on esitetty lakattu puulattia. (Puuinfo 2020b.)



Kuva 14. Lakkaamalla käsitelty puulattia (Puuinfo 2020d)

Lakkoja voidaan käyttää sisä- tai ulkotiloissa ja niitä on saatavilla joko vesi- tai liuotinhenteisina valmistajasta riippuen. Sisäkäyttöön soveltuvia lakkoja ovat vesiohenteiset polyuretaaniakrylaatti-, polyuretaani- sekä akryylilakat. Ulkotiloihin soveltuu puolestaan uretaaniakrydilakka. Lakkauksessa oleellista on lakattava pinta, jonka on oltava kuiva sekä puhdas liasta tai aikaisemmista käsittelyaineista. (Puuinfo 2020b.)

#### 4.6 Tervamaalit

Tervamaalin käyttökohteita on lukuisia, sillä tervamaali sopii kaikenlaisten puupintojen maalaukseen ja suojaamiseen. Tervamaalilla voidaan käsitellä muun muassa hirsi- ja lautapintoja, päre- ja paanukattoja sekä puuveneitä. Tervamaalilla on myös ominaisuuksia, jotka estävät homesienten ja bakteerien muodostumista. Alla olevassa kuvassa 15. on esitetty Tervatex kuultomaalilla käsitelty lauta. (Puijon Terva 2020.)



Kuva 15. Tervatex-tervamaalilla käsitelty ulkonäytekoekappale (1000x130x35 mm)

#### 4.7 Esikäsittelyaineet

Esikäsittelyaineita on saatavilla monille eri materiaaleille, kuten esimerkiksi puulle ja metalleille. Näiden käsittelyaineiden tarkoituksena on valmistajasta ja esikäsittelyaineesta riippuen muodostaa suojaava kerros käsiteltävään pintaan, värjätä käsiteltävää pintaa tai muodostaa sopiva tartuntapinta varsinaista maalia varten. (Rubio Monocoat 2020b.)



Kuva 16. Rubio Monocoat Sunprimer HWP Black-esikäsittelyaineella käsitelty CLT-seinä

Valmistajasta riippuen esikäsittelyaine voi muodostaa UV-säteilyä rajoittavan kerroksen maalattuun pintaan (Kuva 16.) tai estää naulojen ruosteen ja oksan hartsin tunkeutumisen varsinaisen maalipinnan läpi. Esikäsittelyaineita käytetään myös muun muassa estämään runsaasti tanniineja omaavien puulajien, kuten tammesta ja kastanjasta valmistettujen pintojen kellastumista. (K-Rauta 2020b; Rubio Monocoat 2020b.)

## 5 KOKEELLINEN OSA

### 5.1 Koekappaleiden valmistus

Koekappaleita tehtiin eri kokoisia, riippuen testaustavasta. Testattavia koekappaleita oli CLT-elementistä sahattuja kappaleita sekä kuusilankusta sahattuja koekappaleita. Koekappaleet valmistettiin testaustavan mukaan seuraavasti:

1. CLT-palat (300x90x90 mm), sisämaalien visuaalisuus
2. sääkaappitestausta (100x70x10 mm), sisämaalien UV-testaus
3. ulkomaali- sekä liimasaumatestausta (1000x130x35 mm), ulkomaalien visuaalisuus ja pysyvyys liimasaumassa sekä kestävyys ulkoilmassa.

Kaikki koekappaleet hiottiin ennen pintakäsittelyä hiomapaperilla koneellisesti testaustavasta riippumatta (Kuva 17.). Hiontaan käytettiin epäkeskohiomakonetta sekä nauhahiomakonetta. Nauhahiomakonetta ja hiomapaperin karkeutta P80 käytettiin, jotta hionta olisi mahdollisimman todenmukainen työmailla käsiteltävän CLT-seinän pinnan karkeuden kanssa.



Kuva 17. Testauskappaleet hiottiin nauhahiomakoneella hiomapaperin karkeudella P80

Alla olevassa kuvassa 18. on esitetty CLT-koekappaleiden valmistusta. Koekappaleet valmistettiin toimeksiantajaa varten ja niihin testattiin samoja käsittelyaineita ja käsittelyaineiden yhdistelmiä, kuin sääkaappinäytteisiin. Näitä CLT-koekappaleita ei kuitenkaan käsitellä tässä opinnäytetyössä laajemmin, sillä toimeksiantaja testaa ne haluamallaan tavalla.



Kuva 18. CLT-koekappaleiden (300x90x90 mm) valmistusta

Liimasaumojen testaus toteutettiin sahaamalla testattavaan koekappaleeseen pyörösa-  
halla ura (Kuva 19.), joka täytettiin liimamassalla. Liimasaumojen testauksessa oli tarkoi-  
tuksena löytää maaleja, jotka peittävät liimasauman mahdollisimman hyvin sekä pysyvät  
liimasauman päällä.



Kuva 19. Liimasaumojen testausta varten kappaleisiin sahattiin urat pyörösa-  
halla

## 5.2 Koekappaleiden pintakäsittely

Koekappaleet käsiteltiin erilaisilla maaleilla, öljymaaleilla, öljyillä, lakoilla, saunavahoilla, lipeällä sekä rautasulfaattikäsittelyllä. Käsittelyaineet koostuivat sisä- ja ulkokäyttöön sopivista aineista. Osalle ulkokäyttöön soveltuvista käsittelyaineista tehtiin esikäsittely ho- meenestoaineilla tai esikäsittelyaineilla (primer), jotta saatava tulos olisi todenmukainen ajatellen työmaata tai muuta todenmukaista käsittelykohdetta.

Maalit, joilla testikappaleita käsiteltiin, olivat tuotemerkeiltään Virtasen paneelimaali, joista olivat testissä kaksi valkoisen sävyä: A-perus valkoinen silkinhimmeä sekä kuultovalkoi- nen silkinhimmeä. Nämä paneelimaalit olivat tarkoitettu käytettäväksi vain sisälle. Lisäksi työssä käytettiin Suvilux talomaalia, joka on tarkoitettu ulkokäyttöön.

Tervapohjaisista käsittelyaineista käytettiin Tervatex-tuotemerkin kuultomaaleja, joita käy- tetään puun kyllästysaineina. Näistä olivat testeissä kaksi tumman sävyä.

Öljymaalit, joita tässä työssä käytettiin, olivat tuotemerkeiltään Rubio Monocoat Hybric Wood Protector, Fintex puuöljyt, Fintex Woodtex Dixie, Auro 160 kuultomaali, Virtasen 4 kuullote sekä Virtasen 4 öljynmaali, josta käytettiin värejä: vanha punainen, italian punai- nen, okrankeltainen, kartanon keltainen, oljenkeltainen, tummanharmaa, musta sekä val- koinen. Auro 160 kuultomaaleista olivat väreinä neljä eri kuultovalkoisen sävyä.

Rubio Monocoat-tuotemerkin tuotteita, joita käytettiin, olivat Hybric Wood Protector Black, Hybric Wood Protector White, Hybric Wood Protector Natural, Oil Plus 2C Super White sekä Oil Plus 2C White 5%. Näiden öljymaalien kanssa käytettiin pohjalla esikäsittelyai- neita, lukuun ottamatta Oil Plus 2C Super White sekä Oil Plus 2C White 5%-maaleja. Esi- käsittelyaineet olivat samalta merkiltä ja ne olivat nimeltään Rubio Monocoat Sunprimer Hybric Wood Protector Black sekä Rubio Monocoat Sunprimer Hybric Wood Protector White. Öljymaalien kanssa käytettiin esikäsittelyaineita, jotta saatava tulos olisi mahdolli- simman todenmukainen, sillä esikäsittelyaineet ovat pinnan pohjustukseen tarkoitettuja vesipohjaisia käsittelyaineita, jotka vähentävät UV-valon vaikutusta käsiteltävissä pin- noissa. Pohjalle levitettävä käsittelyaine sisältää myös pigmenttejä, jolloin käytettäessä saman väristä pohjustusainetta ja öljyä, saadaan pinnasta syvemmän värinen. Pohjustus- aine ei kuitenkaan ole välttämätön käytettäessä Rubio Monocoat Hybric Wood Protector- öljyjä, sillä öljy voidaan levittää myös sellaisenaan haluttuun pintaan. (Rubio Monocoat 2020a, 42-44.)

Lakkoja, joita tässä tutkimuksessa käytettiin, olivat LV Coatings Paneelilakka sekä saman tuotemerkin Huonekalulakka. Näistä tehtiin koevedoksia lipeäkäsittelyn kanssa, jolloin pohjalle tuli lipeä (Tremax tai Tähti) ja päälle lakka.

Saunavahat, joilla testikappaleita käsiteltiin, olivat tuotemerkiltään Fintex Barokki saunavahoja. Koekappaleita käsiteltiin yhdistelmällä pelkkä saunavaha tai pohjalle lipeäkäsittely (Tremax tai Tähti) ja päälle saunavaha. Värejä, joita saunavahasta testattiin, olivat valkoinen sekä musta. Yhdistelmiä saunavaha ja lipeäkäsittely tehtiin, jotta voitaisiin tutkia, onko aineiden yhdistelmällä vaikutusta UV-rasitusta vastaan.

Lipeäkäsittelyaineet, joita tutkittiin, olivat tuotemerkeiltään Tremax sekä Tähti. Lipeäkäsittelyjä tehtiin sellaisenaan sekä yhdistelminä, joihin pohjalle tuli lipeäkäsittely ja päälle maali tai saunavaha. Näitä kahta tuotemerkkiä tutkittiin myös keskenään, jolloin tarkoituksena oli tutkia näiden kahden tuotteen mahdollisia eroavaisuuksia etenkin visuaalisuuden kannalta, eli kumpi tuotemerkki kestää paremmin auringon UV-säteilyä ilman, että testikappaleen väri muuttuu alkuperäiseen ja verrokkikappaleeseen verrattuna.

Homeenestoaine, jota tässä työssä käytettiin, oli tuotemerkiltään Virtasen homeentappaja. Tätä käytettiin yhdessä Virtasen ulkomaalien kanssa.

### 5.3 Koekappaleiden testaus

Koekappaleita testattiin sääkaapissa sekä ulkoilmassa. CLT-koekappaleista koossa (300x90x90 mm) tutkittiin vain visuaalista lopputulosta erilaisten käsittelyaineiden osalta, jolloin toimeksiantaja yritys pystyi toteamaan esimerkiksi minkälaiset käsittelyaineiden yhdistelmät ovat sopivia ja mitkä käsittelyaineet eivät puolestaan tuota haluttua lopputulosta visuaalisuuden kannalta.

Sääkaappikoekappaleissa (100x70x10 mm) puolestaan testattiin erilaisia sisälle soveltuvia käsittelyaineita, joista osa oli toimeksiantajalle tuttuja, mutta jotkin aineet olivat entuudestaan täysin tuntemattomia. Sääkaappikappaleille tehtiin erilaisia yhdistelmiä pintakäsittelyaineista, joissa pohjalla oli esimerkiksi lipeä ja päällä saunavaha. Kaikista sisäkäsittelyaineista tutkittiin niiden kestävyyttä auringon UV-säteilyä vastaan ja visuaalisuutta käsitellyssä pinnassa. Sääkaappinäytteet nimettiin jokaisen käsittelyaineen mukaan ja numeroitiin seuraavasti: 1.1, 1.2 sekä 1.3. Sääkaappiin laitettiin näytteet 1.1 ja 1.2. Verrokkina toimi kaikilla käsittelyaineilla näyte 1.3, jota ei laitettu sääkaappiin. Sääkaappitestien kesto oli neljä viikkoa ja testattavia käsittelyaineita oli 15, jolloin sääkaapissa oli yhteensä 30 näytepalaa. Näytteitä kierrätettiin sääkaapissa, sillä UV-säteilyn voimakkuus oli kaapin reunoilla heikompaa, kuin kaapin keskiosassa. UV-rasituksen jälkeen kappaleille tehtiin kiillonmittaus sekä värinmittaus. Alla olevissa taulukoissa 3, 4, 5 ja 6. on esitettynä sääkaappinäytteiden kierto viikoittain.

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30

Taulukko 3. Sääkaappinäytteiden järjestys sääkaapissa ensimmäisellä viikolla

30	25	26	27	28	29
6	1	2	3	4	5
12	7	8	9	10	11
18	13	14	15	16	17
24	19	20	21	22	23

Taulukko 4. Sääkaappinäytteiden järjestys sääkaapissa toisella viikolla

23	24	19	20	21	22
29	30	25	26	27	28
5	6	1	2	3	4
11	12	7	8	9	10
17	18	13	14	15	16

Taulukko 5. Sääkaappinäytteiden järjestys sääkaapissa kolmannella viikolla

16	17	18	13	14	15
22	23	24	19	20	21
28	29	30	25	26	27
4	5	6	1	2	3
10	11	12	7	8	9

Taulukko 6. Sääkaappinäytteiden järjestys sääkaapissa neljännellä viikolla

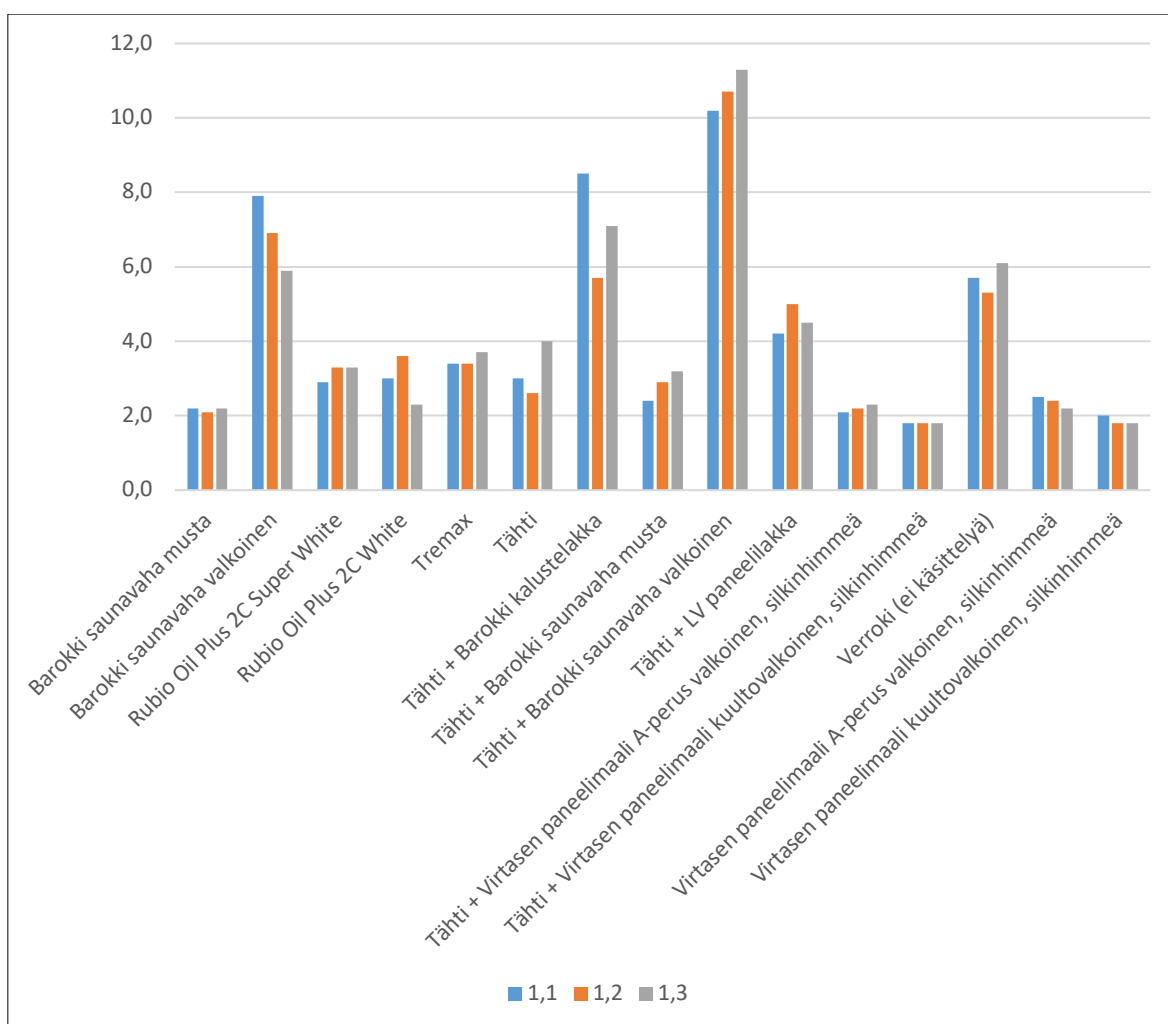
Ulkokäsittelyaineilla käsiteltujen koekappaleiden (1000x130x35 mm) testitavaksi valittiin ulkoilmatestaus. Koekappaleet ovat jatkuvassa UV-säteilyrasituksessa sekä lämpötilan ja kosteuden vaikutuksen alaisena. Nämä testauskappaleet koottiin yrityksen tontille kaikki samaan paikkaan ja aseteltiin vierekkäin. Tämän testaustavan tuloksien saamiseen menee arviolta useita vuosia.

Yhtenä testauksena oli myös hionnan testaus, joka toteutettiin yhteen suurempaan CLT-elementtipalaan. Tässä testauksessa CLT-pala jaettiin kolmeen osaan hionta-alueiden perusteella. Alueet jaettiin seuraavasti: yksi alue hiottiin karkeudella P40, jonka jälkeen karkeudella P80, toinen alue hiottiin nailonharjalla koneellisesti sekä viimeinen kolmas alue hiottiin ensin nailonharjalla koneellisesti, jonka jälkeen vielä teräsharjalla koneellisesti. Käsitelyaineet, joita tässä testauksessa käytettiin hiontojen erojen tarkasteluun, olivat Rubio Monocoat Sunprimer HWP Black, joka levitettiin pohjalle hiontojen jälkeen ja Rubio Monocoat Hybric Wood Protector Black öljyä, joka levitettiin esikäsitelyaineen päälle. Tämän testauksen tulokset on esitetty ulkokäyttöön soveltuvien maalien tuloksissa.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Tulokset sisäkäyttöön tarkoitetuilla käsittelyaineilla

Sisäkäyttöön tarkoitetuista käsittelyaineista tutkittiin UV-rastituksen vaikutuksia mittaamalla kiiltoa kiiltomittarilla. Kappaleista mitattiin kiiltoarvo syysuuntaan, jolloin mittauslaite oli kappaleen suuntaisesti. Alla olevassa kuviossa 7. on esitetty saadut tulokset. Tuloksia tarkasteltaessa on oleellista huomioida, että kiiltomittari antoi tummille väreille huonomman kiiltoarvon, kuin vaaleille sävyille. Verrokkikappaleet, jotka eivät olleet sääkaapissa, olivat kappaleet 1,3. Kiiltomittauksen tarkat tulokset ovat esitetty liitteessä 1. sekä kuvat sääkaappikappaleista liitteissä 3 – 17.

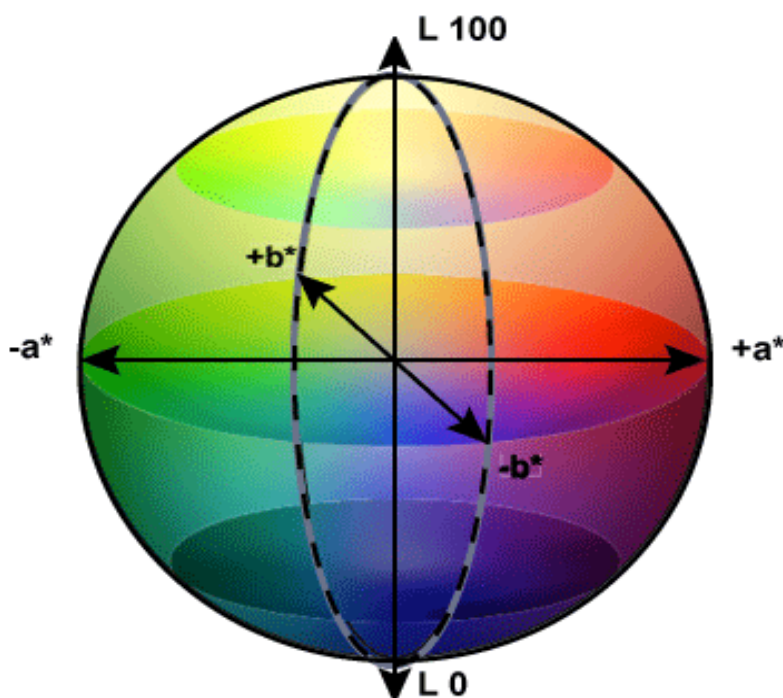


Kuvio 7. Kiiltomittausten tulokset kiiltoarvoina

Kiiltomittaus onnistui saatujen tulosten perusteella, sillä verrattessa esimerkiksi Fintex Barokki saunavahan mustan sävyn tulosten keskiarvoa 2,2 sekä saman käsittelyaineen tuloksia yhdistelmällä Tähti (lipeä), jonka päälle levitettiin saunavaha, oli keskiarvotulos 2,8. Samoin, kun verrataan Fintex Barokki saunavahan valkoisen sävyn keskiarvotulosta 6,9 ja samaa käsittelyainetta, jossa alle oli levitettyä lipeä, oli keskiarvotulos 10,7. Tuloksista voidaan siis päätellä, että lipeän levittäminen alle auttaa säilyttämään puun kiillon joillakin käsittelyaineilla, eli puu altistuu vähemmän UV-säteilylle.

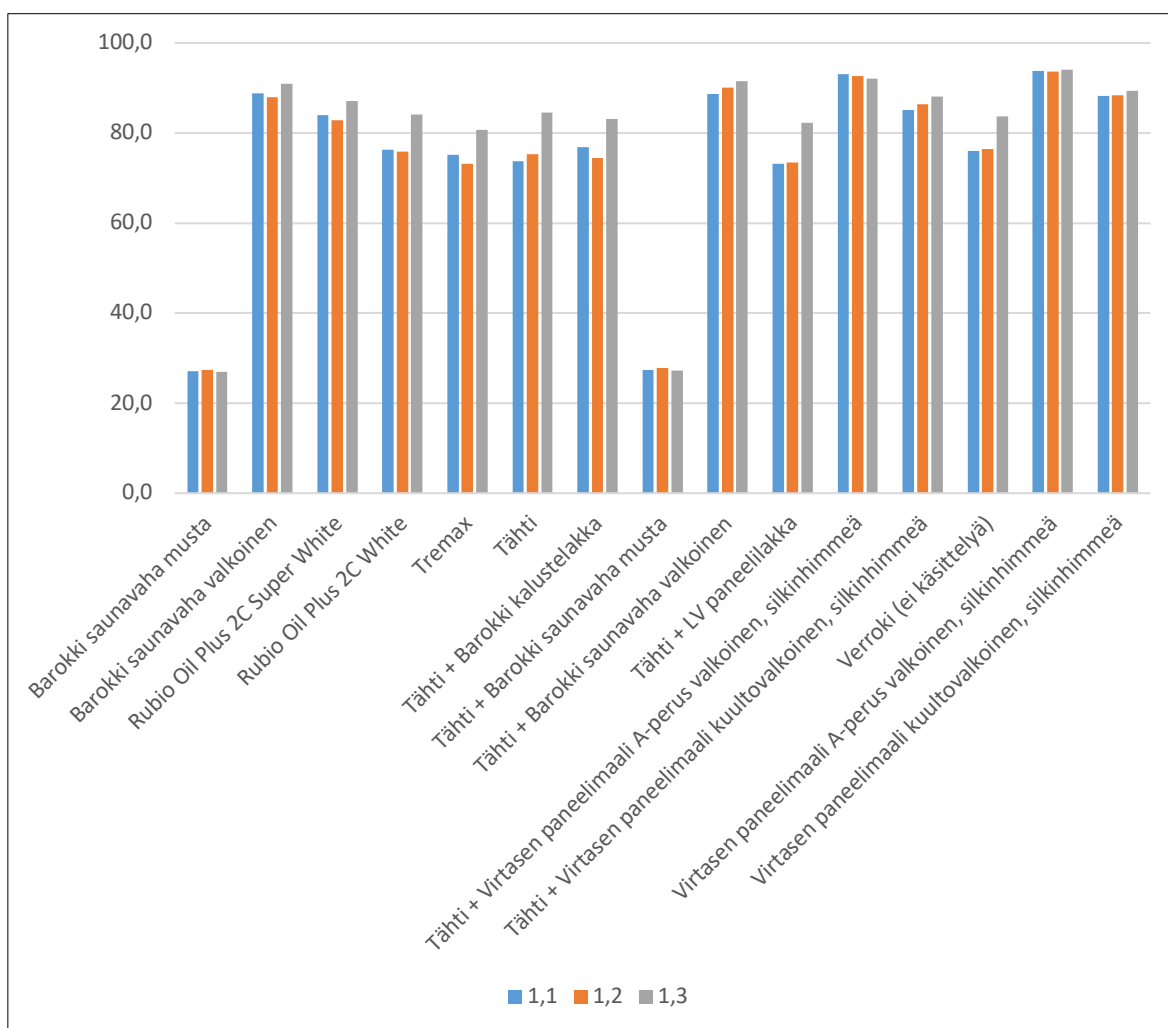
Lipeän vaikutusta tutkittaessa ei voida kuitenkaan yksiselitteisesti sanoa, onko siitä hyötyä kaikilla käsittelyaineilla, sillä osassa käsittelyaineista, kuten Virtasen paneelimaaleilla, tulos ilman lipeää oli parempi kuin lipeän kanssa. Virtasen paneelimaalilla sävyllä A-perusvalkoinen, keskiarvotulos ilman lipeää oli kiiltoarvona 2,4 ja lipeä kanssa 2,2. Virtasen paneelimaalin sävyllä kuultovalkoinen, keskiarvotulos ilman lipeää oli kiiltoarvona 1,9 ja lipeän kanssa 1,8.

UV-rasituksen vaikutuksia mitattiin myös värimittarilla. Värimittari mittaa värejä arvojen L, + a, - a, + b ja - b perusteella. Kuvassa 20. on esitetty arvojen määrittelyperuste, josta voidaan päätellä, että pystysuunta L mittaa valkoisen ja mustan väriä, eli mitä suurempi L-arvo, sen lähempänä väri on valkoista. Vaakasuunta a puolestaan mittaa värejä vihreä ja punainen sekä poikittaissuunta b mittaa värejä keltainen ja sininen.



Kuva 20. Väridiagrammi (Farbtabellen 2020)

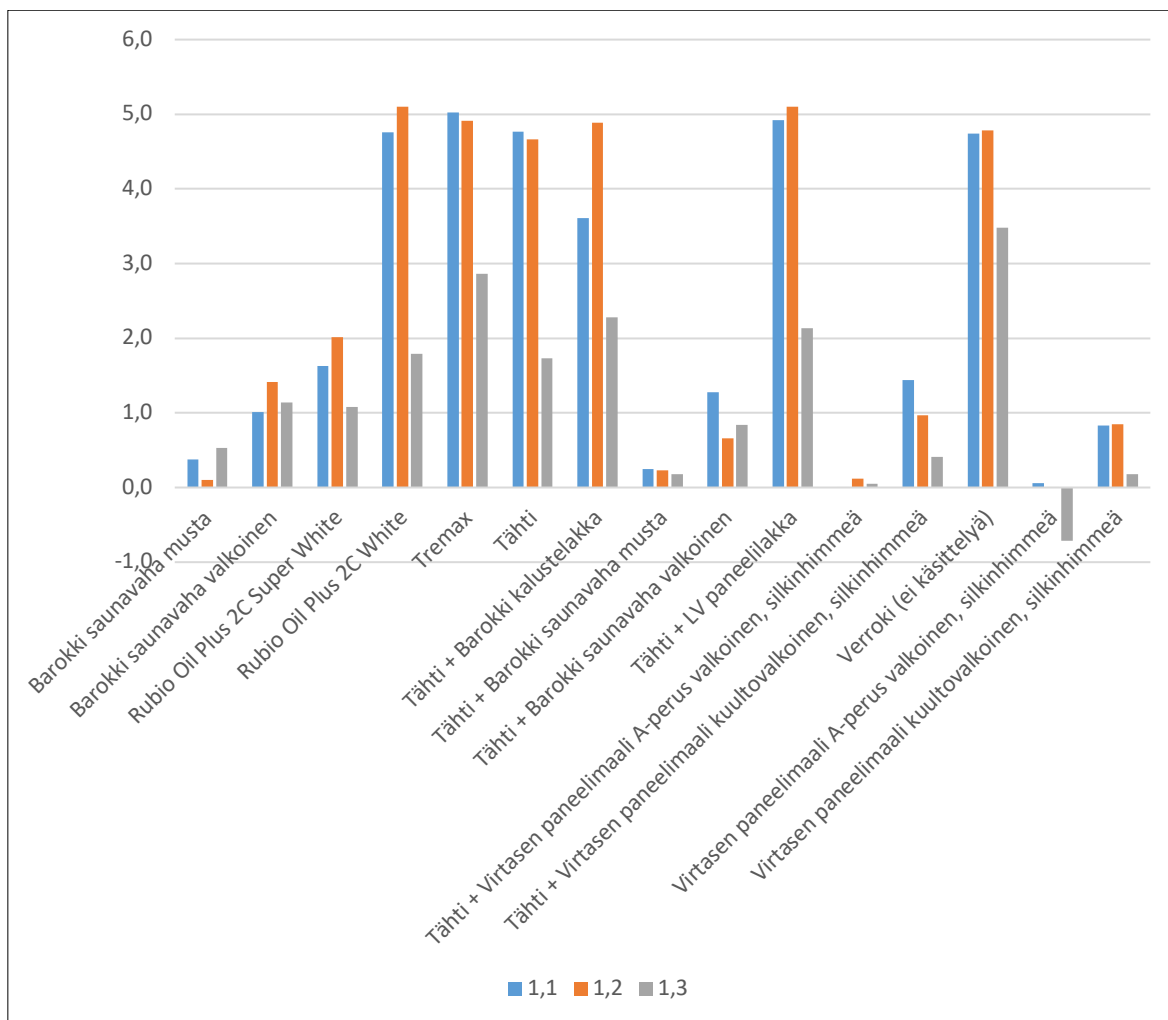
Värimittarin tuloksia tarkastellessa tulee huomioida, että tulokset vaihtelevat eri käsittelyaineiden ja värien kanssa paljon, joten tuloksia tulisikin verrata lähinnä saman käsittelyaineen koekappaleiden kesken, jos halutaan tarkastella UV-rasituksen vaikutusta. Puolestaan, jos halutaan tarkastella, mikä käsittelyaine säilytti värinsä parhaiten UV-rasituksen aikana, voidaan tarkastella kaikkia kuvioita 8, 9, ja 10. Alla olevassa kuviossa 8 on esitettyä mittaustulosten L-arvot kaikista koekappaleista. Värimittauksen tarkat tulokset ovat esitetty liitteissä (Liite 2.).



Kuvio 8. Värimittausten tulokset L-arvojen osalta

Värimittaus saatujen tulosten perusteella onnistui, sillä verratessa esimerkiksi Fintex Barokki saunavahan mustan sävyn tuloksia kuviossa 8., huomataan, että L-arvot olivat hieman paremmat yhdistelmällä Tähti (lipeä), jonka päälle levitettiin saunavaha, kuin pelkällä saunavahalla. Samoin, kun verrataan Fintex Barokki saunavahan valkoisen sävyn

tuloksia, huomataan, että yhdistelmä lipeästä ja saunavahasta on saanut paremmat L-arvot, eli koekappaleet olivat väriltään valkoisempia, kuin pelkällä saunavahalla käsitellyt kappaleet.

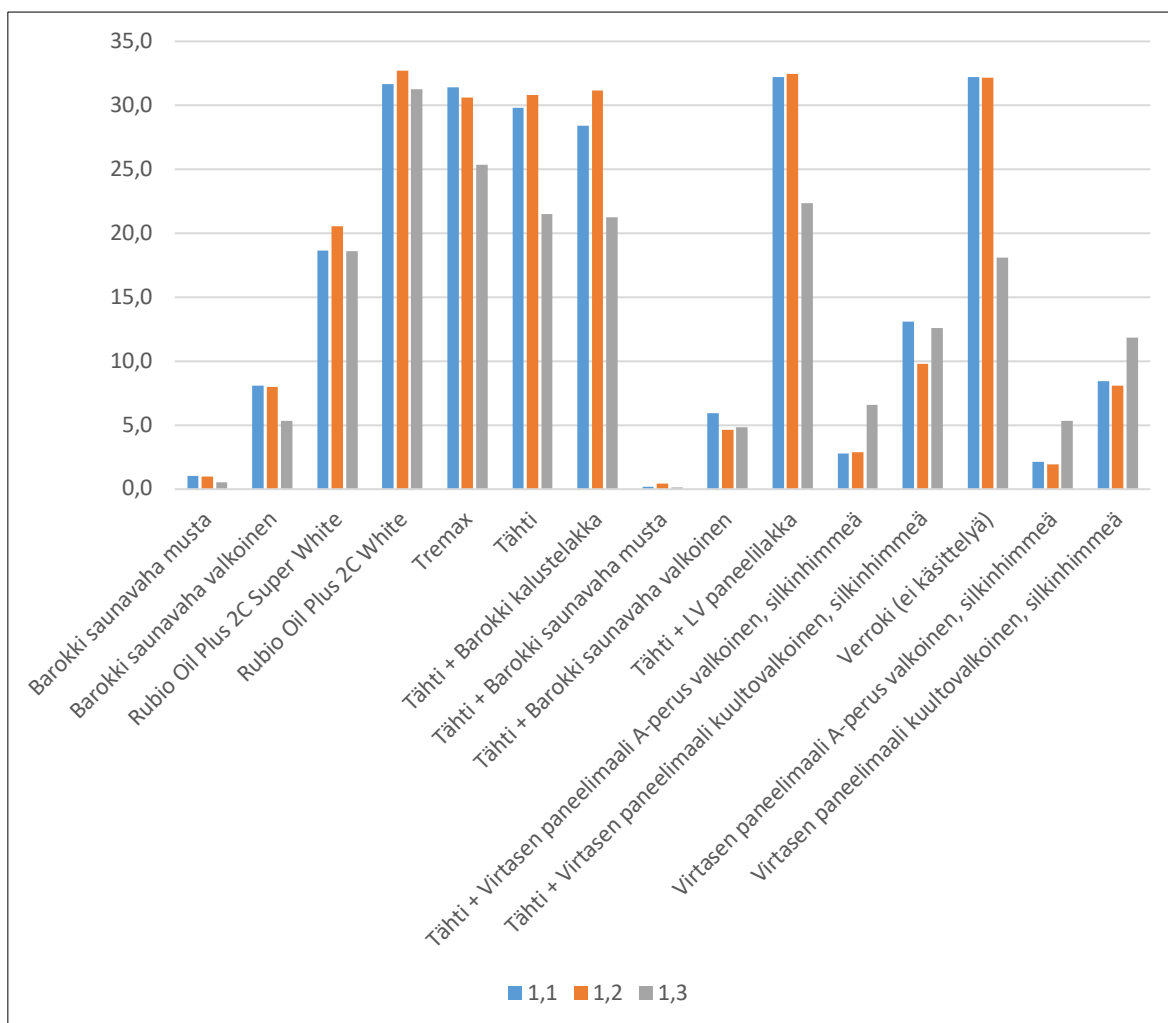


Kuvio 9. Värimittausten tulokset a-arvojen osalta

Yllä olevassa kuviossa 9. on esitettyä värimittauksen tulokset a-arvojen osalta. Positiivinen a-arvo tarkoittaa, että väri on lähempänä punaista ja puolestaan negatiivinen a-arvo lähempänä vihreää väriä. Ainoastaan yksi koekappale oli a-arvoltaan negatiivinen ja se oli Virtasen paneelimaalin sävyiltä A-perusvalkoinen verrokkina ollut kappale, joka ei ollut sääkaapissa.

Tuloksia tutkiessa voidaan huomata, että esimerkiksi Virtasen paneelimaalien osalta koekappaleet, joissa ei ollut lipeäkäsittelyä alla, a-arvo oli lähempänä arvoa 0 tai negatiivinen, kun puolestaan kappaleet, joissa lipeäkäsittely oli tehty, arvot olivat selvemmin positiivisen

puolella. Verrattaessa puolestaan Fintex Barokki saunavahaa sävyiltä valkoinen, arvot olivat enemmän positiivisen puolella ilman lipeäkäsittelyä, kun sen kanssa. Tästä voidaan päätellä, että lipeäkäsittelystä on hyötyä, sillä väriarvot eivät lähde muuttumaan (nousemaan tai laskemaan asteikolla) niin paljoa, vaan pysyvät lähempänä arvoa 0. Tuloksista voidaan todeta, että lipeän hyöty on vähäinen, kun keskitytään pelkästään värimittaustestin tuloksiin a-arvojen osalta.



Kuvio 10. Värimittausten tulokset b-arvojen osalta

Yllä olevassa kuviossa 10. on esitetty värimittausten tulokset b-arvojen osalta. Positiivinen b-arvo tarkoittaa, että väri on lähempänä keltaista, kun puolestaan negatiivinen b-arvo on lähempänä sinistä. Kaikki mittauksen arvot pysyivät positiivisen puolella.

Tutkittaessa tuloksia käsittelyaineelta Fintex Barokki saunavaha sävyiltä musta, ovat tulokset lähempänä arvoa 1, kuin yhdistelmässä Barokki saunavaha, jonka alle on levitetty

lipeä, tulokset ovat lähempänä arvoa 0. Verrattaessa saman tuotemerkin sävyä valkoinen ovat tulokset ilman lipeää lähempänä arvoa 8, kun lipeän kanssa tulokset ovat arvossa 5. Näistä tuloksista voidaan päätellä, että lipeästä on hyötyä, sillä se estää väriä muuttumasta keltaiseen.

## 6.2 Tulokset ulkokäyttöön tarkoitetuilla käsittelyaineilla

Toimeksiantajayritys halusi ulkokäyttöön testattavien käsittelyaineiden testitavaksi ulkoilmatestauksen, joka toimisi samalla värikarttana eri maaleista ja käsittelyaineista, jotka ovat jatkuvassa UV-säteilyrasituksessa sekä lämpötilan ja kosteuden vaikutuksen alaisena. Nämä testauskappaleet koottiin yrityksen tontille kaikki samaan paikkaan ja niistä tehtiin ikään kuin aita, josta myös asiakkaat voivat verrata eri käsittelyaineiden kestävyyttä. Alla olevassa kuvassa 21. on ulkokäyttöön soveltuvia käsittelyaineita muun muassa Virtasen tuotemerkiltä sekä Rubiolta.



Kuva 21. Ulkokäyttöön soveltuvien käsittelyaineiden testauskappaleita

Ulos soveltuvien käsittelyaineiden testauskappaleissa tutkittiin myös liimasauman peittyvyyttä. Liimasauman väriksi valittiin musta, sillä se on yleisin väri, jota yritys käyttää. Etenkin tummat värit tai paksummat käsittelyaineet peittivät liimasauman hyvin. Alla olevassa kuvassa 22. on esitettyinä kaikki loput ulkokäyttöön soveltuvien käsittelyaineiden testauskappaleet.



Kuva 22. Ulkokäyttöön soveltuvien käsittelyaineiden testauskappaleita

Ulos tarkoitettujen käsittelyaineiden tulokset hiontojen osalta. Hiontoja tehtiin seuraavasti:

1. hionta nailonharjalla koneellisesti (kuva 23.)
2. ensin teräsharjalla koneellisesti hionta, jonka jälkeen nailonharjalla koneellisesti hionta (kuva 24.)
3. hiomakoneella ensin karkeudella P40 hionta, jonka jälkeen hiomakoneella karkeudella P80 hionta (kuva 25.).

Hiontatestissä käsittelyaineina käytettiin Rubio Monocoat HWP Sunprimer Black ja Hybric Wood Protector Black yhdistelmää. Testin tarkoituksena oli havaita eroja hiotussa pinnassa ja pystyä toteamaan yksiselitteisesti, mikä hionta sopii parhaiten testattaville käsittelyaineille. Testin tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 7. sekä kuvissa 23, 24 sekä 25.

Taulukko 7. Hiontojen tulosten vertailu

Hionta:	Levitettävyyys:	Pois pyyhintä:	Imeytyminen:	Pinnan karkeus:
P40 + P80	helppo	helppo	hyvä	1. karkein
Nailon	helppo	helppo	hyvä	2. karkein
Teräs + nailon	helppo	helppo	hyvä	3. karkein

Alla olevassa kuvassa 23. testattiin Rubio Monocoat HWP Sunprimer Black ja Hybric Wood Protector Black käsittelyaineiden visuaalisuutta, kun pinta oli hiottu nailonharjalla koneellisesti. Pinta oli testauksessa saatujen tulosten mukaan toiseksi paras.



Kuva 23. Nailonharjalla hiottu pinta sekä Rubio Monocoat HWP Black käsittelyaineet

Alla olevassa kuvassa 24. testattiin Rubio Monocoat HWP Sunprimer Black ja Hybric Wood Protector Black käsittelyaineiden visuaalisuutta, kun pinta oli hiottu teräsharjalla koneellisesti ja nailonharjalla koneellisesti. Pinta oli testauksessa saatujen tulosten mukaan huonoin.



Kuva 24. Teräsharjalla koneellisesti ja nailonharjalla koneellisesti hiottu pinta sekä Rubio Monocoat HWP Black käsittelyaineet

Alla olevassa kuvassa 25. testattiin Rubio Monocoat HWP Sunprimer Black ja Hybric Wood Protector Black käsittelyaineiden visuaalisuutta, kun pinta oli hiottu ensin hiomakoneella karkeudella P40, jonka jälkeen hiomakoneella karkeudella P80. Pinta oli testauksessa saatujen tulosten mukaan paras.



Kuva 25. Hiomapaperilla karkeuksilla P40 ja P80 hiottu pinta sekä Rubio Monocoat HWP Black käsittelyaineet

Tarkoitettuja eroavaisuuksia erilaisten hiontojen vaikutuksista käsittelyaineiden levitettävyyteen, pois pyyhintään tai imeytymiseen ei saavutettu. Kaikki kolme erilailla hiottua pintaa olivat käsiteltävyydeltään yhtä helposti käsiteltävissä, eikä eroavaisuuksia havaittu muuten, kuin pinnan karkeudessa. Nämä karkeuserot olivat silti keskenään verrattuna hyvin minimaalisia.

## 7 KEHITYSEHDOTUKSET

Aloitettua tutkimusta eri käsittelyaineista voisi jatkaa laajemmilla sääkaappitesteillä sisäkäyttöön tarkoitetuista käsittelyaineista, jotta voitaisiin saada tarkkoja arvioita, kuinka nopeasti UV-säteily alkaa värjäämään puun pintaa siitä huolimatta, että se on käsitelty joillakin siihen soveltuvista käsittelyaineista. Tutkimusta jatkettaessa voitaisiin myös tutkia, minkälainen vaikutus käsittelykertojen määrällä on CLT-elementin pinnan kellastumiseen. Käsittelykertojen lukumäärää, joita olisi hyvä tutkia, olisivat määrät 1, 2 ja 3.

Ulkokäyttöön soveltuvia käsittelyaineita olisi myös hyvä tutkia sääkaappitesteillä, jotka olisivat todenmukaisia Suomessa vallitsevien sääolosuhteiden kanssa. Ulkokäyttöön tarkoitettuja käsittelyaineita olisi sopiva testata syklillä, joka alkaisi sadetuksella, toisena olisi UV-rasitus ja viimeisenä pakkasrasitus. Sykliä määrää on vaikea arvioida, mutta tällaisella tutkimuksella voitaisiin ainakin aluksi verrata eri käsittelyaineiden kestävyksiä nopealla aikataululla.

Liimasaumoihin liittyvää tutkimusta voisi kehittää ottamalla mukaan useiden eri valmistajien liimamassoja sekä useita värejä niistä. Liimamassoista voitaisiin testata kestävyyttä sääkaappirasituksessa sellaisenaan sekä käsiteltynä esimerkiksi joillakin yrityksellä yleisimmin käytössä olevalla maalilla tai muulla käsittelyaineella.

Käsittelyaineista sekä kiteistä voisi jatkossa tehdä hintataulukot, joita toimeksiantajayritys voisi käyttää hyödyksi. Lisäksi kitejä voisi myös tutkia mahdollisessa seuraavassa työssä omana osuutena.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä onnistuttiin tutkimaan erilaisia pintakäsittelyaineita ja niiden yhdistelmiä, jotka ovat tarkoitettu CLT-seinän sisä- ja ulkopinnoille. Näiden tutkimustulosten avulla toimeksiantajayritys saa käyttöönsä heille entuudestaan tuntemattomia käsittelyaineita ja niiden levitystapoja.

Työn avulla toimeksiantajayritys pystyy valitsemaan sopivan käsittelyaineen tai tarvittaessa yhdistelmän käsittelyaineista, jos tavoitteena on saavuttaa esimerkiksi mahdollisimman hyvä UV-säteilyn kesto. Puolestaan, jos tavoite ei edellytä kaikkein parhaita UV-säteilyn kestoja, voi yritys säästää resursseja valitsemalla pelkän käsittelyaineen, joka on tulosten mukaan riittävän hyvä kyseiseen käyttökohteeseen. Tutkimustulokset antavat siis yritykselle mahdollisuuden valita sopiva käsittelyaine, jolla säästetään omia resursseja, mutta ei myöskään veloiteta asiakasta ylimääräisestä työstä, jolla ei olisi lopputuloksen kannalta merkitystä.

Työssä suoritettut tutkimukset onnistuivat suurimmalta osalta tutkituista käsittelyaineista sekä niiden yhdistelmistä ja niistä saadut tulokset edesauttavat toimeksiantajayritystä valitsemaan oikeanlaisia käsittelyaineyhdistelmiä työmaakohteista sekä asiakkaiden vaatimuksista riippuen. Esimerkiksi yhdistelmä työssä käytetystä lipeästä ja saunavahasta, paransi huomattavasti saunavahan ominaisuuksia UV-säteilyä vastaan. Toisaalta, kaikki saadut tulokset eivät olleet yksiselitteisiä sen suhteen, miksi jotkin käsittelyaineet eivät sovi käytettäväksi yhdessä ja tulosten mukaan jotkin yhdistelmät voivat jopa huonontaa käsittelyaineen toimivuutta, kuten Virtasen paneelimaalien ja lipeän yhdistelmän tuloksista voidaan huomata.

## LÄHTEET

Chips and Bricks 2020. Rubio Monocoat-tuotekuvasto [viitattu 11.7.2020]. Saatavissa:

<https://chipsandbricks.com/wp-content/uploads/2017/12/rubio-Monocoat-Esite.pdf>

Farbtabellen 2020. CIE-LAB-Farben [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa:

<https://farbtabellen.org/cie-lab-farben/>

Kainuun terva 2020a. Terva [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa:

[http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=23&Itemid=33](http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com_content&task=view&id=23&Itemid=33)

Kainuun terva 2020b. Maalitervat [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa:

[http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=46&Itemid=31](http://www.kainuunterva.com/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=31)

Kalkkimaalikauppa 2020. Värikartta-Dixie Belle Paint [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa:

<https://www.kalkkimaalikauppa.fi/tuote/varikartta-dixie-belle-paint>

K-rauta 2020a. Satu saunavaha [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: [https://www.k-](https://www.k-rauta.fi/tuote/satu-saunavaha-045l-harmaa/6414621097716)

[rauta.fi/tuote/satu-saunavaha-045l-harmaa/6414621097716](https://www.k-rauta.fi/tuote/satu-saunavaha-045l-harmaa/6414621097716)

K-rauta 2020b. V33 Esikäsittelyaine puulattioille 750ML [viitattu 6.10.2020]. Saatavissa:

<https://www.k-rauta.fi/tuote/v33-esikasittelyaine-puulattioille-750ml/3153895015417>

Lahden Puurakentajat Oy 2020. Lahden Puurakentajat Oy [viitattu 30.6.2020]. Saatavissa:

<https://www.lahdenpuurakentajat.fi/>

Maaseudun Tulevaisuus 2020. Kunnilla on nyt näytön paikka: Viiden vuoden kuluttua joka toisen uuden rakennuksen on oltava puuta [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa:

<https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.1223877>

Museovirasto 2020a. Keittomaali [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa:

<https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/korjauskortti-12.pdf>

Museovirasto 2020b. Öljymaali [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa:

<https://www.museovirasto.fi/uploads/Arkisto-ja-kokoelmapalvelut/Julkaisut/korjauskortti-13.pdf>

Museovirasto 2020c. Julkisivu kalkkimaali [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa:

<https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/korjauskortti-23.pdf>

Puijon Terva 2020. Tervamaali [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa:

<http://www.puijonterva.fi/tervamaalit.php>

Puurakentajat 2020a. Puurakentajat ostaa Lahden Puurakentajat Oy:n [viitattu 22.9.2020]. Saatavissa: <https://www.puurakentajat.fi/uutisianews/2020/9/18/puurakentajat-ostaa-lahden-pientalot-oy>

Puurakentajat 2020b. CLT-talot [viitattu 24.9.2020]. Saatavissa: <https://www.puurakentajat.fi/clt-talot>

Puuinfo 2020a. Monikerroslevy (CLT) [viitattu 1.9.2020]. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/>

Puuinfo 2020b. Pintakäsittelyt sisätiloissa [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puupinnat/puun-pintakasittelyt/>

Puuinfo 2020c. Puurakenteiden palomitoitus [viitattu 16.10.2020]. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/10-Puurakenteiden-palomitoitus.pdf>

Puuinfo 2020d. Puulattiat [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/teeseitse/sisatilat/puulattiat/>

Puumerkki 2020. CLT-levy [viitattu 1.9.2020]. Saatavissa: [https://www.puumerkki.fi/tuotteet\\_ja\\_tuotemerkit/clt-levy.html](https://www.puumerkki.fi/tuotteet_ja_tuotemerkit/clt-levy.html)

Rubio Monocoat 2020a. Rubio Monocoat Sunprimer HWP [viitattu 6.10.2020]. Saatavissa: <https://www.rubiomonocoat.com/en/p/products/exterior/32-exterior-wood-care-pre-treatment-products/pre-colouring/80-rubio-monocoat-sunprimer-hwp?country=aa>

Rubio Monocoat 2020b. Rubio primers [viitattu 6.10.2020]. Saatavissa: <http://www.monocoat.it/en/adhesives/rubio-primers>

Sterling 2020. CLT (cross-laminated timber) mats 101 [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://www.sterlingsolutions.com/blog/clt-mats-101-cross-laminated-timber/>

Suomen kemian historia 2020. Tervanpolton historia Suomessa [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa: <https://kemiahistoria.luma.fi/tervanpolton-historia-suomessa/>

Suomen luonnonmaalit 2020a. Aito Hangon Värin Keittomaali – Slanfärg [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://suomenluonnonmaalit.fi/tuotteet/keittomaali/>

Suomen Luonnonmaalit 2020b. Pajutex-Tervatex Kuultomaali [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://suomenluonnonmaalit.fi/tuotteet/kuultomaali-tervatex/>

Tikkurila 2020. Ohjeet saunan pinnoille [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa: <https://tikkurila.fi/ohjeet-sisamaalaukseen/saunatilat>

TM Rakennusmaailma 2017. Lipeä käsittely suojaa puuta [viitattu 17.9.2020]. Saatavissa: <https://rakennusmaailma.fi/lipeakasittely-suojaa-puuta/>

Virtasen maalitehdas 2020a. Virtasen värikartta [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa: <https://www.virtasenmaalitehdas.fi/varikartta/>

Virtasen maalitehdas 2020b. Virtasella maalattu päiväkotikoti Paraisilla [viitattu 9.11.2020].  
Saatavissa: [https://www.virtasenmaalitehdas.fi/kuvagalleria/paivakodin\\_monet\\_varit/](https://www.virtasenmaalitehdas.fi/kuvagalleria/paivakodin_monet_varit/)

Yle 2020. Tervahauta sytytetään ruotsalaisin opein [viitattu 9.11.2020]. Saatavissa:  
<https://yle.fi/uutiset/3-6158797>

Ympäristöministeriö 2020. Puurakentamisen ohjelma [viitattu 27.10.2020]. Saatavissa:  
<https://ym.fi/puurakentaminen>

## LIITTEET

## Liite 1. Kiiltomittauksen tulokset lukuarvoina

Käsittelyaine:	1,1	1,2	1,3	Keskiarvo:
Barokki saunavaha musta	2,2	2,1	2,2	2,2
Barokki saunavaha valkoinen	7,9	6,9	5,9	6,9
Rubio Oil Plus 2C Super White	2,9	3,3	3,3	3,2
Rubio Oil Plus 2C White	3,0	3,6	2,3	3,0
Tremax	3,4	3,4	3,7	3,5
Tähti	3,0	2,6	4,0	3,2
Tähti + Barokki kalustelakka	8,5	5,7	7,1	7,1
Tähti + Barokki saunavaha musta	2,4	2,9	3,2	2,8
Tähti + Barokki saunavaha valkoinen	10,2	10,7	11,3	10,7
Tähti + LV paneelilakka	4,2	5,0	4,5	4,6
Tähti + Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä	2,1	2,2	2,3	2,2
Tähti + Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä	1,8	1,8	1,8	1,8
Verroki (ei käsittelyä)	5,7	5,3	6,1	5,7
Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä	2,5	2,4	2,2	2,4
Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä	2,0	1,8	1,8	1,9

## Liite 2. Värimittauksen kaikki tulokset lukuarvoina

Käsittelyaine:	1,1			1,2			1,3		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Barokki saunavaha musta	27,05	0,38	1,03	27,39	0,10	1,00	26,89	0,53	0,53
Barokki saunavaha valkoinen	88,83	1,01	8,08	87,96	1,41	7,98	90,96	1,14	5,35
Rubio Oil Plus 2C Super White	83,96	1,63	18,65	82,79	2,01	20,56	87,09	1,08	18,60
Rubio Oil Plus 2C White	76,25	4,76	31,68	75,83	5,10	32,69	84,09	1,79	31,26
Tremax	75,23	5,02	31,39	73,12	4,91	30,60	80,73	2,86	25,37
Tähti	73,68	4,77	29,82	75,28	4,66	30,79	84,57	1,73	21,48
Tähti + Barokki kalustelakka	76,94	3,61	28,43	74,39	4,89	31,15	83,08	2,28	21,27
Tähti + Barokki saunavaha musta	27,44	0,25	0,21	27,84	0,23	0,43	27,17	0,18	0,14
Tähti + Barokki saunavaha valkoinen	88,72	1,28	5,93	90,12	0,66	4,65	91,51	0,84	4,85
Tähti + LV paneelilakka	73,16	4,92	32,23	73,52	5,10	32,45	82,31	2,13	22,37
Tähti + Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä	93,03	0,01	2,81	92,70	0,12	2,89	92,09	0,05	6,57
Tähti + Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä	85,10	1,44	13,09	86,47	0,97	9,82	88,14	0,41	12,61
Verroki (ei käsittelyä)	75,96	4,74	32,20	76,40	4,78	32,15	83,66	3,48	18,12
Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä	93,79	0,06	2,14	93,62	0,01	1,95	94,09	-0,71	5,36
Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä	88,31	0,83	8,46	88,38	0,85	8,07	89,38	0,18	11,85

## Liite 3. Barokki saunavaha musta



Liite 4. Barokki saunavaha valkoinen



Liite 5. Rubio Oil Plus 2C Super White



Liite 6. Rubio Oil Plus 2C White



Liite 7. Tremax



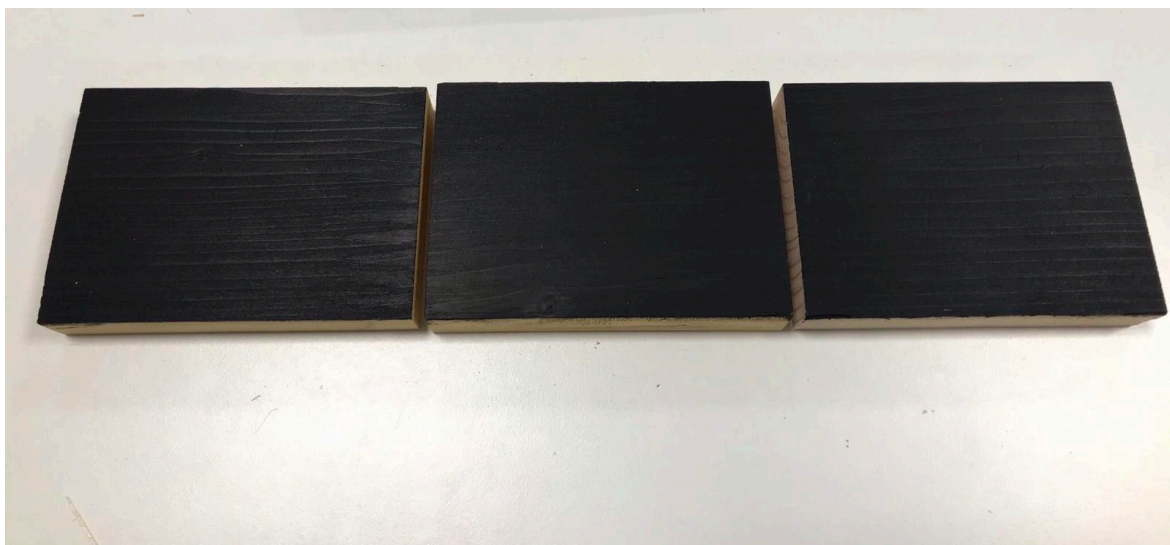
Liite 8. Tähti



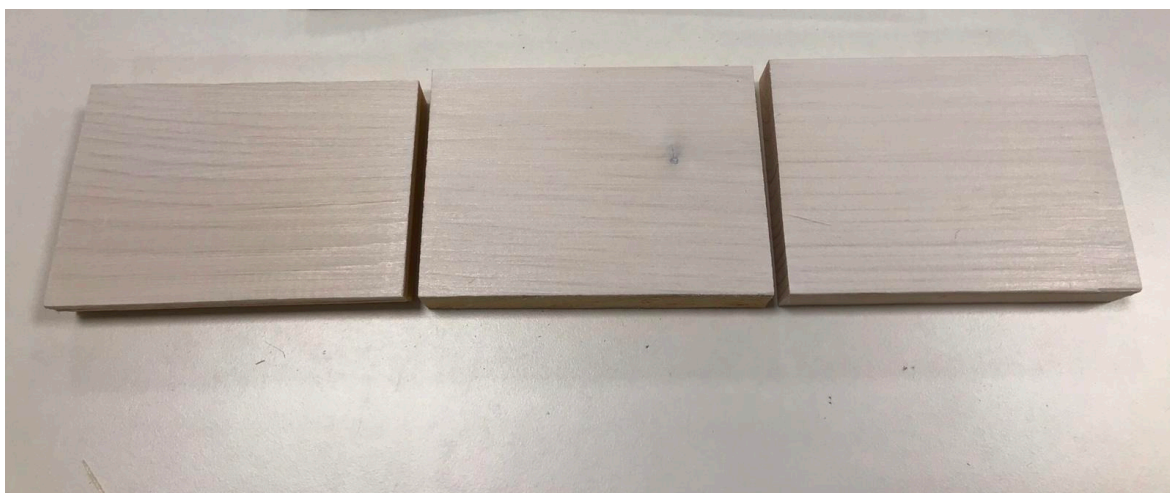
Liite 9. Tähti + Barokki kalustelakka



Liite 10. Tähti + Barokki saunavaha musta



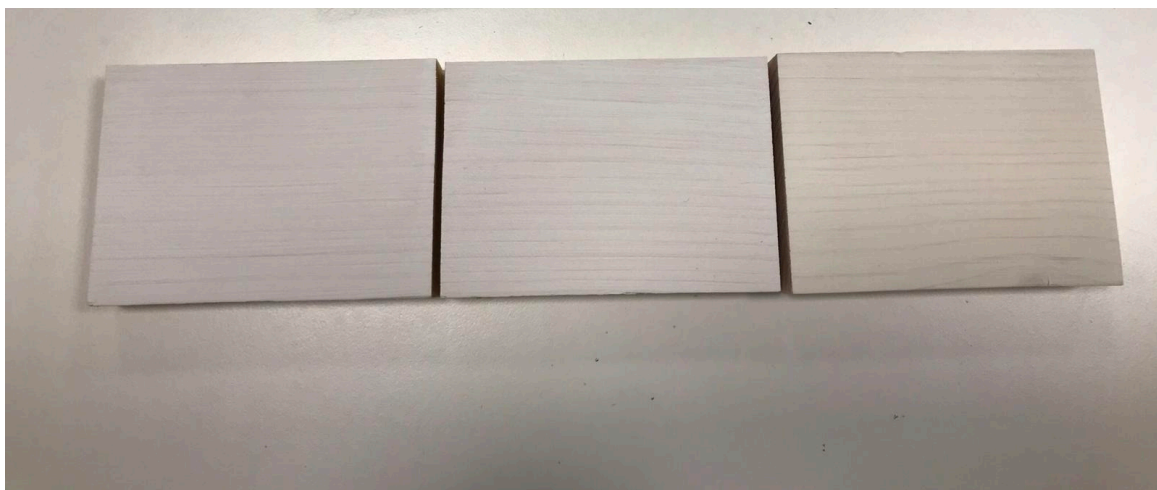
Liite 11. Tähti + Barokki saunavaha valkoinen



Liite 12. Tähti + LV paneelilakka



Liite 13. Tähti + Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä



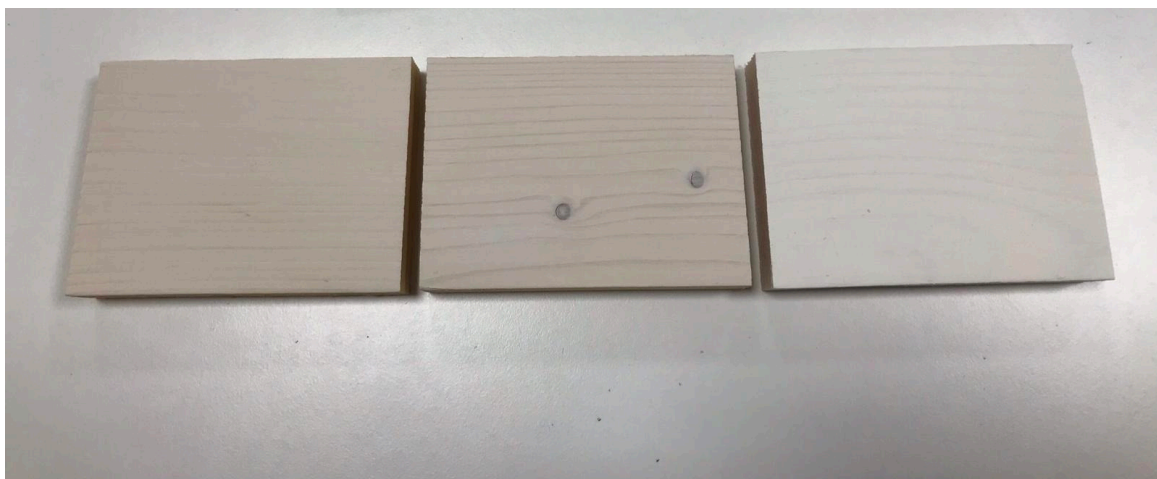
Liite 14. Tähti + Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä



Liite 15. Verroki (ei käsittelyä)



Liite 16. Virtasen paneelimaali A-perus valkoinen, silkinhimmeä



Liite 17. Virtasen paneelimaali kuultovalkoinen, silkinhimmeä

