

LÄMPÖPUUN SOVELTUVUUS IKKUNOIDEN VALMISTUKSESSA

Lämpöpuuyhdistys ry

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK)
Prosessi- ja materiaalitekniikka
Syksy 2019
Opinnäytetyö
Erik Mänty

Tiivistelmä

| | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| Tekijä(t) Mänty, Erik | Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK | Valmistumisaika Syksy 2019 |
| | Sivumäärä 33 | |
| Työn nimi Lämpöpuun soveltuvuus ikkunoiden valmistuksessa Lämpöpuuyhdistys ry | | |
| Tutkinto Insinööri (AMK) | | |
| Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia lämpöpuun soveltuvuus ikkunoiden valmistuksessa ensin teoriassa, jonka jälkeen kokeellisessa osuudessa tutkitaan, miten ikkunoiden valmistus lämpöpuusta käytännössä sujui. Toimeksiantajana oli Lämpöpuuyhdistys ry.</p> <p>Yhteistyökumppaneiden kanssa, joihin kuului Lämpöpuuyhdistyksen lisäksi Luno Oy, HR-Ikkunat Ruhkala Oy ja Puuteollisuusyrittäjät ry, käytiin palaveri, jossa päätettiin projektin keskeiset kohdat ja aikataulut.</p> <p>Lämpöpuun valmistusmenetelmät eivät olleet oleellisia ikkunan valmistuksessa, joten niitä ei tutkittu tässä projektissa pintaa syvemältä. Lämpöpuun ominaisuudet ovat hyvinkin tärkeässä roolissa ja tässä projektissa käsitellään nimenomaan Thermowood® -tuotteita ja niiden eri ominaisuuksia. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa lämmönjohtavuus ja säänkesto sekä yleiset käyttökohteet.</p> <p>Teoriaosuuden jälkeen tehtiin käytännön kokeet, joihin kuului ikkunoiden valmistus HR-Ikkunat Ruhkala Oy:n tehdastiloissa. Testattavia työvaiheita olivat aihoiden liimaus, koneistus, tapitus ja pintakäsittely.</p> <p>Ikkunoiden lopullinen asennus tehtiin Lapuan seurakuntataloon. Asennusvaiheessa tutkittiin, onko tarvetta erityisille toimenpiteille, kun toimitaan lämpöpuuikkunoiden kanssa.</p> <p>Asennettuja lämpöpuuikkunoita seurataan mahdollisesti jonkin toisen projektin muodossa, jonka jälkeen voidaan lopullisesti selvittää, kuinka hyvin lämpöpuuikkunat kestävät aikaa ja kulutusta sekä onko lämpöpuusta loppujen lopuksi kannattavaa tai edes järkevää alkaa valmistamaan ikkunoita teollisessa mittakaavassa.</p> | | |
| Asiasanat lämpökäsitelty puu, lämpöpuu, ikkunateollisuus, thermowood® | | |

Abstract

| | | |
|--|--|--------------------------|
| Author(s) Mänty, Erik | Type of publication Bachelor's thesis | Published Autumn 2019 |
| | Number of pages 33 | |
| Title of publication Thermally modified wood in window manufacturing International ThermoWood Association | | |
| Name of Degree Engineer | | |
| Abstract <p>In this project I first study the suitability for thermally modified wood in window manufacturing at a theoretical level and then I study the window manufacturing process in practice and see how it all went.</p> <p>We decided the schedule and essential points with other partners who were along in this project. The current window industry in Finland is briefly discussed.</p> <p>The methods for producing the thermally modified wood were not essential, so they were not investigated deeper in this project. The properties of thermally modified wood play a very important role and this project specifically addresses ThermoWood® products and their various properties. These features include thermal conductivity, weather resistance and general applications.</p> <p>After the theoretical part, practical tests were carried out, which included the manufacture of thermally modified wood windows in the factory premises of HR-Ikkunat Ruhkala Oy. The work stages to be tested included gluing preforms, machining, tapping and finish of the product.</p> <p>The final installation of the windows was done at the Lapua Parish Hall. During the installation phase, it was investigated whether there is a need for special measures when dealing with thermo-wood windows.</p> <p>The windows will be monitored in the form of another project, after which it will be possible to finally determine how well the windows will withstand time and wear and whether it is ultimately profitable or even sensible to start making thermally modified wood windows on an industrial scale.</p> | | |
| Keywords thermally modified wood, window industry, thermowood® | | |

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | YHTEISTYÖKUMPPANIT | 2 |
| 2.1 | Lämpöpuuyhdistys ry | 2 |
| 2.2 | Ikkunateollisuus Suomessa | 2 |
| 3 | LÄMPÖPUU | 3 |
| 3.1 | Lämpöpuun valmistaminen | 3 |
| 3.2 | ThermoWood® | 3 |
| 3.3 | ThermoWood®:in ominaisuudet..... | 6 |
| 3.3.1 | Lämmönjohtavuus | 7 |
| 3.3.2 | Säänkestävyys | 8 |
| 3.3.3 | Yleiset käyttökohteet..... | 8 |
| 3.3.4 | Käyttö ulkomailla | 10 |
| 3.3.5 | Signaalien läpäisykyky..... | 10 |
| 3.4 | Lämpöpuun käyttökohteet..... | 11 |
| 3.5 | Lämpöpuun soveltuvuus ikkunoissa | 16 |
| 4 | KOKEELLINEN OSUUS | 18 |
| 4.1 | Ikkunoiden valmistus | 18 |
| 4.1.1 | Liimaus..... | 19 |
| 4.1.2 | Koneistus..... | 20 |
| 4.1.3 | Tapitus..... | 21 |
| 4.1.4 | Pintakäsittely | 22 |
| 4.2 | Tulokset..... | 24 |
| 5 | LOPPUKOHDE..... | 27 |
| 5.1 | Lapuan seurakuntatalon ikkunoiden asennus ja lopputulos | 27 |
| 5.2 | Kunnostus | 28 |
| 6 | KEHITYSEHDOTUKSET | 29 |
| 7 | YHTEENVETO | 30 |
| | LÄHTEET | 31 |
| | LIITTEET | 33 |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää lämpöpuun (ThermoWood®) soveltuvuus ikkunoiden valmistuksessa. Yhteistyökumppanina toimi Lämpöpuuyhdistys ry, joka antoi myös opinnäytetyön aiheen. Projektissa olivat mukana myös Oy Lunawood Ltd, joka toimitti ikkunoiden materiaalin, HR-Ikkunat Ruhkala Oy, joka vastasi ikkunoiden kokoonpanosta, sekä Puuteollisuusyrittäjät ry. Ikkunoiden lopullinen asennuskohde oli Lapuan seurakuntatalo.

Tämän opinnäytetyön keskeinen tavoite on selvittää, onko lämpöpuusta järkevää valmistaa teollisessa mittakaavassa ikkunoita. Pohjataan lämpöpuun soveltuvuuden selvitys kahteen osaan: kirjalliseen ja kokeelliseen osuuteen, joiden avulla selvitetään tarkemmin lämpöpuun mahdollisuuksia puusepänteollisuudessa, tässä tapauksessa ikkunoissa.

Teoriaosuudessa paneudutaan lämpöpuun (ThermoWood®) teknisiin ominaisuuksiin, kuten lämmönjohtavuuteen ja sään keston. Lisäksi selvitetään lämpöpuun yleiset käyttökohteet, materiaalin käytön ulkomailla sekä signaalien läpäisykykyyn. Tässä opinnäytetyössä kerrotaan myös lyhyesti Suomen ikkunateollisuudesta tänä päivänä.

Kokeellisessa osuudessa keskitytään lämpöpuuikkunan valmistamiseen tehdasolosuhteissa. Tutkittavia työvaiheita ovat lämpöpuuikkunan aihoiden liimaus, koneistus, tapitus ja pintakäsittely, joiden jälkeen ikkunat asennetaan lopulliseen kohteeseen Lapuan seurakuntatalolle. Asennusvaiheessa seurataan, aiheutuiko lämpöpuuikkunoista enemmän ongelmia asentajille normaaleihin ikkunoihin verrattuna.

Lopuksi pohditaan hieman lämpöpuuikkunan etuja ja haittoja. Lopullisen vastauksen saamiseen kysymykseen, onko lämpöpuusta järkevää valmistaa ikkunoita, menee vielä useampi vuosi, jotta nähdään, miten hyvin ikkunat kestävät oikeasti aikaa ja kulutusta. Ikkunoiden seurantaprojekti olisi tähän tarkoitukseen erittäin hyvä vaihtoehto.

2 YHTEISTYÖKUMPPANIT

2.1 Lämpöpuuyhdistys ry

Lämpöpuuyhdistys ry on perustettu vuonna 2000, ja nykyisin yhdistyksellä on 17 varsinaista jäsentä ja 6 kannattajajäsentä. Varsinaisilla jäsenillä on oikeus käyttää ThermoWood® -tavaramerkkiä. Lämpöpuun käyttö on kasvanut tasaisesti ja lisääntyy koko ajan. Yhdistyksen tehtävä on edistää ThermoWood® -tuotteiden käyttöä. (Luoma 2019, 31.)

Lämpöpuuyhdistys ry omistaa EU-alueella rekisteröidyn ThermoWood® (EU-tavaramerkki nro. 000922765) tavaramerkin. EU:n lisäksi Lämpöpuuyhdistys ry on rekisteröinyt ThermoWood® -tavaramerkin Sveitsissä, Japanissa, Kiinassa, Kanadassa ja USA:ssa, Turkissa, Venäjällä, Iranissa ja Intiassa. Vain Lämpöpuuyhdistys ry:n jäsenillä on oikeus käyttää ThermoWood® -tavaramerkkiä edellä mainituissa maissa. (Luoma 2019, 31.)

2.2 Ikkunateollisuus Suomessa

”Suomessa menee vuodessa kaupaksi yli puoli miljoonaa ikkunaa, noin 130 000 - 140 000 ulko- ja parvekeovea sekä noin 400 000 sisäovea.” Näin kirjoittaa Kauppalehti vuonna 2016 julkaistussa artikkelissaan. Luvut kuulostavat suurilta, mikä tietysti pitää paikkansa. Ei kuitenkaan pidä unohtaa sitä tosiasiaa, että Suomen kokoisessa pienessä valtiossa ikkunavalmistajia on kysyntään nähden aivan liikaa. (Sinervä 2016.)

Suuret ikkunavalmistajat, kuten Piklas, Skaala ja Pihla, Lammi saavat suuria tilauseriä ja voivat näin ollen toimittaa tuotteitaan halvemmalla. Tämä hankaloittaa pienten ikkunavalmistajien selviytymistä jo muutenkin vaikeasti kilpailtavilla markkinoilla. Onneksi rakentaminen on lisääntynyt vuosittain, etenkin uusia kerrostaloja valmistetaan kovaa vauhtia ja ne ovatkin suurin ikkunatehtaiden kohderyhmä.

Pääasiallinen raaka-aine ikkunoiden valmistuksessa on alumiini ja puu. Puuna käytetään yleensä sormijatkettua mäntyä, koska sillä saadaan parempi mittapysyvyys ja kestävämpi rakenne, lisäksi pinta on tasalaatuisempi puuttuvien oksien takia ja tämä helpottaa erityisesti puun pintakäsittelyä. Lämpökäsiteltyä puuta käytetään Suomessa ikkunoiden valmistukseen hyvin vähän.

3 LÄMPÖPUU

3.1 Lämpöpuun valmistaminen

Lämpöpuu valmistetaan sahatavarasta lämpökäsittelyprosessissa, jossa vesihöyryn ja korkean lämpötilan (n. 200 °C) avulla puu käsitellään. Korkeassa lämpötilassa pihka poistuu puusta ja puu värjäytyy selvästi tummemmaksi. Käsittelyn ansiosta puun lahon- ja säänkesto sekä lämmöneristys paranee ja kosteuseläminen pienenee. Puun kovuus ei juurikaan muutu, mutta sen tiheys voi vaihdella paljonkin riippuen puulajista. (Varis 2017, 268.)

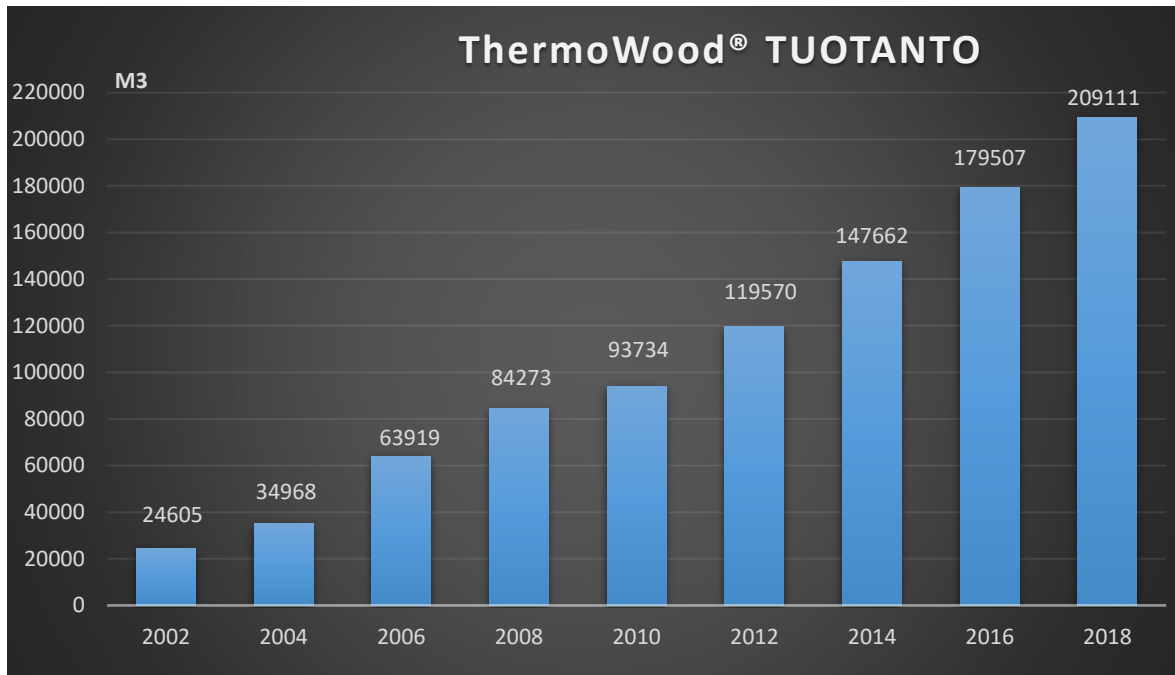
3.2 ThermoWood®

ThermoWood® on Lämpöpuuyhdistys ry:n omistama tavaramerkki. ThermoWood® -puumateriaali on valmistettu täysin luonnonmukaisesti korkeiden lämpötilojen ja vesihöyryn avulla. Hallittu lämpökäsittelyprosessi parantaa puun teknisiä ominaisuuksia tehden siitä mittapysyvää, lahonkestävää ja pihkatonta. ThermoWood® -tuotteet ovat myrkyttömiä, ja ne soveltuvat hyvin sekä ulko- että sisäkäyttöön kaikissa ilmastoissa. (Lämpöpuuyhdistys ry 2017c.)

ThermoWood® -konsepti koostuu seuraavista osa-alueista: teollinen lämpömodifiointiprosessi, rekisteröity tavaramerkki (ThermoWood®), riippumaton laadunvalvonta (Finotrol Oy), elinkaariarvio (LCA), sertifioitu raaka-aine (FFCS ja PEFC), standardisointi sekä jatkuva tutkimus- ja kehitystoiminta (Lämpöpuuyhdistys ry 2017a.)

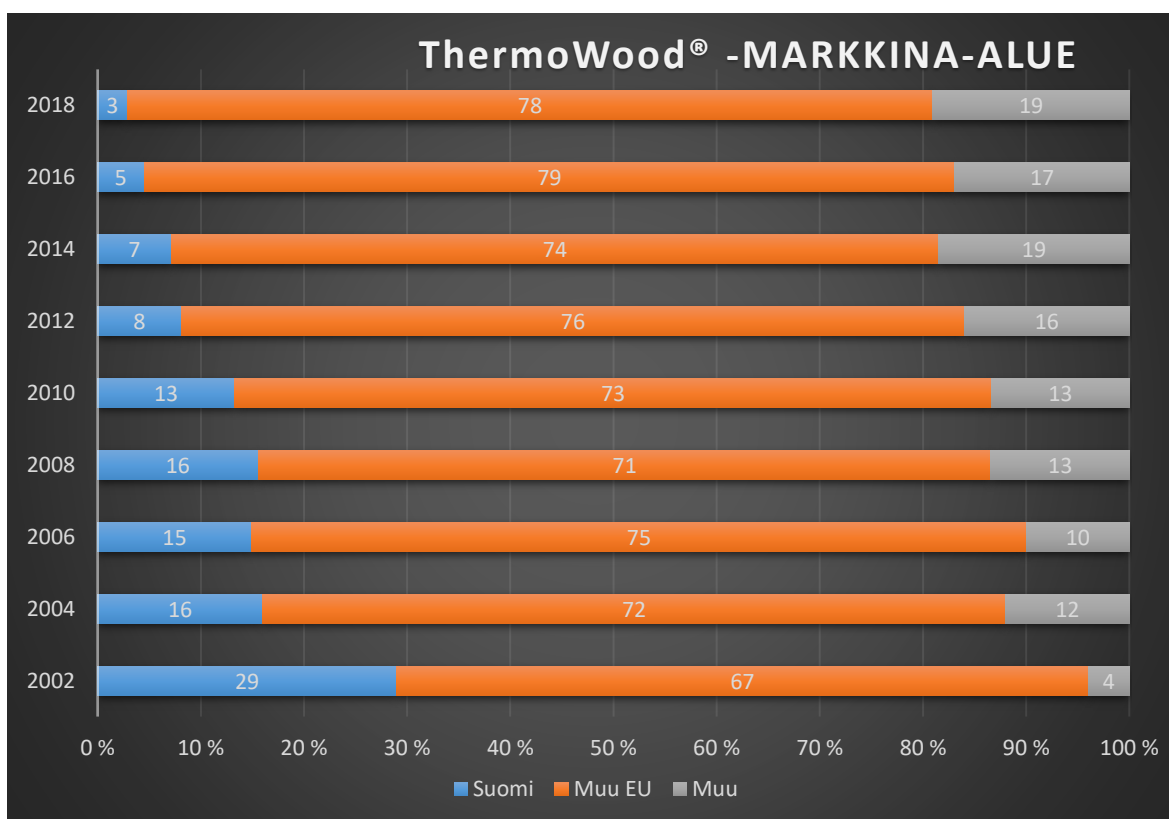
ThermoWood® -materiaalilla on kaksi yleistä tuoteluokkaa, joiden nimet ovat Thermo-S ja Thermo-D. ThermoWood® tuotantomäärä vuonna 2018 oli 209 111 m³. Kasvua edelliseen vuoteen verrattuna oli 7,9 %. Vuoden 2018 tuotannosta männyn osuus 46 % ja kuusen 43 %. ThermoWood® tuotannosta suurin osa, 81 %, päätyi EU:n alueelle. (Luoma 2019, 31.)

ThermoWood® tuotanto on kasvanut tasaisen jatkuvasti joka vuosi. Vuonna 2018 ThermoWood® -materiaalia tuotettiin yli 209 000 kuutiota (ks. kuvio 1). Tuotannon kasvu voidaan selittää kuluttajien lisääntyneellä kiinnostuksella ekologiseen rakentamiseen sekä uusien tuotantotilojen jatkuvalla kehityksellä ja investoinneilla. (Lämpöpuuyhdistys ry 2018.)



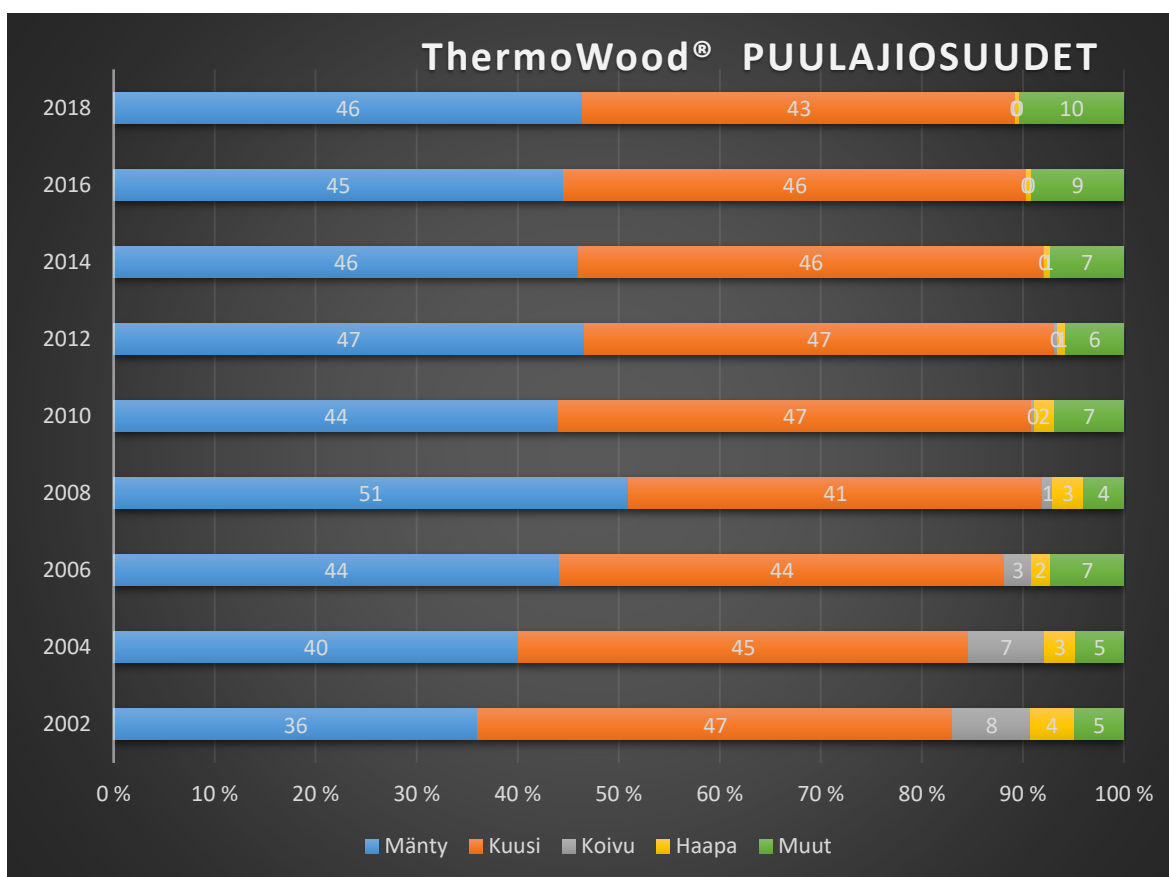
Kuvio 1. ThermoWood® tuotanto (Lämpöpuuyhdistys ry 2018)

ThermoWood® markkina-alue on vuosittain siirtynyt vähitellen pois Suomesta. Vuonna 2018 ThermoWood® osuus Suomessa oli 3 %, muualla Euroopassa 78 % ja muualla maailmassa 19 % (ks. kuvio 2). Vienti on siis merkittävästi lisääntynyt ja syinä tähän voidaan pitää esimerkiksi ulkomaiden kasvanutta kiinnostusta puurakentamiseen ja designiin. (Lämpöpuuyhdistys ry 2018.)



Kuvio 2. ThermoWood® markkina-alue (Lämpöpuuyhdistys ry 2018)

Mänty ja kuusi ovat aina olleet yleisimpiä puulajeja ThermoWood® valmistuksessa, mutta viime vuosina myöskin uusia lajeja on alettu käyttää enemmän (ks. kuvio 3). Koivu ja haapa ovat myös alkaneet vähitellen kadota uusien ja eksoottisempien puulajien tieltä. (Lämpöpuuyhdistys ry 2018.)



Kuvio 3. ThermoWood® puulajiosuudet (Lämpöpuuyhdistys ry 2018)

3.3 ThermoWood®:in ominaisuudet

ThermoWood® -prosessilla tuotetaan sahatavaraa kahteen luokkaan: Thermo-S ja Thermo-D. Nämä luokat määrittelevät lopputuotteen ominaisuudet. Kuvassa 1 on nähtävissä hyvin eri luokkien ulkoiset erot. Puun ominaisuudet muuttuvat merkittävästi lämpökäsittelyn seurauksena, jossa korkean lämpötilan ja vesihöyryn avulla puusta voidaan puskea ulos pihka ja saavuttaa parempi biologin kestävyys.

ThermoWood® yleisiä ominaisuuksia ovat

- mittapysyvyys
- alentunut tasapainokosteus
- parantunut lahonkesto
- pienentynyt lämmönjohtavuus
- pihka poistunut
- tasainen väri läpi puun
- myrkytön materiaali
- alentunut halkaisulujuus
- taivutuslujuus hieman alentunut.

(Lämpöpuuyhdistys ry 2017b.)

Thermo-S -luokan puun keskeisiä ominaisuuksia ovat

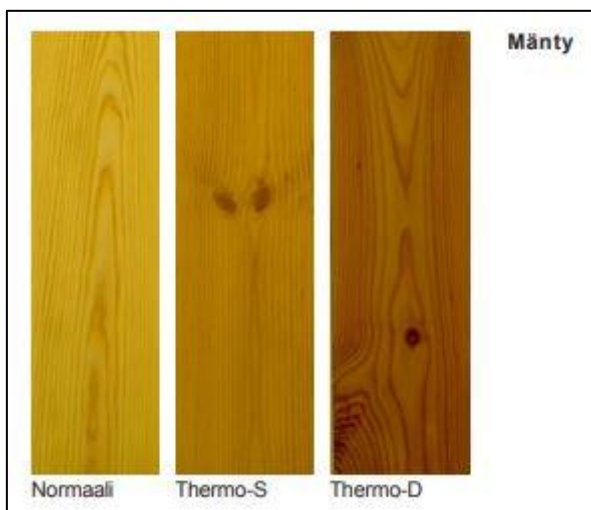
- vakaus
- stabiliteetti
- ulkonäkö

(Lämpöpuuyhdistys ry 2017b.)

Thermo-D -luokan puun keskeisiä ominaisuuksia ovat

- biologinen kestävyys
- stabiliteetti
- ulkonäkö

(Lämpöpuuyhdistys ry 2017b.)



Kuva 1. ThermoWood® -luokitus ja väri (Lämpöpuuyhdistys ry 2019)

3.3.1 Lämmönjohtavuus

Lämpöpuun lämmönjohtavuus on selvästi pienempi, kuin tavallisella puulla. Tämä johtuu ThermoWood®- prosessista, jonka ansiosta puun kuiva-ainetiheys sekä kosteus pienenevät. Thermo-S luokassa lämmönjohtavuus on noin 5 % alempi, kun taas Thermo-D luokassa n. 12 % alempi kuin samaan suhteelliseen kosteuteen tasaannutetussa sahatavassa. (Lämpöpuuyhdistys ry 2014.)

3.3.2 Säänkestävyys

Jos tarkastellaan lämpöpuun säänkestävyyttä ilman pintakäsittelyä, pysyy se selvästi kuivempana kuin tavallinen puu. Lämpökäsittelyn jälkeen puu on tosin vähemmän elastista ja näin ollen pinta halkeilee helpommin jatkuvan kastumisen ja kuivumisen seurauksena. Pintakäsittelyn käyttö on tärkeää etenkin lämpimässä ja kosteassa ilmastossa kosteuden ja eroosion suojaamiseksi. (Lämpöpuuyhdistys ry 2014.)

Auringon UV-säteilyyn lämpöpuu reagoi samanlailla kuin tavallinen puu. Säteily aiheuttaa puussa kemiallisia reaktioita, kuten ligniinin hajoamista, eikä siltä voida välttyä raaka-aineen valinnalla taikka prosessin muutoksilla. Ainoa vaihtoehto on käyttää UV-suojausta ja asianmukaista huoltokäsittelyä, jotta lämpöpuun ainutlaatuinen väri ei pääse haalistumaan. (Lämpöpuuyhdistys ry 2014.)

3.3.3 Yleiset käyttökohteet

ThermoWood®:in yleisimmät käyttökohteet sisätiloissa ovat saunan sisustukset, seinä- ja kattopaneelit, lattialaudat ja kalusteet. Ulkona käyttökohteita ovat ulkoverhoukset, säleiköt, terassit, aidat ja puusepänteollisuuden tuotteet, kuten ikkunat ja ovet. Kuvioissa 4 ja 5 näkyy hyvin yleisimmät käyttökohteet eri puulajeilla ja luokituksilla. (Varis 2017, 269.)

Käsittelyn havupuusahatavaran suositeltavia käyttökohteita ovat

- rakennekomponentit
- ulkoverhous
- ikkuna- ja ovirakenteet
- räystäslaudat
- terassit

| Havupuut | |
|---|---|
| Thermo-S Käsittelylämpötilä: 190 °C +/- 3 °C | Thermo-D Käsittelylämpötilä: 212 °C +/- 3 °C |
| <ul style="list-style-type: none"> - rakennekomponentit - sisustukset ja kiintokalusteet, kuivat tilat - huonekalut - puutarhakalusteet - saunan lauteet - lattiat - ikkuna- ja ovirakenteet - ulkoverhous - ikkunaluukut - räystäslaudat | <ul style="list-style-type: none"> - ulkoverhous - räystäslaudat - ulko-ovet - ikkunaluukut - ympäristörakenteet - sauna- ja kylpyhuone-sisustukset - lattiat - terassit - puutarhakalusteet |

Kuvio 4. Havupuun käyttökohteita eri luokissa (Lämpöpuuyhdistys ry 2019)

Käsitellyn lehtipuusahatavaran suositeltavia käyttökohteita ovat

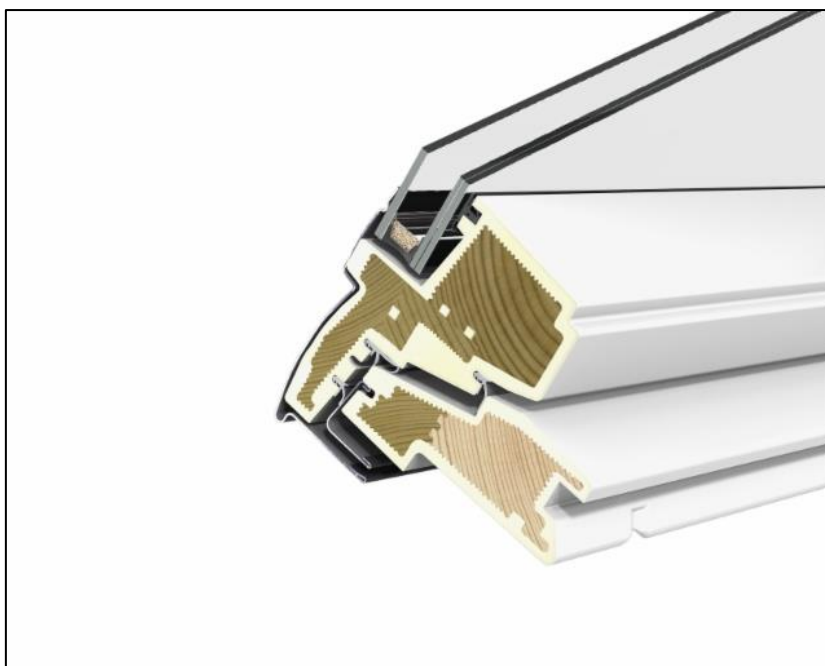
- sisustustavarat
- kiintokalusteet
- huonekalut
- lattiat
- saunan rakenteet
- puutarhakalusteet

| Lehtipuut | |
|--|---|
| Thermo-S Käsittelylämpötilä: 185 °C +/- 3 °C | Thermo-D Käsittelylämpötilä: 200 °C +/- 3 °C |
| <ul style="list-style-type: none"> - sisustukset - kiintokalusteet - huonekalut - lattiat - saunan rakenteet - puutarhakalusteet | Käyttökohteet kuten luokassa Thermo-S. Haluttaessa tummempaa värisävyä käytetään luokan Thermo-D tuotteita. |

Kuvio 5. Lehtipuun käyttökohteita eri luokissa (Lämpöpuuyhdistys ry 2019)

3.3.4 Käyttö ulkomailla

Lämpöpuun käyttö ulkomailla on yleistynyt. Etenkin ThermoWood®:in markkina-alueet ovat muuttuneen niin, että vientiä on enemmän ulkomaille, kuin mitä kotimaahan myydään. Myöskin ikkunateollisuus on alkanut käyttää vientituotteissaan lämpöpuuta, etenkin kattoikkunoissa. Kuvassa 2 voi erottaa tummemman puun, joka on lämpöpuuta. Velux toimittaa lämpöpuusta valmistettuja kattoikkunoita ulkomaille.



Kuva 2. Velux-kattoikkunan läpileikkaus (Lämpöpuuyhdistys ry 2017d)

3.3.5 Signaalien läpäisykyky

Tänä päivänä ikkunoiden ollessa eristävämpiä, kuin koskaan aikaisemmin, vaimentavat ne erilaisia langattomia signaaleja huomattavasti. Tämä on tekniikkapainotteisessa nyky-yhteiskunnassamme iso haaste toimistotilojen ja muiden vastaavien kohteiden kanssa, jossa tarvitaan vahvoja langattomia yhteyksiä. Onneksi tilanteeseen on havahduttu ja markkinoille on lanseerattu signaaleja läpäiseviä ikkunoita.

Yksi tämän hetken suurimmista ikkunoiden valmistajista Suomessa, Lammin Ikkuna Oy, on tuonut markkinoille heidän patentoidun Signal Window® -tavaramerkin. Heidän lähestymistapansa poikkeaa kilpailijoista siten, että he tekevät muutoksia suoraan lasielementtiin puitteiden sijaan. Tekniikka on tarkoin varjeltu salaisuus, mutta ikkunoissa on huomattavissa ”raaputuksen” jälkiä.

Tampereen teknillisen yliopiston langattoman tietoliikenteen tutkimusryhmä on tehnyt laajalti tutkimusta eri materiaalien signaalinläpäisykyvyistä. Sähköpostilla otettiin yhteyttä tutkimusryhmän jäseneseen, diplomi-insinööri Ari Aspiin, joka kertoi materiaalin kosteuden ja tiheyden vaikuttavan oleellisesti kappaleen vaimennukseen. Lämpöpuuta tosin ei ole vielä testattu, joten tulevaisuudessa siinä olisi erittäin hyvä tutkimuskohde. (Asp 2019.)

3.4 Lämpöpuun käyttökohteet

Lämpöpuulla on monia käyttökohteita, ja sitä voi käyttää ulkona, sisällä sekä kylpy- ja saunatiloissa. Ulkotiloissa lämpöpuuta voidaan käyttää esimerkiksi terassilautoissa (ks. kuva 3). Puun ominainen väri tuo näyttävän sävöksen terassin ulkonäköön ja lämpöpuun pihkattomuuden ja keveyden ansiosta se on myös helppo asentaa.



Kuva 3. Lunawoodin Luna Deck 2, Thermo-D luokan lämpökäsiteltyä mäntyä (Lunawood 2018a)

Ulkooverhouslaudat ja paneelit ovat myös hyviä käyttökohteita lämpöpuulle (ks. kuva 4). Jos puun tummaa väriä ei haluta pintakäsittellä, se harmaantuu ajan myötä ja luo näin ollen aivan uudenlaisen visuaalisen ilmeen tuotteelle. Lämpökäsittelyn ansiosta puu myös kestää sääolosuhteita varmemmin, kuin tavallinen puu.



Kuva 4. Lunawoodin Luna UTS paneeli, Thermo-D luokan lämpökäsiteltyä mäntyä (Lunawood 2018b)

Lämpöpuusta valmistetaan myös rimatuotteita ja palkkeja. Niitä voidaan käyttää niin sisällä, kuin ulkonakin esimerkiksi tilanjakajina tai aidoissa. Rimoista saa myös helposti valmistettua aurinkorimoja, jotka suojaavat osittain auringolta säilyttäen kuitenkin visuaalisesti miellyttävän ilmeen (ks. kuva 5).

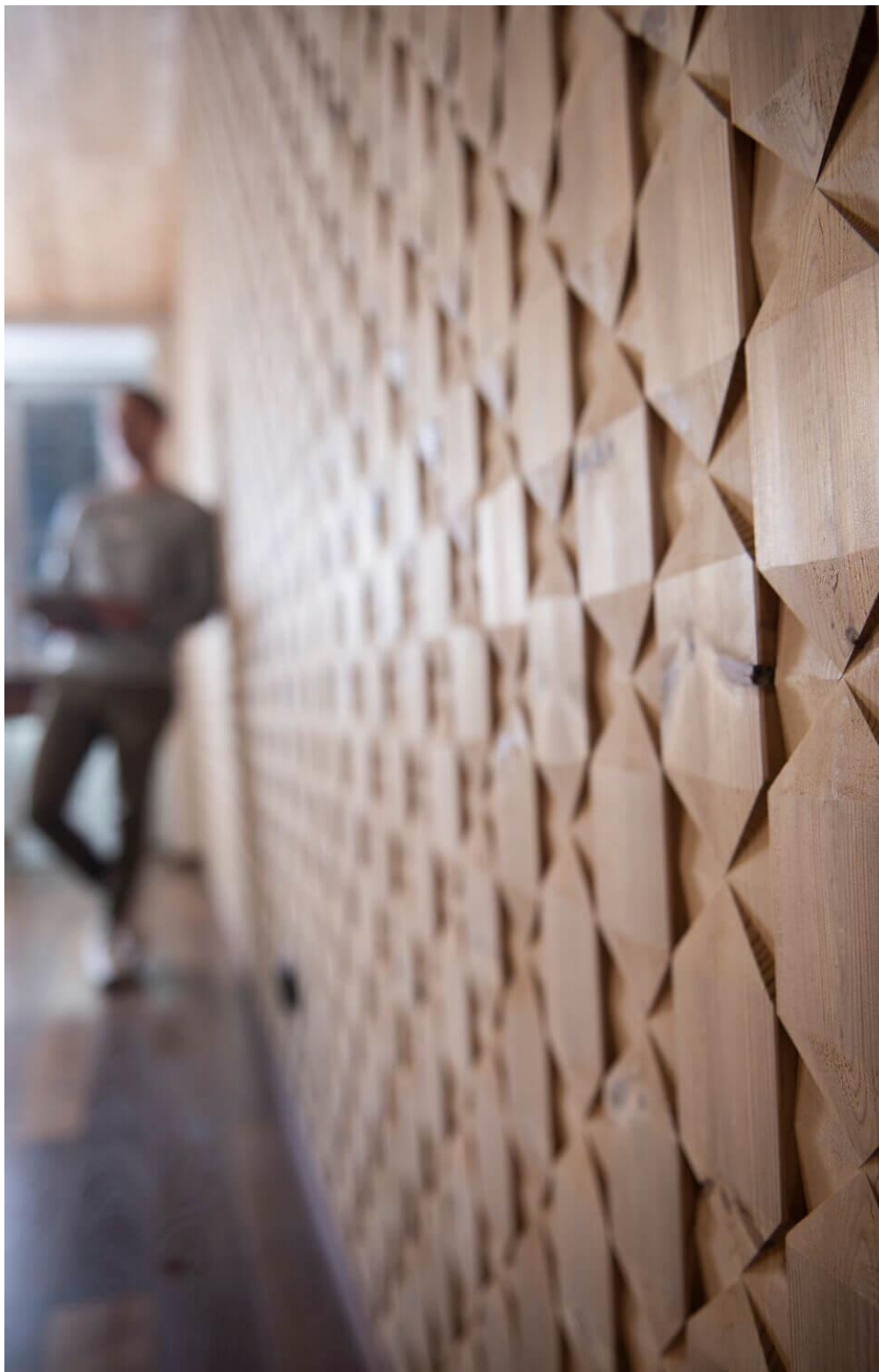


Kuva 5. Lunawoodin Luna SHP rima, Thermo-D luokan lämpökäsiteltyä mäntyä (Lunawood 2018c)

Sisätiloissa lämpöpuuta voi käyttää esimerkiksi seinissä, katossa, saunassa tai kylpytiloissa (ks. kuva 6). Lämpöpuun pihkattomuuden ja alhaisen kosteuselämisen vuoksi se soveltuu näihin tarkoituksiin loistavasti. Lisäksi sen tavaramerkkinä toimiva tumma väritys lisää kodin tunnelmaa ja viihtyvyyttä. Uuden 3D-teknologian ansiosta puun pintaan voidaan myös tuottaa erilaisia kuvioita (ks. kuva 7).



Kuva 6. Lunawoodin Luna SHP saunapaneeli, Thermo-S luokan lämpökäsiteltyä mäntyä (Lunawood 2018d)



Kuva 7. Jukolan tekstuuripaneeli, Thermo-D luokan lämpökäsiteltyä mäntyä (Lunawood 2018e)

3.5 Lämpöpuun soveltuvuus ikkunoissa

Tämän projektin keskeinen aihe oli selvittää, miten lämpökäsittely puu soveltuisi ikkunoiden valmistukseen. Soveltuvuutta pohdittiin teoreettisesta näkökulmasta, sekä kokeellisilla menetelmillä. Tässä luvussa keskitytään teoreettisen puoleen ja pohditaan, onko lämpöpuusta mahdollista tehdä ikkunoita ja onko se järkevää.

Teoriassa ikkunoiden tekeminen lämpöpuusta on hyvinkin mahdollista ja paperilla katsottuna jopa viisaampaa, kuin käsittelemättömästä puusta tehtynä, sillä lämpöpuu omaa paljon hyödyllisiä ominaisuuksia juuri puusepäntuotteille. Lämpökäsittely antaa puulle paljon sellaisia ominaisuuksia, joista varmasti olisi hyötyä myös ikkunateollisuudessa. Näistä suurimpana myyntivalttina pidetään pihkattomuutta, eli tuote on varsin stabiili.

Miten stabiilius sitten vaikuttaa ikkunoihin? Siitä on suurta hyötyä etenkin kestävyiden kannalta. Ikkunoiden säännöllinen huoltaminen on tärkeää niiden ominaisuuksien säilyttämiseksi, etenkin ulkonäöllisesti. Tavallinen puu voi ajan myötä puskea sisältään pihkaa puun ulkopinnoille, jolloin pinta vaurioituu ja ikkunasta tulee säälle altis, sekä ruman näköinen. Lämpökäsittelyllä puulla tätä ongelmaa ei ole, sillä pihka on ajettu ulos puusta lämpökäsittelyn yhteydessä.

Lämpöpuun hyödyt eivät näy pelkästään pitkällä tähtäimellä, vaan niistä on jo hyötyä heti valmistuksesta lähtien. Se on myrkytön ja luonnonmukainen materiaali, joka vetoaa ekologisuudellaan nyky-yhteiskuntaan. Lämpöpuun kosteuseläminen on hyvin pientä, mikä helpottaa työstettävyyttä ja mittapysyvyyttä ja näin ollen myös loppuasennusta. Puu tosin menettää hieman lujuusominaisuuksiaan, mutta tästä syystä se saattaa olla vähemmän haitallista työstökoneiden terille.

Lämpökäsittely pienentää puun tasapainokosteutta sekä sen tilavuuspainoa, eli tiheyttä. Tiheyden pienentyminen taas parantaa lämmöneristävyttä. U-arvo on nykyikkunoissa saatu jo hyvin pieneksi, mikä johtuu pääosin paremmin eristävästä laseista. Karmit ja puitteet ovatkin ikkunan heikoimmin eristävä osa, joten lämpöpuu olisi erinomainen valinta ikkunoiden kehäosia ajatellen.

Lämpökäsittely tekee puusta huomattavasti tummemman, mikä voi vedota tiettyyn asiakasryhmään. Toisaalta puun tummuminen tekee siitä myöskin tasavärisemmän, mikä on etu etenkin sormijatketussa tavarassa. Pienempi väriero kappaleiden välillä parantaa tuotteen ulkonäköä ja helpottaa myöskin pintakäsittelyä. Tasavärinen pohja ei kuulla yhtä helposti maalin alta pitkälläkään aikavälillä.

Lämpöpuun edut ovat hyvinkin selkeät, mutta siltä löytyy myöskin muutamia haittaavia tekijöitä. Näistä ensimmäinen ja mahdollisesti isoin ja ratkaisevin ongelma on hinta.

Lämpöpuu on selvästi kalliimpaa normaaliin, käsittelemättömään puuhun verrattuna. Lämpökäsittely lisää materiaalin hintaa, mutta kustannuksia voitaisiin karsia esimerkiksi käyttämällä vain täyspitkää puutavaraa, sillä oksaisuus ei ole lämpöpuulla niin suuri ongelma kuin normaalilla puulla.

Alhaisen kosteuden vuoksi lämpöpuu on myös hankalampaa liimata riippuen mitä liimoja käytetään. Vesipohjaiset liimat tarvitsevat kosteutta kovettuakseen, ja lämpöpuulla tähän voi mennä huomattavasti pitempi aika, kuin normaalilla puulla. Lisäksi on huolehdittava liimattavien kappaleiden riittävästä puristuslujuudesta, muuten kappaleet voivat irrota toisistaan.

Pieni, mutta monille ikäväkin ominaisuus voi olla myös lämpöpuun haju, etenkin työstettäessä. Lämpökäsittely aiheuttaa puulle vahvan ominaisen, tervamaisen hajun, joka voi ärsyttää hajuaistia. Haju kuitenkin häviää ajan myötä. Lämpöpuuta työstettäessä syntyy hyvin hienojakoista pölyä, joka on haitaksi hengitysteille, sekä hyvin syttymisherkkää. Siksi onkin tärkeää käyttää asianmukaisia varotoimenpiteitä ja varusteita lämpöpuuta työstettäessä.

Mielestäni lämpöpuun edut ja haitat huomioiden olisi hyvinkin järkevää ikkunavalmistajilta siirtyä käyttämään yhä enemmän lämpöpuuta. Suurin kynnyskysymys taitaa kuitenkin olla hinta. Toisaalta lämpöpuun vähäinen huoltotarve ja täyspitkän puun käyttömahdollisuudet huomioon ottaen on todettava, että lämpöpuu olisi pitkällä aikavälillä parempi vaihtoehto kaikin puolin.

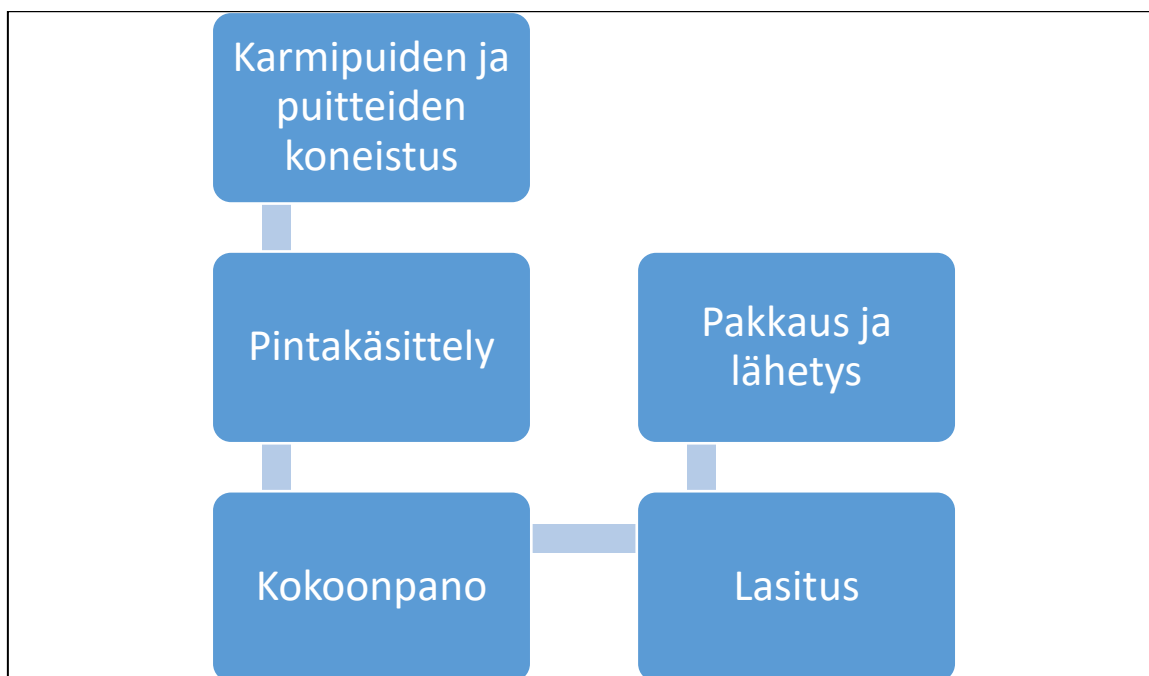
4 KOKEELLINEN OSUUS

4.1 Ikkunoiden valmistus

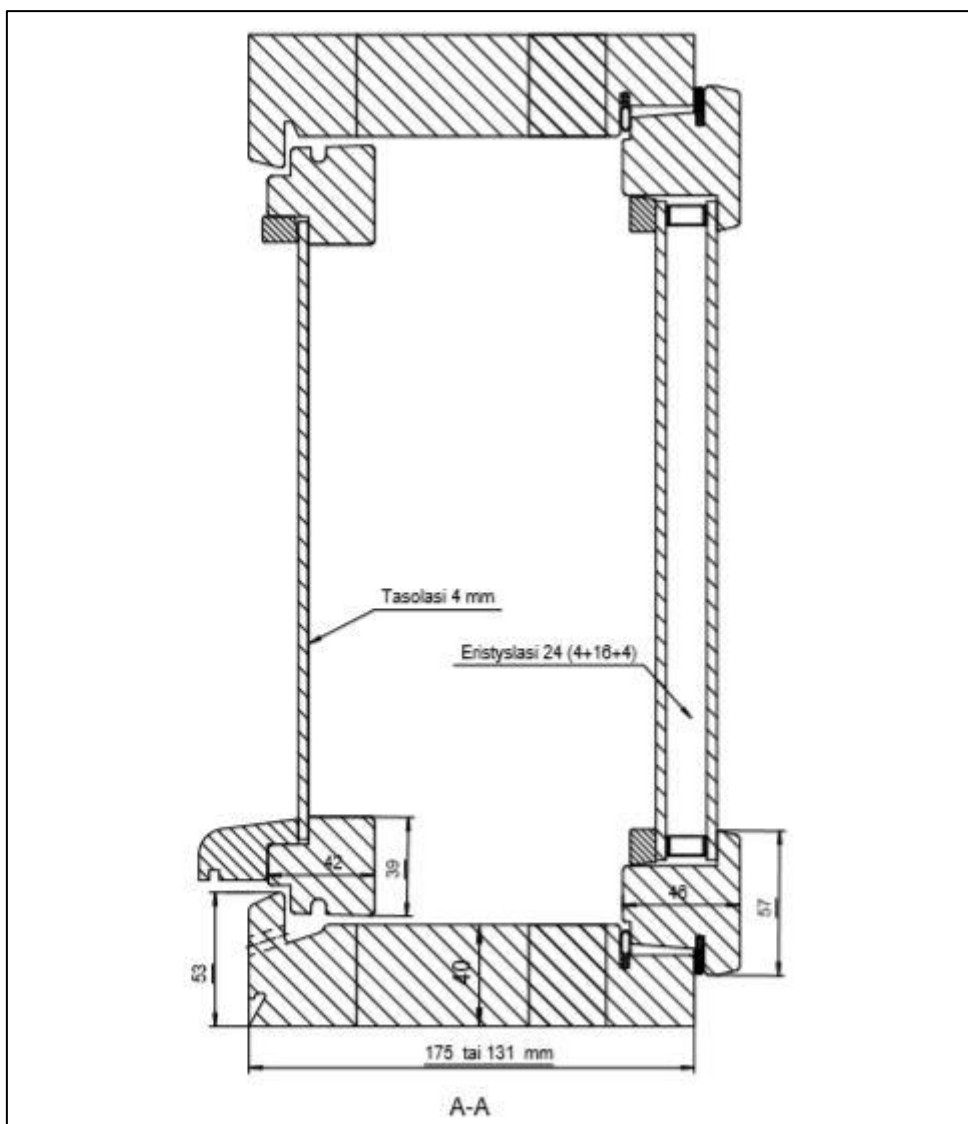
Ikkunoiden valmistus suoritettiin liimausta lukuun ottamatta HR-Ikkunat Ruhkala Oy:n tehtaassa Kalajoella. Lämpöpuuksi oli valittu Thermo-D -luokan mäntyä, jota ei ollut sormijatkettu eikä laatulajiteltu. Täyspitkän puun käyttö oli perusteltua materiaalikustannusten pienentämiseksi. Valmistettavan ikkunan tyyppi oli MSE puuikkuna ”ruunanhuulella” (ks. kuva 9). Lopullisia ikkunoita valmistui 88 kappaletta ja aukkoja yhteensä 210.

MSE on standardoitu ikkunatyyppi, joka on sisäänpäin aukeava, kaksipuitteinen, kolmilasinen ikkuna. Sisemmässä puitteessa on kaksilasinen umpiolasielementti eli eristyslasi. Kyseistä ikkunatyyppiä käytetään Suomessa tällä hetkellä eniten. ”Ruunanhuuli” on nimitys, jota käytetään yleensä perinneikkunoissa olevista tippanokista.

Tässä luvussa vertaillaan ikkunoiden valmistusta lämpöpuuikkunan ja normaalin ikkunan välillä. Arvio pohjautuu opinnäytetyön kirjoittajan työkokemukseen ikkunateollisuuden tuotantotyöntekijänä ja tuotannonsuunnittelijana, sekä HR-Ikkunat Ruhkala Oy:n työntekijöiden tekemiin huomioihin.



Kuva 8. Ikkunan prosessikaavio



Kuva 9. Ikkunan profiili (HR-Ikkunat Ruhkala Oy 2019)

4.1.1 Liimaus

Komponenttien liimauksesta oli vastuussa Toliwood Oy. Liimauksessa käytettiin Kiillon polyuretaaniliimaa, jotta hyvä liimauspysyvyys ja säänkestävyys saavutettaisiin. Vesipohjaiset liimat eivät tunkeudu puuhun. Liimausaika oli normaalia puuta pitempi jopa monella tunnilla lämpöpuun kuivuuden vuoksi. Lisäksi komponenttien onnistunut kiinnitys varmistettiin hiomalla liimattavat pinnat sekä ruuvaamalla. Liimattujen aihoiden dimensiot olivat:

- karmiaihio 57*180 mm, tarvittava kokonaismäärä n. 660 jm.
- välikarmiaihio 55*160 mm, tarvittava kokonaismäärä n. 200 jm.
- sisäpuite 53*65 mm, tarvittava kokonaismäärä n. 1000 jm.
- ulkopuite 50*50 mm, tarvittava kokonaismäärä n. 1000 jm.

4.1.2 Koneistus

Merkittävä ero normaaliin puuhun nähden oli kappaleiden työstettävyys koneistuksessa. Työntekijät kertoivat puun olleen melko ”pehmeää”, jonka seurauksena se käyttäytyi eri tavalla, kuin normaali puu. Työstökoneita ei oltu kalibroitu lämpöpuulle, joten ne repivät kappaleisiin melkoisia koloja, etenkin ulkopuiteiden nurkkaliitoksiin (ks. kuva 10). Kar-meissa ja sisäpuiteissa ei ollut koneistuksen kannalta merkittävää eroa normaaliin puuhun nähden ja ne kestivät hyvin.



Kuva 10. Repeämiä puitteen päädyissä (Mänty 2019)

Ulkopuiteissa oli havaittavissa merkittävästi enemmän vikoja normaaliin puuhun nähden. Jotta kappale näyttäisi hyvältä pintakäsittelyn jälkeenkin, oli kaikki virheet peitettävä siihen tarkoitetulla kitillä (ks. kuva 11). Kitti oli tässä tapauksessa normaalia muovipohjaista puukittiä. Kittaaminen tehdään käsin, ja siihen kului selvästi enemmän aikaa, kuin normaalisti. Työntekijät kertoivat kuitenkin kitin pitäneen lämpöpuussa yhtä hyvin kuin tavallisessakin.



Kuva 11. Kitattuja puitteita (Mänty 2019)

4.1.3 Tapitus

Myöskin tapituksessa oli eroja. Normaalisti karmipuun tapitus tapahtuu juntaamalla tapit paikalleen, mikä on nopeampi vaihtoehto tappien kiertämiselle. Lämpöpuu osoittautui kuitenkin liian hauraaksi tapitettavaksi juntaamalla, joten tapit oli kierrettävä paikalleen käsi-työkonein. Tämä tietysti hidasti hieman tuotantoa. Sisäpuitteiden saranoissa käytettiin myös normaalia pidempiä saranoita.



Kuva 12. Karmipuut odottavat tapitusta (Mänty 2019)

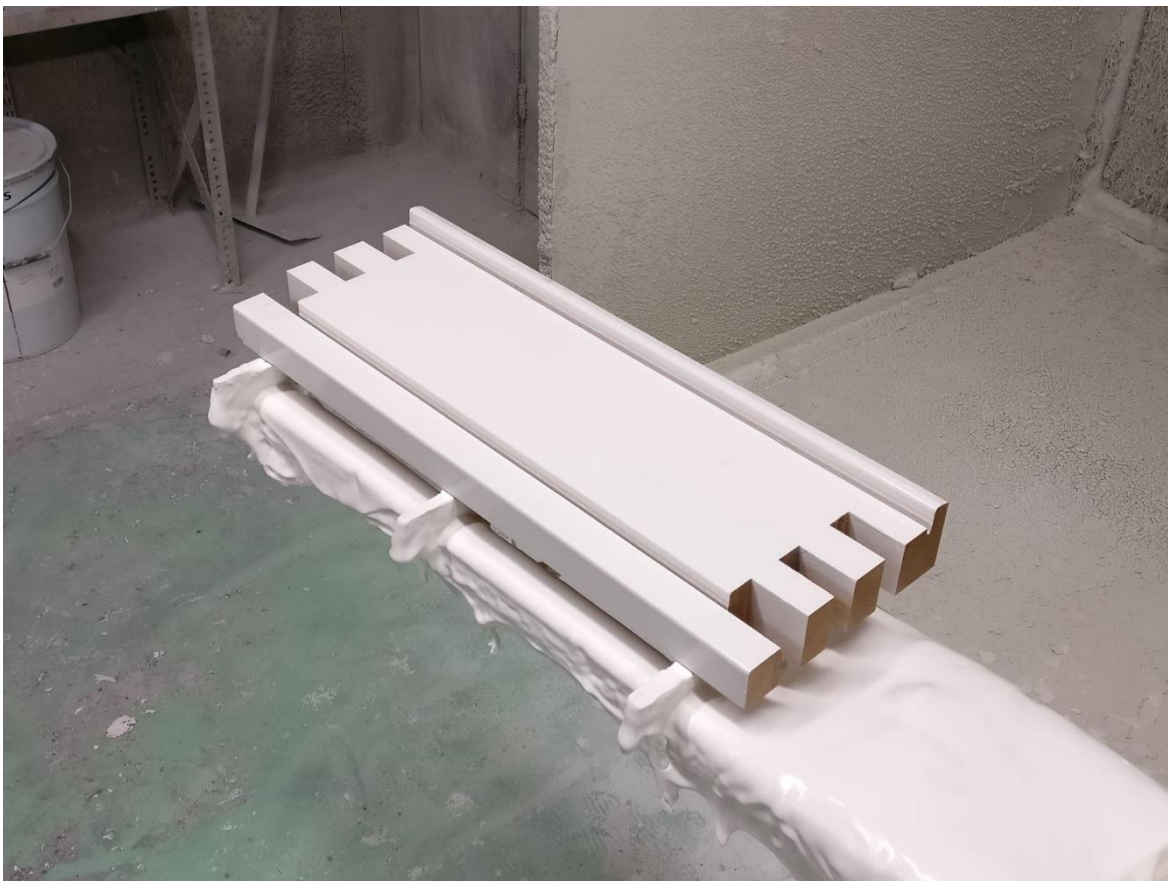
4.1.4 Pintakäsittely

Lämpöpuu oli myös hyvin oksaista. Normaalista puusta tehtäessä tavara on lähes aina sormijatkettua. Lämpökäsittelyn seurauksena puuhun oli muodostunut rakoja, joista jotkut olivat melko kookkaita (ks. kuva 13). Etenkin oksakohdat rakoilivat paikoin hyvin näkyvästi. Tämä muodostui hankalaksi pintakäsittelyn kannalta, sillä raot oli kitattava umpeen ennen maalausta, mikä tietysti pitkitti tuotteen läpimenoaikaa linjastossa.



Kuva 13. Kittaamaton rako (Mänty 2019)

Maali toimitettiin Teknokselta. Se tarttui hyvin puuhun ja peitti terveet oksat hyvin (ks. kuva 14). Normaalin puun oksat peittyvät myöskin hyvin, mutta ajan saatossa ne alkavat paistaa maalin läpi. Sormijatkettua puuta käytetään osin myös tästä syystä. Nähtäväksi jää, käykö lämpökäsitellyn ja maalatun puun kanssa samoin, vai pysyvätkö oksat piilossa maalin alla materiaalin stabiiliuden ansiosta.



Kuva 14. Pintakäsitelty kappale (Mänty 2019)

4.2 Tulokset

Vaikka paperilla lämpöpuun edut vaikuttavat lupaavilta, on sen työstäminen kuitenkin verrattain hankalaa. Tässä tapauksessa lämpöpuu ei ollut sormijatkettua, mikä hankaloitti tuotantoa merkittävästi. Valmistusaika oli kaksinkertainen verrattuna normaaliin ikkunaan. Jos lämpöpuu olisi sormijatkettua, olisi sen läpimenoaika huomattavasti kilpailukykyisempi helpomman koneistuksen ansiosta. Tällöin haitaksi muodostuu raaka-aineen kallis hinta, joka on arviolta 1,5 -kertainen. (Ruhkala 2019.)

Liimaus oli hankalaa ja pitkäkestoista. Kuiva lämpöpuu pölisi ja haisi tuotantotiloissa vaikeuttaen valmistusta. Ohuiden ulkopuitteiden pinta ei kestänyt höyläystä, ja kappaleisiin muodostui lohkeamia, joita piti paikkailla jatkuvasti kitillä. Saranakone rikkoi puitteita, joten tapitus oli tehtävä käsin koneella. Pintakäsittely kuitenkin onnistui hyvin, ja maali näytti hyvältä valmiin kappaleen pinnassa. (Ruhkala 2019.)

Vaikka työvaiheet näyttivätkin melko vaivalloisilta, oli lopullinen tulos varsin onnistunut. Ikkuna oli maalipeitteensä ansiosta identtinen normaaliin puuikkunaan verrattuna. Suurin ongelma koitui selkeästi työstökoneiden huonosta yhteensopivuudesta lämpöpuun

kanssa, sillä niitä ei ollut kalibroitu kyseiseen tarkoitukseen ollenkaan. Yhteistyökumppaneiden kanssa oltiin sitä mieltä, että tarkemmalla koneiden kalibroinnilla juuri lämpöpuu olisi helpompaa ja vaivattomampaa työstää niin koneille, kun niiden käyttäjillekin.

Lämpöpuuikkunoista tehtiin myös kaksi kappaletta pintakäsittelemättömiä pienoismalleja (ks. kuva 15 ja 16). Pienoismallien tarkoituksena oli luoda helposti lähestyttävä kokonaisuus, joka auttaa havainnoimaan miltä valmiit ikkunat näyttäisivät ilman valkoista maalikerrosta. Lisäksi niitä oli mahdollista tutkia läheltä lähes missä tilassa vain, sillä ne olivat helposti kuljetettavissa eri kohteisiin.



Kuva 15. Pienoismalli lämpöpuuikkunasta ulkopuolelta ilman maalia (Mänty 2019)



Kuva 16. Pienoismalli lämpöpuuikkunasta sisäpuolelta ilman maalia (Mänty 2019)

5 LOPPUKOHDE

5.1 Lapuan seurakuntatalon ikkunoiden asennus ja lopputulos

Ikkunoiden asennuskohteeksi valikoitui Lapuan seurakuntatalo. Rakennus on museoviraston suojelema kohde, joten ikkunoiden oli oltava museoviraston mallin mukaiset, ks. ruunahuuli ulkopuitteissa.

Asennus sujui lähes samaan tapaan, kuin tavallistenkin ikkunoiden kanssa. Ikkunoiden liikkuttelun ja paikoilleen noston kanssa oli oltava erityisen varovainen, sillä lämpöpuu on herkkä kolhiintumaan johtuen sen kuivuudesta. Visuaalisesti ikkunoissa ei ollut eroa normaaleihin ikkunoihin verrattuna, sillä ne oli maalattu kauttaaltaan ja maalaus oli hyvin onnistunut (ks. kuvat 17 ja 18).



Kuva 17. Asennettu ikkuna ulkoa (Liias 2019)



Kuva 18. Asennettu ikkuna sisältä (Liias 2019)

5.2 Kunnostus

Olettama on, että lämpöpuuikkunat kestävät vähintään yhtä kauan, kuin normaalikin puu. Näin ollen kunnostuksen aikataulutusta selviää vasta tulevaisuudessa. Ikkunoiden pesun pitäisi sujua mutkattomammin, sillä ne eivät ime samalla tavalla kosteutta ja näin ollen avautuvat paremmin myöskin kesällä, jolloin ilma on kosteaa ja puuta turvottavaa.

Ikkunoiden ulkopuolinen pinta joutuu säälle alttiiksi, mikä rasittaa maalausta. Maalin pysyvyys riippuu tehdasolosuhteista, kuten kosteustasapainosta, missä pintakäsittely on tehty sekä miten huolellisesti pohjustus ja maalaus on suoritettu. Saranoiden kiinnittyminen ja niiden aiheuttama rasitus puuhun selviää vasta vuosien saatossa. Normaali puu on elastisempaa, kuin lämpöpuu.

6 KEHITYSEHDOTUKSET

Jatkokehityksen kannalta olisi hyvä seurata projektia 2-3 vuoden kuluttua. Tällöin voitaisiin saada mahdollisia ongelmakohtia esille, jos sellaisia ilmaantuu. Huomiota tulisi kiinnittää etenkin maalin ja ulkopuitteen säänkestoon, oksien erottumiseen maalin läpi, saranoiden rasitukseen sekä puun turpoamiseen.

Lisäksi mielenkiintoinen tutkimuskohde voisi olla lämpöpuun signaalinläpäisykyky, sillä se voi osoittautua hyväksi ja on tällöin kilpailukykyisempi muihin materiaaleihin nähden.

Vaikka lopputulos olikin hyvä, kannattaisi tehdä muutoksia ikkunan valmistusvaiheeseen. Varmistettaisiin, että työstökoneiden terät, asetteet, kierrosnopeudet yms. ovat sopivia lämpöpuun työstöön. Tämä vähentäisi vaurioita kappaleissa ja nopeuttaisi merkittävästi tuotteen läpimenoaikaa.

Tämä projekti opetti minulle paljon uusia asioita lämpöpuusta. Sain kattavasti tietoa lämpöpuun valmistuksesta ja sen lukuisista hyvistä ominaisuuksista, joita en osannut edes kuvitella. Jos aiemmin olin kiinnittänyt huomiota vain lämpöpuun tummaan väriin, nyt kiinnitän huomioni kaikkeen muuhun.

Suosittelen ikkunavalmistajia ryhtymään rohkeasti uusiin haasteisiin ja toivoisin näkeväni enemmän lämpöpuuta puusepänteollisuudessa. Tämän projektin aikana olen henkilökohtaisesti todistanut, että jos ennakkoluulottomasti lähtee yrittämään, voi lopputulos yllättää varsin positiivisesti.

7 YHTEENVETO

Suomen ikkunateollisuus on nousussa, mutta lämpöpuun käyttäminen ikkunoissa on edelleen marginaalista. ThermoWood® -prosessissa syntyvä lämpöpuu on ekologista, stabiilia ja kaikin puolin loistavaa materiaalia puusepänteollisuuteen. Teoriassa ikkunoiden valmistus lämpöpuusta olisi hyvä ratkaisu.

Käytännön osuus antoi osviittaa, miten lämpöpuu käyttäytyy tehdasolosuhteissa työstettävyydeltään. Liimaus, koneistukset ja tapitukset, sekä runsas kitttaaminen virheiden peittämiseksi oli hyvin työlästä ja aikaa vievää. Käytännössä ikkunoiden tuotantoaika tuplaantui, minkä vuoksi kate on olematon. Tämä johtui suurella todennäköisyydellä laitteiden epäedullisesta kalibroinnista lämpöpuulle.

Lopullinen tuote oli kuitenkin lupaava ja ikkunoiden asennus sujui melko mutkattomasti, lähes samaan tapaan, kuin tavallisten puuikkunoiden kanssa. Asentajien oli varottava kolhimasta melko kuivia ja näin ollen helposti kolhiintuvia lämpöpuuikkunoita, mutta muuten ne eivät tuottaneet ongelmia. Ulkoisesti ikkunoilla ei ollut visuaalista eroa valkoisen maali- peitteensä ansiosta.

Jatkotutkimuksena ja mahdollisena projektityönä voisi suorittaa noin 2-3 vuoden kuluttua ikkunoiden seurantatarkastuksen, jossa katsottaisiin, kuinka ikkunat ovat ajan saatossa kestäneet. Ulkopinnan säänkestävyys, puun yleinen turpoaminen ja saranoiden pitävyys ovat oleellisimpia seikkoja. Lisäksi olisi hyvä selvittää lämpöpuun signaalinläpäisykyky, sillä se voisi osoittautua hyvinkin lupaavaksi.

Kaiken kaikkiaan projekti meni hyvin ja oli mielestäni onnistunut. Lämpöpuusta voi hyvin valmistaa ikkunoita. On kuitenkin muistettava, että työstökoneiden ja laitteiden tulee olla säätöjensä puolesta kunnossa, kun lämpöpuuta aletaan työstämään. Jos säädöt ovat pielessä, kappaleet hajoilevat ja tuottavat ylimääräistä paikkaustyötä.

Materiaalin hankkiminen voi olla kalliimpaa, kuin tavallisen puun, mutta sillekin löytyy vaihtoehtoja. Jos on aikomuksena valmistaa peittomaalattuja puitteita, en näe syytä, miksei sormijatkamattomasta tavarasta saisi tehtyä yhtä hyvää, kuin sormijatkettua. Tällöin lämpöpuun hankintahinta olisi kilpailukykyisempi normaaliin sormijatkettuun puuhun nähden.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Varis, R. 2017. Sahateollisuus. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

Luoma, H. 2019. ThermoWood®-lämpöpuun tuotanto edelleen kasvussa. Puumies 4/2019, 31.

Elektroniset lähteet

Sinervä, I. 2016. Ovi- ja ikkunatehtaissa näkyy vihdoinkin käänne. Kauppalehti [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/ovi-ja-ikkunatehtaissa-nakyy-vihdoin-kaanne/149ea724-ddd8-3e81-9191-9628106a10aa>

Lämpöpuuyhdistys ry 2017a. Konsepti [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: <http://thermo-wood.palvelee.fi/konsepti>

Lämpöpuuyhdistys ry 2017b. ThermoWood [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: <http://thermo-wood.palvelee.fi/1>

Lämpöpuuyhdistys ry 2017c. Yhdistys [viitattu 7.5.2019]. Saatavissa: <http://thermo-wood.palvelee.fi/>

Lämpöpuuyhdistys ry 2017d. Velux A/S [viitattu 9.5.2019]. Saatavissa: <http://thermo-wood.palvelee.fi/albumi/tuotanto/2263319>

Lunawood Oy 2018a. Luna Deck 2 [viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: <http://thermowood.palvelee.fi/albumi/tuotanto/2263319>

Lunawood Oy 2018b. Luna UTS [viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: <https://lunawood.com/wp-content/uploads/2019/03/Lunawood-Thermowood-facade-Fyrvarkeriparken-Denmark-3.jpg>

Lunawood Oy 2018c. Luna SHP [viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: <https://lunawood.com/wp-content/uploads/2016/12/SOLAR-SHP-42x42mm.png>

Lunawood Oy 2018d. SHP Sauna [viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: https://lunawood.com/wp-content/uploads/2016/12/26x92_Thermo_S.png

Lunawood Oy 2018e. Jukola Texture Plait [viitattu 23.9.2019]. Saatavissa: <https://lunawood.com/wp-content/uploads/2017/02/Lunawood-3d-texture-plait.jpeg>

Asp, A. 2019. VS: Signaalinläpäisy lämpöpuussa. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja Mänty, E. Lähetetty 9.5.2019

Lämpöpuuyhdistys ry 2019. Hyvä tietää lämpöpuusta [viitattu 9.5.2019]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeita-omatoimirakentajille/hyva-tietaa-lampopuusta/thermonet1.pdf>

Suulliset lähteet

Ruhkala, K. 2019. Toimitusjohtaja. HR-Ikkunat Ruhkala Oy. Haastattelu 10.5.2019.

Muut lähteet

Lämpöpuuyhdistys ry 2014. Toisen sukupolven lämpöpuu. Loppuraportti.

Lämpöpuuyhdistys ry 2018. Tuotantotilastot.

LIITTEET

Tämän opinnäytetyöprojektin yhteistyökumppaneiden ehdotuksesta liitteiksi lisätään ThermoWood® tuottajat, laitteistovalmistajat sekä yhteistyökumppanit.

ThermoWood® tuottajat:

SWM-Wood <http://www.swm-wood.com/fi/swm-wood/>

Lunawood <https://lunawood.com/>

Stora Enso <https://www.storaenso.com/en/products/wood-products>

HJT Holz <http://thermoholz.fi/>

SLP <http://www.suomenlampopuu.com/>

Sahakuutio <http://www.sahakuutio.fi/fi/etusivu/>

Palser <https://www.palser.pt/>

Heatwood <https://www.heatwood.se/>

Naswood <http://www.nasreddingroup.com/>

MCA <http://mcathermowood.com/>

Novawood <https://www.novawood.com/>

Koshii <http://www.koshii.co.jp/>

Thermo-Drewno <http://www.thermo-drewno.pl/>

Scottywood <https://www.scottywood.ca/>

LDC Wood <https://ldcwood.com/>

Tantimber <https://www.tantimber.com/>

Laitteistovalmistajat:

Jartek <http://www.jartek.fi/>

Yhteistyökumppanit:

Osmo Color <https://www.osmocolor.com/>

Hemel <http://www.hemel.com.tr/en>

Karava <https://www.karava.fi/>

Owatrol <https://owatrol.com/en/>

Velux <https://www.velux.com/>

Woodify <https://www.woodify.no/>