

Soitinpuun vanhentaminen lämpökäsittelyn avulla

Pertti Nieminen ja Rauno Nieminen



Musiikin Edistämissäätiö
Suomi-soitin Suomi-puusta 2017–2019



SISÄLTÖ:

Alkusanat

1 Vanhennetun puun historiaa	4
Thermo Timber Tonewood 1996–1998	5
Thermo Timber Tonewood Frankfurtin messuilla 1998	8
Lämpökäsitelty puu ja soitinrakentaminen 2000–2002	9
Finnish Woodoo 2006	9
30 vuotta myöhemmin	11
2 Lämpökäsitelty puu ja soitinrakentaminen-tutkimus 2000–2002	13
Tutkimusmenetelmät	13
Puusolun kemiallinen rakenne	15
Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus solurakenteeseen	15
Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus äänen nopeuteen	17
Puun tiheyden vaikutus äänen nopeuden kasvuun	17
Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus veden adsorptiokykyyn	18
Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus puun huokoisuuteen	18
Puunäytteiden vedenimukyky ja turpoamat	19
Puunäytteiden väri	20
Puunäytteiden taivutus	21
Valmiiden soittimien muodonmuutokset	21
Yhteenvedo	23
3 Puun vanhentamiskäsittelylaitoksen rakentaminen	25
Jukka Ollikan vanhentamiskäsittelyuuni	26
Alkuvalmisteluita ja mittausvälineitä	27
Puun vanhentamisprosessi	28
Puun vanhentamisprosessin peruskaava	29
Loppusanat	30
Lähteet	31
Liitte 1.	32

ALKUSANAT

Soitinpuun "ilmakuivaus" kestää vuosikausia, jopa vuosikymmeniä. Prosessin tarkoituksena on parantaa puun akustisia ja mekaanisia ominaisuuksia. Koska vanhaa soitinpuuta on entistä vaikeampaa saada, ovat erilaiset puun vanhentamismenetelmät alkaneet kiinnostaneet soitinrakentajia. Suomessa Osmo Savolainen kehitti 1990-luvun alussa puun puun lahoamisen torjumista torjuvan lämpökäsittelyn, ja myös soitinpuun vanhentamista kokeiltiin samalla laitteistolla. Vuosina 1996–1998 kehitettiin soitinpuulle rekisteröity vanhentamismenetelmä nimeltään Thermo Timber Tonewood. Menetelmä julkistettiin Frankfurtin Musiikkimessuilla vuonna 1998, Finnish Guitar Networkin osastolla.¹ Valitettavasti käsittely sekoitettiin Osmo Savolaisen kehittämään ja VTT:n patentoimaan puun lahontorjunta-käsittelyyn, jota Kansainvälinen Lämpöpuuyhdistys markkinoi nimellä Thermo Wood²

"Thermo Wood is a wood material produced by using natural methods, heat and steam. Thermal modification improves the wood's technical properties and ThermoWood is non-toxic, dimensionally stable, resistant to decay and resin free. It can be used inside or outdoors, in any climate."

Erilaisissa käsittelyissä tavoitteet ovat erilaiset. Lahontorjunnassa käytetään 185–212 °C:n lämpötiloja³, kun taas soitinpuun vanhentamisessa käytetään alle 180 °C:n lämpötiloja. Lahontorjuntakäsittelyssä on tavoitteena parantaa puun lahonkestävyyttä ulkorakenteissa. Soitinpuun vanhentamisen tavoitteena on aiheuttaa puulle ne muutokset, jotka tapahtuvat luonnollisesti 10–50 vuoden aikana. Puun vanhentamisprosessissa kosteuseläminen pienenee, paino kevenyy, jäykkyys lisääntyy ja väri syvenee. Tämä tapahtuu kuitenkin siten, että puun tärkeät mekaaniset ominaisuudet eivät tuhoudu.

Vuonna 2002 valmistui perusteellinen tutkimus puun vanhentamisesta: *Lämpökäsittely ja soitinpuu*⁴. Samaan aikaan Osmo Savolaisen yritystoiminta loppui ja menetelmä painui nopeasti unholaan. Suomalaisilla soitinrakentajilla, jotka jatkoivat puun käyttöä, oli hyvä kokemus puun vanhentamisen positiivisista vaikutuksista. Kaksi lahontorjuntaa tekevää käsittelylaitosta suostui tekemään käsittelyjä matalammissa lämpötiloissa, mutta koska tietous prosessista oli vain sen kehittäjällä, nämä käsittelyt onnistuivat vaihtelevalla menestyksellä.

Samaan aikaan tieto puun vanhentamisesta levisi maailmalle. Monet rakentajat ryhtyivät sitä kokeilemaan ilman tietoa siitä, miten ja miksi puu pitää käsitellä. Soitinpuun vanhentamismenetelmä sekoitettiin helposti puun lahontorjuntamenetelmään, johon liittyvää tietoa oli saatavilla internetissä englannin kielellä. Oikeata tietoa aiheesta on yrittänyt jakaa Juha Ruokangas omilla kotisivuillaan ja *The ToneQuest Report* -lehden⁵ numeroissa. Juha Ruokangas ja Rauno Nieminen pitivät esitelmän soitinpuun vanhentamisesta Holy Grail -messuilla vuonna 2017. Nytemmin puun vanhentaminen lämpökäsittelyn avulla on lyönyt läpi kansainvälisesti ja monet rakentajat ovat kehittäneet omia käsittelymenetelmiä.

Musiikin edistämissätiön kolmevuotisen Suomi-soitin Suomi-puusta -hankkeen tavoitteena on kotimaisen puun käytön lisääminen soitinrakennuksessa. Hankkeessa ostetaan noin kahdeltakymmeneltä soitinrakentajalta suomalaisesta puusta tehty soitin. Yksi hankkeen osa on julkaista uudelleen vuoden 2002 puunvanhentamistutkimuksen keskeiset tulokset ja kääntää ne myös englannin kielelle. Projektissa kehitettiin lisäksi pieni ja edullinen lämpökäsittelyuunin prototyyppi, jollaisen rakentaminen on mahdollista jokaiselle soitinrakentajalle.

Ikaalisissa 3.12.2019 Pertti Nieminen ja Rauno Nieminen

¹ Alatalo, Aulis. "Lämpöpuinen kitara löi läpi Frankfurtissa". *Aamulehti*, 19.3.1998

² <https://www.thermowood.fi/1>

³ Tampereen Teknillisen Korkeakoulun raportti numero 55, *Lämpökäsittely ja soitinpuu 2002*.

⁴ Tampereen Teknillisen Korkeakoulun raportti numero 55, *Lämpökäsittely ja soitinpuu 2002*.

⁵ "The Mythology of Tone". *The ToneQuest Report*, August 2005 VOL. 6 NO. 10. (<http://www.tonequest.com/august-2005-vol-6-number-10>)

1 Vanhennetun puun historiaa

Puun modifiointi, tavoitteena lahontorjuntaominaisuuksien muuttaminen

Osmo Savolainen teki työuransa Mäntän kaupungin palopäällikkönä. Savolainen alkoi kehittää puun lämpökäsittelymenetelmää 1980-luvun lopulla. Tavoitteena oli kehittää myrkytöntä lahoamisen kestävä puuta lasten leikkipaikoille. Savolaisen käsittelyssä puuta lämmitetään ilmatiiviissä kammiossa tietyn kaavan mukaisesti. Puu lämmitetään ensin noin sataan asteeseen ja sen jälkeen vaiheittain korkeammalle ja alemmas sen mukaan, minkälaista lopputulosta halutaan. Osmo Savolaisen ensimmäinen koelaitos räjähti puukaasujen syttyä palamaan. Savolainen esti ongelman toistumisen suihkuttamalla vesihöyryä kammioon. Vesihöyry myös nopeuttaa puun kemiallisia reaktioita. Lähes kaikissa puun lämpökäsittelyprosesseissa ovat mukana nämä Savolaisen kehittämät perusasiat:

- ilmatiivis kammio
- käsiteltävää puuta
- vesihöyryä
- tuuletin, joka kierrättää ilmaa kammion sisässä
- mitta-anturit, joilla seurataan ilman ja puun lämpötilaa sekä ilmankosteutta
- ajo-ohjelma, jolla säädetään lämpöä ja vesihöyryn määrää prosessin aikana
- puun jäähdyttäminen veden avulla
- käsittelyn jälkeen palautetaan tasapainokosteus

Osmo Savolainen teetti ideansa pohjalta markkinatutkimuksen vuonna 1990. Savolainen osti koe-erien vedenimevyytutkimuksen Suomen Valtion Teknilliseltä Tutkimuskeskukselta (VTT) ja muutti yrityksensä nimeksi Suomen Ekopuu Oy. Vuonna 1991 Savolainen rakensi ensimmäisen tuotantolaitoksen ja puun lämpökäsittelyn katsotaan alkaneen Mäntässä:⁶

In Finland heat treatment of wood started in early 90's when the first treatment plant was built to Mänttä.

Savolainen sai puun lämpökäsittelystä INNOSUOMI-palkinnon vuonna 1993 ja Nuorkauppakamarin Tuottava Idea -palkinnon 1998. Savolaisen rakensi uuden lämpökäsittelylaitoksen Mänttään ja myi laitoksia Suomeen, Viroon ja Kanadaan. Savolainen kertoo saaneensa idean lämpökäsittelyyn Kanadasta:⁷

"I got the original idea from Canada" he recalls. "But there was no detailed plans available and the present system is the result of my own development efforts."

Taloussanomien julkaisi Matti Kaskisen artikkelin "Puu jalostuu uunissa", jossa Martti Korhonen kertoo tuoneensa idean lämpökäsittelystä Kanadasta Mänttään:⁸

Savolaisen yritys, Suomen Ekopuu Oy aloitti jo 1991 puun tuotannollisen lämpökäsittelyn, ensimmäisenä Suomessa. Nyt käytössä on neljännen sukupolven laitos. Ekopuun kolme laitosta pystyvät käsittelemään 12 000 kuutiometriä vuodessa. Toistaiseksi vuodessa on käsitelty noin 4 000 kuutiota.

Uunin lämpö nostetaan noin 200 asteeseen, vasta sen jälkeen saadaan halutut muutokset. Tietokone taltioi kunkin asiakkaan tuotteiden lämpökäsittelyn. Täten käsittelyn voi toistaa tarkasti.

Savolainen toivoo pienimmäksi eräksi neljää kuutiota. Soitinpuut tulevat Mänttään pieninä erinä, joista kootaan ajoerä esimerkiksi kerran kuussa. Savolainen laskee, että Ekopuun käsittelemästä puusta soitinpuut muodostavat puolen prosenttia, liikevaihdosta prosentin. Riskit ovat pienissä arvoerissä suuret.

Kilpailijoita on vähän, mutta kilpailu on kuumaa. Toimivia lämpökäsittelylaitoksia on Ekopuun lisäksi muutama. Mäntässä ei arvosteta VTT:n tutkimuksia, Ekopuu katsoo olevansa lajin ykkönen.

Ekopuu Oy ja Savolainen perustivat viime vuoden lopulla Thermotimber Oy:n laitosten valmistajaksi ja myyjäksi. Ekopuu kouluttaa käyttäjät ja jatkaa lämpökäsittelijänä.

⁶ A.O. Rapp (2001) *Review on Heat Treatments of Wood*. Sivu 9.
(http://projects.bre.co.uk/ecotan/pdf/Heat_treatment_processes_Andreas_Rapp%20.pdf)

⁷ Nevalainen, Petri (1999) "Thermowood Takes of the Heat". *Blue Wings*, December 1998–January 1999.

⁸ Kaskinen, Hannu (1999) Puu jalostuu uunissa. *Taloussanomien*. (<https://www.is.fi/taloussanomien/art-2000001304373.html>)



Osmo Savolaisen ensimmäinen ja toinen lämpökäsittelylaitos Mäntässä. Kuva Rauno Nieminen.

Puun lahontorjunta-lämpökäsittely levisi Suomessa, ja monet yritykset alkoivat käyttää sitä rakennuspuun käsittelyssä 2000-luvun alussa. Vuonna 2000 perustettiin Lämpöpuuyhdistys ry kattojärjestöksi lämpökäsittely-yrityksille. Lämpöpuuyhdistyksellä oli kotisivut, joilla kerrottiin, että lämpökäsittelyn käyttökohteita ovat myös "soitinrakennus, veneenrakennus ja pienesineet". Tämä on varmaankin yksi niistä syistä, joiden myötä eri menetelmien eroja on alettu ymmärtää.

Thermo Timber Tonewood 1996–1998

Vuonna 1995 perustettiin Pirkanmaalle Puutietokeskus, jonka puun akustisessa toimikunnassa olivat jäseninä Tampereen teknillisen korkeakoulun (TTKK) dosentti Pertti Nieminen ja Ikaalisten käsi- ja taideteollisuusoppilaitoksen (IKATA) kitaranrakennuksen lehtori Rauno Nieminen.

Pertti vieraili Ikaalisissa 17.3.1996. Hän näytti mikroskooppikuvia lämpökäsitellystä puusta Raunolle, jonka mielestä kuvat muistuttivat mikroskooppikuvia 1600-luvun viuluista, joita hän oli nähnyt englantilaisessa Strad-viululehdessä vuonna 1990 julkaistussa artikkelissa. Kuvissa Stradivarin kuusikannen mikroskooppikuva näytti samanlaiselta kuin lämpökäsitellyn kuusen kuva. Tämä johti ajatukseen, voitaisiinko lämpökäsittelyllä nopeuttaa puun luontaisessa vanhenemisessa tapahtuvia muutoksia.

Aluksi päätettiin selvittää, mitä puulle tapahtuu sen vanhetessa luontaisesti. Kesä-syyskuussa 1996 kerättiin puunäytteitä vanhoista rakennuksista, kouluista, kirkoista ja soittimista, joiden valmistumisaika oli tiedossa.



Havupuuta Tyrvään Pyhän Olavin kirkosta 1500-luvulta ja Aitoosta vuodelta 1830.

Syksyllä 1997 lämpökäsiteltiin ensimmäiset soitinpuut. Tavoitteena oli löytää niille optimaalinen käsittelymenetelmä. Tutkimusta rahoitti muun muassa IKATA:n kitaranrakennusosaston Suomalainen Kitaraprojekti, TTKK, sekä Tekes.

Osmo Savolainen lämpökäsitteli Rauno Niemisen toimittamia soitinpuita, minkä jälkeen Niemiset tutkivat lämpökäsittelyn vaikutusta niihin. Jo heti tutkimuksen alkuvaiheessa rakennuspuulle tehtävän lämpökäsittelyn todettiin tuhoavan soitinpuun tärkeimmät ominaisuudet, ja siksi soitinpuulle oli kehitettävä oma menetelmä. Tutkimusta varten tehtiin kuusesta, lepästä ja koivusta 2 x 5 x 50 cm:n kokoisia koepalikoita. Soitinpuulle optimaalista käsittelyä haettiin käsittelemällä puuta matalammissa lämpötiloissa. Puut mitattiin ennen käsittelyä ja sen jälkeen. Kitaranrakennuskoulussa rakennettiin soittimia koepuista ja kokeiltiin käytännössä puun ominaisuuksia soitinrakennuksessa. Puuta käsiteltiin kymmenissä eri prosesseissa, kunnes ne oli testattu ensin koepalikoilla ja sitten rakentamalla soittimia käsitellyistä soitinpuuaihioista. Jokaiselle puulajille ja puun kokoluokalle oli kehitettävä oma prosessinsa. Lämpökäsiteltystä puuta toimitettiin myös kokeiltavaksi noin kahdellekymmenelle soitinrakennusyritykselle. Lämpöpuuta kokeilivat soitinrakennukseen muun muassa Landolan kitaratehdas, Liikanen Musical Instruments, Bass Makers Finland, Juha Lottonen, Veikko Virtasen urkutehdas ja Juha Ruokangas.

Osmo Savolaisen, Pertti Niemisen ja Rauno Niemisen kehittämän soitinpuun vanhentamismenetelmä Thermo Timber Tonewood rekisteröitiin vuonna 1997. Vuonna 1999 Savolainen perusti yrityksen nimeltä Thermotimber Oy. Yritys oli rekisterissä vuoteen 2005 asti, mutta sen toiminta päättyi jo aikaisemmin. Thermo Timber Tonewood -prosessia ei patentoitu, koska VTT oli jo patentoinut samankaltaisen menetelmän. Jälkeenpäin huomattiin, että soitinpuun vanhentaminen tapahtuu alle 180 °C:n lämpötilassa, ja siten se ei olisi loukannut mitenkään VTT:n patenttia.

Finnish Guitar Network järjesti 22.4.1999 vanhennettua puuta käsittelevän seminaarin soitinrakentajille. Vanhennetun puun käyttö suomalaisessa soitinrakennuksessa on lisääntynyt. Sen myötä on voitu käyttää puulajeja, jotka ennen olivat ongelmallisia soitinrakennuksessa, kuten loimukoivua. Pertti ja Rauno Nieminen saivat Pirkanmaan Puutietokeskuksen vuoden 1999 puutunnustuksen soitinpuun lämpökäsittelyn kehittämisestä.

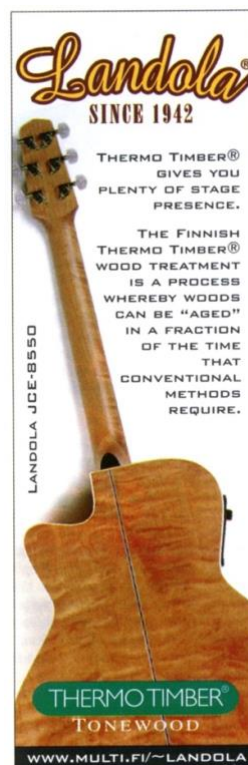
Ensimmäinen vanhennettua puuta laajasti käyttänyt yritys oli Landolan kitaratehdas, joka valmisti siitä tuhansia soittimia. Thermo Timber Tonewood -kitaroiden tuotanto alkoi kesäkuussa 1997, ja ensimmäisen vuoden aikana tehtiin noin tuhat kitaraa. Menetelmä sai runsaasti huomiota kansainvälisessä lehdistössä, ja myös Suomessa lehdistö ja TV olivat kiinnostuneita. Rauno Nieminen oli vuosina 1996–2000 Landola Guitarsin tuotekehitysjohtaja, ja hän sai toimitusjohtaja Erkki Noromiehen innostumaan Thermo Timber Tonewoodin käytöstä kitaranrakennuksessa:⁹

Finnish manufacturers of musical instruments have found great potential in thermowood. One of them is the Landola Guitar factory in Pietarsaari, whose instruments have attracted a lot of attention abroad.

Erkki Noromies says the new material has played a big role in changing company's strategy. "I spend a lot of time thinking ways that we could stand out from other guitar makers, and thermowood was the answer. It gives us three undeniable advantages: excellent resonance, very little deformation due to changes in moisture levels, and a beautiful colour"

Noromies believes that within a year his company will be using thermowood in about half the guitars it makes. That will be five thousand or so acoustic and electro-acoustic instruments made of the new material. Landola is now marketing its Thermotimber range of guitars in 11 countries.

⁹ Nevalainen, Petri (1999) "Thermowood Takes of the Heat". *Blue Wings*, December 1998–January 1999.



Vasemmalla Rauno Niemisen suunnitteleman ja rakentaman Landola JCE 8550 -kitaran prototyyppi vuodelta 1998. Kitaran takaosa, sivut ja kaula ovat koivua, kansi kuusta ja otelauta ja talle ruusupuuta. Suomen Ekopuu Oy on käsitellyt kaikki puuosat Thermo Tiber Tonewood -prosessilla Mäntässä. Oikealla Landolan ilmoitus Riffi-lehdessä 1/1988.

PIKA PALAT

Kuusi Pekka Viikari,
lähivaihtaja

Mikroskooppikuviasta näkyy
silloin kun 100 vuotta kuiton
kuusen solukon ero.
Kolmannessa kuvassa
oleva lämpökäsitelty puu
muuttuu
huomattavasti viime
kuussa tulleeseen
puuun.

Tässä vaiheessa jo
hyötyä.
Dokentti Pertti
Nieminen Tampereen
korkeakoulusta,
soitinrakennus-
koulun johtaja
Rauno Nieminen
sekä
lämpöpuuhankkeen
johtaja Osmo
Savolainen
esittävät
vanhaa
materiaalia
valmistettua
kitaraa.

Lämpöpuu tekee tuloaan soitinrakennukseen

Thermo Timber Tonewood seminaari Mäntässä 22.4.1998. Pertti ja Rauno Nieminen, sekä Osmo Savolainen. Riffi 1/1999.



Finnish Guitarworksin, Matti Nevalainen rakensi maailman ensimmäisen sähkökitaran (Flying Finn) lämmöllä vanhennetusta puusta vuonna 1998. Kuva Rauno Nieminen.



Kitaranrakennus-seminaari 1, Jatsikitara, 3-4. 7. 1999, Taalintehtaalla.. Vasemmalla Reijo Kinnunen, Markku Henneken, Juha Lottonen ja Juha Ruokangas. Lottosella ja Ruokankaalla on vanhennuskäsitellystä puusta valmistetut kitarat. Markun ja Reijon kitarat ovat tavallista puuta.

Thermo Timber Tonewood Frankfurtin Messuilla 1998

Thermo Timber Tonewood esiteltiin vuoden 1998 Frankfurtin musiikkimessuilla, The Finnish Guitar Networkin osastolla. Menetelmää olivat esittelemässä Pertti ja Rauno Nieminen. Esillä oli Landola-kitaratehtaan valmistamia vanhenneetusta puusta rakennettuja soittimia. Käsittelyä käytettiin kitaran kaulakansi-, pohja- ja sivupuihin. Menetelmä herätti huomiota messuilla, ja siihen kävivät tutustumassa monet kitaranrakentajat. Pertti Nieminen muistaa, kuinka Martin-kitaratehtaan omistaja Chris Martin IV tuli osastolle, taivutteli ja koputteli puuta ja totesi: "I believe you, wonderful." Music Business kirjoitti uutisen Landola-kitaratehtaan Thermo Timber Tonewood -kitaroista elokuussa 1998:¹⁰

Following prototype showing at Frankfurt of acoustic employing heat-treated timbers for "instant" ageing of colour darkening. Landola is now offering Thermo process back/sides options on its Ragtime LR, jumbo JCE and gutaway electro ACE series instruments, though Westside Distribution hasn't yet announced price premiums. Landola is extending the project to include thermo treatment for tops and necks, and Docklands showed an LR20 with a treated solid spruce top that bore a marked resemblance to aged cedar.

Cedar itself is next on the list for experimentation, as is alder for backs and sides and figured biech for necks. The Finnish company also says it has undertaken successful experiments with nondescript fingerboard woods that can be made to look like rosewood after treatment, and after wizardry of further heating under high pressure, to resemble ebony. Intiguring stuff.

Toukokuussa 1998 lehti esitteli kuvassa Landolan lämpökäsitellyn jumbokitara JCE.¹¹

Finnish maker Landola, in collaboration with university and art and craft research centers and a specialist wood-handling operation, is experimenting with an innovative Thermo Timber process that aims to endow the properties of long-aged woods, virtually in overnight. It involves heating timbers in a temperature and moisture controlled oven for 24 hours or so, during which time their cellular structure changes, becoming very similar – so micro photography comparisons show – to tonewoods of, say, 100 years old.

Fools' gold? Not from what I saw: changes in appearance can be dramatic; and based on playing similar Landolas in Frankfurt made from treated and untreated woods, there do indeed seem to be tonal changes – in board there's a stronger high and low end, and a more audible sweetness. Mahogany and rosewood are next on the list for experimentation.

Vanhennuskäsittelystä tehtiin esite, jossa oli menetelmän kehittäjien yhteystiedot. Parhaimmillaan käsittelyyn tultiin tutustumaan ulkomailta. Osmo Savolainen myi lämpökäsittelylaitoksen Kanadaan, josta se siirtyi Teksasiin Yhdysvaltoihin. Muutamat soitinrakentajat alkoivat kokeilla lämpökäsittelyä puuta muuallakin kuin Suomessa, ja nyttemmin se on levinnyt ympäri maapallon. Adam Perlmutter kirjoitti käsittelyn historiasta artikkelissa "Everything New is Old Again" Acoustic Guitar -lehden toukokuun ja elokuun numeroissa 2014 seuraavasti:¹²

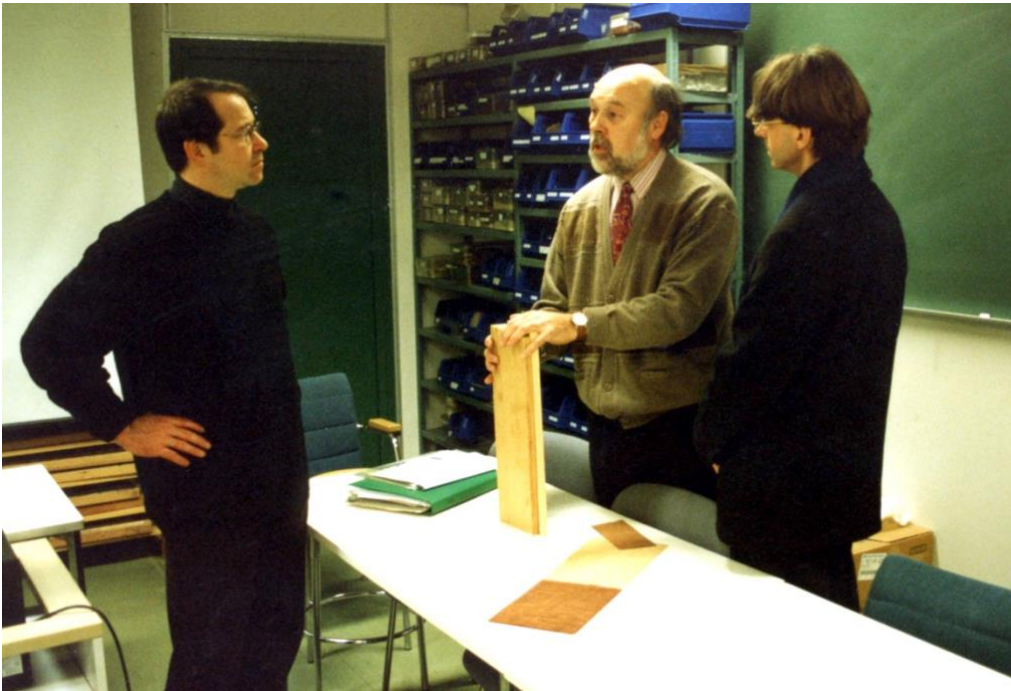
In Finland, torrefaction is known as "thermo-treatment" and has been used by various wood producers since it was patented in 1990. The Tampere University of Technology, together with a handful of Finnish instrument makers, initiated a study of thermo-treated tonewoods in 1996, culminating in a 2002 paper reporting the musical benefits of the process. This was a revelation for many builders in that country.

"Juha Ruokangas started torrefying everything in his instruments", says Bourgeois, referring to the luthier who specializes in electric guitars and basses. "Even organ builders found it was great for church instruments, whose cabinets were prone to swelling in those large halls."

¹⁰Uwins, Jerry (1998) "Docklands Guitars, Amps, FX". *Music Business*, August 1998.

¹¹Uwins, Jerry (1998) "Frankfurt's Guitars, Amps, FX". *Music Business*, May 1998.

¹²Perlmutter, Adam (2014) "Everything New is Old Again". *Acoustic Guitar*, September 2014. (<https://bourgeoisguitars.net/our-news/dana-bourgeois-on-torrefaction-for-acoustic-guitar/>)



Gunther Reinhardt, Pertti Nieminen ja Jan Tomsy vierailivat Pertti Niemisen laboratoriossa Tampereen Teknisessä korkeakoulussa vuonna 1999. Kuva Rauno Nieminen.

Gunther Reinhardt esitteli Frankfurt Musikmessuilla 2017, lämpökäsittelyllä modifioidusta puusta rakennettuja kitaroita. Hän oli tutkinut menetelmää yhteistyössä Lothar Clauderin ja tohtori Alexander Pfriem'in kanssa.¹³

When the CITES endangered species convention restricted global trade with tropical timbers, hectic times broke out for instrument makers around the world. This is because these timbers, which grow slowly under specific climatic conditions, play an important role in the construction of guitars, violins and woodwind instruments due to their special sound characteristics. Within the scope of a research project with Eberswalde University of Sustainable Development, Best Acoustics Reinhardt has succeeded in developing a process for making a complete guitar from thermo-optimised indigenous timber. For this, the wood is heated for a short time to over 180 °C – a method originally developed for use in building façades and terraces. The resulting sound is every bit as good as in instruments made from tropical wood.

Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen 2000–2002

Thermo Timber Tonewoodin kehittäminen jatkui vuoden 1998 jälkeen Osmo Savolaisen ja Finnish Guitar Networkin rahoittamana, kunnes vuonna 2000 tutkimukselle saatiin kaksivuotinen rahoitus. Tavoitteena oli vuosina 1997–1998 kehitetyn soitinpuun vanhentamismenetelmän perusteellinen tutkiminen. Tutkimuksessa olivat mukana Tampereen Teknillinen korkeakoulu (Pertti Nieminen) IKATA:n Kitaranrakennusosasto (Rauno Nieminen) ja Suomen Ekopuu (Osmo Savolainen). Hankkeessa oli mukana suomalaisia soitinrakentajia, kuten Lottonen Guitars, Taisto Pietilä, Soitinrakentajat Amf, Koistinen kantele, Landola Guitars, Ruokangas Guitars, Liikanen Musical Instruments, Martti Porthan Organs ja Veikko Virtanen Organs. Tutkimus keskitettiin lämpötilojen (140–180 °C) käyttöön. Korkeat lauhontorjunnassa käytetyt lämpötilat todettiin jo vuosina 1996–1998 tehdyissä tutkimuksissa sopimattomiksi soitinpuulle. Savolaisen Thermotimber Oy oli rekisterissä vuoteen 2005 asti, mutta sen toiminta päättyi jo aikaisemmin. Rauno Nieminen sairastui kesken tutkimuksen ja jäi hankkeesta pois. Projektin loppuraportti valmistui vuonna 2002 ainoastaan suomenkielisenä. Kun tutkimus oli valmis ja oikeat tutkitut prosessit soitinpuun vanhentamiselle oli saatu kehitettyä, Suomessa ei ollutkaan enää yritystä, joka olisi osannut tehdä soitinpuun vanhentamiskäsittelyä.

¹³ Messe Frankfurt. Annual Report 2016: <https://ru.messefrankfurt.com/content/dam/messefrankfurt-russia/corporaterussia/downloads/Annual-report-2016.pdf>



Mick Box (Uriah Heep) ihastui vanhennuskäsittelystä puusta valmistettuun Ruokangas Guitarsin sähkökitaraan vuonna 2000 Frankfurtin musiikkimessuilla. Kitara päätyi Mick Boxin kitarakokoelmaan. Valokuva Markku Henneken.



Tmi Rauno Nieminen, Strandberg Signature-akustinen basso vuonna 1999. Pohja, sivut ja kaula vanhennuskäsiteltyä koivua, kansi vanhennuskäsiteltyä kuusta.

Finnish Woodoo 2006

Soitinrakentajamestari Juha Ruokangas oli ensimmäisten vanhennetun puun käyttäjien joukossa. *The ToneQuest Report* -lehti teki Ruokankaasta artikkelin otsikolla "The Mythology of Tone"¹⁴. Ruokangas puhuu lämpökäsittelystä puusta artikkelissa positiiviseen sävyyn. Artikkelin sisältöä halveerattiin "voodoomeiningiksi" saman lehden myöhemmässä numerossa, ja Ruokangas sai samassa yhteydessä vastata kritiikkiin. Artikkelin otsikko on "Thermo-treated Wood... Vintage Tone or Voodoo from Finland"¹⁵. Ruokangas kertoo artikkelissa lämpökäsittelystä, ja mukana on myös tietoa ja taulukoita vuoden 2002 *Lämpökäsitelty puu ja soitinrakentaminen* -raportista. Ruokangas selvittää lämpökäsittelyn puun historian ja eron VTT:n lahontorjuntamenetelmään, ja artikkelissa on havaintokuva oikein ja väärin käsitellystä soitinpuusta. Artikkelin päättyy sanoihin: "Should Thermo-treatment become available in United States (and we believe it will), you'll hear about it first, right here." Juha Ruokangas muistelee lämpöpuun leviämistä maailmalle:¹⁶

Kun soitinrakentaja ostaa puuta, hän tutkii tarkasti sen ominaisuudet. Mutta kun ostetaan lämpökäsiteltyä puuta, sitä ilmeisesti käytetään tutkimatta asiaa. Tutkimusten avulla voitaisi todeta, että puu aina ei ole ehkä sitä, mitä haetaan. Tähän ristiriitaan ovat törmänneet monet rakentajat kautta maailman. Osa on alkanut kehittämään omia menetelmiä, osa käyttää edelleen lahontorjuntakäsiteltyä puuta. Kaiken aikaa oikeata tietoa olisi ollut saatavilla The ToneQuest Report -lehestä, suomalaisilta tekniikan kehittäjiltä ja sitä käyttäviltä soitinrakentajilta. Ja pääasiassa vain suomen kielellä.

Tietoa rakennuspuun lahontorjuntakäsittelystä on ollut saatavilla myös englannin kielellä, ja koska Lämpöpuuyhdistyksen tiedotteissa on kerrottu, että heidän lämpöpuunsa käyttökohteena on myös soitinrakennus, ovat ainekset väärinkäsitysten syntymiseen kasassa. Monet rakentajat ovat alkaneet kehitellä omia menetelmiään, ja erilaisia puun lämpökäsittelytapoja on otettu käyttöön laajalti soitinrakennuksessa ympäri maailmaa erilaisilla nimityksillä, kuten *torrefied*, *roasted*, *thermo aged*. Siitä, minkälaisia nämä menetelmät ovat, ei ole juuri saatavilla tietoa. Käsittelyille on yhteistä, että niiden kerrotaan parantavan juuri niitä soitinpuun ominaisuuksia, joita toimme esiin omissa tutkimuksissamme 1996–2002.

Roasted (Thermally modified)

<http://www.americanspecialtyhardwoods.com/roasted-thermally-modified/>

Artwood Vintage Thermo Aged™

http://www.ibanez.com/products/u_ag_series18.php?series_id=99&year=2018&cat_id=3

Ibanez Introduces "Thermo Aged" Artwood Vintage Acoustics

<https://www.youtube.com/watch?v=fyv2QAdkv6U>

Taylor Guitars "Spruce Torrefaction Process"

<https://www.youtube.com/watch?v=cv3cM0qQecY>

Torrefaction Explained & Torrefied RP1-16C Demo

https://www.youtube.com/watch?v=27uKeLOIH_I

Martin Custom Shop 000-28 - Torrefied Adirondack Top

<https://www.youtube.com/watch?v=d0arDcMO9Jo>

Musikmesse 2017 – The Reinhardt GmbH Thermowood-prosess

¹⁴ *The mythology of Tone. The ToneQuest Report*, August 2005 VOL. 6 NO. 10.

¹⁵ "Thermo-treated Wood... Vintage tone or Voodoo from Finland". *The ToneQuest Report*, January 2006 VOL. 7 NO. 3.

¹⁶ Juha Ruokankaan haastattelu. 15.10. 2019. Haastattelija Rauno Nieminen.

30 vuotta myöhemmin

Vuonna 2017 Thermo Timber Tonewoodin kehittäjät ja käyttäjät kokoontuivat Osmo Savolaisen kotiin saunomaan ja keskustelemaan. Pertti Nieminen jatkaa edelleen töitään TTKK:ssa. Rauno Nieminen, Juha Ruokangas ja Juha Lottonen ovat käyttäneet vanhennettua puuta soitinrakennuksessa kaksikymmentä vuotta. Edellä mainittu trio on mukana Musiikin edistämissätiön hankkeessa Suomi-soitin Suomi-puusta vuosina 2016–2019. Hankkeen tarkoituksena on edistää suomalaisen puun käyttöä soitinrakennuksessa ja selvittää vanhennetun puun käsittelylaitoksen rakentamista ja vuoden 2002 tutkimuksen julkaisemista uudelleen. Tuona huhtikuisena iltana kokoonnuttiin Osmon kotiin muistelemaan, kuka nyt mitään muisti.¹⁷



Suomalaiset woodoomiehet Osmo Savolaisen vieraina vuonna 2017. Vasemmalta Juha Lottonen, Osmo Savolainen, Pertti Nieminen, Rauno Nieminen ja Juha Ruokangas.

Osmo Savolainen

– Me tehtiin lämpökäsittelyä tuotannollisesti ennen kuin patentti tuli. Jokaisesta lisenssistä, jonka VTT myy, piti tulla rahaa mulle. Se sopimuskin on mulla. Neuvoteltiin, että meille kuuluu osa, mutta sitten tuli uusi juristi, joka sanoi että tänne on rivien väliin kirjoitettu, että et saa mitään. Ekopuu käytti 10 000 tuntia lämpöpuun kehittelyyn. En saanut siitä palkkaa. Sitten multa meni jo voimat.

Juha Ruokangas

– Tulin mukaan siihen tutkimukseen 1999. Olin Mäntässä lämpöpuuseminaarissa. Maaliskuussa 2000 olin ensimmäisen kerran Frankfurtin messuilla, ja mulla oli siellä ensimmäinen lämpöpuusta tehty kitara. Paimion Puupojat Oy:n Mika Koskisen ja Jiri Karmelan kanssa homma lähti silleen, että Matti Nevalaisen Flying Finnejä piti tehdä lämpöpuusta koivukaulalla.

Pertti Nieminen

– Osmo haki rahoitusta lämpöpuuhankkeelleen. Ne kysivät minulta, että kun sinä olet tutkinut näitä materiaaleja, niin voisitko tulla Osmon tukihenkilöksi. Sanoin, että ilman muuta minua kiinnostaa. En tiennyt asiasta mitään. Osmo sai sitten rahoitustukea, ja olin tässä sitten tutkimuksen ohjaajana. Olin kuvioissa mukana jo silloin, kun Osmo vei ensimmäiset puut VTT:lle. Se oli jo 1989 kun tapasin Osmon. Oikeastaan

¹⁷Puuntutkijoiden tapaamisen nauhoitus 11.4.2017, Mänttä. Äänittäjä Rauno Nieminen.

ensimmäisenä oli elohopeaporosimetri-mittaukset. Pentti Kettunen oli materiaaliopin professori. Sain alennusta elektronimikroskooppikuvista.

Rauno Nieminen

– Kiinnostuin asiasta, kun Pertillä oli mikroskooppikuvia, jotka muistuttivat vanhasta Stradivarista otettuja kuvia. Suomi on pieni maa. Osmo asui siskoni naapurissa Mäntässä. Vein puuta Osmolle käsiteltäväksi, kun kävin siskoni luona kylässä. Olin ostanut koululle 20 kuusitukkaa ja ajattelin heti, että voisiko niiden käyttöä nopeuttaa mitenkään muuten kuin odottamalla 20–40 vuotta.

Juha Ruokangas

– Minuun teki vaikutuksen lämpökäsittelyn puun vakaus, kun niitä ensimmäisiä puita saatiin. Siinä oli sähkökitaran viisi millimetriä paksuja saumattuja koivukansia. Ne jätettiin pöydälle makaamaan, lämpökäsittely ja käsittelemätön kansi. Se käsittelemätön sitten kupertui aina, kun sen käänsi, mutta lämpökäsittely pysyi suorana. Sitten vaan maalaisjärjellä ajattelin, että tämä on hyvä. Sitten sitä vaan alettiin käyttämään leppäbodyissä, vaahterakauloissa, otelautoissa ja koivukansissa.

– Se selkeästi oleellisin hyöty oli, että ne oli niin vakaita. Siksi sitä alettiin käyttää kaikessa, ja aloimme markkinoida ja totuttaa asiakkaita siihen. Kaulojen kanssa ei tarvinnut temppuilla. Väri ja saundi muuttuivat – Ajattelin että kivoja nekin on, mutta ensisijainen asia oli se, että ne olivat vakaampia ja oli vähemmän ongelmia.

Juha Lottonen

– Alussa, kun saatiin puuta lämpökäsittelystä, ne oli propeleita, kun puu oli kostunut päistä muttei vielä keskeltä. Ei ollut tietoa, kuinka kauan menee, että puu saavuttaa tasapainoisen kosteuden.

– Alkuvaiheessa, kun oli mahdollisuus lähteä testaamaan puuta, tässä oli mukana viulunrakentajia, ja ajateltiin, että nyt on jotain ihmettä tapahtumassa. Viulunrakentajat etsivät verstaaltaan kaikki huonoimmat puut lämpökäsittelyyn ja pettyivät, kun tuli huono viulu. Ajatus oli vähän väärä. Jos lähtökohta on huono, niin ei se siitä paljoa lämpökäsittelyllä parane. Se pani ajattelemaan, mitä tämä on. Tää on vähän eri materiaalia. Tämä ei käyttäydy kuten käsittelemätön puu. Puu murenee kuten vanha puu. En tykkää hioa sitä, se on sellainen hapan. Haisee pahalle ja maistuu pahalle. Käytän mielelläni lastuavia työmenetelmiä. Suojaimia kannata käyttää. Sivujen taivutus on vähän haastavampaa. Sitä voi pitää niin kuin vanhana puuna.

Juha Ruokangas

– Sähkökitaroissa omat mielikuvat ovat, että jos tehdään lämpöpuusta Telecaster-tyylinen sähkökitara, se on tasapainoinen. Se on vain ihan subjektiivinen mielikuva. Ei me mitenkään mitattu niitä. Nyt ollaan tehty melkein 20 vuotta kitaroita kokonaan vanhennetusta puusta, joissa on body, kaula ja otelauta käsitelty, ja kautta linjan lehtien testeissä ja sellaisten ammattilaisten käsissä, jotka ovat analyttisiä muusikoita, samanlainen palaute on toistunut, että tässä on ikääntyneen kitaran fiilis. Usein ihmiset viittaa siihen, että keskialue soi sillä tavalla kuin vanhemmissa kitaroissa. Se, miksi moni kokenut ammattikitaristi hakeutuu niiden vanhojen kitaroiden pariin, on se, että keskialue soi. Ja keskialue on tosi tärkeä sähkökitarassa, koska se tulee bändissä läpi. Jos se ei ole terve ja tietynlainen, niin sitten koetaan, että tässä ei ole hyvä saundi. Jos ei se kitara akustisesti sitä tuota, niin eihän sitä mikrofoneista tule sinne equttamallaakaan, jos sitä ei ole.

– Enää ei tarvitse perustella vanhennetun puun käyttöä. Nythän se on trendi. Amerikkalainen, väärin tehty lämpökäsittely on lyönyt itsensä läpi. Se, että soitinrakentajat tajuaa haluta miedommin käsiteltyä puuta, se on sitä Raunon ja minun työn ansiota, jota tehtiin *Tone Quest* -lehdessä sekä Holy Grail- ja muillakin messuilla. Sitä enemmän käsiteltyä puuta käyttävät Martin, Taylor Ibanez, Yamaha. Dana oli kiinnostunut kevyemmin käsitelystä puusta, kun sitä ei Pohjois-Amerikasta saanut.

– Sain juuri saksalaiselta puukauppiaalta kirjeen, että heillä on nyt sitä miedommin käsiteltyä puuta. Siinä oli kuvia niiden "miedommin" käsitellyistä puista, ja nehän oli tumman ruskeita. Siinä oli kuvia niiden aikaisemmin käsitellyistä puista, ja nehän oli ihan mustia.



Ruokangas Mojo-Grande. Vanhennuskäsitelty leppä ja loimukoivu.



Ruokangas EmmaMaria, 002. Vanhennuskäsitelty loimukoivu ja kuusi.

2 Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen-tutkimus 2000–2002

Tampereen teknillisen korkeakoulun, IKATAN Soitinrakennusosaston ja suomalaisten soitinrakentajien *Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen* -hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten vanhennettu puu eroaa käsittelemättömästä puusta. 1990-luvulla tehtyjen tutkimusten perusteella tiedettiin, mihin puun ominaisuuksiin voidaan käsittelyllä vaikuttaa. Tällaisia ovat muun muassa äänen nopeus, akustiset ja mekaaniset ominaisuudet, väri ja veden adsorptio. Tutkimus oli luonteeltaan vertailututkimus, jossa selvitettiin tuoreen puun ja vanhetamiskäsitellyn puun eroja.

Puun vanhentaminen ei tee huonosta puusta hyvää. Käsiteltävän puun tulee olla lähtökohtaisesti hyvää ja oikein sahattua soitinpuuta. Tarkoituksena on vanhentaa puuta keinotekoisesti ja päästä samanlaiseen lopputulokseen kuin luonnonmukaisen vanhenemisen myötä. Tutkimuksen alkuvaiheessa etsittiin karkeasti raja-arvot tekemällä samankokoisille puunäytteelle erilaiset käsittelyt lämpötiloissa 140–230 °C. Puuaihiot halkaistiin ja tutkittiin ennen käsittelyä ja sen jälkeen. Toista puoliskoa ei käsitelty. Näin voidaan tutkia käsittelyä ja käsittelemättömyyttä puuaihiota vielä kymmenien vuosien jälkeen.

Lämpötila nostetaan ja lasketaan tietyn kaavan mukaisesti. Tämän jälkeen puu jäädytetään ja kosteusasapaino palautetaan. Lopputulokseen vaikuttaa prosessin kulku, lämpötilan nosto, pito- ja päästöaika, mutta myös käsiteltävän puun perusominaisuudet ja puun kosteus. Eri puulajeille ja eri kokoisille puuaihioille on oltava oma prosessi.

Lämpökäsittelystä puusta ja siitä rakennetuista soittimista saatiin palautetta rakentajilta. Landolan kitaratehdas oli tutkimuksessa tärkeässä asemassa, sillä tehtaalla rakennettiin tuhansia kitaroita sekä vanhennetusta puusta että normaalista puusta. Eri tavalla käsitellyistä puista rakennettujen kitaroiden vertaileminen oli helppoa ja tuloksia saatiin nopeasti, sillä tehtaassa kitaran rakentamiseen kului aikaa vain muutama tunti. Koska hankkeisiin saatiin mukaan paljon soitinrakentajia, vanhennetusta puusta rakennettiin hyvin monenlaisia soittimia: sähkö- ja akustisia kitaroita, bassoja, viuluja, mandoliineja, kanteleita, cembaloita, kirkkourkuja ja niin edelleen.¹⁸

Tutkimusmenetelmät

Laboratoriotutkimuksissa puunäytteistä tutkittiin kaikki ne tekijät, jotka ovat aikaisemmissa tutkimuksissa osoittautuneet käyttökelpoisiksi luokitusparametreiksi, sekä lisäksi arvioitiin menetelmiä soitinpuiden tärkeiden ominaisuuksien määrittämiseksi. Käsittelemättömien ja käsiteltyjen puunäytteiden ominaisuuksien tutkimiseen soveltuvia menetelmiä ovat:¹⁹

<i>Huokosjakautuman mitta</i>	<i>(elohopeaporosimetri)</i>
<i>Äänen nopeuden mitta</i>	<i>(ultraääninopeusmittari)</i>
<i>Veden adsorptio mitta</i>	<i>(mittausastia ja erilaiset suolat)</i>
<i>Vedenimukyky ja turpoamat</i>	<i>(paineastiat)</i>
<i>Värin muutokset</i>	<i>(värimittari)</i>
<i>Taivutuslujuus</i>	<i>(hydraulipuristin)</i>

Äänen nopeusmittaukseen käytettiin Giovanni Lucchin kehittämää Lucchi Meter-mittaria. Laitteessa olevat metalliset mittapääät asetetaan (kohtalaisen kevyesti) painaen mitattavan näytekappaleen päihin, ja saadut lukuarvot luetaan näytöltä.²⁰

Veden adsorption tutkimuksessa käytettiin kolmea ilman suhteellista kosteutta, jotka saavutetaan veden ja kylläisten suolaliuosten avulla. Käytettävät ilman suhteelliset kosteudet ja suolat, joilla ne saavutetaan, ovat seuraavat: MgCl₂ 6H₂O (33 %), NaCl (75 %) ja K₂SO₄ (96 %) Haluttu suhteellinen kosteus muodostetaan tiiviiseen astiaan. Astian pohjalla on vettä tai suolaliuosta, ja tämän yläpuolella ritilän päällä koekappaleet ovat telineissä. Tasapainokosteuden mittaamiseen käytetään

¹⁸ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen*, sivu 29.

¹⁹ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen*, sivu 21.

²⁰ LucchiMeter. (<http://www.lucchicremona.com/portal/en/technology/lucchimeter/>)

koekappaleita, joiden koko on 20 x 20 x 20 mm. Koekappaleita kuivataan vuorokauden ajan 105 °C:n lämpötilassa, minkä jälkeen ne punnitaan ja sijoitetaan mittaustastiaan. Koekappaleiden annetaan olla edellä mainituissa kosteuksissa, kunnes ne ovat saavuttaneet tasapainotilan, jolloin niiden paino ei enää muutu. Kuivapainon ja tasapainotilan painon avulla lasketaan tasapainokosteusprosentti.²¹

Vedenimukyvyn mittauksessa käytetään kahta eri paineastiaa. Aluksi koekappaleet asetetaan vakuumiastiaan noin 75 kPa:n alipaineessa 30 minuutin ajaksi. Tämän jälkeen kappaleet punnitaan ja siirretään paineastiaan noin 600 kPa:n ylipaineeseen 120 minuutin ajaksi, jonka jälkeen koekappaleet punnitaan.

Vedenimukyvyn mittauksessa käytetään kahta rinnakkaista koekappaletta, joiden koko on noin 20 x 20 x 20 mm. Koekappaleet punnitaan, kun niitä on kuivatettu vuorokauden ajan 105 °C:n lämpötilassa. Näytteet upotetaan vesiastiaan, joka laitetaan vakuumiastiaan ja johon imetään noin 75 kPa:n alipaine. Näytteitä pidetään alipaineessa 30 minuutin ajan astiaa välillä täyryttäen. Paine poistetaan tasaisesti, ja koekappaleiden annetaan tasoittua normaalissa ilmanpaineessa 30 minuutin ajan (± 10 min). Kappaleiden pintavesi poistetaan imupaperilla, ja ne punnitaan. Seuraavaksi ne siirretään vedellä täytettyyn paineastiaan, johon nostetaan noin 600 kPa:n ylipaine 120 minuutin ajaksi, ja suoritetaan samat toimenpiteet kuin edellä.

Värimittaus suoritettiin värimittarilla höyläpintaisesta puusta. Puiden pinnat höylättiin ennen värimittauksen aloittamista. Värin mittaus tehtiin kalorimetrisesti CIELAB-systeemin mukaisesti, ja värin määrittämiseen käytettiin Minolta Chroma-Meter CR-310 -laitetta.²² Värimittaus tehtiin jokaisesta näytteestä kolmesta pisteestä ennen vanhentamiskäsittelyä. Vanhentamiskäsittelyn jälkeen suoritettiin värimittaukset samoista pisteistä.

Huokoisuuden määitykset tehtiin Micromeritics Pore Sizer 9300 -elohopeaporosimetrin avulla. Määityksessä tutkittava näyte sijoitetaan näyteputkeen eli penetrometriin, joka vakioidaan. Sen jälkeen putki täytetään elohopealla minimipaineessa. Kun laitteeseen aletaan laskea ilmaa, elohopean paine nousee ja se alkaa tunkeutua näytteen huokosiin. Kussakin paineessa täyttyneiden huokosten tilavuus saadaan havaitsemalla Hg-pinnan asema penetrometrin ohuessa kapillaariputkessa.

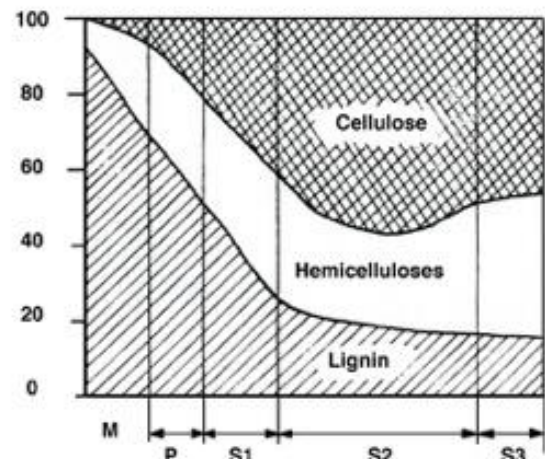
Taivutuslujuuden mittaukset suoritettiin hydraulisella puristimella. Puunäytteitä taivutettiin samalla voimalla sekä ennen että jälkeen vanhentamiskäsittelyn. Tutkittava näyte asetettiin puristimelle kahden tuen varaan. Tukien jänneväli oli 600 mm. Kappaletta kuormitettiin yhdestä pisteestä noin neljännesosalla siitä voimasta, joka kirjallisuudessa ilmoitetaan taivutuslujuusarvoksi (MPa). Taivutusvoiman pitäminen suhteellisen alhaisena varmisti, ettei taivutuksella murrettu tai rikottu mitenkään puun rakennetta. Taivutuskokeella pyrittiin selvittämään vanhentamiskäsittelyprosessin vaikutusta puun jäykkyydelle.

²¹ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsittely puu ja soittinrakentaminen*, sivu 22.

²²https://www.geminibv.nl/labware/minolta-cr300-chromameter-en?filtercategory=meetaparatuur-de&filtertext=&set_language=en&filtermanufacturer=&pts_language=en

Puusolun kemiallinen rakenne

Puun solujen rakenne on kaikilla puulajeilla samankaltainen. Havu- ja lehtipuiden solujen kesken on eroavaisuutta, muun muassa solun muodossa ja järjestyksessä. Soluseinät rakentuvat selluloosasta (40–50 %) ja hemiselluloosasta (20–25 %), jotka vaikuttavat puun lujuuteen, sekä ligniinistä (20–30 %), joka on liima-aine. Puussa on kahdenlaisia soluja. Lehtipuiden solukon rakenne eroaa havupuiden solukosta. Havupuissa suurin osa soluista on trakeideja eli vesisoluja, jotka hoitavat veden kuljetuksen puussa. Niillä on suuri vaikutus puun mekaanisiin ominaisuuksiin. Ydinsädemuodostumia on kaikilla puulajeilla, kohtisuorassa rungon pituusakselin suuntaan nähden. Kuusella ja männyllä on rungon tilavuudesta ydinsäteitä noin 6 %.²³



Kuva 1.

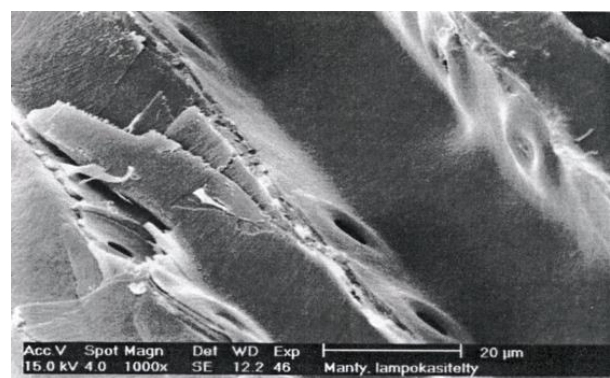
Soluseinän pääaineosat ovat selluloosa, hemiselluloosat ja ligniini. Selluloosan osuus on noin 45 % puusolun koostumuksesta. Kuvassa 2 suurin osa siitä on sekundääriseinämässä S2. Hemiselluloosan osuus on yleensä 20–30 % puun kuivamassasta. Ligniinin osuus havupuilla on 26–34 % ja lehtipuilla 22–30 %. Ligniinipitoisuus on kuusessa 30 %, männyssä 28 % ja koivussa ja haavassa 17 % puun kuivamassasta. Lisäksi puun rakenteessa esiintyy vettä ja erilaisia eritteitä, kuten pihkaa, polyfenoleja, rasvahappoja ja piidioksidia sekä erilaisia suoloja. Niiden määrä havupuissa on alle 5 % ja lehtipuissa alle 10 %.²⁴

Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus solurakenteeseen

Puun vanhentamiskäsittelyssä puusolun luumenia eli soluonteloa rajoittavassa soluseinämässä tapahtuu muutoksia sisäkerroksen (S3, kuvassa 1) ja keskikerroksen (S2, kuvassa 1) rakenteiden muuttuessa selluloosan ja hemiselluloosan hajotessa. Kuvassa 3 nähdään männyn solukon pintarakennetta ennen vanhentamiskäsittelyä. Lamellimainen rakenne on selvästi havaittavissa.²⁵



Kuva 2. Käsittelemättömän männyn solukon pintarakennetta tuhatkertaisena suurennoksena.



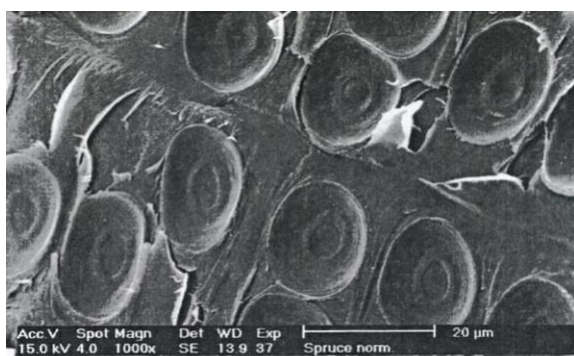
Kuva 3. Vanhennuskäsitellyn männyn solukorakennetta tuhatkertaisena suurennoksena.

²³Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen*, sivu 15.

²⁴Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsittely puu ja soitinrakentaminen*, sivu 17.

Vanhentamiskäsittelyn myötä solukon pintarakenne on muuttunut merkittävästi (kuva 3). Pinta on ikään kuin sulanut tai kiteytynyt lämmön vaikutuksesta. Kokeissa havaittiin myös hydrofiilisyyden vähentyneen merkittävästi, mikä tulee ilmi muun muassa tasapainokosteuden alenemisena. Tutkittaessa eri puulajien huokoskokojakautumia ennen vanhentamiskäsittelyä ja sen jälkeen havaittiin huokoskokojakautumassa isojen yli 1 μm :n huokosten lisääntyvän ja niin sanottujen adsorptiovesihuokosten – eli alle 1 μm :n huokosten – selvästi vähenevän vanhentamiskäsittelyn aikana.

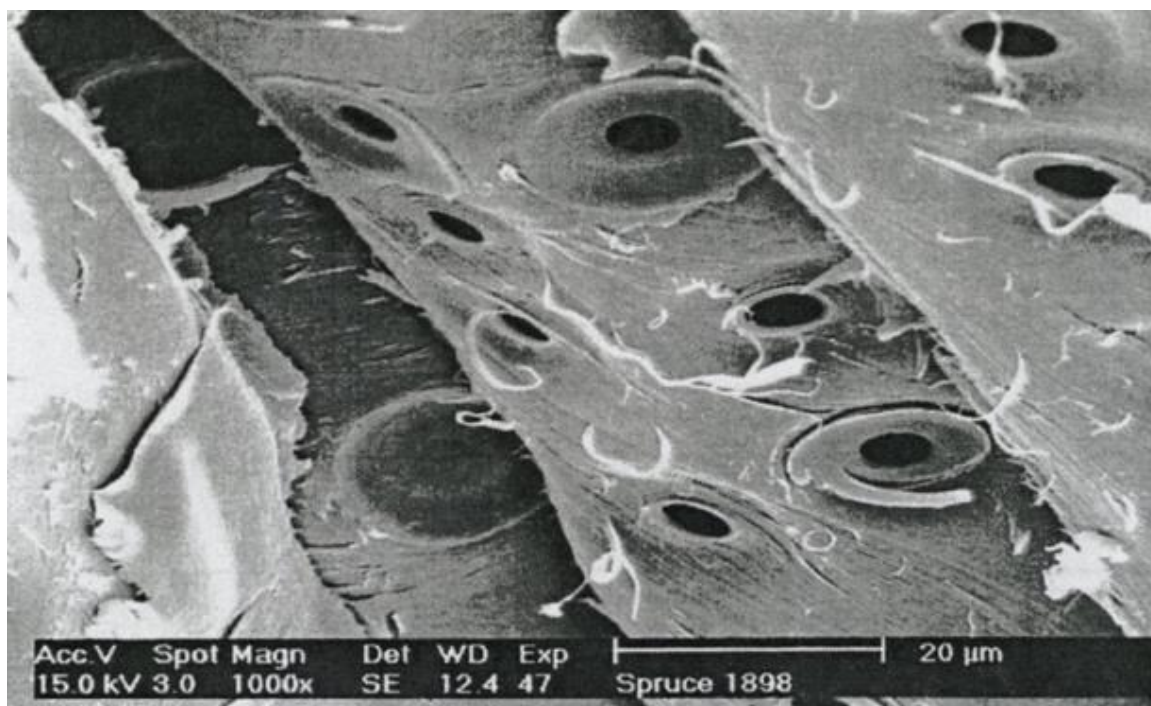
Toinen vanhentamiskäsittelyn aiheuttama muutos havupuun solurakenteessa liittyy niin sanottujen rengashuokosten käyttäytymiseen. Kuvassa 4 on tyypillinen kuivatun kuusen pintarakenne, jossa rengashuokokset ovat sulkeutuneet kuivauksen yhteydessä. Kuvassa 5 on vanhentamiskäsitellyn kuusen pintarakenne. Vanhentamiskäsittelyn yhteydessä rengashuokokset kuitenkin rikkoutuvat samaan tapaan kuin sata vuotta vanhassa kuusessa (kuva 6).



Kuva 4. Käsittelemättömän kuusen pintarakenne.



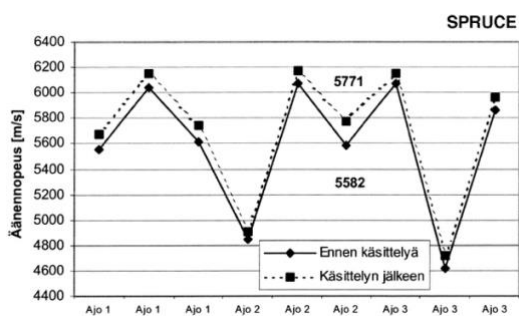
Kuva 5. Vanhentamiskäsitellyn kuusen pintarakenne.



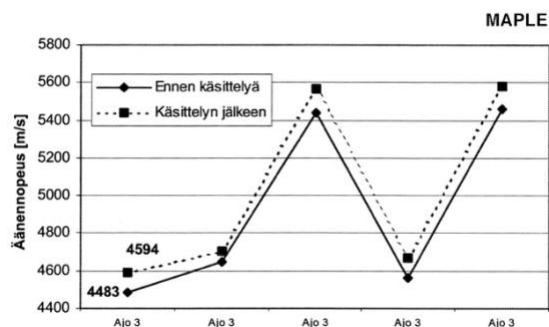
Kuva 6. Sata vuotta vanhan kuusen pintarakenne.

Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus äänen nopeuteen

Äänen nopeusmittauksissa havaittiin, että käsittelylämpötilalla on selvä vaikutus saavutettuun äänen nopeustasoon. Matalissa, alle 200 °C:n lämpötiloissa käsiteltyjen puiden äänen nopeus kasvaa 0–1 000 m/s. Soitinpuille liian korkeissa, selvästi yli 200 °C:n lämpötiloissa käsiteltyjen puiden äänen nopeus alkaa vastaavasti laskea. Lisäksi havaittiin muun muassa puun tiheydellä ja lähtötilanteen kosteuspiitoisuudella olevan merkitystä saavutettuun äänen nopeustasoon.²⁶



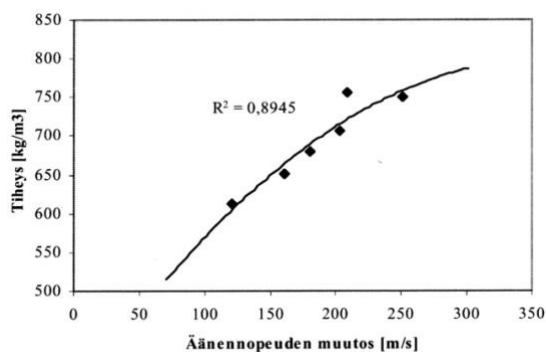
Kuva 7. Kuusinäytteiden äänen nopeudet ennen ja jälkeen käsittelyn.



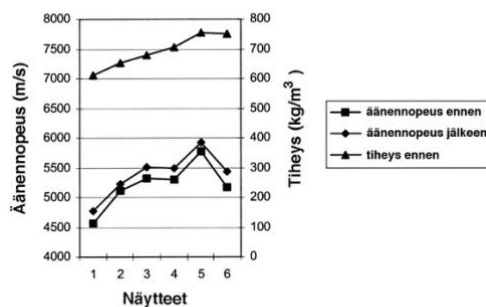
Kuva 8. Vaahteran äänen nopeudet ennen lämpökäsittelyä ja sen jälkeen.

Puun tiheyden vaikutus äänen nopeuden kasvuun

Koivunäytteitä tutkittaessa havaittiin puun tiheydellä olevan merkitystä äänen nopeuden muutokseen vanhentamiskäsittelyn vaikutuksesta. Koivunäytteiden, joiden tiheys oli välillä 600–700 kg/m³, äänen nopeus kasvoi noin 120–180 m/s (noin 3,4 %). Näytteiden, jotka olivat tiheydeltään yli 700 kg/m³, äänen nopeus kasvoi noin 200–250 m/s (noin 3,8 %). Vanhentamiskäsittelyn vaikutus syiden suuntaiseen äänen nopeuteen tiheydeltään erilaisilla koivunäytteillä on esitetty kuvissa 17–20.²⁷



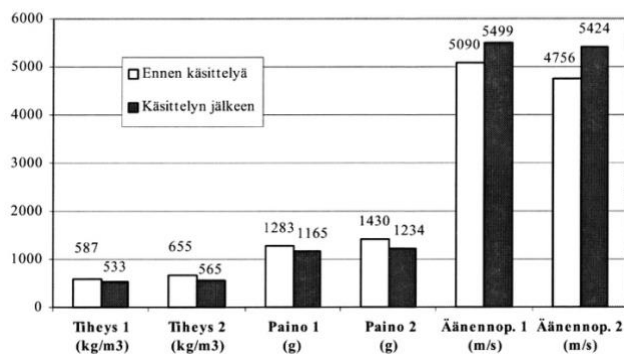
Kuva 9. Vanhentamiskäsittelyn vaikutus syiden suuntaiseen äänen nopeuden muutokseen tiheydeltään erilaisilla koivunäytteillä.



Kuva 10. Koivunäytteiden 1–6 äänen nopeus ennen ja jälkeen vanhentamiskäsittelyn, sekä lämpökäsiteltyjen näytteiden tiheys ennen käsittelyä.

²⁶ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsitelty puu ja soittinrakentaminen*, sivu 26.

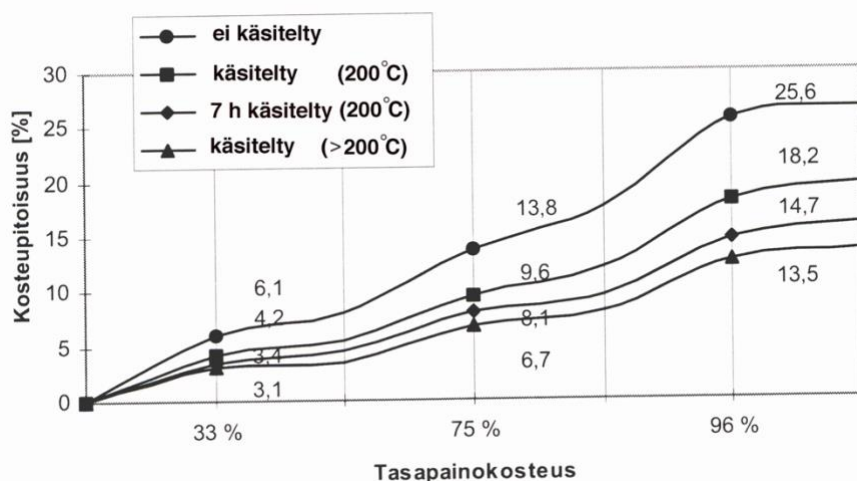
²⁷ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsitelty puu ja soittinrakentaminen*, sivu 29.



Kuva 11. Vanhentamiskäsittelyn vaikutus tiheydeltään erilaisiin koivunäytteisiin.
Tiheys 1: < 600 kg/m³, tiheys 2: > 650 kg/m³.

Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus veden adsorptiokykyyn

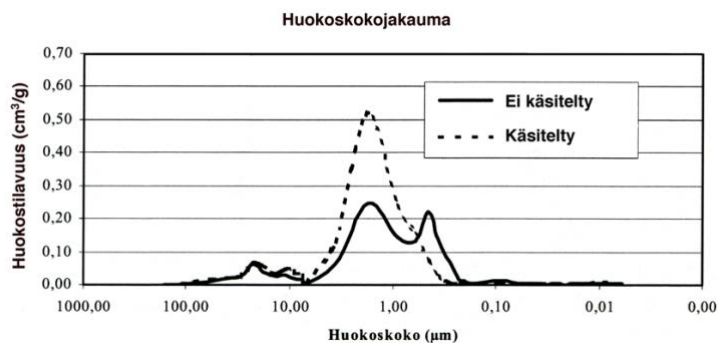
Puunäytteiden veden adsorptiomäärityksissä havaittiin niin ikään selkeästi, mikä vaikutus puun käsittelylämpötilalla on veden adsorptiokykyyn. Korkeissa, yli 200 °C:n lämpötiloissa käsiteltyjen puunäytteiden kosteuspitoisuustaso on 96 %:n kosteudessa saavutetussa tasapainotilassa, esimerkiksi kuusella noin 12–13 %:n tasolla. Käsittelemättömällä kuusella vastaavassa kosteudessa määritetty tasapainotilan kosteuspitoisuus on noin 26 %:n tasolla. Hieman alle tai noin 200 °C:ssa käsiteltyjen kuusinäytteiden kosteuspitoisuus on vastaavasti noin 18 %:n tasolla. Puunäytteiden vedenimukykyyn mittaustuloksista voidaan havaita, että vähän alle 200 °C:ssa käsitellyillä kuusi-, mänty-, haapa- ja koivunäytteillä oli hieman pienempi vedenimukyky kuin käsittelemättömillä näytteillä. Turpoamisen mittauksissa haapa, kuusi ja mänty käyttäytyivät melko samankaltaisesti. Käsittelemättömän kuusen tilavuus kasvoi noin 15 % ja vanhentamiskäsittelyn kuusen noin 8 %.



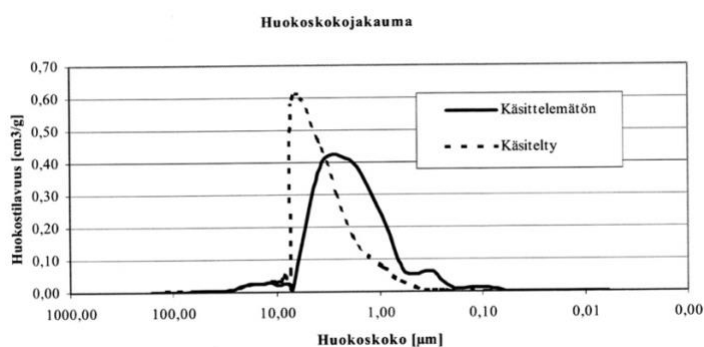
Kuva 12. Erilaisten käsittelyjen vaikutus.

Puun vanhentamiskäsittelyn vaikutus puun huokoisuuteen

Puunäytteiden huokoisuus tutkimuksissa havaittiin, että vanhentamiskäsittely muuttaa puun huokoisuutta. Vanhentamiskäsittelyssä havaittiin isojen, yli 1 mikromillimetrin kokoisten huokosten lisääntyvän ja niin sanottujen adsorptio-vesihuokosten eli alle 1 mikromillimetrin huokosten selvästi vähenevän.



Kuva 13. Kuusen huokoisuudessa tapahtunut muutos.



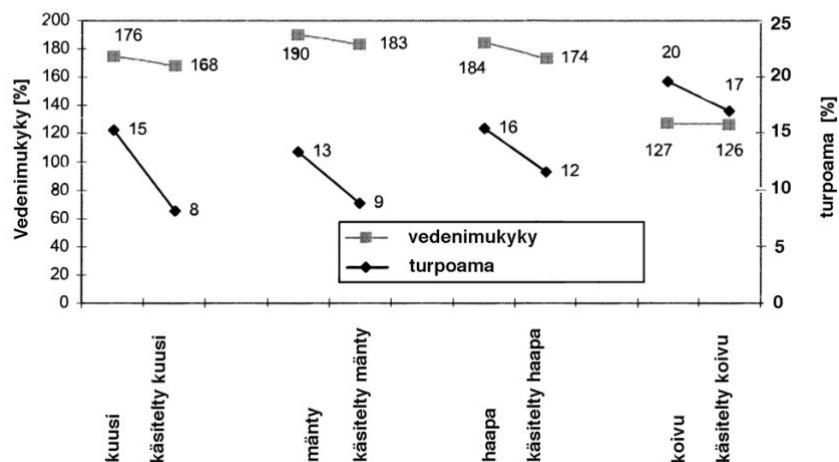
Kuva 14. Männyn huokoisuudessa tapahtunut muutos.

Puunäytteiden vedenimukyky ja turpoamat

Puunäytteiden vedenimukykytuloksista voidaan havaita, että vähän alle 180 °C:ssa käsitellyillä kuusi-, mänty, haapa- ja koivunäytteillä oli hieman pienempi vedenimukyky kuin käsittelemättömillä näytteillä. Turpoamien mittauksissa haapa, kuusi ja mänty käyttäytyivät melko samankaltaisesti.

Puun tilavuuden kasvu

	käsittelemätön	käsitelty	turpoaman väheneminen
Kuusi	15 %	8 %	7 %
Mänty	13 %	9 %	4 %
Haapa	16 %	12 %	4 %
Koivu	20 %	17 %	3 %



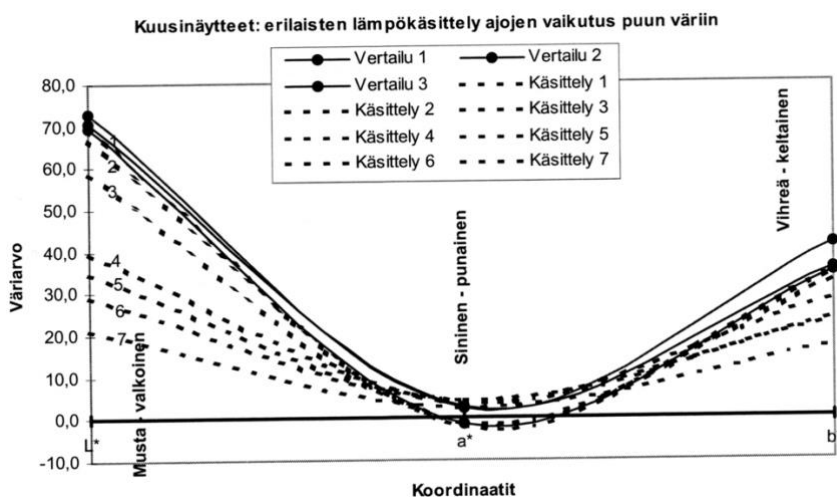
Kuva 15. Käsiteltyjen ja käsittelemättömien puunäytteiden vedenimukyky ja turpoamat.

Puunäytteiden väri

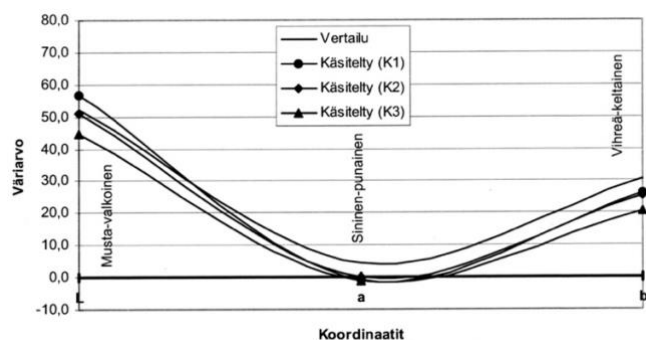
Soitinpuunäytteiden värimittauksissa havaittiin, että esimerkiksi puun tiheydellä on vaikutusta vanhentamiskäsittelyn jälkeen mitattuun väriin. Myös käsittelylämpötilan korkeudella voidaan vaikuttaa merkittävästi puun väriin. Vanhentamiskäsittelyllä saadaan vaaleiden puiden kuten kuusen väri tummenemaan siten, että koko puun väri muuttuu ja puun loimut tulevat paremmin esiin.



Kuva 16. Erilaisten ajojen vaikutus kuusen väriin.



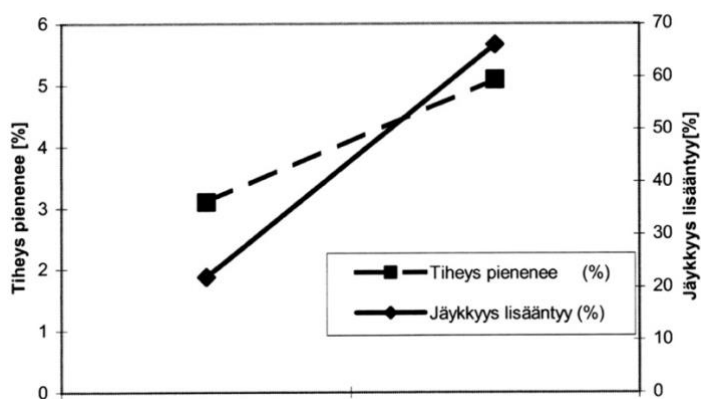
Kuva 17. Kuvasta nähdään kuinka kuuselle tehty erilaiset käsittelyajot muuttavat etenkin koordinaattien L^* ja b^* väriarvoja.



Kuva 18. Käsittelyajot K1 ja K2 muuttavat lepän väriä vain hieman tummemmaksi.

Puunäytteiden taivutus

Kuuselle tehdyissä taivutuslujuuksien määrittelyissä puiden jäykkyys kasvoi vanhentamiskäsittelyn vaikutuksesta 20–81 %. Keskimääräinen jäykkyyden lisäys oli 53 %. Vanhentamiskäsittelyn vaikutuksesta tapahtuva tiheyden ja jäykkyyden muutoksen suhde kuusinäytteissä on esitetty kuvassa 19.



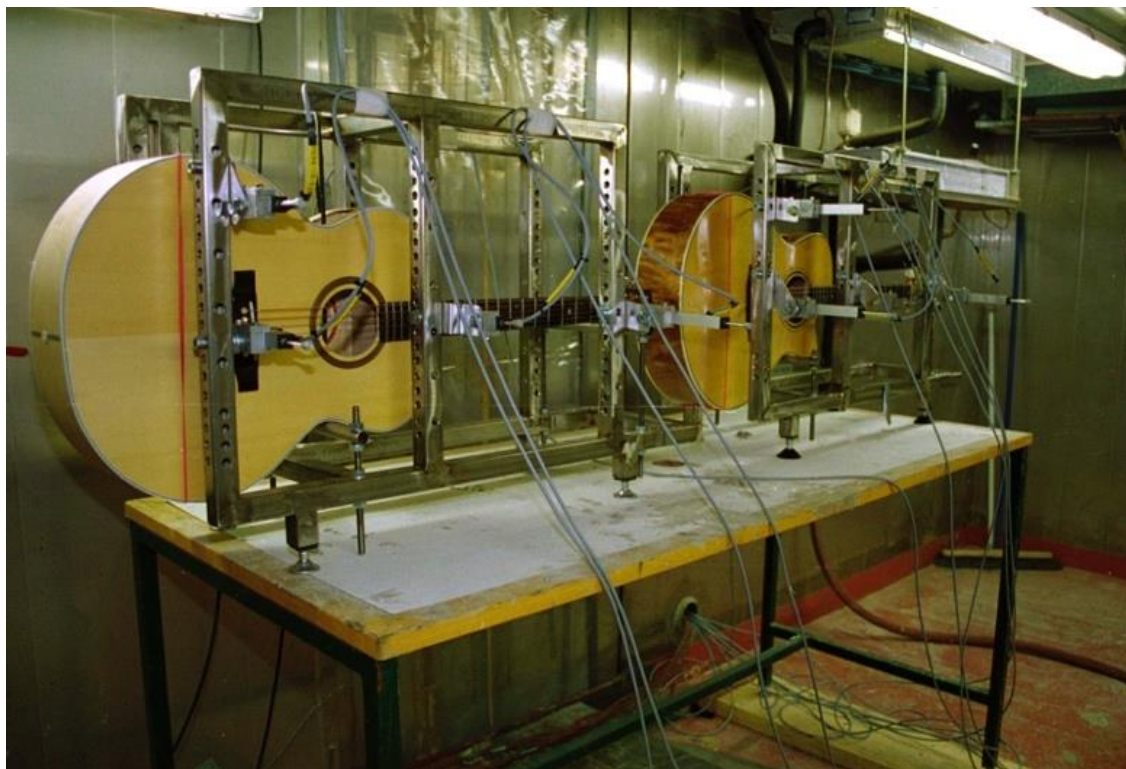
Kuva 19. Kuusinäytteiden, joiden tiheys pienenee suhteellisen vähän (3 %), jäykkyys lisääntyy käsittelyn vaikutuksesta noin 22 % eli melko vähän. Puiden, joiden tiheys pienenee keskimäärin 5 %, jäykkyys lisääntyy noin 66 %.

Valmiiden soittimien muodonmuutokset

Tehdyssä tutkimuksessa oli kaksi Landola Guitarsin valmistamaa kitaraa, joista toinen oli rakennettu käsittelemättömästä puusta ja toinen oli rakennettu vanhentamiskäsitellystä puusta. Kitarat sijoitettiin niin sanottuun sääkaappiin, jossa pidettiin vakiolämpötilana 20 °C. ilman suhteellinen kosteus vaihteli 15–85 prosentin välillä 4 vuorokauden syklillä. Kitareiden kosteuspitoisuus oli jo ennen kaappiin sijoittamista melko alhainen, sillä niitä oli säilytetty kontrolloiduissa olosuhteissa. Koe aloitettiin kuivauksella (suhteellinen kosteus 15 %), minkä jälkeen ilman suhteellinen kosteus nostettiin 85 %:n tasolle.

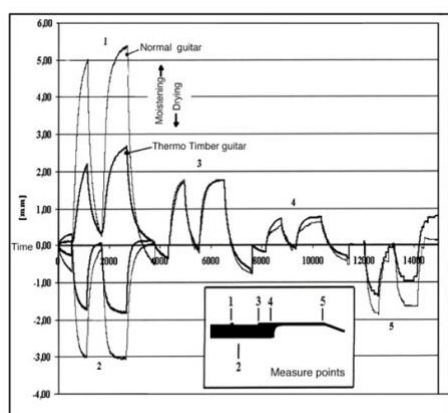
Kitarat sijoitettiin syrjälleen niitä varten rakennettuihin erikoistelineisiin. Ne kiinnitettiin kannen ja pohjan alaosaan (kavennuskohdasta) ja kitaran päässä sijaitsevan kantohihnan reiän kohdalta tukevasti kiinni. Näiden kiinnityspisteiden avulla pystyttiin eliminoimaan kitaran liikkuminen telineessä estämättä ilman suhteellisen kosteuden vaihteluista johtuvia muodonmuutoksia. Kitaroihin asennettiin viitteen eri pisteeseen mittakellot. Mittauspisteiden paikat on esitetty kuvassa 21. Säärasituskaapissa tehdyssä kitaroiden muodonmuutosvertailussa havaittiin, että vanhentamiskäsitellystä puusta rakennetun kitaran kosteuselämisestä johtuvat muodonmuutokset olivat noin puolta pienemmät kuin normaalilla kitaralla.²⁸

²⁸ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsitelty puu ja soittinrakentaminen*, sivu 29.



Kuva 20. Vanhennetun ja normaalipuusta rakennetun kitaran kosteuselämisen vertaaminen sääkaapissa.

Käsittelemättömästä puusta rakennetun kitaran dimensiot muuttuivat kostutusprosessin aikana kannen osalta jopa hieman yli 5 mm ja vastaavasti pohjaosan kohdalla noin 3 mm. Näin ollen voimakkaasti kosteutta imenyt kansi ja pohja pullistuvat keskikohdaltaan selvästi ulospäin. Kitarankaulan (otelaudan) kosteudesta johtuvat liikkeet olivat otelaudan ja kannen liitospaikoissa, joka on rakenteellisesti tärkeä kohta, vain 0,5–1,0 mm:n välillä. Otelaudan päässä (mittauspiste 5) dimensiot muuttuivat hieman alle 2 millimetriä. Vanhentamiskäsitellystä puusta rakennetun kitaran mittojen poikkeamat olivat selvästi alhaisemmalla tasolla. Kannen (mittauspiste 1) kohdalla muutokset olivat noin 2,1–2,5 mm eli alle puolet verrattuna käsittelemättömästä puusta rakennettuun kitaraan. Pohjan kohdalla tulokset olivat niin ikään pienempiä, noin 1,6–1,8 mm. Otelaudan päästä, mittauspisteestä 5 saadut lukuarvot olivat noin 1,0–1,3 mm. Säärasituskaapissa tehdyssä kitaroiden muodonmuutosvertailussa havaittiin, kuinka vanhentamiskäsitellystä puusta rakennetun kitaran kosteuselämisestä johtuvat muodonmuutokset olivat noin puolta pienemmät kuin normaalilla kitaralla.



Kuva 21. Normaalikitaran (Normal guitar) ja käsitellyn (Thermo Timber guitar) dimensioiden muutokset 15–85 % suhteellisessa ilmankosteudessa.

Yhteenveto

Seuraavassa tekstissä on *Lämpökäsitelty puu ja soitinrakentaminen* -raportin yhteenveto lyhennettynä.²⁹ Tässä tutkimuksessa esitetyt tutkimustulokset ovat suuntaa antavia. Tehdyissä tutkimuksissa on havaittu muun muassa seuraavaa: soitinpuiden vanhentamiskäsittelyssä ajo-ohjelman pituudella ja lämpötiloilla on suuri merkitys käsittelyn onnistumisen kannalta. Tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että puun sisäisillä tekijöillä, kuten tiheydellä ja kosteuspitoisuudella, on vaikutusta vanhentamiskäsittelyprosessin myötä tapahtuviin ominaisuuksien muutoksiin.

Puunäytteiden äänen nopeusmittauksissa havaittiin puun käsittelylämpötilalla olevan vaikutusta muun muassa saavutettuun äänen nopeustasoon. Käsittely liian matalassa lämpötilassa saa aikaiseksi lähinnä puun kuivumisen. Matalissa, noin 110–140 °C:n lämpötiloissa käsitteleminen ei siten tuota mitään olennaista hyötyä soittimien rakentamiseen käytettävälle puille. Esimerkiksi puiden äänen nopeuden mittaustuloksissa tai puiden paineissa ei tapahtunut edellä mainituilla lämpötiloilla käsiteltynä mitään muutoksia. Vastaavasti liian korkeissa, yli 200 °C:n lämpötiloissa käsiteltyjen soitinpuiden rakenne haurastuu, mikä vaikuttaa etenkin työstettävyyteen esimerkiksi siten, että ohuet liitokset ovat herkempiä murtumiselle sekä ruuvien yms. läpivientien murtuminen on todennäköisempää.

Oikeissa käsittelylämpötiloissa (140–180 °C) saavutetaan seuraavat edut: puun kosteuselämien pienenee, jäykkyys kasvaa, paino alenee, äänen nopeus kasvaa, puun väri tummenee ja puun resonointikyky paranee. Oikealla käsittelylämpötilalla on siis keskeinen merkitys. Havu- ja lehtipuiden lämpökäsittelytavat poikkeavat toisistaan siten, että lehtipuut, kuten koivu, kestävät paremmin korkeampia lämpötiloja. Koivu on vielä suhteellisen hyvin työstettävissä noin 200 °C:ssa tehdyn käsittelyn jälkeen.

Havupuiden, kuten kuusen ja männyn, kohdalla korkeammat käsittelylämpötilat muuttavat puiden rakennetta niin paljon, etteivät ne sovellu enää soitinten rakentamiseen. Liian kuumassa käsiteltyjen havupuiden rakenne haurastuu yleensä niin paljon, etteivät ne ole työstettävissä esimerkiksi höylällä, koska niitä höylätessä lastu murenee. Lastun mureneminen on merkki siitä, että puu on menettänyt lämpökäsittelyssä merkittävästi luonnollista elastisuuttaan ja se ei kelpaa enää soitinrakentamiseen. Miedomprien käsittelyjen jälkeen puuta höylätessä lastu irtoaa puusta pääsääntöisesti siististi ja se on myös sitkeätä. Silloin käsittely on kohdallaan ja puu soveliaista soitinten rakentamiseen.

²⁹ Nieminen Pertti, Pietilä Taisto, Suhonen Pekka (2002) *Lämpökäsitelty puu ja soitinrakentaminen*, sivu 68.



Ylhäällä soitinrakennukseen liian korkeassa lämpötilassa (lahontorjunta) käsitelty mänty ja kuusi. Alhaalla vanhentamiskäsitelty koivu ja kuusi. Soitinrakentajilla on monia tapoja testata käyttämiään puita. Kun leipureilla on "jauhopeukalo", tulisi soitinrakentajalla olla "puupeukalo", tai edes maalaisjärkeä.

Tutkimustulosten perusteella todettiin selvä yhteys soitinrakentajien vanhentamiskäsittelystä puusta saamiin kokemuksiin. Korrelaatio mittaustulosten ja kokemukseräisten havaintojen kesken on merkittävä, kun tarkastellaan esimerkiksi kuusen muuttumista prosessissa ja loppulaatua, äänen nopeutta ja koputusääniä sekä työstettävyyttä. Mittaustulosten ja koerakentamisen kautta tutkimus päättyy tulokseen, että kysymys ei ole tavanomaisesta lämpökäsittelystä vaan todellakin puun vanhentamisesta, jonka myötä puun tietyt ominaisuudet paranevat mutta puu säilyttää kuitenkin työstettävyytensä ja lujuutensa. Näin tapahtuu sitä selvemmin, mitä paremmat lähtökohdat valitun puuaineksen laatu tarjoaa.



Kristian Wetterstrand valmisti oktaavimandoliinin Suomi-soittimia Suomi-puusta -projektille vanhennuskäsitellystä loimukoivusta.



Esa Pulliainen soittaa Finlandia Instrumentsin, Teemu Järvisen, rakentamaa kitaraa. Puut ovat vanhennuskäsiteltyjä.



Viitasaari Om Semihollow. Kansi (visakoivu), otelauta (loimukoivu) ja kaula (vaahtera) on valmistettu vanhennuskäsitellystä puusta.

3 Puun vanhentamisuunin rakentaminen

Suomi-soitin Suomi-puusta -hankkeen tavoitteena oli hankkia soitinpuun vanhentamiskäsittelyuuni ja toistaa 2000-luvun alussa tehdyt kokeet. Suomessa on lahontorjunta lämpökäsittelyuunien valmistajia, ja pienen uunin rakentaminen olisi ollut mahdollista. Tällaisen uunin hinta on noin 150 000 euroa, mikä on liikaa soitinrakentajalle. Seuraavaksi tutkittiin suurtalous-höyryuunin mahdollisuuksia. Tällainen uuni on kuin tehty puun vanhentamiseen. Uunin lämmön ja höyryn määrän voi ohjelmoida, ja uunille voi tehdä ajo-ohjelman. Käsiteltävän kappaleen sisään voi laittaa lämpöanturin sisä- ja ulkolämpötilan tarkkailemiseksi. Ongelmana oli vain uunien pieni tilavuus ja suuri sulakekoko. Hinta käytetylle laitteelle oli noin 1 500 euroa.

Projektin keskivaiheilla sattuma puuttui peliin. Rauno Nieminen sai soitinrakentaja Jonte Knifiltä toukokuussa 2018 puhelun, jossa hän kertoi kuulleen, että Nieminen saattaisi tietää jotakin puun lämpökäsittelystä. Prahassa asuva cembalonrakentaja Jukka Ollikka tarvitsisi oikein käsiteltyä puuta soittimiinsa, mutta sitä ei saanut mistään. Tästä alkoi yhteydenpito Jonte Knifin, Rauno Niemisen ja Jukka Ollikan välillä. Nieminen kertoi tietonsa puun vaatimuksista ja puun vanhentamiskäsittelystä. Ollikka rakensi uunin ja siihen liittyvän elektroniikan kolmessa päivässä kesäkuun alussa 2018. Kesäkuun lopulla Knif ja Ollikka tekivät koeajoja uunilla ja rakensivat lisäksi muun muassa äänen nopeusmittarin. Knif oli rakentanut 2000-luvun alussa cembaloita Arno Pellon kanssa. He olivat saaneet vanhennuskäsiteltyä puuta Osmo Savolaiselta. Jonte Knif osallistui vuonna 2000 cembalon äänen analyysi- ja synteessitutkimukseen, jossa tutkittavana soittimena oli Arno Pellon ja Jonte Knifin vanhentamiskäsitellystä puusta vuonna 2000 rakentama soitin.³⁰



Ollikan uunilla Prahassa 16.10.2019. Vasemmalta Jukka Ollikka, Juha Ruokangas, Hannu Saha, Pertti Nieminen, Rauno Nieminen ja Juha Lottonen.

³⁰ Välimäki V, Penttinen H, Knif J, Laursin M, Erkut C (2003) *Cembalon äänen analyysi ja synteesi*. http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/aku03_129-134.pdf

Jukka Ollikan vanhentamisuuni

Jukka Ollikka rakensi ensimmäisen uuninsa kolmessa päivässä käyttäen uunin runkona ilmastointiputkea. Rauno Nieminen alkoi rakentaa Ollikan ohjeilla omaa versiotaan uunista, ja tässä esitellään tämän uunin rakentaminen vaiheittain. Uunin materiaalina käytetään ruostumatonta terästä. Myös uunin lämpöeristys on vahvempi. Ollikka rakensi Niemiselle uuden sukupolven ohjausyksikön. Uuni muodostuu putkesta, jonka sisämitat ovat 500 x 500 x 2 500 mm ja joka on toisesta päästä avonainen ja toisesta päästä suljettu. Kammio on hitsattu 1,25 mm:n paksuisesta ruostumattomasta teräksestä. Kammio on päällystetty 100 mm:n lämpöeristeellä, joka on päällystetty kuitusementtilevyllä. Putki suljetaan toisesta päästä luukulla, joka on tehty ruostumattomasta teräksestä ja eristetty samaan tapaan kuin kammiokin. Suomessa kun ollaan, niin lämpövastuksena on 3-kilowattisen sähkökiukaan elementti. Kontrollerina on lämpöanturilla varustettu PID-säädin, jolla ohjataan lämpövastusta.

Höyrygeneraattorina toimii tavallinen tapettihöyrytin. Höyrygeneraattoria ohjataan puolijohdereleellä, jota ohjataan pulssinleveysmodulaattorilla. Näin pystytään säätämään höyryn määrää. Uunin oviluukussa on sisäänmeno höyrylle, ja ilman, höyryn ja veden ulostulo sijaitsee uunin vastakkaisessa päässä. Höyrygeneraattorin letku ja ulostuloletku ovat kuumuudenkestävää silikoniletkua. Tuulettimena on MMotors JSC FE-T300 -kuumailmatuuletin. Tuulettimen saa kätevästi purettua ja asennettua uunin peltiseinämän molemmille puolille. Moottori jää uunin ulkopuolelle, ja sille ei tule lämpöeristettä, jolloin se pysyy viileämpänä. Seuraavassa taulukossa on materiaalien hintoja. Hinnoissa ei ole mukana työn osuutta.

Rosteri: 1,5 mm, 3. levyä	660,00
Lämpöeriste: Paroc tulivilla 2x 50 mm	60,00
Tuuletin: MMotors JSC firmzn FE-T 300	98,00
Höyrystin: Cocraft HW2000 40-7022,	37,95
Lämpövastus: Harvia ZSB-229 3000W/230V	56,90
Kontrolliyksikkö: Ollikka, Mark II	100,00
Sementtikuitulevy, 9 mm	300,00
Lämpöanturit	10,00
Silikonitiiviste oveen	6,00
	1328,85



Juakka Ollikan uuni uutena kesällä 2018. Kuva Jukka Ollikka.

Alkuvalmisteluita ja mittausvälineitä

Puun vanhentaminen uunissa on periaatteessa samanlainen prosessi kuin se, jonka Osmo Savolainen kehitti 1990-luvun alussa puun lahtontorjuntakäsittelyä varten. Erotuksena on pääasiassa se, että käsittelylämpötilat ovat pienempiä. Puun lämpökäsittelyyn tarvitaan vain muutama peruselementti: käsiteltävää puuta, ilmatiivis kammio, lämpöä ja vesihöyryä. Puuta lämmitetään tavoitellun käsittelyn saavuttamiseksi eri lämpötiloihin, ja lopuksi se jäähdytetään. Koska puusta haihtuu lämmitettäessä kaasuja, jotka voivat syttyä palamaan, johdetaan kammioon vesihöyryä. Vesihöyry vaikuttaa myös puun modifioinnin lopputulokseen. Kammion sisällä on hyvä olla tuuletin, joka kierrättää ilmaa ja vesihöyryä, jolloin lämpö jakautuu tasaisesti koko kammion.

Soitinrakentajille tämä on itsestään selvää, mutta monille muille ammattialoille mysteeri. Puun kosteuden tulisi olla 8–10 % ja samaan käsittelyyn tulisi laittaa yhtä kosteita puita. On hyvä mitata puun ominaisuuksia ennen prosessia, koska vain siten voi tietää, mitä prosessissa tapahtuu. Jos puun lähtökohta ei ole selvillä, mitä hyötyä on selvittää ominaisuuksia prosessin loppupäässä. Soitinrakentajalla ei ole kalliita mittausvälineitä, joita on esitelty edellisessä luvussa, mutta muutamilla perusvälineillä pääsee jo pitkälle. Hyvä tarkkuusvaaka on soitinrakentajan perustyökalu. Pituusmitalla selviää puun tilavuus, ja tiheyden voi laskea. Kosteusmittari on hyvä, mutta tarkan kosteuden voi mitata myös vaa'alla ja kuivausuunilla. Tavallinen leivinuuni käy. Äänen nopeusmittari on yksi parhaista puuntutkimusvälineistä. Se on hankintahinnaltaan vähän kalliimpi, mutta tienaa hintansa nopeasti takaisin. Mittarilla voi mitata useamman mittaisia puukappaleita ja myös valmiita soittimia.

Aloitukset ja lopetukset ovat yhtä lailla tärkeitä. On erittäin tärkeää, että puu saavuttaa tasapainokosteuden ennen kuin sitä aletaan käyttää. Puu ei saa takaisin menettämänsä kosteutta muutamissa tunneissa. Puulajista ja koosta riippuen sinä voi mennä jopa kuukausia. Asia on helppo tutkia: Ota käsitellystä puuerästä 2–3 puuta ja mittaa niiden paino tarkkuusvaa'alla. Kun paino ei enää lisäännä, puu on saavuttanut tasapainokosteuden. Se, milloin tämä tapahtuu, on yksilöllistä, ja siihen ei voi antaa minkäänlaista aika-arviota. Ohuet pehmeät puut saavuttavat tietenkin tasapainokosteuden aikaisemmin kuin tiheät ja suuret puukappaleet. Oheisessa kuvassa olevien loimukoivujen, paksuudeltaan 55 x 80 mm, tasapainokosteuden saavuttamiseen kului aikaa kolme kuukautta.



Kosteustasapainon mittaus tarkkuusvaa'alla. Huoneilman kosteutta tarkkaillaan kosteusmittarilla. Kuva Rauno Nieminen.

Puun vanhentamisprosessi

Seuraavassa on selvitetty soitinpuun vanhentamisprosessi yleisellä tasolla. Prosessissa on seitsemän vaihetta, joista ensimmäinen on uunin lämmittäminen vesihöyryllä ja viimeinen puun tasapainokosteuden saavuttaminen. Tässä vaiheessa on syytä muistaa, miten soitinpuun vanhentamiskäsittelyä kehitettiin 1990-luvun lopulla: Osmo Savolainen käsitteli puita erilaisilla lämpötiloilla ja ohjelmilla. Pertti Nieminen tutki erilaisilla mittamenetelmillä, mitä puussa tapahtui. Rauno Nieminen tutki käytännössä, mikä käsittelyistä sopi soitinrakennukseen, mitä tuli ottaa huomioon liimauksessa ja pintakäsittelyssä ja niin edelleen.

Yrityksen ja erehdyksen kautta löydettiin oikeat parametrit käsittelylle. Tutkimustyö oli vain kalliimpaa öljyllä 10 m³:n kokoisessa uunissa. Ääripäätkin löytyivät: Jos puu näytti ja haisi palaneelta, se oli palanutta puuta. Jos puussa ei ollut tapahtunut mitään muutoksia, oltiin käytetty liian alhaisia lämpötiloja. Oikea käsittely löytyy siltä väliltä. Jukka Ollikka ja Jonte Knif tekivät kesäkuussa 2018 koeajoja cembalossa käytettäviin puihin: pyökkiin ja kuuseen. Oikeat speksit löytyivät melko vaivattomasti. Ollikka on rakentanut jo kolme cembaloa käsittelemästään puusta ja on lopputulokseen erittäin tyytyväinen. Ollikka kertoo kokemuksistaan seuraavaa:³¹

Kolme päivää meni kaikinensa uunin rakentamiseen, sisältäen elektroniikan. Se tuli kokonaisuudessaan maksamaan noin 600 euroa. Paljon helpommin se meni kuin aluksi uskalsi odottaa. Tuuletin toimii hyvin, ja lämpötila on tasainen joka puolella uunia. Ei kannata olla mitään muuta kuin hitsattuja saumoja. Minulla on ollut maksimissaan 25 mm paksua puuta. Nämä on ajettu 140 asteessa. Kyllä se saundissa kuuluu. Virittämisessä on tullut stabiliteettia lisää. Nuo alasormion koskettimet ovat pitkiä. Siinä alkaa tulla pienestäkin liikkeestä suuri riesa. Aukisahauksen jälkeen koskettimet ovat pysyneet hyvin linjassa. Aikaisemmin on joutunut aika paljonkin niitä taivuttelemaan takaisinpäin. Se on ainakin kymmenen kertaa parempaa kuin käsittelemätön lehmus.

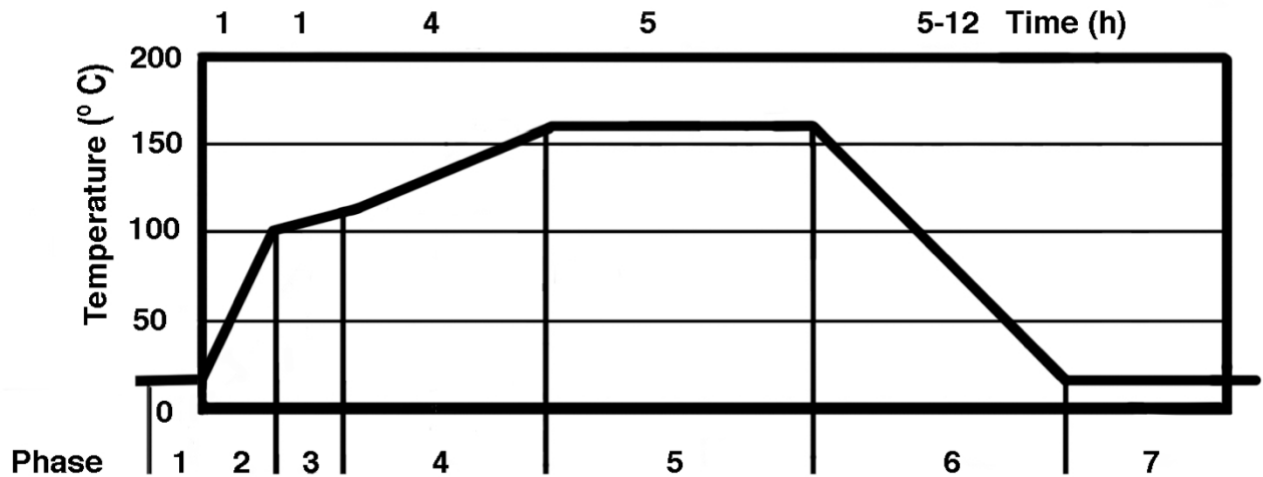


Jukka Ollikan uuni. Kuva Rauno Nieminen.

³¹ Jukka Ollikan haastattelu 15.10.2019. Haastattelija Rauno Nieminen.

Puun vanhentamisprosessin peruskaava

Soitinpuun vanhentamiskäsittely on Suomessa ollut Savolaisen jälkeen arpapeliä. Käsittelyä on tehty terassilautaan ja rakennuspuuhun erikoistuneissa yrityksissä. Matalampien lämpötilojen käyttöön laitoksissa ei ole ollut valmiita ohjelmia, ja lopputulokset ovat olleet sattumanvaraisia. Myöskään Savolaisen käyttämät ajo-ohjelmat eivät ole tiedossa. Ohjelmat ovat kauppatavaraa, ja niitä ei ole ilmaiseksi jaeltu. Nyt kun on olemassa pienikokoinen ja toimiva lämpöuuni, on lähdettävä taas kehittämään puun vanhentamiskäsittelyyn sopivat ohjelmat. Jukka Ollikka on käyttänyt seuraavaa peruskaavaa vanhentamiskäsittelyssä:



vaihe	aika	toiminto	lämpötila	aika
1	7:30–8:00	höyry päälle	20–	0,5 h
2	8:00–9:00	lämmön nosto 1	20–100 °C	1 h
3	9:00–10:00	lämmön nosto 2	100–115 °C	1 h
4	10:00–14:00	lämmön nosto 3	115–160 °C	4 h
5	14:00–19:00	pitotaso	160–160 °C	5 h
6	19:00–23:00	lämpötilan lasku	160–20 °C	5 h
7	23:00–	tasapainokosteuden saavuttaminen	20 °C	2 vko–4 kk

1. vaihe: aloitus, klo 7:30

Puun kosteus ennen käsittelyä puun kosteus on hyvä olla 6–10 %. Kaikissa samalla kertaa uuniin laitettavissa puissa tulisi olla sama kosteuspitoisuus. Jos puun kosteus on yli 10 %, seuraavassa vaiheessa kuluu enemmän aikaa. Lämmityksen voi aloittaa vesihöyryllä noin puoli tuntia ennen vastuksen kytkemistä. Tuuletin laitetaan pyörimään samaan aikaan vesihöyryn käytön kanssa.

2. vaihe: lämmön nosto 1, 8:00–9:00, 20–100 °C

Puun lämpötila nostetaan noin tunnin aikana noin 105 °C:een. Tähän vaiheeseen kuluu aikaa noin tunti tai puun kosteustilasta riippuen kauemminkin.

3. vaihe: lämmön nosto 2, 9:00–10:00, 100–115 °C

Puun lämpötila nostetaan 115 °C:een. Lämpötilan nousu on alussa hidasta, mutta se pompsahtaa nopeasti ylöspäin saavuttaen halutun lämpötilan.

4. vaihe: lämmön nosto 3, 10:00–14:00, 115–140/160 °C

Lämpötila nostetaan puulajin, puun mittojen ja halutun vaikutuksen mukaan noin 140–160 °C:n lämpötilaan. Kovat lehtipuut, kuten vaahtera ja koivu, kestävät vielä jopa 180 °C:n lämpötilan ilman vakavia vaurioita.

5. vaihe: pitotaso 140–160 °C, noin 5 tuntia

Varsinaisen lämpökäsittelyn ajaksi lämpötila nostetaan puulajista, puun koosta ja käsittelyllä halutuista ominaisuuksista riippuen 140–180 °C:een, minkä jälkeen se pidetään vakiona 2–3 tuntia. Kovat lehtipuut, kuten vaahtera ja koivu, kestävät vielä jopa 180 °C:n lämpötilan ilman vakavia vaurioita.

6. vaihe: lämpötilan lasku ja puiden kostutus, 23:00–

Lämpötila lasketaan vesisumutuksen avulla. Puun kosteus tasaannutetaan käyttökohteen mukaan, yleensä yli 8–10 prosentin kosteuteen.

7. vaihe: tasapainokosteuden saavuttaminen.

Aikaa tähän voi kulua puulajista ja mitoista riippuen viikosta kolmeen kuukauteen. Suurta tarkkuutta ja ymmärrystä vaatii sen havaitseminen, milloin prosessi on loppunut ja puuta voi käyttää rakentamiseen.



Jukka Ollikan ja Jonte Knifin koeajoja kesäkuussa 2018. Kuva Jukka Ollikka.

Loppusanat

Suomi-soitin Suomi-puusta_-projektin yhtenä tavoitteena oli selvittää puun vanhentamiskäsittelyn historiaa ja mahdollisuuksia ottaa se uudelleen käyttöön pienissä soitinrakentajayrityksissä. Aluksi tavoite näytti olevan kaukana, mutta sitten ilmaantui cembalonrakentaja Jukka Ollikka, joka tarvitsi oikein käsiteltyä puuta, eikä hänellä ollut rasitteena puun lämpökäsittelyn pitkää historiaa patenttikiistoihin. Ollikka kehitti uunin, joka vastaa hänen omaa tarvettaan. Käyttökokemukset ja valmiit soittimet osoittavat, että käsittely toimii.

Projektissa mukana olleet ihmiset ovat luovuttaneet ilmaiseksi tietämyksensä yhteiseen käyttöön. Siksi julkaisemme myös tämän raportin ja hankkimamme tiedon ilmaiseksi kaikkien käyttöön. Siitä meillä ei ole tietoa, loukkaako tämä kenties joitakin patenteja. Jos näin on, niin ei muuta kuin ennakkotapausta kehiin. Parhaan tietomme mukaan tämän raportin julkistus ei voi loukata kenenkään patenteja, koska kyseessä on yleisesti jo kymmeniä vuosia maassamme käytössä olleesta taidosta.

Lämpöuunin rakentamisessa on noudatettava sähkölaitteiden rakentamiseen liittyviä lakeja. Uunit on testattava ja tarkastettava kussakin maassa olevan lainsäädännön mukaan. Emme ota mitään vastuuta sähkötöistä. Kiitokset kaikille projektissa mukana olleille, Musiikin Edistämisseätiölle ja Suomen Kulttuurirahastolle.



Jukka Ollikan vanhennuskäsitellyistä puista rakentama cembalo. Kuva Jukka Ollikka.

Lähteet

Lehtiartikkelit

- Aulis, Alatalo (1998) "Lämpöpuinen kitara löi läpi Frankfurtissa". *Aamulehti*, 19.3.1998.
 "The mythology of Tone". *The ToneQuest Report*, August 2005 VOL. 6 NO. 10.
 Rapp, A. O. (2001) *Review on Heat Treatments of wood*.
 Nevalainen, Petri (1999) "Thermowood Takes of the Heat". *Blue Wings*, December 1998–January 1999.
 Törmänen, Eeva (2000) "Patenttikiista viilensi välit vuosiksi". *Tekniikka & Talous*, 18.5.2000.
 Uwins, Jerry (1998) "Doclands Guitars, Amps, FX". *Music Business*, August 1998.
 Uwins, Jerry (1998) "Frankfurts Guitars, Amps, FX". *Music Business*, May 1998.

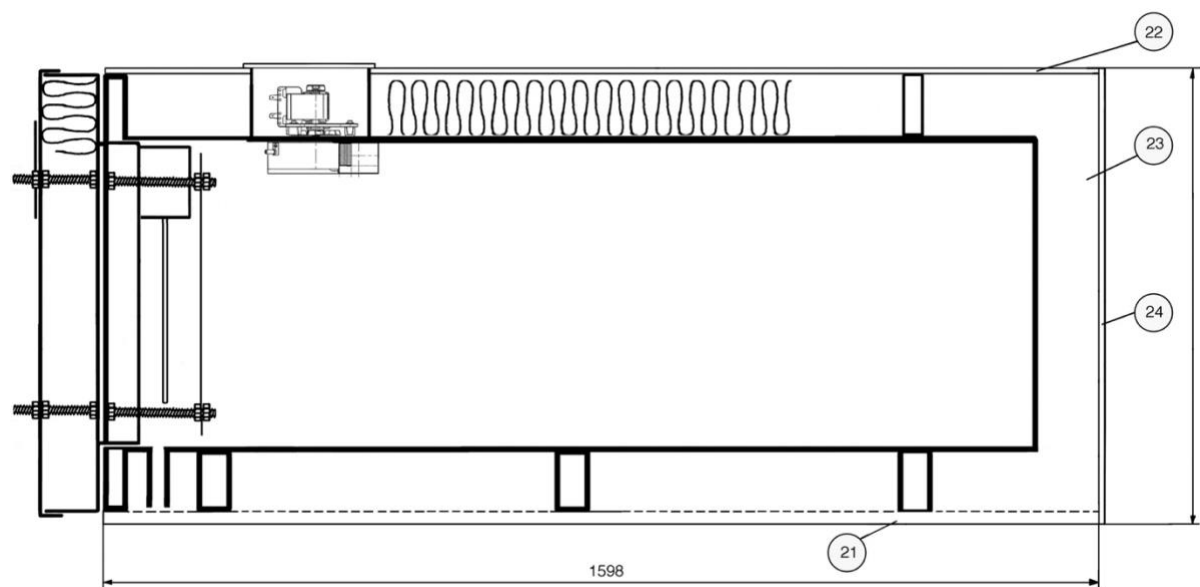
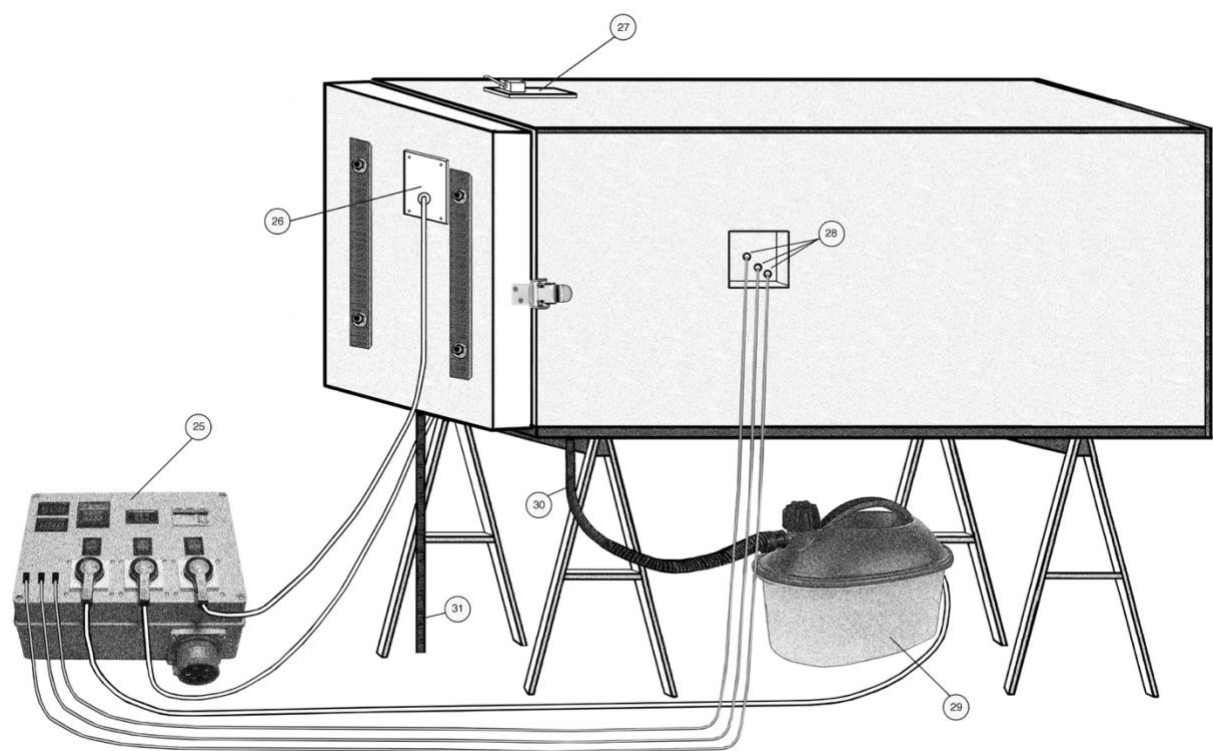
Ääninauhat

Puuntutkijoiden tapaamisen nauhoitus 11.4.2017, Mänttä. Äänittäjä Rauno Nieminen.

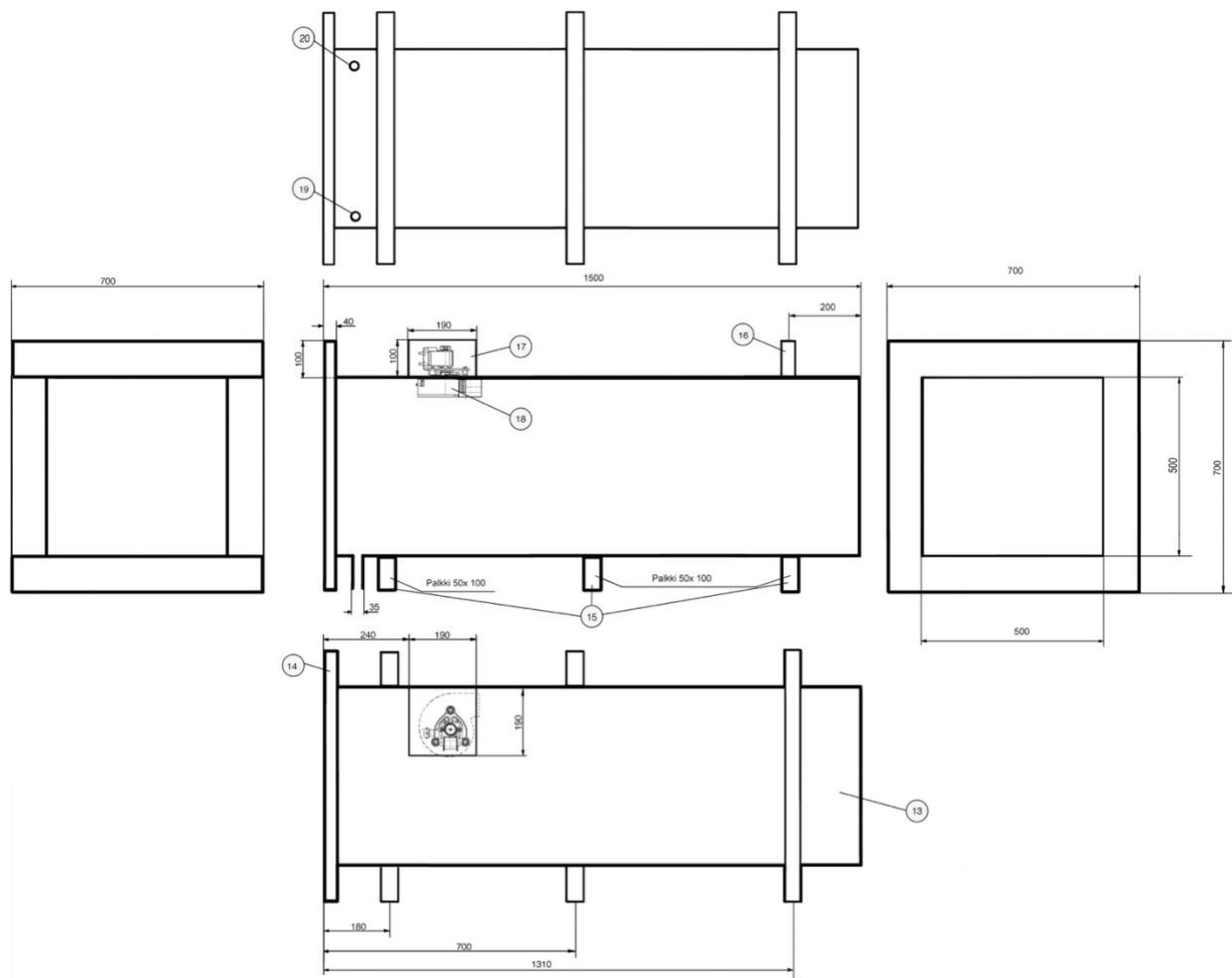
Internet-lähteet

- Prezemyslaw Mania, Waldemar Molinski, Edward Roszyk, and Maria Gorska. Optimization of Spruce (Picea Abies L.) Wood Thermal Treatment Temperature to Improve Its Acoustic Properties.*
https://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_15_1_505_Mania_Spruce_Wood_Thermal_Acoustic
 LucchiMeter. (<http://www.lucchicremona.com/portal/en/technology/lucchimeter/>)
 Välimäki V, Penttinen H, Knif J, Laursin M, Erkut C (2003) *Cembalon äänen analyysi ja synteesi.*
http://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/aku03_129-134.pdf

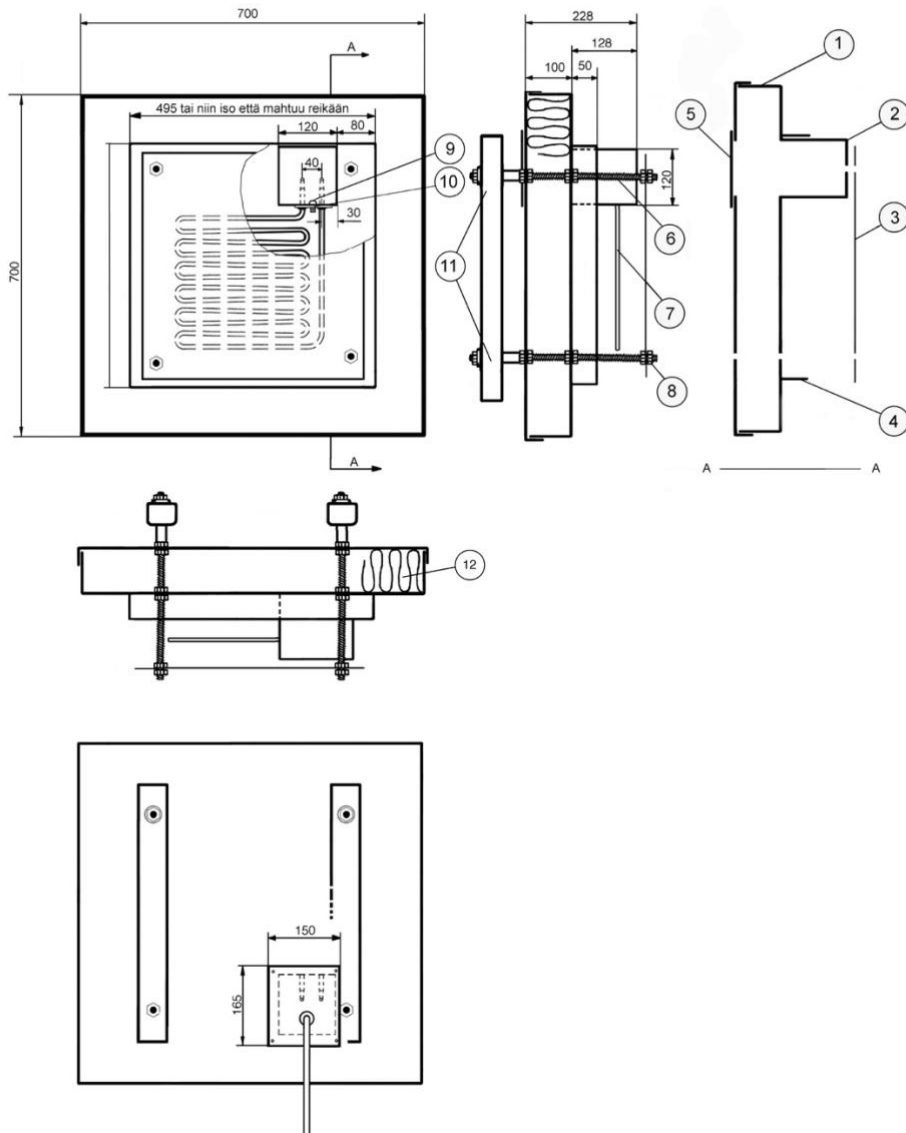
Liite 1. Uunin piirustus



UUNI



OVI



nr osa	kpl	materiaali	mitat
1 ovi	1	RST-levy 1,5 mm	700 x 700 x 228
2 vastuksen kiinnityskotelo	1	RST-levy 1,5 mm	128 x 120 x 120
3 suojapelti	1	RST-levy 1,5 mm	450 x 450 x 1,5
4 kaulus	1	RST-levy 2,0 mm	495 x 495, korkeus 50
5 vastus kotelon suoja	1	RST-levy 2,0 mm	145 x 160
6 kierretanko	4	RST M10	M10 x 400
7 vastus	1	Harvia ZSB-229 3000 W/230 V	
8 Mutteri	28	RST	M10 x 1,5
9 Vastuksen kiinnitysruuvi	1	RST	
10 Vastuksen tiiviste	2	Siliconi	
11 Oven kahva	1	Koivu	510 x 50 x 50
12 Lämpöeriste	1	Paroc tulivilla	2 x 50 mm
13 Uuni	1	RST-levy 1,5 mm	1500 x 500 x 500
14 Oven karmit	1	RST-levy 1,5 mm	2100 x 100 x 40
15 Pohjapalkki	3	RST-levy 2 mm	700 x 100 x 50
16 Kansipalkki	1	RST-levy 2 mm	700 x 100 x 50
17 Tuulettimen kotelo	1	RST-LEVY 1,5 mm	190 x 190 x 100
18 Tuuletin	1	MMotors JSC FE-T 300	
19 Höyryn sisäänmeno	1	RST-putki ulkohalkaisija	35 mm
20 Höyryn ulostulo	1	RST-putki ulkohalkaisija	35 mm
21 Pohjafaneri	1	Filmifaneri	1600 x 700 x 25
22 Päälyslevy	1	Sementtikuitulevy	1600 x 700 x 9
23 Sivulevy	2	Sementtikuitulevy	1600 x 735 x 9
24 Päätylevy	1	Sementtikuitulevy	720 x 735 x 9
25 Ohjauskeskus	1	Ollikka, Mark II	
26 Lämmitysvastuskotelo	1		
27 Tuuletinkotelo	1		
28 Lämpöanturit	3		
29 Höyrystin	1	Cocraft HW2000	
30 Höyryn sisäänm.letku	1	Silikoniletku	
31 Höyryn ulostuloletku	1	Silikoniletku	



Tmi Rauno Nieminen
www.raunonieminen.com
rauno.nieminen@ippnet.fi

Drawing: Rauno Nieminen

Date: 3.12.2019

Design: Jukka Ollikka
Rauno Nieminen

Puun vanhentamisuuni