
**PUUTAVARAN HIILTÄMINEN
PINTAKÄSITTELYMENETELMÄNÄ**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

EVO, kevät 2014

Tomi Koivisto

Tomi Koivisto



Metsätalouden koulutusohjelma
EVO

Työn nimi Puutavaran hiiltäminen pintakäsittelymenetelmänä

Tekijä Tomi Koivisto

Ohjaava opettaja Esa Lientola

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

EVO
Metsätalouden koulutusohjelma

Tekijä	Tomi Koivisto	Vuosi 2014
Työn nimi	Puun hiiltäminen pintakäsittelymenetelmänä	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia puutavaran hiiltämistä Tentrion Oy:lle. Tilaajan tarkoitus on tuottaa hiillettyä lautatavaraa kevyisiin rakenteisiin esimerkiksi terrassien raaka-aineiksi. Työn ensimmäisiä asioita oli kartoittaa mahdolliset jo olemassa olevat tällä tekniikalla valmistetut tuotteet, perehtyä olemassa oleviin tutkimuksiin aiheesta ja selvittää mahdollisuuksien mukaan patenteja aihepiiriin liittyen.

Alan kirjallisuuteen ja internetlähteisiin perehtyminen oli työn taustaineiston selvityksessä keskeisessä osassa. Yhteydenotot suomalaisiin ja ulkomaisiin alan osaajiin vahvistivat epäilyn siitä, ettei hiillettyä puumateriaalia ole saatavilla.

Suomen vaativissa olosuhteissa vaaditaan paljon ulkokäyttöön tulevalta puutavaralta ja tämän takia opinnäytetyöni oleellisin osa keskittyi hiilletyn puutavaran säänkeston tutkimiseen. Säänkeston tutkimiseksi valmistelin sovituisia puumateriaaleista testikappaleet, jotka toimitettiin testattavaksi sääräsituskaappiin.

Toteutetut tutkimusmenetelmät ja niiden tulokset antoivat positiivisen lopputuloksen, koska hiilletty puutavara kesti kiihdytetyn sääräsitustestin. Tutkimuksen aikana tuli esiin paljon kysymyksiä ja ajatuksia, jotka antavat hyvän pohjan mahdollisille jatkotutkimuksille. Työn tilaajan kanssa yhdessä tehtyjen analysointien perusteella ideaa kannattaa ehdottomasti viedä eteenpäin.

Avainsanat Hiiltäminen, puutavara, lahonkesto, pintakäsittelymenetelmä

Sivut 27 s, + liitteet 14 s.

EVO
Degree Programme in Forestry

Author	Tomi Koivisto	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Timber Charring as a Method of Surface Treatment	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to examine timber charring for Tentrio Oy. The commissioner's purpose is to produce charred timber for lightweight structures as terraces. The first things of this work were to identify any pre-existing products with this technique, to become familiar with the existing studies on the subject and, where possible, to sort out patents related to this topic.

The study of literature and internet sources were in a key part during the work of background material. Contacts to Finnish and foreign experts confirmed the suspicion that there are not charred timber available.

In Finland, there are demanding conditions for timber in outdoor use and because of this, the thesis focused on the study of the weather resistance of charred timber. To study weather resistance wooden materials were prepared and sent for testing.

Research methods and their results gave positive results, because the charred wood lasted well during the weather durability test. A lot of questions and ideas which provide a good basis for further studies were revealed during the study. Analysis made together with the commissioner of the thesis give motivation to take this idea further.

Keywords Char, timber, resistance to decay, surface treatment method

Pages 27 p + appendices 14 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PUUTAVARAN KÄYTTÖ SUOMESSA.....	2
2.1	Sahauksen kehitys	2
2.2	Sahatavaran tuotanto	2
2.3	Puu rakennusmateriaalina	4
2.4	Puun pintakäsittelymenetelmiä Suomessa	7
3	SELVITYS HIILLETYSTÄ PUUTAVARASTA	10
3.1	Tutkimukset.....	10
3.2	Keksintöjen suojaus.....	12
3.3	Käyttö maailmalla	13
3.4	Puutuotteiden CE-merkintä.....	15
4	TUTKIMUS	16
4.1	Esivalmistelut	16
4.2	Hiiltäminen.....	17
4.3	Kiihdytetty säärasitustesti	18
4.4	Tulokset.....	19
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
6	POHDINTA.....	22
	LÄHTEET	24
Liite 1	Raportti 2013–32 Hiilletyn puumateriaalin säärasitus	
Liite 2	Kuvat hiiltämättömistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen	
Liite 3	Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höyläämättömistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin	
Liite 4	Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höylätyistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin	
Liite 5	Testikappaleiden vertailu	

1 JOHDANTO

Puutavaran käyttö on Suomessa ja muualla maailmalla hyvin yleistä. Riip-puen käyttökohteista puutavaralta vaaditaan tietynlaisia ominaisuuksia. Puutavaran kestävyys on monessa suhteessa tärkeä asia niin lujuuskestä-vyyden kuin lahonkestävyydenkin myötä. Lahonkestävyys on Suomen olosuhteissakin hyvin tärkeä asia, jota on pyritty parantamaan monenlaisin pintakäsittelykeinoin niin tervaamalla kuin käyttämällä erityyppisiä maale-ja ja lakkoja. Vaihtoehtoisia käsittelymenetelmiä kestävyuden lisäämiseksi ovat mm. lämpökäsittely ja painekyllästys.

Opinnäytetyöni koskee Suomessakin käytettyä puun lahonkeston paranta-mismenetelmää eli hiiltämistä. Hiiltämisellä on parannettu lähinnä aidan-seipäiden lahonkestoja Suomessa maataloilla. Itse olen ollut tekemisissä ai-danseipäiden hiiltämisen kanssa ja siksi olen aiheesta kiinnostunut. Tilaa-jan, Tentrion Oy:n idea kehittää puutavaran hiiltämistä on mielenkiintoinen ja siksi päätin lähteä mukaan selvittämään taustoja ja tekemään asiaan suunniteltua pientä tutkimustyötä idean vahvistamiseksi.

Puutavaran hiiltäminen on vanha asia, mutta sen tietynlainen käyttämät-ömyys isommassa mittakaavassa lisäsi kiinnostusta asiaan. Aasiassa, var-sinkin Japanissa, on jo vuosisatoja hiilletty talojen ulkuvuorauksessa käy-tettäviä puumateriaaleja sikäläisin menetelmin (shou sugi ban). Tämä Aa-siassa yleinen menetelmä on saavuttanut suosiota viime aikoina myös Eu-roopassa ja Yhdysvalloissa. Menetelmällä hiilletään puun pintaa, jolloin sen lahonkesto yleisen tiedon mukaan paranee ja käyttöikä näin ulkokäy-tössä pitenee. Menetelmä tuottaa myös tumman pinnan puulle.

Suomessa on myös käytetty tietävästi muutamassa rakennuksessa hiillettyä puumateriaalia ja tämän opinnäytetyön suurena kysymyksenä on miten hiilletty puumateriaali kestää Suomen vaihtelevissa sääoloissa. Opinnäyte-työ vastaa yhteen kysymykseen, mutta tuottaa lukuisia kysymyksiä lisää. Hiilletyn puumateriaalin fyysiset muutokset ja todennäköisesti parantunut lahonkesto antavat mahdollisesti aihetta myöhemmille tutkimuksille. Opinnäytetyöni tutkimuskysymykset keskittyvät tarkastelemaan onko jo saatavilla hiillettyä puutavaraa sekä kestääkö hiilletty puutavara säära-situksia. Tutkimuskysymys hiilletyn puutavaran saatavuudesta kertoo tar-peellisuuden jatkaa tutkimusta säärasitustestin asteelle, joka antaa tärkeän vastauksen hiilletyn puutavaran kelpaamiselle Suomen sääolosuhteisiin. Tutkimuskysymyksiin vastaaminen vaatii perehtymistä alan kirjallisuuteen ja yhteyksien ottamista alan asiantuntijoihin sekä ulkopuolisen tahon te-kemää testiä säärasituksen suhteen.

2 PUUTAVARAN KÄYTTÖ SUOMESSA

Suomessa on käytetty vuosisatojen ajan puuta rakennusmateriaalina. Tietömien taipaleiden takana sijaitseviin savupirtteihin haettiin hirret lähimetsistä ja kaupungit rakentuivat vähitellen puutalokortteleiden tyyssijoiksi. Kirves ja saha saivat tehdä paljon työtä, jotta puutavaraa saatiin rakentamista varten.

2.1 Sahauksen kehitys

Teollistuminen alkoi Suomessa metsästä, ja mekaanisen sahateollisuuden kehittymisen myötä puutavaraa alkoi saada yhä helpommin ja halvemmin. Sahateollisuuden kehittyminen alkoi keskiajan lopulla Naantalın luostarin rakentamasta ensimmäisestä vesisahasta Halikon Kuttilaan. Höyrysaaha suomalaiset saivat odottaa aina vuoteen 1860 asti, jolloin ensimmäinen höyrysaaha valmistui Etelä-Iijoen kylään Ketsilän tilalle. (Ahvenainen 1984, 11, 205.)

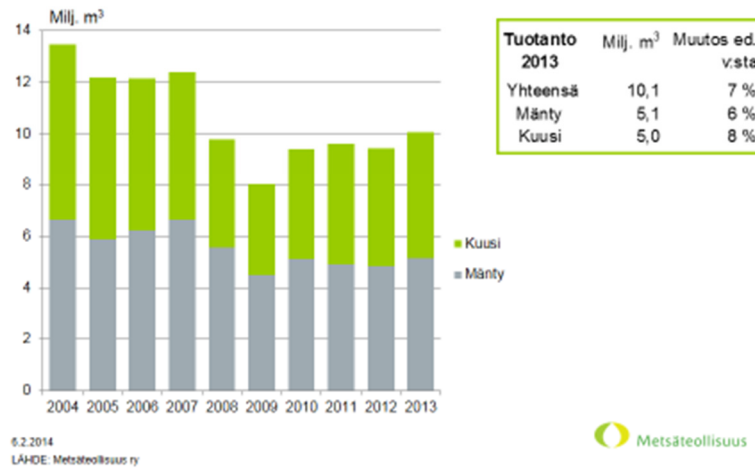
Sahojen sähköistyminen 1920-luvulla antoi sahoille mahdollisuudet muodostua varsinaisiksi tehtaiksi. Sähköistymisen myötä pystyttiin keventämään sahatavaran valmistukseen liittyviä työvaiheita. Sahauksen tehon lisääntyminen sekä raaka-aineen parempi hyödyntäminen voidaan lukea sähköistymisen tärkeimpiin saavutuksiin. (Sipi 2006, 11.) Kehitys höyrysaahoista aina nykyajan moderneihin sähkösahoihin on taannut suomalaisille varman puutavaran saannin. Nykyaikaiset sahalaitokset takaavat tehokkaan ja laadukkaan sahaustoiminnan.

2.2 Sahatavaran tuotanto

Suomalaisen elinkeinoelämän tärkein yksittäinen sektori on ollut jo vuosikymmeniä metsäteollisuus eli puunjalostusteollisuus, joka on jaettavissa kemialliseen ja mekaaniseen metsäteollisuuteen. Kemiallinen metsäteollisuus kattaa massa- ja paperiteollisuuden, ja mekaaninen metsäteollisuus puutuoteteollisuuden. (Suomen Metsäyhdistys n.d.) Sahatavaraa valmistava sahateollisuus kuuluu mekaaniseen metsäteollisuuteen muodostaen tämän tärkeimmän osan, kuten kuvio 3 vahvistaa (Uotila 1994, 4).

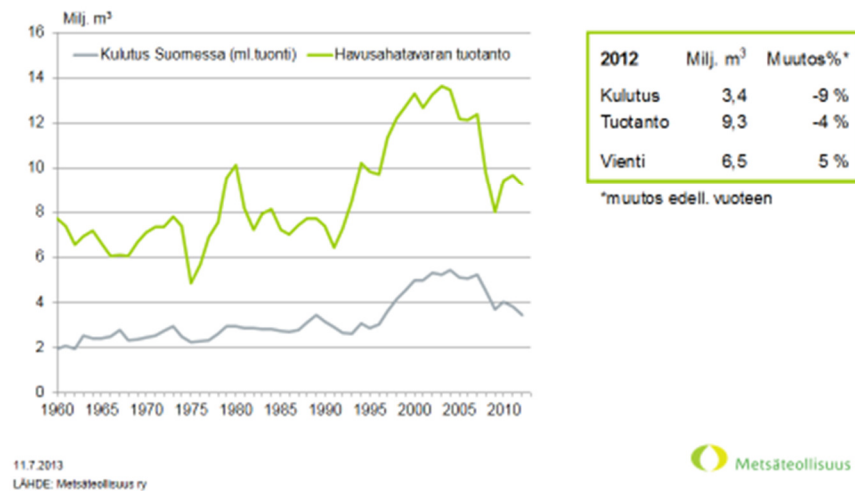
Metsäteollisuuden integroituminen takaa puun käytön kokonaisuudessaan hyödyksi. Kemiallinen metsäteollisuus valmistaa sellua ja mekaanista massaa ja näistä edelleen paperia ja kartonkia. Mekaaninen metsäteollisuus valmistaa mm. sahatavaraa ja vaneria sekä näiden jatkojalosteita, kuten rakennuskomponentteja. Sahoilla syntyy haketta ja sahanpurua sivutuotteena, joita molempia voidaan käyttää energiantuotantoon. Hake voidaan myös käyttää massatehtailla sellun raaka-aineeksi. Puun kuoren käyttö myös energiaksi viimeistelee puun kokonaisvaltaisen hyödyntämisen. (Suomen Metsäyhdistys n.d.)

Mänty- ja kuusisahatavaran tuotanto Suomessa



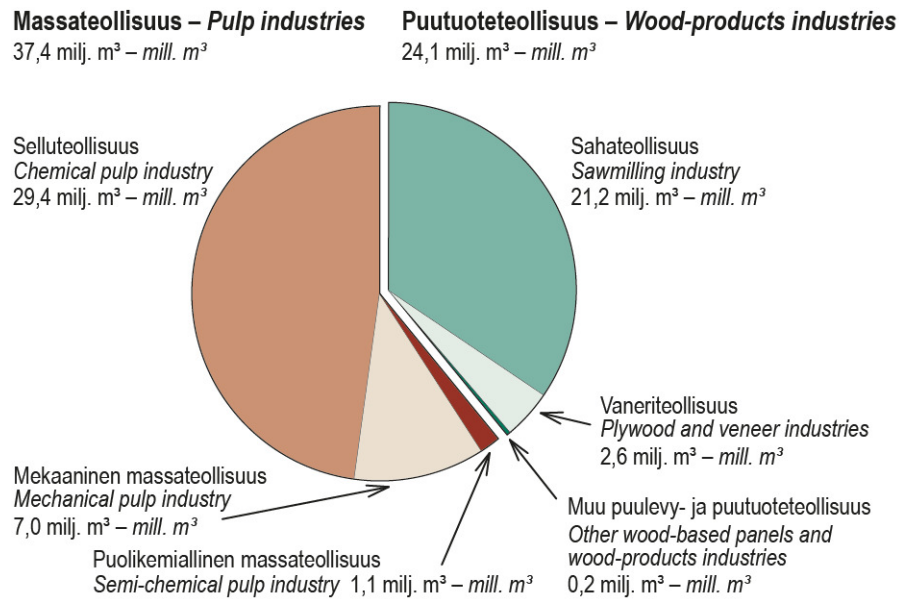
Kuvio 1 Mänty- ja kuusisahatavaran tuotanto Suomessa (Metsäteollisuus ry 2014).

Havusaha- ja höylätavaran kulutus Suomessa 1960-2012



Kuvio 2 Havusaha- ja höylätavaran kulutus Suomessa 1960–2012 (Metsäteollisuus ry 2013).

Sahateollisuus ja metsäteollisuus yleensäkin ovat suhdanneherkkä ala. Sotien jälkeinen sahateollisuuden kasvu näkyi yksittäisten sahojen määrän nousuna. Yksittäisten sahojen määrä on laskenut rajusti viimeisen vuosikymmen aikana kiristyneen kilpailun takia. Suomessa vaikuttava taloudellinen taantuma on heijastanut omalta osin rakentamiseen ja näin myös puutavaran kysyntään, joka näkyy kuvion kaksi mukaisena selkeänä laskuna. Samanlainen käyrän lasku on myös havaittavissa tuotannon laskuna kuviossa yksi johtuen edellä mainitun kulutuksen pienenemisestä. Merkittävä tekijä sahateollisuudelle on vienti, joka on osoittanut pientä piristymistä vuonna 2012 kuvion kaksi mukaisesti.



Lähteet: SVT: Metsäntutkimuslaitos; Metsäteollisuus ry – Sources: OSF: Finnish Forest Research Institute; Finnish Forest Industries Federation

Metsäteollisuuden raakapuun käyttö toimialoittain 2012
Roundwood consumption by the forest industries by branch of industry, 2012

Metsätalastollinen vuosikirja 2013

Kuvio 3 Metsäteollisuuden raakapuunkäyttö toimialoittain 2012 (Metla 2012).

2.3 Puu rakennusmateriaalina

Puu on uusiutuva luonnonvara ja se eroaa monista materiaaleista myös kierrätyskelpoisuutensa puolesta. Puuta pidetään yleisesti ekologisena ja miellyttävänä rakennusmateriaalina. Puun suosion syynä on ollut sen saatavuus, suhteellisen halpa hinta ja helppo työstettävyys. Lisäksi puu on hyvä lämmöneriste ja se tuntuu myös miellyttävälle ihoa vasten. (Aulis & Voutilainen 1996, 76–77.)

Ympäristöhaittojen välttämisen ja ilmastonmuutoksen torjumisen näkökulmasta puu on myös erinomainen materiaali. Puu on kasvaessaan sitonut itseensä hiilidioksidia ja valmistettaessa puu taloksi tämä hiilidioksidin määrä ei pääse talon elinaikana ilmastoja lämmittämään. Vasta talon palossa tai lahotessa hiilidioksidi vapautuu ilmaan. (Ojala 2013, 151.)

Käytettäessä puuta rakennusmateriaalina tulee huomioida sen hyvät ja huonot puolet. Eri puulajeilla on erilaisia ominaisuuksia mm. kovuuden ja lahonkeston suhteen jo luonnostaan, joten asiantuntemus on tarpeen rakennusmateriaalin valinnassa eri käyttökohteisiin.

Puun kovuus vaihtelee eri puulajien välillä riippuen puuaineksen tiheydestä. Puun tiheys vaihtelee puulajeittain 10–1200 kg/m³ välillä. Tiheyden mukainen mekaaninen lujuus on yksi tärkeimmistä puun käyttöön vaikuttavista asioista. Mainittakoon puun syiden suuntaisen taivutus-, veto- ja puristuslujuuden olevan painoon verrattuna suuremmat kuin teräksellä. (Aulis & Voutilainen 1996,77.) Varsinkin rakentamisessa lujuus on tärkeä tekijä. Kovuus on tärkeä puun ominaisuus varsinkin kulutusta kestävässä

kohteissa, kuten lattioissa. Lattioissa, kuten monissa muissakin sisustusmateriaaleissa käytettävä puu on yleensä valittu viehättävän ominaisuutensa johdosta.

Puu on toisaalta hyvin arka materiaali. Sen alttius kosteudelle, lämmölle ja kulutusrasitukselle on luonut tarpeen monille pintakäsittelymenetelmille. Auringon säteilemä UV-säteily haurastuttaa puun pintaa varsinkin ulkokuorimateriaaleissa. Auringon ultraviolettisäteily aiheuttaa puun fotokemiallista hajoamista, joka ilmenee puupinnan muutoksina. Puupinta muuttuu ensin kiillon ja värin suhteen, pinnan karheutumisenä ja halkeiluna sekä loppuvaiheessa murentumisena. (Kärkkäinen 2007, 346.)

Puu on hygroskooppinen eli se on vettä imevä aine. Puuhun pääsee vettä nesteinä kapillaarisesti tai höyrynä soluonteloiden kautta sekä soluseinämän kautta molekylaarisena diffuusiona. Puun kosteudella puuteknologiassa tarkoitetaan siinä olevan veden massan ja vedettömän puuaineksen massojen välistä kosteussuhdetta, joka vastasahatulla puulla on yleensä 40–200 %. Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa puun kosteuteen normaaliikäytössä, jolloin se on 8–25 %. Kosteus tulee ottaa puutavaran käytössä huomioon, koska kuivattaessa puu kutistuu. Kosteus vaikuttaa myös puun raaka-aineeseen varsinkin, jos kosteus pysyy pitkiä aikoja yli 20 %:ssa jolloin puu alkaa vaurioitua. (Puuinfo Oy n.d. a)

Puun kosteussuhde määritetään mittaamalla puun massa kosteana ja kuivamassa lämpökaappi-kuivauksen jälkeen. Kosteussuhde lasketaan kaavan yksi avulla. (Kärkkäinen 2003, 178.)

$$\frac{(m_u - m_o)100}{m_o} = u, \quad (1)$$

jossa

- u = kosteussuhde %
- m_u = puun massa kosteana
- m_o = puun massa kuivana

Kosteus on näin ollen yksi puun pahimpia vihollisia, ja pitkittynyt kosteus kuivalle puulle altistaa sen home- ja lahottajasienille. Puu voi olla homeen kasvualustana, koska homeet voivat hyödyntää puun pinnalla olevia liukoisia ravintoaineita. Homeen aiheuttama puuaineen hajoaminen on vähäistä mutta mahdollista sekä massiivipuussa että puutuotteissa kuten lastu- ja kuitulevyissä. Puualustan ominaisuudet vaikuttavat homeen kasvamiseen. Nopeasti keinokuivatun puun pinta on otollisempi homeen kasvualusta, kuin hitaasti keinokuivatun tai ilmakeivatun puun pinta. Keinokuivatun puun pintaa höyläämällä saadaan homeen kasvu vähäiseksi. Homeen kasvun edellytyksiä on riittävä ilmankosteus. Puun oma kosteus vaikuttaa myös homehtumisen todennäköisyyteen selvästi. (Kärkkäinen 2007, 322.) Homesienten vaikutukset ihmisen terveydelle ovat haitallisia. Homesienet voivat aiheuttaa allergisen herkistymisen ja allergisen nuhan, astman tai allergisen homepölykeuhkon puhkeamisen. (Haahtela & Sorsa 1999, 143.)

Puun on todettu altistuvan monenlaisille lahottajasienille, jotka heikentävät sen ominaisuuksia. Isomäki, Koponen, Nummela ja Suomi-Lindberg toteavat kirjassaan Puutuoteteollisuus 2 (2007, 83) puun olevan orgaanise-

na aineena edullinen kasvualusta erilaisille tuholaisille, joista lahottajasienet muodostavat merkittävimmän ryhmän. Puu koostuu pääasiassa kolmesta kemiallisesta materiaalista, selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä (Mäkipuro 1987, 14). Selluloosa vastaa puuraaka-aineen soluseinämien jäykkyydestä ja vahvuudesta. Hemiselluloosa muodostaa sidoksia selluloosan ja ligniinin välille. Ligniini sitoo soluja toisiinsa ja lujittaa kuitua. (Ojala & Ojapalo n.d.)

Laho tarkoittaa lahottajasienten kemiallisesti tai fysikaalisesti muuttamaa puuta. Lahottajat jaetaan valko-, rusko- ja katkolahottajiin. Hitaita lahottajia ovat kotelosienten ryhmään kuuluvat katkolahottajat. Useat kantasiiniin kuuluvat valko- ja ruskolahottajat ovat tehokkaita lahottajia. Yleensä lehtipuissa tavattavat valkolahottajat käyttävät puun selluloosaa sekä ligniiniä hyväkseen saaden aikaiseksi vaaleahkon massan, jonka mukaan lahottajalle on annettu myös nimi. Ruskolahottajat ovat taas yleisimpiä havupuilla ja ne käyttävät puun selluloosaa hyväkseen jättäen ligniinin luonnontilaan. Sekä valko- että ruskolahottajien vaikutustapa on samankaltainen. Niiden sienirihmat kasvavat pääasiassa soluontelossa mutta tunkeutuvat poikkisuunnassa soluseinämien läpi hajottaen soluseinämän rakennetta. Katkolahottajien hyyfit muodostavat aluksi onkaloita soluseinämiin tuhoten myöhemmin koko sekundaariseinämän keskikerroksen tehden puusta hauraan.

Katkolahottajien aiheuttama lahotyyppi on katkolaho, jonka lahottama puu katkeaa helposti kohtisuoraan syitä vasten. Valkolahottajien aiheuttama lahotyyppi on korroosiolaho. Puu hajoaa epätasaisesti ja korroosiolahoa sanotaan näin myös reikälahoksi. Ruskolahottajien lahotyyppi on kuitustumislaho, jolloin lahoaminen tapahtuu tasaisesti sienien saastuttamassa puussa. Näiden muutosten suhteen lahoa pidetään puulle haitallisena. Varsinkin vaikutukset puun lujuuteen ovat haitallisia, koska rakentamisessa puun lujuus on tärkeä tekijä. (Kärkkäinen 2007, 324–327.) Ruskolahottajiin kuuluvaa lattiasientä pidetään erittäin haitallisena rakenteille, koska se pystyy imemään ja kuljettamaan vettä leviten näin eteenpäin (Isomäki ym. 2007, 84). Lahoa ja muita kosteusongelmia vastaan voidaan suojautua rakenteellisen puunsuojauksen keinoin ja käyttämällä teollisesti valmistettuja aineita puupintojen käsittelyyn.

Kosteus houkuttelee myös omalta osin hyönteisiä, jotka saattavat olla varsin haitallisia puurakenteille. Rakenteisiin käytetty kuorellinen tai vaajasärmäinen puutavara houkuttelee papintappajia. Toukat elävät kaarnan alla ja pintapuun uloimmassa osassa. Papintappaja aiheuttaa harvoin rakenteiden kestävyys heikentymistä. Tupajumi ja varsinkin sen toukat ovat rakenteille haitallisimpia. Toukat kaivavat puuhun muutaman millimetrin läpimittaisia reikiä ja niille kelpaa männyn sydänpuuta lukuun ottamatta kaikenlainen puu. (Vihavainen 1978, 19–20.)

Puu luokitellaan myös helposti syttyväksi aineeksi. Puun syttymislämpötila on 200–350 astetta ja palamislämpötila on 1000 astetta (Siikanen 1996, 66). Rakentamisessa on näin ollen hyvä pitää mielessä puun syttymisherkkyys. Puun syttymisherkkyyttä voidaan vähentää käyttämällä siihen tarkoitettuja kemikaaleja mutta näiden käytöstä on nykyään luovuttu niiden

haitallisuuden vuoksi ja siirrytty käyttämään rakenteellisia palonsuojauksia (Isomäki ym. 2007, 85).

2.4 Puun pintakäsittelymenetelmiä Suomessa

Puuta ja sen käyttöä on tutkittu paljon sen ominaisuuksien parantamiseksi. Suomen vaihtelevissa sääolosuhteissa säänkesto on tärkeä ominaisuus ja sen parantamiseksi on kehitetty monia eri tapoja. Puutavaran lopullinen käyttötarkoitus määrittelee sen suojaamiseen käytettäviä menetelmiä ja esimerkiksi yleisin menetelmä suojata talojen ulkovuorausta on tuttu pintakäsittelymenetelmä maalaaminen.

Käsiteltäessä puun suojausta biologista vahingoittumista vastaan määritellään yleensä puun suojaus rakenteelliseen ja kemialliseen puunsuojaukseen. Rakenteellisen puunsuojauksen lähtökohta on estää veden tunkeutuminen rakenteisiin ja niiden kuivana pysyminen. Rakenteelliseen puunsuojaukseen luetaan myös pintakäsittely, vaikka siinä käytetään kemiallisia suoja-aineita. Kemiallisella puunsuojauksella voidaan nostaa merkittävästi puun lahonkestoa ja mahdollistaa näin puun käyttö hankalissa kohteissa. Kemiallisen puunsuojauksen turvin puun lahonkestoa voidaan parantaa erilaisin kyllästysmenetelmin ja erilaisin kyllästysainein. (Lahontorjuntayhdistys ry, 16–91.)

Painekyllästys on ollut pitkään Suomessa suosittu tapa suojata puuta sinistymistä, hometta ja lahoa vastaan. Painekyllästetystä puusta käytetään myös termejä kestopuu ja kyllästetty puu. Kuparisuoloja ja orgaanisia tehoaineita sisältävä kyllästysaine saatetaan puuhun paineen avulla pinta-puun läpi (Puuinfo Oy n.d c). Kyllästys antaa suojan biologista tuhoutumista vastaan pohjoismaiden olosuhteisiin (Rakennustieto Oy 2012a). Kreosiitti- ja suolakyllästeet antavat puutavaralle sangen hyvän suojan valko- ja ruskolahottajia vastaan (Kärkkäinen 2003, 315). Kyllästetty puu kestää käytössä useita kymmeniä vuosia (Puuinfo Oy n.d c). Kyllästetty puu jaetaan eri luokkiin omalla luokituksellaan suoja-aineen tunkeutumisen mukaan puuainekseen. Suolakyllästetty puutavara on väriltään vaaleanvihreää tai ruskeaa ja hajutonta. Kreosiittiöljyllä kyllästetty puutavara on väriltään tummanruskeaa. Öljypohjaiset puunsuoja-aineet ovat tavallisesti värittömiä. Kyllästetyn puutavaran ominaisuudet eivät eroa lujuusominaisuuksiltaan kyllästämättömään puutavaraan nähden ja sen kestoikä on käyttökohteesta ja kyllästysluokasta riippuen 3–5 kertaa pidempi, kuin kyllästämättömän puun kestoikä. (Rakennustieto Oy 2012a.) Kyllästettyä puuta pidetään myös ekologisena materiaalina, onhan sen materiaalina Suomessa kasvava mänty. On toki pidettävä mielessä käytetyn kyllästetyn puutavaran luokittelu rakennusjätteeksi. Käytettyä kyllästettyä puutavaraa ei saa polttaa pienetulusijoissa vaan se tulisi toimittaa omiin kierrätyspisteisiinsä (Puuinfo Oy n.d c).

Puun lämpökäsittelyä on tutkittu ja kehitetty laajalti. Lämpökäsittelyn puun alkutaipaleet sijoittuvat 1930-luvun Saksaan. Suomessa asiaa on myös tutkittu pitkään ja mainittakoon VTT:n kehittäneen ThermoWood-menetelmän, jonka lisensioikeudet omistaa Lämpöpuuyhdistys ry. Lämpökäsittelyssä puuta käsitellään lämmön ja kosteuden avulla. Thermo-

Wood-menetelmällä puuta käsitellään kolmessa eri päävaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tapahtuu lämpötilan kohottaminen ja kuumakuivaus, toisessa vaiheessa varsinainen lämpökäsittely, jonka jälkeen tapahtuu jäähdytys ja kostutus. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004.)

Lämpökäsittelyssä puun väri muuttuu aina, mutta muiden ominaisuuksien muuttuminen riippuu lämpötilan korkeudesta ja käsittelyajan pituudesta. Lämpötilan noustessa hiilihydraattien polymeeriketjut katkeavat ensiksi, jonka jälkeen alkaa vapaiden happojen muodostuminen. Lopuksi puun ligniini alkaa hajota. Puun painon menetys on sitä suurempi, mitä pitempään ja mitä korkeammassa lämpötilassa sitä käsitellään. Lehtipuiden muutokset ovat selkeämpiä, kuin havupuiden. Yleisesti lämpökäsittely aloitettaessa tuoreesta puusta alkaa kuumakuivauksella 110–140 lämpötilassa kestäen 0,5–1,5 vuorokautta riippuen käsiteltävän tavaran paksuudesta. Varsinainen lämpökäsittely kestää 0,5–1 vuorokautta josta varsinaisen huippulämpötilan pitoaika on muutama tunti. Tämän jälkeen tulee jäähdytys ja tasaannutus kestäen 0,5–1 vuorokautta. Maksimilämpötila on 180–250 astetta kestäen 2–8 tuntia riippuen halutusta lopputuloksesta.

Korkeita lämpötiloja käytettäessä on tärkeää, ettei käsittelytilassa ole happea. Tämä pyritään estämään käyttämällä vesihöyryä suojakaasuna. Lämpökäsittely pienentää puun taivutuslujuutta jopa 30 % mutta pintakovuus sekä jäykkyys nousevat hieman. Vedenimemiskyky pienenee ja tasapainokosteus vähenee 40–60 % jolloin kosteuseläminen pienenee myös. Lämpökäsittelyn myötä sinistäjä-, home- ja lahottajasienien vaikutus pienenee. (Isomäki ym. 2007, 86–87.)

Lahonkeston paraneminen lämpökäsittelyllä perustuu puuta käsiteltäessä korkeissa lämpötiloissa sen solukon kutistumiseen ja pihkan sekä kuona-aineiden poistumiseen. Näin puussa ei ole enää ravintoaineita lahottajasienille ja solukon kutistumisen ansiosta se ei enää ime kosteutta kuten tavallinen puu. Lopputuloksena on kestävä ja ekologinen materiaali. Lämpökäsittely puu on kuivaa ja sen halkeamislujuus on vähentynyt, joten sitä ei suositella kantaviin rakenteisiin. (Kettunen, sähköpostiviesti 4.2.2013.)

Lämpökäsittelyn puun lahonkesto paranee ja hyvänä esimerkkinä on Lunawoodin ThermoWood tuoteperheeseen kuuluva LunaThermo-D, joka kuuluu lahonkestoluokkaan 2. Tällöin sen kestoikä on lahonkestävyyden osalta yli 30 vuotta ulko- ja terassikäytössä. Terassikäytön altistuminen kulutukselle ja rasitukselle alentaa kohtuulliseksi kestoikäksi 15–20 vuotta. (Lunawood n.d.)

Lämpökäsittelyn puutavaran käytössä tulee huomioida sen haurastuminen ja kovettuminen. Lohkeamis- ja halkeamisherkyys on huomioitava eritoten liitoksissa. Lämpökäsittely puu luokitellaan neljään luokkaan, joissa annetaan suositukset käyttökohteisiin. (Isomäki ym. 2007, 89.) Lämpökäsittelyllä alennetaan puun tasapainokosteutta, jolloin myös veden imeytyvyys puuhun hidastuu. Tasapainokosteuden alenemisen myötä lämpökäsittelyn puun kestävyys säärasitusta ja lahottajasieniä vastaan paranee. (Rakennustieto Oy 2007a.)

Puun rakenteellinen suojaus kemiallisin keinoin on yleistä, sillä sen avulla saavutetaan samalla puunsuojaus sekä haluttu ulkonäkö, mikä on monelle puutavaraa talonsa ulkovuorauksessa käyttävälle tärkeä asia. Maalaus tai lakkaus pintakäsittelynä antaa suojan kosteutta ja UV-säteilyä vastaan (Lahontorjuntayhdistys ry, 54). Maalauksella maalattava alusta käsitellään joko maalilla, lakalla tai puunsuojalla. Maalattava pinta käsitellään yleensä useasti aloittaen pohjustuksella, jolloin pinta käsitellään joko puunsuojalla tai pohjamaalilla. Pohjustuksen pääasiallinen tarkoitus on suojata puuta ennen varsinaista maalausta vähentäen sadeveden imeytymistä puuhun ja mikro-organismien kasvamista puun pinnalla. Jatkokäsittelyssä käytettäessä peittäviä pintamaaleja voidaan käyttää öljy- tai alkydimaaleja. Molempien sideaineena on pääasiassa maaliöljy, jonka lisänä alkydimaaleissa on alkydihartsit. Öljymaalit tunkeutuvat puuhun hyvin, mutta saattavat menettää kiiltoaan toisin, kuin alkydimaalit, jotka tunkeutuvat puuhun heikommin mutta säilyttävät paremmin kiiltonsa. Öljymaalit muodostavat uutena höyrytiivin maalikalvon estäen veden imeytymisen puuhun tehokkaasti.

Dispersio eli lateksimaalien sideaine ulkokäyttöön tarkoitetuissa maaleissa on yleensä polyakryyli, jolloin saavutetaan hyvä elastisuus kestävässä alustassa tapahtuvat vaihtelut ja hyvät säänkesto-ominaisuudet. Dispersiomaalikalvo läpäisee vettä ja vesihöyryä nopeammin, kuin öljymaalit ja tämä tulee huomioida asianmukaisella pohjusteella, jottei kosteudenläpäisy tuota ongelmia. (Rakennustieto Oy 1995a.) Peittävällä öljy, alkydi tai dispersiomaaleilla saavutetaan hyvä vedenhylkimiskyky ja hyvä suojauskyky mekaanista rasitusta vastaan. Maalin kestävyys riippuu sen väriainepitoisuudesta ja kerrospaksuudesta, joista riippuen saavutetaan 8–10 vuoden kestoikä. Vähemmän peittäväillä maaleilla on huomattavasti lyhyempi kestoikä johtuen niiden pienemmistä sideaine- ja väriainepitoisuuksista. (Lahontorjuntayhdistys ry, 58.)

Yksi Suomen vanhimpia puun pintakäsittelymenetelmiä on tervaus. Terva on orgaanisten aineiden kuten puun kuivatislauksessa syntyvä tumma, öljymäinen neste. (Rakennusperintö.fi n.d.) Perinteisesti tervanpoltossa tervaa on tislattu tervaspuista tervahaudoissa. Tervaa alkaa erottua tislauksessa puun uuteaineista noin 270 asteen lämpötilasta lähtien. Puutervalla on suojattu rakennusten kattoja ja myös pienempiä kohteita, kuten ovia. Terva muodostaa varsinkin päällekkäisin kerroksin käytettynä puun pintaan suojaavan kalvon ja tämän takia tervaus toistetaan muutaman vuoden välein. (Rakennusperintö.fi n.d.)

3 SELVITYS HIILLETYSTÄ PUUTAVARASTA

Puutavaran hiiltäminen, vaikkakin aidanseipäiden päiden muodossa, vaikuttu aluksi erittäin vanhalle käytössä olevalle toimintatavalle ja loi näin tarvetta selvittää aiheen taustoja tarkemmin. Jos ensimmäisenä olisi löytynyt yritys, joka kauppa metritavarana hiillettä puutavaraa olisi tämä työ jäänyt viemättä selvitysvaihetta pidemmälle. Selvittämällä tausta-aineistoa varmistui tämän vanhan ja perinteisen asian tietynlainen uutuus, joka vauhditti tutkimuksen viemistä eteenpäin.

3.1 Tutkimukset

Opinnäytetyön aiheeseen liittyviä tieteellisiä sekä muita tutkimuksia kartoitin eri tietokantojen kautta. Hamkin Nelli-portaali ja muut internetistä löytyneet tietokannat eivät löytäneet suoraan aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Mainittakoon, että mm. puutavaran lämpökäsittelyä on tutkittu paljon ja myös puutavaran tulenarkuutta, mutta varsinaista tutkimusta puutavaran hiiltämisestä pintakäsittelymenetelmänä ei löydy. Puutavaran hiiltämisestä on mainittu joissain opinnäytetyöissä, mutta niiden karkeat viittaukset perustuvat lähinnä perimätietona kulkevaan oppiin lahonkeston paranemisesta ilman sen tarkempia tieteellisiä tutkimuksia tai havaintoja asian tueksi.

Aihetta on sivunnut myös Kimmo Penttilä opinnäytetyössään *Kestävät puuaitaukset eläimille seuraavasti*:

”Puhdas hiili ei kelpaa lahottajille, mutta hiilellä ei myöskään ole lujuutta. Lisäksi hiillettäyn tolppaan tulee halkeamia, joista veden ja lahottajien on mahdollista päästä tuhoamaan lujaa puuta. Hiiltäminen siis saattaa pidentää pitkäaikaiskestävyyttä, mutta täydellinen suojauskeino ei siis sekään ole. (Venäläinen, M. 2013.) Niin perinteinen suojauskeino kuin hiiltäminen onkin, vaatisi se taakseen tutkimustuloksia saavuttaakseen vakuuttavuutta.” (Penttilä 2013.)

Tavoitin Kimmo Penttilän opinnäytetyössään lähteenä käyttämän Metlan vanhemman tutkijan Martti Venäläisen ja tiedustelin häneltä mahdollisista tutkimuksista koskien puun hiiltämistä. Venäläinen vahvistaa hiillettäjen aidanseipäiden lahonkeston paranemisen, joka johtuu hiiltämisprosessissa tapahtuvasta kuumuuden aikaansaamasta sokereiden hajoamisesta ja uuteaineiden poistumisesta, jolloin lahottajille ei jää käsiteltävää ainetta. Venäläinen toteaa, ettei hiillettäjen aidanseipäiden tuomaa lahonkeston paranemista ole tutkittu tarkemmin ja mainitsee olevan mahdollista testata asiaa lahotuskokeella. Hän pohtii myös puutavaran hiillossa saavutettavaa lämpötilaa. Lämpötilan tulisi nousta 250 asteeseen, jotta lahonkeston kannalta tarpeelliset muutokset saataisiin esille. Idea puutavaran hiiltämisestä on hänen mielestään hyvä, jota kannattaa viedä eteenpäin.

Myös Jari Kinnunen opinnäytetyössään *Valamon ja Lintulan luostarivaelusreitit kunnostus* (Kinnunen 2013) mainitsee hiiltämisen parantavan puumateriaalin lahonkestoja huomattavasti, koska hiillettäyssä pinnassa ei

ole lahottajasienten tarvitsemia ravinteita ja viittaa asian suhteen Etelä-Savon ELY-keskukseen 2012. Hakiessani asiaan lisätietoa Etelä-Savon ELY-keskuksen kautta sain vahvistuksen, ettei heillä ole asian suhteen tarkempaa tutkimustietoa vaan tieto perustuu perinnetietoon (Kaipainen, puhelinhaastattelu 2.4.2014).

Puun kuivatislausta eli pyrolyysia on käytetty ja tutkittu jo tervanpolton ajoista lähtien puun jatkojalostuksessa. Puuta käsiteltäessä hiukan kuivatislausta alhaisemmissa lämpötiloissa puhutaan miedosta pyrolyysistä eli torrefioinnista, jota on tutkittu varsinkin viime vuosina aktiivisesti ympäri maailman liittyen lähinnä energiataloudellisiin asioihin. Molempien kuivatislausmenetelmien päälähtökohta kuumentaa puuta hapettomissa oloissa saa aikaan kemiallisia muutoksia puun raaka-aineessa. Tripti Singhin artikkelin mukaan kuumentamalla puu torrefiointi-menetelmällä 300 asteessa voidaan parantaa sen kestoa lahottajasieniä vastaan (Singh, 2013). Suomalaisen Maija Kymäläisen mukaan hiilletty pinta ei ole varma suoja lahottajasieniä vastaan, vaan sen pinnalla voi kasvaa, jos ympäristötekijät ovat sen mukaiset. Kymäläinen terävöittää myös hiiltämislajin tarkkuutta. Hänen mukaan huonosti hiiltynyt puu joutuessaan lahottajasienelle alttiiksi kärsii helposti lahon leviämisestä myös hiiltyneisiin kohtiin puuaineen kostumisen ja huonosti hiiltyneen kohdan sisältämien ravintoaineiden myötä (Kymäläinen, sähköpostiviesti 11.4.2014).

Arvostettu arkkitehti Panu Kaila huomioi kirjassaan *Talotohtori* (1997, 324) myös puun hiiltämisen.

”Hiilletty puu ei kelpaa lahosienille sen paremmin kuin hyönteisillekään. Maahan kaivettu aidanpylväs voidaan siis suojata polttamalla sen pinta kunnolla hiileksi.”

Samassa yhteydessä Kaila mainitsee mahdollisista hiillockseen jäävistä halkeamista, jotka voidaan täydentää tervalla viitaten 1600-luvulla asiaa jo ehdottaneeseen Glauberiin. Kailan mukaan puun kuumennuskäsittelyiden tulosten voidaan päätellä myös soveltuvan hiilletyn puutavaran suhteen, sillä Kaila toteaa kirjassaan puun kuumentamisen antavan myös tietoa siitä, miksi pinnaltaan hiilletyn hiiltymätön sisuskin on kestävä (Kaila 1997, 325).

Puutavaran hiiltäminen on vanha perinteikäs tapa parantaa lahonkestoa, mutta sitä ei ole tutkittu tai käytetty laajemmin. Tätä tukee 6.2.2013 Metlan vanhemman tutkijan Henrik Heräjärven kanssa käyty puhelinkeskustelu, jonka mukaan voidaan tällä hetkellä olettaa, ettei ainakaan Suomessa ole tutkittu hiilletyn puutavaran tuotantomenetelmiä saatikka muutenkaan hiilletyn puutavaran ominaisuuksia. Heräjärvi miettii hiilletyn puutavaran tuotannon olevan kallista, jotta siitä saataisiin kiinnostava tuote ja tämän takia asiaan ei olisi vielä paneuduttu. Hän mainitsee ulkonäköasiat, fyysisen keston ja epätasaisen pinnan olevan haasteita. Myös paloturvallisuus saattaa olla yksi vaikea tekijä. Heräjärvi ei näe hiillettyä puutavaraa huonona ideana, vaan toteaa teknisten ja taloudellisten haasteiden olevan haasteina insinööreille eikä totaalisina esteinä. Hänen mukaan kauniin pinnan saamiseksi harjattu hiilletty puutavara toisi myös punertavan kahvinruskean pinnan männylle. (Heräjärvi, haastattelu, 6.2.2013.)

Hiilletyn puutavaran syttymisherkkyuden mainitaan nousseen tavalliseen puutavaraan nähden ja perusteluina tälle voidaan hakea tuloksia mm. hiilen syttymislämpötilasta. Hiilen syttymislämpötila on 500–600 astetta (Siikanen 1996, 66).

3.2 Keksintöjen suojaus

Patentti on viranomaisen määräaikainen yksinoikeus jostakin keksinnöstä hyötymiseen. Patentti on luonteeltaan kielto-oikeus, joka tarkoittaa, että patentin haltijalla on oikeus kieltää muilta keksintönsä ammattimainen hyödyntäminen. Ammattimaiseen hyödyntämiseen luetaan patentoidun tuotteen valmistaminen, myynti, käyttö ja maahantuonti tai patentoidun menetelmän käyttö. Patentti on voimassa vain sen myöntäneessä maassa ja se on myös määräaikainen. Suomessa patenttiasioita hoitaa Patentti- ja rekisterihallitus. (Patentti- ja rekisterihallitus 2014a.)

Patenttia astetta kevyempi ratkaisu suojata omia keksintöjään on hyödyllisyysmalli. Hyödyllisyysmalli on patenttia muistuttava yksinoikeus keksintöön, mutta sen suojaamalta keksinnöltä ei vaadita yhtä suurta keksinnöllisyyttä kuin patentilta, joten se on astetta helpompi saada. Hyödyllisyysmalli on patentin lailla määräaikainen pisimmän suoja-ajan ollessa kymmenen vuotta, kun patentilla se on peräti kaksikymmentä vuotta. Hyödyllisyysmallin olennaisin ero patenttiin on se, ettei siihen tarvita teknisiä tutkimuksia ja se voidaan tämän takia rekisteröidä heti. Hyödyllisyysmallin omistaja voi myöntää käyttöilupia eli lisenssejä korvausta vastaan. (Patentti- ja rekisterihallitus 2014b.) Mekaanisessa puuteollisuudessa hyödyllisyysmallilla voidaan suojata tuote, jossa ei ole patentilla suojattavaa varsinaista keksintöä (Aulis & Voutilainen 1996,47).

Mallioikeus on suojamuoto, jolla uuden tuotteen muotoilua suojataan jäljittelyä vastaan. Mallioikeuden suojan kohteen tulee olla konkreettinen tavara tai sen osa. Mallioikeuden edellytys on, että malli on uusi ja yksilöllinen. Mallioikeus ehkäisee sen, ettei kukaan voi käyttää mallia hyväkseen ilman mallioikeuden haltijan lupaa. Mallioikeus on voimassa viisi vuotta kerrallaan ja se voidaan uusida neljästi aina viideksi vuodeksi kerrallaan. (Patentti- ja rekisterihallitus 2014c.)

Tutkittavaan aiheeseen liittyvien patenttien ja hyödyllisyysmallien sekä mallioikeuksien tutkimisessa käytettiin apuna internetin tietokantoja.

- tietokanta Suomesta: <http://patent.prh.fi/patinfo/default2.asp>
- tietokanta maailmalta, joka kattaa 90 eri maata: <http://fi.espacenet.com/>

Suoraan työni aiheeseen viittaavia patenteja löytyi vain muutama. Yhdysvalloista löytyy esimerkiksi patentti puutavaran pintojen hiiltämiselle jo vuodelta 1887 nimellä Device for charring surfaces of timber. Patenttinumero on 361095 ja patentin hakijaksi on merkitty James D. Stanley. Laite on aikoinaan kehitetty lankkujen ja puupalojen hiiltämiseen laivanrakennuksen tarpeisiin. (Google Patents 2012.)

Selvitin patenti- ja rekisterihallitukselta miten on, jos jossain on patentoitu jo samanlainen menetelmä tai jonkin tavaran valmistuksessa käytetään samanlaista menetelmää.

Kuinka mahdollisiin patenteihin yms. vaikuttaa, jos joku on saman asian patentoinut vaikkapa Kiinassa?

Patentoitavan keksinnön tulee olla uusi. Uutuutta arvioitaessa otetaan huomioon kaikki se materiaali, joka on ollut julkista ennen patenttihakemuksen tekemispäivää (ts. päivä, jolloin patenttihakemus on kirjattu saapuneeksi patenttivirastoon). Näin ollen keksinnölle ei voi saada patenttia missään maassa, jos sellainen on ollut olemassa aiemmin jossain toisessa maassa (esim. Kiinassa). Julkinen materiaali voi olla esim. oppikirja, esite, patenttijulkaisu tms.

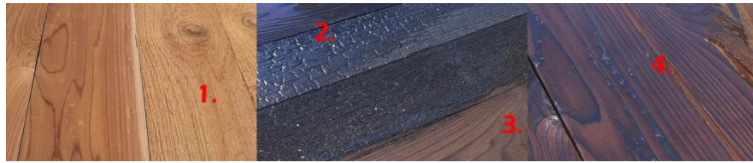
Onko eri asia hakea patenttia koko puutavaran käsittelymenetelmälle tai jonkin yksittäisen asian valmistamiselle, missä käytetään nimenomaan tuota samaista käsittelymenetelmää?

Tuohon toiseen kysymykseenne on hieman hankala antaa täydellistä vastausta. Patentin saaminen ja se, että minkälaista kokonaisuutta kannattaa yrittää suojata, on hyvin taupaus- ja alakohtaista.

Mikäli ratkaisu tunnetaan jollekin käyttökohteelle (kukkaruukut) ja haluaisi patentoida vastaavanlaisen perusratkaisun jollekin toiselle käyttökohteelle (puutavara), tulee kysymykseen ratkaisun soveltuvuus ja sen ilmeisyys jollekin toiselle alalle. Tähän on hyvin vaikea antaa täsmällistä vastausta. Kuitenkin esimerkiksi ongenkoukkuun liittyvien yksityiskohtien soveltamista nosturinkoukussa ei voida pitää ilmeisenä. Ts. Nosturinkoukku ei ole esteenä ongenkoukun patentoimiselle eikä päinvastoin (näin karrikoidusti).(Louhiluoto, sähköpostiviesti 12.2.2013.)

3.3 Käyttö maailmalla

Hiilletyn puutavaran käyttöä muualla maailmassa selvitin lähinnä internetin kautta. Joidenkin yksittäisten rakennusten kohdalla yritin saada selville puutavaran toimittajaa, mutta yhteydenpito näihin osoittautui mahdottomaksi. Miltei kaikki vastaan tullut tieto muualla maailmassa hiilletystä puutavarasta pohjautuu japanilaiseen menetelmään shou sugi ban. Perusmenetelmä hiiltää puutavaran pinta on sama kaikkialla ja pieniä eroja löytyy lopullisen hiilletyn pinnan käsittelystä. Japanissa ei perinteen mukaisesti käytetä mitään menetelmiä hiiltämisen jälkeen, vaan hiilletty puutavara kiinnitetään sellaisenaan ulkovuoraukseen. Muualla maailmassa hiiltynyt pinta saatetaan harjata irtoavan hiilloksen irti saamiseksi. Joissain tapauksissa lopullinen pinta käsitellään vielä pintakäsittelyaineilla esimerkiksi luontaisilla puuöljyillä.



Kuva 1 Hiiltäminen, harjaus ja pintakäsittely (Grajo 2012).

1. puutavara ennen käsittelyä.
2. nestekaasupolttimella hiilretty puutavara.
3. hiilretty pinta harjattuna.
4. lopullisen pintakäsittelyn jälkeen.

Shou sugi ban toiselta nimeltään yakisugi-hiiltämismenetelmä, on suosittu perinteikäs puun pintakäsittelymenetelmä Japanissa. Perinteinen tapa suorittaa hiilto, on polttaa pieneen ämpäriin tehdyn nuotion päällä kolmion muotoon nidottuja lankkuja pystyasennossa, niin kauan kunnes liekit tulevat toisesta päästä, jonka jälkeen lankut käännetään toisinpäin. Nuotion päältä lankut siirretään sivuun, mahdolliset liekit sammutetaan vedellä ja lankut aukaistaan kiinnityksistään. Hiiltämisen tarkoitus on ehkäistä lahoamista ja suojella tulelta. Verkkolähteiden perusteella kertaalleen hiilretty ei syty niin herkästi uudelleen. (Pursuing Wabi 2007.)

Japanilaista hiiltämismenetelmää sovelletaan myös muualla maailmassa käyttämällä nestekaasupolttimia kuvan kaksi mukaisesti polttamalla puun pinnasta ~5mm verran hiilelle.



Kuva 2 Puupinnan hiiltäminen (earthincgardens 2012).

Suomessa hiilretty puutavara on hyvin harvinainen materiaali. Hiilrettyä puutavaraa ei ole saatavilla isommilla eikä pienemmilläkään puutavaran-toimittajilla.

Joissain tapauksissa on käytetty hiilrettyä puumateriaalia, muttei varsinaisesti hiilrettyä puutavaraa lautatavarana. Suomalainen innovaatio Sauna Savu on ulkopinnaltaan hiileksi poltettua puuta ja sisätiloiltaan poltettua ja pestyä puuta. Sauna Savu eroaa opinnäytetyöni aiheesta sen hiilto prosessin myötä, koska Sauna Savu hiilletään kokonaisena (Sauna Management Oy, 2013). Sauna Management Oy:ltä heidän tuotettaan ja varsinkin hiil-

tämistä koskevia tutkimuksia tiedustellessani puhelimitse 19.3.2014 sain tietooni, ettei heilläkään ole tietoa tutkimuksista puun hiiltämiseen liittyen.

3.4 Puutuotteiden CE-merkintä

Tärkeä yksittäinen asia tausta-aineiston selvityksessä oli puutavaran CE-merkintöjen vaikutus hiillettyyn puutavaraan. Rakennusasetus tuli voimaan kokonaisuudessaan 1.7.2013 ja toi tullessaan pakollisen CE-merkinnän kaikille niille rakennustuotteille, jotka kuuluvat jonkin harmonisoidun tuotestandardin sovellutusalueeseen ja joiden siirtymäaika on umpeutunut (Puuinfo Oy n.d. b).

Rakennustuotteita ovat rakennusten kiinteäksi osaksi tulevia tuotteita ja näihin luetaan myös sahatavara. Rakennustuotteiden CE-merkintä on eurooppalainen menettely, jolla osoitetaan tuotteen ominaisuudet yhdenmukaisella tavalla. CE-merkintä kattaa tuotteen keskeisimmät turvallisuus- ja terveysominaisuudet kuten esimerkiksi kantavuuden ja pitkäaikaiskestävyyden. (Inspecta 2013.)

Rakennustuotteet, joille ei ole olemassa harmonisoitua tuotestandardia voidaan myöntää Eurooppalainen tekninen arviointi eli ETA. ETA on täysin vapaaehtoinen CE-merkintään johtava tekninen arviointi. ETA on tarkoitettu varsinkin uusille innovatiivisille tuotteille. Suomessa eurooppalaisia teknisiä arviointeja myöntää VTT Expert Services Oy. (SFS ry. 2011.)

Metsäkeskuksen Jouni Silvast toteaa, että hiilletylle puutavaralle voitaisiin mahdollisesti käyttää massiivipuunstandardia ulkoverhousten suhteen. Tämän suhteen tulisi selvittää hiilletyn puutavaran ominaistiheys suoritus-tasoilmoitusta varten. Puutavaran hiiltämisessä tulee ottaa huomioon lopullisen tuotteen paksuus, joka ei saa olla alle 9 mm. Ulkoverhouksen suhteen puutavaran lujuus ei ole kriittinen tekijä, joten mahdollinen lujuuden muutos ei vaikuta CE-merkintään tässä tapauksessa. Hiilletyn puutavaran toisena suunniteltuna kohteena olevat terassit eivät edellytä CE-merkintää. (Silvast, puhelinhaastattelu, 11.4.2014.)

4 TUTKIMUS

Tilaaajan toiveiden mukaisesti hiilletyn puutavaran kestoja erilaisten sääolojen rasituksissa päätettiin varmistaa teettämällä säärasitustesti tähän perehtyneellä alan toimijalla. Testattavat puulajit rajattiin neljään puulajiin mäntyyn, kuuseen, koivuun ja haapaan, joita käytetään yleisesti Suomessa rakennusmateriaaleina. Jokaista puulajia päädyttiin hankkimaan höylättyinä sekä höyläämättöminä, jotta nähtäisiin mahdollinen puupinnan erojen vaikutus tutkimuksessa. Testattavien puukappaleiden määräksi jäi näin 16 kappaletta.

Taulukko 1 Testikappaleet

	Kuusi	Mänty	Koivu	Haapa
Höyläämätön puu	*	*	*	*
Höylätty puu	*	*	*	*
Höyläämätön hiilletty puu/+harjattu	*	*	*	*
Höylätty hiilletty puu/+harjattu	*	*	*	*

Aineiston taustatutkimuksessa huomioitu muualla maailmassa yleinen hiilletyn puutavaran viimeistely harjaamalla päätettiin ottaa mukaan tutkimukseen. Hiillettujen testikappaleiden kohdalla harjattiin irtoava hiilikerros puolen testikappaleen pituuden matkalta. Osa hiilleyistä testikappaleista haluttiin jättää harjaamatta, jotta mahdollinen ero harjatun ja harjaamattoman välillä tulisi esiin.

4.1 Esivalmistelut

Rantasen sahalta Lammilta pyydettiin tutkimusta varten asianmukainen puutavara, joka sahattiin oikeisiin mittoihin. Oikeat mitat saatiin Hämeenlinnan Ohutlevykeskukselta, jossa suoritettiin säärasitustesti. Säärasituskaapissa on oltava määrätyn kokoiset testikappaleet, jotta ne asettuvat oikein paikoilleen.



Kuva 3 Puutavara ennen hiiltämistä.

Mietin ennen hiiltämistä ja säärasitustestiä, miten testikappaleiden tunnistus onnistuu näiden toimenpiteiden jälkeen ja päädyin yksinkertaiseen loveamismenetelmään. Jokaiseen testikappaleeseen lovettiin merkintä taulukon kaksi mukaisesti. Höylätyt testikappaleet erottelin myös loveamalla reunaan merkinnän.



Kuva 4 Loveaminen tunnistamisen helpottamiseksi

Taulukko 2 Testikappaleiden yksilöinti

	Lovi sivussa	Kuusi	Mänty	Koivu	Haapa	
Höyläämätön		1	2	3	4	
Höylätty	*	1	2	3	4	

4.2 Hiiltäminen

Puutavaran hiiltäminen suoritettiin Evolla huhtikuussa 2013 opettaja Martti Kolkkan läsnä ollessa. Hiiltäminen suoritettiin käsityönä käyttäen neste-kaasupoltinta, joka tunnetaan myös toho-nimellä.



Kuva 5 Hiiltämistä (kuva Martti Kolkka)

Testikappaleet pyrittiin hiiltämään tasaisesti joka puolelta. Tähän päästiin melkein kaikilla testikappaleilla 2–3 minuutin hiiltämisellä. Haapa-paneeli oli vaikea hiiltää ponttiansa takia, mutta lopputulos oli tyydyttävä. Hiiltämisen jälkeen kaikilla testikappaleilla oli tasaisesti hiilletty pinta. Lopuksi hiilleyistä testikappaleista harjattiin puolet pituudesta pois irtoavasta hiilestä. Harjaamisessa käytettiin apuna tavallista muovista mattoharjaa. Lopputuloksena testikappaleille saatiin tasainen harjattu pinta. Harjattu

pinta sisälsi toki hiukan irtoavaa nokea. Menetelmä ja sillä hiilletyt testikappaleet kuvattiin dokumentointia varten.



Kuva 6 Höylätty ja hiilletty



Kuva 7 Höyläämätön ja hiilletty

4.3 Kiihdytetty säärasitustesti

Kiihdytetty säärasitustesti suoritettiin tilaajan sopimana Hämeenlinnan Ohutlevykeskuksessa kesän 2013 aikana. Testiaineiston esivalmistelussa testikappaleet työstettiin oikeisiin mittoihinsa. Testiä varten testikappaleiden kooksi tuli 30 cm * laudan leveys, jolloin testikappaleet peittivät pystyasennossa testilaitteen näyteaukon. Oikealla koolla varmistettiin, että suurin osa testikappaleista altistui UV-valolle ja kosteudelle.

Sadetusjärjestelmällä varustetulla Q-Panel QUV säärasituslaitteella suoritettussa säärasitustestissä puu joutui alttiiksi auringonvalon UV-säteilyä vastaavalle UV-säteilylle sekä lämmölle ja kosteudelle. Säärasitustesti perustuu ARV Laboratory LLC:n käyttämään puun vanhennustestiin, joka on standardin ASTM G151 mukainen. Testi kesti 1100 tuntia ja se vastaa laboratorion mukaan kymmenen vuoden rasitusta (Liite 1).

Testi koostui kolmesta eri vaiheesta, jotka vuorottelivat testin kokonaisajan (Jyrkäs 2013, sähköpostiviesti, 28.5.2013).

- 1) UVA340 lampuilla UV-rasitus 60 C:ssa 8 tuntia
- 2) Vesisuihku 5 min
- 3) Kondenssikosteus 40 C:ssa 3 h 55 min

4.4 Tulokset

Tutkimuksen tulokset tausta-aineiston selvityksen osin ovat odotetun kaltaisia. Oletuksena oli, ettei mitään valmista tuotantolinjaa ole vielä olemassa eikä puutavaraliikkeistä saa vielä tänä päivänä valmiina hiillettyä puutavaraa ja näin myös selvityksessä tulikin todettua. Hiillettyä puutavaraa on käytetty laajalti varsinkin design-tuotteissa ympäri maailman. Japannissa käytetty menetelmä on lähtökohtana lähes kaikille esimerkeille, mitä internetverkon kautta tuli löydettyä.

Vaikka menetelmää on käytetty laajasti niin sen tutkimusten puute tai vähäisyys yllätti. Monissa artikkeleissa on esimerkiksi aidan seipäiden päiden hiiltämisen kohdalla mainittu, ettei hiilleyllä pinnalla ole mitään lahottajille kelpaavaa, mutta tämän lausuman takana ei ilmeisesti ole taustalla tutkimustyötä vaan opittua perinnetietoa. Pyrolyysin ja torrefioinnin vaikutuksia on tutkittu ja niissä on havaittu, ettei lopullisen tuotteen pinnalle ole lahottajasienille kelpaavaa materiaalia.

Hiilletyn puumateriaalin käytöstä ei myöskään löydy suoraan asiaan liittyviä viimeaikaisia patentteja. Perehtyminen patenteihin osoittautui erittäin aikaa vieväksi. Patenttien sisältämä tarkka tieteellinen termistö vaatii mielestäni asiaan perehtyneen asiantuntijan ja toin tämän tilaajan tietoon yhtenä aineiston tausta-aineiston selvityksen tuloksena.

Tutkimuksen mukaisesti Ohutlevykeskuksella tehdyn säärasitustestin tulokset ja johtopäätökset kertovat myös hiilletyn puumateriaalin hyvästä säänkestosta.

”Testin jälkeen sekä höyläämättömissä että höylätyissä hiiletyskäsittelymättömissä laudoissa oli havaittavissa halkeilua ja puu oli paikoin tummunut. Halkeilua oli enemmän höyläämättömässä puussa.

Hiillettyjen näytteiden pinta oli säärasituksen jälkeen paikoin vaalentunut hiilikerroksen irtoamisesta johtuen, mutta puu ei halkeillut testissä. Hiilikerroksen väri säilyy paremmin toisessa puolessa näytepaleita, mikä ilmeisesti johtuu eroista hiiletyskäsittelyssä. Höyläämättömän ja höylätyn hiilletyn puun kunto oli melko samanlainen.

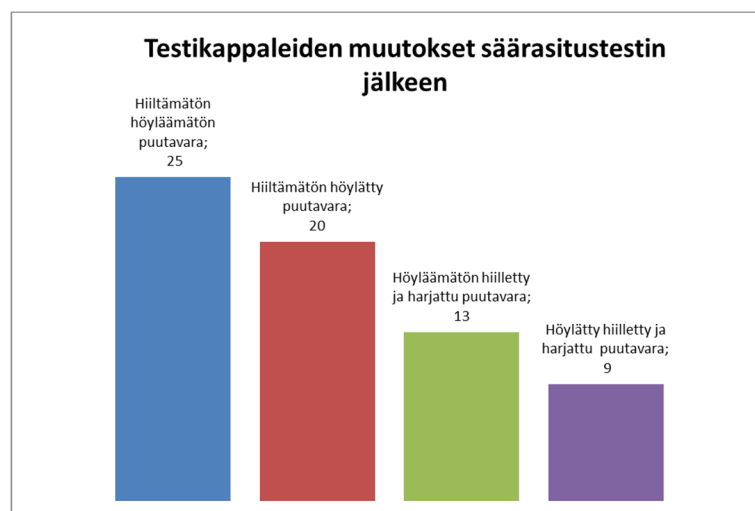
Käytetyn kiihdytetyn säätötestin perusteella hiilletty puu kestää olosuhderasitusta paremmin halkeilematta. Hiilletty pinta vaaleni paikoin hiilikerroksen irrottua, mutta puu säilyi hyvässä kunnossa. Ilmeisesti hiiletyskäsittelyerosta johtuen toinen puoli näytteistä säilyi tummempana kuin toinen. Raportti 2013-32 Hiilletyn puumateriaalin säärasitus.” (Liite 1).

Havainnoin säärasitustestissä olleita testikappaleita myös itse silmämääräisesti (kuvat liitteinä 2–4). Vertailin (liite 5) säärasitustestattuja hiiltämättömiä ja hiillettyjä testikappaleita vastaaviin kappaleisiin ilman säärasitustestiä. Omista havainnoista muodostin liitteen viisi mukaisen taulukon numero yksi, josta ilmenee minun näkökulmasta katsottuna testikappaleiden muutokset vääristymien, halkeiluiden sekä muiden muutosten suhteen ryhmittäin.

Havainnointieni mukaan hiiltämättömät testikappaleet ovat rasittuneet huomattavasti säärasitustestin aikana. Niissä näkyy niin pieniä kuin suuriakin halkeamia sekä niiden muodot ovat vääristyneet. Hiiltämättömien testikappaleiden sävy muutos on myös selkeä.

Hiillettyjen testikappaleiden osalta havainnoin vain harjattuja puolikkaita, koska ne olivat suurimman mielenkiinnon kohteena mahdollista lopullista tuotetta silmällä pitäen. Hiilletyt testikappaleet ovat muuttuneet kauttaaltaan hiukan vaaleammiksi sävyltään, mutta ovat rakenteellisesti hyvässä kunnossa alkuperäisiin ilman säärasitustestiä oleviin verrattuna. Hiilletty höylätyt ja höyläämättömät ovat kestäneet säärasituksen varsin hyvin. Hiillettyillä sekä höylätyillä, että höyläämättömillä testikappaleilla on selkeästi nähtävissä parempi säänkesto verrattuna hiiltämättömiin testikappaleisiin. Hiillettyjen testikappaleiden välillä on ero havaittavissa siinä onko testikappale höylättyä vai höyläämättömää puutavaraa höylätyn eduksi. Höylätyn puutavaran muutoksissa on männyn kohdalla havaittavissa selkeä paremmuus höyläämättömään verrattuna. Hiillettyillä sekä höylätyillä että höyläämättömillä on nähtävissä jokaisella puulajilla pientä pinnan kulumaa testin aikana. Pinnan sävy vaalenee myös hiukan testikappaleilla, eritoten männyllä.

Omat huomioni ovat yhteneviä Ohutlevykeskuksen tekemiin tuloksiin ja johtopäätöksiin nähden, sillä tekemäni vertailun mukaan hiilletty puu kestää paremmin säärasituksia kuten ryhmitellyt tulokset kuvion 4 mukaisesti kertovat. Lisäksi huomioisin lehtipuiden poikkeuksellisen hyvän säänkeston. Koivulla ja haavalla oli havaittavissa puupinnan kulumaa mutta muuten nämä puulajit selvisivät testistä ilman vääristymiä tai halkeiluita.



Kuvio 4 Kokonaisarvio

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimukseni johtopäätökset koostuvat Ohutlevykeskuksen tekemän kiihdytetyn säärasitustestin tuloksista ja johtopäätöksistä, joita tukevat omat havaintoni. Tutkimukseni osoittaa näin hiilletyn puumateriaalin kestävän paremmin säärasituksia kuin hiiltämättömän ja selviävän kymmenen vuotta Suomen sääoloissa. Tuloksien perusteella jatkossa kannattaa hiiltää höylättyjä puumateriaaleja. Höylätty puumateriaali oli myös helpompi hiiltää kuin höyläämätön. Hiiltämisen helppous on tärkeä asia, jotta puutavara voidaan hiiltää tasaisesti joka puolelta.

Kymmenen vuoden säänkesto on selkeä ero positiivisessa mielessä eritoten yleisemmin käytettyihin maaleihin nähden, koska niiden kestoikä on normaalisti 8–10 vuotta, jonka jälkeen ne tarvitsevat yleensä huoltoa ja uudelleen maalausta. Kyllästettyjen puumateriaalien säänkesto on huomattavan pitkä mutta hiilletty puutavara on näihin nähden turvallisempi ja ekologisempi vaihtoehto. Lämpökäsittelylle puulle luvataan myös pitkäaikaista säänkestoa, mutta sille suositellaan yleensä pintakäsittelyä, jolloin kokonaisuutena hiilletty puutavara on todennäköisesti taloudellisempi vaihtoehto.

Tutkimuksia puun lämpökäsittelystä ja miedosta kuivatislauksesta eli torrefioinnista voidaan mielestäni käyttää kuvaamaan hiiltämisessä tapahtuviin puun ominaisuuksien muuttumisiin vain suuntaa-antavasti. Hiiltämisessä puun pintaosassa tapahtuvan orgaanisen aineen muuttuminen epäorgaaniseksi on selkeästi havaittavissa, mutta hiiltämisen vaikutukset hiiloksen alapuoliseen puuaineeseen ovat suuntaa-antavia.

Tutkimukseni pohjalta hiillettyä puutavaraa kannattaa viedä ideana eteenpäin. Tausta-aineiston selvityksen myötä esille tulleet jo käytössä olevat hiillettyt rakennelmat eivät vähennä idean arvoa, vaan antavat pikemminkin selkeän merkin siitä, että hiilletylle puutavaralle on kysyntää. Mielestäni tutkimukseni tavoitteet ovat täyttyneet hyvin.

6 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteet täyttyivät, mutta tutkimuksen ohessa tuli esiin asioita, joita tulisi mahdollisesti tutkia vielä lisää. Paremman luotettavuuden saamiseksi tutkimus tulisi kenties toistaa tässä parhaiten menestyneillä puulajeilla. Kuusen ja männyn hiiltäminen osoittaa eritoten selkeää eroa hiiltämättömiin testikappaleisiin nähden. Näiden puulajien kohdalla pitäisi säännöstöä vielä varmistaa ja tehdä kiihdytetty säärasitustesti uudestaan.

Tutkimuksen aikana pohdin asioita hiiltoprosessista ja hiilletyn puumateriaalin muutoksista. Hiiltämisen ja harjauksen yhteydessä poistuu puutavaran pinnasta muutama millimetri ja tämä tulisi ennakoida ennen hiiltämistä. Riippuen halutun hiiltämisasteen syvyydestä tulisi määrittää, kuinka paljon puuainesta häviää hiiltämisen ja harjaamisen myötä. Tässä tutkimuksessa suoritettu hiiltäminen teki n. 3–4 mm muutoksen puutavaran pintaan kauttaaltaan. Tästä harjauksen jälkeen voidaan karkeasti määrittellä lähteneen pois n. 2 mm. Eli tutkimusta varten hankittu puutavara ei ole enää mitoiltaan samaa, kuin ennen testiä.

Hiilletty puumateriaali vaikuttaa aavistuksen verran keventyneen verrattuna alkuperäiseen, ja tämä tulisi ottaa huomioon mahdollisesti hiillettyä puumateriaalia työstettäessä. Puutavaran lujuuden muuttuminen vaikuttaa oleellisesti sen kestävyYTEEN. Lämpöpuuhun verrattuna voidaan olettaa hiilletyn puutavaran olevan lujuudeltaan heikompaa, mutta mahdollisesti kovempaa. Puutavaran CE-merkintää varten tulisi selvittää hiilletyn puun ominaisihteys ensimmäisenä.

Hiilletty puumateriaali on huono mikrobiologinen kasvualusta Singhin tutkimuksen mukaan (Singh, 2013). Yhtenä tärkeänä asiana hiiltämisessä on, miten pystytään toteuttamaan varmasti kattava hiiltäminen. Pienikin hiiltämätön kohta on otollinen halkeilulle ja mahdollistaa näin lahottajaisien leviämisen. Riittävän laadun takaamiseksi hiiltäminen tulee olla suoritettu koko materiaalin pinnalle tasaisesti. Samaan Singhin tutkimukseen nähden tulee myös olla tarkkana hiiltämisessä käytettävän lämpötilan suhteen. Vain riittävän korkea lämpötila tuo tarpeellisen tuloksen. Laudan päiden hiiltämisen suhteen pitää olla varsinkin tarkkana, koska laudan päät imevät valtavasti vettä tyhjiin soluonteloihinsa (Kaila 1997, 276). Hiilletyn puutavaran ominaisuudet mikrobiologisena kasvualustana olisi hyvä selvittää tausta-aineiston esiselvityksessä esiin tulleen lahotuskokeen avulla.

Hiillettyjen puumateriaalien harjaus poistaa suurimman osan irtoavasta hiilestä, mutta pintaan jää silti vielä ainakin nokea. Hiilletyn puumateriaalin käyttökohteiden valinnassa tulee ottaa tämä asia huomioon

Hiilletty puutavara omaa eksoottisen ulkonäön ja maineen ollakseen trendikäs rakennusaine. Ulkoverhouksessa on käytetty Suomessa tähän asti hyvin perinteisiä ja tuttuja menetelmiä. Puisen ulkoverhouksen maalaus on toteutettu myös yleensä hyvin hillityin värisävyin eikä tummia sävyjä ole juurikaan taloissa näkynyt. Hiilletyn puutavaran sävy saattaa olla suomalaisen silmään raju varsinkin talojen ulkoverhouksissa.

Hiilletyn puutavaran valmistusprosessi ilman kemikaaleja tekee siitä ekologisen vaihtoehdon muille pintakäsittelymenetelmille. Säärasitustesti osoitti myös sen käyttökelpoisuuden Suomen olosuhteisiin ja havaitut muutokset esimerkiksi hiilletyn puutavaran pinnan värisävyn pienenä vaalentumisena eivät mielestäni ole kriittisiä.

LÄHTEET

- Ahvenainen, J.1984. Suomen sahateollisuuden historia. Porvoo: WSOY.
- Aulis, M. & Voutilainen, M. 1996. Puulla yrittämään. Helsinki: Hakapaino Oy.
- earthinggardens 2012.Making Yakisugi. Viitattu. 27.3.2014.
<http://www.youtube.com/watch?v=L4CeJIaI5Vg>
- Grajo, E. 2012. Shou Sugi Ban Trials. Viitattu 9.4.2014.
http://www.flickr.com/photos/eric_grajo/7228174438/in/photostream/
- Google Patents 2012. Device for charring surfaces of timber. Viitattu 3.5.2014.
<http://www.google.com/patents?id=XqhwAAAAEBAJ&zoom=4&hl=fi&pg=PA2#v=onepage&q&f=false>
- Haahtela, T. & Sorsa, P.1999. Kasviallergiat ja Allergiakasvit. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.
- Inspecta 2013. CE-tuotesertifiointi rakennustuotteille. Viitattu 2.4.2014.
<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Tuotesertifiointi/CE-tuotesertifiointi/>
- Isomäki, O., Koponen, H., Nummela, A. & Suomi-Lindberg, L. 2007. Puutuoteteollisuus 2. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Jyrkäs, K. 28.5.2013. Puumateriaalin olosuhdetesti. Vastaanottaja Tomi Koivisto. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 22.4.2014.
- Kaila, P. 1997. Talotohtori. Porvoo: WSOY.
- Kettunen, S. 4.2.2013. Lunawood vastaa. Vastaanottaja Tomi Koivisto. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 23.3.2014.
- Kinnunen, J. 2013. Valamon ja Lintulan luostarivaellusreitien kunnostus. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Konservoinnin koulutusohjelma. Opin- näytetyö.
- Kärkkäinen, M.2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Kärkkäinen, M. 2003, Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Kymäläinen, M. 11.4.2014. Artikkeleita. Vastaanottaja Tomi Koivisto. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 11.4.2014.
- Lahontorjuntayhdistys r.y.1988. Puunsuojaus. Hanko: Hangon Kirjapaino Oy.

Louhiluoto, L. 12.2.2013. Uusi puutavaran käsittelymenetelmä. Vastaanottaja Tomi Koivisto. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 13.2.2013.

Lunawood. n.d. Hyvä tietää lämpöpuusta. Viitattu 24.4.2014. <http://www.lunawood.fi/fi/lampopuu-ekologinen-puumateriaali/>

Lämpöpuuyhdistys ry 2004. ThermoWood käsikirja. Viitattu 23.3.2014. http://www.thermowood.kotisivukone.com/files/thermowood.kotisivukone.com/tiedostot/914711200401161255_twkasikirja.pdf

Metla 2012. Metsätilastotiedote Puun käyttö 2012. Viitattu 9.3.2014. <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2013/kaytto12.pdf>

Metsäteollisuus ry 2014. Mänty- ja kuusisahatavaran tuotanto Suomessa. Viitattu 9.3.2014. <http://www2.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/sahateollisuus/Forms/DispForm.aspx?ID=42&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2fsahateollisuus%2fJulkinen-FI>

Metsäteollisuus ry 2013. Havusaha- ja höylätavaran kulutus Suomessa 1960 - 2012. Viitattu 9.3.2014. <http://www2.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/sahateollisuus/Forms/DispForm.aspx?ID=53&RootFolder=%2ftilastopalvelu2%2ftilastokuviot%2fsahateollisuus%2fJulkinen-FI&Source=http%3A%2F%2Fwww2%2Emetsateollisuus%2Efi%2Ftilastopalvelu2%2Ftilastokuviot%2Fsahateollisuus%2FForms%2FAllItems%2Easpx>

Mäkipuro, R. 1987. Puunrakenne. Teoksessa Rautakorpi, H., Raveala, A., Weck, T-U. & Mäkipuro, R. (toim.) RIL 162-1 Puurakenteet 1. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto Ry, 13.

Ojala, K.2013. Talo ilman hometta. Riika: Into Kustannus Oy.

Ojala, L & Ojapalo, M. Puun kemiallinen rakenne. Viitattu 13.4.2014. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/puu/puunkemiallinenrakenne.html>

Patentti- ja rekisterihallitus . 14.4.2014a. Patentit usein kysyttyä. Viitattu 14.4.2014. [http://www.prh.fi/fi/patentit/useinkysyttya.html#Mikä patentti on?.](http://www.prh.fi/fi/patentit/useinkysyttya.html#Mikä%20patentti%20on?)

Patentti- ja rekisterihallitus . 14.4.2014b. Hyödyllisyysmallit. Viitattu 14.4.2014. <http://www.prh.fi/fi/hyodyllisyysmallit.html>.

Patentti- ja rekisterihallitus . 14.4.2014c. Mallioikeudet. Viitattu 14.4.2014. <http://www.prh.fi/fi/mallioikeudet.html>.

Penttilä, K. 2013. Kestävät puuaitaukset eläimille. Hämeen ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Pursuing Wabi. 5.11.2007. Shou-sugi-ban. Viitattu 13.2.2013.
<http://pursuingwabi.com/2007/11/05/shou-sugi-ban/>

Puuinfo Oy. n.d. a. Viitattu 9.4.2014.
<http://www.puuinfo.fi/puumateriaalina/kosteusteknisiaominaisuuksia>.

Puuinfo Oy. n.d. b. Viitattu 2.4.2014.
<http://www.puuinfo.fi/ajankohtaista/puutuotteiden-ce-merkinta-laajenee>.

Puuinfo Oy. n.d. c. Paineekyllästetty puu – opas ammattilaisille. Viitattu 23.3.2014.
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/paineekyllastetty-puu-opas-ammattilaisille/paineekyllastetty-puu-opas-ammattilaisille.pdf> .

Rakennusperintö.fi. n.d. Tervat. Viitattu 23.3.2014.
http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Rakennusmateriaaleja/fi_FI/Tervat/

Rakennustieto Oy 2012a. Kyllästetty puutavara. RT 21-11094. RT-kortisto. Viitattu 10.4.2014. <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortistot/tuotteet/109117.html.stx>.

Rakennustieto Oy 2007a. Lämpökäsitelty puu. RT 21-10908. RT-kortisto. Viitattu 10.4.2014. <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortistot/tuotteet/101125.html.stx>.

Rakennustieto Oy 1995a. Puujulkisivujen uudis- ja huoltomaalaus. RT 29-10572. RT-kortisto. Viitattu 14.4.2014. https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortistot/tuotteet/RT_2653.html.stx.

Savu Management Oy, Rakenne. Viitattu 2.4.2014.
http://www.saunasavu.com/wp-content/uploads/2012/10/SaunaSavu_FinSweEn_WEB.pdf

Siikanen, U.1978. Rakennusfysiikka Perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS ry. 2011. CE-merkintä 2013. Viitattu 4.4.2014.
<http://www.sfs.fi/files/307/ce-merkinta2013.pdf>

Singh, T. 2013. Chemical characterisation and durability assessment of torrefied radiata pine (Pinus radiata) wood chips .pdf-julkaisu. http://www.researchgate.net/profile/Tripti_Singh3/publication/256919546_Chemical_characterisation_and_durability_assessment_of_torrefied_radiata_pine_%28Pinus_radiata%29_wood_chips/file/e0b495240c7160a763.pdf?origin=publication_detail

Sipi, M.2006. Puutuoteteollisuus 5. Helsinki: Edita Oy.

Suomen Metsäyhdistys. n.d. Metsäteollisuus jalostaa puusta tuotteita.
<http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/allbyid/E1C20BD9842CAFFAC2256F3400413D19?Opendocument>. Viitattu 9.4.2014

Uotila, T.1994. Suomalainen sahateollisuus ja sen tulevaisuus. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Vihavainen, T.1978. Puurakenteiden lahontorjunta. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Wikipedia. 28.10.2013. Patentti. Viitattu 1.4.2014.
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Patentti>.

Haastattelut

Heräjärvi, H. Vanhempi tutkija. Metla. Puhelinhaastattelu 6.2.2013.

J, Silvast. Puutuoteasiantuntija. Metsäkeskus. Puhelinhaastattelu.11.4.2014.

Kaipainen, H. Projektivastaava. Etelä-Savon ELY-keskus. Puhelinhaastattelu 2.4.2014.

Savu Management Oy, +358-09-4289-1089. Savu Management Oy. Puhelinhaastattelu.19.3.2014.

Venäläinen, M. Vanhempi tutkija. Metla. Puhelinhaastattelu 10.4.2014.

	Raportti nro: 2013-32	Tarjous:	Julkaisupvm: 23.7.2013	Sivumäärä: 7
	Tilaaja: HAMK, Tuoteväylä		Tilaajan edustaja: Markku Kippola	
	Tekijä: Tiina Vuorio, Kauko Jyrkäs		Hyväksyjä: Kauko Jyrkäs	
	Tiedostonimi: Raportti 2013-32 Hiilletyn puumateriaalin säärasitus			
HIILLETYN PUUMATERIAALIN KIIHDYTETTY SÄÄRASITUSTESTI				

SISÄLTÖ:

1. Tausta
2. Materiaalit
3. Testi
4. Tulokset
5. Johtopäätökset

LIITTEET:

Liite 1: Valokuvat puunäytteistä ennen säärasitusta ja säärasituksen jälkeen.

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-8488415
040-3581913

s-posti ja www-osoite
johanna.hiljanen@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

1. TAUSTA

Toimitetulle hiilletylle puumateriaalille, sekä vastaavalle käsittelemättömälle puulle suoritettiin kiihdytetty säärasitustesti, jossa puu joutuu alttiiksi auringonvalon UV-säteilyä vastaavalle UV-säteilylle sekä lämmölle ja kosteudelle. Testi perustuu ARV Laboratory, LLC:n käyttämään standardin ASTM G151 mukaiseen puun vanhennustestiin.¹ Laboratorion mukaan 1100 tunnin testi vastaa kymmenen vuoden rasitusta. Tarkempaa tutkimusta testin soveltuvuudesta puun vanhennukseen ei tehty.

2. MATERIAALIT

Näytteet 1, 4 kpl, höyläämätön puu.
Näytteet 2, 4 kpl, höylätty puu.
Näytteet 3, 4 kpl, höyläämätön hiilletty puu.
Näytteet 4, 4 kpl, höylätty hiilletty puu.

Näytekokoo oli 30 cm x laudan leveys, jolloin näyte peittää pystyasennossa testilaitteen näyteaukon ja suurin osa puukappaleesta altistuu UV-valolle ja kosteudelle.

3. TESTI

Puunäytteille suoritettiin standardin ASTM G151 mukainen kiihdytetty säärasitustesti Q-Panel QUV säärasitustestilaitteella, jossa on sadetusjärjestelmä. Testisykli koostui kolmesta vaiheesta:

Vaihe 1: UV-rasitus UVA 340-lampuilla 60 °C lämpötilassa, aika 8 tuntia.

Vaihe 2: Vesiruisutus suodatetulla vedellä 5 minuuttia.

Vaihe 3: Kondenssikosteusrasitus 40 °C lämpötilassa, aika 3 tuntia 55 minuuttia.

Syklejä 1 - 3 toistettiin 1100 tunnin ajan.

4. TULOKSET

Valokuvat testinäytteistä ennen säärasitusta ja sen jälkeen ovat liitteessä 1. Testin jälkeen sekä höyläämättömissä, että höylätyissä hiiletyskäsittelemättömissä laudoissa oli havaittavissa halkeilua ja puu oli paikoin tummunut. Halkeilua oli enemmän höyläämättömässä puussa.

Hiillettyjen näytteiden pinta oli säärasituksen jälkeen paikoin vaalentunut hiilikerroksen irtoamisesta johtuen, mutta puu ei halkeillut testissä. Hiilikerroksen väri säilyy paremmin toisessa puolessa näytepappaleita, mikä ilmeisesti johtuu erosta hiiletyskäsitelyssä. Höyläämättömän ja höylätyn hiilletyn puun kunto oli melko samanlainen.



3 (7)

2013-32

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Käytetyn kiihdytetyn säätestin perusteella hiilletty puu kestää olosuhterastusta paremmin halkeilematta. Hiilletty pinta vaaleni paikoin hiilikerroksen irrottua, mutta puu säilyi hyvässä kunnossa. Ilmeisesti hiiletyskäsittelyerosta johtuen toinen puoli näytteistä säilyi tummempana kuin toinen.

Viitteet

1. ARV Laboratory LLC, Accelerated weathering of Timbersil Products, September 15, 2005., http://maderaproducts.com/index_files/weathering-astdmg151.pdf

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-8488418
040-7631323

s-posti ja www-osoite
kauko.jyrkas@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

LIITE 1. VALOKUVAT PUUNÄYTTEISTÄ ENNEN SÄÄRASITUSTA JA SÄÄRASITUKSEN JÄLKEEN

Höyläämätön puu:



ennen säärasitusta



säärasituksen jälkeen

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-6466416
040-7631323

s-posti ja www-osoite
kauko.jyrkas@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

Höylätty puu:



ennen säärasitusta



säärasituksen jälkeen

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-6466416
040-7631323

s-posti ja www-osoite
kauko.jyrkas@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

Höyläämätön hiilretty puu:



ennen säärasitusta



säärasituksen jälkeen

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-8468416
040-7831323

s-posti ja www-osoite
kauko.jyrkas@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

Höylätty hiilretty puu:



ennen säärasitusta



säärasituksen jälkeen

Osoite
Laajamäentie 1
13430 HÄMEENLINNA

Puh
03-8468416
040-7831323

s-posti ja www-osoite
kauko.jyrkas@hamk.fi
www.hamk.fi/ohutlevykeskus

Kuvat hiiltämättömistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen

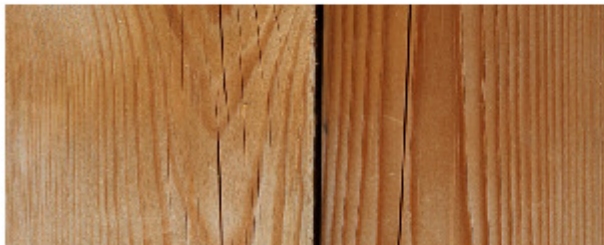
Kuvat hiiltämättömistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen

Höyläämätön

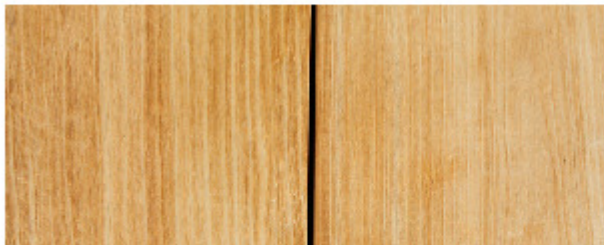
Höylätty



Kuusi



Mänty



Koivu



Haapa

Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höyläämättömistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin

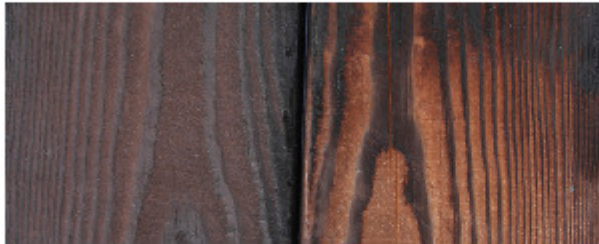
**Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höyläämättömistä testikappaleista
säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin**

Ei säärasitustestiä

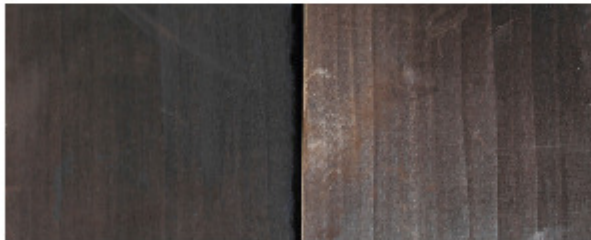
Säärasitustestin jälkeen



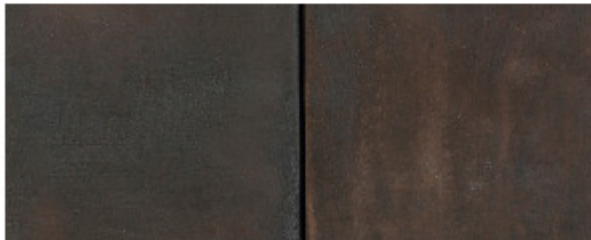
Kuusi



Mänty



Koivu



Haapa

Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höylätyistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin

Kuvat hiilleyistä ja harjatuista höylätyistä testikappaleista säärasitustestin jälkeen verrattuna ilman säärasitustestiä oleviin

Ei säärasitustestiä

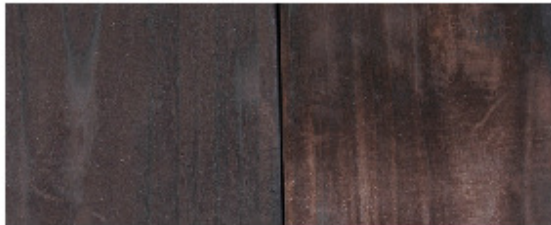
Säärasitustestin jälkeen



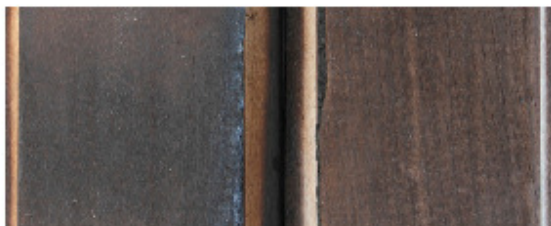
Kuusi



Mänty



Koivu



Haapa

Testikappaleiden vertailu

Testikappaleiden vertailu

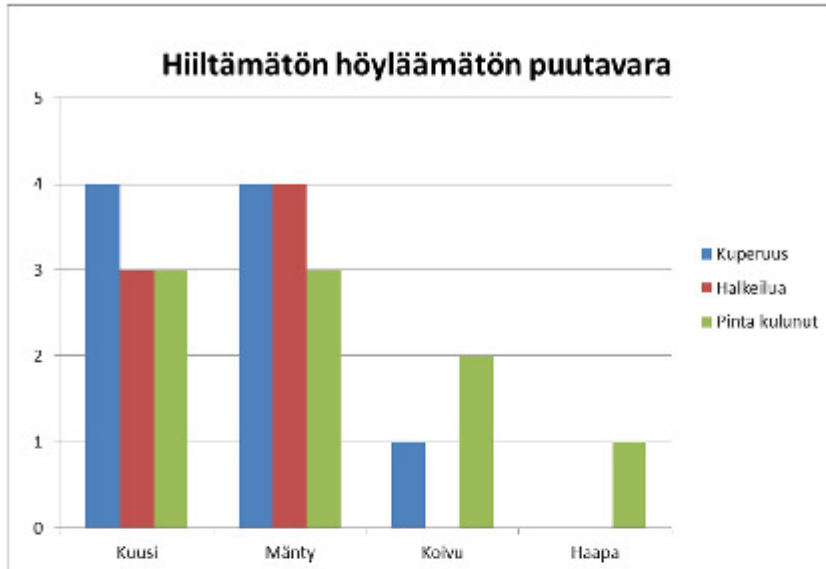
Taulukko 1 Arvostelu

Hiiltämätön höyläämätön puutavara	Kuperuus	Halkeilua	Pinta kulunut	YHT.
Kuusi	4	3	3	10
Mänty	4	4	3	11
Koivu	1	0	2	3
Haapa	0	0	1	1
				25
Hiiltämätön höylätty puutavara	Kuperuus	Halkeilua	Pinta kulunut	YHT.
Kuusi	4	4	2	10
Mänty	2	4	2	8
Koivu	0	0	1	1
Haapa	0	0	1	1
				20
Höyläämätön hiilletty ja harjattu puutavara	Kuperuus	Halkeilua	Pinta kulunut	YHT.
Kuusi	1	1	1	3
Mänty	2	2	2	6
Koivu	0	0	2	2
Haapa	0	0	2	2
				13
Höylätty hiilletty ja harjattu puutavara	Kuperuus	Halkeilua	Pinta kulunut	YHT.
Kuusi	1	1	1	3
Mänty	0	1	1	2
Koivu	0	0	2	2
Haapa	0	0	2	2
				9

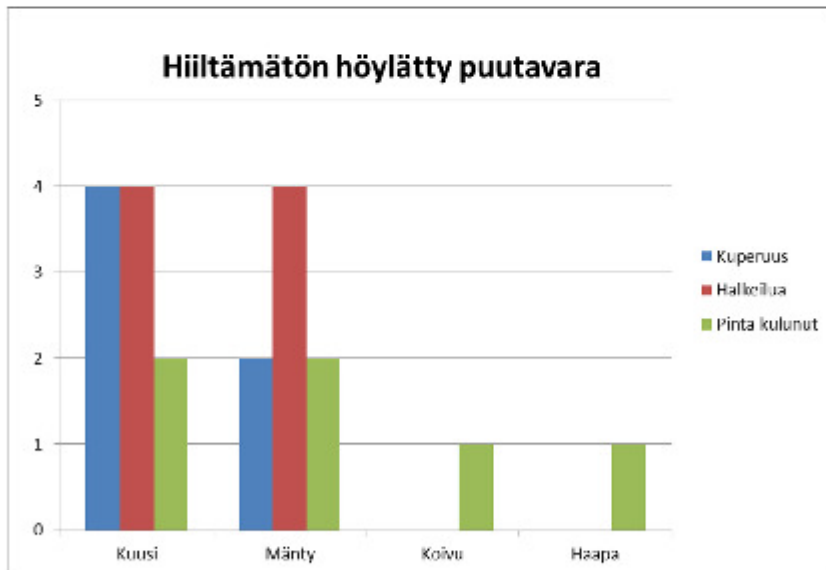
Taulukko 2 Arvostelu- asteikko

Muutos verrattuna vastaavaan ilman sääräsitusta olevaan	
4	hyvin suuri
3	suuri
2	vähäinen
1	hyvin vähäinen
0	ei ollenkaan

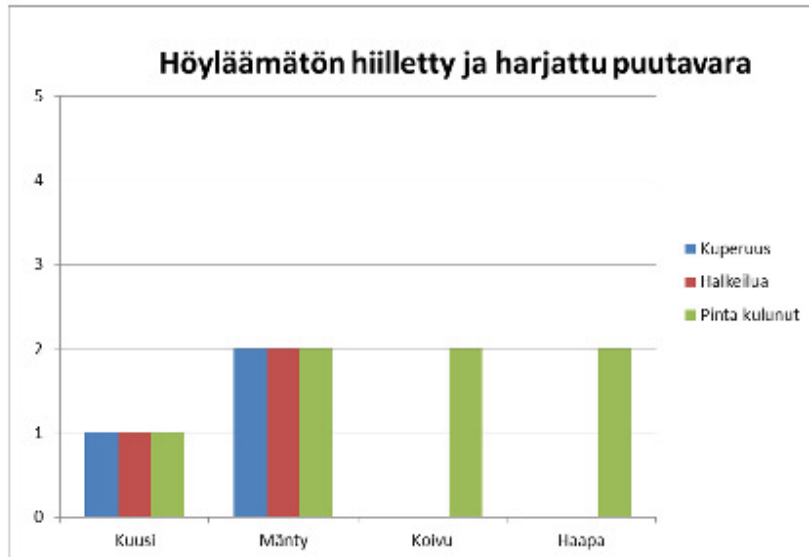
Vertailin sääräsitustestin käyneitä hiiltämättömiä ja hiillettyjä testikappaleita vastaaviin kappaleisiin ilman sääräsitustestiä. Omista havainnoista muodostin taulukot ryhmittäin, joista ilmenee minun näkökulmasta testikappaleiden muutokset vääristymien, halkeiluiden sekä muiden muutosten suhteen. Asteikolla 0 – 4 mitoitettuna arvon 0 sai testikappale, jossa ei ollut havaittavia muutoksia ollenkaan ja arvon 4 sai testikappale hyvin suurilla muutoksilla.



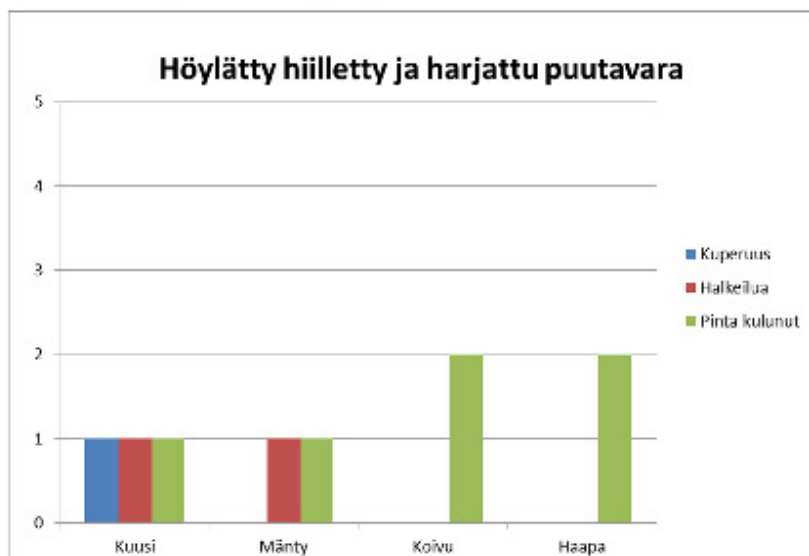
Kuvio 1 Hiiltämätön höyläämätön puutavara- vertailu



Kuvio 2 Hiiltämätön höylätty puutavara- vertailu



Kuvio 3 Höyläämätön hiilletty ja harjattu- arvostelu



Kuvio 4 Höylätty hiilletty ja harjattu puutavara- vertailu



Kuvio 5 Testikappaleiden muutokset säänrasitustestin jälkeen alkuperäisiin verrattuna

Kuviossa 5 näkyy vertailusteikon tuottama yhteenlaskettuna ryhmittäin. Hiiltämättömän puutavaran testikappaleet ovat selkeästi muuttuneet ja hiilletyn puutavaran testikappaleet ovat selvinneet vähäisemmin muutoksia.