



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# HIRREN SUOJAKÄSITTELY

Honkarakenne Oyj

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikanala  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
31.12.2014  
Vili Koskinen

## ESIPUHE

Opinnot päättyvät opinnäytetyöhön, jossa opiskelija osoittaa valmiutensa työelämään. Työssä mitataan opiskelijan valmiuksia tehdä tutkimuksia ja kirjallisuuden referointeja. Lisäksi on tärkeää osata tehdä omia johtopäätöksiä. Minulle tarjoutui loistava mahdollisuus näyttää osaamistani Honkarakenteelle. Aiheesta ei löytynyt kirjallista esitietoa ja sitä oli tutkittu melko vähän. Tämä teki aiheesta haastavan, mutta samalla mielenkiintoisen. Olen kiitollinen, että Lahden ammattikorkeakoulu valitsi minut tähän haasteeseen.

Kiitän opinnäytetyöni ohjaajaa Ikka Tarvaista hänen antamastaan kannustuksesta, tuesta ja neuvoista opintojeni aikana, sekä opinnäytetyöryhmääni Tero Nokelaista ja Antti Korpelaa neuvoista ja avusta opinnäytetyöni aikana. Kiitän myös Tikkurila Oy:n puupintojen tutkijaa Ville Talasniemeä avusta tutkimuksen etenemisessä. Kiitokset opiskelukavereilleni, asiakkailleni ja ennen kaikkea perheelleni avusta, kärsivällisyydestä ja kannustuksesta opinnäytetyöni aikana.

Lahdessa 26.2.2015

Vili Koskinen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikka

KOSKINEN, VILI:

Hirren suojakäsittely  
Honkarakenne Oyj

Puutekniikan suuntautumisvaihtoehdon opinnäytetyö, 92 sivua, 2 liitesivua

Syksy 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tämä insinöörityö toteutettiin Honkarakenteen toimeksiannosta. Tarkoituksena oli testata ratkaisua hirren suojauksessa, ennen lopullista suojaa. Varsinkin ulkoiset rasiitteet kuljetuksessa sekä rungon pystytyksessä ovat haitaksi hirrelle. Insinöörityössä tutkittiin positiivisia vaikutuksia aineen käytöstä. Lisäksi tavoitteena oli löytää mahdolliset negatiiviset ilmiöt, joita aineen käytöstä saattaisi aiheutua.

Aihetta oli pohjustettu VTT:n toteuttamalla tutkimuksella, jossa testattiin aineen toimivuutta yleisellä tasolla. Muuten aineen käytöstä ei ole kokemuksia hirren pinnalla ja hyvin vähän myös massiivipuun pinnalla. Teollisuudessa aine on tunnettu. Sitä käytetään esimerkiksi paperiteollisuudessa ja eräissä puusovelluksissa.

Tutkimuksissa käytettiin muutamaa jo aikaisemmin paremmaksi havaittua ainetta. Aineen tehtävänä puun pinnassa on hylkiä vettä. Se on kuitenkin täysin hydrofobinen, joten puu ei menetä sen omia hyviä ominaisuuksiaan. Puu vaurioituu saadessaan vettä, minkä takia veden pääsy puun pintaan on estettävä. Veden mukana puuhun kulkeutuu myös vierasaineita, kuten hiekkaa ja siitepölyä. Aineen käytöllä voidaan estää vierasaineiden tarttuvuus puun pintaan.

Tutkimukset alkoivat toimivan levitysmenetelmän etsimisellä. Tavoitteena oli löytää käytännöllisin levitysmenetelmä. Tehtaan vapaan pinta-alan rajallisuus oli haasteena sopivan levityslaitteiston suunnittelulle. Tuotantotiloissa selvitettiin miten käsittelylinja toteutettaisiin ja mihin se sijoitettaisiin.

Insinöörityön kokeellisessa osassa kappaleet käsiteltiin. Käsitellyille kappaleille tehtiin veden-, kuran- ja siitepölyn hylkimistestit laboratorio-olosuhteissa. Kappaleita rasiitettiin myös laboratoriossa ääriolosuhteissa. Ääriolosuhdetestauksella poissuljettiin mahdolliset negatiiviset ilmiöt ainetta käytettäessä.

Kappaleet testattiin niin ikään käytännön olosuhteissa. Testeistä on saatu hyviä tuloksia, mutta lopullisten tulosten saamiseksi menee aikaa. Kenttätestien tuloksista saatiin lopullinen varmistus siihen, ettei ongelmia aineiden yhteensopivuuksien kanssa ilmaannu.

Asiasanat: Hirren suojakäsittely, rakennusaikeinen suojaus, puun suojaus, Honkarakenne Oyj, puurakentaminen

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Wood Technology

KOSKINEN, VILI: Protective treatment for timber logs  
Honkarakenne Oyj

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 92 Pages, 2 pages of appendices

Autumn 2014

ABSTRACT

---

This thesis was a project initiated by Honkarakenne Oyj, a company manufacturing log buildings. The aim was to test how to protect logs, before the final protection. In particular, delivery and the building of the frame can harm logs. The aim was to explore what kind of positive effects the substance being studied would entail. The second objective was to identify possible negative effects.

The Technical Research Centre of Finland had conducted some general research of the substance. There was no experience of how this product might work with logs or with solid wood in general. The product itself was known and used in the paper industry and in some wood applications.

In this study, a couple of liquids which had the best properties for protecting were tested. Protective treatment needed to be hydrophobic and wood needed to keep its good performance. Water is harmful for wood and that is why protection of the surface is needed. Water can also help other harmful materials, such as sand and pollen, penetrate the wood. By treating the wood with liquids it is possible to prevent contaminants from adhering to the wood surface.

Research began by trying to find an effective method of application. Limited space in the factory created a challenge for the designing of the application device. The next step was to determine how and where in the production facility the possible processing line could be placed.

The experimental part of the thesis dealt with treating wood pieces with the different kind of treatments. Treated pieces were repellence tested for water, mud and pollen in laboratory conditions. Test pieces were also stressed in the laboratory under extreme conditions. The extreme condition testing excluded the possible negative effects while using the treatment.

Pieces were also tested in authentic situations. Tests have given good results, but the final results will take time. Outdoor test results will be the final confirmation for making sure that there are no problems with the combination of materials.

Key words: timber protective treatment, protection during building, timber protection, Honkarakenne Oyj, wood construction

---

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Honkarakenne Oy	1
1.2	Taustat ja tavoitteet	2
2	HIRSI	6
2.1	Hirsityypit	6
2.1.1	Pyöröhirsi	6
2.1.2	Pelkkahirsi	7
2.1.3	Kelohirsi	10
2.1.4	Lamellihirsi	12
2.1.5	Painumaton hirsi	15
2.2	Hirret Honkarakenteella ja niiden valmistus	17
3	HIRREN SUOJAUSTAVAT JA HARTSILIIMA	20
3.1	Rakennusaikainen suojaus	20
3.1.1	Suojamuovitus	20
3.1.2	Suojahuputus	21
3.2	Pinnan pysyvä suojakäsittely	21
3.2.1	Boorihappo	22
3.2.2	Rautasulfaatti	22
3.2.3	Terva, vernissa ja puubalsami	23
3.2.4	Punamulta	24
3.2.5	Maito- ja piimämaalit	26
3.2.6	Öljymaalit	26
3.2.7	Latex-, akryyli- ja alkyylimaalit	27
3.2.8	Hengittävät puunsuoja-aineet	27
3.3	TÄMÄ OSIO ON SALATTU	28
4	KOKEELLINEN TUTKIMUS	29
4.1	Kokeessa käytetty aineet, välineet ja puunäytteet	29
4.2	Mittaustavat ja tulokset	31
4.2.1	Konsentraatio	32
4.2.2	Veden imeytyminen	34
4.2.3	Levitystapa ja levitysmäärä	38
4.2.4	Maalattavuus	45
4.2.5	Puhdistettavuus	52

4.2.6	Kenttätetit	64
4.2.7	Negatiivinen testaus	77
5	LAITTEISTON SIJAINTI TEHTAASSA JA SEN TOTEUTUS	80
5.1	Runkohalli	80
5.2	Jättilinja	81
6	KEHITYSEHDOTUKSET JA AVOIMET ASIAT	84
7	YHTEENVETO	86
	LÄHTEET	87
	LIITE 1. RUNKOHALLIN POHJAKUVA SALATTU	91
	LIITE 2. JÄTTILINJAN POHJAKUVA SALATTU	92

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Honkarakenne Oy

Honkarakenteella on jo 56 vuoden historia takanaan. Se on vakiinnuttanut asemansa niin Suomessa kuin ulkomaillakin hirsitalovalmistajana. Sotien jälkeen monen suomalaisen haaveena oli saada oma mökki. Myynti kehittyi hyvin, mutta Honka on panostanut myös alusta asti teollistumiseen ja alan kehitykseen. Saarelaisen veljekset aloittivat kehittämään hirrentyöstölaitteita ja heidän jälkeensä Hongan henkilökunta on jatkanut kehitystyötä, jonka seurauksena on saavutettu tietokoneohjattu tuotanto. (Jäntti 2002)

Honkarakenne Oyj on hirsitalovalmistaja, jonka tuotanto on kokonaan Suomessa. Tuotanto on keskitetty Karstulaan (Kuvio 1.), joissa sijaitsevat kaikki Hongan tuotantolaitokset sekä logistiikkakeskus. Alajärveltä lakkautettiin tehdas vuonna 2013 ja sieltä siirrettiin toiminta Karstulaan. Yhtiöllä on rekisteröity tavaramerkki, joka on Honka (Kuvio 2.). (Vastavalo 2014)



Kuvio 1. Karstulan tehdas ja logistiikka -alue. (Vastavalo 2014)

Yrityksen liikevaihdosta noin 60 % tuli viennistä 2013. Tämä on kohtuullisen paljon hirsitalovalmistajalta. Hongalla onkin myyntikonttoreita tai edustajia lähes jokaisessa Euroopan maassa, mikä takaa hyvän myynnin ulkomaille. Yhtiön suurimmat markkina-alueet ovat Suomen lisäksi, Saksa, Ranska, Venäjä ja Japani. Myynti on vaikeutunut ulkomailla kilpailun kasvaessa, Saksassa on esimerkiksi paljon kilpailevia yrityksiä, joten siellä on tiukka kilpailutilanne.



Kuvio 2. Honkarakenteen logo. (Honka 2014)

## 1.2 Taustat ja tavoitteet

Vuonna 2008 Honkarakenne julkisti uuden tuotteen markkinoille. Painumaton hirsi on yhtiön tuotekehityksen kärkituote (Kuvio 3.). Tuote on normaalin lamellihirren näköinen, mutta keskimmäinen lamelli on liimattu pystyyn. Tämän ansiosta hirsi ei painu juuri lainkaan. Tuote on mahdollistanut hirren monipuolisen yhdistelyn muihin rakennusmateriaaleihin sekä tiiviin rakentamisen. Tämän ansiosta taloista on saatu energiatehokkaampia, mitä arvostetaan paljon nykyään. (Nokelainen 2014.)

Tekniikka mahdollistaa modernin arkkitehtuurin. Hirret eivät painu, joten painumavaroja ei tarvita, mikä mahdollistaa kapeat peitelistat. Eri materiaalien yhdisteleminen on myös mahdollista, koska painumat eivät vaurioita liitoskohtia. Hirsitalon rakentamisen kivitaloalueelle on mahdollista, koska rappaus on



mahdollista toteuttaa. Osittainen pilari-palkki runko on mahdollinen painumatonta hirttä käyttäessä, mikä tuo lisää vapauksia suunnittelijoille, lisäksi eri osien seinät voivat lähteä samasta tasosta. Rakenteellisesti myös katon valmistus on helpompaa, koska päätykolmio ei painu. Tällöin voidaan tehdä yksinkertainen katto. (Nokelainen 2014.)



Kuvio 3. Painumattomassa hirressä on keskimäinen lamelli pystyssä.

Tässä työssä on tarkoitus tutkia käsittelyä, jolla saataisiin vähennettyä ongelmia, joita on hirsitalon pystytyksessä, varastoinnissa ja kuljetuksessa. Hirsitalojen pystytysvaiheessa hirret ovat ilman mitään suojausta. Tällöin hirret joutuvat sään armoille, jolloin hirsi voi kastua ja imeä sadeveden sisäänsä. Tällöin puu alkaa muuttaa muotoaan. Lisäksi märkä puu on altis mikrobikasvulle. Haitallisia muodon muutoksia voi tulla nopeastikin ja vesi aiheuttaa visuaalisia pintavaurioita, joita on lähes mahdotonta häivyttää. Varsinkin painumaton hirsi on erityisen herkkä kuurosateiden aiheuttamille vaurioille, sillä siinä on päätypuu ylöspäin, mitä kautta hirsi ottaa hyvinkin nopeasti veden sisäänsä.

Käsittelyllä pyritään pääsemään sellaisiin tuloksiin, että rakenteet eivät vaurioituisi. Toimenpiteellä pyritään estämään turpoaminen, vääntyily ja mahdollinen halkeilu. Pinnasta pyritään saaman käsittelyllä hydrofobinen, jolloin vesipisarat eivät imeydy puuhun. Tämän ansiosta hirttä ei myöskään tarvitse kuivata, koska siihen tullut vesi haihtuu pois. Positiivinen asia, joka on otettava huomioon on, ettei vesi pääse puun pintaan, jolloin mikrobikasvusta ei tule ongelmia. Suojaamattomat hirret ovat myös herkkiä erilaiselle lialle rakennusaikana. Näistä aiheutuu korjattavaa ja ylimääräistä vaivaa työmaalla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää mahdolliset negatiiviset ilmiöt aineen käytölle ja myös positiiviset markkinoinnissa mahdollisesti käytettävät puolet. Projektissa tutkitaan Honkarakenne Oyj:n toimeksiannosta edellä mainittujen ongelmien ratkaisuja, aineen toimivuutta käytännössä sekä käytöstä aiheutuvia haittavaikutuksia. Tätä kautta minimoidaan riskit ja tuodaan uutta tietoa markkinoinnille. Lisäksi on tarkoitus kartoittaa, miten hirsiiä kannattaa pinnoittaa, millä konsentraatiolla ja minkälaisella laitteistolla.

Kirjallisessa osuudessa käsittelen eri hirsityyppejä, niiden historiaa sekä käyttökohteita. Kerron hirsien rakenteista ja valmistusperiaatteista eri aikoina. Käyn läpi väliaikaisia hirren suojaustapoja, sekä lopullisia suojauksia niin ennen kuin nykypäivänä sekä otan kantaa erilaisten suojausten hyviin ja huonoihin puoliin.

Insinööriyön kokeellisessa osassa tutkin aineen toimivuutta. Tarkoituksena oli selvittää onko aineen käytöllä mahdollisia sivuvaikutuksia ja sitä, mitkä olisivat

parhaat työmenetelmät aineen levityksessä, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä lopputulos.

## 2 HIRSI

### 2.1 Hirsityypit

Hirsi on ollut rakennusmateriaalina tuhansia vuosia. Siitä on tehty niin asuinrakennuksia, kuin työ- ja varastotilojakin. Ennen hirrellä ei ollut kilpailijoita rakentamisessa, ja se oli ainut ja näin ollen paras vaihtoehto, mutta hirrelle on tullut monia kilpailijoita. Jotta pysyttäisiin kehittyvillä markkinoilla, on hirsityyppejä pitänyt kehittää vaatimusten ja markkinoiden toiveiden mukaisiksi. Teollisenhirren määritelmä on, että sen on oltava vähintään 70 mm paksu ja se on valmistettu teollisesti höylämällä tai sorvaamalla. Käyttötarkoitus on lähinnä seinämateriaali. (Lauharo 2002; Hirsitalon laatuvaatimukset RT 14-10436)

#### 2.1.1 Pyöröhirsi

Pyöröhirsi on perinteisin hirsityyppi (Kuvio 4.). Se voidaan jättää omaan tukin paksuuteen tai höylätä samankokoiseksi koko rakennuksessa. Yleisempää nykypäivänä on höylätä hirsi samaan dimensioon. Tämä tekee tehokkaasta tuotannosta toimivampaa, koska samankokoista hirttä on helpompi käsitellä, ja nykytekniikalla on nopeaa ja helppoa työstää samankokoiset hirret. Ennen se olisi ollut mahdotonta. Sorvaaminen mahdollistaa myös teollisen esivalmistuksen, esimerkiksi lukkojen paikat voidaan työstää tehtaalla, linjalla. (Nokelainen 2014)

Pyöröhirsiiä käytetään nykypäivänä, jonkin verran mökkirakentamisessa, mutta sielläkin se on menettänyt markkinoita, ja muut hirsityypit ovat tulleet tilalle parempine ominaisuuksineen. Kuitenkin ulkonäön puolesta pyöröhirsi on pysynyt markkinoilla. Lisäksi pyöröhirsi on edullisin hirsimalli, koska siinä on vähiten työstöjä. Hinta ero esimerkiksi lamellihirteen on 40 – 60 % alempi. (Kultahirsitalot 2014)

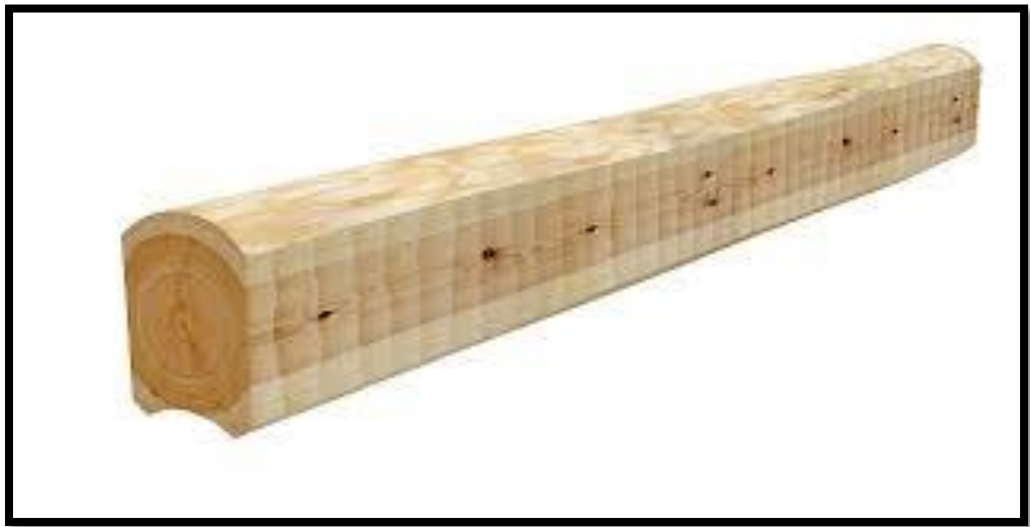


Kuvio 4. Pyöröhirsi ja sen nurkkaliitos. (Hongos 2014)

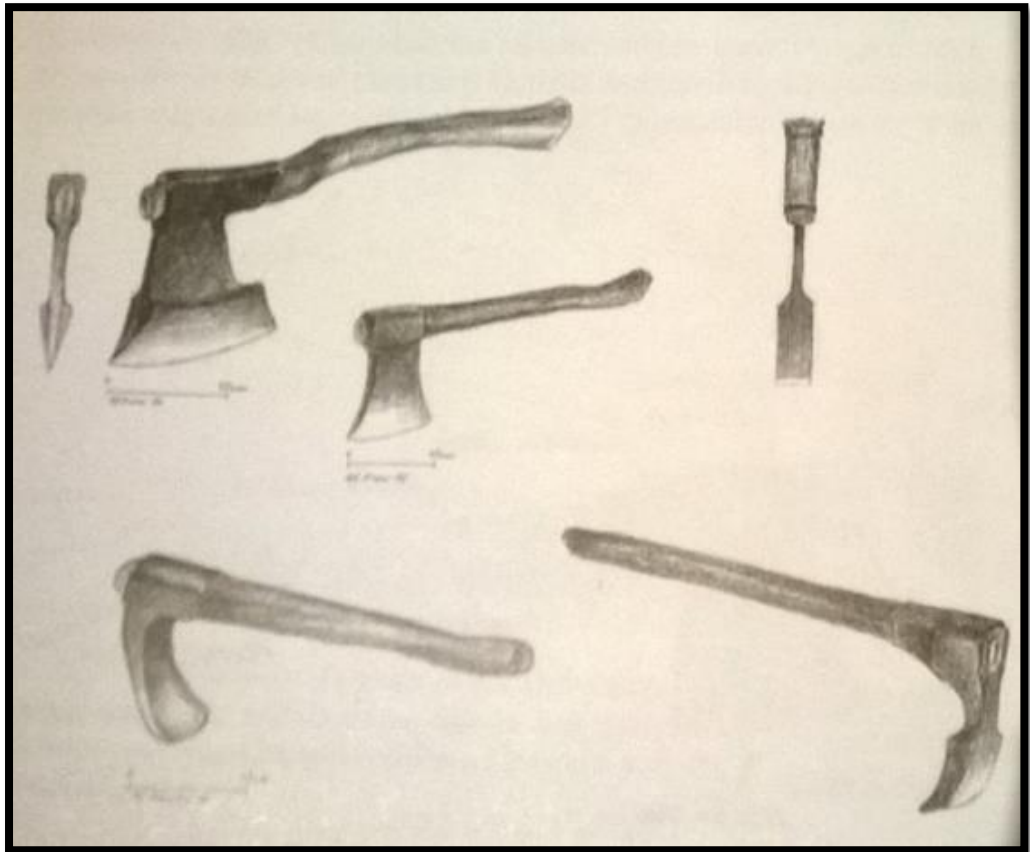
### 2.1.2 Pelkkahirsi

Alunperin pelkkahirret on veistetty kirveellä (Kuvio 5.). Suomen vanhimmat hirsirakennukset ovatkin veistettyä eli palhottua hirttä. Kirveitä oli useita erilaisia, jotta saatiin tehtyä muodot ja lovet. Piilukirves, Veistokirves ja T-kirves ovat tunnetuimpia hirren veistäjän työkaluja (Kuvio 6.). Veistetty hirsi on pyöröhirttä kestävämpää sää rasituksille, koska pintapuu on veistetty pois ja näin saatu esille

kestävämpi sydänpuu (PuuProffa 2012). Yksi syy kestävyydelle voi olla myös se, että kun hirsi on veistetty kirveellä, ovat solukot painuneet kiinni ja näin pinnasta tullut vielä tiiviimpi (Nokelainen 2014). Myöhemmin sahojen kehittyttyä hirsiiä alettiin sahata valmiiksi pelkoiksi, ja näin vähennettiin huomattavasti veistotyötä ja sillä saatiin tuotannosta tehokkaampaa (PuuProffa 2012). (Kolehmainen, 1994)



Kuvio 5. Perinteinen veistetty pelkkahirsi. (PuuProffa 2012)



Kuvio 6. Kuvassa suomalaisen kirvesmiehen tarvitsemia työkaluja hirsimökin valmistukseen (Kolehmainen, 1994)

Hirsityyppiä käytetään yleensä tiiviiksi tarkoitettuihin rakennuksiin. Siitä voi rakentaa asuin- tai lomarakennuksen. Paljon pelkkahirttä on käytetty myös aittoihin sekä saunojen rakentamiseen. Pelkkahirsinen rakennus on seiniltään tasaisempi kuin pyöröhirsinen, joten esimerkiksi kaappien kiinnittäminen seinään on vaivattomampaa. Lisäksi pelkkahirrestä tehdyn rakennuksen kulmat ovat usein salvettu, eli kulmasta on tehty lyhyt nurkkainen (Kuvio 8.). Tällä menetelmällä on saatu kallista puuainesta säästettyä huomattavasti, kun verrataan esimerkiksi pyöröhirren nurkkaliitokseen, jossa hirrenpäät tulee aina nurkasta yli (Kuvio 4.). (PuuProffa 2012)



Kuvio 7. Pelkkahirren salvettu liitos. (Hongos 2014)

### 2.1.3 Kelohirsi

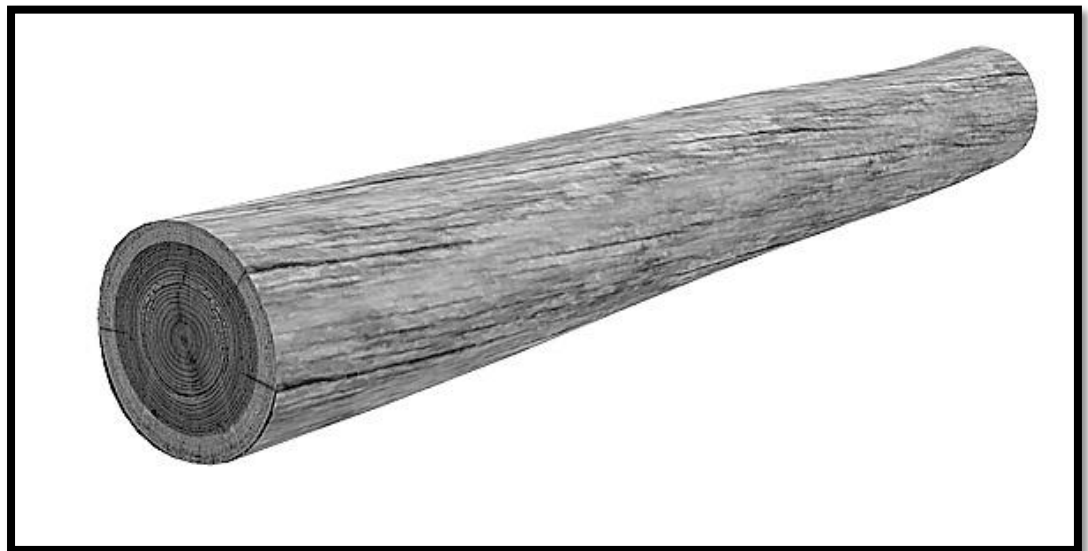
Viime vuosikymmenten aikana kelorakentaminen on yleistynyt. Ennen kelot olivat varsinkin Lapissa pelkkää polttopuuta, mutta nyt niistä on pulaa rakennusmateriaalina ja laadukkaan kelon saanti on erittäin vaikeaa. Kelon oikeastaan ainut heikkous verrattuna pyöröhirteen on se, ettei sitä kasva kaadettujen tilalle, eli se on niukkeneva luonnonvara. Tämän takia kelorakentaminen tulee vähenemään ja lopulta loppumaan. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää kelon vanhuudesta Saarijärvellä Pyhähäkin kansallispuistossa vuonna 2004 kaatunut "Iso Puu". Se oli aloittanut kasvunsa jo vuonna 1518. Kelo voi siis olla satoja vuosia vanha, ja vanhan kelon tilavuus voi olla  $8 \text{ m}^3$ . (Vuolle-Apiala 1996; Huliswood 2014)

Perinteinen kelo on pystyyn kuollut mänty, josta on kuoret irronnut ajan kuluessa. Kelon syntyminen vie monia vuosia yleensä se saa alkunsa jostakin puuta vioittavasta tekijästä, kuten salama, metsäpalo tai vaikka kirveenjälki. Puu voi



kyllä kelottua myös normaalisti. Kelot ovat kiertyneet moneen kertaan itsensä ympäri auringon kiertosuunnan vaikutuksesta (Kuvio 8.). Yleensä kierto suunta on vastapäivään eli puun juurelta katsottuna vasemmalta oikealle. Kierteisyys voi joskus hankaloittaa puun käsittelyä ja salvosten tekoa. (Huliswood 2014)

Kun puu kaadetaan, se on kelohirsi (Kuvio 8.), jolla on monia hyviä ominaisuuksia. Yksi selkeistä vahvuuksista verrattuna muihin hirsiiin on, että kelohirsi ei laskeudu niin paljon kuin esimerkiksi tuore pyöröhirsi. Tämä johtuu siitä, että kelo on kuivunut vuosikymmenten aikana. Oikean kelon valmistumista ei voi nopeuttaa. Keloja pystytään ja tehdäänkin keinotekoisesti, tällöin kemiallisena vanhentajana käytetään rautanitriittiä. Keinotekoisesti valmistetulta kelolta puuttuu sen parhaat kestävyysominaisuudet, mutta tarkoituksena onkin saada vain ulkoasua näyttämään paremmalta. Venäjältä tuodaan paljon keloja, mutta suurin osa venäläisestä kelosta on keinotekoisesti valmistettua. (Hakalinen 1999)



Kuvio 8. Kelohirsi on yleensä hyvin kiertynyt. (PuuProffa 2012)

Puun kelottumisprosessi on pitkä, ja sitä tapahtuu pohjoisella kasvuvyöhykkeellä. Puu kyllästyy prosessissa puun omilla hartseilla. Se on siis muodostanut suojan, joka tekee puusta kestävästi eri sääolosuhteissa. Keloissa on iso lahonkestävä ydinpuuosuus, joka tekee siitä erityisen kestävästi. Kelon heikkous on, ettei se sovi esimerkiksi rannikolle, koska se ei toimi kosteassa ilmastossa. Kelorakennukset käyvät siis vain kuivaan ilmastoon, joten markkina-alue on suppea. (Nokelainen 2014; Hakalinen 1996)

#### 2.1.4 Lamellihirsi

Hirsilamelleista liimattu hirsi on kehitetty 80-luvulla, jolloin Finnlamelli Oy kehitti sen parantaakseen hirren ominaisuuksia. Finnlamelli on maan kolmanneksi suurin hirsitalorakentaja. Lamellihirsi on muodoltaan ja ulkonäöltään pelkkahirren näköinen. Se on sahattu halki ja liimattu takaisin yhteen pintapuut vastakkain (Kuvio 9.). Liimana käytetään diffuusiovastuksetonta liimaa, jottei hirsi menetä hydrofobisuuttaan. Liimaaminen rajoittaa puun elämistä, ja se pysyy paremmin muodossaan, eikä tapahdu halkeilua niin kuin esimerkiksi pyöröhirressä, joka on todella herkkä halkeamille. Halkeilu johtuu siitä, että puu halkeaa aina ulkopinnalta. Ja koska lamelli hirressä ulkopinnat on käännetty sisäänpäin, ei halkeilua pääse tapahtumaan. (Hirsilinna 2014)



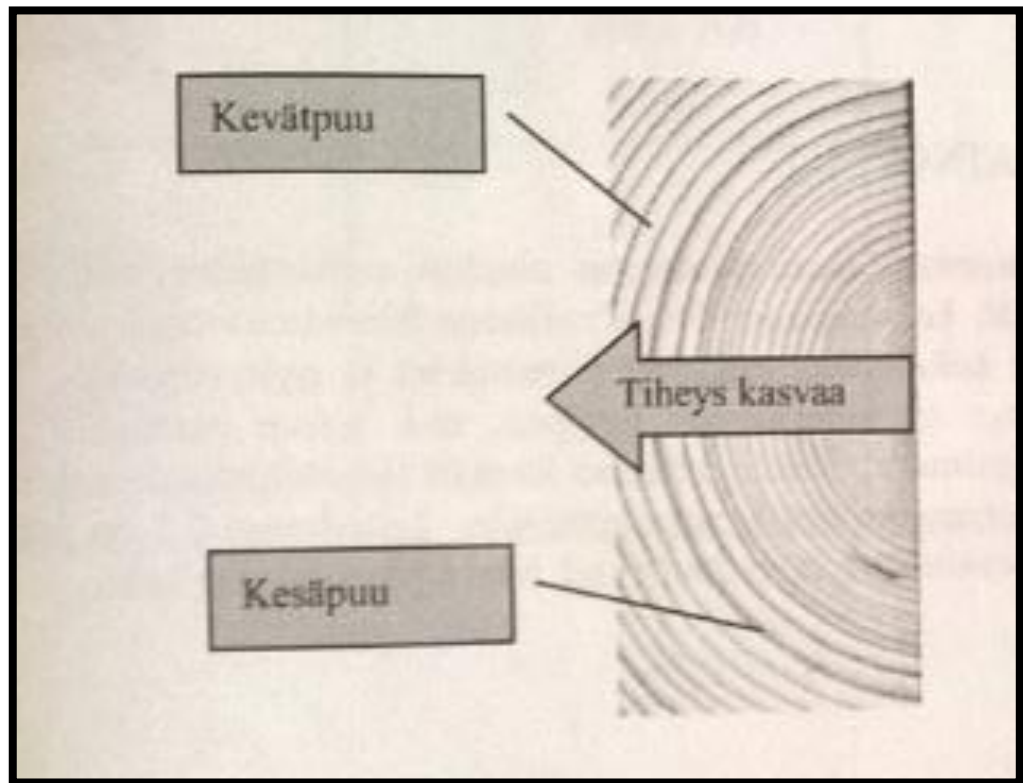
Kuvio 9. Kaksisauvainen lamellihirsi. (Artichousen 2014)

Lamelleja voi olla myös useampia rinnakkain tai päällekkäin. Tällöin saadaan suurempia ja näyttävämpiä hirsiiä. Poikkileikkausmuodot vaihtelevat valmistuskohtaisesti, vahvuudet vaihtelevat yleensä 88 - 205 mm:n välillä.

Lamellit voivat olla pysty tai vaakasuunnalla toisiinsa liimattuna. Yleisempää on

liimata hirret pysty suunnassa toisiinsa (Lauharo 2002). Tekniikalla saadaan parempi lämpöarvo rakennukselle. Perusidea pysyy suuremmissakin hirsissä samana ja tärkein asia ominaisuuksien kannalta on, että sydänpuu on aina hirren ulkopinnalla.

Lamellihirsi on kestävämpi sääolosuhteissa kuin muut hirret. Tämä johtuu siitä, että ydinpuu on käännettynä ulospäin. Jos puu halkeaa, tapahtuu se aina puun ulkosäteellä. Halkeamasta puun säärasitukset pääsevät sisään. Lamellihirressä tätä ongelmaa ei ole, koska halkeamista ei tapahdu ulkopinnalla, lisäksi pinnat ovat aina siistit. Yleisesti katsottuna tiheys kasvaa puussa, kun mennään puun ytimestä pois päin (Kuvio 10.). Tämä johtuu siitä, että puu kasvattaa aina kasvukauden alussa uutta johtoverkoston, josta se saa nopeasti ravinteita vilkkaaseen elintoimintaan. Myöhemmin kasvu hidastuu ja syntyy rungon lujuutta lisäävää kesäpuuta. Joskus puunydin voi olla myös tiheämpää kuin pintapuuta. Ero tiheydessä johtuu siitä, että ydinpuuhun on pakkautunut uute- ja pihka-aineita enemmän. (Nokelainen 2014; Lauharo 2002)



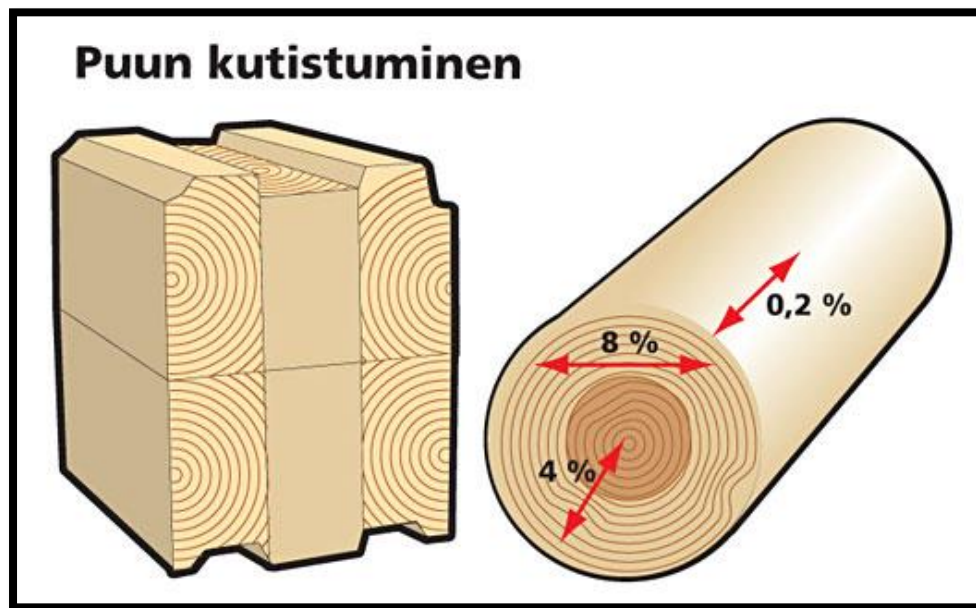
Kuvio 10. Sahatavaran poikkileikkaus, kesäpuu on tiheämpää kuin kevätpuu. (Lauharo 2002)

Lamellihirren tuotannosta on saatu nykyteknologialla äärimmäisen tehokasta, joten sen hinta ei ole kovin paljon enempää kuin teollisesti valmistetun hirren. Se onkin tällä hetkellä eniten markkinoilla käytetty hirsityyppi, koska sillä on niin paljon paremmat ominaisuudet kuin aikaisemmin markkinoilla olleilla hirsityypeillä. (Hirsilinna 2014)

#### 2.1.5 Painumaton hirsi

Painumaton hirsi on Honkarakenteen kehittämä tuote. Hirressä on kolme lamellia, joista keskimäinen on pystyssä. Pystylamellin ansiosta hirsi ei kutistu (Kuvio 11.). Tämän ansiosta hirsitalon ongelma on saatu hallintaan eli hirsitalo ei laskeudu. Painumattomalla hirrellä on monia muitakin etuja markkinoilla. Puun eläminen on saatu hallintaan tällä tekniikalla, joten materiaaleja pystytään yhdistelemään paremmin. Se antaa suunnittelijoille vapauksia, jolloin saadaan

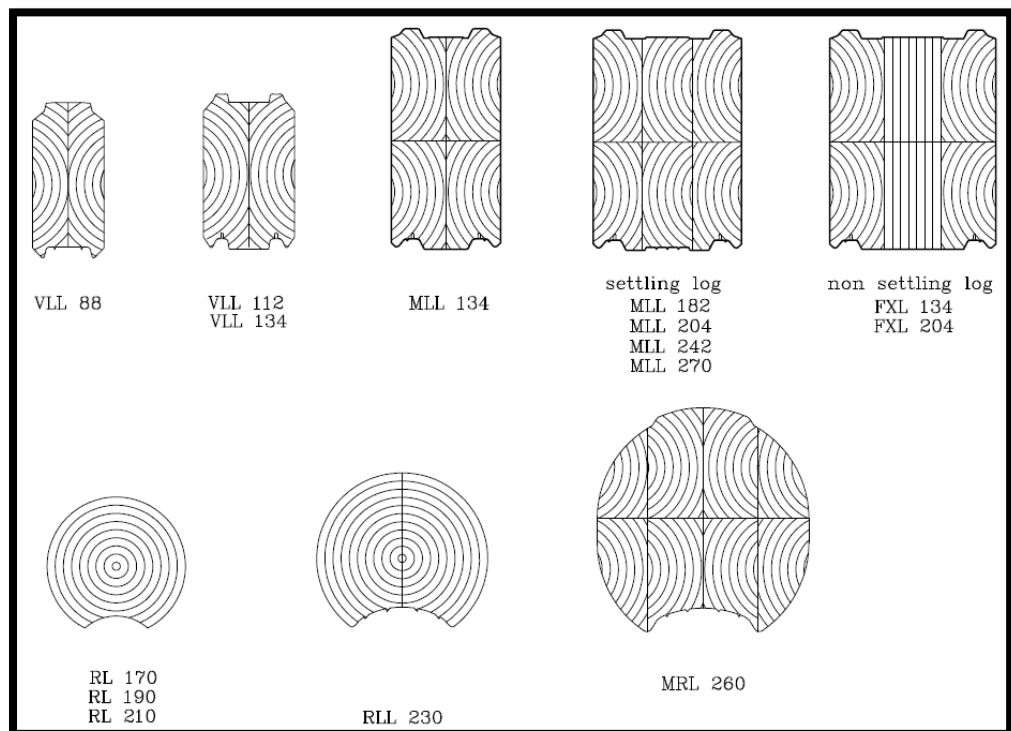
luotua nykyaikaista, modernia tyyliä. Painumaton hirsi onkin suunniteltu kilpailemaan kaupunkiasumisessa, jossa on tärkeää, että taloja voidaan pinnoittaa vapaasti. Painumaton hirsi on myös helpottanut rakentamista. Ei tarvitse enää välittää painumisvaroista, jotka ovat aina aiheuttaneet ongelmia hirsirakentamisessa (Honka 2014). Puu ei ole täysin painumaton, koska puu painuu ja kutistuu joka suuntaan jonkin verran aina. Painuminen on hyvin pientä. Se on vain osa hirren pituussuunnan kutistumasta, joka on pahimmillaankin ainoastaan 0,3 prosenttia (Kuvio 11.). Kutistuma on samaa luokkaa kuin kevytputuelementtitaloissa. Kevytelelementtitaloissa kutistuma on yleensä 0,1 prosenttia, joka tarkoittaa kolmen metrin kerroskorkeudella kolmea millimetriä. (Tekniikka ja talous 2014)



Kuvio 11. Painumaton hirsi ja puun kutistuma prosenteissa. (Tekniikka ja talous 2014)

## 2.2 Hirret Honkarakenteella ja niiden valmistus

Honkarakenne valmistaa kahdeksaa erilaista hirsirakennetta. Sillä on valikoimassa perinteisiä pyöröhirsii ja erilaisia lamellihirsiprofiileita (Kuvio 12). Vanhin tuotteista on perinteinen pyöröhirsi. Vaikka tuote on ollut Hongan valikoimassa alusta asti, eivät sitä ole vielä täysin korvanneet uudet kehittyneemmät hirsiprofiilit. Uusin tuotteista on FXL 134 JA FXL 204 eli painumaton hirsirakenne. Rakenne ei ole vielä saanut sen vaatimaa nostetta markkinoilla, mutta se tulee varmasti, sillä hirren rakenne on poistanut monia negatiivisia puolia hirsirakentamisessa. (Nokelainen 2014; Hanhikoski 2014)



Kuvio 12. Hongan hirsiprofiilit. (Nokelainen 2014)

Honkarakenteelle puutavara saapuu kuivattuna ja lajiteltuna. Sahatavara menee sormijatkoslinjalle (Kuvio 13.). Kun hirret on sormijetkettu lamellit liimataan,

joko kahdessa osassa tai puolisko kaksi neljäs osasta. Tämän jälkeen puoliskot liimataan keskenään yhteen, minkä jälkeen hirret lähtevät höyläkseen. Höyläyksessä hirsi mitallistetaan oikeaan dimensioon. (Nokelainen 2014; Hanhikoski 2014)



Kuvio 13. Honkarakenteen uusi sormijatkoslinja.

Kun hirret ovat saaneet oikean muodon ja koon menevät ne työstökoneille, jossa tehdään lukkojen ja muiden varausten työstöt. Hirsien valmistus on hyvin automaatioitua muutenkin, mutta tässä viimeisessä vaiheessa näkee pitkälle jalostetun tuotannon hienouden. Ihmiset valvovat prosessia ja antavat käskyjä tietokoneen kautta mitä hirsille tehdään. Koko prosessin aikana ei tarvitse koskea juurikaan hirsiiin muuta kuin ongelmatilanteissa. Koneet lajittelevat, sahaavat höyläävät ja tekevät tarvittavat työstöt hirsiiin. Tästä syystä laatu on tasaista ja tuotanto tehokasta Koneet eivät väsy, uutta työvoimaa tarvitsee kouluttaa harvoin, koska työ ei ole fyysistä. Tämän ansiosta työurat ovat pitkiä (Nokelainen 2014; Hanhikoski 2014)

Honkarakenne käyttää CAD-kuvia seinien mallintamiseen. Jokaisesta seinästä on tarkka kuva, jossa on nimetyt hirret, ja lisäksi kaikista hirsistä on työstökuvat, joista tehdään koodi, jonka mukaan työstökone osaa työstää hirren samanlaiseksi



kuin kuvissa. Työstöjen jälkeen hirret menevät pakattavaksi. Pakkauksesta talopaketti lähtee parhaassa tapauksessa suoraan asiakkaalle, jos näin ei ole ne menevät kentälle odottamaan toimitusta. (Hanhikoski ;Nokelainen 2014)

### 3 HIRREN SUOJAUSTAVAT

Hirren suojaus on suhteellisen nuori asia. Maalit ja suoja aineet olivat ennen niin kalliita, ettei ihmisillä ollut varaa käsitellä talojaan. Talojen annettiin harmaantua vuosien saatossa. Harmaantuminen vie aikaa 10 - 20 vuotta ja se antaa puulle kohtuullisen suojan. Harmaantunutta suojakerrosta pidetään tutkimusten mukaan erittäin hyvänä suojakerroksena puulle ja se sopii myös suomalaiseen maisemaan. Ongelmaa ei tulekaan parhaassa tapauksessa vuosisatoihin, jos talossa on tarpeeksi korkeat perustukset ja räystäät ovat vähintään 90 senttimetriä. (Risto Vuolle-Apila 2008; Vuolle-Apila 2012; Hakulinen 1999)

#### 3.1 Rakennusaikainen suojaus

Hirsiä pyritään suojaamaan mahdollisimman hyvin kuljetuksessa ja rakennusaikana, jotta välttyttäisiin ongelmilta, mitä suojauksen puutteista voi tulla. Joskus suojaaminen voi olla mahdotonta tai todella kallista ja haastavaa. Tämän insinööriyön tarkoituksena on pohtia uuden aineen mahdollisuuksia markkinoilla, jolla saataisiin täydellinen rakennusaikainen suoja.

##### 3.1.1 Suojamuovitus

Hirsien päällä käytetään suojamuoveja kuljetuksen aikana sekä säilytyksessä (Kuvio 14.). Ne suojaavat hirsipintoja parhaiten kosteudelta sekä erilaisilta lioilta. Pakkaukset muovitetaan päältä sekä sivuilta. Alapuoli jätetään auki, jotta ilma saadaan kiertämään. Tämä ei kuitenkaan aina auta vaan puuhun voi silti tulla homevaurioita. (Hanhikoski 2014)

Suojamuovitus ei auta itse pystytys vaiheessa. Yleensä paketit revitään heti auki, kun ne saapuvat työmaalle. Työmaalla hirret saattavat olla alttiina ulkopuolisille rasitteille useita päiviä. Lisäksi kuljetuksessa voi tulla suoja muovitukseen reikiä mistä pääsee kostettu tai vieras aineita sisään kuljetuksessa tai työmaalla säilytyksen aikana (Nokelainen 2014)



Kuvio 14. Karstulan tehdas alueella olevia valmiita hirsitalopaketteja. (Yle 2014)

### 3.1.2 Suojahuputus

Hirsirakennus voidaan huputtaa rakennusajaksi. Huputus suojaa rakenteita rakennusaikaiselta säärasitukselta. Huputtaminen on kuitenkin harvinaista, sillä se on kallista ja aikaa vievää. Lisäksi hirret levitetään usein rakennustyömaalle hyvin laajalle alueelle, joten teltan olisi oltava todella massiivinen pystytyksen onnistumiseksi. Myös ympäristö rajoittaa huputusta. Mökit rakennetaan yleensä hankaliin maastoihin, ja sinne telineiden pystytys voi olla haastavaa. Jos talon ympärille asennetaan teltoa joka ei ole tarpeeksi suuri, on tarvittavien nostojen tekeminen lähes mahdotonta. (Nokelainen 2014)

### 3.2 Pinnan pysyvä suojäkäsittely

Hirren suojäkäsittelyyn on monia vaihtoehtoja. Ihanteellista olisi, että pinta esikäsiteltäisiin pinnoitteilla, jotta välttyttäisiin rakennusaikana reklamaatioilta ja turhalta puhdistustyöltä. Hirret voitaisiin maalata ulkopuolelta tehtaalla, mutta ongelmaksi tulisi kuitenkin sisäpuoli, jonne tulee harvoin pinnoite. Lisäksi

pinnoitteita on paljon erilaisia, joten käytännössä pinnoittaminen voisi olla mahdotonta tai ainakin erittäin haastavaa. Pinnoite ei saisi näkyä, ja sen pitää olla sellaista, että päälle voi laittaa mitä tahansa pinnoitetta käsittelyn jälkeen.

### 3.2.1 Boorihappo

Boorihappoa käytetään massiivipuupinnoilla suoja-aineena. Boorihappo estää homeen ja sieni-itiöiden syntymisen puun pintaan, mutta muita vaikutuksia sillä ei ole, joten se ei anna täyttä suojaa vaikeissa rakennusolosuhteissa oleville hirsille. Boorihapon yksi suurimmista ongelmista on, että se ei estä puun kastumista vaan se vain estää itiöiden elämisen. (Nokelainen 2014)

*Booraksi eli boorihapon suola on luonnollinen puunkuivatusaine käsittelemättömälle puulle sekä sisä- että ulkotiloissa käytettäväksi ennen kyllästystä tai maalausta. Sen lisäksi Booraksilla suositellaan kyllästää raa'at, märät ja äskettäin kaadetut puut ja antaa sen jälkeen kuivaa 1-2 vuotta sateelta suojatussa paikassa. Booraksia toimitetaan jauhemaisena, joka liuotetaan vedessä. (Pintanikkarit 2014)*

### 3.2.2 Rautasulfaatti

Puun kelottuminen eli harmaantuminen suojaa puuta hyvin. Rautasulfaatilla pystytään keinotekoisesti nopeuttamaan harmaantumista. Hirren pinnan keinotekoista vanhentamista kutsutaan patinoinniksi. Rautasulfaattia eli rautavihtrilliä sekoitetaan noin 0,5 kilogrammaa 10 litraan lämmintä vettä. Kun puu käsitellään liuoksella. Saa se jo muutamassa kuukaudessa puulle vanhan harmaantuneen värisävyn. Pelkästä ulkonäköseikasta ei ole kyse vaan sulfaatti suojaa myös puuta. (Vuolle-Apila 2012; Hakalinen 1999)

### 3.2.3 Terva, vernissa ja puubalsami

Vanhimpia hirren suojausaineita ovat muun muassa terva (Kuvio 15.), vernissa ja puubalsami. Nämä ovat toimivia aineita, mutta ne antavat puulle sävyn, joka ei miellytä kaikkia. Lisäksi pinnat eivät ole enää käsiteltävissä muilla aineilla, mutta toisaalta huoltaminen on helppoa. Kunhan vain vanha resepti on tarkasti ylhäällä. Vanhojen perinteisten maalien etu on myös se että ne vanhenevat tyylikkäästi, joten huoltaminen on yleensä helppoa (Vuolle-Apila 2008; Vuolle-Apila 2012; Elix 2014)



Kuvio 15. Tervattua lautaa (Vuolle-Apila, 1996)

### 3.2.4 Punamulta

Puun pintaa on käsitelty vuosisatoja punamultamaalilla. Punamulta on keitetty ennen lähes aina työmaalla. Nykyäänkin se olisi suositeltavaa, koska silloin on tiedossa mitä aineessa on ja voi olla varma aineen koostumuksesta. Alan liikkeistä saa erilaisia muunnelmia maalista. Ohjeelliseksi reseptiksi on käytetty seuraavaa:

50 l vettä

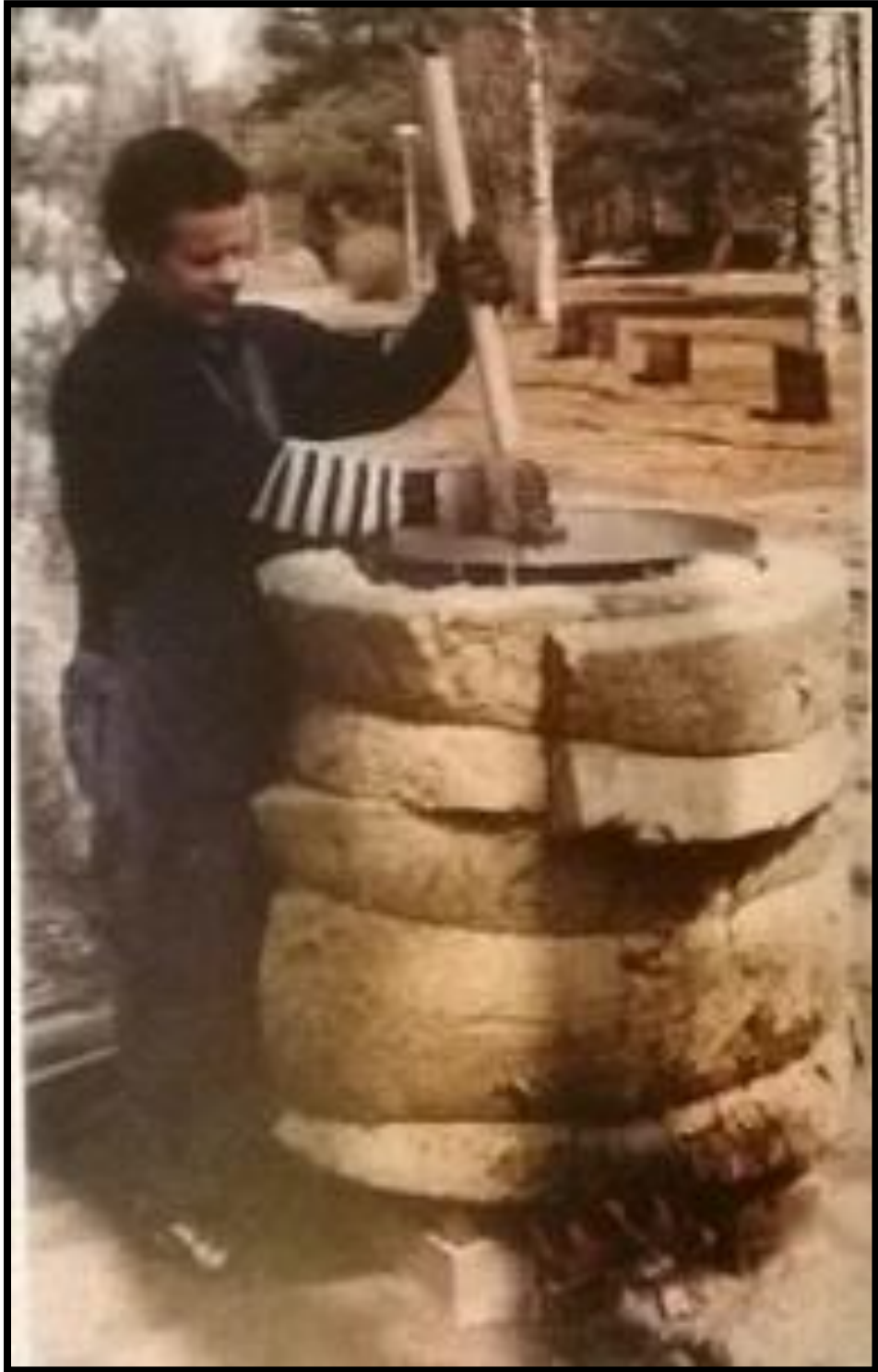
3 kg rautasulfaattia

4 kg hienoja vehnä- tai ruisjauhoja

8 kg punamultaa

Lisäksi sekaan voidaan laittaa hiukan tervaa tai vernissaa.

Maalin valmistus aloitetaan kuumentamalla vesi lähes kiehumispisteeseen. Sen jälkeen lisätään rautavihtrilliä (rautasulfaattia) ja etukäteen kylmään veteen sekoitettua ruisjauhovelliä. Rautasulfaatin tehtävänä on toimia homeenestoaineena. Ruisjauho taas on yksi tärkeimmistä osista. Sillä se muodostaa maalin pigmenttejä sitovan liisterin. Seosta haudutetaan kaksi tuntia, minkä jälkeen sekaan laitetaan punamulta. Maalia haudutetaan niin pitkään, että se on kunnolla peittävä (Kuvio 16.). Sekaan voidaan laittaa myös hiukan vernissaa tai tervaa. Näiden merkitys maalissa on kuitenkin epäselvä. Voi olla, että se saa maalista sitkeämpää ja näin paremmin kosteutta kestäväksi. Maali peittää uudenkin puun jopa yhdellä sivelyllä (Kuvio 17.). (Vuolle-Apila 2008; Vuolle-Apila 2012)



Kuvio 16. Punamultamaalin keittämistä. (Vuolle-Apila 2012)



Kuvio 17. Punamultamaali peittää jo hyvin ensimmäisellä kerroksella (Vuolle-Apila 1997)

### 3.2.5 Maito- ja piimämaalit

Maalit valmistetaan rasvattomasta maidosta ja väriaineesta. Seokseen lisätään sementtiä, jotta maidon kaseiini sitoutuu kunnolla. Sementtiä laitetaan noin 0,5 kilogrammaa 10 maitolittraa kohti. Väriaineena voidaan käyttää esimerkiksi punamultaa, okraa tai titaanivalkoista. Maalin kestoikä on hyvin lähellä punamultamaalin kestoikää. (Vuolle-Apila 2008)

### 3.2.6 Öljymaalit

Kirkasvärinen öljymaalalaus on melko uusi ilmiö hirsipinnoilla. Öljymaalien ehdoton vahvuus on, että väri voidaan valita vapaasti. Tämän takia sen käyttö on varmasti yleistynyt paljon. Öljymaaleilla maalattaessa on kuitenkin oltava tarkkana, koska vääränlainen maali voi aiheuttaa yllättäviä ongelmia. Pellavaöljyvernissaan tehdyt maalit ovat parhaita hirsien maalauksessa ja muutenkin puun ulkomaalauksessa. Öljymaaleja ei ole aina tehty vernissaan. Seoksessa on voinut olla mäntyöljyä, kalaöljyä, alkydiöljyä tai jotain muuta öljyä. Käytettyjä öljyjä on kymmeniä. Kun alkaa valitsemaan maalia, millä aikoo



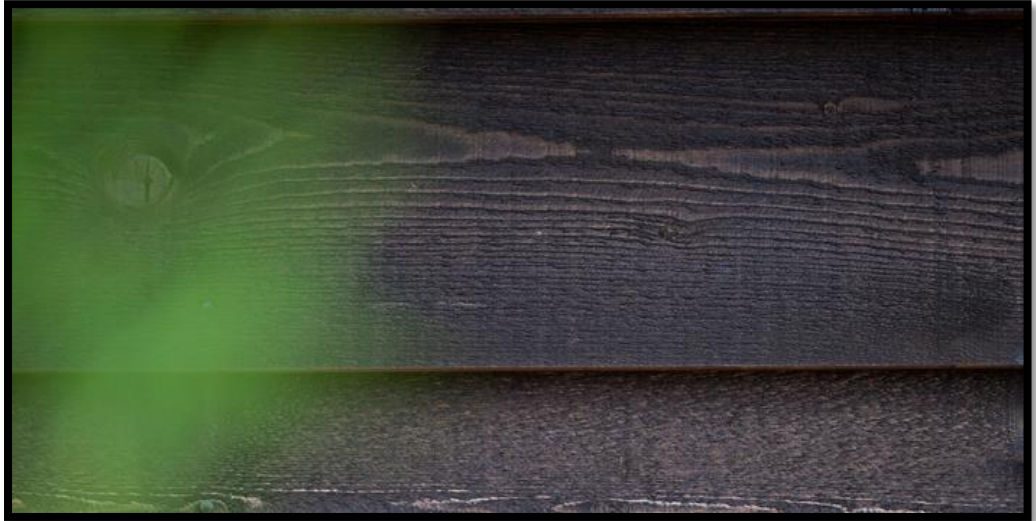
maalata talonsa. Kannattaa astian kyljestä lukea pienet tekstit, jossa ilmoitetaan mitä maalissa on, jotta välttyttäisiin turhalta työltä. (Vuolle-Apila 2008; Vuolle-Apila 1996)

### 3.2.7 Latex-, akryyli- ja alkyylimaalit

Latex-, akryylli- ja alkyylimaalit voivat olla joko liuotin- tai vesiohenteisia. Maalit sisältävät synteettisiä akrylaatteja. Niistä muodostuu puun pintaan kalvo, joka suojaa puuta ulkoisilta rasituksilta. Maaleja voidaan sävyttää minkä väriseksi tahansa, minkä takia ne ovat yleistyneet viimeisten 20 -30 vuoden aikana huomattavasti. Ongelmana näissä maaleissa on, että ne irtoavat puun pinnasta isoina levyinä paikoitellen vuosien saatossa, ja muualla maali on taas kiinni kovasti. Tämän takia talon julkisivu voi mennä nopeastikin pilalle. Lisäksi huoltaminen voi olla todella raskasta. Syy, miksi nämä maalit ovat erityisen huonoja hirren pinnalla, on se, että hirsi on niin paksu ja tämän takia tiivistynyt kosteus ei pääse läpäisemään hirttä maalaamattomalle puolelle vaan se pyrkii ulos helpointa reittiä. Ongelmana on, että nämä maalit päästävät kosteuden läpi vain vesihöyrynä, tiivistynyt vesi ei tule läpi, vaan se jää maalin alle, joka aikaansaa maalin irtoilun. (Vuolle-Apila, 1997; Koskinen, 2004)

### 3.2.8 Hengittävät puunsuoja-aineet

Sävytettävät puunsuoja-aineet ovat erittäin hyviä hirsirakennusten suojaamiseen, koska ne eivät muodosta minkäänlaista kalvoa puun pintaan (Kuvio 18.). Ne suojaavat kuitenkin puuta säärasituksilta estämällä veden pääsyn puuhun ja lieventävät auringon valon vaikutuksia. Sävyjä on paljon, joten tämänkään pinnoitteen valinta ei jää kiinni oikean sävyn löytymisestä. Pinnoitetta saa niin liuotin- kuin vesiohenteisenakin. (Tikkurila 2014)



Kuvio 18. Puunsuoja-aineella käsiteltyä puun pintaa. (Tikkurila 2014)

### 3.3 TÄMÄ OSIO ON SALATTU

## 4 KOKEELLINEN TUTKIMUS

### 4.1 Kokeessa käytetty aineet, välineet ja puunäytteet

Kokeita varten tilattiin kahta ainetta 20 litraa: aine A:ta ja aine B:tä (Kuvio 20.).  
Aineet ovat hyvin saman tyyppisiä rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan.



Kuvio 20. saapuvat 20 litran astioissa ja niistä tehtiin sopivat pitoisuudet testeihin.

Kappaleita tehtiin erikokoisia ja muotoisia, jotta saataisiin mahdollisimman tehokkaasti testattua puun eri pintojen toimivuus aineella. Hirsien pinnat höylättiin (Kuvio 21.). Näin saatiin mahdollisimman todenmukaiset tulokset, koska tehdasolosuhteissakin hirret tulevat suoraan höylästä.



Kuvio 21. Hirret höylättiin molemmin puolin ennen käsittelyä.

Koekappaleita säilytettiin muovien alla (Kuvio 22.). Muovien alle laitettiin vesiastioita, jotta saataisiin pidettyä mahdollisimman hyvin oikea kosteus, etteivät hirret halkeilisi. Tehtaassa hirren kosteus on noin 12 prosenttia ja tekemissäni koekappaleissa kosteusprosentti oli noin 9-11 prosenttia. Aivan oikeaan kosteuteen ei siis päästy, mutta tarpeeksi lähelle testien suorittamisen kannalta.



Kuvio 22. Hirsinäytteet säilytettiin muovien alla missä oli vesiastioita, jotta ne eivät halkeilisi ja kuivuisi.

#### 4.2 Mittaustavat ja tulokset

Aineen toimivuutta testattiin seitsemässä eri kategoriassa. Aluksi etsittiin sopiva konsentraatio. Sen jälkeen tutkittiin kuinka nopeasti vesi imeytyy eri pitoisuuksilla tai aineilla käsiteltyihin testikappaleisiin. Pyrittiin löytämään

sopivin vaihtoehto levitysmenetelmäksi erilaisia levitysmenetelmiä läpikäymällä. Testeissä koitettiin löytää mahdollisia negatiivisia ilmiöitä. Testikappaleet vietiin kovaan pakkaseen sekä kuumuuteen. Lisäksi Tikkurila Oy:n kanssa tehtiin yhteistyössä pinnoitteen tarttuvuustestejä. Pinnoitteen toimivuutta testattiin aluksi laboratorio-olosuhteissa ja sitten kenttätesteillä työmaa-olosuhteissa.

#### 4.2.1 Konsentraatio

Aineet piti laimentaa oikeisiin väkevyysiin. Laimentamiseen soveltui vesijohtovesi. Sekoitussuhteet aineille laskin kaavalla (Kuvio 23.). Valmistin molemmista aineista viittä eri pitoisuutta testattavaksi (Kuvio 24. ja 25.). Kutakin ainetta valmisti yhden litran. Taulukossa 1 ja 2 näkyy kuinka paljon ainetta meni liuoksiin. Ainetta ei kulunut kovin paljon, koska liuokset olivat niin laimeita. Esimerkiksi aine A 0,5 X meni ainoastaan 16,66g ainetta.

$$\frac{\text{Haluttu väkevyys}}{\text{Liuoksen väkevyys}} \times \text{haluttumäärä} = \text{ainemäärä}$$

Kuvio 23. Aineen väkevyyden laskeminen.

Taulukko 1. Aine A (Väkevyys 30%) sekoitus suhteet

Kuiva-aine	Ainetta [g]	Vettä [g]	Yhteensä [g]
0,50 X	16,66	98,37	1000
1,00 X	33,33	966,67	1000
2,00 X	66,66	933,33	1000
3,00 X	100	900	1000
4,50 X	150	850	1000



Kuvio 24. Aine A:n eri pitoisuuksien valmiit liuokset.

Taulukko 2. Aine B:n (Väkevyys 43 %) sekoitussuhteet

Kuiva-aine	Ainetta [g]	Vettä [g]	Yhteensä [g]
0,5 X	11,63	988,37	1000
1,00 X	23,26	976,74	1000
2,00 X	46,51	953,49	1000
3,00 X	69,77	930,23	1000
4,50 X	104,65	895,35	1000



Kuvio 25. Aine B:n eri pitoisuuksien valmiit liuokset.

#### 4.2.2 Veden imeytyminen

Testasin aluksi aineen toimivuutta. Laitoin koekappaleiden pintaan vettä pipetillä (Kuvio 26.) ja seurasin veden imeytymistä puuhun. Melko nopeasti huomasi, kuinka tehokasta aineesta on kyse, koska jo kuuden minuutin päästä ero oli valtava käsitellyllä ja käsittelemättömällä kappaleella (Kuvio 27.). Vesi oli imeytynyt kokonaan kohtaan, jossa ei ollut käsittelyä. Eroja tuli nopeasti eri pitoisuuksille (Kuvio 28.). 30 minuutin kuluttua 2 X:lla käsitellyissä referenssipaloissa oli aivan kiinteät pisarat, kun taas 0,5 X:lla käsitellyt olivat selvästi tummuneet pisaroiden alta (Kuvio 29.). Noin kolmen tunnin kuluttua lähes kaikki pisarat olivat imeytyneet. Ainoastaan 4,5 X:n väkevyydellä käsitellyissä kappaleissa oli pisaroista jääneitä tummentumia jäljellä. Tästä testistä voidaan todeta, että suurin vaikutus aineella tulisi olemaan pienemmissä kuurosateissa ja veden roiskumisessa, koska ensimmäisillä minuuteilla erot olivat huomattavimmat.

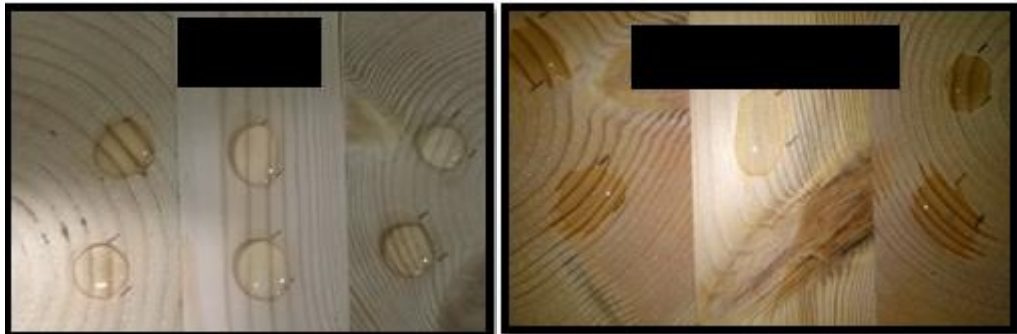




Kuvio 27. Kokeessa käytetyt kappaleet ja testausvälineistö.

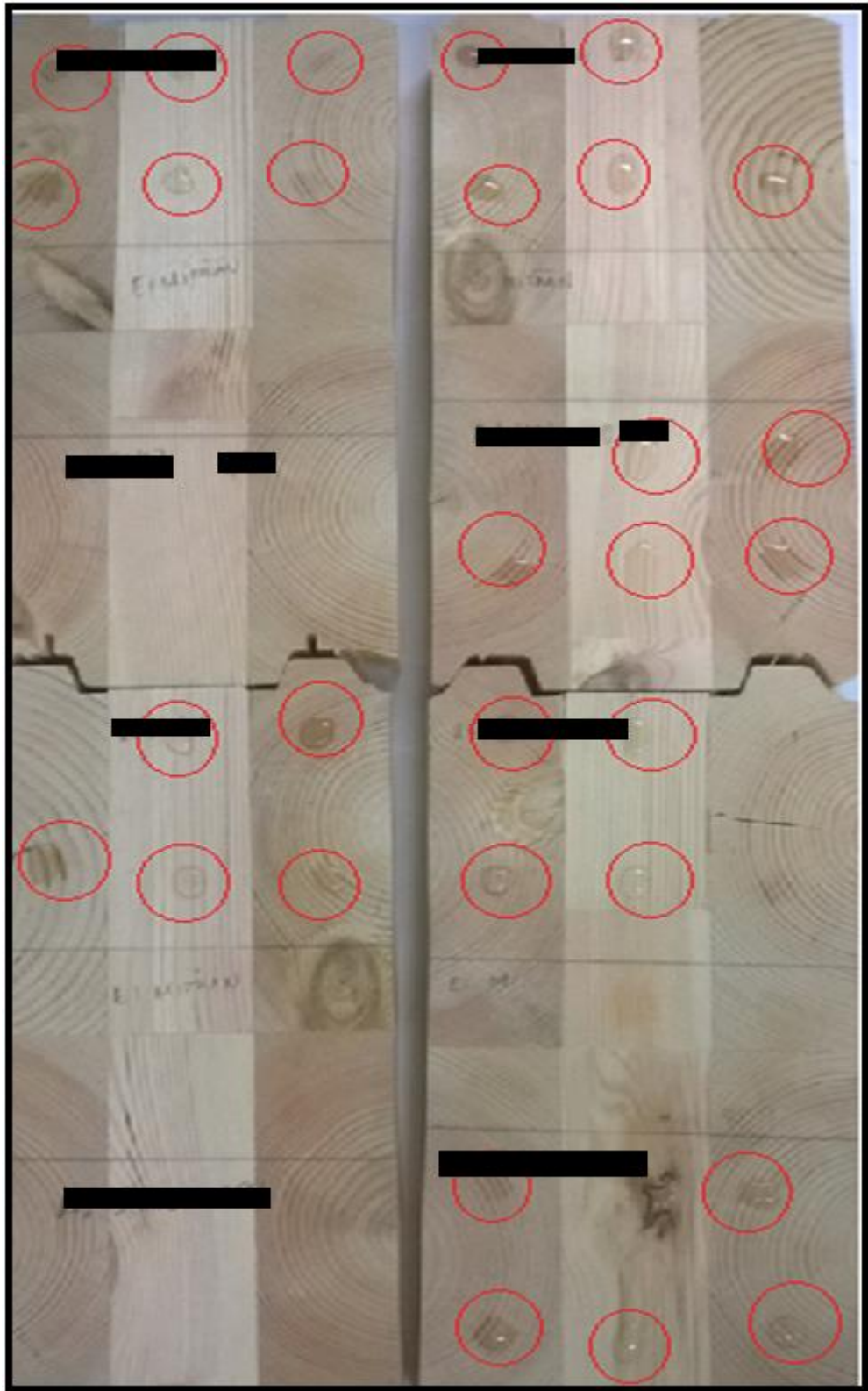


Kuvio 28. Vesi on imeytynyt käsittämättömään puuhun kokonaan. Käsittämätön kohta ylhäällä keskellä.



Kuvio 29. Vesi ollut puun pinnalla 30 minuuttia, ero alkaa näkyä eri pitoisuuksilla. Vasemmalla 2 X:llä ja oikealla 0,5 X:llä.

Aineiden välillä alkoi näkyä selviä eroja. aine A vaikutti paremmalta kaikissa tekemissäni pisaratesteissä. Kuviossa 30 näkyy tilanne noin yhden tunnin kohdalla. Punaisella ympyröidyt pisarat eivät ole vielä imeytyneet ja pisaroita oli lähtötilanteessa yhtä paljon. Tämän kokeen perusteella voi todeta, että aine A on parempi.



Kuvio 30. Vasemmalla aine B:llä käsitelty ja oikealla aine A:lla.

#### 4.2.3 Levitystapa ja levitysmäärä

Tutkin aineen pintaan sopivaa levitysmäärää ruiskuttamalla. Ruiskutin paperille samalta etäisyydeltä ja samalla nopeudella ainetta ja mittasin sen jälkeen painon (Kuvio 31. ja 32.). Tästä sain levitysmäärän selville grammoina. Määräksi tuli ruiskulla keskimäärin 49,07 grammaa neliölle (Taulukko 3). Oksien kohdalta saattoi tämäkin määrä lähteä valumaan, joten annostusta saattaa joutua vielä hieman laskemaan.

Taulukko 3. Hartsiliiman levitysmäärät

Levitysmäärä [kpl]	A4:lle [g]	Neliölle [g]
1	3,1	49,6
2	2,7	43,2
3	3	48
4	3	48
5	3,4	54,4
6	3,2	51,2
<u>Keskiarvo</u>	<u>3,07</u>	<u>49,07</u>



Kuvio 31. Levitysmäärän testaus punnitsemalla.



Kuvio 32. Paperi johon on levitetty liuosta ruiskuttamalla.

Hirsien höyläys on nopea toimenpide, ja se aiheuttaa ongelmia kuivumisajassa. Normaaleissa olosuhteissa kuivuminen kesti noin kahdesta kolmeen minuuttiin, kun siihen saisi mennä maksimissaan yksi minuutti, ja tämäkin voi olla liikaa nopeassa prosessissa. Testasin kappaleiden kuivumista ruiskutuksen jälkeen. Kuivasin kappaleita 150 asteisella ilmalla (Kuvio 33). Tässä testissä on paljon tulkinnan varaa, ja oli vaikea saada samanlaisia tuloksia, joten hajontaa oli. Keskimäärin sain kuivattua 20 sekunnissa yhden metrin hirttä, joten kuivausnopeus olisi tällä menetelmällä 3 metriä minuutissa. Tämän voi saada riittämään oikeanlaisella laitteistolla. Tosin kuivausta pitää vielä tutkia, koska se saattaa vaikuttaa aineen toimivuuteen.



Kuvio 33. Hirren kuivauksen testaus tapahtui kuumailmapuhaltimella.

Hirsille testattiin mitä tapahtuu, jos ne eivät ehdi kuivua kunnolla ja menevät paketointiin märkinä. Kaksi koekappaletta käsiteltiin aineella ja laitettiin käsitellyt pinnat vastakkain (Kuvio 34.). Testikappaleiden annettiin kuivua vuorokauden ja toisessa testissa viikon. Kappaleet eivät liimautuneet toisiinsa, eikä pinnalle jäänyt suurempia vaurioita, pieniä pigmentti eroja oli, jos pintoja tarkasteli tarkasti.



Kuvio 34. Tarttuvuuden testaaminen.

Levitysmenetelmän selvittäminen on tärkein asia, jotta tuote voidaan saada tuotantoon. Vaihtoehtoja oli useita. Ainetta voidaan levittää oikeastaan millä tahansa menetelmällä. Aine on lähes vettä ja pinnasta tulee läpinäkyvä, joka tekee levityksestä haastavaa, koska ei näe mihin pinnoite on jäänyt laittamatta. Ruiskutuksessa tämän huomasi selvimmin. Siinä saattoi jäädä kohtia, joihin ainetta ei mennyt ollenkaan. Toisaalta ainetta saattoi mennä myös liikaa, jolloin se lähti heti valumaan (Kuvio 35. ja 36.).





Kuvio 35. Ruiskutuksessa aine ei imeytynyt oksan kohtiin.



Kuvio 36. Ruiskutuksessa tapahtuneet valumat.

Levitys tavoista testattiin telausta, sutimista ja ruiskutusta. Näistä tulleet tulokset vaihtelivat suuresti riippuen siitä missä asennossa lamelleja käsiteltiin. Nopeasti karsiutui pois menetelmiä, joita ei voida ainakaan käyttää kaikilla pinnoilla. Telaus ja pensselillä levitys ei soveltunut kylkiin ilman mitään jatkotoimenpidettä. Aine lähti valumaan heti pinnalla, koska telassa ja pensselissä oli niin paljon

ainetta (Kuvio 37., 38. ja 39.). Jatkotoimenpide voisi olla esimerkiksi, että lastalla pyyhitään ylimääräinen aine pois. Ruiskutus oli kaikissa testeissä monipuolisin ja paras vaihtoehto, mutta kuitenkin levitys on varmempaa pensselillä tai telalla. Näiden levitystapojen käyttö varsinkin lamellin päädyissä, ja päällä on parempi vaihtoehto.



Kuvio 37. Telauksessa aiheutuneet valumat.



Kuvio 38. Telauksessa tulleet valumat hirren alapintaan.



Kuvio 39. Aineen valumia telauksessa ja pensselillä levitettäessä

#### 4.2.4 Maalattavuus

Maalattavuuden testasi Tikkurila Oy (Kuvio 40.) omilla aineillaan ja laitteillaan. Minun tehtäväkseni jäi selvittää, mitä aineita käytetään ja valmistaa tarvittavat koekappaleet (Kuvio 41.). Maalattavuudessa kiinnosti eniten maalin tarttuvuus hylkivään pintaan, sekä mahdollinen sopimattomuus hirrenkäsittelyaineiden kanssa. Oletusarvona oli, että aine voisi toimia jopa jonkinlaisena pohjusteena puulle.



Kuvio 40. Tikkurila Oy:n tehdas ja pääkonttori, jotka sijaitsevat Vantaan Tikkurilassa.



Kuvio 41. Tikkurila Oy:lle valmistettuja koekappaleita.

Tikkurila teki kappaleille kuusi koetta. Ensimmäinen testi tehtiin pohjusteelle, ja siinä tutkittiin pohjusteen kuivumista. Pohjustusaineita oli neljää erilaista: kaksi vesiohenteista ja kaksi liuotinpohjaista. Liuotinpohjaiset toimivat hieman paremmin pinnoilla. Vesiohenteisilla tapahtui pientä hylkimistä, mutta toisaalta hylkimistä oli havaittavissa myös käsittelemättömässä referenssissä. Kuivumisella ei ollut suuria eroja verrattuna referenssikappaleisiin. aine A:lla-esikäsitellyt kappaleet kuivuivat hieman hitaammin, mutta ei häiritsevästi. Lisäksi jotkut pohjusteet olivat nihkeitä levitettäessä pintaan. (Talasniemi 2014)

Toisessa testissä tutkittiin pintamaalauksen kuivumista. Samanlaista ongelmaa oli havaittavissa myös pintamaalauksessa kuin pohjusteessa. Aine A:lla -esikäsitellyt kappaleet kuivuivat hitaammin. Tämä on sidoksissa siihen että aine A on ollut parempi kaikissa testeissä. Ongelma oli pahin kappaleissa joissa oli ainetta oli eniten. Ne olivat hieman nahkean tuntuja vielä kahden päivän jälkeen käsittelystä. (Talasniemi, 2014)

Kolmas testi oli tuotteiden estetiikan tutkimista. Kappaleiden ulkonäkö oli laadukas, eikä höylätyillä pinnoilla ollut mitään poikkeavaa havaittavissa. Osassa kappaleissa oli hieman heikompi pinta. Näissä oli havaittavissa radiaali ja tangentiaalisissa pinnoissa puunsyiden nousemista. (Talasniemi, 2014)

Pintamaalin tarttuvuutta hirsipintaan tutkittiin neljännellä testillä (Crosscut-testi). Testissä kappaleet menevät rasiuksen läpi. Maalauksen jälkeen kappaleet kuivataan, minkä jälkeen ne kastellaan ja pinta rikotaan. Lopuksi katsotaan pinnoitteen pysyvyys vetotestillä. Kuultomaaleille tätä testiä ei kannattanut tehdä, koska se olisi ollut hyödytön. Maalin adheesio käsiteltyyn puualustaan oli hyvä (Kuvio 42.). Aine A 1 X:llä oli hieman irronnut maalia testissä. Irtoaminen oli kuitenkin vähäistä, eikä siitä tule Talasniemen mukaan ongelmia maalauksessa. (Talasniemi, 2014)



Kuvio 42. Crosscut -testin käyneet kappaleet.

Tikkurila testasi viidennellä testillä tuotteiden vaikutusta imeytymiseen. Ohutkalvokuulotteisilla maaleilla erojen havaitseminen oli vaikeaa, eikä eroja juurikaan saatu. Maalin imeytyminen joudutaan tarkistamaan vielä uudestaan, jotta sen imeytyminen pintaan voidaan varmistaa. Alustavissa testeissä imeytyminen vaikutti hyvältä. (Talasniemi, 2014)



Kuvio 43. Kuultomaalilla käsitellyt testi kappaleet.



Kuvio 44. Kuultomaalilla käsitellyt testi kappaleet.



Kuvio 45. Peittävällä talomaalilla käsitellyt testi kappaleet.

Kuudes testi, josta ei vielä ole tuloksia, tapahtuu ulkokentällä (Kuvio 46).

Ulkokentälle laitettiin molemmista aineista ääripäät, jotta testireferenssien määrä ei kasvaisi liian suureksi. aine A:sta meni kolme prosenttinen ulkokentälle ja aine B:sta yksi prosenttinen. Näiden kappaleiden ensimmäiset tulokset tulevat vasta 2015 vuoden puolella. Kappaleet asetettiin 45 asteen kulmaan kohti etelää.

Varmuus tuotteen toimivuuteen voidaan antaa vasta, kun ulkokentältä on lopulliset tulokset saatu, eli noin kahden vuoden päästä. (Talasniemi, 2014)





Kuvio 46. Tikkurilan ulkokenttä.

Tikkurilalle viimeiseksi lähteneet testikappaleet käsiteltiin paremmaksi havaitulla aineella eli aine A:lla. Koekappaleet käsiteltiin molemmin puolin. Kappaleille tehdään nopeutettu säärasitustesti (Xenon-testi), jotta tuotteen lanseerausta saataisiin aikaistettua ja mahdolliset negatiiviset ilmiöt esille. (Kuvio 47.).



Kuvio 47. Tikkurilaan toimitetut Xenon-testiin menevät kappaleet.

#### 4.2.5 Puhdistettavuus

Hirsien puhdistaminen liasta on varsin haastavaa. Paikallinen peseminen on lähes mahdotonta. Jäljet pesemisestä jäävät aina käsittelemättömään puuhun. Tämän takia joudutaan hiomaan koko seinä. Tästä tulee varsin mittavat kustannukset. Seuraavaksi käydään läpi, miten hartsiliimoilla käsitellyt pinnat hylkivät likaa ja vähentävät näin monia harmeja. (Nokelainen 2014)

Siitepöly on suuri ongelma työmailla. Aineen toimivuutta testattiin siitepölyyn laboratorio-olosuhteissa tekemällä vesiliuosta, jossa oli reilusti koivun siitepölyä (Kuvio 48.). Siitepöly kerättiin pahimpaan kuivun siitepöly aikaan suoraan koivuista. Koivusta keräsin kuivuneet norkkot, jotka laitoin veteen, jolloin siitepöly pääsi irtoamaan norkkosta. Testi kuvaa sadeveden mukana tulevaa siitepölyä. Tämä testi oli todella raju. Normaaliolosuhteissa näin suuri siitepölymäärä tuskin voi puun pintaan tulla tai se on todella harvinaista.



Kuvio 48. Koivun siitepölyä sisältävä vesiliuos.

Ensimmäisessä testissä siitepölyliuos levitettiin kappaleiden pinnoille (Kuvio 49.) ja annettiin olla siinä noin 60 minuuttia. Tämän jälkeen se pyyhittiin pois ensin kuivalla liinalla ja sitten kostealla liinalla. Lika ja väri lähtivät hyvin kappaleista pois. Myöskin puhtaasta referenssikappaleesta lähti hyvin lika pois, joten aineella ei siis ollut juurikaan merkitystä puhdistettavuuden kanssa.



Kuvio 49. Testikappaleissa on ollut siitepölyliuos noin 60 minuuttia.

Toisessa testissä siitepölyliuos laitettiin koekappaleiden pintaan vastaavalla tavalla kuin ensimmäisessä testissä (Kuvio 50.). Liuoksen annettiin kuivua kappaleiden pintaan vuorokausi (Kuvio 51.). Tällöin siitepölyn keltainen väri jäi todella voimakkaasti kappaleiden pintaan. Kummastakaan koekappaleesta ei lähtenyt juurikaan likaa pois, joten käsittelyllä ei vielääkään ollut suurta merkitystä puhdistettavuuteen (Kuvio 52.).



Kuvio 50. Siitepölyvesiliuos puun pinnalla.



Kuvio 51. Kuivuneet siitepölyjäämät.



Kuvio 52. Kuivalla liinalla pyyhityt kappaleet.

Lian tarttuvuutta testattiin laboratorio-olosuhteissa. Hirsien pintaan levitettiin veden ja hiekan liuosta (Kuvio 53.). Liuoksen annettiin olla puun pinnalla kaksi tuntia ja sen jälkeen pyyhittiin pois. Suurin eron tuli siinä, että käsittelemättömään puuhun aine oli lähes kuivunut, kun taas käsitelty pinta oli vielä kostea (Kuvio 54.). Tämä johtuu siitä, että käsittelemätön puu imee tehokkaammin veden itseensä.



Kuvio 53. Kuraliuos levitettiin hirren pintaan pensselillä





Kuvio 54. Kuran annettiin kuivua kappaleen pintaan kaksi tuntia. Oikealla käsittelemätön puu.

Käsitelty puu oli huomattavasti helpompi pyyhkiä. Puhdistusliina liukui puun pinnassa, kun taas käsittelemättömässä liina takerteli puuhun. Käsitelty puu lähti myös huomattavasti puhtaammaksi kuivalla liinalla (Kuvio 55.). Kostealla liinalla puhdistui molemmat hirret melko hyvin. Käsittelemätön puu tuntui karhealta. Tarkemmin katsottuna puussa oli pieniä kiven hiukkasia (Kuvio 56.), joita ei saanut pois. Ainut keino hiukkasten poistamiseen oli hiominen. Ja tällainen paikallinen hiominen on hyvän lopputuloksen saamiseksi mahdotonta, joten koko hirren tai jopa seinän olisi joutunut hiomaan.



Kuvio 55. Kuivalla puhdistusliinalla pyyhityt kappaleet, oikealla hartsiliimalla käsitelty ja vasemmalla referenssikappale.



Kuvio 56. Käsittelemättömään puuhun (vasemmalla) jäi hiekanjyviä huomattavasti enemmän kuin käsiteltyyn.

Toisessa kuratestissä annettiin levitetyn kuran kuivua puun pintaa vuorokausi (Kuvio 57.). Eroja alkoi näkyä selkeästi kun kura pyyhittiin pois. Kuivalla liinalla pyyhittäessä ero oli valtava (Kuvio 58.). Käsittelemättömät hirret jäivät aivan kurasta harmaaksi, kun taas käsitellyt kaukaa katsottuna näyttivät puhtailta. Kostea liina hieman tasoitti tilannetta (Kuvio 59.), mutta vaikka kappaleita hankasi kuinka, eivät käsittelemättömät kappaleet lähteneet puhtaaksi, vaan niihin jäi rajapinnalle kurajäämiä (Kuvio 60.). Tämä testi osoitti aineen toimivuuden.



Kuvio 57. Yhden vuorokauden kuivunut kura.



Kuvio 58. Kura on pyyhitty pois kuivalla liinalla. Alapuolella käsitellyt kappaleet.



Kuvio 59. Kurajälkiä pyyhitty pois kostealla liinalla. Alapuolella käsitellyt kappaleet.



Kuvio 60. Kurajälkiä yritetty hangata pois kostealla liinalla. Kuran rajapinnoilla jäämiä käsittelemättömässä hirressä oikeassa yläkulmassa.

#### 4.2.6 Kenttätetit

Kenttätesteissä demonstroin kolmea erilaista tilannetta, joissa hirret voisivat olla ulkona. Ensimmäisessä demonstroitiin kaupunki rakentamisen ongelmia.

Työmaalla on reilusti siitepölyä, tiepölyä sekä kuurosateita. Hirret sijoitettiin

pahimpaan koivun siitepölyaikaan koivun alle, joka sijaitsi noin 15 metrin päässä tiestä. Hirret olivat 30 asteen kulmassa etelään päin, joten auringon uv-säteily pääsi rasittamaan hirsiiä. Lisäksi kovat rankkasateet riepoivat hirsien pintaa. Koekappaleet olivat metrin pituisia hirsiiä, ja laitoin niihin kaikki aiemmin testatut aineet omille sektoreilleen. Referenssikappaleena toimi käsittelemätön hirsii.

Aluksi näytti, että hirsien välille ei tule eroja. Näin se myös oli lähes koko testin ajan. Siitepölystä aiheutuvia eroja ei näkynyt hirsissä ensimmäisen viikon jälkeen (Kuvio 61.) eikä myöskään kuukauden jäkeen (Kuvio 62.). Kahden kuukauden jälkeen tarkasteltaessa hirsiiä hieman tarkemmin näkyi ja niissä tuntui eroja. Kaukaa katsottuna hirret olivat hyvin samannäköisiä, eikä siitepölyjämiä näkynyt (Kuvio 63.), mutta tarkemmin katsottuna hirsissä oli suuria pintavaurioita (Kuvio 64.). Varsinaisia siitepölyvaurioista johtuvia eroja ei siis näkynyt, mutta käsittelemättömän hirren pinnat näyttivät ja tuntui hyvin epätasaisia. Käsittelemättömän puun syyt erottuivat todella selkeästi. Tämä ongelma olisi hyvä vielä testata uudestaan ja tarkastella, kuinka nopeasti käsittelemättömään hirteen tulee haitallisia vaurioita.



Kuvio 61. Hirret ovat olleet kentällä viikon.



Kuvio 62. Hirret ovat olleet kentällä yhden kuukauden.



Kuvio 63. Hirret olleet kentällä kaksi kuukautta.





Kuvio 64. Lähikuva kaksi kuukautta kentällä olleista hirsistä. Oikealla käsitelty hirsi.

Siitepölystä ei juurikaan tullut hirsiiin eroavia jälkiä. Suurempia pigmenttieroja ei löytynyt käsitellyistä hirsistä eikä referenssikappaleista. Sateet vaikuttivat suuremmin pintoihin. Käsittelemätön hirsi näytti tummemmalta jo ensimmäisen sateen jälkeen, joten se oli ottanut itseensä enemmän vettä. Toisessa testissä kappaleet laitettiin hiekkakentälle, jossa sade pääsi altistamaan niitä ja hiekka lentämään pinnoille. Tässä demonstroitiin perinteistä mökkirakentamista, jolloin hirret saattavat olla pitkiä aikoja suojaamattomina lähellä maata hiekkakentällä. Tällöin pintakosteudet ovat suuria.

Hiekkakentällä alkoi kappaleiden ero näkyä nopeasti. Yhden viikon päästä pystyi jo tunnistamaan, kummassa on ainetta. Aurinko teki myös paljon vauriota käsittelemättömään pintaan, ja se muutti käsittelemättömän puun kellertäväksi viikon aikana (Kuvio 65.). Hartsiliimalla käsiteltyyn hirteen tuli oksan kohdalle

omituinen valkoinen kerrostuma (Kuvio 66.). Tämä johtui käsittelyn aikana tulleesta valumasta, mutta kentällä ollessaan pisara muutti väriään vaaleammaksi, jolloin se erottui selkeämmin oksan kohdalta.



Kuvio 65. Kappaleet ovat olleet kentällä viikon.



Kuvio 66. Hartsiliiman valkoinen valumajälki puun pinnassa.

Kuukauden kuluttua alkoi käsittelemättömässä pinnassa näkyä sinistymistä, mikä voimistui viikko viikolta. Ero oli huomattava, varsinkin suoraan ylöspäin olevissa pinnoissa, joissa tapahtui sinistymistä huomattavasti (Kuvio 67. ja 68.). Puu oli alkanut harmaantua, jonka huomasi parhaiten lappeellaan olevista hirsistä (Kuvio 69.). Pintaa tarkasteltaessa läheltä näkyi käsittelemätön puun pinnassa mustia homepilkkuja (Kuvio 70.). Auringon vaikutukset näkyvät parhaiten kuviossa 71. Käsittelemätön hirsi vasemmalla on aivan kellastunut pystylamellien kohdalta, kun vertaa sitä vieressä olevaan käsiteltyyn kappaleeseen. Eri pitoisuudella käsiteltyihin kohtiin ei tullut silmin erottuvia eroja testissä. Pitoisuudella ei ollut siis merkitystä pinnoitteen toimivuuteen. Hirsien pystyosille ei tullut myöskään vaurioita. Tämä johtuu siitä, että sade ja aurinko eivät pääse käsiksi niihin yhtä voimakkaasti kuin hirren yläpintaan. Ainut selvä ero minkä kyljistä erotti oli, että käsitelty puu alkoi punertaa kyljistä (Kuvio 72.).



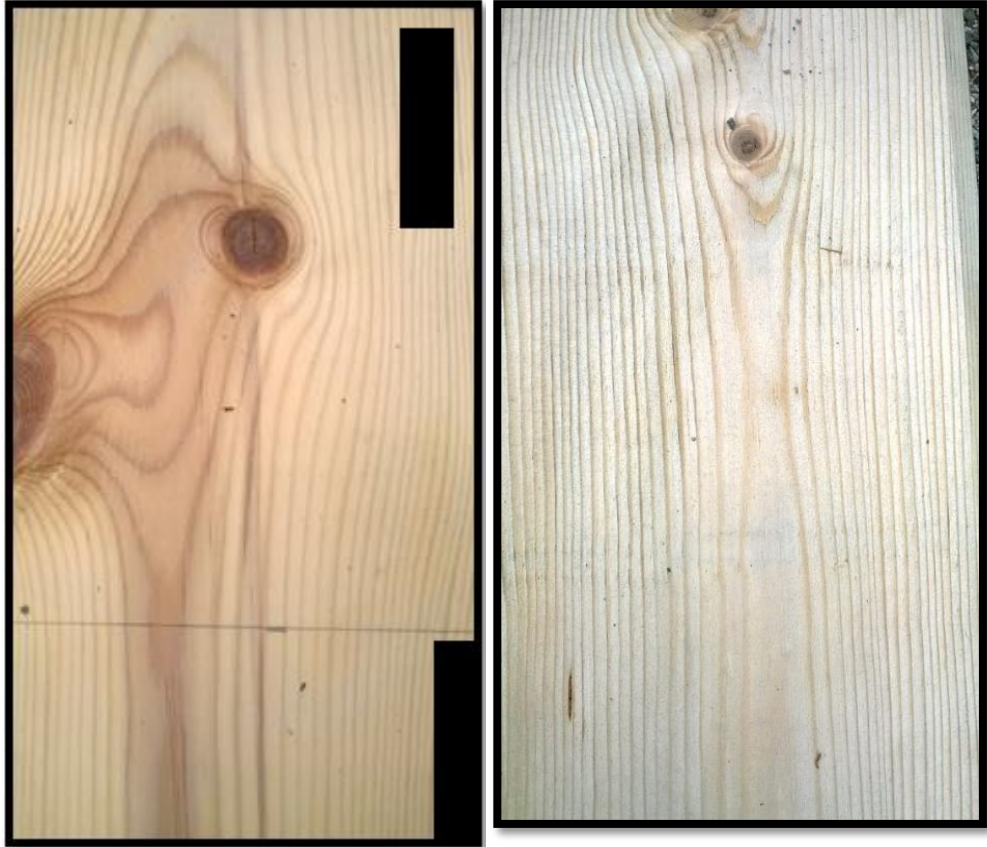
Kuvio 67. Hartsiliimalla käsitelty kappale kuukauden kuluttua.



Kuvio 68. Referenssi -kappale kuukauden kuluttua.



Kuvio 69. Hirret ovat olleet kentällä suorassa sateessa yhden kuukauden, käsitelty kappale vasemmalla.



Kuvio 70. Puun sivujen harmaantuminen ja sinistymisen yhden kuukauden kuluttua, käsitelty kappale vasemmalla.



Kuvio 71. Hirret ovat olleet kentällä yhden kuukauden, käsitelty kappale oikealla.



Kuvio 72. Hirsien kyljet kuukauden kuluttua, käsitelty kappale oikealla, siinä on punertavuutta.



Talopaketteja säilytetään ulkokentällä useita kuukausia muovien alla. Aluksi ne ovat tehtaan pihassa, ja lopuksi ne siirtyvät työmaalle. Kolmannessa testissä seurasin mahdollisia negatiivisia vaikutuksia käsitellyssä kappaleessa muovin sisällä (Kuvio 73.). Hirret olivat muovin sisällä käsittelyn jälkeen kaksi kuukautta kentällä auringon paisteessa.



Kuvio 73. Hirret muovin sisällä.

Hirret punertuivat testissä huomattavasti alueilta, joihin aurinko pääsi suoraan paistamaan (Kuvio 74. ja 75.). Punertavuus voi johtua monesta asiasta. Yksi teoria on, että kun aurinko lämmittää hirren pintaa, se alkaa kuivuessaan vapauttaa puun solurakenteesta ligniiniä. Tällöin puussa oleva terva pyrkii myös ulos. Terva ei kuitenkaan pääse ulos hirrestä, vaan jää ”punertamaan” hartsiliiman alle. Tämä on kuitenkin vain yksi mahdollinen teoria. On myös hyvä muistaa, että mänty punertuu, vaikkei siinä olisi mitään käsittelyä, eli se on männyn ominaisuus.



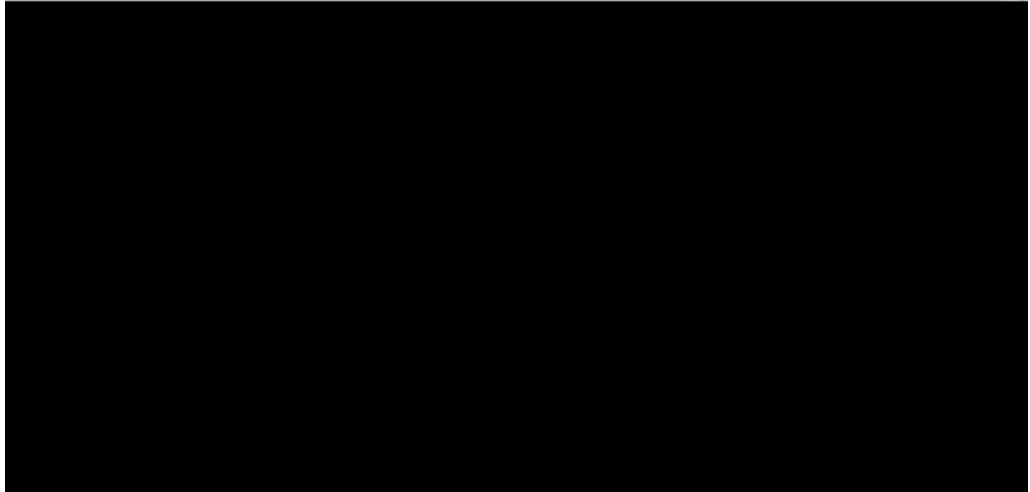
Kuvio 74. Hirren pintaan tullutta punertavuutta.



Kuvio 75. Hirren pinnassa olevaa punertavuutta. Mitä enemmän ainetta on sitä enemmän punertavuutta oli havaittavissa.

#### 4.2.7 Negatiivinen testaus

Aineen toimivuutta testattiin ääriolosuhteissa. Aluksi käsitellyt kappaleet vietiin pakastimeen, jossa lämpötila oli noin -20 astetta (Kuvio 76). Kappaleet olivat pakastimessa kaksi vuorokautta, eikä niihin tullut silmin havaittavia vaurioita. Pakastimesta kappaleet siirrettiin auringonpaisteeseen (Kuvio 76), missä lämpötila kohosi parhaimmillaan 35 asteeseen. Tämä jälkeen kappaleet olivat vuorokauden vesisateessa, pintoihin ei tullut eroavia muutoksia tämänkään jälkeen. Tästä voidaan todeta, ettei sään vaihtelulla ole radikaalia vaikutusta positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan. Aineen voimakkuus voi olla tosin laskenut, ja se olisi hyvä testata, koska sitä ei silmin voi suoraan todeta.



Kuvio 76. Hirren kappaleet pakastimessa ja ulkona auringon paisteessa.

Kun testeistä oli kulunut muutama viikko, tuli puuhun punertavuutta (Kuvio 77.). Samoin tapahtui myös ulkokenttätesteissä. Hirsi punertuu luonnostaankin, sen takia on epäselvää johtuuko punertavuus aineesta. Epäselvää on, miksi se tulee vain tietyille puun alueille eikä kaikille.



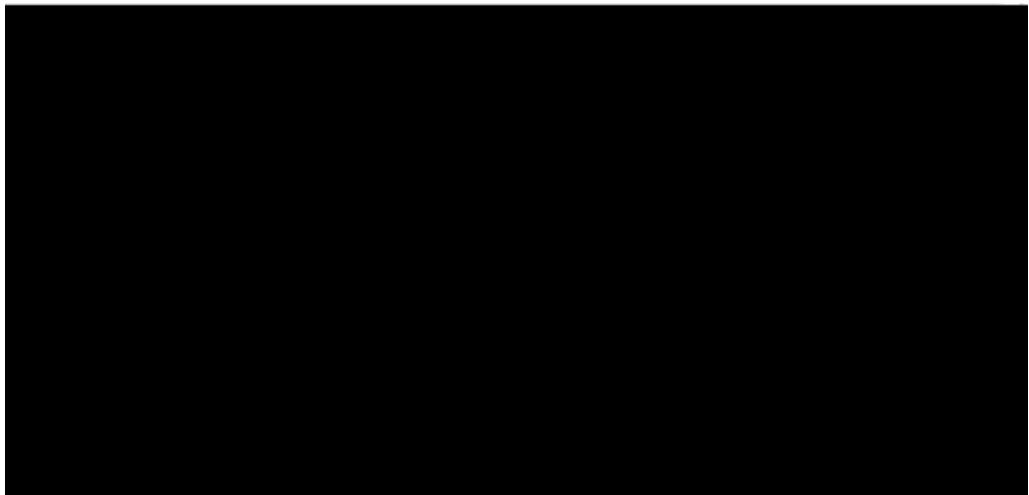
Kuvio 77. Hirsien pinnassa alueittaista punertavuutta.

## 5 LAITTEISTON SIJAINTI TEHTAASSA JA SEN TOTEUTUS

Honkarakenteen tehtaat on hyvin automatisoituja, ja niissä on käytetty tila hyvin tehokkaasti. Turhaa tilaa tehtaissa ei ole. Tämä rajoittaa uuden käsittelylinjan laitteiston sijoittelua. Tärkein huomioitava asia on, että kone ylipäätään mahtuu. Toinen ongelma tulee kuivumisen kanssa, sillekin on varattava oma aikansa.

### 5.1 Runkohalli

Runkohalli on pitkälle automatisoitu. Tila on käytetty todella tehokkaasti (LIITE 1), minkä takia käsittelylinjastolle ei jää kuin yksi mahdollinen sijoitusvaihtoehto (Kuvio 78.). Paikka on juuri ennen pakkausta, ja se on prosessin kannalta otollisella paikalla, koska hirrelle ei tehdä enää mitään tämän jälkeen. Linjastossa on tässä kohtaa hyvin ahdas väli. Ulkoseinän ja terähuoneen väliin jäävä alue on noin kolme metriä.



Kuvio 78. Runkohallissa laitteiston ainoa paikka on terähuoneen takana.

## 5.2 Jättilinja

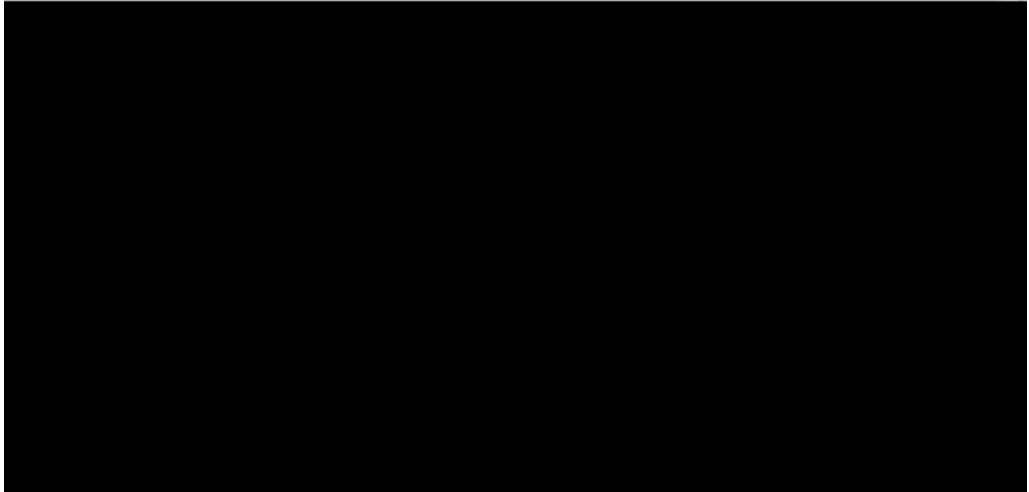
Jättilinjalla sijaitsee pelkästään hirsien höyläys (LIITE 2). Hirret höylätään profiiliin ja pakataan (Kuvio 79.). Tämän jälkeen ne lähtevät joko toiselle linjalle jatkokäsiteltäväksi tai asiakkaalle. Höylän nopeus on 25 metriä minuutissa ja tila on suunniteltu niin, että siihen mahtuisi myös uusi höylä (Kuvio 80. ja 81.), jolla voidaan päästä jopa 50 - 60 metriin minuutissa. Tämä tarkoittaa, että uusi käsittelylinja on toimittava myös näillä nopeuksilla.

Nykyisellä linjalla ainut mahdollinen paikka linjalle on heti höyläyksen jälkeen (Kuvio 71.). Kuivumisaikaa jää hirrelle 20 - 60 sekuntia, joten kuivuminen on oltava todella nopeaa. Hirret pääsevät kuivumaan myös nipussa, mutta homehtumisen estämiseksi olisivat hirret hyvä saada täysin kuiviksi ennen niputusta.



Kuvio 79. Jättilinjalla hirret niputetaan suoraan pakettiin.





Kuvio 80. Jättilinjalla sijoittuvan laitteiston paikka.



Kuvio 81. Jättilinjan höylä, jonka ympärille on rakennettu hirrestä rakennettu suojakotelo.

## 6 KEHITYSEHDOTUKSET JA AVOIMET ASIAT

Tuote olisi hyvä käsitellä eri pitoisuuksilla kyljistä, kuin pohjasta ja päältä.

Optimaalisin pitoisuus kyljissä voisi olla ainoastaan 0,2 X. Tämäkin antaa suojan puulle, ja lisäksi pitoisuus on niin pieni, ettei aineesta jää jälkiä ja mahdolliset negatiiviset ongelmat saadaan pois. Päällä ja pohjassa pitoisuus voisi olla jopa 5-8 X, koska ne osat hirrestä jäävät piiloon eikä ole merkitystä, vaikka hirteen jäisikin jälkiä. Lisäksi nämä alueet hirrestä ovat alttiimpia sääolosuhteille, sekä erilaisille liioille.

Kuivauksen nopeuttamiseen on erilaisia ratkaisuja. Nämä pitäisi kuitenkin testata, ettei toimenpiteillä ole negatiivisia vaikutuksia aineen toimivuuteen. Puun pintaa voidaan lämmittää etukäteen esimerkiksi 80 asteen lämpötilaan, jolloin kuivuminen tapahtuisi huomattavasti nopeammin. Toinen vaihtoehto on puhaltaa lämmintä ilmaa levityksen jälkeen. Jos lämpötilaa nostetaan liikaa voi tosin tulla ongelmaksi, ettei aine ehdi tasoittua. Lisäksi lämmittäminen kuluttaa runsaasti energiaa, joka on kustannuskysymys.

Kuivumisen nopeuttamiseen voidaan myös käyttää puhallinta, joka puhaltaa viileää ilmaa käsiteltyihin kappaleisiin. Tästä ei aiheudu ainakaan aineelle tiedostamattomia muutoksia, jotka vaikuttaisivat toimivuuteen. Lisäksi aine, joka ei imeydy, on hyvä pyyhkiä pois lastalla tai liinalla enne kuin hirret menevät paketointiin näin estetään valumat. Edellä mainittuja kuivausmenetelmiä voi tietysti myös yhdistellä parhaan tuloksen saavuttamiseksi.

Tutkimuksen aikana ilmeni erilaisia ongelmia. Yksi oli se, että lämpötila saattoi vaikuttaa hirsien punertumiseen. Ainetta kannattaisi ehdottomasti testata saunassa. Saunassa on kova kosteus, joten aineella saattaa olla myös positiivinen vaikutus. Tosin aine ei ole pitkäikäinen, mutta esimerkiksi markkinoinnissa tätä puolta voisi käyttää. Aineen yhteensopivuus saunasuojan kanssa on ehdottomasti myös testattava. Aineen yhteen sopivuutta ei ole vielä testattu sisäpuolella käytettävien pinnoitteiden kanssa. Tämä olisi välttämätöntä testata, jotta vältettäisiin turhat negatiiviset reaktiot. Pahimmassa tapauksessa pinnoitteet eivät levity tasaisesti, tarttuvuudessa ilmenee ongelmia tai sävy ei ole halutun kaltainen. Näiden

ilmiöiden pois sulkemiseksi on käsiteltävä tarpeeksi suuri alue, jotta ilmiöt voidaan todeta.

Markkinoinnin kannalta olisi hyvä testata kuinka kauan aineen vaikutus kestää. Tiedossa on että ulkoseinällä sen vaikutus on noin 6kk, mutta miten on sisäpuolella tai välipohjassa. Jos aineen vaikutus ei häviä pystyttäisiin markkinoimaan tuotteen tarvetta, jos taloon joskus sattuisi tulemaan vesivahinko. Lisäksi aineen toimivuuden heikkenemistä olisi hyvä tutkia eri rasiitteiden jälkeen esimerkiksi kovan pakkasen -30 astetta, koska paketit voivat olla kentällä tällaisissa lämpötiloissa. Tai miten käy kovalla helteellä joskus pakettien lämpötila voi nousta varmasti jopa yli 40 asteeseen.

## 7 YHTEENVETO

Teoriaosuuden perusteella voidaan todeta, että hirsien pinnoittamista on kehitelty yhtä kauan kuin hirsiäkin. Vanhat perinteiset aineet ovat vieläkin käyttökelpoisia ja jopa parempiakin suojaus ominaisuuksiltaan, jossain kohteissa. Ongelmana on nykypäivänä hirsien liikuttelemine ja säilyttäminen ennen kuin se päätyy työmaalla. Talo saattaa olla monta kuukautta nipuissa ja sitten se siirretään satoja kilometrejä. Tälle välille ei ole tehokasta suojaa. Ennen talo veistettiin paikan päällä ja käsiteltiin heti, kun se oli pystytetty. Silloin vastaavia ongelmia ei siis ollut.

Tämän insinööriyön tulosten perusteella voidaan todeta, että hirsien suojaaminen erilaisilta ympäristön vaikutuksilta on erittäin tärkeää. Suojaamisella voidaan estää turhaa puhdistustyötä tai mahdollisia reklamaatioita. Aineiden ominaisuuksissa oli eroja, aine A hylki paremmin vettä, kun taas maalin tarttuvuus siihen oli hieman huonompi. Erinomainen vedenhylkimiskyky teki kuitenkin aine A:stä selvästi paremman tuotteen ja maalien tarttuvuudelle tehdään lisätestausta.

Hyvin pienillä määrillä ainetta saatiin merkittäviä tuloksia suojaamisen kannalta. Hydrofobisen pinnan muodostuminen puun pinnalle esti myös lian tarttumista ja helpotti hirren putsaamista huomattavasti. Aineella on suuri vaikutus erityisesti painumattomassa hirressä, jossa päätypuu on ylöspäin. Hirsi on alttiina rungon pystytys vaiheessa kuurosateille ilman suojausta. Hartsiliima estää veden imeytymisen ja näin vesi kerkeää haihtua pois

On hyvä muistaa, että aine ei ole kuitenkaan pysyvä suoja-aine hirrelle, se antaa vain kuljetuksen ja rakentamisen aikaisen suojauksen. Auringon UV-säteilyn takia sen vaikutus häviää noin kuudessa kuukaudessa. Hirren pinnat on siis käsiteltävä lopullisella pinnoitteella mahdollisimman nopeasti. Kuitenkin suoja on riittävä siihen, että pystytyksiä voidaan tehdä turvallisesti talvella ja hoidetaan pinnoitus heti kun sää antaa siihen mahdollisuuden.

## LÄHTEET

### Kirjalliset lähteet

Hakalinen, P., 1999. Rakennan hirrestä. Rakennustieto Oy

Jäntti, V., 2008. Hongan 50 vuosikerta. Helsinki: Lönnberg Painot Oy

Kolahmainen, A., 1996. Hirsirakentamisenperinne. Rakennustieto Oy

Korpela, A., 2014. Hirren pinnan suojakäsittely hartsiliimalla – kokeellinen esiselvitys (HonkaRossin) Helsinki: VTT

Lauharo, K., 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. UNIPress Oy Ab

Vuolle- Apila, R., 1996. Hirsitalo. Helsinki: Rakennusalan Kustantajat

Vuolle-Apila, R., 2008. Hirsityöt. Risto Vuolle-Apila ja Multikustannus Oy

## Elektroniset lähteet

Artichousen 2014. Hirsiprofiilit [viitattu 8.9.2014] Saatavissa:  
<http://www.artichouse.fi/artichousen-hirsitalopaketit/artic-hirret/hirsiprofiilit/>

Elixin 2014. Puunkäsittely [viitattu 17.6.2014] Saatavissa:  
<http://www.elixi.fi/puunkasittely/ulkokayttoon>

Hirsilinna 2014. Lamellihirsi [viitattu 12.10.2014] Saatavissa:  
<http://www.hirsilinna.com/hirsiteknologia/lamellihirsi/>

Hongos 2014. Salvokset [viitattu 1.8.2014] Saatavissa:  
<http://www.hongos.fi/palvelut/salvokset-ja-nurkkatyypit/>

Honka 2014. Media [Viitattu 20.10.2014] Saatavissa:  
[http://www.honka.fi/media/fi\\_FI/logos/](http://www.honka.fi/media/fi_FI/logos/)

Honka 2014. Painumatonhirsi [viitattu 17.6.2014] Saatavissa:  
<http://www.honka.fi/painumaton-hirsirunko>

Huliswood 2014. Kelo (viitattu 1.9.2014) Saatavissa:  
<http://www.huliswood.fi/fi/kelo/kelosanastoa>

Kultahirsitalot 2014. Tarvikkeet [viitattu 20.10.2014] Saatavissa:  
[http://www.kultahirsitalot.fi/tarvikkeet/tarvikkeet\\_irtto.html](http://www.kultahirsitalot.fi/tarvikkeet/tarvikkeet_irtto.html)

Pintanikkarit 2014. [viitattu 1.6.2014] Saatavissa:  
<http://www.pintanikkarit.fi/kauppa/index.php?tid=351>

PuuProffa 2012. Hirsisalvokset ja Veistettyhirsi [viitattu 1.9.2014]  
Saatavissa:  
[http://www.puuproffa.fi/PuuProffa\\_2012/7/hirsisalvokset/veistetty-hirsi](http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/hirsisalvokset/veistetty-hirsi)

PuuProffa 2012. Hirsisalvokset ja Veistettyhirsi [viitattu 1.9.2014]  
Saatavissa:  
[http://www.puuproffa.fi/PuuProffa\\_2012/7/hirsisalvokset/kelohirsi](http://www.puuproffa.fi/PuuProffa_2012/7/hirsisalvokset/kelohirsi)

Tekniikka ja talous 2014. Rakennus [viitattu 5.7.2014] Saatavissa:  
<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/honkarakenne+pyrkii+irti+hirsimokkiimagosta/a131911>

Tikkurila 2014. Tuotteet [viitattu 9.11.2014] Saatavissa:  
[http://www.tikkurila.fi/kotimaalarit/tuotteet/valtti\\_color\\_extra](http://www.tikkurila.fi/kotimaalarit/tuotteet/valtti_color_extra)

Vastavalo 2014. Ilmakuvat [Viitattu 1.10.2014] Saatavissa:

<http://www.vastavalo.fi/ilmakuva-ilmavalokuva-honka-karstulassa-457984.html>

Yle 2014. Honkarakenne keskittää karstulaan [ viitattu 5.7.2014]

Saatavissa:

[http://yle.fi/uutiset/honkarakenne\\_keskittaa\\_tuotantonsa\\_karstulaan/6436193](http://yle.fi/uutiset/honkarakenne_keskittaa_tuotantonsa_karstulaan/6436193)

## Haastattelut

Korpela, A., 2014. Tutkija. VTT Haastattelu: [4.3.2014 ja 17.3.2014]

Nokelainen, T., 2014. Tuotekehityspäällikkö Honkarakenne Oyj Haastattelu: [4.3.2014 ja 2.7.2014]

Hanhikoski J.M., 2014. Kehityspäällikkö Honkarakenne Oyj Haastattelu: [28.3.2014]

Talasniemi, V., 2014. Puupintojen tutkija Tikkurila Oyj Haastattelu: [29.4.2014 ja 2.7.2014]

Koskinen, L., 2014. Account Manager BASF Oy Haastattelu: [1.11.2014]

Torbjörn, A., 2014, Myyntiedustaja Kemira Oy Puhelin haastattelu: [12.4.2014]



## LIITE 1. RUNKOHALLIN POHJAKUVA SALATTU

## LIITE 2. JÄTTILINJAN POHJAKUVA SALATTU