



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

# Hienosahapintaisten ulkoverhouspaneelien pinnanlaatu

Koskisen Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikan koulutusohjelma  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Jere Kylökäs

Lahden ammattikorkeakoulu  
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

KYLÖKÄS, JERE:

Hienosahapintaisten  
ulkoverhouspaneelien pinnanlaatu

Materiaalitekniikan opinnäytetyö, 41 sivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla hienosahapintaisia ulkoverhouspaneeleita, jotka on valmistettu eri menetelmillä. Työssä tutkittiin myös syitä siihen, mitkä tekijät aiheuttavat pinnan karvoittumista. Työssä keskityttiin vertailemaan kolmella yleisimmällä tavalla valmistettuja paneeleita. Vertailussa on mukana vannesahapintainen paneeli, höylällä karhennuskuttereilla työstetty paneeli sekä höylän jälkeen olevalla hienosahalaitteella karhennettu paneeli.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on käytetty monipuolisesti eri kirjallisia sekä internetlähteitä. Erityisesti RT-kortit 82–10571 ja 21–10978 osoittautuivat hyödyllisiksi. Tutkimusosuudessa on hyödynnetty Starkki Oy:ltä saatuja paneeleja, joista sain koekappaleet vertailuun. Lisäksi kokeellisessa osuudessa on tehty esimerkiksi kosteusmittauksia Koskisen Oy:n höyläämöllä raaka-ainepaketeista.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi tuotantoa kehitettäessä sekä ongelmanratkaisussa, jos paneelien tuotannossa esiintyy laatuongelmia pinnan liiallisena karvoittumisena.

Tuotannon kehittämisen kannalta työn tuloksena syntyi idea, jos ulkoverhouspaneelien karvaisuutta pystyttäisiin vähentämään maalauksen yhteydessä hiomalla niitä kevyesti harjahiomakoneella. Sopiva karkeus harjalle tulee etsiä kokeilemalla, mikä toimii parhaiten.

Avainsanat: Karhennuskutteri, Kosteus, Karvoittuminen, pintakäsittely

Lahti University of Applied Sciences  
Degree programme in Material Technology

KYLÖKÄS, JERE: Surface quality of fine sawed external  
cladding panels

Bachelor's Thesis in material technology, 41 pages

Spring 2015

ABSTRACT

---

The objective of this thesis was to compare fine sawed external cladding panels that have been produced with different machining methods. Also, the factors that cause too rough surface were studied. This work concentrates on comparing panels that have been produced in the three most general ways. The comparison includes band sawed panel, panel processed with paint cutter and panel roughened by fine saw machine.

In the theory part of the thesis, many different literature and internet sources were used. Especially RT-cards 82-10571 and 21-10978 turned out beneficial. Starkki Oy provided panels that were utilized as test samples for comparison. In addition, in the experimental part, for example moisture measurements were made of raw material packages at Koskinen Oy planing mill.

The results of the work can be utilized for example when developing production and in problem solving if there are quality problems because of too rough surface in the panel production.

Keywords: Paint cutter, Moisture, roughness, surface finishing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HAVUPUIDEN RAKENNE	2
2.1	Runko	2
2.2	Vesisolut eli trakeidit	5
2.3	Ydinsäteiden solut	6
3	PUUN KOSTEUSELÄMINEN	7
3.1	Kosteuselämisen edellytykset	7
3.2	Kutistuminen ja turpoaminen	7
4	TERIEN PINNANLAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	8
4.1	Terägeometria	8
4.2	Lastunmuodostus puuta työstettäessä	9
4.3	Terän materiaali	10
5	RAAKA-AINEEN VAIKUTUS PINNANLAATUUN	11
5.1	Puulajit	11
5.2	Puutavaran laatu	11
5.3	Sahatavaran laatuluokitus oksien perusteella	12
5.4	Kosteus	15
5.5	Kosteusmittaukset	16
6	PINTAKÄSITTELYN VAIKUTUS KARVOITTUMISEEN	17
7	LEVITYSMENETELMÄT JA KUIVAAMINEN	18
7.1	Vakuumpinnoitus	18
7.2	Ruiskuautomaatit	19
7.3	Suurpaineruiskutus	20
7.4	Hajoitusilmaruiskutus	21
7.5	Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus	21
7.6	Kuivaus	21
8	ULKOVERHOUSPANEELIN VALMISTUS	23
8.1	Höyläys vannesahatusta puutavarasta	23
8.2	Hienosahalaite	26
8.3	Karhennuskutteri	28

9	ULKOVERHOUSPANEELIN OMINAISUUDET JA PINNANLAATU	32
9.1	Profiilit	32
9.2	Paneelin ominaisuuksien parantaminen höyläyksessä	33
9.3	Ulkoverhouspaneelin näkyvien pintojen laatuvaatimukset	35
10	TUTKIMUKSEN ANALYSOINTI	37
10.1	Raaka-aineen laadun vaikutus karvoittumiseen	37
10.2	Työstömenetelmien vaikutus karvoittumiseen	37
10.3	Pinnan hiominen harjakoneella	38
11	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40

# 1 JOHDANTO

Idean ja aiheen opinnäytetyöhön sain Koskisen Oy:ltä Järvelästä. Koskisen Oy on vuonna 1909 Järvelässä perustettu perheyrittys. Yrityksen toiminta on keskittynyt eteläiseen Suomeen, sillä sen tuotannon toimipaikat sijaitsevat Järvelässä, Vierumäellä ja Hirvensalmella. Lisäksi on myös yksi toimipaikka, joka sijaitsee Venäjällä Volognan läänin Sheksnassa. Järvelässä sijaitsee myös sisaryhtiö Koskitukki Oy, joka vastaa konsernin puunhankinnasta. (Koskisen 2015.)

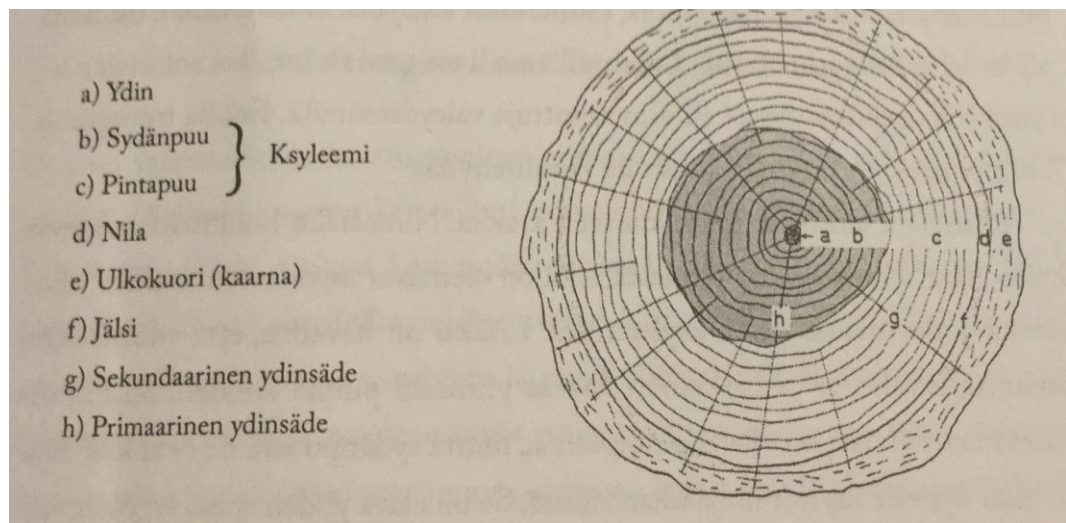
Koskisen Oy:n yksi tärkeimmistä myyntituotteista on vaneri. Yksi suurimmista asiakkaista on kuljetusvälineteollisuus, jossa tarvitaan paljon vaneria esimerkiksi puoli- ja täysperävaunujen, henkilö- ja pakettiautojen sisäverhoukseen. Koskisen Oy tuottaa myös pitkälle jalostettua puutavaraa rakennusteollisuuden, puusepänteollisuuden ja yksityisten henkilöiden tarpeisiin. Tuotevalikoimiin kuuluvat myös valmiiksi tehdyt rakennuskomponentit, kuten kattoristikot, jotka valmistetaan Järvelässä. Koko konsernin liikevaihto vuonna 2013 oli 220 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli 53 prosenttia. (Koskisen 2015.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan ulkoverhouspaneeleita. Paneeleista tutkitaan niiden hienosahapintaa. Pinnasta tutkitaan, kuinka eri työstömenetelmät vaikuttavat pintaan, mikä aiheuttaa pinnan karvoittumista ja miten karvoittumiseen voidaan vaikuttaa. Paneelien pinnan tulee olla karhea, jotta ulkoverhouksessa siihen saadaan riittävä maalin tunkeutuminen ja kerrosvahvuus, mutta pinta ei saa kuitenkaan olla liian karhea, koska silloin se ei näytä hyvältä. Aihetta tutkitaan puun rakeenteellisten ominaisuuksien kannalta sekä eri työstömenetelmien vaikutuksien kannalta. Lisäksi työssä on yleisesti tietoa esimerkiksi ulkoverhouspaneelien ominaisuuksista, jotka tukevat tutkimusaihetta.

## 2 HAVUPUIDEN RAKENNE

### 2.1 Runko

Rungon tehtävinä on tukea puuta, kuljettaa vettä ja ravinteita juurten ja latvuston välillä sekä varastoida ravintoaineita. Puunrunko koostuu kahdeksasta eri osasta. Puun rungon osat ovat esitetty Kuviossa 1. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)



KUVIO 1. Rungon kerrokset (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13.)

Ydin on puun ensimmäisen kasvuvuoden aikana muodostunutta puusolukkoa. Ytimellä on huono mekaaninen lujuus. Rungon poikkileikkauksessa se näkyy muutaman millimetrin paksuisena yleensä muuta puuainesta tummempana pisteenä. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)

Puuaines eli ksyleemi koostuu sydänpuusta ja pintapuusta. Ksyleemi muodostaa pääosan rungosta. Ksyleemi muodostuu pääasiassa rungon suuntaisista ja pitkulaisista puusoluista ja kasvukauden vaihtelevat olosuhteet vaikuttavat ksyleemin rakenteeseen. Puiden kasvunopeus on suurin keväällä, jolloin puuhun muodostuu kevätpuuta, joka toimii lähinnä johtosolukkona. Kasvukauden edetessä puunkasvu hidastuu, jolloin puuhun alkaa muodostua myöhäis- eli

kesäpuuta. Yhdessä kevät- ja kesäpuu muodostavat puun vuosirenkaan eli luston. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)



KUVIO 2. Poikkileikkaus kuusesta (Puuntuottaja 2015.)

Kuviossa 2 erottuvat kevätpuu sekä kesäpuu selvästi toisistaan. Kesäpuuta ovat leikkauksessa näkyvät tummat rinkulat ja kevätpuuta vaaleat leveämmät rinkulat. Puuainesta voidaan jakaa nuorpuuhun ja aikuispuuhun. Nuorpuu on noin 10–20 vuosiluston levyinen vyöhyke aivan ytimen ympärillä. Aikuispuu muodostaa lopun osan ksyleemistä. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)

Usein puun poikkileikkauksen keskellä voidaan havaita tummempi alue, jolla on myös muuta puuainesta alhaisempi kosteuspitoisuus. Tämä osa on sydänpuuta, jonka solut ovat kuolleita ja jotka eivät osallistu vedenkuljetukseen. Vaaleampi ulkokehä muodostuu elävästä pintapuusta, jossa ravinteet ja vesi kulkevat. Pintapuuta on yleensä noin 10 vuosiluston levyinen alue. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)

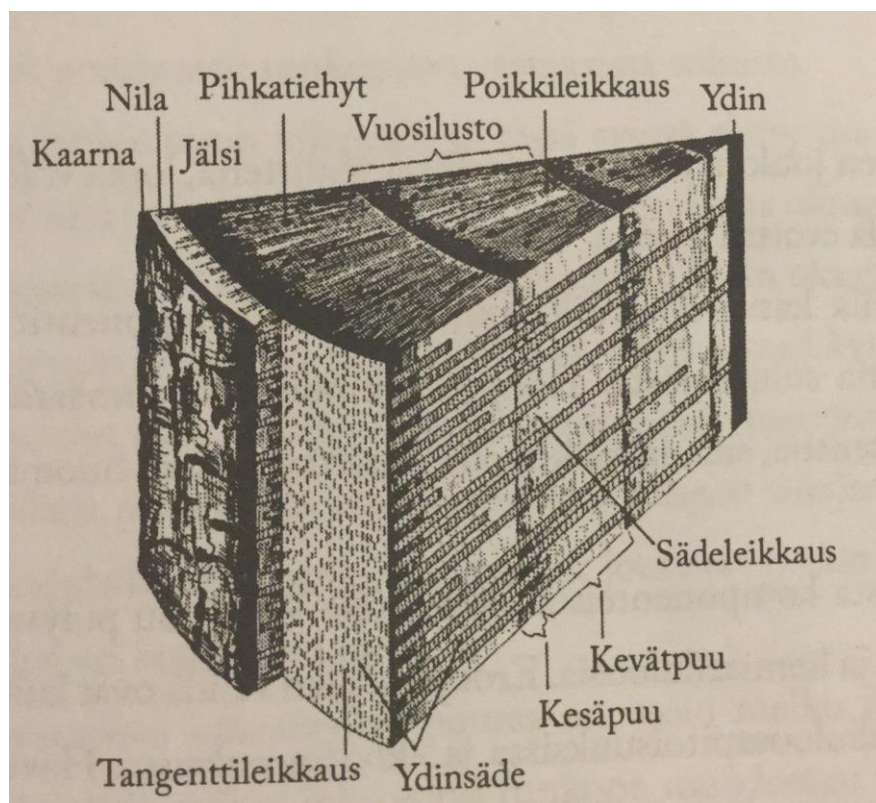
Puuaineksessa kulkee säteen suuntaisia ydinsäteitä, joiden tehtävänä on ravinteiden kuljetus rungon poikkisuunnassa. Ydinsäteet ovat yleensä yhden



solurivin levyisiä, ja näissä ydinsäteissä voi kulkea myös pihkatieyhteitä. Säteet jatkuvat puun kuoreen asti. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)

Jälsi sijaitsee ksyleemin ja nilan välissä. Se on elävä yhden solun levyinen kerros, jossa kaikki solut ovat eläviä ja jakautumiskykyisiä. Solunjakautumisen vaikutuksesta muodostuu sekä uutta puuainesta, että uutta nilaa. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)

Nila ja ulkokuori muodostavat yhdessä puunkuoren. Nila on elävistä soluista muodostunut ohut kerros, jonka tehtävänä on kuljettaa ravinteita. Ulkokuori eli kaarna on kuolleesta puusta muodostunut kerros, joka suojaa puuta. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13 - 15.)



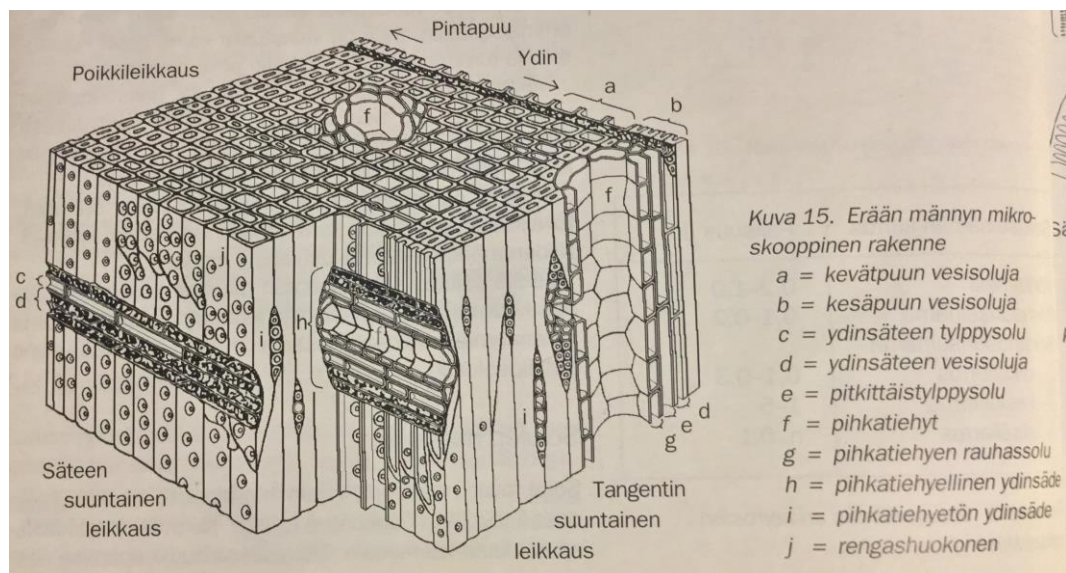
KUVIO 3. Puun sisäinen rakenne (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 15.)

Havupuu muodostuu kahdenlaisista soluista. Havupuussa on eniten vesisoluja eli trakeideja. Niiden osuus on 90–95%. Jäljelle jäävä loppuosa eli 5-10 % on

ydinsäteitä, jotka muodostuvat pääasiassa tylppysoluista. (Kuikka & Kunelius 1992, 16.)

## 2.2 Vesisolut eli trakeidit

Vesisolut antavat havupuulle sen mekaanisen lujuuden sekä huolehtivat veden kuljettamisesta. Veden kuljetus tapahtuu pääasiassa ohutseinäisten ja suurionteloisten kevätpuun vesisolujen kautta. Vesi siirtyy vesisolusta huokosten kautta. Nesteet pääsevät vesisoluista ydinsäteiden tylppysoluihin niiden välissä olevien huokosten kautta. (Kuikka & Kunelius 1992, 16–17.)



KUVIO 4. Havupuun mikroskooppinen rakenne (Kuikka & Kunelius 1992, 16.)

Solujen koot vaihtelevat paljon. Tämä johtuu esimerkiksi perintö- ja kasvutekijöistä eri puulajien välillä, mutta vaihteluita on myös samankin puulajin eri yksilöiden välillä. Vaihtelua esiintyy jopa saman vuosilustonkin solujen välillä. Rungossa vesisolujen pituus kasvaa pintapuuhun päin. Solujen koko on suurimmillaan puun keskellä pituussuunnassa katsottaessa. Solujen koko siis pienenee latvaa ja tyveä kohti mentäessä. Pohjoismaisen kuusen ja männyn vesisolujen pituus on keskimäärin 2-4 mm ja tangentin suuntainen läpimitta 20–40 µm. Kesäpuun vesisolun läpimitta säteen suunnassa on pienempi kuin tangentin

suunnassa. Lisäksi kesäpuun vesisolujen seinämän paksuus on selvästi suurempi kuin kevätpuun. (Kuikka & Kunelius 1992, 16–17.)

### 2.3 Ydinsäteiden solut

Ydinsäteet muodostuvat normaalisti tylppysoluista, mutta niissä saattaa olla myös vesisoluja. Ydinsäteessä saattaa olla myös pihkatieyhe. Kasvavassa puussa tylppysolut ovat ohutseinämäisiä eläviä soluja. Kuusella ja männyllä niiden pituus on 0,01-0,16 mm ja läpimitta 2-50  $\mu\text{m}$ . Ydinsäteissä olevat vesisolut ovat suunnilleen samankokoisia kuin tylppysolutkin. Vesisolujen tärkein tehtävä on kuljettaa nestettä säteen suunnassa puuaineksessa. (Kuikka & Kunelius 1992, 16–17.)

### 3 PUUN KOSTEUSELÄMINEN

#### 3.1 Kosteuselämisen edellytykset

Puuaines on hygroskooppista, eli se kutistuu ja turpoaa kosteuden vaikutuksesta. Puun kosteus nousee, kun se absorboi vettä. Vastaavasti kosteus alenee desorptiossa, kun vesi kuivuu puusta. Näitä ilmiöitä nimitetään yhdessä sorptioksi. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 121 - 122.)

Adsorption ja kuitujen turpoamiseen vaaditaan, että puuaines sisältää vesimolekyylejä absorboivia ryhmiä. Eli siis puun tulee sisältää ryhmiä, jotka kykenevät muodostamaan vetysidoksia vesimolekyylien kanssa. Tällaisia puupolymeerejä ovat amorfinen selluloosa sekä hemiselluloosat. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 121 - 122.)

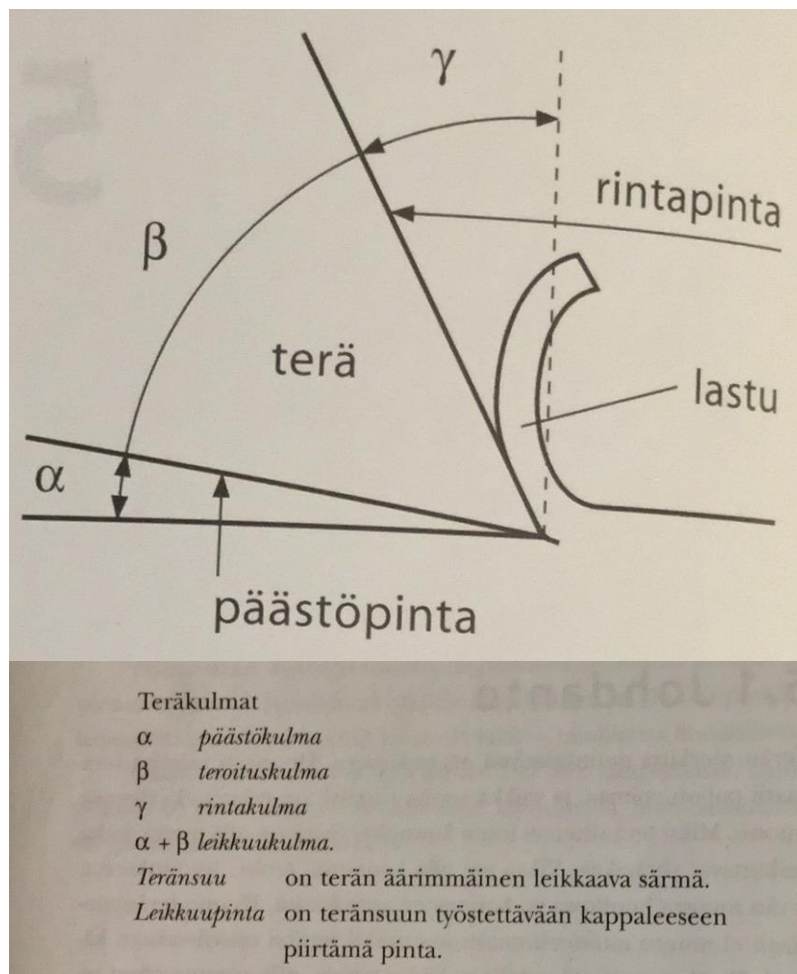
#### 3.2 Kutistuminen ja turpoaminen

Puun solukkojen ja anisotropian vuoksi kutistuminen ja turpoaminen ovat erilaisia eri suuntiin (pituusäteen ja tangentin suuntaan). Puusoluissa kutistumista ja turpoamista tapahtuu oikeastaan vain poikkisuuntaisesti. Kiteisen rakenteen takia selluloosamikrofibrillit eivät liiammin turpoa tai kutistu, mutta mikrofibrilien välinen amorfinen hemiselluloosamatriisi voi absorboida vettä. Tämän vaikutuksesta juuri mikrofibrillien välinen matriisi turpoaa ja turpoaminen etenee mikrofibrilliä vastaan poikkisuuntaisesti. Puun pituussuuntainen kutistuminen on hyvin vähäistä säteen ja tangentin suuntaisiin muutoksiin verrattuna. Tangentin suuntainen kutistuminen on suurempaa kuin säteen suuntainen. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 121 - 122.)

## 4 TERIEN PINNANLAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 4.1 Terägeometria

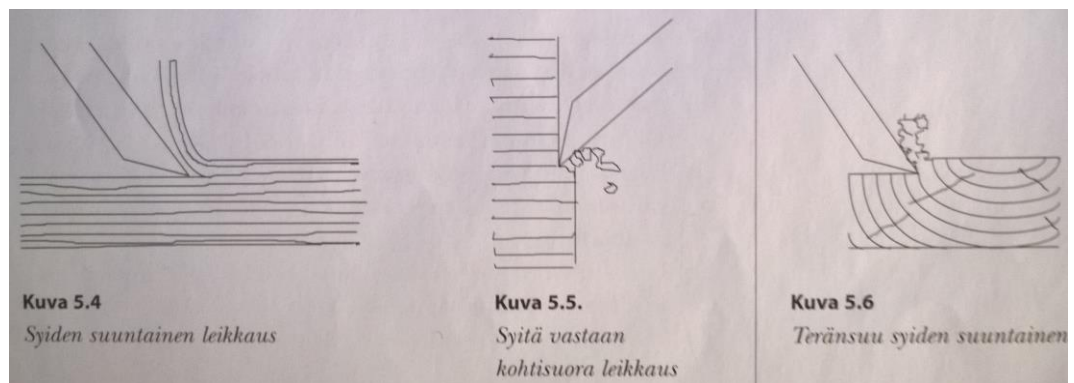
Terägeometrialla tarkoitetaan terän työstötapautumaan vaikuttavien osien mittoja ja muotoja. Lastuavien terien perusmuoto on kahden pinnan ja niiden välisen särmän muodostama kokonaisuus. Särmää kutsutaan terän suuksi tai pääsärmäksi. Terän pintaa, jota vasten lastu muodostuu, kutsutaan rintapinnaksi. Kun terä irrottaa lastun työstettävästä kappaleesta, kutsutaan syntynyttä pintaa leikkuupinnaksi. Terässä kappaleen leikkuupintaa vasten olevaa pintaa kutsutaan päästöpinaksi. Kuviossa 5 on esitetty edellä mainitut teräpinnat. (Voutilainen ym. 2002, 64.)



KUVIO 5. Terägeometria. (Voutilainen ym. 2002, 64.)

#### 4.2 Lastunmuodostus puuta työstettäessä

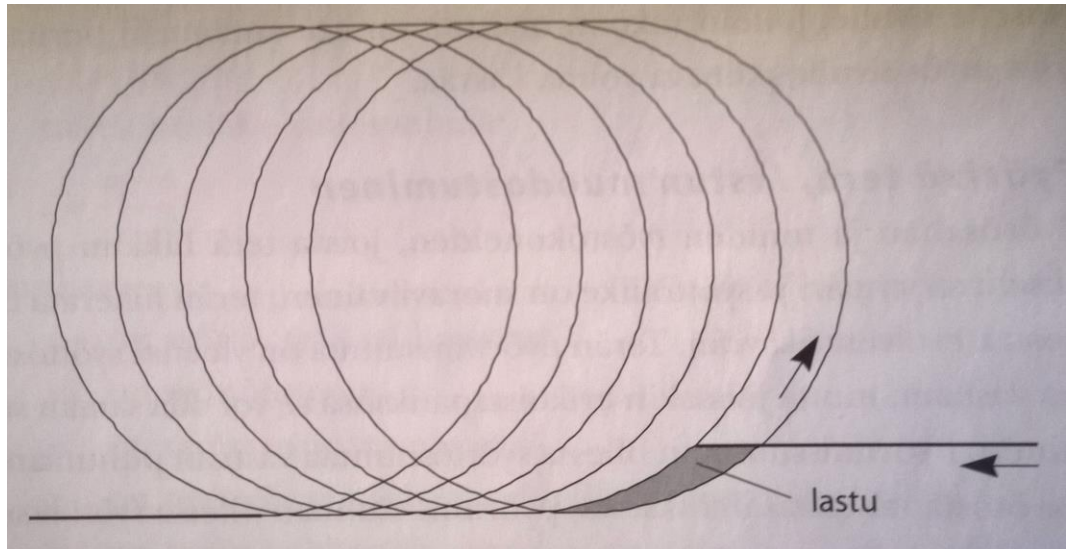
Puu on joustavaa materiaalia, ja erityisesti pehmeillä puulajeilla ja pienillä syöttönopeuksilla on havaittavissa lastunmuodostuksen epäjatkuvuutta. Puu painuu kasaan leikkuusärmän edessä, kunnes paine kasvaa niin suureksi, että puun kuidut leikkuusuunnasta riippuen katkeavat tai repeytyvät irti. Kuidut eivät käytännössä halkea silloinkaan, kun leikkaava särmä on syynsuuntainen vaan kimppu repeytyy irti. Murtumisen tapahtumiseen vaikuttavat teränsuun kulmat ja puun lujuusominaisuudet. Lastun muodostuminen riippuu voimakkaasti leikkuuliikkeen suunnasta puun syysuuntaan verrattuna. Pääleikkuusuunnat ovat: puun syynsuuntainen, kohtisuoraan puun syitä vastaan ja teränsuu syiden suuntainen. Leikkuusuunnat ovat esitetty kuviossa 6. (Voutilainen ym. 2002, 66.)



KUVIO 6. Leikkuusuunnat (Voutilainen ym. 2002, 66.)

Höylättäessä terän työstö ei ulotu kappaleen läpi, jolloin lastun paksuus vaihtelee nolosta ylöspäin. Kuviossa 7 on esitetty evolventtikäyrä ja syntyvän lastun muoto. Kuviossa on esitetty yhden terän kärjen liikerataa. Havainnollisuuden parantamiseksi syöttö ja lastunpaksuus on kasvatettu noin kymmenkertaiseksi verrattuna pyörimisympyrän kokoon. (Voutilainen ym. 2002, 73.)





KUVIO 7. Pyörivän terän evolventtikäyrä vastasyötössä (Voutilainen ym. 2002, 74.)

Lastun muodostumisen alussa terä painaa puun kuitukimppuja edellään, kunnes lastun paksuuden kasvaessa leikkausvoima on riittävän suuri pystyäkseen katkaisemaan kuitukimput ja terä alkaa muodostaa lastua. Lastun muoto ja esiintyvä normaalivoima riippuvat terän liikeradan ja lastunpaksuuden lisäksi terän geometriasta ja erittäin merkittävästi leikkaussuunnasta syöttösuuntaan nähden.

#### 4.3 Terän materiaali

Hyvältä terämateriaalilta vaaditaan kovuutta, kulumisen kestävyttä, sitkeyttä, muovattavuutta, hiottavuutta ja lämmönkestävyyttä. Lisäksi myös materiaalin edullisuus on hyödyksi, koska teriä kuluu paljon käytössä. Yleinen terien valmistusmateriaali on hiiliteräs. Pelkän hiiliteräksen ominaisuudet eivät kuitenkaan ole riittäviä teollisuudessa.

Jotta hiiliteräksestä saadaan parempi ominaisuuksiltaan, täytyy sitä seostaa muilla metalleilla. Pikateräs (High Speed Steel, eli HSS) on yleisesti höylän terissä käytetty raaka-aine. Sitä on seostettu wolframilla, koboltilla, kromilla, molydeemilla ja vanadiumilla. Seostamalla teräksestä saadaan paremmin kulutusta kestävää sekä parempi lämmönkestävyys. (Opetushallitus 2015)

## 5 RAAKA-AINEEN VAIKUTUS PINNANLAATUUN

### 5.1 Puulajit

Julkisivuverhouksiin käytetään eniten kuusta sen parempien ominaisuuksien vuoksi verrattuna mäntyyn. Kuusen solukkorakenne sulkeutuu kuivuessaan ja se on pintapuusta sydänpuuhun asti samanlaista rakenteeltaan. Kuusen koko solukko vastaa vedenläpäisykyvyltään männyn sydänpuuta. Männyllä taas kuivuessaan pintapuolen solukko jää avoimeksi ja sydänpuun solukko sulkeutuu. Kuusi siis imee kauttaaltaan vähemmän kosteutta kuin mänty, jolloin se soveltuu ulkoverhouksiin paremmin. (Rakennustieto Oy 2002, 1.)

### 5.2 Puutavaran laatu

Pohjoismainen mänty- ja kuusisahatavaran lajittelu perustuu neljään eri peruslaatuluokkaan, johon sahatavara lajitellaan ulkonäön perusteella. Laatuluokat ovat: A, B, C, D sekä yhdistelmäluokka AB. Näistä paras luokka on A (us). Toiseksi paras on luokka B (kvintta), jota käytetään yleisesti kantaviin rakenteisiin. Luokat C (seksta) ja D ovat lähinnä tarkoitettu tilapäistarkoituksiin esimerkiksi muottikäyttöön. Luokka D on kaikista huonoin, siihen lajitellaan kaikki, mikä ei kelpaa luokkiin A, B tai C. Ulkoverhouksiin tulee käyttää vähintään luokkaa B, mutta suositeltavaa on käyttää luokkaa A. (Rakennustieto Oy 2009, 9.)

Kuviossa 8 on esitetty kuusisahatavaran laatuluokat A, B ja C. Lajittelu perustuu visuaaliseen tarkasteluun joko koneellisesti tai silmin tehtynä. Lajittelussa kaikki sivut tarkastellaan erikseen. Laatuluokka määritellään pintalappen ja molempien syrjien perusteella. Sydänlape saa olla yhtä laatuluokkaa huonompi. (Rakennustieto Oy 2009, 9.)





KUVIO 8. Kuusisahatavaran laatuluokat (Rakennustieto Oy 2009, 9.)

### 5.3 Sahatavaran laatuluokitus oksien perusteella

Alla olevassa Taulukossa 1 on esitetty pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeet, jotka luovat perusteet lajittelulle. Ulkoverhouspaneelien valmistuksen kannalta tarkasteltavat luokat ovat A ja B, koska niitä käytetään paneelien valmistukseen. Taulukosta nähdään, että luokassa A sahatavaran lappeella huonoimmalla yhden metrin osuudella sallitaan neljä oksaa, joista kaksi enintään saa olla kuorioksia. Lisäksi luokassa A huonoimmalla metrin osuudella kappaleen syrjällä sallitaan kaksi tervettä ja kuivaa oksaa, joista vain yksi saa olla kuorioksa.

Myös oksien sallittu koko on taulukossa 1 määritelty. Sallittuun lapeoksan kokoon vaikuttavat sahatavaran paksuus sekä leveys. Esimerkiksi jos kappaleen paksuus on 22 mm ja leveys 100 mm, niin suurin sallittu lapeoksan koko on silloin 20 mm. Sallitun syrjäoksan koon määrittää pelkästään kappaleen paksuus. Esimerkiksi taulukosta 1 nähdään, että jos kappale on 22 mm vahva, sallitaan silloin maksimissaan 20 mm syrjäöksat.

Taulukossa 1 on annettu ehdot myös muun tyyppisille oksille. Ryhmäoksa ja kuivaoksa saavat olla kooltaan enintään 70 prosenttia ulkolapella tai syrjällä

edellä mainituista oksankoista. Lisäksi kuoren ympäröimä oksa saa olla enintään 50 prosenttia sallitusta oksankoosta lappeella tai syrjällä.

Taulukosta 1 nähdään, että luokassa B sallitaan hieman enemmän oksia, ja ne saavat olla kooltaan suurempia. Lisäksi luokassa B sallitaan laho-oxsa, joka voi olla enintään 50 prosenttia terveiden oksankoosta. Luokassa B ei ole myöskään rajoitettu terveiden kooltaan alle 10 mm kokoisten oksien määrää. Kummassakaan luokassa oksat eivät saa olla irtonaisia.

TAULUKKO 1. Sahatavaran laatuluokitus oksien perusteella (Rakennustieto Oy 2009, 10.)

PÄÄLAADUT		A	B	C
<b>OKSIEN SALLITTU ENIMMÄISMÄÄRÄ HUONOIMMALLA 1 METRIN OSUUDELLA</b>				
Lappeella, terveet ja kuivat oksat / joista kuorioksia <sup>1)</sup>		4/2	5/3	8/4
Syrjällä, terveet ja kuivat oksat / joista kuorioksia <sup>1)</sup>		2/1	3/2	4/3
<b>LAPEOKSIEN KOKO</b>				
Sahatavaran paksuus mm	Sahatavaran leveys mm	Terveen lapeoksan läpimitta enintään mm		
16,19,22,25	75, 100, 115	20	35	50
	125,150	25	40	55
	175,200,225	30	45	60
32,38	75, 100, 115	25	40	55
	125,150	30	45	60
	175,200,225	35	50	65
44,50	75, 100, 115	30	45	60
	125,150	35	50	65
	175,200,225	40	55	70
63,75	75, 100, 115	35	50	65
	125,150	40	55	70
	175,200,225	45	60	75
<b>SYRJÄOKSIEN KOKO</b>				
Sahatavaran paksuus mm	Terveen syrjäoksan läpimitta enintään mm			
16,19	18	-	-	-
22,25	20	-	-	-
32,38	28	30	-	-
44,50	30	40	-	-
63,75	35	50	-	-
<b>MUIDEN OKSIEN KOKO ULKOLAPPEELLA JA SYRJÄLLÄ</b>				
Oksatyyppi <sup>2)</sup>	Oksan läpimitta enintään % em. terveiden oksien mitasta			
Ryhmäoksa	70	70	80	
Kuiva oksa	70	70	100	
Kuoren ympäröimä oksa	50	60	80	
Laho oksa		50	80	

<sup>1)</sup> laaduissa B ja C ei enintään läpimitaltaan 10 mm suuristen terveiden tai kuivien oksien lukumäärälle ole asetettu rajoituksia laaduissa B ja C sallitaan myös laho-oksia

laadussa C sallitaan myös enintään läpimitaltaan 15 mm suuriset oksanreiät tai irto-oksat  
- oksan halkaisija on yhtä suuri kuin sahatavaran paksuus

<sup>2)</sup> laaduissa A ja B oksat eivät saa olla irtonaisia.



KUVIO 9. Sahatavaran oksa- ja laatuviikoja (Rakennustieto Oy 2009, 11.)

#### 5.4 Kosteus

Raaka-aineen kosteuden tulee olla sellainen, että paneelit eivät oleellisesti kutistu tai turpoa käyttökohteessa asennuksen jälkeen. Höyläyksen jälkeen valmiin tuotteen tulee säilyttää oleelliset mittansa ja mittatarkkuutensa. Toisin sanoen loppukosteuden tulisi olla lähellä käyttökohteen keskimääräistä tasapainokosteutta. Tämän voi varmistaa antamalla paneelien kosteuden tasaantua ennen asennusta asennuskohteessa. Jos kosteus ei ole tasainen asennusvaihteessa, aiheuttaa se asennukseen mittavaihteluita ja lopputulos kärsii. (Forsèn & Tarvainen 2003, 30–31.)

Kuivauksen jälkeen tulisi kiinnittää myös huomiota siihen, miten raaka-ainepaketteja säilytetään. Esimerkiksi ulkona niitä ei tulisi säilyttää tarpeettoman pitkään ainakaan, jos niiden suojahuput ovat huonoja tai jos niitä ei ole ollenkaan, koska silloin esimerkiksi sadevesi saattaa päästä kastelemaan suuren osan paketin kappaleista. Kastuneet kappaleet aiheuttavat vaihteluita pinnanlaatuun ja myös tarpeetonta lajittelua ja hukkaa tuotantoon. Lisäksi höyläykseen saattaa tulla turhaa seisakkia, koska esimerkiksi höylän syöttönopeuteen saatetaan joutua tekemään muutoksia, jotta kappaleisiin saadaan hyvä pinnanlaatu ja ne saadaan kulkemaan sujuvasti höylän lävitse.

RT- ohjekortin 21–10626 mukaan höylätyn ulkoverhouspaneelin maksimikosteus on 20 prosenttia. Teollisesti pohjamaalattun paneelin kosteus on 15–20 prosenttia. Muihin käyttökohteisiin höylätyissä puutavaroissa kosteudet voivat olla suurempia tai pienempiä. Esimerkiksi lattialaudan kosteus maksimissaan 10 prosenttia. (Forsèn & Tarvainen 2003, 16.)

Forsèn & Tarvaisen selvityksen mukaan paras kosteus kuusta höylättäessä on 13–17 prosenttia ja männyllä 12–18 prosenttia. Kosteuden ollessa yli 18 prosenttia jää pinnasta helposti nukkainen, kun pinta höylätään sileäksi. Jos taas kosteus on alle 10 prosenttia, kuivat oksat lohkeavat helposti ja terät saattavat lohkeilla osuessaan kuiviin ja koviin oksiin etenkin kuusta höylättäessä. Lisäksi liian kuivaksi kuivattu sahatavara on paksuudeltaan alle nimellismittansa, eikä siitä silloin saada kaikkia höylättäviä aihioita riittävän paksuina. Höyläysvara jää siis liian pieneksi ja pinnanlaatu kärsii siitä. (Forsèn & Tarvainen 2003, 32.)

## 5.5 Kosteusmittaukset

Suoritin kosteusmittauksia piikkikosteusmittarilla sekä punnitus-kuivausmenetelmällä. Tuotannossa oli ajossa 67 x 125 ST kuusta, joka halkaistiin vannesahalla kolmeen osaan. Mittasin kosteuden piikkikosteusmittarilla yhteensä 39 kappaleesta. Kappaleet valitsin useammasta eri paketista ja eri kohdista pakettia, jotta tuloksesta saataisiin mahdollisimman hyvä. Saaduista tuloksista laskin keskiarvon, josta tuli tulokseksi 15,1 prosenttia. Tulos on hyvä, koska kuivauksen tavoite oli ollut  $16 \pm 2$  prosenttia.

Lisäksi tutkin kosteuksia valmiiksi höylätyistä paneeleista punnitus-kuivausmenetelmällä, joihin oli tehty hienosahapinta höylän karhennuskutterilla. Tugin kosteuden yhteensä 11 kappaleesta. Otos on melko pieni, mutta ne ovat kuitenkin eri kohdista erää, niin nekin antavat riittävän tuloksen kosteudesta. Laskin saaduista tuloksista keskiarvon, joka oli 14,3. Tulos menee myös kuivauksen tavoitteeseen joka oli ollut sama kuin aikaisemmin  $16 \pm 2$  prosenttia. Mittauksien eroa selittää ainakin eri mittaustapa. Punnitus-kuivausmenetelmää voidaan pitää tarkempana. Lisäksi eroa syntyy, koska mittaukset tehtiin eri kuivauseriin. Lisäksi yksi vaikuttava tekijä on, että kappaleet olivat höylätty yön aikana ja hain ne aamulla, joten ne olivat kerenneet kuivua muutaman tunnin hallissa.

## 6 PINTAKÄSITTELYN VAIKUTUS KARVOITTUMISEEN

Hienosahatussa pinnassa olevat puukuidut on rikottu, jolloin ne eivät irtoa puusta, vaan nousevat pinnalle pystyyn. Kuitujen nousemista edistää kosteus. Koska pintakäsittelyyn käytetään vesiohenteisia tuotteita, niissä oleva vesi saa puunpinnan kuidut nousemaan pystyyn. Nykyään teollisuudessa käytetään yleisesti vesiohenteisia tuotteita pintakäsittelyyn tiukentuneiden ympäristömääräysten vuoksi.

Maalit sisältävät eri vesiohenteisia sideaineita eli dispersioita. Tärkein sideainetyyppi on akrylaatti. Polystyreeniakrylaatit ovat hinnaltaan edullisia. Myös polyuretaanidispersioita käytetään niiden paremman kemikaalienkeston ja kulutuskestävyyden vuoksi parantamaan maalin kestävyttä. Niiden käyttö on kuitenkin rajoitettua niiden korkean hinnan vuoksi. Sideaineet ovat dispergoituna pieninä hiukkasina veteen. Lateksimaalin kuivuminen perustuu veden haihtumiseen. Veden haihtuessa hiukkaset tarrautuvat yhteen, jolloin ne muodostavat yhtenäisen kalvon kappaleen pinnalle. Liuotepäästöjen vähentämisessä dispersionmaalin osuus on tärkeässä roolissa. (Tikkurila 2015, 2.)

## 7 LEVITYSMENETELMÄT JA KUIVAAMINEN

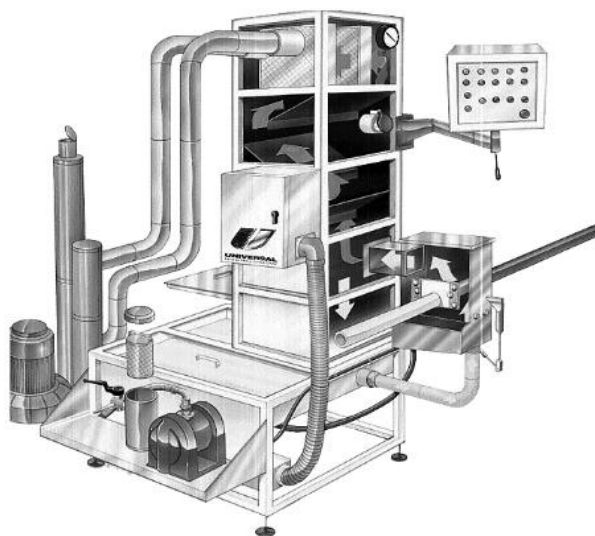
### 7.1 Vakuumpinnoitus

Vakuumpinnoitus, jota kutsutaan myös alipainepinnoitukseksi, on kasvattanut suosiotaan levitystapana ulkoverhouspaneelien pintakäsittelyssä. Suosion kasvuun on syynä vesiohenteisten ja uv-kovettuvien tuotteiden käytön lisääntyminen.

Vakuumpinnoitus on suunniteltu erityisesti niiden levitykseen.

Vakuumpinnoituksen soveltumattomuus liuotinpohjaisille tuotteille johtuu tiettyjen liuotteiden nopeasta haihtumisesta. Vakuumpinnoituksen etuna ulkoverhouspaneeleissa on maalin hyvä tunkeutuminen kappaleen jokaiseen koloon. Erityisesti hienosahapinnalla tunkeutuminen on hyvä. (Tikkurila. 2015, 24.)

Vakuumpinnoituksessa pinnoituskammion altaaseen pumpataan pinnoitusainetta, jota imuilman avulla atomisoidaan ja imetään yläkautta takaisin kiertoon. Tällä tavalla pinnoituskammion sisälle muodostuu tasainen maalisumu, jonka lävitse kappale kulkee. Kappale poistuu pinnoituskammioista tarkoin mitoitetun aukon lävitse, joka pyyhkii kappaleen pinnalta ylimääräisen pinnoitteen. Samalla kappaleen pintaa myöden kammion sisään virtaava imuilma kuljettaa ylimääräisen pinnoitteen mukanaan takaisin kammioon ja kiertoon.



#### KUVIO 10. Vakuumpinnoituslaite (Tikkurila 2015, 24.)

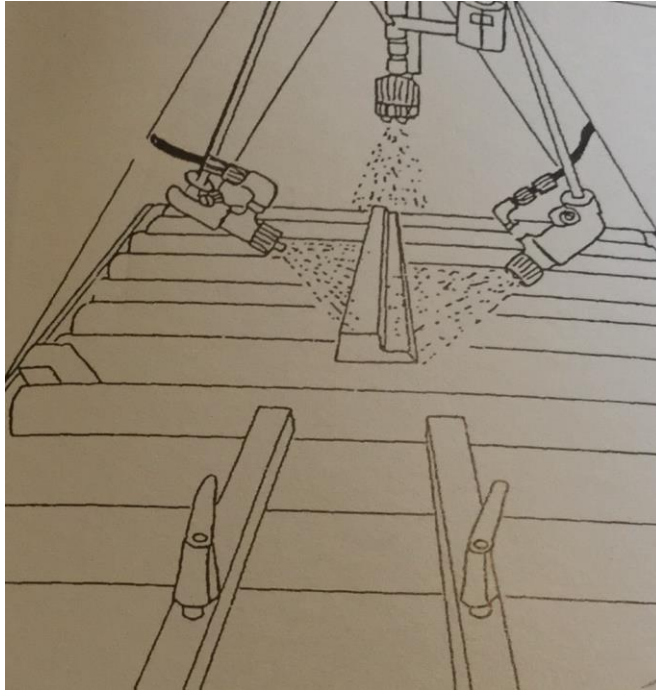
Kappaleen pinnalle jäävä levitteen määrä riippuu pinnoitusaineen määrästä pinnoituskammion altaassa. Jos pinnoitetta on vähän, niin myös levitysmäärä jää pienemmäksi, koska ainetta on vähemmän kierrossa. Myös virtaavan ilman nopeus kappaleen ulostuloaukossa vaikuttaa. Mitä nopeammin ilma virtaa, sitä enemmän maalia kulkeutuu takaisin kiertoon. Myös kappaleen läpikulkunopeus vaikuttaa levitysmäärään. Jos kulkunopeus on hidas, niin jää enemmän aikaa pinnoitteen imemiseen takaisin kiertoon, jolloin levitysmäärästä jää pienempi. Näiden lisäksi myös kappaleen pinnan karkeus vaikuttaa levitysmäärään. Karkeaan pintaan maali tarttuu parhaiten kiinni jolloin levitysmäärä kasvaa. Levitysmäärään vaikuttavat lisäksi myös maalin ominaisuudet, esimerkiksi viskositeetti ja adheesiokyky. (Tikkurila 2015, 24.)

#### 7.2 Ruiskuautomaatit

Ruiskuautomaatteja voidaan käyttää myös sahatavaran pintakäsittelyyn tai sitten ne voivat olla yhdistettynä vakuumilevityslaitteen kanssa, jolloin ruiskuautomaatti hoitaa osan käsittelystä. Esimerkiksi yksi käytetty yhdistelmä on, että ensin vakuumpinnoituskoneella kappaleet pohjakäsitellään ja ruiskuautomaatilla kappaleisiin tehdään pintamaalaus. (Tikkurila 2015, 29.)

Ulkooverhouspaneelien maalaukseen soveltuu listaruiskuautomaatti. Siinä on yleensä kolme linjan yläpuolella olevaa kiinteää ruiskutuspistoolia. Linjan nopeus on yleensä noin 30 – 50 m/minuutissa.





KUVIO 11. Listaruiskuautomaatin toimintaperiaate (Jussila ym. 1993, 191.)

Yleisesti listaruiskuautomaateissa käytetään ruiskutustekniikkana suurpaineruiskutusta, hajotusilmaruiskutusta tai ilma-avusteista suurpaineruiskutusta. (Jussila ym. 1993, 191)

### 7.3 Suurpaineruiskutus

Suurpaineruiskutuksessa pinnoite painetaan suuripaineisena suuttimen pienen aukon läpi, jolloin se hajoaa paine-eron vaikutuksesta sumuksi. Paine saadaan aikaan mäntä- tai kalvopumpulla. Ruiskutusaine on 70–140 baaria.

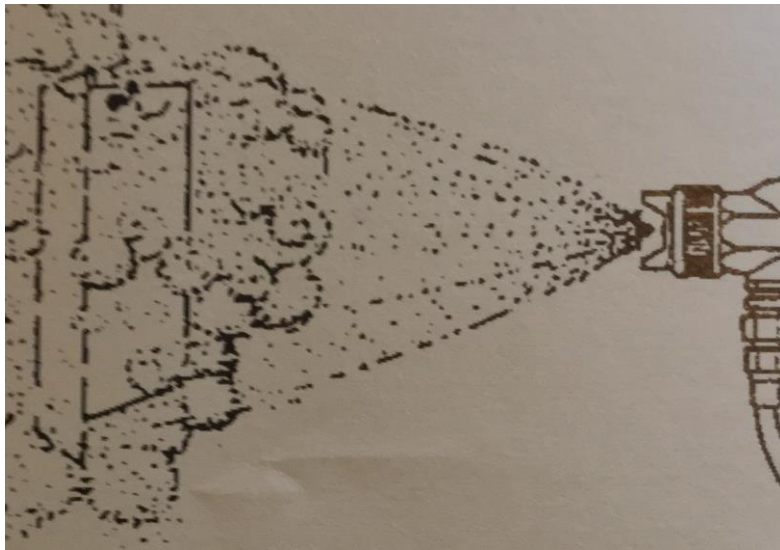


KUVIO 12. Suurpaineruisku (Jussila ym. 1993, 186.)

#### 7.4 Hajoitusilmaruiskutus

Hajoitusilmaruiskutus perustuu maalin hajottamiseen paineilmalla. Paineilman tulee olla puhdistettu kondensaatiosta ja epäpuhtauksista. Hajoitusilmaruiskussa on säätimet suihkun leveyden säätöön sekä maalimäärän hienosäätöön.

Menetelmän etuna on tasainen kalvonpaksuus, korkealuokkainen pinnanlaatu, nopea maalimäärän sekä suihkun säätö. Lisäksi hajoitusilmaruiskua voidaan käyttää monentyyppisille pinnoitteille ja lisäksi niiden hankinta- ja käyttökustannukset ovat pienet. (Jussila ym. 1993, 186.)



Kuvio 13. Hajoitusilmaruisku (Jussila ym. 1993, 186.)

#### 7.5 Ilma-avusteinen suurpaineruiskutus

Ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa hyödynnetään sekä suurpaine- että hajoitusilmaruiskutuksen etuja. Menetelmä eroaa suurpaineruiskutuksesta esimerkiksi pienemmällä syöttöpumpun painesuhteella, ja myös työpaineet ovat pienempiä. Ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa työpaine on välillä 30–70 bar. (Jussila ym. 1993, 186.)

#### 7.6 Kuivaus

Jotta kappaleen pintaan vaikuttavan maalin kosteuden vaikutus jäisi mahdollisimman pieneksi, tulee kuivauksen olla nopea ja mahdollisimman

tehokas. Maalissa oleva vesi aiheuttaa kappaleeseen kosteuselämistä, jolloin pinnassa olevat kuidut nousevat pystyyn ja kappaleen pinta karvoittuu. Erityisesti kappaleen siirtyminen kuivaukseen pitäisi olla mahdollisimman nopeaa, jotta kaikkein suurimman kosteuden vaikutusaika jäisi mahdollisimman lyhyeksi.

Vesiohenteisten maalien kuivaamiseen käytetään kuivaamista korotetussa lämpötilassa eli uunissa. Uunit voivat olla taso- tai kerrosuuneja riippuen kuivattavista kappaleista. Kerrosuunien käyttö on kuitenkin vähentymässä niiden huomattavasti pidemmän kuivausajan vuoksi. Lämpö kiihdyttää kemiallista reaktiota ja nopeuttaa vedenhaihtumista. Lämpö nostaa nopeasti pinnoitteen pintalämpötilaa, mikä nopeuttaa kuivumista. Kymmenen celsiusasteen lisäys kuivumislämpötilassa lyhentää kuivumisaikaa noin puoleen. Todella nopeita kuivumisaikoja saadaan, kun kuivauslämpötila ylittää 50 celsiusastetta. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että havupuuta maalattaessa kuivumislämpötila ei saa ylittää 45 celsiusastetta, koska silloin puussa oleva pihka alkaa valua. (Tikkurila 2015, 34.)

Uunien toiminta ei kuitenkaan perustu pelkkään lämmönkohottamiseen. Vaan merkittävässä roolissa kuivausprosessissa on uunin ilmankierto. Kun ilmankierto on mukana kuivauksessa, puhutaan konvektiosta. Konvektiolla tarkoitetaan, että lämmin ilma lämmittää kappaleen pintaa, mistä seuraa liuotteiden nopeampi haihtuminen. Ilmankierto pitää olla tehostettu puhaltimilla ja sitä voidaan myös tehostaa suuttimilla, jotka ohjaavat ilmavirran tarkasti kuivattavien kappaleiden pinnalle. Ilma pitää kuivattaa, jotta kuivuminen on tehokasta. (Tikkurila 2015, 31–36.)

## 8 ULKOVERHOUSPANEELIN VALMISTUS

### 8.1 Höyläys vannesahatusta puutavarasta

Yleisesti ulkoverhouspaneeleita valmistetaan vannesahapintaisesta aihioista höyläämällä. Aihiot sahataan kuivatusta ja lajitellusta sahatavarasta vannesahalla halkaisemalla. Vannesahatyypistä ja halkaistavan puutavaran vahvuudesta riippuen halkaisu voi olla yksi- tai kaksiteräinen. Näin höylättävään aihioon saadaan hienosahauspinta, joka on luonnollisen näköinen ja hyvä pohja pintakäsittelylle.

Koska puutavara on kuivattu ennen sahausta, saadaan siihen lyhytkarvaisempi pinta kuin kosteana sahattuun kappaleeseen. Vannesahauksessa on kuitenkin oltava jatkuvaa laaduntarkkailua, jotta pinta pysyy hyvälaatuisena. Alussa ennen kuin aletaan sahaamaan, tulee sovittaa sahausnopeus ja terän pyörimisnopeus oikeaksi suhteutettuna sahattavan tavaran mittoihin ja terien kuntoon. Vannesahan terät vaurioituvat myös melko helposti, jos sahan terään osuu epäpuhtauksia kuten kiviä. Myös erityisesti kuusessa olevat kovat oksat voivat vaurioittaa vannesahan piikkejä. Tämän vuoksi teriä joudutaankin vaihtamaan melko usein.

Vannesahauksen jälkeen kappaleet höylätään. Ulkoverhouspaneeleissa on monia yleisiä profiileita. On myös olemassa vielä erikoisprofiileita, joita varsinkin pienemmät höyläämöt valmistavat tilauksesta. Höyläyksessä käytetään nykyään yleisesti monikaraisia suurtehohöyliä, joiden ajonopeudet ovat suuria.

Höyläkoneessa ensimmäiset karat oikaisevat kappaleen, jotta se kulkee suoraan höyläkoneessa. Seuraavat karat työstävät kappaleen syrjät. Tämän vaiheen jälkeen kappale on leveyssuunnassaan oikeassa mitassa. Viimeiset karat työstävät kappaleeseen oikean vahvuuden. Ulkoverhouspaneelia vannesahatusta aihioista höylättäessä vain taustapuoli höylätään, jotta vannesahapinta säilyy. Taustapuoli voi olla sileähöylätty tai karkeahöylätty.

Nykyään vannesahalinja ja höylälinja on yhdistetty usein niin, että vannesahauksen jälkeen kappaleet menevät suoraan höyläykseen. Silloin aihioden laatu on parempi, koska niitä ei ole välissä pinkattu ja kuljetettu välivarastoihin. Pintakäsittelyn kannalta olisi myös hyvä, että kappaleet

maalattaisiin heti höyläyksen jälkeen, koska tuoreeseen sahapintaan saadaan paras mahdollinen tartunta ja lopputuloksesta tulee silloin paras.



KUVIO 14. Vannesahapinta





KUVIO 15. Vannesahapinta



KUVIO 16. Vannesahapinta

Edellä olevissa kuvioissa 14, 15 ja 16 on kuvattuna vannesahalla halkisahattu ja ulkoverhouslaudaksi höylätty kappaleen pinta. Pinta on hyvin tasalaatuinen, mutta siinä on erotettavissa luonnollista vaihtelua johtuen puun rakenteen ominaisuuksista. Niissä kohdin, joissa puu on ollut pehmeämpää, pinta jää karheammaksi. Mielestäni pinta ei kuitenkaan ole liian karhea, eikä siitä maalauksen jälkeenkään nouse liikaa puunkuituja, jolloin pinnasta tulisi liian karvainen.

Oksakohdat jäävät vannesahauksessa melko hienoiksi pinnaltaan. Pohjamaatussa kappaleessa oksat erottuvat selkeästi, koska maali ei ole tarttunut niihin yhtä hyvin kuin kappaleen muuhun karkeampaan pintaan. Kuitenkin pintamaalauksen jälkeen maali peittää oksatkin hyvin.

## 8.2 Hienosahalaite

Hienosahapinta on mahdollista tehdä myös hienosahalaitteella. Laite on sijoitettu linjastoon heti höylän jälkeen. Laitteen terä muistuttaa sirkkelin terää, joka pyörii vaakatasossa ja työstettävä kappale kulkee sen ylitse ja samalla terä työstää pinnan. Kappale tulee hienosahalaitteelle höylästä muotoonsa höylättyinä, mutta käyttölappeelle on jätetty työstövara, joka työstetään hienosahalaitteella. Silloin kappaleeseen muodostuu hienosahapinta, joka on vannesahatun pinnan veroinen.



KUVIO 17. Hienosahalaitteepinta

Hienosahalaitteella saavutetaan se etu, että vannesahausvaihe jää pois, jolloin tuotanto pysyy yksinkertaisempuna, koska vannesaha vaatii enemmän tarkkuutta, kuin hienosahalaitteen käyttö. Kun paneeleita valmistetaan hienosahalaitteella, käytetään valmiiksi sopivaan dimensioon sahattuja aihiota, jonka pinnan sahausjäljellä ei ole väliä, koska hienosahalaite työstää siitä hienosahatun. Raaka-aineena pystytään siis hyödyntämään monipuolisemmin kaiken tyyppistä sahatavaraa. Pintakäsittelyn kannalta on myös sama etu kuin vannesahatuissa kappaleissa. Työstöpinta on siis tuore, mikä on hyvä lähtökohta pintakäsittelylle.





KUVIO 18. Hienosahalaitepinta (Pohjamaalattu)

### 8.3 Karhennuskutteri

Hienosahauspintaa pystytään jäljittelemään myös höyläämällä kappaleen pinta siihen tarkoitetuilla karhennuskuttereilla. Tuotannon kannalta tämä on tehokkain ja yksinkertaisin ratkaisu, koska erikoiskutteri sijoitetaan höylän alakutterin paikalle, jolloin mitään erillisiä laitteita ei tarvita. Käytännössä on kuitenkin huomattu, että kyseinen tapa vaatii paljon ammattitaitoa, koska höylään tarvitsee osata asettaa juuri oikeat työstöarvot ja nopeudet, jotta työstöjäljestä saadaan hyvä ja riittävästi hienosahapintaa jäljittelevä.

Yleisesti on huomattu, että varsinkin raaka-aineessa esiintyvät erot vaikuttavat lopputulokseen. Esimerkiksi kappaleen tiheys ja kosteus vaikuttavat erityisesti pinnanlaatuun. Raaka-aineessa esiintyvän vaihtelun vuoksi saatetaan joutua muuttamaan asetetta kesken ajon, jolloin tuotantoon muodostuu häiriötä. Jos karhennuskuttereita käytetään tuotannossa, on tärkeää, että kuivaus on kunnossa,

jotta vältetään kosteuden vaihtelun aiheuttamalta turhalta säätelyltä ja vaikutuksista lopputulokseen.

Höylällä ajettu hienosahapinta eroaa vannesahatusta ulkonäöltään selkeästi. Perussyy tähän on, että työstösuunta on nyt puunsyiden suuntainen, kun taas sahattaessa se on poikkisuuntainen.



KUVIO 19. Karhennuskutteripinta

Höylällä karhennettu ulkoverhouspaneeli on hyvä pohja maalaukselle, koska kappaleen pinta on tasaisesti karhea myös oksien kohdalta



KUVIO 20. Karhennuskutteripinta

Höylällä karhennetuissa kappaleissa pintaan syntyvä jälki voi olla hyvinkin erilainen riippuen siitä millainen kutteri höylässä on. Eri terävalmistajien kutterit eroavat toisistaan, koska useilta valmistajilta asiaa tiedustellessani ei ole olemassa mitään yleistä sääntöä millainen terän pitäisi olla. Yleensä aina terät ovatkin valmistajakohtaisia, koska eri valmistajilla on erilaiset näkemykset millainen pinnan tulee olla. Vesa Hokkanen Tampereen terä- ja kone-edustuksesta kertoi, että kuttereiden teriä joudutaan muokkaamaan usein, koska asiakkaat, jotka ostavat höyläämöiltä puutavaraa, vaativat erilaisia pintoja.



KUVIO 21. Karhennuskutteripinta










Yhdessä koekappaleessa oli näkyvä jälki, joka on nähtävissä kuviossa 21. Höylättävä paneeli on ilmeisesti pysähtynyt höylässä ja terä on raapinut syvemmät jäljet kappaleet pintaan. Kuitenkin pohjamaalatuissa kappaleissa jälkeä ei huomaa kuin noin metrin katseluetäisyydeltä. Kun kappale vielä maalataan lopulliseen pintaväriinsä kyseiset pienet virheet katoavat lähes kokonaan, eikä niitä enää erota.

## 9 ULKOVERHOUSPANEELIN OMINAISUUDET JA PINNANLAATU

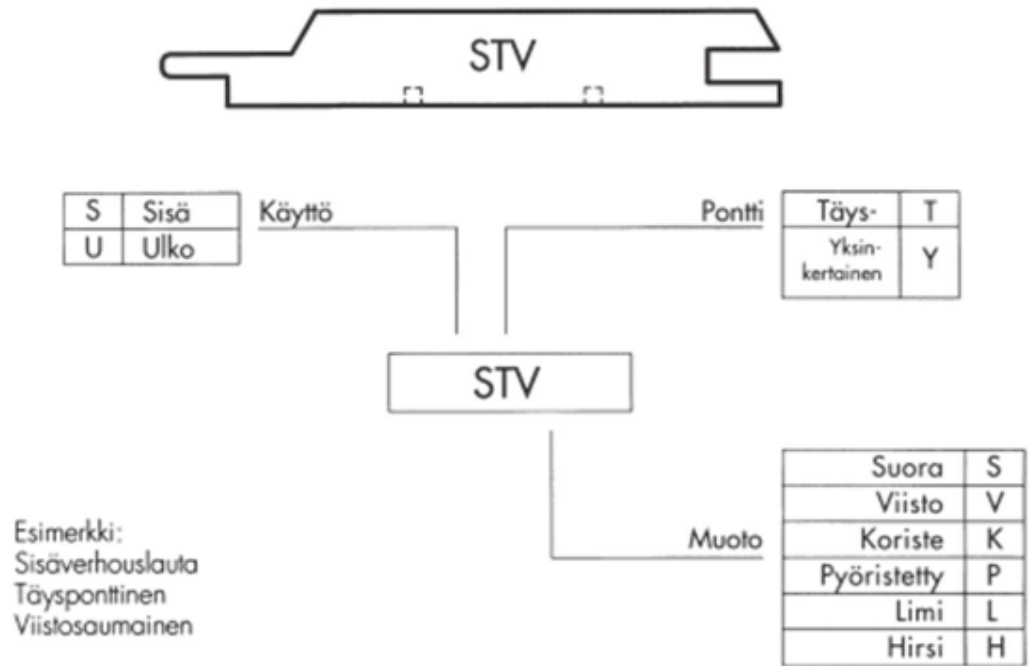
### 9.1 Profiilit

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty yleisimmät ulkoverhouspaneelin profiilit ja dimensiot. Näitä profiileita on yleisesti varastossa puutavaraliikkeissä ja näitä valmistetaan useissa höyläämöissä. Lisäksi on saatavissa erikoisprofiileita, mutta ne ovat usein erikseen tilattava valmistajalta. Lisäksi erityisesti pienet höyläämöt valmistavat tilauksesta esimerkiksi korjausrakentamisen tarpeisiin vanhojakin erikoisprofiileita.

TAULUKKO 2. Ulkoverhouspaneelien yleisimmät profiilit ja dimensiot (Puuinfo Oy 2015.)

		UTS, UTV, UTW		
		Paksuus	Leveys	Peittävä leveys
UTS		21	95	85
UTV		23	95, 120, 145	85, 110, 135
UTW		28	95, 120, 145, 170, 195	85, 110, 135, 158, 183
		UTK, UYK		
		Paksuus	Leveys	Peittävä leveys
UTK		23	120, 145	110, 135
UYK		28	120, 145, 170, 195	110, 135, 158, 183
		UYS, UYV, UYW		
		Paksuus	Leveys	Peittävä leveys
UYS		21	95	75
UYV		23	95, 120, 145	75, 100, 125
UYW		28	95, 120, 145, 170, 195	75, 100, 125, 150, 175
		UYL		
		Paksuus	Leveys	Peittävä leveys
UYL		21	120	108
		23	120	108
		28	120, 145	108, 134

Profiilin kolmekirjaimiseen lyhennettyyn nimenmuodostukseen on olemassa selkeä kaava. Ensimmäinen kirjain kuvastaa paneelin käyttökohteen, toinen kirjain pontin ja kolmas kirjain paneelinmuodon. Esimerkiksi UTV tarkoittaa: ulkoverhouspaneeli, täysponttinen ja viistosaumainen. Kuviossa 22 on esitetty joidenkin lyhenteiden merkitykset sekä lyhenteen muodostuminen.



KUVIO 22. Paneelien lyhenteet (Hämäläinen 2013, 18.)

## 9.2 Paneelin ominaisuuksien parantaminen höyläyksessä

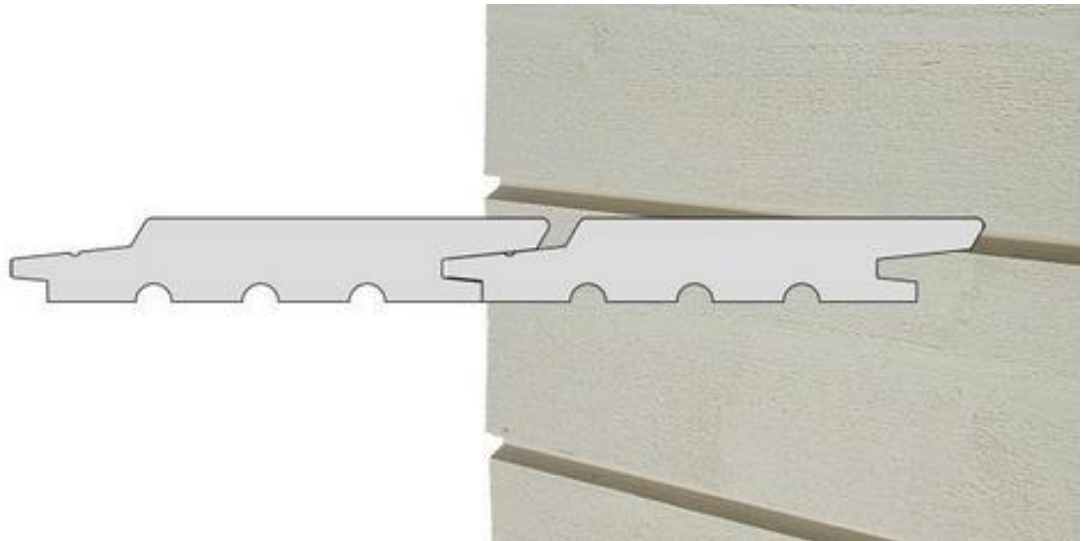
Paneelin ominaisuuksia pyritään parantamaan jo höyläysvaiheessa, jotta siitä saataisiin parempaa materiaalia kestäviin julkisivuihin. Lähes kaikkiin ulkoverhouslautoihin höylätään takalappeelle urat, joiden syvyys saa olla enintään  $\frac{1}{4}$  laudan paksuudesta uran kohdalla. Näillä urilla pyritään estämään laudan muodonmuutoksia, kun kosteus ja lämpötila vaihtelevat paneelin käyttöympäristössä. (Hämäläinen 2013 18.)

Myös erilaisilla profiileilla voidaan parantaa paneelin ominaisuuksia. Esimerkiksi höyläämällä viiste paneelin pontin reunaan, vähennetään vedenvälumistä paneelien välisiin pontteihin. Tällöin paneelin suojaava vaikutus on parempi ja



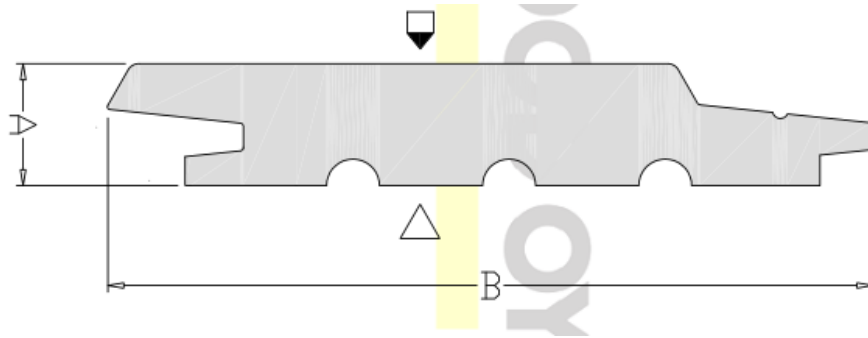
muodonvaihtelut vähenevät, kun kosteus ei pääse pontteihin. Paneelit joihin viiste on höylätty, on merkitty paneelin tyyppin lyhenteessä V- tai W-kirjaimella.

Osa profiileista on höylätty, niin että ne voidaan piilonaulata pontista. Silloin verhouksen pinnasta saadaan täysin ehjä, jolloin kosteus ei pääse naulanreikien kautta paneelin sisään. Samalla vältetään myös valmiiksi pintamaalatuissa paneeleissa naulauskohtien paikkamaalaukselta. Alla olevassa kuviossa 23 on yksi esimerkki piilonaulattavasta profiilista, joka on Us Wood Oy:n valmistama. Paneelit naulataan koolauksiin kiinni urosponnissa olevan pienen uran kohdalta.



KUVIO 23. Us Wood Oy:n piilonaulattava profiili (Puuinfo Oy 2015.)

Hienosahatulla pinnalla paneeleihin saadaan hyvä tartunta maalausta varten. Paneelien profiilien nurkkakohtiin muodostu kuitenkin helposti terävät kulmat, joissa maalikalvo jää ohueksi ja se saattaa katketa. Sen vuoksi kulmiin olisi hyvä ajaa pieni pyöristys.



KUVIO 24. Us wood Oy gold pro UTV (Us wood Oy 2015.)

Yllä olevassa kuviossa 24 on kuvattuna Us Wood Oy:n gold pro UTV profiili, jossa näkyvät pienet pyöristykset käyttölappeen profiilin terävissä kulmissa, jotka parantavat maalikalvon kestävyyttä. Silloin maalikalvo jää myös kulman kohdalla paksummaksi.

### 9.3 Ulkoverhouspaneelin näkyvien pintojen laatuvaatimukset

Taulukossa 3 on esitetty yleiset laatuvaatimukset ulkoverhouspaneelien näkyville pinnoille. Kyseessä on yleensä kappaleen sydänlape, jos kappale on höylätty, niin kuin ulkoverhouspaneelit on tapana höylätä eli sydänpuoli on sen käyttöpuoli. Höylätystä lautaerästä 95 prosenttia tulee täyttää nämä laatuvaatimukset. Taulukon laatuvaatimukset koskevat ulkoverhouspaneeleita, jotka ovat valmistettu laatuluokan AB mänty- tai kuusisahatavarasta. (Puuinfo Oy, 2015.)



TAULUKKO 3. Ulkoverhouspaneelien näkyvien pintojen laatuvaatimukset  
(Puuinfo Oy 2015.)

Ominaisuus tai vika	Laatuvaatimus
Oksat	Sallitaan oksia, joiden koko on enintään 50 % laudan leveydestä. Oksien tulee olla kiinteitä. Kiinteä oksa voi olla terve (tuore) tai kuollut (kuiva) oksa.
Oksalohkeamat	Sallitaan enintään kolme kappaletta 10 mm:n suuruisia oksalohkeamia kahden metrin matkalla.
Oksanreiät	Ei sallita.
Koro ja kaamaroso	Sallitaan enintään yksi 8 mm leveä ja 100 mm pitkä koro ja kaamaroso yhden metrin matkalla. Sallitaan 5 %:ssa ulkoverhouslautaerästä.
Pihkakolot	Sallitaan pihkakoloja, joiden yhteenlaskettu pituus on enintään 200 mm yhden metrin matkalla. Yksittäisen pihkakolon pituus saa olla enintään 100 mm. Läpimeneviä pihkakoloja ei sallita.
Halkeamat	Laudan keskialueella sallitaan halkeamia, ei kuitenkaan läpimeneviä halkeamia, joiden pituus on enintään 15 % laudan pituudesta. Laudan päissä sallitaan enintään laudan leveyden mittainen läpimenevä halkeama. Päätypontatun laudan päissä sallitaan kiinni oleva halkeama, jonka pituus on enintään 50 % laudan leveydestä.
Lyly ja muut muotoviat	Sallitaan ainoastaan siinä määrin, että lautojen kiinnittäminen ei sen vaikutuksesta olennaisesti vaikeudu. Lapevääritys: 30 mm kahden metrin matkalla Syrjävääritys: 4 mm kahden metrin matkalla Kierous: 20 mm kahden metrin matkalla
Sydänjuova	Sallitaan sydänjuova, jonka pituus on enintään 50 % laudan pituudesta.
Sinistymä	Ei sallita.
Väri aika	Ei sallita.
Laho	Ei sallita.
Hyönteisvahingot	Ei sallita.
Paikat	Ei sallita.
Sormijatkokset	Sallitaan.

## 10 TUTKIMUKSEN ANALYSOINTI

### 10.1 Raaka-aineen laadun vaikutus karvoittumiseen

Hienosahauspinnan liialliseen karvoittumiseen on olemassa monia syitä. Osaksi karvoittuminen johtuu puuaineksen luonnollisista ominaisuuksista, joihin ei pystytä vaikuttamaan työstömenetelmillä. Jos puuaines on ollut pehmeämpää, nopeasti kasvanutta pintapuuta, silloin sahapinnasta tulee pitkäkarvaisempaa. Sydäntavarasta halkaisemalla tehty paneelinpinta jää lyhyempikarvaiseksi sekä sileämmäksi visuaalisesti tarkasteltuna. Tämän voi huomata tarkastelemalla valmiita paneeleita. Raaka-aineen vaikutus pintaan on sama työstömenetelmästä riippumatta.

Raaka-aineen kosteus on myös tärkeä vaikuttava tekijä. Erityisesti vannesahatussa ja höylällä karhennetussa pinnassa kosteuden vaihtelu näkyy selkeästi. Lisäksi kappaleiden kosteusvaihtelu höylätyn erän sisällä aiheuttaa mittavaihteluita lopputuotteisiin. Kuivauksen on siis oltava kunnossa, jotta höyläykselle on hyvä lähtökohta. Samalla myös tulee ottaa huomioon raaka-ainepakettien oikea varastointi. Paketit tulee suojata sadeveden vaikutukselta.

### 10.2 Työstömenetelmien vaikutus karvoittumiseen

Eri työstömenetelmiä verrattaessa mielestäni kaikkein luonnollisimman näköinen pinta syntyy vannesahalla ja hienosahalaitteella työstetyissä paneeleissa. Kuitenkin nykyään monet valmistajat tekevät ulkoverhouspaneeleita höylän karhennuskuttereilla, koska se on helpompaa tuotannon kannalta. Silloin pystytään hyödyntämään monipuolisemmin eri raaka-aineita, koska niitä ei tarvitse hienosahata. Lisäksi vältetään ylimääräisen hienosahalaitteen hankinnalta ja siihen liittyvistä huoltokustannuksista.

Höylällä karhennetut paneelit ovat ominaisuuksiltaan verrattavissa hienosahapintaisiin. Kun höylän asetukset ovat olleet oikeat ja raaka-aineen laatu hyvä, paneelin pinta on laadukas. Raaka-aineen tasainen kosteus korostuu erityisesti höylällä pintaa karhennettaessa. Jos kosteus on liian suuri pinnassa

olevat kutterinterien rikkomat kuidut jäävät pidemmiksi ja ne nousevat kosteudenvaihtelusta pystyyn, mikä saattaa tehdä pinnasta liian karvaisen.

Kuitenkin pintaa tarkastellessa vaikuttaa jokaisen omanäkemyks siitä millainen pinnan tulisi olla. Esimerkiksi Vesa Hokkanen Tampereen terä- ja Kone edustuksesta sekä TKM TTT Finland Oy:n toimitusjohtaja Timo Kanerva suosittelevat hienosahalaitetta käytettäväksi tuotannossa karhennuskutterien sijaan, koska silloin lopputuloksesta saadaan tasalaatuisempaa ja se miellyttää useimpia ihmisiä vannesahapinnan kaltaisuuden vuoksi.

### 10.3 Pinnan hiominen harjakoneella

Tutkimuksen aikana on noussut esiin ajatus, että pintaa voisi kokeilla hioa maalauksen yhteydessä kevyesti harjakoneella. Koska höyläyksen jälkeen kappaleessa tapahtuva kosteuden vaihtelu nostattaa pinnan rikottuja kuituja pystyyn, niin niitä voisi hioa olemassa olevalla harjakoneella samalla, kun kappaleet maalataan. Sopivan karkeus harjalle täytyy selvittää kokeilemalla.

## 11 YHTEENVETO

Ulkoverhouspaneelin pinnan karvoittuminen on ilmiö, johon vaikuttavat puun rakeenteelliset ominaisuudet, työstömenetelmät sekä pintakäsittely. Jotta päästään hyvään lopputulokseen tulee lähtökohtien olla kunnossa. Raaka-aineen tulee olla oikein lajiteltua sekä oikeaan kosteuteen tasaisesti kuivattua. Jos raaka-aine on huonolaatuista, ei sen laatua pystytä korjaamaan työstömenetelmiä muuttamalla.

Tuotannossa käytettävän työstömenetelmän valinnassa on otettava huomioon asiakkaiden vaatimukset sekä mikä tapa soveltuu tuotantoon parhaiten. Valintaa vaikeuttavat ihmisten näkemuserot siitä, millainen pinnan tulisi olla, koska ei ole olemassa standardia, joka määrittäisi esimerkiksi pinnankarvaisuutta. On vain olemassa ohjeet siitä, mihin laatuluokkaan verhouspaneelien tulee kuulua ja mitä vikoja niissä sallitaan.

Ulkoverhouspaneelisiin on myös järkevää kehittää pieniä parannuksia, kuten terävienkulmien pyöristys ja piilonaulaus, koska niillä voidaan parantaa verhouksen kestävyyttä ja nostaa tuotteen laatua.

## LÄHTEET

Hämäläinen, M. 2013. Aalto-yliopisto. Johdatus sahatavaraan ja höylätyn puutavaran laatuluokkiin. [viitattu 8.4.2015]. Saatavissa:

[https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/rak-43.2300/materiaali/Rak-43\\_2300\\_johdatus\\_sahatavaran\\_laatuun..pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/rak-43.2300/materiaali/Rak-43_2300_johdatus_sahatavaran_laatuun..pdf)

Jussila A., Kuikka K., Mononen M., Voutilainen M., Vuorenmaa M. 1993. Puutekniikka- Tuotantotekniikka. Keuruu: Otavan painolaitokset

Jääskeläinen, A-S. & Sundqvist, H. 2007. Puun rakenne ja kemia. Helsinki: Hakapaino Oy.

Koskisen Oy. 2015. Yrityksen historia. [viitattu 13.4.2015]. Saatavissa: <http://www.koskisen.fi/yritys>

Kuikka, k. & Kunelius K. 1992. Puutekniikka materiaalit. Keuruu: Otavan painolaitokset

Forsèn, H. & Tarvainen, V. 2003. VTT: Sahatavaran jatkojalostuksen asettamat vaatimukset kuivauslaadulle ja eri tuotteille sopivat kuivausmenetelmät. [viitattu 11.3.2015]. Saatavissa: <http://www2.vtt.fi/inf/pdf/publications/2003/P517.pdf>

Opetushallitus. 2015. Edu: oppimateriaalit. Teränvalmistus. [viitattu 25.3.2015]. saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/teratekniikka/teravalmistus/etusivu.html>

Puuinfo Oy. 2015. Ulkoverhouslautojen yleisimmät profiilit ja mitat. [viitattu 8.4.2015]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Ulkoverhouslautojen%20yleisimm%C3%A4t%20Mitat%20ja%20profiilit.pdf>

Puuinfo Oy. 2015. Ulkoverhouspaneelien näkyvien pintojen laatuvaatimukset. [viitattu 8.4.2015]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Ulkoverhouslautojen%20laatuvaatimukset.pdf>

Puuntuottaja. 2015. Kuusikon ensiharvennus keskittää kasvun parhaimpiin runkoihin. [viitattu 8.4.2015]. Saatavissa: <http://www.puuntuottaja.com/wp-content/uploads/KuusenKasvuhidastuma.jpg>

Rakennustieto Oy. 2004. Rakennustietosäätiö RTS 2004. RT 82-10571. [viitattu 19.3.2015]. Saatavissa: [http://www.vehmaanpkuu.fi/download/rt\\_kortti\\_puujulkisivut.pdf](http://www.vehmaanpkuu.fi/download/rt_kortti_puujulkisivut.pdf)

Rakennustieto Oy. 2009. Rakennustietosäätiö RTS 2009. RT 21-10978. [viitattu 23.3.2015]. Saatavissa: <http://www.uswood.fi/PDF/RT%20kortti%202010.pdf>

Tikkurila. 2015. Puun teollinen pintakäsittely. [viitattu 13.4.2015]. Saatavissa: [http://www.tikkurila.fi/files/4265/Puun\\_teollinen\\_pintakasittely\\_2009.pdf](http://www.tikkurila.fi/files/4265/Puun_teollinen_pintakasittely_2009.pdf)

US Wood Oy. 2015. Gold pro UTV. [viitattu 8.4.2015]. Saatavissa: [http://www.uswood.fi/fi/tuotteet/talon-ulkoverhous/gold-tuotteet#quicktabs-v\\_lilehdet=1](http://www.uswood.fi/fi/tuotteet/talon-ulkoverhous/gold-tuotteet#quicktabs-v_lilehdet=1)

Voutilainen, M., Isomäki, O., Jussila, A., Lampinen, T.E., Lindeman, K., Mäkinen, K., Osara, O., Peltonen, A., Sahinoja, T., Taskinen, L., Vanhatalo, A., Varonen, U., Virolainen, S. & Welling, I. 2002. Puutuoteteollisuus 1: Tekniset ja taloudelliset perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

