

## Kalustelevyjien vertailu

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Materiaalitekniikka  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Rasmus Toropainen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Prosessi- ja materiaalitekniikka

TOROPAINEN, RASMUS:

Kalustelevyjen vertailu

Puutekniikan opinnäytetyö, 46 sivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyö tehtiin Koskisen Oy:n myynti- ja markkinointiosastolle. Työn tavoitteena oli selvittää kalusteteollisuudessa tehtävien materiaalivalintojen syitä sekä tehdä vertailevaa tutkimusta Koskisen Oy:n vanerituotteiden ja yleisessä käytössä olevien kalustelevyjen välillä.

Materiaalien valintaan perehdyttiin muotoilualan kirjallisuuden ja alan asiantuntijoiden haastattelujen avulla. Haastattelut toteutettiin keskustelunomaisina teemahaastatteluina. Kirjallisuuden ja asiantuntijahaastattelujen perusteella selvisi, että suunnittelijoiden mielestä vanerin suurin ongelma on sen taipumus käyrystymiseen. Sen huomioiminen suunnittelussa myös vaikeuttaa suunnitteluprosessia muilta osin. Muita esille tulleita ongelmia olivat muun muassa korkea hinta ja kalliimpien terien tarve tiettyihin työstöihin. Vanerin parhaiksi puoliksi nousivat sen kestävyys ja visuaalisuus.

Materiaalien vertailtavat ominaisuudet olivat taivutuslujuus, pinnan kovuus, kosteusvaihteluista aiheutuvat mittamuutokset ja käyristyminen sekä pinnan halkeilu. Testeihin valittiin neljä Koskisen Oy:n vanerilaatua ja verrokeiksi melamiinipinnoitettu lastulevy, melamiinipinnoitettu OSB sekä maalattu MDF. Vertailututkimuksen tuloksista kävi ilmi, että vaneri oli taivutuslujuudeltaan ylivoimainen materiaali muihin kalustelevyihin verrattuna. Pinnan kovuudeltaan MDF oli selkeästi paras, kun taas muut testatut materiaalit pärjäsivät keskinkertaisesti. Kosteuden aiheuttamia mittamuutoksia esiintyi kaikilla materiaaleilla, mutta lastulevy ja MDF turposivat ja kutistui-  
vat noin kaksinkertaisesti vaneriin ja OSB:hen verrattuna. Käyristyminen sen sijaan oli yhtä suurta kaikilla materiaaleilla. Pinnan halkeilua esiintyi vain värjätyillä vanerilaaduilla.

Tulosten perusteella vaneri ei ole muita kalustelevyjä huonompi materiaali, vaikka käyristyminen on toistaiseksi ongelma. Hintansa vuoksi sen käyttö voi kuitenkin olla viisainta kohdentaa kalusteisiin, joissa sen parhaita puolia voidaan hyödyntää.

Asiasanat: kalusteteollisuus, materiaali, vaneri, testaus

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Process and Materials Technology

TOROPAINEN, RASMUS: Comparison of wood-based panels  
used in the furniture industry

Bachelor's Thesis in Wood Technology 46 pages

Spring 2018

## ABSTRACT

---

The thesis was made for the sales and marketing department of Koskisen Oy. Main objectives of the thesis were to figure out how a certain material is chosen for a certain use in the furniture industry, as well as producing a comparative study between Koskisen's plywood products and more commonly used wood-based panels.

The research for information about material selection was done by studying literature from the design industry and interviewing three professionals of furniture and interior design. It was discovered from the literature and interviews that most designers see plywood's tendency for warping as the biggest problem when used in furniture. Taking it into account during a design process will also complicate the whole process. Other downsides mentioned were for example high price and the need for more expensive tools in some cases. The biggest advantages, on the other hand, were the overall strength and external appearance.

The tested properties of the materials in the comparative study were bending strength, surface hardness, dimensional changes and warping caused by changes in relative humidity and surface cracking. The materials chosen for the study were four Koskisen's plywood products, melamine-coated particle board, melamine-coated OSB and painted MDF. Results of the comparative study showed that plywood was a completely superior material in terms of bending strength. MDF got the best results in the surface hardness test, while other materials only got mediocre results. Changes in relative humidity caused dimensional changes in all materials, but the changes in particle board and MDF were roughly twice as large as the ones in plywood and OSB. Warping, on the other hand, was equally large in every material. Surface cracking was present only in coloured plywood products.

Based on the results plywood as a furniture material is not any worse than the commonly used materials, although warping is an issue for now. That said, plywood is expensive and therefore it might be wise to focus on using it in the kind of furniture that allows the best properties to be utilized.

Keywords: furniture industry, material, plywood, testing

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KALUSTEMUOTOILU JA MATERIAALI	2
2.1	Suunnitteluprosessin perusajatus	2
2.2	Materiaalin valinta tuotesuunnittelussa	3
2.2.1	Analyysi	3
2.2.2	Synteesi	4
2.2.3	Samankaltaisuus	4
2.2.4	Inspiraatio	5
2.3	Muuta huomioitavaa materiaalin valinnassa	5
3	ASiantuntijahaastattelut	7
3.1	Haastattelujen lähtökohdat	7
3.2	Harri Kalliomäki	7
3.2.1	Materiaalin valinta kalusteisiin	7
3.2.2	Vanerin hyvät ja huonot puolet kalustekäytössä	8
3.2.3	Tulevaisuuden näkymät ja kehityskohteet	9
3.3	Iidaliina Tuomela	11
3.3.1	Materiaalin valinta kalusteisiin	11
3.3.2	Vanerin vahvuudet ja heikkoudet kalustekäytössä	12
3.3.3	Vanerin käyttö maailmalta Suomeen	12
3.4	Annaleena Lahtinen	13
3.4.1	Vaneri sisustussuunnittelun opetuksessa	13
3.4.2	Kehityskohteet	14
3.5	Kirjoittajan mielipide	14
3.5.1	Materiaalien valinta kalusteisiin	15
3.5.2	Vanerin hyvät ja huonot puolet	15
3.5.3	Tulevaisuuden näkymät ja kehityskohteet	16
4	OSB-LEVYN PINNOITUS	18
4.1	Prosessi	18
4.2	Onnistuminen ja haasteet	19
5	TESTAUSMENETELMÄT	20
5.1	Taivutuslujuus	20
5.2	Pinnan kovuus	20

5.3	Mittamuutokset ja käyristyminen	20
5.4	Pinnan halkeilu	21
6	TULOKSET JA VERTAILU	23
6.1	Taivutuslujuus	23
6.1.1	Vanerit	23
6.1.2	Verrokit	25
6.1.3	Vertailu	26
6.2	Pinnan kovuus	27
6.2.1	Vanerit	27
6.2.2	Verrokit ja vertailu	28
6.3	Mittamuutokset	29
6.3.1	Vanerit	29
6.3.2	Verrokit	31
6.3.3	Vertailu	33
6.4	Käyristyminen	35
6.4.1	Vanerit	36
6.4.2	Verrokit	37
6.4.3	Vertailu	37
6.5	Pinnan halkeilu	39
6.6	Materiaalien ominaisuudet	40
6.6.1	Värjätyt vanerit	41
6.6.2	Pinnoitetut vanerit	41
6.6.3	Verrokkilevyt	42
7	YHTEENVETO	43
7.1	Työn onnistuminen	43
7.2	Jatkotutkimusehdotukset	43
	LÄHTEET	45

## 1 JOHDANTO

Koskisen Oy:n vanerituotannon myynti- ja markkinointiosasto on huomannut, ettei vaneria juurikaan myydä kalusteteollisuuteen. Syyt tähän ovat kuitenkin epäselvät. Lisäksi yritys haluaa ymmärtää paremmin sitä, miten eri levy materiaalit valikoituvat erilaisiin kalusteisiin.

Kysymyksiin lähdetään selvittämään vastauksia haastattelemalla kalustemuotoilun ammattilaisia sekä perehtymällä lyhyesti muotoilualan kirjallisuudesta löytyviin materiaalin valintaprosesseihin.

Selvitystyön ohella opinnäytetyöhön sisältyy yleisimpien kalustelevyjen vertailututkimus, joka sisältää neljä levyjen teknisiä ominaisuuksia mittaavaa testiä. Mukana testauksessa on neljä vanerilaatua ja kolme verrokkilevyä. Vanerilaaduksi valittiin Koskidecor Eco Transparent, Laminate ja Circus sekä toiselta pinnaltaan melamiinipinnoitettu vaneri. Verrokkilevyinä käytetään melamiinipintaista lastulevyä, maalattua MDF-levyä ja melamiinipintaista OSB-levyä. Toimitusvaikeuksista johtuen pinnoittamatonta MDF-levyä ei saatu maalattavaksi, joten käytetyssä levyssä on melamiinipinta ja maali sen päällä. OSB:n pinnoitus tehdään koululla, sillä valmiiksi pinnoitettua levyä ei juurikaan ole saatavilla. Kaikkien melamiinipinnoitteiden vahvuudeksi on valittu 220 g/m<sup>2</sup>.

Työn päätavoitteena on selvittää kalustemuotoiluun liittyvää materiaalin valintaa ja siihen vaikuttavia seikkoja sekä vertailla yleisimpiä kalustelevyjä Koskisen Oy:n vanerituotteisiin. Lisäksi pyritään saamaan tietoa Koskisen Oy:n vanerituotteista käytettäväksi myöhemmin julkaistavaa dekoratiivisia vanerilaatuja koskevaa tuotemanuaalia varten.

## 2 KALUSTEMUOTOILU JA MATERIAALI

### 2.1 Suunnitteluprosessin perusajatus

Ennen materiaalin valintaan syventymistä tutustutaan lyhyesti kalusteen suunnitteluprosessin lähtökohtiin. Lähtökohtana suunnittelulle voi olla joko asiakkaan tarve tietylle funktiolle tai vastaavasti yrityksen tai suunnittelijan itsensä tunnistama tarve.

Joka tapauksessa suunnitteluprosessi alkaa tarpeen tunnistamisesta. Usein jo ennen varsinaisen kalusteen muotoa pyritään selkeästi rajamaan lopputuotteen käyttötarkoitus sekä käyttökohde. Käyttötarkoituksena voi olla esimerkiksi rentoutuminen tai säilytys, kun taas käyttökohteena voi olla esimerkiksi julkinen tila tai koti. Nämä pohjatiedot ovat keskeisiä myöhempien suunnitteluvaiheiden kannalta, joten niiden tulee olla tiedossa jo prosessin alkuvaiheessa. (Smardzewski 2015, 188.)

Tuotteen käyttötarkoituksen ja -kohteen selvittämisen jälkeen valitaan, mil-laista kalustetta lähdetään suunnittelemaan. Tässä vaiheessa syntyy päätös siitä, onko kaluste esimerkiksi tuoli, pöytä tai laatikosto. Valitsemalla kalusteen laatu käyttötarkoituksen ja -kohteen pohjalta varmistetaan, että se täyttää sen tarpeen, johon sitä alettiin suunnitella. (Smardzewski 2015, 188.)

Ennen varsinaisen muotoiluprosessin aloittamista tehdään vielä jonkin verran rajoituksia siihen, kenelle lopputuote on suunnattu. Ensin valitaan karkeasti markkinat, joille kalusteella tähdätään. Huomioitavia asioita ovat muun muassa markkinoiden maantieteellinen sijainti sekä alueella vallitsevat uskomukset ja tottumukset. Markkinoiden valinnan jälkeen määritellään vielä kalusteen ensisijainen käyttäjäkunta. Esimerkiksi ikäryhmän määrittäminen on tyypillistä. (Smardzewski 2015, 188.)

## 2.2 Materiaalin valinta tuotesuunnittelussa

Kalusteen suunnittelu on moniulotteinen prosessi, jonka aikana tulee ottaa huomioon useita erilaisia näkökulmia. Yksi suurista haasteista on oikean materiaalin valinta. Oikein valittu materiaali helpottaa koko suunnitteluprosessia, kun taas huono valinta kostahtuu mahdollisesti useampaan kertaan suunnittelun myöhemmissä vaiheissa.

Kalustesuunnittelussa ja tuotesuunnittelussa yleensä on muutamia vakiintuneita menetelmiä, joilla pyritään löytämään suunniteltavaan tuotteeseen sopiva materiaali. Kaikilla menetelmillä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, mutta ne kaikki on todettu toimiviksi vuosien käytön perusteella.

### 2.2.1 Analyysi

Valintamenetelmistä analyysi on insinöörille luultavasti tutuin vaihtoehto, sillä se on hyvin systemaattinen. Tilaajalta saadut kriteerit ovat usein varsin löyhästi määriteltyjä, joten valintaprosessi aloitetaan seulomalla kaikista tiedoista keskeisimmät asiat ja muotoilemalla ne uudelleen selkeiksi vaatimuksiksi ja rajoitteiksi lopputuotteelle. Näin tieto saadaan helpommin analysoitavaan muotoon ja saadaan jo melko hyvä käsitys lopputuotteesta. (Ashby & Johnson 2002, 135.)

Seuraava vaihe prosessissa on lopputuotteen analysointi toimivuuden kannalta tärkeimpien ominaisuuksien määrittämiseksi. Kun tärkeimmät ominaisuudet ovat selvillä, etsitään materiaalikirjastosta ne materiaalit, joissa lopputuotteen tärkeimmät ominaisuudet korostuvat. Lopuksi nämä materiaalit järjestetään vielä paremmuusjärjestykseen ominaisuuksiensa perusteella. (Ashby & Johnson 2002, 135.)

Menetelmää pidetään yleisesti varsin tehokkaana ja selkeänä. Lopputuloksena on yksiselitteinen lista sopivista materiaaleista, mikä helpottaa lopullista valintaa. Menetelmä vaatii kuitenkin melko tarkan kuvauksen halutusta lopputuotteesta toimiakseen suunnitellusti, joten se ei sovellu kaikkiin tilanteisiin. (Ashby & Johnson 2002, 135.)

### 2.2.2 Synteesi

Synteesi-menetelmää käytetään usein tilanteissa, joissa lähtökohtana suunnittelulle ei ole mitään konkreettisia vaatimuksia tai rajoitteita lopputuotteelle. Tilaajalla voi esimerkiksi olla toive tietyistä esteettisistä ominaisuuksista tai tavoitteena saada kalusteella aikaan jonkinlainen reaktio. Tällaisen pyynnön pohjalta analyysin muotoileminen on lähes mahdotonta, joten ongelmaa lähestytään eri suunnasta. (Ashby & Johnson 2002, 136.)

Menetelmä perustuu jo markkinoilla olevien tuotteiden hyödyntämiseen. Esimerkiksi voidaan etsiä menestyneitä tuotteita, joissa toteutuu jokin suunniteltavaan tuotteeseen haluttu ominaisuus tai teema. Löydettyjen tuotteiden pohjalta saadaan kerättyä listaa materiaaleista, joilla voidaan päästä haluttuun lopputulokseen. (Ashby & Johnson 2002, 136.)

Kyse ei kuitenkaan ole plagioinnista tai kopioinnista, sillä tuotteista ei pyritä varastamaan mitään. Usein hyödynnettävät tuotteet ovat täysin eri alalta kuin tuleva lopputuote. Menetelmä on erittäin hyödyllinen tilanteissa, joissa lähtökohtana ei ole selkeää näkemystä halutusta tuotteesta. Se kuitenkin vaatii hieman enemmän mielikuvitusta kuin analyysi. (Ashby & Johnson 2002, 136.)

### 2.2.3 Samankaltaisuus

Useissa pitkään markkinoilla olleissa tuotteissa voidaan joutua tekemään muutoksia materiaalivalintoihin esimerkiksi tiukentuneiden lakien tai raaka-aineiden hintojen muutosten vuoksi. Tällaisissa tapauksissa käytetään usein hyväksi samankaltaisia materiaaleja. (Ashby & Johnson 2002, 136.)

Aiemmin valittu materiaali on todennäköisesti ollut käytössä syystä, joten mahdollisimman samankaltaiseen materiaaliin vaihtaminen säästää huomattavan määrän suunnittelutyötä. Niinpä aiemmasta materiaalista määritetään toimivuuden kannalta tärkeimmät ominaisuudet ja yritetään löytää uusi materiaali, joka vastaa edeltäjänsä näiden ominaisuuksien osalta

mahdollisimman hyvin. Tärkeintä on kuitenkin rajata aiemmasta materiaalista se ominaisuus, joka synnytti tarpeen materiaalin vaihtamiselle ja pitää huoli siitä, ettei uudessa materiaalissa ole samaa ongelmaa. (Ashby & Johnson 2002, 137.)

#### 2.2.4 Inspiraatio

Kaikista materiaalin valintamenetelmistä inspiraatio on vähiten systemaattinen. Kyseessä on menetelmä, jossa yritetään synnyttää uusia ideoita ympäröivien ulkoisten ärsykkeiden kautta. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi materiaalikirjaston selailua, lehtien lukemista tai kuvien katselua. Menetelmä on melko sattumanvarainen, joten tulosten syntyisestä ei ole taikuita. Inspiraation kautta saadut ideat ovat kuitenkin usein uusia ja erilaisia. (Ashby & Johnson 2002, 137.)

Parhaat tulokset saavutetaan usein yhdistelemällä useampia edellä mainittuja menetelmiä. Soveltuvat materiaalit voidaan esimerkiksi rajata analyysimenetelmällä, minkä jälkeen voidaan valintaprosessia jatkaa jollain muulla menetelmällä. (Ashby & Johnson 2002, 137.)

#### 2.3 Muuta huomioitavaa materiaalin valinnassa

Materiaalin valinnassa on tärkeää osata huomioida lopputuotteen käyttökohteessa vallitsevat olosuhteet ja etenkin niiden vaihtelut esimerkiksi vuodenaikojen mukaan. Mikäli tiedot olosuhteista ovat vajavaiset, voi niiden pohjalta suunnittelu johtaa lopulta täysin käyttökelvottomaan tuotteeseen. Muita yleisiä virheitä ovat esimerkiksi materiaalille sopimattomien liitostekniikoiden valinta ja materiaalin kestävyuden yliarviointi. (Smardzewski 2015, 201-202.)

Materiaalia valitessa on huomioitava teknisten ja ekologisten näkökulmien lisäksi myös materiaalin esteettiset ominaisuudet. Nämä aistien välityksellä huomattavat ominaisuudet tarkoittavat muun muassa materiaalin ul-

konäköä, lämpöisyyttä ja tuoksua. Materiaalin valinnalla luodaan siis tuotteelle kaksi puolta: tekninen käytettävyys ja persoonallisuus. (Karana, Pedgley & Rognoli 2013, xxvi.)

### 3 ASIANTUNTIJAHAASTATTELUT

#### 3.1 Haastattelujen lähtökohdat

Haastattelujen avulla selvitettiin kalustealan ammattilaisten näkemyksiä asiakasta askarruttaviin kysymyksiin. Haastateltavat valittiin asiakkaan toiveiden mukaan, kuitenkin siten, että saatiin mahdollisimman laajasti erilaista ammattitaitoa ja näkemystä kerättyä yhteen. Haastattelut toteutettiin melko vapaamuotoisina teemahaastatteluina käyttäen kysymyksiä lähinnä aiheen ohjaamiseen oikeaan suuntaan.

Pääteemoja haastatteluissa olivat levy materiaalien erot ja niiden valinta erilaisiin sovelluksiin, vanerin hyvät ja huonot puolet sekä tulevaisuuden näkymät kalustealalla ja vanerin käytössä. Haastatteluun valitut asiantuntijat ovat Harri Kalliomäki, lidaliina Tuomela ja Annaleena Lahtinen. Lisäksi luvun lopussa on kirjoittajan oma näkökulma aiheesta.

#### 3.2 Harri Kalliomäki

Kalliomäki on muun muassa Askon palveluksessa toiminut kalustealan ammattilainen, joka parhaillaan työskentelee Lahden ammattikorkeakoulun (LAMK:n) muotoiluinstituutissa kalustemuotoilun lehtorina ja vastuunopettajana.

Muotoiluinstituutin tietotaidon hyödyntäminen tuli esille opinnäytetyön aloituspalaverissa, mikä vaikutti omalta osaltaan Kalliomäen valintaan. Kalliomäki on kuitenkin todella kokenut kalustemuotoilun ammattilainen, mikä teki hänestä täydellisen haastateltavan työn sisältöä ajatellen. Seuraaviin lukuihin on koottu hänen ajatuksiaan aiemmin mainituista teemoista.

##### 3.2.1 Materiaalin valinta kalusteisiin

Jokaisen tuotteen kohdalla täytyy ensin tarkastella materiaalin sopivuutta määrättyyn käyttökohteeseen. Esimerkiksi vanerin käytössä ovissa ja etu-

sarjoissa on ongelma suorana pysymisen kanssa. Levy saadaan kyllä pysymään suorana, mutta siihen vaaditaan erityisiä rakenteita. Sinällään vanerin käytölle kalusteteollisuudessa ei ole mitään esteitä, mutta levykalustetuotannon luonteen vuoksi voi hinta tulla vastaan. Levykalusteita tuotetaan kuitenkin hyvin pitkälti "bulkkituotantona", joten raaka-aineen korkeaa hintaa on vaikea saada takaisin tuottona.

Rakenteellista lujuutta vanerilla on selvästi eniten verrattuna muihin kalustelevyihin ja esimerkiksi heloitus on helppoa jämäkkyuden vuoksi. Varsinkin isojen vaneripintojen kuten korkeiden ovien kanssa suoruus muodostuu kuitenkin isoksi ongelmaksi. Lisähaasteen tuo se, että vanerin taipuilsuunta vaihtelee yksilöllisesti. Käyttö on kuitenkin perusteltua esimerkiksi sohvilla ja muissa rakenteissa sen lujuuden vuoksi. Näissä tilanteissa vaneri saadaan sidottua kiinni, mikä estää taipumisen ja vääntymisen.

### 3.2.2 Vanerin hyvät ja huonot puolet kalustekäytössä

Visuaalisuus on yksi vanerin parhaista puolista, kun vaneri on hyvälaatuista. Jos tavoitellaan sorvatun viilun efektiä, on vaneri käytännössä ainoa vaihtoehto. Sorvatun viilun käyttö esimerkiksi lastulevyn pinnassa tuntuu hieman harkitsemattomalta. Lisäksi voi ilmetä ongelmia, kuten levyn vääntymistä viilun synnyttämän jännityksen vuoksi. Myös vaneriin syntyvä raitakuvio ja sen mahdollisuudet ovat ehdottomasti yksi materiaalin parhaita puolia. Tämän kuvioinnin hyödyntämistä tulisi kuitenkin toteuttaa rohkeammin. Esimerkkinä kuvioinnin taitavasta hyödyntämisestä ovat Tapio Wirkkalan Rytmivaneri-tuotteet. Voisikin olla hyvä lähteä kehittämään tällaisiin tuotteisiin soveltuvaa materiaalia yhteistyössä huonekaluvalmistajan kanssa.

Vanerin käytöllä voidaan saavuttaa samalla pieni hukka, mutta myös melkein massiivipuuta vastaava materiaali. Vanerin käyttö täytyy kuitenkin huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sillä rakenteet tulee suunnitella sen mukaan. Maailmalla on alettu käyttää vaneria esimerkiksi tuoleissa, mutta ne on suunniteltu niin, että vanerin huonot puolet minimoituvat. Esimerkiksi

erilaiset L-rakenteet jaloissa auttavat pitämään vanerin vääntymisen kurissa.

Elämisen ja vääntyiyn lisäksi muita huonoja puolia ei juurikaan käynyt ilmi haastattelun aikana. Huonolaatuisen vanerin peittomaalauksen vaikeuden Kalliomäki kuitenkin mainitsi. Ajan kanssa vanerin pinta elää ja saa maali-pinnan halkeilemaan, mikä on tietysti huono asia. Elämisenkin pystyy kuitenkin melko pitkälle ehkäisemään hyvällä suunnittelulla.

Joissain tapauksissa vaneri voi olla jopa ”liian hyvä” raaka-aine ominaisuuksiensa puolesta. Esimerkiksi erilaisissa säilytyskalusteissa levy menee tavallaan hukkaan. Vanerilla voidaan toki saavuttaa ohuita rakenteita muihin levyihin verrattuna, mutta tästä ei ole juurikaan hyötyä esimerkiksi komeroissa tai kaapistoissa.

### 3.2.3 Tulevaisuuden näkymät ja kehityskohteet

Vanerin tekijöiltä toivottaisiin enemmän panostusta materiaalin kehittämiseksi siihen suuntaan, että se pysyisi paremmin suorana. Mahdollisuutena voisi olla jopa jonkinlainen komposiittirakenne, jossa viilujen lisäksi voitaisiin käyttää jotain muuta stabiilimpaa materiaalia. Stabiilimpi rakenne mahdollistaisi paljon laajemman käytön myös kalusteissa ja käyttö varmasti lisääntyisikin reilusti, mikäli tällainen materiaali saataisiin aikaan. Mallia sopivaan välimateriaaliin voisi hakea esimerkiksi kuitupohjaisista levyistä. Näissä voisi tulla ongelmaksi kosteudenkesto, mutta oikeanlaisella käsittelyllä materiaali saataisiin varmasti kestävämyös kosteutta. Ensimmäisessä materiaali olisi kuitenkin toimivaa sisäkäytössä, kuten ovissa tai pöydänkansissa. Yleensäkin materiaalia tulisi lähteä kehittämään myös huonekaluteollisuuden näkökulmasta.

Vanerissa on paljon potentiaalia myös sisustuskäyttöön. Tällä hetkellä monen valmistajan sisustuksellisissa elementeissä on kuitenkin se ongelma, että ne ovat edelleen vain vanerilevyjä. Tällaisenaan materiaali ei pääse arvoonsa. Niistä voisi saada irti paljon enemmänkin, mutta tämäkin vaatisi jonkinlaista innovaatiota suorana pysymisen osalta.

Vaneri nähdään tällä hetkellä yleensäkin liian ”bulkkimateriaalina”, josta voi valmistaa korkeintaan pakettiautojen lattiaita ja muuta vastaavaa. Tätä tulisi pyrkiä muuttamaan siihen suuntaan, että vaneri koettaisiin enemmän huonekaluteollisuuden materiaalina esimerkiksi massiivipuun tapaan. Tuotteistamisprosessi jää tällä hetkellä liikaa valmistajan ja tuotteen suunnittelijan välille, kun taas myynti ja markkinointi on muuten lähes täysin olematonta. Teknisten ominaisuuksien ja valmistusprosessin kehittämisen ohella tulisi miettiä myös, miten vaneria markkinoidaan ja kenelle. Esimerkiksi MDF-levyllä on paljon suurempi statusarvo kuin vanerilla, vaikka se ominaisuuksiltaan onkin paljon huonompaa. Se on osattu brändätä heti puusepänteollisuuden tuotteeksi, mikä saa sen tuntumaan jotenkin arvokkaammalta.

Myöskään vanerin säänkestävyyttä ei ole osattu vielä juurikaan hyödyntää kalusteteollisuudessa. Esimerkiksi erilaisia ulkokalusteita voitaisiin hyvin valmistaa fenolihartsatusta vanerista. Tämä tosin edellyttäisi vanerin käyttöä pienempinä paloina hieman massiivipuun tapaan, eikä niinkään levyinä. On muistettava, ettei vanerin käyttö isoina pintoina ole aina järkevää, vaikka se isoina levyinä valmistetaankin.

Vanerikalusteiden myynnissä voisi olla hyvä tuoda kuluttajalle selkeämmin esiin materiaalin vaikutus lopputuotteeseen. Nykyaikana kuluttajat eivät todennäköisesti tiedä vanerin ominaisuuksista ja siitä, miten hyvä materiaali se oikeasti on. Suomalaisille puu on hieman liiankin tuttu materiaali, mutta etenkin viennin puolella piilee suuria mahdollisuuksia vanerikalusteille. Maailmalla syntyvät trendit taas ajan kanssa voisivat luoda kysyntää myös kotimaan markkinoille.

Mahdollisuuksia on myös siinä, että Koskisen Oy hankkisi muotoilun ja kalustesuunnittelun osaajia kehittämään uusia tuotteita. Heillä on näkemystä siihen, mitä kalustealalla tarvitaan ja minkälaisia ominaisuuksia kaivataan. Lisäksi tämä helpottaisi nykyisten kehittäjien työtä vähentämällä arvailua ja spekulointia siitä, mitä kalustealalla voitaisiin kaivata. Esimerkiksi yhden

muotoilijan tai suunnittelijan tuominen osaksi työryhmää antaisi jo kokonaan uuden näkökulman.

### 3.3 Iidaliina Tuomela

Tuomela on valmistanut puusepäksi ja teolliseksi muotoilijaksi, minkä jälkeen hän on tehnyt useita vuosia suunnittelutöitä erilaisten tilauksesta valmistettävien levykalusteiden parissa.

Myös Tuomela oli helppo valinta haastateltavaksi kokemuksensa vuoksi. Hänen erityisosaamisensa keskittyy nimenomaan levykalusteisiin ja erilaisiin materiaalivalintoihin, jotka olivat haastattelujen pääteemoja. Seuraavassa hänen ajatuksiaan aiemmin mainituista teemoista.

#### 3.3.1 Materiaalin valinta kalusteisiin

Suurimpia valintaan vaikuttavia tekijöitä on asiakkaan antama ”briiffi” eli tilauksen selostus. Jos asiakas haluaa esimerkiksi keittiökaluksia, ohjaa sana ”keittiö” suunnittelua heti tiettyyn suuntaan. On myös olemassa ennalta päätettyjä määräyksiä ja standardeja ym. sovittuja asioita, jotka ohjaavat käyttämään tiettyjä materiaaleja tietyissä tiloissa ja kalusteissa.

Joissain kalusteissa materiaalin hinta on toinen määräävä seikka. Esimerkiksi keittiö- ja toimistokalusteet ovat eräänlaisia muotikalusteita ja siten käyttökä on huomattavasti lyhyempi kuin esimerkiksi olohuoneen kalusteissa tai kirjahyllyissä. Sen takia ne yleensä toteutetaan mahdollisimman halvalla materiaalilla. Myös materiaalin kulutuksenkesto on huomioitava. Kaikki mainitut seikat yhdessä luovat parhaan ratkaisun tiettyyn kohteeseen.

E erityisen tarkkaan materiaalin valintaa tulee harkita esimerkiksi kosteissa tiloissa. Julkisissa tiloissa taas myrkyttömyysvaatimus määrittää materiaalin valintaa. Julkisten tilojen kohdalla käyttökohde vaikuttaa muutenkin paljon siihen, mitä materiaalilta vaaditaan. Sellaisissa paikoissa, jotka eivät ole näkyvillä, on materiaalinvalinnalla erityisesti merkitystä.

### 3.3.2 Vanerin vahvuudet ja heikkoudet kalustekäytössä

Vaneri on todella kestävä, ja sitä saa lähes kaikissa paksuuksissa. Lisäksi eri paksuisia levyjä voidaan laminoida päällekkäin, mikäli verstaalla on prässi. Näin voidaan tehdä lähes minkä paksuista levyä tahansa.

Lisäksi vanerin raitakuviota ja pintakuviointia voidaan käyttää tehosteena. Eräs Tuomelan mainitsema käyttökohde oli vanha laiva, jonka seiniin oli käytetty hyvin oksaista vaneria näkyvissä pinnoissa. Myös vanhojen huonekalujen ovien peilejä on tehty suoraan vanerista ilman minkäänlaista viilutusta.

Työstettävyyden kannalta vanerissa on omat haasteensa. Esimerkiksi työstettävän pinnan tummumisen, palamisen ja repimisen välttämiseksi voidaan tarvita parempia teriä. Vanerin ristiinliimattu rakenne aiheuttaa herkästi varsinkin repimistä työstöjen aikana. Työnjälki voi siis olla huonompaa kuin muissa kalustelevyissä. Toisaalta jos työstöt joudutaan tekemään hitaammin, se vaikuttaa suoraan kustannuksiin. Toinen vanerin käytössä huomioitava haaste on kosteus.

Suomessa vanerin käyttö kalusteissa on kovin vähäistä verrattuna muihin maailmaan. Valmistajilla on ehkä jonkinlainen pelko vaneria kohtaan, koska se on niin lähellä massiivipuuta. Sen vuoksi sitä ei ehkä viitsitä käyttää aivan kaikkeen. Muita syitä ovat todennäköisesti muun muassa hinta ja paino. Melamiinipinnoitettu lastulevykaluste on jonkin verran kevyempi kuin vanerinen.

### 3.3.3 Vanerin käyttö maailmalta Suomeen

Suomi on useimmissa trendeissä ainakin 10 vuotta jäljessä. Joitain vaneriratkaisuja nousee pinnalle silloin tällöin, mutta ihmiset ovat pelokkaita niiden suhteen. Tämänhetkinen trendi Suomessa tuntuu sisältävän paljon valkoista, harmaata ja mustaa ja pinnat pyritään pitämään mahdollisimman tasaisina. Maailmalla tästä trendistä sen sijaan on siirrytty jo eteenpäin.

Suomen ulkopuolelle siirryttäessä rakentaminen, huonekaluratkaisut ja niissä käytetyt materiaalit muuttuvat paljon. Ulkomailla vaneria uskalletaan käyttää paljon rohkeammin sekä yleensäkin soveltaa ja kehittää uutta. Suomessa tyydytään herkemmin kerran hyväksi havaittuun tapaan tai materiaaliin ja pitäydytään siinä. Jos vaneri olisi aina ollut laajalti käytössä, olisi ihmisiä vaikea vakuuttaa minkään muun materiaalin käytöstä. Kyseessä on siis hyvin pitkälti myös asennekysymys.

Vanerin suuntaamisessa ulkomaiseen kalusteteollisuuteen olisi potentiaalia. Suomeen trendit saapuvat maailmalta, joten suomalaisiin kalusteisiin vaneri saataisiin helpoiten antamalla jonkun muun todeta sen toimivuus ensin. Usein uuden materiaalin nousu suosioon vaatii yhden kokeilunhaluisen valmistajan, joka keksii jotain uutta ja saa muut kopioimaan. Vastaavia tapahtumaketjuja on nähty ennenkin, esimerkiksi taannoin muodissa olleet kuparin väriset valaisimet. Joku aloitti valmistuksen ja loi kysyntää, jolloin muutkin valmistajat lähtivät mukaan.

### 3.4 Annaleena Lahtinen

Lahtinen on parhaillaan tilasuunnittelun opettajana ammattikorkeakoulu Metropoliasissa toimiva sisustusarkkitehti. Hänen kanssaan haastattelu tehtiin sähköpostin välityksellä.

Lahtisen valinta haastatteluun tapahtui asiakkaan pyynnöstä. Lahtiselta saatiin hieman erilaista näkökulmaa nimenomaan sisustussuunnitteluun painottuvan osaamisen vuoksi. Seuraavassa hänen näkemyksensä aiheeseen.

#### 3.4.1 Vaneri sisustussuunnittelun opetuksessa

Metropoliasissa muutamilla opintojaksoilla opiskelijat pääsevät tekemään konseptisuunnitelmia erilaisiin projekteihin, joissa tilat ovat lähes poikkeuksetta kuvitteellisia. Suunnitelmia ei siis juurikaan toteuteta käytännössä.

Jonkin verran opiskelijat kuitenkin käyttävät vaneria suunnitelmissaan. Vaneri on hyvin ajassa oleva tuote ja sisustuksellisessa mielessä kiinnostava valinta. Vanerin huonoimpia puolia on ehdottomasti sen alttius vääntymiselle. Tämä tuottaa ongelmia ja on otettava huomioon myös sisustuksellisessa käytössä.

Viime vuosina sisustussuunnittelun opetuksessa on vaneriin tutustuttu Materiaalit-opintojaksolla, jolla opiskelijat perehtyvät erilaisiin sisustuksessa käytettäviin materiaaleihin. Vaneria tullaan varmasti käyttämään sisustuksissa myös tulevaisuudessa, kunhan opiskelijat pääsevät kosketuksiin sen kanssa opetuksen aikana.

Ehdotuksia vanerin houkuttelevuuden lisäämiseksi ei haastattelussa tullut ilmi. Koskisen tämänhetkinen valikoima on riittävän monipuolinen sisustus-käyttöön.

### 3.4.2 Kehityskohteet

Koskiselle voisi olla hyödyllistä alkaa kiertää suunnittelualan toimistoja ja esitellä alan ammattilaisille esimerkkejä sisustuksista, joissa vaneria on käytetty. Näin myös vähemmän vaneriin tutustuneet suunnittelijat saisivat uutta näkökulmaa työhönsä ja mahdollisesti uusia ideoita tulevia projekteja varten. Myös sisustusarkkitehtien kutsuminen tehdaskierrokselle olisi hyvä idea. Esimerkiksi sisustusarkkitehtien ammattijärjestö SIO:hon yhteyttä ottamalla voisi löytää paljon kiinnostuneita ammattilaisia.

### 3.5 Kirjoittajan mielipide

Kirjoittaja on neljännen vuoden puutekniikan opiskelija, jolla on puusepän ja talonrakentajan koulutus. Työkokemusta puusepänteollisuuden eri aloilta on joitain vuosia, pääasiassa mittatilauskalusteiden valmistuksesta.

Myös kirjoittajan oma näkökulma aiheeseen oli asiakkaan toivomus. Pyrkimyksenä oli tarjota teollisuudessa työskennelleiden ammattilaisten näkemysten ohella perinteisemmän puusepän näkökulma.

### 3.5.1 Materiaalien valinta kalusteisiin

Materiaalin valinta tiettyyn tuotteeseen alkaa selvittämällä tila, johon kaluste tulee sekä sen karkea käyttötarkoitus. Esimerkiksi märkätilaan tulevalla kalusteella on omat vaatimuksensa levyn kosteudenkeston suhteen. Jos taas levy on esimerkiksi tulossa tuotteeseen, jonka tulee kestää suuria voimia johonkin suuntaan, on tämä otettava huomioon. Lisäksi esimerkiksi toiveet pintakäsittelyyn liittyen tulee ottaa huomioon. Lähtöasetelman pohjalta voidaan rajata sopimattomat vaihtoehdot pois ja keskittyä tilanteeseen parhaiten sopiviin. Yleensä tässä vaiheessa hinta muodostuu seuraavaksi valintaperusteeksi. Toki useissa tapauksissa hinta on lähtökohtainen valintaperuste, mutta siitä seuraa useimmiten ongelmia alusta lähtien huonojen materiaalivalintojen vuoksi. Paras mahdollinen tilanne olisi, jos materiaalit voisi valita puhtaasti niiden ominaisuuksien mukaan miettimättä hintaa. Varsinkin nykyään hinta kuitenkin määrää hyvin pitkälle käytettävät materiaalit.

Nykyaikana suuri osa kuluttajista ei tunnu tietävän, mitä eroja eri levymateriaalien teknisissä ominaisuuksissa on. Tämä on sikäli ongelma, että esimerkiksi vanerista valmistettujen tuotteiden korkeampaa hintaa on vaikea selittää. Kuluttaja ei välttämättä halua käyttää ylimääräistä rahaa sellaiseen, josta ei koe saavansa vastaavaa lisäarvoa. Tästä taas seuraa se, ettei laadukkaampien kalusteiden valmistus välttämättä kannata, koska niiden markkinat ovat epävarmat.

### 3.5.2 Vanerin hyvät ja huonot puolet

Vanerin ehdottomasti parhaita puolia on sen visuaalisuus. Viilussa esiintyvä puukuvio on elävä ja uniikki jokaisessa levyssä. Lisäksi vanerin kerrosrakenteesta syntyvä raitakuvio on oikein hyödynnettynä todella näyttävä.

Toinen ehdoton vahvuus on vanerin hyvä taivutuslujuus. Millään muulla kalustelevyllä ei voida toteuttaa yhtä vahvoja rakenteita kasvattamatta levyn paksuutta rajusti. Esimerkiksi leveiden kaappien hyllyissä ja leveissä

vetolaatikoissa voidaan hyödyntää tätä ominaisuutta. Tietysti vanerilla voidaan myös toteuttaa normaalia ohuempia rakenteita säilyttäen silti sama lujuus, mutta tästä on harvemmin vastaavaa hyötyä.

Muita selvästi hyviä puolia ovat muun muassa suhteellisen hyvä työstettävyys sekä esimerkiksi helojen ja ruuvien kiinnittämisen helppous. Vanerin lähes massiivipuuta vastaava rakenne mahdollistaa melkein kaikkien perinteisten työstö-, liitos-, ja kiinnitysmenetelmien käytön.

Ehdottomasti huonoin ominaisuus vanerilla on sen taipumus vääntymiseen. Sitä on sen satunnaisuuden vuoksi lähes mahdoton ennakoida eikä se useimmiten rajoitu vain yhteen suuntaan. Vääntymisen estäminen vaatii vahvempaa kiinnitysmekanismia, mikä taas voi olla ongelma puun luontaisen elämisen vuoksi. Vanerin, kuten massiivipuunkin, tulisi aina saada vapaasti kutistua ja laajeta hieman halkeilun estämiseksi. Vanerilla ilmiö on toki paljon hillitympi, mutta liian tiukka sitominen voi aiheuttaa jännitteitä rakenteisiin ja mahdollisesti jopa halkeilua.

Muita selkeästi huonoja puolia vanerilla ei ole tullut vastaan. Pinnan puukuviointi voi toki olla huono asia tuotteissa, joihin sitä ei kaivata. Tällöin olisi kuitenkin viisasta joko pinnoittaa vaneri esimerkiksi melamiinikalvolla tai valita jokin toinen levymateriaali.

Eräs ongelma vanerin käytössä on se, että se on tiettyihin sovelluksiin ”liian hyvä” materiaali. Esimerkiksi komeron sivuissa tai muissa kevyen kuormituksen rakenteissa sen hyvät puolet eivät pääse juurikaan käyttöön. Liian laadukas raaka-aine nostaa kalusteen hintaa antamatta kuitenkaan vastineeksi konkreettista hyötyä, jolloin tuotteen myynti voi olla huomattavan vaikeaa.

### 3.5.3 Tulevaisuuden näkymät ja kehityskohteet

Vaneri on pysynyt pitkään hyvin samanlaisena. Sellaisenaan vaneri on kuitenkin hankala materiaali tiettyihin kalustesovelluksiin vääntyilyn vuoksi.

Vääntyilyn hillitsemiseen tulisikin tulevaisuudessa panostaa erityisen paljon, sillä muuten vaneri on varsin ylivertainen levyateriaali. Mahdollisia tutkimuskohteita voisivat olla esimerkiksi Kalliomäen mainitsemat komposiittirakenteet jonkin stabiilimman materiaalin kanssa. Pienikin parannus tähän ongelmaan voisi tuoda mukanaan ison muutoksen vanerin kysyntään kalustealalla.

Vanerin laaja käyttö rakennusteollisuudessa on saanut aikaan sen, että vaneri mielletään hyvin vahvasti rakennuslevyksi. Tämä taas saa ihmiset helposti unohtamaan vanerin soveltuvuuden myös kalusteteollisuuteen, mikä on mahdollisesti vähentänyt kysyntää siltä osin. Jatkossa myynnin ja markkinoinnin tulisikin panostaa tämänhetkisen mielikuvan muokkaamiseen siihen suuntaan, että myös kalustevalmistajat näkisivät vanerin houkuttelevampana raaka-aineena.

## 4 OSB-LEVYN PINNOITUS

### 4.1 Prosessi

Testausprosessiin haluttiin verrokkilevyksi perinteisten MDF:n ja lastulevyn lisäksi myös hieman erikoisempi OSB, mutta pinnoittamattomana kyseinen levy ei ole sopiva kalustelevyksi. Niinpä levyt päätettiin pinnoittaa melamiinikalvolla, jonka vahvuus oli 220 g/m<sup>2</sup>.

Pinnoitusta varten levyistä sahattiin 600 x 600 mm aihioita, jotta ne saatiin mahtumaan puristimeen. Tämän jälkeen Koskisen Oy:n toimittamasta melamiinikalvosta leikattiin hieman näitä aihioita suurempia paloja, jotka leikkaamisen jälkeen vielä puhdistettiin molemmilta pinnoilta mahdollisimman hyvän pinnan saavuttamiseksi. Myös aihiot puhdistettiin paremman tartunnan aikaansaamiseksi.

Levyjen pinnoitus tehtiin LAMK:n puulaboratorion kuumapuristimella (KUVA 1). Pinnoituksessa käytettävistä parametreista ei ollut täyttä varmuutta, joten pari ensimmäistä levyä tehtiin kokeilupohjalta. Lopulta parametreiksi valittiin noin 2,2 MPa:n paine ja noin 190°C:n lämpötila. Puristus-aika levyillä oli minuutin luokkaa. Puristuksen jälkeen levyjen annettiin jäähtyä yön yli ennen testikappaleiden sahaamista.



KUVA 1. Levyjen pinnoitukseen käytetty kuumapuristin

## 4.2 Onnistuminen ja haasteet

Aihoiden pinnoitus itsessään onnistui varsin hyvin, eikä pinnoitusvaiheessa ilmennyt juurikaan ongelmia. Kaikki aihiot saatiin pinnoitettua suunnitelmien mukaan ja kaikki testikappaleet saatiin tehtyä. Alun perin huolenaiheena ollut melamiinin tarttuminen puristuslevyjen pintaan saatiin myös ratkaistua käyttämällä tartuntaa estäviä muovikalvoja puristuksen aikana.

Joitain haasteita pinnoituksessa kuitenkin oli. Ensimmäinen haaste oli pitää melamiinikalvot ja aihiot riittävän puhtaana pinnoitukseen asti. Puulaboratorio on melko pölyinen ympäristö, joten varsinkin kalvot keräsivät helposti pölyä ja likaa odotellessaan pinnoitusta. Toinen ja kenties suurin haaste oli OSB:n epätasainen pinta (KUVA 2). Tämä aiheutti jonkin verran ongelmia, sillä melamiinikalvo ei meinannut tarttua kunnolla ”matalammalla” oleviin kohtiin pienemmän puristuspaineen vuoksi.



KUVA 2. Levyn epätasaisuus kuultaa melamiinipinnan läpi

Tämä näkyi tietysti jonkin verran myös epätasaisena sahausjälkenä tietyissä kohdissa. Lopulta testikappaleista tuli kuitenkin hyviä ja niistä saatuja tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina.

## 5 TESTAUSMENETELMÄT

### 5.1 Taivutuslujuus

Taivutuslujuuden testaus tehtiin standardia SFS-EN 310 noudattaen. Testiä varten päätettiin valmistaa 16 testikappaletta jokaista levylaatua kohden riittävän luotettavien tulosten varmistamiseksi. Vanerilevyillä taivutuslujuus vaihtelee syysuunnan mukaan, joten testikappaleita tehtiin 16 sekä syyn suuntaan että syytä vastaan. Mitoitus kappaleille saatiin standardista.

Ennen varsinaista taivutuslujuustestiä kappaleille tehtiin vielä silmämääräinen tarkastus mahdollisten viallisten kappaleiden varalta. Testaus tehtiin kolmipistetaivutuksena LAMK:n puulaboratoriossa ja tulokset taulukoitiin myöhempää analysointia varten.

### 5.2 Pinnan kovuus

Testauksessa ja testikappaleiden valmistuksessa noudatettiin standardia SFS-EN 1534, joka määrittelee testausmenetelmän Brinell-kovuuden mittaamiseksi. Jokaisesta levylaadusta leikattiin standardin mukaiset 50 testikappaletta eri puolilta levyä.

Varsinaisessa testauksessa käytettiin painimena kuulaa, jonka halkaisija oli 10 millimetriä ja levyyn kohdistettu voima 1000 newtonia. Syntyneiden painaumien halkaisijat mitattiin työntömitalla ja taulukoitiin Brinell-kovuuden laskemista varten.

### 5.3 Mittamuutokset ja käyristyminen

Kosteuden vaihteluista aiheutuvien mittamuutosten selvittämisessä sovellettiin standardin SFS-EN 318 testausmenetelmää. Asiakkaan toiveesta kosteusvaihteluiden ylä- ja alarajat kuitenkin vaihdettiin käytetyn laitteiston maksimi- ja minimikosteuksien mukaisiksi suurimman mahdollisen mittamuutoksen aikaansaamiseksi. Testeissä käytetyt suhteelliset ilmankosteus-

det olivat 35 % ja 98 %. Testaus suoritettiin kahdessa syklistä, joista toisessa testikappaleet tasaannutettiin ensin minimikosteuteen ja sen jälkeen maksimikosteuteen, toisessa taas päinvastoin. Näin saatiin huomioitua myös mittamuutoksissa esiintyvä vaihtelu nousevassa ja laskevassa kosteudessa.

Testikappaleiden valmistuksessa lastulevy- ja MDF-kappaleita tehtiin 8 kpl/levyalaatu/testisykli. Vanerikappaleita valmistettaessa otettiin pintaviilun syysuunta huomioon, joten kappaleita tuli kaikkiaan 16 kpl/levyalaatu/testisykli. OSB:n pintapäreen suunta huomioitiin samalla tavalla testikappaleiden valmistuksessa. Mitoitus tehtiin standardin SFS-EN 318 mukaan.

Testaus tehtiin LAMK:n puulaboratoriossa käyttäen sääkaappia sekä erityisen tarkkaan pituuden ja paksuuden mittaukseen tarkoitettuja mittavälineitä. Mittaukset tehtiin 1/100 mm:n tarkkuudella. Testikappaleiden tasaantuminen ympäröivään kosteuteen varmistettiin kahdella 24 tunnin välein tehdyllä punnituksella. Painossa sallittiin 0,1 % muutos punnitusten välissä.

Testikappaleista tutkittiin mittamuutosten ohella myös käyristymistä. Käyristymisen mittaus tehtiin molemmilla testikappale-erillä testisyklin loppupäässä käyttäen apuna tasaista aluslevyä, rakotulkkia ja työntömittaa. Alle 0,5 mm:n käyristymistä ei mitattu erikseen. Lukuarvon ohella kappaleista tutkittiin myös, oliko käyristymistä tapahtunut yhteen vai kahteen suuntaan. Pohjana mittaukselle käytettiin standardia SFS-EN 14323.

#### 5.4 Pinnan halkeilu

Pohjana testaukselle käytettiin standardia SFS-EN 14323. Standardin mukainen testi oli kuitenkin varsin suppea, joten sitä sovellettiin jonkin verran luotettavamman tuloksen saavuttamiseksi. Testaus suoritettiin kolmessa osassa, joista yksi tehtiin yllämainitun standardin mukaisesti sillä erotuksella, että testikappaleet jätettiin viideksi kuukaudeksi sateelta suojattuun ulkotilaan ennen varsinaista testiä. Kaksi muuta testiä tehtiin mittamuutos-

testauksen testikappaleille niiden varsinaisten testisykliä jälkeen. Kaikissa kolmessa testissä kappaleet kuivattiin uunissa täysin kuiviksi, annettiin jäähtyä ja sen jälkeen tutkittiin suurennuslasia apuna käyttäen. Pinnan laatu arvioitiin standardista löytyvällä asteikolla yhdestä viiteen.

## 6 TULOKSET JA VERTAILU

### 6.1 Taivutuslujuus

Taivutuslujuus on yksi kalustemateriaalin tärkeimmistä ominaisuuksista, joten sen mittaaminen oli olennainen osa työtä. Lähtöoletuksena oli, että vanerin taivutuslujuus on reilusti verrokkien taivutuslujuutta suurempi.

TAULUKKO 1. Levyjen taivutuslujuuden keskiarvot, minimi ja maksimit

<b>Taivutuslujuudet(N/mm<sup>2</sup>)</b>			
<b>Eco Transparent</b>			
	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Syyn suuntaan	73,39	60,41	81,54
Syytä vastaan	64,11	45,58	74,57
<b>Mel-vaneri</b>			
Syyn suuntaan	67,19	51,57	75,85
Syytä vastaan	64,03	50,01	79,65
<b>Laminaatti</b>			
Syyn suuntaan	76,22	71,32	84,36
Syytä vastaan	74,41	60,84	89,99
<b>Circus</b>			
Syyn suuntaan	72,64	60,80	80,22
Syytä vastaan	65,95	49,09	74,76
<b>Mel-OSB</b>			
Syyn suuntaan	30,35	23,03	41,30
Syytä vastaan	19,65	15,68	24,93
<b>Mel-lastulevy</b>			
	14,29	8,58	17,64
<b>MDF</b>			
	31,85	29,37	36,21

Oheisessa taulukossa 1 on esitetty kaikkien levylaatujen taivutuslujuuden keskiarvot, minimi ja maksimit. Lisäksi taulukkoon on eritelty taivutuslujuudet syyn suuntaan ja sitä vastaan.

#### 6.1.1 Vanerit

Eri vanerilaatujen kesken tuloksissa ei ilmennyt suuria eroja, mutta joitain säännönmukaisuuksia löytyi. Vaikuttaisi siltä, että laminaattipinnoitteinen

vaneri oli taivutuslujuudeltaan kaikkein kestäväntä sekä syyn suuntaan että syytä vastaan taivutettaessa. Eco Transparent ja Circus pärjäsivät josta-kuinkin yhtä hyvin ja huonoiten taivutusta kesti melamiinipintainen vaneri. Kaikki tulokset olivat kuitenkin melko lähellä toisiaan, joten nähtävästi millään tietyllä pinnoituksella ei saavuteta merkittäviä etuja taivutuslujuuden suhteen. Lisäksi syyn suuntaisia ja syyn vastaisia taivutuslujuuksia vertaamalla voidaan huomata, että näin paksussa vanerissa syysuuntien välinen ero ei enää ole niin merkittävä kuin ohuemmissa levyissä. (TAULUKKO 1.)

Melamiinipintaisen vanerin testauksessa otettiin huomioon levyn epäsymmetrisyys, joka aiheutui toispuoleisesta melamiinipinnoituksesta. Tämä huomioitiin siten, että testikappaleista puolet testattiin paperipinta ylöspäin ja puolet melamiinipinta ylöspäin. Taulukossa 2 on esitetty melamiinipinnan vaikutus taivutuslujuuteen sekä syyn suuntaan että syytä vastaan. Näyttäisi siltä, että melamiinipinta antaa lisälujuutta taivutukseen ollessaan levyn sillä pinnalla, johon kohdistuu vetoa. Vaikuttaisi myös siltä, että melamiinipinnan sijainnilla on suurempi vaikutus syyn suuntaan tapahtuvassa taivutuksessa. Näin pienestä koe-erästä ei kuitenkaan voida vetää varmoja johtopäätöksiä.

TAULUKKO 2. Mel-pinnan sijainnista riippuvat erot taivutuslujuuksissa

Syyn suuntaan		Syytä vastaan	
	Keskiarvo		Keskiarvo
Mel ylös	64,83	Mel ylös	63,05
Paperi ylös	69,55	Paperi ylös	65,00

Vertailtaessa mittauksissa saatuja arvoja Vanerikäsitteen arvoihin on mitaamalla saadut arvot jaettava kertoimella 1,4. Tämä johtuu siitä, että Vanerikäsitteen tulokset perustuvat standardiin EN 789. Taulukossa 3 on esitetty mitattujen arvojen muunnos vastaamaan vanerikäsitteen arvoja sekä vertailu muunnettujen ja vanerikäsitteen arvojen välillä.

TAULUKKO 3. Mitattujen arvojen vertailu vanerikäsikirjan arvoihin

<b>Taivutuslujuudet(N/mm<sup>2</sup>)</b>			
	Keskiarvo	Muunnettu	Vanerikäsikirja
<b>Eco Transparent</b>			
Syyn suuntaan	73,39	52,42	40,20
Syytä vastaan	64,11	45,79	34,10
<b>Mel-vaneri</b>			
Syyn suuntaan	67,19	47,99	40,20
Syytä vastaan	64,03	45,73	34,10
<b>Laminaatti</b>			
Syyn suuntaan	76,22	54,44	40,20
Syytä vastaan	74,41	53,15	34,10
<b>Circus</b>			
Syyn suuntaan	72,64	51,89	40,20
Syytä vastaan	65,95	47,11	34,10

Vanerikäsikirjan arvot ovat hiotun vanerin taivutuslujuuksia. Kuten taulukosta näkyy, kaikki testatut vanerilaadut ylittivät vanerikäsikirjan arvot selvästi.

#### 6.1.2 Verrokkit

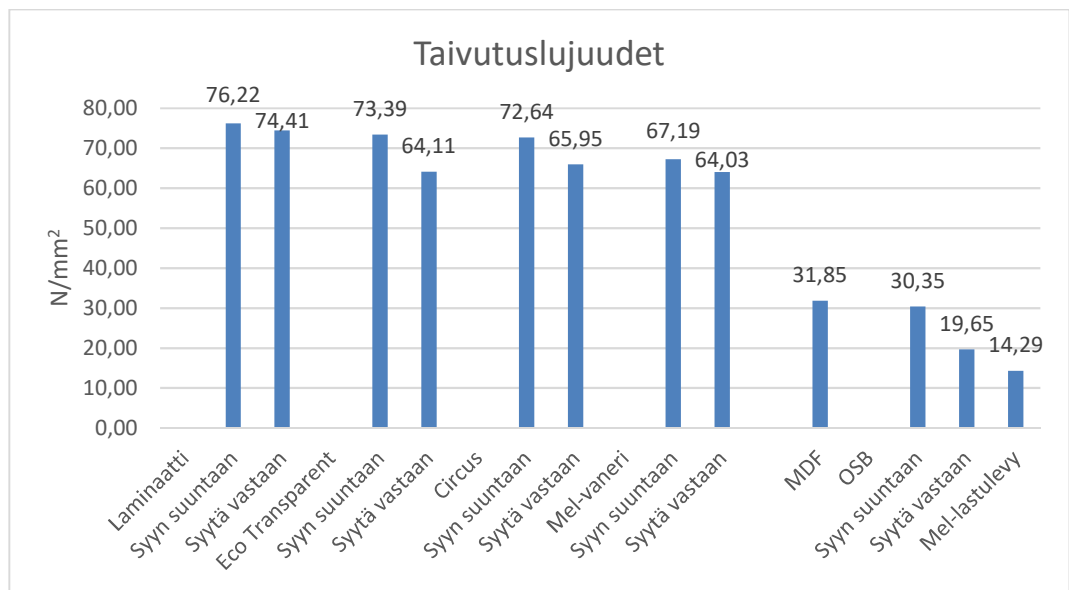
Lastulevyn ja MDF:n tulokset olivat melko samaa luokkaa kuin alan kirjallisuudessa. Mitattu keskiarvo melamiinipintaisen lastulevyn taivutuslujuuksille oli 14,29 N/mm<sup>2</sup> ja maalatun MDF:n vastaava 31,85 N/mm<sup>2</sup>(TAULUKKO 1). Wood Handbookissa lastulevyn taivutuslujuudeksi on määritelty 15,17–24,13 N/mm<sup>2</sup> ja MDF:lle 35,85 N/mm<sup>2</sup>, eli hieman enemmän kuin mitatut arvot (Cai & Ross 2010, 2). Kirjassa ei kuitenkaan mainittu esimerkiksi levyissä käytettyjä puulajeja tai liimoja, joten pienet erot saattavat selittyä valmistusprosessin eroilla.

OSB:n taivutuslujuudeksi on Wood Handbookissa määritelty 21,80-34,70 N/mm<sup>2</sup> (Cai & Ross 2010, 2). Mitatut tulokset olivat jokseenkin samaa luokkaa, vaikka syytä vastaan mitattu taivutuslujuus jäi hieman alle edellämainitun alarajan (TAULUKKO 1). Ilmeisesti melamiinipinnoitus ei siis nostanut OSB:n taivutuslujuutta juurikaan. Toisaalta testauksen aikana huo-

mattiin, että melamiinikalvo ei ollut tarttunut kaikkialle kunnolla levyn pinnan epätasaisuuden vuoksi. Tämä saattoi madaltaa saatuja tuloksia hieman.

### 6.1.3 Vertailu

Kuvioon 1 on kerätty kaikkien levylaatujen taivutuslujuudet paremmuusjärjestykseen. Kuten kuviosta nähdään, oli vaneri taivutuslujuutensa puolesta täysin ylivoimainen materiaali verrokkeihin verrattuna.



KUVIO 1. Levyt taivutuslujuuksien mukaan paremmuusjärjestyksessä

Huonoimmin pärjännyt vaneri oli mittausten mukaan noin 4,5 kertaa niin kestävä kuin lastulevy ja hieman yli kaksi kertaa niin kestävä kuin MDF tai OSB.

## 6.2 Pinnan kovuus

Kalustemateriaalin pinnan kovuus on olennainen ominaisuus etenkin kalusteissa, jotka joutuvat kestäämään mekaanista rasitusta. Siksi pinnan kovuuden testaus oli olennainen osa vertailututkimusta.

TAULUKKO 4. Eri levylaatujen pintojen kovuudet

<b>Brinell-kovuus(N/mm<sup>2</sup>)</b>		
Keskiarvo	Minimi	Maksimi
<b>Eco Transparent</b>		
3,50	2,43	4,64
<b>Mel-vaneri</b>		
3,35	2,61	4,45
<b>Laminaatti</b>		
3,61	2,27	4,27
<b>Circus</b>		
3,44	2,61	4,85
<b>Mel-lastulevy</b>		
3,26	2,52	4,45
<b>MDF</b>		
6,60	4,64	8,20
<b>Mel-OSB</b>		
3,52	1,52	7,39

Taulukossa 4 on esitetty eri levylaatujen Brinell-menetelmällä mitatut pintojen kovuudet. Myös mittaustulosten minimi ja maksimi on kirjattu taulukon havainnollistamaan esiintynyttä hajontaa.

### 6.2.1 Vanerit

Kaikki vanerilaadut saivat varsin hyvän tuloksen verrattuna koivun Brinell-kovuuteen, joka on noin 2,2-2,7 (Karelia Floors 2017). Tätä suuruusluokkaa tuki myös varmistukseksi tehty 16:n testikappaleen pinnan kovuustesti massiivikoivulle. Pinnan kovuudeltaan paras vanerilaatu oli laminaattipinoitettu vaneri, mutta myös Eco Transparent ja Circus pärjäsivät yllättävän hyvin. Yllättäen huonoimmin kesti jälleen melamiinipinta. Melamiinipinnan

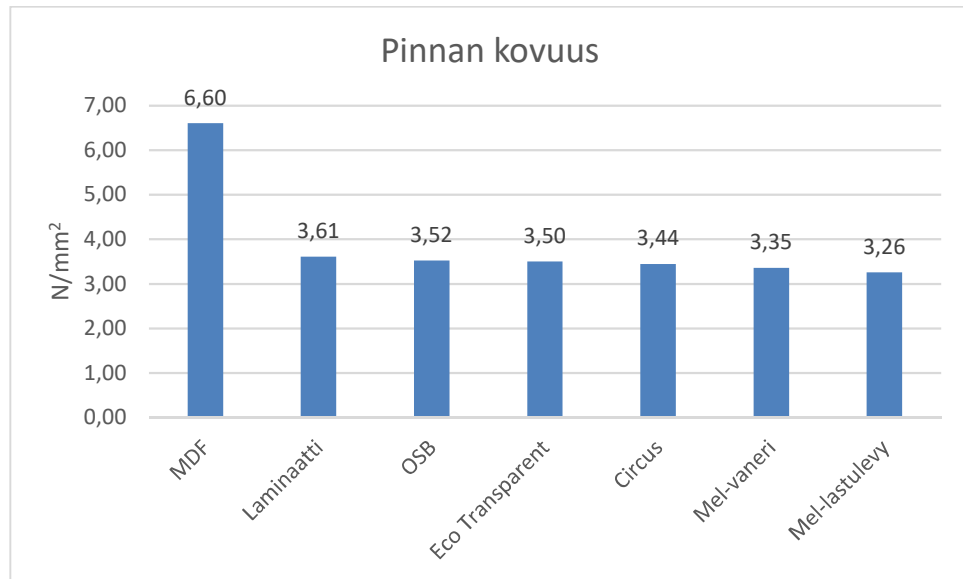
tuloksiin saattoi tosin syntyä pientä epätarkkuutta, sillä kuulalla painettaessa pinta näytti toisinaan lohkeilevan myös kuulan varsinaisen kosketuspinnan ulkopuolelta täten suurentaen kuopan halkaisijaa. (TAULUKKO 4.)

### 6.2.2 Verrokit ja vertailu

Pinnan kovuuden osalta maalattu MDF oli ylivoimaisesti paras materiaali (TAULUKKO 4). Tämä ei tosin yllätä ottaen huomioon MDF:n valmistusprosessin, jossa levyn ydin jää melko huokoiseksi, mutta molemmat pinnat voidaan puristaa erittäin tiiviiksi ja koviksi (Spanogroup 2011, 11). Tästä syystä pinnan kovuus voi olla aivan toista luokkaa kuin muissa levy materiaaleissa.

Melamiinipintainen lastulevy pärjäsikin hieman huonommin kuin vanerilaadut. Mainittavaa on myös ero, joka syntyi tuloksiin melamiinipintaisen lastulevyn ja vastaavan vanerin välille. Tämä ero voi viitata siihen, että pintamateriaalin lisäksi myös levyn pohjamateriaali vaikuttaa omalta osaltaan levyn pinnan kovuuteen. (TAULUKKO 4.)

Myös OSB pärjäsikin varsin hyvin (TAULUKKO 4). Tuloksissa oli tosin niin paljon hajontaa, että joillain toisilla kappaleilla keskiarvo voisi olla paljon matalampikin. OSB:n pinnan kovuudesta on siis vaikea sanoa mitään varmaa, koska pinnan rakenne on niin vaihteleva.



KUVIO 2. Levyalaatujen pinnan kovuudet järjestyksessä

Kuviossa 2 on vielä esitetty levyalaatujen pinnan kovuudet paremmuusjärjestyksessä. Kuten näkyy, MDF-levyä lukuun ottamatta materiaalit olivat melko tasaväkisiä.

### 6.3 Mittamuutokset

Yksi työn suurimpia tutkimuskysymyksiä oli vanerin eläminen ja siinä esiintyvät mittamuutokset yleisempiin kalustelevyihin verrattuna. Lähtöoletus oli, että vanerin kosteuseläminen on suurempaa kuin muilla levyillä.

Tavallista voimakkaampi ympäröivän ilmankosteuden vaihtelu tuotti toiveiden mukaisesti selkeitä tuloksia. Lisäksi se toi esiin erot eri kalustelevyjen kosteudenkestossa.

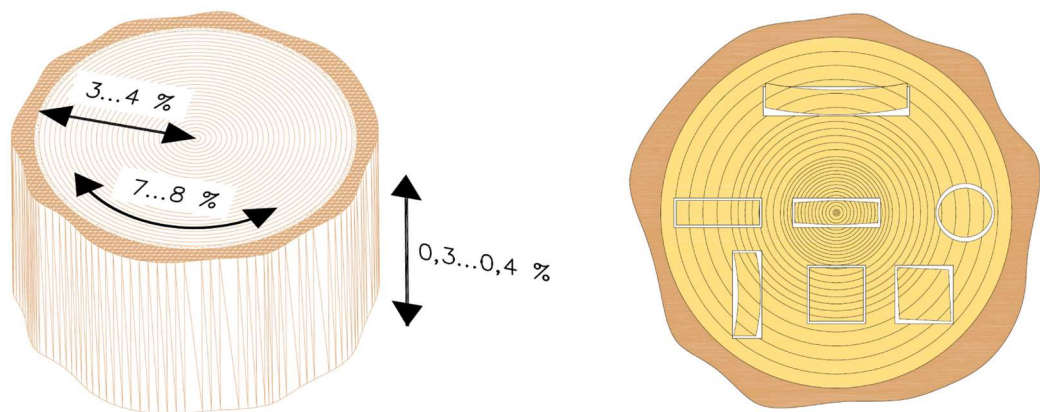
#### 6.3.1 Vanerit

Vastoin odotuksia kaikkien vanerilaatujen kohdalla mitattiin melko pieniä muutoksia rajusta ilmankosteuden vaihtelusta huolimatta. Taulukossa 5 on esitetty kaikkien vanerilaatujen mittamuutosten keskiarvot sekä syyn suuntaan että syytä vastaan. Lisäksi taulukkoon on eritelty pituudessa ja paksuudessa tapahtuneet muutokset.

TAULUKKO 5. Vanerilaatujen mittamuutosten keskiarvot

Mittamuutokset				
Eco Transparent				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
Syyn suuntaan	0,42	0,14	0,93	5,18
Syytä vastaan	0,51	0,17		
Mel-vaneri				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
Syyn suuntaan	0,55	0,18	0,91	5,08
Syytä vastaan	0,57	0,19		
Laminaatti				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
Syyn suuntaan	0,52	0,17	0,91	5,04
Syytä vastaan	0,44	0,15		
Circus				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
Syyn suuntaan	0,47	0,16	0,92	5,12
Syytä vastaan	0,56	0,19		
Kaikki laadut				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
Syyn suuntaan	0,49	0,16	0,92	5,10
Syytä vastaan	0,52	0,17		

Näyttää siltä, että syyn suunnassa ja syytä vastaan tapahtuvat mittamuutokset olivat keskimäärin reilusti pienemmät kuin paksuuden muutokset (TAULUKKO 5). Puun kosteuseläminen on yleensä rajumpaa ns. tangentin suunnassa kuin säteen suunnassa, minkä pitäisi vanerin kohdalla tarkoittaa suurinta mittamuutosta levyn pääsyysuuntaa vastaan (KUVIO 3).



KUVIO 3. Puun mittamuutosten erot eri suunnissa (Puuinfo 2017)

Erilainen tulos voi kuitenkin selittyä vanerin rakenteella. Viilukerrokset on liimattu ristiin, joten mittamuutos sekä syyn suuntaan että sitä vastaan vaatii huomattavan suuria voimia. Paksuussuunnassa mittamuutosta ei sen sijaan rajoita mikään.

Taulukon 5 tuloksia tarkastelemalla voidaan huomata myös pieni ero kasvavassa ja pienenevässä kosteudessa tapahtuvassa mittamuutoksessa. Ero on kuitenkin vain joitain millimetrin kymmenesosia, joten mitään selviä johtopäätöksiä ei voida vetää ilman laajempaa tutkimusta.

Vanerilaatujen väliset erot mittamuutoksissa olivat melko mitättömiä, mutta ympäröivään kosteuteen tasaantumiseen vaadittavassa ajassa huomattiin eroja eri levyjen välillä. Voidaan siis olettaa, että pinnoitteen tyyppi ja paksuus vaikuttivat olennaisesti tasaantumiseen vaadittavaan aikaan. Hidas tasaantuminen voi olla hyvä tai huono ominaisuus käyttökohteesta riippuen.

### 6.3.2 Verrokkit

Verrokkilevyjen mittamuutoksissa oli melko suuria eroja eri levylaatujen, mutta myös eri mittaussuuntien välillä. OSB pärjasi melko hyvin, kun taas lastulevyn ja MDF:n muutokset olivat huomattavasti suuremmat.

(TAULUKKO 6.)

TAULUKKO 6. Verrokkien mittamuutosten keskiarvot

<b>Mittamuutokset</b>				
<b>Verrokkit</b>				
	Pituus (mm)	Pituus (%)	Paksuus (mm)	Paksuus (%)
<b>Mel-OSB</b>				
Syyn suuntaan	0,48	0,16	0,78	5,00
Syytä vastaan	0,60	0,20		
<b>Mel-lastulevy</b>				
	1,96	0,65	2,35	11,77
<b>MDF</b>				
	1,08	0,36	2,02	10,12

OSB:n tuloksissa näkyi jonkin verran eroa pintapäreen mukaan määritettyjen syysuuntien välillä. Näyttäisi siis siltä, että OSB:hen tosiaan syntyy levyjen valmistuksessa jonkinlainen syysuunta. Tämä tuli esiin jo aiemmin taivutuslujuustestien tuloksissa. (TAULUKKO 6.)

Kuten kaikki muutkin testatut levymateriaalit, myös MDF ja lastulevy kasvavat paksuussuunnassa kaikkein eniten (TAULUKKO 6). Kummassakin materiaalissa on jonkinlainen kerrosrakenne, joka todennäköisesti vaikuttaa omalta osaltaan suurempaan paksuussuuntaiseen turpoamiseen. Luultavasti myös pintaan liimattu pinnoite hillitsee pituus- ja leveysuuntiin tapahtuvaa mittamuutosta.

## 6.3.3 Vertailu

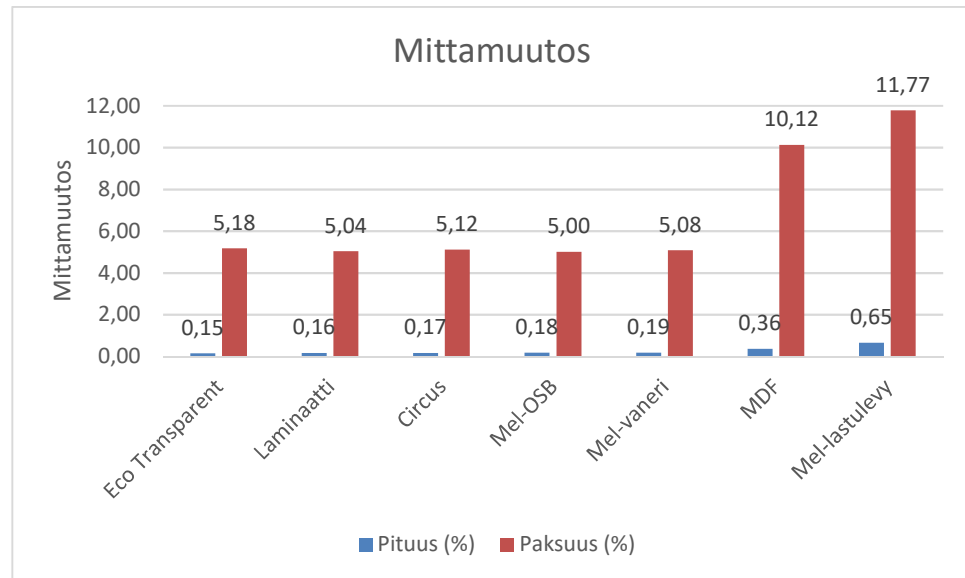
Taulukon 7 pohjalta voidaan sanoa, että vaneri oli varsin kilpailukykyinen materiaali mittamuutosten osalta. Verrokeista vain melamiinipinnoitetulla OSB:llä mitattiin vastaavia mittamuutoksia, kun taas lastulevyn ja MDF:n muutokset olivat vähintään kaksinkertaiset.

TAULUKKO 7. Kaikkien levy materiaalien mittamuutokset

Mittamuutokset					
Eco Transparent (18mm)			Mel-OSB (15,5mm)		
Mittamuutoksen keskiarvo (mm)			Mittamuutoksen keskiarvo (mm)		
	Pituus	Paksuus		Pituus	Paksuus
35%-98%			35%-98%		
Syyn suuntaan	0,50	0,98	Syyn suuntaan	0,55	0,88
Syytä vastaan	0,56	1,01	Syytä vastaan	0,68	1,01
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,35	0,81	Syyn suuntaan	0,41	0,56
Syytä vastaan	0,45	0,93	Syytä vastaan	0,51	0,65
Mel-vaneri (18mm)			Mel-lastulevy (20mm)		
Mittamuutoksen keskiarvo (mm)			Mittamuutoksen keskiarvo (mm)		
	Pituus	Paksuus		Pituus	Paksuus
35%-98%			35%-98%		
Syyn suuntaan	0,61	0,98	Erä 1	2,18	3,14
Syytä vastaan	0,64	0,96	Erä 2	2,23	3,21
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,49	0,81	Erä 1	1,74	1,51
Syytä vastaan	0,50	0,91	Erä 2	1,69	1,56
Laminaatti (18mm)			MDF (20mm)		
Mittamuutoksen keskiarvo (mm)			Mittamuutoksen keskiarvo (mm)		
	Pituus	Paksuus		Pituus	Paksuus
35%-98%			35%-98%		
Syyn suuntaan	0,65	0,99	Erä 1	1,07	2,06
Syytä vastaan	0,50	0,99	Erä 2	0,99	2,06
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,39	0,75	Erä 1	1,03	2,04
Syytä vastaan	0,37	0,90	Erä 2	1,24	1,94
Circus (18mm)					
Mittamuutoksen keskiarvo (mm)					
35%-98%					
Syyn suuntaan					
Syytä vastaan	0,50	0,99			
98%-35%					
Syyn suuntaan					
Syytä vastaan	0,43	0,76			

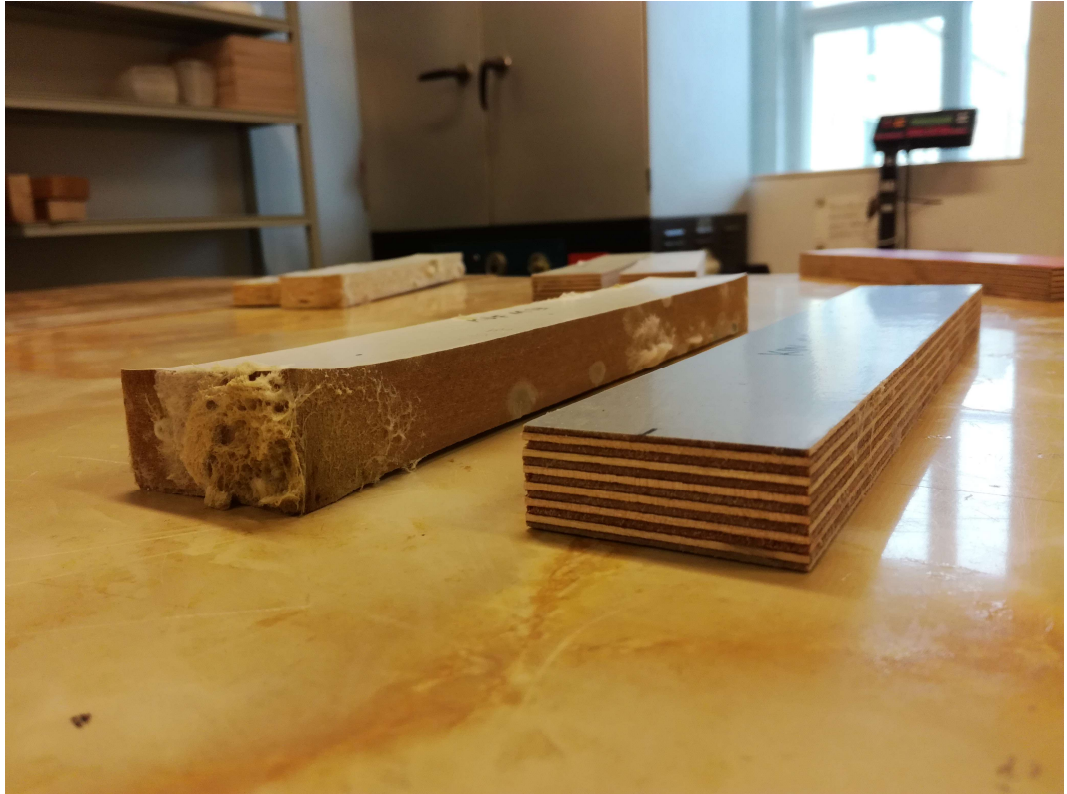
Etenkin suurille kosteusvaihteluille altistuvien tilojen kalusteissa vaneri tai OSB ovat siis sellaisenaan kestävämpiä materiaaleja.

Kuviossa 4 eri materiaalit on vielä laitettu paremmuusjärjestykseen syyn suuntaisen ja -vastaisen mittamuutoksen perusteella. Vertailun vuoksi myös paksuudessa tapahtuneet muutokset on laitettu näkyville.



KUVIO 4. Mittamuutostestin paremmuusjärjestys

Mittamuutostestauksen normaalia rajumpi kosteusvaihtelu toi varsinaisten testitulosten ohella esiin myös hieman toisenlaisia tuloksia. Testikappaleet vaativat lähes kahden viikon mittaisen tasaannutussyklin tasaantuakseen ympäröivään 98 prosentin kosteuteen, mikä taas antoi erilaisille kasvustoille aikaa asettua testikappaleiden pintaan. Testien jälkeen kappaleista kävi selkeästi ilmi, että vanerilaadut olivat kestäneet korkeaa ilmankosteutta paljon verrokkilevyjä paremmin. Kuvassa 3 on vierekkäin Koskidecor Eco Transparent -testikappale sekä verrokkina käytetty MDF-testikappale.



KUVA 3. Ero vanerin ja MDF-levyn välillä sääkaapissa olon jälkeen

Vanerisiin testikappaleisiin oli syntynyt lähinnä pieniä värivikoja ja joitain yksittäisiä kasvustoja. Useimmat kappaleet olivat pysyneet varsin hyvin muodossaan ja niiden pinnat olivat melko hyväkuntoiset. Verrokkikappaleissa sen sijaan kasvustoa näkyi poikkeuksetta huomattavasti enemmän. Lisäksi useat kappaleista olivat menettäneet muotoaan ja turvonneet päistä todella paksuiksi. Aiemmin Kalliomäen haastattelussa mainittu vanerin kosteudenkesto näyttäisi ainakin näiden tulosten perusteella pitävän paikkansa.

#### 6.4 Käyristyminen

Mittamuutoskappaleista saatiin myös jonkinlaisia tutkimustuloksia levy materiaalien käyristymisestä. Luotettavampien tulosten saamiseksi laajemmat tutkimukset suuremmilla testikappaleilla olisivat kuitenkin tarpeen. Nähtävästi suorakaiteen muotoisissa testikappaleissa käyristymistä tapahtuu lähinnä yhteen suuntaan, mutta lähemmäs neliötä siirryttäessä alkaa levyissä näkyä enemmän kieroutumista eli kappaleesta tulee ns. propellin

mallinen. Testituloksissa käyrityksen ensisijaiset tyypit viittaavat näihin kahteen käyritystapaan, lenkous viittaa käyritykseen yhteen suuntaan ja kierous tähän “propelli-ilmiöön”. Tuloksissa ilmoitettu käyritymä on suurin mitattu lukema 300 millimetrin mittaisessa testikappaleessa.

#### 6.4.1 Vanerit

Taulukkoon 8 on kerätty eri vanerilaatujen käyritymät. Lisäksi eri laatujen pohjalta on laskettu keskivertotulos kaikille laaduille.

TAULUKKO 8. Vanerilaatujen käyritymien keskiarvot ja ensisijaiset tyypit

<b>Käyrityminen</b>		
	Keskiarvo (mm)	Ensisijainen tyyppi
<b>Eco Transparent</b>		
Syyn suuntaan	0,9	Lenkous
Syytä vastaan	0,5	Lenkous
<b>Mel-vaneri</b>		
Syyn suuntaan	0,6	Lenkous
Syytä vastaan	1,0	Lenkous
<b>Laminaatti</b>		
Syyn suuntaan	0,7	Lenkous
Syytä vastaan	0,7	Lenkous
<b>Circus</b>		
Syyn suuntaan	0,4	Kierous
Syytä vastaan	1,1	Lenkous
<b>Kaikkien laatujen keskiarvo</b>		
Syyn suuntaan	0,7	Lenkous
Syytä vastaan	0,8	Lenkous

Tulosten pohjalta ei voida vetää johtopäätöksiä siitä, tapahtuuko käyritymistä enemmän syyn suuntaan vai sitä vastaan. Kaikkien laatujen yhteistuloksessa eroa syysuuntien välillä oli vain 0,1 millimetriä, mikä tarkoittaa äärimmäisen tasaisia tuloksia. Vaikuttaa kuitenkin selkeästi siltä, että ensisijaisesti käyrityminen tapahtui vain yhteen suuntaan. (TAULUKKO 8.)

Syntyneet käyritymät vaikuttavat varsin pieneltä, mutta on otettava huomioon testikappaleiden mitat. 300 millimetrin matkalla esimerkiksi 1 millimetrin käyritymä kuulostaa pieneltä, mutta vaikkapa kaksi metriä pitkässä

kappaleessa käyristyminen samassa suhteessa tarkoittaisi lähes seitsemää millimetriä. Sekään ei kuulosta paljolta, mutta esimerkiksi vaatekaappin ovessa seitsemän millimetrin heitto näkyy jo kauempeakin.

#### 6.4.2 Verrokit

Verrokeista parhaiten pärjasi OSB, mutta myöskään lastulevyllä tai MDF:llä ei mitattu kovin suuria käyristymiä (TAULUKKO 9). Lastulevyn ja MDF:n käyristymisen mittausta tosin hankaloitti niiden raju ja epätasainen turpoaminen mittamuutostestauksen aikana, joten niiden tulokset eivät ole välttämättä täysin luotettavia.

TAULUKKO 9. Verrokkilevyjen käyristymien keskiarvot

<b>Käyristyminen</b>		
	Keskiarvo (mm)	Ensisijainen tyyppi
<b>Mel-OSB</b>		
Syyn suuntaan	0,6	Lenkous
Syytä vastaan	0,7	Molemmat
<b>Mel-lastulevy</b>		
	0,9	Lenkous
<b>MDF</b>		
	1,1	Lenkous

Myös verrokkien tulokset tukevat olettamusta siitä, että kieroutumista ei juurikaan tapahdu kapeilla ja pitkillä testikappaleilla. OSB:llä syytä vastaan tehdyistä testikappaleista tosin löytyi saman verran sekä kieroja että lenkoja kappaleita. Selkeää syytä tälle ei kuitenkaan löytynyt.

#### 6.4.3 Vertailu

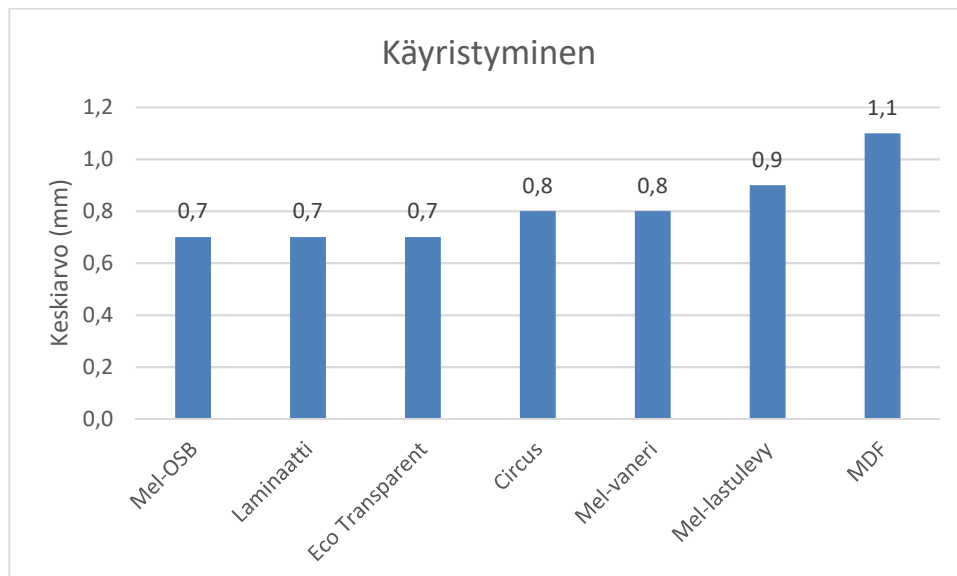
Taulukkoon 10 on kerätty kaikkien levytyyppien käyristymistestin tulokset. Vaikka kaikkien materiaalien tulokset olivat käyristymisen osalta melko tasavertaiset, käyristymisen synnyssä oli hieman eroa.

TAULUKKO 10. Käyritymistestin tulokset kaikille levy materiaaleille

Käyrityminen					
Eco Transparent			Mel-OSB		
	Keskiarvo (mm)	Tyyppi		Keskiarvo (mm)	Tyyppi
35%-98%			35%-98%		
Syyn suuntaan	0,8	Lenkous	Syyn suuntaan	0,7	Lenkous
Syytä vastaan	0,6	Lenkous	Syytä vastaan	0,5	Kierous
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,9	Lenkous	Syyn suuntaan	0,6	Lenkous
Syytä vastaan	0,5	Lenkous	Syytä vastaan	0,9	Lenkous
Mel-vaneri			Mel-lastulevy		
35%-98%			35%-98%		
	Keskiarvo (mm)	Tyyppi		Keskiarvo (mm)	Tyyppi
Syyn suuntaan	0,8	Lenkous	Erä 1	0,9	Lenkous
Syytä vastaan	1,4	Lenkous	Erä 2	0,8	Lenkous
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,5	50/50	Erä 1	1,2	50/50
Syytä vastaan	0,5	Lenkous	Erä 2	0,9	Kierous
Laminaatti			MDF		
35%-98%			35%-98%		
	Keskiarvo (mm)	Tyyppi		Keskiarvo (mm)	Tyyppi
Syyn suuntaan	0,7	Lenkous	Erä 1	1,6	Kierous
Syytä vastaan	0,7	Lenkous	Erä 2	1,1	50/50
98%-35%			98%-35%		
Syyn suuntaan	0,6	Lenkous	Erä 1	0,8	Lenkous
Syytä vastaan	0,7	Lenkous	Erä 2	0,9	Lenkous
Circus					
35%-98%					
	Keskiarvo (mm)	Tyyppi			
Syyn suuntaan	0,6	50/50			
Syytä vastaan	1,6	Lenkous			
98%-35%					
Syyn suuntaan	0,3	Kierous			
Syytä vastaan	0,7	Lenkous			

Vanerilaadut ja OSB käyrityivät pysyen kuitenkin muodossaan, kun taas MDF- ja lastulevykappaleiden käyritymä johtui osaltaan päissä tapahtuneesta turpoamisesta. Yhteistä oli kuitenkin se, että kaikissa materiaa-

leissa tapahtui jonkinasteista käyritymistä kosteudelle altistettaessa. Mittamuutostesteistä poiketen käyritymistestien tuloksissa ei ilmennyt selkeää eroa nousevan ja laskevan ilmankosteuden välillä (TAULUKKO 10).



KUVIO 5. Käyritymistestien keskiarvot

Kuviossa 5 on esitetty materiaalit paremmuusjärjestyksessä käyritymisen osalta. Kuten aiemmin mainittiin, tulokset olivat varsin tasaiset. Nähtävästi OSB pärjäsi tässäkin testissä hyvin samalla tavalla kuin vanerilaadut.

## 6.5 Pinnan halkeilu

Taulukkoon 11 on kerätty tiedot kahdesta laajemmasta pinnan halkeilutestistä. Taulukon perusteella voidaan sanoa, ettei halkeilua juurikaan esiintynyt kolmesta erilaisesta testisyklistä huolimatta. Joitain selkeitä säännönmukaisuuksia kuitenkin löytyi.

Selkeimmäksi tulokseksi muodostui se, että halkeilua ei esiintynyt juuri lainkaan erilaisilla kalvoilla päällystetyissä levyissä. Edes melamiinipintaisissa levyissä ei esiintynyt toistuvaa halkeilua ohuesta kalvosta huolimatta. (TAULUKKO 11.)

TAULUKKO 11. Pintojen laadut standardin SFS-EN 14323 mukaan

<b>Pinnan halkeilu</b>	
<b>Eco Transparent</b>	<b>Mel-OSB</b>
Keskimääräinen pinnan laatu	Keskimääräinen pinnan laatu
35%-98%	35%-98%
5	5
98%-35%	98%-35%
5	5
<b>Mel-vaneri</b>	<b>Mel-lastulevy</b>
Keskimääräinen pinnan laatu	Keskimääräinen pinnan laatu
35%-98%	35%-98%
5	5
98%-35%	98%-35%
5	5
<b>Laminaatti</b>	<b>MDF</b>
Keskimääräinen pinnan laatu	Keskimääräinen pinnan laatu
35%-98%	35%-98%
5	5
98%-35%	98%-35%
5	5
<b>Circus</b>	
Keskimääräinen pinnan laatu	
35%-98%	
3	
98%-35%	
3	

Värjätyissä vanerilaaduissa halkeilua sen sijaan esiintyi enemmän. Eco Transparentissa halkeilua oli vain harvoissa kappaleissa, joten se ei näkynyt lopullisissa tuloksissa. Circus-testikappaleissa taas halkeilu oli paljon säännönmukaisempaa, mikä näkyi lopullisissa tuloksissa. (TAULUKKO 11.) Standardin SFS-EN 14323 mukaisella asteikolla luku 3 vastaa pintaa, jossa esiintyy hiushalkeamia satunnaisesti koko testikappaleen pinnalla.

## 6.6 Materiaalien ominaisuudet

Kaikkien tehtyjen testien pohjalta eri levy materiaaleille voitiin laatia eränläiset profiilit, jotka toimivat yhteenvetona kunkin levyn ominaisuuksista. Profiileihin on summattu jokaisen tehdyn testin tulokset lyhyesti.

Vanerilaadut on jaettu kahteen kategoriaan esiintyneiden samankaltaisuuksien vuoksi. Verrokkeina käytetyt levyt käsitellään omassa kategoriasaan.

#### 6.6.1 Värjätyt vanerit

Taivutuslujuus molemmissa värjätyissä vanereissa oli huippuluokkaa, eikä näkyvän kalvopinnoituksen puuttuminen juuri vaikuttanut siihen. Molemmat laadut kestivät taivutusta moninkertaisesti verrokkeihin verrattuna. Pinnan kovuus levyillä oli keskinertainen, joskin ne saivat massiivikoivun pinnan kovuutta paremmat tulokset.

Kosteuden vaikutuksesta tapahtuvat pinnan suuntaiset mittamuutokset olivat molemmilla levyillä varsin pieniä, noin 0,2 %. Paksuussuunnassa muutokset olivat sen sijaan keskimäärin 5 %, joka sekkin oli vain puolet MDF:n ja lastulevyn tuloksista. Pintakäsittelystä johtuen kosteuden imeytyminen ja haihtuminen oli näkyvällä kalvolla pinnoitettuja levyjä nopeampaa. Käyristymistä molemmissa tapahtui pienillä kappaleilla melko vähän, mutta isommilla pinnoilla se aiheuttaa luultavasti ongelmia.

Pinnan halkeilun osalta Eco Transparent ja Circus erosivat toisistaan. Eco Transparentissa halkeilua tapahtui vain satunnaisesti, joten se pääsi pinnanlaadultaan parhaaseen luokkaan 5. Circus taas halkeili paljon enemmän ja jäi laatuluokkaan 3. Suurin osa levyissä esiintyvistä halkeamista oli kuitenkin hiushalkeamia, joita oli vaikea erottaa paljaalla silmällä.

#### 6.6.2 Pinnoitetut vanerit

Värjättyjen vanerien tapaan myös pinnoitetut vanerilaadut olivat taivutuslujuudeltaan erinomaisia. Laminaattipinta näytti parantavan taivutuslujuutta hieman, kun taas melamiinipinnoituksella ei ollut juurikaan merkitystä. Myös pinnan kovuus vaikutti parantuvan laminaattipinnoituksella, joskin molempien levyjen tulokset olivat värjättyjen vanerien tapaan keskinertaiset.

Kosteudesta aiheutuvat mittamuutokset olivat myös pinnoitetuilla vanereilla pieniä, mutta niiden tasaantuminen ympäröivään kosteuteen oli jonkin verran hitaampaa. Pinnoitettujen vanerien käyttäytymisessä ei käyristymisen osalta todettu juurikaan eroja värjättyihin vanereihin.

Suurin ero värjättyihin vanereihin oli pinnan halkeilussa. Vanerin pinnoitus erilaisilla kalvoilla poisti pinnan halkeilun lähes täysin, vaikka ohut melamiinikalvo tuskin riittää pitkällä aikavälillä. Laminaattipinta sen sijaan voi olla varsin kestävä rakenteensa ja paksuutensa ansiosta.

### 6.6.3 Verrokkilevyt

Taivutuslujuus kaikilla verrokkilevyillä oli varsin heikko. MDF kesti taivutusta jonkin verran OSB:tä ja lastulevyä paremmin, mutta jäi silti noin puoleen vanerin lujuudesta. Pinnan kovuus MDF:llä oli erinomainen, kun taas lastulevy ja OSB olivat melko keskinkertaisia.

Mittamuutoksiltaan OSB vastasi melko tarkasti vaneria ja piti vanerin taivoin muotonsa varsin hyvin ympäröivän kosteuden muuttuessa. MDF:n ja lastulevyn kohdalla raju kosteusvaihtelu sai aikaan reilusti muita levyjä suurempia mittamuutoksia sekä pinnan suuntaan että paksuussuunnassa. Levyt myös turposivat epäsymmetrisesti etenkin kappaleen päistä ja menettivät alkuperäistä muotoaan. Käyristymistä suurempi ongelma näillä levyillä olikin kosteuden aikaansaama muodonmuutos. OSB taas käyristyi melko samalla tavalla kuin vaneri.

Myös verrokkilevyt kestivät kosteusvaihtelua ilman pinnan halkeilua, joten erilaisia liimattavia pinnoitteita voidaan pitää hyvänä ratkaisuna kohteissa, joissa mahdollinen pinnan halkeilu on huolenaihe.

## 7 YHTEENVETO

### 7.1 Työn onnistuminen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli antaa Koskisen Oy:lle vastauksia kalustemuotoiluun liittyvää materiaalin valintaa ja vanerin käyttöä koskeviin kysymyksiin sekä tuottaa vertailevia tutkimustuloksia vanerin ja yleisimmin käytettyjen kalustelevyjien välille.

Tutustumalla muotoilualan teoriaan ja haastatteleamalla alan ammattilaisia saatiin melko hyvä käsitys siitä, miten materiaalien valinta tapahtuu ja mitä asioita prosessissa on otettava huomioon. Lisäksi haastatteluista saatiin hyviä näkökulmia siihen, miksi vanerin käyttö kalusteteollisuudessa on tällä hetkellä niin vähäistä. Ammattilaiset antoivat myös muutaman hyvän ehdotuksen tilanteen parantamiseksi.

Vertailututkimuksella sen sijaan saatiin kerättyä tärkeää tietoa Koskisen Oy:n vanerituotteista ja etenkin niiden ominaisuuksista verrattuna suositumpiin kalustelevyihin. Tulosten pohjalta huomattiin, ettei vaneri materiaalina ole läheskään niin epäsovelias kalustekäyttöön kuin yleisesti ajatellaan. Saatuja tuloksia voidaan toivottavasti hyödyntää tulevassa tuotemanuaalissa ja vanerituotteiden kohdistamisessa niille parhaisiin käyttökohteisiin.

### 7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Opinnäytetyön aikana heräsi jonkin verran ajatuksia mahdollisista jatkotutkimuskohteista. Koko tutkimuksen ajan selkeänä pääteemana on pysynyt vanerin käyristyminen, joten sen tarkempi tutkiminen voisi olla paikallaan. Suurempien testikappaleiden ja laajemman otannan avulla voitaisiin löytää jonkinlaista säännönmukaisuutta esimerkiksi käyristymisen suuntaan ja suuruuteen. Ongelman parempi ymmärtäminen on ensiarvoisen tärkeää, mikäli sen syntymistä pyritään välttämään.

Myös Harri Kalliomäen mainitsema vanerin kehittäminen sopivammaksi kalustemateriaaliksi voisi olla hyvä aihe esimerkiksi opinnäytetyölle. Muutamalla eri komposiittirakenteella valmistettujen testilevyjen ominaisuuksia voitaisiin verrata perinteiseen vaneriin ja pohtia, olisiko ytimen tai joidenkin väliviilujen korvaaminen jollain muulla materiaalilla kannattavaa tai ylipääntään mahdollista.

Kolmas testien aikana esille noussut jatkotutkimusaihe liittyy pinnan halkeiluun. Testien rajuista olosuhteista huolimatta halkeilua ei juurikaan esiintynyt. Pinnan halkeilusta on kuitenkin reklamoitu, joten sen syntyminen voi vaatia pidemmän ajanjakson. Tuloksia voitaisiin saada esimerkiksi muutaman kuukauden mittaisella testillä, jossa kosteutta vaihdeltaisiin tiheästi keskivertotaloudessa esiintyvien minimi- ja maksimikosteuksien mukaan. Melamiini- ja laminaattipintaisten levyjen pinnan halkeilu jäi olemattomaksi opinnäytetyön testeissä, joten etenkin niiden pinnan halkeilusta voisi olla hyvä saada jonkinlaisia tuloksia.

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

Ashby, M. & Johnson, K. 2002. Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Karana, E., Pedgley, O. & Rognoli, V. 2013. Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Smardzewski, J. 2015. Furniture Design. Cham: Springer International Publishing.

### Elektroniset lähteet

Cai, Z. & Ross, R. 2010. Wood Handbook: Chapter 12. Mechanical properties of wood-based composite materials [viitattu 17.4.2017]. Saatavissa: [https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter\\_12.pdf](https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr190/chapter_12.pdf)

Karelia Floors 2016. Hardness [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.kareliafloors.com/Products/Feature-Facts/Hardness/>

Metsäteollisuus ry. 2005. Vanerikäsikirja [viitattu 17.4.2017]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Vanerik%C3%A4sikirja.pdf>

SFS-EN 14323, 2004. Puupohjaiset levyt. Melamiinipintaiset levyt sisäkäyttöön. Ominaisuudet ja testimenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa lisenssillä osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 1534, 2011. Wood flooring. Determination of resistance to indentation. Test method. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa lisenssillä osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 310, 1993. Puulevyt. Taivutuskimmomoduulin ja taivutuslujuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa lisenssillä osoitteesta <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 318, 2002. Puupohjaiset levyt. Suhteellisen kosteuden muutoksesta aiheutuvien mittamuutosten määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Saatavissa lisenssillä osoitteesta <https://online.sfs.fi>

Spanogroup 2011. MDF Manual: Weight by volume and density profile [viitattu 20.4.2017]. Saatavissa: <http://cbt.eu-gateway.jp/wp-content/uploads/2014/04/MDF-manual-ENG-LOW-RES.pdf>

#### Suulliset lähteet

Kalliomäki, H. 2017. Kalustemuotoilun lehtori. Lahden ammattikorkeakoulu. Haastattelu 9.10.2017.

Lahtinen, A. 2017. Tilasuunnittelun opettaja. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Haastattelu 25.9.2017.

Tuomela, I. 2017. Tuotannonjohtaja/Suunnittelija. Yritys salainen haastattelun pyynnöstä. Haastattelu 22.11.2017.

#### Kuvalähteet

Puuinfo 2017. Puun kosteuskäyttäytyminen [viitattu 11.12.2017]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/kosteusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>