



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

# MUOTOPURISTUKSEN SAANNON OPTIMOINTI

Case: Isku Teollisuus Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Insinööri AMK  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Anita Liimatainen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

LIIMATAINEN, ANITA: Muotopuristuksen saannon optimointi,  
Case: Isku Teollisuus Oy

Puutekniikan opinnäytetyö

28 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2012

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee vanerin saannon optimointia muotopuristuksessa Isku Teollisuus Oy:llä. Työn tarkoituksena on selvittää, millaisia säästöjä voidaan saavuttaa käyttämällä UPM Grada -vaneria muotopuristuksessa perinteisen muotopuristusmenetelmän sijaan.

Teoriaosassa käsitellään kahta erilaista muotopuristusprosessia, selvitetään rationalisointia tuotannossa eri lajeineen sekä käsitellään erilaisia työntutkimustapoja ja niiden käytettävyyttä. Lisäksi käsitellään simulointimallin toimintaperiaatteita ja simuloinnin käyttämistä suunnittelun apuna.

Tutkimusosassa käsitellään menetelmätutkimista, tiedonhankintaa, simulointimal-  
lia ja taivutetun kappaleen leikkauslujuutta. Menetelmätutkimisessa vertaillaan perinteisen muotopuristusprosessin ja UPM Grada -vanerin eroja muotopuristik-  
sessa. Tiedonhankinnan avulla kerätään tarvittavaa tietoa simulointimallia varten. Simulointimallin tehdään Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla ja se tehdään tarvittavien tuotetietojen ja tilausmäärien pohjalta. Lopuksi tutkitaan jo taivutetun UPM Grada -vanerikappaleen leikkauslujuutta, sekä verrataan sitä vaneristandardiin.

Simulointimallin avulla selvisi se, että käytettäessä UPM Grada -vaneria ja käytössä olevia vaneriaihiota pienentämällä pystytään materiaalikuluihin säästämään. Lisäksi tutkitaan, millaisiin säästöihin päästään kahdella eri levykoolla. Leikkauslujuutta tutkimalla havaitaan, että taivutetun vanerin lujuus muuttuu verrattuna vaneristandardiin.

Tässä työssä tutkitaan vanerin käytön optimointia niin, että levyjen saantoa pystytään parantamaan ja syntyvää hukkaa pienentämään. Jotta tämä on mahdollista, täytyy levyistä saatavia aihokokoja muuttaa. Aihoiden kokoja täytyy pienentää, jotta saannon määrää pystytään optimoimaan taloudellisemmaksi.

Avainsanat: muotopuristus, vaneri, UPM Grada -vaneri, simulointimalli, rationali-  
sointi

Osa tästä opinnäytetyöstä on salattu.

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Wood Technology

LIIMATAINEN, ANITA: Optimizing the shaping yield of plywood  
Case: Isku Teollisuus Oy

Bachelor's Thesis in Wood Technology

28 pages, 7 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

---

The purpose of this Bachelor's thesis was to optimize the shaping yield of plywood. The project was commissioned by Isku Teollisuus Oy.

The goal was to investigate the savings that could be reached by shaping UPM Grada plywood with some other method than the traditional one.

The theoretical part deals with two different shaping processes, rationalization in mass production and also various work study methods. In addition, the principles of simulation and the use of simulation in material planning are presented.

The research section of the thesis explains the methods, data acquisition, simulation model, and shear resistance of a bent object. Traditional plywood shaping is compared with the shaping of UPM Grada plywood. The simulation model utilizes the information from data acquisition. The simulation model was implemented on Excel spreadsheet and is based on product information and order quantities. In the end of the research section the shear resistance of the bent UPM Grada plywood is compared with the plywood standard.

The simulation model revealed that by using UPM Grada plywood and by making the existing plywood blanks smaller the material costs can be reduced. Another result was that more than one plywood blank size is needed to optimize mass production without changing the structure of the end product.

Keywords: shaping, plywood, UPM Grada plywood, simulation model, rationalization

Part of this Bachelor's thesis is hidden.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYSESITELY	2
3	MUOTOPURISTUS JA VANERIN RAKENNE	3
3.1	Vanerin rakenne	3
3.2	Pinnoitteet	4
3.3	Liimaus ja ladonta	5
3.4	Muotopuristus ja muotopuristusmuotit	6
3.5	Suurtaajuuspuristus	6
3.6	Kuumapuristus	7
4	UPM GRADA - VANERI	9
4.1	Vanerin rakenne	9
4.2	Pinnoitteet	10
4.3	Muotopuristus	10
5	RATIONALISOINTI	12
5.1	Rationalisointi ja sen tavoite	12
5.2	Rationalisointilajit	12
5.3	Ongelmien ratkaiseminen	13
5.4	Tietojen keräys	14
6	SIMULOINTI	16
6.1	Simuloinnin käyttö	16
7	TUTKIMUSMENETELMÄT	17
7.1	Menetelmätutkiminen	17
7.2	Tiedonhankinta	18
7.3	Simulointimalli	21
7.4	Leikkauslujuus	23
8	TULOKSET	24
8.1	Leikkauslujuus	25
9	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	31

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsittelen vanerin saannon optimointia muotopuristusprosessissa. Työn tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon säästöjä Isku Teollisuus Oy:n on mahdollista saavuttaa käyttäessä UPM Grada -vaneria perinteisen muotopuristusprosessin sijaan.

Tällä hetkellä käytössä oleva, niin sanottu perinteinen muotopuristusmenetelmä sisältää monia eri työvaiheita, jotka hidastavat tuotantoprosessia. Tämä muotopuristusmenetelmä perustuu yksittäisiin viiluihin, jotka liimataan ja puristetaan liimaviilujen ja lämmön avulla toisiinsa. Viilut ladotaan muotopuristusmuottiin, joka puristaa viilut muotopuristeeksi.

UPM Grada -vanerin työstöprosessi perustuu uudelleenlaiseen muotopuristusajatteluun. Tässä prosessissa vaneri puristetaan levyksi jo tehtaalla. Muotopuristettaessa vanerilevy lämmitetään viilupuristimessa, ja kun riittävä lämpötila on saavutettu, levy siirretään muotopuristusmuottiin, joka jäädyttää kappaleen haluttuun muotoon. Viiluarkkien välissä on muovikalvo, joka lämmitessään sulaa ja jäähtyessään jähmettyy sitoen viiluarkit kiinni toisiinsa. Itse muotopuristusprosessi toimii näin ollen erilailla kuin perinteinen muotopuristusprosessi.

Uuden muotopuristusprosessin hyötyjä tutkin valitsemalla 11 eniten tilattua muotopuristetuolituoteperhettä. Näistä tuotteista ja niiden ominaisuuksista kokoan simulointimallin, jonka avulla saavutettavia säästöjä on mahdollista vertailla. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan perinteistä ja uudenlaista muotopuristusmenetelmää keskenään simulointimallin avulla ja pyritään selvittämään saavutettavia säästöjä käyttäessä UPM Grada -vaneria. Lisäksi testaan vanerin leikkauslujuusominaisuuksia ja vertaan tuloksia vaneristandardiin.

## 2 YRITYSESITTELY

Isku on Pohjoismaiden johtava huonekalualan perheyritys, jonka on perustanut Eino Vikström. Yritys suunnittelee, valmistaa, markkinoi ja toteuttaa toimivia ja viihtyisiä sisustusratkaisuja koteihin ja julkisiin tiloihin. Toiminta on jatkunut jo yli 80 vuoden ajan. Vuosien varrella toiminta on laajentunut ja kansainvälistynyt.

Isku on kansainvälinen kalustealan konserni, joka valmistaa ja myy muotoilultaan korkeatasoisia kodin, keittiöiden ja julkisten tilojen kalusteita ja sisustusratkaisuja, sekä puun ekologiseen hyötykäyttöön perustuvia sisustus- ja rakennusalan materiaaleja. Perusraaka-aineina käytetään koivua, huonekalulevyjä ja metallia. (Isku 2011.)

Iskun tunnettu liikemerkki ja tuotemerkit takaavat asiakkaalle kilpailukykyiset tuotteet. Kilpailukyvyyn turvaavat integraatioon perustuva oma valmistusprosessi ja alihankinta- ja jakeluverkot sekä oma vähittäisketju. Isku pyrkii toimialoillaan johtavaksi kotimaassa ja merkittävään asemaan lähialueilla säilyttäen itsenäisyytensä ja vakavaraisuutensa. Toiminta perustuu kalusteiden vähittäiskauppaan, julkisten tilojen kalustamiseen, keittiökäytöskalustamiseen, huonekalujen valmistukseen ja kiinteistötoimintaan. (Isku 2011.)

Iskun toimintaa ohjaavia arvoja ovat: yrityksen itsenäisyys, tyytyväinen asiakas, henkilöstön hyvä ammattitaito, toiminnan tuloksellisuus ja ympäristön kunnioittaminen. Pääkonttori ja huonekalutehtaat sijaitsevat Lahdessa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 151 miljoonaa euroa. Tuotantolaitoksia on kolme ja myymälöitä on noin 40 Pohjoismaissa ja Baltiassa. Ulkomaantoimintojen osuus on noin 30 %. Nykypäivänä Isku Oy työllistää noin 1270 työntekijää. (Isku 2011.)

### 3 MUOTOPURISTUS JA VANERIN RAKENNE

Muotopuristeeksi kutsutaan viilunippua, joka taivutetaan haluttuun muotoonsa puristamalla se muotopuristusmuotissa. Muotopuristettujen tuotteiden valmistus eroaa muun muassa viilujen ladonnan, puristuksen ja liimauksen osalta vanerin valmistuksesta. Yleisimmin käytettäviä puristinmuotoja ovat suurtaajuuspuristin ja kuumapuristin. Muotopuristuksessa levyaihoita puristetaan paineella ja lämmöllä, jolloin liimasauma reagoi ja kovettuu, näin saadaan kestävä liimauspinta ja -sauma. (Puuinfo Oy, 2011.)

#### 3.1 Vanerin rakenne

Vaneri valmistetaan ohuista puuviiluista. Yksittäisen viilun paksuus on 1,4 mm-3,2 mm. Viilut ladotaan päällekkäin ja niiden syysuunnat ovat yleensä kohtisuoraan toisiaan vasten (kuvio 1). Yleisimmin viiluja on pariton määrä, vähintään kolme. Näin pintaviilujen syysuunta on sama. Valmistustavasta johtuen vanerin etuja ovat lujuus, tiiviys, iskunkestävyys ja monikäyttöisyys. Ristiinliimaus estää kosteudesta johtuvia mittojen muutoksia ja mahdollista elämistä. Perusvanerit jaetaan kolmeen eri pääryhmään: koivuvaneri, sekavaneri ja havuvaneri. Sekavanereiden pinta on aina koivua. Perusominaisuuksiltaan vaneri on rinnastettavissa puuhun. (Puuinfo Oy, 2011.)



KUVIO 1. Vanerin rakenne

Muotopuristeaihiota valmistettaessa pintaviiluiksi valikoidaan hyvälaatuiset viilut, samalla valitaan väli- ja liimaviilut. Viilulaadut ja rakenteet vaihtelevat tuotteen käyttötarkoituksesta riippuen. Yleisimmin pintavaihtoehtoina on kuulto- tai laminaattipintainen tai vaihtoehtoisesti verhoiltu aihio. Viilujen syysuunta vaihtelee valmiin kappaleen käyttötarkoituksen mukaan. (Becker. 2010, 128-129).

### 3.2 Pinnoitteet

Teknisten ominaisuuksien parantamiseksi vanerit voidaan pinnoittaa erityyppisillä pinnoitteilla. Pinnoitetut vanerit reunasuojataan yleensä pinnoitteen värisellä reunaanmaalilla. Käytettävien pinnoitteiden päätyyppejä ovat fenolifilmipinnoitetut (sileät ja kuvioidut) sekä maalauskalvo- ja melamiinifilmipintaiset levyt. Näiden lisäksi valmistetaan paljon erilaisia erikoistuotteita, joita valmistavat muutamat vaneriteollisuuden yritykset. (Metsäteollisuus ry. 2005.)

Yleisimmät pinnoitteet ovat filmipinnoitteita. Tällöin kalvo puristetaan ja korkean lämpötilan ja paineen avulla levyn päälle. Pinnoite voi olla sileä tai kuvioitu käyttötarkoituksesta riippuen. Sileät levyt ovat helppoja pitää puhtaina. Kuvioituun levyyn painetaan pinnoituksen yhteydessä liukuestekuvio. Maalauskalvopinnalla saadaan aikaan kestävä maalaus pohja, jolloin maalinkulutus ja maalatulle puulle tyypillinen hiushalkeilu vähenevät. Melamiinipintaisilla levyillä haetaan siistiä ulkonäköä ja hygieenisyyttä esimerkiksi julkisissa tiloissa. (Metsäteollisuus ry. 2005.)

Erikoistuotteisiin kuuluvat värjätyt, maalatut ja viilutetut vanerit, laminaattipintaiset vanerit, polypropeenikalvolla pinnoitetut vanerit, lasikuituvahvisteisella pinnoitteella päällystetyt vanerit, metalli- ja mineraaliyhdisteillä päällystetyt vanerit sekä äänieristysvaneri. Laminaatti on useammasta materiaalikerroksesta yhteen liittämällä aikaansaatua rakenne, joka kestää hyvin kulutusta ja kosteutta (Metsäteollisuus ry. 2005).



### 3.3 Liimaus ja ladonta

Vanerin valmistuksessa liimana käytetään fenoliformaldehydiliimaa, joka kestää hyvin kosteutta. Liima muodostaa viiluarkkien väliin tumman ja helposti havaittavan liimasauman.

Muotopuristuksessa liimana käytetään ureaformaldehydiä. Liima on kuumakovettuvaa ja sopii hyvin nopeisiin prosesseihin. Liimasauma on luja ja väritön, mutta se ei kestä ulkokäytössä kosteutta. Koska liima on valmistettu vedestä, ammoniakista, ureasta ja formaldehydistä, se vaatii kovettuakseen 100 asteen lämpötilan.

Ladonnassa viiluista kootaan vaneriaihioita. Liima levitetään liimaviiluihin, jotka liimataan molemmin puoleisesti, ja ne ladotaan väli- ja pintaviilujen kanssa vuorotellen syysuunnat ristikkäin. Tämän jälkeen vaneriaihiot nostetaan muotopuristusmuottiin (kuvio 2). Muotopuristus eroaa vanerin valmistuksesta ladontaperiaatteiltaan. Viilut ladotaan ja liimataan ristiin istuimia ja selkänöjia valmistettaessa. Ristiinliimaus vahvistaa tuotteen rakennetta, jolloin tuotteelle saadaan riittävä kestävyys jokaiseen suuntaan. Käsinojia ja jalkoja taivutettaessa viilut liimataan syyt samaan suuntaan, tämä mahdollistaa joustavan rakenteen. (Becker. 2010. 128-131).



KUVIO 2. Liimoitetut viilut ladotaan muotopuristusmuottiin (UPM Oy 2011a.)

### 3.4 Muotopuristus ja muotopuristusmuotit

Muotopuristuksessa käytetyt puristimet ovat hydraulistoimisia. Puristuspaineen tuottavat sylinterit, jotka mahdollistavat tasaisen ja tarkan puristusvoiman. Muotopuristus eroaa perinteisestä vanerin valmistuksesta siinä käytettävän muotin vuoksi. Vaneri puristetaan suoraksi levyksi, muotopuriste puristetaan aina muottiin, joka antaa sille halutun muodon. Muotti koostuu ylä- ja alakappaleesta, jotka on yleisemmin työstetty vanerista CNC-koneella haluttuun muotoon. Näin kappaleet ovat muodoltaan peilikuvia toisistaan.

Suurtaajuuspuristus ja kuumapuristus ovat yleisimmin käytetyt muotopuristustekniikat teollisessa valmistamisessa. Eroavaisuuksia vanerin valmistamisen ja muotopuristuksen välillä on useita; vaneria valmistettaessa käytetään korkeampia puristuspaineita ja lämpötiloja, sekä puristusaikoja. (Viljakainen, 2006. 12.)

### 3.5 Suurtaajuuspuristus

Suurtaajuuspuristimella puristettaessa lämmitetään liimasaumaa radioaaltojen ja sähkökentän avulla (kuvio 3). Käytetty ureaformaldehydiliima sisältää vesimolekyylejä, jotka saadaan sähkökentän taajuusvaihteluilla muuttamaan suuntaansa. Näin vesimolekyylit saadaan värähtelemään ja poistumaan levystä lämpötilan kohotessa. Värähtely aiheuttaa kitkaa, ja kitka lämmittää vettä, jolloin liima alkaa kuivua. Kovettuminen alkaa levyn keskeltä, kuumapuristuksessa se alkaa pinnalta. Paksujen kappaleiden puristaminen on nopeampaa suurtaajuuspuristimella, kuin kuumapuristimella. Suurtaajuuspuristimen muoteissa on metallilevy, johon on kytketty elektroneja. Metalliin johdetaan sähköä. Työturvallisuuden vuoksi suurtaajuuspuristimen ympärillä on Faradayn häkki, joka johtaa sähköä eikä sähkömagneettinen säteily pääse sen sisälle. (Suoknuuti. 2011.)



KUVIO 3. Suurtaajuuspuristin

### 3.6 Kuumapuristus

Kuumapuristuksessa vastuksilla kuumennetaan metallipinnoitettuja muotteja (kuvio 4). Muoteista lämpö siirtyy kappaleisiin johtumalla; näin lämpö siirtyy puristettavan kappaleen sisäosiin vähitellen. Lämmitys tapahtuu molemmilta puolilta, ja ilmiö kiihtyy, kun puristin suljetaan ja paine lisääntyy. Puristus ja lämpö saavat liiman imeytymään viiluihin ja lopulta kuivumaan. Puulajien erilaiset lämmönjohtamiskyvyt vaikuttavat prosessin nopeuteen. Massan kasvaessa sähkönjohtavuus paranee. Kuumapuristustekniikka on hitaampi kuin suurtaajuudella puristettaessa. Kuumapuristuksessa voidaan kuitenkin käyttää monivälimuotteja, jolloin useampi kappale saadaan puristettua samanaikaisesti. Tämä ei ole mahdollista suurtaajuuspuristuksessa. (Marttila. 2006.)



KUVIO 4. Kuumapuristin

Iskulla UPM Grada -vaneri puristetaan kuumapuristusmuotilla, mutta puristimen lämmitysominaisuus on ohjelmoitu jäähdyttämään kappaletta muotopuristuksen aikana vanerin jähmettämiseksi haluttuun muotoon.

## 4 UPM GRADA - VANERI

UPM Grada -vaneri on uusi komposiittiteknologiaa hyödyntävä muotoiltava vaneri. Erona perinteiseen puun liimaamiseen on sen uudelleen muotoiltavuus vanerin valmistamisen jälkeen. Itse muotopuristusprosessi on nopeampi ja helpompi kuin perinteisellä vanerin valmistustekniikalla. Lisäksi tuotantoprosessi on siistimpi, sillä nestemäistä liimaa ei käytetä. Muotopuristusprosessi vaatii vain lämmityksen, muotoilun ja jäähtymisen. Uudenlaisen prosessin ansiosta muotopuristuksessa syntyvää hukkaa voidaan pienentää. (UPM 2011.)

### 4.1 Vanerin rakenne

UPM Grada -vaneri valmistetaan puristamalla viilulevyt ja lämpöön reagoiva muovikalvo vanerilevyksi. PE-muovia oleva kalvo toimii liimakalvona. Vanerin tuotantoprosessissa levy kuumapuristetaan, jolloin viilut ja muovikalvo sekoittuvat keskenään kemiallisesti. Hyvä taivutettavuus ja liimakalvon tunkeutuvuus mahdollistavat siistin muotopuristuksen. (UPM 2011.)

Liimakalvon ansiosta taivutetut tuotteet ovat vahvempia ja tasalaatuisempia, kuin perinteisellä menetelmällä valmistetut muotopuristeet (kuvio 5). Liimasauma on tasalaatuinen, ja sen muutokset muotoiluprosessin aikana ovat pieniä. Näin ollen laatueroit valmiiden tuotteiden välillä vähenevät. (UPM 2011.)



KUVIO 5. Kappale taivutettu UPM Grada-vanerista (UPM Oy 2011a.)

## 4.2 Pinnoitteet

Liimakalvo vähentää lämmityksessä syntyvien kuplien määrää, mistä on hyötyä varsinkin laminaattikalvolla levyjä pinnoitettaessa. Varsinkin nestemäistä liimaa käytettäessä vesi höyrystyy kuumapuristusprosessissa ja tästä aiheutuvat ilmakuplat saattavat näkyä hengittämättömän laminaattikalvon alta. Vanerilevyn pinnoitteena voidaan käyttää laminaattia, vaneria ja muita huokoisia pintamateriaaleja (kuvio 6). Pinnoitemateriaalin täytyy pystyä hieman imemään liimaa itseensä, jotta liimakalvo pysyy kiinni pinnoitteessa. Muovin liimaaminen pinnalle on vaikeaa, sillä molempien muovipintojen pitäisi sulaa liimauksen aikana ja sekoittua toisiinsa. (UPM 2011.)



KUVIO 6. Erilaisia pinnoitteita (UPM Oy 2011a)

## 4.3 Muotopuristus

Itse muotopuristusprosessissa vaneria uudelleen lämmitettäessä muovi reagoi lämpöön ja alkaa pehmetä sekä sulaa. Tällöin vanerin taivutus erilaisiin muotoihin on mahdollista. (UPM 2011.)

UPM Grada -vanerin muotopuristusprosessi on yksinkertainen: vanerilevy lämmitetään kuumapuristimessa sisälämpötilaltaan 130–140 °C, nostamatta pintalämpöä kuitenkaan yli 160 lämpöasteen. Tämä vaihe kestää muutamia minuutteja. Lämmityksen jälkeen kappale siirretään muotopuristusmuottiin ja puristetaan haluttuun muotoon (kuvio 7.). Levyn sisälämpötila ei saa laskea alle 115 °C:n ennen muotopuristusta, jotta se taipuu halutulla tavalla. Lopuksi muotti jäädyttää kappaleen. Lämpötilan täytyy laskea koko levystä alle 80 °C jotta liima jähmettyy ja kappale jää muotopuristettuna haluttuun muotoon.



KUVIO 7. Muotopuristusmuotti (UPM Oy 2011a.)

Perinteinen muotopuristusprosessi sisältää useita erilaisia työvaiheita, joista UPM Grada -vaneria muotopuristettaessa on voitu luopua. Kuviossa 8 on esitetty perinteisen muotopuristusprosessin ja UPM Grada -vanerin muotopuristusprosessin kulku. (UPM 2011.)



KUVIO 8. Perinteinen muotopuristusprosessi ja UPM Grada-vanerin muotopuristusprosessi. (UPM Oy 2011b).

## 5 RATIONALISOINTI

Rationalisoinnin avulla pyritään kehittämään ja lisäämään järjestelmällisesti ja jatkuvasti toimintaa ja tuottavuutta sekä parantamaan työn mielekkyyttä.

*Rationalisointi on jatkuvaa ja määrätietoista yrityksen toimintojen kehittämistä kilpailukyvyn ylläpitämiseksi ja kannattavuuden varmistamiseksi. Rationalisointi tarkoittaa usein työn tuottavuuden parantamista. Oikein tehdyn tavoiteasetannan ja jatkuvan kehittämisen tuloksena syntyy pysyviä parannuksia. (Howknow 2011).*

### 5.1 Rationalisointi ja sen tavoite

Rationalisointia voidaan toteuttaa tieteen ja tekniikan tarjoamin keinoin yhdessä organisaation kanssa. Se on työtapojen ja tehtävien etsimistä, jotka ovat järkeviä sekä yrityksen että työntekijöiden kannalta. Keskeisenä periaatteena on huomioida tuottavuuden, työn mielekkyyden ja miellyttävyyden odotukset. Rationalisointi auttaa yritystä ja työntekijöitä sopeutumaan muutoksiin, jotka johtuvat raaka-aineen, energian, työvoiman ja valmistuneiden tuotteiden tarjonnan ja kysynnän vaihtelusta. (Rationalisointiliitto ry. 1979. 14-15.)

### 5.2 Rationalisointilajit

Rationalisointia suoritetaan useilla eri osa-alueilla. Se on tärkeä osa yrityksen kehitystä, kun toimintaa pyritään parantamaan. Toimintalajeja on useita ja ne voidaan jakaa eri lajeihin:

- Hallinnon rationalisointi
  - yrityssuunnitelman kehittäminen
  - organisaation kehittäminen
  - informaatio- ja valvontajärjestelmien kehittäminen
  - konttorituotannon rationalisointi

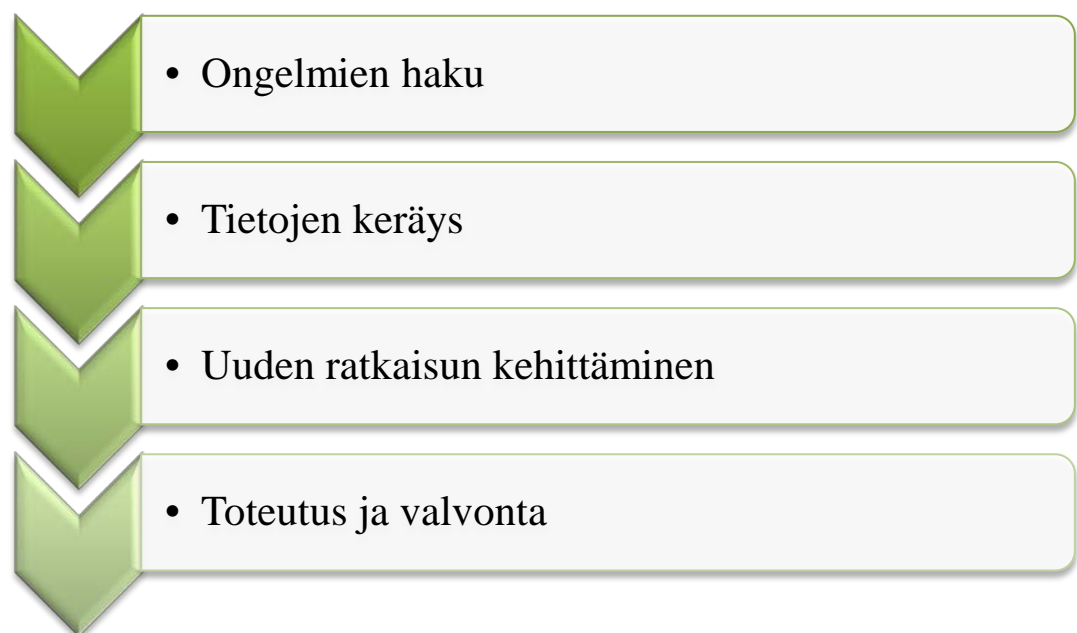


- Toimialarationalisointi
  - toimintaedellytysten kehittäminen muiden yritysten kanssa
- Tuotannon rationalisointi
  - raaka-aineiden kehittäminen
  - työmenetelmien kehittäminen
  - koneiden ja varusteiden kehittäminen
  - tuotannon kulun kehittäminen

(Rationalisointiliitto ry. 1979, 31–32.)

### 5.3 Ongelmien ratkaiseminen

Rationalisointi voidaan suorittaa perinteisellä ongelmanratkaisumallilla (kuvio 9). Aluksi selvitetään, mikä on varsinainen ongelma. Tämän jälkeen kerätään ongelman selvittämiseksi kaikki saatavilla olevat ja tarvittavat tiedot, joiden avulla ongelmaan pyritään saamaan ratkaisu. Kun edellä olevat asiat on selvitetty, toteutetaan valittu ratkaisu ja ratkaisun toimivuutta seurataan.



KUVIO 9. Ongelman ratkaisumalli (Rationalisointiliitto ry 1979. 34.)

Rationalisointi alkaa, kun havaitaan jokin ongelma tai jokin toiminta vaatii kehittämistä. Yleensä näin käy, kun toiminnassa tapahtuu muutoksia. Tällaisia ongelmia voivat olla esimerkiksi muutokset raaka-ainehinnoissa, hintakilpailu, tilanahaus, työvoiman vaihtuvuus, kapasiteetin nousun tarve, työn raskaus ja epämiellyttävyys sekä tuotteiden muutokset. (Rationalisointiliitto ry 1979. 34.)

Iskulla tarve rationalisoinnille lähti ajatuksesta, kuinka paljon on mahdollista saada säästöä käytettäessä UPM Grada -vaneria tavallisen vanerin ja sen muotopuristuksen sijaan. Tällä hetkellä käytössä oleva perinteinen muotopuristusprosessi sisältää useita eri työvaiheita. UPM Grada -vanerilla niitä on vähemmän ja itse tuotantoprosessi on yksinkertaisempi. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville ne säästöt, joita voidaan saavuttaa mahdollisella siirtymisellä kyseessä olevan vanerin käyttöön.

Tietojen keräämiseen käytin tuotteiden piirustuksia, tutkin vuoden 2010 tilausmääriä eri tuotteiden kohdalla ja tutustuin olemassa oleviin tietoihin muotopuristusprosessista. Lisäksi havainnoin tuotantoprosessia ja haastattelin työntekijöitä.

#### 5.4 Tietojen keräys

Tietoja rationalisointia varten voidaan kerätä erilaisilla tavoilla, kuten haastattelemalla, analysoimalla valmista tietoa, havainnoimalla tai verbalisoimalla. Vuosikertomuksia, piirustuksia, suunnitelmia ja muistioita voidaan käyttää tiedonkeruuseen ja niistä tehdään sisältöanalyysi. Yleensä tiedot ovat toisistaan hajallaan ja eivät aina kata tutkittavaa asiaa kokonaan. (Vartiainen 1994. 116–117.)

Haastattelemalla voidaan saada selville eri näkökulmista monipuolista tietoa tutkittavasta aiheesta, mutta ongelmia voi ilmetä tiedon vaikean analysoinnin ja tulokinnan kanssa. Kyselyiden teettäminen on nopein tapa kerätä tietoa, kunhan kysymykset ovat suunnattu oikein. Kyselyitä voi suorittaa esimerkiksi tarkoitukseen suunnatulla lomakkeella. Tuloksiin ei voi kuitenkaan täysin luottaa, sillä tulosten

tulkitseminen ja vastausten oikeellisuus vaativat asiantuntemusta. (Vartiainen 1994. 116–117.)

Verbalisoinniksi kutsutaan tilannetta, jossa työntekijä kertoo omin sanoin teke- mistään työvaiheista. Tällöin saadaan paljon yksityiskohtaista tietoa, mutta sen analysointi on hidasta ja vaatii asiantuntemusta. Havainnoimalla pystytään kerää- mään tietoa tarkkailemalla ja osallistumalla tutkittavaan toimintaan. Näin toimi- malla saadaan havainnollistavaa ja riippumatonta tietoa tutkittavasta asiasta. On- gelmana kuitenkin on, ettei havainnoista joka tilanteessa saa riittävän kattavaa. (Vartiainen 1994. 117–118.)

## 6 SIMULOINTI

*Simulointi on menetelmä, jolla tutkitaan erilaisia toimintavaihtoehtoja ja muuttuvien rajoitusten vaikutusta monimutkaisten järjestelmien toimintaan. Tietokonesimuloinnissa todellisen järjestelmän valittujen piirteiden aikakäyt-  
täytymistä jäljitellään tietokonemallilla, jonka muuttuvat kehittyvät simu-  
loidun ajan suhteen samankaltaisella tavalla, kuin todellinen järjestelmä to-  
dellisen ajan suhteen. (Jokinen, 1988. 8.)*

### 6.1 Simuloinnin käyttö

Tuotantoprosessien simulointia voidaan käyttää muun muassa seuraavissa käyttö-  
tarkoituksissa: tuotantojärjestelmien suunnittelu ja testaus, investointien tuoton  
arviointi, tuotannonohjaus, pullonkaulojen selvittäminen ja tuotekustannuslasken-  
ta. Simuloimalla voidaan ilman käytännön kokemusta selvittää muutetun tuotan-  
non tai jonkin sen osan kapasiteetti ja eri työvaiheiden kesto. (Jokinen. 1988. 21–  
22.)

Simuloinnin strateginen merkitys korostuu käytettäessä simulointia suunnittelun  
apuna tehtäessä pitkän aikavälin päätöksiä jotka koskevat esimerkiksi tuote-, tek-  
nologia- ja organisaatiovalintoja. Näihin päätöksiin päästään tutkimalla joustavien  
tuotantojärjestelmien merkitystä työn ja pääoman tuottavuudelle sekä teknologian  
asettamia vaatimuksia tuoterakenteelle ja valmistusmäärille. (Jokinen. 1988. 23.)

Tässä työssä simulointia on käytetty avuksi vanerilevyn menekkiä laskettaessa, ja  
pyrittäessä näin selvittämään, millaisia säästöjä voidaan saavuttaa, jos vanerin  
saantoa optimoidaan. Optimoinnissa otetaan huomioon simulointimallin avulla  
vanerin saantoa ja käytettävien vaneriaihoiden kokoa. Simulointimalli on koottu  
Excel-taulukkolaskentaohjelmalla ja sen avulla pystytään selvittämään tuoteryh-  
mäkohtaisesti saatavia säästöjä.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä luvussa kerron opinnäytetyöhöni liittyvistä tutkimusmenetelmistä. Tutkimuksen tekoa aloittaessani oli tärkeää tutustua eri muotopuristusprosesseihin, kahden erilaisen muotopuristusmenetelmän välillä. Tämän jälkeen aloitin tiedonhankinnan koskien muotopuristetuolien tilausmääriä. Kun tutkimukseen valitut tuoteperheet oli valittu, aloitin simulointimallin teon. Lopuksi tein jo taivutetulle UPM Grada -vanerille leikkauslujuuskokeita.

### 7.1 Menetelmätutkiminen

Jotta vertailu niin sanotun perinteisen muotopuristusprosessin ja UPM Grada -vanerin välillä oli mahdollista, täytyi tutustua molempien työskentely- ja valmistusmenetelmiin.

Perinteisessä muotopuristusprosessissa viilut liimoitetaan ja puristetaan joko suurtaajuus- tai kuumapuristimella, valmistettavasta osasta ja sen paksuudesta riippuen. Jokaisella puristimella on oma liimausvalssi, jonka luona ladotaan puristettava aihio, erillistä annostelijaa valsseilla ei ole. Suurtaajuuspuristimelle puristusajan määrittäminen on vaikeaa, koska virta-ajat vaihtelevat puristimen tehon ja työolosuhteiden mukaan. Kuumapuristuksessa puristusajan hallitseminen on helpompaa, koska lämmön mittaaminen muotista sekä sen eteneminen puussa on laskettavissa tarkemmin.

UPM Grada -vaneri puristetaan valmiiksi vanerimuodossa. UPM Grada -vanerissa viilujen välissä on erillinen muovikalvo, joka sulatetaan lämmittämällä sitä viiluprässissä. Pinnoitekalvo liimataan vanerin päälle tässä vaiheessa. Erillistä liimotusta vanerin osalta ei tarvita, jolloin työvaiheita on vähemmän kuin perinteisellä muotopuristusmenetelmällä.

## 7.2 Tiedonhankinta

Tutkimustyön aloitin tutkimalla muotopuristettujen tuolien tuotantomääriä ajalla kesäkuu 2010 – kesäkuu 2011. Näistä tuotteista valitsin tutkimusta varten ne tuoterperheet, joiden tilausmäärät kattavat kukin yli 2 % vuoden aikana valmistetuista tuotteista. Tilausmäärät valitsin tuotantomäärien sijasta vertailuarvoksi, koska tuotantomääriin sisältyy rikkoutuneet tuotteet, mikä vaikuttaa valmistusmäärään ja näin ollen tuotteiden vertailuun. Tuoterperheitä tutkimukseen tuli 11 kappaletta. Jokainen tuoterperhe jakautui lisäksi eri malleihin saman tuotenimikkeen sisällä. Kuviossa 10 on esitetty tuotteiden tilausmäärät. Tilausmäärät ovat salattuja.



KUVIO 10. Tuotteiden tilausmäärät

Tilausmäärien perusteella valitsin seuraavat tuoteperheet tutkimukseen: Prima (KUVIO11), Matti (KUVIO12), Step (KUVIO13), Signum (KUVIO14.), Minus (KUVIO15.), APC (KUVIO16.), Rudolf (KUVIO17), Logo (KUVIO 18), Versio (KUVIO 19), Alias (KUVIO 20) ja 3016-työtuoli (KUVIO 21).



KUVIO 11. Prima



KUVIO 12. Matti



KUVIO 13. Step



KUVIO 14. Signum



KUVIO 15. Minus



KUVIO 16. APC



KUVIO 17. Rudolf



KUVIO 18. Logo



KUVIO 19. Versio



KUVIO 20. Alias



KUVIO 21. 3016



Kun tutkittavat tuotteet oli valittu, aloitin tuotteiden työpiirustusten tutkimisen. Tarkoituksena oli saada selville tuotteiden loppumitat. Työpiirustuksista selvitin jokaisen tuoteperheen eri tuotteiden istuin- ja selkäosien pituudet, leveydet ja paksuudet. Jokaisen tuotteen kohdalla näitä mittoja ei piirustuksissa ollut, joten mittasin osien mitat itse valmiina olevista tuotteista.

Tämän jälkeen selvitin jokaiselle tuolinosalalle käytettävän vaneriaihion koon. Vaneriaihioden koot vaihtelevat osan mukaan, mutta ne noudattavat kuitenkin tiettyjä vakiokokoja ylimääräisen työn vähentämiseksi. Näistä vaneriaihioista saadaan eri määrät istuin- ja selkäosia niiden koon perusteella. Näiden tietojen pohjalta aloitin simulointimallin teon.

Tutustuin lisäksi UPM Grada -vanerin ominaisuuksiin ja sen työstötapoihin. Seurasin vanerille tehtyjä kokeita koskien lämpötilojentestausta ja taivutusta sekä lämmön etenemistä vanerin sisällä. Vierailin myös UPM:n Lahden-tehtaalla keskustelemassa ja hankkimassa lisäinformaatiota tutkittavasta vanerista.

### 7.3 Simulointimalli

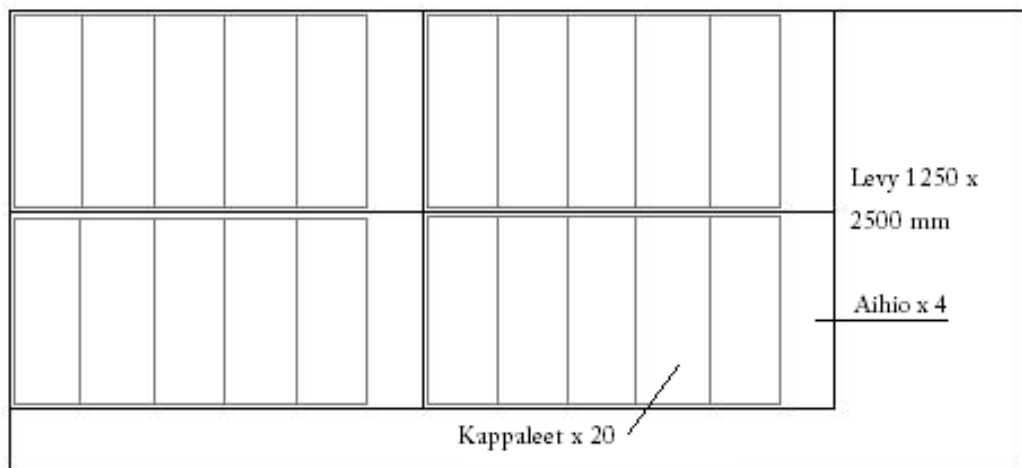
Tuotannon simuloiminen on mahdollista toteuttaa eri tavoilla, kuten matemaattisilla mallinuksilla, simulointiohjelmilla ja erilaisilla virtuaaliohjelmilla. Matemaattiset mallinnukset perustuvat laskentamenetelmiin, joiden toteuttaminen on mahdollista esimerkiksi taulukkolaskentaohjelman avulla.

Tässä tutkimuksessa olen käyttänyt Excel-taulukkolaskentaohjelmaa tuotteiden simuloimiseen. Taulukosta tulokset ovat helposti luettavissa. Sen tekemisessä ei vaadita erityisiä ohjelmointitaitoja, hieman syvällisempi perehtyminen kaavoihin ja niiden käyttöön riittää. Tehdyistä taulukoista selviää tuotantomäärät ja tarvittavat rakennetiedot tutkittavista tuotteista (liite 1).

Aloitin simulointimallin teon keräämiäni tuotetietojen ja tilausmäärien pohjalta. Yhdestätoista tutkitusta tuotteesta ja niiden muotopuristettavista osista tein pohjan simulointimallille. Simulointimallissa on jokaisen kappaleen ja aihion koko kirjat-

tu ylös. Käytössä olevia vanerilevyjä on kaksi: 1250 mm x 2500 mm ja 1525 mm x 3050 mm. Näistä vanerilevyistä sahataan tarvittavan kokoiset aihiot työstettävälle kappaleille.

Tällä hetkellä tuotannossa olevia aihioita verrataan simulointimallin avulla muihin aihokokoihin ja niiden saantoon. Määrittelin jokaisen aihokokoon uudelleen, ilman työstövaraa. Saatavien kappaleiden lukumäärän sain kertomalla yhdestä aihioista saatavan kappalemäärän ja levystä saatavan ahiomäärän keskenään. Seuraavaksi laskin yhdestä levystä saatavien samanlaisten kappaleiden pinta-alat yhteen ja jakamalla saadun summan levyn pinta-alan suhteen. (kuvio 22.).



KUVIO 22. Esimerkki kappaleiden levysaannosta

Näin sain prosenttiosuuden levyn hyötysuhteesta kyseisille kappaleille. Seuraavaksi täytyi laskea tilattujen kappaleiden suhde yhdestä aihioista saatavaan kappalemäärään. Tämän kävin läpi kaikilla vertailuarvoilla, kunkin tuotteen osan kohdalla ja kahden eri vanerilevykoon mukaan. Parhaimmasta arvosta laskin tarvittava levyn neliömäärä tilatuille osille.

Lopuksi laskin kahden eri vanerilevyn summat yhteen ja vertasin saatuja summia nykytilanteessa käytettävään levyn neliömäärään. Tällä menetelmällä saatu säästöprosentti vaihtelee eri tuotteiden välillä, keskiarvon ollessa 12,5 %.

Paksuusarvoiksi laskin jokaiselle tuotteelle vertailuarvon, joka vastaa UPM Grada -vanerin paksuutta 6 mm. Koska suurin osa aihioista on paksumpia kuin vertailuarvo, ei näin laskettuja tilavuussäästöjä voida vertailla kannattavasti. Paksuusvaihtelut jakaantuvat välille 7-10 mm. Näin vertaillen teoreettinen säästö paksuuksille voi olla 15 -30 %.

#### 7.4 Leikkauslujuus

Tutkimukseeni liittyen tutkin UPM Grada -vanerin leikkauslujuutta vetokokeiden avulla. Kokeet suoritin Alwetron -mittauslaitteistolla. Niiden tarkoituksena oli saada selville, miten UPM Grada -vanerin leikkauslujuus muuttuu muotopuristuksen jälkeen, kun saatuja arvoja verrataan vaneristandardiin.

Koekappaleiden mitat kokeissa olivat vetolujuuskappaleille 200 x 25 mm. Koekappaleiden paksuus oli 5 ply, eli tässä tapauksessa noin 6,5 mm. Testattavat kappaleet olivat koivuvaneria, ja testasin ne syysuuntaan. Testikappaleet testattiin kuivana. Testikappaleiden kosteus oli 2 %, ja niitä oli 25 kappaletta.

Aluksi lämmitin koekappaleet kuumapuristimessa, jotta sain sisälämmöksi 135–145 °C. Vanerin pintalämpötila vaihteli kokeen aikana 140 °C:n ja 150 °C:n välillä. Kappaleet olivat puristimessa noin viisi minuuttia ennen muotopuristusta, jotta lämpötila ehti tasautua kappaleen sisällä tasaisesti.

Lämmityksen jälkeen taivutin kappaleet käsin tarkoitusta varten tehtyjen muotopuristusmallineiden avulla 90 asteen kulmaan. Kappaleet jäähdytettiin sisälämmöltään alle 80 °C ja jäähdytyksen jälkeen sahasin ne standardikoemittoihin. Tämän jälkeen testasin valmistetut koekappaleet testauslaitteistolla.

## 8 TULOKSET

Aluksi täytyi selvittää, kuinka paljon tutkimuksen kohteena olevia tuotteita tilataan. Näistä tilatuista tuotteista laskin niiden valmistukseen käytetyn vanerin määrän. Tätä määrää vertasin simulointimallin avulla saatuihin viitteellisiin vanerinkulutusmääriin.

Tässä työssä laskin säästöt pinta-alojen mukaan neliömetreinä ( $m^2$ ). Pinta-alojen mukaan säästöt olivat pienempiä (noin 12,5 %). Tutkimuksen kannalta olennaista on, että siinä saatiin tietoja säästöistä, joihin päästään tämänhetkisillä käytössä olevilla levymitoilla. Lisäksi tutkin, millaisiin säästöihin olisi mahdollista päästä kahdella eri levykoollla (1250 mm x 2500 mm ja 1525 mm x 2500 mm). Tehtyihin laskelmiin ei ole otettu huomioon tarvittavia työstövaroja. Työstövarat mietitään myöhemmin tuotannossa.

Paksuuksia eli tarvittavia kuutioita ( $m^3$ ) vertaillessani huomasin, että säästöjä syntyy enemmän. Nämä tulokset ovat kuitenkin teoreettisia, ja ne eivät ole tuotekoh-  
taisia. Esimerkiksi joillakin tuotteilla paksuus ja erilaiset muodot asettavat esteitä muutoksille, sillä tuotteiden paksuudet ovat jo kestävyuden kannalta haettu äärimmilleen.

Vertailu paksuuden suhteen tehtiin UPM Grada -vanerin 6 mm levyn mukaan. Tuolinosien paksuusvaihtelut ovat käytännössä kuitenkin niin suuria, ettei niitä suoraan voi verrata 6 mm:n levyllä saataviin säästöihin. Tätä paksuutta verrattiin Iskun eripaksuisiin muotopuristetuoletuoleihin ja saatiin teoreettinen säästö. Käytännössä jokaisen tuotteen kohdalla on mietittävä niiden paksuus ja tarvittava levyn paksuus uudelleen. Tällä hetkellä Iskulla käytetään useita eri vanerin paksuuksia 1,5 millimetrin jaolla. Näiden levyjen määrää tulisi vähentää, jotta tuolien osien kokoja pystyttäisiin optimoimaan ja yhdenmukaistamaan. Näin on mahdollista pienentää varastoja ja saada aikaan säästöjä.

Vertailtavana kohtana voidaan pitää myös mahdollisuutta, että tulevaisuudessa ostetaan vain yhtä levykokoa, jos se on vertailukelpoista levyjen yhteenlaskettuun alaan. Tällöin ei ole hyödyllistä hankkia kahta eri levykokoa, jos yhdellä pärjä-

tään. Kuitenkin, jos säästöt eivät jollakin tietyllä levykoolla mahdollista vain yhden levykoon käyttämistä tuotannossa, on tulevaisuudessa mahdollista pitäytyä kahdessa levykoossa. Näin käy esimerkiksi tilanteessa, jossa eri tuotteiden aihiomitat vaativat suurin piirtein saman verran kumpaakin levyä. Jotta vältettäisiin turhaa levytavaran hukkaa, olisi kahden eri levykoon käyttäminen perusteltua.

## 8.1 Leikkauslujuus

Leikkauslujuuden UPM Grada -vanerille testasin standardin SFS-EN 314-1 mukaan. Taivutettujen kappaleiden lujuuksia vertasin taivuttamattoman vanerin arvoihin. Näin saadaan selville, miten vanerin lujuusarvot muuttuvat taivutuksen jälkeen.

Onnistuneita testituloksia kokeesta sain 13 kappaletta. Testin koekappaleiden tiheydeksi laskin  $690 \text{ kg/m}^3$ , kun koivun keskitiheys on  $680 \text{ kg/mm}^3$ . Alkukosteudeksi sain punnitus-kuivaus-menetelmällä 2 %. Otin vetolujuuskappaleista lisäksi puustamurtumisprosentit (liite 2).

Kokeesta saatuja ominaisleikkauslujuuksia vertasin vanerin lujuusarvoihin (liite 3). Kappaleiden leikkauslujuuksiksi kirjallisuudessa annetaan  $3,20 \text{ N/mm}^2$  (liite 4). Kokeista leikkauslujuuden ominaislujuudeksi sain  $0,15 \text{ N/mm}^2$ . Ominaislujuus tarkoittaa sitä lujuutta, jonka 95 % saaduista arvoista täyttää. Ominaislujuuden laskin seuraavan kaavan mukaan:

$$x_k = m - (t_{05} * s)$$

, jossa  $x_k$  = ominaislujuus

$m$  = otoskeskiarvo (tässä 1,979)

$t_{05}$  = todennäköisyyskerroin (tässä 2,160)

$s$  = keskihajonta (tässä 0,848)

Tässä vertailussa havaitaan, että jo taivutetun vanerin leikkauslujuus on heikompi kuin normaalilla vanerilla, jota ei ole taivutettu. Näin ollen näyttäisi siltä että UPM Grada -vanerin leikkauslujuus heikkenee, kun se on taivutettu ennen leikka-

usluuskoetta. Taivutuksessa viilut liukuvat toistensa lomitse ja saattavat paikoi-  
tellen hieman irrota, jolloin levyn rakenteelliset ominaisuudet muuttuvat.

## 9 YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa tutkittiin vanerin saannon optimointia muotopuristusprosessissa. Työn tarkoituksena oli selvittää, millaisia säästöjä pystytään saamaan, jos perinteisen muotopuristusprosessin ja -menetelmän sijasta muotopuristuksessa käytettäisiin UPM Grada -vaneria ja sen uudentyypistä muotopuristusmenetelmää.

Perinteinen muotopuristusprosessi sisältää monia eri vaiheita ja on näin ollen monimutkainen. Se perustuu liimattaviin viiluihin, jotka puristetaan haluttuun muotoon joko suurtaajuus- tai kuumapuristimella lämmittävien muottien avulla. UPM Grada -vanerin muotopuristusmenetelmä perustuu uudentyypiseen muotopuristusajatteluun. Itse vaneri on valmistettu levyksi jo tehtaalla. Muotopuristuksessa se lämmitetään uudelleen, jolloin liimakalvona oleva muovikalvo sulaa uudelleen ja mahdollistaa vanerin taivutuksen erilaisiin muotoihin. Vaneri taivutetaan muotissa, joka viilentää levyä. Levyn lämpötilan laskiessa riittävän alas liima jähmettyy uudelleen ja muotopuriste säilyttää halutun muodon.

Tällä hetkellä käytössä on kahta eri vanerikokoa, josta sahataan kullekin tuolin osalle sopivia aihiota tietyn standardin mukaan. Aihioista sahataan eri määrä tarvittavia osia niiden koon mukaan. Työssä tutkin mahdollisuutta optimoida vanerin käyttöä niin, että levyjen saantoa pystyisi parantamaan ja syntyvää hukkaa pienentämään. Jotta tämä oli mahdollista, täytyi levyistä saatavia aihiokokoja muuttaa. Tutkin myös mahdollisuutta käyttää vain yhtä levykokoa kahden sijasta.

Työhön valitsin 11 eniten tilattua muotopuristetuolia, jotka kattavat kukin yli 2 % Isku Oy:n tuotannosta. Selvitin näiden tuotteiden istuin- ja selkäosien mitat. Näiden tietojen pohjalta tein simulointimallin, jossa vertasin tuotannossa olevia aihioita erilaisiin aihiokokoihin ja niiden saantoon. Laskin optimaaliset aihiokokot kummallekin levykoolle ja saatuja arvoja vertailemalla sain vanerin säästöprosentiksi tämänhetkiseen tilanteeseen 12,5 %. Esimerkiksi Primalle saatu säästö on 27,9 %, Matille 9,6 %, Signumille 39,5 % ja Versiolle 5,9 %. Tuloksiin ei ole laskettu mukaan työstövaroja, sillä niiden määrittely suoritetaan tuotannossa.

Tein taivutetuille UPM Grada -vanereille leikkauslujuuskokeita, joista selviää leikkauslujuuden muutos verrattuna käytössä olevaan vaneristandardiin. Kokeissa ilmeni, että tasoleikkauslujuus heikkenee jonkin verran, kun testataan jo kertaalleen taivutettua UPM Grada- vaneria.

Laskin myös alustavia laskelmia säästöille, joita olisi mahdollista saavuttaa tuotteiden paksuuksia optimoimalla. Vertailuarvoksi tälle otin UPM Grada -vanerin, joka on paksuudeltaan 6 mm. Koska suurin osa tällä hetkellä käytössä olevista aihioista on paksumpia kuin vertailuarvo, ei näin laskettuja tilavuussäästöjä voida vertailla kannattavasti.

Opinnäytetyön rajauksen ja laajuuden huomioon ottaen en voinut jatkaa tutkimusta tuotteiden paksuuden suhteen. Jatkossa olisi hyvä tutkia, millaisia säästöjä on mahdollista saavuttaa aihoiden paksuusarvoja optimoimalla, sillä tuotteiden osien paksuudet vaihtelevat reilusti. Näitä arvoja vertailemalla ja yhentämällä olisi varmasti mahdollisuus saavuttaa säästöjä myös paksuusarvojen suhteen.

Käytettäessä UPM Grada -vaneria muotopuristuksessa mahdollistetaan nopeampi ja siistimpi muotopuristusprosessi. Tämä saattaa vaikuttaa tietyissä määrin työ- mukavuuteen. Vanerin saaminen tuotantoon vaatii tuotannon mukauttamista uudelleenlaiseen prosessiin ja työntekijöiden lisäkoulutusta. Vanerin saantoa optimoimalla pystytään saavuttamaan säästöjä, jotka aiheutuvat levyjen pienemmästä hukkaprosentista.



## LÄHTEET

### Kirjalliset lähteet:

Becker, F. KG. 2010. Shaped wood compendium. Toinen painos. Minden: Brakel. J.C.C. Bruns.

Jokinen, A. 1988. Simulointi joustavan tuotannon toiminnanohjauksessa. Espoo: VTT Offsetpaino.

Metsäteollisuus RY 2005. Vanerikäsikirja. Lahti: Kirjapaino Markprint Oy.

Pasi Marttila. 2006. Muotopuristuksen tuottavuuden kehittäminen. LAMK: Insinööriyö.

Rationalisointiliitto ry. 1979. Rationalisoinnin käsikirja. Karkkila: Karprint Ky.

Vartiainen, M. 1994. Työn muutoksen työvälineet. Tampere: Otatiето Oy.

Viljakainen K, 2006. Kuuma- ja suurtaajuuspuristaminen muotopuristamisessa. Insinööriyö.

SFS EN 314-2. 1993. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

### Elektroniset lähteet:

Howknow .2011. Rationalisointi, Howknow [viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: <http://howknow.fi/Rationalisointi.html>

Isku. 2011 [viitattu 30.10.2011]. Saatavissa: [www.isku.fi](http://www.isku.fi)

Puuinfo Oy. 2011. Vaneri. [Viitattu 16.8.2011] Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/vaneri>

UPM Oy. 2011c. UPM Grada – plywood. UPM Oy. [Viitattu 22.11.2011] Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/UPM/biofore-toiminnassa/upm-grada/Pages/default.aspx>

UPM Oy. 2011d. Grada- vaneri. UPM 2011. [Viitattu 29.11.2011] Saatavissa:  
<http://www.upm.com/FI/MEDIA/Uutiset/Pages/Muotoiltava-UPM-GradaTM-Plywood--vaneri-ensiesittelyss%C3%A4-Interzum-messuilla.aspx>

Vanerikäsikirja. Metsäteollisuus Ry. Viitattu 16.8.2011. Saatavissa:  
<http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/vanerikasikirja/Sivut/default.aspx>

Suulliset lähteet:

Suoknuuti, J. 2011. Työnjohtaja. Isku Oy. Keskustelu 19.6.2011.

Muut lähteet:

Isku Oy:n sisäinen informointimateriaali.

UPM Oy. 2011a. UPM Grada – New composite technology enabling formable plywood. Esite.

UPM Oy. 2011b. Upm grada plywood. Power Point -esitys.

LIITTEET

Osa simulointimallista

SALATTU

LIITE 1

Puustamurtumaprosentit

LIITE 2

Kappale nro	Puustamurtumaprosentti (%)
1	0
2	100
3	100
4	10
6	60
8	30
9	30
11	50
12	0

### KOEKAPPALERYHMÄN TULOKSET



#### Koekappaleryhmän yleiset tiedot

Vetolujuus		Koeastuspäivä		Koeastaja		Koeastuspaikka		Liimat/Coatila		Huom	
5 pty		24.11.2011									
Projektin Grada		Erä		Vetolujuus							

#### Grada

Koekappale	F [kN] Km [N/mm <sup>2</sup> ]	A [%] Z [%]	ReH [N/mm <sup>2</sup> ] Rel [N/mm <sup>2</sup> ]	E [N/mm <sup>2</sup> ] Korrelaatio Koeaika [s]	Rep [N/mm <sup>2</sup> ] Rep [N/mm <sup>2</sup> ] Rep [N/mm <sup>2</sup> ]	% % %	Huom
9	1.09	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
8	2.04	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
7	1.91	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
6	2.48	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
5	1.49	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
4	2.82	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
3	2.51	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
2	2.68	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
14	2.61	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	
13	0.16	0.00 0.00	0.0 0.0	0 0.0000	0.0 0.0 0.0	0.00 0.00 0.00	

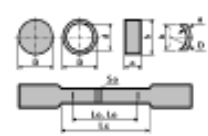


**Koekappaleryhmän yleiset tiedot**

		Grada	
Vetolujuus 5 ply			
Projekti	Grada	Koestuspäivä	24.11.2011
Erä	Vetolujuus	Koestaja	LiimatUotila
Koekappale	12		
Huom			

**Syötötiedot**

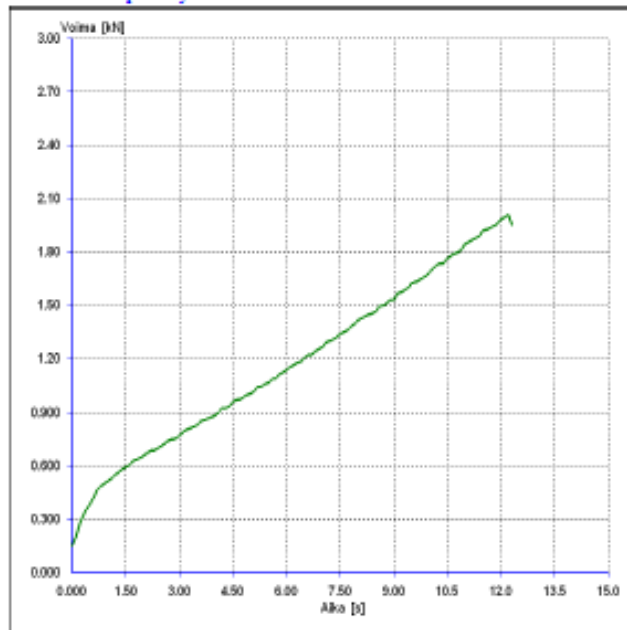
a	7,00	mm	Koepitus	Lc	0,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	0,00	mm
D	0,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	mm <sup>2</sup>	Koekappaleen loppuhalkaisija	Du	0,00	mm
Koestusnopeus	0,15	mm/s				


















**Lopputulokset**

Stuurin voima	Fm	2,013	kN	Kimmokerroin	E	0	N/mm <sup>2</sup>
Lujuus	Rm	11,5	N/mm <sup>2</sup>	Korrelaatio		0,00	
Aluspiiri käyttöraja	ReL	0,0	N/mm <sup>2</sup>	Venymäraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm <sup>2</sup>
Yläpiiri käyttöraja	ReH	0,0	N/mm <sup>2</sup>	Venymäraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm <sup>2</sup>
Muokkainlujit	exp n	0,00		Venymäraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm <sup>2</sup>
				Kosulka		12,2	%
				Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokurouma	Z	0,0	%

**Kokeen mittapisteetkyrky**



	Poikkileikkaussuureet						Ominaislujuus						Keskimääräinen kimmomoduli				
	Rakenne	Nimellis- paksuus	Vilujen lukumäärä	t keskim. mm	A mm <sup>2</sup> /mm	W mm <sup>3</sup> /mm	I mm <sup>4</sup> /mm	Taivutus		Puristus		Veto		Taivutus		Veto ja puristus	
								$f_{m \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{m \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{c \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{t \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{t \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{m \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{m \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{V/c \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_{V/c \perp}$ N/mm <sup>2</sup>
	4	3	3.6	3.6	2.16	3.89	65.9	10.6	31.8	20.2	45.8	29.2	16471	1029	10694	6806	
	6.5	5	6.4	6.4	6.83	21.8	50.9	29.0	29.3	22.8	42.2	32.8	12737	4763	9844	7656	
	9	7	9.2	9.2	14.1	64.9	45.6	32.1	28.3	23.7	40.8	34.2	11395	6105	9511	7989	
	12	9	12.0	12.0	24.0	144	42.9	33.2	27.7	24.3	40.0	35.0	10719	6781	9333	8167	
	15	11	14.8	14.8	36.5	270	41.3	33.8	27.4	24.6	39.5	35.5	10316	7184	9223	8277	
	18	13	17.6	17.6	51.6	454	40.2	34.1	27.2	24.8	39.2	35.8	10048	7452	9148	8352	
	21	15	20.4	20.4	69.4	707	39.4	34.3	27.0	25.0	39.0	36.0	9858	7642	9093	8407	
	24	17	23.2	23.2	89.7	1041	38.9	34.4	26.9	25.1	38.8	36.2	9717	7783	9052	8448	
	27	19	26.0	26.0	113	1465	38.4	34.5	26.8	25.2	38.7	36.3	9607	7893	9019	8481	
	30	21	28.8	28.8	138	1991	38.1	34.6	26.7	25.3	38.5	36.5	9519	7981	8993	8507	
	35	25	34.4	34.4	197	3392	37.6	34.7	26.6	25.4	38.4	36.6	9389	8111	8953	8547	
	40	29	40.0	40.0	267	5333	37.2	34.7	26.5	25.5	38.3	36.8	9296	8204	8925	8575	
	45	32	44.2	44.2	326	7196	37.0	34.7	26.5	25.5	38.2	36.8	9259	8241	8914	8586	
	50	35	48.4	48.4	390	9448	36.8	34.8	26.4	25.6	38.1	36.9	9198	8302	8895	8605	

Vanerikäsikirja, 2006, 19

## Koivuvanerin leikkauslujuus

Nimellis- paksuus	Ominaislujuus				Keskimääräinen liukumoduuli			
	Paneelileikkaus		Tasoleikkaus		Paneelileikkaus		Tasoleikkaus	
	$f_{V \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{V \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{r \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{r \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$G_{V \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$G_{V \perp}$ N/mm <sup>2</sup>	$G_{r \parallel}$ N/mm <sup>2</sup>	$G_{r \perp}$ N/mm <sup>2</sup>
4	9.5	9.5	2.77	–	620	620	169	–
6.5	9.5	9.5	3.20	1.78	620	620	169	123
9	9.5	9.5	2.68	2.35	620	620	206	155
12	9.5	9.5	2.78	2.22	620	620	207	170
15	9.5	9.5	2.62	2.39	620	620	207	178
18	9.5	9.5	2.67	2.34	620	620	206	183
21	9.5	9.5	2.59	2.41	620	620	206	186
24	9.5	9.5	2.62	2.39	620	620	206	189
27	9.5	9.5	2.57	2.43	620	620	205	190
30	9.5	9.5	2.59	2.41	620	620	205	192
35	9.5	9.5	2.57	2.43	620	620	204	193
40	9.5	9.5	2.56	2.44	620	620	204	195
45	9.5	9.5	2.55	2.46	620	620	203	195
50	9.5	9.5	2.54	2.46	620	620	203	196

Vanerikäsikirja, 2006, 20