

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikan koulutusohjelma

Jarno Ojala

MODIFIOIDUN PUUN KOSTEUSELÄMINEN JA MEKAANISEN KIINNIKKEEN  
TARTUNTALUJUUS

2010

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikan osasto

OJALA, JARNO

Modifioidun puun kosteuseläminen ja mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus

Toimeksiantaja

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

Työn ohjaajat

tutkimusjohtaja Hannu Boren, DI Tuomo Väärä

Insinöörityö

41 sivua + 17 liitesivua

Huhtikuu 2010

Avainsanat

puun lämpökäsittely, puun vesilasikyllästys, mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus, kosteuseläminen

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää lämpökäsitellyn puun, vesilasikyllästetyn puun ja tavallisen mänty sahatavaran eroja kosteuselämisessä ja mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuudessa. Kokeissa käytetyt puumateriaalit olivat ThermoWood® Thermo-S-mänty, ThermoWood® Thermo-D-mänty, ThermoWood® Thermo-D-kuusi, vesilasikyllästetty mänty ja käsittelemätön mäntysahatavara.

Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta vertailtiin kolmessa eri vetosuunnassa. Vetotestejä tehtiin puun syiden pituuden, säteen ja tangentin suuntaisesti. Kosteuselämisessä tutkittiin dimensioiden vaihteluja alkutasaannutuksen jälkeen kosteassa ja kuivassa olosuhteissa.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että puun lämpökäsittely parantaa puun dimension pysyvyyttä vaihtuvissa kosteusolosuhteissa, mutta se heikentää mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta puumateriaalissa. Korkeammalla käsittelylämpötilalla saadaan parempi dimension pysyvyys, mutta heikompi kiinnikkeen tartuntalujuus. Puun vesilasikyllästykseällä ei ole vaikutusta dimensiostabiliteettiin, mutta se parantaa mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Wood Technology

OJALA, JARNO

Dimensional Changes and Withdrawal Capacity of Timber  
Fastener of Modified Lumber

Bachelor's Thesis

41 pages + 17 pages of appendices

Supervisors

Hannu Boren DSc, Tuomo Väärä MSc

Commissioned by

Kymenlaakso University of Applied Sciences

April 2010

Keywords

modified lumber, water-glass impregnated lumber, heat  
treated lumber, dimensional changes and warp of the ele-  
ments of wood, withdrawal capacity of timber fastener

In the thesis dimensional changes and withdrawal capacity of timber fastener between heat treated lumber, water-glass impregnated pine (*pinus sylvestris*) lumber and pine lumber (*pinus sylvestris*) were researched.

The withdrawal capacity of timber fastener was tested in three withdrawal directions. Dimensional changes were investigated in humid and dry climates after initial conditioning in a standard climate. Also changes in the cup of lumber and equilibrium moisture content in each conditioning climate were investigated.

The results show that heat treating improves stability of lumber in dimensional changes but decreases withdrawal capacity of timber fastener. The higher the temperature of heat treating was the better was the stability of lumber in dimensional changes. Conversely the higher the treating temperature, the lower was withdrawal capacity of timber fastener. Water-glass impregnation improves withdrawal capacity of timber fastener and does not have an effect on dimensional stability.

## ALKUSANAT

Sain toimeksiannon opinnäytetyöhön liittyviin tutkimuksiin Kymenlaakson ammattikorkeakoululta joulukuussa 2009. Tutkimus osoittautui sopivan haastavaksi ja sain hyvää käytännön harjoitusta tutkimuksen suunnittelusta ja sen toteuttamisesta.

Kiitän opinnäytetyöni ohjaajia: tutkimusjohtajaa Hannu Borenia ja Tuomo Väärää. Lisäksi haluan kiittää Kymenlaakson ammattikorkeakoulun henkilöstöstä Risto Jetsosta, Erkki Reimania, Risto Launiaista, Arja Hämäläistä ja Katriina Kärkkäistä avunannosta opinnäytetyössäni.

Kotkassa 11.5.2010

Jarno Ojala

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

1. JOHDANTO	7
2. KIRJALLISUUSOSA	8
2.1. Sahatavaran luontaiset ominaisuudet	8
2.2. Modifioidut puutuotteet ja niiden ominaisuudet	9
2.2.1. Lämpökäsitelty sahatavara	9
2.2.2. ThermoWood®-prosessi	11
2.2.3. Vesilasikyllästetty sahatavara	13
3. AINEISTO JA MENETELMÄT	16
3.1. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus	16
3.1.1. Testausperiaate	16
3.1.2. Koekappaleiden valmistus	17
3.1.3. Mekaaninen kiinnike	18
3.1.4. Testausmenetelmät ja vetolujuuden määrittäminen	19
3.2. Dimensiostabiliateetti	21
3.2.1. Testausperiaate	21
3.2.2. Koekappaleiden tasaannutus	22
3.2.3. Koekappaleiden mittaukset ja mittausvälineet	23
3.2.4. Kosteus ja kumulatiivinen suhteellinen muutos	23
4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	25
4.1. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus	25
4.1.1. Tartuntalujuuden keskiarvo ja keskihajonta	25
4.1.2. Tiheys	26
4.1.3. T-testi	27
4.1.4. Regressioanalyysi	28

4.2. Dimensio­stabiliteetti	32
4.2.1. Kumulatiivinen suhteellinen muutos	32
4.2.2. T-testi	33
4.2.3. Kuperuus	34
4.2.4. Kosteus	34
5. YHTEENVETO	36
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	37
LÄHDELUETTELO	40

## LIITTEET

- Liite 1. Kuvat dimensio­stabiliteettitestin koekappaleista KTD, MTS, MTD, M ja MVL
- Liite 2. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH65:n jälkeen
- Liite 3. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH65:n jälkeen
- Liite 4. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH85:n jälkeen
- Liite 5. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH85:n jälkeen
- Liite 6. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH30:n jälkeen
- Liite 7. Dimensio­stabiliteettitestin mittaustulokset olosuhteen RH30:n jälkeen
- Liite 8. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille KTD vetosuunnissa L ja R
- Liite 9. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille KTD vetosuunnassa T
- Liite 10. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MTD vetosuunnissa L ja R
- Liite 11. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MTD vetosuunnassa T
- Liite 12. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MTS vetosuunnissa L ja R
- Liite 13. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MTS vetosuunnassa T
- Liite 14. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille M vetosuunnissa L ja R
- Liite 15. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille M vetosuunnassa T
- Liite 16. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MVL vetosuunnissa L ja R
- Liite 17. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus puumateriaalille MVL vetosuunnassa T

## 1. JOHDANTO

Puun lämpökäsittelyä on tutkittu ensimmäisen kerran Saksassa 1930-luvun alussa. Suomalainen Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on tehnyt nykyaikaisimmat, tarkimmat ja kattavimmat tutkimukset lämpöpuusta 1990-luvulla. VTT on kehittänyt teollisuusmittaisen puun lämpökäsittelyprosessin yhdessä suomalaisen puutuoteteollisuuden kanssa. ThermoWood® -prosessi on lisensoitu lämpöpuuyhdistys ry:n jäsenille.

Vesilasikyllästys on vanha puun modifiointitapa, mutta vasta viime vuosina puun vesilasikyllästämistä on tullut riittävän tehokasta. Nykyaikaisella tekniikalla ja uusilla menetelmillä puumateriaali saadaan kyllästettyä riittävän suurella määrällä vesilasia. Uudella tekniikalla valmistetun vesilasikyllästetyn puun ominaisuuksista on saatavissa vain rajallisesti tutkimustuloksia.

Tämän työn tarkoituksena oli saada uutta vertailutietoa lämpökäsitellyn puun, vesilasikyllästetyn puun ja tavallisen sahatavaran eroista dimensiostabiiliteetista ja mekaanisen kiinnikkeen pysyvyydestä. Kokeissa käytetyt puumateriaalit olivat ThermoWood® Thermo-S-mänty, ThermoWood® Thermo-D-mänty, ThermoWood® Thermo-D-kuusi, vesilasikyllästetty mänty ja käsittelemätön mäntysahatavara. Mekaanisen kiinnikkeen vetotestissä puumateriaaleja vertailtiin kolmessa eri vetosuunnassa. Puumateriaalien dimensiostabiiliteettitestissä selvitettiin puun pituuden, leveyden ja paksuuden dimensioiden vaihteluja sekä kuperuuden muutosta ja tasapainokosteutta alkutasaannituksen jälkeen kosteassa ja kuivassa olosuhteessa.

Työhön liittyvät testit suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratorioissa Kotkassa.

## 2. KIRJALLISUUSOSA

### 2.1. Sahatavaran luontaiset ominaisuudet

Puu koostuu lähes ainoastaan soluista. Solut jaetaan muodon perusteella suippo- eli prosenkyymisoluihin ja tylppy- eli parenkyymisoluihin. Suipposolut ovat leveyttään paljon pitempiä ja päistään suippenevia. Samanlaisten solujen muodostamaa kokonaisuutta sanotaan solukoksi. Puun solukoiden perusteella määritetään puun pääasiallinen syiden suunta, joka on puun pituusakselinsuunta. Havupuun soluista suurin osa koostuu rungon pituussuuntaisista trakeideista. Täysikasvuina ne ovat kuolleita prosenkyymisoluja, jotka näkyvät poikkileikkauksessa säteen suuntaisina säännöllisinä jonoina. (Sipi 2006, 28 – 29.)

Veden tai toisen polaarisen nesteen lisääntyminen puun soluseinämiin laajentaa mikrofibrillien verkkoa. Laajentumien tapahtuu suhteessa lisääntyneen nesteen määrään. Soluseinämien täyttyminen jatkuu, kunnes puun syiden kyllästymispiste on saavutettu. Tällöin puun solun seinämät ovat täynnä nestettä. Tämän jälkeen nesteen lisääntyminen puussa ei enää lisää soluseinämän tilavuutta, koska puun syiden kyllästymispisteen yläpuolella vesi alkaa tiivistyä puun soluontelon sisälle. Käänteisesti, kosteuden poistuminen soluseinämistä puun syiden kyllästymispisteen alapuolella kutistaa soluseinämän. Taulukosta 1 nähdään puun syiden kyllästymispisteen kosteusprosentti eri lämpötilojen mukaan. (Panshin, Zeeuw 1970, 202 – 206.)

Puu on hygroskooppista ainetta, joka imee itseensä vettä ja pystyy sitomaan ilman vesihöyryä itseensä. Puun kosteudella on yhteyttä puun dimensioihin tietyissä rajoissa. Pituuden suuntainen kutistuminen tuoreesta puusta absoluuttisen kuivaksi on puulajeittain 0,1 - 0,3 %. Säteen suuntainen kutistuminen on 3 - 6 % ja tangentin suuntainen kutistuminen on 6 - 12 %. Puun kutistuminen tapahtuu yleensä keskimäärin suhteessa 1:10:20. Puulajeittain esiintyy eroja. Puuaineen tiheydellä on myös merkitystä. Puun syiden kyllästymispiste lämpötilan mukaan on esitetty taulukossa 1. (Kärkkäinen 2003, 175 – 191.)



Taulukko 1 Puun syiden kyllästymispiste lämpötilan mukaan (Kärkkäinen 2003, 187.)

Puulaji	Lämpötila °C		
	20	40	65
	Puun syiden kyllästymispiste %		
<b>Mänty, pintapuu</b>	29,1	23,9	17,7
<b>Mänty, sydänpuu</b>	27,1	22,1	15,2
<b>Kuusi</b>	29,3	23,7	17,6

Kun puun annetaan tasaantua ilmastossa, joka sisältää kosteutta, ajan kuluessa puuaines saavuttaa tasaisen kosteuden. Tätä puuaineen tilaa kutsutaan tasapainokosteudeksi. Puun kosteus riippuu ilman suhteellisesta kosteudesta, ympäröivän ilman lämpötilasta ja edellisistä kuivaolosuhteista, joissa puuainees on ollut aikaisemmin. Samankaltaiset puut eivät välttämättä mukaudu samanlaiseen tasapainokosteuteen samanlaisissa ilman olosuhteissa, koska ne sisältävät vaihtelevissa määrin uuteaineita tai edelliset kuivaolosuhteet ovat aiheuttaneet pysyvän hydroksyyli-iteiden vähenemisen. Nämä siteet muodostavat puun kyvyn imeä kosteutta itseensä. (Panshin, Zeeuw 1970, 202 – 206.)

Mänty on keskimäärin kuusta tiheämpää. Kutistuminen on kummallakin puulajilla suunnilleen samaa luokkaa. Lujuusarvot ovat männyllä keskimäärin parempia kuin kuusella. (Sipi 2006, 35.)

## 2.2. Modifioidut puutuotteet ja niiden ominaisuudet

### 2.2.1. Lämpökäsitelty sahatavara

Lämpökäsittelyssä puun ominaisuuksia muutetaan fysikaalisesti kuivaamalla puu korkeassa lämpötilassa (185 – 212 °C). Lämpökäsittelyssä puuta lämmitetään yli sen itsesytymislämpötilan, vesihöyryn toimiessa suojakaasuna ja lämmönjohtajana. Käsitelyllä saadaan muokattua puun ominaisuuksia käyttökohdevaatimusten mukaan. (Lunawood 2010.)

Eri lämpötilat, käsittelyajat ja kuivaustekniikat antavat materiaalille uusia ominaisuuksia. Puun ominaisuuksista paranevat mm. mitta- ja muotopysyvyys, lämmöneristyskyky, lahonkesto, muotoiltavuus ja hygieenisuus. Myös biologinen kestävyys paranee, väri tummuu, puusta poistuu useita eri uuteaineita, se kevenee, tasapainokosteus laskee, happamuusaste (pH) laskee ja lämmöneristyskyky kasvaa. Pihkapuiden käyttömahdollisuudet lisääntyvät huomattavasti pihkan poistuessa lämpökäsittelyn aikana. Monet haitalliset uuteaineet, kuten formaldehydi, poistuvat puusta, jolloin lämpökäsittelystä puusta tulee päästöturvallinen. (Lunawood 2010.)

Lämpökäsittelyn puun vähäinen kosteuseläminen perustuu hemiselluloosan hajoamiseen. Hajoamisen yhteydessä vettä sitovien hydroksyyliiryhmien määrä laskee ja puusta tulee dimensiostabiilimpaa kuin käsittelemättömästä puusta. Lämpökäsittelyn puun kosteuseläminen vähenee sitä enemmän, mitä korkeampaa lämpökäsittelyastetta käytetään. (Oy SWM-Wood Ltd 2010.)

Noin 190 °C:n lämpökäsittelyssä puun kosteuseläminen pienenee n. 20 % käsittelemättömään puuhun verrattuna. Ulkokäyttöön soveltuvissa lämpöpuissa käsittelylämpötilana käytetään 210 - 220 °C, jolloin kosteuseläminen pienenee edelleen 40 - 50 prosenttiin. Lämpökäsittelyn vaikutus puun vähentyneeseen elämiseen on selvästi havaittu myös pienentävän kuperuuden muodostumista. (Oy SWM-Wood Ltd 2010)

Lämmön vaikutuksesta tapahtuvan hemiselluloosien hajoamisen on todettu pienentävän puun turpoamista ja vesihöyryn adsorptiota. Puun aineosista hemiselluloosat imevät vettä eniten ja ligniini vähiten. Lämpökäsittelyn puun turpoamisen pieneminen johtuu siitä, että hemiselluloosien osittain hajotessa hydroksyyliiryhmien määrä vähenee. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä nopeammin hemiselluloosat hajoavat. (VTT 1996, 19.)

Lämpökäsittely pienentää puuaineen tiheyttä. Puumateriaalin tiheydellä ja lujuudella on voimakas korrelaatio. Lämpökäsittelyssä lämpöpuun lujuusarvot heikkenevät verrattuna käsittelemättömään sahatavaraan. Puuaineen paino-lujuussuhde pysyy käytännössä kuitenkin muuttumattomana. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 5 – 4.)

Lämpökäsittely alentaa selvästi puun tasapainokosteutta. Korkean lämpötilan lämpökäsittely (220 °C) laskee lämpöpuun tasapainokosteutta noin puoleen käsittelemättömään puuhun verrattuna. Erot puiden kosteuksien arvoissa ovat sitä suurempia, mitä korkeampi on ilman suhteellinen kosteus. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 10 – 4.)

Mitä korkeampaa käsittelylämpötilaa käytetään, sitä parempia tuloksia saavutetaan. Parhaimmillaan lämpökäsittely pienensi puun tasapainokosteutta noin 50 % ilman suhteelliseen kosteuden ollessa 65 %. Tämän ansiosta myös puun kosteuselämien väheni 80 - 90 %. Lämpökäsittely alentaa puun tasapainokosteutta ilman suhteellisessa kosteudessa 65 % käsittelyolosuhteen mukaan 40 - 60 %. Lämpötilalla oli suurempi merkitys tasapainokosteuden pienenemiseen kuin käsittelyajalla. Taulukosta 2 nähdään VVT:n mittaamat lämpökäsiteltyjen havupuiden tasapainokosteudet kahdessa eri käsittelylämpötilassa. (VTT 1996, 4, 39.)

Taulukko 2 Lämpökäsiteltyjen havupuiden tasapainokosteudet käsittelylämpötilan mukaan (VVT 1996.)

<b>Puulaji</b>	<b>Käsittelylämpötila °C</b>	<b>Aika h</b>	<b>Tasaannutus Olosuhde</b>	<b>Tasapainokosteus %</b>
Mänty	205	4	RH65	6,1
Mänty	230	4	RH65	4,8
Kuusi	205	4	RH65	6,5
Kuusi	230	4	RH65	5,2

Parhaimmillaan lämpökäsittelymenetelmillä on voitu vähentää puun kosteuselämistä yleensä noin 40 %, joskus jopa 80 %. Arvioitu tangentin suuntainen turpoaminen pienee kuusella ja männyllä yli 70 %, kun massan häviö lämpökäsittelyssä on 10 %. Toinen yleisesti käytetty tapa on puun kyllästäminen. Siinä soluseinämän vesi pyritään korvaamaan toisella aineella. (Kärkkäinen 2003, 202.)

### 2.2.2. ThermoWood®-prosessi

VTT on kehittänyt yhdessä suomalaisen puutuoteteollisuuden kanssa puun teollisuusmittaisen ThermoWood®-lämpökäsittelyprosessin. Prosessi on lisensoitu Lämpöpuuyhdis-

tys ry:n jäsenille. ThermoWood®-prosessi voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 1 – 1.)

Ensimmäisessä vaiheessa lämpötilaa kohotetaan ja kuumakuivaus aloitetaan. Kamarin lämpötila nostetaan nopeasti noin 100 °C:n lämmön ja höyryn avulla. Tämän jälkeen lämpötilaa nostetaan tasaisesti 130 °C:n, jonka aikana tapahtuu kuumakuivaus ja puun kosteuspitoisuus laskee lähes nolnaan. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 1 – 1.)

Lämpökäsittelyn toisessa vaiheessa kuumakuivauksen jälkeen, uunin sisälämpötilaa nostetaan välille 185 - 215 °C. Kun haluttu lämpötila on saavutettu, se pidetään vakiona 2 - 3 tunnin ajan sen mukaan minkälaisia ominaisuuksia puulle halutaan. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 1 – 1.)

Viimeisessä jäähdytysvaiheessa lämpötilaa lasketaan vesisuihkutusjärjestelmien avulla. Kun lämpötila on 80 - 90 °C, tehdään uudelleenkostutus, jossa puun kosteuspitoisuus saadaan käytettävälle 4 - 7 %:n tasolle. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 1 – 1.)

Suomessa Lämpöpuuyhdistys ry:n jäsenyritysten valmistamille ThermoWood®-tuotteille käytetään yhteistä laatuluokitusta. Se sisältää kaksi laatuluokkaa, jotka ovat Thermo-S (stability) ja Thermo-D (durability). Thermo-S-nimen S-kirjain tulee englanninkielisestä sanasta stability (vakaus, stabiliteetti, stabiilisuus, stabiilius, pysyvyys). Stabiilisuus on keskeinen ominaisuus tämän tuoteluokan tuotteiden loppukäyttökohteissa. Thermo-S-luokkaan käsitellyn puun keskimääräinen kosteuseläminen tangentin suunnassa on 6 - 8 %. Thermo-D-nimen D-kirjain tulee englanninkielisestä sanasta durability (kestävyys, kulutuskestävyys). Kulutus- ja biologinen kestävyys ovat keskeisiä ominaisuuksia tämän tuoteluokan tuotteiden loppukäyttökohteissa. Thermo-D-luokkaan käsitellyn puun keskimääräinen kosteuseläminen tangentin suunnassa on 5 - 6 %. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 4 – 1.)

Thermo-S havupuilla käytetään käsittelylämpötilana 190 °C. Vastaavasti Thermo-D havupuilla käsittelylämpötilana käytetään 212 °C. Thermo-D-havupuilla on Thermo-S-havupuita parempi säänkestävyys ja dimensiostabiilisuus. Thermo-D-puumateriaalin vä-

ri on tummempaa. ThermoWood® Thermo-S:n ja Thermo-D:n käyttökohteet ovat taulukoissa 3 ja 4. (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 5 – 1.)

Taulukko 3 ThermoWood® Thermo-S:n käyttökohteet (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 4 – 1.)

	<b>Thermo-S havupuut</b>	<b>Thermo-S lehtipuut</b>
ThermoWood® Thermo-S käyttökohteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennekomponentit</li> <li>• sisustukset, kuivat tilat</li> <li>• kiintokalusteet, kuivat tilat</li> <li>• huonekalut</li> <li>• puutarhakalusteet</li> <li>• saunan lauteet</li> <li>• ikkuna- ja ovirakenteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sisustukset</li> <li>• kiintokalusteet</li> <li>• huonekalut</li> <li>• lattiat</li> <li>• saunan rakenteet</li> <li>• puutarhakalusteet</li> </ul>

Taulukko 4 ThermoWood® Thermo-D:n käyttökohteet (Lämpöpuuyhdistys ry 2004, 5 – 1.)

	<b>Thermo-D havupuut</b>	<b>Thermo-D lehtipuut</b>
ThermoWood® Thermo-D käyttökohteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ulkoverhous</li> <li>• ulko-ovet</li> <li>• ikkunaluukut</li> <li>• ympäristörakenteet</li> <li>• sauna- ja kylpyhuonesisustukset</li> <li>• lattiat</li> <li>• puutarhakalusteet</li> </ul>	<p>Käyttökohteet kuten luokassa Thermo-S</p> <p>Haluttaessa tummaa värisävyä käytetään luokan Thermo-D - tuotteita.</p>

### 2.2.3. Vesilasikyllästetty sahatavara

Vesilasikyllästetty puu sopii kovuutta, kulutusta, sään, ja palonkestävyyttä vaativiin kohteisiin. Vesilasikyllästystä on käytetty puun kyllästämisessä jo 1900-luvun alussa. Ensimmäinen patentti vesilasikyllästykselle haettiin vuonna 1906. Vielä 2000-luvulle asti ongelmana oli ollut se, että kaupallisesti kannattavia kyllästyssovelluksia ei ollut saatu aikaiseksi. Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa on kehitetty vuoden 2006 alusta alka-

en menetelmää, jolla puun vesilasikyllästys saadaan toteutettua kaupallisesti kannattavalla tavalla.

*On käytetty joko vesiliukoista vesilasia, joka ei kestä puussa tai sitten liukenematonta vesilasia ei ole onnistuttu saamaan puuhun riittävän paljon. Nyt tämä ongelma on ratkaistu. Kehittämällämme kyllästysprosessilla liukenematonta vesilasia saadaan puun sisään suuria määriä. (Boren, 2007.)*

Vesilasi on natriumsilikaattien väkevä liuos ja se valmistetaan kvartsihiekkasta. Vesilasi muuttuu niukkaliukoiseksi ja polymeroituu puun kanssa erittäin voimakkaasti korkeassa, yli 100 °C:n lämpötilassa. Liunneen vesilasin moolisuhde (pii/natrium) laskee kuivauslämpötilan noustessa männyllä. Tämä tarkoittaa, että piin polymeroitumisaste moninkertaistuu kuivauslämpötilan noustessa 20 °C:sta 150 °C:n. Moolisuhde laskee vielä merkittävästi kuivauslämpötilan noustessa 120 °C:sta 150 °C:n. Näin ollen korkea kuivauslämpötila vähentää vesilasin liukoisuutta puusta huomattavasti ja parantaa vesilasikyllästettyjen puutuotteiden kestoja vesi- ja säärasituksessa. Lisäksi korkea polymeroitumisaste lisää kovuutta ja estää puun kaasuuntumista, jolloin vesilasikyllästetyn puun syttymisaika on pidempi palotilanteessa. (Boren 2008, 28.)

Polymeeri on molekyyli, joka on syntynyt, kun samanlaiset molekyylit ovat liittyneet kemiallisin sidoksin suuremmiksi. (Leino 1987, 368.)

Tunkeutuessaan puuhun vesilasi sulautuu yhteen puun solujen kanssa, muodostaen ympäröivän suojan puun kuiduille. Tämä suojaa puun kuituja laholta, homeelta ja muilta puuta heikentäviltä ongelmilta. Vesilasikyllästetyistä puun kuiduista tulee vahvempia, mikä auttaa saavuttamaan naulojen, ruuvien ja kiinnikkeiden lujemman kiinnipysymisen. Vesilasikyllästyksessä kovuus kasvaa merkittävästi. Tuotteet pitävät hyvin muotonsa, koska lasiaines puun sisällä vastustaa puun vääntymistä. Vesilasikyllästys ei tee puusta myrkyllistä tai syövyttävää. (TimberSIL 2010.)

Vesilasin valmistusprosessissa käytetään vain piitä ja natriumia, jotka polymeroituvat voimakkaasti valmistusprosessissa. Vesilasikyllästetty sahatavara on turvallista, ympäristöystävällistä, terveydelle vaaratonta, erittäin kulutuksen kestävä, palonkestävää ja hyvin suojattu biologisia tuhoja vastaan (laho, home, kosteus). Vesilasikyllästetyt puu-

tuotteet soveltuvat hyvin rakentamiseen ja korjausrakentamiseen. Vesilasikyllästetyn sahatavaran käyttökohteet näkyvät taulukossa 5. (Boren 2008, 28.)

Taulukko 5 Vesilasikyllästetyn sahatavaran käyttökohteet (Puumies 6/2008, 28)

<b>Vesilasikyllästetyn sahatavaran käyttökohteet</b>	<b>Mänty</b>	<b>Koivu</b>	<b>Pyökki</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sään-, termiitin- ja palonkestävä ulkoverhous</li> </ul>	X		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kovat, kulutuksen ja palonkestävät lattiat ja liimalevyaihiot portaisiin, pöydän kansiin yms.</li> </ul>	X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palosuojatut kattoristikot ja ruoteet</li> </ul>	X		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palosuojatut ja termiitinkestävät muut kantavat rakenteet</li> <li>• Palamattomat ja kestävät (sääräsitus) sisustus ja kansimateriaalit veneen- ja laivanrakennukseen</li> </ul>	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lahon-, termiitin ja kulutuksen kestävä terassilauta</li> </ul>	X		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sään- ja kulutuksen kestävät puutarhakalusteet, vajat yms. ympäristörakentaminen esim. leikkipuistot</li> </ul>	X	X	

### 3. AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 3.1. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus

##### 3.1.1. Testausperiaate

Testeissä käytetyt puumateriaalit olivat ThermoWood® Thermo-D-mänty ja -kuusi, ThermoWood® Thermo-S-mänty, mäntysahatavara ja vesilasikyllästetty mänty. Testeissä käytetty materiaali oli höylättyä puutavaraa 26 mm x 96 mm SHP. Vesilasikyllästetyn männyn liuosväkevyyden oli 11 % ja käsittelylämpötila 125 °C.

Testissä pyrittiin selvittämään mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta viidellä eri puutuotteella kolmesta eri vetosuunnasta. Mekaanisen kiinnikkeen vetosuunnat olivat puun pituuden suuntainen, puun säteen suuntainen ja puun tangentin suuntainen vetosuunta. Koekappaleet ja kiinnike esitetään kuvassa 1.



Kuva 1 Koekappaleet ja kiinnike. Vasemmalla puun pituuden suuntainen, keskellä säteen suuntainen ja oikealla tangentin suuntainen koekappale.



### 3.1.2. Koekappaleiden valmistus

Koekappaleet valittiin testiin sattumanvaraisesti annetuista puueristä, kuitenkin välttämättä oksien ja halkeamien esiintymistä koekappaleissa. Testeissä käytetyistä materiaaleista lämpökäsitellyt Thermo-D-mänty ja -kuusi ja Thermo-S-mänty saapuivat testiin Lunalwood Oy:ltä. Käsittelemätön mäntysahatavara ja vesilasikyllästetty mänty saatiin testeihin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratorion omasta varastosta. Vesilasikyllästetyn männyn liuosväkevyys oli 11 % ja käsittelylämpötila 125 °C.

Pituuden ja säteen suuntaisilla koekappaleilla käytettiin testeissä dimensiota 26 mm x 92 mm x 100 mm. Tangentin suuntaiset koekappaleet lyhennettiin leveyden suunnassa dimensioon 26 mm x 55 mm x 100 mm, jotta kiinnikkeen veto saatiin tehtyä puun syiden tangentin suuntaisesti. Testeihin valmistettiin 20 koekappaletta jokaisesta viidestä puumateriaalista jokaista kolmea vetosuuntaa varten.

Standardin EN 1382:1999 (ks. lähdeluettelo) mukaan koekappaleen paksuuden ja leveyden tuli olla vähintään  $l_p + 5d$ ,

missä

$d$  on ruuvien halkaisija 2,7 mm ja  
 $l_p$  on ruuvien upotussyvyys 20 mm.

Annettujen arvojen mukaisesti laskettuna koekappaleiden paksuuden ja leveyden oli oltava vähintään 33,5 millimetriä. Koekappaleiden paksuus oli noin 26 millimetriä, joten tässä jouduttiin poikkeamaan standardista.

Ennen mekaanisen kiinnikkeen vetotestejä koekappaleet tasaannutettiin standardissa EN 1382:1999 esitetyn ohjeen mukaisesti. Koekappaleet tasaannutettiin tasaannutushuoneessa, jossa lämpötila oli  $20 \pm 2$  °C ja jossa vallitsi ilman suhteellinen kosteus  $65 \pm 5$  %. Koekappaleet olivat valmiita testattavaksi, kun niiden painossa ei ollut tapahtunut 0,1 %:a suurempaa muutosta kuuden tunnin välisellä ajalla.

### 3.1.3. Mekaaninen kiinnike

Mekaanisena kiinnikkeenä käytettiin 4,2 x 30 uppokantaruuvia. 30 mm:n nimellispituu-  
den lisäksi kiinnikkeellä oli noin 4 mm:n pituinen kärkikartio, jota ei laskettu upotussy-  
vydessä. Läpimitta kierteen pohjasta mitattuna oli 2,7 mm. Kiinnikkeen nimellispituu-  
desta 20 mm upotettiin testikappaleen sisään ja 10 mm jäi testikappaleen ulkopuolelle.  
Kiinnike upotettiin kohtisuorassa puukappaleen pintaan nähden. Ennen kiinnikkeen  
asentamista koekappaleisiin esiporattiin reiät helpottamaan kiinnikkeen asennusta ja es-  
tämään koekappaleen halkeamista.

Kiinnike asennettiin kierrättämällä kiinnikettä ensin ruuvimeisselillä esiporattuun rei-  
kään. Tämän jälkeen kiinnikettä kierrettiin syvemmälle akkukäyttöisen porakoneen avul-  
la. Kun kiinnike oli saatu lähelle 20 mm:n upotussyvyyttä, lopetettiin kiinnikkeen kier-  
täminen syvemmälle. Syvyyden hienosäätöön käytettiin taas ruuvimeisseliä. Upotussy-  
vyuden mittaamiseksi apuna käytettiin 10 mm:n paksuista puulistaa, joka asetettiin upo-  
tetun kiinnikkeen viereen koekappaleen pinnalle. Oikea upotussyvyys oli saavutettu kun  
kiinnikkeen tasainen pää ja puinen lista olivat sormituntumalla samalla tasolla. Ruuvien  
asennus akkuporakoneella esitetään kuvassa 2.



Kuva 2 Ruuvien asennus akkuporakoneella

Standardissa EN 1382:1999 (s.8) oli esitetty kuva, jossa mekaanisen kiinnikkeen asennus säteen suuntaisesti oli tehty puun sydän puolelle. Tässä testissä mekaaninen kiinnike kiinnitettiin puun ulkolapellelle.

#### 3.1.4. Testausmenetelmät ja vetolujuuden määrittäminen

Testilaitteena oli Alwerton TC20 (kuva 5). Koekappale asetettiin testilaitteeseen siten, että vetovoima kohdistui kiinnikkeen pituuden suuntaisesti. Vetotesti suoritettiin jatkuvalla kuormituksella käyttäen kuormitusnopeutena 1 mm/min. Koekappaleen asettaminen esitetään kuvassa 3 ja koekappaleen vetotesti kuvassa 4.



Kuva 3 Koekappaleen asettaminen vetoaihioon



Kuva 4 Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuden  
vetotesti pituuden suunnassa



Kuva 5 Alwerton TC20-testilaitteisto.

Vetolujuuden määrittämiseen käytettiin kaavaa 1:

Kaava 1 Vetolujuus

$$f = \frac{F_{\max}}{d \cdot l_p} ,$$

missä

d	ruuvin sileän paljaan pinnan halkaisija mm	
F <sub>max</sub>	vetovoima N	
f	tartuntalujuus N/mm <sup>2</sup>	
l <sub>p</sub>	kiinnikkeen läpäisyvyvyys mm.	(1)

## 3.2. Dimensiostabiilitetti

### 3.2.1. Testausperiaate

Mittaukset tehtiin eurooppalaisen EN 1910:2000 standardin mukaan. Näytekappaleiden dimensiot ja paino mitattiin jokaisen tasaannutusjakson päätteeksi. Ensin koekappaleet alkutasaannutettiin, minkä jälkeen ne siirrettiin kosteaan olosuhteeseen. Kostean olosuhteen tasaannutuksen jälkeen koekappaleet siirrettiin tasaantumaan kuivaan olosuhteeseen. Tasaannutusolosuhteet oli määritelty EN 1910:2000-standardissa.

Mitattavia dimensioita olivat paksuus, leveys, pituus ja kuperuus. Koekappaleiden dimensiomuutokset ilmoitettiin kumulatiivisena suhteellisena muutoksena eri tasaannutusolosuhteiden välillä.

Kokeisiin valittiin kymmenen koekappaletta sattumanvaraisesti. Koekappaleissa esiintyviä vikoja - esimerkiksi oksia ja halkeamia - pyrittiin kuitenkin välttämään. Koekappaleet valmistettiin dimensioon 26 mm x 92 mm x 250 mm.

### 3.2.2. Koekappaleiden tasaannutus

Kokeet suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratoriossa. Kokeen suorittamiseen käytettiin kahta tasaannutushuonetta ja yhtä sääkaappia. Molemmat tasaannutushuoneet oli varustettu lämpö- ja ilmankosteusmittareilla. Sääkaapin olosuhteita valvottiin tietokoneen avulla. Tasaannutusolosuhteet on merkitty taulukkoon 6.

Taulukko 6 Tasaannutusolosuhteet

	<b>Lämpötila</b>	<b>Ilman suhteellinen kosteus</b>
<b>Alkutasaannutus</b>	<b>20 C°</b>	<b>65 %</b>
<b>Kostea olosuhde</b>	<b>20 C°</b>	<b>85 %</b>
<b>Kuiva olosuhde</b>	<b>20 C°</b>	<b>30 %</b>
<b>Sallittu poikkeama</b>	<b>± 2 C°</b>	<b>± 5 %</b>

Koekappaleita tasaannutettiin näissä olosuhteissa neljä viikkoa tai kunnes koekappaleiden painon muutos oli 24 tunnin aikana vähemmän kuin 0,1 %, jolloin koekappaleet katsottiin tasaantuneeksi. Koekappaleiden painoa seurattiin kirjaamalla punnitustuloksia mittauspäiväkirjaan. Koekappaleet aseteltiin tasaannutushuoneissa ja sääkaapissa riittävän väljästi, jotta ilmankierto koekappaleiden välissä ei olisi estynyt.

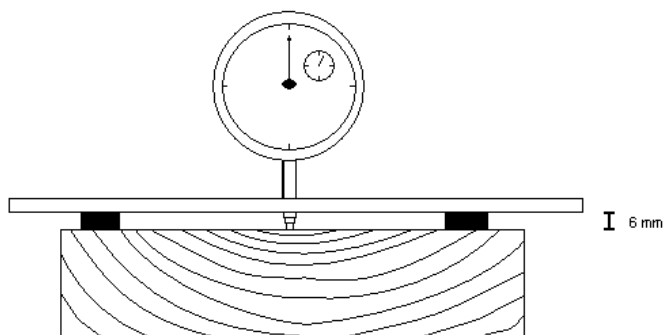


Kuva 6 Koekappaleet tasaannutushuoneessa

### 3.2.3. Koekappaleiden mittaukset ja mittausvälineet

Koekappaleille tehtiin jokaisen tasaannutusjakson päätyttyä dimensiomittaukset ja punnitus. Koekappaleista mitattiin paksuus, leveys, pituus ja kuperuus.

Koekappaleiden mittaamisessa käytettiin standardissa EN 1910:2000 annettuja ohjeita. Pituuksien mittaamiseen käytettiin digitaalisia työntömittoja 0,01 mm:n tarkkuudella. Painon mittaamiseen käytettiin digitaalista vaakaa 0,01 gramman tarkkuudella. Kuperuuden mittaamiseen käytettiin mittakelloa 0,01 mm:n tarkkuudella. Kuperuus mitattiin koekappaleiden sydänpuolelta. Kuperuuden mittaamisessa käytettiin apuna 6 mm:n paksuisia metallisia apupaloja mittakellon tason alla, jolloin saatiin luotettavampi mittaustulos. Mittakello ja apupalat on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7 Kuperuuden mittaus

### 3.2.4. Kosteus ja kumulatiivinen suhteellinen muutos

Tasaannutusten jälkeen koekappaleet kuivatettiin lämpökaapissa, jolloin saatiin selville koekappaleiden absoluuttisen kuivamassa. Uunikuivaus tehtiin standardin EN 1910:2000 mukaan. Absoluuttinen kuivamassa saatiin selville kun kahden perättäisen mittauksen tulokset 24 tunnin välillä eivät poikenneet 0,1 %:a enempää. Koekappaleiden uunikuivaus suoritettiin  $103 \pm 2$  °C lämpötilassa. Koekappaleiden kosteus tiettyssä tasaannutusolosuhteessa saatiin käyttämällä kaavaa 2.

## Kaava 2 Kosteus

$$\omega = 100 \frac{M_s - M_d}{M_d} ,$$

missä

$\omega$	on koekappaleen kosteus tasaannutuksen jälkeen kahden desimaalin tarkkuudella
$m_d$	on koekappaleen massa uunikuivauksen jälkeen grammoissa kahden desimaalin tarkkuudella ja
$m_s$	on koekappaleen massa tasaannutusolosuhteen jälkeen grammoissa kahden desimaalin tarkkuudella. (2)

Jokaisesta mitatusta dimensiosta laskettiin kumulatiivinen suhteellinen muutos tasaannutusolosuhteiden välillä.

## Kaava 3 Kumulatiivinen suhteellinen muutos

$$dcr = 100 \frac{D_h - D_d}{D_i} ,$$

missä

$dcr$	on kumulatiivinen suhteellinen muutosprosentti kahden desimaalin tarkkuudella
$D_i$	on mitta alkutasaannutuksen jälkeen 0,01 mm:n Tarkkuudella ja
$D_d$	on mitta kuivan olosuhteen jälkeen, 0,01 mm:n tarkkuudella.
$D_h$	on mitta kostean olosuhteen jälkeen, 0,01 mm:n tarkkuudella (3)



## 4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

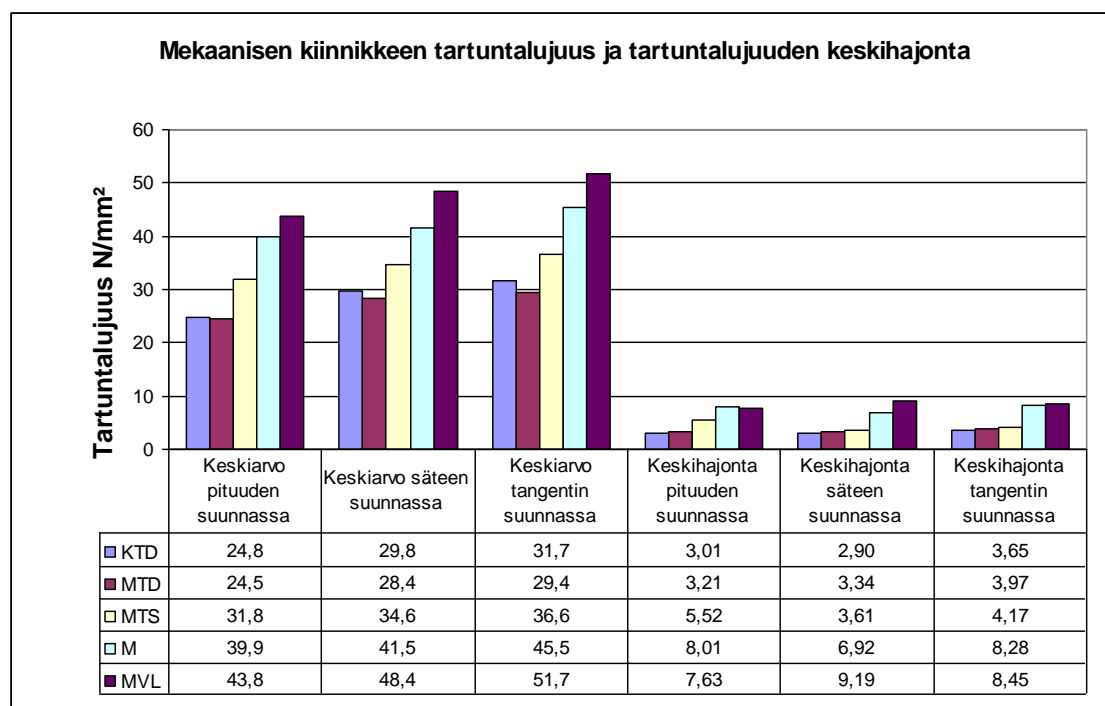
Tulosten tarkastelussa käytetään puumateriaaleista seuraavia lyhenteitä:

- KTD: Thermo Wood® Thermo-D-kuusi
- MTD: Thermo Wood® Thermo-D-mänty
- MTS: Thermo Wood® Thermo-S-mänty
- M: käsittelemätön mäntysahatavara
- MVL: vesilasikyllästetty mänty.

### 4.1. Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus

#### 4.1.1. Tartuntalujuuden keskiarvo ja keskihajonta

Kuvasta 8 nähdään, että mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus oli selvästi parhaita vesilasikyllästetyllä männyllä. Se sai testissä pituuden suunnassa 38 - 78 %, säteen suunnassa 40 - 62 %, ja tangentin suunnassa 41 - 76 % korkeammat arvot kuin lämpökäsitellyt puumateriaalit. Sahatavara mäntyyn ero oli pituuden suunnassa 10 %, säteen suunnassa 17 % ja tangentin suunnassa 14 %.



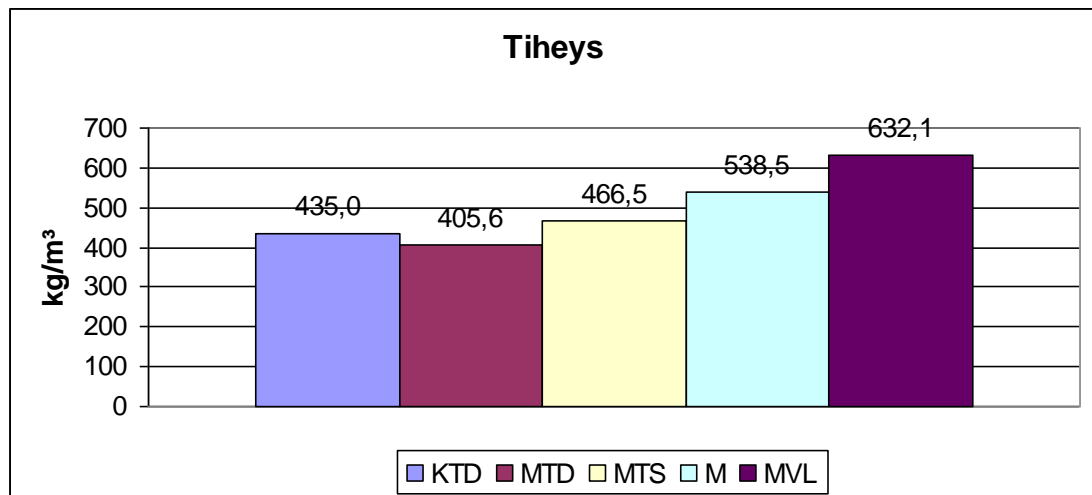
Kuva 8 Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuden keskiarvot ja keskihajonnat vetosuunnittain

Lämpökäsitellyt Thermo-D-kuusi ja -mänty saivat selvästi testin pienimmät arvot jokaisessa vetosuunnassa. Lämpökäsiteltyjen materiaalien välillä Thermo-S-mänty sai paremmat kiinnikkeen tartuntalujuuden arvot jokaisessa vetosuunnassa. Thermo-S-männyn arvot olivat 30 % pituuden suunnassa, 22 % säteen suunnassa ja 25 % tangentin suunnassa korkeammat kuin Thermo-D-männyn.

Jokaisella puumateriaalilla voimakkain kiinnikkeen tartuntalujuus mitattiin tangentin suunnassa, toiseksi korkein säteen suunnassa ja alhaisin kiinnikkeen tartunta pituuden suunnassa. Mekaanisen kiinnikkeen vetotestien tulokset esitetään liitteissä 8 - 17.

#### 4.1.2. Tiheys

Kuvasta 9 nähdään, että lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla tiheydet ovat pienempiä sahatavara mäntyyn verrattuna. Alhaisimmat tiheydet oli korkeamman lämpökäsittelyn läpikäyneillä Thermo-D-männyllä ja -kuusella. Vesilasikyllästetyn männyn tiheys on suurempaa kuin sahatavaramännyllä. Tiheydet mitattiin RH65:ssa.



Kuva 9 Koekappaleiden keskiarvoinen tiheys

### 4.1.3. T-testi

Tilastollisena testinä käytettiin studentin t-testiä. T-testillä testataan normaalijakautuneiden satunnaismuuttujien keskiarvoja. Studentin t-jakauma on todennäköisyysjakauma, jota hyödynnetään normaalijakaantuneiden populaatioiden keskiarvojen tarkastelussa.

Oletuksena oli, että tässä satunnaisotoksessa saadut tulokset noudattivat normaalijakaumaa. Nollahypoteesina ( $H_0$ ) käytettiin olettamusta, puumateriaalien ruuvinvetolujuuksien keskiarvot olivat perusjoukossa yhtä suuria. Vaihtoehtoisena hypoteesina ( $H_1$ ) käytettiin olettamusta, että toisen puumateriaalin mittaustulosten keskiarvot olivat suurempia perusjoukossa, jolloin p-arvo määritettiin yksisuuntaisena. T-testit tehtiin kahdesta otoksesta olettaen varianssit erisuuriksi.

T-testillä arvioitiin, millä todennäköisyydellä nollahypoteesin pystyi hylkäämään tekemättä virheellistä päätelmää. Jokaisen testin tuloksena saatiin p-arvo, joka ilmoitti virheellisen päätelmän todennäköisyyden.

T-testin tulokset saadun p-arvon perusteella mekaanisen kiinnikkeen vetolujuustestissä esitetään taulukossa 7. T-testin perusteella voitiin tehdä johtopäätöksiä siitä, kuinka luotettavia erot kahden eri puumateriaalin välillä tuloksissa olivat.

Taulukko 7 T-testin tulokset p-arvon mukaan mekaanisen kiinnikkeen vetolujuustestissä

p(T<=t)	MVL - M	M - MTS	MTS - KTD	KTD - MTD
L	0,058	0,000 (***)	0,000 (***)	0,382
R	0,006 (**)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,085
T	0,013 (*)	0,000 (***)	0,000 (***)	0,032 (*)

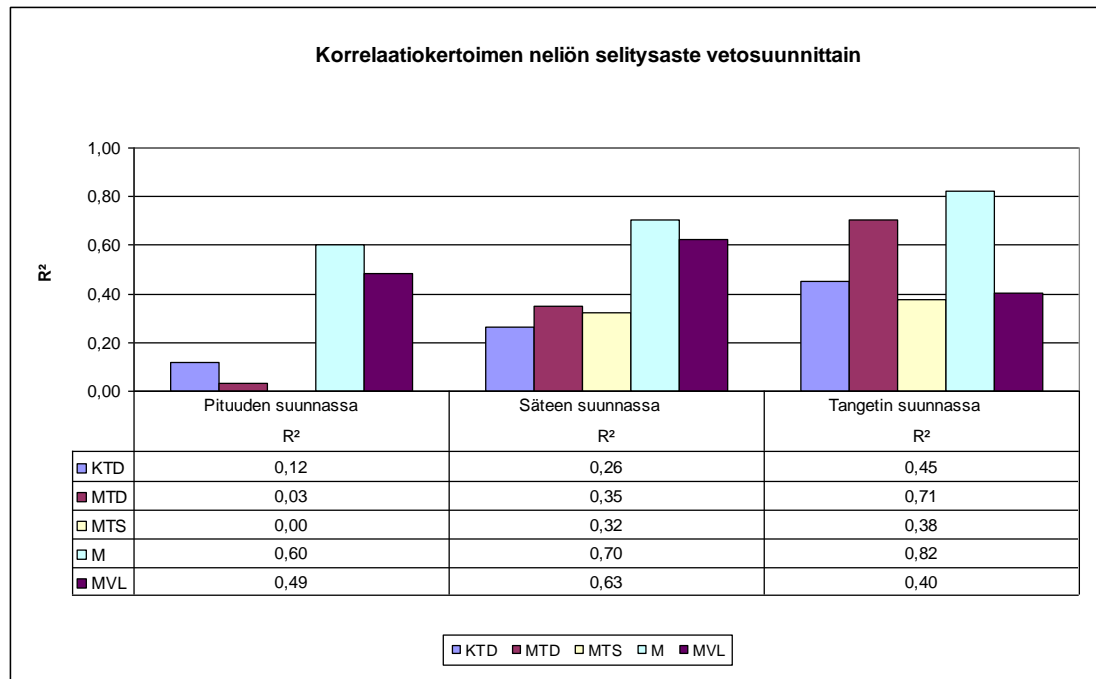
- jos  $p < 0.05$  on tulos tilastollisesti melkein merkitsevä (\*)
- jos  $p < 0.01$  on tulos tilastollisesti merkitsevä (\*\*)
- jos  $p < 0.001$  on tulos tilastollisesti erittäin merkitsevä (\*\*\*)

Thermo-S-männyn ero mäntysahatavaraan ja Thermo-D-kuuseen oli erittäin merkitsevä kaikissa mittaussuunnissa. Vesilasikyllästetyn männyn ero sahatavara mäntyyn oli

merkitsevää säteen suunnassa ja melkein merkitsevää tangentin suunnassa. Thermo-D-kuusen ja -männyn ero oli tangentin suunnassa melkein merkitsevää.

#### 4.1.4. Regressioanalyysi

Lineaarinen regressioanalyysi on tilastollinen analyysimenetelmä, jolla arvioitiin vastemuuttujan (tartuntalujuus) lineaarista riippuvuutta selittävästä muuttujasta (tiheys). Korrelaatiokertoimen ( $R^2$ ) selityssasteen avulla voidaan arvioida kertoimen tilastollista merkitsevyyttä. Esimerkiksi jos  $R^2 = 0,55$  sanotaan, että selittävä muuttuja selittää 55 % selitettävän muuttujan varianssista. Korrelaatiokerroin ei kuitenkaan anna automaattisesti informaatiota siitä, vallitseeko muuttujien välillä kausaalinen suhde.



Kuva 10 Korrelaatiokertoimen neliön selityssaste vetosuunnittain

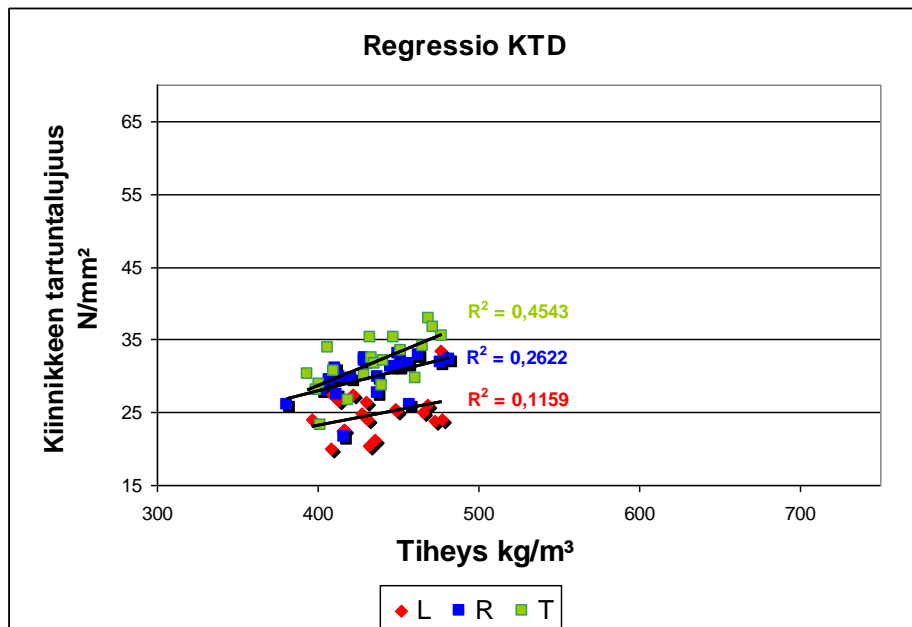
Kuvasta 10 nähdään, että pituuden suunnassa lämpökäsiteltyjen puumateriaalien koe-kappaleiden tiheyden suuruudella oli vähän yhteyttä mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen, mutta säteen suunnassa tiheyden kasvulla alkaa olla jo merkitystä. Selityssasteeksi laskettiin 0,26 – 0,35. Lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla tiheydellä oli eniten merkitystä mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen tangentin suunnassa. Lämpökäsi-

teltyjen puumateriaalien vertailussa Thermo-D-männyllä selitysaste oli suurempi säteen suunnassa ja suurin ja merkittävin arvo tangentin suunnassa.

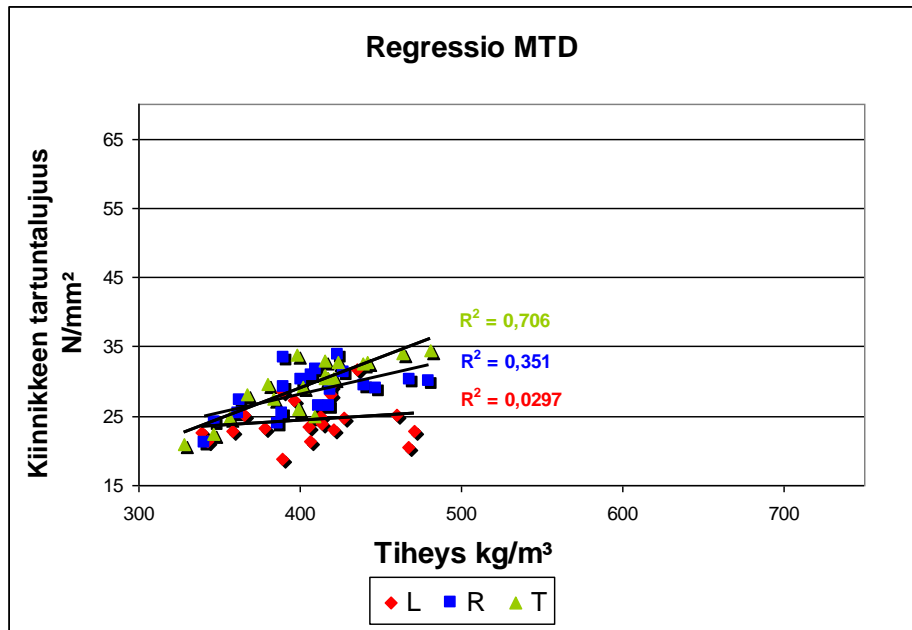
Mäntysahatavaralla tiheyden suuruudella oli merkittävä yhteys mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen jokaisessa vetosuunnassa. Mitatut arvot olivat jokaisessa vetosuunnassa yli 0,6.

Vesilasikyllästetyillä koekappaleilla tiheyden suuruuden suhde mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen oli pienempää kuin sahatavaramännyllä. Voimakkain selitysaste oli säteen suunnassa. Lämpökäsiteltyihin materiaaleihin verrattuna tiheyden suuruus oli merkittävämpää pituuden ja säteen vetosuunnissa. Tangentin suunnassa selitysaste oli lähes sama kuin Thermo-D-kuusella ja Thermo-S-männyllä.

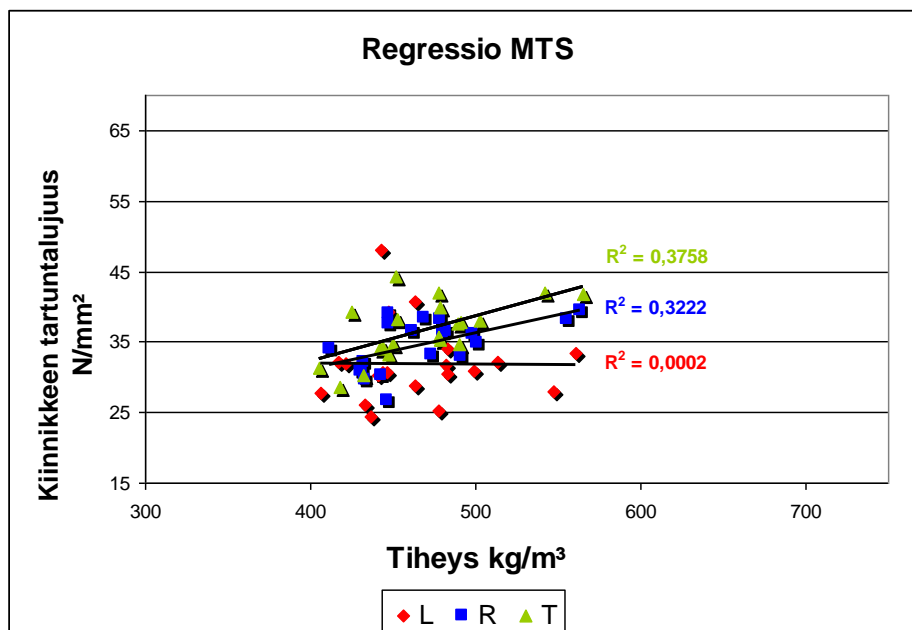
Kun katsotaan puumateriaalikohtaisia regressiokuvia 11 - 15 nähdään, että lämpöpuiden arvot mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuden vetotestissä olivat hyvin pienessä kasassa verrattuna mäntysahatavaraan ja vesilasikyllästettyyn mänty-puumateriaaliin.



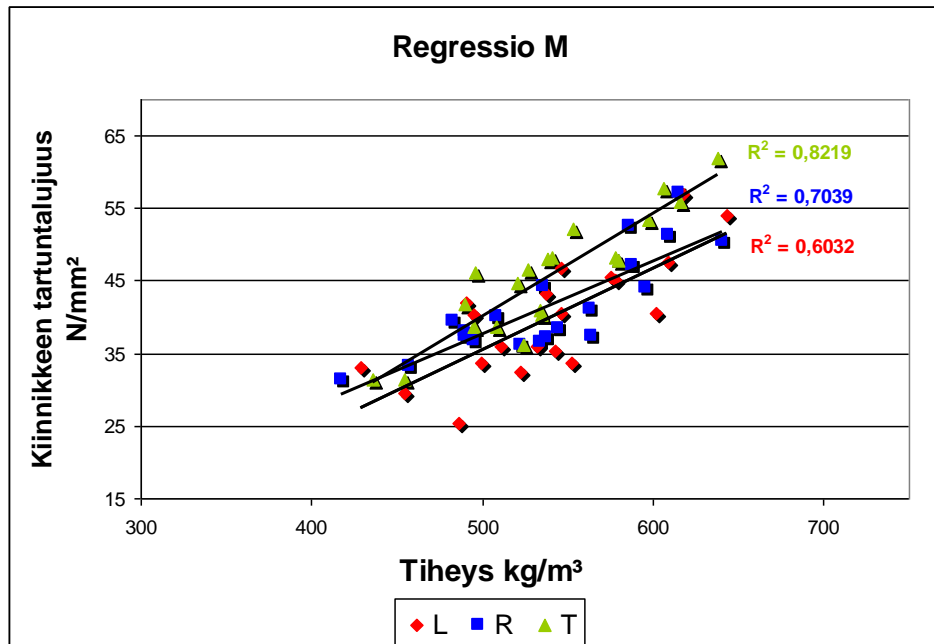
Kuva 11 Regressio KTD.



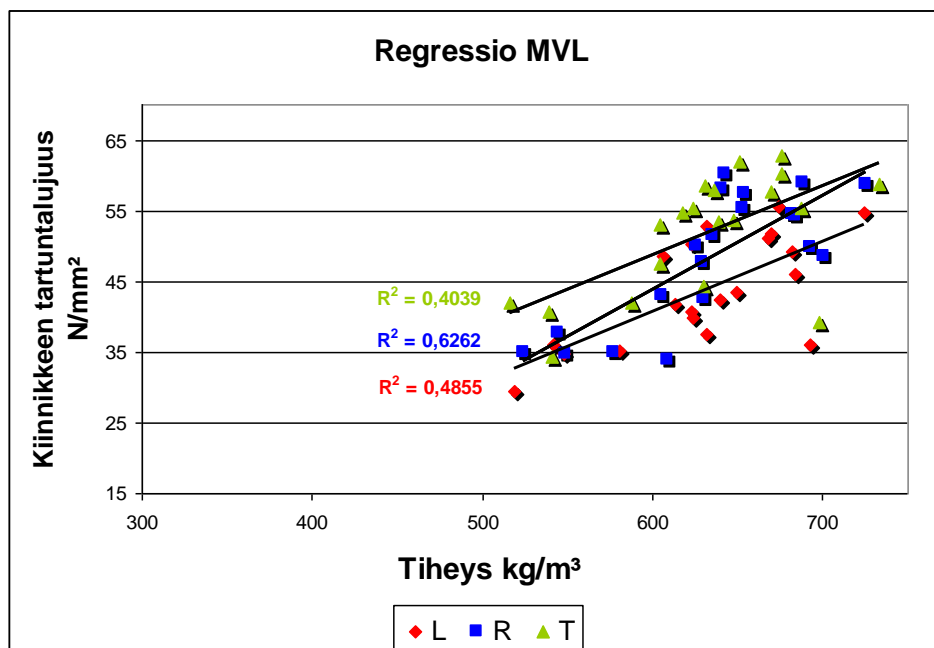
Kuva 12 Regressio MTD.



Kuva 13 Regressio MTS.



Kuva 14 Regressio M.

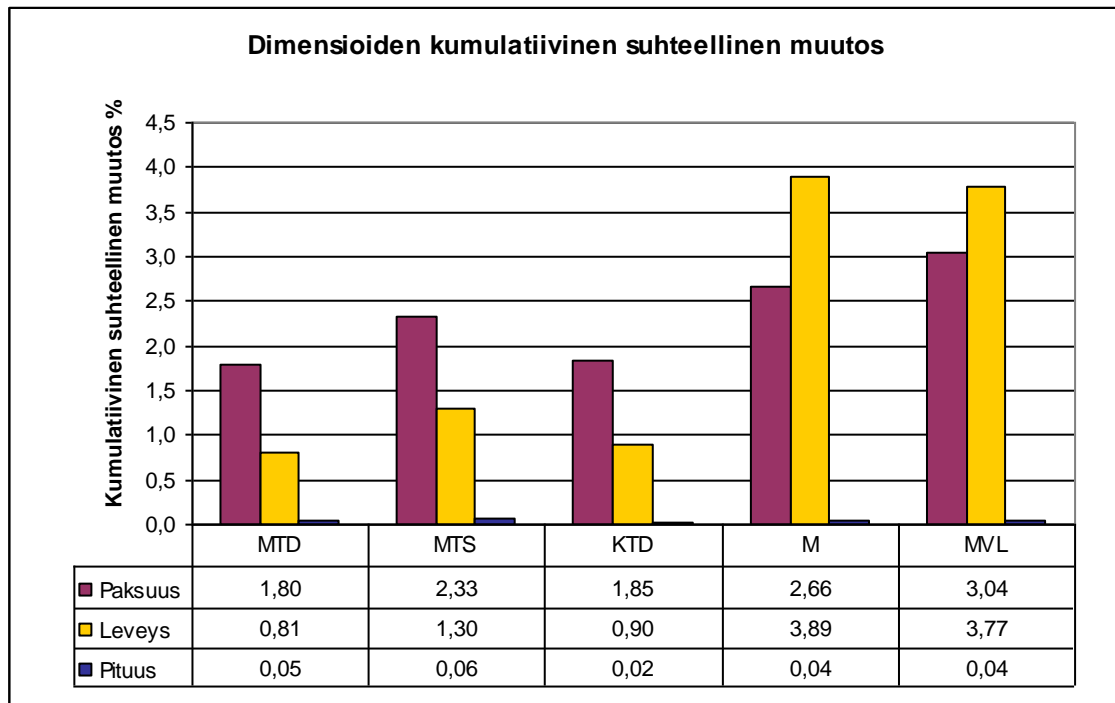


Kuva 15 Regressio MVL.

## 4.2. Dimensiostabiilitteetti

### 4.2.1. Kumulatiivinen suhteellinen muutos

Kuvasta 16 huomataan pienin kosteuseläminen lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla. Thermo-D-luokan lämpökäsitellyt mänty ja kuusi olivat dimensiostabiilimpia kuin Thermo-S-luokan mänty. Paksuuden suhteellinen muutosprosentti Thermo-D-kuusella ja -männyllä oli alle kahden prosentin ja leveyden muutosprosentti alle yhden prosentin.



Kuva 16 Dimensioiden kumulatiivinen suhteellinen muutosprosentti.

Lämpökäsitellyistä puumateriaaleista Thermo-S-männyllä mitattiin suurempaa dimensioiden kumulatiivista suhteellista muutosta kuin Thermo-D-kuusella ja -männyllä. Thermo-S-männyn paksuuden muutosprosentiksi mitattiin 2,3 ja leveyden 1,3.

Pituuden muutosprosentti oli pienin Thermo-D-kuusella. Muiden puumateriaalien keskinäiset tulokset olivat hyvin samansuuntaisia ja vain hieman suurempia kuin Thermo-D-



kuusella. Yleisesti Thermo-D-männyn ja -kuusen muutokset olivat pienimpiä jokaisella mitatulla dimensiolla. Thermo-S-männyn dimensioiden muutos oli kolmanneksi pienin.

Mäntysahatavaran ja vesilasikyllästetyn männyn kosteuseläminen oli testissä hyvin samansuuntaista. Kummallakin puumateriaalilla dimensioiden kumulatiivinen suhteellinen muutosprosentti oli lämpökäsiteltyjä puumateriaaleja suurempaa jokaisessa dimensiossa pituutta lukuun ottamatta. Dimensiostabiliateettitestin tulokset esitetään liitteissä 2-7.

#### 4.2.2. T-testi

Oletuksena oli, että tässä satunnaisotoksessa saadut tulokset noudattivat normaalijakaumaa. Nollahypoteesina ( $H_0$ ) käytettiin olettamusta, että puumateriaalien kumulatiivisen suhteellisen muutoksen keskiarvot ovat saman suuruiset perusjoukossa. Vaihtoehtoisena hypoteesina ( $H_1$ ) käytettiin olettamusta, että toisen puumateriaalin keskiarvo oli suurempi perusjoukossa.

T-testin tulokset saadun p-arvon perusteella kumulatiivisesta suhteellisesta muutoksesta esitetään taulukossa 8.

Taulukko 8 T-testin tulokset p-arvon mukaan kumulatiivisesta suhteellisesta muutoksesta

P( $T \leq t$ )	MVL - M	MTS - MTD	MTD - KTD
Paksuus	0,014 (*)	0,001 (**)	0,353
Leveys	0,301	0,000 (***)	0,040 (*)

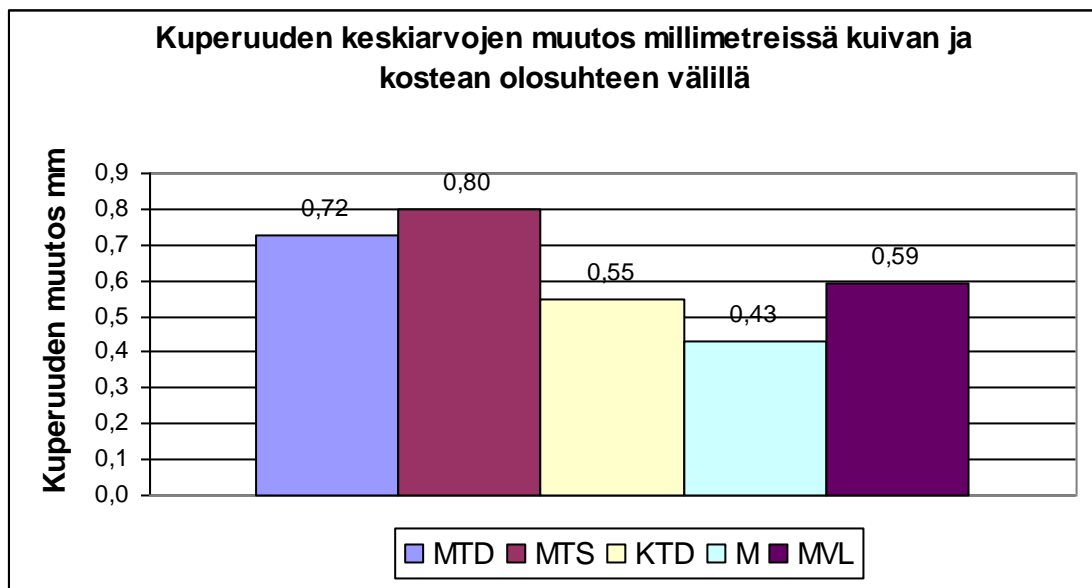
- jos  $p < 0.05$  on tulos tilastollisesti melkein merkitsevä (\*)
- jos  $p < 0.01$  on tulos tilastollisesti merkitsevä (\*\*)
- jos  $p < 0.001$  on tulos tilastollisesti erittäin merkitsevä (\*\*\*)

T-testillä oli järkevää analysoida vain lämpöpuiden tuloksien keskinäistä luotettavuutta ja erikseen mäntysahatavaran ja mäntyvesilasin tuloksien keskinäistä luotettavuutta, koska puumateriaalien kosteuseläminen oli ollut poikkeavaa näiden kahden ryhmän välillä. Tilastollisesti mäntysahatavaralla ja mäntyvesilasilla oli melkein merkitsevää eroa paksuuden muutoksessa. Thermo-S-männyn ja Thermo-D-männyn ero oli leveyden

muutoksessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ja paksuuden muutoksessa merkitsevä. Thermo-D-männyn ja Thermo-D-kuusen ero oli leveyden muutoksessa tilastollisesti melkein merkitsevä.

#### 4.2.3. Kuperuus

Kuperuuden muutos kuivan ja kostean olosuhteen välillä oli suurempaa kaikilla modifioituilla puumateriaaleilla kuin tavallisella mäntysahatavaralla. Myös vesilasikyllästetyn männyn kuperuuden muutos verrattuna mäntysahatavaraan oli suurempi. Vesilasikyllästetyn männyn kuperuuden muutos oli pienempää verrattuna Thermo-D- ja Thermo-S-mäntyyn ja samansuuntaista Thermo-D-kuusen kanssa. Kuperuuden keskiarvojen muutos kuivan ja kostean olosuhteen välillä esitetään kuvassa 17.



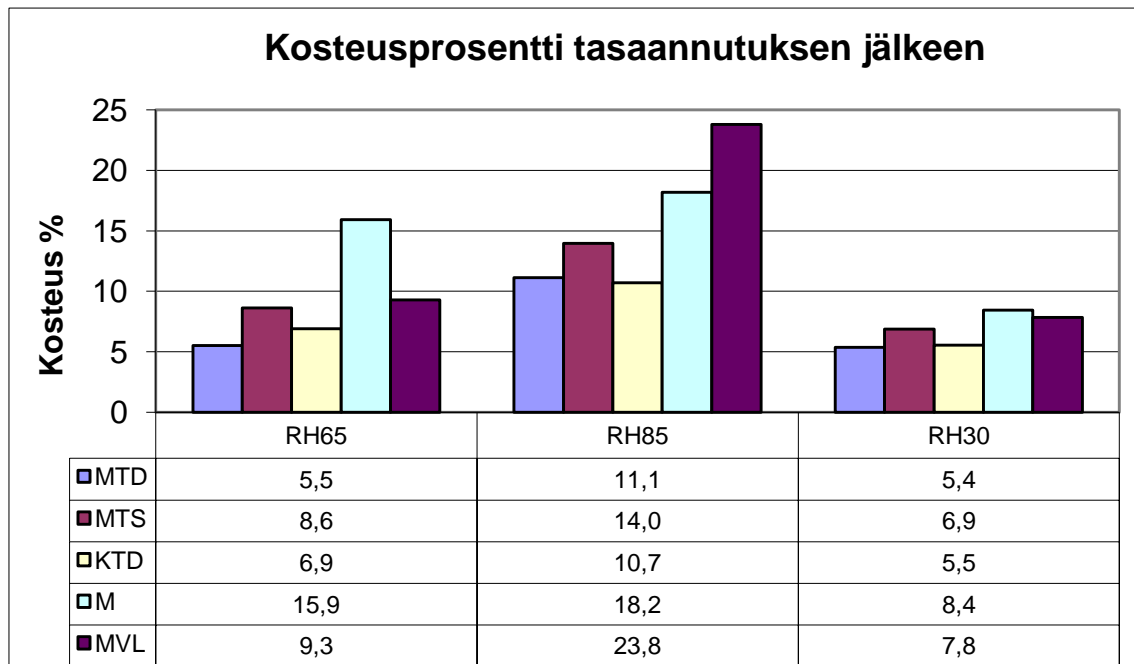
Kuva 17 Kuperuuden keskiarvojen muutos millimetreissä kuivan ja kostean olosuhteen välillä.

#### 4.2.4. Kosteus

Lämpökäsiteltyjen puumateriaalien kosteusprosentit olivat alhaisimmat jokaisessa tasaannutusolosuhteessa. Lisäksi lämpökäsiteltyjen puumateriaalien kosteusprosenttien vaihtelut eri tasaannutusolosuhteiden välillä olivat hyvin pientä verrattuna mänty sahatavaraan ja vesilasikyllästettyyn mäntyyn.

Lämpökäsitellyistä puista Thermo-D-männylle mitattiin kosteassa olosuhteessa 7 prosenttiyksikköä pienempi kosteusprosentti ja Thermo-S-männylle 4 prosenttiyksikköä pienempi kosteusprosentti kuin mäntysahatavaralle.

Lämpökäsitellyistä materiaaleista Thermo-S-männyn kosteusprosentti oli jokaisessa tasaannutusolosuhteessa jonkin verran muita lämpöpuumateriaaleja korkeampi. Thermo-D männyn kosteusprosentti oli Thermo-S-mäntyä alhaisempi jokaisessa tasaannutusolosuhteessa. Thermo-D kuusen kosteusprosentti oli hieman Thermo-D-mäntyä suurempi alkutasaannutuksen ja kuivan olosuhteen tasaannutuksen jälkeen, mutta alhaisempi kostean olosuhteen tasaannutuksen jälkeen. Kosteusprosentit tasaannutusten jälkeen esitetään kuvassa 18.



Kuva 18 Kosteusprosentti tasaannutuksen jälkeen

Alkutasaannutusolosuhteissa sahatavaramäntyjen koekappaleille mitattiin suurin kosteusprosentti, joka oli lähes yhtä suuri kuin sen kosteusprosentti kosteassa olosuhteessa. Kuivassa olosuhteessa mäntysahatavaralle mitattiin korkein kosteusprosentti ja kosteassa olosuhteessa sen kosteusprosentti oli toiseksi korkein.

Vesilasikyllästetyn männyn kosteusprosentti oli alkutasaannutuksen jälkeen lähes yhtä alhainen kuin Thermo-S-männyllä. Kosteassa olosuhteessa vesilasikyllästetyn männyn kosteusprosentti oli selvästi korkein. Kuivassa olosuhteessa vesilasikyllästetyn männyn kosteusprosentti oli lämpökäsiteltyjä puumateriaaleja suurempi, mutta hieman mäntysahatavaraa pienempi.

## 5. YHTEENVETO

Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus vesilasikyllästetyssä männyssä oli merkittävästi suurempi kuin lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla ja hieman suurempi kuin sahatavara männyllä jokaisessa vetosuunnassa. Sahatavaramännyn mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus oli testin toiseksi suurinta jokaisessa vetosuunnassa. Korkeimmat arvot lämpökäsitellyistä puumateriaaleista saatiin Thermo-S-männylle.

Mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuden testissä käytettyjen puumateriaalien tiheyksien keskihajonta oli suurempaa sahatavara männyllä ja vesilasikyllästetyllä männyllä kuin lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla. Pienintä tiheyden keskihajontaa mitattiin Thermo-S-kuuselle. Thermo-S-männyn ja Thermo-D-männyn keskihajonnat olivat keskenään samansuuntaisia ja jonkin verran suurempia kuin Thermo-S-kuusella.

Lämpökäsitellyillä puumateriaaleilla tiheyden kasvulla suhteessa mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen mitattiin olevan erittäin vähän yhteyttä pituuden suunnassa ja vähän yhteyttä säteen suunnassa. Tangentin suunnassa ryhmän materiaaleilla syntyi jo hieman merkittävää yhteyttä, erityisesti Thermo-D-männyllä, jolla yhteys oli merkittävä. Sahatavaramännyn tiheyden kasvu suhteessa mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen oli merkittävä jokaisessa vetosuunnassa. Vesilasikyllästetyllä männyllä tiheyden kasvulla suhteessa mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen mitattiin olevan hieman merkittävyyttä pituuden ja tangentin vetosuunnassa ja merkittävää yhteyttä säteen vetosuunnassa.

Lämpökäsiteltyjen puumateriaalien kosteuseläminen oli pienintä. Sahatavaramännyn ja vesilasikyllästetyn männyn kosteuseläminen oli hyvin samansuuntaista. Kuperuuden muutos kuivan ja kostean olosuhteen välillä oli isointa Thermo-D-männyllä ja Thermo-

S-männyllä ennen Thermo-S kuusta ja vesilasikyllästettyä mäntyä. Kuperuuden muutos oli pienintä käsittelemättömällä sahatavaralla.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Lämpökäsittely heikentää mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta puumateriaalissa. Korkeamman lämpökäsittelyn läpikäyneellä Themo-D-männyllä oli heikompi mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuus jokaisessa vetosuunnassa kuin alemmassa lämpötilassa käsitellyllä Thermo-S männyllä. Lämpökäsiteltyjen puumateriaalien tiheyden kasvulla ei ollut yhtä merkittävää yhteyttä mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuuteen kuin vesilasikyllästetyllä männyllä ja mäntysahatavaralla.

Lämpökäsiteltyjen puumateriaalien kosteuseläminen eri kosteusolosuhteiden välillä on hyvin pientä. Tuloksista voidaan nähdä lämpökäsittelylämpötilan suora vaikutus puun dimensiostabiliteettiin ja tasapainokosteuteen – korkeampi käsittelylämpötila parantaa puun dimensiostabiliteettia ja alentaa puun tasapainokosteutta. Toisaalta korkeamman lämpötilan lämpökäsittely heikentää mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta.

Lämpökäsiteltyjen puiden koekappaleet oli sahattu aivan sydänpuun osuudesta. Mäntysahatavaran ja vesilasikyllästetyn männyn koekappaleet olivat sahattu lähempänä puun pintaa olevasta osuudesta (katso liite 1). Näin lämpöpuilla oli enemmän puun tangentin suuntaista kosteuselämistä paksuudessa. Vastaavasti mäntysahatavaran ja vesilasikyllästetyn männyn paksuudessa oli vähemmän suoraa puun tangentin suuntaista alaa. Säteen ja tangentin suuntainen kosteuseläminen tapahtuu yleensä suhteessa 1:2.

Tämä on todennäköisesti johtanut siihen, että dimensiostabiliteettitestissä lämpökäsiteltyjen puiden kosteuseläminen on ollut hyvin erilaista sahatavara mäntyyn ja vesilasikyllästettyyn mäntyyn verrattuna paksuuden ja leveyden suhteen. Lämpöpuilla paksuuden kumulatiivinen suhteellinen muutos on suurempi paksuuden kuin leveyden suunnassa. Vastaavasti sahatavara männyllä ja vesilasikyllästetyllä männyllä nämä ovat toisin päin: leveyden muutos on paksuuden muutosta suurempi. Tämän perusteella saadut tulokset eivät oikein ole suoraan vertailukelpoisia keskenään, mutta niistä näkee kuitenkin helposti lämpökäsittelyn alentavan kosteuselämistä.

Kuperuuden muutoksissa pitää ottaa myös huomioon sama seikka. Lämpökäsittelyillä puilla paksuussuunnan ollessa lähempänä tangentin suuntaa on todennäköisesti aiheuttanut suuremman kuperuuden muutoksen. Kerätyn aineiston pohjalta lämpökäsittelyn pitäisi pienentää kuperuuden muodostumista. Näin ollen saaduista kuperuuden tuloksista ei voi tehdä johtopäätöksiä, vähentääkö lämpökäsittely kuperuuden muodostumista. Vesilasikyllästetyllä männyllä näyttäisi keskiarvoinen kuperuuden muutos olevan suurempaa (0,16 mm) kuin sahatavaramännällä. Liitteessä 1 olevia kuvia tarkastelemalla voi nähdä, että vesilasikyllästetyn männyn koekappaleiden paksuus on myös lähempänä puun tangenttia. Tämä voi myös selittää suuremman kuperuuden myös vesilasikyllästetyllä männyllä.

Vesilasikyllästäminen muuttaa puuta kovemmaksi ja näin parantaa mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta puussa jokaisessa vetosuunnassa verrattuna käsittelemättömään mäntyyn.

Vesilasi sisältää natriumia, joka imee itseensä vettä. Vesilasikyllästetyllä männyllä tämä näkyi testissä, että se imi kosteutta itseensä reippaasti kosteassa tasaannutusolosuhteessa (23,8 %), jossa vesilasikyllästettyjen koekappaleiden kosteusprosenttien keskiarvo oli noin 6 % käsittelemätöntä mänty sahatavaraa suurempi ja lämpökäsittelyjä puumateriaaleja noin 10 - 13 % suurempi. Suuremmasta veden sitomisesta ja kosteuden vaihtelusta huolimatta, vesilasikyllästetyn männyn dimensioiden muutokset eivät poikenneet oleellisesti mänty sahatavarasta.

Dimensio-stabiilitestien ja kuperuustestien perusteella, koekappaleiden valintaan tulee kiinnittää huomioita. Kaikki koekappaleet tulisi ottaa sydänpuusta, jotta saataisiin vertailukelpoisempia tuloksia.

Sahatavara männyn korkeahko kosteusprosentti dimensio-stabiilitestien alkutasaannuksessa on korkeahko. Normaalin kosteusprosentin tulisi olla noin 12 %.

Tämä tutkimus osoittaa, että lämpökäsittellyt puut pitävät hyvin dimensionsa vaihtuvissa kosteusolosuhteissa, mutta kiinnikkeen tartuntalujuus on huomattavasti heikompaa kuin

vesilasikyllästetyllä puulla. Lisäksi korkeampi käsittelylämpötila heikentää kiinnikkeen tartuntalujuutta, mutta parantaa dimensiostabiilisuutta. Vesilasikyllästyksellä saadaan parannettua mekaanisen kiinnikkeen tartuntalujuutta ja mittapysyvyys on samansuuntaista käsittelemättömän sahatavaran kanssa.

## LÄHDELUETTELO

## Painetut lähteet

Boren, H. 2008. Vesilasikyllästetyillä puutuotteilla erinomainen kovuus ja palonkesto. Puumies 6/2008.

British Standards Institution (BSI). EN 1382:1999. Timber structures. Test methods. Withdrawal capacity of timber fasteners.

British Standards Institution (BSI). EN 1910:2000. Wood and parquet flooring and wood panelling and cladding. Determination of dimensional stability.

Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Metsälehti kustannus, Hämeenlinna.

Leino, P. 1987. Hyvää Suomea. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.

Lämpöpuuyhdistys ry. 2004. ThermoWood® -käsikirja. Wood Focus, Helsinki.

Panshin, A. J. Zeeuw, C. 1970. Textbook of wood technology. McGraw-Hill Book Company.

Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. Edita Oy, Helsinki.

VTT 1996. Puun modifiointi lämpökäsittelyllä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo



## Painamattomat lähteet

Borenin Haastattelu. Puu ja Bioenergia 2007 – messut. Jyväskylän Messut Oy.  
<http://www.jklpaviljonki.fi/puu2007/tiedote6.php>. Luettu 13.4.2010.

Lunawood Oy 2010. Lämpökäsittely antaa puulle uusia käyttömahdollisuuksia.  
<http://www.lunawood.fi/index.php?sivu=347&p=345&l=1> Luettu 13.4.2010.

Oy SWM-Wood Ltd 2010. Lämpökäsittely puu : Ominaisuudet  
[http://www.swm-wood.com/fi/lampokasitelty\\_puu/kosteuselaminen.shtml](http://www.swm-wood.com/fi/lampokasitelty_puu/kosteuselaminen.shtml). Luettu 24.3.2010.

Suomen Lämpöpuu Oy 2010. Tietoa lämpöpuusta.  
[http://www.suomenlampopuu.fi/suomeksi/tietoa\\_lampopuusta/](http://www.suomenlampopuu.fi/suomeksi/tietoa_lampopuusta/). Luettu 25.3.2010.

TimberSIL 2010. The future of lumber is here.  
<http://www.timbersilwood.com>. Luettu 7.4.2010.



MTD

MTS

KTD

MTD

MTS

KTD

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
MTD	1	219,53	249,55	92,79	26,11	26,07	2,27
	2	242,9	249,62	92,65	26,3	26,2	2,33
	3	217,87	249,54	92,6	26,26	26,31	2,39
	4	278,83	249,7	92,67	26,25	26,12	2,31
	5	214,2	249,6	92,65	26,17	26,28	2,29
	6	216,02	250,08	92,63	26,2	26,33	2,34
	7	230,03	249,54	92,7	26,24	26,26	2,36
	8	209,69	249,6	92,51	26,3	26,21	2,35
	9	265,84	249,57	92,73	26,27	26,27	2,34
	10	267,57	249,29	92,44	26,27	26,14	2,27
	<b>Keskiarvo</b>	<b>236,25</b>	<b>249,61</b>	<b>92,64</b>	<b>26,24</b>	<b>26,22</b>	<b>2,33</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>25,76</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>	<b>0,09</b>	<b>0,04</b>

MTS	1	258,62	250,26	91,74	26,24	26,26	2,09
	2	334,5	248,92	92,03	26,23	26,19	2,01
	3	248,08	249	91,83	26,26	26,31	2,05
	4	263,13	248,98	91,8	26,27	26,3	2,04
	5	267,68	248,88	91,67	26,2	26,25	2,05
	6	264,33	250,47	91,96	26,26	26,21	2,05
	7	302,07	250,4	92,25	26,28	26,28	2,01
	8	283,96	250,17	92,01	26,28	26,29	2,1
	9	285,93	250,22	91,67	26,25	26,29	1,99
	10	268,7	248,96	91,6	26,2	26,21	2
	<b>Keskiarvo</b>	<b>277,70</b>	<b>249,63</b>	<b>91,86</b>	<b>26,25</b>	<b>26,26</b>	<b>2,04</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>25,26</b>	<b>0,72</b>	<b>0,20</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>

KTD	1	276,01	250,4	91,71	25,8	25,65	1,91
	2	257,96	250,4	92,12	26	25,85	2,07
	3	247,85	250,44	92,05	25,76	25,86	2,01
	4	253,45	250,4	91,95	25,9	25,85	2,01
	5	267,82	250,42	91,6	25,64	25,84	2,04
	6	271,96	250,27	91,8	25,85	25,7	2,11
	7	241,56	250,35	92,2	25,95	26	2,13
	8	283,35	250,61	92,18	25,85	25,95	2,07
	9	243,89	250,34	91,85	25,81	25,62	1,93
	10	248,01	250,58	91,62	25,61	25,62	1,61
	<b>Keskiarvo</b>	<b>259,19</b>	<b>250,42</b>	<b>91,91</b>	<b>25,82</b>	<b>25,79</b>	<b>1,99</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>14,67</b>	<b>0,10</b>	<b>0,23</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>

M	1	307,66	250,3	91,19	25,85	25,92	1,85
	2	322,19	250,28	91,58	25,94	25,94	2,08
	3	310,1	250,24	91,65	26,01	26,01	2,07
	4	311,82	250,32	90,66	25,76	25,85	2,17
	5	310,52	250,13	90,77	25,9	25,82	2,05
	6	266,32	250,27	90,9	25,78	25,85	2,04
	7	380,13	250,22	91,2	25,73	25,68	2,35
	8	294,26	250,3	91,47	25,97	26	2,21
	9	336,04	250,4	90,93	25,89	25,84	2,29
	10	321,73	250,29	91,2	25,8	25,7	1,81
	<b>Keskiarvo</b>	<b>316,08</b>	<b>250,28</b>	<b>91,16</b>	<b>25,86</b>	<b>25,86</b>	<b>2,09</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>29,21</b>	<b>0,07</b>	<b>0,34</b>	<b>0,09</b>	<b>0,11</b>	<b>0,17</b>

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
MVL	1	369,03	251,07	92,6	26,03	26,04	2,06
	2	420,69	251,17	92,73	26,04	26,04	1,85
	3	413,62	251,23	92,78	26,07	26,03	2,07
	4	380,77	251,06	92,97	26,07	26,07	2,05
	5	377,5	251,02	92,85	26,07	26,09	2,15
	6	325,1	250,98	92,77	26,1	26,05	2,18
	7	371,81	250,98	92,7	26,05	26,07	2,02
	8	389,1	251,05	92,69	26,07	26,03	2,08
	9	434,71	251,1	92,84	26,05	26,05	1,99
	10	378,85	251,02	92,78	26,13	26,07	2,11
	<b>Keskiarvo</b>	<b>386,12</b>	<b>251,07</b>	<b>92,77</b>	<b>26,07</b>	<b>26,05</b>	<b>2,06</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>31,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,09</b>

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
MTD	1	231,35	249,89	93,34	26,68	26,54	2,95
	2	254,84	249,75	93,25	26,74	26,64	3,04
	3	229,44	249,6	93,29	26,74	26,77	3
	4	293,89	249,75	93,53	26,81	26,86	3,15
	5	225,59	249,71	93,34	26,5	26,58	2,93
	6	227,34	250,19	93,29	26,61	26,65	2,99
	7	241,98	249,68	93,31	26,76	26,69	3,13
	8	221,89	249,71	93,31	27,03	26,91	3,08
	9	279,47	249,67	93,58	26,8	26,81	2,99
	10	281,87	249,4	93,45	26,94	26,58	3
	<b>Keskiarvo</b>	<b>248,77</b>	<b>249,74</b>	<b>93,37</b>	<b>26,76</b>	<b>26,70</b>	<b>3,03</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>26,98</b>	<b>0,20</b>	<b>0,11</b>	<b>0,15</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>

MTS	1	272,04	250,41	92,71	26,66	26,68	2,67
	2	350,2	249,06	93,2	26,83	26,78	2,75
	3	262,09	249,15	92,54	26,74	26,63	2,64
	4	275,48	249,06	92,81	26,86	26,75	2,89
	5	280,81	249,07	92,75	26,7	26,75	2,74
	6	276,66	250,55	92,87	26,61	26,59	2,55
	7	317	250,45	93,2	26,92	26,86	2,69
	8	298,06	250,39	92,96	26,82	26,88	2,62
	9	299,57	250,34	92,7	26,7	26,75	2,77
	10	281,49	249,08	92,42	26,59	26,64	2,5
	<b>Keskiarvo</b>	<b>291,34</b>	<b>249,76</b>	<b>92,82</b>	<b>26,74</b>	<b>26,73</b>	<b>2,68</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>26,12</b>	<b>0,71</b>	<b>0,25</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>

KTD	1	286,44	250,49	92,48	26,24	26,01	2,33
	2	265,81	250,48	92,62	26,46	26,13	2,52
	3	258,61	250,44	92,79	26,3	26,33	2,53
	4	264,03	250,46	92,64	26,38	26,25	2,53
	5	277,33	250,44	92,4	26,13	26,18	2,57
	6	281,07	250,38	92,52	26,19	26,11	2,52
	7	250,68	250,22	92,82	26,43	26,47	2,67
	8	292,06	250,82	92,88	26,15	26,33	2,4
	9	251,86	250,49	92,5	26,16	26,01	2,28
	10	256,25	250,51	92,27	26,12	26,1	2,02
	<b>Keskiarvo</b>	<b>268,41</b>	<b>250,47</b>	<b>92,59</b>	<b>26,26</b>	<b>26,19</b>	<b>2,44</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>14,84</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,13</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>

M	1	319,84	250,37	92,27	26,06	26,19	2,09
	2	332,28	250,4	92,74	26,25	26,22	2,27
	3	322,62	250,38	92,94	26,39	26,22	2,3
	4	324,83	250,46	92,19	26,13	26,24	2,38
	5	322,47	250,27	92,21	26,21	26,12	2,26
	6	227,23	250,37	92,3	26,12	26,13	2,24
	7	394,34	250,33	92,55	26,08	26,05	2,42
	8	305,68	250,4	92,62	26,25	26,27	2,37
	9	348,12	250,46	92	26,34	26,1	2,51
	10	334,16	250,41	92,5	26,08	26,03	1,95
	<b>Keskiarvo</b>	<b>323,16</b>	<b>250,39</b>	<b>92,43</b>	<b>26,19</b>	<b>26,16</b>	<b>2,28</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>41,39</b>	<b>0,06</b>	<b>0,29</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>	<b>0,16</b>

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
	2	469,66	251,2	96,35	26,9	26,88	2,17
	3	466,92	251,19	96,16	26,87	26,54	2,8
	4	439,44	251,04	96,17	26,64	26,67	2,51
	5	431,52	251,06	96,14	26,88	26,95	3,13
	6	376,4	250,96	96,07	26,83	26,73	3,26
	7	425,04	251,09	95,28	26,46	26,77	2,41
	8	441,96	250,98	95,88	26,79	26,79	2,44
	9	484,26	251,05	96,14	26,81	26,85	2,22
	10	418,45	251,08	95,3	26,87	26,78	3,35
	<b>Keskiarvo</b>	<b>437,03</b>	<b>251,09</b>	<b>95,91</b>	<b>26,77</b>	<b>26,76</b>	<b>2,66</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>31,32</b>	<b>0,10</b>	<b>0,38</b>	<b>0,14</b>	<b>0,13</b>	<b>0,44</b>

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
MTD	1	219,27	249,7	92,75	26,14	26,27	2,29
	2	243,04	249,66	92,63	26,3	26,28	2,38
	3	217	249,42	92,55	26,21	26,31	2,3
	4	279,45	249,72	92,75	26,35	26,27	2,35
	5	213	249,5	92,46	26,12	26,21	2,27
	6	214,58	250,01	92,57	26,2	26,21	2,22
	7	229,93	249,54	92,62	26,27	26,24	2,32
	8	209,31	249,57	92,51	26,37	26,33	2,25
	9	266,01	249,51	92,72	26,31	26,29	2,33
	10	268,1	249,36	92,62	26,34	26,19	2,31
	<b>Keskiarvo</b>	<b>235,97</b>	<b>249,60</b>	<b>92,62</b>	<b>26,26</b>	<b>26,26</b>	<b>2,30</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>26,34</b>	<b>0,19</b>	<b>0,10</b>	<b>0,09</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>

MTS	1	254,08	250,23	91,53	26,1	26,19	1,96
	2	330,39	248,93	92,06	26,24	26,1	1,84
	3	246,38	248,93	91,64	26,2	26,15	2,01
	4	257,92	248,89	91,53	26,15	26,1	1,85
	5	263,13	248,86	91,42	26,07	26,06	1,89
	6	259,78	250,39	91,74	26,07	26,12	1,89
	7	297,6	250,31	91,96	26,19	26,19	1,79
	8	279,38	250,2	91,62	26,03	26,15	1,92
	9	281,37	250,31	91,46	26,09	26,08	1,83
	10	262,62	248,94	91,28	26,06	26,14	1,84
	<b>Keskiarvo</b>	<b>273,27</b>	<b>249,60</b>	<b>91,62</b>	<b>26,12</b>	<b>26,13</b>	<b>1,88</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>25,13</b>	<b>0,73</b>	<b>0,24</b>	<b>0,07</b>	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>

KTD	1	271,95	250,38	91,49	25,66	25,5	1,75
	2	255,55	250,35	91,93	25,92	25,75	2,01
	3	245,11	250,38	91,83	25,76	25,77	1,95
	4	251,02	250,34	91,85	25,82	25,75	1,92
	5	264,4	250,4	91,44	25,72	25,77	1,9
	6	268,33	250,34	91,63	25,78	25,71	2
	7	238,93	250,31	92,06	25,9	25,89	2,06
	8	279,96	250,65	92,15	25,81	25,95	2
	9	240,4	250,4	91,73	25,8	25,56	1,87
	10	243,57	250,57	91,5	25,57	25,56	1,42
	<b>Keskiarvo</b>	<b>255,92</b>	<b>250,41</b>	<b>91,76</b>	<b>25,77</b>	<b>25,72</b>	<b>1,89</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>14,47</b>	<b>0,11</b>	<b>0,25</b>	<b>0,10</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>

M	1	290	250,17	89,55	25,54	25,5	1,66
	2	303,81	250,26	89,6	25,67	25,65	1,86
	3	291,72	250,2	89,57	25,59	25,7	1,82
	4	290,08	250,77	88,16	25,28	25,48	1,92
	5	288,82	250,18	88,44	25,45	25,41	1,68
	6	247,63	250,2	88,7	25,4	25,53	1,75
	7	356,38	250,18	88,74	25,26	25,36	2,1
	8	275,61	250,29	88,49	25,63	25,71	2,15
	9	313,85	250,33	88,82	25,33	25,55	1,91
	10	299,11	250,27	88,84	25,42	25,24	1,63
	<b>Keskiarvo</b>	<b>295,70</b>	<b>250,29</b>	<b>88,89</b>	<b>25,46</b>	<b>25,51</b>	<b>1,85</b>
	<b>Keskihajonta</b>	<b>27,75</b>	<b>0,18</b>	<b>0,51</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,18</b>

Sarja	Kappale	Massa	Pituus	Leveys	Paksuus 1	Paksuus 2	Kuperuus
		g	mm	mm	mm	mm	mm
MVL	1	365,53	251	92,47	25,99	25,99	2,16
	2	416,81	251,1	92,65	25,97	26,02	2,07
	3	407,39	251,21	92,32	25,97	25,9	2,07
	4	373,6	250,9	92,23	25,88	25,91	1,91
	5	371,75	250,94	92,38	25,95	26,01	2,06
	6	318,85	250,91	92,37	26	25,92	1,99
	7	366,42	250,91	92,24	25,97	25,96	2,12
	8	382,99	250,96	92,16	25,94	25,97	2,09
	9	430,19	251	92,57	26,01	26,04	2,1
	10	377,13	251,01	92,71	26,01	26	2,12
	<b>Keskiarvo</b>	<b>381,07</b>	<b>250,99</b>	<b>92,41</b>	<b>25,97</b>	<b>25,97</b>	<b>2,07</b>



Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvintartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
L	1	25,72	91,79	99,87	110,33	1,406	26,04	468
L	2	25,92	92,16	99,84	102,54	1,425	26,39	430
L	3	25,97	92,20	99,88	97,63	1,080	20,00	408
L	4	25,85	91,99	99,91	98,04	1,437	26,61	413
L	5	25,94	92,03	99,83	101,71	murtunut	murtunut	427
L	6	25,76	91,94	99,89	111,82	1,285	23,80	473
L	7	25,99	92,00	99,88	97,61	1,477	27,35	409
L	8	26,04	92,18	99,72	114,23	1,300	24,07	477
L	9	25,95	91,87	99,90	98,96	1,218	22,56	416
L	10	25,78	91,87	99,88	99,85	1,483	27,46	422
L	11	25,79	91,85	99,87	112,54	1,803	33,39	476
L	12	25,88	92,05	99,71	98,52	1,206	22,33	415
L	13	26,01	92,10	99,91	94,88	1,294	23,96	396
L	14	25,97	92,10	99,86	111,16	1,356	25,11	465
L	15	26,08	92,10	99,91	103,57	1,108	20,52	432
L	16	25,92	91,80	99,89	106,70	1,364	25,26	449
L	17	25,79	91,84	99,91	101,96	1,303	24,13	431
L	18	26,02	92,01	99,89	103,97	1,145	21,20	435
L	19	26,01	91,99	99,92	107,07	1,370	25,37	448
L	20	25,93	91,80	99,88	98,02	murtunut	murtunut	412
						<b>Keskiarvo</b>	<b>24,75</b>	<b>437</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>3,01</b>	<b>25</b>
R	1	25,76	91,82	99,82	112,37	1,723	31,91	476
R	2	25,93	92,20	99,85	102,48	1,733	32,09	429
R	3	26,02	92,23	99,89	96,52	1,510	27,96	403
R	4	25,90	92,07	99,92	97,95	1,674	31,00	411
R	5	25,89	92,06	99,87	104,03	1,491	27,61	437
R	6	25,82	92,19	99,95	108,67	1,406	26,04	457
R	7	26,01	92,16	99,85	97,32	1,594	29,52	407
R	8	25,97	92,09	99,55	108,62	1,707	31,61	456
R	9	25,77	91,85	99,88	97,41	1,486	27,52	412
R	10	25,71	91,96	99,68	99,12	1,600	29,63	421
R	11	25,76	92,00	99,90	114,21	1,743	32,28	482
R	12	25,96	92,04	99,90	98,84	1,611	29,83	414
R	13	25,93	92,00	99,84	90,84	1,408	26,07	381
R	14	26,05	92,26	99,82	111,09	1,770	32,78	463
R	15	25,95	92,16	99,90	106,39	1,688	31,26	445
R	16	25,82	91,87	99,76	106,56	1,781	32,98	450
R	17	25,73	91,75	99,89	103,10	1,617	29,94	437
R	18	25,90	92,01	99,92	102,19	1,757	32,54	429
R	19	26,01	92,01	99,85	107,76	1,684	31,19	451
R	20	25,89	91,76	99,87	98,72	1,166	21,59	416
						<b>Keskiarvo</b>	<b>29,77</b>	<b>434</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>2,90</b>	<b>26</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvien tartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
T	1	25,69	55,70	99,94	68,19	1,915	35,46	477
T	2	26,05	55,65	99,89	62,81	1,752	32,44	434
T	3	25,95	55,81	99,94	58,04	1,560	28,89	401
T	4	25,93	55,87	99,86	58,76	1,830	33,89	406
T	5	25,86	55,79	99,91	63,49	1,550	28,70	440
T	6	25,92	55,69	99,78	66,39	1,599	29,61	461
T	7	25,98	55,81	99,97	57,14	1,637	30,31	394
T	8	25,99	55,76	99,62	67,75	2,042	37,81	469
T	9	25,80	55,78	99,85	60,28	1,440	26,67	419
T	10	25,75	55,81	99,94	62,15	1,902	35,22	433
T	11	25,95	55,78	99,99	68,37	1,985	36,76	472
T	12	25,97	55,76	99,97	59,38	1,658	30,70	410
T	13	25,88	55,86	99,96	57,67	1,515	28,06	399
T	14	25,92	55,84	99,87	67,17	1,844	34,15	465
T	15	25,89	55,81	99,92	62,84	1,714	31,74	435
T	16	25,87	55,81	99,86	63,53	1,728	32,00	441
T	17	25,78	55,81	99,96	64,34	1,901	35,20	447
T	18	25,92	55,86	99,91	61,99	1,622	30,04	429
T	19	26,07	55,82	99,95	65,70	1,812	33,56	452
T	20	25,77	55,76	99,88	57,68	1,255	23,24	402
<b>Keskiarvo</b>							<b>31,72</b>	<b>434</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>3,65</b>	<b>26</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvien tartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	
L	1	26,04	92,61	100,02	88,06	1,361	25,20	365	
L	2	26,22	92,75	100,28	101,05	1,294	23,96	414	
L	3	26,38	92,79	100,20	87,80	1,237	22,91	358	
L	4	26,27	92,95	100,26	114,21	1,110	20,56	467	
L	5	26,27	92,64	100,26	82,83	1,220	22,59	339	
L	6	26,21	92,78	100,33	98,75	1,264	23,41	405	
L	7	26,32	92,71	100,21	99,30	1,156	21,41	406	
L	8	26,38	92,92	100,72	84,62	1,152	21,33	343	
L	9	26,35	93,07	100,26	107,06	1,715	31,76	435	
L	10	26,41	92,97	100,19	113,12	1,357	25,13	460	
L	11	26,21	92,73	100,15	102,11	1,585	29,35	419	
L	12	26,44	93,09	100,87	106,06	1,331	24,65	427	
L	13	26,27	92,78	100,18	102,28	1,522	28,19	419	
L	14	26,17	92,97	99,98	102,42	1,240	22,96	421	
L	15	26,19	92,79	100,32	94,91	1,538	28,48	389	
L	16	26,23	92,66	100,24	96,36	1,478	27,37	396	
L	17	26,42	92,91	100,72	93,43	1,257	23,28	378	
L	18	26,34	92,93	100,37	101,45	1,345	24,91	413	
L	19	26,35	93,05	100,36	115,96	1,233	22,83	471	
L	20	26,37	92,90	100,17	95,38	1,020	18,89	389	
							<b>Keskiarvo</b>	<b>24,46</b>	<b>406</b>
							<b>Keskihajonta</b>	<b>3,21</b>	<b>38</b>
R	1	26,29	92,63	100,21	88,49	1,472	27,26	363	
R	2	26,24	92,78	100,56	102,60	1,548	28,67	419	
R	3	26,28	92,69	100,23	88,39	1,369	25,35	362	
R	4	26,31	92,93	100,82	115,37	1,630	30,19	468	
R	5	26,23	92,66	100,27	83,07	1,142	21,15	341	
R	6	26,18	92,73	100,12	97,58	1,632	30,22	401	
R	7	26,37	92,88	100,19	95,48	1,365	25,28	389	
R	8	26,31	92,91	100,28	85,01	1,297	24,02	347	
R	9	26,31	92,93	100,47	104,93	1,687	31,24	427	
R	10	26,24	92,93	100,36	109,33	1,565	28,98	447	
R	11	26,21	92,85	100,13	103,36	1,832	33,93	424	
R	12	26,35	92,93	100,72	108,44	1,588	29,41	440	
R	13	26,13	92,76	100,23	101,44	1,432	26,52	418	
R	14	26,36	93,04	100,26	101,38	1,423	26,35	412	
R	15	26,43	92,71	100,29	95,73	1,578	29,22	390	
R	16	26,15	92,67	100,04	98,65	1,665	30,83	407	
R	17	26,24	92,78	100,18	95,12	1,800	33,33	390	
R	18	26,27	92,84	100,16	100,25	1,715	31,76	410	
R	19	26,33	92,91	100,17	117,71	1,623	30,06	480	
R	20	26,28	92,96	100,30	94,49	1,290	23,89	386	
							<b>Keskiarvo</b>	<b>28,38</b>	<b>406</b>
							<b>Keskihajonta</b>	<b>3,34</b>	<b>37</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvintartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
T	1	26,27	55,94	100,26	54,06	1,514	28,04	367
T	2	26,34	55,8	100,21	62,08	1,643	30,43	421
T	3	26,25	55,73	100,43	52,24	1,330	24,63	356
T	4	26,35	55,68	100,24	68,23	1,840	34,07	464
T	5	26,2	55,87	100,35	48,16	1,130	20,93	328
T	6	26,19	55,88	100,02	58,25	1,828	33,85	398
T	7	26,41	55,83	100,25	58,94	1,400	25,93	399
T	8	26,13	55,92	100,23	50,73	1,209	22,39	346
T	9	26,31	55,96	100,07	62,51	1,772	32,81	424
T	10	26,3	55,77	100,25	64,95	1,770	32,78	442
T	11	26,26	55,91	100,38	61,16	1,777	32,91	415
T	12	26,29	55,89	100,2	64,62	1,761	32,61	439
T	13	26,23	55,9	100,51	61,51	1,640	30,37	417
T	14	26,23	55,82	100,43	60,07	1,342	24,85	409
T	15	26,44	55,83	100,38	61,45	1,667	30,87	415
T	16	26,2	55,91	100,68	59,29	1,574	29,15	402
T	17	26,29	55,71	100,59	55,92	1,599	29,61	380
T	18	26,33	55,91	100,29	61,23	1,642	30,41	415
T	19	26,32	55,85	100,29	70,87	1,858	34,41	481
T	20	26,34	55,93	100,22	56,64	1,483	27,46	384
						<b>Keskiarvo</b>	<b>29,43</b>	<b>405</b>
						<b>Keskihajot</b>	<b>3,97</b>	<b>38</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvien tartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
L	1	26,41	92,02	100,18	102,51	1,730	32,04	421
L	2	26,32	92,09	100,27	117,40	1,842	34,11	483
L	3	26,23	92,11	100,22	100,88	1,735	32,13	417
L	4	26,22	92,12	99,98	135,48	1,807	33,46	561
L	5	26,19	91,64	100,12	105,90	1,638	30,33	441
L	6	26,26	92,11	100,06	105,65	1,322	24,48	437
L	7	26,36	92,42	100,18	125,19	murtunut	murtunut	513
L	8	26,26	92,18	100,08	112,20	2,203	40,80	463
L	9	26,28	91,91	100,05	116,73	1,646	30,48	483
L	10	26,16	91,52	99,89	106,27	1,662	30,78	444
L	11	26,27	91,89	99,91	116,24	1,716	31,78	482
L	12	26,26	91,76	100,40	104,79	1,414	26,19	433
L	13	26,29	92,16	100,03	132,58	1,515	28,06	547
L	14	26,28	92,22	100,13	121,08	1,663	30,80	499
L	15	26,23	91,86	100,06	106,79	2,590	47,96	443
L	16	26,33	92,06	100,27	112,54	1,558	28,85	463
L	17	26,26	91,66	100,07	115,10	1,362	25,22	478
L	18	26,16	92,16	99,97	107,68	2,116	39,19	447
L	19	26,41	92,24	100,12	108,86	1,655	30,65	446
L	20	26,23	92,51	100,01	98,55	1,498	27,74	406
						<b>Keskiarvo</b>	<b>31,84</b>	<b>463</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>5,52</b>	<b>41</b>
R	1	26,22	91,99	99,41	103,61	1,732	32,07	432
R	2	26,23	91,88	100,28	116,41	1,971	36,50	482
R	3	26,26	92,05	100,25	99,85	1,837	34,02	412
R	4	26,28	92,04	100,12	136,44	2,132	39,48	563
R	5	26,29	91,82	99,98	106,87	1,634	30,26	443
R	6	26,21	92,14	100,14	104,07	1,665	30,83	430
R	7	26,38	92,48	100,02	122,21	1,883	34,87	501
R	8	26,26	92,22	100,00	113,56	2,076	38,44	469
R	9	26,27	92,02	100,19	118,80	1,777	32,91	491
R	10	26,22	91,69	100,16	107,46	1,448	26,81	446
R	11	26,34	91,87	100,29	116,30	2,060	38,15	479
R	12	26,19	91,75	99,93	103,94	1,599	29,61	433
R	13	26,30	92,19	100,03	134,63	2,058	38,11	555
R	14	26,29	92,35	100,06	121,01	1,945	36,02	498
R	15	26,23	92,04	100,08	108,06	2,035	37,69	447
R	16	26,28	92,12	100,15	114,68	1,789	33,13	473
R	17	26,26	91,34	100,09	115,26	1,957	36,24	480
R	18	26,21	92,15	100,19	108,12	2,106	39,00	447
R	19	26,28	92,36	100,06	112,24	1,969	36,46	462
R	20	26,27	92,36	99,93	104,54	1,677	31,06	431
						<b>Keskiarvo</b>	<b>34,58</b>	<b>469</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>3,61</b>	<b>40</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvintartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
T	1	26,39	55,71	100,18	62,6	2,120	39,26	425
T	2	26,24	55,72	100,16	71,85	2,042	37,81	491
T	3	26,33	55,94	100,22	59,75	1,695	31,39	405
T	4	26,29	55,8	100,2	79,64	2,264	41,93	542
T	5	26,18	55,97	100,17	65,56	1,796	33,26	447
T	6	26,27	55,71	99,76	64,53	1,835	33,98	442
T	7	26,33	55,66	100,11	73,81	2,052	38,00	503
T	8	26,21	55,85	100,02	70,04	2,262	41,89	478
T	9	26,27	55,9	100,12	70,42	1,904	35,26	479
T	10	26,25	55,92	100,13	65,31	1,848	34,22	444
T	11	26,22	55,85	100,21	71,85	1,874	34,70	490
T	12	26,22	56,24	100,14	63,78	1,637	30,31	432
T	13	26,28	55,76	100,05	82,89	2,253	41,72	565
T	14	26,29	55,72	100,02	71,67	2,030	37,59	489
T	15	26,22	55,91	99,99	66,2	2,391	44,28	452
T	16	26,33	55,83	100,26	70,5	1,928	35,70	478
T	17	26,21	55,83	100,14	70,21	2,154	39,89	479
T	18	26,4	55,79	99,87	66,64	2,067	38,28	453
T	19	26,38	55,92	100,22	66,57	1,866	34,56	450
T	20	26,33	55,78	100,08	61,38	1,545	28,61	418
<b>Keskiarvo</b>							<b>36,63</b>	<b>468</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>4,17</b>	<b>40</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvintartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
L	1	26,07	91,95	100,33	131,32	2,525	46,76	546
L	2	25,78	91,48	100,20	128,35	1,907	35,31	543
L	3	26,06	91,17	100,36	124,40	1,752	32,44	522
L	4	25,94	89,89	100,44	124,69	1,937	35,87	532
L	5	25,73	89,86	100,26	124,44	2,333	43,20	537
L	6	25,80	90,99	100,33	106,87	1,598	29,59	454
L	7	25,70	91,21	100,41	151,35	2,920	54,07	643
L	8	26,00	91,35	100,40	118,07	2,172	40,22	495
L	9	25,85	90,86	100,35	135,60	2,455	45,46	575
L	10	25,77	91,02	100,34	129,98	1,815	33,61	552
L	11	25,92	90,91	100,29	116,02	2,268	42,00	491
L	12	25,90	90,91	100,54	115,05	1,369	25,35	486
L	13	25,81	91,06	100,40	128,77	2,186	40,48	546
L	14	25,75	91,31	100,31	101,07	1,784	33,04	429
L	15	25,87	90,71	100,39	117,52	1,818	33,67	499
L	16	26,00	91,59	100,31	122,00	1,939	35,91	511
L	17	25,80	90,86	100,36	145,39	3,069	56,83	618
L	18	25,82	91,16	100,53	144,12	2,565	47,50	609
L	19	25,77	90,95	100,38	141,58	2,190	40,56	602
L	20	25,98	91,47	100,50	138,05	2,436	45,11	578
<b>Keskiarvo</b>							<b>39,85</b>	<b>538</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>8,01</b>	<b>55</b>
R	1	25,92	91,63	99,51	126,73	2,385	44,17	536
R	2	25,89	91,26	100,10	133,24	2,226	41,22	563
R	3	25,99	91,23	100,38	124,14	1,950	36,11	522
R	4	25,83	90,13	100,29	125,29	2,007	37,17	537
R	5	25,77	89,85	100,35	126,40	2,080	38,52	544
R	6	25,80	90,94	100,05	107,32	1,798	33,30	457
R	7	25,69	91,07	100,36	150,42	2,722	50,41	641
R	8	25,98	91,28	100,44	116,81	2,020	37,41	490
R	9	25,94	91,16	100,36	139,50	2,548	47,19	588
R	10	25,94	91,10	100,33	126,54	1,977	36,61	534
R	11	25,98	91,23	100,29	116,39	2,050	37,96	490
R	12	25,87	90,77	100,33	113,86	2,128	39,41	483
R	13	25,83	90,66	100,41	132,62	2,022	37,44	564
R	14	25,87	91,20	100,33	98,66	1,700	31,48	417
R	15	25,82	90,74	100,24	116,31	1,990	36,85	495
R	16	26,07	91,74	100,30	121,89	2,166	40,11	508
R	17	25,77	91,06	100,46	143,52	2,767	51,24	609
R	18	25,85	91,09	100,40	145,41	3,088	57,19	615
R	19	25,83	90,95	100,33	140,43	2,375	43,98	596
R	20	25,96	91,41	100,52	139,89	2,838	52,56	586
<b>Keskiarvo</b>							<b>41,52</b>	<b>539</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>6,92</b>	<b>58</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvien tartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
T	1	26,04	55,92	100,35	77,07	2,516	46,59	527
T	2	25,89	56,02	100,42	80,58	2,814	52,11	553
T	3	25,95	55,57	100,41	75,48	2,414	44,70	521
T	4	25,80	55,96	100,51	77,62	2,177	40,31	535
T	5	25,65	55,58	100,40	77,47	2,603	48,20	541
T	6	25,73	56,00	100,23	65,60	1,694	31,37	454
T	7	25,75	56,18	100,30	92,54	3,347	61,98	638
T	8	25,97	55,57	100,41	71,67	2,093	38,76	495
T	9	25,86	55,96	100,33	84,26	2,586	47,89	580
T	10	25,81	55,95	100,29	77,32	2,207	40,87	534
T	11	25,71	55,83	100,39	71,54	2,487	46,06	496
T	12	25,83	56,02	100,42	71,24	2,253	41,72	490
T	13	25,83	56,07	100,35	78,23	2,590	47,96	538
T	14	25,93	55,95	100,26	63,36	1,695	31,39	436
T	15	25,90	55,72	100,39	73,62	2,090	38,70	508
T	16	26,05	55,77	100,38	76,47	1,951	36,13	524
T	17	25,89	56,17	100,31	88,47	3,115	57,69	606
T	18	25,94	55,70	100,33	89,34	3,020	55,93	616
T	19	25,75	55,16	100,64	85,38	2,883	53,39	597
T	20	25,94	55,57	100,39	83,64	2,601	48,17	578
<b>Keskiarvo</b>							<b>45,50</b>	<b>538</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>8,28</b>	<b>53</b>



Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvintartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
L	1	26,13	92,97	100,20	151,59	2,718	50,33	623
L	2	26,22	93,08	99,82	168,77	1,943	35,98	693
L	3	26,12	92,98	99,85	163,51	3,000	55,56	674
L	4	26,13	93,20	99,80	148,89	2,250	41,67	613
L	5	26,15	93,10	99,82	151,68	2,147	39,76	624
L	6	26,10	93,21	99,80	133,04	1,873	34,69	548
L	7	26,06	92,96	99,83	152,89	2,850	52,78	632
L	8	26,09	92,97	99,89	157,14	2,346	43,44	649
L	9	26,14	93,01	99,83	175,67	2,950	54,63	724
L	10	26,10	92,92	99,72	152,77	2,029	37,57	632
L	11	26,12	93,03	99,83	147,01	2,620	48,52	606
L	12	26,12	92,97	99,90	165,36	2,655	49,17	682
L	13	26,16	93,22	99,76	162,51	2,755	51,02	668
L	14	26,12	93,23	99,72	166,14	2,486	46,04	684
L	15	26,12	93,08	99,72	131,34	1,948	36,07	542
L	16	26,08	93,24	99,80	162,66	2,796	51,78	670
L	17	26,09	93,03	99,73	154,92	2,292	42,44	640
L	18	26,00	92,97	99,80	125,11	1,591	29,46	519
L	19	26,07	93,14	99,80	140,91	1,896	35,11	581
L	20	26,09	93,11	99,82	150,97	2,198	40,70	623
						<b>Keskiarvo</b>	<b>43,84</b>	<b>631</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>7,63</b>	<b>53</b>
R	1	26,08	93,00	100,18	152,07	2,700	50,00	626
R	2	26,12	93,07	99,85	170,18	2,619	48,50	701
R	3	26,04	93,07	99,83	165,47	2,928	54,22	684
R	4	26,17	93,17	99,70	148,14	1,828	33,85	609
R	5	26,13	93,18	99,79	153,02	2,306	42,70	630
R	6	26,08	93,33	99,77	132,10	2,038	37,74	544
R	7	26,05	93,05	99,91	155,49	3,250	60,19	642
R	8	26,10	92,88	99,63	157,79	2,992	55,41	653
R	9	26,11	93,05	99,74	175,68	3,174	58,78	725
R	10	26,09	93,16	99,74	153,92	2,780	51,48	635
R	11	26,12	93,05	99,73	146,60	2,318	42,93	605
R	12	26,12	93,02	99,96	167,05	3,185	58,98	688
R	13	26,20	93,23	99,77	166,29	2,940	54,44	682
R	14	26,13	93,27	99,79	168,63	2,695	49,91	693
R	15	26,11	93,08	99,82	133,09	1,877	34,76	549
R	16	26,18	93,11	99,81	159,07	3,104	57,48	654
R	17	26,11	93,15	99,87	155,63	3,140	58,15	641
R	18	26,06	92,95	99,87	126,69	1,885	34,91	524
R	19	26,12	93,15	99,82	140,06	1,891	35,02	577
R	20	26,14	93,06	99,77	152,73	2,577	47,72	629
						<b>Keskiarvo</b>	<b>48,36</b>	<b>635</b>
						<b>Keskihajonta</b>	<b>9,19</b>	<b>55</b>

Suunta	Kappale	Paks mm	Lev mm	Pit mm	Paino g	Voima kN	Ruuvin tartunta N/mm <sup>2</sup>	Tiheys kg/m <sup>3</sup>
T	1	26,12	55,6	99,91	89,62	2,958	54,78	618
T	2	26,16	55,49	99,85	101,22	2,122	39,30	698
T	3	26,09	55,54	99,84	97,73	3,255	60,28	676
T	4	26,07	55,5	99,81	87,27	2,560	47,41	604
T	5	26,22	55,65	99,95	91,85	2,392	44,30	630
T	6	26,12	55,68	99,88	78,33	2,196	40,67	539
T	7	26,14	55,62	99,85	92,37	3,126	57,89	636
T	8	26,11	55,5	99,72	93,57	2,902	53,74	648
T	9	26,18	55,69	100,04	106,88	3,168	58,67	733
T	10	26,13	55,39	99,81	90,12	2,986	55,30	624
T	11	26,13	55,45	99,9	87,42	2,861	52,98	604
T	12	26,18	55,5	99,87	98,07	3,389	62,76	676
T	13	26,18	55,53	99,85	97,3	3,113	57,65	670
T	14	26,16	55,61	99,89	99,86	2,986	55,30	687
T	15	26,05	55,47	99,9	78,13	1,848	34,22	541
T	16	26,1	55,58	99,83	94,33	3,346	61,96	651
T	17	26,1	55,52	99,8	92,38	2,889	53,50	639
T	18	26,14	55,52	99,81	74,8	2,269	42,02	516
T	19	26,1	55,62	99,98	85,36	2,268	42,00	588
T	20	26,14	55,67	99,95	91,71	3,164	58,59	631
<b>Keskiarvo</b>							<b>51,66</b>	<b>630</b>
<b>Keskihajonta</b>							<b>8,45</b>	<b>55</b>