

TUOMAS HINTIKKA

**VISAKOIVUN LUJUUSOMINAISUUKSIEN  
SELVITTÄMINEN KOKEELLISESTI**



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
ÅBO YRKESHÖGSKOLA



## **TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN PUHEENVUOROJA 15**

Turun ammattikorkeakoulu  
Turku 2004

Kannen suunnittelu: Mari Palkén ja Kari Salmi

ISBN 952-5113-84-1 (painettu)  
ISSN 1457-7941 (painettu)

ISBN 952-5113-85-X (verkkojulkaisu)  
ISSN 1459-7756 (verkkojulkaisu)  
URL: <http://www.turkuamk.fi/julkaisut/isbn952511385X.pdf>

Painopaikka: Turun kaupungin painatuspalvelut, Turku 2004  
Myynti: [julkaisumyynti@turkuamk.fi](mailto:julkaisumyynti@turkuamk.fi)

## **ALKULAUSE**

Visakoivu on tunnettu materiaali, jonka lujuusominaisuuksia ei ole tiettävästi aiemmin Suomessa julkaistu. Tuomas Hintikka on jo opiskelunsa alkuvaiheessa lähtenyt tehtävään rohkeasti ja intomielisesti. Hän on saanut työhönsä tukea usealta taholta, ja lopputulos on hyvä. Aineenkoetustulosten lisäksi työssä viitataan myös historiaan ja tulevaisuuteen.

Tutkimustyön tulokset antavat uutta hyödyllistä tietoa visakoivun ominaisuuksista, mutta lisäksi työ toimi tekijänsä opettajana esimerkillisellä tavalla. Vaikka työ ei kuulunut viralliseen koulutukseen, koulutuksen tulisi olla parhaimmillaan tähän raporttiin johtaneen tutkimustyön kaltaista.

Turussa 21. lokakuuta 2004

Matti Heinäkari  
työn ohjaaja

## TEKIJÄN ALKUSANAT

Haluan kiittää Turun ammattikorkeakoulun Kiinteistösäätiötä, jonka myöntämä apuraha mahdollisti koko tutkimushankkeen toteutumisen.

Maanviljelijä, yrittäjä Harri Anttilan puumateriaalin lahjoitus otettiin kiitollisena vastaan, ja hänen tukensa tutkimukselle valoi uskoa työn suorittamiseen. Visaseura ry:n myötämielisyys ja yhteistyöhalukkuus tutkimusta kohtaan otettiin kiitollisena vastaan.

MH Kullervo Etholénin mielenkiinto ja tuki tutkimusta kohtaan oli työn onnistumisen kannalta ensiarvoista.

Venäläisen kirjallisuuden kokoamisen osalta haluan kiittää MMM Sari Karvista Idän Metsätietopalvelusta.

Erityiskiitos kuuluu työn ohjaajalle DI Matti Heinäkarille hänen vankkumattoman kannustavasta ja kärsivällisestä suhtautumisestaan työn haasteisiin.

Kiitos isälleni hänen tuestaan hankkeen onnistumiselle sekä hänen tekemästään mittavasta venäläisen aineiston käännöstyöstä.

Turussa, 28.10.2004

Tuomas Hintikka

## TIIVISTELMÄ

Hintikka, Tuomas P.

Visakoivun lujuusominaisuuksien selvittäminen kokeellisesti / Tuomas P. Hintikka. - Turku: Turun ammattikorkeakoulu, 2004. - 42 s. - (Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja, ISSN 1457-7941 ; 15)  
ISBN 952-5113-84-1

---

Työn tarkoituksena oli selvittää visakoivun, *Betula pendula* var. *carelica*, lujuusominaisuuksia rikkovin aineenkoetusmenetelmin SFS-EN 408:2003 -standardin mukaisesti sekä verrata saatuja arvoja venäläiseen tiedekirjallisuuteen, jossa aihetta on käsitelty vuodesta 1937 lähtien. Puuaineksen tiheyttä tarkasteltiin kahdella eri koejärjestelyllä. Puuaineksen oli Etelä-Suomen alueelta. Tuloksia verrattiin lisäksi tavalliselle koivulle kirjallisuudessa esiintyviin arvoihin. Kirjallisuusosassa käsitellään lyhyesti visakoivua ja sen erityispiirteitä sekä tarkastellaan lyhyesti visakoivun kauppaa.

Koejärjestely ei työn suorittajan tekemän virhearvioinnin vuoksi täytä täysin SFS-EN 408:2003 -standardin vaatimuksia.

Taivutuslujuuden arvoksi säteen suuntaan saatiin  $99 \text{ N} / \text{mm}^2$  keskihajonnalla 15. Normaalin koivun taivutuslujuus on  $125 \text{ N} / \text{mm}^2$ . Vetokokeen tulos  $30 \text{ N} / \text{mm}^2$  keskihajonnalla 15 jää suuresti normaalin koivun vetolujuusarvosta syiden suuntaan,  $80\text{--}135 \text{ N} / \text{mm}^2$ . Visakoivun oletettua alemmat veto- ja taivutuslujuusarvot herättävät lisätutkimustarpeen.

Puristuslujuuskokeiden tulokseksi syiden suuntaan saatiin  $44 \text{ N} / \text{mm}^2$  keskihajonnalla 9. Normaalin koivun puristuslujuus syiden suuntaan on  $50 \text{ N} / \text{mm}^2$ . Tiheystutkimusten tulokset olivat seuraavat:

Kokeen 1 kuivatiheyden arvoksi  $\rho_0$  saatiin  $650 \text{ kg} / \text{m}^3$ , keskihajonnalla 43, ja tiheydelle  $\rho_{12}$  12 %:n kosteudessa saatiin arvoksi  $700 \text{ kg} / \text{m}^3$  käyttäen työssä mitattua tilavuusturpoamisen kerrointa. Kokeen 1 puumateriaali sisälsi sekä visakuviota että visaantumaton, suorasyistä puuainesta.

Kokeessa 2 kuivatiheyden arvoksi  $\rho_0$  saatiin  $680 \text{ kg} / \text{m}^3$  keskihajonnalla 37, tiheydelle  $\rho_{12}$  12 %:n kosteudessa  $730 \text{ kg} / \text{m}^3$  käyttäen työssä mitattua tilavuusturpoamisen kerrointa. Kokeen 2 puumateriaali oli ainoastaan visakuviota sisältävää puuainesta. Rauduskoivun tiheys 15 %:n kosteudessa on  $640 \text{ kg} / \text{m}^3$  (5.).

Asiasanat: visakoivu, *Betula pendula* var. *carelica*, tiheys, taivutuslujuus, puristuslujuus, tilavuusturpoaminen, vetolujuus, oksavisa, tilavuusturpoaminen.

# SISÄLTÖ

<b>JOHDANTO</b>	8
<b>1 KIRJALLISUUSTUTKIMUS</b>	10
1.1 Visakoivun erityispiirteitä	10
1.2 Visakoivun tuntomerkkejä ja tutkimuksen historiaa	10
1.3 Koivun ja visakoivun käyttökohteista	12
1.4 Visakoivun puumateriaalin hinnoittelu	12
1.5 Viljelyn nykytila	14
1.6 Visakoivun kaupallisen aseman tarkastelua	15
1.7 Johtopäätökset	15
<b>2 KOKEELLINEN OSA</b>	16
2.1 Työn kuvaus	16
2.2 Työn suoritus	17
2.3 Koekappaleiden mitat sekä huomioita koejärjestelyistä	18
2.4 Puumateriaalin säilytys	19
2.5 Puumateriaalin työstö	20
2.6 Kosteuden sekä tiheyden määrittely	20
2.7 Tilavuusturpoamisen määrittely	22
2.8 Työn suoritus ja koejärjestely	22
2.9 Tiheys 12 %:n kosteudessa	24
2.10 Tulos	24
<b>3 TAIVUTUSLUJUUDEN MÄÄRITTELY – SFS-EN 408:2003, 13 DETERMINATION OF BENDING STRENGTH</b>	26
3.1 Koejärjestely	26
3.2 Tulos	28
<b>4 VETOLUJUUDEN MÄÄRITTELY SYYSUUNTAAN – SFS-EN 408:2003, 15 DETERMINATION OF TENSION STRENGTH PARALLEL TO GRAIN</b>	29
4.1 Koejärjestely	29
4.2 Tulos	31
<b>5 PURISTUSLUJUUDEN MÄÄRITTELY SYYSUUNTAAN – EN 408:2003, 17 DETERMINATION OF COMPRESSION STRENGTH PARALLEL TO GRAIN</b>	32
5.1 Koejärjestely	32
5.2 Tulos	34
<b>6 TULOSTEN TARKASTELU</b>	35
6.1 Standardin EN 408:2003 ehtojen toteutuminen	35
6.2 Tiheyden määrittelyn tarkastelu	35

<b>7 KATSAUS VENÄLÄISTEN TUTKIJOIDEN TULOKSIIN</b>	37
7.1 Sokolovin aineisto vuodelta 1937, referaatti	37
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	39
<b>9 JATKOTUTKIMUKSET</b>	40
<b>LÄHTEET</b>	41

## JOHDANTO

Tämä raportti käsittelee visakoivun puumateriaalin lujuusominaisuuksia. Visakoivu on tunnettu puuseppien ja kansan keskuudessa kauniina ja kovana puumateriaalina jo vuosisatojen ajan. Lisäksi se säilyttää työstetyn muotonsa kuten eksoottiset jalopuulajit. Turussa vuonna 1759 julkaistussa J. Grundbergin väitöskirjassa "Oeconomisk beskrifning öfwer björckens egeskaper och nytta i den allmänna hushålningen" kuvataan visakoivuja, niiden puun laatua ja käyttöä. (11). Myöhemmin mm. tutkija T. J. Hintikka kirjoitti vuonna 1916 aiheesta käsittelevän raportin "Die Birkenkrankheit in Finnland", joka nosti aiheita tieteellisesti esille.

Visakoivun puumateriaalin teknisiä ominaisuuksia ja tiheyttä ei ole Suomessa tietävästi tutkittu. Myöskään englanninkielisiä tutkimuksia aiheesta ei löydetty. Teknisiä ominaisuuksia ovat selvittäneet venäläiset tutkijat 1930-, 1950- sekä 1960-luvuilla. Lisäksi aiheita käsitellään tšekinkielisessä kirjallisuudessa. VTM Tuomas Heiramo oli selvittänyt arvot venäläisestä kirjallisuudesta, mutta julkaisua häneltä ei koskaan ilmestynyt.

Puun lujuusominaisuuksilla tarkoitetaan yleisimmin taivutus-, puristus- sekä vetolujuutta. Tällöin vertailu eri puulajien ja niiden käyttökohteiden välillä on mielekkäämpää kuin pelkkään subjektiiviseen tietoon pohjautuen. Kuitenkin kokemukseräinen tieto on materiaalivalintoja suoritettaessa tärkeää, eikä teknisillä tiedoilla voida korvata pitkäaikaisen ammattitaidon tai käytännön kokemuksen arvoa.

Lujuusopillisesti puu on erittäin haastava materiaali, ja lujuusominaisuudet saattavat poiketa lyhyelläkin matkalla tarkasteltaessa suuresti esimerkiksi oksien määrän vaikutuksesta. Myös puun kasvupaikka vaikuttaa puuaineksen ominaisuuksiin, ja yleensä puuaineksen tiheyttä käsitteleviä tutkimuksia löytyy runsaasti. Puun tiheys vaikuttaa osaltaan puun lujuusominaisuuksiin sekä käyttöön mm. selluteollisuuden raaka-aineena.

Työssä selvitettiin visakoivun lujuusominaisuuksia rikkovin aineenkoetusmenetelmin sekä aiheesta käsittelevää venäläistä aineistoa kirjallisuustutkimuksen avulla. Puuaineksen tiheyttä tarkasteltiin sahaamalla puumateriaalista koepaloja, punnitsemalla koepalat ja kuivaamalla ne punnituksen jälkeen uunissa. Kuivaamisen jälkeen koepalat punnittiin, ja näin saatiin pois haihtuneen veden osuus selville.



Visakoivun tiheysarvoja ei suomalaisesta kirjallisuudesta löytynyt, joten koe suoritettiin kah-  
teen kertaan. Puun lujuusominaisuuksien tutkimiselle löytyvät 1970-luvulta ISO-3132 sekä  
ISO-3133 -standardit. Yleiseurooppalainen nykypäivän standardi on SFS-EN 408:2003  
-standardi, jota CENin kautta tukee 22 Euroopan maata, mm. Saksa, Ranska sekä Iso-  
Britannia. Suomen EN 408 -standardista vastaavana viranomaisena toimii Valtion Teknilli-  
nen Tutkimuskeskus. EN 408 -standardin päivitys on jatkuvaa.

# 1 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

## 1.1 Visakoivun erityispiirteitä

Visakoivua, *Betula pendula var. carelica*, on käytetty Suomessa ja Venäjällä vuosisatoja. Muun muassa Napoleon sai tsaari Aleksanteri I:ltä lahjaksi visakoivuisen huonekaluston. (17.,4.) Visakoivun hyvät ominaisuudet ovat hyvinkin laajalti tiedossa maanviljelijöiden, puuseppien sekä puukontekstijöiden keskuudessa. Jostakin syystä tämä Suomen kansallispuun erikoislautainen muunnos on jäänyt tieteellisesti hieman taka-alalle. Metsäntutkimuslaitos ja Visaseura ry pyrkivät osaltaan parantamaan tilannetta, mutta työsarkaa ja tutkimattomia aiheita on yhä. (15.)

Suomessa visakoivu on valittu Toijalan nimikkopuuksi, ja se esiintyy Rovaniemen kaupungin vaakunassa. Ulkomailla visakoivu on kuvattu Karjalan tasavallan vaakunaan. (4.) Visakoivu kasvaa luontaisesti Suomen lisäksi Norjassa, Baltiassa, Karjalan tasavallassa, Valko-Venäjällä sekä Ruotsissa. (17., 19.)

Koivut sisältävä Betula-suku käsittää ainakin 30 eri lajia pohjoisen pallonpuoliskon lauhkeissa ja kylmissä osissa. Lisäksi visakoivusta on pienimuotoisia havaintoja Tšekin tasavalta, Tanskasta, Venäjältä ja Kiinan luoteisosasta. (19., 10.)

## 1.2 Visakoivun tuntomerkkejä ja tutkimuksen historiaa

Visakoivu on rauduskoivun osittain periytyvä muunnos, jossa puun kasvutapa ja puuaineksen rakenne on voimakkaasti muuntunut. Puun runko on tavalliseen rauduskoivuun verrattuna lyhyt ja usein voimakkaasti haaroittunut. Runko on vain poikkeustapauksessa sileä: yleensä se on erilaisten kyhmyjen ja harjanteiden vuoksi aaltomainen ja epätasainen. Koko puu on ääriävoiltaan pensasmainen. (4.)

Eri visalaatuja ovat paukura-, kaula-, juomu- ja rengasvisat. (5., 17.) Kuvia sekä lisätietoa eri visalaaduista löytyy seuraavista osoitteista:

- <http://www.metsakeskus.fi/hu/visasivut.htm>
- <http://www.masurmannen.com/masur.htm>

Visautumisilmiön alkuperästä ei tieteellisen maailman keskuudessa ole vielä yhteisymmärrystä. Ensimmäinen suomalainen tutkimusraportti vuodelta 1916 puhuu "Die Birkenkrankheit in Finnland"-ilmiöstä, ja Berliinin yliopistossa vuonna 1922 pidetyssä tieteellisessä esitelmässä käytetään samaista "koivun sairaus"-termiä.

1900-luvun Suomen visakoivututkimusta tarkasteltaessa Metsäntutkimuslaitoksen tutkijan Olli Heikinheimon roolia ei voi sivuuttaa, ja eräs rauduskoivun muoto onkin nimetty hänen mukaansa "Olli-visaksi". Myös Sakari Saarnijoen, Reino Saarnion ja Jyrki Raulon tutkimukset visakoivun kasvatuksesta, kasvupaikoista ja erityispiirteistä ovat olleet merkityksellisiä. (17.)

Näkemyks, jonka mukaan visakoivu on suojautunut puun runkoon tulleilta kolhuilta kasvatamalla kolhujensa suojaksi vahvat pyörteiset pahkat, paukurat, on saanut laajaa hyväksyntää. Mahdollisuutta, että visan muodostumisen aiheuttaisi suoranainen sairaus tai virus, ei ole kuitenkaan suljettu pois. Koivun lisäksi visautumisilmiötä on havaittu huomattavasti harvinaisempana myös tervalepällä sekä pihlajalla. (16., 4., 12.)

Visakoivu on luontaisena melko harvinainen. Visautuminen tekee siitä muita koivuja heikomman ja hitaammin pituutta kasvavan. Pensasmaisena se myös tarvitsee runsaasti valoa. (4.) Hyvissä kasvuolosuhteissa visakoivun päätehakkuaika on 40–60 vuotta. (13.)

Kaskiviljely ja avoimet maalaismaisemat antoivat matalalle visakoivulle elintilaa, mutta nykyinen maatalouskulttuuri ei suosi kaskiviljelyä tai metsäsaarekkeitä peltojen keskellä. Luonnonvaraiset visakoivut ovat nykypäivänä melko harvinaisia, ja nykyiset visakoivikot ovatkin pääosin istutettuja. (4.)

Visautuminen on osittain periytyvä ominaisuus: luontaisesti se siirtyy vain noin puoleen koivun jälkeläisistä. (4.,5.) Suomalaisten tutkijoiden 1990-luvun lopulla kehittämä mikrolisästekniikka mahdollistaa kuitenkin istutettavalle taimelle täyden visautumisominaisuuden. Tällöin puun jakaantumassa olevaa puun solukkoa viljellään laboratorio-olosuhteissa, ja näistä soluista kasvatetaan uusia taimia. Näitä mikrolisättyjä taimia on saatavissa usealta eri taimituottajalta. (17.)

Metsäntutkimuslaitos tekee laajamittaista tutkimustyötä visakoivun ominaisuuksien selvittämiseksi ja tekee yhteistyötä Visaseura ry:n kanssa.

### 1.3 Koivun ja visakoivun käyttökohteista

Tavallinen koivu materiaalina on ollut puuseppien ja muotoilijoiden suosima.(10.) Koivun lujuusominaisuudet, taivutus- ja puristuslujuus, ovat kotimaisten puulajien parhaimpia.(5.)

Visakoivu on tunnetusti erinomaisen kovaa, ja se säilyttää työstetyn muotonsa erittäin hyvin trooppisten jalopuiden tapaan. (13.) Visakoivua käytetäänkin useimmiten pienissä tarve- ja taide-esineissä. (4.) Viiluna visakoivun pinta on komea ja näyttävä. Lisäksi visakoivu on säilynyt vuosikaudet Suomen suurimman puukonvalmistajan Marttiini Oy:n puukkojen suosituna ja elävöpintaisena kahvamateriaalina. (13.)

### 1.4 Visakoivun puumateriaalin hinnoittelu

Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti visakoivun puumateriaalin eri laatuvaatimuksia. Laatuvaatimukset vaikuttavat puuaineksesta saatavaan hintaan ratkaisevasti.

#### 1.4.1 Terminologiaa

Visakoivun eri laatuluokituksia on määritelty kirjallisuudessa. Oheiset arvot ovat viitteellisiä, ja puumateriaalin hinnoittelussa saattaa esiintyä vaihteluita markkinatilanteen mukaan.

*Sorvivisa* = ensiluokkainen, sorvauskelpoinen visakoivun rungon osa. Ei saa sisältää lahoa tai värivikaa, oksiakin vain yhden pienen, halkaisijaltaan 1 cm oksan sahattua pölliä kohden (normi yli 70 cm pitkä osuus). Visakuviointi runsasta ja kaunista ostajan näkökulmasta. Jakaantuu A-,B- ja C-luokkiin kuvioinnin laadun mukaisesti.

*Oksavisa* = laatuvaatimuksiltaan lievempi visakoivun rungon osa. Oksankohdat sallitaan, lahovaurioita ei sallita. Visakuviointi on maltillisempaa, mutta sitä tulee olla riittävästi.

*Pienoksavisa* = laatuvaatimukseltaan väljin visakoivun rungon osa. Visakuviointia on, kova keskeinen laho sallitaan.

*Visakoivun oksat* = eivät yleensä sisällä visakukkakuviota, soveltuvat polttopuiksi.

Puuaines luokitellaan lisäksi ruskeiden visasolujen esiintymistiheyden perusteella:

1. Voimakaskuvioiset visalaadut: paukura- ja kaulavisa
2. Heikkokuvioiset visalaadut: juomuvisa ja puuaineksen laadusta riippuen myös rengasvisa. (2., 17) Tavallisesti visakoivun rungon alaosa on sorvikelpoista visaa ja rungon ylempi osa oksavisaa. (4.)

Seuraava Visaseura ry:n Internet-sivustoilta löytyvä taulukko antaa kuvan visakoivun hinnasta.(17.)

*Taulukko 1: Visapuun perinteinen luokittelu pölkyn mittojen mukaan (hinnat ja laatuvaatimukset vuodelta 1998)*

	pienin pituus cm	pienin halkaisija latvasta kuoren päältä,cm	hinta e / tuorekilo (alv. 0 %)
sorvauskelpoinen runkovisa, sorvivisa	72	17	1,20-4,20
oksavisa	50	10	0,20-1,50
pienoksavisa	50	5	0,40

Taulukosta siis nähdään, että visakoivusta saatavaan kilohintaan vaikuttaa ratkaisevasti puuaineksen laatu. Tuotto parantuu nelinkertaisesti, mikäli hakkuun tuloksena saadaan hyvälaatuisia sorvivisaa oksa- ja pienoksavisan asemasta. Metsähehtaarille istutetaan useimmiten vähintään 800 visakoivun taimea lopullisen täysikasvuisen puumäärän ollessa noin 500 koivua hehtaarilla. (4.)

#### **1.4.2 Visakaupan näkymät**

Hyvälaatuisesta sorvivisasta on jatkuvaa pulaa, mikä on visakaupan ja visatuotteiden valmistuksen suurin ongelma. Sorvivisa viedään pääasiallisesti viilutettavaksi Saksaan, josta sitä tuodaan takaisin Suomeenkin, usein valmiiksi päällystettynä levynä tai viiluna. (4., 10.) Myös maailmanmarkkinoilla on tilaa hyvälaatuiselle, ekologisesti hoidetulle kovalle puumateriaalille.

Muihin eksoottisiin puulajeihin verrattuna visakoivu on keskihintaista, joten verrattaessa hyvin hoidetun visakoivikon kannattavuutta tavalliseen sekapuumetsään ei kasvatukseen liity suurempia taloudellisia riskejä. Visakoivu on useimpien erikoispuulajien tapaan jossakin määrin muodin vaikutuksille altis puulaji, jonka hinta reagoi kysynnän ja tarjonnan alati muuttuviin suhteisiin.(17.) Visakoivu on kuitenkin maailmanlaajuisesti ainutlaatuisen kuviointinsa vuoksi suuri harvinaisuus, ja sillä on markkina-alueetta maailmalla reservissä Kiinassa sekä Yhdysvalloissa. (14.)

## 1.5 Viljelyn nykytila

Visakoivun harvinaisuuden vuoksi Suomen tai lähialueittemme tarjonta ei pysty vastaamaan kysyntään. Kilohinta riippuu puun laadusta, johon taimien istuttaja ja hoitaja voi omalla toiminnallaan vaikuttaa erittäin paljon. Vuosittaiset tarkkailut ja harvennukset vaativat istutuksen jälkeisinä ensimmäisinä vuosina erittäin tarkkaa huoltoa ja kasvunohjailua, vaikka taimet olisivatkin parasta mahdollista mikrolisättyä visakoivukantaa. (17.)

Puuaineksen laatu paranee, mikäli metsikön huolto ostetaan ammattilaisilta. Investointikohteena puu ei tosin tarjoa nopeaa tuottoa, vaan tuotto saavutetaan noin 50 vuoden kuluessa istutuksesta, siis useimmiten seuraavan sukupolven aikana.

Vuonna 2001 vuotuiset istutusmäärät olivat noin 20-kertaiset 1980-luvun alkuun verrattuna, ja Suomi on tällä hetkellä maailman suurin viljelyalue. Kasvatuspinta-ala on ollut jatkuvassa kasvussa. Visakoivukaupan vuotuinen arvo Suomelle on noin 2 milj. euroa, ja jatkuvassa kasvussa. (19.)

Parhaiten visan viljelijä turvaa tulevat etunsa keskittymällä kasvattamaan korkealaatuista sorvivisaa, josta on eniten pula. Tämä taasen vaatii istuttamisen alkuvaiheessa erittäin tiivistä, ammattimaista metsänhoitoa, karsintaa ja kasvunohjailua. (2, 16, 17).

Osaavalle metsänomistajalle hyvinhoidettu visakoivikko tarjoaa maisemallisesti kauniin ja hyvätuottoisen sijoitusvaihtoehdon. Visakoivun viljelyn lisäämisen suurin este on tällä hetkellä tiedon puute, jota Metsäntutkimuslaitos pyrkii toimillaan poistamaan. (16.)

## **1.6 Visakoivun kaupallisen aseman tarkastelua**

Visakoivu on Skandinavian, Saksan sekä Länsi-Venäjän alueella yksi arvostetuimpia puumateriaaleja. Imagon kohottaminen on ollut määrätietoista: esimerkiksi presidentti Mauno Koiviston 60-vuotismetsikkö Helsingissä (60 visakoivua) ja jalkaväenkenraali Adolf Ehrnroothin kunniavisakko Kirkkonummella ovat omiaan edistämään visakoivun käyttöä ja myyntiä. Lisäksi mm. Naantalin Kultarannassa ja Urho Kekkosen arkistosäätiön alueella Orimattilassa on visakoivikkoja. Visaseura ry on monesti ollut istutusten toimeenpanija. (4.)

## **1.7 Johtopäätökset**

Kasvatusvaihtoehtona hyvin hoidettu visakoivikko tarjoaa tavalliseen sekapuumetsikköön verrattuna yhtä suuren tai paremman tuoton. Hyvälaatuisen puuaineksen kysyntä on tarjontaa suurempaa, ja potentiaalisia lisämarkkina-alueita ovat mm. Kiina sekä USA. Kuvioinniltaan visakoivu on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen. Visakoivun imago on hyvä, mutta ajoittaista muotiherkkyyttä on havaittavissa. Puumateriaalin saatavuus paranee kasvatuspinta-alan kasvaessa. Teollisen tuotannon perusta on laadukkaan materiaalin tasainen ja varma saatavuus.

## 2 KOKEELLINEN OSA



*Kuva 1. Nelipistetaitutuksen koeasettelu, jossa taivutuslujuuskoekappale on murtumassa*

### 2.1 Työn kuvaus

Visakoivun teknisten tietojen osalta (**taivutuslujuus, vetolujuus, puristuslujuus, tiheys ja tilavuuspaino**) on niitä tarvittaessa todennäköisimmin käytetty tavallisen koivun teknisiä arvoja. (20.)

Työn tarkoituksena oli selvittää suomalaista ostettua puumateriaalia käyttäen visakoivun taivutus-, veto- ja puristuslujuuden sekä tiheyden arvoja, ja verrata niitä aiheetta käsittelevään venäläiseen kirjallisuuteen.

Kokeet suoritettiin SFS-EN 408 -standardia seuraten. Mittalaitteisto ei mittaustarkkuudeltaan täyttänyt standardin vaatimusta 1 %:n tarkkuudesta voiman  $F_{\max}$  -suhteen koejärjestelyn kohdassa 3.0 *Taivutuslujuuden määrittely*.

Kappaleiden kosteuden tasaannuttamisen painontarkkailun mittatarkkuus oli koko koejärjestelyn ajan vain 1 %, standardi vaatii 0,1 %:n tarkkuuden.

Mittatarkkuuden epätasaisuus on huomioitu tulosta ilmoitettaessa, eivätkä tulokset täten täytä standardin vaatimuksia.



Mittalaitteiston sekä aikataulun rajallisuudesta johtuen vain osa standardin kokeista suoritettiin.

## **2.2 Työn suoritus**

### **2.2.1 Laitteisto**

Kosteuden tasaamiseksi kappaleita säilytettiin rakennetutkimuslaboratorion kosteuskaapissa Arc-1500/-40+150/RIL. Kaappi oli 5.5.2004 Arctest Oy:n kalibroima. Vaakoja oli kaksi: Sartorius-Werke BL-6100 d=0,1 g, jonka hankintavuosi oli 2003 sekä Sartorius-Werke AG 2116-Kilomat, jonka hankintavuosi 1965. BL-6100:n vuotuista kalibrointia ei ole tehtaan jäljiltä vielä suoritettu. Sartorius-Werke AG 2116-Kilomat oli kalibroitu vuonna 1995.

*Taivutuslujuus sekä puristuslujuus* mitattiin ELE EL33-6130 -mittalaitteella, jonka viimeisin kalibrointi on suoritettu alueelle 20-100 kN 24.9.2002 VTT:n toimesta. Laitteessa ei ole piirturia eikä tietokoneohjausta.

*Vetolujuus* mitattiin metallilaboratorion Matertest FMT-ST/D 250/220 kN mittalaitteella, jonka hankintavuosi on 1994. Viimeisin kalibrointi on VTT:n 21.8.2003 suorittama.

### **2.2.2 Puumateriaalin valinta**

Puumateriaali hankittiin Oy Fiskars Ab:n erikoispuumyynnistä. Puut olivat Etelä-Suomen alueelta kaadettuja. Puun kasvupaikka vaikuttaa voimakkaasti puuaineksen tiheyteen sekä teknisiin ominaisuuksiin. (7., 5.)

Puumateriaali oli hyvin kuivunutta ja valmiiksi laudoiksi sahattua. Sitä oli säilytetty kuukausia Fiskarsin hallin sisätilassa, jossa ilmankosteus on koneellisesti säädelty. Puun myyjän mukaan suhteellinen kosteuspitoisuus ostettaessa oli noin 10 %.

Jatkotutkimuksia silmälläpitäen puumateriaali suositellaan varattavaksi esimerkiksi vuotta ennen kokeiden suorittamista, jolloin myös kasvupaikkatiedon saaminen on varmempaa. Puusepän läsnäolo ostotapahtumassa helpottaa päätöksentekoa. Laadukkaan visakoivun saatavuus on Suomessa vieläkin melko huonoa ja kausittaista. Tämä johtuu visakoivun kas-

vatuspinta-alan pienuudesta ja korkealaatuisen visakoivun kysyntää pienemmästä tarjonnasta. Suuret erät hyvälaatuista visakoivua menevät Keski-Euroopan markkinoille.

Puumateriaalia ostettiin 70 kg.



*Kuva 2. Puropellon yläasteen puutyöluokan laitteistoa.*

### 2.3 Koekappaleiden mitat sekä huomioita koejärjestelyistä

Taivutuskoekappaleen **EN 408:2003, 13 Determination of bending strength** mitat olivat 20,0 x 20,0 x 400 mm.

Vetokoekappaleen **EN 408:2003, 15 Determination of tension strength parallel to grain** mitat olivat 20,0 x 20,0 x 300 mm.

Puristuskoekappaleen **EN 408:2003, 17 Determination of compression strength parallel to grain** mitat olivat 20,0 x 20,0 x 120 mm.

Koekappaleet mitattiin työntömitalla 0,1 mm:n tarkkuudella koejärjestelyn kohdissa 4.0 sekä 5.0 juuri ennen lujuusmittausten suorittamista kappaleen keskikohdalta. Kokeessa 3.0

mitattiin työntömitalla 15 ensimmäistä koekappaletta. Näiden perusteella pinta-alaksi määritettiin 400 mm<sup>2</sup>. Tätä arvoa käytettiin taivutuslujuuden arvoa laskettaessa.

Kosteuden tasapainottamisessa koekappaleiden massaa ei tarkastettu standardin vaatimalla 0,1 %:n tarkkuudella, ainoastaan 1 %:n tarkkuudella. (1.). Kosteuden tasaamiseksi kappaleita säilytettiin rakennetutkimuslaboratorion kosteuskaapissa laboratorion käyttöaikataulu huomioiden viikonlopun yli.

Visakoivun luontainen, anisotrooppinen syy rakenne vaikutti työstön tarkkuuteen höylän jäljiltä. Puuaineksen syyt saattavat mutkitella lyhyelläkin matkalla huomattavasti. Höylän terä aiheutti paikoin sauvoihin painaumuksia juuri puun syiden kääntymisen johdosta.

Visakoivun pintaa ei suositella viimeisteltäväksi höylämällä syiden kääntymisen vuoksi, vaan mieluummin hiomalla. (4.) Koekappaleiden määrä ja aikataulu huomioiden päätettiin koekappaleiden pinta jättää höylän jäljiltä olevaksi. Koekappaleiden lujuusominaisuuksiin höylän jättämät koekappaleen pinnan epätasaisuudet saattavat vaikuttaa hieman alentavasti. Pinnaltaan vaurioituneet, oksaiset, vajaakanttiset, halkeilleet tai kierot sauvat hylättiin. Koekappaleita työstettiin 11 tuntia.

## **2.4 Puumateriaalin säilytys**

Koekappaleita säilytettiin ennen testijaksoa Turun ammattikorkeakoulun käytävällä normaalissa huoneilmassa.

77 koekappaleesta määritettiin kosteus ja tiheys. Muovipussista otettiin kerralla viisi koekappaletta, ne numeroitiin spriiiluokoisella tussilla sekä lyijykynällä ja mitattiin testattavat arvot. Tämän jälkeen nämä viisi koekappaletta siirrettiin takaisin muovipussiin ja otettiin seuraavat viisi koekappaletta. Viimeiset taivutuslujuuskokeet suoritettiin rakennetutkimuslaboratoriossa. Tällöin koekappaleita säilytettiin kosteuskaapissa, josta otettiin aina 5 koekappaletta kosteuskaapin oven avausta kohden, ja samalla laitettiin jo testatut koekappaleet takaisin kaappiin.

Joka päivä kokeiden päätyttyä päivän aikana testatut koekappaleet otettiin pois muovipussista tai kosteuskaapista, ja suurimmasta osasta koekappaleita sahattiin kulmasahauslaitteessa noin 25 mm pitkät koepalat kosteuden ja tiheyden määrittämiseksi. Koepalat sahattiin rautasahalla 18 tpi-terällä. Sahaus suoritettiin mahdollisimman läheltä murtumaa. Samalla

varmistettiin, että koesauvat ovat särmältään yhtenäisiä koko koepalan matkalta, ts. että halkeamia, lohkeamia tai vajaakanttisuutta ei esiintynyt.

## **2.5 Puumateriaalin työstö**

Insinööriopiskelija ja konepuuseppä Marko Kumpulainen työsti puumateriaalin muotoonsa huhtikuussa Turun Luostarivuoren koulun yläasteen puutyöluokassa. Luostarivuoren koululla ovat käytössä samoissa tiloissa aiemmin sijainneen ammattikoulun laitteet.

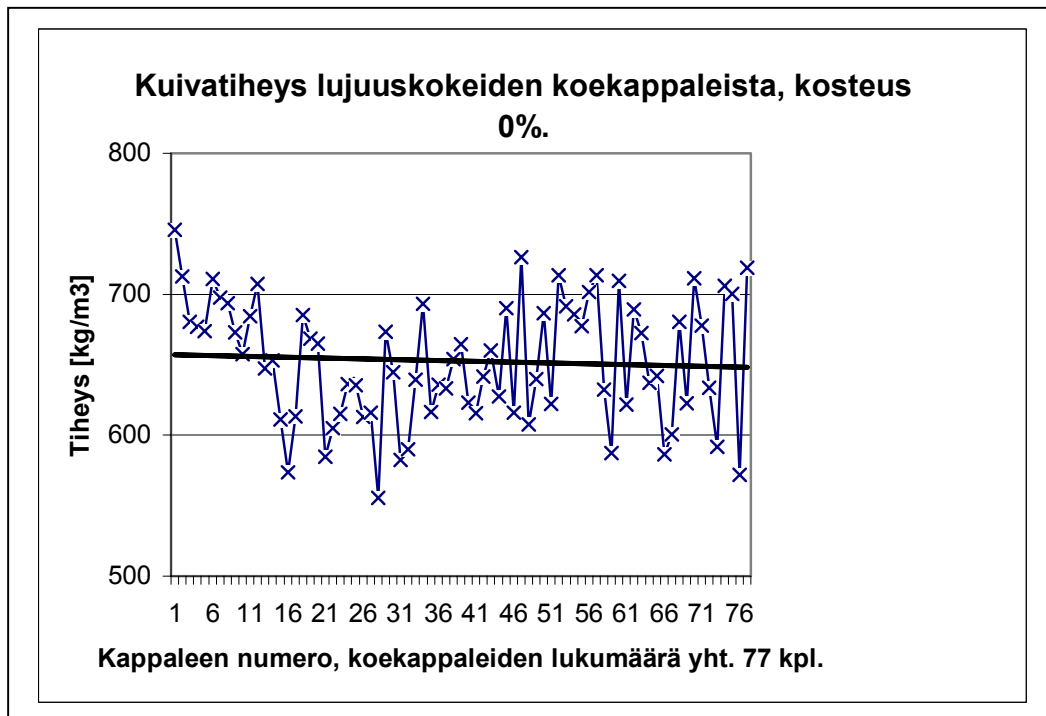
Laudat sahattiin pyörösahalla kapeiksi aihioiksi, aihion sivusärmä oikaistiin oikohöylällä ja lopulta höylättiin tasohöylällä mittaansa. Tasohöylän mittatarkkuudeksi havaittiin työntömitalla tarkasteltaessa usealla eri koekappaleella alle 0,2 mm 400 mm:n matkalla.

## **2.6 Kosteuden sekä tiheyden määrittely**

### **Koe 1**

Lujuustestatuista koekappaleista tiheyden ja kosteuden määrittelyä varten sahatut koepalat punnittiin Sartorius-Werke AG 2116-Kilomat -vaa'alla. Tämän jälkeen koepalat siirrettiin Heraeus Instruments Kelvitron t-kiertoilmauuniin 376 K lämpötilaan (lämpötila säädettävissä asteen tarkkuudella). Koekappaleiden annettiin olla uunissa vähintään neljä vuorokautta, ja niiden todettiin asettuneen vakiopainoon 0,1 g:n tarkkuudella kuuden tunnin välein tarkasteltuna.

Kappaleiden mitat mitattiin työntömitalla vasta kuivaamisen jälkeen. Tilavuudenmuutoskerroimen tarkastelu ei sisällynyt kokeen 1 ohjelmaan. Lujuuskokeissa käytettyjen koekappaleiden kuivatiheys osoitti tiheydelle suurehkoa hajontaa. Puumateriaalissa oli kappaleita sekä rungon visaantuneista osista että niistä osista, joissa kuitujen järjestys oli normaali.

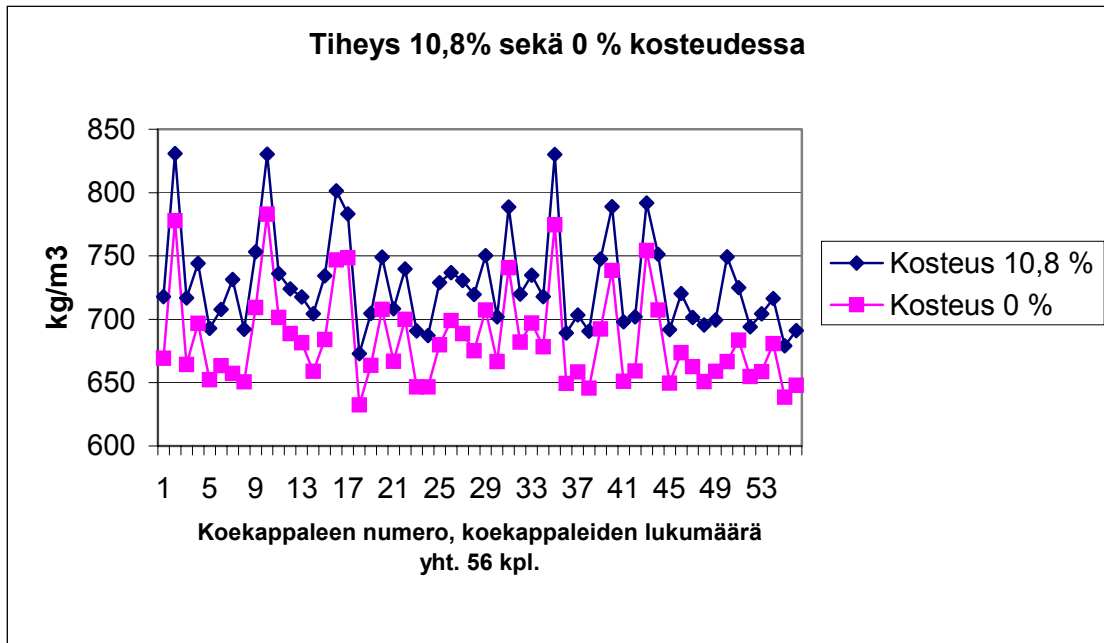


*Kuva 3. Koekappaleiden kuivatiheys  $\rho_0$  kokeessa 1. Kuivatiheyden hajonta oli suurehkoa. Koekappaleita silmämääräisesti tarkasteltaessa havaittiin visakuviointia sisältävien kappaleiden kuivatiheyden olevan suurempi kuin normaalien, visautumattoman puuaineksen.*

## Koe 2

Kokeessa 2 tarkasteltiin visakuviointia sisältävien koekappaleiden tiheyttä ylimääräisistä sekä muutoin hylätyistä koekappaleista. Puuaineksesta sahattiin  $20 \times 20 \times 25 \pm 5$  mm kappaleita jiirisahalla BAUHAUS Turku -tavaratalossa.

Sahatut koekappaleet siirrettiin kosteuskaappiin 65 %:n suhteelliseen ilmankosteuteen lämpötilaan 293 K. Vaakana oli Sartorius-Werke BL-6100. Tämän jälkeen näytteet punnittiin ja mitattiin työntömitalla, jonka jälkeen niitä säilytettiin 376 K:n lämpötilassa 48 tunnin ajan kosteuskaapissa. Kaapin kosteusanturin ilmoittama ilmankosteus oli lopuksi 2,4 %. Koekappaleiden tiheys sekä 10,8 %:n kosteudessa että kuivana osoittaa tiheydelle suurehkoa hajontaa. Puumateriaalissa oli kappaleita vain rungon visaantuneista osista.



Kuva 4. Koekappaleiden kuivatiheys  $\rho_0$  kokeessa 2. Puumateriaalin tiheyden hajonta oli suurebkoa. Kaikissa koekappaleissa oli havaittavissa selkeää visakuviointia.

## 2.7 Tilavuusturpoamisen määrittely

Kokeessa 2 käytetyillä koekappaleilla mitattiin Turun ammattikorkeakoulun rakennetutkimuslaboratoriossa tilavuusturpoamista. Visakuviota oli havaittavissa jokaisessa koekappaleessa.

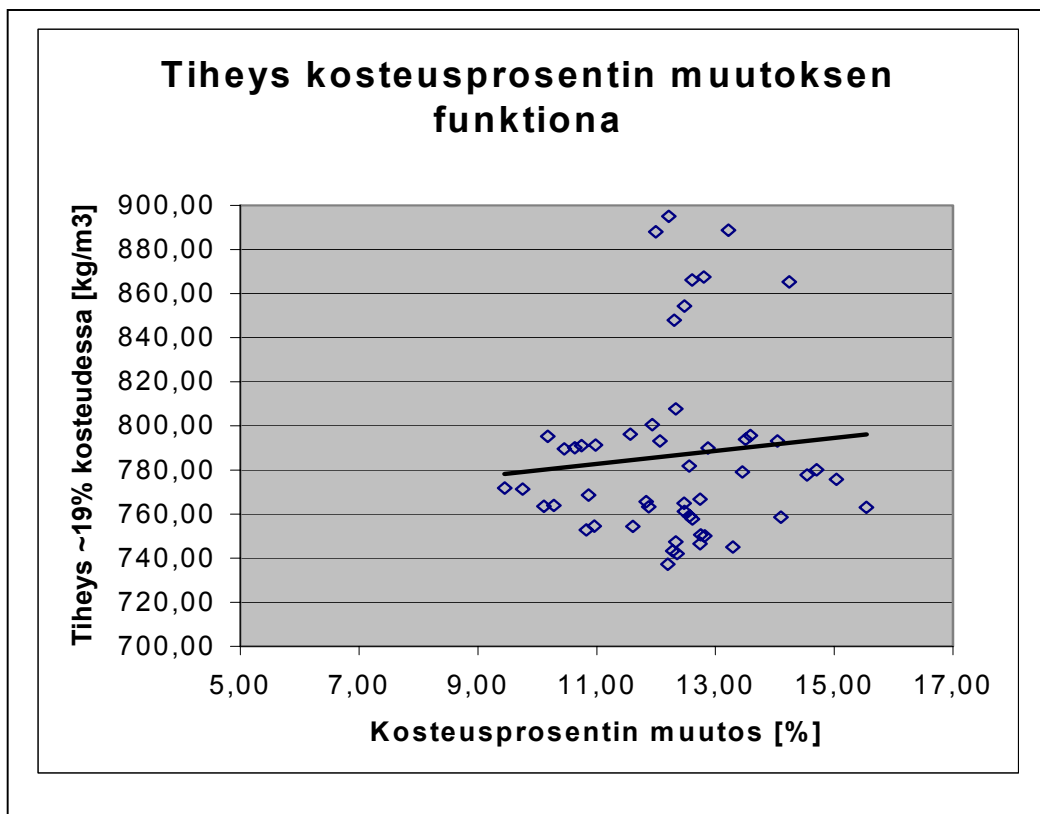
Koekappaleet oli kuivattu jo kertaalleen 376 K:n (103°C) lämpötilassa. Kokeiden välisen ajan koekappaleita oli säilytetty huoneilmassa puualustalle tasaisesti levitettynä. Koekappaleiden lukumäärä oli 51 kpl.

## 2.8 Työn suoritus ja koejärjestely

Koekappaleet upotettiin kahden tunnin ajaksi ämpäriin, jossa oli kädenlämpöistä vesijohtovettä. Kappaleet kiilattiin vedenpinnan alle metalliverkolla, jonka päälle asetettiin painoksi betonista valettu kuution muotoinen kappale.

Koekappaleet punnittiin Sartorius BL6100 -vaa'alla. Tilavuus mitattiin työntömitalla stereometrisesti.

Kahden tunnin kuluttua palat otettiin pois vedenpinnan alapuolelta ja ylimääräinen vesi ravistettiin kevyesti pois. Kappaleet punnittiin välittömästi ja mitattiin välittömästi työntömitalla. Mittauksiin kuluneen ajan kappaleet olivat metalliverkon päällä. Puuaineksen kosteuden arvo oli koetta aloitettaessa 7,0 % keskihajonnalla 0,6. Puuaineksen kosteuden arvo oli kahden tunnin jälkeen 19,4 %:a keskihajonnalla 1,4. Laboratorion ilmankosteus oli 77 %:a hiushygrometrillä tarkasteltuna.



*Kuva 6. Tiheyden ja kosteusprosentin muutoksen tarkastelu, koe 2. Kosteuksen muutoksen ja tiheyden suhteessa ei ollut havaittavissa suurempaa korrelaatiota.*

Mitattu tilavuusturpoaminen kahden tunnin jälkeen oli 4,3 %:a. Tilavuusturpoamisen kertoimeksi tulisi täten 0,35 % / kosteusprosenttiyksikkö. Koekappaleiden lukumäärä oli 51. Kosteuden muutos tapahtui alueella 7–19 %.

Kokeen 2 yhteydessä laskettiin lisäksi tilavuudenmuutoskerroin (kutistuma) välillä 10,8–0%. Tällöin kertoimeksi tulisi 0,46.

Dimensiomuutokset ovat kuitenkin lähes lineaarisia kosteusalueella 5–20 % (9., A4/11), joten mitattu 0,35 % / kosteusprosenttiyksikkö on suositeltavampi.

Venäläisestä kirjallisuudesta löydettiin tilavuusturpoamisen kerroin N. O. Sokolovin vuonna 1937 suorittamista tutkimuksista. Sokolovin määrittämä tilavuusturpoaminen oli kahden tunnin jälkeen visakoivulle 6,5 %:a ja normaalille koivulle 10 %:a. (8.)

## 2.9 Tiheys 12 %:n kosteudessa

Step 1 -Puurakenteet kohdan A4/8 (9.) mukaisesti voidaan määrittää tiheys 12 %:n kosteudessa työn luvussa 2.7.1 *Tilavuusturpoamisen määrittely* saatuja arvoja hyödyntäen

Koe 1:  $\rho_0 = 653 \text{ kg/m}^3$ ,  $\beta_v = 0,35$

Koe 2:  $\rho_0 = 683 \text{ kg/m}^3$ ,  $\beta_v = 0,35$

$$\rho_{12} = 653 * \frac{1 + 0,01 * 12}{1 + 0,01 * 0,35 * 12} = 702 \text{ kg/m}^3 \approx 700 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{12} = 683 * \frac{1 + 0,01 * 12}{1 + 0,01 * 0,35 * 12} = 734 \text{ kg/m}^3 \approx 730 \text{ kg/m}^3$$

## 2.10 Tulos

Kokeessa 1 saatiin kappaleiden kuivatiheydeksi  $650 \text{ kg/m}^3$  keskihajonnalla 43. Koekappaleiden lukumäärä oli 77.

Kokeessa 2 saatiin kappaleiden tiheydeksi 10,8 %:n kosteudessa  $730 \text{ kg/m}^3$  keskihajonnalla 38 sekä kuivatiheydeksi  $680 \text{ kg/m}^3$  keskihajonnalla 37. Koekappaleiden lukumäärä oli 56 kpl. Rauduskoivun tiheys 15 % kosteudessa on  $640 \text{ kg/m}^3$ . (5.)

Tilavuusturpoamisen kertoimeksi määritettiin 0,35 keskihajonnalla 0,06. Koekappaleiden lukumäärä oli 51 kpl.



Tiheyden arvoksi 12 %:n kosteudessa saadaan työn luvussa 2.7. määritetyn tilavuusturpoamisen kertoimen perusteella kokeen 1 arvoksi  $700 \text{ kg} / \text{m}^3$  ja kokeen 2 arvoksi  $730 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Rauduskoivun tiheys 15 %:n kosteudessa on  $640 \text{ kg} / \text{m}^3$ . (5.)

### 3 TAIVUTUSLUJUUDEN MÄÄRITTELY: SFS-EN 408:2003, 13 DETERMINATION OF BENDING STRENGTH

#### 3.1 Koejärjestely

Taivutuslujuuskoe päätettiin suorittaa vain säteen suuntaan koemateriaalin pienen määrän vuoksi. Koesauvojen määrä oli 38 kpl. Koesauvojen mitat olivat 20 x 20 x 400 mm. Koesauvat mitattiin työntömitalla.

Tukina toimivien teräslaattojen välinen etäisyys oli 360 mm. Teräslaattoihin piirrettiin vesiliukoisella tussilla taivutuskokkappaleen tarkka paikka, johon kulloinkin taivutettava kappale sijoitettiin.

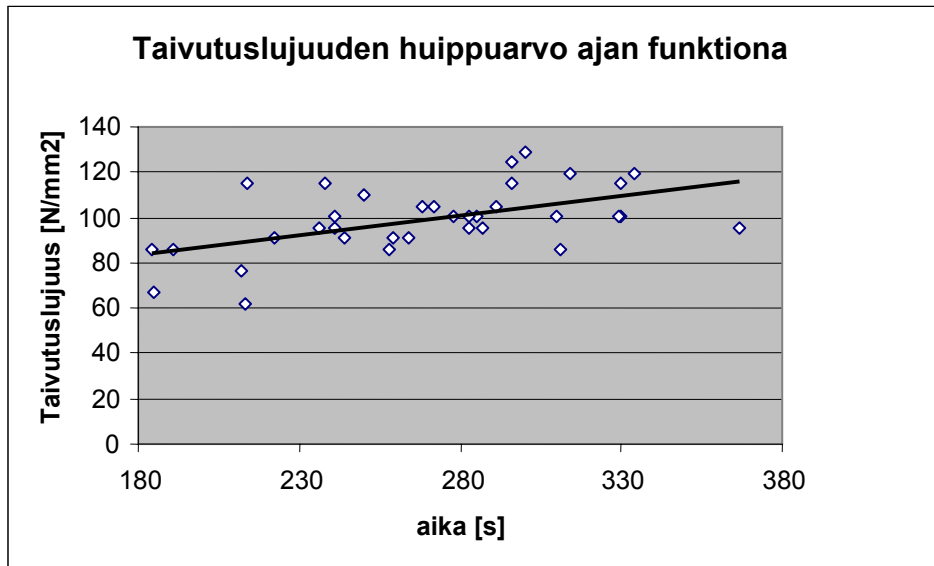


*Kuva 7. Taivutuskoejärjestely rakennetutkimuslaboratoriossa. Painimena käytettiin laboratorion taivutuspaininta, jonka kuormituspisteiden keskikobtien väliseksi etäisyydeksi mitattiin 105 mm. Kuormituspisteen ja tuen etureunan välinen etäisyys oli 127,5 mm.*

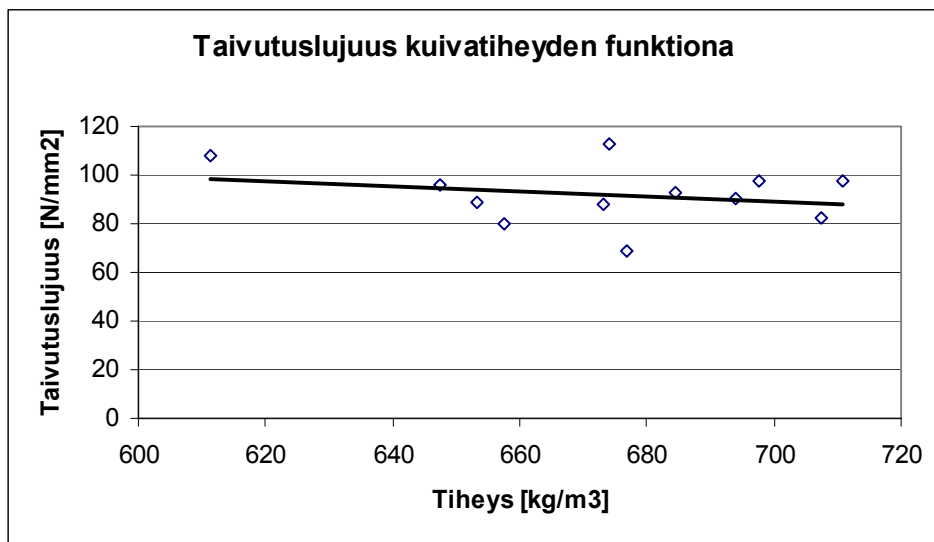
Viidellä ensimmäisellä koekappaleella määritettiin tarvittavaa nopeutta. Standardi määrittelee  $F_{\max}$  arvon saavutusajaksi 300 s  $\pm$  120 s.

Voiman lisäys tapahtui portaittain 0,1 kN askelin. Ohjausventtiiliä säädettiin käsin ohjaussauvasta. Nopeuden muutoksiin vaikuttava säädin oli säädettynä hitaimmalle asennolle koko kokeen ajaksi.

Laskuissa käytetty koekappaleen pinta-alalle arvoa 20 mm x 20 mm. Mitat tarkistettiin 15:sta ensimmäisestä koekappaleesta. Standardin kohdan 13.3 arvo W laskettiin kaavalla  $W=(h^3)/6$ .



Kuva 9. Ajan ja taivutuslujuuden tarkastelu. Taivutuslujuuden huippuarvo kasvaa ajan kuluessa. Standardin SFS-EN 408:2003-15 määräämä voiman huippuarvo oli 180–420 sekuntia. Kolmen koekappaleen aika-arvot jäivät standardin aika-vaatimuksista. Lopulliseen tulokseen hyväksytyjen koekappaleiden lukumäärä oli 35 kpl.



Kuva 10. Taivutuslujuuden ja kuivatiheden tarkastelu. Taivutuslujuus näytti alenevan lievästi kuivatiheden kasvaessa. Tiheyden kasvaminen ei tällä näyteaineistolla lisännyt kappaleiden taivutuslujuutta. Tarkasteltavien koekappaleiden lukumäärä oli 12 kpl.

### 3.2 Tulos

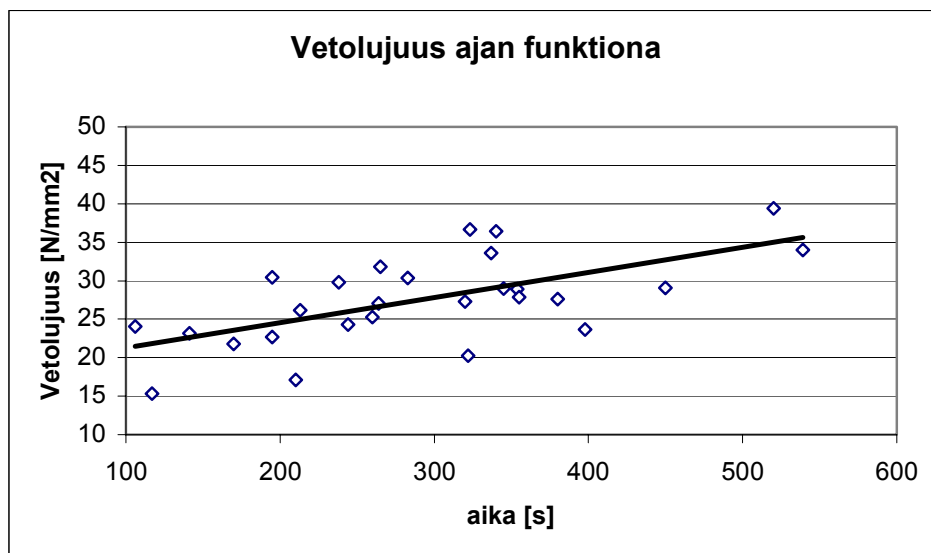
Taivutuslujuuden arvoksi EN 408:2003 kohdan 13.3 Determination of bending strenght määritettiin  $99 \text{ N} / \text{mm}^2$ , keskihajonnalla 15. Tulokseen hyväksytyjen koekappaleiden lukumäärä oli yhteensä 35 kpl. Koekappaleiden kosteuden keskiarvo määritettiin 15 koekappaleesta. Kosteuden keskiarvo oli 10,7 %:a keskihajonnalla 0,7. Rauduskoivun taivutuslujuuden arvo on  $125 \text{ N} / \text{mm}^2$ .

## 4 VETOLUJUUDEN MÄÄRITTELY SYYSUUNTAAN – SFS-EN 408:2003, 15 DETERMINATION OF TENSION STRENGTH PARALLEL TO GRAIN

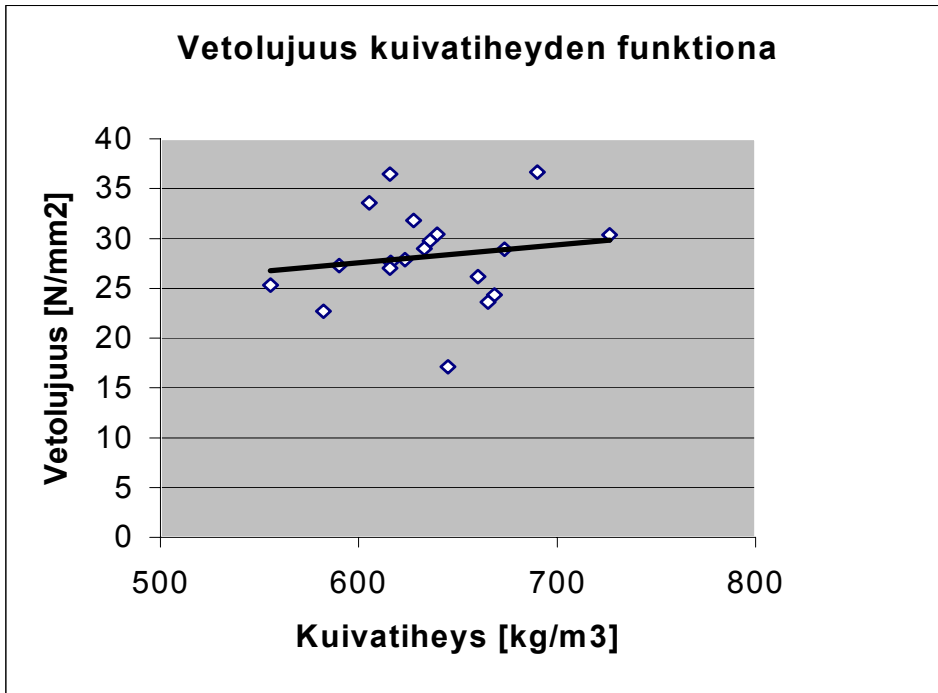
### 4.1 Koejärjestely

Koekappaleiden mitat olivat 20 x 20 x 300 mm. Koekappaleita oli 36. Koekappaleet mitattiin työntömitalla. Leukojen väliin jäävän puristumattoman osan pituus oli 180 mm, 90 mm leukojen molemmin puolin. Etäisyys merkittiin tussilla jokaiseen testattavaan koekappaleeseen. Koekappaleiden vierelle leukojen sisäpuolelle asetettiin 15 x 15 x 60 mm:n teräspalat ja leuat suljettiin, jotta puristus saatiin aina vakioksi. Puristus oli siis 25 % koekappaleen särmän leveydestä. Yhdeksän (9) koekappaleista jäi murtumatta, koska alaleuka luisti.

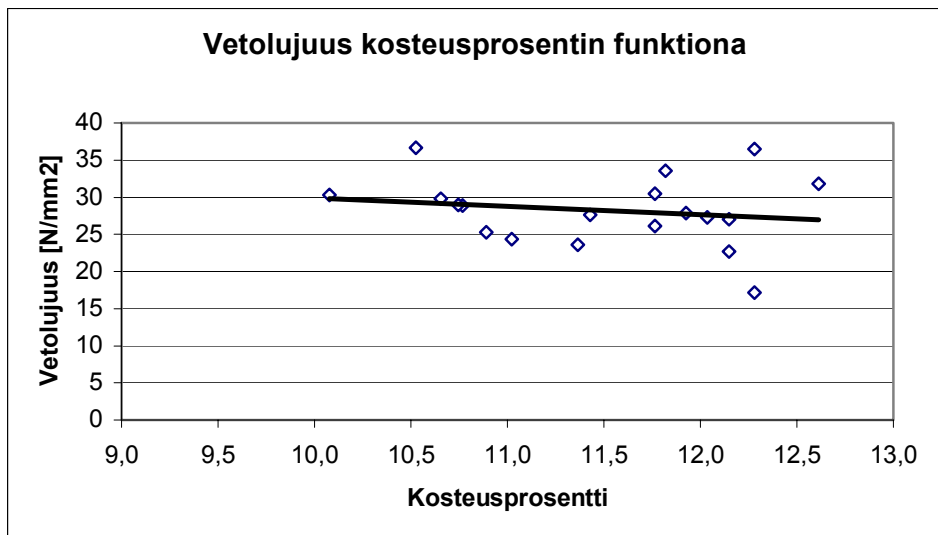
Nämä murtumattomat koekappaleet poistettiin tuloksista. Yksi koekappaleista murtui puristettaessa. Tämä murtunut koekappale poistettiin tuloksista. Kolmella ensimmäisellä koekappaleella määritettiin tarvittavaa nopeutta. Nämä koekappaleet poistettiin tuloksista. Standardi määrittelee  $F_{\max}$  arvon tavoiteajaksi 300 s  $\pm$  120 s. Laitteen nopeus oli 0,007 mm/s.(1.)



Kuva 12. Tarkastelu ajan vaikutuksesta vetolujuuden huippuarvoon. Vetolujuus nousee, kun kokeen kestoaikea pitenee. Standardin SFS-EN 408:2003-15 määräämä voiman huippuarvo oli 180–420 sekuntia. Seitsemän koekappaleen aika-arvot ylittävät standardin raja-arvot.



Kuva 13. Vetolujuus kasvaa lievästi kuivatiheyden kasvaessa. Vetolujuuden hajonta oli suurta. Tarkasteltavien koekappaleiden lukumäärä oli 19 kpl.



Kuva 14. Vetolujuuden huippuarvo laskee lievästi kostuden lisääntyessä. Kostuden määrittäminen tapahtui välillä 10,1 %–12,6 %. Koekappaleiden lukumäärä oli 19 kpl.

## 4.2 Tulos

Koejärjestelyn perusteella vetolujuuden arvoksi määritettiin  $30 \text{ N/mm}^2$  keskihajonnalla 15. Tulos ei ole koejärjestelyn huomattavan epäonnistumisen vuoksi vertailukelpoinen. Yhdeksän koekappaletta jäi murtumatta vetokoneen leukojen lipsuttua. Yksi koekappaleista murtui jo puristettaessa. Seitsemän koekappaleen tulokset eivät täyttäneet standardin vaatimuksia ajan suhteen. Hyväksytysti murtuneiden koekappaleiden lukumäärä oli 19 kpl.

Koelaitteiston leuat lipsuivat, vaikka koekappaleen puristus oli suurta. Tavalliselle koivun puuainekselle vetolujuuden arvo on  $80\text{--}135 \text{ N/mm}^2$ . (3., 5.). Saadut vetolujuuden arvot jäivät suuresti koivun vetolujuuden arvoista, joten lisätutkimusta uudella koejärjestelyllä tarvitaan. Kuivatiheyden kasvu lisäsi näyteaineistolla vetolujuutta lievästi. Kosteusprosentin kasvu alensi näyteaineistolla vetolujuutta lievästi.

## 5 PURISTUSLUJUUDEN MÄÄRITTELY SYYSUUNTAAN – EN 408:2003, 17 DETERMINATION OF COMPRESSION STRENGTH PARALLEL TO GRAIN

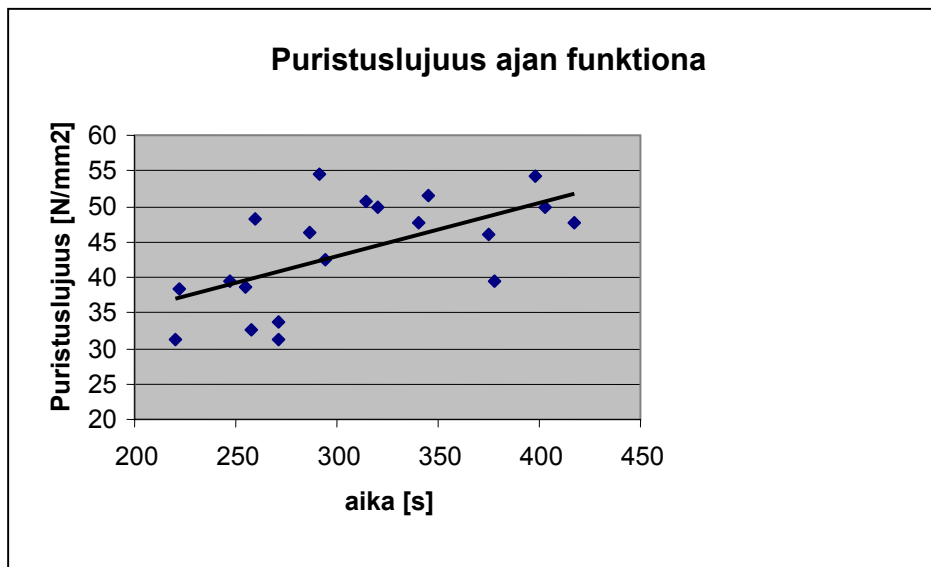
### 5.1 Koejärjestely

Puristuslujuuden mittalaitteen mittaustarkkuus oli 0,1 kN, joka täyttää standardin 1 %:n vaatimuksen tällä mittaussvälillä. Koekappaleiden lukumäärä oli 34 kpl. Koesauvojen mitat olivat 20 x 20 x 120 mm. Kolmella ensimmäisellä koekappaleella säädettiin voiman huippuarvon saavutusaikaa. Yksi koekappaleista murtui vasta 426 sekunnin kuluttua. Vain standardin aikavaatimukset täyttävät koekappaleet hyväksyttiin lopputuloksiin. Koekappaleet mitattiin työntömitalla. Puristuskoekappaleen tarkka paikka merkittiin sprüliukoisella tussilla alustalle. Laboratorion ilmankosteus oli 44 % hiushygrometrillä tarkasteltuna. Lämpötila oli 293 K.

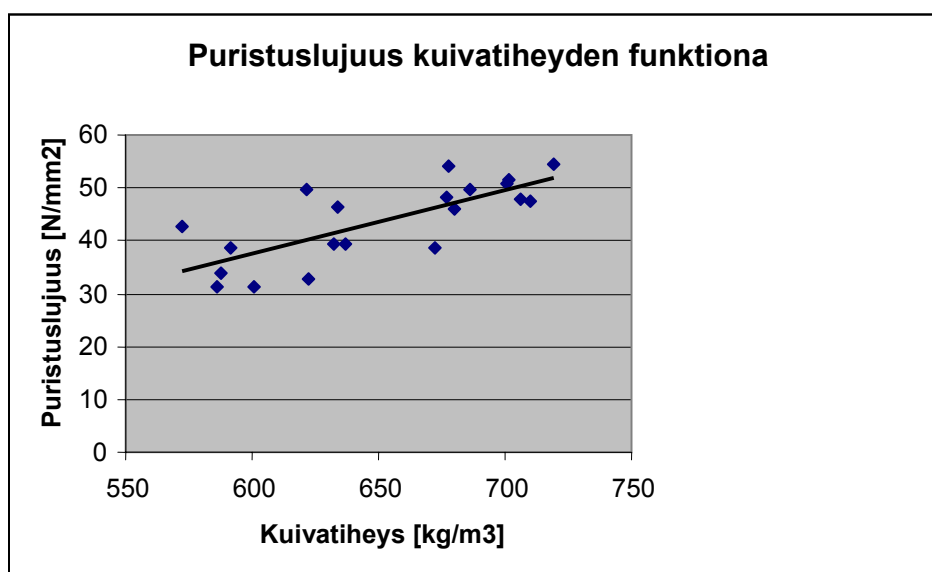


*Kuva 15. Puristuskokeen järjestely*

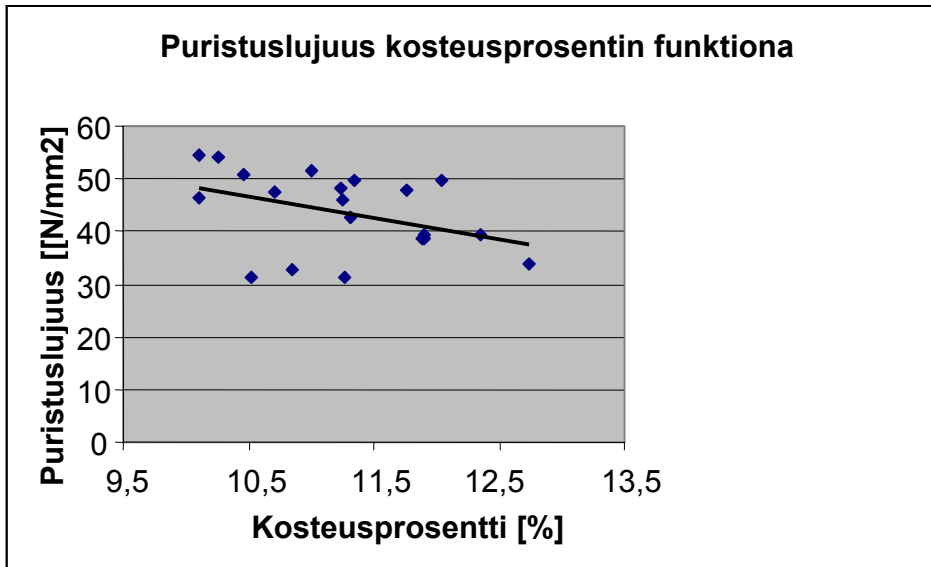




Kuva 16. Puristuslujuus kasvaa kokeen kestoajan kasvaessa. Standardin SFS-EN 408:2003-17 määräämä voiman huippuarvo oli 180–420 sekuntia. Koekappaleiden lukumäärä oli 20 kpl.



Kuva 17. Puristuslujuus kasvaa lievästi kuivatiheyden kasvaessa. Koekappaleiden lukumäärä oli 20 kpl.



Kuva 18. Puristuslujuuden huippuarvo laskee kosteusprosentin suurentuessa. Erot ovat kuitenkin pienehköjä, ja hajonta huomioiden ne eivät ole sen suuremmin merkityksellisiä. Kuvassa tarkasteltavien koekappaleiden lukumäärä oli 20 kpl.

## 5.2 Tulos

Puristuslujuuden arvoksi EN 408:2003 kohdan 17.3 mukaan Determination of bending strength määritettiin  $44 \text{ N/mm}^2$ , keskihajonnalla 9. Koekappaleiden lukumäärä oli 30 kpl. Koivulle puristuslujuuden arvo on  $50 \text{ N/mm}^2$ . (3., 10.)

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Standardin EN 408:2003 ehtojen toteutuminen

Koejärjestely ei täyttänyt mittaustarkkuudeltaan standardin kohtaa 8, jossa tarkastellaan koekappaleiden massan asettumista vakiopainoon 65 %:n ilmankosteudessa. Koekappaleiden massan tarkastelun tarkkuudeksi määrätään standardissa 0,1 %. Koekappaleen massalle otettiin koejärjestelyssä vain 1% tarkkuus.

Kohdassa 13 Determination of bending strength ELE EL33-6130 -mittalaitteen tarkkuus taivutuskokeen mittausalueella oli vain 10 %:a. Standardi vaatii 1 %:n tarkkuuden. (1.)

Vetokoelaitteiston puristusleuat lipsuivat ja leukojen puristusvoima oli suuri. Tulos poikkeaa suuresti koivun vetolujuusarvoista, ja lisätutkimusta tarvitaan.

### 6.2 Tiheyden määrittämisen tarkastelu

Tiheyden määrittäminen tehtiin stereometrisesti. Kokeessa 1 oli puumateriaalia niin rungon visaantuneista osista kuin myös osista, joissa kuitujen järjestys oli normaali.

Kuivausaika, vähintään neljä vuorokautta, oli kokeessa 1 yli yleisesti käytetyn 48 h maksimian ajan. Ylipitkät kuivumisajat saattavat vaikuttaa tuloksen tarkkuuteen. Kuitenkin lämpötilan ollessa n. 100 C hapettuminen on yleensä vähäistä, ja ylipitkät kuivumisajat vaikuttavat vain vähän tuloksiin (7., s.120). Vaakana oli Sartorius-Werke, hankintavuosi 1965, viimeisin kalibrointi oli suoritettu 1996.

Kokeen 2 puumateriaaliksi valittiin visakuviota sisältäviä koekappaleita. Jokaisessa kokeen 2 koekappaleessa oli havaittavissa visakuviointia. Kokeen 2 puumateriaalia kuivattiin 48 h, joka yleisesti käytetty kuivaamisaika. Vaaka oli Sartorius-Werke BL-6100 d=0,1 g, hankintavuosi 2003. Vuotuista kalibrointiä ei ollut vielä suoritettu.

Kokeen 2 kuivatiheyden arvo  $680 \text{ kg} / \text{m}^3$  keskihajonnalla 37 on suositeltavampi visakuviota sisältävälle puuainekselle. Kokeessa 2 saatiin 10,8 %:n kosteudessa visaantuneelle puu-

ainekselle tiheydeksi  $730 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Tilavuudenmuutoskerroin laskettiin välillä 7–19 %. Dimensiomuutokset ovat lähes lineaarisia kosteusalueella 5–20 %. (9., A4/11).

Tiheyden arvoiksi 12 % kosteudessa saatiin STEP-Puurakenteet I -luennon kohdan A4/8 (9.) mukaisesti kokeen 1 puuainekselle  $700 \text{ kg} / \text{m}^3$  sekä visaantuneille koekappaleille kokeessa 2 arvoksi  $730 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Luvut on pyöristetty lähimpään täyteen kymmenlukuun.

## 7 KATSAUS VENÄLÄISTEN TUTKIJOIDEN TULOKSIIN

Visakoivun lujuusominaisuuksia on Karjalan alueella sekä Neuvostoliitossa tutkittu 1930-luvulta eteenpäin N. O. Sokolovin toimesta sekä 1960-luvulla muiden tutkijoiden toimesta.

### 7.1 Sokolovin aineisto vuodelta 1937, referaatti<sup>\*</sup>

Sokolov, N.O.1937:Fisiko-mekanistiskie sboistva drevesini karelskoi berjosi.- Voprosi lesnovo hasjaistva i lesnoi promislennosti Karelii s. 207–225. Petrosavodsk.

Tilavuuspaino mitattiin 20 x 20 x 20 mm kappaleista, joiden koko määrättiin stereometrisin menetelmin. Kappaleita otettiin sekä rungon paksuuntuneista osista (pahka) kuin myös niistä rungon osista, joissa kuitujen järjestys oli normaali. Tulokset osoittavat paksuuntuneiden osien puuaineksen ominaispainon olevan suurempi kuin normaalin. Kappaleet olivat kuivattu uunissa, kunnes asettuivat vakiopainoon.

Kahden näytteen tiheysarvot 12 %:n kosteudessa antoivat aritmeettisen keskiarvon  $0.712 \pm 0,0041$  sekä  $0.717 \pm 0.0104$  paksuuntuneiden (visaantuneiden) osien puulle.

Normaalille puulle arvot olivat  $0.663 \pm 0.0046$  ja  $0.666 \pm 0.0097$ .

Puristuslujuus määriteltiin 20 x 20 x 20 mm kappaleista Amslera-Lafenan prässillä Lesotechnisen akademian kabinetissa. Visaantuneen puun puristuslujuus oli ensimmäisessä kappaleessa  $216 \pm 20,8 \text{ kg / cm}^2$  ja normaalipuussa  $445 \pm 8,5 \text{ kg / cm}^2$ .

Toisessa tutkitussa tapauksessa visautuneessa puussa puristuslujuus oli  $421 \pm 15,00 \text{ kg / cm}^2$  ja normaalissa puussa  $421 \pm 2,25 \text{ kg / cm}^2$ .

*Huomautus:*  $[\text{kg/cm}^2] = 10 \times [\text{N/mm}^2]$

Kovuus määrättiin Janka-Brinell-menetelmällä. Visaantuneen puun arvoiksi saatiin  $471 \pm 3,4 \text{ kg / cm}^2$  ja normaalipuun  $403 \pm 11 \text{ kg / cm}^2$ .

---

<sup>\*</sup> Käännökset FT Veikko Hintikka, huomautukset Tuomas Hintikka

Tutkimuksessa tarkasteltiin veden imeytymistä, jolloin normaali puu imi itseensä kahden tunnin aikana enemmän vettä kuin visautunut puu tarkasteltaessa painonlisäystä verrattuna kuivapainoon. (Taulukko 2)

Taulukko 2: Veden imeytyminen visakoivuun ja tavalliseen koivuun. (ref.)

Veden imeytyminen	mitat [cm]	Alku- kosteus [%]	AIKA [h]			
			2	24	48	96
Visakoivu, kosteus-%	2 x 2 x 2	13,2	38,5	65,9	76,0	78,8
Normaali koivu, kosteus-%	2 x 2 x 2	16,1	40,6	67,7	80,6	86,7

	Aika [vrk]								
	6	8	10	13	16	21	26	31	36
Visakoivu, kosteus-%	81,3	84,9	87,3	90,9	92,6	95,8	97,5	98,7	99,4
Normaali koivu, kosteus-%	93,5	97,9	100,0	103,0	104,1	106,0	106,7	107,5	108,0

36 vrk:n kuluttua visakoivuisten koekappaleiden loppukosteus oli 99 %:a, tavallisen koivun 108 %:a. Turpoaminen, tilavuuden muutosten tarkastelu taulukossa 3.

Taulukko 3. Visakoivun ja tavallisen koivun tilavuuden kasvu (turpoaminen) veteen upotettuna.

Turpoaminen	mitat [cm]	AIKA [h]				Aika[vrk]	
		2	24	48	96	6	8
Visakoivu, tilavuudenmuutos [%]	2 x 2 x 2	6,47	18,2	20,3	21,5	24,0	24,1
Normaali koivu, tilavuudenmuu-	2 x 2 x 2	10,0	15,3	16,2	16,2	16,2	16,2

Visautunut puu laajeni 2 h aikana 6,47 %:a, kun taas normaali puu 10 %:a. Aluksi visakoivu turposi vähemmän kuin normaali koivu, mutta 8 vrk:n jälkeen visakoivuinen kappale oli turvonnut 24,1 %:a, normaali koivu 16,2 %:a.

Huomautus: Sokolovin aineistosta eivät kaikkien kokeiden kaikkien koekappaleiden lukumäärät ole tarkasti selvillä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuivatiheyden arvoksi saatiin kokeessa 1 650 kg / m<sup>3</sup> keskihajonnalla 43. Koekappaleiden lukumäärä oli 77. Kuivatiheyden arvoksi saatiin kokeessa 2 680 kg / m<sup>3</sup> keskihajonnalla 37. Tiheyden arvoksi kosteuden ollessa 10,8 %:a keskihajonnalla 0,5 saatiin kokeessa 2 730 kg / m<sup>3</sup> keskihajonnalla 38. Puuainees oli ainoastaan visaantunutta puuainesta sisältävää materiaalia.

Tiheyden arvoiksi 12 %:n kosteudessa saatiin STEP-Puurakenteet I -luennon kohdan A4/8 (9.) mukaisesti kokeen 1 puuainekselle 700 kg / m<sup>3</sup> sekä visaantuneille koekappaleille kokeessa 2 arvoksi 730 kg / m<sup>3</sup>. Venäläisen aineiston arvot tiheydelle antoivat aritmeettisen keskiarvon  $0.712 \pm 0,0041$  sekä  $0.717 \pm 0.0104$  paksuuntuneiden (visaantuneiden) osien puulle. (8.) Kokeessa 2 osoitettiin, että visautuneet kohdat ovat normaalia puuainesta tiheämpää.

Taivutuslujuuden arvoksi saatiin 99 N / mm<sup>2</sup> keskihajonnalla 15 . Venäläisten tiedemiesten mittaamia taivutuslujuuden arvoja esiintyy kirjallisuudessa, mutta arvojen täsmällisyys ja vertailukelpoisuus nykypäivän arvoihin ovat kyseenalaisia.

Venäjänsäkirjallisessa Karjalan Koivu (1980) -kirjassa referoidaan sivuilla 10 ja 11 N. O. Sokolovin visakoivun teknisten ominaisuuksien tutkimuksia vuosilta 1937 sekä 1950. Sokolovin tutkimustuloksia visakoivun lujuusarvoista referoidaan alkuperäisartikkeliin verraten virheellisesti.

Vetolujuuskokeiden koejärjestyksessä ilmeni huomattavia puutteita. Tulos oli 30 N / mm<sup>2</sup> keskihajonnalla 5. Rauduskoivun vetolujuusarvo on 80–135 N / mm<sup>2</sup>. (3., 5.) Puristuslujuuden arvoksi saatiin 44 N / mm<sup>2</sup> keskihajonnalla 9. Venäläisen aineiston arvot olivat 21,6 N / mm<sup>2</sup> sekä 42,1 N / mm<sup>2</sup>. (8.)

Puuaineesen tekniset ominaisuudet ovat muihin jalopuihin verrattuna kilpailukykyiset, ja kuvioinniltaan visakoivu on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen. Muille erikoispuulajeille löytyvät yleisesti taulukoituna tekniset perusominaisuudet.

## 9 JATKOTUTKIMUKSET

Jatkotutkimuksen tavoitteeksi suositellaan SFS-EN 408:2003 -standardin mukaisia lujuusominaisuuskokeita visakoivun puuaineksesta tarkassa aineenkoetuslaboratoriossa. EN-standardit ovat yleiseurooppalaisesti hyväksytyjä sekä jatkuvasti päivitettäviä. Suomessa valvovana viranomaisena toimii VTT.

Brinell-kovuus visakoivulle jäi tässä tutkimuksessa vielä mittaamatta. Kilpailevilta puulajeilta löytyvät Brinell-kovuusarvot taulukoituina. Puristuslujuuden, taivutuslujuuden, vetolujuuden tarkempi selvittäminen sekä kimmomoduulin ja leikkauslujuuden selvittäminen lisää ostajien luottamusta visakoivun puumateriaalin laadukkuuteen. Tilavuuspaino jätettiin tämän tutkimuksen osalta mittaamatta.

Syiden-, tangentin- sekä radiaalisuuntaiset kutistuma-arvot löytyvät kilpailevilta jalopuulajeilta yleisesti taulukoituna.



# LÄHTEET

## Julkaistut lähteet

- 1) Suomen standardisoimisliitto SFS ry 2003. Standardi SFS-EN 408:2003. Puurakenteet. Rakenteellinen sahatavara ja liimapuu. Aineellisten ja mekaanisten ominaisuuksien määrittäminen. Helsinki.
- 2) Keinänen, Eero & Tahvanainen, Veijo 1995. Pohjolan jalot puut. Pohjois-Savon erikoispuiden käytön lisäämisprojekti, Kuopion käsi- ja taideteollisuusakatemia.
- 3) Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL 1987. RIL 162-1 Puurakenteet 1. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- 4) Ruonakoski, Annamari 2002. Juuret huomiseen: Visakoivu-toimintaopas. Maaseudun sivistysliiton opintokeskus, Maaseudun sivistysliitto.
- 5) Kaarna, Pertti.1984. Puutaulukoita. Helsinki: Teknisten Liitto.
- 6) Mylly, Tapio 1985. Tutkielma: Visakoivu, sekä Rovaniemen metsäopiston suorittamat visakoivukokeet. Rovaniemi: Rovaniemen metsäopisto.
- 7) Kärkkäinen, Matti 1985. Puutiede. Sotkamo:Sallisen Kustannus.
- 8) Sokolov, N.O.1937:Fisiko-mekanistiskie sboistva drevesini karelskoi berjosi. – Voprosi lesnovo hasjaistva i lesnoi promislennosti Karelii s. 207-225. Petrosavodsk.
- 9) STEP 1 -Puurakenteet. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus ja Rakennustieto Oy 1996.Helsinki :Rakennustieto Oy.
- 10) Paloheimo, Eero 2000. Metsä ja Puu II – tukista tuotteeksi. Helsinki: Rakennustieto Oy
- 11) Leikola Matti 1989. Kirjojen ja tutkimuksen metsä, Juhlanäyttely Suomen metsätieteellinen seura 80 vuotta. Helsingin yliopisto metsäkirjaston julkaisuja 3. Hakapaino Oy, Helsinki, 46 s.

## **Julkaisemattomat lähteet**

12) Tapio 17.2.1966. Helsinki.Keskusmetsäseura Tapio.

## **Haastattelut**

13) Peltomäki, Harri. Marttiini Oyj tuotekehityspäällikkö. Puhelinhaastattelu maaliskuussa 2004.

14) Anttila Harri, Viilupuu Harri ja Ellen Anttila AY. Haastattelu 24.4.2004.

15) Etholén, Kullervo, MH. Puhelinhaastattelut maaliskuu–syyskuu 2004.

16) Hagqvist, Risto, MH. Metsäntutkimuslaitos. Puhelinhaastattelu maaliskuussa 2004.

## **Internet-sivustot**

17) Visaseura ry:n kotisivut: <http://www.metsakeskus/fi/hu/visasivut.htm> 7.9.2004

18) Metsäntutkimuslaitoksen kotisivut, <http://www.metla.fi/haku/index.htm> 7.9.2004  
METLA hanke 3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen.

## **Sähköpostilähteet**

19) Snellman, Ilkka.10.10.2003. Visainen kysymys.

20) Vihavainen, Tuija, professori. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 6.10.2003.  
Visakoivu.

## Turun ammattikorkeakoulun julkaisusarjoissa ilmestyneitä teoksia

### TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN TUTKIMUKSIA

1. Ovaska, Esko: Saaristoon muutto elämänpolitiikkana ja sosiaaliset verkostot saaristokunnassa. Turku, 2001. 215 s. ISBN 952-5113-09-4.
2. Salonen, Kari: Vanhussosiaalityö ammattina. 2. p. Turku, 2002. 298 s. ISBN 952-5113-11-6.
3. Hautala, Tiina: Tie kohti suomalaista toimintaterapeuttikoulutusta. Turku, 2002. 136 s. ISBN 952-5113-12-4.
4. Suominen, Tarja: Turun ammattikorkeakoulun restonomiopiskelijoiden tulkinnat opintojensa viivästymisen syistä. Turku, 2002. 96 s. ISBN 952-5113-17-5.
5. Oksanen, Taru: Exploring the Concept of Environmental Marketing as a Part of Corporate Environmental Strategy – A Case Study of Polarcup in Finland and the U.K. Turku, 2002. 141 s. ISBN 952-5113-21-3.
6. Avoranta, Annina: ”Obo, mä lähdän taas täältä kassi kädes?” – tutkimus nuorista naisista himoshoppailijoina. Turku, 2003. 107 s. ISBN 952-5113-24-8.
7. Ovaska, Esko: Ongelma, idylli vai elämisyhteisö? Pienten kuntien sosiaali- ja terveystalvelujen ja sosiaalisen pääoman tarkastelua. Turku, 2003. 323 s. ISBN 952-5113-34-5.
8. Sorsa, Kaisa: Time-share-matkailupalvelun tuotteistamisen lainsäädännölliset puitteet : Espanjan, Iso-Britannian ja Suomen time-share-lainsäädäntöä koskeva oikeusvertaileva tutkimus. Turku, 2003. 257 s. ISBN 952-5113-47-7.
9. Piipponen, Vesa: Materiaalin ostostrategian ohjausmalli lentokoneen elinjakson aikana. Turku, 2003. 86 s. ISBN 952-5113-43-4.
10. Talvitie, Susanna: Sosionomiopiskelijoiden ohjatut harjoittelut : harjoittelut ja niiden ohjaus ammattiin oppimisen tukena. Turku, 2003. 127 s. ISBN 952-5113-49-3.
11. Keltaniemi-Koski, Arja: Kasvunpaikka – muutosprosessin kuvaus projektiopintojen aikana. Turku, 2004. 102 s. ISBN 952-5113-56-6.
12. Sainio, Elina: Suurten ikäluokkien ikääntyminen ja tulevaisuuden näkymät. Turku, 2004. 108 s. ISBN 952-5113-60-4.
13. Hilapieli, Sanna-Maria & Pajamäki, Salla: Asuinviihtyyvyys ja sosiaalinen pääoma Jyrkkälässä. Turku 2004. 109 s. ISBN 952-5113-61-2.
14. Mäntsälä, Tuija: Järjestelmä on mutta toimiiko se? Opiskelijoiden arvio opinto-ohjauksen tilasta ja opintopolun eri vaiheiden ohjauksen kehittämistarpeista Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2004. 97 s. + 17 liites. ISBN 952-5113-65-5.
15. Eskola, Eeva-Liisa & Palin, Olavi: Lääketieteen opiskelijoiden informaatiolukutaidot muuttuvassa oppimisympäristössä. Turku, 2004. 103 s. ISBN 952-5113-78-7.

### TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN RAPORTTEJA

6. Suvanto, Jaakko: Virtuaalimaailmojen hyödyntäminen verkkoliiketoiminnassa. Turku, 2002. 55 s. ISBN 952-5113-14-0.
7. Tulonen, Arja: OPSista HOPS ettei tulisi HUPS. 2. täyd. p. Turku, 2004. 72 s. ISBN 952-5113-73-6.
8. Linnossuo, Outi & Nenonen, Suvi & Saario, Ilona (toim.): Näkökulmia hyvinvointiin 1. Turku, 2002. 111 s. ISBN 952-5113-18-4.
9. Syrjä, Vappu & Mattinen, Annukka: Uutta voimaa työn tekemiseen : raportti Terve tulevaisuus -projektista. Turku, 2002. 83 s. ISBN 952-5113-19-1.
10. Telkki, Martti & Alasaarela, Esko: ZEF – kaksiulotteinen arviointi- ja ennakointimenetelmä Internet-pohjaiseen ryhmätyöhön. Turku, 2002. 50 s. ISBN 952-5113-23-X.
11. Alanen, Erja & Halonen, Sirpa (toim.): Ympäristöterveydenhuoltoja kehittämään : työkirja kunnan ympäristöterveydenhuollon viranhaltijalle = Miljöhälsan står i fokus : arbetsbok för den kommunala miljöhälsöförmyndigheten = Development of Environmental Health : workbook for municipal health care officials. Turku, 2003. CD-ROM. ISBN 952-5113-28-0.
12. Koskinen, Ritva: ”Tää oli kyl tosi kiva juttu, ko sää soitit” – ohjauskeskustelu opiskelun vauhdittajana. 2. p. Turku, 2004. 79 s. ISBN 952-5113-29-9.

13. Lahtinen, Jari: Flamecleaner – liikkuvan öljynpolttolaitteen kehityshanke. Turku, 2003. 26 s. ISBN 952-5113-42-6.
14. Hautala, Tiina & Nenonen, Suvi & Saario, Ilona (toim.): Näkökulmia hyvinvointiin 2. Turku, 2003. 226 s. ISBN 952-5113-41-8.
15. Saalasto, Päivi & Ylander, Sirkka: Seutuportaali – kokemuksia EU-rahoitteisista hankkeista. Turku, 2003. 103 s. ISBN 952-5113-45-0.
16. Veräjänkorva, Oili: Projektityöskentely hoitotyöntekijöiden lääkehoidon osaamisen kehittämisessä : Turun ammattikorkeakoulun, Turun yliopiston ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen yhteistyöhankkeen loppuraportti. Turku, 2003. 64 s. + 26 liites. ISBN 952-5113-48-5.
17. Niinimäki, Jukka: Verkko-opetus ammattikorkeakoulussa : katsaus pedagogisiin malleihin ja toiminnan organisointiin. Turku, 2003. 61 s. ISBN 952-5113-53-1 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-50-7 (painettu).
18. Kantola, Ismo & Gates, Marieta (eds.): Internships and Project Studies as Workbased Learning Environments in Professional Higher Education – International Benchmarking. Turku, 2004. 32 s. ISBN 952-5113-57-4.
19. Veräjänkorva, Erkki, Ervall, Koivuniemi & Syrjäla: Laadukasta lääkehoidon opetusta ja oppimista : seurantatutkimus hoitotyön lääkehoidon opetuksen ja oppimisen kehittämisestä. Turku, 2004. 112 s. ISBN 952-5113-58-2.
20. Tuominen, Telle: Opettaja ja työyhteisö muutosmatkalla ongelmaperustaiseen oppimiseen. 2. p. Turku, 2004. 93 s. ISBN 952-5113-59-0.
21. Neitola, Pekka: Toimikortit osana korkeakoulun tietoturvaa. Turku, 2004. 61 s. + 17 liites. ISBN 952-5113-68-X (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-60-2 (painettu).
22. Krook, Kristina: Näillä eväillä töihin – tradenomien kypsyysnäytteiden kielen analyysia. Turku, 2004. 61 s. ISBN 952-5113-66-3.
23. Elomaa, Leena & Koivuniemi, Sirkku: Näyttöön perustuvan hoitotyön kehittäminen – Karinakodin malli. Turku, 2004. 61 s. ISBN 952-5113-70-1.
24. Haapala, Juha: Bluetooth – teoriaa ja käytäntöä. Turku, 2004. 67 s. ISBN 952-5113-71-X.
25. Hautala, Tiina & Nenonen, Suvi & Saario, Ilona (toim.): Näkökulmia hyvinvointiin 3. Turku, 2004. 137 s. ISBN 952-5113-74-4.
26. Laine, Tom: Computer Software Development & Patenting Computer-Implemented Inventions. Turku, 2004. 108 s. ISBN 952-5113-79-5.

#### **TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN OPPIMATERIAALEJA**

1. Seilonen, Leena: WebCT 3.x : käyttäjän opas itseopiskeluun. Turku, 2001. 180 s. ISBN 952-5113-07-8.
2. Aaltonen, Heli (toim.): Näkökulmia nukketatteriin – ajatuksia ja kokemuksia teatterinuden pedagogisesta käytöstä. Turku, 2002. 161 s. ISBN 952-5113-15-9.
3. Kuusisto, Terhi: Sellonen : sellonsoiton alkeiskoulu. Turku, 2003. 45 s. ISBN 952-5113-22-1.
4. Linnossuo, Outi (toim.): Sosiaalinen ja toiminnallis-terapeuttinen työ nuorten kanssa. Turku, 2003. 130 s. ISBN 952-5113-25-6.
5. Härkönen, Pekka: Opiskelijatuutorin käsikirja. Turku, 2003. 89 s. ISBN 952-5113-32-9.
6. Virko, Esa: Kipsitöiden pintakäsittely. Turku, 2003. 54 s. ISBN 952-5113-36-1.
7. Bastman, Virpi: Räätelöityä viestintää : suomenkielinen työohjeisto maahanmuuttajanaisten ammatillisen kompetenssin vahvistajana. Turku, 2003. 70 s. + CD-ROM. ISBN 952-5113-37-X.
8. Seppälä-Kavén, Ulla: Muodon ajat : katsaus muotoiluun 1800-luvun lopulta nykypäivään. Turku, 2003. 78 s. ISBN 952-5113-44-2.
9. Viitanen, Anne: Visuaalisen markkinoinnin suunnittelu yrityskuvan rakentamisessa. Turku, 2003. 55 s. ISBN 952-5113-51-5.

10. Härkönen, Pekka: Opettajatuutorin käsikirja : tuutori-, alumni- ja mentoritoiminta Turun ammattikorkeakoulussa. Turku, 2003. 124 s. ISBN 952-5113-52-3.
11. Linnossuo, Outi (toim.): Sosiaalisen nuorisotyön toimintamalleja. Turku, 2004. 91 s. ISBN 952-5113-72-8.
12. Elomaa, Leena & Mikkola, Hannele: Näytön jäljillä – tiedonhaku näyttöön perustuvassa hoitotyössä. Turku, 2004. 50 s. ISBN 952-5113-75-2.
13. Adamsson, Virpi & Puukka, Jaana: IHME – yrittäjätarinoita Loimaan seudulta. Turku, 2004. 93 s. ISBN 952-5113-76-0.
14. Niemi, Linda: Brandien kilpailu kosmetiikan markkinoilla – erilaistumisen kautta menestykseen. Turku, 2004. 115 s. ISBN 952-5113-77-9.
15. Sorsa, Kaisa & Bona Sánchez, Carolina: Timeshare-liiketoiminnan perusteet. Turku, 2004. 92 s. ISBN 952-5113-83-3.

### **TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN PUHEENVUOROJA**

2. Kettunen, Juha: Competitive Strategies in Higher Education. Turku, 2003. 22 s. ISBN 952-5113-26-4.
3. Kettunen, Juha: Strategic Evaluation of Institutions by Students in Higher Education. Turku, 2003. 23 s. ISBN 952-5113-27-2.
4. Laaksonen-Heikkilä, Ritva & Nirkkonen-Mannila, Anneli: Moniammatillista yhteistyötä Turun ammattikorkeakoulussa : terveysalan, liiketalous ja ICT:n sekä taideakatemian opettajat ja opiskelijat uusien toimintatapojen oppijoina ja kehittäjinä. Turku, 2003. 43 s. ISBN 952-5113-30-2.
5. Isotalo, Sari (toim.): Opiskeluytyväisyys puntarissa : Suuren Opiskelijakyselyn 2002 tulokset. Turku, 2003. 56 s. ISBN 952-5113-35-3.
6. Hautala, Jouni: Rakentavaa keskustelua ja käytännön esimerkkejä : Turun ammattikorkeakoulu neuvottelukuntien näkemänä. Turku, 2003. 27 s. ISBN 952-5113-33-7.
7. Lind, Kaija: Osaaminen optimiin, kompetenssit kohdalleen. HR-ohjelman käyttöönotto Turun ammattikorkeakoulussa – pilottiprojekti terveysalan tulosalueella 16.1. - 31.12.2002. Turku, 2003. 22 s. + 13 liites. ISBN 952-5113-38-8.
8. Rannikko, Esa: Opiskelukokemuksia avoimessa ammattikorkeakoulussa – opiskelijakyselyn tuloksia. Turku, 2003. 32 s. + 22 liites. ISBN 952-5113-39-6.
9. Mattinen, Annukka: Ravitsemusohjaus hoitotyössä – ammattikorkeakoulun rooli terveydenhoitajien ja sairaanhoitajien ravitsemushoidon osaamisessa. Turku, 2003. 30 s. ISBN 952-5113-40-X.
10. Haapala, Eija: Hyvää henkilöstöhallintoa etsimässä – kokemuksia kymmenestä varsinaissuomalaisesta pk-yrityksestä. Turku, 2003. 33 s. ISBN 952-5113-46-9.
11. Rannikko, Esa: Osaajat opintitiellä : täydennyskoulutuksen markkinointitutkimuksen tuloksia. 53 s. + 17 liites. Turku, 2003. ISBN 952-5113-55-8 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-54-X (painettu).
12. Kairisto-Mertanen, Liisa: Markkinalähtöisyys korkeakouluympäristössä - katsaus ajattelutavan omaksumiseen ja kehittämiseen. 19 s. Turku, 2004. ISBN 952-5113-64-7 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-63-9 (painettu).
13. Angerpuro, Kirsi: Opiskelijapalaute oppimisympäristön ja opiskelun kuvaajana : tuloksia Turun ammattikorkeakoulun vuoden 2003 opiskelijabarometrista. 48 s. + 15 liites. Turku, 2004. ISBN 952-5113-69-8 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-67-1 (painettu).
14. Silvanto, Jenni: Osaajia omaan maakuntaan : Turun ammattikorkeakoulun työelämäyhteydet ja valmistuneiden työllistyminen Varsinais-Suomeen. 45 s. Turku, 2004. ISBN 952-5113-82-5 (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-81-7 (painettu).
15. Hintikka, Tuomas: Visakoivun lujuusominaisuuksien selvittäminen kokeellisesti. 42 s. Turku, 2004. ISBN 952-5113-85-X (verkkojulkaisu), ISBN 952-5113-84-1 (painettu).

### **MUITA JULKAISUJA**

Räsänen, Pekka (toim.): Laivatekniikka : modernin laivanrakennuksen käsikirja. Turku, 2000. 710 s. ISBN 952-5113-99-X.

Turun ammattikorkeakoulu  
 Julkaisumyynti  
 Sepänkatu 3  
 20700 Turku

puh. 010 5535 810  
 fax. 010 5535 791  
 julkaisumyynti@turkuamk.fi  
 tk.turkuamk.fi/julkaisutoiminta/tilaus.html