

# PUUAINEN TIHEYDEN JA VUOSILUSTON LEVEYDEN VAIKUTUS KUUSEN ISKUTAIVUTUSLUJUUTEEN ETELÄ- JA POHJOIS-SUOMESSA

PEKKA SARANPÄÄ

Summary

THE INFLUENCE OF BASIC DENSITY AND GROWTH RING WIDTH ON THE IMPACT STRENGTH OF  
SPRUCE WOOD FROM SOUTH AND NORTH FINLAND

Saapunut toimitukselle 25. 11. 1983

Etelä- ja Pohjois-Suomesta kerättiin yhteensä 500 kuusikoekappaletta, joista tutkittiin iskutaivutuslujuus. Aineistossa pyrittiin mahdollisimman suureen vuosiluston leveyden vaihteluun. Tulosten mukaan tiheyden kasvaessa iskutaivutuslujuus kasvoi suoraviivaisesti, mutta tiheyden ollessa sama oli ohutlustoinen kuusi kestävämpää kuin paksulustoinen. Tiheyden vakioinnin jälkeen oli edellä esitetyn perusteella pohjoissuomalainen kuusi eteläsuomalaista lujempaa. Vuosiluston leveyden ollessa sama oli pohjoissuomalaisen kuusen kuiva-tuoretiheys  $11 \text{ kg/m}^3$  alhaisempi kuin eteläsuomalaisen. Iskutaivutuslujuutta ei voitu ennustaa pelkästään luston leveyden perusteella, joten se ei ole riittävä luokitteluperuste puutavaran laadulle.

## 1. JOHDANTO

Puuaineen kestävyyttä lyhytaikaisissa kuormituskokeissa kutsutaan iskutaivutuslujuudeksi. Sillä kuvataan sitä energiaa, jonka kappale murtuessaan absorboi. Mitä lyhyempi kuormitusaika on, sitä suurempi on myös lujuus. Etenkin lahottajasienet, tuhohyönteiset ja esimerkiksi pitkäaikainen säilytys korkeassa lämpötilassa aikaansaavat puun lujuuden heikkenemisen, joka on helposti ja nopeasti todettavissa testaamalla kappaleen iskutaivutuslujuus.

Puuaineen iskutaivutuslujuus korreloi sen tiheyteen joko lineaarisesti tai sen tiettyyn potenssiin (Ghelmeziu 1938, Drow ym. 1958, Seeger 1937, Takahashi ym. 1973, Thunell 1941, Wengert 1979). Samoin kosteuden on todettu vaikuttavan puun lujuuteen. Tuoreen materiaalin iskutaivutuslujuus on suurempi kuin ilmakuivan (Drow ym. 1958, Keith 1964), mutta kosteudella ei ole vaikutusta 10-20 %:n välillä (Ghelmeziu 1938). Iskutaivu-

tuslujuus on tangentin suunnassa suurempi kuin säteen suunnassa (Keith 1964, 1966). Myös syiden suunnan vaihtelun on todettu vaikuttavan puuaineen lujuuteen (Fagan ja McLain 1983).

Vuosiluston leveyden vaikutusta iskutaivutuslujuuteen on selvitetty melko vähän. Ghelmeziu (1938) havaitsi etenkin kuusella ja männyllä, että puuaineen iskutaivutuslujuus oli melko alhainen, kun luston leveys oli yli 3 mm. Riippuvuus ei kuitenkaan ollut selvä. Kärkkäinen ja Dumell (1983) totesivat, että kuusen puuaineen tiheyden ollessa sama ohutlustoisen puun taivutuslujuus oli suurempi kuin paksulustoisen.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suomalaisen kuusen iskutaivutuslujuus ja sen riippuvuus puuaineen tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa sekä tiheyden riippuvuus luston leveydestä, koska vastaavanlaisia tutkimuksia on niukal-

ti. Työ on jatkoa Kärkkäisen ja Dumellin (1983) sekä Kärkkäisen ja Hakalan (1983) tutkimuksille suomalaisen kuusen taivutuslujuudesta.

Tutkimuksen mittaukset tehtiin Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella. Laboratoriomestari Aulis

Sarvelainen valmisti koekappaleet ja luokitteli ne. Etelä-suomalainen aineisto ostettiin eräältä hämäläiseltä sahalla ja pohjoissuomalaisena yhteistyökumppanina oli Oulu Oy. Käsikirjoitusta kommentoivat prof. Matti Kärkkäinen, MH Juhani Salmi ja prof. Olli Uusvaara.

Kiitän saamastani tuesta.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Koemateriaali oli jaettu kolmeen lustonleveysluokkaan, jotta vaihtelu saatiin mahdollisimman suureksi. Aineisto valittiin laudoista, joista sahattiin poikkileikkaukseltaan 20×20 mm rimat. Niistä valmistettiin edelleen 300 mm pitkät virheettömät koekappaleet, joiden kosteus pyrittiin vakioimaan pitämällä niitä pari vuorokautta kiertoilmakaapissa, johon sijoitettiin altaisiin kyllästettyä natriumnitraattiliuosta. Suhteellinen kosteus huoneenlämmössä oli tällöin noin 65 %. Koekappaleiden kosteus vaihteli kuitenkin paljon mm. hystereesistä johtuen samoin kuin Kärkkäisen ja Dumellin (1983) kokeessa.

Koekappaleiden iskutaivutuslujuus mitattiin Amsler-tyyppisellä lujuuden testauslaitteella (Alfred J. Amsler & Co:n 4 000 kg Universal-Holzprüfmaschine 4 DBZF 120).

Siinä puun iskutaivutuslujuus määritetään heilurivasaralla, jonka paino on 8 kg, heilahduskorkeus n. 1,2 m ja käytettävissä oleva energia noin 10 kpm eli 1,0 J. Koekappale asetetaan koneen alustassa olevien sylinteripintaisten tukien varaan, joiden välinen etäisyys on 240 mm. Mittausten tuloksena saadut arvot ovat suhteellisia – ts. kovin eksakteina tuloksina ei voida pitää kitkasta ym. tekijöistä johtuen.

Koekappaleiden kosteus mitattiin ISON standardin 3130 mukaisesti ja kuivatiheys, kuiva-tuoretiheys sekä kutistuminen tuoreesta kuivaksi ISON standardien 3131 ja 4469 menetelmien mukaisesti. Aineiston koko oli 500 näytettä, joista tuloksia tarkasteltaessa karsittiin muutama pois virheellisten mitausten vuoksi.

## 3. TULOKSET

### 31. Kosteuden vaikutus

Aineiston kosteussuhde (veden määrä suhteessa puun kuivaan massaan) vaihteli muutamien epäluotettavan mittauksen poiston jälkeen 6 ja 15 % välillä. Pohjois-Suomessa keskiarvo oli 9,8 % (s = 0,9) ja Etelä-Suomessa 10,5 % (s = 0,8). Tulokset ilmoitetaan yleensä vastaamaan 12 %:n kosteussuhdetta. Tämän vuoksi selvitetiin kosteuden vaikutus iskutaivutuslujuuteen, jotta tulokset saatiin

vastaamaan kansainvälisiä normeja.

Kosteuden vaihtelun vaikutusta koetuloksiin tutkittiin laskemalla ensin kosteussuhteen ja tiheyden korrelaatio, jotka oli varsin vähäinen sekä pohjoisessa (0,11) että etelässä (0,16). Näin ollen kosteuden vaihtelu ei vaikuta olennaisesti tiheyden vaikutuksesta tehtäviin johtopäätöksiin. Samoin oli myös vuosiluston leveyden kanssa: korrelaatio kosteussuhteen välillä oli Pohjois-Suomessa -0,15 ja Etelä-Suomessa -0,05.

Taulukko 1. Iskutaivutuslujuuden, kuiva-tuoretiheyden ja luston leveyden keskiarvot ja standardipoikkeamat eri alueilla.

Table 1. Averages and standard deviations of impact strength, basic density and ring width in each area.

Muuttuja Variable	Pohjois-Suomi North Finland		Etelä-Suomi South Finland		Koko aineisto Entire material	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Havaintoja No. of observations	194		299		493	
Iskutaivutuslujuus, J/m <sup>2</sup> Impact strength	431	159	438	159	435	160
Kuiva-tuoretiheys, kg/m <sup>3</sup> Basic density	381,2	30,8	380,7	31,6	381,0	31,2
Luston leveys, mm Ring width	1,4	0,8	2,0	0,9	1,8	0,9

Laskettaessa iskutaivutuslujuuden regressiota kosteussuhteen mukaan havaittiin, että yhden prosenttiyksikön muutos kosteussuhteessa aiheutti 13 J/m<sup>2</sup> muutoksen iskutaivutuslujuudessa Pohjois-Suomen ja 36 J/m<sup>2</sup> muutoksen Etelä-Suomen aineistossa.

Kärkkäinen ja Dumell (1983) totesivat, että parhaiten kosteussuhteen vaikutusta kuusen taivutuslujuuteen selittävät sekä kosteussuhde että puuaineen tiheys. Poistamalla näin puuaineen tiheyden vaikutus tuloksiin, saatiin huomattavasti pienemmät regressio-kertoimet: Pohjois-Suomessa prosenttiyksikön muutos aiheutti vain 1,4 J/m<sup>2</sup> muutoksen iskutaivutuslujuuteen ja Etelä-Suomessa vastaavasti 23 J/m<sup>2</sup> muutoksen.

Koko aineistossa vastaava muutos sai aikaan 8,8 J/m<sup>2</sup> muutoksen iskutaivutuslujuudessa. Koska ero kosteuden vaikutuksessa Etelä- ja Pohjois-Suomessa oli melko suuri – toisin sanoen ero aineistojen välillä olisi kasvanut keinotekoisesti, käytettiin koko aineistosta saatua muunnosarvoa, jonka selitysaste oli myös kaikkein paras (28 %, jäännöshajonta 140). Korjatut tulokset on ilmoitettu taulukossa 1.

Pohjoissuomalaisen kuusen tiheys oli hivener suurempi kuin eteläsuomalaisen, mutta iskutaivutuslujuus oli jonkin verran heikompi kuin etelässä. Vuosilustot jäivät pohjoissuomalaisessa aineistossa huomattavasti kapeammiksi kuin eteläsuomalaisessa.

### 32. Iskutaivutuslujuuden riippuvuus puuaineen ominaisuuksista

Puuaineen tiheyden ja iskutaivutuslujuuden välinen korrelaatio oli selvä kummallakin alueella (kuvilla 1 ja 2). Tiheyden kasvaessa 1 kg/m<sup>3</sup> kohosi iskutaivutuslujuus 2,4 J/m<sup>2</sup> eteläsuomalaisessa ja 3,2 J/m<sup>2</sup> pohjoissuomalaisessa aineistossa. Muutos oli siis jälkimmäisessä tapauksessa jyrkempi – samoin riippuvuus oli Pohjois-Suomessa selvempi (r = 0,624) kuin Etelä-Suomessa (r = 0,472).

Tiheyden vaikutusta iskutaivutuslujuuteen kuvattiin myös toisen asteen yhtälön avulla:

$$(1) y = -90,7 + 0,00349R^2$$

jossa

y = iskutaivutuslujuus, J/m<sup>2</sup>

R = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>

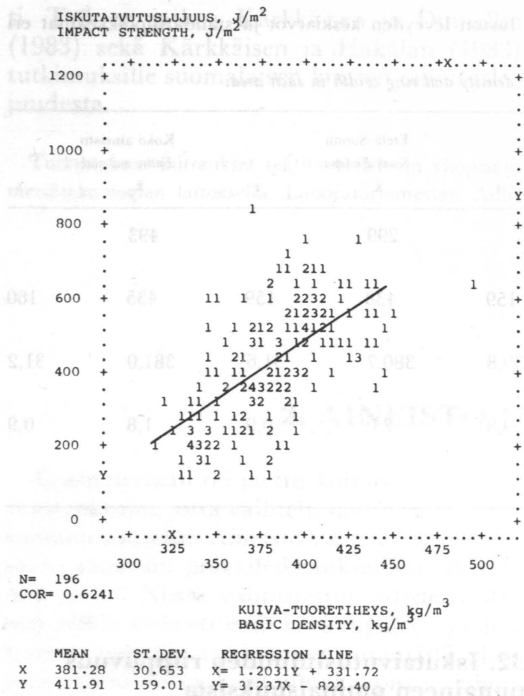
$$R^2 = 27,6 \%$$

$$F(1,491) = 187$$

$$\text{Jäännöshajonta} = 140 \text{ J/m}^2$$

Yhtälön selitysaste ei kuitenkaan ollut juuri sen parempi kuin ensimmäisen asteen yhtälön, joten riippuvuuden voidaan katsoa olevan lineaarisen.

Alueen vaikutusta iskutaivutuslujuuteen kuvattiin Kärkkäisen ja Dumellin (1983) tavoin valemuuttujan avulla, joka sai arvon 0 Pohjois-Suomessa ja arvon 1 Etelä-Suomessa.



Kuva 1. Iskutaivutuslujuuden riippuvuus kuiva-tuoretiheydestä Pohjois-Suomessa.

Fig. 1. The regression of the impact strength on the basic density of northern Finnish wood.

Usean muuttujan regressioanalyysissä valemuuttujasta muodostettiin ristituloja muiden selittävien muuttujien kanssa.

Koko aineistoa kuvaava iskutaivutuslujuuden ennusteyhtälö oli seuraava:

$$(2) y = -606 + 2,64 R + 0,0331 Ra,$$

jossa

y = iskutaivutuslujuus, J/m<sup>2</sup>

R = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>

a = alue 0 = Pohjois-Suomi

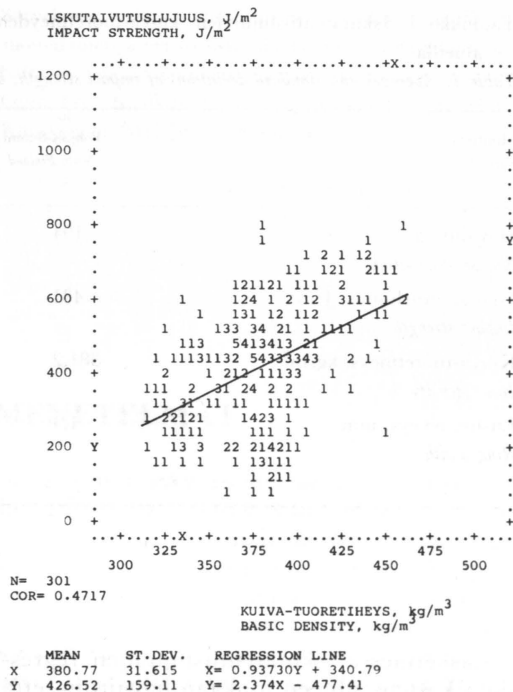
1 = Etelä-Suomi

R<sup>2</sup> = 27,8 %

F(2,490) = 94

Jäännöshajonta = 140 J/m<sup>2</sup>

Yhtälön perusteella voidaan todeta, että puuaineen tiheyden kasvaessa ero iskutaivutuslujuudessa muuttui etelä- ja pohjoissuomalaisten aineistojen välillä. Kun tiheys oli 300 kg/m<sup>3</sup>, oli iskutaivutuslujuus 10 J/m<sup>2</sup>



Kuva 2. Iskutaivutuslujuuden riippuvuus kuiva-tuoretiheydestä Etelä-Suomessa.

Fig. 2. The regression of the impact strength on the basic density of southern Finnish wood.

parempi etelässä kuin pohjoisessa. Vastavasti, kun tiheys oli 450 kg/m<sup>3</sup>, oli lujusero 15 J/m<sup>2</sup>.

Alueen lisäksi tutkittiin myös vuosiluston leveyden vaikutusta iskutaivutuslujuuteen. Selittäjänä käytettiin Olesenin (1976) perusteellama mallia  $x = 1/(w + c)$ , jossa w on vuosiluston leveys ja c vakio. Parhaat tulokset saatiin vakion c arvolla 6,9. Korvatessa alueen vaikutus vuosiluston leveydellä, iskutaivutuslujuuden ennusteyhtälö sai seuraavan muodon:

$$(3) y = -823 + 2,11 R + 3750/(w + 6.9)$$

jossa

y = iskutaivutuslujuus, J/m<sup>2</sup>

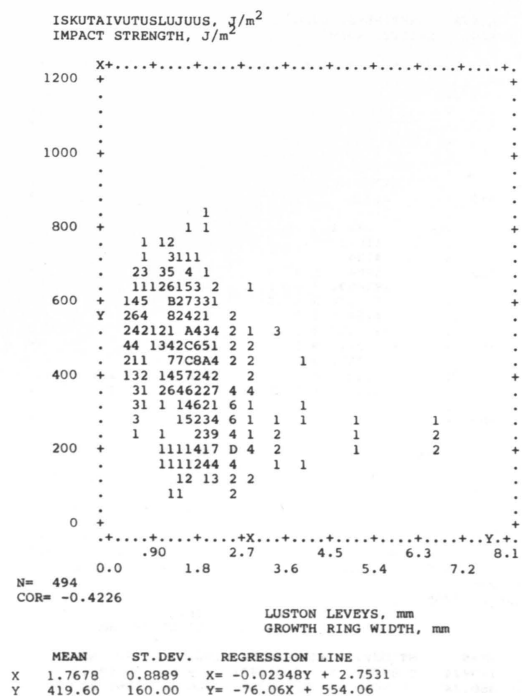
R = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>

w = vuosiluston leveys, mm

R<sup>2</sup> = 32,7 %

F(2,490) = 119

Jäännöshajonta = 130 J/m<sup>2</sup>



Kuva 3. Iskutaivutuslujuuden riippuvuus vuosiluston keskileveydestä. Koko aineisto.

Fig. 3. The regression of the impact strength on the average ring width. Entire population.

Selitysaste oli siis jonkin verran korkeampi kuin yhtälössä (2), joten vuosiluston leveydellä on suurempi merkitys kuin alueella yhtälön selittävyyden kannalta.

Käytettäessä Olesenin (1976) mallia, ilman että tiheyden vaikutusta otettiin huomioon, saatiin huomattavasti alhaisempi selitysaste:

$$(4) y = -353 + 6720/(w + 6.9)$$

jossa

y = iskutaivutuslujuus, J/m<sup>2</sup>

w = vuosiluston leveys, mm

R<sup>2</sup> = 19,1 %

F(1,497) = 117

Jäännöshajonta = 140 J/m<sup>2</sup>

Tilastolliset tunnusluvut osoittavat, että iskutaivutuslujuuden ennustaminen pelkästään vuosiluston leveyden avulla on liian epätarkka. Aineiston iskutaivutuslujuuden jakauma luston leveyden suhteen on esitetty kuvassa 3.

### 33. Puuaineen tiheyden riippuvuus vuosiluston leveydestä

Vuosiluston leveyden ja puuaineen tiheyden on todettu korreloivan heikosti keskenään (Kärkkäinen ja Dumell 1983). Sama voidaan nähdä myös tästä aineistosta (kuvat 4 ja 5). Kun koko aineistoa tarkasteltiin yhtenä kokonaisuutena, käytettiin Olesenin (1976) regressiomallia  $R = a + b / (w + c)$ , jossa R on kuivatuoretiheys, w vuosiluston leveys ja c vakio, jonka arvoksi saatiin kokeilemalla 6,9. Ennusteyhtälö oli seuraava:

$$(5) R = 200 + 1500/(w + 6,9) + 11,1 a$$

jossa

R = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>

w = vuosiluston leveys, mm

a = alue 0 = Pohjois-Suomi

1 = Etelä-Suomi

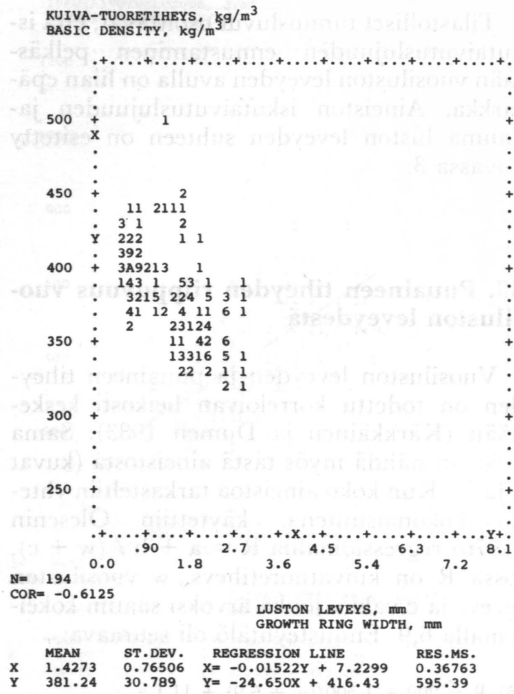
R<sup>2</sup> = 22,8 %

F(2,490) = 73

Jäännöshajonta = 27,5 kg/m<sup>3</sup>

Vuosiluston leveys kasvaessa kuusen puuaineen tiheys laski varsin selvästi. Sen sijaan vuosiluston leveyden ollessa sama oli tiheys eteläsuomalaisessa aineistossa 11 kg/m<sup>3</sup> suurempi kuin pohjoissuomalaisessa.



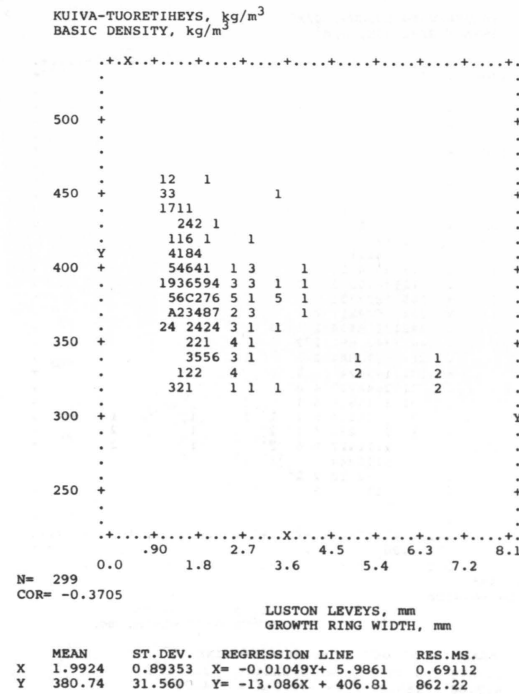


Kuva 4. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus vuosiluston keskileveydestä Pohjois-Suomessa.

Fig. 4. The regression of the basic density on the average ring width in northern Finnish wood.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Puuaineen iskutaivutuslujuuden määrittäminen on nopea ja yksinkertainen tapa testata puun lujuutta ja se mahdollistaa suuren aineiston käsittelyn. Toisaalta menetelmä on melko kärkeä, mikä näkyy suurista hajontaluvuista muissakin tutkimuksissa (Takahashi ja Fujita 1969, Takahashi ym. 1973, Wood Handbook 1974, Ghelmeziu 1938 ja Keith 1966). Hajonta saattaa olla keskiarvosta 30...35%. Tämä johtuu anatomisen rakenteen ja kemiallisen koostumuksen eroista sekä luston ja syiden suunnan vaihtelusta katkaisusuuntaan nähden (Keith 1964, 1966; Fagan ja McLain 1983). Lisäksi tulokset ovat päteviä vain mittausstandardinsa puitteissa, ts. eri laboratorioiden tuloksia ei voida suoraan verrata toisiinsa.



Kuva 5. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus vuosiluston keskileveydestä Etelä-Suomessa.

Fig. 5. The regression of the basic density on the average ring width in southern Finnish wood.

Aineiston keskimääräiseksi iskutaivutuslujuudeksi saatiin 435 J/m<sup>2</sup> kuiva-tuoretiheyden ollessa 381 kg/m<sup>3</sup>. Ghelmeziun (1938) kuusesta tekemän tutkimuksen tulosten perusteella saadaan vastaavalla kuiva-tuoretiheydellä iskutaivutuslujuudeksi 448 J/m<sup>2</sup>.

Kuusen iskutaivutuslujuus on varsin korkea, jos vertaamme sitä seuraavaan luetteloon, johon on koottu joitakin aikaisempia tuloksia eri lajeista järjestettynä puuaineen tiheyden mukaan. Luvut ovat keskiarvoja säteen ja tangentin suuntaisista mittauksista, ja sen lisäksi tiheysarvot on muunnettu vastaamaan kuiva-tuoretiheyttä (kg/m<sup>3</sup>) ja iskutaivutuslujuus SI-yksiköiksi (J/m<sup>2</sup>). Mittaukset on tehty ilmakuvinä, mutta tuloksia ei ole muutettu vastaamaan 12 %:n kosteutta.

Laji	Kuiva-tuoretiheys, kg/m <sup>3</sup>	Iskutaivutuslujuus, J/m <sup>2</sup>	Lähde
<i>Abies sachalinensis</i>	310	383	Takahashi ym. (1973)
<i>Abies balsamea</i>	320	428	Sinclair ja Barnes (1983)
<i>Pinus strobus</i>	330	349	Wood Handbook (1974)
<i>Picea engelmannii</i>	340	440	Wood Handbook (1974)
<i>Sequoia sempervirens</i>	374	409	Fagan ja McLain (1983)
<i>Picea abies</i>	381	435	Tämä tutkimus
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	403	422	Drow ym (1958)
<i>Pinus sylvestris</i>	403	497	Takahashi ym. (1973)
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	460	690	Keith (1966)
<i>Pinus taeda</i>	480	637	Wood Handbook (1974)

Ero etelä- ja pohjoissuomalaisen kuusen välillä oli varsin pieni, vain 7 J/m<sup>2</sup>. Suuren hajonnan huomioon ottaen ei eroa voida pitää merkittävänä. Myös ero kuiva-tuoretiheydessä oli sängen pieni Etelä- ja Pohjois-Suomesta kootun aineiston välillä: 0,5 kg/m<sup>3</sup>.

Tulosten mukaan tiheyden vaikutuksen eliminoinnin jälkeen luston oheneminen lisäsi iskutaivutuslujuutta. Tämän perusteella poh-

joissuomalainen kuusi on kestävämpää kuin eteläsuomalainen. Tulos on samansuuntainen kuin mitä Kärkkäinen ja Dumell (1983) saivat kuusen taivutuslujuudesta.

Mikäli vuosiluston leveys oli sama, oli tiheys jopa 11 kg/m<sup>3</sup> alhaisempi pohjoisessa kuin etelässä (kaava (5)). Tämä tulos tukee aikaisempia käsityksiä siitä, että vuosiluston leveyden ollessa sama tiheys alenee siirryttäessä etelästä pohjoiseen.

Niinikään luston leveys ei yksistään selittänyt kovin hyvin iskutaivutuslujuuden vaihtelua aineistossa, vaan puuaineen tiheys oli ensisijainen tekijä. Vuosiluston leveyden perusteella ei liioin voitu kovin hyvin ennustaa tiheyttä. Kuten kuvista 4 ja 5 nähdään, sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa tiheys vaihteli huomattavasti luston leveyden ollessa saman. Tämän kaiken perusteella voidaan todeta, että puun lujuutta ja laatua on vaikea päätellä pelkästään luston leveyden perusteella, mihin johtopäätökseen tulivat myös Kärkkäinen ja Dumell (1983).

#### KIRJALLISUUS

- DROW, J. T., MARKWARDT, L. T. & YOUNG-QUIST, W. G. 1958. Results of impact test to compare the pendulum impact and toughness test methods. USDA For. Serv. FPL Rep. 2109: 1-12.
- FAGAN, G. B. & McLAIN, T. E. 1983. The influence of small grain angle variation on toughness. Wood and Fiber Sci. 15(2): 94-101.
- GHELMEZIU, N. von 1938. Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. Holz Roh- u. Werkstoff 1(15): 585-601.
- KEITH, C. T. 1964. Annual layers affect resistance of wood to impact. For. Prod. J. 14(7): 285-289.
- 1966. Effect of orientation of annual layers on the resistance of wood to impact loading. J. Mat. 1(4): 759-769.
- KÄRKKÄINEN, M. & DUMELL, O. 1983. Kuusipuun taivutuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of basic density and growth ring width on the bending strength of spruce wood from south and north Finland. Silva Fenn. 17(2): 125-135.
- & HAKALA, H. 1983. Kuusitukin koon vaikutus sivulautojen taivutus- ja puristuslujuuteen. Summary: Effect of log size on the bending and compression strength of side boards in spruce. Silva Fenn. 17(2): 137-142.
- OLESEN, P. O. 1976. The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 34: 339-359.
- SEEGER, R. 1937. Untersuchungen über den Gütevergleich von Holz nach der Druckfestigkeit in Faserichtung und nach der Schlagfestigkeit. Forschungsberichte Holz (4): 46-75.
- SINCLAIR, S. A. & BARNES, D. P. 1983. Toughness of healthy spruce budworm-killed balsam fir. For. Prod. J. 33(7/8): 24-26.
- TAKAHASHI, A. & FUJITA, S. 1969. Dependence of specific gravity on absorbed energy of impact bending in tropical woods. Mokuzai Gakkaishi 15(4): 140-145.
- , MURAKAMI, Y. & SCHNIEWIND, A. P. 1973. Relationship between specific gravity and absorbed energy in impact bending. Mokuzai Gakkaishi 19(11): 521-532.
- THUNELL, B. 1941. Hållfasthetsegenskaper hos svenskt furuvirke utan kvistar och defekter. Ing. Vet. Akad. Handl. 161: 1-45.
- WENGERT, E. M. 1979. Relationship between toughness of hardwoods and specific gravity. Wood Sci. 11(4): 233.
- Wood Handbook. Wood as an Engineering Material. 1974. USDA For. Serv., Agric. Handb. 72. Washington.

## SUMMARY

### THE INFLUENCE OF BASIC DENSITY AND GROWTH RING WIDTH ON THE IMPACT STRENGTH OF SPRUCE WOOD FROM SOUTH AND NORTH FINLAND

According to published data there is a positive relationship between wood toughness and its basic density. There is evidence that basic density is also influenced by growth ring width. There is much less information about the geographical location: i.e. if the growth ring effect is similar in the north and south.

In order to obtain evidence of this, a sample population consisting of 500 spruce wood samples was gathered from northern Finland (a sawmill in the Oulu region) and from southern Finland (a sawmill in the Hämeenlinna region). The samples were chosen from boards made from outer log parts. Thus, the wood can be regarded as mature. Maximal variation was striven for in the width on growth rings.

The moisture content and basic density of test pieces were proved according to ISO standards 3130, 3131 and 4469. The shock resistances of  $2 \times 2 \times 30$  cm spruce wood pieces were evaluated with an Amsler-type testing machine. The impact strength was transformed to 12 % moisture content using the empirical finding that one percent difference in the moisture content affects the bending strength by  $8,8 \text{ J/m}^2$ .

Table 1 summarizes the results of this test. The stan-

dard deviation in impact bending data was over 30 % so the difference between areas is not significant.

The results showed that there was a significant relationship between basic density of wood and impact strength in both data groups and the relationship was linear (Fig. 1 and 2).

The influence of geographic location was due to the effect of growth ring width. According to the results, the impact strength increased with the decrease in growth ring width when the basic density of wood was kept constant. The effect of the growth rate was curvilinear. However, the growth ring width alone was not a good indicator of impact strength because only 19 % of the strength variation was explained by it.

The effect of the growth ring width on the basic density was also analysed by using multiple regression analysis. The effect was curvilinear in both areas. The results also showed that when the growth ring width was kept constant, the basic density was  $11 \text{ kg/m}^3$  lower in northern Finland than in southern Finland. This supports the earlier findings that the density decreases with the latitude as other factors are kept constant.