

# SUOMALAISTEN PUULAJIEN ISKUTAIVUTUSLUJUUS TUOREENA

MATTI KÄRKKÄINEN, JUKKA PIETILÄ & RAILI VIHOLA

*Summary*

*IMPACT BENDING STRENGTH OF FINNISH TREE SPECIES IN GREEN CONDITION*

Saapunut toimitukselle 29. 11. 1985

Tuoreen puutavaran iskutaivutuslujuuden selvittämiseksi kerättiin kaksi aineistoa. Toinen koostui männystä, kuusesta, koivusta, harmaalepästä ja haavasta sahatuista 20×20×300 mm rimoista, jotka murrettiin huoneenlämmössä ja jäätyneenä (-18°C). Toinen aineisto koostui samoista puulajeista sekä katajasta, jotka olivat kuorimattomia luonnonpyöreitä 300 mm pituisia keppejä.

Pyöreiden keppien iskutaivutuslujuus oli puulajista ja lämpötilasta riippuen 1,5...4,4 -kertainen rimoihin verrattuna. Jäätyneiden näytteiden lujuus oli sulia heikompi, mutta ero riippui suuresti puulajista. Koivulla lämpötilan vaikutus oli vähäinen, ja sekä absoluuttisesti että suhteellisesti koivun iskutaivutuslujuus oli korkea. Alhainen iskutaivutuslujuus oli erityisesti männyllä.

## 1. JOHDANTO

Tuoreeseen puuhun kohdistuu koneellistuksessa puunkorjuussa iskumaisia kuormituksia, jotka saattavat ääritapauksessa murtaa puun. Etenkin harvesterityöskentelyn jäljiltä tapaa paksuja latvuksia, jotka ovat katkenneet työstettävästä puusta sen osuessa kaato- vaiheessa toisiin puihin. Teollisuudessa iskumaisia kuormituksia esiintyy kuorimarum-mussa, ja ilmeiseltä vaikuttaa, että puulajeilla on eroa (Niiranen 1985, s. 72).

Koska tuoreeseen puuhun kohdistuvat iskumaiset kuormitukset ovat nykyisessä puunkorjuu- ja käsittelytekniikassa yleisiä, eri puulajien iskutaivutuslujuus on kiintoisa kysymys. Kun kotimaista tutkimustietoa ei ole

ja myös kansainvälisestä kirjallisuudesta löytyy vain hajahavaintoja, päätettiin selvittää tärkeimpien suomalaisten puulajien iskutaivutuslujuus tuoreena sekä talvi- että kesäoloissa.

Tekijöiden kesken työ jakautui siten, että Pietilä keräsi rimanäytteitä koskevan aineiston, testasi sen ja kirjoitti sitä koskevan tutkimusraportin, jota on käytetty hyväksi käsillä olevassa julkaisussa. Vihola puolestaan keräsi pyöreitä keppejä koskevan aineiston, testasi sen ja laski alustavat tulokset. Kärkkäinen teki laskelmia kummankin osa-aineiston tiedoista ja kirjoitti tutkimusraportin, joka tarkastettiin yhdessä.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Iskutaivutuslujuutena pidettiin sitä energiaa poikkipinta-alayksikköä kohti, jonka murrettava kappale absorboi heilurivasaran liike-energiasta. Heilurivasaran massa oli 8 kg, heilahduskorkeus 1200 mm ja käytettävissä oleva energia 100 J. Määrittäminen tehtiin ISO-standardin 3348 mukaan (International . . . 1975).

Testattavat puulajinäytteet kerättiin kahdella tavalla, kuitenkin siten, että kummassakin tapauksessa pyrittiin oksattomiin ja muuten virheettömiin näytteisiin. Rima-aineiston muodostivat 20×20×300 mm rimat, jotka sahattiin läpimitaltaan 60 . . . 100 mm pölkystä. Pölkkyt kerättiin nuorten metsiköiden harvennushakkuiden yhteydessä. Puolet rimoista pakastettiin ja testattiin jäätyneenä, puolet taas testattiin huoneenlämmössä. Luontaisen vaihtelun vähentämiseksi parikit pyrittiin leikkaamaan samasta pölkystä. Kun erilaisten vikojen vuoksi täydelliseen vastavuuteen ei päästy, lämpötilan vaikutusta ei pyritty testaamaan parikkien eroista, koska aineiston määrä olisi tällöin pienentynyt.

Kun iskutaivutuslujuus on tunnetusti herkkä vähäisillekin syysuunnan muutoksille ja lovivaikutuksille (Ghelmeziu 1938, Fagan ja McLain 1983), tavanomaisen rima-aineiston lisäksi testattiin luontaisesti likimain pyöreitä keppejä, jotka saatiin pieniläpimittaisista puista. Keppien pituus oli 300 mm ja läpimita pituuden puolivälissä 15 . . . 35 mm. Keppien lujuus mitattiin kuorineen sen poistamisesta aiheutuvien lovien välttämiseksi, mutta

kuoren vaikutuksen eliminoimiseksi se oli katkaistu pituuden puolivälissä. Rimojen tavoin kepeistä puolet mitattiin pakastettuina ja puolet huoneenlämmössä. Myös tässä tapauksessa eri lämpötiloissa mitatut näytteet pyrittiin saamaan samasta puusta, mutta koska tähän ei täydellisesti päästy, lämpötilan vaikutusta ei testattu parikkien eron perusteella.

Murtamisen yhteydessä mitattiin absorboitunut energia sekä näytteen poikkipinta-ala. Lisäksi määritettiin kaikista näytteistä kuiva-tuoretiheys tavanomaisella veteenupotusmenetelmällä sekä rimojen osa-aineistosta keskimääräinen vuosiluston leveys.

Aineiston määrä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tutkimusaineisto  
Table 1. Investigation material

Puulaji - Tree species	Rima-aineisto Sawn rectangular pieces		Keppiaineisto Round pieces	
	Lämpötila Temperature		Temperature	
Havainnot - Number of observations	+18°C	-18°C	+18°C	-18°C
Mänty - Pine	50	47	30	33
Kuusi - Spruce	48	44	25	30
Koivu - Birch	50	48	30	33
Harmaaleppä - Grey alder	49	45	31	31
Haapa - Aspen	46	47	30	30
Kataja - Juniper	-	-	28	30

## 3. TULOKSET

### 3.1. Sahattuja rimoja koskevat tulokset

Taulukossa 2 on esitetty sahattuja rimoja koskevat iskutaivutuslujuudet huoneenlämpötilassa ja pakastettuna. Taulukon mukaan eri puulajeista lujin oli koivu, jota seurasivat muut puulajit järjestyksessä haapa, leppä, kuusi ja mänty. Järjestys oli sama eri lämpötiloissa.

Kaikilla puulajeilla lämpötilan aleneminen merkitsi iskutaivutuslujuuden heikkenemistä, mutta erot olivat suuret. Taulukosta 2 todetaan, että ainoastaan lepällä lämpötila vaikutti luontaiseen hajontaan nähden merkittävän paljon iskutaivutuslujuuteen: jäätyneen puun iskutaivutuslujuus oli 22 % alhaisempi kuin sulan. Koivulla ero ei ollut edes tilastollisesti merkitsevä, 4 %.

Taulukko 2. Rimojen iskutaivutuslujuus eri puulajeilla sulana ja jäätyneenä.  
Table 2. Impact bending strength of various tree species in unfrozen and frozen condition as samples were sawn rectangular pieces.

Puulaji - Tree species	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m <sup>3</sup>	Lämpötila - Temperature			
		+18°C		-18°C	
		Iskutaivutuslujuus Impact bending strength kJ/m <sup>2</sup>			
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mänty - Pine	342	30,1	19,3	27,7	12,6
Kuusi - Spruce	355	38,9	17,8	34,1	14,9
Koivu - Birch	441	63,8	33,3	61,1	30,2
Harmaaleppä - Grey alder	352	43,9	22,2	34,1	12,8
Haapa - Aspen	355	53,1	32,5	46,2	18,3

Iskutaivutuslujuuden vaihtelun syitä tutkittiin regressioanalyysillä. Päähuomio kiinnitettiin kuiva-tuoretiheyden ja vuosiluston leveyden vaikutukseen eri puulajeilla ja lämpötiloissa. Voitiin havaita, että *Betulaceae*-heimon puulajit, koivu ja leppä, muodostivat muista puulajeista poikkeuksen, sillä tiheys ja vuosiluston leveys eivät selittäneet juuri lainkaan iskutaivutuslujuuden vaihtelua. Muilla puulajeilla havaittiin, että iskutaivutuslujuus kohoaa tiheyden lisääntyessä, erityisesti sulan puun ollessa kyseessä, ja jos tiheys on vakioitu, vuosiluston leveyden kohotessa lujuus alenee. Erityisen hyvään selittävyteen nämä kaksi tekijää eivät kuitenkaan riitä, kuten seuraava jaotelmä osoittaa.

Jos puulajien vertailussa otetaan huomioon niiden tiheys jakamalla iskutaivutuslujuus kuiva-tuoretiheydellä, puulajien erot pienevät, mutta eivät läheskään poistu. Tämä ilmenee seuraavasta jaotelmasta.

Puulaji	Iskutaivutuslujuus jaettuna kuiva-tuoretiheydellä kJm <sup>3</sup> /kgm <sup>2</sup>	
	Tuore	Jäinen
Mänty	0,085	0,080
Kuusi	0,111	0,096
Koivu	0,146	0,138
Harmaaleppä	0,124	0,098
Haapa	0,149	0,128

Jaotelman mukaan koivu ja haapa sekä sula leppä ovat tiheyteensä nähden korkean iskutaivutuslujuuden omaavia. Havupuut ovat niihin verrattuna heikkoja, erityisesti mänty.

### 3.2. Pyöreitä keppejä koskevat tulokset

Taulukossa 3 on esitetty tulokset iskutaivutuslujuudesta, joka koskee tuoreita, kuorimattomia pieniläpimittaisia puukeppejä.

Taulukossa 3 havaitaan, että pyöreiden, luonnontilaisten puukeppien iskutaivutuslujuus on moninkertainen sahattuihin rimoihin verrattuna, jotka on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 3. Pyöreiden keppien iskutaivutuslujuus eri puulajeilla sulana ja jäätyneenä.  
Table 3. Impact bending strength of various tree species in unfrozen and frozen condition. Samples are round sticks.

Puulaji - Tree species	Kuiva-tuoretiheys Basic density kg/m <sup>3</sup>	Lämpötila - Temperature			
		+18°C		-18°C	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Mänty - Pine	455	120,0	45,8	52,2	34,0
Kuusi - Spruce	497	171,6	42,6	95,9	44,7
Koivu - Birch	440	145,4	42,0	110,3	34,8
Harmaaleppä - Grey alder	364	107,8	37,6	61,9	47,4
Haapa - Aspen	357	82,1	32,1	74,1	24,0
Kataja - Juniper	585	156,9	53,9	69,4	49,4

Sulassa tilassa puulajien iskutaivutuslujuus oli 1,5 . . . 4,4-kertainen ja jäisenä 1,6 . . . 2,8-kertainen sahattuihin kappaleisiin verrattuna. Myös puulajien suhteet olivat jossakin määrin toiset. Sulana lujin puu oli kuusi, jota seurasivat kataja, koivu, mänty, leppä ja haapa. Jäisistä puulajeista lujin oli koivu, jota seurasivat kuusi, haapa, kataja, leppä ja mänty.

Taulukossa 3 havaitaan, että jäätyminen alensi kaikilla puulajeilla iskutaivutuslujuutta. Huomattavin vaikutus oli männyllä ja katajalla, noin 56 %, mutta myös kuusi, leppä ja koivu heikkenivät. Vähäisin jäätyminen vaikutus oli haavalla, alle 10 %.

Iskutaivutuslujuuden puulajin sisäistä vaihtelua selvitettiin tarkastelemalla lujuiden riippuvuutta tiheydestä. Kaikilla puulajeilla yhteys oli positiivinen, mutta tilastollisesti merkitsevä (ja käytännössä merkittävä) vain haavalla sekä männyllä ja kuusella sulassa tilassa. Kun iskutaivutuslujuuden selittävinä tekijöinä olivat tiheys ja sen neliö, selitysasteet olivat seuraavat.

Puulaji ja tila	Selitysaste %, kun selittävinä tekijöinä kuiva-tuoretiheys ja sen neliö
Mänty, sula	34,9
Mänty, jäinen	8,1
Kuusi, sula	40,5
Kuusi, jäinen	9,6
Koivu, sula	10,9
Koivu, jäinen	20,0
Leppä, sula	2,7
Leppä, jäinen	3,8
Haapa, sula	26,5
Haapa, jäinen	37,9
Kataja, sula	1,4
Kataja, jäinen	0,4

Puulajien vertailu tehtiin myös jakamalla iskutaivutuslujuus kuiva-tuoretiheydellä. Tulokset olivat tällöin seuraavan jaotelman mukaiset.

Puulaji	Iskutaivutuslujuus jaettuna kuiva-tuoretiheydellä kJm <sup>3</sup> /kgm <sup>2</sup>	
	Tuore	Jäinen
Mänty	0,260	0,115
Kuusi	0,352	0,189
Koivu	0,333	0,247
Harmaaleppä	0,301	0,167
Haapa	0,231	0,204
Kataja	0,272	0,118

Jaotelman mukaan tiheyteensä nähden olivat lujia puulajeja sulassa tilassa kuusi ja koivu, kun taas erityisesti mänty ja haapa olivat heikkoja. Jäätyneistä puista olivat lujia tiheyteensä nähden koivu ja haapa, kun taas mänty ja kataja olivat erityisen heikkoja.

Kun jaotelman ominaisiskutaivutuslujuuksia verrataan vastaaviin sahattujen rimojen tietoihin, suhteet olivat sulassa tilassa 1,6 . . . 3,2 ja jäisenä 1,4 . . . 2,1. Rimojen ja keppien erilaisen tiheyden huomioon ottaminen siis hieman pienentää materiaalien eroa aiempaan taulukkojen 2 ja 3 vertailuun nähden.

Koska pyöreiden keppien läpimitat hieman vaihtelivat, selittäväksi tekijäksi kokeiltiin myös läpimittaa sen jälkeen kun tiheyden vaikutus oli eliminoitu. Läpimitan erillisregressiota koskevat tulokset on esitetty seuraavassa jaotelmassa.

Puulaji	Regressiokerroin kJmm/m <sup>2</sup>	
	Sula	Jäinen
Mänty	6,2	4,3
Kuusi	-0,0	-
Koivu	-	-
Harmaaleppä	-	-
Haapa	3,7	3,4
Kataja	-	-

Kuten havaitaan, männyllä ja haavalla iskutaivutuslujuus kohosi läpimitan kasvaessa 3 . . . 6 kJ/m<sup>2</sup> jokaista läpimitan millimetriä kohti. Muilla puulajeilla riippuvuudet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

Sahattujen rimojen ja kuorimattomien keppien iskutaivutuslujuus osoittautui tutkimuksessa perin erilaiseksi, kuten oli odotettavissakin. Pyöreiden keppien moninkertainen lujuus perustuu ilmeisesti lovivaikutuksen puuttumiseen - ovathan solut ehjiä ulkoreunasta alkaen - ja mahdollisesti myös kasvujännityksiin, jotka vastaavat kappaleen esi-jännitystä. Lovivaikutuksen puuttumiseen liittyy myös syiden suunta, joka sahatuissa näytteissä aina poikkeaa jonkin verran sauvan pääakselin suunnasta.

Molemmassa aineistoissa havaittiin jääty-misen alentavan iskutaivutuslujuutta tuoreiden näytteiden ollessa kyseessä. Samanlaisia tuloksia on saatu aiemmin mm. männystä (Thunell 1941).

Merkittävää oli, että koivu oli kummankin aineiston mukaan puulaji, johon lämpötilan vaikutus oli pieni. Sitä vastoin mm. lepällä lämpötilan aleneminen merkitsi selvää lujuiden alenemista.

Pyöreiden keppien aineistossa lämpötilan vaikutus oli selvästi suurempi kuin sahatuissa näytteissä, joissa näytteen pinnan syiden rikkonaisuus tai jokin vastaava tekijä alensi lu-

juustasoja niin paljon, että lämpötilan vaikutus peittyi osittain sen alle.

Tulosten yhteisenä piirteenä oli myös männyllä heikko iskutaivutuslujuus sekä absoluuttisesti että suhteessa tiheyteen. Kuusesta saatiin sitä vastoin ristiriitaisia tuloksia. Sahattujen rimojen aineistossa kuusi oli heikkohko männyllä tavoin, mutta pyöreänä näytteenä erittäin luja. Vaikka otetaan huomioon pyöreiden näytteiden poikkeuksellisen korkea tiheys (alikasvoskuuset), ero säilyy. Ilmeisesti kuusi on erityisen herkkä pinnan lovivaikutuksille.

Toisaalta kirjallisuuden mukaan ilmakuiva sahattu (ja höylätty) kuusi on iskutaivutuslujuudeltaan noin 30 . . . 40 kJ/m<sup>2</sup> (Kučera 1974, Saranpää 1983, Okstad ja Kärstad 1985). Kun vastaava koivun arvo on noin 90 kJ/m<sup>2</sup> (Kučera 1974, 1984) eli yli kaksinkertainen kuuseen verrattuna, tämä tukee käsitystä, että pyöreän kuusen korkea iskutaivutuslujuus voi johtua vain sellaisesta tekijästä, jota pyöreästä puusta sahatuissa näytteessä ei ole. Kasvujännitykset ovat yksi mahdollisuus.

Sulan haavan korkeahko iskutaivutuslu-

juus herättää huomiota erityisesti sahattujen rimojen aineistossa havupuihin verrattuna. Ilmakuivasta haavasta on saatu samanlaisia tuloksia: iskutaivutuslujuus on mm. kuusta korkeampi (Nagoda 1981). Samaa viittaavat eri poppelilajeista saadut tulokset (Götze 1964). Yhtenä syynä voi olla haavassa yleinen vetopuu: sen iskutaivutuslujuus on erityisesti tuoreena korkeampi kuin normaalin puun (Hale ym. 1961).

Tutkimuksessa todettu ilmiö, että tiheyden lisääntyminen kohottaa iskutaivutuslujuutta vain eräillä puulajeilla toisten reaktion ollessa vähäinen, on havaittu aiemmin eri tutkimuksissa (Keith 1966, Gerhards 1968, Takahashi ja Fujita 1969, Takahashi ym. 1973). Tulos viittaa siihen, että lujuudelle tärkeä kemiallinen koostumus ja rakenne voi muuttua epäsuotuisesti lujuuden kannalta tiheyden kohotessa. Iskutaivutuslujuuteen vaikuttaa eniten selluloosapitoisuus (Barefoot 1965), ja näin ollen jos tiheyden kohotessa selluloosan osuus alenee, ilmiö käy ymmärrettäväksi.

Kuten mainittiin, pyöreitä kuorimattomia keppejä koskevat iskutaivutuslujuudet olivat kirjallisuustietoihin verrattuna poikkeuksellisen korkeat, kun jälkimmäiset perustuvat yleensä 20×20×300 mm sauvoihin. Itse asiassa myös sahattuja rimoja koskevat lujuudet ovat korkeita ilmakuivia puulajeja koskeviin käsikirjatietoihin verrattuna. Syynä on tällöin

se, että kosteiden näytteiden iskutaivutuslujuus on selvästi korkeampi kuin ilmakuivien (Drow ym. 1958, Keith 1964). Toinen asia sitten on, että eri laitteisiin perustuvat tulokset ovat verrattavissa vain likimäärin (Drow ym. 1958, Gerhards 1968).

Sahattujen rimojen aineistossa koivun heimoa lukuun ottamatta todettu iskutaivutuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä vastaa Saranpään (1983) tuloksia, jotka hän sai etelä- ja pohjoissuomalaisesta kuusesta ilmakuivana: tiheyden suuretessa lujuus kasvaa, mutta jos tiheys pidetään vakiona, vuosiluston paksuneminen alentaa lujuutta. Nämä vuosiluston leveyden erillisvaikutusta koskevat havainnot tukevat murtumismekaniikan teoriaa luontaisen särön vaikutuksesta lujuuteen (Wright ja Leppävuori 1984). Kun luontaisen särön pituus vastaa kevätpuun paksuutta, vuosiluston paksuuden vaikutus käy ymmärrettäväksi. – Selvää myös on, että tiheyttä vakioimatta vuosiluston paksuuden vaikutus on sama, koska yleensä vuosiluston paksutessa ainakin havupuiden tiheys alenee.

Syy koivun heimon poikkeuksellisuuteen rima-aineistossa on hämärän peitossa. Kyseessä ei voi olla pelkästään havu- ja lehtipuiden ero, koska haapaa koskivat samat säännönmukaisuudet kuin havupuita.

## KIRJALLISUUTTA

- Barefoot, A. C. 1965. Influence of cellulose, lignin, and density on toughness of yellow-poplar. *For. Prod. J.* 15 (1): 46–49.
- Drow, J. T., Markwardt, L. J. & Youngquist, W. G. 1958. Results of impact tests to compare the pendulum impact and toughness test methods. *USDA For. Serv. For. Prod. Lab. Rep.* 2109: 1–18.
- Fagan, G. B. & McLain, T. E. 1983. The influence of small grain angle variation on toughness. *Wood Fiber Sci.* 15 (2): 94–101.
- Gerhards, C. C. 1968. Effects of type of testing equipment and specimen size on toughness of wood. *USDA For. Serv. Res. Pap.* FPL 97: 1–11.
- Ghelmeziu, N. 1938. Untersuchungen über die Schlagfestigkeit von Bauhölzern. *Holz Roh- u. Werkstoff* 1 (15): 41–42.
- Götze, H. 1964. Untersuchungen über einige verwerkungskennzeichnende Eigenschaften des Pappelholzes (II). *Holzindustrie* 17 (8): 224–227.
- Hale, J. D., Perem, E. & Clermont, L. P. 1961. Importance of compression wood and tension wood in appraising wood quality. *Can. Dept. For. Pap.* 0–186: 1–7.
- International standard 3348: Wood – Determination of impact bending strength. 1975. *ISO 3348–1975 (E)*. 4 s.
- 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. Materials* 1 (4): 759–769.
- Kučera, B. 1974. Mekanisk-fysiske egenskaper hos trematerialer for framstilling av ski. *Norges Landbrukshøgskole*. Stencil. 205 s.
- 1984. Bjørkevirkets mekaniske, teknologiske og fysiske egenskaper. *Norges Landbruksvitenskaplige Forskningsråd, sluttrapport* 500: 1–21.
- Nagoda, L. 1981. Mekaniske egenskaper hos osp (*Populus tremula* L.). Summary: Mechanical proper-

- ties of aspen (*Populus tremula* L.). *Meld. Norges Landbrukshøgskole* 60 (8): 1–66.
- Niiranen, M. 1985. Tutkimus kuorimarummun prosessiteknisestä mitoituksesta. Summary: Study of barking drum process dimensioning. *Helsingin Teknillinen Korkeakoulu, Selluloosatekniikan laboratorio. Väitöskirja*. 139 s.
- Okstad, T. & Kärstad, H. 1985. Mekaniske egenskaper hos små, feilfrie prøver av granvirke (*Picea abies* L. Karst.) fra Nord-Norge. Summary: The mechanical properties of spruce wood (*Picea abies* L. Karst.) in Northern Norway. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 38 (18): 1–47.
- Saranpää, P. 1983. Puuaineen tiheyden ja vuosiluston leveyden vaikutus kuusen iskutaivutuslujuuteen Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of basic density and growth ring width on the impact strength of spruce wood from south and north Finland. *Silva Fenn.* 17 (4): 381–388.

- Takahashi, A. & Fujita, S. 1969. Dependence of specific gravity on absorbed energy of impact bending in tropical woods. *Mokuzai Gakkaishi* 15 (4): 140–145.
- , Murukami, 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.
- Wright, K. & Leppävuori, E. K. M. 1984. Murtumismekaniikan soveltaminen puuhun. Abstract: Application of fracture mechanics to timber. *VTT tiedotteita* 373: 1–101.

Total of 20 references

## SUMMARY

### IMPACT BENDING STRENGTH OF FINNISH TREE SPECIES IN GREEN CONDITION

There are great impact forces in mechanized harvesting and wood yard in the mills which can cause breaks in timber. However, very little is known of the impact strength of timber in green condition at various temperatures. Therefore, two materials were gathered and tested. One material consisted of sawn pieces the dimensions being 20×20×300 mm. The species were pine (*Pinus sylvestris* L.), spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.), grey alder (*Alnus incana* L.) and aspen (*Populus tremula* L.). The test temperatures were +18°C and –18°C. In the impact loading an Amsler machine was used with a hammer weight of 8 kg and a total energy of 100 J. The impact bending strength was measured as the energy absorbed by the wood piece during loading in kJ/m<sup>2</sup>.

The other material consisted of unbarked naturally round sticks the length being 300 mm and the diameter varying between 15 and 35 mm. The tree species were

the same with the addition of juniper (*Juniperus communis* L.). See table 1.

The results are given in tables 2 and 3. It was found that the impact strength of round sticks was 1.5 . . . 4.4 times as great as that of sawn pieces. The reasons are possibly the avoidance of cell breaks at the surface as well as growth stresses.

The frozen samples were clearly weaker than unfrozen samples. However, the change varied with the tree species. In birch the change in the impact strength was little, but in juniper and pine and partly in grey alder the change was great.

As a rule the impact bending strength increased with increasing density within a species. However, the correlation varied greatly between species. If density was kept constant, an increase in the growth ring width decreased the impact strength. The reason may lie in the fracture mechanics.

## KÄSIKIRJOITUSTEN TARKASTUS VUONNA 1985 Appraisal of manuscripts in 1985

Suomen Metsätieteellisen Seuran julkaisusarjojen Acta Forestalia Fennica ja Silva Fennica toimituskunta on saanut arvokasta apua lukuisilta asiantuntijoilta, jotka ovat hyväntahtoisesti arvioineet painettavaksi tarjottujen käsikirjoitusten tieteellistä tasoa ja kieli-  
asua. Vuonna 1985 tehdystä tarkastustyöstä toimituskunta esittää parhaat kiitoksensa seuraaville asiantuntijoille.

*The editorial board responsible for the scientific series (Acta Forestalia Fennica and Silva Fennica) published by the Society of Forestry in Finland has received invaluable assistance from a large number of experts who have kindly provided assessments of the scientific level and linguistic style of manuscripts submitted for publishing. The board would like to express its sincere thanks to the following experts for appraising the manuscripts during the year 1985.*

Erkki Annila  
Sven-Erik Appelroth  
Rihko Haarlaa  
Pentti Hakkila  
Veikko Huhta  
Pertti Huttunen  
Jouko Hämäläinen  
Risto Juvonen  
Seppo Kaunisto  
Seppo Kellomäki

Matti Keltikangas  
Veikko Koski  
Mikko Kukkola  
Timo Kurkela  
Kullervo Kuusela  
Matti Kärkkäinen  
Lalli Laine  
Matti Leikola  
Erkki Lipas  
Hannu Mannerkoski

Eino Mälkönen  
Matti Nuorteva  
Eero Paavilainen  
Pekka Pakarinen  
Matti Palo  
Paavo Pelkonen  
Simo Poso  
Juhani Päivänen  
Jyrki Raulo  
Antti Reinikainen

Päiviö Riihinen  
Pentti K. Räsänen  
Juhani Salmi  
Sakari Salminen  
Kustaa Seppälä  
Risto Seppälä  
Olli Uusvaara  
C. J. Westman  
Yrjö Vuokila

ODC 906+97

ISSN 0037-5330

SIMULA, M. 1985. Forestry and development – a global viewpoint. *Seloste: Metsätalous ja kehitys – globaalinen näkökulma*. Silva Fenn. 19 (3): 339–354.

Based on long-term economic and social projections a general overview of the main current issues in world forestry is presented. The role of the forestry as a development agent and an environmental asset is important but still largely unrecognized. Deforestation has social origin and is rapidly deteriorating socio-economic living conditions in developing countries. Problems in tropical forest management remain to be solved. Plantations will play an increasing role in future timber supply. Pollution is the main forestry problem in industrialized countries.

Correspondence: University of Helsinki, Department of Social Economics of Forestry, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 52+232.11

ISSN 0037-5330

PARVIAINEN, J. 1985. Istuttamalla perustetun nuoren männikön, kuusikon, siperianlehtikuusikon ja rauduskoivikon kasvu. Summary: Growth of young Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations. *Silva Fenn.* 19 (3): 355–364.

Early growth of four different tree species (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Larix sibirica* Ledeb. ("L. sukaczevii Dylis") and *Betula pendula* Roth) 16–23 years after planting were compared in a field experiment established on a stony, grove-like upland in South-Finland. The growth of the spruce stand was clearly slower than that of the other species. Height growth was most rapid in the silver birch stand and diameter growth in the larch stand. No clear difference were found in the mean volume of the 100 thickest trees in the stand between the larch and silver birch.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Station, P.O. Box 68, SF-80101 Joensuu, Finland.

ODC 682+(744)

ISSN 0037-5330

HAROU, P. A. 1985. Comparison of methodologies to evaluate aid programs to nonindustrial private forests. *Seloste: Yksityismetsiin kohdistuvien avustusohjelmien arviointimenetelmien vertailu*. Silva Fenn. 19 (4): 365–375.

A methodology to evaluate forestry programs aimed at increasing timber supply from nonindustrial private forests is presented that aggregates the marginal social cost and marginal social benefit of a sample of program participants and compares them in a benefit-cost efficiency ratio. The marginal analysis is based on detailed property and landowner behavior surveys which are costly but represent a good standard to compare the performance of other approaches.

Author's address: Department of Forestry and Wildlife Management, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003, USA. (Correspondence in Finland: Ilpo Tikkanen, Helsingin yliopisto, kansantaloudellisen metsäekonomian laitos, Unioninkatu 40 B, 00170 Helsinki.)

ODC 811.4+815.2+851

ISSN 0037-5330

HALINEN, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. Summary: The effect of the growth rate of young pine on the quality of sawn goods. *Silva Fenn.* 19 (4): 377–385.

The quality of battens and planks sawn from butt logs decreased as the average ring width measured at various distances from the pith increased. The difference between the quality classes in ring width was greatest when the mean value of the ring width was measured between 2 and 4 cm from the pith. As the size of sawn goods, and, simultaneously, the log size increased, the average ring width increased in a given quality class.

Author's address: Metsäteho, PL 194, SF-00131 Helsinki, Finland.

ODC 160.2+451.2+149.6 *Alces alces*+174.7 *Pinus sylvestris* ISSN 0037-5330  
LÖYTTYNIEMI, K., 1985. On repeated browsing of Scots pine saplings by moose (*Alces alces*). Seloste: Männyntaimien toistuvasta hirviviituksesta. Silva Fenn. 19 (4): 387-391.

The size, nutrient contents and terpene composition of needles of untouched and repeatedly browsed pine saplings were compared. The needles of damaged pines were significantly larger but only slight differences occurred in the needle chemistry.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 237.4+56+174.7 *Picea abies*

ISSN 0037-5330

WESTMAN, C. J., NUMMI, T. & LEIKOLA, M., 1985. Käytännön typpilannoituksen vaikutus varttuneiden kuusikoiden kasvuun ja tuotokseen. Summary: The effect of large scale nitrogen fertilization on growth and yield of mature Norway spruce stands in south-western Finland. Silva Fenn. 19 (4): 393-406.

A method for calculation of the effect of practical forest fertilizations for economic evaluation is presented and discussed. Fifty-five spruce dominant stands were surveyed five to eight years after fertilization with nitrogen. The relationships between the fertilization effect and various stand characteristics were discussed. Fertilization had increased the growth of the stands on an average by 2.2 m<sup>3</sup> per hectare per year. In total the increase of tree growth during the research period was 17.5 m<sup>3</sup> per hectare. This corresponds to a yield of 525-659 Fmk per hectare.

Authors' address: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 232.322.411+114.261+176.1 *Alnus* ISSN 0037-5330

PALMGREN, K., SAARSALMI A. & WEBER A., 1985. Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones. A greenhouse experiment. Seloste: Eräiden leppäklonien typensidontaa ja biomassan tuotos. Kasvihuonekoe. Silva Fenn. 19 (4): 407-420.

Nitrogenase activity, height growth and biomass production in six clones of *Alnus* was studied during two growing seasons. The effect of nitrogen fertilizer was tested on one of the clones. Clonal differences in height growth and nitrogenase activity were recorded at the end of the first growing season. The growth rhythm of some of the clones changed markedly during the second growing season but differences in nitrogenase activity between clones levelled out. Nitrogen fertilization suppressed nodulation during the first growing season and the following year the nitrogenase activity was significantly higher in alders grown without nitrogen supplement. Height growth and total biomass production was also depressed at rather low nitrogen levels.

Authors' addresses: *Palmgren & Saarsalmi*: The Finnish Forest Research Institute, Dept. of Soil Science, P. O. Box 18, SF-01301 Vantaa 30, Finland. *Weber*: Univ. of Helsinki, Dept. of General Microbiology. Mannerheimintie 172, SF-00280 Helsinki 28, Finland.

ODC 812.712+174.7 *Pinus, Picea, Juniper* +  
176.1 *Betula, Alnus, Populus*

ISSN 0037-5330

KÄRKKÄINEN, M., PIETILÄ, J. & VIHOLA, R., 1985. Suomalaisen puulajien iskutaivutuslujuus tuoreena. Summary: Impact bending strength of Finnish tree species in green condition. Silva Fenn. 19 (4): 421-427.

Pine, spruce, birch, grey alder, aspen and juniper samples were gathered green for the estimation of the impact bending strength in unfrozen and frozen condition. Round unbarked sticks had 1.5 . . . 4.4 times greater impact strength than sawn pieces. The frozen samples were weaker than unfrozen the difference being variable with tree species. Averages and standard deviations are given in kJ/m<sup>2</sup>.

Authors' address: University of Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki, Finland.

## KIRJOITUSTEN LAATIMISOHJEET

Silva Fennica-sarjassa julkaistaan lyhyitä metsätieteellisiä tutkimuksia ja kirjoituksia kotimaisilla kielillä tai jollakin suurella tieteellisellä kielellä. Julkaistavaksi tarkoitettu käsikirjoitus toimitetaan kahtena kappa-leena seuran sihteerille painatuskelpoisessa asussa. Seuran hallitus ratkaisee asiantuntijoita kuultuaan, hyväksytäänkö kirjoitus painettavaksi.

Kirjoitusten laadinnassa noudatetaan Silva Fennica 4 (3):ssa (1970) annettuja sekä toimittajan erikseen antamia ohjeita. Suureissa, yksiköissä, symboleissa ja kaavoissa sekä oikoluvussa noudatetaan suomalaisia standardeja SFS 2300, 3100, 3101 ja 2324.

Kirjoitusten alkuun tulee julkaisun kielellä lyhyt tiivistelmä tutkimuksen tuloksista (ladottuna korkeintaan 20 riviä). Samoin laaditaan lyhyt mutta riittävä englanninkielinen summary ja myös englanninkielinen kirjastokortti, joka pituudeltaan on korkeintaan 18 konekirjoitusriviä. Sisällysluetteloa ei käytetä. Mahdolliset kiitokset esitetään johdannon lopussa ja ne ladotaan normaalia pienemmällä kirjaksimella.

Kuvat on laadittava mieluiten yhdelle palstalle sopiviksi (lev. n. 6,5 cm). Kuvien sisällä olevat tekstit on kirjoitettava siirtokirjaimin, tekstityslaitteella tai muuten siististi. Useita osakuvia sisältävät kuvat tai monen kuvan sarjat on suunniteltava siten, ettei taitto vaikeudu. Kuvaoriginaalien tulee olla korkeintaan kokoa A4. Mikäli isompia kuvia joudutaan käyttämään, on asiasta sovittava toimittajan kanssa. Valokuvien on oltava teknisesti moitteettomia, kiiltävälle paperille vedostettuja. Värikuvia ei yleensä hyväksytä. Kuvien otsikko-tekstejä ei missään tapauksessa saa kirjoittaa kuvaoriginaaleihin, vaan ne kirjoitetaan erilliselle liuskalle. Taulukkotekstit kirjoitetaan kuitenkin ao. taulukon yläosaan, eikä niistä erillistä luetteloa tarvita.

Taulukot laaditaan mahdollisimman paljon lopullista painatusasuaan muistuttaviksi. Taulukoiden viivoituksen on oltava yhdenmukainen ja harkittu, yleensä pari johtoviivaa riittää. Vain pienet, yhdelle palstalle sopivat asetelmat ovat sallittuja, suuremmista tulee tehdä taulukko. Taulukot ja kuvat numeroidaan juoksevasti ja sijoitetaan tekstiosasta erilleen kukin omalle liuskalleen. Kuvien ja taulukoiden toivotut paikat merkitään käsikirjoituksen marginaaleihin. Jos vieraskielisessä summaryssä viitataan kuviin ja taulukoihin, tulee viitatuissa kuvissa ja taulukoissa olla vieraskieliset otsikot ja selitykset. Muut kuvat ja taulukot saavat olla yksikieliset.

Matemaattiset kaavat, ylä- ja alaindeksit sekä erikoismerkit on kirjoitettava selkeästi, niin että jokainen merkki on yksiselitteinen. Matemaattiset kaavat on muokattava sellaisiksi, että ne mahtuvat palstan leveydelle (n. 6,5 cm). Leveämmät kaavat on katkaistava soveltuvasta kohdasta ja jatkettava seuraavalle riville.

Tekstin lähdeviittaukset kirjoitetaan aikaisemmasta poiketen pienin kirjaimin. Milloin tekijöitä on kolme tai useampia, mainitaan tekstissä vain ensimmäinen (esim. Heikurainen ym. 1961). Jos julkaisulla on kaksi tekijää, pannaan nimien väliin ja-sana painatuskielellä. Sulkeiden sisässä olevat viittaukset erotetaan toisistaan pilkulla (esim. Aho 1976, Elo ja Virtanen 1979, Suk ym. 1980).

Kirjallisuusluettelossa julkaisujen tekijät kirjoitetaan isoin kirjaimin, milloin tekijänä on henkilö. Jos tekijöitä on useita, nimet erotetaan pilkulla, paitsi kaksi viimeistä, jotka erotetaan &-merkillä. Tekijäin etunimistä käytetään vain alkukirjaimia. Mikäli sama ensimmäinen tekijä on kirjoittanut useampia julkaisuja, nimeä ei toisteta vaan se korvataan yhtäläisyysmerkillä. Toisen tekijän suhteen ei näin kuitenkaan tehdä. Tutkimusten nimet kirjoitetaan lyhentämättä. Tavallisista julkaisusarjoista käytetään lyhenteitä, jotka on painettu Silva Fennica 5(2):ssa (1971). Harvinaisia tai poikkeuksellisia sarjoja ei lyhennetä. Julkaisun numeron yhteydessä ei mainita vol.- tai n:o -sanoja. Sivunumerot erotetaan kaksoispisteellä volyymin tai julkaisun numerosta. Esimerkkejä:

- Gustavsen, H. G. 1976. Miten puut reagoivat lannoitukseen varttuneissa metsiköissä? *Metsä ja Puu* 4: 15–18.  
— & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia For.* 246: 1–20.  
Smolander, H., Räsänen, P. K. & Kostamo, J. 1981. Maan tiivyyden vaikutus männynntaimien haihduntaan ja pituuskasvuun istutuksen jälkeen. Summary: Effect of soil compaction on transpiration and height increment on planted Scots pine seedlings. *Silva Fenn.* 15(3): 256–266.  
Sääsäkeohjeet 1982. Ilmatieteen laitos. Helsinki.

Englanninkielisten tekstien kääntämisestä ja pätevän kieliasiantuntijan tekemästä tarkastamisesta huolehtii kirjoittaja. Seura voi maksaa tarkastamiskustannukset valtionvarainministeriön antamien ohjeiden mukaisesti.

Lähempiä tietoja antaa seuran julkaisujen toimittaja.



## KANNATTAJAJÄSENET – SUPPORTING MEMBERS

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR  
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN  
KESKUSLIITTO  
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO  
KESKUSOSUUSLIIKE HANKKIJJA  
SUNILA OSAKEYHTIÖ  
OY WILH. SCHAUMAN AB  
OY KAUHAS AB  
KEMIRA OY  
G. A. SERLACHIUS OY  
KYMI-STRÖMBERG OY  
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO  
KOIVUKESKUS  
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ  
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS  
OY TAMPELLA AB  
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ  
KAJAANI OY  
KEMI OY  
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO  
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA  
VEITSILUOTO OSAKEYHTIÖ

OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY  
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS  
OY HACKMAN AB  
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ  
RAUMA REPOLA OY  
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS  
JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY  
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI  
SOTKA OY  
THOMESTO OY  
SAASTAMOINEN YHTYMÄ OY  
OY KESKUSLABORATORIO  
METSÄNJALOSTUSSÄÄTIÖ  
SUOMEN METSÄNHOITAJALIITTO  
SUOMEN 4H-LIITTO  
SUOMEN PUULEVYTEOLLISUUSLIITTO R. Y.  
OULU OY  
OY W. ROSENLEW AB  
METSÄMIESTEN SÄÄTIÖ  
SÄÄSTÖPANKKIEN KESKUS-OSAKE-PANKKI  
ENSO-GUTZEIT OY