

MÄNTYSAHATUKKIEN MINIMIVAATIMUSTEN TÄSMENTÄMINEN

MATTI KÄRKKÄINEN & MARKKU HALINEN

Summary

REAPPRAISAL OF MINIMUM REQUIREMENTS OF PINE SAWLOGS

Saapunut toimitukselle 20. 5. 1985

Yhteensä 807 laadultaan ja kooltaan vaihtelevaa mäntytukkia sahattiin ja saheet laatuluokiteltiin. Tärkeimmäksi sahatavaran arvoa selittäväksi oksaisuustunnukseksi todettiin suurin kuivien oksien läpimitta. Vaikutus oli erilainen tyvi- ja muissa tukeissa. Tulosten sovellutuksena ehdotetaan seuraavaa mäntysahatukkiensa minimivaatimusten täsmentämistä muiden vaatimusten pysyessä ennallaan.

1. Minimirunko on runko, josta saadaan ainakin yksi minimivaatimukset täyttävä tukki.
2. Tukin minimipituus on 31 dm.
3. Suurimmat kuivien ja elävien oksien läpimitat ovat seuraavat.

Tukin latvaläpimitta cm	Suurimman oksan läpimitta, mm		Elävä oksa
	Tyvitukit	Kuollut oksa Muut tukit	
. . . 19	30	40	40
21 . . . 27	40	50	50
29 . . .	60	60	60

1. JOHDANTO

Suomessa käytetyt mäntysahatukkiensa minimilaatuvaatimukset vaihtelevat jossakin määrin ajallisesti ja paikallisesti, koska virallisia määräyksiä ei ole. Mittauslainsäädännön mukaan maa- ja metsätalousministeriö vahvistaa laatumääräykset niitä tapauksia varten, jolloin ei ole sovittu riittävän tarkoin laatumääräyksistä (Puutavaran mittaussääntö luku 6). Tällaista vahvistamista ei ole kui-

tenkaan koskaan tehty, ilmeisesti siksi, ettei siihen ole ollut käytännön tarvetta.

Sahatukkiensa minimivaatimuksiksi ovat Etelä-Suomessa Länsi-Suomea lukuun ottamatta käyttöön vakiintuneet ns. Järvi-Suomen laatuvaatimukset, joista on sovittu Teollisuuden Puuyhdistyksen (TPY) ja Maataloustuottajain Keskusliiton (MTK) metsävaltuuskunnan välillä. Ne perustuvat olen-

naisilta osiltaan 1950-luvun lopulla tehtyyn laajaan koesahaustutkimukseen, jonka aineistona oli yli 2500 mäntyttukia (Heiskanen ja Siimes 1959). Joitakin pieniä oksankokotäsmennyksiä on tehty muunnettaessa alkupe-
räiset tuumamitat millimetreiksi, mutta minimivaatimusten rakenne ja yleinen vaatimustaso perustuvat vielä nykyäänkin olennaisesti 1950-luvun loppupuolen ajattelutapaan.

Sahatavaramarkkinoiden ja sahaustekniikan muutoksista aiheutuu, että minimivaatimusten tarkoituksenmukainen taso ja rakenne on tarpeen harkita uudelleen. Markkinamuutoksista merkittävin on, että Vientisaha-tavaran lajitteluohjeiden (1960) määrittelemä taso ei enää nykyisin riitä ainakaan vaativimmille ostajille, vaan kussakin sahatavaran laatuluokassa on totuttu vaatimaan ja saamaan parempaa laatua kuin ohjeet sinänsä edellyttävät (Nuorivaara 1980). Teknisistä muutoksista ovat eniten vaikuttaneet keino-kuivauksen yleistäminen, joka on ollut omiaan kasvattamaan elävän ja kuolleen oksan merkityseroa, ja höyläyksen lisääntyminen, joka on yhtä lailla korostanut elävän ja kuolleen oksan eroa laadun kannalta.

Periaatteessa kaikilla sahatavaran laatuvaatimuksiin kohdistuneilla muutoksilla on vaikutusta myös raaka-aineen vaatimukseen, koska sahatavaran tuotanto on olennaisesti

raaka-aineen paloittelua. Tämän vuoksi katsottiin aiheelliseksi tutkia, millaisia minimivaatimuksia tulee asettaa mäntysahatuille tuotteiden ja kustannusten muodostamisen kannalta.

Tutkimus tehtiin Suomen Sahanomistajayhdistyksen toimeksiannosta ja kustannuksella. Tekijöiden kesken työ jakautui siten, että Halinen vastasi aineiston hankinnasta ja koesahauksesta, kun taas Kärkkäinen vastasi laskennasta ja raportin kirjoittamisesta. Työn viimeistely oli yhteistyötä. Tutkimuksen suunnitteluun ja erityisesti tulosten tarkasteluun osallistuneessa tukiryhmässä toimivat J. E. Arnkil, Seppo Kangas, Reijo Miettinen, Markku Paavilainen ja Harri Pelkonen.

Kenttäaineiston keruusta huolehti Tehdaspuu Oy:n henkilökunta Kari Borgmanin johdolla. Leimikoiden valinnasta ja korjuusta vastasi Viitasaaren piirillä Seppo Julkunen, Pielaveden piirillä Kauko Mykkänen ja Iisalmen piirillä Martti Tyynelä. Runkojen mittauksesta huolehtivat Jorma Partanen ja Pentti Lappalainen.

Kymi-Strömberg Oy:n Soinlahden sahalla tehdystä koesahauksesta vastasi Tapio Pihlaja. Tukkien ja saheiden mittauksesta huolehtivat Kari Uusi-Pantti, Erkki Henrik Kettunen ja Erkki Juuma. Laboratoriomittauksia teki Michel Marcus.

Käsikirjoituksen lukivat Pentti Hakkila, Veijo Heiskanen, Risto Juvonen, Klaus Pörhölä ja Juhani Salmi.

Kiitämme saamastamme tuesta.

2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1. Aineisto

Koesahausta varten valittiin yhdeksän leimikkoa Tehdaspuu Oy:n Päijänteen ja Savon hankinta-alueelta syksyllä 1983. Viitasaarella oli leimikoista 3, Pielavedellä 2, Vieremällä ja Iisalmissa 1 ja Lapinlahdella 2. Valinnassa pyrittiin kuljetussyistä siihen, että maaperä oli kantavaa kivennäismaata ja leimikon lähellä kulki autotie. Muuten haluttiin saada mahdollisimman suuri järeyden ja oksaisuuslaadun vaihtelu leimikoiden välille. Niinpä tavoitteeksi asetettiin, että kolmasosa leimikoista olisi järeäpuustoisia päätehakuulei-

mikoita, kolmasosa keskijäreitä väljennys-hakuuleimikoita ja viimeinen kolmannes sellaisia, joissa saadaan ensi kertaa harvennus-hakkuissa tukkeja.

Oksaisuuslaadun piti vaihdella mahdollisimman paljon. Näin ollen aineistoon valittiin korkealle karsiutuneita runkoja ja toisaalta susipuita, joiden suurimmat oksat olivat yli 10 cm paksuja. Sitä vastoin muita vikoja kuin oksaisuutta pyrittiin karttamaan, koska mm. korojen ja muiden vastaavien vikojen vaikutus on paremmin selitettävissä juuri näihin

vikoihin keskittyvillä erillisillä koesahaustutkimuksilla aiempien esimerkkien tavoin (esim. Heiskanen 1968). Lenkoja ja muuten muotovikaisia tukkeja tuli kuitenkin runsaasti mukaan aineistoon, koska lenkous korreloi-tuu vikana oksaisuuteen (Kärkkäinen 1980 a, s. 25).

Kultakin leimikolta aineistoon valitut puut merkittiin huolellisesti sekaantumisen estämiseksi. Mittauksia tehtiin ennen kaatoa ja pölytystä rungoista, kuljetuksen jälkeen sahalle tukeista, sahausten jälkeen saheista sekä näytepaloista laboratorioissa.

Kaatamattomista puista mitattiin rinnan-
korkeusläpimitta (cm), läpimitta 6 m korkeu-
delta (cm), pituus (m) sekä etäisyydet kaato-
leikkauskohdasta alimpaan kuivaan oksaan,
kuivan latvuksen alarajaan, alimpaan elä-
vään oksaan, elävän latvuksen alarajaan sekä
kaarnakuorirajaan (kaikki m). Lisäksi todet-
tiin, missä sijaitsivat paksuimmat kuivat ja
elävät oksat ja mitkä olivat niiden läpimitat.

Rungon muut viat oli mahdollista kuvata ilmoittamalla vian tyyppi, sijainti kaatoleikkauskohdasta laskien sekä mahdollisesti koko. Tarkastellut vikatyypit ja käytetyt koon mittarit olivat seuraavat:

Vian tyyppi	Vian koon mittari
1 Poikaoksa	Läpimitta, cm
2 Laho-oksa	Läpimitta, cm
3 Suuri oksakyyhmy	Ulkonema puun pinnasta, cm
4 Oksakiehkura (väh. 4 kpl yli 4 cm oksia rungon läpimitan levyisellä vyöhykkeellä)	Oksien keskim. läpimitta
5 Terve koro	Pituus, dm
6 Laho koro	Pituus, dm
7 Kääpä	(Ei mittaria)
8 Tervasroso	Pituus, dm
9 Mutka	(Ei mittaria)

Kun rungot oli apteerattu tavanomaisten apteeraussäätöjen mukaan, leimikko- ja runkokohtaiset tunnistetiedot siirrettiin jokaiseen rungon tukkiin. Tukin sijainti rungossa merkittiin juoksevasti tyvestä alkaen. Enimmillään rungosta saatiin neljä tukkia. Jos välileikkoja tehtiin, ne mitattiin erikseen.

Tukeista mitattiin kuorelliset tyvi-, keskus- ja latvaläpimitat samassa satunnaisessa suunnassa sekä kuoreton minimilatvaläpimita (mm). Lisäksi mitattiin tukin tarkka pituus (cm) ja lenkous (cm), joka määriteltiin tukin tyvi- ja latvaleikkausten keskipisteiden kohdalle pingotetun mittanauhan maksimaaliseksi poikkeamaksi tukin keskiviivasta. Edelleen todettiin, missä oli tyvipäästä lukien ensimmäinen kuiva oksa ja mikä oli sen läpimita (mm). Samalla tavalla etsittiin ja mitattiin ensimmäinen elävä oksa sekä paksuin kuollut ja paksuin elävä oksa. Muina oksaisuustunnuksina mitattiin elävien ja kuolleiden oksien lukumäärä oksaisimmalla tukin pituuden 1,5 m osalla. Niiden keskikoon selvittämiseksi mitattiin satunnaisesti valituista oksista läpimittoja. Osa-aineistosta selvitettiin tukin pinnasta ja kynnäksen ulkopuolelta mitatun oksan läpimitan välinen yhteys.

Koesahauksessa leimikko-, runko- ja tukki-tunnukset kopioitiin saheisiin, jotta ne voitaisiin osoittaa laskennassa asianomaisiin tukkeihin ja runkoihin. Lisäksi jokaisesta saheesta todettiin, mistä tukin osasta se oli otettu. Tällöin erotettiin pelkkakehällä erotetut laudat sekä niistä sisemmät ja ulommat laudat. Jakokehällä tehdyistä saheista erotettiin soivot sekä asetteen sisemmät ja ulommat laudat.

Jokaisesta saheesta todettiin em. asema asetteessa sekä kuivina nimellismittoina paksuus (mm), leveys (mm) ja pituus (dm). Laatu-luokkina erotettiin u/s-laadut I . . . VI sekä laudoista kotimaan pintalauta (pl/kl), vienti-pintalauta (pl/vl) ja höylävajaasärmä. Lisäksi erotettiin hylkykappaleet, joiden arvo las-tettiin kuitenkin hakkeena.

Laboratoriomittauksia varten leikattiin jokaisesta rungosta tyvikiekkko tai ytimen sisältävä sektori. Siitä mitattiin vuosilustojen lukumäärä eli kannonkorkeusikä, ytimen läpimitta sekä kasvunopeus 5 vuoden jaksoina ytimeistä pintaan saakka. – Näitä mittauksia ei hyödynnetty käsillä olevassa tutkimuksessa, koska kasvunopeus ei ole niinkään minimivaatimukseen kuuluva tekijä, vaan tehokas lisäselittäjä arvioitaessa oksattomien tyvitukien sisäistä laatua.

2.2. Asetteet

Koesahauksessa käytettiin seuraavia kuoretomasta latvaläpimitasta riippuvia asetteita.

Latvaläpimita, mm	Asete
332 . . . 425	25-25-225-25-25 25-25-50-50-50-25-25
284 . . . 331	25-25-225-25-25 16-25-25-75-75-25-16
262 . . . 283	25-200-25 25-25-75-75-25-25
252 . . . 261	25-200-25 25-25-63-63-25-25
242 . . . 251	25-175-25 16-25-75-75-25-16
232 . . . 241	19-175-19 19-19-63-63-19-19
222 . . . 231	25-150-25 25-75-75-25
211 . . . 221	19-150-19 19-19-63-63-19-19
194 . . . 210	19-150-19 19-19-50-50-19-19
178 . . . 193	19-150-19 19-19-38-38-19-19
168 . . . 177	19-125-19 19-50-50-19
145 . . . 167	19-100-19 19-50-50-19
130 . . . 144	100 38-38

2.3 Laskenta

Kun kaikki mittaukset rungoista, tukeista ja saheista oli tehty, niitä koskevat tiedot tallennettiin tietokoneen muistiin. Alkuperäisistä tiedostoista tehtiin joukko tarkistuksia, joilla pyrittiin varmistamaan tiedon oikeellisuus, erityisesti se, että saheet saatiin osoiteksi oikein tiettyihin tukkeihin ja runkoihin. Loogisuustarkastuksina käytettiin mm. sitä,

että soiroja sai tulla yhdestä tukista vain kaksi (yhdessä luokassa neljä), niiden pituuden tuli olla korkeintaan tukin pituinen, paksuuden ja leveyden piti olla sopusoinnussa tukin latvaläpimitan mukaisen asetteen kanssa sekä saannon piti olla järkevissä suhteissa tukin tilavuuteen. Kun tarkastuksessa havaittiin epäuskottavia tuloksia, tarkistettiin mitauslomakkeista tietojen kirjaus ja tehtiin tarvittaessa muutoksia. Tavallisimmin kyseessä oli virheellisestä numeroinnista tai numeroiden lukemisesta aiheutunut saheen osoittamisvirhe.

Kaikkia havaittuja epäloogisuuksia ei saatu korjatuksi, vaan kyseiset tukit jouduttiin hylkäämään varsinaisesta laskennasta. Kaikkiaan menetettiin 25 tukkia varsinaisesta tulosten laskennasta, joten kokonaisaineistoksi jäi 807 tukkia.

Laskentamenettely oli seuraava. Tietojen tarkistuksen jälkeen yhdistettiin muut tiedot tukkitiedostoon, ts. yksikkönä pidettiin tukkia. Sahetiedot yhdistettiin siten, että tukikohtaisesti saatiin lasketuksi soirojen ja lautojen tilavuus, niiden arvo ja keskimääräinen yksikköhinta. Arvo laskettiin kahdella tavalla. Yhtenäishinnoittelussa käytettiin u/s-laadulle vakiohintaa (erikseen soiroille ja laudoille) laadun sisäisestä jakaumasta riippumatta. Erillishinnoittelussa u/s-laatu jaettiin alaluokkiin I . . . IV, jotka hinnoiteltiin erikseen. Eri vaihtoehdoissa käytettiin seuraavia suhteellisia lukuja (u/s-laata=100, u/s-soiro=72).

Laatu	Yksikköhinta (u/s-laata=100)	
	Soirot	Laudat
I	158	220
II	101	140
III	76	105
IV	65	90
V	55	58
VI	47	47
Höylävajaasärmä		57
Vientipintalauta		35
Kotimaanpintalauta		30

Erillishinnoittelua on pidettävä radikaalina, ts. se korostaa arvoerojen merkitystä. Hyvin vähäistä hintaporrastusta on joskus käytetty, esim. u/s-soiroilla I=135, IV=94

(Heiskanen 1951 a) tai I=130, IV=85 (Mietinen ja Uusvaara 1983). Painotuksen vaihtelu on ymmärrettävää, koska laatuja I . . . IV ei yleensä myydy erikseen eikä markkinahintaa näin ollen muodostu. Pitkällä aikavälillä laatuerojen merkitys on kuitenkin kasvanut (Heiskanen 1951 b, s. 89).

Leveyden u/s- ja V-laatuksen yksikköhintaa korottava vaikutus otettiin huomioon käyttämällä seuraavia hinnankorotusprosentteja.

Leveys, mm	Hinnankorotus, %	
	Soirot	Laudat
200	4,5	3,6
225	9,1	7,3

Laskettaessa sahatavaran arvoa tukin tilavuutta kohti käytettiin suhteellisten arvojen pohjana tasoa u/s-laata = 1000. Tähän suhteutettiin myös tuotot kuoresta, purusta ja hakkeesta. Näille käytettiin seuraavia yksikköhintoja. – Hinnat ovat varsin alhaisia, koska pyrittiin käsittelykustannukset huomioon ottaviin nettointoihin.

Sivutuote	Yksikköhinta (u/s-laata=1000)
Kuori	25
Puru	56
Hake	127

Kuoren määrä laskettiin erikseen tyvitukkeille ja muille tukeille käyttäen Heiskanen ja Rikkosen (1976, s. 34) kuoritiotoja Kärkkäisen (1980 a, s. 141) laskemien yhtälöiden mukaisesti. Purun määrä laskettiin määräosuutena sahatavaran tilavuudesta niinkään Kärkkäisen (1980 a, s. 142) yhtälöillä, jotka perustuvat Heiskanen (1976, s. 53) simulointitutkimukseen. Hakkeen määrä saatiin vähentämällä tukin kuorellisesta tilavuudesta kuoren tilavuus, purun tilavuus sekä sahatavaran tilavuus tuoreena. Se saatiin kertomalla kuviin mittoihin perustuva nimellistilavuus kertoimella 1,073.

Sahauskustannukset otettiin huomioon seuraavasti. Sahausnopeus (m/min) laskettiin osin kokemuseräisellä yhtälöllä (1).

$$(1) \quad y = 33 - 0,6667d$$

jossa y = sahausnopeus, m/min
d = tukin latvaläpimita, cm

Sahauskustannukseksi minuuttia kohti otettiin 86,2 (u/s-laata = 1000). Näin ollen tukin sahauskustannus oli tukin pituus kerrottuna suhteella 86,2/y. Sahauskustannus tukin tilavuutta kohti saatiin jakamalla luku tukin tilavuudella. – Mainittakoon, että minuuttikustannustaso 86,2 vastaa keskikokoisella tukilla (0,120 m³ sahatavaraa) sahatavaran tilavuutta kohti kustannustasoa 183 (u/s-laata = 1000).

Sahausnopeus ja siitä johdetut sahauskustannukset perustuvat kehäsahan käyttöön. Koska pienille tukeille käytetään usein nopeamman sahauskustannuksen mahdollistavia pientukkinlinjoja, 13 . . . 15 cm läpimitaisten tukkien sahauskustannukset ovat käytännössä suhteellisesti alemmat kuin käsillä olevassa tutkimuksessa.

2.4. Tilastotieteellinen metodiikka

Aineiston analysoinnissa päätettiin käyttää lähes poikkeuksetta regressioanalyysia, koska se mahdollistaa sopivasti sovellettuna eri mitaustasolla mitattujen muuttujien samanlaisen analysoinnin.

Nominaaliasteikolla luokitellut muuttujat hyödynnettiin valemuuttujatekniikalla siten, että n luokkaa sisältävästä muuttujasta muodostettiin n-1 valemuuttujaa, jotka saivat arvon 0 tai 1. Tarvittaessa nämä valemuuttujat yhdistettiin intervalliasteikolla mitattuihin muuttujiin, jotta regressiokertoimet saataisiin estimoiduksi loogisesti oikein rajatusta aineistosta. Esimerkiksi analysoitaessa suurimman kuivan oksan läpimitan vaikutusta muodostettiin valemuuttuja DB, joka sai arvon 0 kuivia oksia sisältämättömien tukkien ollessa kyseessä ja arvon 1 muulloin. Tällä valemuuttujalla kerrottiin suurimman kuivan oksan läpimita ja käytettiin tätä tulomuuttujaa regressioanalyysin selittävänä tekijänä. Näin menetellen regressioestimaatti perustui ainoastaan niihin tukkeihin, joissa oli oksia. Harhaisa tulos olisi saatu merkitsemällä oksan läpimita nolaksi oksattomissa tukeissa

ja käyttämällä näin määriteltyä oksan läpimittaa sellaisenaan selittävänä tekijänä. Toinen mahdollisuus olisi ollut jakaa tukit oksatomiin tukkeihin, kuivia oksia sisältäviin tukkeihin jne., kuten on tehty mm. vastaavassa ruotsalaisessa tutkimuksessa (Weslien 1983). Tämän ratkaisun huono puoli on kuitenkin vapausasteiden menetys, mikä saattaa olla haitallista ainakin monitasoisia jaotteluita tehtäessä.

Valemuuttujatekniikkaa sovellettiin monipuolisesti siten, että oli mahdollista analysoida eri yhdistelmien merkitystä. Niinpä erotettiin valemuuttujien avulla mm. oksattomat tukit, vain kuivia oksia sisältävät tukit, kuivia (ja mahdollisesti muita) oksia sisältävät tukit, vain eläviä oksia sisältävät tukit ja eläviä (ja mahdollisesti muita) oksia sisältävät tukit. Vastaavasti saatiin lasketuksi mm. se, onko merkitystä sillä, onko pelkästään kuivia oksia sisältävä tukki heikompi vaihtoehto kuin kuivia ja tuoreita oksia sisältävä tukki. – Mainittakoon, etteivät tukkilajit eronneet toisistaan.

Käytetty valemuuttujatekniikka on kuvattu Cunian (1973) työssä.

Kun tutkimuksen tavoitteena oli nimenomaan mäntysahatukin minimivaatimusten täsmentäminen, laskentamenetelmän suunnittelussa käytettiin seuraavaa ajattelutapaa. – Käytännön sahaustoiminnassa pyritään erilaisia tukkeja sahattaessa samansuuruiseen katteeseen, jolla peitetään mm. raaka-aineen hankinnasta ja pääoman käytöstä aiheutuneet kulut. Katteen suuruus riippuu tuotoista ja kustannuksista. Jokin raaka-aineen vika (esim. kuiva oksa, lenkous) alentaa tuottoja, mutta ei olennaisesti vaikuta sahauskustannuksiin. Määräsuuruiseen katteeseen pyrittäessä jonkin vian tuottoja alentava vaikutus riippuu tukin muista tuottoihin vaikuttavista ominaisuuksista. Korkeiden tuottojen tai alhaisten sahauskustannusten tukeissa voidaan sallia pahempi vika (suurempi tuoton menetys) kuin alhaisten tuottojen tai suurten sahauskustannusten tukeissa, jotta päästäisiin samansuuruiseen katteeseen.

Edellä esitetystä seuraa, että vikojen vaikutusta on tarkasteltava siten, että samanaikaisesti otetaan huomioon myös muut tuottoihin ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Laskentateknisesti tämä merkitsee sitä, että valittua kriteerimuuttujaa ennustetaan samanaikaisesti vikamuuttujien ja tärkeimpien muiden tuotto/kustannusmuuttujien avulla.

Kriteerimuuttujina käytettiin soirojen, lauttojen ja kaiken sahatavaran yksikköhintoja, sahatavarasta saatuja tuottoja tukin tilavuutta kohti sekä nettotuottoja, jotka saatiin vähentämällä sahatavaran, kuoren, purun ja hakkeen antamista tuloista sahauskustannukset.

Yksikköhinnan käyttöä puoltaa se, ettei se riipu sahauskustannusten käyttäytymisestä, johon vaikuttavat mm. satunnaisesti esiintyvät viat, työskentelyn huolellisuus ja käytettävä tuotantokoneisto. Tukin tilavuutta kohti lasketujen sahatavaratuottojen käyttöä puoltaa taas se, että käyttösuhde tulee otetuksi huomioon realistisella tavalla – onhan tunnettua, että esim. särmäyksessä voidaan usein valita joko suuri saanto ja alhainen hinta tai alempi saanto ja korkeampi hinta. Jos tarkastellaan pelkästään yksikköhintaa, saatetaan joutua virhepäätelmiin. – Nettotuottojen käyttö on perusteltua siksi, että samanaikaisesti otetaan huomioon kaikki sahauskustannukset ja läpimitaluoille jaoteltavissa olevat sahauskustannukset. Huonona puolena on luonnollisesti tulosten riippuvuus satunnaisista ja laitteistoon liittyvistä kustannus- ja käyttösuhteista. – Kuten aiemmin jo mainittiin, sahauskustannukset perustuvat kehäsahan käyttöön, joka on usein epärealistinen pienten tukkien ollessa kyseessä.

Lukuisten kriteerimuuttujien käyttö perustuu siihen, että niiden informaatio täydentää toisiaan.

Em. muuttujien lisäksi tarkasteltiin erikseen raaka-aineen käytön säästeliäisyyttä. Tätä mitattiin sahatavarasaannolla (=käytösuhteen inverssiarvo) sekä sillä, kuinka paljon lyhyempiä soivot ja laudat olivat tukkien pituuteen verrattuna.

Kuten edellä on todettu, samanaikaisesti vikojen tarkastelun kanssa on otettava huomioon muut tuottoihin ja kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Näistä tärkein on järeyden, jonka tunnuksena käytettiin kuoretonta minimiläpimittaa. Lisäksi kokeiltiin mm. tukkilajin (tyvitukit ja muut tukit) ja pituuden vaikutusta.

Käytännössä laskenta eteni seuraavasti. – Eri kriteerimuuttujia ennustettiin valikoivan regressioanalyysin tekniikalla eri vika- ja muiden muuttujien avulla. Tulosten perusteella valittiin tehokkaimmat vikamuuttujat jatkotarkasteluun, jolloin kriteerimuuttujia selitettiin kiinteiden regressiomallien avulla.

Kiinteissä malleissa oli järeyden ym. vastaavien tekijöiden lisäksi kerrallaan ainoastaan yksi vikamuuttuja eri muunnoksineen ja yhdysvaikutustermeineen, koska arvioitiin, että käytännön sovelluksissa on joka tapauksessa keskityttävä vain tärkeimpiin vikatuonnuksiin. Kiinteitä malleja vertaamalla valittiin tehokkaimmat vikatuonnuksien käytännön sovelluksia varten.

Seuraavassa vaiheessa tarkasteltiin, mitkä tekijät olivat jo valittujen vikamuuttujien sidonnan jälkeen tärkeimmät katteeseen vaikuttavat tekijät. Näin voitiin päätellä, oliko tarpeen lisätä vaikuttavia tekijöitä käytännön sovelluksiin ja miten eri vikayhdistelmät vaikuttivat.

Malleissa ei pyritty keinotekoiseen yksinkertaisuuteen rajoittamalla jotakin vikatuonnuksista koskevaa termien lukumäärää. Tästä seuraavaa vaikealukuisuutta kompensoitiin esittämällä tulokset nomogrammeina, joista kriteerimuuttujan ennustearvo voidaan lukea

kahden vaikuttavan tekijän saamien arvojen perusteella.

2.5. Aineiston tärkeimmät tunnuksat

Tulosten oikein tulkitsemiseksi on taulukoon 1 koottu tärkeimmät aineistoa luonnehtivat suuret. Oksaisuutta ym. vastaavia vikoja koskevat minimi- ja keskiarvot tarkoittavat tukkeja, joissa näitä vikoja ylipäättään esiintyi.

Tavanomaisiin käytännössä sahattaviin tukkeihin verrattuna laatu vaihtelu erityisesti oksaisuuden suhteen oli suurempi: mukana oli sekä huipputukkeja että nykyiset minimivaatimukset selvästi täyttämättömiä tukkeja. Järeysvaihtelu oli sitä vastoin tavanomainen. Pituudeltaan tukit olivat hieman keskimääräistä lyhyempiä.

3. TULOKSET

3.1. Kuivien oksien merkitys laadun kannalta

Ennakolta arvioitiin, että eri oksaisuustunnuksista olisivat tärkeimmät kuivia oksia koskevat suuret. Tämän vuoksi muodostettiin useita kuivaoksisuutta kuvaavia tunnuksia, jotka sopivat laadun ennustamiseen myös käytännön metsätaloudessa.

Kuivia oksia kuvattiin seuraavilla tunnuksilla.

1. Suurimman kuivan oksan läpimitta. – Tunnusta on vanhastaan käytetty sekä Suomessa (mm. Heiskanen ja Siimes 1959) että Ruotsissa, myös uudessa laadun-arvioimismenetelmässä (Weslien 1983).
2. Keskimääräinen kuivien oksien läpimitta oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.
3. Kuivien oksien läpimittojen summan neliö oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.

4. Kuivien oksien läpimittojen summa oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.
5. Kuivien oksien lukumäärä oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.

Kohdan 3 rinnakkaisuutena kokeiltiin läpimittojen neliöiden summaa, joka vastaa piillä kerrottuna oksien yhteistä poikkipinta-alaa oksaisimmalla 1,5 m tukin osalla. Kun tämä tunnus osoittautui summan neliötä heikomaksi selittäjäksi, sitä ei jäljempänä käytetä.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että oksan läpimitta oli keskimäärin sama mitattuna kynnäksen ulkopuolelta (oksantyngän pakkaus) tai tarkoin karsittuna puun pinnasta. Osa-aineiston läpimittojen keskiarvo oli edellisessä tapauksessa 39,1 mm ja jälkimmäisessä 39,2 mm. Näin ollen käytännön sovelluksissa on samantekevää, kummalla tavalla oksan pakkaus mitataan.

Taulukko 1. Aineiston tunnuslukuja
Table 1. Characteristics of the study material

Muuttuja Variable	Keskiarvo Mean	Keskihajonta Standard deviation	Pienin arvo Smallest value	Suurin arvo Largest value
Kuorellinen tyviläpimitta, mm Butt diameter with bark, mm	293	76	167	618
Kuorellinen keskusläpimitta, mm Middle length diameter with bark, mm	241	54	154	456
Kuorellinen latvaläpimitta, mm Top diameter with bark, mm	218	54	139	441
Kuoreton latvaläpimitta, mm Top diameter under bark, mm	207	51	130	425
Pituus, cm Length, cm	459	55	288	596
Lenkous, mm Sweep, mm	22	19	0	130
Paksuin kuiva oksa, mm Thickest dry knot, mm	33	11	15	92
Paksuin elävä oksa, mm Thickest living knot, mm	46	14	19	120
Kuolleita oksia 1,5 m osalla, kpl No. of dry knots per 1,5 m length	5,0	2,6	1	22
Eläviä oksia 1,5 m osalla, kpl No. of living knots per 1,5 m length	4,6	3,3	1	29
Latvakapeneminen, mm/m Taper from top to middle length, mm/m	10	5	0	43
Tyvikapeneminen, mm/m Taper from butt to middle length, mm/m	23	15	1	87
Tyvi-latvakapeneminen, mm/m Taper from top to butt, mm/m	16	8	1	55
Latvakuoren kaksink. paksuus, mm Double top bark thickness, mm	11	7	2	107
Kuivien oksien keskipaksuus, mm Mean diameter of dry knots, mm	25	6	12	73
Elävien oksien keskipaksuus, mm Mean diameter of living knots, mm	36	9	14	82
Tukin ja soirojen pituusero, cm Length difference between logs and battens, cm	26	21	2	206
Tukin ja lautojen pituusero, cm Length difference between logs and boards, cm	105	46	14	324
Tyvitukkeja, % Proportion of butt logs, %	46			
Tukkeja, joissa kuivia oksia, % Proportion of logs with dry knots, %	88			
Tukkeja, vain kuivia oksia, % Proportion of logs with only dry knots, %	46			
Tukkeja, joissa eläviä oksia, % Proportion of logs with living knots, %	48			
Tukkeja, vain eläviä oksia, % Proportion of logs with only living knots, %	6			

Huom. Latvakuoren paksuus sisältää myös epäpyöreiden vaikutusta, koska kuori mitattiin kuorellisen satunnaisessa suunnassa mitatun läpimitan ja kuorettoman minimiläpimitan erotuksena. Epäpyöreiden vaikutus ei kuitenkaan voi olla suuri tässä tapauksessa.

Taulukko 2. Selityssasteet ennustettaessa eri kriteerimuuttujia tukin latvaläpimitan ja kyseisen kuivia oksia kuvaavan oksaisuustunnuksen avulla. Tunnus (A) tarkoittaa u/s-sahatavaran erillishinnoittelua, tunnus (B) sen yhtenäishinnoittelua.

Table 2. Explanation degrees (R^2) in predicting various criterion variables by top diameter of the log and various dry knot characteristics. In (A) sawn goods grades I . . . IV are priced separately (battens and boards with own values). In (B) grades I . . . IV are given the same value.

Kriteerimuuttuja Criterion variable	Tukin latvaläpimitan lisäksi käytetty kuivia oksia kuvaava tunnus Variable describing the properties of dry knots used in addition to top diameter				
	Paksuimman oksan läpimitta Diameter of the thickest dry knot	Keskimääräinen läpimitta Mean diameter of dry knots	Oksien läpimittojen summan neliö Square of the sum of diameters	Oksien läpimittojen summa Sum of diameters	Oksien lukumäärä Number of dry knots
Selityssaste, % Explanation degree, %					
Soirojen yksikköhinta Unit price of battens	(A) 38,9 (B) 52,6	33,6 42,8	31,5 38,5	30,5 35,1	27,6 29,0
Lautojen yksikköhinta Unit price of boards	(A) 56,2 (B) 58,2	52,5 55,1	53,2 57,0	54,2 57,3	53,1 55,3
Sahatavaran yksikköhinta Unit price of sawn goods	(A) 55,4 (B) 64,1	52,4 56,1	52,0 55,5	52,5 54,2	50,8 49,8
Sahatavarahinta/tukkitil. Sawn goods price/ log volume	(A) 46,4 (B) 42,0	43,8 39,7	42,8 38,2	43,0 37,1	41,9 34,8
Nettotuotto/tukkitilavuus Net value/log volume	(A) 60,9 (B) 69,5	59,3 67,1	59,4 67,7	59,7 67,3	58,6 65,4

Eri oksaisuustunnuksien käyttökelpoisuutta arvioitaessa laskettiin, kuinka suuri osa kriteeritunnuksen vaihtelusta saatiin selitetyksi latvaläpimitan (ja sen muunnosten) ja kyseisen kuivia oksia kuvaavan tunnuksen (ja sen muunnosten) avulla. Tulokset on esitetty taulukossa 2. Kriteerimuuttujan tunnus (A) tarkoittaa u/s-sahatavaran erillishinnoittelua, ts. u/s-laatu jaettiin alaluokkiinsa I . . . IV. Vastaavasti tunnus (B) tarkoittaa u/s-laadun yhtenäishinnoittelua.

Taulukosta 2 havaitaan, että kuivia oksia koskevista tunnuksista oli paras suurimman kuivan oksan läpimitta riippumatta siitä, mitä kriteerimuuttujaa tarkasteltiin. Erot toiseksi parhaaseen selittäjään eivät olleet eräissä tapauksissa suuret, mutta tulosten johdonmukaisuus ja suurimman kuivan oksan läpimitan helppo mitattavuus puoltavat tunnuksen valitsemista käytännön sovelluksiin.

Mikäli suurimman kuivan oksan läpimittaa ei haluta käyttää laatuvaatimuksena, toi-

nen käyttökelpoinen tunnus on keskimääräinen kuivien oksien läpimitta oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla. Tämä tunnus oli toiseksi paras selittäjä useimmissa tapauksissa. Poikkeuksena olivat kuitenkin laudat: sekä erillis- että yhtenäishinnoittelussa lautojen yksikköhinnan vaihtelua selitti paremmin oksien läpimittojen summa.

Valikoivalla regressioanalyysillä kokeiltiin, onko muita olennaisen tärkeitä selittäjiä jäljellä latvaläpimitan ja suurimman kuivan oksan läpimitan lisäksi, ts. pidettäessä em. tunnuksia pakollisina selittäjinä ja kokeilemalla potentiaalisten selittäjien vaikutusta. Kun menettelyä sovellettiin näihin kymmeneen kriteerimuuttujaan, vain kahdessa tapauksessa saatiin tilastollisesti merkitseviä selittäjiä lisää. Kriteerimuuttujat olivat tällöin yhtenäishinnoiteltu soirojen yksikköhinta ja yhtenäishinnoittelun mukainen sahatavaran hinta tukin tilavuutta kohti. Edellisessä tapauksessa saatiin lisäselittäjiksi eläviä oksia ku-

vaavia muuttujia sekä tukkilajia (tyvitukit ja muut tukit) kuvaavia muuttujia. Jälkimmäisessä tapauksessa lisäselittäjiksi saatiin eläviä oksia, tukkilajia, tukin kapenemista ja lenkoutta kuvaavia muuttujia.

Taulukossa 2 huomiota kiinnittää myös se, että selityksasteet olivat lähes poikkeuksetta suuremmat yhtenäishinnoittelulla kuin erillishinnoittelulla. Tämä on poikkeavaa aiemmin saatuihin tuloksiin verrattuna (Kärkkäinen 1980 a) ja yllättävää myös sikäli, että periaatteessa suuremman vaihteluvälin mahdollistava erillishinnoittelu antaa suuremmat mahdollisuudet korkeaan selityksasteeseen kuin yhtenäishinnoittelu. Tulos viittaa siihen, että joissakin ulkoisesti hyvälaatuisissa tukeissa sahaustulos on ollut huonolaatuista. Tällöin syntyvä virhevarianssi on suurempi erillis- kuin yhtenäishinnoittelulla.

Mikäli latvaläpimitan ja paksuimman kuivan oksan läpimitan lisäksi halutaan käyttää muita selittäjiä, tukkilaji on ilmeisesti helpompi todeta kuin muut vaihtoehdot. Näin ollen laskettiin kaikille kymmenelle kriteerimuuttujalle ennusteyhtälöt, joissa lisätekijänä oli tukkilaji muunnoksineen. Erinäisten kokeilujen jälkeen päädyttiin malliin, jossa tukkilajia kuvasi valemuuttuja (1=tyvitukki, 0=muu tukki), latvaläpimita kerrottuna tällä valemuuttujalla ja paksuimman kuivan oksan läpimita kerrottuna valemuuttujalla. Tällöin selityksasteet olivat seuraavat, kun vertailtavana ovat pelkkään latvaläpimitaan

Kriteerimuuttuja		Selittäjät	
		1) Tukin läpimita Oksan läpimita	2) Tukin läpimita Oksan läpimita Tukkilaji
		Selityksaste %	
Soirojen yksikköhinta	(A)	38,9	46,2
	(B)	52,6	55,7
Lautojen yksikköhinta	(A)	56,2	61,8
	(B)	58,2	63,4
Sahatavaran yksikköhinta	(A)	55,4	63,4
	(B)	64,1	69,9
Sahatavarahinta/tukkitil.	(A)	46,4	51,4
	(B)	42,0	47,9
Nettotuotto/tukkitilavuus	(A)	60,9	64,8
	(B)	69,5	71,4

ja suurimman kuivan oksan läpimitaan perustuvat yhtälöt.

Jäljempänä ei tarkastella saatuja regressioyhtälöitä sellaisenaan, koska niiden tulkitseminen on likimain mahdotonta lukuisten muunnosten ja yhdysvaikutustermien vuoksi. Sitä vastoin tulokset esitetään siten, että kriteerimuuttuja on y-akselilla, tukin latvaläpimita x-akselilla ja suurimman kuivan oksan läpimita taustamuuttujana tasoilla 0, 2, 4 ja 6 cm. Näin ollen jokaisessa kuvassa on neljä kuvaajaa.

Kuvissa 1 . . . 10 ovat tulokset tukin latvaläpimitan ja suurimman kuivan oksan läpimitan selittävydestä.

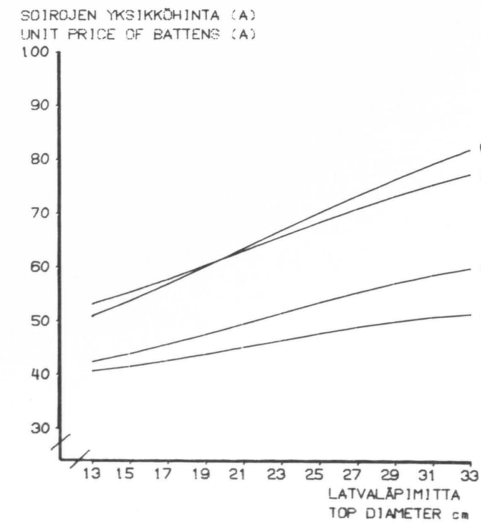
Soirojen yksikköhinnasta (kuvat 1 ja 2) voidaan todeta, että oksan läpimitan ollessa alle 2 cm se vaikuttaa vain vähän yksikköhintaan. Huomattavin aleneminen tapahtuu oksan läpimitan välillä 2 . . . 4 cm. Tämän jälkeen oksan paksuneminen alentaa hintaa selvästi hitaammin.

Tulos on ymmärrettävä. Jos tukin pinnassa on pieniä oksia, ne eivät ennusta soiroihin sen pahempaa oksaisuutta kuin oksattomissa tukeissa on, koska soiroissa on aina jonkin verran oksia. Määrärajan jälkeen tukin oksien koon suureneminen ei enää vaikuta dramaattisesti, koska laatu on jo seksta.

Edelleen kuvista voidaan havaita, että tukin suurenessa oksan paksuuden merkitys vähenee erityisesti pienten oksien ollessa kyseessä. Tulos on ymmärrettävä: mitä kauempana ytimestä määräpaksuinen oksan poikkileikkaus tavataan, sitä pienempi oksa on määrätäisyydellä ytimestä. Toisaalta sydäntavaran paksuus ja vastaavasti myös määrälautuun sallittava oksan koko kasvaa tukin suuressa.

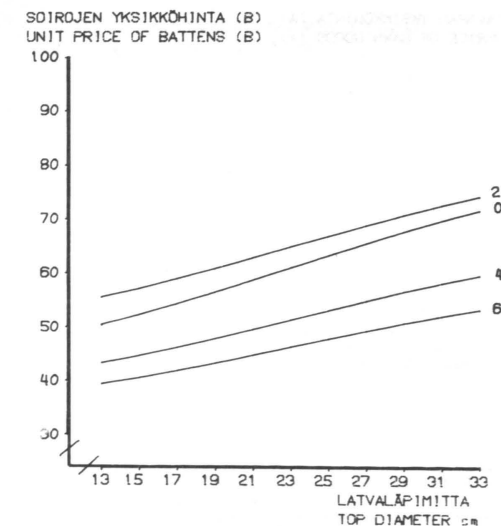
Laudoissa suurimman kuivan oksan läpimita vaikuttaa enemmän (kuvat 3 ja 4). Lisäksi laudoissa ei ole oksan läpimitalle läheskään samanlaista toleranssia kuin soiroissa: oksan läpimitan kasvu alentaa aina yksikköhintaa. – Aivan pienillä tukeilla havaittava käyrien ristikkäisyys on seurausta ennen muuta siitä, että pienistä tukeista saatiin lautoja vain poikkeuksellisesti.

Sahatavaran keskimääräisen yksikköhinnan riippuvuus tukin järeydestä ja suurimman kuivan oksan koosta on esitetty kuvissa 5 ja 6. Oksan paksuuden toleranssi ja laadun heikkenemisen keskittyminen oksan paksuuden välille 2 . . . 4 cm on havaittavissa tavan-



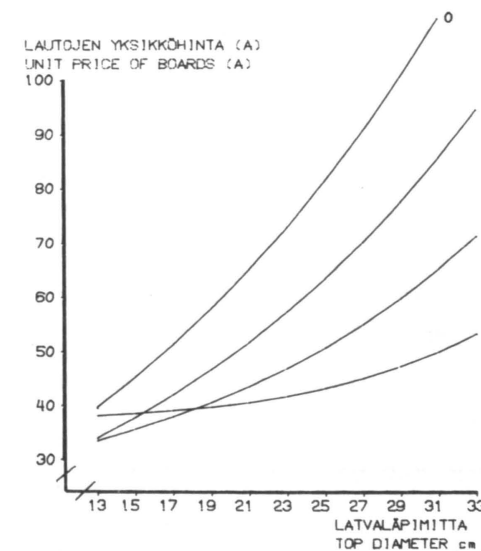
Kuva 1. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 1. Unit price of battens (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the thickest dry knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm.



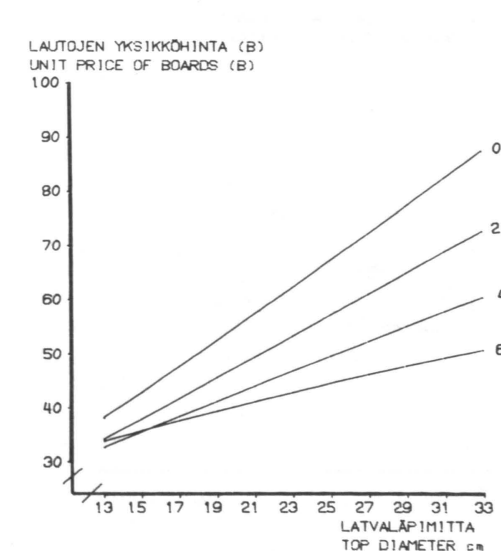
Kuva 2. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 2. Unit price of battens (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the thickest dry knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm.



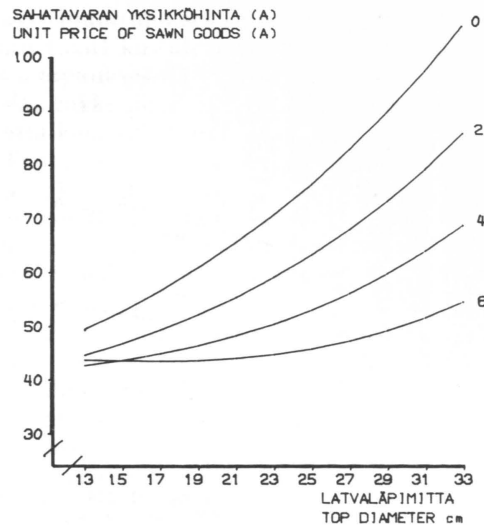
Kuva 3. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 3. Unit price of boards (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



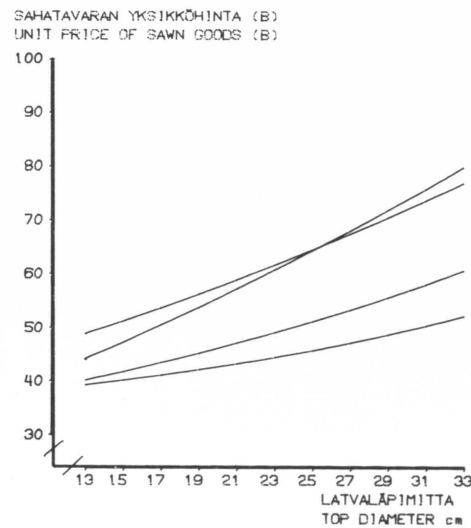
Kuva 4. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 4. Unit price of boards (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



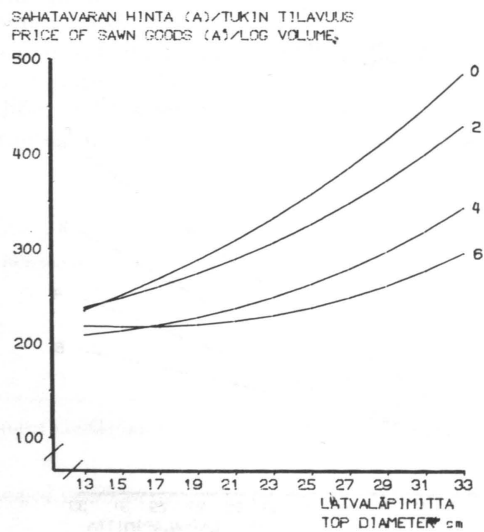
Kuva 5. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-ladun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 5. Unit price of sawn goods (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



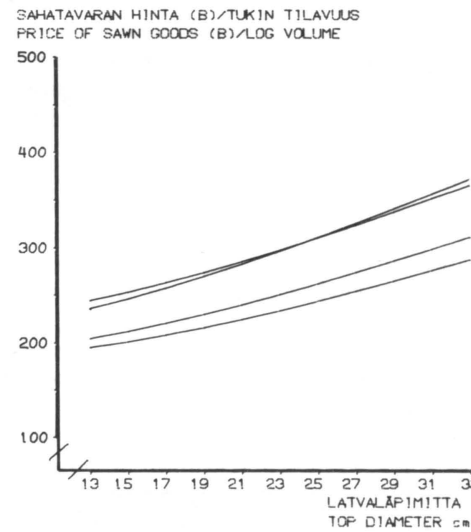
Kuva 6. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 6. Unit price of sawn goods (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



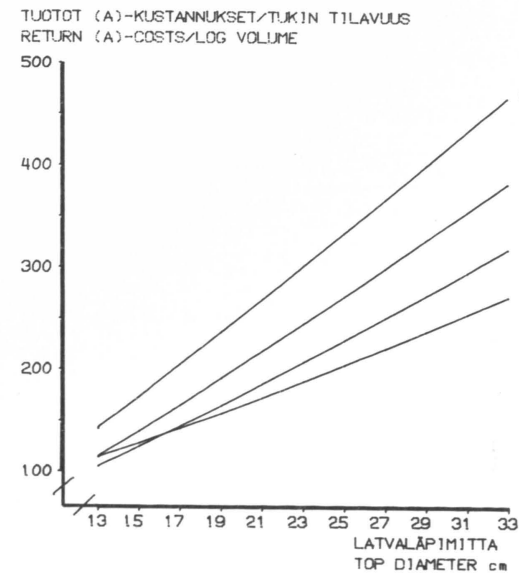
Kuva 7. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 7. Price of sawn goods divided by log volume (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



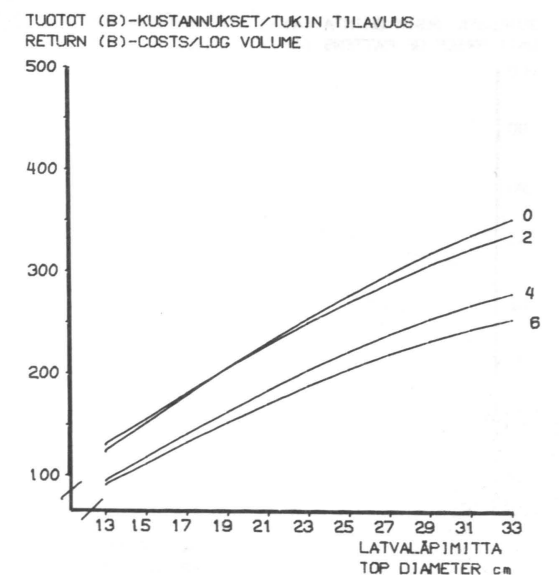
Kuva 8. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 8. Price of sawn goods divided by log volume (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



Kuva 9. Sahausten nettotuottojen (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 9. Net log value (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



Kuva 10. Sahausten nettotuottojen (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 10. Net log value (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm.

omaisen yhtenäishinnoittelun ollessa kyseessä (kuva 6). Erillishinnoittelua käytettäessä riippuvuudet ovat selvästi jyrkemmät.

Kuvissa 7 ja 8 on esitetty sahatavaran hinta tukin tilavuutta kohti. Johtopäätökset ovat samat kuin edellä. Kiintoisaa on, että kumpaakin hinnoittelutapaa käytettäessä suurin hinnanalennus tapahtuu oksan paksuuden välillä 2...4 cm.

Kuvissa 9 ja 10 on lopuksi esitetty nettotuotot. Koska sahauskustannukset riippuvat voimakkaasti läpimitasta, sen vaikutus on jyrkentynyt aiempiin kriteereihin verrattuna.

Erityisesti kuvia 9 ja 10 (mutta soveltaen myös kuvia 1...8) kannattaa tarkastella aiemmin mainitun vakiokateajattelun pohjalta. Tämä tapahtuu piirtämällä x-akselin suuntaisia suorita halutuille katetasoille. Tällöin voidaan todeta esim. se, että yhtenäishinnoittelua käytettäessä saadaan sama kate 22 cm pienioksisesta tukista tai 31 cm tukista, jonka suurimman kuivan oksan läpimita on 6 cm. Erillishinnoittelua käytettäessä sama

kate taas saadaan esim. 20 cm oksattomasta tukista tai 31 cm tukista, jossa on 6 cm läpimittainen kuiva oksa.

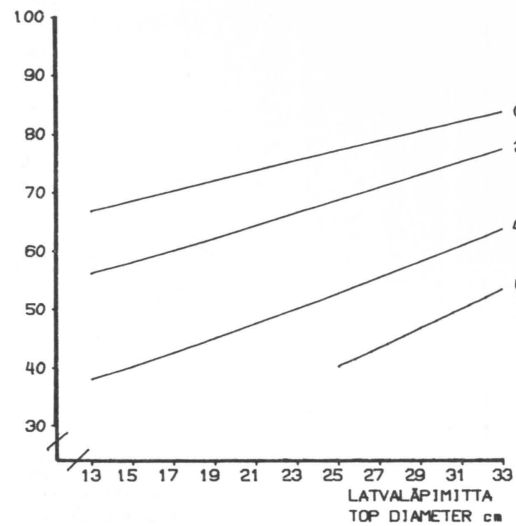
Kuten edellä todettiin, ennustettavuus parani, jos erotettiin tukkilajit, ts. laskettiin oma ennuste tyvitukeille ja muille tukeille. Kun erottelu tehtiin valemuuuttujia ja niiden yhdysvaikutuksia käyttäen, saman mallin sisällä saatiin erotetuksi tukkilajit.

Tulokset on esitetty kuvapareissa 11...20, joissa on esitetty eri kriteerimuutuja koskevat tulokset eri tukkilajeille.

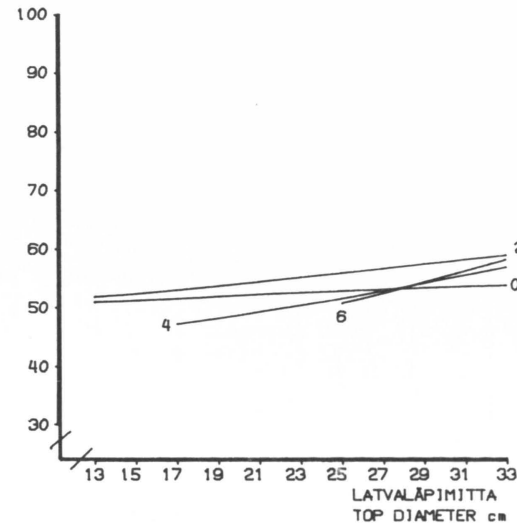
Voidaan havaita, että soirojen yksikköhinta riippuu suurimman kuivan oksan läpimitasta ja tukin latvaläpimitasta oikeastaan vain tyvitukeilla. Muilla tukeilla riippuvuudet ovat niin vähäisiä, ettei niillä ole käytännön ennustamistehtävän kannalta mitään merkitystä.

Samansuuntaiset päätelmät voidaan tehdä laudoista: tyvitukeissa oksakoko ja tukin järeys vaikuttavat voimakkaasti lautojen yksikköhintaan, kun taas muissa tukeissa vaikutus

SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BATTENS (A)



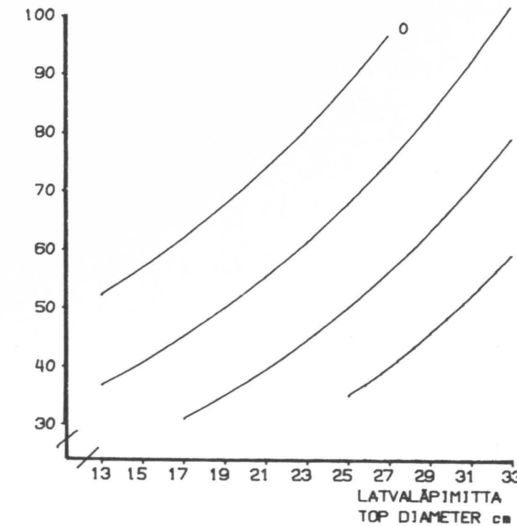
SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BATTENS (A)



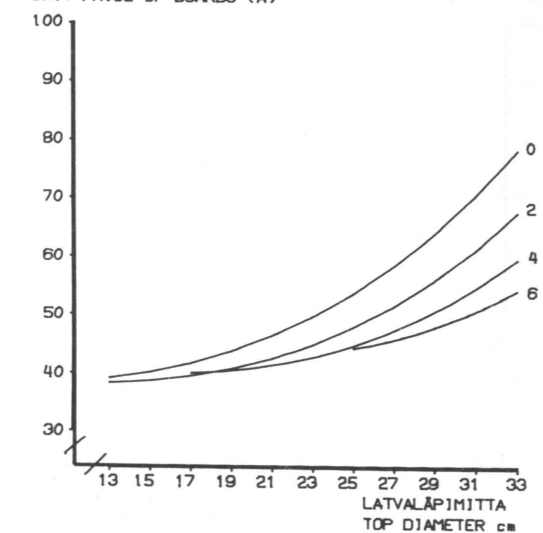
Kuva 11. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

Fig. 11. Unit price of battens (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the thickest dry knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BOARDS (A)



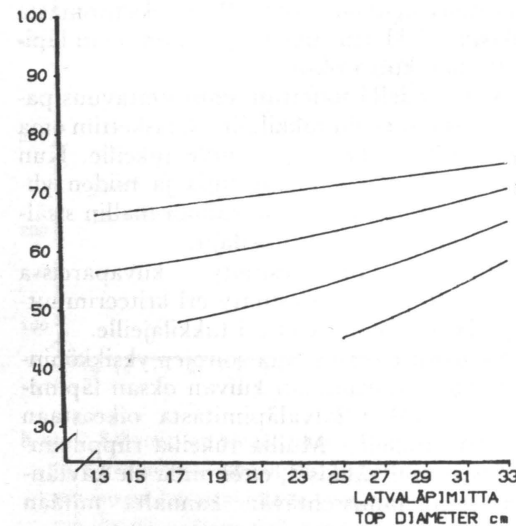
LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BOARDS (A)



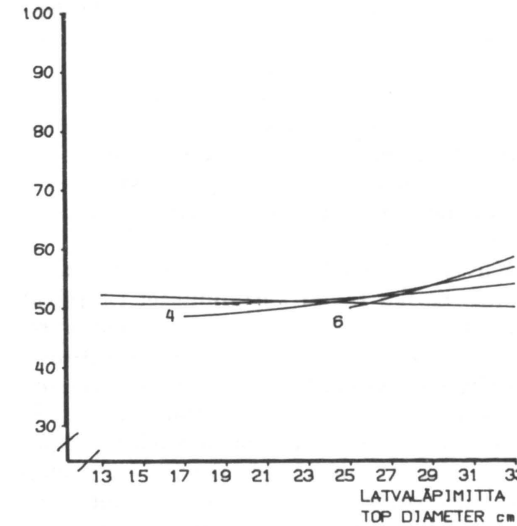
Kuva 13. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

Fig. 13. Unit price of boards (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BATTENS (B)



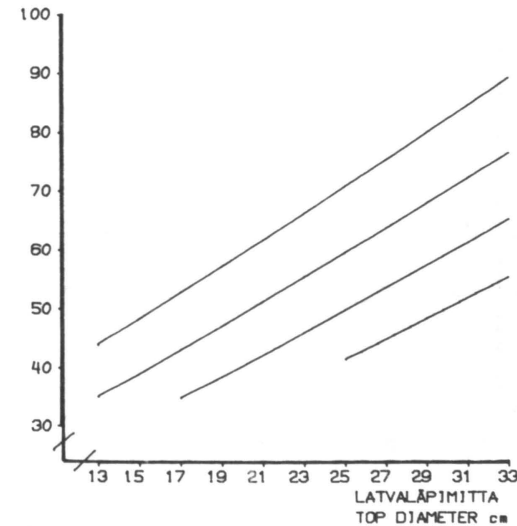
SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BATTENS (B)



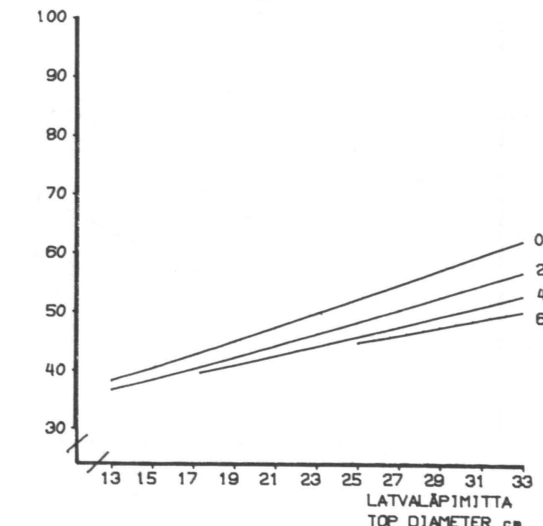
Kuva 12. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

Fig. 12. Unit price of battens (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the thickest dry knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BOARDS (B)

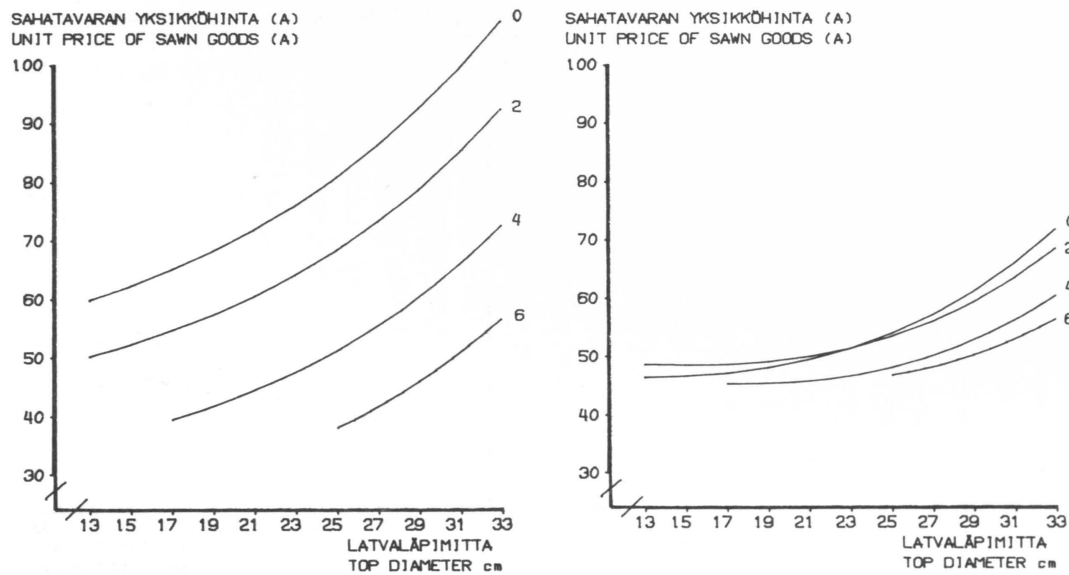


LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BOARDS (B)

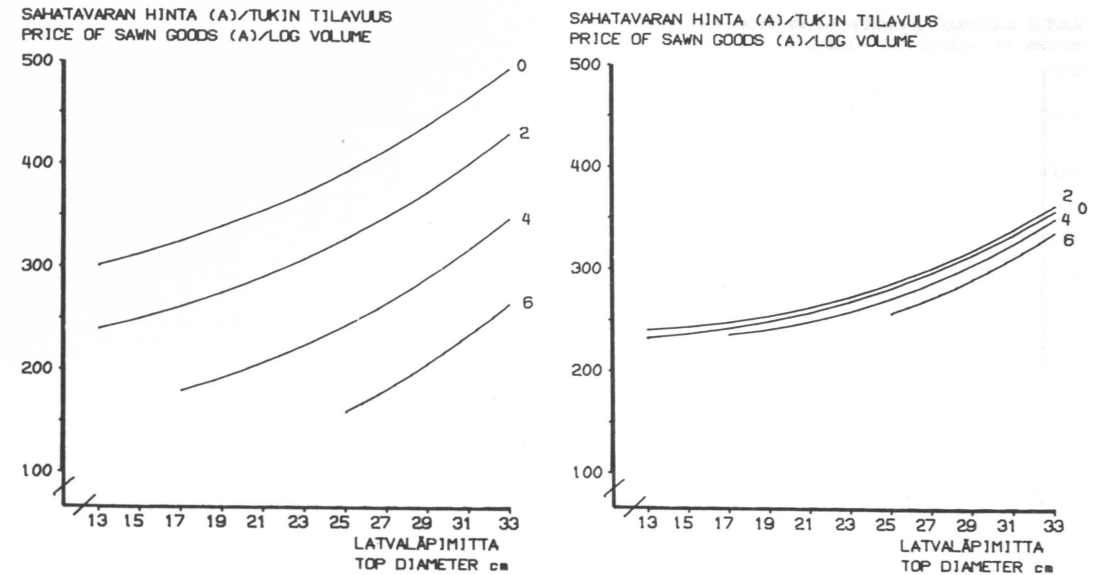


Kuva 14. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

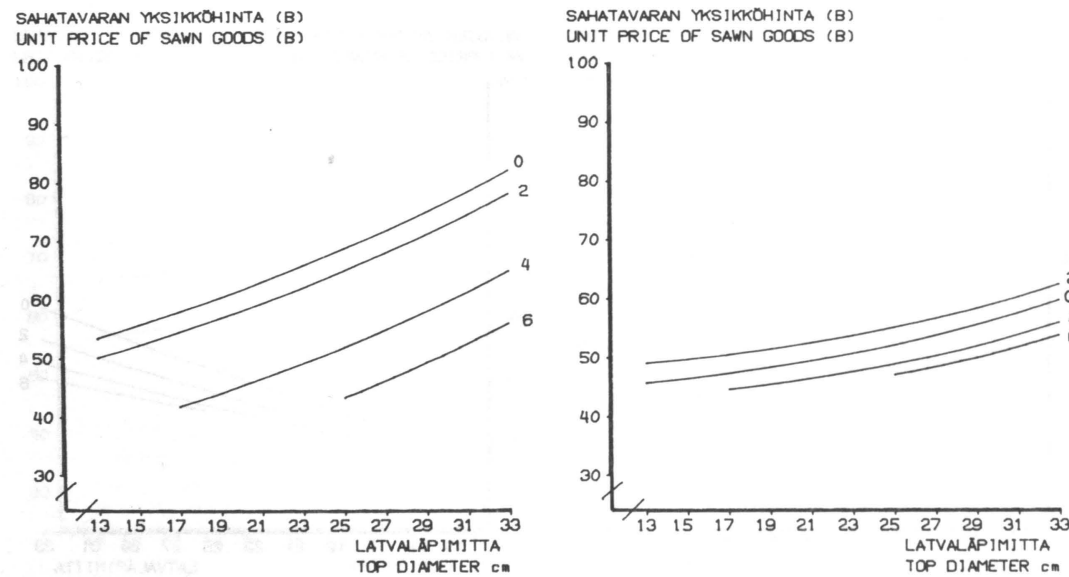
Fig. 14. Unit price of boards (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 ja 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.



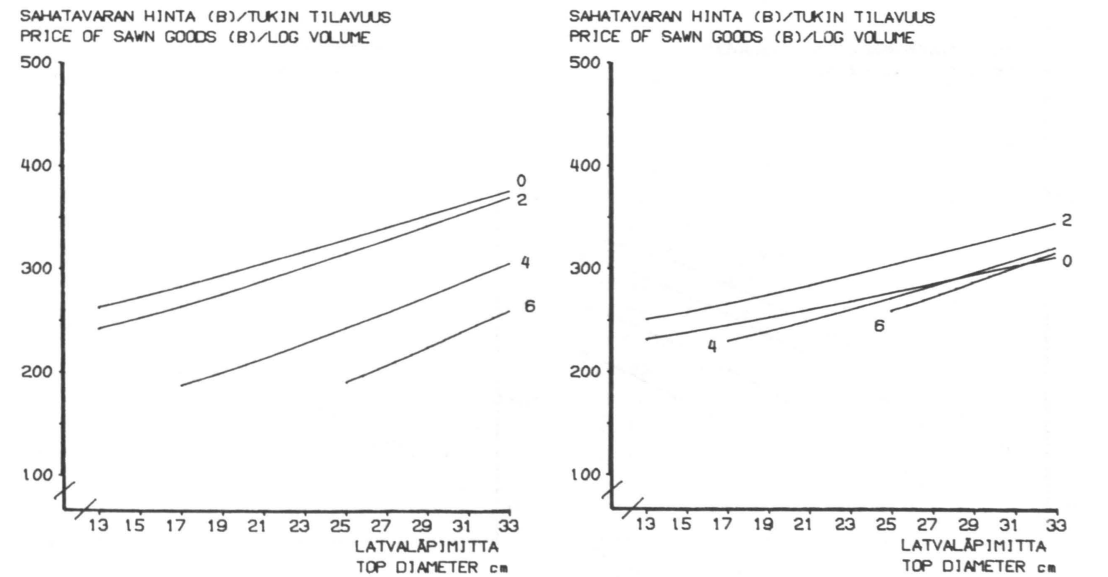
Kuva 15. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.
 Fig. 15. Unit price of sawn goods (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.



Kuva 17. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.
 Fig. 17. Price of sawn goods divided by log volume (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

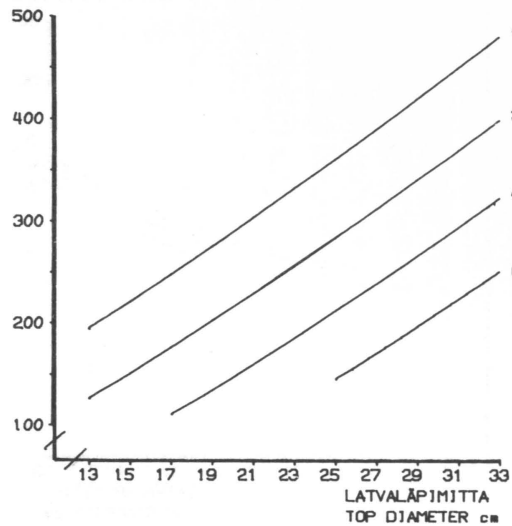


Kuva 16. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.
 Fig. 16. Unit price of sawn goods (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

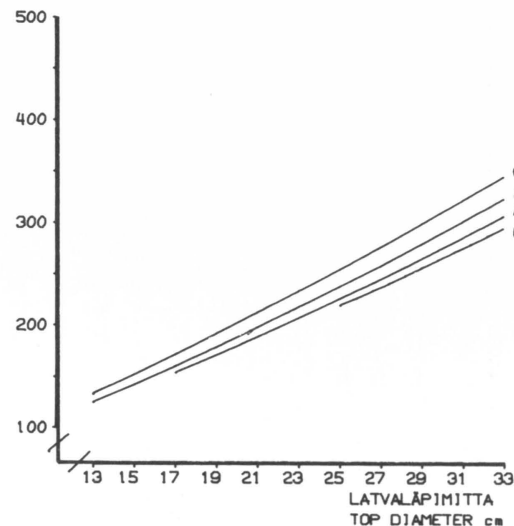


Kuva 18. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman kuivan oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.
 Fig. 18. Price of sawn goods divided by log volume (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

TUOTOT (A)-KUSTANNUKSET/TUKIN TILAVUUS
RETURN (A)-COSTS/LOG VOLUME



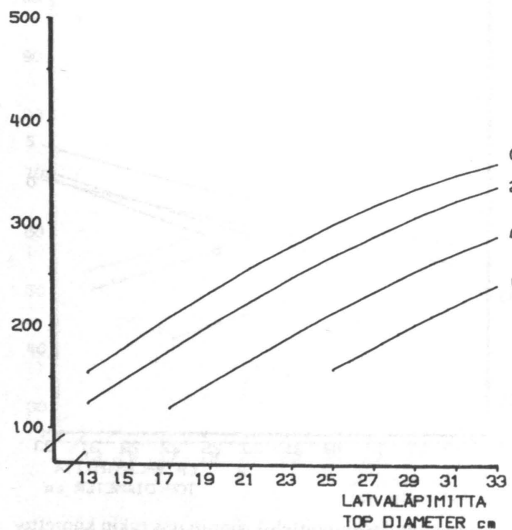
TUOTOT (A)-KUSTANNUKSET/TUKIN TILAVUUS
RETURN (A)-COSTS/LOG VOLUME



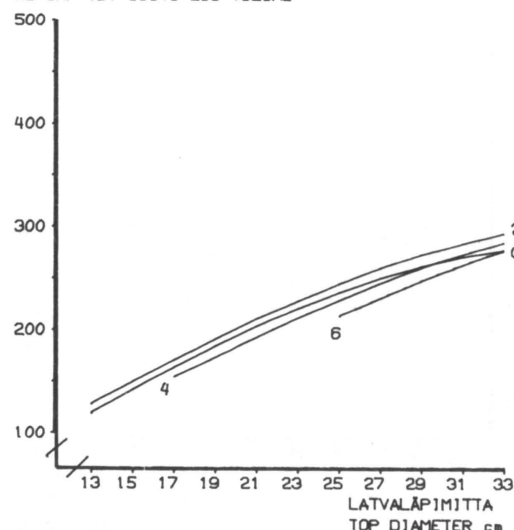
Kuva 19. Sahauksen nettotuottojen (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitästä suurimman kuivan oksan läpimitän ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

Fig. 19. Net log value (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

TUOTOT (B)-KUSTANNUKSET/TUKIN TILAVUUS
RETURN (B)-COSTS/LOG VOLUME



TUOTOT (B)-KUSTANNUKSET/TUKIN TILAVUUS
RETURN (B)-COSTS/LOG VOLUME



Kuva 20. Sahauksen nettotuottojen (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitästä suurimman kuivan oksan läpimitän ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm. Vasen kuva tyvitukit, oikea kuva muut tukit.

Fig. 20. Net log value (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest dry knot is 0, 2, 4 or 6 cm. Left figure butt logs, right other logs.

on olennaisesti vähäisempi, joskin samansuuntainen. Luonnollisesti myös sahatavaran keskimääräistä yksikköhintaa koskevat samat havainnot.

Sovellusten kannalta ovat tärkeimmät tunnusluvut sahatavaran hinta ja nettotuotto tukin tilavuutta kohti. Tyvitukeissa suurimman kuivan oksan läpimitä ja tukin järeyys vaikuttavat selvästi tulokseen, mutta muissa tukeissa suhteellisen vähän. Olennaista on myös muiden tukkien eräänlainen keskiarvoisuus tyvitukkeihin verrattuna: tuotot hyvistä tukeista eivät ole niin suuret kuin tyvitukeissa, mutta toisaalta tuotot huonoista tukeista eivät romahda samalle tasolle kuin tyvitukeissa.

Selvät erot tyvitukkien ja muiden tukkien välillä aiheuttavat edellä todetun selityksasteen voimakkaan nousun otettaessa järeyden ja suurimman kuivan oksan läpimitän lisäksi kolmanneksi selittäjäksi tukkilaji. Tukkilajien erot ovat niin suuret, että on harkittava erilaisten laatuvaatimusten asettamista tyvitukeille ja muille tukeille. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että suurin sallittu kuiva oksa on pienempi tyvitukeissa kuin muissa tukeissa.

Se, että suuri kuiva oksa alentaa enemmän tyvitukkien kuin muiden tukkien laatua, saattaa vaikuttaa yllättävältä. Luonnollisena eron syynä on kuitenkin se, että määräpaksuinen kuiva oksa ulottuu tyvitukissa syvemmälle kuin muissa tukeissa, koska elävä oksa muuttuu kuolleeksi oksaksi sitä aiemmin, mitä alempana rungossa se on. Toisin sanoen kuivana oksana ilmenevän osan pituus on tyvitukissa suurempi kuin ylempänä rungossa. Lisäksi tukkilajien erilaisuus saattaa johtua siitä, että tyvitukit ovat tiheänä kasvaneissa männiköissä likimain oksattomia, mutta muissa tukeissa on yleensä oksia. Näin ollen jos tyvitukin alueelta löytyy suuria kuivia oksia, se viittaa sellaiseen metsikön historiaan (kuten harva taimikko, mahdollisesti rehevä kasvupaikka), joka on vaikuttanut kielteisesti koko sydäntavaran laatuun. Samaa ennustearvoa ei ole korkeammalla rungossa olevilla oksilla, koska varttunut metsä kasvatetaan harvana.

3.2. Elävien oksien merkitys laadun kannalta

Toisina oksaisuustunnuksina kokeiltiin vastaavia muuttujia kuin kuivien oksien ollessa kyseessä, ts. tarkastellut eläviä oksia kuvaavat tunnusluvut olivat seuraavat.

1. Suurimman elävän oksan läpimitä.
2. Keskimääräinen elävien oksien läpimitä oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.
3. Elävien oksien läpimittojen summan neliö oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.
4. Elävien oksien läpimittojen summa oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.
5. Elävien oksien lukumäärä oksaisimmalla 1,5 m tukin pituuden osalla.

Kohdan 3 rinnakkaismuotona kokeiltiin läpimittojen neliöiden summaa, joka vastaa piillä kerrottuna oksien yhteistä poikkipinta-alaa oksaisimmalla 1,5 m tukin osalla. Kun tämä tunnus osoittautui summan neliötä heikomaksi selittäjäksi, sitä ei jäljempänä käytetä.

Taulukossa 3 on esitetty eri kriteerimuuttujia koskevat tulokset.

Taulukosta 3 havaitaan, että kaikilla kriteerimuuttujilla antoi korkeimman selityksasteen keskimääräinen elävien oksien läpimitä eikä suurimman oksan läpimitä, kuten kuivien oksien ollessa kyseessä (taulukko 2). Yhdenmukainen kaikkia kriteerimuuttujia koskeva tulos viittaa siihen, että elävien oksien merkitys on erilainen kuin kuivien oksien ennustettaessa laatua. Itse ennustettavuuden kannalta ei ole tosin merkitystä, käytetäänkö selittävänä tekijänä suurimman elävän oksan läpimitä vai oksien läpimittojen keskiarvoa: selityksasteiden (ja jäännöshajontojen) ero on merkitykseltään pieni.

Kun käytännössä on helpompi mitata yhden oksan läpimitä kuin useasta oksasta keskiarvo, jäljempänä käsitellään pelkästään suurimman oksan käyttöön perustuvaa vaihtoehtoa. Tätä ratkaisua puoltaa yhdenmukaisuus kuolleiden ja elävien oksien käsittelyssä.

Eri kriteerimuuttujia koskevat tulokset elävien oksien vaikutuksesta on esitetty kuvissa 21 . . . 30. Niitä on kiintoisaa verrata vastaaviin kuivien oksien tuloksiin (kuvat 1 . . . 10).

Taulukko 3. Selityssasteet ennustettaessa eri kriteerimuuttujia tukin latvaläpimitan ja kyseisen eläviä oksia kuvaavan oksaisuustunnuksen avulla. Tunnus (A) tarkoittaa u/s-sahatavaran erillishinnoittelua, tunnus (B) sen yhtenäishinnoittelua.

Table 3. Explanation degrees (R^2) in predicting various criterion variables by top diameter of the log and various living knot characteristics. In (A) sawn goods grades I . . . IV are priced separately (battens and boards with own values). In (B) grades I . . . IV are given the same value.

Kriteerimuuttuja Criterion variable	Tukin latvaläpimitan lisäksi käytetty eläviä oksia kuvaava tunnus Variable describing the properties of living knots used in addition to top diameter				
	Paksuimman oksan läpimitta Diameter of the thickest knot	Keskimääräinen läpimitta Mean diameter of knots	Oksien läpimittojen summan neliö Square of the sum of diameters	Oksien läpimittojen summa Sum of diameters	Oksien lukumäärä Number of living knots
	Selityssaste, % Explanation degree, %				
Soirojen yksikköhinta Unit price of battens	(A) 23,1 (B) 30,8	24,0 31,4	22,0 29,0	21,9 28,5	21,4 27,8
Lautojen yksikköhinta Unit price of boards	(A) 45,5 (B) 48,5	45,8 48,9	43,9 47,3	43,5 47,0	42,7 46,0
Sahatavaran yksikköhinta Unit price of sawn goods	(A) 43,0 (B) 45,5	43,3 46,0	41,6 44,0	41,4 43,7	40,7 43,1
Sahatavarahinta/tukkitil. Sawn goods price/ log volume	(A) 37,6 (B) 34,3	38,1 34,6	36,0 32,4	35,9 32,3	35,5 31,8
Nettotuotto/tukkitilavuus Net value/log volume	(A) 53,2 (B) 61,7	53,5 62,2	52,0 60,9	52,0 61,0	51,5 60,8

Kaikkien kriteerimuuttujien ollessa kyseessä voidaan havaita, että elävät oksat vaikuttavat laatuun kuivia oksia vähemmän. Mikäli eläviä oksia ei ole tai ne ovat pieniä, laatu on heikompi kuin vastaavilla kuivien oksien arvoilla. Toisaalta jos elävät oksat ovat suuria, laatu alenee vähemmän kuin kuivien oksien ollessa kyseessä.

Jälkimmäinen tulos on johdonmukainen ajattelun kuolleiden ja elävien oksien merkitystä sahatavaran laatuluokituksessa: elävät oksat saavat olla noin kolmanneksen tai neljänneksen suurempia kuin kuolleet oksat.

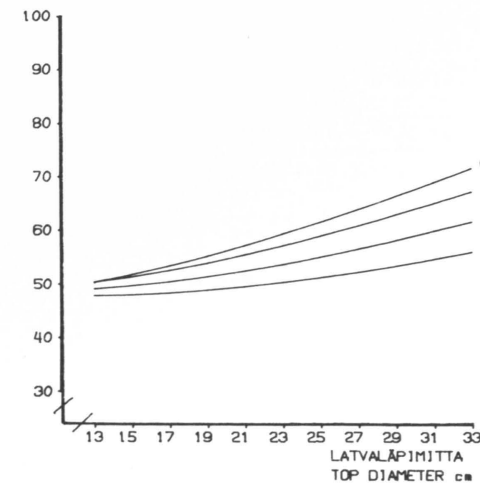
Edellinen tulos pienten elävien oksien tavallaan suuremmasta vaikutuksesta saattaa tuntua yllättävältä. Havainto ei ole kuitenkaan epäjohdonmukainen, kun otetaan huomioon, etteivät kuolleet ja elävät oksat ole toisiaan pois sulkevia vaihtoehtoja. Jos tukissa oli eläviä oksia, yleensä siinä oli myös kuolleita, ja tämän vuoksi vain pieniä eläviä

oksia sisältävien tukkien laatu saattoi olla huono. Jos eläviä oksia ei ollut lainkaan, kuolleita saattoi kyllä olla. Itse asiassa vain eläviä oksia sisältävät tukit ovat harvinaisia: aineistossa niitä oli vain 6 % tukkiluvusta.

Erillinen regressioanalyysi tehtiin tästä osa-aineistosta, jossa oli 49 tukkia. Tällöin havaittiin, että pelkästään pieniä eläviä oksia sisältävät tukit olivat harvinaisia: vain kahdessa tukissa suurimman elävän oksan läpimitta oli alle 3 cm. Edelleen tukit olivat pieniä: vain kolmen tukin läpimitta oli yli 21 cm. Pelkästään eläviä oksia sisältävät tukit ovat siis pieniläpimittaisia, mutta suurioksaisia. Ne olivat poikkeuksetta muita kuin tyvitukkeja.

Tämän osa-aineiston regressioanalyysissä havaittiin, että paksuimman elävän oksan koolla ei ollut juuri yhteyttä sahatavaran laatuun: kaikissa tapauksissa sahatavara oli sekstavoittoista. Myös tämä tulos tukee aja-

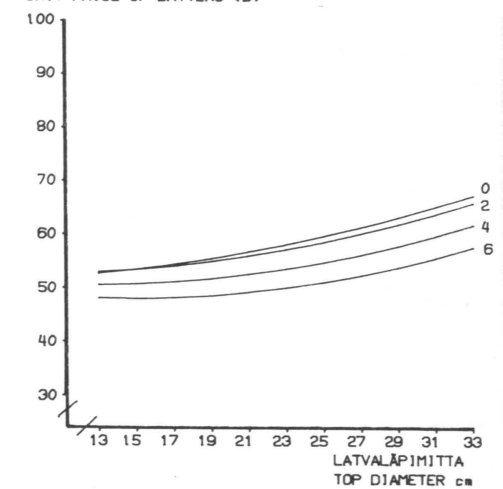
SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BATTENS (A)



Kuva 21. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 21. Unit price of battens (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm.

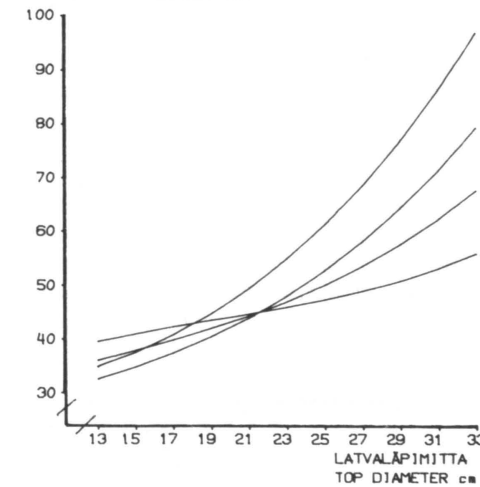
SOIROJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BATTENS (B)



Kuva 22. Soirojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 22. Unit price of battens (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot diameter is 0, 2, 4 or 6 cm.

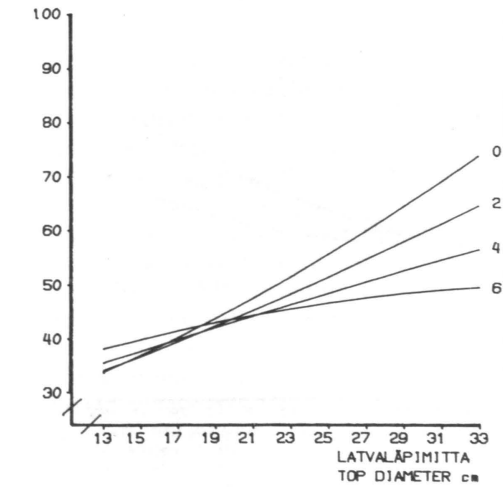
LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (A)
UNIT PRICE OF BOARDS (A)



Kuva 23. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

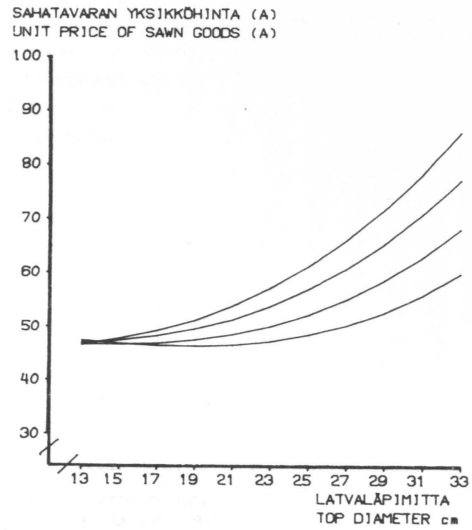
Fig. 23. Unit price of boards (grades I . . . IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.

LAUTOJEN YKSIKKÖHINTA (B)
UNIT PRICE OF BOARDS (B)



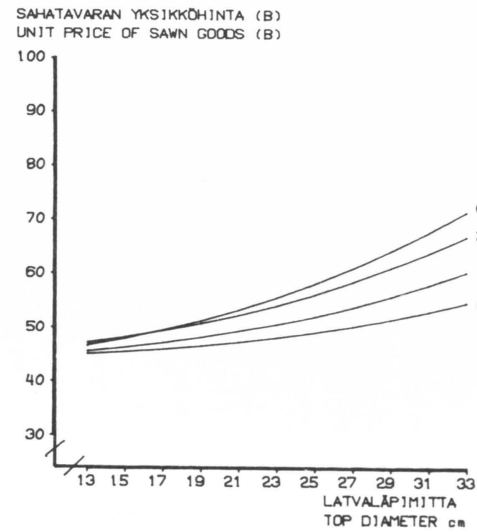
Kuva 24. Lautojen yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuorettomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 24. Unit price of boards (grades I . . . IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



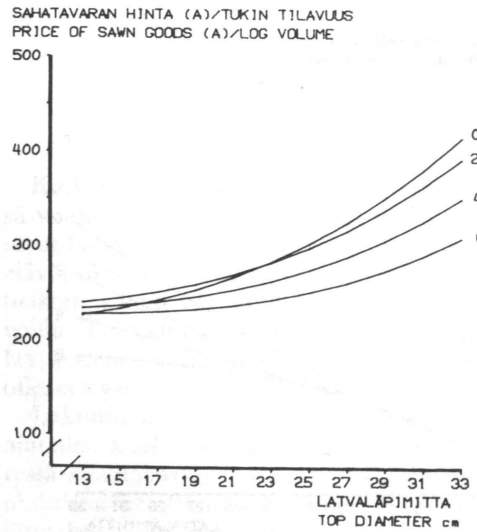
Kuva 25. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 25. Unit price of sawn goods (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



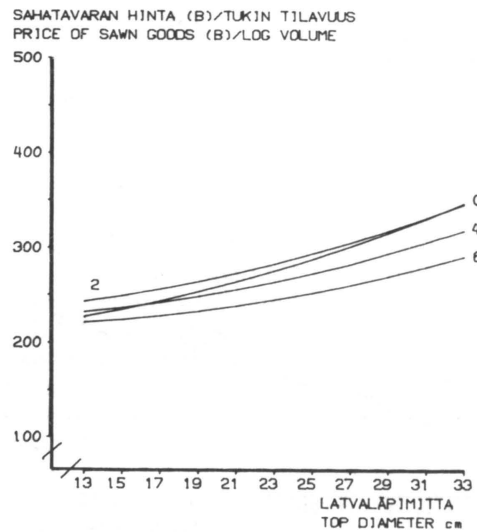
Kuva 26. Sahatavaran yksikköhinnan (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 26. Unit price of sawn goods (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



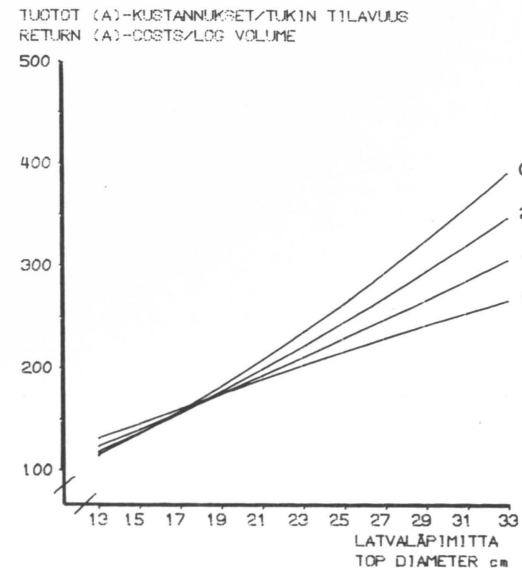
Kuva 27. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 27. Price of sawn goods divided by log volume (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



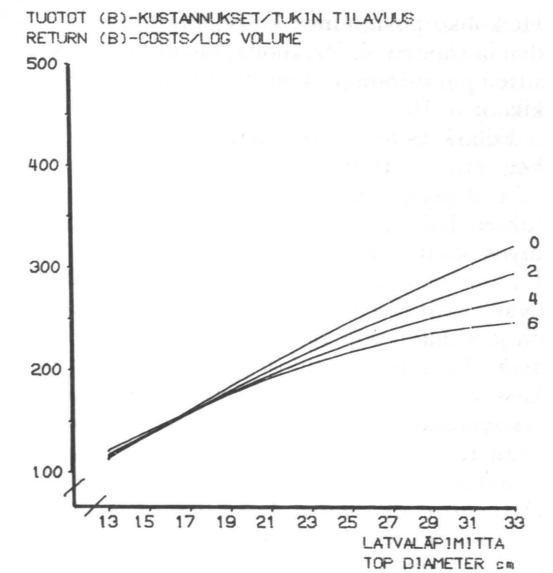
Kuva 28. Sahatavaran hinnan jaettuna tukin tilavuudella (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 28. Price of sawn goods divided by log volume (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



Kuva 29. Sahauksen nettotuottojen (u/s-laadun erillishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 29. Net log value (grades I...IV priced separately) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.



Kuva 30. Sahauksen nettotuottojen (u/s-laadun yhtenäishinnoittelu) riippuvuus tukin kuoretomasta latvaläpimitasta suurimman elävän oksan läpimitan ollessa 0, 2, 4 ja 6 cm.

Fig. 30 Net log value (grades I...IV are given the same value) according to the top diameter under bark as the diameter of the thickest living knot is 0, 2, 4 or 6 cm.

tusta, että on tarpeen erottaa tyvitukkien laatuvaatimukset muiden tukkien laatuvaatimuksista.

Kun tavoitteena on nimenomaan minimivaatimusten kehittäminen, olennaisin ja itsestään selvä tulos on, että kuolleiden oksien paksutessa laatu alenee enemmän kuin elävien oksien paksutessa. Määräkatteeseen pyrittäessä suurin sallittu kuollut oksa on pienempi kuin vastaava elävä oksa.

3.3. Oksaisuustunnusten korreloituminen

Edellä tarkastelluista oksaisuustunnuksista ovat käsitteellisesti keskenään riippumattomimmat ensinnäkin kuolleita ja eläviä oksia kuvaavat tunnuksat sekä toisaalta oksien lajin ollessa sama paksuimman oksan läpimita, oksien lukumäärä oksaisimmalla osalla sekä oksien keskikoko em. tukin osalla. Muut tun-

nukset ovat näistä johdettuja siten, että keskinäinen riippuvuus on ilmeinen.

Korrelaatiotarkastelussa voitiin havaita, että useissa tapauksissa vallitsi tilastollisesti merkitseviä riippuvuuksia näiden oksatunnusten välillä.

Paksuimman kuivan oksan läpimita korreloi voimakkaasti kuivien oksien keskikoon kanssa (0,88). Yllättävää oli voimakas korrelaatio kuivien oksien lukumäärän kanssa (0,52).

Paksuimman elävän oksan läpimita oli selvässä yhteydessä vastaavaan oksien keskikoon (0,96). Vahva riippuvuus vallitsi oksien lukumäärään (0,69).

Sikä kuolleiden että elävien oksien keskikoko korreloi selvästi vastaavien oksien lukumäärän kanssa. Edellinen korrelaatiokerroin oli 0,55 ja jälkimmäinen 0,65. Jos oksat siis olivat paksuja, niitä oli myös lukuisasti.

Samassa tukissa vallitsi kuolleiden ja elävien oksien lukumäärän välillä negatiivinen korrelaatio, kuten luonnollista onkin (-0,45).

Heikohko positiivinen korrelaatio oli kuolleiden ja elävien oksien koolla, olivatpa kyseessä sitten paksuimmat oksat (0,12) tai oksien keskikoot (0,10).

Edellä esitetyt korrelaatiot viittaavat siihen, että suurimman oksan paksuuden hyvä selityskyky perustuu suoranaisen laatuvaikutuksen lisäksi siihen, että suuruus heijastaa myös laatua alentavien oksien lukuisuutta. Luontevin selitys on, että paksuimmat oksat ovat latvatukeissa, jolloin puun pituuskasvu on jo vähäinen ja vastaavasti kiekkurat tiheässä. Tyvitukeissa tulos ei välttämättä merkitse sitä, että paksuoksaisuus korreloi oksien lukumäärän kanssa myös puun sisäosissa, vaan tulos voi johtua myös paksujen oksien hitaasta karsiutumuksesta. Kirjallisuudesta löytyy toisaalta tietoja, jotka tukevat ajatusta paksuoksaisuuden ja oksien lukumäärän yhteydestä myös puun sisällä: kiekkurassa olevien oksien lukumäärä lisääntyy puuston harventuessa ja oksien paksuuden tällöin lisääntyessä (Mathieu 1967, Kellomäki 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981), joskin ristiriitaisiakin tuloksia on (Varmola 1980). – Olivatpa perimmäiset syyt mitkä tahansa, sahattavissa tukeissa oksien paksuuden ja lukumäärän yhteys on vahva.

3.4. Saantoa koskevat tulokset

Keskimääräinen saanto oli 49,3 %, joka vastaa käyttösuhdetta 2,03. Saantoa voi pitää tavanomaisena koehaastuloksena. Käytännön toiminnan tunnuslukuihin verrattuna saanto on korkeahko.

Edellä tarkastelluista kriteerimuuttujista kaksi riippuu saannosta (käyttösuhdesta): sahatavaran hinta ja nettotuotto, kumpikin tukin tilavuutta kohti. Huomiota herättävää oli, ettei tukin järeyden ja oksikkuuden sekä mahdollisesti tukkilajin eliminoinnin jälkeen löytynyt valikoivassa regressioanalyysissä selittäviä tekijöitä, joiden vaikutus olisi perustunut saannon riippuvuuteen niistä.

Tulos antoi aiheen tarkastella erikseen saannon riippuvuutta eri tekijöistä, vaikka sinänsä korkea saanto (alhainen käyttösuhde) ei olekaan taloudellisessa toiminnassa hyvä toiminnan tunnusluku.

Valikoivassa regressioanalyysissä havaittiin parhaaksi yksittäiseksi saannon selittäjäksi kapeneminen: mitä enemmän tukki kapeni, sitä alhaisempi saanto oli. Tulos on ymmärrettävä, koska tukkien tilavuus laskettiin todellisena.

Tärkeä selittävä tekijä oli myös tukkilaji: saanto oli tyvitukeista alhaisempi kuin muista tukeista. Tulos vastaa aiempia tuloksia (esim. Heiskanen 1971, Kärkkäinen ja Kallinen 1982, Kärkkäinen ja Björklund 1983) ja on selitettävissä myös sillä, että saanto alenee tukkien oksaisuuslaadun parantuessa (Heiskanen 1951 c, s. 101, Mäntysahatukien . . . 1956, s. 43, Orvér 1970, Kärkkäinen 1980 a, b).

Saanto lisääntyi latvaläpimitan suuretessa – kuten yleisesti on tunnettua. Sitä taas alensi kuoren paksuneminen. Tämä on luonnollista, koska tukkien tilavuus mitattiin kuorellisena.

Saannon selitysaste oli em. muuttujia (joiden joukossa oli myös yhdysvaikutuksia) käytettäessä 32,4 % ja jäännöshajonta 5,7 prosenttiyksikköä.

Selittävien tekijöiden joukossa ei ollut mukana lenkoutta, jota kuitenkin pidetään sahteollisuudessa pahana vikana. Sen osittaiskorrelaatio oli kyllä negatiivinen em. selittävien tekijöiden eliminoinnin jälkeen, mutta sen suuruus (−0,07) ei ollut lähelläkään tilastollisen merkitsevyyden rajaa. Pääsyyinä lie nee ollut se, että aineistoa valittaessa pyrittiin karttamaan muita vikoja kuin oksaisuutta, jotta siitä voitaisiin saada mahdollisimman selkeät tulokset.

Tulos viittaa myös siihen, että käyräsahauksen mahdollistavassa kehäsahauksessa lenkouden vaikutus hukkuu helposti muiden vaikuttavien tekijöiden alle. Vaikuttaa ilmeisesti, ettei nykyisin sovellettuja lenkousrajoja ole tarpeen kiristää ainakaan kehäsahaa käytettäessä. – Suurin sallittu lenkous on alle 21 tukeissa 3 . . . 4 cm ja suuremmissa 5 . . . 6 cm tukin pituudesta riippuen.

Saantoon vaikuttavien tekijöiden monipuolisemmaksi analysoimiseksi laskettiin, mistä tekijöistä riippuu tukkien ja sydäntavaran sekä tukkien ja lautojen pituusero. Ero kuvaa omalla tavallaan myös saantoon vaikuttavia tekijöitä. – Taulukon 1 mukaisesti soirot olivat 26 cm lyhyempiä kuin tukit. Sivulautojen vastaava ero oli 105 cm.

Tärkein soirojen lyhenemiseen vaikuttava tekijä oli valikoivassa regressioanalyysissä tu-

kin kapeneminen: sen suuretessa lyheneminen lisääntyi. Tyvitukeissa lyheneminen oli voimakkaampaa kuin muissa tukeissa ja kasvoi tällöin läpimitan suuretessa. Paksuimman kuolleen oksan suuretessa lyheneminen väheni, ilmeisesti siksi, ettei huonolaatuista soiroja ole tarpeen lyhentää samalla tavalla kuin hyvälaatuisia, joissa usein kannattaa tehdä lyhennyksiä korkeamman laatutason saavuttamiseksi.

Osin vaikeasti selitettävät riippuvuudet eivät olleet vahvoja: selitysaste oli vain 4,4 % ja jäännöshajonta 20 cm. Voidaan näin ollen sanoa, ettei saantoa koskeviin riippuvuuksiin saatu lisävalaistusta ainakaan soirojen lyhenemisestä tukin pituuteen verrattuna.

Vastaava valikoiva regressioanalyysi tehtiin myös tukin ja siitä saatujen sivulautojen

pituserosta. Paras yksittäinen valikoivan regressioanalyysin selittäjä oli läpimita: tukin järeytyessä laudat luonnollisesti pitenivät. Toinen tärkeä tekijä oli lenkous: sen lisääntyessä laudat lyhenivät tukin pituuteen verrattuna. Samaa suuntaan vaikutti oksaisuuslaatu: oksikkuuden lisääntyessä laudat lyhenivät. Lisäksi oli pienehkö ero tyvitukeilla ja muilla tukeilla. Kokonais selitysaste oli 34,7 % ja jäännöshajonta 37 cm.

Tulokset viittaavat siihen, että suhteellisen vähäinen lenkous vaikuttaa vain pintalautojen pituuteen, ja tästä selittyy, ettei kokonaisuutta koskeissa regressioyhtälöissä lenkous tule lainkaan näkyviin. Taloudellisesti pintalautojen lyheneminen voi kuitenkin olla merkitykseltään huomattava erityisesti muuten hyvälaatuisten tukkien ollessa kyseessä.

4. TULOSTEN SOVELTAMINEN

Edellä esitettyjä tuloksia voidaan soveltaa mäntytukkien minimilaaadun tarkistamiseen. Kriteerinä voidaan käyttää haluttua soirojen, sivulautojen tai sahatavaran keskimääräistä yksikköhintaa, sahatavaran hintaa tukin tilavuutta kohti tai ilmeisesti käyttökelpoisimpana tunnuksena nettotuottoja tukin tilavuutta kohti. Kaikissa tapauksissa todetaan haluttu taso y-akselilta ja perustetaan tukin latvaläpimittaa ja sitä vastaavaa suurimman kuolleen tai elävän oksan läpimittaa koskeva päätös esitettyihin käyriin. Jos tukkilajia ei oteta huomioon, käytetään kuvia 1 . . . 10 ja 21 . . . 30. Jos tukkilaji otetaan huomioon kuivien oksien ollessa kyseessä, kuvien 1 . . . 10 sijasta käytetään kuvia 11 . . . 20.

Kriteerimuuttujan tavoitetaso riippuu mm. raaka-aineen hinnasta. Jos sahan varastoon toimitettujen tukkien kustannukset ovat suuret (korkea kantohinta, suuret korjuu- ja kaukukuljetuskustannukset), vaatimustaso on korkeampi kuin alhaisemmalla hintatasolla. Minimivaatimukset riippuvat siis muista ratkaisuista.

Haluttaessa em. käyriin perustuvan sovel-

luksen sijasta tukin järeyttä ja oksien kokoa koskevat yhdistelmät ne voidaan laskea analyttisesti regressioyhtälöistä. Tämän vuoksi yhtälöt on esitetty taulukossa 4.

Sovelluksia pohdittaessa lähtökohtana voidaan pitää nykyisiä Järvi-Suomen laatuvaatimuksia. Kuolleita ja eläviä oksia koskevat vaatimukset ovat seuraavat.

Tukin latvaläpimita, cm	Suurimman oksan läpimita, mm	
	Kuollut oksa	Elävä oksa
. . . 19	40	50
21 . . . 27	50	65
29 . . .	65	70

Kun tarkastellaan kriteerimuuttujien saamia arvoja tukin läpimitan ja paksuimman oksan läpimitan mukaan kuvista 1 . . . 30, havaitaan selvästi, että nykyiset vaatimukset antavat kriteerimuuttujille hyvin alhaisia arvoja. Tältä kannalta on ilmeistä, että oksien paksuutta koskevia vaatimuksia on aiheellista tarkistaa.

Taulukko 4. Eri kriteerimuuttujien saamia arvoja ennustavat yhtälöt, jotka perustuvat tukin latvaläpimittaan, suurimman kuivan ja elävän oksan läpimittaan sekä tukkilajiin.

Table 4. Equations predicting the values of various criterion variables. The predictors are top diameter of the log, diameter of the thickest dry or living branch and log location.

A. Suurimman kuivan oksan läpimittaan perustuvat yhtälöt:

A. Equations based on the diameter of the thickest dry knot:

Selittäjä Predictor	Kriteerimuuttuja - Criterion variable				
	1	2	3	4	5
Kerroin - Coefficient					
Vakio -Constant	49,78	54,22	37,70	24,85	47,91
DTOP	0	-0,1747	0	0,9560	0
DTOP ²	0,00862	0,00138	-0,01056	0,00531	-0,02905
DTOP ³	-0,0001519	0	0,001450	0	0,001542
DB	10,72	0	0	0	8,711
THDB	-6,182	0	0	0	-3,779
THDB ²	0,4256	-0,1402	0,3326	0,1772	0,4959
THDB-DTOP	0	-0,1007	-0,02008	-0,08810	0
THDB-DTOP ²	0,002368	0,00514	-0,00489	-0,0001558	-0,00295
BUTT	6,679	7,117	-10,24	-8,159	-1,172
DTOP-BUTT	0,7008	0,5329	1,791	1,075	1,121
THDB-BUTT	-5,785	-4,191	-0,02008	-3,652	-5,923

Selittäjä Predictor	Kriteerimuuttuja - Criterion variable				
	6	7	8	9	10
Vakio -Constant	42,29	223,4	210,3	19,91	-46,83
DTOP	0,2037	0,03984	0	7,972	13,32
DTOP ²	0	0	0,1481	0,05715	0
DTOP ³	0,0002973	0,003722	-0,00167	0	-0,003194
DB	13,52	18,99	76,55	0	24,33
THDB	-5,948	0	-34,75	0	0
THDB ²	0,5425	0	2,340	0,6237	0
THDB-DTOP	-0,01689	-0,5611	0	-0,4602	-0,9117
THDB-DTOP ²	0	0,01081	0,00793	0,00287	0,02378
BUTT	-1,398	24,42	9,271	13,80	6,056
DTOP-BUTT	0,7110	3,399	1,721	3,651	2,268
THDB-BUTT	-3,338	-34,79	-20,13	-29,85	-19,56

B. Suurimman elävän oksan läpimittaan perustuvat yhtälöt:

B. Equations based on the diameter of the thickest living branch:

Selittäjä Predictor	Kriteerimuuttuja - Criterion variable				
	1	2	3	4	5
Kerroin - Coefficient					
Vakio -Constant	45,60	51,43	26,18	17,88	45,38
DTOP	0	-0,1420	0,4004	0,9080	0
DTOP ²	0,03090	0,01866	0	0,02393	-0,01283
DTOP ³	-0,0002164	0	0,001597	0	0,001521
LB	1,272	2,666	-5,811	0	1,314
THLB	0,7612	0	0	0	0,03948
THLB ²	0	0	0	0,1480	0,1137
THLB-DTOP	-0,1076	-0,1159	0,3348	0,07686	0
THLB-DTOP ²	0	0,00164	-0,01552	-0,00687	-0,004893

Selittäjä Predictor	Kriteerimuuttuja - Criterion variable				
	6	7	8	9	10
Vakio -Constant	42,98	213,4	203,3	13,42	-51,87
DTOP	0	0	0	5,399	12,93
DTOP ²	0,01819	0,00653	0,1450	0,1836	0
DTOP ³	0,0002406	0,00542	-0,0003815	0	-0,001476
LB	3,108	19,01	26,57	0	0
THLB	-1,089	0	0	0	0
THLB ²	0,1292	0	0	0,3421	0,2092
THLB-DTOP	0	0,03511	-0,4129	0,5366	0,2676
THLB-DTOP ²	-0,002737	-0,02028	-0,0001698	-0,03730	-0,02070

Kriteerimuuttujat - Criterion variables:

- 1 = Soirojen yksikköhinta. U/s-laadun erillishinnoittelu.
1 = Unit price of battens. Grades I... IV are priced separately.
- 2 = Soirojen yksikköhinta. U/s-laadun yhtenäishinnoittelu.
2 = Unit price of battens. Grades I... IV are given the same value.
- 3 = Lautojen yksikköhinta. U/s-laadun erillishinnoittelu.
3 = Unit price of boards. Grades I... IV are priced separately.
- 4 = Lautojen yksikköhinta. U/s-laadun yhtenäishinnoittelu.
4 = Unit price of boards. Grades I... IV are given the same value.
- 5 = Sahatavaran yksikköhinta. U/s-laadun erillishinnoittelu.
5 = Unit price of sawn goods. Grades I... IV are priced separately.
- 6 = Sahatavaran yksikköhinta. U/s-laadun yhtenäishinnoittelu.
6 = Unit price of sawn goods. Grades I... IV are given the same value.
- 7 = Sahatavaran hinta tukin tilavuutta kohti. Erillishinnoittelu.
7 = Price of sawn goods per log volume. Grades I... IV are priced separately.
- 8 = Sahatavaran hinta tukin tilavuutta kohti. Yhtenäishinnoittelu.
8 = Price of sawn goods per log volume. Grades I... IV are given the same value.
- 9 = Nettotuotot tukin tilavuutta kohti. Erillishinnoittelu.
9 = Net value per log volume. Grades I... IV are priced separately.
- 10 = Nettotuotot tukin tilavuutta kohti. Yhtenäishinnoittelu.
10 = Net value per log volume. Grades I... IV are given the same value.

Kriteerimuuttujat 1...6: u/s-laata = 100.
Criterion variables 1...6: u/s-board = 100.
Kriteerimuuttujat 7...10: u/s-laata = 1000.
Criterion variables 7...10: u/s-board = 1000.

Selittäjät - Predictors:

DTOP = tukin kuoreton latvaläpimitta, cm
DTOP = top diameter of log under bark, cm
DB = valemuuttuja 0 = kuivia oksia ei ole
1 = kuivia oksia on
DB = dummy variable 0 = no dry knots
1 = dry knots exist
THDB = suurimman kuivan oksan läpimitta, cm
THDB = diameter of thickest dry knot, cm
BUTT = valemuuttuja 0 = muu kuin tyvitukki
1 = tyvitukki
BUTT = dummy variable 0 = other than butt log
1 = butt log
LB = valemuuttuja 0 = eläviä oksia ei ole
1 = eläviä oksia on
LB = dummy variable 0 = no living knots
1 = living knots exist
THLB = suurimman elävän oksan läpimitta, cm
THLB = diameter of thickest living knot, cm

5. KIRJALLISUUTTA

Mikäli raaka-aineen saanti on minimitekijä – kuten se Suomessa yleisen käsityksen mukaan on – tukkien minimivaatimukset on muotoiltava siten, että heikoimpia tukkeja sahattaessa kate lähenee nollaa. Tällöin saadaan minimivaatimusten puolesta maksimaalinen määrä raaka-ainetta kattamaan kiinteitä kustannuksia.

Tukkien hinta sahalla on ollut yleensä sellainen, ettei pelkästään sekstalaatua sisältävistä tukeista ole jäänyt juuri katetta poikkeuksellisen hyviä vuosia lukuun ottamatta. Näin ollen voidaan sovelluksia hahmotella karkeasti pitämällä minimi- ja rajana tuottoa, joka vastaa pelkän sekstalaadun tuottamista.

Jos lähtökohtana pidetään entisten tukin läpimitarajojen (21 ja 29 cm) säilyttämistä, tyvitukeilla ovat luontevimmat nollarajaa vastaavat kuivien oksien läpimitat 30, 40 ja 60 mm. Vastaavat muiden tukkien arvot ovat 40, 50 ja 60 mm. Yhteensopivuus ei ole hyvä kaikkien kriteerimuuttujien ollessa kyseessä. Valinnassa on tällöin annettava pääpaino tavanomaiselle yhtenäishinnoittelulle (vaihtoehto B) ja sahatavaran keskihinnalle tukin tilavuutta kohti, koska se on riippumaton mm. käytetystä sahaustekniikasta ja sen aiheuttamasta kustannusten jaosta eri läpimitaluokkien kesken.

Vastaava esitys voidaan tehdä paksuimmasta elävän oksan läpimitasta kuvien 11...20 perusteella. Rajat eivät ole niin selkeät kuin kuivien oksien ollessa kyseessä, mahdollisesti tukin läpimitan pienestä vaikutuksesta johtuen. Yksi vaihtoehto on käyttää rajoja 40, 50 ja 60 mm elävän oksan paksuudelle. Nämä rajat vastaavat muiden kuin tyvitukkien kuivien oksien rajoja.

Käsillä olevan tutkimuksen aineiston perusteella ei ole mahdollisuuksia täsmentää muita vikoja koskevia laatuvaatimuksia. Näin ollen on johdonmukaisinta säilyttää vaatimukset ennallaan, olkoonkin, että suhteellinen sallivuus mm. poikaoksan tai laho-oksen läpimitan suhteen lisääntyy tarkistettaessa elävien ja kuolleiden oksien maksimipaksuuksia.

Sitä vastoin on aiheellista tarkistaa vielä

minimirungon ja -tukin käsitettä. Kun tyvitukeille ja muille tukeille esitetään erilaiset oksaisuusvaatimukset, minimirunko voidaan määrittellä rungoksi, josta saadaan ainakin yksi sahatukkien laatuvaatimukset täyttävä tukki. Tyvitukkien muita tukkeja ankarammat oksaisuuslaatuvaatimukset eliminoivat sahatukkirunkojen joukosta pienikokoiset, heikkolaatuiset rungot. Vastaavaan eliminointiin käytettiin minimirungon käsitettä silloin, kun tyvitukeilla ja muilla tukeilla oli samanlaiset oksaisuuslaatuvaatimukset.

Minimirungon uuden käsitteen myötä on aiheellista luopua myös aiemmasta läpimitan ja pituuden välisestä sidonnaisuudesta, ts. että 15 cm latvaläpimitan tukkien minimipituus on 43 dm, 17 cm vastaavasti 40 dm jne. siten, että 31 dm pituisen tukin läpimitan tulee olla vähintään 21 cm. Käytännössä on nimittäin osoittautunut, että minimivaatimukset alittavat tukit ovat usein pieniläpimittaisia tukkeja, joiden lenkous on sallittua (3 tai 4 cm tukin pituudesta riippuen) suurempi. Kun lenkouteen voidaan vaikuttaa edullisesti tukkia lyhentämällä, on raaka-aineen niukkuuden vallitessa syytä hyväksyä kaikki 31 dm pituiset tukit läpimitasta riippumatta, jos ne ovat muutoin sahauskelpoisia.

Kun edellä esitetyt näkökohdat liitetään yhteen, saadaan seuraava ehdotus mäntysahatukkien minimivaatimusten täsmentämiseksi minimirungon, minimipituuden ja kuivien sekä elävien oksien maksimipaksuuden osalta.

1. Minimirunko on runko, josta saadaan ainakin yksi minimivaatimukset täyttävä tukki.
2. Tukin minimipituus on 31 dm.
3. Suurimmat kuivien ja elävien oksien läpimitat ovat seuraavat,

Tukin latvaläpimita cm	Suurimman oksan läpimita, mm		
	Kuollut oksa	Muut tukit	Elävä oksa
...19	30	40	40
21...27	40	50	50
29...	60	60	60

- Cunia, T. 1973. Dummy variables and some of their uses in regression analysis. Teoksessa: Cunia, T., Kuusela, K. & Nash, A. J. (toim.) Proceedings of the June 1973 meeting, Nancy, France, IUFRO Subject Group S4.02. Vol. 1: 1–146.
- Heiskanen, V. 1951 a. Sahatukkien laatuokittelutavat. *Silva Fenn.* 69: 76–85.
- 1951 b. Sahatukkien laatuokittelulla saavutettava eduista. *Silva Fenn.* 69: 86–91.
- 1951 c. Mäntysahatukkien laadun mukaisista arvosuhteista. *Silva Fenn.* 69: 92–103.
- 1968. Havaintoja eräiden vikaisuuksien vaikutuksesta mäntytukkien sahauskassa. Summary: Observations of the influence of some log defects in sawing of pine logs. *Silva Fenn.* 2(3): 137–147.
- 1971. Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa. Summary: Test sawings of butt logs and top logs in northern Finland. *Folia For.* 116: 1–23.
- 1976. Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974–1975. Summary: Value calculations for softwood sawlogs in 1974–1975. *Folia For.* 251: 1–64.
- & Rikkinen, P. 1976. Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. *Folia For.* 250: 1–67.
- & Siimes, F. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuokittelusta. Paperi ja Puu 41(8): 359–368.
- Kellomäki, S. 1980. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntytukkien kasvun dynamiikka. *Commun. Inst. For. Fenn.* 98(4): 1–50.
- & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männikoissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia For.* 478: 1–27.
- Kärkkäinen, M. 1980 a. Mäntytukkirunkojen laatuokittelu. Summary: Grading of pine sawlog stems. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(5): 1–152.
- 1980 b. Tuloksia Rauman alueen mäntytukkien sahauskasta. Summary: Results of sawing pine

- logs in Rauma region, western Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(7): 1–43.
- & Björklund, T. 1983. Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahautuloksia. Summary: On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland. *Folia For.* 543: 1–16.
- & Kallinen, J. 1982. Kemin seudun mäntytukkien koesahautuloksia. Summary: On the sawing of pine logs from northern Finland, Kemi region. *Folia For.* 521: 1–16.
- Mathieu, J. H. 1967. Einfluss von Pflanzenverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremervärde. Dissertation. Hannover-Münden. 120 s.
- Miettinen, R. & Uusvaara, O. 1983. Pystykarsitun männikön koesahaus. Summary: Test sawing of pruned pine stand. *Folia For.* 566: 1–8.
- Mäntysahatukkien arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet Pohjois-Suomessa. Sahatukkien hinnoittelutoimikunnan mietintö. 1956. Helsinki. 112 s.
- Nuorivaara, R. 1980. Sahateollisuuden markkinanäkymät ja laadun vaikutus niihin. Teoksessa: Valtakunnalliset sahatavaran keinokuivaus- ja laadunvalvontapäivät 1980-09-04...05, Oulu, s. 1–13. Julk. Oulun Seudun Puumiehet r.y. Moniste.
- Orvér, M. 1970. Sågutfalllets volym och värde hos tall vid olika råvarukvaliteter och varierande postningar. Summary: Lumber yield and value for Scots pine at different log qualities and gang saw set-ups. *Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk.* 66: 1–54.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia For.* 451: 1–21.
- Weslien, H. 1983. Värdeklassificering av sågtimmer med objektiva mätbara faktorer. Del I. Klassificering av talltimmer. Summary: Value grading of saw timber using objectively measurable factors. Part I. Grading of pine timber. *Rapp. Instn. Virkeslära SLU* 140: 1–39.
- Vientisahatavaran lajitteluohjeet. 1960. Julk. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. Helsinki. 51 s.

Total of 23 references

SUMMARY

REAPPRAISAL OF MINIMUM REQUIREMENTS OF PINE SAWLOGS

The minimum requirements for pine sawlog quality today, are based on an agreement between sellers and buyers. However, they are based on studies made at the end of the 1950's. Due to changes in production techniques and marketing it is time to check if these minimum quality requirements are in agreement with the present situation. Therefore, a large test sawing was planned and realized.

The material consists of 9 stands sampled from Central Finland. Due to technical reasons the only limitation in sampling was the possibility to use roads in the summertime. Otherwise the maximum variation in sawlog quality was aimed at. Therefore, of the nine stands three represented large-sized timber, three medium-sized and the rest small-sized. Of each timber size class one stand was of excellent quality, one of medium quality

and one of low quality.

In each stand, sawlog stems were sampled. They were marked carefully and various measurements were made before felling. Measurements were made of breast height diameter, upper diameter (height 6 m), height, dry branch height, dry crown height, height to lowest living branch, living crown limit, and bark properties.

After felling, stem defects were classified and their location and size measured. Especially various knot characteristics were carefully noted: for example diameters of thickest dry and living knots, average diameters of dry and living knots, etc.

After defect measurements the stems were bucked into sawlogs using common rules. After bucking the diameters were measured from the butt, middle length and top of each log. Besides this, length and sweep were measured, as well as average knot characteristics. Each log was marked by a number referring to the stem and log in question.

The total material consisted of 807 logs. They were transported to a sawmill which employs frame saw techniques. At the sawmill the logs were barked and classified on the basis of top diameter into 13 groups. In each group the special sawing pattern given in chapter 2.2. was used.

Each log was sawn separately from the others, and the pieces graded and their dimensions measured. In grading, the Finnish export rules were used. The u/s-quality (grades I...IV) was divided to subgrades I...IV.

Three files were formed before computing. One contained the batten and board data (piece file). The other file was constructed in such a way that each record was a log and pieces made of it (log file). On the basis of this file the third file was created. In this file each record was a stem and logs made of it (stem file).

The main results were computed from the log and stem files. The log file was used to predict the sawn goods yield and value on the basis of log characteristics. When the stem file was used the prediction was based on stem characteristics. As the main problem was to determine the appropriate minimum requirements for pine saw logs, major emphasis was placed on the log file.

In the analysis, 10 criterion variables describing the quality and value of sawn goods were formed (table 4). Some variables described only battens, others only boards, and others the whole sawing yield. In some criterion variables the sawing costs were also taken into account in addition to the value of sawn goods, chips, sawdust and bark.

In the analysis, the main statistical method was regression analysis. At first, various criterion variables were predicted using stepwise regression analysis and numerous possible predictors and their transformations. On the basis of these preliminary results, the most promising predictors were selected and analyzed further using various fixed regression models. In this way, logical and simple equations were derived. In all of them, log size described by top diameter was taken into account in addition to various defects.

According to the results the best log characteristic to describe its net value or other value criteria is the diameter of the thickest dry knot measured from the log surface. Also, the average diameter of dry knots is a good predictor, although not as good.

If predictors other than log size or dry knot diameter are needed, the best is the log location. This variable separates the butt logs from other logs.

The most important characteristic of living knots was their average diameter. However, the diameter of the thickest living knot gave predictions nearly as good. Therefore, the latter was selected, as it is easier to measure than the average diameter of the numerous living knots on a log.

In figures 1...30 various criterion variables are predicted with the help of top diameter and diameter of the thickest dry or living knot. On the basis of these figures the minimum requirements can be determined as far as the above knot characteristics are concerned. Any line in the direction of the x-axis gives the pair top diameter and knot diameter, which give the same value for the criterion variable. As an example, in figure 30 a top diameter of 33 cm and a living knot diameter of 6 cm gives the same net value for the log as 27 cm log and 4 cm living knot. On the basis of the figures the following minimum requirements for the diameters of the thickest dry and living knots are proposed.

Log diameter cm	Diameter of the thickest knot, mm		
	Butt logs	Dry knot Other logs	Living knot
...19	30	40	40
21...27	40	50	50
29...	60	60	60