METSÄTEHON
TIEDOTUS
METSÄTEHO REPORT

Metsäteollisuuden tutkimus- ja kehitysyksikkö
METSÄTEHO
PL 194 (Unioninkatu 17) 00131 HELSINKI

HELSINKI 1992

408

Apteerauksen taso ja apteerausvirheiden syyt havutukkien hakkuussa

CUTTING OF SOFTWOOD SAWLOGS; BUCKING ACCURACY AND REASONS FOR ERRORS

KAARLO RIEPPO
JARI MARJOMAA

Metsätehon tiedotus - *Metsäteho Report* 408

M E T S Ä T E H O
Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n puunhankinnan ja -tuottamisen tutkimus- ja kehitysyksikkö
R&D Unit for Timber Procurement and Production at the Central Association of Finnish Forest Industries

APTEERAUKSEN TASO JA APTEERAUSVIRHEIDEN SYYT HAVUTUKKIEN HAKKUUSSA

Cutting of softwood sawlogs; bucking accuracy and reasons for errors

Kaarlo Rieppo
Jari Marjomaa

METSÄTEHO
PL 194 (Unioninkatu 17) 00131 HELSINKI
Puh. (90) 132 521, faksi (90) 659 202

Painovalmiste Ky, Helsinki 1992

ISBN 951-673-127-9
ISSN 0356-7257

SISÄLTÖ
Contents

Sivu
Page

TIIVISTELMÄ 4

1 JOHDANTO 7

2 TUTKIMUSMENETELMÄT 7
2.1 Seuranta-aineiston keruu 7
2.2 Rungoittaisen aineiston keruu 8
2.3 Apteerauksen perusteet 8
2.4 Laskentamenetelmät 8
2.4.1 Pölkkyjen ja runkojen tilavuuden määritys 8
2.4.2 Rungon arvon laskenta 8

3 TUTKIMUSKOHTEET JA -AINEISTO 9
3.1 Seuranta-aineisto 9
3.2 Rungoittainen aineisto 10

4 TUTKIMUSTULOKSET 10
4.1 Seuranta-aineisto 10
4.1.1 Yleistä 10
4.1.2 Apteerauksen taso 11
4.1.2.1 Laatujakaumat koko aineistossa 11
4.1.2.2 Valoisuuden vaikutus laatujakaumaan 12
4.1.2.3 Työkokemuksen vaikutus laatujakaumaan 12
4.1.2.4 Apteerauskoulutuksen vaikutus laatujakaumaan 12
4.1.2.5 Lumen määrän vaikutus laatujakaumaan .. 12
4.1.2.6 Konetyypin vaikutus laatujakaumaan 13
4.1.3 Apteerausvirheiden syyt 13
4.1.3.1 Apteerausvirheet koko aineistossa 13
4.1.3.2 Apteerausvirheet valoisuuden mukaan 14
4.1.3.3 Apteerausvirheet lumen määrän mukaan .. 14
4.2 Rungoittainen aineisto 14
4.2.1 Laatujakaumat 14
4.2.2 Taloudellisuusvertailut 17
4.2.3 Hylkäyssyyt 18
4.2.4 Muutossyyt 18

5 TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT 19
5.1 Seuranta-aineisto 19
5.2 Rungoittainen aineisto 20

KIRJALLISUUTTA - *References* 21

Summary 22

LIITTEET 25

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin, mikä on apteerauksen taso havutukkien koneellisessa hakkuussa verrattuna apteerauksen tasoon niiden manuaalisessa hakkuussa sekä mitkä ovat apteerausvirheiden syyt konehakkuussa.

Apteerauksen tasoa koneellisessa ja manuaalisessa hakkuussa selvitettiin 15 390 pölkkyä käsittävän seuranta-aineiston perusteella. Puolessa aineistosta metsuri ja hakkuukoneen kuljettaja työskentelivät eri työmailla ja puolessa samoissa työoloissa. Konehakkuuseen liittyviä apteerausongelmia ja apteerausvirheiden taloudellisia vaikutuksia tutkittiin 1 036 mänty- ja 151 kuusirunkoa käsittävän rungoittaisen aineiston perusteella.

Tutkimukseen osallistuvat metsurit ja hakkuukoneet arvottiin. Puolella metsureista oli kokemusta hakkuutyöstä vähintään 18 vuotta, ja puolella hakkuukoneen kuljettajista oli kokemusta hakkuukoneella työskentelystä vähintään 4 vuotta.

Kun manuaalinen ja koneellinen hakkuu tehtiin niiden tavallisissa työoloissa eli tässä tutkimuksessa eri työmailla, mäntyaineistossa raakkitukkien osuus oli manuaalisessa hakkuussa 6.9 % ja koneellisessa 6.4 % aineiston kokonaistilavuudesta. Koneellisessa hakkuussa I laadun osuus oli 2.6 ja II laadun osuus 0.9 %-yksikköä suurempi kuin manuaalisessa. Kuusiaineistossa raakkitukkien osuus oli manuaalisessa hakkuussa 2.4 % ja koneellisessa 4.8 % aineiston kokonaistilavuudesta.

Kun metsuri ja hakkuukoneen kuljettaja työskentelivät samalla työmaalla eli samoissa työoloissa, mäntyaineistossa hakkuukoneen kuljettajan tekemistä tukeista oli raakkeja 8.1 % kuutiomäärästä eli lähes kaksi kertaa niin paljon kuin metsurin tekemistä, 4.4 %. I laadun mäntytukkeja hakkuukoneen kuljettaja teki 1.3 %-yksikköä enemmän kuin metsuri, kun taas II laadun tukkeja metsuri teki 2.8 %-yksikköä enemmän kuin hakkuukoneen kuljettaja. Kuusiaineistossa metsurin tekemistä tukeista oli raakkeja 3.6 % kuutiomäärästä ja hakkuukoneen kuljettajan tekemistä 5.3 %.

Metsurien apteeraustulos oli työskenneltäessä valoisassa parempi kuin osittain hämärässä tai osittain pimeässä. Siksi hämärässä työskentelyä ei metsurille tulisi sallia ollenkaan, jos puutavaran laatu on tärkeä. Koneellisessa hakkuussa valoisuus ei vaikuttanut apteeraustulokseen merkittävästi.

Yli viikon pituinen apteerauskoulutus ei parantanut apteeraustulosta miestyönä- eikä konehakkuussa verrattuna alle viikon pituiseen apteerauskoulutukseen.

Seuranta-aineistossa oksaisuus oli sekä manuaalisessa että koneellisessa hakkuussa suurin syy siihen, ettei mäntytukkien laatu täyttänyt minimivaatimuksia. Lenkouden osuus raakkitukkien kuutiomäärästä oli pieni, 3 - 7 %. Yleisin syy kuusitukkien hylkäämiseen oli mutka/monivääryys.

Rungoittaisessa aineistossa, kun runko oli etukäteen luokiteltu hyvälaatuiseksi, oli raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus hakkuukoneen kuljettajan tekemässä apteerauksessa 4.5 %-yksikköä suurempi kuin optimaalisessa; toisin sanoen 4.5 % hyvälaatuisten runkojen tilavuudesta tehtiin turhaan kuitupuuksi. Oksaisten runkojen vastaava osuus oli 4.6 %-yksikköä, lenkojen 3.4 %-yksikköä, mutkaisten/moniväärien 5.3 %-yksikköä ja koroisten/rosoisten runkojen 7.2 %-yksikköä.

Apteerausvirheiden taloudellista vaikutusta tarkasteltiin vertaamalla kuljettajan tekemässä apteerauksessa saatua rungon suhteellista jalostusarvoa optimaalisessa apteerauksessa saatuun. Mäntyaineistossa koroisten, mutkaisten ja hyvälaatuisten runkojen apteerauksen virheistä johtuva arvonmenetys oli 1.92 - 2.00 prosenttia. Pienin oli lahojen, oksaisten ja lenkojen runkojen arvonmenetys, keskimäärin 1.12 - 1.37 %. Kuusirunkojen apteerauksessa suurin oli koroisten runkojen jalostusarvon menetys, 2.17 %. Keskimäärin kuusen jalostusarvon menetykset olivat kuitenkin pienemmät kuin mäntyjen. Tappiot hyvälaatuisten runkojen apteerauksessa osoittavat, että rungon laaturajojen huomioon ottamisen tärkeyttä on apteerauksessa entistä enemmän painotettava.

Rungoittaisessa mäntyaineistossa suhteellisesti eniten tukkien hylkäämistä aiheuttivat oksaisuus ja koroisuus/rosoisuus; sadasta rungosta, jotka oli valittu siten, ettei niitä niiden oksaisuuden vuoksi päästä hyödyntämään tukkien minimiläpimittaan saakka, tehtiin 32 raakkitukkia, ja koroisten/rosoisten runkojen vastaava osuus oli 30. Lengot rungot apteerattiin hyvin - vain 6 raakkitukkia sataa runkoa kohti. Kuusiaineistossa selvästi eniten raakkitukkeja tehtiin koroisista/rosoisista rungoista - 22 sataa runkoa kohti.

Oksaisuudesta aiheutuvien raakkitukkien vähentämiseksi sekä metsurilla että hakkuukoneen kuljettajalla tulisi aina olla näkyvillä moottorisahan laippaan ja hakkuukoneen hakkuulaitteeseen merkitty oksatulkki.

Mäntyaineistossa yli joka kolmannessa apteerausmuutoksessa kuljettajan tekemän ja optimiapteerauksen välillä oli syynä tukkiosan optimaalinen hyväksikäyttö ja joka neljännessä laaturajan ylitys. Kuusiaineistossa yli puolet apteerausmuutoksista aiheutui tukkiosan optimaalisesta hyväksikäytöstä.

Koneellisen korjuun osuus kasvaa edelleen. Koska hakkuukoneen kuljettaja tekee enemmän raakkitukkeja kuin metsuri samoissa työoloissa, niiden osuus tukkimäärästä kasvaa, ellei hakkuukoneen kuljettajan apteeraustulosta kyetä parantamaan. Hakkuukoneen kuljettajien apteerauskoulutukseen tulisikin nyt kiinnittää erityinen huomio.

Asiasanat: apteeraus, apteerausvirheet, havutukki, hakkuu

1 JOHDANTO

Puutavaran hakkuu on nopeasti koneellistunut. - Koneellisen hakkuun osuus oli vuonna 1991 puunhankintayritysten ja metsähallituksen korjaamasta puumäärästä 55 %. - Koneellinen hakkuu keskittyy etupäässä päätehakkuuleimikoihin, joissa runkojen apteerauksen eli rungon katkaisukohtien määrittämisen onnistumisella on suuri merkitys. Kun hakkuukoneen vuosituotos on noin 25 000 m^3, kunkin kuljettajan apteeraustaidolla on metsurin apteeraustaitoon verrattuna huomattavan suuri painoarvo.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin, mikä on apteerauksen taso havutukkien koneellisessa hakkuussa verrattuna apteerauksen tasoon havutukkien manuaalisessa hakkuussa ja mitkä ovat apteerausvirheiden syyt konehakkuussa. Tulosten perusteella selvitettiin apteerauksen kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia. Tätä aihetta Metsäteho on tutkinut aiemminkin (Eskelinen ja Pennanen 1980).

Apteerauksen tasoa manuaalisessa ja koneellisessa hakkuussa selvitettiin laajan seuranta-aineiston perusteella. Konehakkuuseen liittyviä apteerausongelmia tutkittiin rungoittaisen aineiston perusteella. Saman aineiston perusteella tarkasteltiin myös apteerausvirheiden taloudellisia vaikutuksia.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Seuranta-aineiston keruu

Seuranta-aineiston keräsivät Enso-Gutzeit Oy:n, Metsäliiton, Tehdaspuu Oy:n, Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n ja Metsähallituksen hyvän apteeraustaidon omaavat henkilöt Metsätehon arpomilta 100 piiriltä/hoitoalueelta. Kukin piiri/hoitoalue keräsi tutkimusaineistoa yleensä Metsätehon arpomien yhden metsurin ja yhden hakkuukoneen työn tuloksista tammi-helmikuun vaihteessa 1991.

Eri työmailla työskenteleviä metsureita ja hakkuukoneen kuljettajia koskevat aineistot kerättiin hakkuun jälkeen. Hakkuun aikana metsurit ja hakkuukoneen kuljettajat eivät tienneet tutkimuksesta. Tämän aineiston perusteella selviää apteerauksen nykyinen taso.

Noin puolella piireistä/hoitoalueista metsuri ja hakkuukone työskentelivät samassa leimikossa. Näissä tutkimuskohteissa sekä metsurille että hakkuukoneen kuljettajalle kerrottiin tutkimuksen tarkoitus. Tämän aineiston perusteella voidaan siten verrata metsurin ja hakkuukoneen kuljettajan apteeraustulosta keskenään ja nähdään, millaiseen apteeraustasoon he yltävät.

Jokaisessa kohteessa mitattiin satunnaisesti valitusta leimikonosasta 15 - 20 m^3:n havutukkierä. Aineistosta noin puolet oli mäntytukkeja ja puolet kuusitukkeja. Mäntytukit luokiteltiin viiteen laatuluokkaan - I laatu, II laatu, tuoreoksainen III laatu, kuivaoksainen III laatu ja raakkitukit eli ne tukit, joiden laatu ei täyttänyt sahatukkien minimivaatimuksia (liite 1). Kuusitukit luokiteltiin vain laadun täyttäviin ja raakkitukkeihin. Tukeista määritettiin pituus 30 cm:n ja latvaläpimitta 2 cm:n luokin kuten havutukkien latvakiintomittauksessa. Lisäksi määritettiin pituuden poikkeama moduulimitasta senttimetreinä. Jos pölkystä tiedettiin varmasti, että se oli rungosta tehty viimeinen tukki, sen latvaläpimitta mitattiin millimetrin tarkkuudella. Jos tukin laatuluokkaa olisi voinut parantaa sen pituutta lyhentämällä, se kirjattiin. Myös syy, jonka mukaan tukki luokiteltiin raakkitukiksi, kirjattiin. Raakkitukiksi luokittelun syyt olivat: lenkous, oksaisuus, mutka tai monivääryys, alamitta, koro tai roso, laho tai rengashalkeama, korjuuvaurio ja muu syy.

Lisäksi kussakin kohteessa kirjattiin havutukkien maantieteellinen yksikkötilavuuslukualue, lumen syvyys, työkokemus, apteerauskoulutuksen pituus ja valoisuus otoksen hakkuuaikana. Valoisuuden luokitus oli seuraava:

Valoisa = hakkuu päivänvalon aikana.

Osittain hämärä = hakkuu osittain valoisan ja osittain hämärän aikana.

Osittain pimeä = hakkuu aikana, johon sisältyi sekä valoisaa, hämärää että pimeää aikaa.

Pimeä = hakkuu kokonaan tai lähes kokonaan aikana, jolloin tarvittiin keinovaloa.

Hakkuukoneesta kirjattiin tiedot sen peruskoneesta sekä hakkuu- ja mittalaitteesta.

2.2 Rungoittaisen aineiston keruu

Rungoittaisen aineiston keräsi apteerauskouluttaja Tarmo Kettunen Enso-Gutzeit Oy:stä. Kohteiksi valittiin 12 sellaista leimikkoa, joista löytyi rungon erilaisia vikatyyppejä. Aineiston kerääjä valitsi kustakin leimikosta etukäteen 100 runkoa, joista pääosa oli mänty- ja loput kuusirunkoja. Osa niistä oli hyvälaatuisia.

Merkkaamattomat rungot poistettiin ennen merkittyjen runkojen hakkuuta. Hakkuukoneen kuljettajille kerrottiin tutkimuksen tavoitteet ja heitä kehotettiin kiinnittämään huomiota apteeraukseen.

Hakkuukoneen tekemien pölkkyjen pituudet, latvaläpimitat ja laatuluokat selvitettiin. Laatuluokat olivat samat kuin seuranta-aineistossa. Raakkitukeista kirjattiin syy niiden hylkäämiseen. Rungoille tehtiin optimiapteeraus. Optimiapteerauksen ero verrattuna hakkuukoneen kuljettajan tekemään apteeraukseen kirjattiin muutossyynä.

Hylkäyssyyt olivat lenkous, oksaisuus, mutka tai monivääryys, alamitta, koro tai roso, laho tai rengashalkeama, jakojäännös ja aiheeton. Jakojäännössyytä käytettiin optimiapteerauksessa, jos rungosta jäi tukinmitat täyttävää osaa kuitupuuksi. Hylkäyssyynä oli aiheeton, kun hakkuukoneen kuljettaja oli tehnyt tukin mitat ja laadun täyttävän rungonosan kuitupuuksi.

Muutossyyt olivat laaturajan ylitys, laaturajan alitus, keskipituuden kasvattaminen, tukkiosan optimaalinen hyväksikäyttö, koko rungon arvon optimointi ja muiden tukkien optimaalinen apteeraus.

2.3 Apteerauksen perusteet

Rungon apteerauksen tulee perustua eri rungonosien jalostusarvoon, joka määräytyy rungonosasta valmistettavan tuotteen myyntihinnan ja tuotantokustannusten perusteella. Lisäksi on otettava huomioon eri tavaralajien korjuu- ja kuljetuskustannukset. Keskeisimmät apteerauksen perusteet ovat tukki- ja kuitupuun välinen arvosuhde sekä tukkiosan laadultaan erilaisten osien väliset arvosuhteet, jotka vaihtelevat yrityksen tuotantorakenteen ja raaka-aineen saatavuuden mukaan.

Sahatukin - erityisesti mäntytukin - arvoon vaikuttaa tilavuuden lisäksi sen laatu. Tässä tutkimuksessa käytetty havusahatukkien laatuluokitus perustuu Heiskasen ja Siimeksen laatimiin sahatukkien laatuluokitusohjeisiin. Luokituksessa mainitaan 20 sahatukkien ulkoista vikaa, jotka vaikuttavat tukeista saatavan sahatavaran määrään ja laatuun. Niistä oksaisuus määrää tukin laatuluokan 92 - 98 %:ssa tapauksista. Lenkous ja mutkat ovat seuraavaksi yleisimpiä tukkien laatuluokan määrääviä vikoja (Juvonen ja Kotilahti 1985).

2.4 Laskentamenetelmät

2.4.1 Pölkkyjen ja runkojen tilavuuden määritys

Seuranta-aineiston pölkkyjen tilavuudet määritettiin havutukkien latvakiintomittausta käyttäen.

Rungoittaisen aineiston pölkkyjen läpimitta- ja pituustietojen perusteella muodostettiin kullekin rungolle runkokäyrä. Rungon pölkkyjen tilavuudet laskettiin runkokäyrän perusteella. Mäntyrungon kokonaistilavuus määritettiin 15 cm:n ja kuusirungon 16 cm:n läpimittaan asti. Tilavuus tarkoittaa tässä siis tukinmitat täyttävän rungonosan tilavuutta. Näin rungon pölkkyjen yhteistilavuudet saatiin samaksi sen katkontakohdista riippumatta sekä kuljettajan tekemässä että optimaalisessa apteerauksessa.

2.4.2 Rungon arvon laskenta

Apteerausvirheiden taloudellisen merkityksen arvioimiseksi laskettiin kunkin rungon arvo kuljettajan tekemässä ja optimaalisessa apteerauksessa. Rungon arvo laskettiin pölkkyjen suhteellisten arvojen perusteella m^3:ä kohti.

Tukkipuun suhteelliseen arvoon vaikuttavat tukin laatuluokka ja latvaläpimitta (kuva 1) ja myös tukin pituus jonkin verran. Tästä ei kuitenkaan ollut saatavissa riittävän täsmällistä tietoa, joten pituuden vaikutus jätettiin ottamatta huomioon.

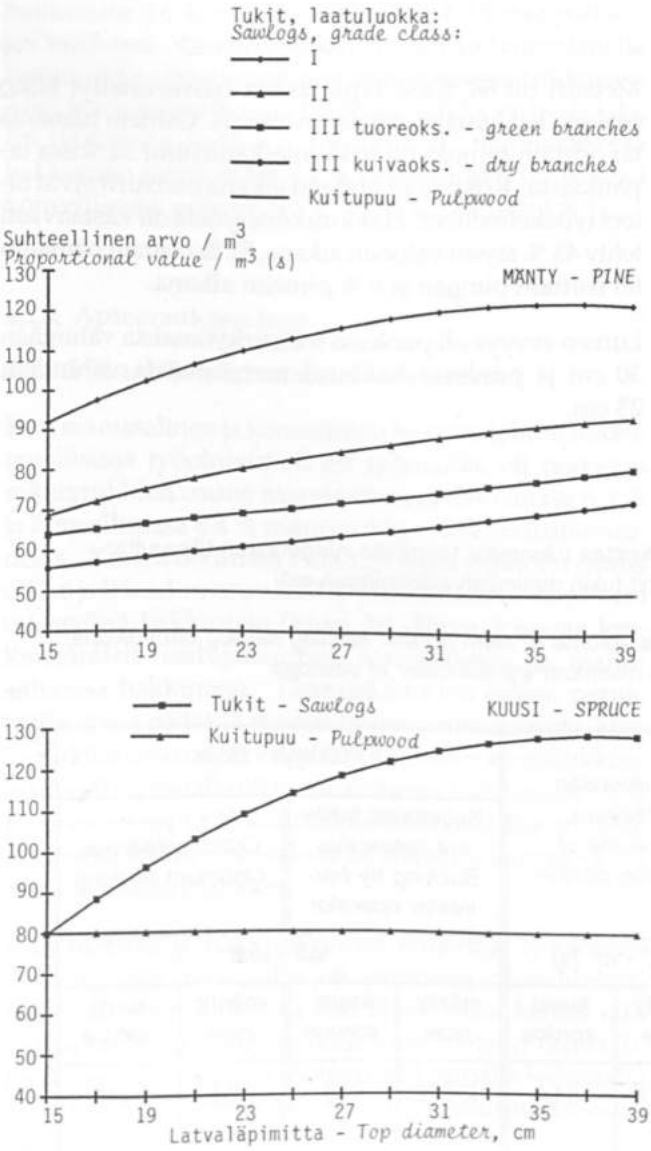
Kuitupuun suhteellinen arvo oli tarkastelussa vakio. Mäntytukkien suhteelliset arvot määritettiin Uusitalon (1989) tutkimuksen perusteella. Kuitupuun ja III laatuluokan tuore- ja kuivaoksaisen laadun suhteellisten arvojen määrityksessä käytettiin myös Matti Hannulan (Enso-Gutzeit Oy) asiantuntemusta. Kuusitukkien ja -kuitupuun suhteelliset arvot olivat samat kuin Eskelisen ja Pennasen (1980) tutkimuksessa. Raakkitukkien suhteelliseksi arvoksi annettiin kuitupuun arvo. Hylkyjen suhteellinen arvo oli 0.

I laadun mäntytukin suhteellinen arvo on selvästi suurempi kuin muiden laatuluokkien tukkien suhteellinen arvo. Kun tukin latvaläpimitta on yli 31 cm, I laadun tukin suhteellinen arvo on lähes vakio. Sitä vastoin III laatuluokan tukkien suhteellinen arvo kasvaa tasaisesti, kun tukkien latvaläpimitta suurenee. Suhteellisten arvojen erotus III luokan tuoreoksaisen ja kuivaoksaisen laadun välillä on noin 8 %-yksikköä.

Kuusitukin suhteellinen arvo kasvaa tasaisesti 29 cm:n latvaläpimittaan saakka, jonka jälkeen se on lähes vakio.

TAULUKKO 1 Seuranta-aineiston määrä
Table Follow-up material

Hakkuutapa *Cutting method*	Pölkkyjä - *Bolts*			Tilavuus - *Volume*		
	mänty *pine*	kuusi *spruce*	yhteensä *total*	mänty *pine*	kuusi *spruce*	yhteensä *total*
	kpl - *unit*			m^3 - m^3 *(s)*		
Miestyönä hakkuu *Manual cutting*	3 771	3 462	7 233	867	831	1 698
Konehakkuu *Mechanized cutting*	3 675	4 482	8 157	802	1 053	1 855
Yhteensä ***Total***	7 446	7 944	15 390	1 669	1 884	3 553
Koko aineisto, % ***Entire materials, %***	48.4	51.6	100.0	47.0	53.0	100.0



Kuva 1. Mänty- ja kuusitukkien sekä mänty- ja kuusikuitupuun suhteelliset arvot
Fig. 1. The proportional values of pine and spruce sawlogs and pine and spruce pulpwood

3 TUTKIMUSKOHTEET JA -AINEISTO

3.1 Seuranta-aineisto

Hyväksyttyä aineistoa saatiin 96:sta metsuri- ja 94:stä hakkuukonekohteesta. Niistä sijaitsi Pohjanlahden rannikkoalueella 25, muun Etelä-Suomen alueella 125, Pohjois-Suomen eteläosassa 35 ja Pohjois-Suomen pohjoisosassa 5.

Kokonaisaineisto oli 15 390 pölkkyä eli 3 553 m^3 (taulukko 1).

Sellaisia työmaita, joissa metsuri ja hakkuukone työskentelivät samoissa työoloissa, oli 42. Niissä mitattiin 6 832 pölkkyä eli 44.4 % koko aineistosta.

Pölkkyjen keskitilavuudet eivät eronneet oleellisesti manuaalisen ja koneellisen hakkuun välillä (taulukko 2). Myöskään saman ja eri työmaan välillä ei ollut suurta eroa pölkkyjen keskitilavuudessa.

Hakkuukoneista oli keskikokoisia yksioteharvestereita 75, kaivinkonealustaisia yksioteharvestereita 5, telamaasturi- tai maataloustraktorialustaisia yksioteharvestereita 4 ja isoja kaksioteharvestereita 10. Yleisimmät hakkuulaitteet olivat FMG (29 kpl, sisältää myös Lokomo- ja Kockums-merkit), Ponsse-Norcar (24) ja Valmet (20). Käytetyimmät mittalaitteet olivat Kajaani 1024 (24 kpl), Lokomatic 90 (25) ja Valmet, uusi ja vanha malli (19).

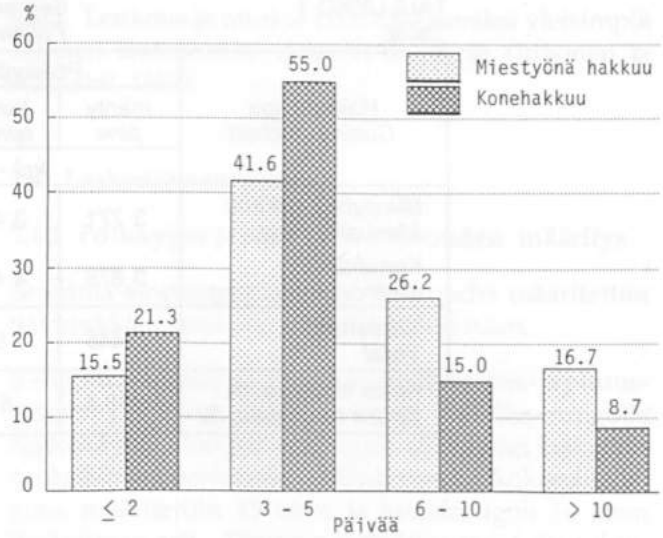
TAULUKKO 2 Pölkkyjen keskimääräiset tilavuudet

Kohde ja hakkuutapa	Mänty	Kuusi
	m^3	
Sama työmaa		
Miestyönä hakkuu	0.237	0.239
Konehakkuu	0.221	0.230
Eri työmaa		
Miestyönä hakkuu	0.225	0.242
Konehakkuu	0.216	0.239

3.2 Rungoittainen aineisto

Rungoittainen aineisto kerättiin sekä yksi- että kaksioteharvestereiden työn tuloksista. Yksioteharvesterit olivat Lokomo 990/750H (3 kpl), Ponsse HS15e/60H (3) ja Valmet 901/955 (2). Yhtä Valmetia ajoi kaksi kuljettajaa. MotoNalle 12S/707 -merkkisiä kaksioteharvestereita oli 3. Tutkimuskohteet sijaitsivat ympäri Suomen. Kaikilla kuljettajilla oli vähintään 3 vuoden kokemus hakkuukoneella työskentelystä, ja jokainen heistä oli saanut jonkin verran apteerauskoulutusta. Lunta oli 15 - 55 cm.

Rungoittainen aineisto käsitti 1 187 runkoa. Niistä 1 036 oli mänty- ja 151 kuusirunkoja (taulukko 3).



Kuva 2. Apteerauskoulutuksen pituus hakkuutavoittain

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Seuranta-aineisto

4.1.1 Yleistä

Puolella metsureista oli kokemusta hakkuutyöstä vähintään 18 vuotta, ja puolella hakkuukoneen kuljettajista oli kokemusta hakkuukoneella työskentelystä vähintään 4 vuotta; 27:llä kuljettajista oli kokemusta myös manuaalisesta hakkuusta. Apteerauskoulutusta oli metsureista saanut 95 % ja hakkuukoneen kuljettajista 89 % (kuva 2).

Metsuri oli 68 %:ssa tapauksista työskennellyt koko otoksen hakkuuajan valoisaan aikaan. Osittain hämärää tai osittain pimeää oli hakkuuaikana ollut 32 %:ssa tapauksista. Kokonaan pimeän aikana metsurit eivät olleet työskennelleet. Hakkuukonetyöstä oli vastaavasti tehty 43 % täysin valoisan aikana, 51 % osittain hämärän tai osittain pimeän ja 6 % pimeän aikana.

Lumen syvyys oli puolessa metsurityömaista vähintään 30 cm ja puolessa hakkuukonetyömaista vähintään 25 cm.

TAULUKKO 3 Rungoittaisen aineiston määrä; tilavuus tarkoittaa tukinmitat täyttävän rungonosan tilavuutta; pölkkyjen määrässä on mukana kaikki pölkyt tukin minimilatvaläpimittaan asti (mänty 15 cm, kuusi 16 cm)

Table Size of stemwise material; volume denotes volume of stem portion fulfilling sawlog dimensions; number of bolts includes all bolts up to the minimum top diameter of sawlogs (pine 15 cm, spruce 16 cm)

Konetyyppi *Type of machine*	Runkoja - *Stems*			Tukkiosan tilavuus *Volume of sawlog portion*		Pölkkyjä - *Bolts*			
						Kuljettajan tekemä apteeraus *Bucking by harvester operator*		Optimiapteeraus *Optimum bucking*	
	kpl - *unit*			m^3 - m^3 *(s)*		kpl - *unit*			
	mänty *pine*	kuusi *spruce*	yhteensä total	mänty *pine*	kuusi *spruce*	mänty *pine*	kuusi *spruce*	mänty *pine*	kuusi *spruce*
Yksioteharvesteri *One-grip harvester*	766	121	887	479.6	81.4	2 889	436	2 695	428
Kaksioteharvesteri *Two-grip harvester*	270	30	300	172.4	20.2	1 018	111	947	96
Yhteensä - *Total*	1 036	151	1 187	652.0	101.6	3 907	547	3 642	524

Koneellisessa hakkuussa tehtiin keskimäärin 7 - 10 cm lyhyempiä mäntytukkeja kuin manuaalisessa (taulukko 4). Kuusitukkien keskimääräiset pituuserot olivat pienemmät. Pituusluokka- ja läpimittaluokkajakaumissa ei ollut merkittäviä eroja (liitteet 2 ja 3, s. 26 ja 27).

Koneellisesti hakattujen runkojen latvapölkkyjen latvaläpimittojen keskiarvo oli pienempi kuin miestyönä hakattujen (taulukko 5).

Latvaläpimitta oli 95 %:ssa mäntyjen latvapölkyistä manuaalisessa hakkuussa korkeintaan 263 mm ja vastaavasti koneellisessa 232 mm. Kuusien vastaavat arvot olivat 227 ja 216 mm. Konehakkuussa on siis yleensä päästy pienempään latvapölkyn läpimittaan kuin miestyönä hakkuussa.

Pölkkyä lyhentämällä mäntytukkien laatuluokkaa olisi voitu samalla työmaalla parantaa manuaalisessa hakkuussa 3.8 %:ssa ja koneellisessa 4.2 %:ssa pölkkyjen määrästä. Vastaavasti kuusipölkkyä lyhentämällä laatuluokka olisi parantunut manuaalisessa hakkuussa 1.0 %:ssa ja koneellisessa 1.7 %:ssa pölkkyjen määrästä. Eri työmaalla vastaavat arvot olivat: manuaalisessa hakkuussa mäntytukit 5.7 % ja kuusitukit 0.7 % sekä koneellisessa mäntytukit 4.3 % ja kuusitukit 1.8 %.

4.1.2 Apteerauksen taso

4.1.2.1 Laatujakaumat koko aineistossa

Kun manuaalinen ja koneellinen hakkuu tehtiin niiden tavallisissa työoloissa eli eri työmailla, oli raakkien mäntytukkien osuus manuaalisessa hakkuussa 6.9 % ja koneellisessa 6.4 % mäntytukkien kokonaistilavuudesta. Konehakkuussa I laadun mäntytukkien osuus oli 2.6 ja II laadun osuus 0.9 %-yksikköä suurempi kuin miestyönä hakkuussa (kuva 3). Kuva 3 kuvaa keskimääräistä laatujakaumaa koneellisessa ja manuaalisessa hakkuussa. Laatujakaumien erojen perusteella ei voi päätellä menetelmien paremmuutta, koska työolot ovat olleet erilaiset. Raakkien kuusitukkien osuus eri työmaalla oli manuaalisessa hakkuussa 2.4 % ja koneellisessa 4.8 % kuusitukkien kokonaistilavuudesta ja kummassakin menetelmässä selvästi pienempi kuin raakkien mäntytukkien.

Kun metsuri ja hakkuukoneen kuljettaja työskentelivät samalla työmaalla eli samoissa olosuhteissa, hakkuukoneen kuljettaja teki lähes kaksi kertaa niin paljon raakkeja mäntytukkeja kuin metsuri (kuva 3). Raakkeja kuusitukkeja metsuri teki samalla työmaalla 3.6 % ja hakkuukoneen kuljettaja 5.3 % kuusitukkiaineiston tilavuudesta.

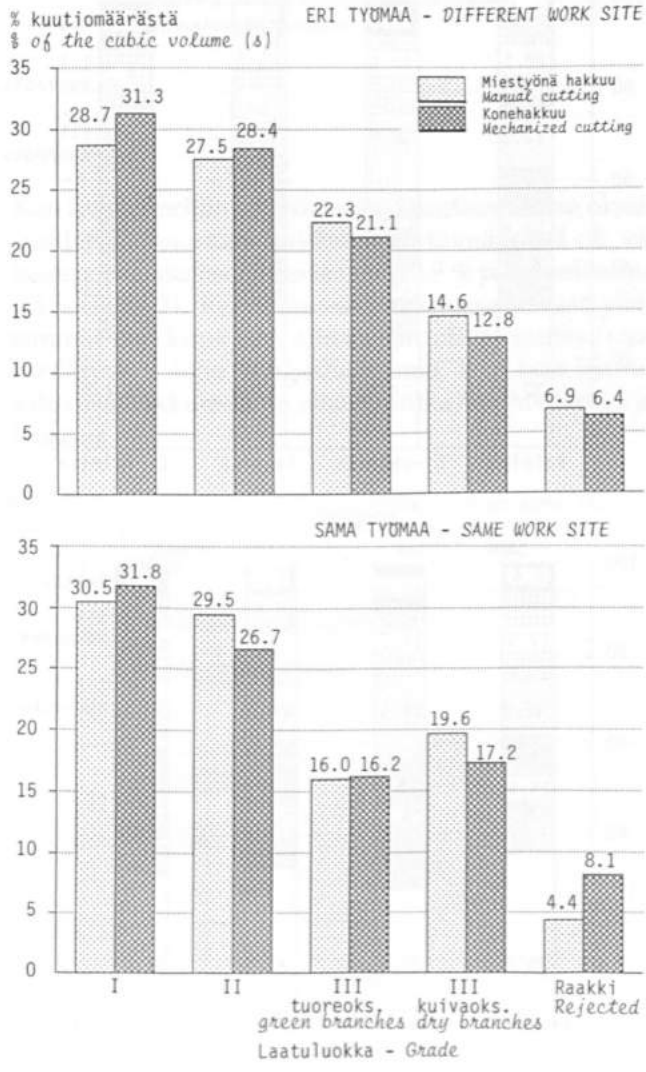
Mäntytukkien alueittaiset laatujakaumat on esitetty liitteen 4 taulukossa 2 ja raakkien kuusitukkien alueittaiset osuudet taulukossa 3 (s. 28).

TAULUKKO 4 Pölkkyjen keskipituus

Hakkuutapa	Sama työmaa		Eri työmaa	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
	cm			
Miestyönä hakkuu	447	472	454	478
Konehakkuu	440	476	444	477

TAULUKKO 5 Latvapölkkyjen latvaläpimittojen keskiarvot

Hakkuutapa	Sama työmaa		Eri työmaa	
	Mänty	Kuusi	Mänty	Kuusi
	cm			
Miestyönä hakkuu	19.2	18.5	18.8	18.6
Konehakkuu	18.7	18.1	18.0	18.2

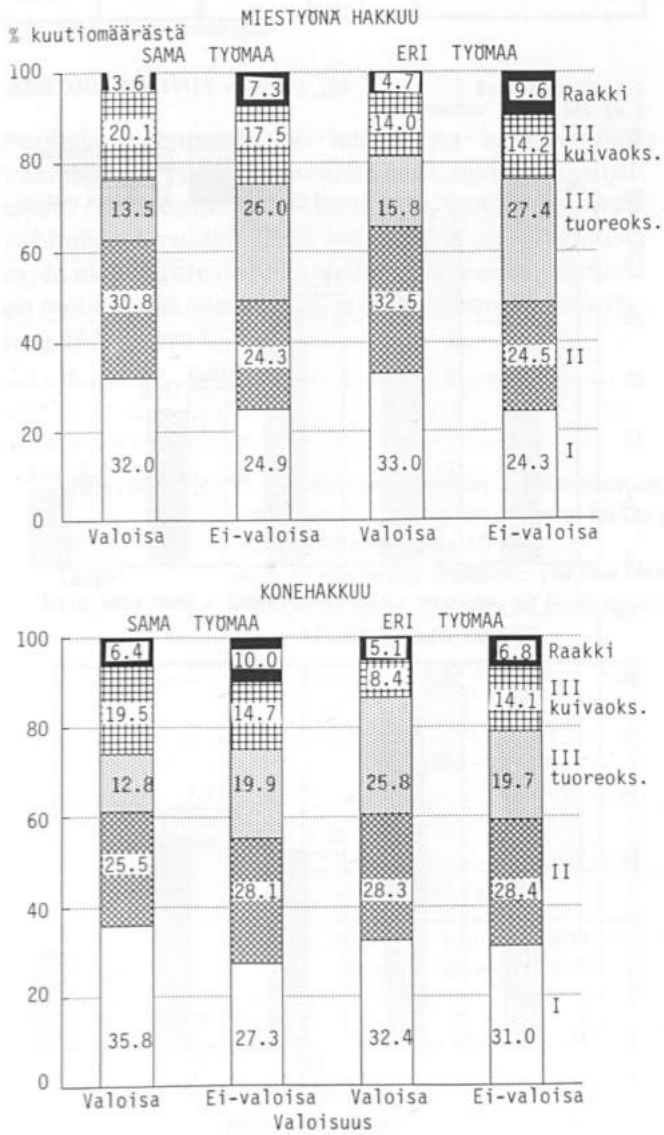


Kuva 3. Mäntytukkien laatujakauma hakkuutavoittain
Fig. 3 Grade distribution of pine sawlogs by cutting method

4.1.2.2 Valoisuuden vaikutus laatujakaumaan

Tiesivätpä metsurit tästä tutkimuksesta ja sen tarkoituksesta tai eivät mäntyrunkojen apteerauksen tulos oli työskenneltäessä valoisassa parempi kuin ei-valoisassa (kuva 4); ei-valoisalla tarkoitetaan tässä työskentelyä osittain hämärässä tai osittain pimeässä. Raakkitukkeja oli valoisassa tehty vain puolet siitä kuutiomäärästä mitä ei-valoisassa. I laadun tukkeja saatiin työskenneltäessä valoisassa 7 - 9 %-yksikköä ja II laadun 7 - 8 %-yksikköä enemmän kuin ei-valoisassa.

Mäntyrunkojen apteerauksen tulokseen valoisuus ei vaikuttanut niin paljon koneellisessa hakkuussa kuin manuaalisessa (kuva 4). Kuitenkin etenkin silloin, kun hakkuukoneen kuljettajat tiesivät tutkimuksesta, pystyivät he valoisassa parempaan apteeraustulokseen kuin ei-valoisassa.



Kuva 4. Mäntytukkien laatujakauma valoisuuden mukaan hakkuutavoittain

Raakkien kuusitukkien osuuksissa miestyönä hakkuussa oli selvä ero valoisan ja ei-valoisan aineiston välillä toimittaessa samalla työmaalla; raakkitukkien osuus oli valoisassa 3.1 % ja ei-valoisassa 6.3 % kuutiomäärästä. Konehakkuussa raakkien kuusitukkien osuuksissa ei ollut valoisuuden suhteen merkittäviä eroja.

4.1.2.3 Työkokemuksen vaikutus laatujakaumaan

Työkokemus luokiteltiin manuaalisessa hakkuussa kahteen luokkaan: korkeintaan 10 ja yli 10 vuotta. Ne, joilla oli pitkä työkokemus erottivat paremmin mäntyrungoista I ja II laadun tukkeja. Raakkitukkien osuuksissa ei ollut merkittävää eroa.

Koneellisessa hakkuussa työkokemus jaettiin neljään luokkaan: korkeintaan 2, 2 - 5, 5 - 15, ja 15 vuotta; raakkitukkien osuus kuutiomäärästä pieneni työkokemuksen kasvaessa (9.0, 7.1, 5.3 ja 2.3 %). Manuaalisessa hakkuussa vastaavaa riippuvuutta ei havaittu.

Raakkien kuusitukkien osuuteen työkokemuksen pituus ei vaikuttanut manuaalisessa eikä koneellisessa hakkuussa.

4.1.2.4 Apteerauskoulutuksen vaikutus laatujakaumaan

Lähes jokainen tutkimukseen osallistunut metsuri ja hakkuukoneen kuljettaja oli saanut apteerauskoulutusta.

Apteerauskoulutuksen pituuden vaikutusta apteeraustulokseen selvitettiin vertaamalla korkeintaan 5 päivää ja yli 5 päivää koulutusta saaneiden ryhmiä. Yli 5 päivän apteerauskoulutus ei manuaalisessa eikä koneellisessa hakkuussa parantanut mäntyrunkojen apteerauksen tulosta.

4.1.2.5 Lumen määrän vaikutus laatujakaumaan

Lumen määrän vaikutusta laatujakaumaan selvitettiin muun Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen eteläosan alueella; muilla alueilla ei ollut riittävästi aineistoa. Tarkastelu tehtiin alueittain, jotta tuloksiin eivät vaikuttaisi pohjoisen keskimäärin huonompi puunlaatu ja suurempi lumensyvyys. Lumen syvyys jaettiin luokkiin: korkeintaan 30 cm ja yli 30 cm.

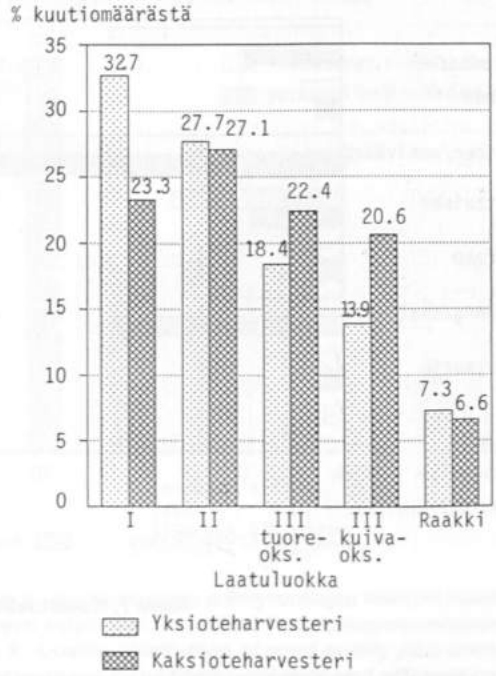
Muun Etelä-Suomen alueella lumen syvyys ei suuresti vaikuttanut mäntytukkien laatujakaumaan. Pohjois-Suomen eteläosassa sen sijaan mäntytukkien laatujakaumassa oli lumen syvyysluokkien välillä selviä eroja. Sekä manuaalisessa että koneellisessa hakkuussa I laatua erotettiin kuutiomäärältään selvästi enemmän silloin, kun lunta oli korkeintaan 30 cm; metsurin osalta ero oli 13 ja hakkuukoneen osalta 16 %-yksikköä. Myös raakkitukkien osuus oli silloin pienempi; metsurin osuuksien ero oli 2 ja hakkuukoneen 10 %-yksikköä.

Raakkien kuusitukkien osuuteen lumen määrä ei näyttänyt vaikuttavan yksiselitteisesti.

4.1.2.6 Konetyypin vaikutus laatujakaumaan

Yksioteharvesterilla pystyttiin erottamaan enemmän I laadun mäntytukkeja kuin kaksioteharvesterilla. Raakkien mäntytukkien määrissä konetyyppien välillä ei ollut merkittävää eroa (kuva 5). Yksioteharvesterilla tehtyjen raakkien kuusitukkien osuus kuutiomäärästä oli 4.8 % ja kaksioteharvesterilla tehtyjen 7.8 %.

Tämän osan tuloksiin on suhtauduttava varauksellisesti, koska työmaiden työoloissa on voinut olla eroja.



Kuva 5. Mäntytukkien laatujakauma konetyypin mukaan

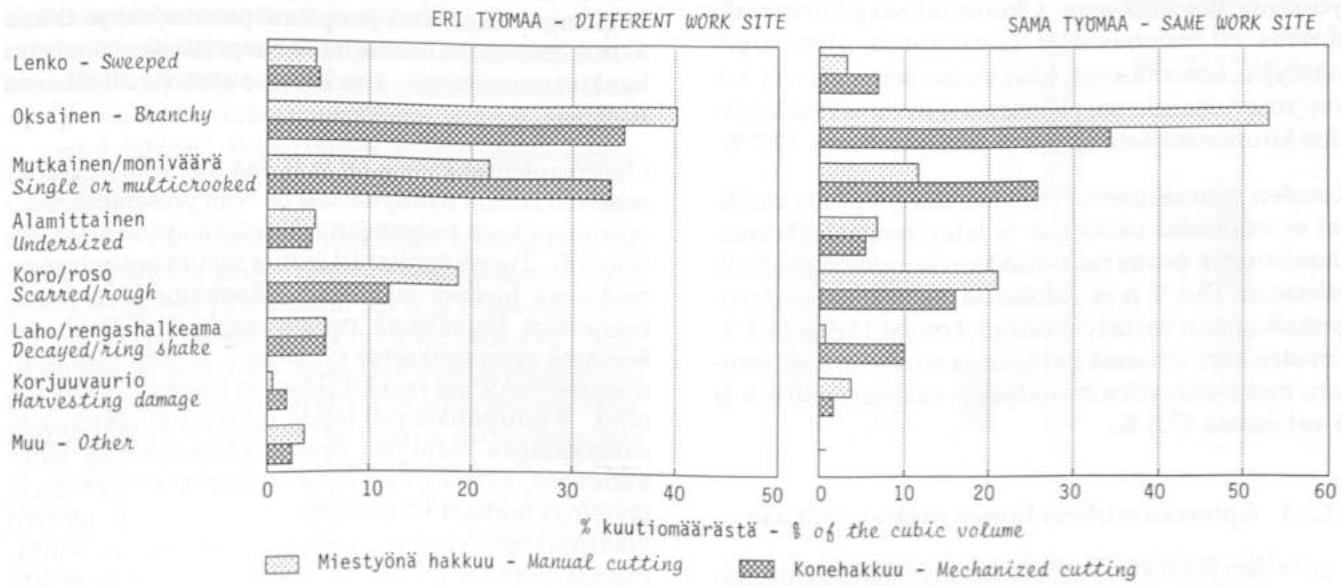
4.1.3 Apteerausvirheiden syyt

4.1.3.1 Apteerausvirheet koko aineistossa

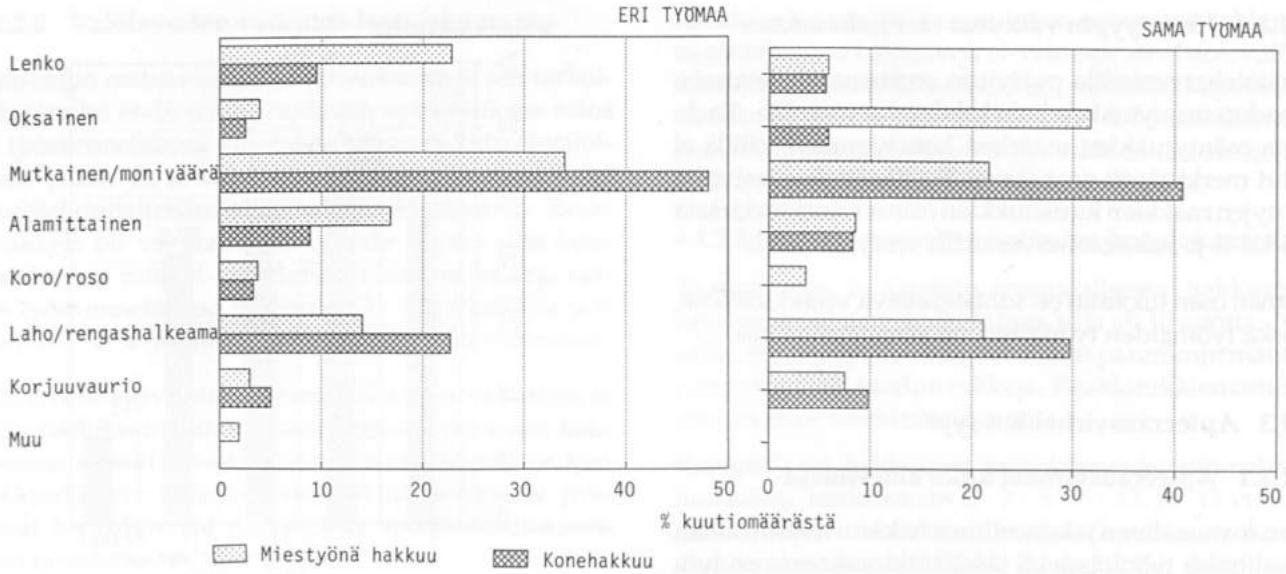
Kun manuaalinen ja koneellinen hakkuu tehtiin niiden tavallisissa työoloissa eli tässä tutkimuksessa eri työmailla, mäntyaineistossa oksaisuus oli kummassakin hakkuutavassa suurin syy siihen, ettei tukkien laatu täyttänyt minimivaatimuksia (kuva 6). Koneellisessa hakkuussa lähes yhtä paljossa syynä oli mutka/monivääryys. Kolmanneksi eniten raakkitukkeja hakkuukoneen kuljettaja teki koron/roson vuoksi. Metsurin tekemiin raakkitukkeihin kaksi seuraavaksi tärkeintä syytä olivat mutka/monivääryys ja koro/roso.

Kun työskenneltiin samalla työmaalla, mäntyaineistossa oksaisuuden merkitys korostui miestyönä hakkuussa (kuva 6). Metsuri teki toiseksi eniten raakkitukkeja koron/roson vuoksi ja kolmanneksi eniten mutkan/monivääryyden vuoksi. Koneellisessa hakkuussa kolmen yleisimmän hylkäyssyyn järjestys oli sama kuin eri työmaalla työskenneltäessä: oksaisuus, mutka/monivääryys ja koro/roso. Lenkouden osuus raakkitukkien kuutiomäärästä oli mäntyaineistossa sekä manuaalisessa että koneellisessa hakkuussa pieni.

Kun työskenneltiin eri työmaalla, kuusiaineistossa oksaisuuden osuus raakkitukkien kuutiomäärästä oli vähäinen: manuaalisessa hakkuussa 3.9 % ja koneellisessa 2.5 % (kuva 7). Koneellisessa hakkuussa selvästi yleisimmät raakkitukkien aiheuttajat olivat mutka/monivääryys ja laho/rengashalkeama, kun taas manuaalisessa hakkuussa ne olivat mutka/monivääryys ja lenkous.



Kuva 6. Mäntytukkien hylkäämisen syyt hakkuutavoittain
Fig. 6. Reasons for rejection of pine sawlogs by cutting method



Kuva 7. Kuusitukkien hylkäämisen syyt hakkuutavoittain

Samalla työmaalla kuusien konehakkuussa eniten raakkitukkeja aiheuttivat mutka/monivääryys sekä laho/rengashalkeama raakkitukkien kuutiomäärästä (kuva 7). Mutkan/monivääryyden osuus oli kuitenkin pienempi ja lahon/rengashalkeaman osuus suurempi kuin eri työmaalla. Kuusien miestyönähakkuussa taas selvästi eniten raakkitukkeja aiheutti oksaisuus, seuraavaksi eniten mutka/monivääryys ja sitä seuraavaksi laho/rengashalkeama.

4.1.3.2 Apteerausvirheet valoisuuden mukaan

Mäntyjen manuaalisessa hakkuussa, kun osa otoksen hakkuuajasta työskenneltiin ei-valoisassa, raakkitukkeja tehtiin 3 - 4 %-yksikköä enemmän lenkouden, koron/roson ja lahon/rengashalkeaman takia, kuin jos työskenneltiin valoisassa. Oksaisuudesta johtuva raakkiosuus oli valoisassa ja ei-valoisassa yhtä suuri. Mäntyjen koneellisessa hakkuussa selvä ero oli koron/roson osuudessa; valoisassa sen osuus raakkitukkien kuutiomäärästä oli 5.2 % ja ei-valoisassa 17.7 %.

Kuusien manuaalisessa hakkuussa vaikeuksia tuottivat ei-valoisassa oksaisuus ja laho/rengashalkeama. Oksaisuuden osuus raakkitukkien kuutiomäärästä oli valoisassa 15.6 % ja ei-valoisassa 26.7 %. Lahon/rengashalkeaman vastaavat osuudet olivat 14.5 ja 24.3 %. Kuusien koneellisessa hakkuussa suurin ero oli mutkan/monivääryyden osuudessa - valoisassa 40.6 % ja ei-valoisassa 47.5 %.

4.1.3.3 Apteerausvirheet lumen määrän mukaan

Kun lumen määrä luokiteltiin korkeintaan 30 cm:ksi ja yli 30 cm:ksi, tehtiin manuaalisessa hakkuussa yli 30 cm:n lumen syvyydessä enemmän raakkeja mäntytukkeja koron/roson ja lahon/rengashalkeaman vuoksi kuin korkeintaan 30 cm:n lumen syvyydessä. Koneellisessa hakkuussa oli myös havaittavissa koron/roson ja lahon/rengashalkeaman raakkitukkiosuuksien kasvua silloin, kun lunta oli yli 30 cm.

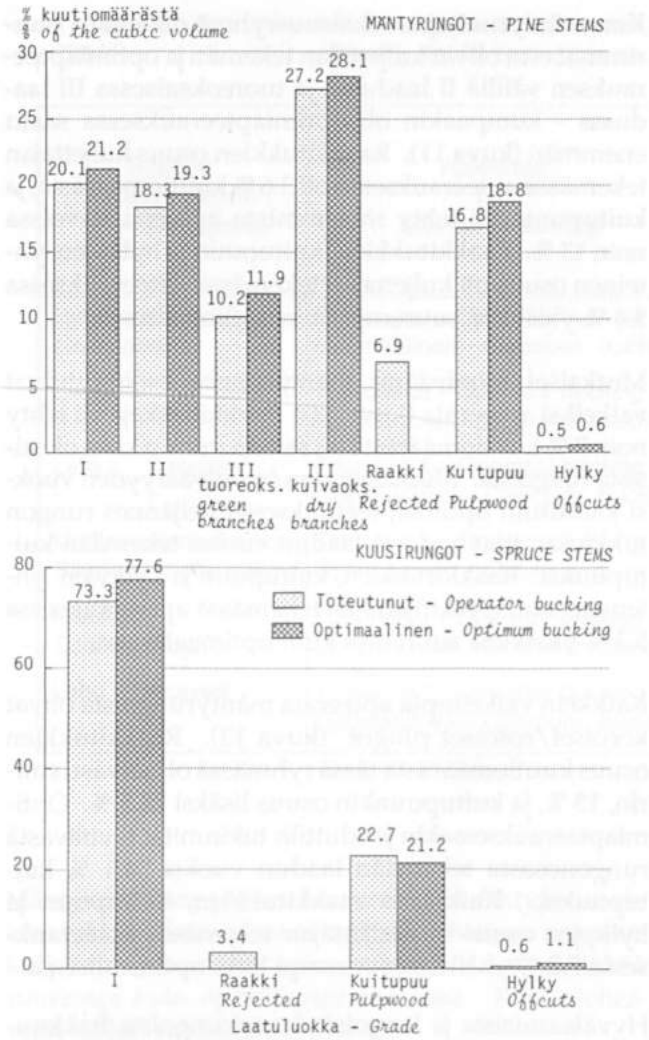
Raakkeja kuusitukkeja metsurit tekivät paksussa lumessa enemmän kuin ohuessa lenkouden ja korjuuvaurioiden vuoksi. Lenkoudesta, oksaisuudesta sekä mutkasta/monivääryydestä johtuvat hakkuukoneiden kuljettajien raakkitukkiosuudet kasvoivat hieman lumen syvetessä.

4.2 Rungoittainen aineisto

4.2.1 Laatujakaumat

Mänty- ja kuusirunkojen laatujakaumia hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa (kuva 8) tulkittaessa on muistettava rungoittaisen aineiston hankintamenetelmä - aineistosta suuri osa oli vikaisia runkoja.

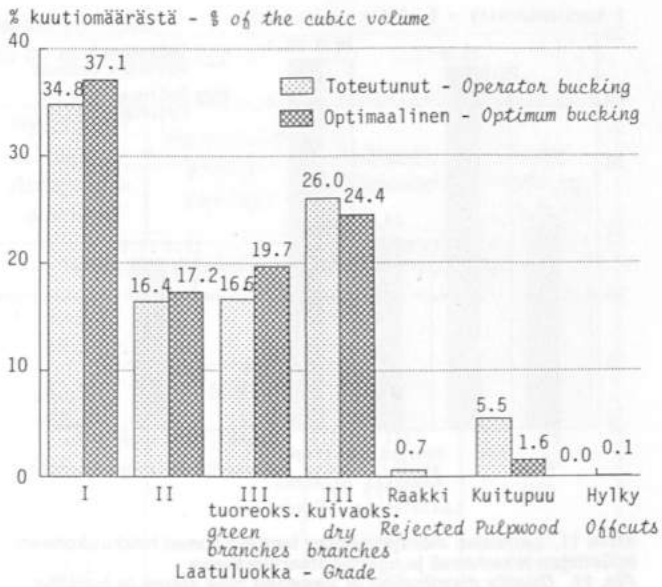
Optimiapteerauksessa I:n ja II laadun sekä kuivaoksaisen III laadun mäntytukkeja oli noin prosenttiyksikkö enemmän kuin kuljettajan tekemässä apteerauksessa (kuva 8). Tuoreoksaista III laatua saatiin optimiapteerauksessa hieman enemmän. Raakkitukkien osuus tukinmitat täyttävästä rungonosasta kuljettajan tekemässä apteerauksessa oli lähes 7 %, kun taas optimiapteerauksessa raakkitukkeja ei luonnollisestikaan ollut. Kuitupuuksi piti tehdä tukinmitat täyttävästä rungonosasta mäntyjen optimiapteerauksessa lähes viidennes. Syynä siihen oli se, että tämä rungonosa ei täyttänyt tukkien laatuvaatimuksia rungossa olevien vikaisuuksien vuoksi. Osa rungosta menee kuitupuuksi myös siksi, että tukin moduulimitat eivät satu tarkasti siihen kohtaan runkoa, jossa tukin minimiläpimitta on.



Kuva 8. Mänty- ja kuusirunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 8. Quality distribution of pine and spruce stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking

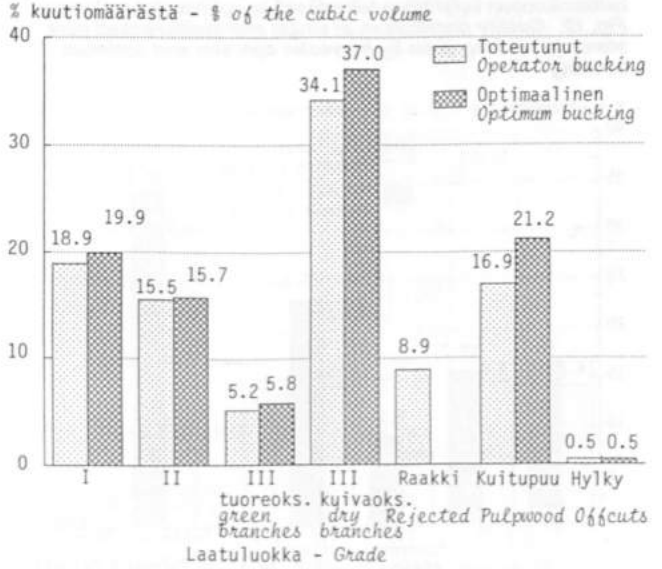
Optimiapteeraus tuotti enemmän I laadun kuusitukkeja kuin kuljettajan tekemä apteeraus (kuva 8). Raakkitukkeja kuljettaja teki 3.4 % kuutiomäärästä. Hieman yli viidennes tukinmitat täyttävästä rungonosasta joutui lähinnä laatuvikojen vuoksi optimiapteerauksessakin kuitupuuksi.

Kun runko oli etukäteen luokiteltu hyvälaatuiseksi, mäntyaineistossa saatiin optimiapteerauksessa I:n, II:n ja tuoreoksaisen III:n laadun tukkeja enemmän kuin kuljettajan tekemässä apteerauksessa (kuva 9). Kuivaoksaista III laatua sen sijaan oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa enemmän kuin optimiapteerauksessa. Raakkitukkien osuus hyvälaatuisista mäntyrungoista oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 0.7 %, sen lisäksi suoraan kuitupuuksi oli tehty 5.5 % tilavuudesta, kun taas optimiapteerauksessa 1.6 %. Raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa siten 4.5 %-yksikköä suurempi kuin optimiapteerauksessa.

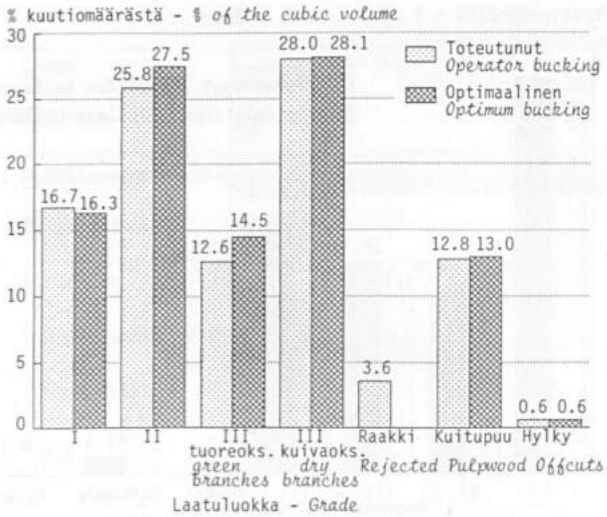


Kuva 9. Hyvälaatuisten mäntyrunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 9. Quality distribution of good quality pine stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking

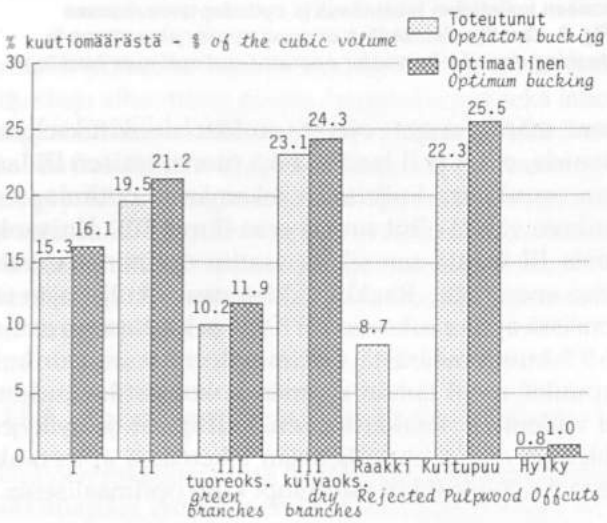
Kun mäntyrungot olivat etukäteisluokitukseltaan oksaisia, ei I:n ja II laadun eikä tuoreoksaisen III laadun osuuksissa kuljettajan tekemän ja optimiapteerauksen välillä ollut suurta eroa (kuva 10). Kuivaoksaista III laatua sen sijaan saatiin optimiapteerauksessa enemmän. Raakkitukkien osuus kuljettajan tekemässä apteerauksessa oli 8.9 % ja kuitupuun osuus 16.9 % kuutiomäärästä. Optimiapteerauksessakin kuitupuuksi meni tämän ryhmän kokonaistilavuudesta yli viidennes. Raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 4.6 %-yksikköä suurempi kuin optimaalisessa.



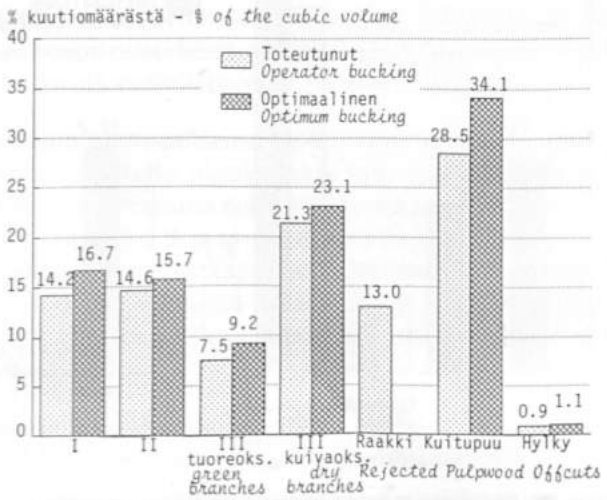
Kuva 10. Oksaisten mäntyrunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 10. Quality distribution of branchy pine stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking



Kuva 11. Lenkojen mäntyrunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 11. Quality distribution of sweeped pine stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking



Kuva 12. Mutkaisten/moniväärien mäntyrunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 12. Quality distribution of single and multicrooked pine stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking



Kuva 13. Koroisten/rosoisten mäntyrunkojen laatujakaumat hakkuukoneen kuljettajan tekemässä ja optimiapteerauksessa
Fig. 13. Quality distribution of scarred/rough pine stems in bucking done by harvester operator and optimum bucking

Kun mäntyrunkojen vikaisuusryhmä oli lenko, suurimmat erot olivat kuljettajan tekemän ja optimiapteerauksen välillä II laadussa ja tuoreoksaisessa III laadussa - kumpaakin oli optimiapteerauksessa saatu enemmän (kuva 11). Raakkitukkien osuus kuljettajan tekemässä apteerauksessa oli 3.6 % kuutiomäärästä, ja kuitupuuta oli tehty molemmissa apteeraustavoissa noin 13 %. Raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 3.4 %-yksikköä suurempi kuin optimaalisessa.

Mutkaiset/moniväärät mäntyrungot osoittautuivat vaikeiksi apteerata (kuva 12). Raakkitukkeja oli tehty noin 9 % kuutiomäärästä eli saman verran kuin oksaisista rungoista. Mutkaisuuden/monivääryyden vuoksi jouduttiin optimiapteerauksessa neljännes rungon tukkiosan tilavuudesta laadun vuoksi tekemään kuitupuuksi. Raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 5.3 %-yksikköä suurempi kuin optimaalisessa.

Kaikkein vaikeimpia apteerata mäntyrungoista olivat koroiset/rosoiset rungot (kuva 13). Raakkitukkien osuus kuutiomäärästä tässä ryhmässä oli selvästi suurin, 13 %, ja kuitupuunkin osuus lisäksi 28.5 %. Optimiapteerauksessakin jouduttiin tukinmitat täyttävästä rungonosasta tekemään laadun vuoksi 34.1 % kuitupuuksi. Kaikkiaan raakkitukkien, kuitupuun ja hylkyjen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 7.2 %-yksikköä suurempi kuin optimaalisessa.

Hyvälaatuisista ja lengoista kuusirungoista hakkuukoneen kuljettaja ei tehnyt yhtään raakkitukkia (taulukko 6). Lengoista rungoista kuljettaja teki 1.2 %-yksikköä enemmän kuitupuuta kuin optimaalisen apteerauksen tekijä. Hyvälaatuisten runkojen vastaava osuus oli 3.2 %-yksikköä.

Kaikkein vaikeimmiksi apteerata osoittautuivat kuusirungoistakin koroiset/rosoiset rungot. Niistä kuljettaja teki raakkitukkeja 11.3 % kuutiomäärästä, ja lisäksi kuitupuuksi ja hylyiksi meni enemmän kuin optimaalisessa apteerauksessa. Yhteensä 12.2 % koroisista/rosoisista rungoista meni apteerausvirheiden takia kuitupuuksi.

Oksaisista, mutkaisista/moniväärisstä ja lahoista kuusirungoista tehtiin kaikista vähän yli 5 % kuutiomäärästä raakkitukkeja. Lisäksi lahojen runkojen tilavuudesta meni kuljettajan tekemässä apteerauksessa yli puolet kuitupuuksi. Optimiapteerauksessakin lahojen runkojen tilavuudesta jouduttiin puolet erottamaan kuitupuukasaan, ja seuraavaksi eniten - lähes kolmannes tilavuudesta - jouduttiin tukinmitat täyttävää rungonosaa hylkäämään kuitupuuksi mutkaisuuden/monivääryyden ja oksaisuuden vuoksi. Koroisten/rosoisten runkojen tämä osuus oli viidennes ja lenkojen runkojen kymmenesosa tilavuudesta.

TAULUKKO 6 Kuusirunkojen laatujakaumat vikaisuusryhmittäin
Table Quality distribution of spruce stems by error group

Rungon vikaisuusryhmä *Stem error group*	Apteeraus-tapa *Method of bucking*	Hyväksytyt tukit *Acceptable sawlogs*	Raakkitukit *Reject sawlogs*	Kuitupuu *Pulpwood*	Hylyt *Offcuts*
		% kuutiomäärästä - *% of solid cubic volume*			
Hyvälaatuinen *Good quality*	Toteutunut - *Operator bucking*	94.1	-	5.8	0.1
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	97.2	-	2.6	0.1
Oksainen - *Branchy*	Toteutunut - *Operator bucking*	62.0	5.3	32.2	0.5
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	68.6	-	30.5	0.9
Lenko - *Sweeped*	Toteutunut - *Operator bucking*	86.4	-	13.0	0.6
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	87.5	-	11.8	0.7
Mutkainen/moniväärä *Single or multicrooked*	Toteutunut - *Operator bucking*	62.3	5.4	31.5	0.7
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	67.3	-	31.2	1.5
Koro/roso *Scarred/rough*	Toteutunut - *Operator bucking*	65.1	11.3	22.6	1.0
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	77.3	-	20.5	2.2
Laho - *Decayed*	Toteutunut - *Operator bucking*	38.3	5.4	54.6	1.7
	Optimaalinen - *Optimum bucking*	47.1	-	50.1	2.8

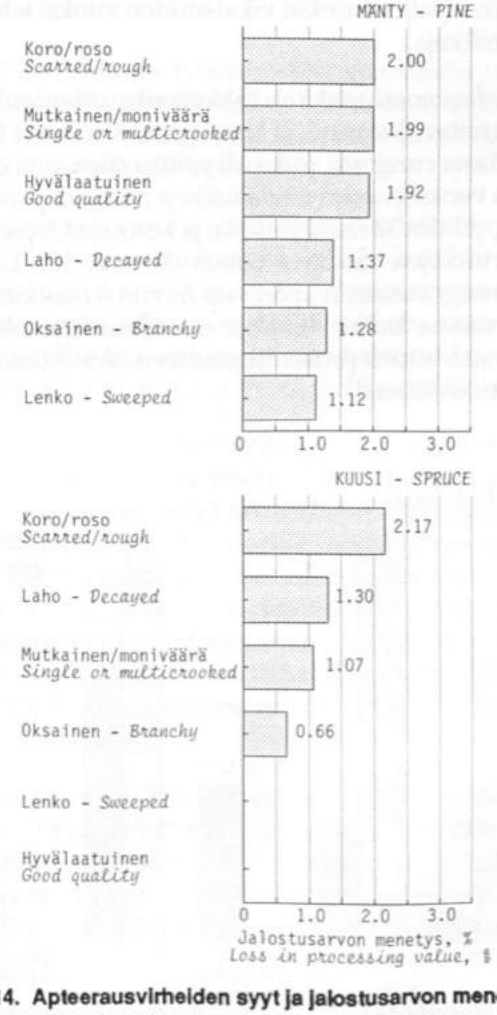
Mäntyrungoista yksioteharvestereilla tehtyjen raakkien tukkien, kuitupuun ja hylkyjen yhteinen osuus oli kuljettajan tekemässä apteerauksessa 4.6 %-yksikköä suurempi kuin optimiapteerauksessa. Kaksioteharvestereiden vastaava arvo oli 6.1.

Kuusirungoista meni yksioteharvestereilla tehtyjen apteerausvirheiden takia kuitupuuksi kuljettajan tekemässä apteerauksessa 4.5 %-yksikköä enemmän kuin optimiapteerauksessa. Kaksioteharvestereiden vastaava arvo oli 4.0.

4.2.2 Taloudellisuusvertailut

Apteerausvirheiden taloudellista vaikutusta tarkasteltiin vertaamalla rungon suhteellista jalostusarvoa kuljettajan tekemässä apteerauksessa sen jalostusarvoon optimaalisessa apteerauksessa. Jalostusarvojen perusteella laskettiin apteerausvirheistä johtuva rungon arvon suhteellinen pieneneminen - %:eina - vikaisuusryhmittäin.

Koroisten, mutkaisten ja hyvälaatuisten mäntyrunkojen apteerauksen virheistä johtuva arvonmenetys oli kunkin osalta noin 2 %. Pienin keskimäärin oli lahojen, oksaisten ja lenkojen runkojen arvonmenetys (kuva 14). Koroisten mäntyrunkojen suurin työmaakohtainen arvonmenetys oli 11.40 %. Vastaava mutkaisten runkojen suurin työmaakohtainen arvonmenetys oli 4.71 % ja hyvälaatuisten runkojen 5.20 %.



Kuva 14. Apteerausvirheiden syyt ja jalostusarvon menetykset
Fig. 14. Reasons for bucking errors and losses in processing value

Kuusirunkojen apteerauksessa jalostusarvon menetykset olivat pienemmät kuin mäntyrunkojen apteerauksessa, koska apteeraustappiot johtuivat pääasiassa siitä, että rungon tukiksikelpaavaa osaa ei ollut osattu täysin hyödyntää. Kuusirunkojen apteerauksessa koroisten runkojen jalostusarvon menetys oli suurin (kuva 14). Lisäksi vähäisiä tappioita syntyi lahojen, mutkaisten ja oksaisten runkojen apteerauksessa.

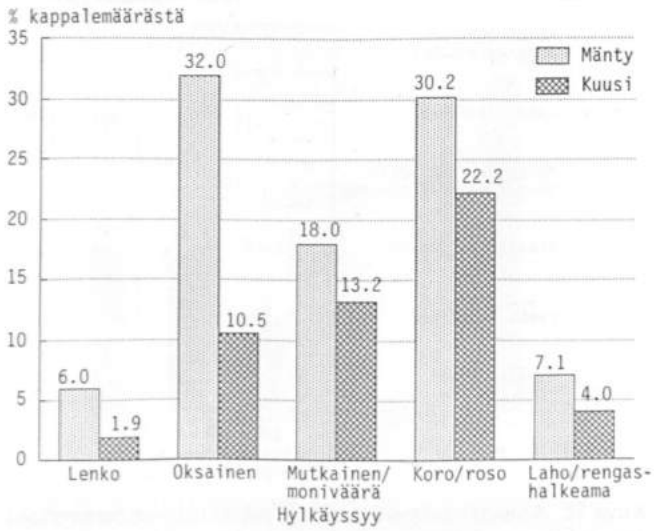
4.2.3 Hylkäyssyyt

Kuhunkin aineistoon tai aineiston osaan sisältyvien raakkitukkien määrät suhteutettiin hylkäyssyyluokittain saman vikaisuusluokan runkojen määriin. Tämän osamäärän prosenttiosuutta nimitetään raakkitiheysprosentiksi.

$$\text{Raakkitiheys-prosentti} = \frac{\text{Raakkitukkien määrä hylkäyssyyluokassa}}{\text{Runkojen määrä vikaisuusluokassa}} \cdot 100\ \%$$

Vikaisuusluokittaiset raakkitiheysprosentit kuvaavat sitä, miten paljon kunkin vikaisuuden vuoksi tehdään raakkitukkeja.

Mäntyaineistossa raakkeja tukkeja aiheuttivat suhteellisesti eniten oksaisuus ja koroisuus/rosoisuus (kuva 15); sadasta rungosta, jotka oli valittu siten, että oksaisuuden vuoksi ei voitu tehdä tukkeja minimiläpimittaan saakka, tehtiin 32 raakkitukkia, ja koroisten/rosoisten mäntyrunkojen vastaava osuus oli noin 30. Lengot mäntyrungot osattiin apteerata hyvin: 6 raakkitukkia sataa runkoa kohti. Lahoja mäntyrunkoja oli niin vähän, että niiden prosenttiosuuteen on suhtauduttava varauksellisesti.



Kuva 15. Raakkitiheysprosentit

TAULUKKO 7 Mäntyrunkojen raakkitiheysprosentit konetyypin, apteerauskoulutuksen pituuden, työkokemuksen ja lumen syvyyden mukaan

Erittely	Lenko	Oksainen	Mutkainen/ moniväärä	Koro/ roso
	% kappalemäärästä			
Konetyyppi				
Yksioteharvesteri	6.3	30.4	14.2	28.5
Kaksioteharvesteri	5.3	36.9	27.5	36.6
Työkokemus				
Alle 5 vuotta	5.2	37.7	22.3	39.4
Vähintään 5 vuotta	7.1	23.8	9.8	19.3
Apteerauskoulutus				
Alle 5 päivää	3.5	38.8	22.5	33.9
Vähintään 5 päivää	9.5	20.2	10.1	25.3
Lumen syvyys				
Alle 30 cm	4.3	36.3	13.0	34.1
Vähintään 30 cm	8.6	26.5	24.6	23.2

Selvästi eniten raakkeja kuusitukkeja tehtiin koroisista/rosoisista rungoista (kuva 15), toiseksi eniten mutkaisista/moniväärisiä rungoista ja lähes yhtä paljon myös oksaisista. Lengot kuusirungotkin osattiin apteerata hyvin: 2 raakkitukkia sataa lenkoa runkoa kohti. Kuusen kokonaisaineisto oli tällaiseen tarkasteluun pieni, joten tulokset ovat vain suuntaa antavia.

Alamittaisuudesta ei edellä esitettyä tarkastelua tehty, koska alamitan vuoksi raakkitukkeja tulee muistakin kuin niistä rungoista, jotka tässä tutkimuksessa oli etukäteen valittu alamittaisiksi.

4.2.4 Muutossyyt

Kun kuljettajan tekemää apteerausta jouduttiin optimiapteerauksessa muuttamaan, kirjattiin muutoksen syy. Mäntyrunkojen enemmän kuin joka kolmannessa apteerausmuutoksessa syynä oli tukkiosan optimaalinen hyväksikäyttö (kuva 16) ja joka neljännessä laaturajan ylitys - ne olivat useimmiten kuljettajan tekemässä apteerauksessa raakkitukkeja. Laaturajan alitus oli syynä noin 19 %:ssa ja muiden tukkien optimaalinen apteeraus noin 16 %:ssa muutostapauksista. Tukkien keskipituuden kasvattaminen ja koko rungon arvon optimointi aiheuttivat vähän apteerausmuutoksia.

Kuusirunkojen apteerausmuutoksista yli puolet aiheutui tukkiosan optimaalisesta hyväksikäytöstä (kuva 16). Koko rungon arvon optimointi ei johtanut yhteenkään ja laaturajan alitus 2.5 %:iin apteerausmuutoksista. Loput muutossyyt jakautuivat suhteellisen tasaisesti laaturajan ylityksen, tukkien keskipituuden kasvattamisen ja muiden tukkien optimaalisen apteerauksen kesken.

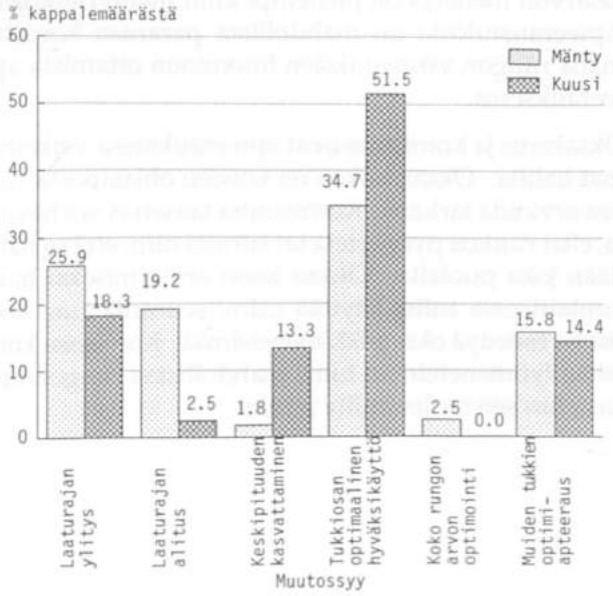
TAULUKKO 8 Muutossyyjakaumat konetyypin, työkokemuksen, apteerauskoulutuksen ja lumen syvyyden mukaan

Erittely	Laaturajan ylitys	Laaturajan alitus	Keskipituuden kasvattaminen	Tukkiosan optim. hyväksikäyttö	Koko rungon arvon optimointi	Muiden tukkien optimi-apteeraus
	% kappalemäärästä					
Konetyyppi						
Yksioteharvesteri	23.6	17.6	3.9	37.6	2.7	14.5
Kaksioteharvesteri	29.6	18.1	-	32.4	1.0	18.8
Työkokemus						
Alle 5 vuotta	25.7	19.7	2.9	32.3	2.8	16.6
Vähintään 5 vuotta	24.5	13.8	2.7	43.9	1.2	14.0
Apteerauskoulutus						
Alle 5 päivää	24.8	19.0	2.9	34.7	2.3	16.3
Vähintään 5 päivää	26.2	15.1	2.7	39.3	2.2	14.4
Lumen syvyys						
Alle 30 cm	23.9	18.6	3.5	35.0	2.5	16.5
Vähintään 30 cm	27.2	16.5	2.0	37.8	1.9	14.6

5 TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

5.1 Seuranta-aineisto

Lähes kaikki metsurit ja hakkuukoneen kuljettajat olivat saaneet apteerauskoulutusta. Metsureiden pitempi apteerauskoulutus johtunee osittain metsureiden pitemmästä työkokemuksesta. Hakkuukoneen kuljettajien apteerauskoulutukseen tulisi panostaa enemmän; yksi hakkuukoneen kuljettaja apteeraa moninkertaisesti sen määrän mitä yksi metsuri.



Kuva 16. Muutossyyjakaumat

Samalla työmaalla työskentelyn perusteella metsuri suoriutui paremmin apteerauksesta kuin hakkuukoneen kuljettaja. Mäntyrunkojen apteerauksessa ero oli merkittävämpi kuin kuusirunkojen.

Koneellinen korjuu on lisääntynyt ja lisääntyy edelleen. Koska hakkuukoneen kuljettaja tekee lisäksi enemmän raakkitukkeja kuin metsuri samoissa työoloissa, koko hakkuussa raakkitukkien osuus kuutiomäärästä edelleen kasvaa, ellei hakkuukoneen kuljettajan apteeraustulosta kyetä vielä parantamaan.

Metsureiden apteeraustulos oli ei-valoisassa työskenneltäessä selvästi huonompi kuin valoisassa, joten hämärässä työskentelyä ei metsurille tulisi apteerauksen kannalta tärkeillä työmailla sallia ollenkaan. Hakkuukoneen kuljettajan työskentelyyn valoisuus ei vaikuttanut yhtä paljon, koska koneessa on valot. Kuitenkin aineisto antoi viitteitä siitä, että hämärän aikana apteeraus on koneellisessa hakkuussa vaikeinta. Tämä kannattaakin ottaa huomioon eli keskittää esim. huolto hämärän ajaksi.

Työkokemus ei miestyönä hakkuussa vaikuttanut raakkitukkien osuuteen. Vähän työkokemusta omaavia metsureita ei aineistossa juurikaan ollut metsurien ikääntyneisyyden vuoksi. Koneellisessa hakkuussa sen sijaan raakkitukkien osuus pieneni työkokemuksen myötä.

Apteerauskoulutuksen pituus ei vaikuttanut apteeraustulokseen.

Tämä aineisto ei tukenut sitä käsitystä, että kaksioteharvesterilla päästään parempaan laatuun kuin yksioteharvesterilla.

Yleisin apteerausvirheen syy oli oksaisuus. Asia tuskin korjautuu pelkästään apteerauskoulutuksella. Sekä metsurilla että hakkuukoneen kuljettajalla tulisi aina olla esillä oksatulkki, josta näkyvät yleisimmät oksanvahvuudet. Lisäksi voisi olla vielä läpimittatulkki em. oksanpaksuuksiin liittyville läpimitoille. Oksatulkin voisi merkitä hakkuukoneen hakkuulaitteeseen ja moottorisahassa sahan laippaan.

Vaikeasti havaittavien vikojen - koron, roson ja lahon - osuudet kasvavat ei-valoisassa ja syvässä lumessa työskenneltäessä.

5.2 Rungoittainen aineisto

Kun tulkitaan rungoittaista aineistoa, on muistettava, että siihen haettiin nimenomaan vikaisia runkoja. Siksi tämän aineiston perusteella ei voida suoraan päätellä, kuinka paljon keskimäärin on eroa hakkuukoneen kuljettajan tekemän ja optimiapteerauksen välillä. Tulos voidaan karkeasti määrittää, kun tiedetään leimikon vikaisten runkojen osuudet.

Tuloksia tulkittaessa on myös muistettava, että tukinmitat täyttävästä rungonosasta aina osa joudutaan tekemään kuitupuuksi. Tämä osuus on sitä suurempi, mitä vikaisempi runko on. Kuitenkin myös hyvälaatuisesta rungonosasta pieni osa, 1 - 2 %, menee kuitupuuksi. Se johtuu pituusmittavaatimuksista.

Hyvälaatuisista mäntyrungoista apteerattiin tässä aineistossa noin 4 %-yksikköä turhaan kuitupuuksi. On luonnollista, että käytännössä ei voida päästä niin hyvään lopputulokseen kuin optimiapteerauksessa. Yhtenä syynä siihen on nopea työrytmi. Lisäksi se osa rungosta, johon aiemmin tehty apteerauspäätös vaikuttaa, on useimmiten oksien tai myös osittain lumen peitossa. Syynä voi myös olla se, että läpimitan mittauksen tulos ei aina ole tarkalleen oikea. Rungon kapenemista riittävän pitkälle ja tarkasti ennustavalla apteerausautomatiikalla tätä kuitupuuksi joutuvaa osuutta voitaisiin ehkä pienentää. Kuljettaja voisi siten keskittyä paremmin rungossa olevien vikojen huomioon ottamiseen.

Sekä koroiset/rosoiset mänty- että kuusirungot olivat vaikeimpia apteerata oikein. Niissä leimikoissa, joissa on runsaasti vikaisuutta - etenkin koroisuutta/rosoisuutta - tuleekin apteeraukseen kiinnittää erityinen huomio.

Yksioteharvestereiden mäntyrunkoja koskeva apteeraustulos oli turhaan kuitupuuksi joutuneen määrän perusteella hieman parempi kuin kaksioteharvestereiden. Kaksioteharvestereiden kuusirunkoja koskeva apteeraustulos taas oli parempi kuin yksioteharvestereiden; kuusirungossa olevat viat on ilmeisesti helpompi havaita, kun runko on nostettuna kaksioteharvesterin päälle. Kaksioteharvestereita oli tutkimuksessa kuitenkin vain kolme, joten tulokseen on suhtauduttava varauksellisesti. Tämä tulos tukee kuitenkin seuranta-aineiston perusteella saatua tulosta, eli kaksioteharvesterilla ei ainakaan mäntyrunkoja apteerata paremmin kuin yksioteharvesterilla.

Apteerausvirheiden taloudellista vaikutusta arvioitiin eri laatuluokkien arvosuhteiden perusteella. Laskennassa käytetyillä arvosuhteilla ei täysin pystytty kuvaamaan runkojen optimaalisessa apteerauksessa tehtyjä ratkaisuja. Siksi todelliset apteerausvirheistä johtuvat rungon jalostusarvon menetykset ovat esitettyjä arvoja suuremmat.

Erilaisten rungonvikojen huomioon ottaminen mäntyrunkojen apteerauksessa onnistui keskimäärin hyvin, sillä apteerausvirheistä johtuva vikaisten runkojen jalostusarvon menetys oli suunnilleen samansuuruinen kuin hyvälaatuisten runkojen. Toisaalta tappiot hyvälaatuisten runkojen apteerauksessa osoittavat, että apteerauksessa tulee entistä enemmän painottaa rungon laaturajojen huomioon ottamisen tärkeyttä. Se vaikuttaa apteerauksen onnistumiseen vähintään yhtä paljon kuin erilaisten rungossa olevien vikojen huomioon ottaminen.

Kuusirunkojen apteerauksen virheistä johtuva jalostusarvon menetys oli pienempi kuin mäntyrunkojen. Apteeraustulosta on mahdollista parantaa korostamalla rungon vikaisuuksien huomioon ottamista apteerauksessa.

Oksaisuus ja koroisuus ovat apteerauksessa vaikeimmat hallita. Oksan kokoa on koneen ohjaamosta vaikea arvioida tarkasti. Koroisuutta taasen ei voi havaita, ellei runkoa pyöräytetä tai siirretä niin, että se nähdään joka puolelta. Oksan koon arvioimiseksi hakkuulaitteessa tulisi käyttää esim. seuranta-aineiston osassa esitettyä oksatulkkimenetelmää. Koroisissa kohteissa työmenetelmän tulisi mahdollistaa rungon tarkastelun sen molemmilta puolin.

KIRJALLISUUTTA
References

ESKELINEN, A. & PENNANEN, O. 1980. Havupuiden apteeraus ja puutavaralajijakauma eri hakkuumenetelmissä. Summary: Marking for bucking of softwood and distribution into timber assortments in the different cutting methods. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 358. Helsinki

HEISKANEN, V. & SIIMES, F. E. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuluokituksesta. Summary: A study recording the grading of pine sawlogs. Paperi ja puu 41(8): 359 - 368. Helsinki

JUVONEN, R. & KOTILAHTI, T. 1985. Sahatukkien laatulajittelun kehittämisestä. Teknillinen korkeakoulu. Puun mekaanisen teknologian laboratorio. Tiedonanto 21. Espoo

KÄRKKÄINEN, M. 1980. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja - Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 96.5. Helsinki

UUSITALO, J. 1989. Sahatavaran arvon ennustaminen mäntytukkileimikosta. Helsingin yliopiston metsätalouden liiketieteen laitos, pro gradu -työ maatalous-metsätieteiden kandidaatin tutkintoa varten. Helsinki

CUTTING OF SOFTWOOD SAWLOGS; BUCKING ACCURACY AND REASONS FOR ERRORS

By Kaarlo Rieppo and Jari Marjomaa

Summary

The study was carried out to determine bucking accuracy in mechanized cutting of softwood sawlogs compared with bucking accuracy during manual cutting, as well as the reasons for bucking errors during mechanized cutting.

Bucking accuracy during mechanized and manual cutting was judged on the basis of a follow-up material comprising 15,390 bolts. In one-half of the material the forest worker and the harvester operator worked on different sites and in the other half under the same working conditions. Bucking problems and the economic consequences of bucking errors during mechanized cutting were studied on the basis of a stemwise material consisting of 1,036 pine stems and 151 spruce stems.

Forest workers and harvesters to participate in the study were chosen by random sampling. One-half of the forest workers had a minimum of 18 years of experience of cutting, and one-half of the harvester operators had a minimum of 4 years of experience of working with a harvester.

When cutting was carried out under normal circumstances, i.e. on different work sites in this study, the proportion of pine sawlogs below quality standards was 6.9 % of the total solid volume in manual cutting and 6.4 % in mechanized cutting. In mechanized cutting, the proportion of Grade I sawlogs was 2.6 and of Grade II 0.9 per centage units greater than during manual cutting. For spruce, the proportion of logs below quality standards was 2.4 % of the total volume during manual cutting and 4.8 % during mechanized.

When the forest worker and the harvester operator worked at the same site, i.e. under the same working conditions, 8.1 % of the total solid volume of the pine sawlogs produced by the harvester operator were below sawlog grades, i.e. nearly twice as much as the 4.4 % of the volume produced by the forest worker. The harvester operator produced 1.3 per centage units more Grade I pine sawlogs than the forest worker, while the forest worker produced 2.8 per centage units more Grade II sawlogs than the harvester operator. In the spruce material, 3.6 % of the total volume of sawlogs produced by the forest worker did not reach quality standards, as against 5.3 % produced by the harvester operator.

The bucking result was better when the forest worker worked in daylight rather than in partial dusk or partial darkness. Therefore, forest workers should not be allowed to work at all during dusk if timber quality is important. The amount of light did not affect the bucking result during mechanized cutting.

Training courses in bucking of longer than a week's duration did not improve bucking results either in manual or mechanized cutting compared with training of under one week's duration.

In the follow-up material, branchiness was the greatest reason for the fact that pine sawlogs did not fulfil minimum quality standards, both in mechanized and manual cutting. The proportion of sweep in the volume of sawlogs below grade was small, 3 to 7 %. The most common reason for rejecting spruce sawlogs was single or multiple crooks.

In the stemwise material, when the stem had been classified previously as of good quality, the total proportion of sawlogs below grade, pulpwood and offcuts was 4.5 per centage units higher after the bucking done by the harvester operator than at optimum bucking; i.e. 4.5 per centage units of the volume of good quality stems was unnecessarily made into pulpwood. The corresponding proportion of branchy stems was 4.6 per centage units, sweeped 3.4 per centage units, single or multiple crooked 5.3 per centage units and scarred/rough stems 7.2 per centage units.

The economic effects of bucking errors were studied by comparing the relative processing value of the stem bucked by the harvester operator with the value at optimum bucking. The loss of value due to bucking errors on scarred, crooked and good quality stems in the pine material was 1.92 to 2.00 %. The loss of value for decayed, branchy and sweeped stems was the smallest, an average of 1.12 to 1.37 %. In bucking of spruce stems, the losses in processing value were greatest for scarred stems, 2.17 %. On average, the losses in value were smaller for spruce than for pine. The losses in bucking good quality stems prove that the quality limits of the stem should be taken into consideration in bucking even more than previously.

In the stemwise pine material, branchiness and scarredness/roughness were the proportionally highest reasons for rejecting sawlogs; out of 100 logs, which chosen in such a way that they could not be used to the minimum sawlog diameter due to branchiness, 32 reject sawlogs were produced. The corresponding proportion of scarred/rough stems was 30. Sweeped stems were bucked well - only six sawlogs per 100 stems were below grade. In the spruce material, definitely the most sawlogs below grade were made of scarred/rough stems - 22 per one hundred stems.

To reduce the number of reject sawlogs due to branchiness, both the forest worker and the harvester operator should always have branch size limits clearly visible, marked on the chain saw bar or the cutting device on the harvester.

In the pine material, the optimum utilization of the sawlog portion was the reason for the difference between the bucking done by the operator and optimum bucking in more than every third case, and an exceeding of the quality limit in every fourth. In the spruce material, over one-half of the bucking differences were due to the optimum utilization of the sawlog portion.

Mechanized harvesting continues to grow at the expense of manual cutting. Since a harvester operator makes more sawlogs below grade than a forest worker under similar working conditions, the proportion of sawlogs below grade grows unless the harvester operator's bucking result can be improved. Special attention should therefore now be paid to training harvester operators in bucking.

Key words: bucking, bucking errors,
softwood sawlogs, cutting

TAULUKKO 1 Havusahatukkien laatuvaatimukset ja laatuluokitus (I ja II lk. Heiskasen mukaan, III lk. SMKL:n ja MTK:n välisen sopimuksen mukaan ajalle 1.5.1989 - 31.3.1991)

Vika	Tukin läpimitta, cm	Laatuluokka I	Laatuluokka II	Laatuluokka III
		Vian maksimisuuruus		
SUURIN OKSA		Oksan läpimitta, alle mm		
1. Terve oksa, mänty	≤ 19	15	30	50
	21 - 27	25	35	60
	≥ 29	30	45	70
kuusi	≤ 19	15	30	40
	21 - 27	30	45	50
	≥ 29	35	50	60
2. Kuiva oksa	≤ 19	10	25	30
	21 - 27	15	30	40
	≥ 29	25	35	50
3. Laho oksa	≤ 19	ei sallita		30
	21 - 27			30
	≥ 29			30
4. Poikaoksa	≤ 19	ei sallita		(vain 1/tukki) 30
	21 - 27			40
	≥ 29			50
MUUT OKSAT				
5. Maksimioksaa pienemmät oksat, mänty		sallitaan hajallaan olevia 1 - 2 kpl	3 - 5 kpl	sallitaan
6. Oksasumma, kuusi		1	1.5	3
		kertaa tukin latvaläpimitta		
7. Oksakyhmy		ei sallita	pieniä sallitaan	erittäin suuria ei sallita
MUUT VIAT				
8. Lenkous (koko pituudella), cm	≤ 19	2	4	4
	≥ 21	3	6	5
9. Mutka tai monivääryys		ei sallita		
10. Tyvikoro		sallitaan latvalieriön ulkopuolella 3 - 6 dm	6 - 9 dm	rajoituksetta
11. Keskikoro		ei sallita	sallitaan latvalieriön ulkopuolella 3 dm	3 - 9 dm
12. Tervaroso		ei sallita	korkeintaan 1/4 piiristä	korkeintaan 1/2 piiristä
13. Kierteisyys		enintään 1 : 14	enintään 1 : 10	enintään 1 : 7
14. Kova laho		ei sallita		
15. Pehmeä laho		ei sallita		
16. Sydänhalkeama		ei sallita		sallitaan 1/2 latvaläpimitasta
17. Tiivis vesisilo		ei sallita	sallitaan pieniä läikkiä	sallitaan
18. Rengashalkeama ja halkeillut vesisilo		ei sallita		
19. Lyly		ei sallita	sallitaan jonkin verran	sallitaan
20. Sinivika		ei sallita		

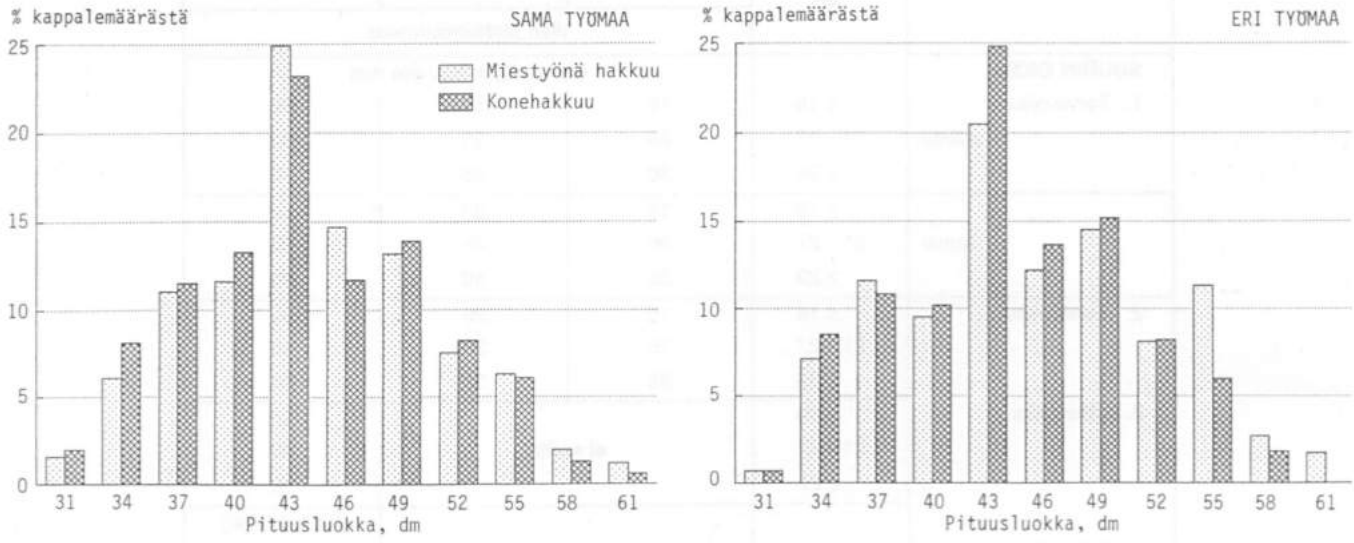
VIKAYHDISTELMÄT

Seuraavia vikayhdistelmiä ei sahatukissa sallita:

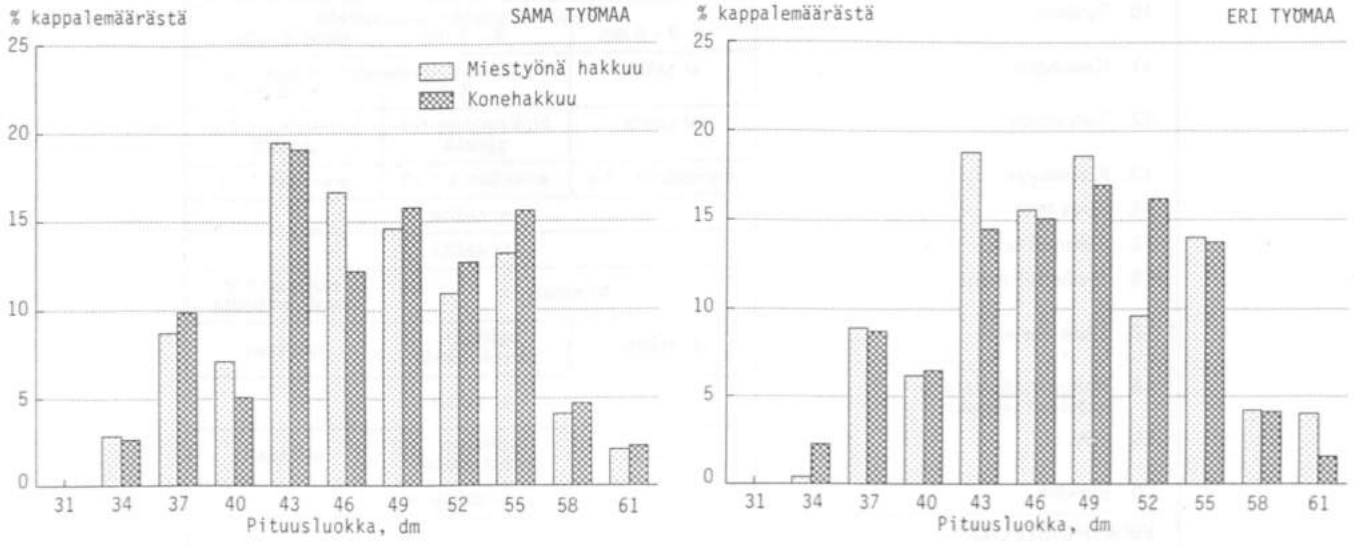
- kaksi maksimisuuruista vikaa
- III luokan maksimioksaisuus ja mutka
- - " - - " - ja II luokan lenkous
- III luokan maksimilenkous ja keskikoro
- III luokan oksaisuus ja laho

III luokan tukkia pidetään maksimioksaisena, jos siinä on yksi laatuluokitustaulukossa mainittu oksa

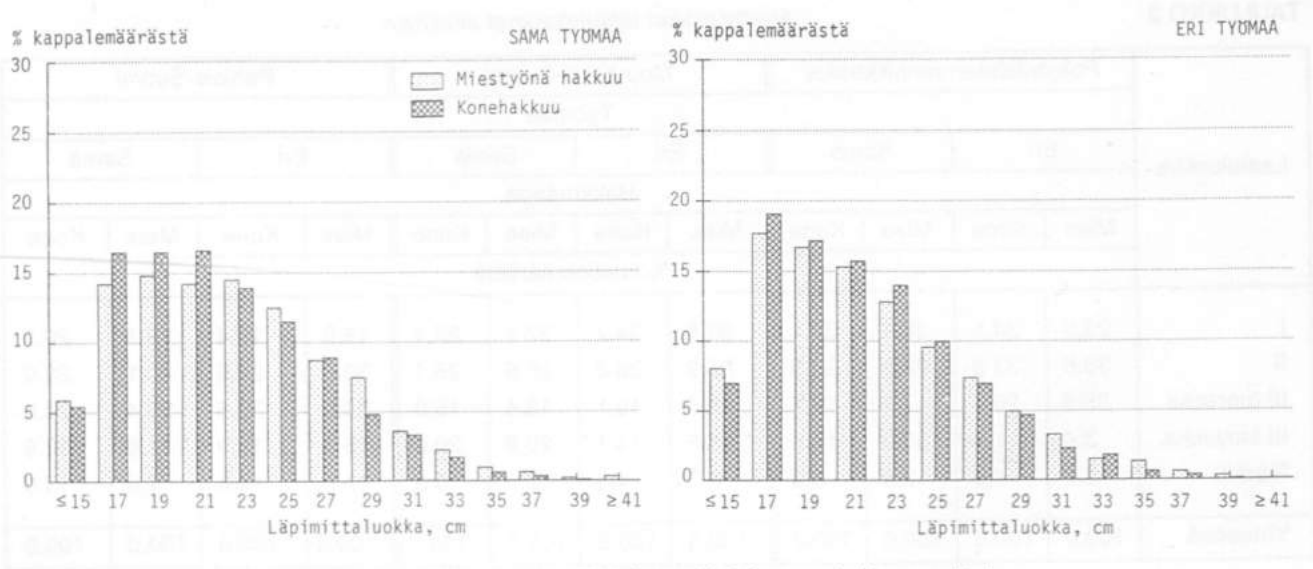
LIITE 2



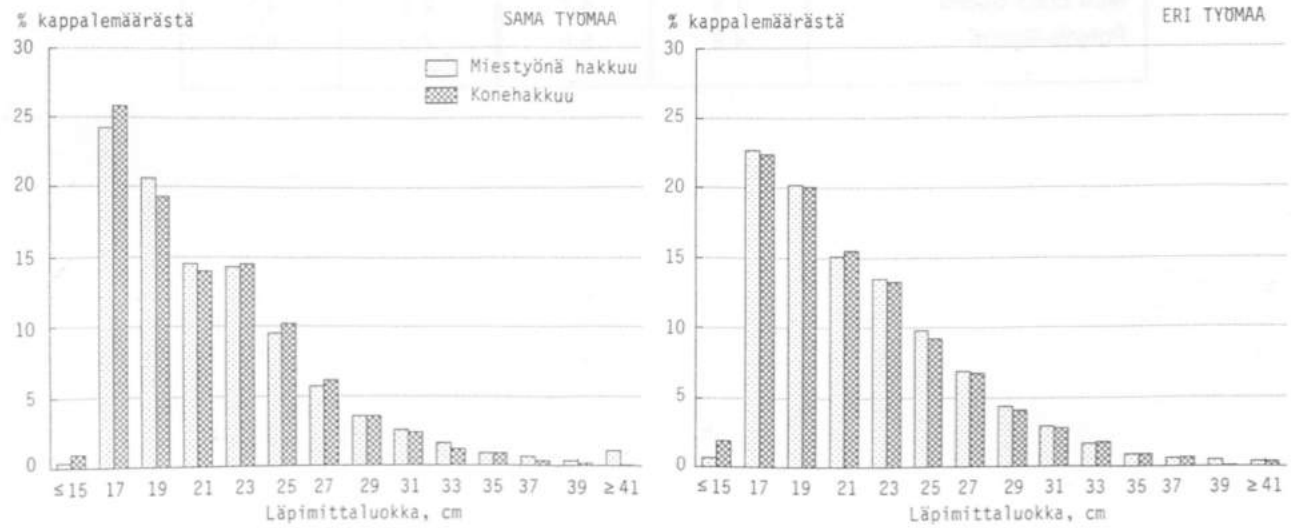
Kuva 1. Mäntytukkien pituusluokkajakaumat hakkuutavoittain



Kuva 2. Kuusitukkien pituusluokkajakaumat hakkuutavoittain



Kuva 3. Mäntytukkien läpimittaluokkajakaumat hakkuutavoittain



Kuva 4. Kuusitukkien läpimittaluokkajakaumat hakkuutavoittain

LIITE 4

TAULUKKO 2 Mäntytukkien laatujakaumat alueittain

Laatuluokka	Pohjanlahden rannikkoalue				Muu Etelä-Suomi				Pohjois-Suomi			
	Työmaa											
	Eri		Sama		Eri		Sama		Eri		Sama	
	Hakkuutapa											
	Mies	Kone	Mies	Kone	Mies	Kone	Mies	Kone	Mies	Kone	Mies	Kone
	% kuutiomäärästä											
I	28.5	34.5	30.1	37.1	32.6	34.7	37.1	33.4	15.9	18.4	18.1	26.1
II	33.6	33.2	23.0	26.5	25.9	28.8	25.6	26.1	30.6	24.6	40.1	28.0
III tuoreoks.	25.8	26.4	7.2	12.7	22.3	18.1	13.4	15.0	20.9	28.5	25.4	20.0
III kuivaoks.	3.4	1.4	30.9	14.8	15.5	14.1	20.9	20.0	15.4	14.0	11.6	12.9
Raakki	8.7	4.5	8.8	8.9	3.7	4.3	3.0	5.5	17.1	14.4	4.8	13.0
Yhteensä	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

TAULUKKO 3 Raakkien kuusitukkien osuudet alueittain

Alue	Eri työmaa		Sama työmaa	
	Hakkuutapa			
	Mies	Kone	Mies	Kone
	% kuutiomäärästä			
Pohjanlahden rannikkoalue	4.0	4.4	1.8	6.3
Muu Etelä-Suomi	1.8	4.7	2.6	4.5
Pohjois-Suomi	4.8	6.8	7.2	6.7

ISBN 951-673-127-9
ISSN 0356-7257