

FOLIA FORESTALIA 108

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1971

PENTTI HAKKILA

PUUTAVARAN VAURIOITUMISESTA LEIKKURIN
TERÄÄ KORJUUTYÖSSÄ KÄYTETTÄESSÄ

ON THE WOOD DAMAGE CAUSED BY SHEAR
BLADE IN LOGGING WORK

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
 The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
 Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu.
 No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot.
 No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
 Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators.
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan mestävarat vuonna 1968.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
 Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65.
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.
 Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
 Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
 Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
 A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätalastollinen vuosikirja 1968.
 Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot.
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
 Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.
 On the extraction of stumps and roots. 1,50
- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
 Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
 Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.
 On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suo peltojen metsittämisestä.
 Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskeokentällä.
 On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituskassa.
 On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimön työntiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
 Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,—
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet.
 Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50

Pentti Hakkila

PUUTAVARAN VAURIOITUMISESTA LEIKKUUTERÄÄ KORJUUTYÖSSÄ
KÄYTETTÄESSÄ

On the wood damage caused by shear blade in logging work

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on suoritettu Tehdaspuu Oy:n, Kymin Osakeyhtiön Hallan sahan sekä Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston yhteistyönä. Aloitteen tekijänä on ollut Tehdaspuu Oy, joka metsänhoitaja ANTTI RENGON johdolla järjesti PIKA 50-monitoimikoneella karsitun ja katkotun tukkiaineiston tutkimuksen käyttöön. Tukkien sahaus ja sahatavaran kuivaus tapahtuivat Hallan sahalta sahanhoitaja PAULI HARTIKAISEN johdolla. Metsäntutkimuslaitos suunnitteli ja suoritti varsinaisen tutkimustyön.

Aineiston mittaukseen osallistuivat mm. met-

säteknikot SIMO JAARANEN ja TAUNO OITTINEN. Röntgenkuvaukset suoritti yo. KARI SAUVALA ja laskutehtävät y.o. PEKKA MÄKELÄ. Tutkimuksen eri vaiheissa antoivat arvokkaita neuvoja toimitusjohtaja PAULI AARNIKOIVU ja professori VEIJO HEISKANEN. Käsikirjoituksen tarkastivat metsänhoitaja KALEVI ASIKAINEN, professori VEIJO HEISKANEN, professori OLAVI HUIKARI ja metsänhoitaja ANTTI RENKO.

Lausun parhaat kiitokseni kaikille yllä mainituille.

Helsingissä huhtikuussa 1971

Pentti Hakkila

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY IN ENGLISH	3
LYHENNELMÄ	4
1. JOHDANTO	5
2. MENETELMÄ JA AINEISTO	6
3. TULOKSET	8
31. Vaurioiden synty	8
32. Käytännön korjuutyössä syntyvät vauriot	10
33. Vaurioiden taloudellinen merkitys	11
4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA	13
KIRJALLISUUSVIITTEET	15

ON THE WOOD DAMAGE CAUSED BY SHEAR BLADE IN LOGGING WORK

SUMMARY

A hydraulically operated shear blade causes damage at the log ends and thus lowers the value of the lumber (Figs. 1, 2, 5 and 6). The use of processors is therefore limited today almost solely to raw material for the pulp industry. However, it will be necessary in the longer term to harvest also saw timber with these machines.

The aim of the present study was to consider the factors which influence the amount of damage and its economic significance. The first part of the study comprises a review of the literature dealing with the effect of the blade thickness, blade shape, wedge angle, anvil, wood properties, moisture content, and temperature on the damage to the tree.

The investigation material consists of Scots pine logs prepared during the summer by a PIKA 50 processor. The machine performs pre-hauling, delimiting and bucking of trees. It is essential in this connection that the severing of the trees is done by power saw and all other cross-cuttings by the 12 mm thick shear blade of guillotine type (Figs. 3 and 4) of the PIKA 50 processor. The wedge angle of the shear blade is 30° .

The 73 logs of the material (Table 1) were made in June and sawn into lumber in October 1970. Centre goods of 63×175 or 50×150 mm and 25 mm side boards were made of the logs. The lumber was examined for shear damage after kiln drying.

The length of the splits can not be assessed by examining the outer surface of the piece only. To this end, the necessary number of 5 cm long pieces were sawn from both ends of each board and the length of the split was recorded.

The length of the splits caused by the PIKA 50 processor in summer time in Scots pine logs is given in Fig. 7 which shows the frequency distribution of the longest split in a piece of lumber in relation to the log diameter. In two-fifths of the cases the split is limited to a distance of 5 cm and in four-fifths to a distance of 10 cm from the cross section surface. Long splits, 10–30 cm, are more numerous in centre goods than in side boards (Fig. 8).

Removal of the damaged part resulted in the loss of 1 litre of timber in a cross-section of 20–25 cm; the corresponding loss was 3 litres in a cross-section of over 30 cm (Table 2). At higher log diameters the volume of the damaged part thus increased faster than the log volume. However, the damage was always small in relation to the data given in the literature on some shear-fellers.

The economic significance of the damage depends in practice largely on the extent to which shortening of lumber is necessary for other reasons. The trim allowance also decides the end result of the following calculations.

If trim allowance is disregarded, the average trim loss per log end amounts in the investigation material, at the price level of 1971, to 24 pennies, i.e. US 6 cents (Table 3). However, the loss is reduced by the 5+5 cm trim allowance to 9 pennies, i.e. US 2 cents (Table 4).

These figures must be taken as some kind of maxima above which the average trim losses caused by the bucking device of the PIKA 50 processor hardly rise in the summer conditions of this study. Lumber is shortened for oblique cross-sections, checks, knot, wane, and other reasons also in the traditional logging methods more than the average allowed by the trim allowance. At a sawmill in South Finland which applies strict quality grading, the top end and butt end of centre goods have been shortened in practice by a total of 26 cm for pine and 30 cm for spruce (ASIKAINEN 1968). The significance of bucking damage would in such a case be essentially smaller than the figures given in Table 4. It must be remembered, moreover, that splits originate in some degree also when a power saw is used.

The study indicates that the economic significance of damage caused by the PIKA 50 processor in summer time is smaller than has usually been assumed. The average trim loss in a cross-section of 10–12" diameter does not seem to exceed 10–20 pennies, i.e. US 2–5 cents, and in practice is probably even considerably below these maxima. However, other studies have indicated that the damage is essentially more serious in winter conditions.

LYHENNELMÄ

Hydraulisesti toimiva leikkuuterä aiheuttaa tukin päihin sahatavaran arvoa alentavia vaurioita (kuvat 1, 2, 5 ja 6). Tästä syystä monitoimikoneitten käyttö rajoittuu nykyisin miltei yksinomaan kuituteollisuuden raaka-aineeseen. Pitkällä tähtäyksellä tulee kuitenkin olemaan välttämätöntä korjata näillä koneilla myös sahapuuta.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään kuvaa siitä, mitkä tekijät vaikuttavat vaurioitten määrään ja mikä on vaurioitten taloudellinen merkitys. Tutkimuksen alkuosa käsittää kirjallisuuskatsauksen, jossa selvitetään terän paksuuden, teräkulman, terän muodon, vastatuen, puuaineen ominaisuuksien, kosteuden ja lämpötilan vaikutusta puun vaurioitumiseen.

Varsinainen tutkimusaineisto koostuu suomalaisella PIKA 50-monitoimikoneella kesäaikana valmistetuista mäntytukeista. Tässä yhteydessä on oleellista, että puitten kaatoleikkaus tehdään moottorisahalla ja kaikki muut leikkaukset PIKA 50-koneen 12 mm:n paksuisella giljotiinityyppisellä leikkuuterällä (kuvat 3 ja 4), jonka teräkulma on 30°.

Tukeista, joita kaikkiaan oli 73 kappaletta (taulukko 1), tehtiin 63×175 tai 50×150 mm:n sydäntavaraa sekä 25 mm:n paksuista sivu- ja pintalautaa. Vauriot tutkittiin keinokuivauksen jälkeen.

PIKA 50-koneen kesäaikana mäntytukkeihin aiheuttamien halkeamien pituus käy ilmi kuvasta 7, joka osoittaa sahatavarakappaleen pisinmän halkeaman frekvenssijakautuman tukin läpimitasta riippuen. Kaksi viidennestä tapauksista rajoittuu 5 cm:n ja neljä viidennestä 10 cm:n etäisyydelle poikkileikkaukselta. Pitkiä, 10–30 cm:n halkeamia on sydäntavarassa enemmän kuin sivulaudoissa (kuva 8).

Vaurioituneen osan poistaminen johti 20–25 cm:n leikkauksessa litran puumäärän menetykseen, yli 30 cm:n leikkauksessa oli menetys vastaavasti kolme litraa (taulukko 2). Läpimitan

kasvaessa kasvoi vaurioituneen osan tilavuus siis tukin tilavuutta nopeammin. Vauriot olivat aina kuitenkin suhteellisen lieviä verrattuna eräistä kaatolaitteista kirjallisuudessa esitettyihin tietoihin.

Tukkien vaurioitumisen taloudellinen merkitys riippuu käytännössä suureksi osaksi siitä, missä määrin sahatavaran lyhentämistä joudutaan muista syistä soveltamaan. Tasausvaran huomioon ottaminen ratkaisee myös seuraavien laskelmien lopputuloksen.

Jos ei tunnusteta tasausvaran olemassaoloa, keskimääräinen tappio tukin päätä kohti nousee vuoden 1971 hintatasolla tutkimusaineistossa 24 penniin (taulukko 3). Tappio supistuu kuitenkin 5+5 cm:n tasausvaran ansiosta 9 penniin (taulukko 4).

Näitä lukuja on kuitenkin pidettävä vain eräänlaisina ensimmäisarvioina, joitten yli PIKA 50-monitoimikoneen katkaisulaitteen aiheuttamat keskimääräiset tappiot tutkimusta vastaavissa kesäoloissa tuskin kohoavat. Sahatavaraa näet lyhennetään käytännössä perinteellistenkin korjuumenetelmien yhteydessä joka tapauksessa keskimäärin tasausvaran edellyttämää määrää enemmän. Esimerkiksi erällä ankaraa laatu- luokitusta harjoittavalla Etelä-Suomen sahalla on sydäntavaran latva- ja tyvipäätä todettu lyhennettävän männyllä yhteensä 26 cm ja kuusella 30 cm (ASIKAINEN 1968), ja tuolloin jäisi leikkuuvaurioitten merkitys oleellisesti tässä esitettyä pienemmäksi.

Tutkimuksen mukaan PIKA 50-monitoimikoneen kesäaikana aiheuttamien vaurioitten taloudellinen merkitys on pienempi kuin yleisesti on oletettu. Läpimitaltaan 10–12" leikkauksessa tappio ei keskimäärin ylittäne ainakaan 10–20 penniä, ja käytännössä se jää todennäköisesti huomattavastikin näitten ensimmäislukujen alapuolelle. Toisaalta kuitenkin tiedetään, että talviolissa vaurioitten merkitys on oleellisesti vakavampi.

1. JOHDANTO

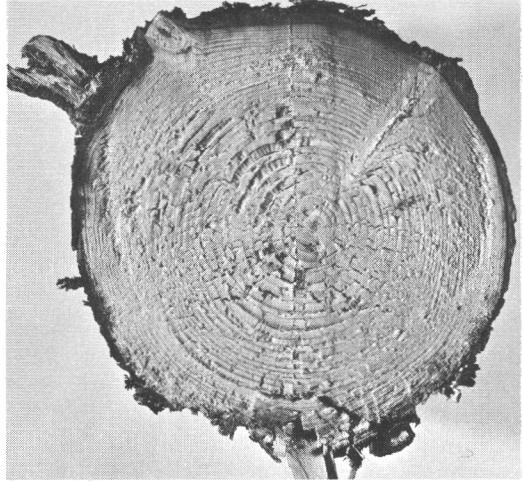
Monitoimikoneet tulevat jo lähivuosien kuluessa näyttelemään merkittävää osaa korjuutyön tuottavuutta kehitettäessä. Vuoden 1970 päätyessä maassamme oli viisi karsintaa ja katkontaa suorittavaa PIKA 50-konetta sekä yksi pelkästään karsintaa suorittava Logma T-300-kone. Niillä käsiteltiin vain 0.5 % teollisuuden pystykaupoin hankkimasta puutavarasta, mutta lähimmän 10 vuoden kuluessa lasetaan monitoimikoneilla korjattavan puumäärän nousevan vastaavasti jo 30 %:iin, mikä edellyttää ehkä 500 kaatokonetta ja 300–500 karsintakonetta (JÄMSÉN 1971). Kehityksen nopeutta ennakoitiin uuden 10 kappaleen sarjan valmistuminen PIKA 50-koneesta vuoden 1971 alussa.

Raskaat monitoimikoneet tulevat tämän hetken näkymien mukaan ensisijaisesti kysymyksen avohakkuualoilla, joilta poistettava puusto on keskimääräistä järeämpää ja niin ollen usein suureksi osaksi mekaanisen metsäteollisuuden raaka-aineeksi ohjautuvaa. Vain yhtä puuta kerrallaan käsittelemään pystyvinä monitoimikoneet ovat muutoinkin kilpailukykyisimmillään juuri järeitä puita korjattaessa, sillä niitten työn tuotos ja kuutiometrin käsittelykustannukset riippuvat ratkaisevasti rungon koosta (vrt. PÖLKKI ja SALMINEN 1970). Korjuukustannusten kannalta ne soveltuvat siis parhaiten tukkipuuvaltaisiin leimikoihin.

Kehityksen nykyvaiheessa monitoimikoneisiin liittyy kuitenkin häirtatekijöitä, jotka vakavasti rajoittavat niitten käyttöä nimenomaan

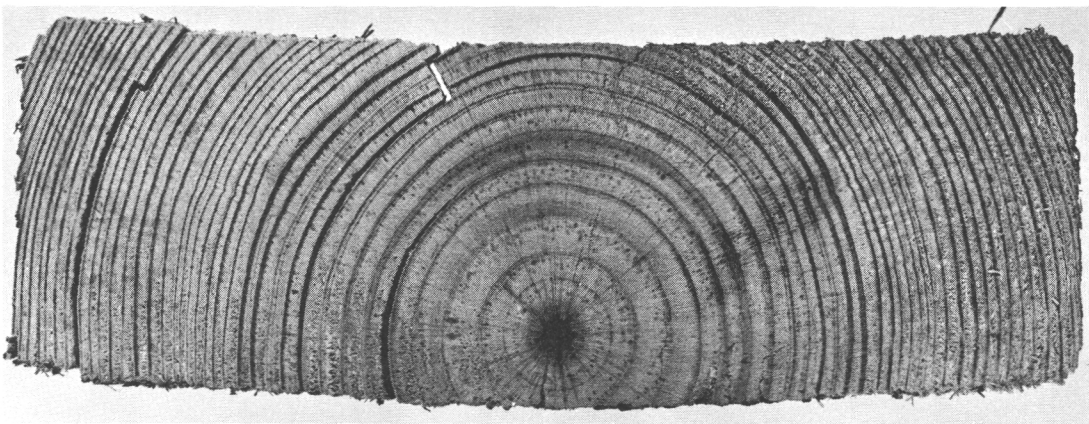
sahatukkien korjuussa. Apteerauksen tarkkuudesta joudutaan tinkimään, ja lisäksi kaato- ja katkontaratkaisut perustuvat useimmissa tapauksissa hydraulisesti toimivaan leikkuuterään, joka aiheuttaa tukin päihin sahatavaran arvoa alentavia vaurioita (kuvat 1 ja 2).

Monitoimikoneitten taloudellisuus edellyttää, että niillä voidaan mahdollisimman tarkoin korjata leimikon kaikki puutavaralajit ja että



Kuva 1. PIKA 50-monitoimikoneen leikkuuterällä talviolloissa katkaistun tukin poikkileikkaus.

Figure 1. A cross-section of a log cut by the shear blade of the PIKA 50 processor in winter conditions.



Kuva 2. Leikkuuterän aiheuttamia rengshalkeamia sahatavarassa.
Figure 2. Ring checks caused by the shear blade in a piece of lumber.

niitä toisalta voidaan käyttää myös järeissä leimikoissa. Puutavaran laatu- ja katoamis- vuoksi toiminta rajoittuu nykyisin miltei yksinomaan kuituteollisuuden raaka-aineeseen mukaan lukien kuitutukit, joitten osuus teollisuuden hankintakauden 1969–70 kolmen ensimmäisen neljänneksen aikana ostamasta pyöreästä kuitupuusta oli männyllä 4 ja kuusella 24 % (vrt. SUHONEN 1970). Koneita edelleen kehitettäessä on kuitenkin myös sahatukien laadun säilyminen turvattava.

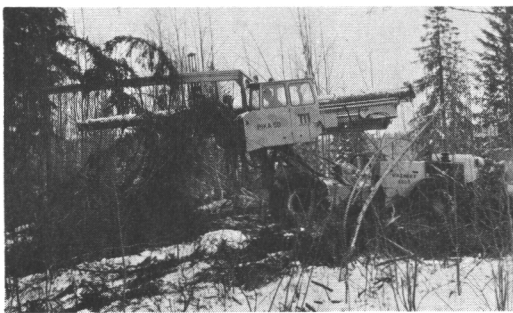
Käsillä olevassa tutkimuksessa pyritään osaksi kirjallisuuden ja osaksi oman aineiston avulla selvittämään kuvaa siitä, mitkä tekijät vaikuttavat tukkeja leikkaavalla terällä katkottaessa syntyvien vaurioiden määrään sekä mikä on näitten vaurioiden tosiasiallinen merkitys. Puun vahingoittumisen tunteminen on avainasemassa punnittaessa leikkuuterän edullisuutta ketju- ja sirkkelisahan vaihtoehtona tulevaisuuden monitoimikoneitten kaato- ja katkontaelimissä.

2. MENETELMÄ JA AINEISTO

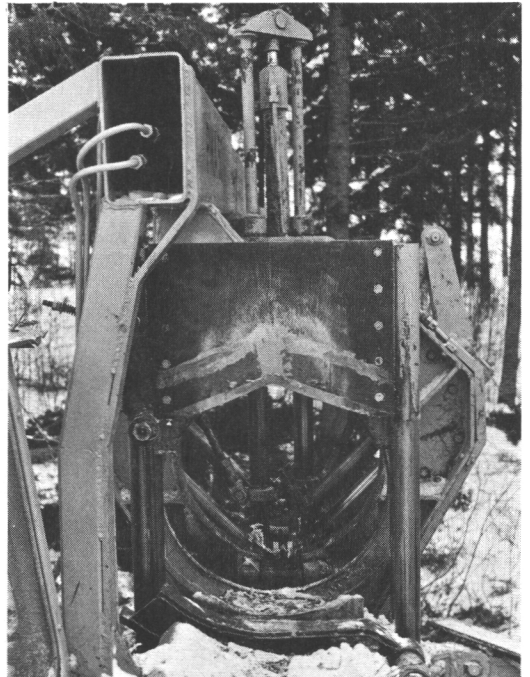
Tutkimusaineisto koostuu PIKA 50-monitoimikoneella valmistetuista mäntytukeista (kuva 3). Kone suorittaa runkojen kasausta, karsintaa ja katkontaa, ja tässä yhteydessä on siis oleellista, että puitten kaatoleikkaus tehdään tavanomaisesti moottorisahalla ja kaikki muut leikkaukset PIKA 50-koneen hydraulisynterillä toimivalla 12 mm:n paksuisella leikkuuterällä (kuva 4).

Puut kaadettiin ja katkottiin tukeiksi kesäkuussa 1970. Aineisto sisälsi kaikkiaan 73 tukkia, joissa oli 30 moottorisahalla tehtyä tyvileikkausta ja 116 PIKA 50-koneen tekemää muuta leikkausta. Tukkien pituus vaihteli 423 ja 550 cm:n välillä ja oli keskimäärin 496 cm. Katkaisukohtien läpimitta ja sydänpuuprosentti selviävät taulukon 1 luvuista.

Tukkeja säilytettiin nippuna Hallan sahan vesivarastossa syyskuuhun 1970 saakka, jolloin



Kuva 3. PIKA 50-monitoimikone.
Figure 3. The PIKA 50 processor.



Kuva 4. PIKA 50-monitoimikoneen leikkuuterä.

Figure 4. The shear blade of the PIKA 50 processor.

Taulukko 1. Tutkimusaineisto.

Table 1. Research material.

Leikkauksen läpimitta, mm <i>Cross-section diameter, mm</i>	Moottorisahaleikkaukset <i>Chain saw cross cuts</i>		PIKA 50 leikkaukset <i>Cross cuts by PIKA 50</i>	
	Lukumäärä <i>Number</i>	Sydänpuu, % <i>Heartwood, %</i>	Lukumäärä <i>Number</i>	Sydänpuu, % <i>Heartwood, %</i>
16–20	—	••	19	30
21–25	1	23	47	32
26–30	4	22	43	34
31–35	8	25	6	46
36 +	17	28	—	••
Kaikki – <i>All</i>	30	26	115	33

koehaukset suoritettiin. Järeistä tukeista tehtiin 63x175 mm:n ja alle 9 tuuman tukeista 50x150 mm:n sydäntavaraa. Sivu- ja pintalautojen paksuus oli aina 25 mm ja leveys tukin läpimitasta riippuen 100–175 mm.

Leikkuuterän sahatavaralle aiheuttamat vauriot tutkittiin keinokuivatuksen jälkeen. Tuossa vaiheessa kuivumishalkeamat tosin jossain määrin vaikeuttivat katkaisun yhteydessä syntyneiden halkeamien tunnistamista, mutta toisaalta taas viimeksi mainitutkaan eivät ole tuoreessa puutavarassa aina edes havaittavissa. Vasta kuivatus paljastaa halkeamat.

Halkeamien pituuden arvioiminen ei ole yleensä mahdollista vain kappaletta ulkoapäin tarkastelemalla. Tästä syystä jokaisen laudan kummastakin päästä sahattiin tarpeellinen määrä 5 cm:n pituisia kappaleita, joitten poikkileikkauksista voitiin määrittää tukkeja katkaistaessa syntyneiden halkeamien pituus. Näin saatiin selville, ulottuiko leikkauksesta lähtevä pisin halkeama vähintään 5, 10, 15, 20 tai 25 cm:n päähän poikkileikkaukselta. Pidempiä halkeamia tavattiin vain parissa lahovikaisessa tukissa.

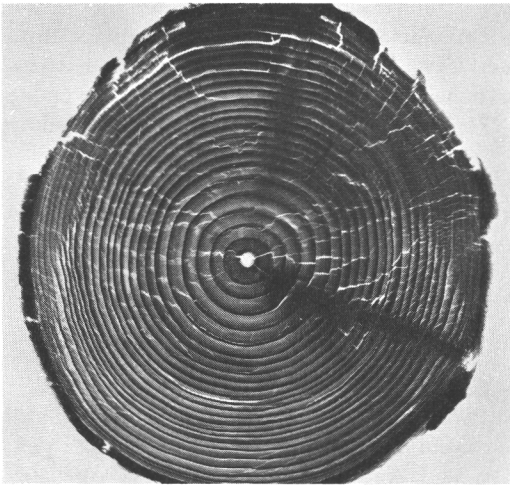
Koesahausten perimmäisenä tavoitteena oli katkaisuvaurioiden tuottamien tappioiden selvittäminen. Taloudellisten laskelmien lähtökohdaksi asetettiin sahatavarakappaleen kummankin pään pisimmän halkeaman aiheuttama kappaleen lyhentäminen. Huomioon otettiin myös 10 cm:n tasausvara, joka jaettiin tasan kappaleen kummankin pään osalle, joten ainoastaan 5 cm pidemmällä halkeamilla oli tosiasiallista merkitystä. Tasauspätkille laskettiin hyvitys-arvo hakkeena. Hinnoittelu pohjautui vuoden 1971 alussa vallinneeseen seuraavaan tasoon:

- Sydäntavaran hinta u/s-luokassa 225 mk/m³, kvinttaluokassa 20 % alempi. Olettamalla kummankin osuudeksi 50 % saatiin sydäntavaran keskihinnaksi 203 mk/m³.
- Sivulautojen hinta u/s-tavaralla 270 mk ja keskimäärin vastaavasti 243 mk/m³.
- Pintalautojen hinta 160 mk/m³.
- Sahanhakkeen tiheys 0.39 ja hinta sahalla 20 mk/i-m³. Kiintokuutiometrin hinnaksi saatiin niitten perusteella 51 mk, jolta pohjalta laskettiin tasauspätkistä hakkeena saatava hyvitys.

3. TULOKSET

31. Vaurioitten synty

Leikkuuterän tunkeutuessa puuaineeseen kuidut joutuvat terävoiman painamina taipumaan, kunnes ne lopulta todennäköisesti pituussuuntaisen vetojännitteen alaisina murtuvat. Katkenneitten kuitujen on väistyttävä terän kiilavoiman työntäminä molemmille puolille yhteensä terän paksuuden verran. Pystypuita kaadettaessa sotkeutuu mukaan myös puun painosta terän lappeita vastaan kohdistuva kitka (vrt. KEMPE 1967). Ilmiön selvää kuvaa hämärtävät samanaikaisesti kuitujen pituussuuntaiset veto- ja poikkisuuntaiset puristusjännitykset, terän särmän aiheuttamat jännitekeskitykset sekä puun sisäinen halkeileminen. Käytännön lopputuloksena ovat joka tapauksessa kuitujen vaurioituminen ja puun rakenteen rikkoutuminen (kuva 5) katkaisupinnan välittömässä tuntumassa sekä kauemmaksi ulottuvat halkeamat, jotka yleisesti saavat sahatavaran laadun kannalta vahingollisen rengashalkeaman muodon.



Kuva 5. Röntgenkuva talviolissa PIKA 50-monitoimikoneella katkaistun pölkyn päästä otetusta sentin paksuisesta kiekosta ilmakeivässä tilassa. Kuvassa tulevat esiin lusterakenteen särkyminen sekä säteensuuntaiset, osaksi kuivumisesta aiheutuneet halkeamat.

Figure 5. An x-ray picture of an air-dry, 1 cm thick disc contiguous to a cross-section cut by the PIKA 50 processor in winter conditions. The picture shows the destruction of ring structure and the radial checks partly caused by seasoning.

Vaurioituminen riippuu leikkuuterän rakenteesta ja toiminnasta, puuaineen ominaisuuksista sekä ulkoisista työskentelyoloista. Ilmiön ymmärtäminen edellyttää kaikkien näitten tekijäin vaikutuksen tuntemista, ja vaurioitten vähentämiseksi on erityisesti terän mittojen ja muotoilun suunnittelulla tärkeä merkitys.

Leikkuuterän paksuus vaikuttaa ratkaisevasti katkaisussa tarvittavan voiman suuruuteen ja samalla puun vaurioitumiseen. Laboratoriokokeissa on voimantarve vähentynyt kolmanneksella terän paksuuden pienentyessä puoleen alkuperäisestä, esimerkiksi 12 mm:stä 6 mm:iin (ERICKSON 1967), 10 mm:stä 5 mm:iin (KEMPE 1967) tai 2.50 mm:stä 1.25 mm:iin (JOHNSTON 1967). Myös halkeamien pituus on pienentynyt suoraviivaisesti terän paksuuden mukana. Terän ohentuminen puoleen on supistanut halkeamat puoleen niin'ikään (KEMPE 1967, McINTOSH ja KERBES 1968), ja 30 %:n ohentuminen on johtanut vastaavaan lyhentymiseen vaurioissa (WIKLUND 1967). Todettakoon, että suomalaisen PIKA 50-monitoimikoneen katkaisuterän paksuus on 12 mm.

Terän paksuuden ohella myös muotoilu vaikuttaa voimantarpeeseen ja vaurioihin. Teräkulman optimin katsotaan olevan 30–60 asteen välillä. Kulman pysytellessä näitten rajojen sisäpuolella näyttää sen terävoityminen tai tylpentymisen vaikuttavan voimantarpeeseen vain vähän, mutta vaurioitumisen osalta muutos on suurempi. Muitten arvojen säilyessä vakiona on 60, 45 ja 30 asteen teräkulmilla mitattu laboratoriokokeissa vaurioalueen pituudeksi vastaavasti 50, 30–40 ja 12–15 mm (KEMPE 1967). Teroituksen tylsyydessä voimantarve ja vaurioituminen kasvavat. PIKA 50-koneen katkaisulaitteen teräkulma on 30°.

Katkaisuterän vastatuen sijainnilla ja leveydellä on leikkuutapahtumassa tärkeä merkitys niin'ikään. Jos vastatuen asema mahdollistaa katkaistavan tukin vapaan pään alaspäin taipumisen, leikkuuvoiman tarve saattaa kyllä pienentyä, mutta samalla halkeileminen lisääntyy. Jos vastatuki muodostuu kahdesta toisistaan etäällä olevasta kappaleesta, joitten väliin leikkaava terä painautuu, syntyy suunnaltaan päinvastaisen vääntövoiman vaikutuksesta halkeamia (WIKLUND 1967). Vastatuen leven-

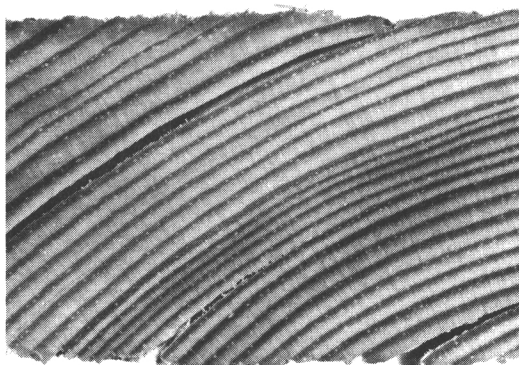
täminen merkitsee toisaalta voimantarpeen kasvua (JOHNSTON 1967 ja 1968 b).

Puulajien väliset erot riippuvat ennen kaikkea pölkyn läpimitasta, puuaineen tiheydestä, oksaisuudesta ja muista vikaisuuksista sekä kosteudesta. Pölkyn järeytyessä terä joutuu leikkaamaan puuta leveämmällä rintamalla, ja terään kohdistuva kitkavoimakin suurenee samanaikaisesti. Voimantarve kasvaa, ja vauriot lisääntyvät (vrt. WIKLUND 1967, McINTOSH ja KERBES 1969, TUOVINEN 1970).

Puun lujuusominaisuudet paranevat puuaineen tiheyden kasvaessa. Leikkuuvoiman tarve lisääntyy vastaavasti, mutta esimerkiksi puun kovuuden tai leikkuu- ja halkaisulujuuden ei ole havaittu korreloivan halkeamien pituuden kanssa (JOHNSTON 1968c, KOCH 1971). Havuipuitten halkeamat syntyvät kuitenkin aina puuaineen heikoimpaan kohtaan, siis luston ensimmäisten kevätpuusolujen vyöhykkeeseen (kuva 6)

Oksien puuaineen tiheys on lähes kaksikertainen virheettömään runkopuuhun verrattuna (vrt. HAKKILA 1969), ja niin ollen ne lisäävät huomattavasti myös voimantarvetta puuta katkaistaessa. Poikkeavan kuitusuuntansa ja tiheydensä vuoksi ne estävät kuitenkin rengashalkeamien syntymä.

Kosteuden laskiessa puunsiyten kyllästymispisteen alapuolelle puun lujuusominaisuudet ja leikkuuvoiman tarve kasvavat. Korjuutyössä käsitellään kuitenkin tuoretta tavaraa, ja sydänpuunkin kosteus pysyttelee tuon rajan tasalla tai yläpuolella. Kosteuserojen merkitys onkin käytännössä vähäinen, niin kauan kuin käsitellään sulaa puuta. Puun jäätyessä sen sijaan kosteuden vaikutus on huomattava.



Kuva 6. Rengshalkeamia lähikuvassa.
Figure 6. Close-up picture of ring checks.

Tuoreen puun lujuus kasvaa kuitujen sisälle ja seinämiin muodostuneen jään ansiosta. Kun soluontelot ovat täynnä jäätä, ne eivät voi taipua eteenpäin työntyvän terän tieltä samalla tavoin kuin sulassa puussa, ja tästä syystä vaurioituminenkin tapahtuu eri tavoin. Jäätyminen ei lisää puun halkaisulujuutta siten kuin esimerkiksi leikkuulujuutta, joten puun katkaisemiseen tarvittavan voiman lisääntyminen johtaa tavanomaista lukuisampiin ja pidempiin halkeamiin. Niinpä 25 cm:n läpimittaisten tukkien katkaisussa syntyneiden halkeamien pituus kasvoi 30–90 mm:stä 150–300 mm:iin lämpötilan laskiessa + 20 asteesta – 30 asteeseen (WIKLUND 1967). Muutos jäätympisteestä – 40 asteeseen pidensi eräässä toisessa tutkimuksessa halkeamat vastaavasti 4–5-kertaisiksi (JOHNSTON 1968 d).

Eri tekijän yhteisvaikutusta sulaa valko-kuusta leikkattaessa kuvaa seuraava yhtälö, joka eräässä tutkimuksessa selitti 55 % halkeilemalla vaurioituneen vyöhykkeen pituudesta (JOHNSTON 1967). Yhtälöä eivät parantaneet selittäjävaihtoehtoina tarjolla olleet teräkulma, pystypuun painosta terään kohdistuva kuormitus eikä puuaineen tiheys.

$$y = 0.75 - 4.5x_1 + 0.77x_1x_2 + 1.2x_1x_4 - 0.0011x_2x_3$$

y = Leikkauksen pisin halkeama, tuumaa
 x_1 = Terän paksuus, tuumaa (kokeessa 0.25"–0.75")

x_2 = Vastatuen leveys, tuumaa (kokeessa 0"– 6")

x_3 = Kosteus, %

x_4 = Tukin läpimitta, tuumaa (kokeessa maksimi 6")

Terän lävistäessä puuta tangentin suuntaisena on voimantarve neljänneksen (KEMPE 1967) tai jopa puolet (JOHNSTON 1968 a) suurempi kuin säteen suunnassa. Tukkia katkaistaessa terä tunkeutuu pintapuuhun aluksi säteen suunnassa, mutta rungon ydintä lähestyttäessä leikkaus tapahtuu yhä enemmän tangenttiasossa. Näin voimantarve kasvaa tästäkin syystä katkaisun edetessä pinnasta ytimeen, mutta toisaalta vaikuttavat samanaikaisesti päinvastaiseen suuntaan pölkyn sisäosien puuaineen pienempi tiheys ja talvisaikaan sydänpuun alhainen kosteus. Miten leikkuusuunta vaikuttaa vaurioitten syntyyn, on vielä selvittämättä. Silmävaraisesti arvioiden näyttää vaurioitumista tapahtuvan

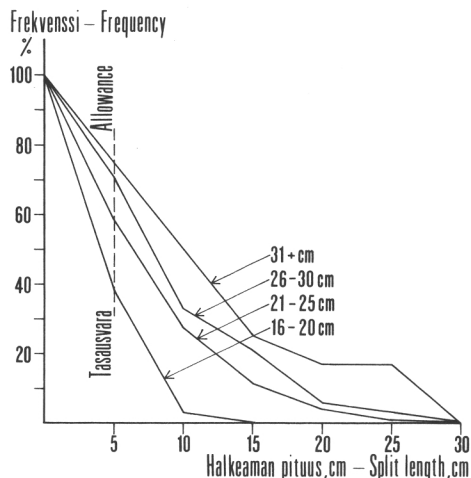
poikkileikkauspinnan kaikissa osissa, mutta pahimpana katsotaan halkeilemisen tapahtuvan 30–60 mm:n etäisyydellä pölkyn pinnalta (WIKLUND 1967). Yhdysvalloissa hyväksy-

tään leikkuuterällä katkotut keltamäntytukit eräissä tapauksissa vaneriteollisuudessa, sillä pääosan vaurioista katsotaan jäävän sorvauksessa purilaaseen.

32. Käytännön korjuutyössä syntyvät vauriot

Käsillä olevassa tutkimuksessa selviteltiin PIKA 50-monitoimikoneella kesäaikana katkottujen mäntytukkien vaurioitumista. Seuraavat luvut osoittavat poikkileikkauksen pisimmän halkeaman erikseen sydäntavararan ja sivulautojen osuudella läpimittaluokittaisina keskiarvoina. Tukin läpimitan kasvaessa vauriot lisääntyvät, mutta sydäntavararan ja täyssärmäisten sivulautojen välillä ei tutkimusaineistossa näytä olevan huomattavia eroja.

Leikkauksen läpimitta, cm	Leikkauksen pisin halkeama, mm	
	Sydäntavararan alueella	Sivulautojen alueella
16–20	62	63
21–25	96	81
26–30	120	116
31 +	142	133

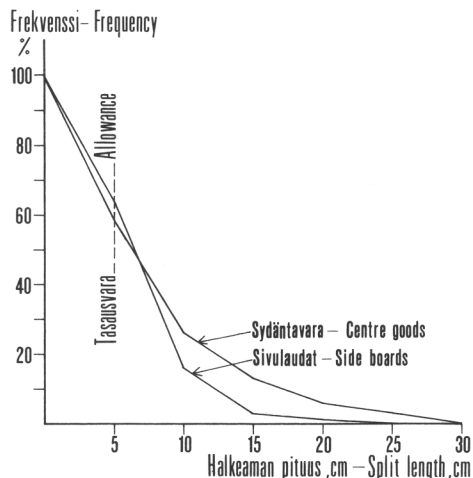


Kuva 7. Sahatavarakappaleen pään pisimmän halkeaman frekvenssijakautuma sydäntavarassa tukin poikkileikkauksläpimittaluokittain. PIKA 50-monitoimikone kesäoloissa.

Figure 7. The frequency distribution of the deepest split per end of a piece of centre goods, by log cross-section classes. PIKA 50 processor in summer conditions.

Leikkauskohdan pisin halkeama rajoittuu useinkin yhteen tai kahteen sahatavarakappaleeseen, niin että sahatavararan vaurioituneen osan keskimääräinen pituus on aina pienempi kuin kokonaisen tukin. Kahdessa viidenneksessä kappaleista pisin halkeama ei ulottunut 5 cm kauemmaksi leikkaukspinnalta, ja neljässä viidenneksessä se jäi alle 10 cm:n. Pitkiä, 10–25 cm:n halkeamia oli sydäntavarassa enemmän kuin sivulaudoissa (kuvat 7 ja 8).

Kun vaurioituneen osan poistaminen olisi 20–25 cm:n läpimittaisessa leikkauksessa merkinnyt keskimäärin litran puumäärän menetystä, oli vastaava luku yli 30 cm:n leikkauksessa kolme litraa (taulukko 2). Läpimitan kasvaessa vaurioituvan osan tilavuus kasvoi siis tukin tilavuutta nopeammin.



Kuva 8. Sahatavarakappaleen pään pisimmän halkeaman frekvenssijakautuma sydäntavarassa ja sivulaudoissa. PIKA 50-monitoimikone kesäoloissa.

Figure 8. The frequency distribution of the deepest split per end in centre goods and side boards. PIKA 50 processor in summer conditions.

Taulukko 2. Vaurioituneen sahatavaran tilavuus kuutiokesentteinä poikkileikkausta kohti. PIKA 50-monitoimikone kesäoloissa.

Table 2. The volume of damaged lumber in cubic centimetres per cross-section. PIKA 50-processor in summer conditions.

Leikkauksen läpimitta, cm Cross-section diameter, cm	Sydäntavara Centre goods	Sivulaudat Side boards	Pintalaudat Wany side boards	Yhteensä Total
	Vaurioituneen tavaran tilavuus, cm ³ Volume of damaged lumber, cu. cm			
16–20	296	110	–	406
21–25	888	210	48	1146
26–30	1377	679	81	2137
31 +	2017	974	–	2991
Keskimäärin Average	1032	409	50	1491

Metsätehon aikaisemmin suorittamassa PIKA 50-koneella katkottuja tukkeja koskeneessa tutkimuksessa sydäntavaraa oli halkeamien poistamiseksi lyhennettävä männyllä 8 ja kuusella 9 cm tukin päätä kohti, kun kysymyksessä olivat kesällä katkotut tukit. Talvioloissa vauriot kaksinkertaistuivat – lyhennys oli männyllä 16 ja kuusella 20 cm. Sydäntavaran tilavuuden menetys oli vastaavasti kesäaikana 0.9 ja 1.1 litraa sekä talvella 2.1 ja 2.6 litraa tukin päätä kohti (TUOVINEN 1970). Vertailukelpoisilta osiltaan tulokset ovat tämän tutkimuksen kanssa yhdenmukaisia.

PIKA 50-monitoimikoneen katkaisuelimen tuottamat vauriot ovat lieviä eräisiin muihin kaatoleikkauksia tekeviin hydrauliteriin verrattuina. Niinpä Beloit Tree Harvester-koneen 20 mm:n paksuisen kaksiteräisen kaatolaitteen aiheuttamien halkeamien on todettu johtaneen

kesäoloissakin männyllä 202 ja kuusella 124 sekä talvioloissa vastaavasti männyllä 288 ja kuusella 257 mm:n lyhentymiseen sydäntavaraa (WIKLUND 1967). Sund Clipper-kaatoelimen 35 mm:n terä puolestaan johti eräissä tutkimuksissa kesäoloissakin keskimäärin 47 cm:n halkeamiin, joita poistettaessa menetettiin kaatoleikkausta kohti 23 litraa puuta (WIKLUND 1970). Erään kanadalaisen kaatoelinprototyypin 38 mm:n paksuinen terä johti kesäoloissa vaurioihin, joitten johdosta lyhentämistä jouduttiin soveltamaan Murrayn männyllä 16 ja valkokuusella 4 %:ssa sahatavarakappaleista, keskimäärin 5–6 cm. Talvioloissa –32° pakkasessa vauriot moninkertaistuivat, ja lyhentämiseen jouduttiin vastaavasti turvautumaan 57 ja 78 %:ssa tapauksista keskimääräisen lyhennyksen ollessa 6–7 cm (McINTOSH ja KERBES 1969).

33. Vaurioitten taloudellinen merkitys

Sahatukkien vaurioitumisen taloudellinen merkitys riippuu käytännössä suureksi osaksi siitä, missä määrin lyhentämistä joudutaan muista syistä soveltamaan. Tasausvaran huomioon ottaminen ratkaisee myös seuraavien laskelmien lopputuloksen. Taulukossa 3 lähdetään aluksi täysin teoreettisesta mahdollisuudesta, jossa lyhentämistä aiheuttaa yksinomaan leikkuuterän

käyttö ja jossa sahatavaran tasaaminen tietyille pituuksille ei toisaalta edellytä vauriota pidempää lyhentämistä.

Sahatukkeihin jätetään perinteellisissä menetelmissä kuitenkin 10 cm:n tasausvara, joka periaatteessa jakaantuu tasan tukin tyvi- ja latvapään kesken. Käytännössä tasausvara on keskimäärin suurempikin, 13–14 cm (ASIKAI-

Taulukko 3. Sahatavaran lyhentämisestä aiheutuva tappio penneinä tukin päätä kohti PIKA 50-monitoimikonetta kesäoloissa käytettäessä, jos 10 cm:n tasausvaraa ei oteta laskelmissa huomioon.

Table 3. Trimm loss caused by the shear damage, in pennies per log end, when the 5 + 5 cm allowance on log length is disregarded. PIKA 50-processor in summer conditions.

Leikkauksen läpimitta, cm Cross-section diameter, cm	Sydäntavara Centre goods	Sivulaudat Side boards	Pintalaudat Wany side boards	Yhteensä Total	Hakehyvitys Compensation for chips	Kokonais-tappio Total loss
Lyhennystappio penniä tukin päätä kohti – Trimm loss, pennies per log end						
16–20	6	3	–	9	2	7
21–25	18	5	1	24	6	18
26–30	28	17	1	46	11	35
31 +	41	24	–	65	15	50
Keskimäärin Average	21	10	1	32	8	24

NEN 1968). Halkeamien aiheuttama todellinen tappio pienenee tasausvaran ansiosta, ja nimenomaan kesäajan korjuutyössä syntyvät vauriot jäävät suureksi osaksi tasausvaran osuudelle.

Päädytään taulukkoon 4, jossa ei kuitenkaan ole otettu huomioon sitä, että 10 cm:n tasausvaran yli ulottuvat halkeamat saattavat aiheuttaa kappaleen lyhentymisen jopa 30 cm:llä tietyihin tasapituuksiin pyrittäessä. Samanlaisia tappioita syntyy kuitenkin halkeamista riippumatta myös muutoin, kun tasausvara on riittämätön.

Jos leikkuuvaurio johtaa sahatavarakappaleen lyhentämiseen yli halkeamien päättymiskohdan aina seuraavaan 30 cm:n pituusluokkaan saakka, on rahallinen tappio taulukkoarvoja suurempi. Näin tapahtuu säännöllisesti kuitenkin vain, mikäli tukit on katkottu tasamitoille.

Sen sijaan voidaan tilastollisesti osoittaa, että silmävaraisesti katkotuissa tukeissa halkeamat aiheuttavat keskimäärin juuri pituutensa suuruisen lyhentämisen haluttuihin tasamittoihin pyrittäessä. Tämä pätee myös monitoimikonettien käsittelemiin tukkeihin.

Lähtien olettamuksesta, että sahatavarakappaleen kumpaakin päätä joudutaan käytännössä katkaisumenetelmästä riippumattomista syistä lyhentämään joka tapauksessa tasausvaraa vastaava määrä eli 5 cm, voidaan taulukon 4 lukuja pitää eräänlaisina enimmäisrajoina, joitten yli PIKA 50-koneen katkaisulaitteen aiheuttamat keskimääräiset tappiot tutkimusta vastaavissa kesäoloissa tuskin kohoavat. On kuitenkin erityisesti painotettava, että laskelmissa ei ole pyritty ottamaan huomioon kuivumishalkeamien, oksien, lahon, vajaasärmäisy-

Taulukko 4. Sahatavaran lyhentämisestä aiheutuva tappio penneinä tukin päätä kohti PIKA 50-monitoimikonetta kesäoloissa käytettäessä, kun 10 cm:n tasausvara otetaan huomioon laskelmissa.

Table 4. Trimm loss caused by shear damage, in pennies per log end, when the 5 + 5 cm allowance on log length is recognized. PIKA 50-processor in summer conditions.

Leikkauksen läpimitta, cm Cross-section diameter, cm	Sydäntavara Centre goods	Sivulaudat Side boards	Pintalaudat Wany side boards	Yhtensä Total	Hakehyvitys Compensation for chips	Kokonais-tappio Total loss
Lyhennystappio penniä tukin päätä kohti – Trimm loss, pennies per log end						
16–20	1	0	–	1	0	1
21–25	8	1	0	9	2	7
26–30	13	5	0	18	4	14
31 +	24	6	–	30	7	23
Keskimäärin Average	10	2	0	12	3	9

den ja muitten vikaisuuksien aiheuttamia lyhen-nyksiä, jotka jo sinänsä saattavat mitätöidä huomattavan osan leikkuuvaurioista.

Ankaraa laatuluokitusta noudatettaessa ta-varaa lyhennetäänkin käytännössä huomattavas-ti laskelmassa oletettua 10 cm enemmän. Koko tasausvara tarvitaan perinteellisissäkin katkaisu-menelmissä yleensä jo vinojen poikkileikkaus-ten ja kuivumishalkeamien poistamiseksi, ja sen lisäksi aiheuttavat vajaasärmäisyys, oksai-suus ja muut viat laatutasauksia, joitten seu-rauksena 10 cm:n tasausvara on tosiasiaa ai- van riittämätön. Tätä kuvaavat seuraavat luku-sarjat, joissa myös katkaisussa syntyvän sahaus-raon leveys on otettu huomioon (ASIKAINEN 1968). Ne osoittavat, että sydäntavaran lyhen-täminen on tosiasiaa tasausvaraan verrattuna kaksin- ja jopa kolminkertainen. Pääosa tasauk-sesta tulee sahatavaran latvapään osalle.

Sydäntavaran lyhennys käytännössä
keskimäärin, mm

	Mänty	Kuusi
Tyven tasaus	87	100
Latvan tasaus	174	198
Kokonaistasaus	261	298

Halkeamia syntyy toisaalta myös moottori-sahaa korjuutyössä käytettäessä. Käsillä olevassa tutkimusaineistossa moottorisahalla tehtyihin kaatoleikkauksiin liittyi 4 %:ssa sahatavarakap-paleista 5 cm:n tasausvaran yli ulottuvia hal-keamia.

Metsätehon tutkimuksessa laskettiin kesä-aikana PIKA 50-koneella tehtyjen tukkien leik-kuuvaurioitten johtaneen sekä männyllä että kuusella keskimäärin 17 pennin tappioon tukin päätä kohti. Talvella tappio oli männyllä 38 ja kuusella 48 penniä vastaavasti (TUOVINEN 1970). Tappiolukuja suurensi käsillä olevaan tutkimukseen verrattuna ratkaisevasti tasaus-varan kokonaan huomiotta jättäminen sydänta-varaa koskeneissa laskelmissa. Ruotsissa Beloit Tree Harvester-koneella kaadettujen puitten vaurioitten laskettiin johtaneen kesäaikana männyllä 25 ja kuusella 12 sekä talvella vastaavasti 72 ja 43 pennin tappioon kaatoleikkausta kohti (WIKLUND 1967).

4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA

Monitoimikonein tapahtuva puunkorjuu tu-lee lähivuosina väistämättömästi lisääntymään, ja sen on ennen pitkää sovelluttava kuitupuun lisäksi myös sahapuulle, jonka osalta vaikeutena ovat tällä hetkellä apteeraustarkkuuden hei-kentyminen ja katkaisuvauriot. Viimeksi mai-nittujen estäminen edellyttäne leikkuuterän kehittämistä tai siirtymistä ketju- tai pyörö-sahaan. Sahan periaatteella toimivan katkaisu-laitteen heikkouksina ovat kuitenkin useinkin hitaus, alttius kiville ja hiekalle ja edellisen seurauksena korkeampi kanto (vrt. KÄRKKÄI-NEN 1968). Kanadassa on leikkuuterä eräissä tapauksissa lisännyt talteen saadun puutavaran määrää jopa 5 % (des CHAMPS 1967), ja vaikkei meidän oloissamme enää ole näin suuria säästöjä kantoa alentamalla saavutettavissa, saat-taa leikkuuterä toisaalta ennen pitkää mahdol-listaa maan pinnan tasalta tai jopa sen alapuo-letakin tapahtuvan puun katkaisun. Vailla mer-

kitystä ei ole myöskään purutappion välttä-minen.

PIKA 50-monitoimikonetta käytettäessä ta-pahtuu kaatotyö tavanomaisesti moottorisahal-la, joten tyvitukissa vaurioituu vain latvapää. Halkeamista koituu tämän tutkimuksen mu-kaan latvaläpimitaltaan 10–12" tyvitukeissa kesäoloissa tappio, joka vuoden 1971 hinta-tason vallitessa ei keskimäärin ylitä ainakaan 10–20 penniä. Käytännössä jäänee tappio keski-määrin ja erityisesti huonolaatuisilla tukeilla selvästi pienemmäksi. Samankokoisessa ja -laa-tuisessa latva- ja välitukissa tappio on tyvituk-kiin verrattuna kuitenkin kaksinkertainen.

Vähäinenkin puutavaran laadun alentamisen aiheuttama lisärasitus heikentää luonnollisesti koneen käyttömahdollisuuksia sahapuun kor-juussa, mutta eräisiin muihin monitoimikonei-siin nähden PIKA 50-koneen käyttöön liittyvät vauriot ja tappiot ovat toisaalta pieniä. Jääty-

nyttä puuta katkaistaessa vauriot kuitenkin lisääntyvät, ja ainakaan kovalla pakkassäällä leikkuuterällä ei ole syytä käsitellä sahatukkeja. PIKA 50-koneen synnyttämien vaurioiden aiheuttamat menetykset nousivat Metsätehon tutkimuksissa talvioloissa männyllä 2.2- ja kuusella 2.8-kertaisiksi (TUOVINEN 1970). Beloit Tree Harvester-koneella tappiot kasvoivat talvella vasvaavasti männyllä 2.9- ja kuusella 3.7-kertaisiksi (WIKLUND 1967). Kanadassa 38 mm:n paksuisella kaatoterällä työskennellessä vauriot paisuivat Murrayn männyllä 3.7-kertaisiksi ja valkokuusella peräti 12.2-kertaisiksi, kun lämpötila laski -32 asteeseen (McINTOSH ja KERBES 1969). Jos pakkasasteita ei ole kymmentä enempää ja lumi lisäksi eristää puun tyven ulkoilmasta, leikkuuterän kaatotyössä aiheuttamat vauriot rajoittuvat kuitenkin pääosiltaan vielä tasausvaran alueelle (JOHNSTON 1968 d).

Sahapuun korjuu PIKA 50-monitoimikoneella näyttää talvella epätarkoituksenmukaiselta, mutta puun ollessa sulana sen käyttö saattaa jo nykyhetkellä tulla kysymykseen. Onhan se toisaalta muihin korjuumenetelmiin verrattuna kilpailukykyisimmillään näet juuri järeissä kuusileimikoissa. Eräänä käytännön esteenä on kuitenkin halkeamien tunnistamisen vaikeus sahausprosessissa ja sahatavaran lajittelussa. Seurauksena saattaa olla, että sahatavaraa joudu-

taan leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä rek-lamaatioiden välttämiseksi säännöllisesti lyhentämään nykyistä tasausvaraa enemmän, mikä lisäisi tappiota.

PIKA 50-koneen tuottamat vauriot ovat joka tapauksessa kesäoloissa suuruusluokkaa, joka puoltaa leikkuuterän edelleen kehittämistä nykyiseltäkin pohjalta pyörö- tai ketjuterän vaihtoehtona. Käytännössähän sahatavaran kokonaistasaus on perinteellisissäkin menetelmissä sydäntavaran osalta merkitsevästi varsinaista tasausvaraa pitempi, latva- ja tyvipäässä yhteensä 250–300 mm. Vapaasti apteeratuista tukeista tehdyn sahatavaran tasauksen voidaan laskea olevan 30–40 mm edellistäkin pitempi (ASIKAINEN 1968).

Terän paksuuden ohentaminen 12 mm:stä vähentäisi välittömästi vaurioita, mutta jo nytkin terää on pidettävä verraten ohuena. Terää muotoilemalla saattaisi olla mahdollista ohjata ja rajoittaa vauriot pääasiassa toiseen leikkuupintaan, tässä tapauksessa aina tukin tyvipäähän, jolloin mm. arvokkain tyvitukki säilyisi vahingoittumattomana (vrt. WIKLUND 1967). Terä- ja kiilakulman säätely, hammastettu terä, kaksoisterä ja värähtelyliikkeen hyväksikäyttö saattaisivat alentaa vaurioita niin'ikään. PIKA 50-koneessa on teräkulman suuruus kuitenkin ainoastaan 30° , joten sen pienentäminen tuskin on enää mahdollista.

KIRJALLISUUSVIITTEET

- ASIKAINEN, KALEVI. 1968. Tasausvara ja sahatavaran tasaus. *Folia Forestalia* 50.
- des CHAMPS, JOE, 1967. Tree shear lops 15 % off felling costs. *Canadian Forest Industries* 87 (7): 64–67.
- ERICKSON, JOHN R. 1967. Crosscut shearing of wood. XIV IUFRO Congress, Papers VIII: 324–337. München.
- HAKKILA, PENTTI. 1969. Weight and composition of the branches of large Scots pine and Norway spruce trees. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 67.6.
- JOHNSTON, J.S. 1967. Investigations of some variables in the cross cutting of small logs by shear blades. XIV IUFRO Congress, Papers VIII: 338–363. München.
- JOHNSTON, J.S. 1968a. Experiments in cross-cutting wood with shear blades. *Forest Products Journal* 18: 85–89.
- JOHNSTON, J.S. 1968b. Cutting trees and logs by shear blades. *Canadian Forest Industries* 88 (6): 34–37.
- JOHNSTON, J.S. 1968c. An experiment in shear-blade cutting of small logs. *Pulp and Paper Magazine of Canada* 69: 77–82.
- JOHNSTON, J. S. 1968d. Experimental crosscut shearing of frozen wood. *Forest Engineering Conference Proceedings*, pages 47–49, 55. Saint Joseph. Michigan.
- JÄMSÉN, TURKKA. 1971. Monitoimikoneiden käyttöönnoton vuosikymmen. *Metsänhoitaja* 21 (1): 6–7.
- KEMPE, CARL. 1967. Forces and damage involved in the hydraulic shearing of wood. *Studia Forestalia Suecica* nr. 55.
- KOCH, PETER. 1971. Force and work to shear green southern pine logs at slow speed. *Forest Products Journal* Vol. 21, No. 3:21–25.
- KÄRKKÄINEN, MATTI. 1968. Puun katkaisu leikkaamalla. Katsaus tähänastisiin tutkimustuloksiin. Puun korjuun mekanisointipäivät. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, julkaisu 17–68.
- McINTOSH, J.A. and KERBES, E.L. 1968. Tree shears reduce felling costs, offer other savings. *Canadian Forest Industries* 88 (3): 42–47.
- McINTOSH, J.A. 1969. Lumber losses in tree shear felling. *British Columbia Lumberman*, October 1969.
- PÖLKKI, VOITTO ja SALMINEN, JAAKKO, 1970. PIKA 50-monitoimikone. *Metsätehon tiedotus* n:o 298.
- SUHONEN, PENTTI. 1970. Kuitupuukaupan näkymät. *Teollisuuden Metsäviesti* n:o 4: 20–22.
- TUOVINEN, ARNO. 1970. Leikkuuterällä suoritettun katkaisun aiheuttamat vahingot. PIKA 50. *Metsätehon Tiedotus* n:o 300.
- WIKLUND, MARTIN. 1967. Krafter och skador vid fällning och kapning med klipp- och skärdon. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, redogörelse* nr 9/1967.
- WIKLUND, MARTIN. 1970. Undersökning av virkesskador vid fällning med Sund Clipper. *Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse* nr 5/1970.

- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyypisessä valinnassa sovellettuja valinnan asteita.
Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization.
Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutus koneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon.
Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla.
Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittelyä sekä tuotoskokeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkinen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena.
Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50
- No 93 Kari Löyttyniemi: Havupunkin ja kuusen neulaspunkin torjunta.
Control of mites *Oligonychus ununguis* and *Nalepella haarlovi* var. *piceae-abietis*. 2,50
- No 94 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 5. Koivun uudet paperipuutaulukot. Sortimentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. 2,50
- No 95 Jorma Rajala: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964—68. 2,50
- No 96 Metsätalastollinen vuosikirja 1969.
Yearbook of forest statistics 1969. 8,—
- No 97 Juhani Numminen: Short-term forecasting of the total drain from Finland's forests.
Suomen metsien kokonaispoistuman lyhytjaksoinen ennustaminen. 1,50
- No 98 Juhani Nousiainen, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Mänty- ja kuusitukkuiden kuutioimismenetelmä.
Eine Methode zur Massenermittlung von Kiefern- und Fichtenblochholz. 4,—
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland.
Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittauksessa.
Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70.
Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuri puun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen.
Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—
- No 104 Ole Oskarsson: Plusmetsiköiden valintaero ja jalostusvoiton ennuste.
Selection differential and the estimation of genetic gain in plus stands. 1,50
- No 105 Pertti Harstela: Työjärjestyksen vaikutus tynkäkarsitun ja likipituisen kuusikuitupuun teossa.
The effect of the sequence of work on the preparation of approximately 3-m, rough-limbed spruce pulpwood. 2,50
- No 106 Hannu Vehviläinen: Metsätyömiesten moottorisahakustannukset 1969—1970.
Power-saw costs of forest workers in 1969—1970 3,—
- No 107 Olli Uusvaara: Vaneritehtaan jätepuusta valmistetun hakkeen ominaisuuksista.
On the properties of chips prepared from plywood plant waste. 2,50
- No 108 Pentti Hakkila: Puutavaran vaurioitumisesta leikkuuterää korjuutyössä käytettäessä.
On the wood damage caused by shear blade in logging work. 2,—

