

# **Koneellisen harvennushakkuun työnjälki**

Koneellisen harvennushakkuun tuottavuus  
-projektin osaraportti

**Arto Kariniemi**  
**Teppo Oijala**  
**Juha Rajamäki**

Metsätehon raportti 12  
18.12.1996

Osakkaiden yhteishanke

Asiasanat: koneellinen hakkuu, harvennushakkuu,  
ensiharvennus, työnjälki, hakkuujälki

Helsinki 1997

## SISÄLLYS

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>3</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2 TULOKSET</b> .....	<b>4</b>
2.1 Ajouraväli 20 metriä .....	5
2.1.1 Runkovauriot .....	5
2.1.2 Juurivauriot .....	8
2.1.3 Jäävän puuston vyöhykkeittäinen tiheys .....	8
2.1.4 Ajouraleveys .....	11
2.1.5 Ajouraväli .....	13
2.1.6 Viimeisen katkaisun läpimitta .....	14
2.2 Ajouraväli 30 metriä .....	15
2.2.1 Runkovauriot .....	15
2.2.2 Juurivauriot .....	15
2.2.3 Ajouraleveys .....	20
2.2.4 Ajouraväli .....	21
<b>3 TARKASTELU</b> .....	<b>22</b>

## TIIVISTELMÄ

Tässä raportissa tarkastellaan koneellisen harvennushakkuun vaurioita tuottavuustutkimuksen tukena. Kyseessä ei ole varsinainen hakkuujäljen tutkimus. Tarkastelu antaa kuitenkin viitteitä yleisestikin koneellisen harvennushakkuun työnjäljen tasosta. Hakkuujäljellä tarkoitetaan puusto- ja maastovaurioita, jäävän puuston tiheyttä sekä ajouraleveyttä ja -väliä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa 20 metrin ajouraväliin perustuvaa hakkuumenetelmää. Lisäksi aineistoa kerättiin 30 metrin uraväliin perustuvasta hakkuumenetelmästä. Aineisto jakaantuu likipitäen puoleksi kesä- ja talviaineiston kesken. Hakkuukoneet jaettiin kolmeen kokoluokkaan seuraavasti: isot yleiskoneet, yleiskoneet ja harvennuskoneet.

Runkovaurioprosentti 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä oli 1,4. Aineisto sisälsi niin ensi- kuin muun harvennuksen sekä kaikki hakkuukoneiden kokoluokat. Kesäkauden runkovaurioprosentti oli 1,9 ja talvikauden 0,9. Juurivaurioprosentti oli koko aineistossa 0,9. Kesäkaudella se oli 2,0 ja talvikaudella 0,0.

Yleiskoneiden runkovaurioprosentti oli molemmissa harvennuksissa selvästi alhaisin. Ensiharvennuksessa harvennuskoneet ja muussa harvennuksessa isot yleiskoneet aiheuttivat eniten vaurioita.

Yleiskoneiden juurivaurioprosentti oli molemmissa harvennuksissa koneryhmistä alhaisin, eivätkä koneet aiheuttaneet lainkaan vakavia vaurioita. Muussa harvennuksessa isot yleiskoneet aiheuttivat eniten juurivaurioita.

Ajouran keskimääräinen leveys ensiharvennuksessa oli isoilla yleiskoneilla ja yleiskoneilla 4,4 ja harvennuskoneilla 4,2 metriä. Muussa harvennuksessa ajouraleveys oli isoilla yleiskoneilla 5,0 metriä, yleiskoneilla 4,9 ja harvennuskoneilla 4,4 metriä.

Kun tarkasteltiin ajourien välistä puustoa ensiharvennuksessa, oli ajouran reunavyöhykkeen jäävän puuston tiheys kaikissa tapauksissa keskivyöhykkeen tiheyttä suurempi. Harvennuskoneilla tiheyden ero oli merkittävä. Muussa harvennuksessa tiheyden ero oli merkittävä kaikissa tapauksissa.

## 1 JOHDANTO

Tämä selvitys on osa laajempaa projektia, jonka päätavoite oli selvittää koneellisen hakkuun tuottavuus pienirunkoisessa harvennushakkuussa (Koneellisen harvennushakkuun tuottavuus, Metsätehon raportti 8). Tuottavuutta ja hakkuujälkeä tarkasteltiin ensi- ja muussa harvennuksessa korjuukausittain hakkuukoneen kokoluokittain. Hakkuun ajanmenekistä kerättiin vertailuaineistoa myös päätehakkuusta.

Hakkuun työnjäljen mittaamisen tavoite oli tukea tuottavuuslukujen analysointia. Tuottavuustutkimukseen hyväksyttävien tutkimusleimikoiden tuli olla hakkuujäljeltään hyväksyttävää tasoa. Tässä tutkimuksessa hakkuujäljellä tarkoitettiin puusto- ja maastovaurioita, jäävän puuston tiheyttä sekä ajouraleveyttä ja -väliä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa 20 metrin ajouraväliin perustuvaa hakkuumenetelmää. Lisäksi aineistoa kerättiin 30 metrin uraväliin perustuvasta hakkuumenetelmästä. Aineisto jakaantuu likipitään puoleksi kesä- ja talviaineiston kesken. Hakkuukoneet jaettiin kolmeen kokoluokkaan seuraavasti: isot yleiskoneet, yleiskoneet ja harvennuskoneet.

Kaikki tutkimuksen hakkuukohteet olivat työnjäljeltään hyväksyttävää tasoa ja siten kelvollisia tuottavuustutkimukseen. Tutkimusaineistosta poistettiin yhden hakkuukoneen kesäleimikot, koska ne olivat ennalta leimattuja eivätkä siksi vastanneet nykyistä käytäntöä.

## 2 TULOKSET

Puustovaurioiden määrä mitattiin vaurioituneiden puiden osuutena jäävästä puustosta erikseen runko- ja juurivaurioina. Juurivaurioksi luettiin vauriot rungon alueella kaatoleikkauksesta alaspäin metrin säteellä rungon ulkopinnasta. Jos runko tai juuri oli vaurioitunut useammasta kohdasta, laskettiin vaurioitunut pinta-ala yhteen. Vauriot luokiteltiin vaurioituneen pinta-alan mukaan kolmeen luokkaan: pienet vauriot (alle 30 cm<sup>2</sup>), lievät vauriot (31 - 100 cm<sup>2</sup>) ja vakavat vauriot (yli 100 cm<sup>2</sup>).

Vauriot mitattiin ympyräkoeloille osuneista rungoista. Kullekin leimikolle sijoitettiin linjoittaisella koealaotannalla vähintään 10 ympyräkoetalaa siten, että koealalinjojen etäisyys oli 20 metriä ja linjat kulki-  
vat kohtisuoraan ajourien suhteen. Joka toinen koeala sijaitti ajouran tuntumassa siten, että ajouran reuna muodosti koealan halkaisijan ja joka toinen ajourien puolella välissä. Ympyräkoetalan koko oli 50 m<sup>2</sup>.

Jäävän puuston tiheys mitattiin koealoilta lukemalla niille osuneet rungot. Rungon viimeisen katkaisun läpimitta mitattiin niistä latvuksista, joiden tyvi sattui ympyräkoealoille.

Ajouraleveys mitattiin siten, että koeala-otannan linjan ja ajouran reunaviivan leikkauskohdasta molempiin suuntiin viiden metrin matkalta valittiin lähinnä ajouraa oleva runko. Näiden runkojen ja ajouran keskipisteen välinen etäisyys mitattiin. Mitatut etäisyydet laskettiin yhteen ja näin saatiin 10 metrin ajourakaistaa edustava ajouraleveys. Ajouran leveyttä ei mitattu, jos mittauskohta sattui luontaiseen aukkoon. Ajouraväli mitattiin koealaotannan linjoilta ajourien keskipisteiden kohtisuorana etäisyytenä.

## **2.1 Ajouraväli 20 metriä**

Tutkimusaineisto 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä oli 10 hakkuukonetta ja 60 leimikkoa (taulukko 1). Hakkuukoneista isoja yleiskoneita oli kolme, yleiskoneita viisi ja harvennuskoneita kaksi. Hakkuukoneen kokoluokkien välinen vertailu on herkkä yksittäisen hakkuukoneen työjäljen suhteen. Yksikin hakkuujäljeltään poikkeuksellisen hyvä tai huono leimikko vaikuttaa oleellisesti tuloksiin. Tutkimusleimikoista oli ensiharvennuksia 28 ja muita harvennuksia 32. Hakkuutapojen välisessä vertailussa yhden poikkeavan leimikon vaikutus on vähäinen.

### **2.1.1 Runkovauriot**

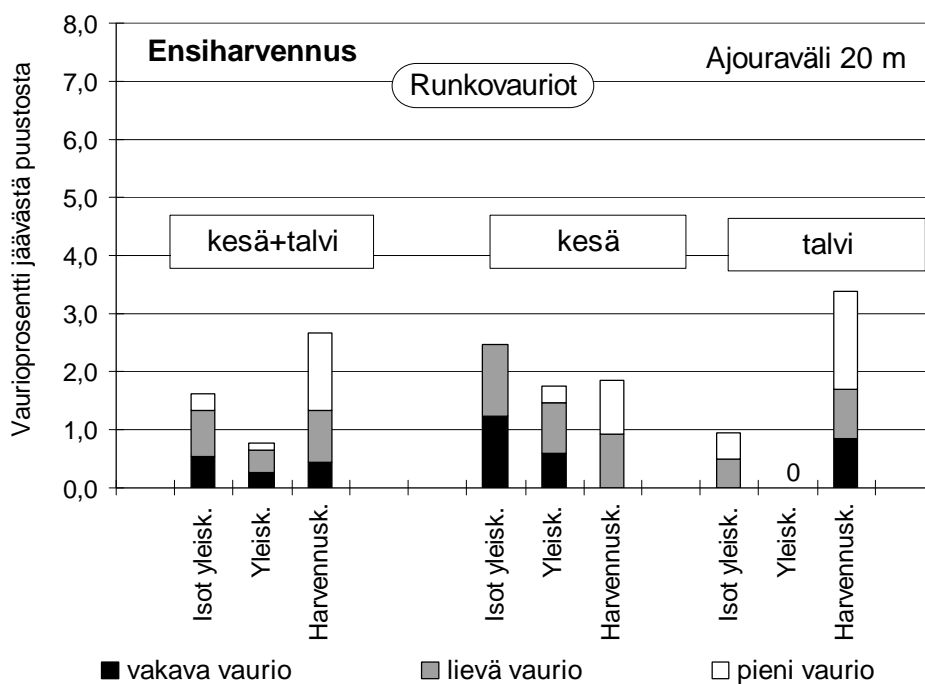
Koko aineistossa - ensi- ja muu harvennus, kaikki hakkuukoneiden kokoluokat - runkovaurioprocentti oli 1,4 (taulukko 1). Kesäkauden runkovaurioprocentti oli 1,9 ja talvikauden 0,9. Otantaan osui kaikkiaan 2594 runkoa.

Ensi- ja muun harvennuksen runkovaurioissa ei ollut eroja (kuvat 1a ja 1b). Valtaosa vaurioista oli lieviä tai pieniä.

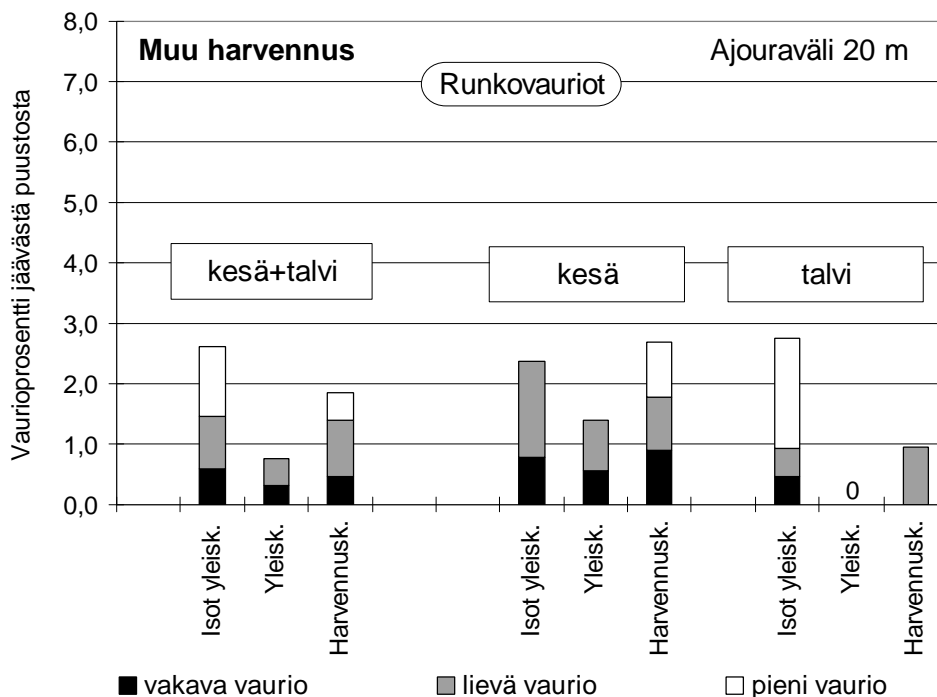
Yleiskoneiden runkovaurioprocentti oli molemmissa harvennuksissa selvästi alhaisin. Ensiharvennuksessa harvennuskoneet ja muussa harvennuksessa isot yleiskoneet aiheuttivat eniten vaurioita.

TAULUKKO 1 Runkovaurioiden esiintyminen 20 metrin ajouravä-  
liin  
perustuvassa hakkuumenetelmässä

	Koneita, kpl	Leimikoita, kpl	Koealoilla			Vaurio-% jäävistä puustosta	
			jääviä puita, kpl	vaurioita, kpl			
				vakava	pieni	lievä	
<b>Ensiharvennus</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	2	8	372	1	3	2	1,6
Yleiskoneet	5	16	781	1	3	2	0,8
Harvennuskoneet	2	4	226	3	2	1	2,7
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>1 379</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1,3</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	4	163	0	2	2	2,5
Yleiskoneet	5	7	342	1	3	2	1,8
Harvennuskoneet	2	3	108	1	1	0	1,9
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>613</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2,0</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	4	209	1	1	0	1,0
Yleiskoneet	5	9	439	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	1	118	2	1	1	3,4
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>766</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>
<b>Muu harvennus</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	3	9	344	4	3	2	2,6
Yleiskoneet	5	18	655	0	3	2	0,8
Harvennuskoneet	2	5	216	1	2	1	1,9
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>1 215</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1,5</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	4	127	0	2	1	2,4
Yleiskoneet	5	11	362	0	3	2	1,4
Harvennuskoneet	2	3	112	1	1	1	2,7
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>601</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>1,8</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	5	217	4	1	1	2,8
Yleiskoneet	5	7	293	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	2	2	104	0	1	0	1,0
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>614</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1,1</b>
<b>Harvennukset yhdessä</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	3	17	716	5	6	4	2,1
Yleiskoneet	5	34	1 436	1	6	4	0,8
Harvennuskoneet	2	9	442	4	4	2	2,3
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>2 594</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>1,4</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	8	290	0	4	3	2,4
Yleiskoneet	5	18	704	1	6	4	1,6
Harvennuskoneet	2	6	220	2	2	1	2,3
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>32</b>	<b>1 214</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>1,9</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	9	426	5	2	1	1,9
Yleiskoneet	5	16	732	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	2	3	222	2	2	1	2,3
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>1 380</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0,9</b>



**Kuva 1a.** Runkovaurioiden osuus ensiharvennuksessa 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä



**Kuva 1b.** Runkovaurioiden osuus muussa harvennuksessa

20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmäsä



### 2.1.2 Juurivauriot

Koko aineistossa - ensi- ja muu harvennus, kaikki hakkuukoneiden kokoluokat - juurivaurioprocentti oli 0,9 (taulukko 2). Kesäkauden juurivaurioprocentti oli 2,0 ja talvikauden 0,0.

Muussa harvennuksessa juurivaurioprocentti oli ensiharvennusta korkeampi (kuvat 2a ja 2b). Ensiharvennuksessa noin puolet ja muussa harvennuksessa noin kolmannes vaurioista oli vakavia.

Yleiskoneiden juurivaurioprocentti oli molemmissa harvennuksissa koneryhmistä alhaisin, eivätkä koneet aiheuttaneet lainkaan vakavia vaurioita. Muussa harvennuksessa isot yleiskoneet aiheuttivat eniten juurivaurioita.

Yksi kesäkauden tutkimusleimikko poikkesi merkittävästi yleisestä linjasta korkealla juurivaurioprocentillaan. Tämä leimikko vaikuttaa muun harvennuksen ja erityisesti isojen yleiskoneiden ryhmäkohtaiseen juurivaurioprocenttiin.

### 2.1.3 Jäävän puuston vyöhykkeittäinen tiheys

Jäävän puuston tiheyttä tarkasteltiin vyöhykkeittäin ajourien välisessä puustossa sekä koko leimikon alueella siten, että ajouran pinta-ala otettiin huomioon reunavyöhykkeessä. Reunavyöhykkeellä tarkoitetaan ajouran reunaan rajoittuvaa neljän metrin levyistä vyöhykettä. Keskivyöhykkeellä tarkoitetaan kahden reunavyöhykkeen väliin jäävää kahdeksan metrin levyistä vyöhykettä.

Ajourien pinta-ala on noin 20 %, keski- ja reunavyöhykkeiden molempien noin 40 % leimikon pinta-alasta. Koealaotanta edustaa pinta-alallisesti noin puolta keskivyöhykkeestä ja noin neljänneistä ajouran reunavyöhykkeestä.

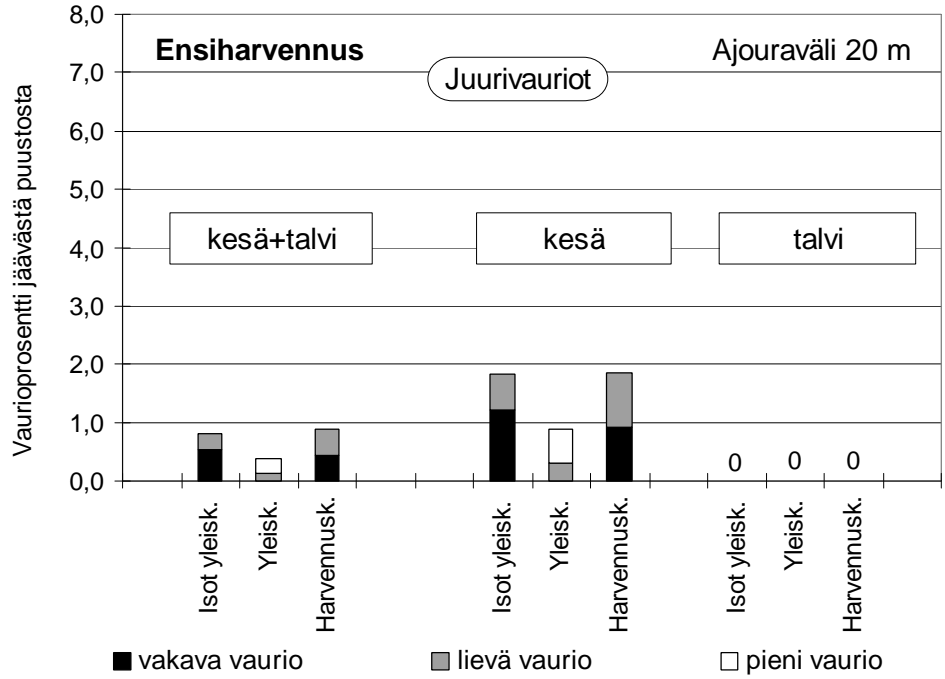
Kun tarkasteltiin ajourien välistä puustoa ensiharvennuksessa, oli ajouran reunavyöhykkeen jäävä puusto kaikissa tapauksissa keskivyöhykkeen puustoa tiheämpää (kuva 3). Harvennuskoneilla tiheyden ero oli merkittävä. Muussa harvennuksessa tiheyden ero oli merkittävä kaikissa tapauksissa.

Kun ensiharvennuksessa ajourien pinta-ala otettiin huomioon ajouran reunavyöhykkeen tiheyttä laskettaessa, oli reunavyöhyke silloin keskivyöhykettä harvempaa. Harvennuskoneet kompensoivat ajoura-aukon vaikutusta jäävän puuston tiheyteen jättämällä ajouran reunavyöhykkeen muuta leimikkoa selvästi tiheämmäksi. Isot yleiskoneet ja yleis-

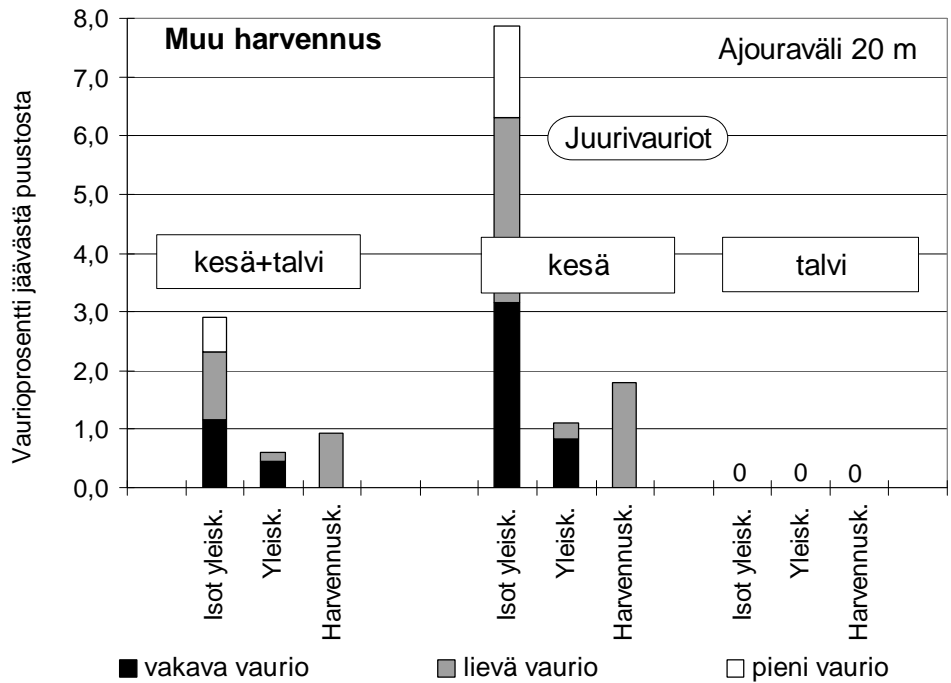
koneet hakkasivat ajouran reunavyöhykkeen leimikon kokonaistiheyttä harvennaksi ja keskivyöhykkeen sitä tiheämmäksi.

TAULUKKO 2 Juurivaurioiden esiintyminen 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

	Koneita, kpl	Leimikoita, kpl	Koealoilla			Vaurio-% jäävistä puustosta	
			jääviä puita, kpl	vaurioita, kpl			
				vakava	pieni		lievä
<b>Ensiharvennus</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	2	8	372	0	1	2	0,8
Yleiskoneet	5	16	781	2	1	0	0,4
Harvennuskoneet	2	4	226	0	1	1	0,9
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>28</b>	<b>1 379</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0,6</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	4	163	0	1	2	1,8
Yleiskoneet	5	7	342	2	1	0	0,9
Harvennuskoneet	2	3	108	0	1	1	1,9
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>613</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1,3</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	4	209	0	0	0	0,0
Yleiskoneet	5	9	439	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	1	118	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>766</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Muu harvennus</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	3	9	344	2	4	4	2,9
Yleiskoneet	5	18	655	0	1	3	0,6
Harvennuskoneet	2	5	216	0	2	0	0,9
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>32</b>	<b>1 215</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>1,3</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	4	127	2	4	4	7,9
Yleiskoneet	5	11	362	0	1	3	1,1
Harvennuskoneet	2	3	112	0	2	0	1,8
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>601</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2,7</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	5	217	0	0	0	0,0
Yleiskoneet	5	7	293	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	2	2	104	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>614</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Harvennukset yhdessä</b>							
kesä+talvi							
Isot yleiskoneet	3	17	716	2	5	6	1,8
Yleiskoneet	5	34	1 436	2	2	3	0,5
Harvennuskoneet	2	9	442	0	3	1	0,9
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>60</b>	<b>2 594</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0,9</b>
kesä							
Isot yleiskoneet	2	8	290	2	5	6	4,5
Yleiskoneet	5	18	704	2	2	3	1,0
Harvennuskoneet	2	6	220	0	3	1	1,8
<b>Yhteensä</b>	<b>9</b>	<b>32</b>	<b>1 214</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>2,0</b>
talvi							
Isot yleiskoneet	3	9	426	0	0	0	0,0
Yleiskoneet	5	16	732	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	2	3	222	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	<b>1 380</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>



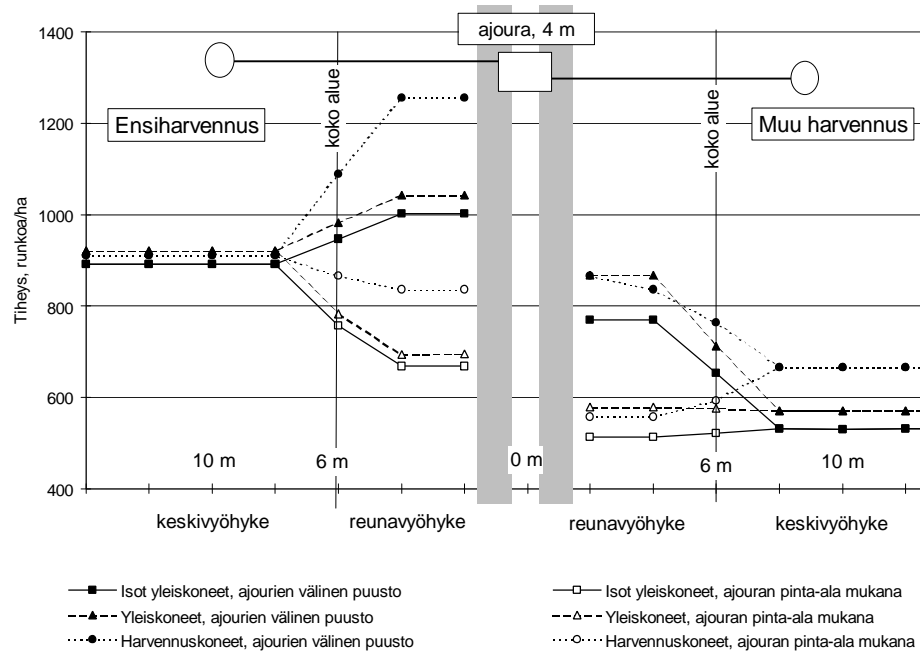
**Kuva 2a.** Juurivaurioiden osuus ensiharvennuksessa 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä



**Kuva 2b.** Juurivaurioiden osuus muussa harvennuksessa

20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

Muussa harvennuksessa kaikissa tapauksissa ajoura-aukon vaikutus jäävän puuston tiheyteen kompensoitiin jättämällä ajouran reunavyöhykkeen puusto vastaavasti tiheimmäksi. Kun ajoura-aukon vaikutus otettiin huomioon ajouran reunavyöhykkeen jäävän puuston tiheydessä, oli koko leimikon jäävän puuston tiheys tasainen.

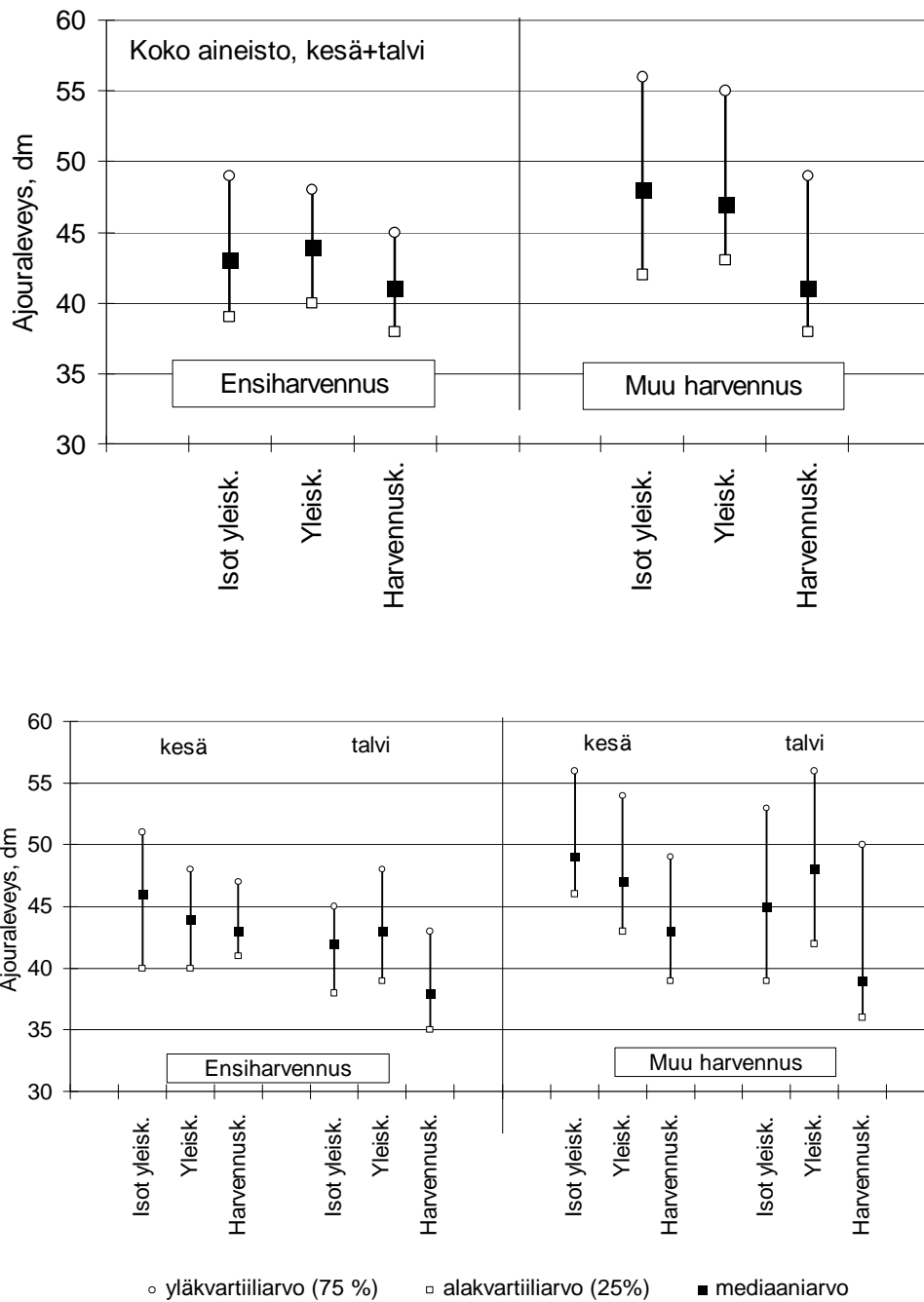


**Kuva 3.** Jäävän puuston tiheys ajouran reuna- ja keskivyöhykkeessä. Kun ajouran pinta-ala on tarkastelussa mukana, se sisältyy ajouran reunavyöhykkeeseen

#### 2.1.4 Ajouraleveys

Ajouraleveys oli isoilla yleiskoneilla ja yleiskoneilla selvästi leveämpi muussa harvennuksessa kuin ensiharvennuksessa (kuva 4). Harvennuskoneilla ajouraleveys oli sama molemmissa hakkuutavoissa.

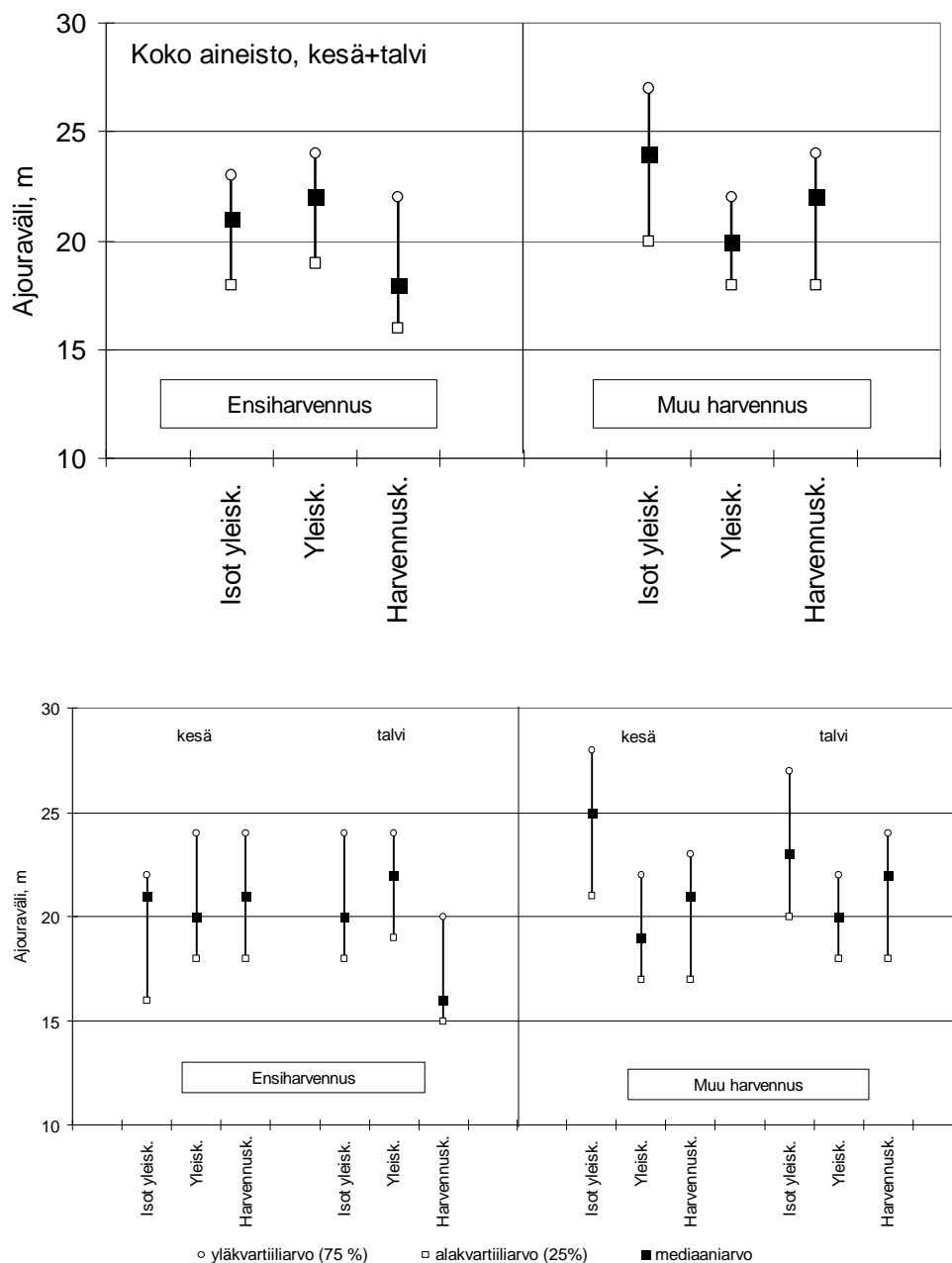
Ajourat kapenivat sekä ensi- että muussa harvennuksessa koneen kokoluokan pienentyessä. Harvennuskoneet tekivät muita koneryhmiä kapeampia ajouria.



**Kuva 4.** Ajouraleveys ensi- ja muussa harvennuksessa 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

## 2.1.5 Ajouraväli

Kaikissa hakkuukoneiden kokoluokissa pysyttiin hakkuutavoittain hyvin annetussa ajouravälin tavoitteessa sekä kesä- että talvikautena (kuva 5).



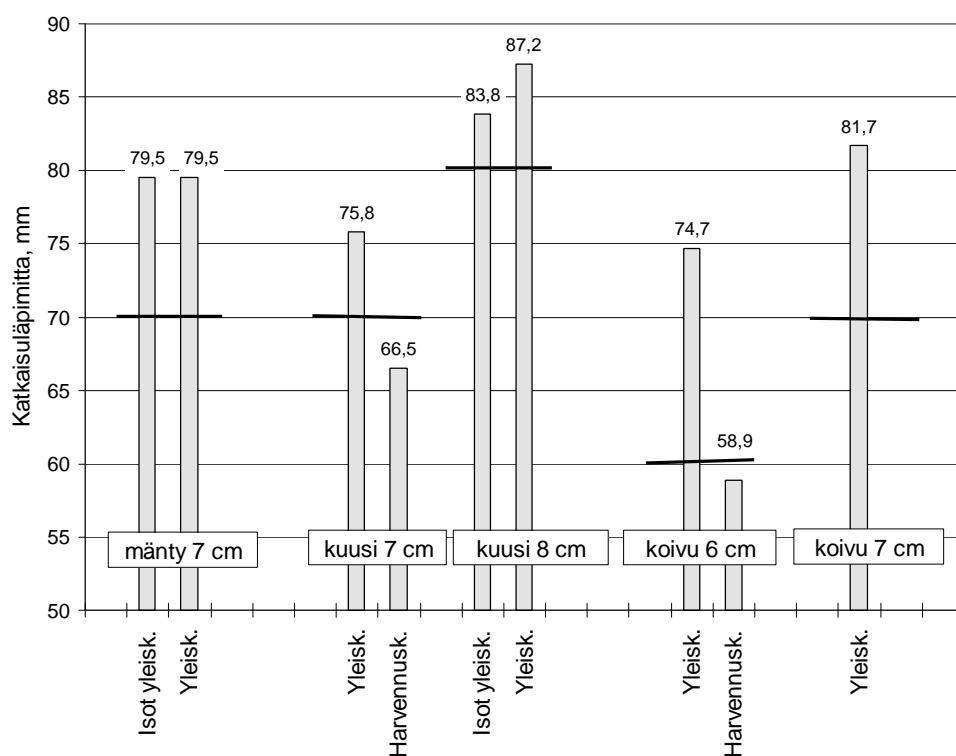
**Kuva 5.** Ajouraväli ensi- ja muussa harvennuksessa 20 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä





## 2.1.6 Viimeisen katkaisun läpimitta

Rungon viimeisen katkaisun läpimitta vastasi kohtuullisen hyvin annettua tavoiteläpimittaa (kuva 6). Katkaisuläpimitta oli keskimäärin noin yhden senttimetrin suurempi kuin minimiläpimitta. Harvennuskoneilla viimeisen katkaisun keskimääräinen läpimitta oli pienempi kuin suuremmilla koneilla.



**Kuva 6.** Rungon viimeisen katkaisun keskimääräinen läpimitta

## **2.2 Ajouraväli 30 metriä**

Hakkuumenetelmässä, joka perustui 30 metrin ajouraväliin, tutkimusaineisto oli pieni koostuen kahdesta hakkuukoneesta ja yhdeksästä leimikosta (taulukko 3). Hakkuukoneista toinen oli yleis- ja toinen harvennuskone. Tutkimusleimikoista oli ensiharvennuksia neljä ja muita harvennuksia viisi.

### **2.2.1 Runkovauriot**

Koko aineistossa runkovaurioprosentti oli 1,3 (taulukko 3). Kesäkauden runkovaurioprosentti oli 2,6 ja talvikauden 0,0. Otantaan osui kaikkiaan 457 runkoa.

Runkovaurioiden määrä näyttäisi olevan ensiharvennuksissa selvästi suurempi kuin muissa harvennuksissa (kuvat 7a ja 7b). Vakavia vaurioita ei ollut lainkaan.

Ensiharvennuksessa koneiden kesken ei näyttänyt olevan runkovaurioissa eroja. Muussa harvennuksessa harvennuskone ei aiheuttanut lainkaan runkovaurioita.

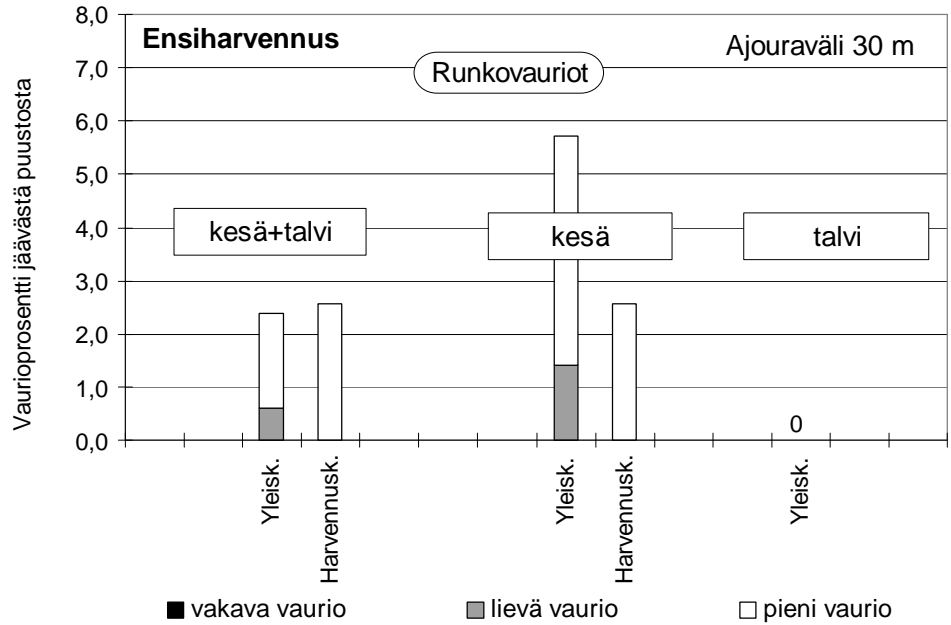
### **2.2.2 Juurivauriot**

Koko aineistossa juurivaurioprosentti oli 0,2 (taulukko 4). Kesäkauden juurivaurioprosentti oli 0,4 ja talvikauden 0,0.

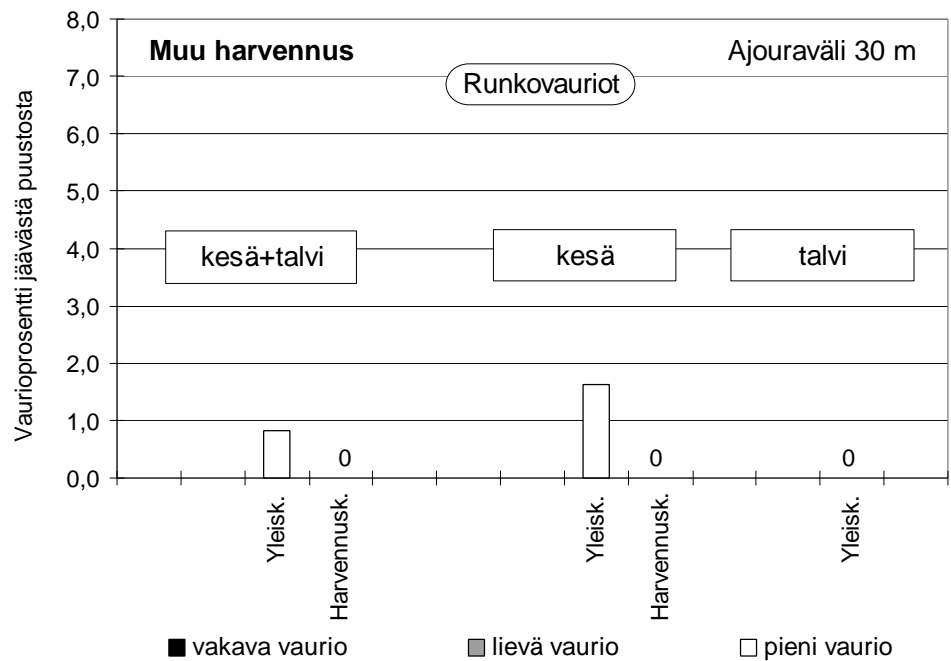
Ensiharvennuksessa niin yleis- kuin harvennuskoneellakaan ei syntynyt lainkaan juurivaurioita (kuvat 8a ja 8b). Harvennuskone ei aiheuttanut juurivaurioita myöskään muussa harvennuksessa.

TAULUKKO 3 Runkovaurioiden esiintyminen 30 metrin ajouravä-  
liin  
perustuvassa hakkuumenetelmässä

	Koneita, kpl	Leimikoita, kpl	Koealoilla			Vaurio-% jäävästä puustosta	
			jääviä puita, kpl	vaurioita, kpl			
				vakava	pieni	lievä	
<b>Ensiharvennus</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	3	167	3	1	0	2,4
Harvennuskoneet	1	1	39	1	0	0	2,6
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>206</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2,4</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	1	70	3	1	0	5,7
Harvennuskoneet	1	1	39	1	0	0	2,6
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>109</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4,6</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	2	97	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet							
<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>97</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Muu harvennus</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	2	120	1	0	0	0,8
Harvennuskoneet	1	3	131	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>251</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,4</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	1	61	1	0	0	1,6
Harvennuskoneet	1	1	57	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>118</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,8</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	1	59	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	2	74	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>133</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Harvennukset yhdessä</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	5	287	4	1	0	1,7
Harvennuskoneet	1	4	170	1	0	0	0,6
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>457</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1,3</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	2	131	4	1	0	3,8
Harvennuskoneet	1	2	96	1	0	0	1,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>227</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2,6</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	3	156	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	2	74	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>230</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>



**Kuva 7a.** Runkovaurioiden osuus ensiharvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

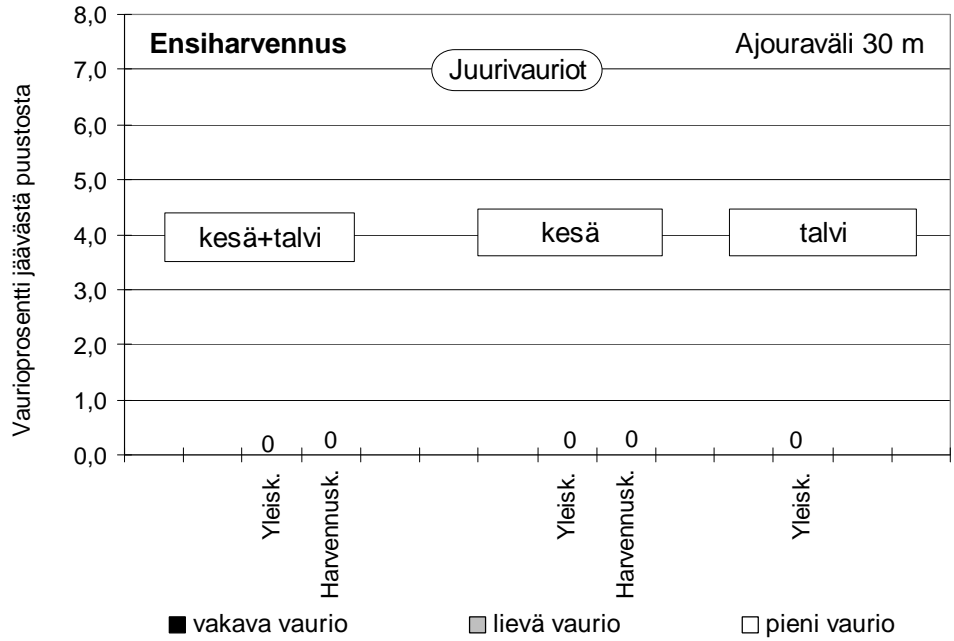


**Kuva 7b.** Runkovaurioiden osuus muussa harvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

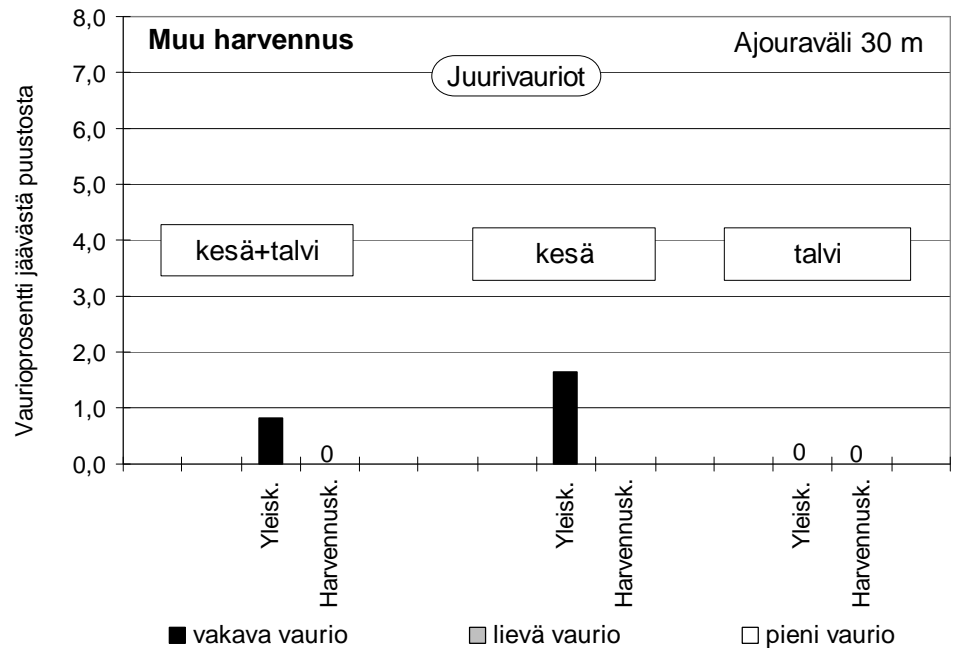


TAULUKKO 4 Juurivaurioiden esiintyminen 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

	Koneita, kpl	Leimikoita, kpl	Koealoilla			Vaurio-% jäävistä puustosta	
			jääviä puita, kpl	vaurioita, kpl			
				vakava	pieni		lievä
<b>Ensiharvennus</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	3	167	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	1	39	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>206</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	1	70	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	1	39	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>109</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	2	97	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet				0	0	0	
<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>97</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Muu harvennus</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	2	120	0	0	1	0,8
Harvennuskoneet	1	3	131	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>251</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	1	61	0	0	1	1,6
Harvennuskoneet	1	1	57	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>118</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,8</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	1	59	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	2	74	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>133</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
<b>Harvennukset yhdessä</b>							
kesä+talvi							
Yleiskoneet	1	5	287	0	0	1	0,3
Harvennuskoneet	1	4	170	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>457</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>
kesä							
Yleiskoneet	1	2	131	0	0	1	0,8
Harvennuskoneet	1	2	96	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>227</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0,4</b>
talvi							
Yleiskoneet	1	3	156	0	0	0	0,0
Harvennuskoneet	1	2	74	0	0	0	0,0
<b>Yhteensä</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>230</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>



**Kuva 8a.** Juurivaurioiden osuus ensiharvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

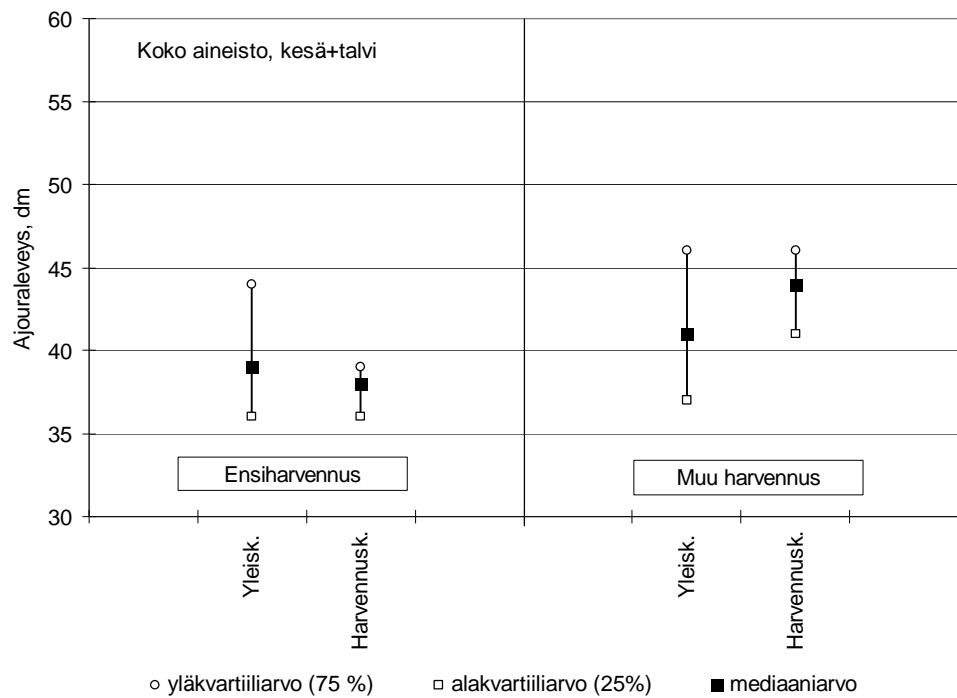


**Kuva 8b.** Juurivaurioiden osuus muussa harvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä



### 2.2.3 Ajouraleveys

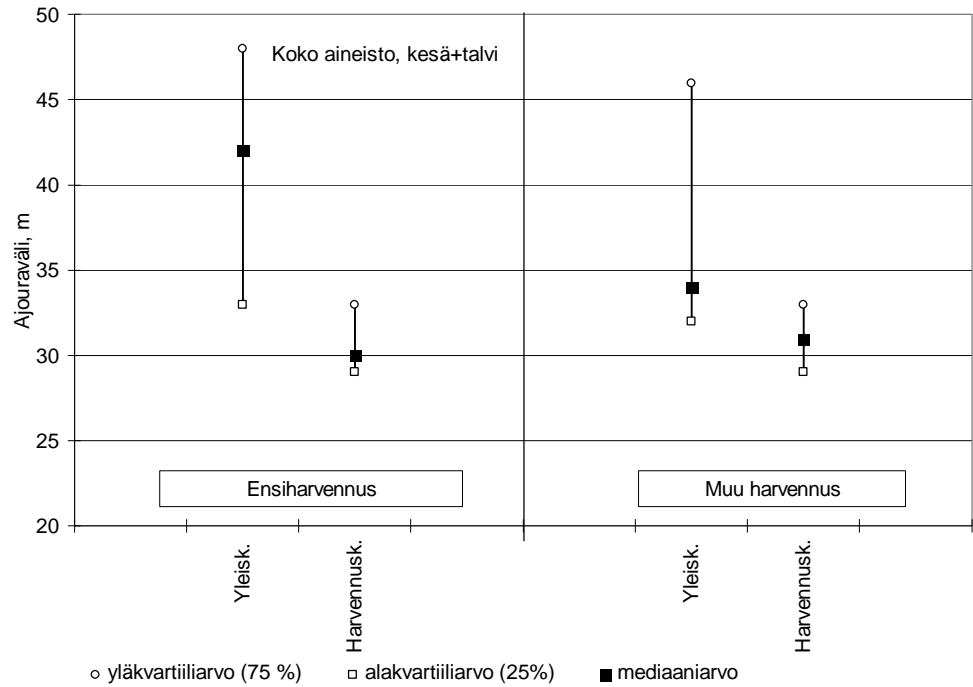
Ajouraleveys oli harvennus- ja yleiskoneella selvästi kapeampi ensimmäisessä kuin muussa harvennuksessa (kuva 9). Ensimmäisessä harvennuksessa ajouraleveys oli likipitään sama molemmilla koneilla. Muussa harvennuksessa yleiskone teki harvennuskonetta kapeampaa ajouraa.



**Kuva 9.** Ajouraleveys ensi- ja muussa harvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

## 2.2.4 Ajouraväli

Harvennuskone teki tavoitteen mukaista ajouraväliä (kuva 10). Yleiskone teki ensimmäisessä harvennuksessa kahtakin hakkuu-uraa, ja ajouraväli oli yli 40 metriä. Muussa harvennuksessa ajouraväli oli reilusti yli 30 metriä.



**Kuva 10.** Ajouraväli ensi- ja muussa harvennuksessa 30 metrin ajouraväliin perustuvassa hakkuumenetelmässä

### 3 TARKASTELU

Tässä raportissa tarkasteltiin koneellisen harvennushakkuun vaurioita tuottavuustutkimuksen (Metsätehon raportti 8) tukena. Kyseessä ei ole varsinainen hakkuujäljen tutkimus. Tarkastelu antaa kuitenkin viitteitä yleisestikin koneellisen harvennushakkuun työnjäljen tasosta, sillä aineisto on mittava ja myös hakkuujälki mitattiin perusteellisesti.

Kesäkautisen koneellisen harvennushakkuun jälkeen noin kaksi prosenttia jäävästä puustosta oli kolhiintunut siten, että kuori oli irronnut puusta. Kolhaisut olivat kuitenkin valtaosin hyvin lieviä ja pinta-alaltaan pieniä. Runkovauriotasoa voitaneen pitää kohtuullisena, sillä puolet aineistosta oli ensiharvennusta.

Jäävän puuston vyöhykkeittäisen tiheyden tarkastelun mukaan koneellisessa harvennushakkuussa ei hakata ajourien reunavyöhykettä muuta alueen puustoa voimallisemmin. Samoin itse ajourat eivät olleet merkittävästi neljän metrin tavoiteleveyttä leveämpiä.

On muistettava, että hakkuun korjuujäljestä huolehtiminen on vasta asian toinen puoli. Lopullista niin koneellisen kuin miestyön korjuun työnjälkeä voidaan tarkastella vasta lähikuljetuksen jälkeen. Vaurioiden syntymisen riski kasvaa harvennuksessa, jos samanaikaisesti pyritään hyvin kapeaan ajouraan ja tiheään ajouran reunapuustoon. Tämä selittänee harvennuskoneiden yleiskoneita suuremman runkovaurioiden osuuden ensiharvennuksissa.

Erikokoisilla hakkuukoneilla voidaan päästä hyvään hakkuujälkeen harvennuksissa. Hakkuun ajoitus ja kuljettajan ammattitaito vaikuttavat ratkaisevasti vaurioiden määrään.