



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1990

756

Antti Isomäki & Pentti Niemistö

AJOURIEN VAIKUTUS PUUSTON KASVUUN ETELÄ-SUOMEN  
NUORISSA KUUSIKOISSA

Effect of strip roads on the growth and yield of  
young spruce stands in southern Finland



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
*Address:* SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 857 051  
*Phone:*

Telex: 121286 metla sf  
*Telefax:* (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallista ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research and field stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*



# FOLIA FORESTALIA 756

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Antti Isomäki & Pentti Niemistö

## AJOURIEN VAIKUTUS PUUSTON KASVUUN ETELÄ-SUOMEN NUORISSA KUUSIKOISSA

Effect of strip roads on the growth and yield of  
young spruce stands in southern Finland

*Approved on 13.7.1990*

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO .....	4
3. HARVENNUKSEN JA AJOURAN AVAAMISEN VAIKUTUKSET PUUSTOON .....	8
31. Puusto ennen harvennusta .....	8
32. Puusto harvennuksen jälkeen .....	9
33. Ajouran reunapuusto .....	11
4. AJOURAN LEVEYS .....	11
41. Yleistä .....	11
42. Korjuutekniset leveyskäsitteet .....	12
421. Tavoiteleveys .....	12
422. Ulkoleveys .....	13
43. Puuntuotannolliset leveyskäsitteet .....	14
431. Puustoleveys .....	14
432. Sisäleveys .....	14
5. AJOURAN VAIKUTUS REUNAPUIDEN KEHITYKSEEN .....	15
51. Paksuuskasvu .....	15
52. Pituuskasvu ja runkokuodon kehitys .....	18
6. AJOURA-AUKON AIHEUTTAMA KASVUTAPPIO .....	20
61. Kasvutappion arviointimenetelmät .....	20
62. Ajoura- ja vertailuvyöhykkeen suora vertailu (menetelmä 1) .....	20
63. Ajoura- ja vertailuvyöhykkeen kasvumuutoksiin perustuva arvio (menetelmä 2) .....	21
64. Harvennusvalinnan ja puukohtaisen kasvun simulointeihin perustuva arvio (menetelmä 3) .....	21
65. Ajoura-aukon ja reunavyöhykkeen pinta-alaosuusien tarkasteluun perustuva arvio (menetelmä 4) .....	22
66. Ajoura-aukon ja reunavyöhykkeen puusto-osuuksien tarkasteluun perustuva arvio (menetelmä 5) .....	25
67. Ajourien aiheuttaman kasvutappion määrään vaikuttavat lisätekijät .....	25
671. Reunapuuston harvennusaste .....	25
672. Ajouran leveys .....	27
673. Metsikön lannoitus .....	28
674. Hakkuutehteiden vaikutus reunapuustoon .....	29
68. Menetelmien arviointi .....	29
7. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	35



Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland. *Folia Forestalia* 756. 36 p.

Tutkimuksella selvitettiin tavanomaisten ajourien vaikutuksia ensiharvennuskuusikoiden runkokuun tuotokseen. Aineisto käsitti 20 eteläsuomalaista hyväkasvuista kuusikkoa, joihin oli avattu harvennusten yhteydessä ajourat 6–11 vuotta ennen mittauksia. Koalojen yhteispinta-ala oli 17 735 m<sup>2</sup> ja tutkimuksen kohteena olleiden ajourien kokonaispituus 773 m. Sädekasvuanalyysit tehtiin jokaisesta koaloilla esiintyneestä 1734 puusta. Kaatokoeputia näistä oli 420 kpl.

Ajourien leveyden määrittämiseksi kehitettiin neljä leveyskäsitettä: ajouran tavoiteleveys, ulkoleveys, puustoleveys ja sisäleveys. Kaksi ensiksi mainittua ilmentävät ajouran korjuuteknistä leveyttä ja jälkimmäiset puuntuotannollista leveyttä. Korjuukoneiden tilantarpeesta johdettu tavoiteleveys sai määritystavasta riippuen tutkimusaineistossa keskiarvokseen 3,4 tai 4,3 m. Ajouran ulkoleveydellä tarkoitettiin reunapuiden rajoittaman ja korjuukoneiden käytettävissä olevan koko ajouratilan keskileveyttä. Tutkimusaineistossa sen keskiarvoksi saatiin 5,1 m. Ajouran takia poistetusta puustosta laskettu puustoleveys oli keskimäärin 2,5 m ja reunapuiden kasvutilan huomioon ottava ajouran sisäleveys laskentatavasta riippuen 1,6–2,8 m. Vain puolet reunapuiden rajoittamasta eli ulkoleveyden mukaisesta ajouratilasta arvioitiin jääneen harvennuksen jälkeen puuntuotannollisesti vajaakäyttöön.

Ajouran aiheuttama kasvun lisäys reunapuustossa eli ns. reunavaikutus ulottui korkeintaan kolmen metrin etäisyydelle ajouran reunasta. Reunapuilla paksuuskasvun lisäys alkoi heti ja saavutti korkeimman tasonsa, 25 %, viidenteen kasvukauteen mennessä. Tämä etumatka säilyi kymmenen vuoden tarkastelujakson loppuun saakka. Useissa koemetsikoissä myös reunapuiden takana sijaitsevilla taustapuissa oli havaittavissa lievää kasvun lisääntymistä. Reunavaikutus on saattanut korostua ajourille ja niiden lähiympäristöön keskitettyjen hakkuutähteiden vuoksi. Niiden mahdollista lannoitusvaikutusta ei voitu tutkimuksessa erikseen tarkastella.

Ajourien aiheuttamaksi kokonaiskasvutappioksi arvioitiin muodostuvan koemetsiköitä vastaavissa, eteläsuomalaisissa, hyvin hoidetuissa kuusikoissa noin 10 m<sup>3</sup>/ha. Tällaiseen tuotostappioon on varauduttava, jos 4 m leveät ajourat avataan 30 m välein ja jos ajourien reunapuusto ei vaurioidu eikä sitä käsitellä poikkeuksellisella tavalla.

The aim of this study was to investigate the effects of average strip roads on the growth and yield of Norway spruce stands after the first thinning. The study material consisted of 20 well-growing spruce stands from Southern Finland, with thinning and the opening of strip roads 6–11 years before measurements. The total area of the sample plots was 17 735 m<sup>2</sup> and the total length of the investigated strip roads was 773 m. The analysis of radial increment was made for each sample-plot-tree (n = 1734). The number of felled sample trees was 420.

To determine the width of the strip roads, four concepts of width were created. The notion of external 'outside width' meant the average width of the strip road restricted by edge trees. This was considered to represent the strip road available for transport and logging machines. The abstraction 'target width' was considered to approximate the minimum space necessary required for machines. In the study material the mean value of the outside width was 5.1 m and the target width slightly less than 4 metres. The remaining two concepts were considered to represent the internal 'production width' of a strip road. Their average share of the outside width was only about 50 per cent.

The strip roads constructed at the standard distance of 30 metres and available for forwarders of medium size represented 17 per cent of the total area of the stand. Thus, only 8 per cent of the total area of the stand was estimated to remain nonproductive.

The edge trees of the strip roads showed a reaction resulting from asymmetrically increased growing space even during the first growing season after thinning. The additional growth of the edge trees reached its maximum, about 25 per cent, by the fifth growing season and continued at the same level still 10 years after thinning. In several stands, the effects of strip roads were notable also in the 'second edge trees' i.e. the trees growing behind but at less than three metres' distance from the actual edge trees bordering the strip road. Further into the forest the effects of strip roads were not observable.

The total production loss caused by the strip roads in the Norway spruce stands was estimated to be approximately 10 m<sup>3</sup>/hectare during a period of 15 years. The 4 metres wide strip roads are supposed to be opened at a standard distance of 30 metres. In addition, it is assumed that the remaining edge stands are even and without injuries nor any other special treatments.

Keywords: thinnings, strip roads, edge effects, Norway spruce, yield losses.  
ODC 181.65+383.2.

Correspondence: *Isomäki*: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Inventory and Yield, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland. *Niemistö*: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, SF-91500 Muhos, Finland.

ISBN 951-40-1114-7

ISSN 0015-5543

Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus



# 1. Johdanto

Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunta on tutkinut vuodesta 1975 lähtien ajourien leveyden ja ajouratiheyden vaikutuksia puuntuotoksen määrään ja laatuun. Tutkimuksen käytännöllisenä tavoitteena on selvittää ajourien *puuntuotannollinen hinta*. Perustettujen kokeiden ja muiden aineistojen avulla etsitään vastauksia mm. seuraaviin osakysymyksiin:

1. Kuinka paljon joudutaan ajourien avaamiseksi poistamaan kasvatuskelpoista puustoa eri olosuhteissa eli miten suuri on ns. systemaattisen harvennuksen osuus metsikön pinta-alasta ja puustosta?
2. Missä puu- ja puustokohtaisissa tunnuksissa on havaittavissa ajourakäytävien aiheuttamaa reunavaikutusta?
3. Miten nopeasti käytävän avaamisen jälkeen em. reunavaikutus on havaittavissa ja miten kauan se kestää eri olosuhteissa?
4. Miten voimakkaana ja miten etäälle käytävästä reunavaikutus ulottuu?
5. Aiheuttaako käytävä reunapuiden runkomuotoon senasteisia muutoksia, että niillä olisi vaikutusta puun käyttöarvoon?

Ajourien puuntuotannollisten vaikutusten arvioimiseksi Metsäntutkimuslaitos on käynnistänyt kolme osatutkimusta:

1. Vuosina 1975—78 perustettiin eri puolille Etelä-Suomea seitsemän käytäväharvennuskoetta, joiden avulla pyritään selvittämään ajouria muistuttavien linjamaisten käytävien puuntuotannolliset vaikutukset. Avaamalla käytävät linjamaisesti on saatu tutkimuksen kannalta se hyöty, että käytävän leveys samoin kuin sen avaamiseksi poistettu puusto pystytään määrittämään yksiselitteisesti ja näin ollen myös poistettujen puiden mukana menetetty kasvu voidaan arvioida verraten tarkasti. Aineisto ja tutkimuksen lähtötilanne on kuvattu Folia Forestalia-sarjan julkaisussa 450: Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon ja harvennuskertymään (Isomäki & Väisänen 1980).
2. Samaa tarkoitusta varten on kerätty 14 tilapäiskoealaa sisältävä aineisto ajouria huomatta-

vasti leveämpien sähkö- ja puhelinlinjojen reuna- puustoista. Leveytensä ja suorutensa lisäksi tämän aineiston käytävät eroavat aidoista ajourista myös siinä, ettei niitä avattaessa reunametsiä yleensä ollut harvennettu eikä aiheutettu vaurioita sen enempää maaperään kuin puustoonkaan. Tällä perusselvityksellä pyrittiin saamaan yleiskuva linjamaisten käytävien aiheuttaman reuna- vaikutuksen puukohtaisesta voimakkuudesta, sen alueellisesta ulottuvuudesta ja ajallisesta kestosta erilaisissa metsikköolosuhteissa. Tulokset on raportoitu Folia Forestalia-sarjan julkaisussa 678: Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen (Isomäki 1986).

3. Yhdessä Ruotsin Maatalousyliopiston (SLU) kanssa kerättiin 1980-luvun alussa tilapäiskoealoihin perustuva aineisto, joka rajoittui nuoriin kuusikoihin. Koealoilla tutkittiin noin 10 v vanhojen todellisten ajourien vaikutusta ympäröivään puustoon. Suomen osalta tämä aineisto sisältää 20 Etelä-Suomesta mitattua koealaa. Ruotsissa ja Suomessa kerätyt aineistot yhdistetään ja analysoidaan SLU:ssa Uumajassa.

Nyt esiteltävä tutkimus perustuu viimeksi mainittuun, Etelä-Suomen alueelta kerättyyn kuusikkoaineistoon. Tutkimus on rahoitettu osittain yhteispohjoismaisena tutkimushankkeena, joka suunniteltiin jatkoksi Ruotsissa jo aikaisemmin järjestetylle vastaavalle määniköitä koskevalle ajouratutkimukselle (Andersson 1968, Bucht & Elfving 1977, Bucht 1981). Käsillä oleva selvitys on siis samanlaisesti osa laajempaa suomalaista ajouratutkimusta ja myös pohjoismaista, pelkätään kuusikoita koskevaa tutkimushanketta.

Ajourien tuotosvaikutukset muodostavat monitahoisien, vaikeasti selvitettävän ongelmakentän. Monet metsikkötekijät samoin kuin ajourien tiheys, leveys ja mutkaisuus vaikuttavat kukin omalla tavallaan tuotoksen määrään ja laatuun. Ajouriin liittyy yleensä myös korjuukoneiden aiheuttamia mekaanisia vaurioita puiden rungoissa ja juuristoissa sekä pintamaassa. Puuston ja maaperän vaurioitumiseen vaikuttavat edellä lueteltujen tekijöiden ohella korjuuolosuhteet, -menetelmät ja -koneet, työmaan suunnittelu sekä työntekijöiden ammattitaito ja huolellisuus. Näiden kaikkien osatekijöiden



samanaikainen selvittely empiirisen aineiston avulla ei ole tarkoituksenmukaista eikä edes mahdollistakaan. Tästä syystä ajourien puuntuotannollisia vaikutuksia koskeva selvitystyö on yleensä pilkottu erilliskysymyksiksi.

Puustovaurioiden syntymiseen, määrään ja laatuun ovat tutkimuksissaan paneutuneet Kärkkäinen (1969, 1970a ja b, 1973), Hanne-  
lius & Lillandt (1970), Sirén (1981, 1982, ja 1986) sekä Lilleberg (1984). Vaurioiden lahoja kasvuvaiikutuksia ovat puolestaan selvitelleet Hakkila & Laiho (1967), Nilsson & Hyppel (1968), Kardell & Pettersson (1971), Kardell & Nilsson (1986), Kärkkäinen (1971), Fries (1976) sekä Isomäki & Kallio (1984). Norjalainen Tørå (1978) sekä ruotsalainen Andersson (1980) ovat laatineet aiheeseen liittyneistä tutkimusraporteista kirjallisuuskatsaukset. Maaperän vaurioitumista eli lähinnä raiteen muodostusta ovat tutkineet mm. Björkhem ym. (1975), Wästerlund (1983) ja Sirén ym. (1987).

Ajourien avaamisen vaikutuksia puustoon ja erityisesti reunapuiden kasvuun ovat tutkineet mm. Kramer (1956), Bucht (1981), Eriksson (1982, 1987) ja Niemistö (1989). Samaan aihepiiriin kuuluvat myös systemaattisten harvennusten eli rivi- ja käytäväharvennusten tuotosvaikutukset, joita ovat selvittelleet erityisesti ruotsalaiset Andersson (1968), Bucht (1977), Bucht & Elfving (1977)

sekä Pettersson (1986). Myös Isomäen (1985, 1986) linjakäytävien reunavaikutusta käsittelevät tutkimukset koskevat tätä ajourien vaikutuksen keskeistä osakysymystä.

Nyt esiteltävässä tutkimuksessa tarkastellaan todellisten ajourien kokonaisvaikutuksia puuston tilajärjestykseen ja järeysrakenteeseen sekä puuston kasvuun ja tuotokseen. Tarkoituksena on selvittää ajourien aiheuttamat kasvureaktiot sekä puu- että metsikkötasolla. Tuotosvaikutusten laskemiseksi esitetään uusi harvennusvalinnan simulointiin perustuva arvioimismenetelmä, joka on lähemmin kuvattu Niemistön erillisjulkaisussa (1989). Koneiden aiheuttamat puusto- ja maaperävauriot eivät kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

Tutkimus käynnistettiin yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen ja Ruotsin Maatalousyliopiston (SLU) kesken v. 1980. Suomen osalta aineiston keräyksestä vastasi MMK Antti Isomäki, joka myös organisoii aineiston esikäsittelyn. Yhteisen ideoinnin ja suunnittelun pohjalta MH Pentti Niemistö toteutti aineiston analysoinnin. Käsikirjoitus laadittiin tutkijoiden yhteistyönä. Sen viimeistelyyn ovat ansiokkaasti vaikuttaneet myös professorit Pentti Hakkila, Kari Mielikäinen ja Yrjö Vuokila, MH Matti Sirén sekä MML Martti Varmola. Englanninkieliset tekstit tarkisti Ph.D. Ashley Selby. Tekstinkäsittelystä ja kuvien piirtämisestä huolehti tutkimusvirkailla Marja-Liisa Herno. Kaikille edellä mainituille sekä muille tutkimukseen myötävaikuttaneille henkilöille esitämme parhaat kiitokset.

## 2. Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimusaineisto käsittää 20 eri puolilla Etelä-Suomea sijaitsevaa tilapäiskoealaa (kuva 1 sekä taulukot 1 ja 2). Tutkimuskohteiksi valittiin nuoria tasarakenteisia kuusikoita, joissa ensiharvennus oli tapahtunut normaalin hakkuutoiminnan mukaisesti 6—11 vuotta ennen mitausta. Näin ollen harvennuksen ja ajourien avaamisen yhteydessä ei ole mitenkään voitu ennakoita tulevaa tutkimusta.

Kohteet valittiin hyvin hoidetuista, yleensä viljellen perustetuista metsikoista, joissa harvennus sekä siihen liittyvä ajourien avaus ja varsinainen puunkorjuu oli toteutettu ammattitaitoisesti ja huolellisesti. Tutkimuskohteissa puunkorjuuseen lienee kiinnitetty poikkeuksellistakin huomiota, mikä ilmenee mm. reunapuuston tiheydestä, hakkuutähteiden kokoamisesta ajourille, korjuuajankohdan valinnasta ja itse korjuutyön toteutuksesta. Silmävaraisesti arvioiden ajourat oli kaikissa tutkimuskohteissa pyritty pitämään mahdollisimman kapeina korjuukalustoon nähden ja samalla tekemään

kaikki voitava korjuuvaurioiden välttämiseksi. Tutkituilla koealoilla ei esiintynytäkään silmin havaittavia vaurioita sen enempää puustossa kuin maaperässäkään.

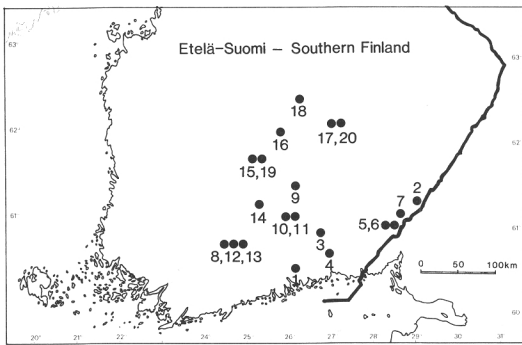
Aineisto ei siis edusta tasapainoisesti kaikkia ensiharvennuksen jälkeisiä kuusikoita, vaan siihen on tarkoituksellisesti valittu kasvupaikan ja puuston rakenteen osalta mahdollisimman tasaisia metsikoita, joissa ensiharvennuksen liittyvä korjuu on toteutettu poikkeuksellisen huolellisella ja onnistuneella tavalla.

Koemetsiköihin rajattiin ajouran suuntaisia, suorakaiteen muotoisia koealoja, joiden ajouran suuntainen pituus oli 25—80 m ja leveys yleensä 30 m (kuva 2). Mikäli koealan ohjelevydestä jouduttiin maastotöiden yhteydessä tinkimään, esimerkiksi seuraavan ajouran vaikutuksen eliminoimiseksi, mittaustulokset muunnettiin laskennallisesti siten, että ne kaikilla koealoilla vastasivat kuvan 2 mukaisesti 30 m leveiltä ajouran suuntaisilta kaistoilta laskettuja tuloksia. Koealojen yhteispinta-ala oli 17 735 m<sup>2</sup> ja tutkimuksen kohteena olle-

Taulukko 1. Koealojen yleistiedot.  
Table 1. Main characteristics of the sample plots.

Koeala Sample plot	Pinta-ala Area m <sup>2</sup>	Sijainti—Location		Metsä- tyyppi Forest type <sup>1)</sup>	Boniteetti Site index H <sub>100</sub>	Ajoura—Strip road	
		Leveys- aste Latitude	Pituus- aste Longitude			Ikä Age v-yr	Pituus Length m
1	870	60°40'	26°05'	OMT	30	11	58
2	900	61°20'	29°20'	OMT	33	9	30
3	825	60°50'	26°50'	MT	30	6	50
4	750	60°45'	27°00'	OMT	27	7	30
5	750	61°10'	28°30'	MT	30	6	30
6	750	61°10'	28°30'	OMT	33	6	30
7	750	61°20'	28°50'	OMT	30	8	30
8	750	60°50'	24°40'	MT	27	10	30
9	630	61°40'	26°02'	MT	30	6	30
10	900	61°15'	26°02'	OMT	33	9	30
11	875	61°15'	26°02'	OMT	30	9	50
12	1200	60°50'	24°40'	OMT	33	9	60
13	2000	60°50'	24°40'	OMT	33	9	80
14	900	61°20'	25°20'	MT	33	10	30
15	750	61°50'	25°10'	OMT	33	10	25
16	875	62°10'	25°35'	MT	30	10	25
17	540	62°20'	27°15'	OMT	33	11	30
18	1400	62°40'	26°15'	OMT	33	10	70
19	750	61°50'	25°10'	OMT	36	10	25
20	570	62°20'	27°15'	OMT	33	11	30

<sup>1)</sup> Cajander 1949.



Kuva 1. Tutkimusmetsiköiden sijainti.  
Figure 1. Location of the stands investigated.

den ajourien kokonaispituus 773 m.

Kaikki koealoilla esiintyneet puut samoin kuin harvennuksessa poistettujen puiden kannot kartoitettiin. Puista mitattiin seuraavat tunnusukset:

- kantoläpimitta,  $d_0$
- kuoren paksuus kaatoleikkauksen tasolla,  $b_0$
- läpimitta rinnankorkeudelta,  $d$
- kuoren paksuus rinnankorkeudelta,  $b$
- puun korkeus,  $h$
- vuotuinen sädekasvu rinnankorkeudelta, alkaen 10 v ennen harvennusta aina mittaushetken saakka.

Taulukko 2. Koemetsiköiden puustotunnukset mittaushetkellä.  
Table 2. Stand characteristics of the sample plots at the time of measurement.

Koeala Sample plot	Ikä Age v yr	Runkoluku Stem number n/ha	Valtappituus Dominant height m	Pohja- pinta-ala Basal area m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus Volume m <sup>3</sup> /ha
1	50	896	20	16,6	146,8
2	48	908	22	29,2	302,6
3	42	1794	16	21,3	143,0
4	48	1192	18	24,2	198,0
5	46	1512	19	36,9	296,2
6	46	1084	21	31,1	304,4
7	45	1919	19	37,5	336,6
8	57	1084	21	30,8	294,4
9*	40	1311	17	23,8	185,2
10	49	868	23	32,1	336,1
11	48	1202	20	28,0	246,8
12	62	642	27	36,3	431,9
13	62	580	27	30,2	354,6
14	50	921	23	31,8	337,4
15	50	974	24	36,2	400,5
16	67	844	24	23,0	250,7
17	45	942	20	31,0	291,2
18	55	651	23	27,9	280,5
19**	50	868	25	37,2	428,1
20	45	1122	20	35,2	320,6

<sup>\*</sup>) Lannoitettu käsin 5 v ennen mittausta, tyyppä 156 kg/ha.  
Manual fertilization 5 years before measurement, nitrogen 156 kg/ha.  
<sup>\*\*</sup>) Lentolannoitettu 6 v ennen mittausta, tyyppä 143 kg/ha.  
Aerial fertilization 6 years before measurement, nitrogen 143 kg/ha.



Kannoista mitattiin kuoreton läpimitta. Runkomuodon ja sen muutosten tutkimiseksi kaadettiin jokaiselta koealalta vähintään 20 koepuuta, yhteensä 420 kpl, joista mitattiin edellisten tunnusten lisäksi:

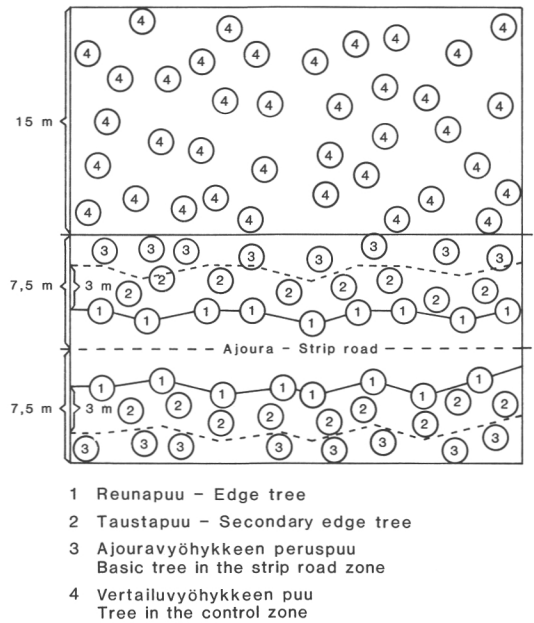
- läpimitta 6 m korkeudelta,  $d_6$
- kuoren paksuus 6 m korkeudelta,  $b_6$
- vuotuinen sädekasvu 6 m korkeudelta, alkaen 10 v ennen harvennusta mittaushetkeen saakka
- kaadetun puun pituus,  $l$
- vuotuinen pituuskasvu,  $i_n$ , 20 viimeisen vuoden ajalta.

Mitatuista tunnuksista laskettiin puustoryhmittäin pohjapinta-ala, runkotilavuus ja puuston korkeustunnukset erikseen mittaushetkellä, harvennuksen ja ajourien avauksen hetkellä samoin kuin 10 v ennen harvennusta. Kantoläpimittojen perusteella arvioitiin myös harvennuksissa poistettua puustoa kuvaavat tunnuksat. Kuo-rettomien poikkileikkauspinta-alojen kasvu laskettiin rinnankorkeudelta mitattujen läpimitta- ja sädekasvu-avaintojen perusteella puu- ja vuosikohtaisesti. Sääteki-joiden aiheuttama kasvun vaihtelu tasoitettiin Tiuhosen (1983) laatimien kasvuindeksisarjojen avulla. Tasointu tehtiin sekä rinnankorkeudelta että 6 m korkeudelta mitattuihin sädekasvuihin. Pituuskasvuihin vastaavia korjauksia ei tehty.

Lapinjärvellä sijaitsevan koealan 1 mittaustulokset voitiin käyttää vain osittain hyväksi. Koeala sijaitsi kuusikossa, jossa oli 11 v aikaisemmin järjestetty täyssyste- maattista harvennusta koskeva korjuutekninen koe. Käytävät oli avattu määräläpimisiksi, eikä niiden välisiä puustoisia vyöhykkeitä ollut harvennettu lainkaan. Lisäksi käytäviltä poistettujen puiden kannot olivat mit- taushetkellä niin lahonneita, ettei niiden luotettava mit- taus ollut enää mahdollista. Näin ollen koealan 1 mit- taustuloksia käytettiin ainoastaan ajouran reunavaiku- tusten tutkimiseen puukohtaisen kasvureaktion avulla.

Kaksi koemetsikköä, 9 ja 19, oli lannoitettu ajourien avaamisen jälkeisenä aikana. Edellinen, ”Pitkän Villen kuusikko” Hartolan Kanteleeniemessä, oli lannoitettu käsin harvennusta seuranneen vuoden aikana käyttäen Oulunsalpietaria 600 kg/ha. Jälkimmäinen koemetsik- kö Jämsän Ruotsinkorvessa oli lentolannoitettu neljä vuotta harvennuksen jälkeen käyttäen myös Oulunsal- pietaria 550 kg/ha. Todettakoon, ettei tutkimuksen al- kuperäisenä tarkoituksena ollut selvittää ajourien kas- vuvaikutuksia lannoitetuissa metsiköissä. Näiden kah- den koemetsikön lannoitushistoria selvisi kuitenkin vas- ta tulosten tarkasteluvaiheessa, jolloin katsottiin hyö- dylliseksi esitellä myös nämä muuhun aineistoon näh- den poikkeuksellisissa olosuhteissa tehdyt havainnot.

Aikaisemmat tutkimustulokset (Nyssönen & Vuoki- la 1960, Andersson 1968, Bucht 1981, Isomäki 1986) osoittavat, että ajourilla ja niitä vastaavilla käytäväu- koilla on myönteinen, mitattavissa oleva ns. reunavai- kutus lähellä sijaitsevien puiden kasvuun. Minkään tut- kimuksen mukaan ajourien vaikutus ei ole kuitenkaan ulottunut 5 m etäämmälle käytävän reunasta. Tähän ennakkotietoon perustuen tutkimuksessa lähdettiin si- tä, että 30 m leveään, ajouran suuntaiseen koealaan sis- ältyy riittävän suuri vertailualue, johon ajouran vai- kutus ei ulotu. Tällä ”vertailuvyöhykkeeksi” kutsutulla alueella on noudatettu valikoivan alaharvennuksen pe-



Kuva 2. Koealat jaettiin rinnakkaisiksi vertailu- ja ajouravyöhykkeiksi, joiden kummankin leveys oli 15 m. Ajouravyöhykkeestä tarkasteltiin erikseen ajouraa sekä ajouran reunavyöhykettä, jolla kasvavat reuna- ja taustapuu.

Figure 2. The sample plots were divided into parallel 15-m-wide control and strip road zones. For more detailed investigations the strip road zone was divided into sub zones, as presented in the layout figure.

riaatetta. Sen puustoa ei ole korjuun yhteydessä vaurioit- tettu eikä muutoinkaan käsitelty epänormaali- la tavalla. Vertailuvyöhykkeen puuston oletettiin kuvaavan har- vennuksen jälkeistä kasvua ja tuotosta sellaisena kuin se olisi tapahtunut koko metsikön alueella, mikäli ajou- ria ei harvennuksen yhteydessä olisi avattu lainkaan.

”Ajouravyöhykkeellä” tarkoitetaan ajouran suun- taista ja sen keskiviivan molemmin puolin 7,5 m etä- syydelle ulottuvaa eli yhteensä 15 m leveää vyöhykettä, joka sisältää varsinaisen ajoura-aukon lisäksi sen mo- lemmin puolin sijaitsevat reunavyöhykkeet sekä ta- pauskohtaisesti vaihtelevan levyiset täydennyskaistat, joiden puustossa ei ole enää havaittavissa mitään ajou- ran läsnäolosta aiheutuvaa kasvureaktiota. Näin ollen kaikki ajouran kasvuvaikutukset rajoittuvat ajouravyö- hykkeeseen kun taas vertailuvyöhyke on niiden suhteen täysin puhdas.

Sekä ajouratilalla rajaamiseksi että myös reunavai- kutuksen ulottuvuuden arvioimiseksi tutkimuksessa oteti- tiin käyttöön vielä seuraavat käsitteet:

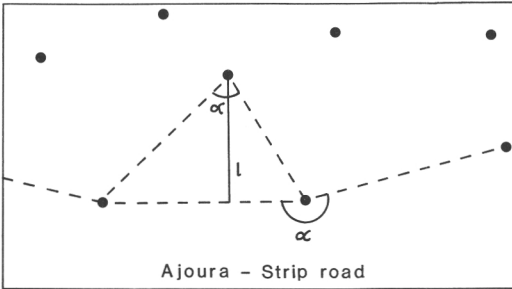
#### Ajouran reunapuu

Silmävaraisesti yksilöity puu, joka välittömästi rajoittaa korjuukoneiden liikkumista ajouratilassa (kuva 2). Reunapuiden sijaintipisteitä yhdistävää murtoviivaa pi- detään ajouran reunaviivana eli reunana. Puiden sijainti ajouraan nähden on määritetty mm. *etäisyytenä ajouran*

reunasta. Tällä käsitteellä tarkoitetaan kunkin puun sijaintipisteen lyhintä etäisyyttä reunaviivaan.

#### Avautumiskulma

Avautumiskulma ilmaisee kulma-asteina ( $^{\circ}$ ), kuinka laaja naapuripuiden rajoittama sektori kunkin puun kasvutilasta liittyy välittömästi ajoura-aukkoon. Avautumiskulman määrittämisessä otetaan huomioon ainoastaan puiden sijaintipisteet (kuva 3).



Kuva 3. Puiden asema ajouran suhteen määritettiin sekä ajouran reunaan mitatun etäisyyden ( $l$ ) että ns. avautumiskulman ( $\alpha$ ) avulla.

Figure 3. The situation of the trees in respect to the strip road was determined by the distance ( $l$ ) from the edge line and also by the sector angle ( $\alpha$ ) opening towards the strip road.

#### Puun sijaintipiste

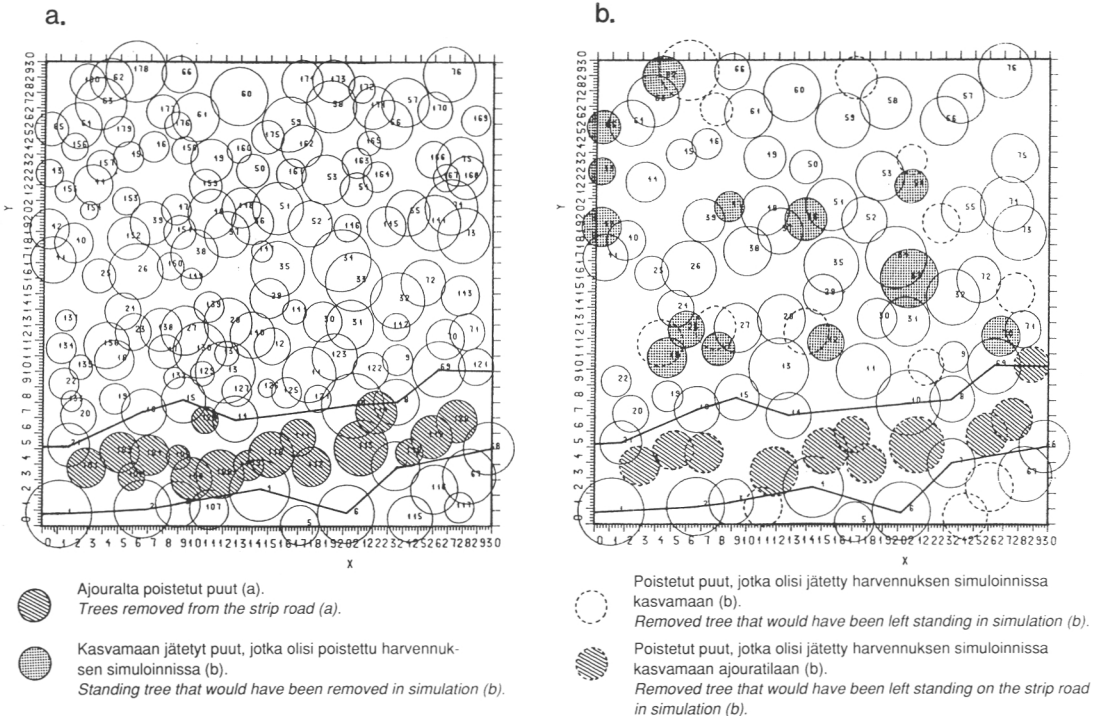
Puun sijaintipisteellä tarkoitetaan rungon keskiviivan ja maanpinnan tason leikkauspistettä, josta on eräissä yhteyksissä käytetty myös nimitystä *puun syntypiste* (Laasenasaho 1976).

#### Reunavyöhyke

Ajouraan rajoittuva tila, jolla kasvavassa puustossa on havaittavissa ajoura-aukon läsnäolosta aiheutuvia kasvureaktioita. Reunavyöhyke sisältää ajouran reunapuiden lisäksi metsikkökohtaisesti vaihtelevan määrän reunapuiden varjossa ja takana sijaitsevia ns. taustapuita (kuva 2).

Vyöhykekohtaisten puustotunnusten lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin ajouravaikutuksia yksittäisten puiden kasvuun. Tähän tarkoitukseen käytettiin puuston tilajärjestystä kuvaavaa ja leimausvalintaa simuloivaa tietokoneohjelmaa (Isomäki & Niemistö 1983). Ohjelman avulla yksilöitiin ja paikallistettiin puut, jotka harvennuksessa olisi jätetty kasvamaan, mikäli ajouraa ei olisi avattu lainkaan (kuva 4).

Ohjelmalla pyrittiin selvittämään myös sitä, onko leimauksessa otettu huomioon ajouran avaaminen. Voidaan esimerkiksi olettaa, että leimaaja jättää ylimääräisiä puita ajouran reunavyöhykkeeseen korvaamaan niitä puita, jotka itse ajouran avaamiseksi on ollut pakko poistaa. Korvaaviksi puiksi on saatettu kelpuuttaa sellaisia puuyksilöitä, jotka normaalissa ala-



Kuva 4. Esimerkki leimausohjelman käytöstä harvennuksen simulointiin. Koeala 10 ennen harvennusta (a) ja harvennuksen jälkeen (b). Koeala on jaettu ympyränmuotoisiin puukohtaisiin kasvutiloihin puiden poikkileikkauksipinta-alojen ( $g_{1,3}$ ) suhteessa.

Figure 4. An example case presenting the simulation method produced for thinning selection. The sample plot 10 before (a) and after thinning (b). The plot is divided into circular growing spaces proportionally to the cross sectional areas ( $g_{1,3}$ ) of the trees.



harvennuksessa olisi poistettu. Ajourien suuntauksessa on saatettu toisaalta ottaa tietoisesti huomioon puuntuotannollisesti arvokkaimmat puut siten, että ne on jätetty kasvamaan vaikka menettely on samalla merkinnyt mutkaa ajouran suuntauksessa. Joskus ajouran reunapuuston leimauksessa on saatettu ottaa huomioon myös kuormauksen tai puutavaran koneellisen valmistuksen vaatima ylimääräinen tilantarve, jolloin ajouran reunapuustoa on harvennettu voimakkaammin kuin

muuta metsikköä.

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on määrittää ajouralta poistettujen puiden mukana menetetty kasvu. Tätä varten pyrittiin löytämään mahdollisimman osuva ja samalla käytännöllinen tapa arvioida ajouran puuntuotannollinen leveys. Tutkimuksessa esitellään neljä ajouran leveyden määrittystapaa, joista kaksi on tarkoitettu ajouran korjuuteknisen ja kaksi puuntuotannollisen leveyden arviointiin.

### 3. Harvennuksen ja ajouran avaamisen vaikutukset puustoon

#### 31. Puusto ennen harvennusta

Kantohavaintojen perusteella sekä käyttämällä hyväksi jäljelle jääneen puuston sijainti-, koko- ja kasvutunnuksia kuvattiin kunkin koalan harvennusta edeltänyt puusto. Kartoitustietojen perusteella puustotunnukset laskettiin myös koalojen eri vyöhykkeille. Taulukossa 3 esitetään keskeiset puustotunnukset erikseen sisä- ja ajouravyöhykkeillä sekä varsinaisessa ajouratilassa.

Puuston runkoluku vaihteli koaloittain rajoissa 800—2900 kpl/ha. Keskiarvo, 1876

kpl/ha, viittaa siihen, että valtaosa koalapuustoista edustaa tiheitä ensiharvennusmetsiköitä. Poikkeuksina voidaan pitää koemetsiköitä 12 ja 13, jotka edustavat aikaisemmin harvennettuja, varttuneita kasvatusmetsiä.

Aineiston niukkuus ja hajanaisuus eivät anna tilastollisesti luotettavaa pohjaa arvioida ajouran suuntauksen puuntuotannollista merkitystä. Rinnankorkeusläpimitaltaan ajourilta poistetut puut ovat olleet 6 % pienempiä kuin vertailuvyöhykkeiden puut keskimäärin. Vain kahdessa koemetsikössä (9 ja

Taulukko 3. Puuston runkoluku, pohjapinta-ala ja keskiläpimita ennen harvennusta. A = vertailuvyöhyke, B = ajouravyöhyke ja C = varsinainen ajouralue. B ja C ilmaistu suhdelukuina (%) arvosta A.

Table 3. Stem number, basal area and mean diameter in the stands just before the thinnings. A = the control zone, B = the strip road zone and C = the strip road area proper. B and C describe proportional rates when A is given the reference value 100.

Koeala Sample plot	Runkoluku Stem number			Pohjapinta-ala Basal area			Keskiläpimita Mean diameter		
	A, n/ha	B, %	C, %	A, m <sup>2</sup> /ha	B, %	C, %	A, mm	B, %	C, %
2	1647	86,3	93,9	32,9	88,6	101,7	173	98,3	98,3
3	2908	94,5	95,8	21,1	107,4	84,1	106	113,2	99,1
4	2040	103,5	89,4	25,1	94,2	65,6	142	94,4	83,8
5	2488	90,2	107,2	34,9	103,0	90,5	147	104,8	97,3
6	2109	88,5	105,4	37,7	90,9	122,8	164	103,0	100,0
7	2788	86,9	54,8	36,5	95,9	52,6	141	101,4	92,9
8	1689	85,5	39,4	28,6	105,5	28,2	161	111,2	85,7
9	2161	98,7	87,2	24,6	115,8	83,4	130	112,3	111,5
10	1720	105,9	106,2	35,5	112,3	84,4	177	103,4	92,7
11	2377	83,6	88,6	31,1	95,6	103,3	142	104,9	104,9
12	801	109,6	161,2	30,3	123,5	84,3	236	106,8	83,9
13	888	91,0	94,1	33,6	92,8	75,8	232	101,3	86,6
14	1525	90,4	144,1	32,2	89,4	108,3	178	98,3	83,1
15	1636	89,7	93,5	41,1	98,0	81,6	189	103,2	91,0
16	1308	89,7	150,6	22,2	102,3	121,2	161	106,2	84,5
17	2060	87,4	123,4	35,2	96,6	115,5	157	105,7	96,8
18	1789	85,7	87,3	44,9	90,0	86,0	197	101,5	94,4
19	1526	97,8	84,1	44,0	101,9	83,2	204	100,5	99,5
20	2177	76,6	62,7	36,6	84,5	73,2	155	109,7	99,4
Keskiarvo									
Mean	1876	91,7	98,4	33,1	99,4	86,6	168	104,2	94,0

Taulukko 4. Puuston runkoluku, pohjapinta-ala ja keskiläpimitta harvennuksen jälkeen. A = vertailuvyöhyke, B = ajouravyöhykkeen todellinen arvo, C = ajouravyöhykkeelle simuloitu arvo. B ja C ilmaistu suhdelukuina (%) arvosta A.

Table 4. Stem number, basal area and mean diameter in the remaining stands after thinnings. A = the control zone, B = the strip road zone, C = the alternative value for the strip road when A is given the reference value 100.

Koeala Sample	Runkoluku Stem number			Pohjapinta-ala Basal area			Keskiläpimitta Mean diameter			
	plot	A, n/ha	B, %	C, %	A, m <sup>2</sup> /ha	B, %	C, %	A, mm	B, %	C, %
2	1032	73,3	90,4	24,6	73,0	88,2	181	97,8	96,7	
3	1777	101,3	102,8	13,2	126,4	129,5	108	118,5	116,7	
4	1209	97,4	104,8	18,7	88,7	94,4	152	95,4	94,7	
5	1610	88,3	91,1	26,3	99,6	107,2	154	104,5	106,5	
6	1177	85,0	92,5	26,9	85,1	91,4	174	103,4	103,4	
7	2032	89,7	95,1	29,9	95,4	101,8	148	99,3	100,0	
8	1173	85,3	104,2	23,5	104,8	121,1	170	110,6	108,2	
9	1582	73,1	84,3	20,1	78,9	110,1	133	107,5	117,3	
10	908	90,5	117,5	23,8	89,8	120,1	191	102,6	102,1	
11	1490	73,4	91,3	22,3	81,5	105,9	148	104,1	104,7	
12	589	113,2	111,4	26,4	121,8	120,7	247	106,1	106,1	
13	660	79,5	90,9	27,3	84,2	96,4	240	102,9	102,1	
14	982	85,9	92,8	25,5	83,2	88,8	190	98,4	98,4	
15	1049	83,9	96,6	29,0	94,8	103,5	193	106,2	104,1	
16	939	73,8	90,8	18,5	87,4	106,2	169	108,9	106,5	
17	1053	84,4	107,6	19,8	96,0	110,1	162	108,0	103,1	
18	753	79,7	102,4	23,9	83,8	102,8	207	104,3	104,3	
19	930	86,0	114,7	30,9	82,9	112,8	213	96,7	99,1	
20	1034	111,8	96,7	18,7	126,9	115,0	158	113,3	113,9	
Keskiarvo										
Mean	1157	87,1	98,8	23,6	93,9	106,6	176	104,7	104,6	

11) ajourilta poistetut puut ovat olleet järeämpiä kuin vastaavien vertailuvyöhykkeiden puut keskimäärin. Ajouravyöhykkeiden pohjapinta-ala on ollut lähes sama kuin vertailuvyöhykkeillä, mutta varsinaisilla ajourilla peräti 13 % niiden tasoa alhaisempi.

Puustotunnusten vertailu osoittaa, että ajourien suuntauksessa on otettu huomioon olemassa oleva puusto. Selvimmin on havaittavissa suurimpien puiden väistely. Eräissä tapauksissa ajourat on ilmeisesti ohjattu kulkemaan aukkopaiikkojen kautta ja näin vähennetty kasvavan puuston hakkuutarvetta. Toisissa tapauksissa ajourat on puolestaan suunnattu puustoisimpien kohtien kautta — joko sattumalta tai mahdollisesti myös puutavaran siirtelytarpeen vähentämiseksi.

Koska jo ajourien suunnittelussa otetaan yleensä huomioon puuyksilöt ja puuston tilajärjestys, ei ajourien puuntuotannollisia vaikutuksia pystytä täysin selvittämään ns. systemaattisten harvennusten eli käytävä- ja riiviharvennusten kaltaisilla koejärjestelyillä, joissa ajouria vastaavat käytävät avataan suorina, määrälevisinä aukkoina.

### 32. Puusto harvennuksen jälkeen

Ajouriin liittyvä harkinnanvarainen vaihtelu ei rajoitu pelkästään edellä kuvattuun ajourien suuntaukseen. Se saattaa näkyä myös harvennusvalinnassa ja näin ollen kasvamaan jätettävän puuston ominaisuuksissa. Taulukossa 4 on verrattu eri vyöhykkeiden harvennuksen jälkeisiä puustotunnuksia. Lisäksi siinä on verrattu toteutunutta harvennusta vaihtoehtoiseen tietokoneella simuloituun harvennukseen, joka toteutettiin ajouravyöhykkeellä yhtä voimakkaana ja samoja valikoivan alaharvennuksen periaatteita noudattaen kuin vastaavalla vertailuvyöhykkeellä.

Harvennuksen jälkeen ajouravyöhykkeet olivat keskimäärin 13 % vertailuvyöhykkeitä harvempia (taulukko 4). Ajouravyöhykkeiden puustotunnuksia ja puiden välistä tilajärjestystä tutkittiin myös aikaisemmin kehitetyn leimausohjelman (Isomäki & Niemistö 1983) avulla. Koko aineiston osalta ajouravyöhykkeille todellisuudessa jätetty puusto oli 12 % harvempaa kuin simuloinnilla aikaansaatu vaihtoehtoispuusto.

Ajouravyöhykkeille jätetyn puuston keskiläpimitta oli koko aineistossa 4,7 % suurem-

Taulukko 5. Hakkuupoistumaa koskevia vyöhykkeittäisiä tunnuslukuja.  
 Table 5. Some characteristics describing the thinning cut in different zone areas of the examined sample plots.

Koeala Sample plot	Harvennusaste, % Thinning grade, %		Hakkuupoistuma ajouravyöhykkeellä Thinning cut in the strip road zone			Hakkuupoistuma ajouralta The clear cut in the strip road openings		
	Ajoura- vyöhyke	Sisä- vyöhyke	A	B	C	D	E	F
	Strip road zone	Control zone	m <sup>3</sup> /ha	%	%	%	%	%
2	38	25	86	140	150	25	96	110
3	27	38	36	75	116	26	95	104
4	30	26	45	110	122	26	98	107
5	27	25	69	119	129	31	92	109
6	33	29	84	109	118	31	105	114
7	18	18	44	105	151	22	107	111
8	18	18	39	116	348	20	85	108
9	44	18	95	324	175	42	99	109
10	46	33	146	169	170	28	94	103
11	39	28	84	141	205	38	102	113
12	14	13	44	149	88	35	77	112
13	26	19	72	134	175	39	86	101
14	26	21	55	117	125	27	81	107
15	32	30	104	103	120	14	91	96
16	29	17	47	191	219	37	90	105
17	44	44	114	99	136	20	91	100
18	50	47	169	97	135	21	94	101
19	43	30	169	156	199	27	99	105
20	23	49	52	39	84	21	98	104
Keskiarvo Mean	32	28	79	132	156	28	94	106

- A = hakkuupoistuma ajouravyöhykkeeltä, m<sup>3</sup>/ha  
 outturn from the 15 m wide strip road zone, m<sup>3</sup>/ha
- B = % sisävyöhykkeen hakkuupoistumasta  
 % of the outturn in the 15 m wide control zone
- C = % leimausohjelman antamasta hakkuupoistumasta ajouravyöhykkeellä  
 % of the outturn produced by the simulation method for the 15 m wide strip road zone
- D = % metsikön kokonaispoistumasta, kun ajouraväli on 30 m  
 % of the total outturn in the stand when assumed the mean distance between strip roads is 30 m
- E = % koko koealapuuston keskiläpimitasta  
 % of the mean diameter of the total sample plot stand
- F = % koko koealan hakkuupoistuman keskiläpimitasta  
 % of the mean diameter of the outturn in the whole sample plot

pi kuin vertailuvyöhykkeillä. Vain viidessä koemetsikössä ajouravyöhykkeille jäi keskimäärin pienempää puustoa kuin vertailuvyöhykkeille. Tulos on sikäli yllättävä, että jäävän puuston keskikoon voidaan olettaa alempaan systemaattista harvennusta muistuttavan ajouran avaamisen takia. Todennäköisimpänä syynä voidaan pitää sitä, että ajouravyöhykkeet on harvennettu voimakkaammin kuin vertailuvyöhykkeet. Toisaalta, tuloksen voidaan katsoa myös vahvistavan jo edellisessä kappaleessa esitettyä päätelmää, että ajourien suuntauksessa määrätietoisesti väistellään suurimpia puita.

Kasvamaan jätetyn puuston pohjapinta-ala oli ajouravyöhykkeellä keskimäärin 6 %

vertailuvyöhykkeen pohjapinta-alaa alempi. Simulointimenetelmää soveltaen ajouran pohjapinta-alaa alentava vaikutus näyttäisi kaksinkertaistuvan, sillä ajouravyöhykkeiden pohjapinta-alat ovat olleet vain 88 % simulointimenetelmällä aikaansaaduista vaihtoehtoisarvoista.

Varsinaisilta ajourilta oli kertynyt keskimäärin 28 % kokonaispoistumasta (taulukko 5). Ajouravyöhykkeiden harvennusaste oli ollut keskimäärin 32 % ja vertailuvyöhykkeiden 28 %. Ajouravyöhykkeeltä poistettu puusto oli ollut keskimäärin 1,3-kertainen vertailuvyöhykkeeltä hakattuun ja 1,6-kertainen simulointimenetelmällä saatuun vaihtoehtoiseen poistumaan verrattuna.



Taulukko 6. Ajourien reunapuuston suhteellinen määrä ja keskiläpimitta, kun metsikön koko puuston vastaaville tunnuksille on annettu vertailuarvoksi 100.

Table 6. The proportional rates of stem volumes and mean diameters in the edge stands when the corresponding whole stand characteristics are given the reference value 100.

Koeala Sample plot	Runkotilavuus Stem volume		Reunapuiden keskiläpimitta <sup>2)</sup> Mean diameter of the edge trees
	Reunavyöhyke <sup>1)</sup> Edge effect zone	Reunapuut <sup>2)</sup> Edge trees	
2	31,7	25,7	101,3
3	36,6	17,3	105,5
4	35,2	16,3	94,1
5	32,8	21,6	108,8
6	30,6	20,3	98,4
7	31,4	14,3	103,1
8	32,6	16,6	99,4
9	37,9	20,0	98,3
10	40,2	32,2	107,9
11	28,3	19,2	105,5
12	44,3	36,2	101,5
13	40,3	25,5	104,3
14	32,6	22,4	101,7
15	42,3	25,4	104,4
16	15,4	15,4	99,4
17	32,4	26,3	102,8
18	35,0	23,1	97,7
19	37,9	24,4	102,4
20	35,0	20,3	96,1
Keskiarvo Mean	34,3	22,2	101,7

<sup>1)</sup> Sisältää puut 0–3,0 m etäisyydellä ajouran reunasta.  
Including the trees at the distances of 0–3.0 m from the strip road edge.

<sup>2)</sup> Sisältää vain ajouran reunapuut, ks. kuva 2.  
Including only the edge trees proper, see Figure 2.

### 33. Ajouran reunapuusto

Ajourien reunapuut muodostavat tutkimuksen kannalta keskeisen puujoukon. Ne rajavat koneiden käytettävissä olevan ajouratilan ja ovat tästä syystä metsikön vastaisen tuotoksen kannalta erikoisasemassa. Reunapuul-

la on käytettävissään muuta puustoa runsaammin valoa, kasvutilaa ja hakkuutähteistä vapautuvia ravinteita. Toisaalta ne ovat alttiina puutavaran valmistuksen, kuormauksen ja kuljetuksen aiheuttamille vaurioille.

Reunapuut määritettiin maastotöiden yhteydessä silmävaraisesti. Tällöin pyrittiin yksilöimään ne puut, jotka sijaintinsa vuoksi välittömästi rajoittivat kuormatraktorin liikumista ajouratilassa. Aineistoa jälkikäteen tarkasteltaessa todettiin, että reunapuiksi oli valittu lähes poikkeuksetta puut, joiden avautumiskulma (kuva 3) oli vähintään 120°.

Tutkimusaineistossa reunapuut edustivat välittömästi harvennuksen jälkeen keskimäärin 22 % jäävän puuston runkotilavuudesta kun ajouraväliksi oletettiin 30 m (taulukko 6). Pienimmillään reunapuiden osuus oli 14 % ja suurimmillaan 36 % jäävästä puustosta. Mitä harvemmasta puustosta oli kysymys, sitä suurempi osuus siitä muodostui ajourien reunapuista. Läpimitaltaan reunapuut olivat 2 % järeämpiä kuin vastaavien koealojen koko jäävä puusto keskimäärin.

Mielenkiintoisen puustoryhmän muodostivat myös ns. reunavyöhykkeen puut, joihin luettiin varsinaisten reunapuiden lisäksi kaikki puut, jotka sijaitsivat korkeintaan kolmen metrin etäisyydellä ajouran reunasta. Näin määritellyn reunavyöhykepuuston osuus metsikön kokonaispuustosta vaihteli rajoissa 15–44 %, koealojen keskiarvon ollessa 34 %. Oletettavasti tähän puustoon keskittyy valtaosa ajouran aiheuttamista myönteisistä kasvuvaikutuksista. Toisaalta tämä sama puusto muodostaa puunkorjuun kannalta oleellisen liike- ja näkemästeen. Voidaan arvioida, että juuri reunavyöhykkeen puuston käsittelyssä korostuvat leimaajan, hakkuutyön toteuttajan sekä puutavaran kuormaajan ja kuljettajan asenteet ja ammattitaito.

## 4. Ajouran leveys

### 41. Yleistä

Ajouralla tarkoitetaan varsinaisen tiestön ulkopuolelle puunkorjuuta varten raivattua käytävää. Raivaus kohdistuu yleensä vain puustoon. Kantojen ja kivien poistaminen tai muu maanrakennus eivät enää nykyisin kuu-

lu ajourien tavanomaiseen esivalmisteluun. Kuljetusta haittaavat maastoesteet joko kierretään tai tasoitetaan hakkuutähteillä. Talviolosuhteissa myös lumi ja vetisiin painanteisiin muodostuva jää tasoittavat kulkualustaa.

Koska ajouraa ei eroteta ympäristöstään maastoon merkityillä rajoilla, jää sen levey-

den määrittelyyn useita eri mahdollisuuksia. Lähtökohtana voidaan pitää joko korjuukoneen tilantarvetta tai ajourasta aiheutuvaa puuntuotannollista haittaa. Lähestymistavasta riippuen voidaan puhua ajouran korjuuteknisestä tai puuntuotannollisesta leveydestä.

## 42. Korjuutekniset leveyskäsitteet

Puunkorjuun kannalta on oleellista, ettei kasvamaan jäävä puusto estä tai kohtuuttomasti vaikeuta korjuukoneiden liikkumista ja työskentelyä maastossa. Korjuun taas edellytetään tapahtuvan siten, ettei kasvavaa puustoa vaurioiteta sen yhteydessä.

Ajouran yksityiskohtaisessa suunnittelussa tulisi ottaa huomioon korjuukoneen ulkomitat, raideleveys, ketteryys, maavara, voimansiirto ja muut maasto-ominaisuuksien osatekijät. Koska ajouraa käytetään kuljetuksen lisäksi kuormaukseen ja yhä lisääntyvässä määrin myös hakkuukoneiden työskentelytilana, on ajouran suunnittelussa arvioitava peruskoneen ohella myös kuormaimen ja hakkuuyksikön ulottuvuudet ja liikeradat. Konekohtaisten tekijöiden lisäksi on otettava huomioon maaston asettamat rajoitukset. Niiden merkitys riippuu sekä kuljetuskalustosta että sääolosuhteista.

On selvää, ettei ajouran suunnittelija voi kaikkia edellä lueteltuja seikkoja ottaa huomioon täydellisesti ja tasapainoisesti. Yleensä hänen on työskenneltävä nopeasti ilman tarkkoja mittauksia ja puukohtaisia kartoituksia. Suunnitteluvaiheessa saattaa myös puuttua lopullinen tieto käytettävästä korjuukalustosta. Näin ollen ajouran lopullinen leveys riippuu oleellisesti suunnittelijan tilanekohtaisesta harkinnasta.

Ajouran korjuuteknisen leveyden määrittämisessä voidaan lähteä joko kuljetuskaluston tilantarvetta ilmentävästä tavoiteleveydestä tai vaihtoehtoisesti reunapuiden rajoittaman ajouratilan kokonaisleveydestä, jossa edellisen lisäksi on mukana myös puuston tiheydestä ja tilajärjestyksestä riippuen erikoisia reunapuustoon rajoittuvia lahdekkeita. Nämä ajouraan liittyvät levennykset eivät ole korjuukoneiden liikkumisen kannalta välttämättömiä, mutta ne saattavat monissa tapauksissa helpottaa varsinkin puutavaran valmistukseen ja kuormaukseen liittyviä työvaiheita.

## 421. Tavoiteleveys

Ajouran ohjeleveys eli nimellinen tavoiteleveys löytyy yleensä leimikon suunnitteluohjeista. Maastossa tämän käsitteen mukaista ajouraa ei voida konkreettisesti osoittaa eikä näin ollen myöskään yksiselitteisesti mitata. Ruotsissa kehitettiin 1970-luvulla useita menetelmiä ajouran *tavoiteleveyden* (TW) määrittämiseksi (Sondell 1974, Arvidson & Knutell 1977, Diggle & Knutell 1979). Näistä teoreettisesti edistyneimpänä mutta samalla vaikeakäyttöisimpänä voidaan pitää Diggle ja Knutell'in kehittämää Knigglemenetelmää. Siinä mitataan ajouran keskiviivalta satunnaisesti valituista mittauspisteistä etäisyys lähimpään puuhun kummallekin puolelle ajouraa.

Menetelmässä oletetaan, että puut sijaitsevat Poisson-prosessin mukaisessa tilajärjestyksessä, paitsi tunnetussa suunnassa, jossa kaikki puut on poistettu leveydeltään määrittelemättömältä ajouralta. Mitattujen etäisyshavaintojen perusteella johdetaan sekä puuston tiheys ajourien ulkopuolella että myös ajouran tavoiteleveys. Näiden tunnusien johtamiseen on kehitetty kaksi työtappaa (Diggle & Knutell 1979). Käytännöllisiin sovellutuksiin tarkoitettu ns. momenttimenetelmä perustuu kahden taulukon ja taskulasikimen käyttöön. Lilleberg (1984) on soveltanut momenttimenetelmää Metsätehon ajouratutkimuksissa. Työlämpi mutta tilastomatematisesti edellistä täydellisempi tunnuslukujen johtamistapa perustuu alunperin Fisher'in kehittämään maximum likelihoodmenetelmään, josta Mattila (1969) on käyttänyt nimitystä maksimointimenetelmä ja jota nykyisin yleisesti kutsutaan suurimman uskottavuuden menetelmäksi.

Taulukkoon 7 on laskettu ajourien tavoiteleveydet em. momenttimenetelmällä. Lähtöaineisto on saatu mittaamalla koealakartoilta määrävälein ajouran keskiviivalta etäisyydet ajouran kummallakin puolella sijaitseviin lähimpiin puihin. Näin laskettujen ajouraleveyksien keskiarvo koko aineistossa oli 3,4 m (vaihteluväli 2,6—4,7 m).

Knigglemenetelmän työläyden ja osittain myös sillä johdetun ajouraleveyden abstraktisuuden vuoksi Ruotsissa on myöhemmin otettu vallitsevaksi työtavaksi määrittää ajouran tavoiteleveys siten, että ajouraa pitkin edettäessä valittua, yleensä 10 metrin, mittaajaksosta kohti mitataan ajouran leveys sen kapeimmalta kohdalta (Bucht 1981,

Taulukko 7. Ajourien leveys, m, kahdeksalla eri tavalla määriteltynä.

IWE = reunapuustosta johdettu sisäleveys, IWD = puuston tiheydestä johdettu sisäleveys, bt = ennen harvennusta, at = harvennuksen jälkeen.

Table 7. The width of the strip road openings, in metres, based on eight different methods. IWE = inside width based on the edge trees, IWD = inside width based on the density of the stand, bt = before thinning, at = after thinning.

Koeala Sample plot	Ulkoleveys—OW		Tavoiteveys—TW		Puustoleveys—HW		Sisäleveys—Inside width		
	Outside Width—OW	Target width—TW Kniggle <sup>1)</sup>	SLU <sup>2)</sup>	Harvesting width—HW bt	at	IWE bt	IWE at	IWD at	
2	5,15	3,92	4,33	2,41	2,67	2,37	0,64	1,80	
3	4,45	2,61	3,65	2,35	2,58	2,80	2,20	2,09	
4	5,11	3,34	3,70	2,16	1,92	3,29	2,51	2,22	
5	4,84	2,81	4,03	2,26	1,84	2,50	1,63	2,27	
6	4,48	3,24	3,80	2,76	2,35	2,25	1,13	1,45	
7	3,98	2,76	3,30	1,15	1,14	2,18	1,77	1,70	
8	5,54	3,36	4,93	1,01	1,28	3,51	3,03	2,51	
9	6,26	4,39	4,87	3,69	4,45	4,42	2,94	3,56	
10	6,45	3,20	4,38	3,08	3,74	3,65	1,24	3,05	
11	5,58	3,68	4,48	3,72	3,74	3,61	2,36	2,80	
12	5,71	3,59	4,80	1,20	1,21	1,42	0,73	1,72	
13	6,68	4,72	5,90	2,72	3,73	3,59	2,50	2,57	
14	4,56	3,11	3,90	1,97	1,05	1,82	0,84	1,25	
15	4,22	3,17	3,70	1,28	2,90	1,57	0,32	1,00	
16	3,82	3,14	3,53	2,46	2,62	2,03	1,31	0,32	
17	4,60	3,28	3,70	2,73	2,43	2,36	0,59	1,39	
18	5,56	2,99	4,33	3,14	3,90	3,66	1,73	1,72	
19	5,70	4,36	5,63	2,86	3,78	3,43	1,72	2,30	
20	4,60	3,44	3,97	2,50	2,27	2,48	1,83	1,62	
Keskiarvo									
Mean	5,12	3,43	4,26	2,39	2,61	2,79	1,63	1,97	

<sup>1)</sup> Diggle & Knutell 1979

<sup>2)</sup> Björnheden & Fröding 1986

Björkheden & Fröding, 1986). Saatujen leveyshavaintojen keskiarvoa pidetään ajouran tavoitelevytenä. Tässä SLU-menetelmäksi kutsutussa työtavassa lähdetään siitä, että ajouran kapeimmissa kohdissa puut sijaitsevat välittömästi ajouraksi tarkoitetun tilan ulkopuolella. Taulukkoon 7 on laskettu myös näin määritellyt ajourien tavoitelevydet. Keskiarvo oli 4,3 m vaihteluvälin ollessa 3,3—5,9 m.

#### 422. Ulkoleveys

Tavoitelevyden mukaiseen ajouratilaan liittyy monin paikoin levennyksiä, jotka myös ovat ajouralla liikkuvien korjuukoneiden käytettävissä. Tästä syystä ajouran tavoiteveys on aina pienempi kuin millaisena ajoura käytännössä reunapuiden rajoittamana nähdään ja mielletään. Mikäli ajouralla tarkoitetaan koko reunapuiden rajoittamaa avointa tilaa, saadaan siitä johdettua uusi ajouran leveyskäsite, *ulkoleveys*, OW.

Ajouran ulkoleveyden laskentaa varten määritettiin aluksi reunapuiden sijaintipis-

teet. Näitä yhdistävää murtoviivaa pidetään tämän tutkimuksen yhteydessä ajouran reunana (kuvat 2 ja 3). Ajouran ulkoleveys saatiin jakamalla reunaviivojen väliin jäävän ajouratilan pinta-ala sen pituudella. Näin johdettu ajouran ulkoleveys vaihteli koaloitain rajoissa 3,8—6,7 m. Koko aineiston keskiarvo oli 5,1 m (taulukko 7).

Niissä tilanteissa, joissa puustoa ei kartoiteta, ajouran ulkoleveys voidaan likiarvoisesti määrittää myös mittaamalla ajouran keskilinjalta sitä vastaan kohtisuora etäisyys kummallakin puolella olevaan reunaviivaan joko määrävällein tai reunapuukohtaisesti. Ulkoleveyden määrittämiseen voidaan soveltaa mitä tahansa edellä kuvatuista kolmesta menetelmästä, sillä erot niiden antamien leveysarvojen välillä eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Kaikissa tämän julkaisun laskelmissa ajouran ulkoleveys on määritetty ensiksi kuvatus ns. pinta-alamenetelmän mukaisesti.

### 43. Puuntuotannolliset leveyskäsitteet

Tarkasteltaessa ajoura-aukon leveyttä puuntuotannon kannalta voidaan lähtökohdaksi valita joko ajouralta poistettujen puiden mukana menetetty kasvu tai reunapuiden väliin jäävän vajaakäyttöisen alueen pinta-ala. Lisätekijänä on otettava huomioon aika, sillä ajouran puuntuotannollinen merkitys yleensä vähenee ajan kuluessa.

#### 431. Puustoleveys

Ajouran edustamaa kasvutilaa voidaan kuvata sille osuneen puuston osuudella metsikön kokonaispuustosta. Näin määritetyn laskennallisen ajouratilan leveydestä käytetään tutkimuksessa nimitystä *ajouran puustoleveys* (HW). Sen laskennassa käytettiin perustunuksena pohjapinta-alaa joko ennen harvennusta,  $HW_{bt}$ , tai harvennuksen jälkeen,  $HW_{at}$ .

$$(1) \quad HW_{bt} = \frac{GS \cdot A}{G_{bt} \cdot L}$$

$$(2) \quad HW_{at} = \frac{GS_s \cdot A}{G_{at} \cdot L}$$

HW = ajouran puustoleveys

G = koealapuuston pohjapinta-ala

GS = ajouralta poistetun puuston pohjapinta-ala

$GS_s$  = leimausohjelmalla ajouralle simuloidun vaihtoehtoispuuston pohjapinta-ala

A = koealan kokonaispinta-ala

L = ajouran pituus koealalla

at = harvennuksen jälkeen

bt = ennen harvennusta

Puustoleveys, joka on laskettu ennen harvennusta vallinneen puuston perusteella,  $HW_{bt}$ , ilmaisee ajouran avaamisen yhteydessä vapautuneen kokonaiskasvutilan. Koska osa ajouran puista olisi poistettu ilman ajouran avaamistakin, ei niiden edustamaa koko kasvutilaa voida pitää ajouran aiheuttamana hukkatilana. Leimausohjelmalla yksilöitiin puut, jotka oli poistettu pelkästään ajouran avaamiseksi. Näin valikoituva puujoukko edustaa ehkä pelkistetympänä sitä kasvua, joka todella menetetään ajouran avauksessa.

Ennen harvennusta vallinneen puuston mukaan laskettu ajouran puustoleveys,  $HW_{bt}$ , vaihteli koealoittain rajoissa 1,0—3,7 m (taulukko 7). Kun puustoleveys määritet-

tiin harvennuksen simulointia hyväksi käytetään vastaamaan harvennuksen jälkeistä puuston tilaa, sen arvot vaihtelivat koealoittain rajoissa 1,1—4,5 m. Koko aineiston keskiarvo oli edellisellä tavalla laskettuna 2,4 m ja jälkimmäisellä 2,6 m.

#### 432. Sisäleveys

Olettamalla, että puiden latvustot ja juuristot ovat kehittyneet ajourien avaushetken saakka symmetrisesti ja että kukin puu on valloittanut kokoaan vastaavan ympyränmuotoisen kasvutilan, jonka keskipiste on puun sijaintipiste, voidaan laskennallisesti määrittää se ajouran keskivyöhyke, joka jää reunapuiden hyötyalueen ulkopuolelle. Tästä puuntuotannollisesti vajaakäyttöön jäävästä ajouratilasta on johdettu vastaava ajouran leveyskäsite, josta tutkimuksen yhteydessä käytetään nimitystä *sisäleveys* (IWE).

Reunapuiden kasvutilojen määrittäminen tapahtui laskennallisesti jakamalla kunkin koealan pinta-ala sillä kasvavien puiden kesken pohjapinta-alojen suhteessa (Isomäki & Niemistö 1983). Laskenta voitiin tehdä joko harvennusta edeltäneen puuston tai harvennuksessa jäljelle jätetyn puuston perusteella. Jälkimmäisessä tapauksessa puiden laskennalliset kasvutilat tulivat runkoluvun vähentymisen takia suuremmiksi kuin edellisessä. Näin ollen myös ajouran sisäleveydelle saatiin kaksi arvoa riippuen siitä, kumpaan ajankohtaan kasvutilojen laskenta kohdistettiin:

$$(3) \quad IWE_{bt} = OW - \frac{G_e \cdot A}{2 \cdot G_{bt} \cdot L}$$

$$(4) \quad IWE_{at} = OW - \frac{G_e \cdot A}{2 \cdot G_{at} \cdot L}$$

IWE = ajouran sisäleveys

OW = ajouran ulkoleveys

$G_e$  = reunapuiden edustama pohjapinta-ala

Muut lyhenteet: ks. yhtälöt (1) ja (2).

Edellä kuvatussa ajouran sisäleveyden laskennassa lähdetään siitä, että reunapuiden kasvutilat ovat ympyrän muotoisia ja puiden sijaintipisteisiin nähden symmetrisiä. Näin voidaan asian olettaa olevankin ennen harvennusta ja heti harvennuksen jälkeen, mutta myöhemmin reunapuut todennäköisesti laajentavat kasvutilaansa epäsymmetrisesti ajouran suuntaan. Tässä ajouran leveyden mää-



ritystavassa lähdetään myös siitä, että reunapuiden kasvutilojen ulkopuolelle jäävä ajouran keskivyöhyke tulkitaan ajouran aiheuttamaksi hukkatilaksi, vaikka siitä osa olisi ollut hukkatilaa ilman ajouran avaamistakin.

Ennen harvennusta vallinneen puustotiheyden mukaan laskettu ajouran sisäleveys,  $IWE_{bt}$ , vaihteli koaloittain rajoissa 1,4—4,4 m. Koko aineiston keskiarvo oli 2,8 m eli 53 % ajourien ulkoleveydestä (taulukko 7). Harvennuksen jälkeen vallinneen puustotiheyden mukaan laskettu ajouran sisäleveys,  $IWE_{at}$ , vaihteli rajoissa 0,3—3,6 m. Koko aineiston keskiarvo oli 1,6 m eli 31 % ajourien keskimääräisestä ulkoleveydestä.

Molemmat edellä esitetyt ajouran puuntuotannollisen leveyden käsitteet edellyttävät puiden ja jopa kantojenkin mittausta ja kartoitusta. Lisäksi niiden laskenta vaatii runsaasti laskutoimituksia. Näiden syiden vuoksi kumpikaan käsite ei sovellu laajaan työkäyttöön. Tätä varten kehitettiin vielä puuston tiheydestä johdettu *likimääräisen sisäleveyden käsite* (IWD). Se perustuu aikaisemmin ku-

vattuun ulkoleveyteen ja puiden väliseen keskietäisyyteen. Tämä puuston tiheydestä johdettu sisäleveys saadaan vähentämällä ajouran ulkoleveydestä, OW, puiden välinen keskietäisyys seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$(5) \quad IWD = OW - \sqrt{10000/N}$$

IWD = puuston tiheydestä johdettu ajouran sisäleveys, m

N = Puuston runkoluku harvennuksen jälkeen, kpl/ha

Näin määritely ajouran likimääräinen sisäleveys vastaa sitä lisäystä, minkä ajouran avaaminen aiheuttaa sen ylitse mitattuun reunapuiden väliseen keskietäisyyteen, jolla tässä yhteydessä yhtälön mukaisesti tarkoitetaan kunkin puun likiarvoista keskietäisyyttä neljään lähimpään naapuriinsa. Likimääräisen sisäleveyden arvot vaihtelivat koaloittain rajoissa 0,3—3,6 m (taulukko 7). Koko aineiston keskiarvo oli 1,9 m eli 36 % koko aineiston ulkoleveyksien keskiarvosta.

## 5. Ajouran vaikutus reunapuiden kehitykseen

### 51. Paksuuskasvu

Koalojen kaikista puista mitattiin tarkka rinnankorkeusläpimitta ja kuoren paksuus sekä määritettiin puiden sijainti ajouraan nähden. Kaikista puista kairattiin myös sädekasvun määritystä varten tarvittava näytelastu rinnankorkeudelta. Koepuista otettiin kaksi näytettä rinnankorkeudelta. Kaato-koepuista, joita oli yhteensä 420 kpl, kairattiin lisäksi kasvunäyte 6 m korkeudelta.

Kuvissa 5 ja 6 esitetään koko aineiston, 1730 puun, poikkileikkauspinnan suhteellinen kasvu vuosittain ennen ja jälkeen harvennuksen. Vertailuarvona (= 100) on käytetty harvennusta edeltäneen 10-vuotiskauden keskikasvua. Edellisessä kuvassa puut on ryhmitelty ajouran reunasta mitatun etäisyyden mukaan ja jälkimmäisessä ns. avautumiskulman mukaan (kuva 3).

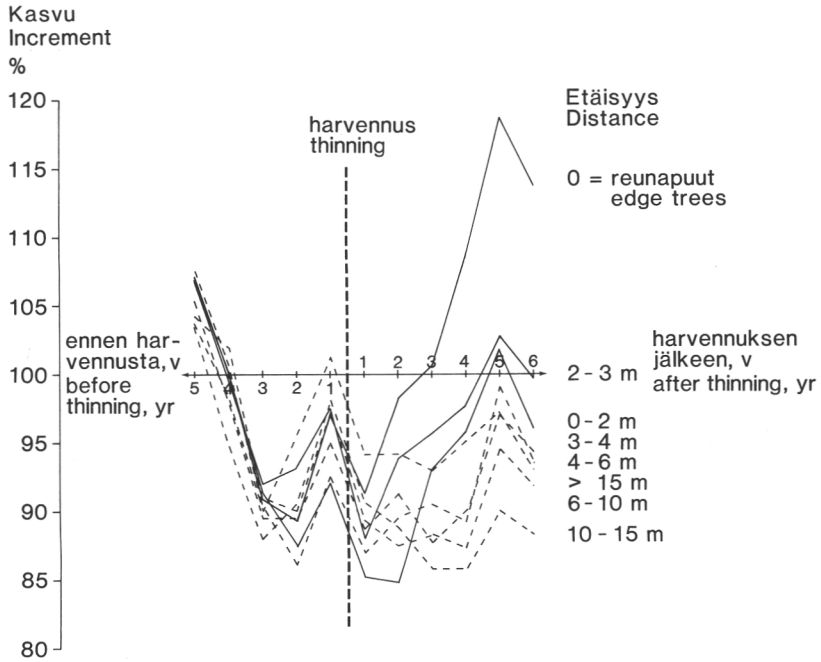
Ryhmiä väliset erot testattiin varianssi-analyysillä. Reunapuiden sekä niiden takana korkeintaan 3,0 m etäisyydellä ajouran reunasta sijaitsevien puiden kasvureaktiot poikkesivat merkitsevästi toisistaan. Myös yli

kolmen metrin etäisyydellä sijaitsevat puut erottuivat omaksi ryhmäkseen, mutta tämän ryhmän sisällä ei enää johdonmukaisia eroja havaittu.

Tutkitussa 20 koemetsikön aineistossa puukohtainen avautumiskulma oli johdonmukaisempi kasvureaktion selittäjä kuin puun etäisyys ajouran reunasta. Ryhmiteltäessä puut avautumiskulmansa mukaisesti luokkiin  $>180^\circ$ ;  $121^\circ - 180^\circ$ ;  $46^\circ - 120^\circ$  ja  $<45^\circ$  näiden luokkien kasvureaktiot erosivat merkitsevästi toisistaan (kuva 6).

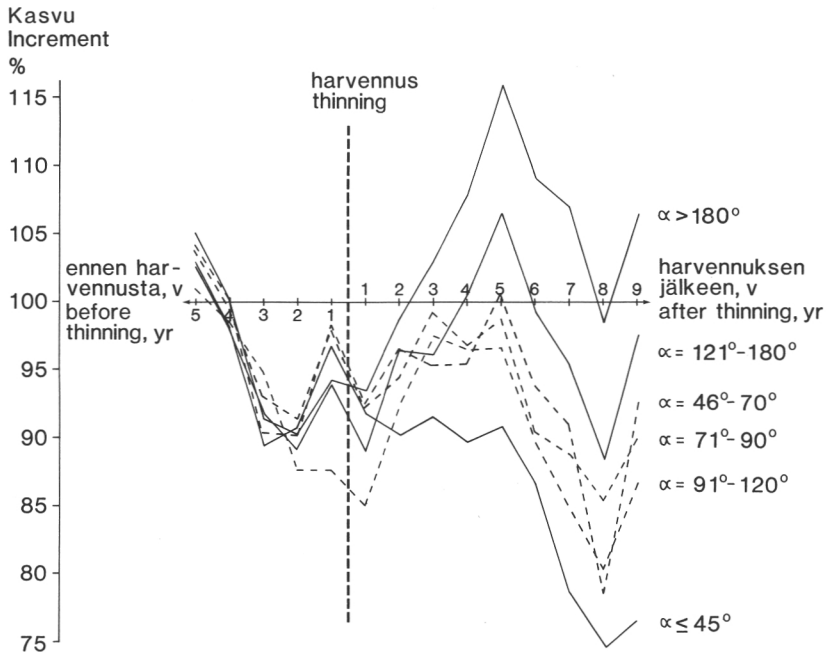
Ajouran vaikutus rinnankorkeudelta mitattuun paksuuskasvuun ulottui tämän aineiston mukaan kolmen metrin etäisyydelle ajouran reunasta tai vastaavasti puihin, joiden avautumiskulma ajouraan nähden oli yli  $45^\circ$ .

Ensimmäisenä harvennuksen jälkeisenä kasvukautena reagoivat vain äärimmäiset reunapuut, joiden avautumiskulma oli yli  $180^\circ$ . Toisesta kasvukaudesta lähtien kaikki luokat erottuivat toisistaan. Erot lisääntyivät johdonmukaisesti viidenteen kasvukauteen saakka ja pysyivät sen jälkeen jokseenkin



Kuva 5. Puun poikkileikkauspinta-alan suhteellinen keskikasvu eri etäisyyksillä ajouran reunasta. Harvennusta edeltävän 10-vuotiskauden keskikasvu = 100.

Figure 5. The mean proportional increment of the cross sectional area of the trees at different distances from the strip road edge. The mean increment during the 10 years' period before thinning is given the reference value = 100.



Kuva 6. Puun poikkileikkauspinnan suhteellinen keskikasvu eri avautumiskulmien mukaisissa luokissa. Harvennusta edeltävän 10-vuotiskauden keskikasvu = 100.

Figure 6. The mean proportional increment of the cross sectional areas of the trees classified according their open sector angles towards the strip road and bounded by neighbouring trees. The mean increment during the 10 years' period before thinning = 100.

Taulukko 8. Pohjapinta-alan suhteellinen kehitys puustoryhmittäin eri etäisyyksillä ajouran reunasta, kun reunavyöhykkeen ulkopuoliselle puustolle on annettu vertailuarvoksi 1,00. Tulokset laskettu kuuden ensimmäisen vuoden ajalta harvennuksen jälkeen.

Table 8. The proportional development of the basal area at different distances from the strip road edges during the first six years' period after the thinning. The basic stand is given the reference value 1.00.

Koeala Sample plot	Etäisyys ajouran reunasta Distance from edge of strip road	
	0,0 m <sup>1)</sup>	0,1—3,0 m <sup>2)</sup>
1	1,31	1,17
2	1,12	0,95
3	1,14	0,92
4	1,22	0,92
5	1,24	0,99
6	1,21	1,06
7	1,16	1,00
8	1,18	1,04
9	1,85*	1,65*
10	1,31	1,21
11	1,11	1,08
12	1,10	1,14
13	1,25	1,00
14	1,18	1,19
15	1,02	0,99
16	1,54	*
17	1,13	0,91
18	1,23	1,04
19	1,45*	1,08*
20	1,07	1,00
Keskiarvo Mean	1,20	1,04

<sup>1)</sup> Reunapuut — Edge trees

<sup>2)</sup> Taustapuut — Second edge trees  
Ks. kuva 2 — See Figure 2.

\* Ei mukana keskiarvon laskennassa.  
Not included in the means.

samantasoisina yhdeksän vuoden mittausjakson loppuun.

Luokkien vertailu osoitti, että luokat >180° ja 121° — 180° yhdistettyinä vastasivat reunapuiden luokkaa. Poikkeamia esiintyi vain 3—4 %:lla reunapuista. Vaikka siis maastotöiden yhteydessä reunapuut määriteltiin silmävaraisesti ja lähinnä kuljetusta-pahtumaa silmällä pitäen, voidaan niiden yksilöimiseen käyttää myös avautumiskulmaa. Reunapuuna voidaan pitää puuta, jonka avautumiskulma on yli 120°.

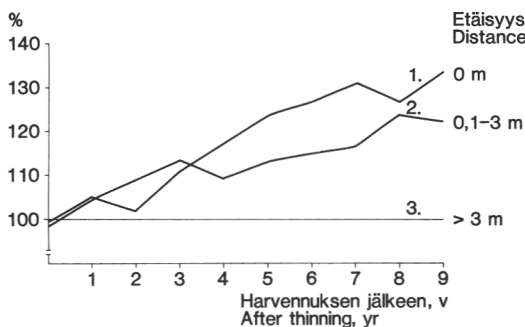
Taulukkoon 8 on koottu puuston pohjapinta-alan suhteelliset keskikasvut koealoitain kuuden ensimmäisen vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Keskimäärin reunapuiden ylimääräinen kasvu kuuden vuoden aikana oli 20 %. Vain koealalla 15 reunavai-utus oli lähes merkityksetön, 2 %. Kaikkiin kymmenellä koealalla todettiin paksuus-kasvun suhteellista voimistumista myös ns.

taustapuissa, jotka sijaitsivat korkeintaan kolmen metrin etäisyydellä ajouran reunasta kuulumatta kuitenkaan ajouratilaan rajaaviin varsinaisiin reunapuihin. Viidessä tapaukses- sa näiden puiden kasvussa ei ollut mitään eroa etäämmällä ajourasta sijaitsevaan peruspuustoon verrattuna. Neljällä koealalla (2, 3, 4 ja 17) oli havaittavissa sädekasvun taantumista reunapuiden takana sijaitsevilla puissa.

Poikkeuksellisen suuri reunavaikutus koealoilla 9 ja 19 liittyy epäilemättä metsiköiden lannoitukseen (ks. s. 6). Lannoituksen lisäksi näiden koealojen kohdalla ajouravyöhykkeen otettava huomioon ajouravyöhykkeen selvästi voimakkaampi harvennus vertailuvyöhykkeeseen verrattuna (taulukko 5). Samoin koealojen 10 ja 16 reunapuiden kasvureaktioon lienee vaikuttanut ajouran avaamisen lisäksi se, että ajourien reuna- puustot näillä koealoilla on harvennettu muuta aluetta voimakkaammin. Pohjapinta- alan mukaisten harvennusasteiden erot ajo- ura- ja vertailuvyöhykkeiden välillä olivat kyseisillä koealoilla seuraavat:

Koeala	Harvennusaste, % ppa:sta Ajoura- vyöhyke	Sisä- vyöhyke	Edellisten erotus
9	44	18	26
10	46	33	13
16	29	17	12
19	43	30	13

Tavanomainen ero vyöhykkeiden harvennus- asteessa oli alle 10 %-yksikköä. Pienin reu- navaikutus havaittiin puolestaan koealoilla, joissa harvennusasteet eivät poikenneet oleel-



1. Reunapuut — Edge trees 3. Peruspuut — Basic trees  
2. Taustapuut — Second edge trees

Kuva 7. Ajouran vaikutus reunapuiden poikkileikkaus- pinta-alan suhteelliseen kasvuun 6 m korkeudella.

Figure 7. The effect of strip roads on the proportional increment of the cross sectional areas of edge trees at a height of 6 metres.

lisesti toisistaan tai joissa ero oli päinvastainen.

Kuvassa 7 esitetään puun poikkileikkauspinta-alan suhteellinen kasvu kuuden metrin korkeudella. Havainnot on ryhmitelty ajouran reunasta mitatun etäisyyden funktiona. Paksuuskasvu kuuden metrin korkeudella lisääntyi ajouran avaamisen jälkeen suhteellisesti enemmän kuin rinnankorkeudella. Tulos on sikäli yllättävä, että harvennuksen ja siihen rinnastettavan reunavaikutuksen katsotaan yleensä heikentävän runkomuotoa.

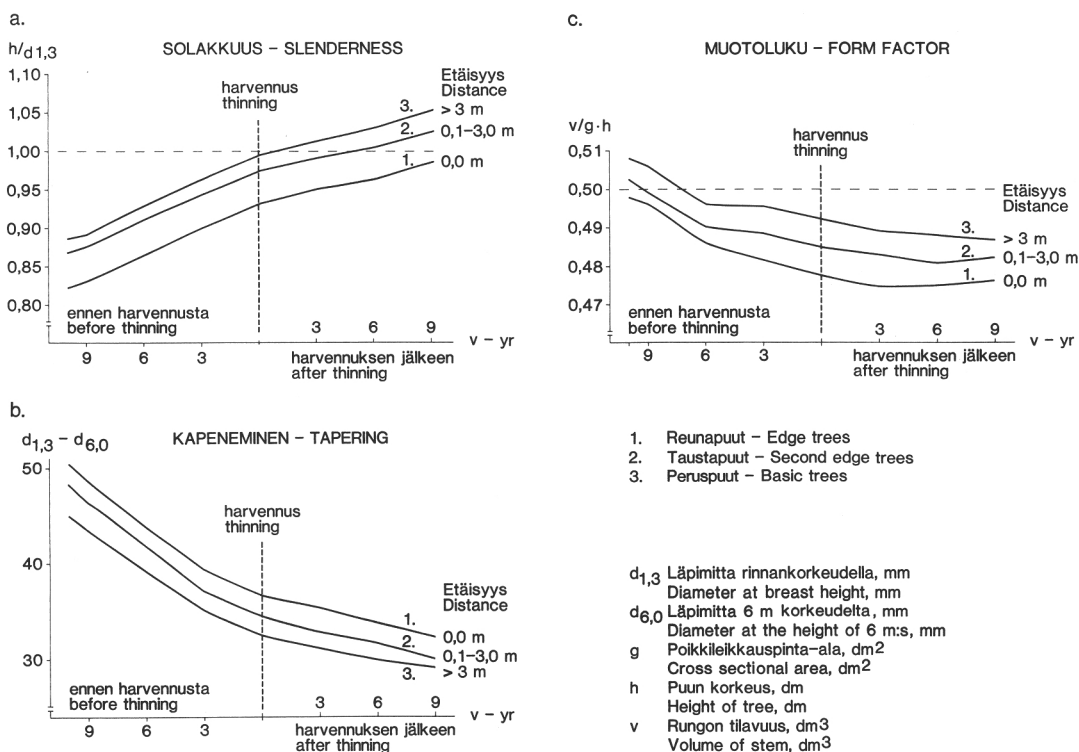
## 52. Pituuskasvu ja runkomuodon kehitys

Puiden pituuskasvureaktioita tutkittiin samalla tavalla kuin pohjapinta-alan kasvua. Aineistona olivat kaikki 420 kaatokoepuuta. Puun etäisyydellä ajourasta tai avautumiskulmalla ei havaittu olleen vaikutusta pituuskasvuun.

Kuvan 8 mukaisesti reunapuiden runkomuoto on selvästi muuta puustoa heikompi. Ero ei johdu kuitenkaan reunavaikutuksesta, sillä samat erot ovat olleet olemassa jo ennen harvennusta. Ainakin osittain tämä selittyy sillä, että reunapuiksi on tarkoituksellisesti valikoitunut keskimääräistä paksumpia ja ilmeisesti samalla tyvekkäämpiä puita.

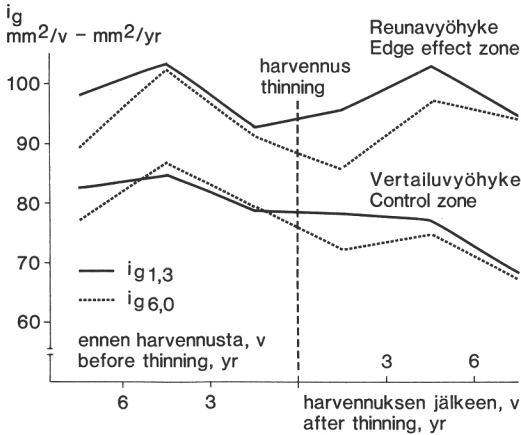
Muototunnusten muutokset ovat lyhyellä aikavälillä niin pieniä, että erot peittyvät muista syistä johtuvaan hajontaan. Muototunnusten absoluuttisten arvojen sijasta onkin syytä tarkastella niiden muutoksia harvennuksen jälkeen.

Reunapuiden solakkuus ( $h/d$ ) aleni tarkastelujakson aikana lähtöarvoonsa verrattuna n. 0,5 %-yksikköä. Tämä oli seurausta siitä, että rinnankorkeudelta mitattu paksuuskasvu reagoi voimakkaasti harvennuksen ja ajouran avaamiseen, mutta pituuskasvu ei. Kape-neminen ( $d_{1,3} - d_{6,0}$ ) lisääntyi reunapuilla aluksi n. 0,8 %-yksikköä, mutta myöhemmin, 6—9 v harvennuksen jälkeen, reunapui-



Kuva 8. Eräiden runkomuotoa kuvaavien tunnusten kehitys eri etäisyyksillä ajouran reunasta.  
Figure 8. The development of some stem form characteristics at different distances from the edge of the strip road.





Kuva 9. Rinnankorkeudelta ja 6 m korkeudelta mitattujen poikkileikkauspinta-alojen keskikasvu ( $i_g$ ) reunavyöhykkeen ja vertailuvyöhykkeen puilla.

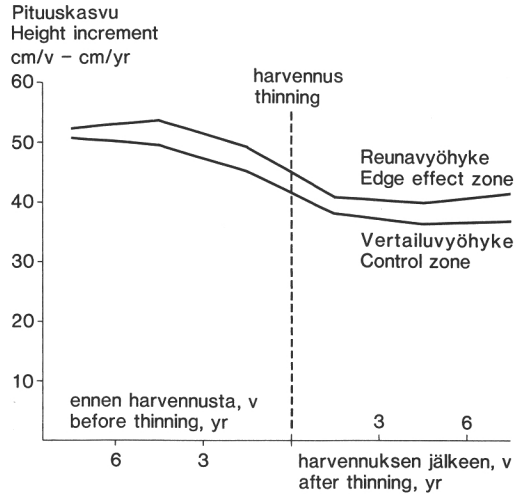
Figure 9. The mean increment of the cross sectional area ( $i_g$ ) measured at the heights of 1,3 and 6,0 metres. The stems were divided into two groups according their situation with respect to the strip road.

den kapenemisen lukuarvot olivat jo 2,5 %-yksikköä pienemmät harvennushetken arvoihin verrattuina.

Myös rinnankorkeusmuotoluvulla ( $v/gh$ ) kuvaten ajourien reunapuu ovat olleet jo harvennushetkellä tyvekkäämpiä kuin etäämmällä ajourasta sijainneet vertailupuut. Muotoluvun perusteella vaikuttaa siltä, että ajouralla oli jopa positiivinen vaikutus reunapuiden runkomuotoon. Tähän viittaa se, että ero reunapuiden ja yli 3 m etäisyydellä ajouran reunasta sijaitsevien puiden välillä pienentyi 0,5–1,0 %-yksikköä yhdeksän vuoden aikana.

Selkein kuva runkomuodon muutoksista saadaan vertailemalla kaatokoepuiden poikkileikkauspinta-alojen keskikasvuja 1,3 ja 6,0 m korkeudella sekä pituuskasvuja (kuvat 9 ja 10). Vuotuinen vaihtelu tasoitettiin laskemalla keskikasvut kolmen vuoden jaksoissa.

Puukohtaiset paksuuskasvut ovat olleet 3 m



Kuva 10. Kaatokoepuiden keskimääräinen pituuskasvu ajouran reunavyöhykkeen ja vertailuvyöhykkeen puilla.

Figure 10. The mean height increment of the felled sample trees divided into two groups according their situation with respect to the strip road.

leveällä reunavyöhykkeellä jo ennen harvennusta selvästi suurempia kuin tämän vyöhykkeen ulkopuolella. Metsiköiden kehitysvaiheen vuoksi poikkileikkauspinnan absoluuttinen kasvu kuuden metrin korkeudella on saavuttanut rinnantasalla tapahtuneen kasvun keskimäärin noin viisi vuotta ennen harvennusta ja osittain jopa ylittänyt sen. Heti harvennuksen jälkeen kasvu rinnantasalla on selvästi voimistunut ja ylittänyt vastaavan kasvun kuuden metrin korkeudella, mutta jo 7–9 v kuluttua tämänsuuntainen ero on hävinnyt. Tulos tukee aikaisempia harvennusreaktioista saatuja tuloksia (Vuokila 1980).

Yhteenvetona voidaan todeta, että ajouralla on lievästi negatiivinen mutta lyhytaikainen vaikutus runkomuotoon. Vertailua haittaa se, että ainakin tässä aineistossa reunapuiksi oli valikoitunut keskimääräistä järeämpiä ja samalla tyvekkäämpiä puita.

## 6. Ajoura-aukon aiheuttama kasvutappio

### 61. Kasvutappion arviointimenetelmät

Ajourakäytävän vaikutus puustoon vastaa perusteiltaan ja ilmenemismuodoltaan tavanomaisen harvennuksen aiheuttamaa kasvureaktiota. Koska ajouran ylimääräistä vaikutusta puuston kasvuun ei voida fyysisesti erottaa normaalista harvennusreaktiosta eikä tätä puolestaan puuston peruskasvusta, tutkimusta varten on jouduttu kehittämään useita rinnakkaisia arviointimenetelmiä, joilla on pyritty määrittelemään ajouran vaikutus puuntuotokseen. Seuraavassa esitellään viisi kokeiltua menetelmää sekä niillä saadut tulokset ajourien tuotosvaikutuksista.

Kolme ensimmäistä menetelmää perustuvat ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden keskinäiseen vertailuun. Kaksi viimeistä menetelmää perustuvat puolestaan ajouran ja sen reunavyöhykkeiden erilliseen tarkasteluun. Näissä

koelat jaetaan neljään puuntuotostasoltaan toisistaan poikkeavaan vyöhykkeeseen kuvan 2 mukaisesti. Menetelmiä verrattaessa ja niistä yhteenvedoa tehtäessä otetaan vielä huomioon reunapuuston tiheyden sekä hakku- tähteiden ja lannoituksen vaikutukset tutkimustuloksiin.

### 62. Ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden suora vertailu (menetelmä 1)

Välittömin tapa arvioida ajourien vaikutus puuntuotokseen on laskea ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden kokonaiskasvujen erotukset koelaittain. Taulukossa 9 esitetään vyöhykkeittäiset tilavuuskasvut 9 ensimmäisen vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Kaikkiaan 14 metsikössä ajouravyöhykkeen kasvu jäi

Taulukko 9. Sisä- ja ajouravyöhykkeiden vuotuiset tilavuuskasvut harvennuksen jälkeen sekä niiden erotukseen perustuva arvio ajourien aiheuttamasta tuostappiosta 9 ensimmäisen vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Ajourien väli- seksi etäisyydeksi on oletettu 30 m. Menetelmä 1.

Table 9. The annual volume growth losses caused by the strip roads, based on the differences of the volume increments in the control and parallel strip road zones after the first thinning. The distance between the strip roads is assumed to be 30 m. Method 1.

Koela Sample plot	Tilavuuskasvu Volume increment		Erotus Difference m <sup>3</sup> /ha/yr	Kasvutappio Loss of yield	
	Sisävyöhyke Control zone m <sup>3</sup> /ha/yr	Ajouravyöhyke Strip road zone m <sup>3</sup> /ha/yr		m <sup>3</sup> /ha/yr	%
2	14,5	11,9	2,6	1,33	9,2
3	7,8	9,3	-1,5	-0,77	-9,9
4	11,7	11,3	0,4	0,19	1,6
5	16,6	16,0	0,6	0,26	1,6
6	16,5	16,4	0,1	0,05	0,3
7	17,4	18,1	-0,7	-0,32	-1,8
8	10,1	12,3	-2,2	-1,10	-10,9
9	13,1	11,4	1,7	0,87	6,6
10	17,0	16,0	1,0	0,50	2,9
11	13,9	12,1	1,8	0,91	6,5
12	12,1	14,4	-2,3	-1,14	-9,4
13	11,7	11,0	0,7	0,34	2,9
14	14,5	13,0	1,5	0,73	5,0
15	14,9	13,0	1,9	0,94	6,3
16	9,2	8,9	0,3	0,15	1,6
17	14,5	14,4	0,1	0,07	0,5
18	10,5	9,5	1,0	0,50	4,8
19	17,4	14,9	2,5	1,23	7,1
20	14,5	15,9	-1,4	-0,67	-4,6
Keskiarvo Mean	13,6	13,1	0,43	0,21	1,1

ennakko-odotusten mukaisesti vertailuvyöhykkeen kasvua alhaisemmaksi. Koko aineistossa vyöhykkeiden välinen kasvuero oli keskimäärin 0,43 m<sup>3</sup>/ha/v.

Viidessä koemetsikössä (3, 7, 8, 12 ja 20) ajouravyöhykkeen kasvu ylitti vertailualueena pidetyn vertailuvyöhykkeen kasvun. Tulostosta näiden viiden koelan osalta arvioitaessa lähdettiin siitä, ettei syynä voinut olla ajoura-aukko sinällään, vaan jokin muu ehkä ajouran olemassaoloonkin liittyvä seikka. Todennäköisimpänä syynä pidettiin ajouravyöhykkeiden poikkeuksellista harvennuskäsittelyä juuri näillä koaloilla. Vaikka itse ajourilta oli poistettu kaikki puut, jäi näiden koalojen ajouravyöhykkeille siitä huolimatta, koalaa 7 lukuunottamatta, 5—27 % korkeampi pohjapinta-ala kuin vastaaville vertailuvyöhykkeille (taulukko 4).

### 63. Ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden kasvu- muutoksiin perustuva vertailu (menetelmä 2)

Vaikka keskenään verrattavat ajoura- ja vertailuvyöhykkeet sijaitsivatkin vierekkäin kasvupaikaltaan ja aikaisemmalta historialtaan mahdollisimman samankaltaisissa metsikön osissa, eivät ne kuitenkaan mittauksissa osoittautuneet täysin yhdenmukaisiksi (taulukot 3 ja 10). Tästä syystä kasvutappion laskenta perustettiin myös vyöhykkeittäisiin tilavuuskasvumuutoksiin seuraavan kaavan mukaisesti:

$$(6) \quad I = \frac{IC_{at}}{IC_{bt}} \cdot IS_{bt} - IS_{at}$$

I = ajouran aiheuttama kasvutappio  
IC = vertailuvyöhykkeen kasvu  
IS = ajouravyöhykkeen kasvu  
at = harvennuksen jälkeen  
bt = ennen harvennusta

Kaavassa esiintyvää tekijää  $\frac{IC_{at}}{IC_{bt}} \cdot IS_{bt}$ , pidetään tämän tarkastelun yhteydessä parhaana likiarvona ajouravyöhykkeen kasvulle sellaisessa tapauksessa, jossa ajouraa ei olisi avattu lainkaan ja jossa puusto olisi harvennettu vertailuvyöhykkeen mukaisesti. Vähentämällä tästä arviosta ajouravyöhykkeen todellinen kasvu saadaan tämän menetelmän mukainen likiarvo ajouran aiheuttamalle kasvutappiolle.

Taulukossa 10 esitetään koaloittain sisä- ja ajouravyöhykkeiden tilavuuskasvut ennen ja jälkeen harvennuksen sekä edellä kuvatulla tavalla johdetut arviot ajouran aiheuttamasta kasvutappiosta. Ajouravyöhykkeiden todelliset kasvut ovat olleet keskimäärin 0,35 m<sup>3</sup>/ha/v pienempiä kuin edellä kuvatulla tavalla johdetut vaihtoehtokasvut. Tämän tarkastelutavan mukaan peräti yhdeksällä koalalla yhdeksästätoista ajouravyöhyke on kasvanut ennakko-odotusten vastaisesti harvennuksen jälkeen paremmin kuin samojen koalojen vertailuvyöhykkeet. Ainakin koaloilla 3, 8, 12, ja 20 syynä lienee se, että näillä koaloilla vertailuvyöhykkeet oli harvennettu voimakkaammin kuin ajouravyöhykkeet. Voidaan olettaa, että ainakin näillä koaloilla ajouran vaikutus on peittyntyn tiheämmän reunapuuston aiheuttamaan lisäkasvuun.

### 64. Harvennusvalinnan ja puukohtaisen kasvun simulointeihin perustuva vertailu (menetelmä 3)

Kolmas ajourien aiheuttaman kasvutappion määrittäminen perustui harvennuksen simulointiin. Sen avulla yksilöitiin puut, jotka olisi jätetty kasvamaan ajouravyöhykkeille, mikäli ajouria ei olisi avattu lainkaan (kuva 4). Tarkoitusta varten kunkin koalan puusto palautettiin laskennallisesti sellaiseksi kuin se oli ollut harvennuksen ryhdyttyä. Kartoitettu ja keskeisiltä tunnuksiltaan estimoitu alkupuusto leimattiin Isomäen & Niemistön kehittämällä leimausohjelmalla (1983). Leimauserusteet valittiin mahdollisimman tarkasti vastaamaan niitä periaatteita, joita kullakin koalalla oli noudatettu vertailuvyöhykkeiden leimauksessa (Niemistö 1989).

Leimausohjelman tuottamalle vaihtoehtoiselle koalapuustolle laskettiin puukohtainen kasvu seuraavalla kasvumallilla:

$$(7) \quad \ln i_v = a + b \cdot \ln (d_t)$$

$i_v$  = yksittäisen puun vuotuinen tilavuuskasvu  
 $d_t$  = kuoreton läpimitta ( $d_{1,3}$ ) harvennushetkellä

Parametrit a ja b laskettiin erikseen jokaiselle koalalle käyttäen hyväksi kaikki ajouran

Taulukko 10. Vertailuvyöhykkeen harvennusreaktioon perustuva arvio ajouravyöhykkeen vaihtoehdoisesta vuotuisesta tilavuuskasvusta sekä ajourien aiheuttamasta tuotostappiosta 9 ensimmäisen vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Menetelmä 2.

Table 10. The estimated alternative annual volume increment in the strip road zone based on the thinning reaction in the parallel control zone and the corresponding estimation of the loss of annual yield caused by the opening of strip roads. Method 2.

Koeala Sample plot	Toteutunut kasvu Real increment				Vaihtoehtoinen kasvu Alternative increment $\frac{IC_{at} \cdot IS_{bt}}{IC_{bt}} = IA_{at}$	Erotus Difference $IA_{at} - IS_{at}$	Kasvutappio Loss of yield	
	$IC_{bt}$	$IS_{bt}$	$IC_{at}$	$IS_{at}$			$m^3/ha/v$	%
2	17,5	16,0	14,5	11,9	13,3	1,4	0,7	4,7
3	8,5	9,0	7,8	9,3	8,3	-1,0	-0,5	-6,7
4	9,6	9,8	11,7	11,3	11,9	0,6	0,3	2,8
5	16,4	16,3	16,6	16,0	16,5	0,5	0,2	1,5
6	17,6	16,4	16,5	16,4	15,4	-1,0	-0,5	-3,1
7	17,5	17,3	17,4	18,1	17,2	-0,9	-0,4	-2,6
8	9,5	11,5	10,1	12,3	12,2	-0,1	0,0	-0,4
9	11,3	13,0	13,1	11,4	15,1	3,7	1,8	14,0
10	18,0	20,1	17,0	16,0	19,0	3,0	1,5	8,8
11	15,5	15,2	13,9	12,1	13,6	1,5	0,8	5,5
12	11,6	13,5	12,1	14,4	14,1	-0,3	-0,2	-1,3
13	12,0	11,4	11,7	11,0	11,1	0,1	0,1	0,5
14	15,6	13,9	14,5	13,0	12,9	-0,1	0,0	-0,3
15	14,1	13,0	14,9	13,0	13,7	0,7	0,4	2,5
16	9,0	9,7	9,2	8,9	9,9	1,0	0,5	5,5
17	19,6	18,6	14,5	14,4	13,8	-0,6	-0,3	-2,2
18	18,5	16,6	10,5	9,5	9,4	-0,1	0,0	-0,4
19	21,4	20,9	17,4	14,9	17,0	2,1	1,0	6,0
20	20,3	16,7	14,5	15,9	11,9	-4,0	-2,0	-13,7
Keskiarvo								
Mean	14,9	14,7	13,6	13,1	13,5	0,3	0,2	1,1

I = tilavuuskasvu — volume increment  
 C = vertailuvyöhyke — control zone  
 S = ajouravyöhyke — strip road zone  
 bt = ennen harvennusta — before thinning  
 at = harvennuksen jälkeen — after thinning

reunavaikutuksen ulkopuolelle jäävät puut. Tilavuuskasvun arvio perustettiin yksinomaan rinnankorkeusläpimitaan, koska se oli ainoa käyttökelpoinen tunnus, joka todellisessa harvennuksessa poistetuille puille pysyttiin likiarvoisesti määrittämään kantomittausten perusteella.

Taulukkoon 11 on koottu koaloittain edellä selostetulla tavalla lasketut kasvuarviot, jotka siis kuvaavat niiden puiden yhteenlaskettua tilavuuskasvua harvennuksen jälkeen, jotka olisi jätetty kullekin koalalle kasvamaan alaharvennuksen jälkeen ilman ajouria. Koko aineistossa harvennuksen simulointiin perustuva kasvu arvio jää vertailuvyöhykkeiden osalta 0,7 % alhaisemmaksi kuin toteutunut kasvu keskimäärin, joten tämä menetelmä tuskin johtaa ainakaan ajourien aiheuttaman kasvutappion yliarviointiin.

Ajouravyöhykkeiden mitattu kasvu oli keskimäärin 1,3 m<sup>3</sup>/ha/v eli 8,7 % alhaisem-

pi kuin samoille alueille simuloidut vaihtoehtoiskasvut. Jos ajourat on avattu 30 m välein, saadaan niiden aiheuttaman hehtaarikohtaisen kasvutappion määrä jakamalla edellä esitetyt, pelkästään 15 m leveitä ajouravyöhykkeitä koskevat luvut kahdella. Koealoilla 6, 7, 14 ja 20 ajouravyöhykkeiden todellinen kasvu oli ollut ennako-odotusten vastaisesti korkeampi kuin simulointimenetelmällä samoille vyöhykkeille saadut vaihtoehdot kasvu arviot.

#### 65. Ajoura-aukon ja reunavyöhykkeen pinta-alaosuusien tarkasteluun perustuva arvio (menetelmä 4)

Puukohtaisten kasvuanalyysien mukaan ajourien reunapuut kasvoivat muuta puustoa nopeammin. Useilla koaloilla ajourien vaikutus oli havaittavissa myös taustapuissa eli

Taulukko 11. Harvennusvalinnan ja puukohtaisen kasvun simulointeihin perustuva ajourien aiheuttama vuotuinen tuotostappio. Ajouraväli = 30 m. Menetelmä 3.

Table 11. The annual volume growth losses caused by the strip road derived by simulation. The distance between the strip roads is assumed to be 30 m. Method 3.

Koeala Sample plot	Ajouravyöhyke — Strip road zone		Erotus Difference	Kasvutappio Loss of yield	
	Simuloitu kasvu Simulated volume growth $m^3/ha/\bar{y}_r$	Toteutunut kasvu Actual volume growth $m^3/ha/\bar{y}_r$		$m^3/ha/\bar{y}_r$	$m^3/ha/\bar{y}_r$
2	13,17	11,88	1,29	0,65	4,5
3	10,60	9,33	1,27	0,64	8,2
4	11,43	11,34	0,09	0,05	0,4
5	17,62	16,03	1,59	0,79	4,8
6	15,70	16,37	—0,67	—0,34	—2,1
7	18,03	18,05	—0,02	—0,01	—0,1
8	12,65	12,31	0,34	0,17	1,7
9	15,33	11,38	3,95	1,98	15,1
10	20,01	16,02	3,99	2,00	11,8
11	14,95	12,09	2,86	1,43	10,3
12	14,80	14,41	0,39	0,20	1,7
13	11,38	11,04	0,34	0,17	1,5
14	12,61	13,00	—0,39	—0,20	—1,4
15	14,79	13,00	1,79	0,90	6,0
16	9,96	8,86	1,10	0,55	6,0
17	16,38	14,41	1,97	0,98	6,8
18	11,11	9,50	1,61	0,80	7,6
19	18,22	14,91	3,31	1,65	9,5
20	14,99	15,88	—0,89	—0,45	—3,1
Keskiarvo Mean	14,41	13,15	1,26	0,63	4,7

korkeintaan 3 m etäisyydellä ajouran reunasta (taulukko 8). Tätä etäämmällä ajourasta sijaitsevat puut edustivat sitä kasvun tasoa, joka olisi toteutunut ilman ajourien avaamista koko metsikön alueella.

Aiemmin luvussa 4 on esitetty eri perusteista lähteviä arvioita ajourien puuntuotannollisesta leveydestä (taulukko 7). Koska ajourien puuntuotannollisten leveyskäsitteiden keskinäistä paremmuutta ei pystytä nyt esiteltävän tutkimuksen yhteydessä luotettavasti arvioimaan, käytetään seuraavassa esimerkkilaskelmassa kaikkiaan viidellä eri tavalla johdettujen puusto- ja sisäleveyksien (taulukko 7) aritmeettista keskiarvoa, 2,3 m. Jos ajouraväliksi oletetaan 30 m, edustaa näin määritetty ajoura 7,6 % metsikön koko pinta-alasta. Tätä ajouratilaa pidettiin puuntuotannon ulkopuolelle jääneenä eli sen ei katsottu tuottavan tarkastelujakson aikana lainkaan puuta.

Ajouran ulkoleveyden, joka koko aineiston osalta oli 5,1 m (taulukko 7), ja edellä määritellyn puuntuotannollisen ajouraleveyden erotus, 2,8 m, kuuluu tässä tarkastelussa kokonaan ajouran reunapuiden kasvutilaan. Ajouran reunapuiden katsotaan kilpailevan

myös 3 m leveästä reunavyöhykkeestä ajouran molemmin puolin. Olettamalla, että tämä yhteensä 6 m leveä reunavyöhyke jaetaan sillä kasvavien taustapuiden ja sen reunassa kasvavien — ja näin ollen vain puolittain siitä kilpailevien reunapuiden kesken, näiden puustoryhmien pohjapinta-alojen suhteessa, saadaan koko aineiston osalta reunapuiden kasvutilan leveydeksi 5,7 m eli 19,1 % metsikön pinta-alasta ja taustapuiden kasvutilan leveydeksi 3,1 m, mikä vastaa 10,4 % metsikön koko pinta-alasta. Ajourien välisen etäisyyden oletetaan tällöin olevan 30 m.

Edellä kuvattujen, ajouraan liittyvien erikoisvyöhykkeiden ulkopuolelle jää yhteensä 18,9 m leveä peruspuuston vyöhyke, joka on 62,9 % metsikön koko pinta-alasta. Kun tämän peruspuuston kasvua vastaavaksi vertailuluvuksi merkitään 1,00, saavat koko aineiston reunapuut vertailuarvon 1,20 ja reunapuiden varjossa sijaitsevat taustapuut arvon 1,04 (taulukko 8).

Tässä menetelmässä siis kukin koeala jaettiin neljään, puuntuotantotasoltaan erilliseen vyöhykkeeseen, joiden yhteenlaskettu leveys oli perusolettamuksen mukaisesti 30 m. Käyttämällä edellä esitettyjä koko aineiston



Taulukko 12. Koealan pinta-alan vyöhykkeittäiseen jakoon perustuva arvio ajourien aiheuttamasta tuotostappiosta 6 ensimmäisen vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Vyöhykkeiden suhteelliset kasvutasot esitetty taulukossa 8. Koealan leveys = ajouraväli = 30 m. Menetelmä 4.

Table 12. The annual volume growth losses caused by the strip road based on the detailed analysis of the growing space. The proportional growth rates of the zone stands presented in Table 8. The width of the sample plot = the distance of the strip roads = 30 m. Method 4.

Koeala	Ajouran leveys**	Reunapuuvyöhyke	Taustapuuvyöhyke	Vertailuvyöhyke	Kasvutappio 6 vuoden aikana harv. jälkeen	
Sample plot	Width of the strip road**	Zone of the edge trees	Zone of the second edge trees	Control zone	Loss of yield under the 6 years' period after the thinning	
% koealan pinta-alasta					m <sup>3</sup> /ha/yr	%
% from the total area of the plot						
2	6,59	24,24	6,34	62,83	0,58	4,00
3	8,01	12,89	13,93	65,17	0,57	7,32
4	8,07	14,85	14,11	62,97	0,69	5,93
5	7,00	18,79	10,34	63,87	0,43	2,59
6	6,63	18,39	9,92	65,07	0,36	2,17
7	5,29	13,98	13,99	66,73	0,53	3,06
8	7,56	18,13	12,78	61,53	0,38	3,79
9	12,71	15,33	12,83	59,13	-1,13*	-8,66*
10	9,84	24,89	6,77	58,50	0,12	0,70*
11	10,82	17,87	9,91	61,40	1,12	8,06
12	4,19	28,74	6,10	60,97	0,06*	0,46*
13	10,07	21,52	10,68	57,73	0,55	4,69
14	4,62	21,41	9,17	64,80	-0,14*	-0,98*
15	4,71	18,04	11,31	65,93	0,67	4,47
16	5,83	16,90	10,00	67,27	-0,30*	-3,30*
17	6,33	22,61	6,39	64,67	0,58	3,97
18	9,43	18,82	10,28	61,47	0,49	4,69
19	9,39	18,86	10,75	61,00	0,01*	0,05*
20	7,13	16,43	11,77	64,67	0,87	5,98
<b>Keskiarvo</b>						
<i>Mean</i>	7,59	19,09	10,39	62,93	0,60	4,67

\* Ei mukana keskiarvon laskennassa.  
Not included in the means.

\*\*Viiden puuntuotannollisen leveyskäsitteen keskiarvo, ks. taulukko 6.  
The mean of five different "productive" values of the strip road width. See Table 6.

keskiarvolukuja saatiin osavyöhykkeiden puuntuotantokyvystä seuraava laskelma:

Vyöhyke	Leveys m	% pinta-alasta	suht. kasvu	% metsikön kasvupotentiaalista
Ajoura	2,3	7,6	0,00	0,0
Reunapuut	5,7	19,1	1,20	22,9
Taustapuut	3,1	10,4	1,04	10,8
Peruspuut	18,9	62,9	1,00	62,9
<b>Yhteensä</b>	<b>30,0</b>	<b>100,0</b>		<b>96,6</b>

Metsikön kasvupotentiaalista on tämän laskelman mukaan pystytty käyttämään 96,6 % eli puuntuotannon mahdollisuuksista on jäänyt ajourien takia hyödyntämättä keskimäärin 3,4 %. Kun otetaan huomioon, että puuntuotannon ulkopuolelle jäi 7,6 % metsikön koko pinta-alasta, on reunavaikutus pystynyt korvaamaan lähes 60 % tästä kasvutilan laskennallisesta menetyksestä.

Aineiston valintamenettelyn ja osittain myös sen vähäisyyden takia tutkimuksen tuloksia on arvioitava keskiarvojen lisäksi myös tapauskohtaisesti. Tätä varten taulukkoon 12 on koottu kaikista koealoista laskelmien perustiedot sekä niistä lasketut arviot ajourien aiheuttamasta tuotostappiosta.

Jättämällä tarkastelun ulkopuolelle koealat 9 ja 19, jotka tarkastelujakson aikana oli lannoitettu, tuloksissa kiinnittää huomiota vielä odotuksen vastainen kasvuun lisäksi koealoilla 14 ja 16 sekä kasvutappion vähäisyys koealoilla 10 ja 12. Aikaisemmin esitettyjä puustotietoja vertaillen voidaan olettaa, että koealojen 10 ja 16 kohdalla reunapuuden voimakas sädekasvureaktio on yhteydessä näiden reunapuustojen poikkeukselliseen harvennuskäsittelyyn (taulukko 5). Voimakas sädekasvu näiden kahden koealan reunavyöhykkeillä ei siis johdu pelkästään ajourasta ja

metsikön perusharvennuksesta, vaan myös reunapuuston vertailuvyöhykettä voimakkaammasta, ylimääräisestä harvennuksesta.

Koelialalla 12 ajouravyöhykkeelle on jätetty 22 % runsaampi puusto kuin vertailuvyöhykkeelle (taulukko 4). Tällä koelialalla on reunavyöhykkeen puuston osuus peräti 44 % ja varsinaisten reunapuiden osuus 36 % koko metsikön jäävästä puustosta (taulukko 6). Nämä luvut ovat suurempia kuin millään muulla tutkimuksessa mukana olleella koelialalla. Lähinnä tästä syystä ajouran puuntuotannollinen leveys on vain 1,3 m, vaikka toisaalta ajouran ulkoleveys, 5,7 m, on aineiston suurimpia. Poikkeuksellisen runsas reunapuusto alentaa ajouran puuntuotannollisen leveyden laskennallista arvoa käytettäessä sen määrittämiseen tässä esitettyä menetelmää. Tällä perusteella voidaan katsoa, että myös koemetsikkö 12 edustaa tavanomaisesta poikkeavaa ajouran reunavyöhykkeen käsittelytapaa ja näin ollen se on syytä erottaa muusta aineistosta keskiarvojen laskennan ulkopuolelle.

Myös koelialalla 14 ajouran puuntuotannollinen leveys on jäänyt poikkeuksellisen alhaiseksi. Viidellä määrittymenelmällä saatu keskiarvo, 1,4 m, on koalan 12 jälkeen toiseksi alhaisin koko aineistossa. Koska tässä esiteltyä menetelmää käytettäessä ajouran aiheuttama tuotostappio on suoraan riippuvainen ajouran puuntuotannollisesta leveydestä, jätetään myös koalan 14 antama poikkeuksellinen tulos keskiarvotarkastelun ulkopuolelle.

Jos edellä esitetyt koelakohtaiset varaukset hyväksytään ja otetaan sellaisinaan huomioon, aineistosta jää jäljelle 13 koelaa, joiden voidaan katsoa edustavan alkupuustoltaan ja harvennuskäsittelyltään tavanomaista kasvatuskuusikkoa. Näissä metsiköissä ajouran ei katsota vaikuttaneen radikaalisti sitä lähellä sijaitsevan puuston käsittelyyn. Laskemalla näin pelkistetyn aineiston antamat keskiarvot, saadaan ajourien aiheuttaman kasvutappion arvioksi 0,60 m<sup>3</sup>/ha/v eli 4,7 %.

## 66. Ajoura-aukon ja reunavyöhykkeen puustosuuksien tarkasteluun perustuva arvio (menetelmä 5)

Edellä esitetyn pinta-alaosuuksiin perustuvan laskennan sijasta sama arvio voidaan tehdä

myös pelkkien puusto-osuuksien perusteella. Käyttämällä jälleen esimerkkilaskennan lähtötunnuksina koko aineistoa koskevia keskiarvoja saadaan metsikön puuntuotantokyvystä seuraavan asetelman mukainen yhteenvedo:

Puustoryhmä	% koko puustosta	suht. kasvu	% metsikön kasvupotentiaalista
Ajourapuusto	8,7	0,00	0,0
Reunapuusto	20,5	1,20	24,6
Taustapuusto	11,2	1,04	11,6
Peruspuusto	59,6	1,00	59,6
Yhteensä	100,0		95,8

Tässä laskelmassa ajouralta poistettu puusto on arvioitu kartoitettujen puu- ja kantotietojen perusteella käyttämällä hyväksi puuston leimausohjelmaa (Isomäki & Niemistö 1983). Näin määritelty ajourapuusto vastaa samaa osuutta metsikön kokonaispuustosta kuin aikaisemmin kappaleessa 421 ja taulukossa 7 esitetty ajouran puustoleveys harvennuksen jälkeen vastaa metsikön pinta-alasta. Muiden puustoryhmien suhteelliset osuudet on johdettu taulukon 6 perusteella. Tämän laskelman mukaan metsikön puuntuotantopotentiaalista jää ajourien takia käyttämättä 4,2 %.

Esitetyllä menetelmällä on laskettu kaikille tarkastelun kohteena olleille 19 koelialalle vyöhykekohtaiset puusto-osuudet sekä ajourien väliseksi etäisyydeksi 30 m (taulukko 13). Käyttäen havaintojen karsintaan samoja perusteita kuin edellisessä kappaleessa saadaan ajouran aiheuttaman tuotostappion arvioksi tällä menetelmällä 0,73 m<sup>3</sup>/ha/v eli 5,6 %.

## 67. Ajourien aiheuttaman kasvutappion määrään vaikuttavat lisätekiöt

### 671. Reunapuuston harvennusaste

Vaikka kerätty aineisto käsittää vain 20 tilapäiskoelaa ja se harkitusti valittiin edustamaan Etelä-Suomen harvennuskuusikoiden ”parhaimmistoa”, voidaan tulosten perusteella tehdä arvioita myös kasvutappion määrään vaikuttavista oheistekijöistä. Arvio perustuu koalojen antamien tulosten tapauskohtaiseen tarkasteluun.

Mikäli ajourien suunnittelu olisi tapahtu-

Taulukko 13. Puuston runkofilavuuden ryhmittely ajouran suuntaisiin ja siihen suhteutettuihin puuntuotantovyöhykkeisiin sekä tähän perustuva arvio ajourien aiheuttamasta tuotostappiosta. Ajouraväli = 30 m. Puustoryhmien suhteelliset kasvutasot esitetty taulukossa 8. Menetelmä 5.

Table 13. The annual volume growth losses caused by the strip road based on the growth analysis of the stand volume. The total stem wood volume is divided into four different groups according to the relationship with the strip road opening. The distance of the strip roads = 30 m. The proportional growth rates of the are presented in Table 8. Method 5.

Koeala Sample plot	Poistettu ajouralta Cut from strip road	Reuna- puusto Edge trees	Tausta- puusto Second edge trees	Perus- puusto Basic trees	Kasvutappio 6 vuoden aikana harv. jälkeen Loss of yield under the 6 years' period after thinning	
	% metsikön runkofilavuudesta % from the total stem wood volume of the stand				m <sup>3</sup> /ha/yr	%
2	8,90	23,60	5,51	61,99	0,92	6,3
3	8,60	15,93	17,77	57,70	0,61	7,8
4	6,40	15,32	17,76	60,52	0,52	4,5
5	6,13	20,35	10,55	62,97	0,22	1,4
6	7,83	18,83	9,55	63,79	0,54	3,3
7	3,80	13,78	16,47	65,95	0,28	1,6
8	4,27	15,92	15,34	64,47	0,08*	0,8*
9	14,83	17,42	15,59	52,16	-1,32*	-10,1*
10	12,47	28,63	7,11	51,79	0,36	2,1
11	12,47	17,07	8,09	62,37	1,38	9,9
12	4,03	34,80	7,79	53,38	-0,07*	-0,5*
13	12,43	22,68	14,80	50,09	0,79	6,8
14	3,50	21,64	9,86	65,00	-0,33*	-2,3*
15	9,67	23,16	15,41	51,76	1,39	9,4
16	8,73	14,16	0,00	77,11	0,10*	1,1*
17	8,10	24,33	5,64	61,93	0,79	5,4
18	13,00	20,44	10,53	56,03	0,83	7,9
19	12,60	21,67	11,99	53,74	0,33*	1,9*
20	7,57	18,87	13,67	59,89	0,91	6,2
Keskiarvo Mean	8,70	20,45	11,23	59,61	0,73	5,6

\* Ei mukana keskiarvon laskennassa.  
Not included in the means.

nut vasta puukohtaisen metsänhoidollisen leimauksen jälkeen, koealojen reunavyöhykkeille olisi jäänyt yhtä runsas puusto kuin vertailuvyöhykkeille. Taulukosta 4 voidaan kuitenkin todeta, että sekä runkolukuja että erityisesti pohjapinta-aloja koskeva suhdelu-ku ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden välillä on vaihdellut voimakkaasti eri koealoilla.

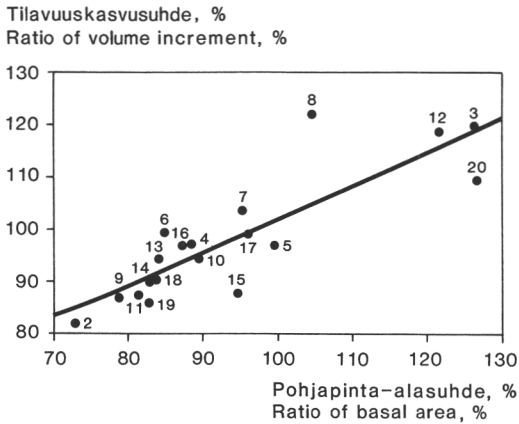
Regressioanalyysit osoittivat, että ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden kasvuerojen tehok-  
kain selittäjä ei ollut suinkaan itse ajoura-  
vaan kasvamaan jätetyn puuston määrä. Ku-  
vaamalla ajouravyöhykkeiden kasvun ja  
puustopääoman tasoa suhdeluilla siten, et-  
tä vertailuvyöhykkeiden vastaaville tunnuk-  
sille annettiin arvo 100, saatiin näiden suhde-  
lukujen välille seuraavan yhtälön mukainen  
riippuvuus (kuva 11):

$$(8) \quad y = 37,15 + 64,70x, \text{ jossa}$$

y = ajouravyöhykkeen tilavuuskasvun  
suhde vertailuvyöhykkeen tilavuus-  
kasvuun, % sekä

x = ajouravyöhykkeelle kasvamaan jätetyn  
puuston pohjapinta-alan suhde vertailu-  
vyöhykkeelle jätetyn puuston pohja-  
pinta-alaan, %.

Malli selitti ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden kasvusuhteen vaihtelusta 73,4 %. Kuvassa 11 kiinnittävät huomiota koealojen 8 ja 15 havaintoarvot, jotka poikkeavat eniten yhtälön mukaisesta suorasta. Jos näiden koealojen suhteellista kasvua määritettäessä otettaisiin huomioon ennen harvennusta vallinnut ero ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden kasvutasoissa, saisi edellinen arvon 100,8 ja jälkimmäinen eli koeala 15 vastaavasti arvon 94,9. Tämäkin on omiaan vahvistamaan käsitystä, että riippuvuussuhde puuston määrän ja kas-



Kuva 11. Ajouravyöhykkeen tilavuuskasvun riippuvuus vyöhykkeelle jätetyn puuston pohjapinta-alasta. Molemmat tunnuksella ilmaistu suhdeluksina vertailuvyöhykkeen vastaaviin arvoihin verrattuna.

Figure 11. Dependence of the volume increment on the basal area in the 15 m wide strip road zone when the both characteristics are expressed by percentage ratios to the corresponding rates in the parallel 15-m-wide control zone.

vun välillä on erittäin kiinteä ja muodoltaan suoraviivainen. Käytännössä kysymyksen tulevilla pohjapinta-alasuhteen tasoilla yhtälö antaa ajouravyöhykkeen ja vertailuvyöhykkeen tilavuuskasvujen suhteelle seuraavia arvoja:

Pohjapinta-alasuhte, %	Tilavuuskasvusuhde, %
130	121,3
120	114,8
110	108,3
100	101,9
90	95,4
80	88,9
70	82,4

Esimerkiksi pohjapinta-alasuhteen arvolla 100 yhtälö antaa kasvusuhdeksi arvoksi 101,9. Tämän mukaan ajouravyöhykkeen tuotos olisi lähes 2 % vertailuvyöhykkeen tuotosta korkeampi, mikäli ajouravyöhykkeelle jätettäisiin kasvamaan yhtä runsas puusto kuin rinnakkaiselle vertailuvyöhykkeelle. Yllättävää tulosta arvioitaessa on otettava huomioon, että kaikissa koemetsiköissä ajourille ja niiden reunavyöhykkeille on korjuun yhteydessä kertynyt runsaasti hakkuutähteitä, joiden erillistä lannoitusvaikutusta ei voida tässä yhteydessä luotettavasti arvioida.

Pohjapinta-alasuhteen arvolla 92 % yhtälön arvoksi saadaan 96,7. Tämä vastaa tapausta, jossa ajouran takia on poistettu tutkimusaineiston keskiarvon mukaisesti 8 % muutoin kasvatuskelpoisesta puustosta ja jossa reunapuusto on jätetty tiheydeltään tarkasti vertailuvyöhykkeen puuston kaltaiseksi. Kasvutappion määräksi tulisi tällaisessa tapauksessa 3,3 %.

Jos taas ajouran avaamisen lisäksi reunapuusto harvennettaisiin 10 % voimakkaammin kuin vertailuvyöhykkeen puusto, mikä saattaisi vastata nykyisten kuormainharvestereiden työskentelyedellytyksiä, olisi tästä odotettavissa yhtälön mukaan 9,8 % kasvutappio koko metsikön tasolla.

Pelkästään tätä yhtälöä soveltaen näyttää siltä, että jättämällä reunapuusto muuta puustoa tiheämmäksi ajouralla ei olisi lainkaan kielteistä vaikutusta metsikön kokonaistuotokseen. Nuoren kuusikon kasvu on tämän mukaan selvästi riippuvainen puuston kokonaismäärästä. Sitä vastoin ajouran edellyttämällä pienialaisella tiheysvaihtelulla eli puuiden välisellä epäsäännöllisellä tilajärjestyksellä ei näytä tämän tarkasteltavan mukaan olevan tuotosta alentavaa vaikutusta.

## 672. Ajouran leveys

Kun otettiin erikseen huomioon ajouravyöhykkeelle jätetyn puuston määrä, ei ajouran erilaisilla leveyskäsitteillä eikä leveyden vaihtelulla saatu enää tilastollisesti merkitsevää lisäystä tuotostappion vaihtelun selitykselle. Tutkimusaineiston edustamisissa tapauksissa ajouran leveyden vaihtelulla ei siis näyttäisi olevan johdonmukaista vaikutusta ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden välisiin kasvueroihin.

Tulosta arvioitaessa on syytä kiinnittää huomiota siihen, että aineiston kaikki koealat edustivat keskenään samantyyppistä puunkorjuumenetelmää, jossa puutavaran maastokuljetukseen käytettiin keskikokoista kuormatraktoria. Kun tämän lisäksi kaikki tutkimusmetsiköt olivat maastoltaan tasaisia, voidaan ainakin ajourien suunniteltua tavoitevevyyttä pitää eri koealoilla lähes samana. Tutkimusmetsiköiden välillä todettua ajouraleveysien vaihtelua selittävät ainakin osittain puuston kehitysasteen ja siihen liittyvän tiheyden vaihtelu sekä puuston aukkoisuus, jota on saatettu käyttää hyväksi ajourien suuntauksessa.

Ajourasuunnittelun keskeisenä lähtökoh-  
tana on kuljetuskaluston tilantarve. Mitä  
pienempää ja ketterämpää kalustoa käyte-  
tään, sitä enemmän ajourien suuntauksessa  
voidaan käyttää hyväksi puuston luontaista  
aukkoisuutta. Toisaalta myös harvennuksen  
jälkeinen tiheys vaikuttaa oleellisesti siihen  
puumäärään, joka ajouran avaamiseksi on  
normaalin harvennuspoistuman lisäksi tai  
osittain sen sijasta kaadettava.

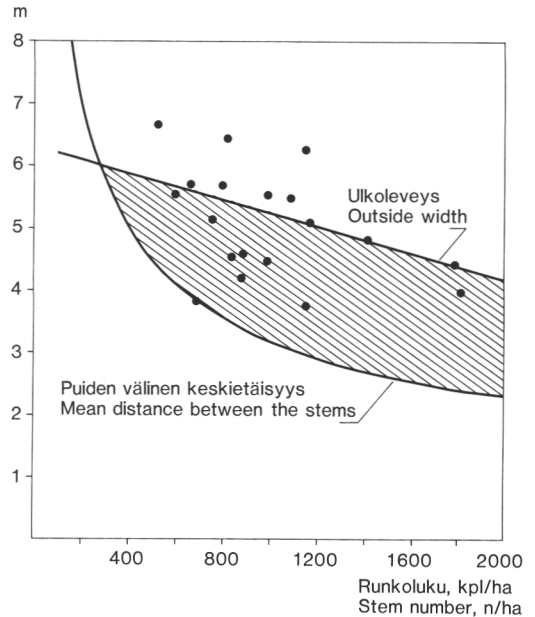
Kuvassa 12 esitetään ajouran ulkoleveyden  
ja puuston tiheyden välinen riippuvuussuhde.  
Näiden tunnusten välillä esiintyy löysätkö,  
mutta tilastollisesti merkitsevä negatiivinen  
riippuvuus. Sen mukaan ajouran ulkoleveys  
kasvaa yhdellä metrillä, jos puuston tiheys  
alenee 750 kpl/ha.

Kuvaan 12 on piirretty myös puiden väli-  
sen keskietäisyyden kuvaaja. Ajouran ulko-  
leveyttä ja puiden välistä keskietäisyyttä ku-  
vaavien käyrien väliin jäävä rasteroitu alue  
edustaa ajouran likimääräistä sisäleveyttä,  
IWD, (ks. kappale 432) eli sitä ajouran osaa,  
joka eri puustotiheyksillä ajourien aikaan-  
saamiseksi on avohakattava. Kuvan perus-  
teella voidaan arvioida, että tavanomaisen  
ensiharvennuksen yhteydessä, jolloin jätetään  
900—1500 puuta hehtaarille, ajourien aika-  
ansaamiseksi on avohakattava hieman yli  
2 m leveä käytävä. Liitettynä puiden väliseen  
vapaaseen tilaan tämä tarjoaa riittävän kul-  
kuväylän keskikokoiselle kuormatraktorille.

Jos ajourat avataan vasta toisen harven-  
nuksen yhteydessä, jolloin jäävän puuston ti-  
heys on arviolta 600—900 kpl/ha, avohakat-  
tava käytävä on enää noin 1,5 m leveä. Ku-  
van mukaan ajouraa varten ei tarvitse hakata  
ylimääräistä puustoa, jos runkoluku on kor-  
keintaan 300 kpl/ha. Voidaan arvioida, että  
tarkoituksenmukaisella leimauksella on pääs-  
tävissä siihen, ettei ajouraa varten tarvitse  
poistaa enää ylimääräisiä puita, jos jäävän  
puuston tiheys on 600 kpl/ha. Tällöin puiden  
välinen keskietäisyys on 4 m.

### 673. Metsikön lannoitus

Aineistoa valittaessa pyrittiin varmistumaan  
siitä, ettei koemetsiköiden historiaan liittyisi  
tulosten tulkintaa häiritseviä, vältettävissä  
olevia tekijöitä. Tietoja tarkistettaessa kui-  
tenkin paljastui, että kaksi koemetsikköä oli  
harvennuksen jälkeen lannoitettu. Koemet-  
sikkö 9 oli lannoitettu heti harvennusta seu-  
ranneen vuoden aikana. Koeala mitattiin



Kuva 12. Ajouran ulkoleveyden (OW) ja puiden välisen keskietäisyyden ( $\sqrt{10000/n}$ , m) riippuvuus puuston tiheydestä.

Figure 12. The outside width (OW) and the mean distance between the stems ( $\sqrt{10000/n}$ , m) at different stand densities.

kuuden kasvukauden kuluttua harvennukses-  
ta, joten lannoitus oli ehtinyt vaikuttaa täy-  
dellä tehollaan lähes koko mittausjakson  
ajan. Tämä näkyi myös sädekasvuhavain-  
noissa. Ajourien reunapuut olivat kasvaneet  
peräti 85 % ja niiden takana, korkeintaan  
3 m etäisyydellä ajouran reunasta sijaitsevat  
taustapuut 65 % voimakkaammin kuin met-  
sikön puusto etäämmällä ajourasta. Levitys-  
työ oli tehty käsin, mikä on saattanut jossai-  
kin määrin aiheuttaa epätasaisuutta lannoit-  
teen levitykseen ajourien suhteen. Tähän vii-  
taa sekin, että lannoituksen erikoisvaikutus  
näkyi vain menetelmien 4 ja 5 antamissa tu-  
loksissa. Sitä vastoin kolme ensimmäistä me-  
telmää, jotka perustuivat laajempien koe-  
alaosien keskinäiseen vertailuun, eivät tuo-  
neet esille lannoituksen ylimääräistä vaiku-  
tusta ajouravyöhykkeiden kasvussa.

Toinen koemetsikkö, 19, oli lannoitettu  
neljä vuotta harvennuksen jälkeen. Koska  
koeala mitattiin vasta 10 vuoden kuluttua  
harvennuksesta, ajourien seuranta-ajasta  
kuusi viimeistä vuotta edustavat lannoitus-  
jaksoa. Vaikka levitys oli tehty lentokoneella  
ja sen voidaan olettaa tapahtuneen tasaisena  
koko koealalle, reunapuiden kasvu oli 45 %



korkeampi kuin metsikön peruspuuston kasvu. Tämä viittaa siihen, että ajourien reunapuut pystyvät verraten hyvilläkin kasvupaikoilla käyttämään hyväksi ne ravinteet, jotka lannoitettaessa ovat osuneet puuttomaan ajouratilaan.

Koska lannoitus on molemmilla koealoilla ulottunut koko tutkimusalueelle, ei tulosten perusteella voida tehdä tarkkoja päätelmiä lannoituksen lisävaikutuksesta puuston tuotokseen. Reunapuiden kasvureaktio viittaa kuitenkin siihen, että ajourien aiheuttama kasvutappio ilmeisesti voitaisiin korvata myös ajourilta käsin tapahtuvalla verraten vähäisellä lannoituksella.

#### *674. Hakkuutähteiden vaikutus reunapuustoon*

Aineisto kerättiin ensiharvennetuista kuusikoista, joihin ajourat oli avattu 1970-luvun alkupuolella senaikaisia keskikokoisia kuormatraktoreita varten. Kaikissa kohteissa hakkuu oli tehty metsurityönä ns. tavaralajimenetelmää noudattaen. Ajouraväli on tätä menetelmää käytettäessä yleensä noin 30 m ja ajourien ohjeleveys 4 m. Koska puutavara on jouduttu kasaamaan kuormausta varten ajourien läheisyyteen, on puut kaadettu suunnatusti siten, että hakkuutähteet ovat kertyneet pääosin ajouralle tai ajourien reunavyöhykkeisiin. Voidaan olettaa, että kaikissa koemetsiköissä hakkuutähteet on keskitetty ajouravyöhykkeille, kun taas vertailu-  
vyöhykkeiltä ne puuttuvat lähes kokonaan.

Hakkuutähteissä on varsinkin ensiharvennuskusikoissa runsaasti ravinteita (Mälkönen & Saramäki 1980, Kukkola 1985, Hakki-la 1989), jotka ajourille ja niiden läheisyyteen keskitettyinä saattavat vahvistaa ajoura-aukon aiheuttamaa kasvuvaikutusta. Tällaisissa tapauksissa reunapuuston kasvureaktio ei siis ilmennä pelkästään ajourien avaamisen vaan myös hakkuutähteiden keskittämisen vaikutuksia puuntuotokseen.

#### **68. Menetelmien arviointi**

Ajouran vaikutus runkopuun tuotokseen määritettiin viidellä menetelmällä. Käytettävissä olevilla keinoilla ei pystytä ehdottoman luotettavasti päättämään, mikä menetelmä antaa osuvimpia likiarvoja ajouran aiheut-

tamasta todellisesta tuotostappiosta. Tuloksia voidaan kuitenkin arvioida vertaamalla niiden keskinäistä yhteensopivuutta ja ottamalla huomioon koemetsiköiden erityispiirteet.

Ensimmäiset kolme menetelmää perustuvat ajoura- ja vertailu-  
vyöhykkeiden erottamiseen toisistaan. Kaikissa niissä ajouravyöhykkeen kasvu otettiin huomioon sellaisena kuin se oli toteutunut. Näissä perustarkasteluissa ei kiinnitetty huomiota siihen, että ajouravyöhykkeiden todelliseen kasvuun ovat saattaneet vaikuttaa useatkin ajourien olemassaoloon liittyvät, tapauskohtaisesti vaihtelevat osatekijät.

Jakamalla koealat vain kahteen rinnakkaiseen vyöhykkeeseen ajouran puuntuotannollista vaikutusta ei pyritty erittelemään. Menetelmät tuottivat likiarvoja ajouran kokonaisvaikutuksesta, ja ne perustuivat olettamukselle ajouran kaikkien puuntuotannollisten vaikutusten rajoittumisesta 15 m leveälle ajouravyöhykkeelle.

Ajouravyöhykkeen tuotosta verrattiin ensimmäisessä menetelmässä viereisen vertailu-  
vyöhykkeen kasvuun. Menetelmää voidaan pitää periaatteeltaan selkeänä ja toteutukseltaan helppona. Koska tutkimus perustuu pienehköön, vain 20 koemetsikköä käsittävään aineistoon, ei tätä menetelmää käytettäessä ole voitu eliminoida vertailun perusongelmaa, mikä aiheutuu koemetsiköiden sisäisestä epätasaisuudesta. Vaikka koealojen ennakkovalinnalla pyrittiin löytämään mahdollisimman tasaisia metsiköitä, ei tässä tavoitteessa voitu täysin onnistua. Tästä syystä sisä- ja ajouravyöhykkeiden kasvuerot eivät ilmennä yksinomaan ajourien läsnäolon vaikutuksia, vaan mukana on maaperän ja puuston erilaisuudesta aiheutuvaa kontrolloimatonta sivuvaikutusta.

Toisessa menetelmässä pyrittiin korjaamaan ensimmäisen menetelmän perusheikkous perustamalla vertailulaskelmat ajouravyöhykkeen omaan alkuperäiseen puustoon olettaen, että se olisi harvennuksen jälkeen kasvanut kuten vertailu-  
vyöhykkeen puusto. Tämän menetelmän heikkoutena voidaan pitää kasvun määrityksen epävarmuutta, sillä ajoura- ja vertailu-  
vyöhykkeiden tilavuuskasvut oli määriteltävä jo harvennusta edeltäneen 10-vuotiskauden ajalta eli jopa 20 vuoden takaa. Tulosten hajanaisuus viittaa siihen, ettei tällä menetelmällä ehkä pystytä tuottamaan tarkkaa arviota ajouravyöhykkeen vaihtoehtoisesta kasvusta, ja näin ollen

myös arvio ajouran aiheuttamasta tuotos-tappiosta saattaa olla tätä menetelmää käyttäessä harhainen.

Kolmas menetelmä perustui harvennusva-linnan simulointiin. Tarkoitusta varten kehi-tetyllä leimausohjelmalla (Isomäki & Niemistö 1983) voitiin tarkastella metsikköä puu-kohtaisesti ja tehdä arvioita puista, jotka olisi jätetty kasvamaan, mikäli ajouraa ei olisi avattu lainkaan. Samoin leimausohjelmalla pystyttiin tunnistamaan puut, jotka olisi poistettu, mikäli ajouraa ei olisi leimausvai-heessa otettu huomioon. Leimausohjelmalla pyrittiin luomaan alkuperäisestä puustosta mahdollisimman objektiivisella, puukohtai-sella valintamenettelyllä vaihtoehtoinen puusto sekä ajoura- että vertailuvyöhykkeel-le.

Myös tähän menetelmään liittyi heikkouksia. Harvennusta edeltänyt puusto oli luotava laskennallisesti käyttäen lähtötietoina kantomittauksia sekä pystypuuston pituus-, lä-pimitta- ja sädekasvutietoja. Tarvittavien muunnosten osuvuutta ei pelkästään tätä ai-neistoa käyttäen pystytä arvioimaan. Kun otetaan vielä huomioon, että kantotietojen perusteella konstruoitu puusto jouduttiin laskennallisesti kasvattamaan harvennukses-ta mittaushetkeen saakka pystypuuston kas-vuhavaintojen avulla, ei tätäkään kasvuar-vion osavaihetta voida pitää täysin luotetta-vana.

Vaikka näihin kaikkiin kolmeen rinnak-kaiseen menetelmään liittyy edellä esitettyjä heikkouksia, voidaan niiden perusteella kui-tenkin tehdä jo eräitä päätelmiä ajourien aiheuttamasta kasvutappiosta. Kymmenellä koealalla kaikki kolme menetelmää antoivat keskenään samansuuntaisen, ennako-odo-tuksia vahvistavan tuloksen (taulukot 9–11). Näillä koealoilla (2, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 15, 16 ja 19) ajourien avaaminen alensi puuston tuotosta.

Ensimmäisellä menetelmällä, eli ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden suoralla vertailulla, tu-los oli samansuuntainen 15 koealalla. Sama-in kolmas menetelmä, joka perustui tietokoneella tapahtuvaan uudelleenleimaukseen ja puukohtaiseen kasvuarvioon, antoi 15 koealan osalta ennako-odotuksen mukaisen tuloksen. Toinen menetelmä, eli vyöhykkei-den kasvumuutosten vertailu, tuotti kaikkein hajanaisimman tuloksen. Vain kymmenellä koealalla ajouran avaaminen olisi tämän men-etelmän mukaan alentanut puuston kasvua.

Tarkasteltaessa kolmea ensiksi esiteltyä

menetelmää vielä rinnakkain todetaan, että vain yhdellä koealalla (20) tulos oli näitä kaikkia kolmea menetelmää käyttäen ennako-odotusten vastainen. Arvioitaessa syitä tämän koealan antamiin poikkeuksellisiin tu-loksiin, on ensiksi todettava, että ajouravyö-hykkeeltä hakattiin vain noin 40 % siitä puumäärästä, mitä vertailuvyöhykkeeltä (taulukko 5). Tästä syystä ajouravyöhykkeel-le jäi kasvamaan pohjapinta-alaltaan yli nel-jänneksen runsaampi puusto kuin vertailuai-neistoksi rajatulle vertailuvyöhykkeelle (tau-lukko 4). Lisäksi vertailuvyöhykkeen kasvu ennen harvennusta on ollut 22 % korkeampi kuin ajouravyöhykkeen kasvu (taulukko 10).

Molemmat mainitut seikat saattavat yksi-näänkin peittää varsinaisen ajouran tuotos-vaikutukset, joten mitään näitä kolmea per-usmenetelmää käyttäen ei tämän koealan antamien tulosten perusteella voida tehdä luotettavia päätelmiä ajoura-aukon puuntuo-tannollisista vaikutuksista. Sama epävar-muus, tosin lievempänä, liittyy luonnollisesti myös muiden koealojen antamiin tuloksiin. Varsinkin reunapuustojen harvennusasteessa todetut tasoerot häiritsevät tämän tutkimuk-sen kannalta keskeisen seikan eli ajoura-au-kon olemassaolon puuntuotannollisten vai-kutusten selvittämistä.

Neljäs ja viides menetelmä (taulukot 12 ja 13) perustuvat olettamukseen, että ajouran avaamisen aiheuttama puuntuotantokyvyn menetys itse ajouratilassa pystytään arvioi-maan joko ajouran vaatiman *puuntuotannol-lisen pinta-alan* tai puusto-osuuden määrittä-misen avulla. Näissä kahdessa menetelmässä pyritään selvittämään ajouran takia puun-tuotannon ulkopuolelle jäävän pinta-alan (menetelmä 4) tai puuston (menetelmä 5) osuus koko metsikön vastaavasta arvosta. Mikäli ajouralla ei olisi vaikutusta ympärillä kasvavaan puustoon, saataisiin ajourien aiheuttama tuotostappio suoraan näistä ajo-uran pinta-alaa ja ajouralta poistettua puus-toa koskevista tiedoista.

Menetelmiin 4 ja 5 liittyneissä laskelmissa eri puustoryhmien suhteelliset kasvatasot määriteltiin ainoastaan pohjapinta-alan kas-vun perusteella. Sen laskemiseksi tarvittavat läpimitta- ja sädekasvumittaukset tehtiin suurimmalla mahdollisella tarkkuudella jokai-sesta koealoilla kasvaneesta puusta (1734 kpl).

Jos koealapuustot olisivat olleet täysin ta-satiheitä, olisivat nämä molemmat menetel-mät tuottaneet saman lopputuloksen ajo-

urien puuntuotannollisesta haitasta. Tauluko 4 osoittaa, että eri etäisyyksillä ajourasta on esiintynyt kasvamaan jätetyssä puustossa oleellisia eroja sekä puuston tiheydessä että sen keskijäretydessä. Menetelmä 4, joka perustui puuntuotantokyvyltään eriasteisten vyöhykkeiden erottamiseen toisistaan, otti huomioon vain reuna- ja taustapuiden välisessä vyöhykejaossa näiden puustoryhmien keskinäiset määräsuhteet. Muilta osin metsikön jako vyöhykkeisiin tapahtui puustosta riippumattomasti.

Viidennessä menetelmässä metsikön puuntuotantokyky jaettiin pelkästään puuston määräosuuksien suhteessa eri kasvutasoja edustavien vyöhykkeiden kesken. Kun edellinen menetelmä tuottaa tietoa pelkän ajouraukon läsnäolon vaikutuksesta metsikön kokonaistuotokseen, jälkimmäinen menetelmä ottaa huomioon myös ajouran reunapuuston erikoiskäsittelyn aiheuttaman lisän tai vauksen puuntuotokseen.

Ottaen huomioon eri menetelmistä esitetyt yksityiskohtaiset kuvaukset sekä arviot kullakin menetelmällä saatujen tulosten johdonmukaisuudesta, lienee tutkimuksen päätaoiteen kannalta perusteltua käyttää joko ensimmäistä eli ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden suoraan vertailuun perustuvaa menetelmää tai kahta viimeisintä menetelmää. Näistä menetelmä 4 sopii tapauksiin, joissa halutaan ilmentää ajouran olemassaolon erillistä vaikutusta metsikön puuntuotantokyvyyteen. Tätä menetelmää käytettäessä ei oteta huomioon ajourien reunapuustojen erilaisilla harvennusvoimakkuuksilla aikaansaataavaa oheisvaikutusta, joka saattaa olla joko tuotosta lisäävää tai sitä alentavaa. Viimeisin eli 5. menetelmä ottaa huomioon eri reaktiovyöhykkeiden puumäärät sellaisina kuin ne koealoilla ovat olleet.

Taulukoiduissa esimerkkilaskelmissa näiden kahden menetelmän kohdalla on käytetty ajouran leveyden määrittämisessä toisistaan poikkeavia perusteita. Menetelmässä 4 ajouran puuntuotannollinen leveys määritettiin viiden eri perusmenetelmän yhdistelmänä laskemalla niiden tuottamien leveysarvojen aritmeettinen keskiarvo. Sen mukaan ajourien pinta-alaosuudeksi koko metsikön pinta-alasta saatiin 7,6 % kun ajourien väliseksi

etäisyydeksi oletettiin 30 m. Menetelmässä 5 ajouran leveytenä käytettiin ajouralta poistetun puuston mukaan laskettua ns. puustoleveyttä. Sitä vastaavaksi ajouran pinta-alaosuudeksi saatiin 8,8 % metsikön koko pinta-alasta. Lähinnä tällä erolla selittyy se, että edellisellä menetelmällä ajourien aiheuttaman tuotostappion määräksi saatiin 0,60 ja jälkimmäisellä 0,73 m<sup>3</sup>/ha/v ja vastaaviksi suhteellisen kasvutappion arvioiksi 4,7 ja 5,6 %.

Vaikka tutkimuksessa ei pystytty kiistattomasti osoittamaan sen enempää ajouran oikeaa puuntuotannollista leveyttä kuin myöskään ajouran aiheuttamaa todellista puuntuotannollista haittaa, voidaan käytännöllisenä yhteenvetona todeta, että hyvin hoidetuissa, maastoltaan tasaisissa nuorissa eteläsuomalaisissa kuusikoissa ajourien avaamiseksi joudutaan poistamaan arviolta vähintään 8 % muutoin kasvatuskelpoisesta puustosta. Neljän metrin levyiset ajourat avataan tällöin 30 m välein.

Reunapuiden rajoittaman ajouratilan ulkoleveys oli tutkimusaineistossa 5,1 m ja sitä vastaava osuus metsikön pinta-alasta noin 17 %. Tutkimustuloksia edelleen pelkistään voidaan arvioida, että ajouran ulkoleveydestä puolet kuuluu heti ajouran avaamisen jälkeen reunapuiden hyväksikäytön piiriin.

Kuuden ensimmäisen kasvukauden aikana harvennuksen ja ajourien avaamisen jälkeen reunapuiden lisäkasvu on korvannut ajouratilan aiheuttamasta 8 % kasvutappiosta noin 3 %-yksikköä, joten varsinaiseksi kasvutappioksi kuuden ensimmäisen vuoden aikana jää 5 % metsikön puuntuotantokyvystä. Jos oletetaan, että ajouratilan täydelliseen ”valoitukseen” kuluu heti reunapuustolta aikaa 15 vuotta ja että tämä valloitus etenee tasaisesti vuosi vuodelta, saataisiin tutkimusaineiston kaltaisissa metsiköissä ajourien aiheuttaman kokonaiskasvutappion likiarvoksi 10 m<sup>3</sup>/ha. Tällöin oletetaan, että ajourat on avattu 30 m etäisyydelle toisistaan ja että ajourien suuntaus on voitu toteuttaa pelkästään puuston perusteella, ts. maastoesteitä ei ole häiritsevästi esiintynyt. Lisäksi edellytetään, ettei puutavaran kuormauksen tai kuljetuksen yhteydessä ole vaurioitettu puustoa eikä maaperää.

## 7. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Työ perustui 20 tilapäiskoealaa käsittävään aineistoon, joka kerättiin 1970-luvun alkupuolella harvennetuista nuorista viljelykuusikoista. Aineiston ennakkovalinnalla pyrittiin siihen, että ajourien vaikutus puuston kasvuun olisi mahdollisimman yksiselitteinen. Näin ollen aineisto rajoittuu poikkeuksellisen tasaisiin ja korjuun osalta onnistuneisiin viljelykuusikoihin.

Vaikka koemetsiköt olivat keskimääräistä tasaisempia, niihin kuitenkin sisältyi vaihtelua, joka toisaalta häiritsi tutkimuksen pääkysymysten selvitystä mutta joka myös auttoi arvioimaan ajourien suunnittelun ja toteutuksen merkitystä puuntuotannon kannalta.

Taulukoiden 3, 4 ja 5 luvut osoittavat, että ajourien suuntauksessa on otettu huomioon olemassa oleva puusto. Tämä ei kuitenkaan ole tapahtunut aina samojen periaatteiden mukaisesti. Eräissä tapauksissa ajourat on ohjattu kulkemaan aukkopaiikkojen ja toisissa tapauksissa puustoisimpien kohtien kautta. Vaihtelu ei välttämättä johdu sattumasta, sillä keskenään täysin vastakkaisillekin ajouran suuntauksen periaatteille löytyy oma rationaalinen perustelunsa. Metsän kasvattamisen kannalta on edullista pyrkiä suuntaamaan ajourat puuston aukkopaiikkoja hyväksikäyttäen. Toisaalta puutavaran siirtelyn vähentämiseksi ajourat on kannattanut ohjata metsikön runsaspuustoisimpiin osiin.

Koska ajourien suuntaukseen ja reuna- puustojen harvennuskäsittelyyn liittyy harkinnanvaraisia ratkaisuja, joilla on vaikutusta sekä hakkuukertymään että metsikön myöhempään tuotokseen, voidaan ajourien tuotosvaikutusten katsoa alkavan jo puuston leimauksen ja ajourien suunnittelun vaiheessa.

Puuston ryhmittäisyyttä ei pystytä käyttämään hyväksi rajattomasti, sillä maastoesteet ja korjuumenetelmän edellyttämä ajouraväli määräävät jo pitkälle kunkin ajouran suunnan ja paikan. Puuston aukkoisuuden ja ryhmittäisyyden ohella ajourasuunnittelussa on syytä ottaa huomioon puiden välinen koko- ja laatu vaihtelu. Tulokset osoittavat, että ajouran lievällä mutkittelulla parhaita puita väistellen pystytään ehkäisemään kasvutappioita. Jyrkät mutkat aiheuttavat kuitenkin puiden vaurioitumista ja korjuun hidastumista.

Ajouran leveyttä tarkasteltiin sekä puunkorjuun että puuntuotannon näkökulmasta. Tarkoitusta varten kehitettiin neljä leveyskäsitettä. Ulkoleveydellä tarkoitetaan ajouran reunapuiden rajaaman puuttoman tilan keskileveyttä. Sen katsotaan ilmentävän koneiden käytettävissä olevaa ajouratilaa. Tutkimusaineistossa ulkoleveys vaihteli koaloittain rajoissa 3,8—6,7 m keskiarvon ollessa 5,1 m. Kapeimmat ajourat löytyivät tiheistä, leveimmät puolestaan varttuneista, voimakkaasti harvennetuista metsiköistä.

Korjuukoneiden tilantarvetta kuvaavan tavoitelevyden keskiarvoksi saatiin arviointimenetelmästä riippuen joko 3,4 tai 4,3 m eli se oli vain noin 70 % ulkoleveydestä. Ajouran takia poistetusta puustosta johdettu puustoleveys oli keskimäärin 2,5 m ja reunapuiden kasvutilan huomioon ottava ajouran sisäleveys laskentatavasta riippuen 1,6—2,8 m.

Korjuukoneiden koon pienentyminen sekä niiden ketteryyden ja muidenkin maastoominaisuuksien kehittyminen ovat omiaan alentamaan ajourien leveyttä. Toisaalta täyskoneellinen puunkorjuu, jossa metsäkuljetuksen lisäksi myös kaato ja puutavaran valmistus tapahtuvat koneellisesti, on lisäämässä koneiden tilan tarvetta. Kun koneelliseen kaatoon vielä liittyy ajouravälin vähentäminen, on ajourien pinta-alaosuus enemmänkin kasvamassa kuin vähentymässä.

Uudistettaessa kasvatusmetsien käsittelyohjeita tämän päivän vaatimuksia vastaaviksi eräänä tavoitteena pidetään ajouria koskevien sääntöjen tarkistamista. Ruotsin metsänhoitolain (SVL 1979:429) soveltamisohjeiden mukaan (SKS FS 1983) Ruotsin talousmetsissä ajourien määrä ei saa ylittää 20 % harvennettavan kasvatusmetsikön pinta-alasta. Ajouran pinta-alan käsitettä ei ole kuitenkaan Ruotsin metsänhoitolaissa tai sitä koskevilla ohjeilla yksiselitteisesti määritelty.

Ajatus seurata Suomessa ruotsalaista käytäntöä luopumalla ajouravälin valvonnasta ja siirtymällä ensisijaisesti ajouran pinta-alan kontrollointiin vaikuttaa nykytilanteessa perustellulta. Työsuojelliset ja työvoimapolitiiset näkökohdat sekä koneenrakennuksen ja työmenetelmien viimeaikainen ja odotettavissa oleva kehitys edellyttävät ajouravälin ka-

ventamista, mikäli puuntuotannollisesti perustelluista kasvatushakkuutavoitteista halutaan selviytyä (Freij & Tosterud 1988, Kilkki 1989, Metsäkoneiden... 1989, Monitoimikonluettelo 1989).

Jos ajourien määrää koskevaksi valvontatunnukseksi valitaan niiden pinta-ala, tulee tämä käsite määritellä yksiselitteiseksi. Käytännöllisistä syistä sen tulee olla helposti ymmärrettävissä ja todettavissa.

Esitellyistä ajouran leveyskäsitteistä vaikeuttaa helppokäyttöisimmältä ajouran ulkoleveys. Sen arvo riippuu kuitenkin oleellisesti puuston tiheydestä, joten sitä käytettäessä lainvalvonnalliset raja-arvot olisi suhteutettava puuston kehitysvaiheeseen tai suoraan puuston tiheyteen.

Yksiselitteinen ja helposti määriteltävä leveyskäsite olisi myös ajouran ulkoleveyden ja puiden välisen keskietäisyyden erotus eli ns. likimääräinen sisäleveys, jonka laskemiseen tarvitaan ajouran ulkoleveyden lisäksi ainoastaan tieto kasvamaan jätettävän puuston tiheydestä. Mikäli tämä puuston tiheydestä johdettu likimääräinen sisäleveys valittaisiin ajourien määrää kuvaavaksi päätunnukseksi ajourien kokonaispituuden ohella, ajourien pinta-alaosuudelle voitaisiin antaa yhtenäinen, metsikön kaikkiin kehitysvaiheisiin sopiva raja-arvo. Tutkimusaineiston mukaan tällaiseksi raja-arvoksi sopisi noin 10 % metsikön pinta-alasta.

Soveltamalla esimerkiksi mainittua 10 % pinta-alarajoitusta metsikköön, jonka runkoluku harvennuksen jälkeen on 1200 kpl/ha eli puiden välinen keskietäisyys 2,9 m, voitaisiin ulkoleveydeltään 4-metriset ajourat avata 12 m välein. Vastaavasti 5 m leveät ajourat voitaisiin avata 21 m ja ulkoleveydeltään 6-metriset ajourat 31 m välein.

Muut tässä tutkimuksessa esitellyt ajouran leveyskäsitteet, tavoiteleveyden eri variaatiot samoin kuin reunapuustosta johdettu sisäleveys tai puustoleveys, ovat käytännön valvontatyössä vaikeita omaksua ja määrittää. Varsinkin ajouran puustoleveys sekä sisäleveys ennen harvennusta määriteltynä ovat lainvalvonnan kannalta kohtuuttoman hankalia, koska niitä käytettäessä joudutaan tekemään kantohavaintojen perusteella arvioita myös harvennuksessa poistetusta puustosta.

Ajourien leveyden kurissapitämiseksi niiden suunnittelun tulisi tapahtua viimeistään metsänhoidollisen leimauksen yhteydessä. Tällöin ainakin osa ajouralta poistettavasta

puustosta voitaisiin korvata jättämällä ajourien reunavyöhykkeisiin ylimääräisiä, muutoin poistettavia puuyksilöitä.

Ajouran reunavaikutusta tutkittiin vertaamalla puiden kasvua eri etäisyyksillä ajouran reunasta. Reunavaikutus ulottui tässä kuusikkoaineistossa korkeintaan kolmen metrin etäisyydelle ajouran reunasta. Reunapuiden rinnankorkeudelta mitatun sädekasvun paraneminen alkoi heti ensimmäisenä kasvukautena harvennuksen jälkeen ja lisääntyi viidenteen kasvukauteen saakka tasaisesti saavuttaen tällöin noin 25 % etumatkan vertailuvyöhykkeeltä mitattuun kasvuun nähden. Ero peruspuustoon verrattuna säilyi mittausjakson loppuun saakka.

Osalla koealoista oli havaittavissa paksuuskasvun parantumista myös taustapuissa, jotka sijaitsivat korkeintaan kolmen metrin etäisyydellä ajouran reunasta kuulumatta kuitenkaan varsinaisten reunapuiden ryhmään. Näiden taustapuiden lisäkasvu alkoi toisena vuonna harvennuksen jälkeen ja saavutti korkeimman tasonsa, 10 %, seitsemäntenä kasvukautena. Tulosten mukaan vaikuttaa siltä, että reunavaikutus ulottuu vain niihin puihin, joilla on välitön juuristo- ja latvusyhteys ajouratilaan (Isomäki 1986).

Reunavaikutuksen ulottuvuudesta on Ruotsissa saatu samankaltaisia tuloksia: Andersson (1969) 4 m, Fries (1976) 4–6 m, Bucht & Elfving (1977) 3 m, Eriksson (1982) 3 m. Hieman toisistaan poikkeavat arvot johtuvat ainakin osittain reunaviivan määrittelyn erilaisuudesta.

Reunapuiden paksuuskasvureaktio 6 m korkeudella on samanlainen kuin rinnankorkeudellakin. Pituuskasvuun ajourilla ei näytä olevan vaikutusta. Yhteenvetona reunapuiden kasvuanalyseistä voidaan todeta, että ajouralla on kuusen muotokasvuun pienehkö ja nopeasti ohimenevä vaikutus.

Suunnatun kaadon takia ajouralle ja sen läheisyyteen kertyy runsaasti hakkuutähteitä. Niihin sisältyvät ravinteet tuovat ajoura-aukon reunavaikutuksen esille ehkä ylikorostuneena. Lisäravinteilla voi olla myös runkomuodon muutosta hillitsevä vaikutus (Saramäki 1980).

Kaksi koemetsikköä oli lannoitettu ajourien avaamisen jälkeen. Näistä saadut havainnot viittaavat siihen, että ajourien aiheuttama kasvutappio on korvattavissa ajourilta käsin tapahtuvalla verraten vähäisellä lannoituksella.

Koska ajourien myönteinen reunavaikutus

ulottuu vain ajouran lähipuihin, ei ole johdonmukaista, että ajourien avaamisen yhteydessä edellytetään jätettäväksi ajourien väliseen vyöhykkeeseen ns. ajouravarana ylimääräisiä puita. Ainoa puujoukko, jonka määrää tulisi lisätä ajourien avaamisen yhteydessä, muodostuu ajourien reunapuista sekä välittömästi niiden takana sijaitsevista ns. taustapuista. Yli 3 m etäisyydellä ajouran reunasta kasvava puusto on syytä käsitellä parhaan hyödyn antavalla harvennuksella riippumatta siitä avataanko ajoura vai ei.

Edellisestä täysin erillisenä kävi ilmi, että ajouravyöhykkeen kasvu oli voimakkaasti riippuvainen kasvamaan jätetyn puuston määrästä. Lisättäessä puuston pohjapinta-alaa kolmella %-yksiköllä tilavuuskasvu kohosi 2 %:lla. Suhde pysyi samana koko sillä vaihtelualueella, mikä tutkimusaineistossa esiintyi. Vaikuttaa siltä, että nuoressa kuusikossa ajouravyöhykkeen kasvua voidaan säädellä reunapuuston määrää vaihtelemalla. Lisätyn puustopääoman tuotos jää kuitenkin noin kolmannesta alemmalle tasolle kuin mihin peruspuuston osalta samassa metsikössä on päästy.

Tutkimusaineistossa ajourien reunapuut edustivat 15—36 % jäävän puuston runkotilavuudesta (taulukko 6), kun ajourien väliseksi etäisyydeksi oletettiin 30 m. Reunapuut kasvoivat harvennuksen jälkeen keskimäärin 20 % voimakkaammin kuin etämmällä ajourasta sijaitsevat puut (taulukko 8). Näin ollen reunapuut muodostavat keskimäärin neljänneksen ja enimmillään yli kolmanneksen metsikön tulevasta tuotoksesta. Vastavasti reunavaikutuksen alaisena oleva eli korkeintaan 3 m etäisyydellä ajouran reunasta kasvava puusto edustaa enimmillään lähes puolta metsikön tuotoksesta. Tätä taustaa vasten reunapuustoa on pidettävä puuntuotannollisesti huomattavasti merkityksellisempänä kuin mitä pelkästään sen runkotilavuuden perusteella harvennushetkellä voitaisiin päätellä.

Tutkimuksessa kokeiltiin useita menetelmiä ajourien aiheuttaman puuntuotannollisen haitan määrittämiseksi. Kokeilluista menetelmistä esiteltiin tulosten raportoinnin yhteydessä viisi. Kaikilla menetelmillä oli eräitä

heikkouksia, jotka tulivat ilmi koelaja- ja menetelmäkohtaisia tuloksia verrattaessa. Jos arviointiin käytetään menetelmää (1) eli ajoura- ja vertailuvyöhykkeiden suoraa vertailua ja jos ajourien reunavyöhykkeiden puustot oletetaan tiheydeltään tarkasti vertailuvyöhykkeiden puustoa vastaaviksi, ajourien aiheuttamaksi tuotostappioksi tarkastelujaksen aikana muodostuisi 0,59 m<sup>3</sup>/ha/v eli 4,2 % koko metsikön tuotoksesta. Tämä ensimmäisellä menetelmällä saatu tulos on sama kuin menetelmän (4) antama arvio, joka tosin saatiin neljä koelajahavaintoa hylkäämällä. Kun edelleen otetaan huomioon, että simulointimenetelmällä (3) ajourien aiheuttaman kasvutappion arvioksi saatiin 0,60 m<sup>3</sup>/ha/v ja viidennellä menetelmällä 0,73 m<sup>3</sup>/ha/v, voidaan yhteenvetona todeta, että kokeiltujen työmenetelmien eräistä heikkouksista huolimatta niillä on saatu koko tutkimusaineistoa koskien hyvin yhtenäinen kuva ajourien aiheuttamasta puuntuotannollisesta haitasta.

Kasvutappion kertymisaikaan tutkimus ei tuo selvää vastausta, sillä aineisto sisältää korkeintaan 11 v vanhoja ajouria. Reunavaikutuksen maksimi on saavutettu 5—7 vuoden kuluessa eikä sen tasossa ole havaittavissa laskua mittaushetkeen mennessä. Seuraavassa harvennuksessa metsikkö käy jo niin harvaksi, ettei ajoura-aukosta johtuvaa kasvutappiota sen jälkeen liene enää havaittavissa.

Tuloksia voimakkaasti pelkistäen ja olettamalla harvennusten väliseksi ajaksi 15 vuotta ajourista on odotettavissa eteläsuomalaisissa kuusikoissa tuotostappiota noin 10 m<sup>3</sup>/ha. Tätä suuruusluokkaa olevaan tuotostappioon on varauduttava hyväkasvuissa ensiharvennuskuusikoissa, jos ajouraväli on 30 m ja jos ajourien reunapuustoa ei käsitellä poikkeuksellisella tavalla.

Koska tutkimusaineisto edusti keskimääräistä tasaisempia metsiköitä, joissa lisäksi harvennuksen suunnitteluun ja toteutukseen oli kiinnitetty erityistä huomiota, lienee arviota pidettävä pikemminkin tavoiteltavana minimiarvona kuin käytännössä saavutettavana keskiarvona.



## Kirjallisuus — References

- Andersson, L. 1980. Skador efter körning med tunga maskiner i gallring. Omfattning, orsaker och effekter på beståndets tillväxt och kvalitet. En litteraturstudie. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Interna rapporter 4. 108 s.
- Andersson, S-O. 1968. Hur påverkas produktionen av gorridor gallring? Ska vi gallra? Föredrag och diskussionsinlägg vid Skogsveckans konferens 5.3.1968. Sveriges Skogsvårdsförbund. s. 24—29.
- 1969. Row and strip thinning. Thinning and mechanization. IUFRO Meeting, September 1969. Stockholm. s. 98—107.
- Arvidson, A. & Knutell, H. 1977. Mekaniserad fällning i gallring under vinterförhållanden. Skogshögskolan, Institutionen för skogsteknik. Rapporter och Uppsatser 120.
- Björkheden, R. & Fröding, A. 1986. Ny rutin för praktisk gallringsuppföljning. A new routine for checking the biological quality of thinning in practice. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Uppsatser och resultat 48. 14 s.
- Björkhem, U., Lundeberg, G. & Scholander J. 1975. Rotförekomst och tryckhållfasthet i skogsmark. Summary: Root distribution and compressive strength in forest soils. Skogshögskolan, Institutionen för växtekologi och marklära. Nr 22. 60 s.
- Bucht, S. 1977. Vad kostar stickvägarna i tillväxt? Summary: The influence of strip roads on increment at the first thinning in Scots pine forests. Skogen 6: 218—222.
- 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog. Summary: The influence of some different thinning patterns on the development of Scots pine stands. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Rapport 4. 276 s.
- & Elfving, B. 1977. Gallringsreaktion och tillväxt i ett korridor gallrat bestånd. Summary: Thinning response and increment in a strip-thinned stand. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4: 323—345.
- Cajander, A. K. 1949. Forest types and their significance. Acta Forestalia Fennica 56(5). 71 s.
- Diggle, P. & Knutell, H. 1979. "Kniggle" — en ny metod för skattning av stickvägsbredd. Summary: "Kniggle" — a new method for estimating strip-road width. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Rapport 4. 59 s.
- Eriksson, H. 1982. Stickvägsbreddens inverkan på tillväxten i unga granbestånd — några nya resultat från ett sameuropeiskt forskningsprojekt. Summary: The effect of the width of the increment of young Norway spruce stands — some new results from a common European research project. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 6: 47—56.
- 1987. New results from plot no. 5 at Sperlingsholm estate in southwestern Sweden in the European Stemnumber Experiment in *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research. 2: 85—98.
- Freij, J. & Tosterud, A. 1988. Drivning 1987—1992 —orskaliga system och metoder. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat 22. 4 s.
- Fries, J. 1976. Körskadorna och produktionsförluster. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion. Rapporter och uppsatser 40. 64 s.
- Hakkila, P. & Laiho, O. 1967. Kuusen lahoaminen kirvesleimasta. Summary: On the decay caused by axe marks in Norway spruce. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 64(3). 34 s.
- 1989. Utilization of residual forest biomass. Springer Series in Wood Science. T. E. Timell (ed.). 568 p. ISBN 3-540-50299-8 Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Hannelius, S. & Lilland, M. 1970. Puuston vaurioituminen harvennusleimikoiden koneellisessa korjuussa. Summary: Damaging of stand in mechanized thinning. Helsingin yliopiston metsätieteologian laitoksen Tiedonantoja 4. 32 s.
- Isomäki, A. 1985. Edge effect of strip roads in coniferous stands. IUFRO, Interdivisional conference on thinning. Moscow-Riga. 12 s.
- 1986. Linjakäytävän vaikutus reunapuiden kehitykseen. Summary: Effects of line corridors on the development of edge trees. Folia Forestalia 678. 30 s.
- & Kallio, T. 1984. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce. Seloste: Puunkorjuun aiheuttamien vaurioiden vaikutus kuusen lahoamiseen ja kasvuun. Acta Forestalia Fennica 136. 25 s.
- & Niemistö, P. 1983. Koelapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla. Abstract: The selection of trees in thinning experiments: A computer method. Folia Forestalia 557. 32 s.
- & Väisänen, J. 1980. Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon ja harvennuskertymään. Abstract: Thinning method and its influence on the remaining growing stock and on the thinning yield. Folia Forestalia 450. 14 s.
- Kardell, L. & Nilsson, P. O. 1986. Ett skåniskt körskadeförsök i gran. Summary: Root-rot and increment in a thinned spruce stand after tractor logging. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 4: 3—17.
- & Pettersson W. 1971. Exempel på rotskadors inverkan på granens tillväxt. Summary: Examples of root damage and increment of Norway spruce stands. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 71: 423—447.
- Kilki, R. 1989. Metsäkonekauppa teki ennätysiä vuonna 1988. Koneurakoitsija 3: 50—51.
- Kramer, H. 1956. Wegebrette und Zuwachs im angrenzenden Bestand. (Diss.) Hann. Minden. 94 s.
- Kukkola, M. 1985. Consequences of whole-tree harvesting in young coniferous stands. IUFRO, International interdivisional conference on thinning. Moscow-Riga. 8 p.
- Kärkkäinen, M. 1969. Metsien vaurioituminen kesäaikaisessa puunkorjuussa. Summary: The amount of injuries caused by timber transportation in the summer. Acta Forestalia Fennica 100. 35 s.
- 1970a. Hakkuutähteiden merkityksestä puuston vaurioitumisen ja raiteen muodostuksen kannalta harvennusmetsissä. Summary: On the significance of waste in thinnings as to scars and tracks. Silva Fennica 4(2). 17 s.
- 1970b. Eri traktorityyppien vaikutus puiden vaurioitumiseen harvennuspuun korjuussa. Summary: The effect of different tractor types on the damaging of

- trees in thinnings. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 3. 28 s.
- 1971. Lahon leviäminen puunkorjuun aiheuttamista kuusen runko- ja juurivaurioista. Summary: Decay following logging injury in stems and roots of Norway spruce. *Silva Fennica* 5(3). 18 s.
- 1973. On the properties of tree wounds due to timber transportation in thinnings. Seloste: Harvennuspuitavaran kuljetuksen aiheuttamien puustovaurioiden ominaisuuksista. Helsingin yliopiston metsäteknologian laitos. Tiedonantoja 22. 174 s.
- Laasasenaho, J. 1976. Männyn, kuusen ja koivun kuittoimisytälöt. Volume equations for Scots pine, Norway spruce and birch. Metsänarvioimistieteen lisensiaattitutkimus. Helsingin yliopisto. Konekirjoite. 109 s.
- Lilleberg, R. 1984. Kasvatushakkuiden korjuujälki. The state of harvested thinning stands. Metsätalon tiedotus 388. 16 s.
- Mattila, S. 1969. Tilastotiede II. KY:n Kirja- ja paperikauppa. Helsinki. 174 s.
- Metsäkoneiden myyntitilasto 1989. Metsätraktoreiden ja monitoimikoneiden myynti Suomessa vuonna 1988 valmistajilta, myyjiltä ja maahantuojilta kerätyn aineiston mukaan sekä tietoja kaluston kehityksestä vuosina 1982—1988. Metsäteho. Helsinki. 10 s.
- Monitoimikoneluettelo 1.1.1989. Koneurakoitsija 1: 23—28.
- Mälkönen, E. & Saramäki, J. 1980. Vähentääkö kokopuukorjuu puuntuotantoa. *Metsä ja Puu* 10: 18—19.
- Niemistö, P. 1989. A simulation method for estimating growth losses caused by strip roads. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4: 203—214.
- Nilsson, P.-O. & Hyppel, A. 1968. Studier över rötangrepp i särskadnor hos gran. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 66(8): 675—713.
- Nyysönen, A. & Vuokila, Y. 1960. Metsikkökoealan vaipan leveys. Summary: Width of isolation strip around sample plots. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53(2). 18 s.
- Pettersson, N. 1986. Korridoröjning i självsädd tallungskog. Line thinning in young natural regenerated pine stands. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport 17. 22 s.
- Saramäki, J. 1980. Typpilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. Summary: The effect of nitrogen fertilation on the stem form of Scots pine. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(4). 46 s.
- Sirén, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. *Folia Forestalia* 474. 23 s.
- 1982. Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainprossessorilla. Summary: Stand damage in thinning operations with a grapple loader processor. *Folia Forestalia* 528. 16 s.
- 1986. Puuston vaurioituminen karsimattomien puiden ja puunosien korjuussa. Summary: Stand damage in logging of undelimited trees and tree parts. *Folia Forestalia* 645. 17 s.
- , Ala-Ilomäki, J. & Högnäs, T. 1987. Harvennuksiin soveltuvan metsäkuljetuskaluston maastokelpoisuus. Summary: Mobility of forwarding vehicles used in thinnings. *Folia Forestalia* 692. 60 s.
- Sondell, J. 1974. Mätning av stickvägsareal. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stencil 1974—12—23.
- Tiihonen, P. 1983. Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Summary: Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th national forest inventory. *Folia Forestalia* 545. 8 s.
- Tørå, G. D. 1978. Sår på traer ved tynningsdrift. Årsak, omfang og virking. En litteraturstudie. *Tidskrift for skogbruk* 86(3): 211—245.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Helsinki-Porvoo. 258 s.
- Wästerlund, I. 1983. Kanträdens tillväxtförfluster vid gallring p.g.a. jordpackning och rotskador i stickväg. Summary: Growth reduction of trees near strip roads resulting from soil compaction and damaged roots. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 2: 97—109.

*Total of 53 references*

# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 533 1404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema  
*Punkaharju Research Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Field Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 151 4000

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* PL 44  
69101 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema  
*Ruotsinkylä Field Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420



- No 746 Lämsä, Pertti, Kellomäki, Seppo & Väisänen, Hannu: Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta.  
Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility.
- No 747 Karppinen, Heimo & Hänninen, Harri: Yksityistilojen hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa.  
Actual and allowable cut in nonindustrial private woodlots in southern Finland.
- No 748 Aarnio, Jukka: Voimaperäistämisen vaikutus metsälön puuntuotannon yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.  
Intensive timber growing and profitability in private forestry.
- No 749 Nieminen, Mika & Pätilä, Antti: Karujen rämeiden luokittelu pintakasvillisuuden ja ravinnetunnusten avulla.  
Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters.
- No 750 Ihalainen, Ritva: Rakennemuutokset yksityismetsänomistuksessa: Katsaus Suomessa vuosina 1960—89 tehtyihin tutkimuksiin.  
Structural changes in Finnish nonindustrial private forest ownership: A survey of the literature 1960—89.
- No 751 Kilkki, Pekka & Kujala, Matti: Poistuman arviointi kahden peräkkäisen tilapäiskoealoihin perustuvan inventoinnin avulla.  
Estimation of drain on the basis of two successive forest inventories with temporary sample plots.
- No 752 Salminen, Hannu & Varmola, Martti: Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen.  
Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning.
- No 753 Saksa, Timo, Nerg, Jukka & Tuovinen, Jussi: Havupuutaimikoiden tila 3—8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa.  
State of 3—8 years old Scots pine and Norway spruce plantations.
- No 754 Moilanen, Mikko & Issakainen, Jorma: Suometsien PK-lannos ja typpilannoitelajit karuhkojen ojitettujen rämeiden lannoituksessa.  
PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs.
- No 755 Salonen, Tommi & Oja, Seppo (toim.): Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1989.  
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1989.
- No 756 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa.  
Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland.