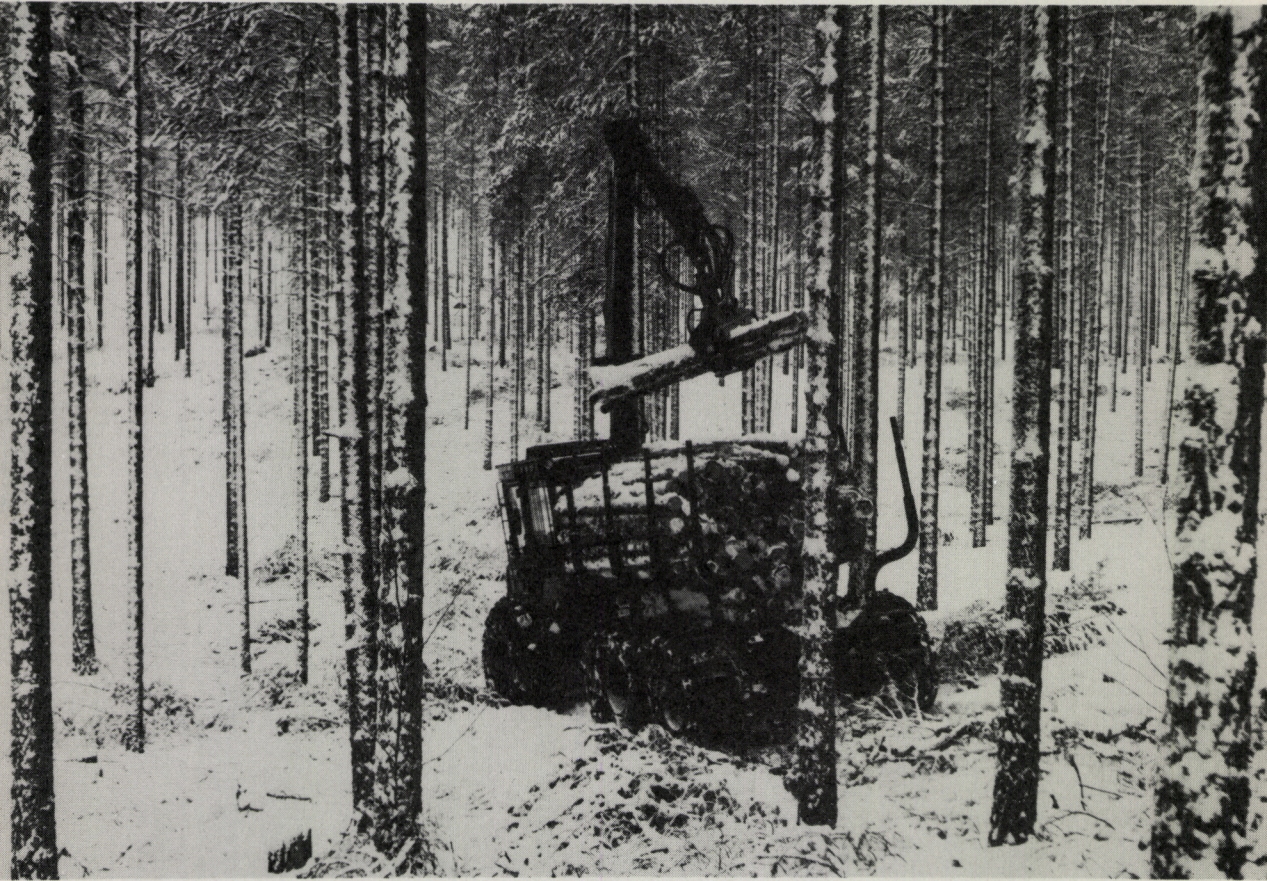


**METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA**

181

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA



**HARVENNUSPUUN KORJUU JA METSIKÖN TULEVA
TUOTTO**

- Vuoden 1984 tutkimuspäivän esitelmät

SUONENJOKI 1985

VALOKUVA: LEO TERVO

ISBN 951-40-0961-4
ISSN 0358-4283

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 181

SUONENJOEN TUTKIMUSASEMA

HARVENNUSPUUN KORJUU JA METSIKÖN
TULEVA TUOTTO

Tutkimuspäivän esitelmät 1984

SISÄLLYSLUETTELO

SAATE	2
Erkki Lähde METSIKÖN PERUSTAMISTIHEYS	3
Tauno Kallio HARVENNUSMETSIIEN PUUNKORJUU JA METSÄTUHOT	6
Antti Isomäki ja Pentti Niemistö TUTKIMUS AJOURIEN PUUNTUOTANNOLLISESTA MERKITYKSESTÄ	8
Antti Maukonen PUUNKORJUUMENETELMIEN PUUSTOLLE AIHEUTTAMAT VAURIOT	20
Matti Sirén METSÄKONEIDEN MAASTOKELPOISUUS	27
Pertti Harstela KORJUUKUSTANNUSTEN JA METSIKÖN TULEVAN TUOTON OPTIMOINTI	44

Suonenjoki 1985

SAATTEEKSI

Hoitokunnan esityksen mukaisesti Suonenjoen tutkimusasema valitsi tutkimuspäivän teemaksi "Harvennuspuun korjuu ja metsikön tuleva tuotto". Aiheen tärkeyttä kuvaa se, että vuosittain harvennetaan noin 100 000 ha, vaikka tarve olisi paljon suurempi. Jos näitä "rästejä" ei hoideta, on seurauksena itseharvenemisestä johtuva puusadon menetys ja järeyskehityksen viivästyemisestä johtuva tukkipuun osuuden pieneneminen hakkuukertymästä. Voi olla, että ensiharvennuksista pidättäytyminen on suurimpia puun tuotantoon vaikuttavia tekijöitä tällä hetkellä.

Eräänä syynä harvennusten välttämiseen on sanottu olevan pelon nykyisiä puunkorjuumenetelmiä ja koneita kohtaan. Tämän tutkimuspäivän tarkoituksena on välittää viimeisintä tutkimustietoa puunkorjuun vaikutuksista metsikön tuottoon. Tämän hetkisten laskelmien mukaan voinee yleistää seurausvaikutusten aiheuttamat tuottotappiot nykyarvoltaan joiksikin sadoiksi markkoiksi hehtaaria kohti, kun ensiharvennus tuottaa suoraa kantorahatuloa tuhansia markkoja ja esim. prof. Vuokila on laskenut ensiharvennusten laiminlyönnin vähentävän puuston arvokasvua kiertoajan kuluessa useita tuhansia markkoja. Aihe on siis tarkastelun arvoinen.

Kiitän kaikkia tutkimuspäivän alustajia ja osanottajia mielenkiintoisista esitelmistä ja virikkeitä antavasta keskustelusta.

Pertti Harstela
Tutkimusaseman johtaja

Prof Erkki Lähde
Metsänhoidon tutkimusosasto
Helsinki

METSIKÖN PERUSTAMISTIHEYS

- puun määrän ja laadun avain

Eräs nykyisen metsänhoidon polttavia ongelmia on harvennushakkuiden toteuttaminen oikea-aikaisesti ja parhaalla mahdollisella tavalla. Tämän tutkimuspäivän tarkoituksena on käsitellä nimenomaan harvennuspuun korjuuseen liittyviä tekijöitä erityisesti metsän terveydentilan ja tuoton kannalta.

Metsikön perustamis- ja kasvatustiheys luovat perustan sen laatu- ja määräkehitykselle. Erityisesti mäntysahapuun kasvatuksessa laatukysymys on tärkeä. Kuitenkin on syytä muistaa, että hyvälaatuinen puuainekes on edullisinta myös kaikkeen muuhun tarkoitukseen. Myös selluloosan raaka-aineeksi se on edullisempaa kuin huonolaatuinen ainespuu.

Metsänhoidon tutkimusosastossa on kerätty ja jo pitkälle käsitelty uutta aineistoa männyn laatu- ja kasvatustutkimuksen metsänhoidolliseksi ratkaisemiseksi. Aineisto koostuu lähinnä prof. Olavi Huurin 1960-luvun alussa perustamiin koesarjoihin. Koealat sisältävät pääosin istutusmänniköitä, mutta vertailun vuoksi mukana on myös muutamia kylväen ja luontaisesti syntyneitä metsiköitä.

Istutustiheyssarja kattaa jotakuinkin tasaisesti tiheysalueen 1 600 - 60 000 tainta hehtaaria kohti. Koealoilta mitattiin hyvin monipuolisesti männyn sahapuun laatua kuvaavia ja myöhempää kehitystä ennustavia tunnuksia. Lisäksi selvitettiin puun määrällistä tuotosta. Ensimmäisessä vaiheessa keskityttiin puun ulkoisten laatu- ja määrätunnusten käsittelyyn. Myöhemmin on tarkoitettu yhteistyössä puuntutkimuksen tutkimussuunnan kanssa analysoida puuainekes sisäistä laatua kuvaavia tunnuksia.

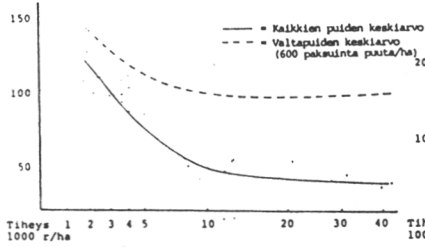
Tähän mennessä käsitellyn aineiston perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä. Kaikki laatu-

nukset osoittivat johdonmukaisesti, että tyvitukin laatuun voidaan vaikuttaa ratkaisevasti vasta noin 5 000 - 6000 kpl/ha tiheydellä. Vaikka nimenomaan männyn kasvatuksessa laatukysymys on ylivoimaisesti tärkein, on kuitenkin laatua tuotettaessa syytä pitää silmällä myös puun määrällistä tuotosta. Kokonaistuotos kasvaa metsikön perustamis- ja taimikon kasvatustiheyden noustessa ainakin noin 40 000 kpl:n tiheyteen. Tuotoksen kasvun lisäys kuitenkin hidastuu ylitettäessä 10 000 kpl:n raja. Käyttöpuun minimikoko luonnollisesti sanelee eri tiheydellä saavutettavan käyttötuotoksen määrän.

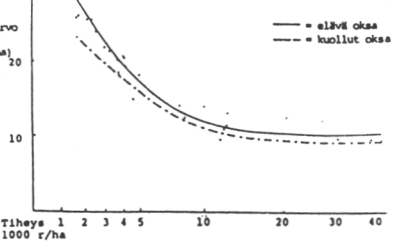
Tutkittu aineisto osoittaa korostetusti, että alle 3 000 ja erityisesti alle 2 000 kpl/ha tiheydellä menetetään istutusmännikössä ensiharvennuksen määrällisessä tuotoksessa useita kymmeniä kuutiometrejä verrattuna 6 000 - 10 000 tiheyteen. Laatutappio on vielä tätäkin suurempi. Alle 2 000 kpl:n tiheydellä tuskin voidaan saada korkealaatuisinta sahapuuta. Jotta taimikon tilajärjestys olisi laatu- ja tuotoskehityksen kannalta optimaalisin, tulee maan muokkausjäljen olla kaikissa suunnissa riittävän tiheä. Paras tulos saavutettaneen laitteilla, joilla tehdään kevyesti ja kapeasti, mutta tiheästä kivennäismaan pinnan paljastavia uria maahan. Tavanomainen laikutus, auraus tai äestysjälki ei tätä tavoitetta täytä.

Määrällisen tuotoksen ratkaisee tapauskohtaisesti kulloinenkin käyttöpuun minimikoko. Pitkällä aikavälillä tämä raja on koko ajan pienentynyt. Nykyhetken rajoja voidaankin käyttää tulevaisuutta arvioitaessa vain ohjeellisina. Suurta perustamis- ja kasvatustiheyttä ylläpitämällä me huolehdimme siitä, että tulevillekin ratkaisuille säilyy tarpeellinen "pelivara". Varttuneet metsät, joista saamme nykyisen korkealaatuisen sahapuumme, ovat syntyneet lähes yksinomaan luontaisesti. Ne ovat kasvaneet usein ainakin nuoruusvaiheessaan sekametsinä lähes hoitamatta.

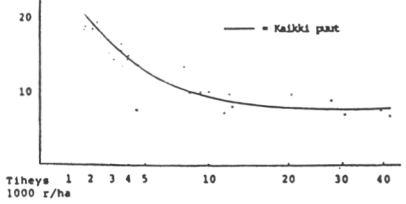
mm Kuva 1. Rinnankorkeuslöpimitta (mm)



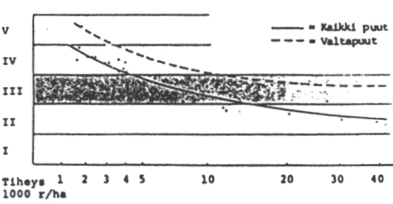
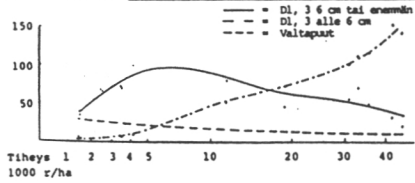
mm Kuva 2. Paksuin elävä ja paksuin kuollut oksa (mm)



Tiheys 1000 r/ha Kuva 3. Oksien tyvilleikkausten pinta-alan suhde rungon vaippaan elävissä istuvuudessa (T)



Tiheys 1000 r/ha Kuva 4. Oksaisuusluokka

m³/ha Kuva 5. Kuutiotuotos ja sen jakautuminen (m³/ha)

Prof. Tauno Kallio
 Metsänsuojelun tutkimusosasto
 Metsäpatologian tutkimussuunta
 Helsinki

HARVENNUSMETSIEN PUUNKORJUU JA METSÄTUHOT

Harvennuksissa tulisi poistaa kituliaat, vioittuneet, sairaat ja tuulenkaatamat puut. Talviharvennuksissa vauriot jäävät vähäisemmiksi kuin kesäaikaisissa hakkuissa. Edullisinta tuhojen välttämisen kannalta olisi kasata puutavara käsin ajouran varteen. Kesäaikaiset harvennukset olisi paras suorittaa hyönteisten parveilun jälkeen. Hyönteisten iskeytymisaikana olisi siten vähiten kuorellisen puutavaran varastoja metsissä.

Kuusi

Koivu ja kuusi ovat arimmat korjuuvaurioille. Tässä yhteydessä koivun ongelmat ohitetaan. Kesäaikainen (äitienpäivästä isänpäivään eli toukokuun puolivälistä marraskuun puoleen väliin) kuusikon korjuu tekee juurikäävän iskeytymisen kantojen kaatopintojen kautta mahdolliseksi. Eteläisessä Suomessa noin 10 % kantojen kaatopinnoista saa tänä aikana juurikäpäätartunnan. Pahimmilla juurikäpäalueilla (tutkimus Joki-
 oisista) saattaa elokuun lopussa kuusen vaurioista noin 30 % saada juurikäpäätartunnan. Lahon alkaminen on huomattavasti yleisempää juurenniskavaurioista kuin runkovaurioista. Sieni-infektion kannalta kauempana kuin yhden metrin etäisyydellä puun tyvestä olevilla juuriston vaurioilla ei ole merkitystä tyven arvon menetyksen kannalta, jos hakkuukierto ei ylitä kymmentä vuotta.

Kuorellisen kuusipuutavaran metsävarastointi lisää kirjanpaina- ja tikaskuoriaistuhon varastoja ympäröivissä metsissä ja puutavarassa. Kuorellinen kuusitavara olisi saatava metsästä pois ennen heinäkuun loppua. Varastot olisi sijoitettava aukealle ja mahdollisimman tuuliselle paikalle. Puutavaran kuorinta tietenkin estää puutavaran kaarnakuoriaistuhon. Hyvä torjuntatuloks saadaan myös jos voidaan sadettaa varas-

toja 25 mm/vrk. Lindaaniruisukuksilla (Silvanol, Lindan 200) voidaan saada varsin hyviä torjuntatuloksia, jos työ tehdään kunnollisesti heti huhtikuun alkupuolella. Peittämisellä (muovilla) ei ole saatu kovin suurta tehoa.

Mänty

Korjuu ei yleensä aiheuta sieni-infektiota, kasvutappioita kyllä. Jos harvennettava puusto on yli 3 m korkeata tai yli 4 cm rinnankorkeusläpimitaltaan olisi paras harvennusaika kesä- heinäkuussa. Muuna aikana vuotta kaadettu puusto pitäisi pätkiä heti kaadon yhteydessä.

Kuorellisen mäntytavaran varastointi lisää helposti ytimennävertäjä- ja tikaskuoriaistuja. Puutavara olisi saatava pois metsästä kesäkuun loppuun mennessä. Muutoin torjunnassa voidaan käyttää samoja menetelmiä kuin kuusella on edellä selostettu.

Lahottajat

K u u s e l l a Verinahakka (Stereum sanguinolentum) on vaarallisin lahottaja. Jokioisissa sitä esiintyi 34 %:ssa vauriopiusta (keinotekoiset vauriot). Se eteni juurenniskavaurioista 50 cm/v ja runkovaurioista 20 cm/v. Eräessä toisessa tutkimuksessa puunkorjuuvaurioista alkanut värivika eteni 21 cm/v. Suurin mitattu etenemisnopeus oli tässä iäkkäitä vaurioita käsittävässä tutkimuksessa 135 cm/v. Juurikäpää (maannousemasieni, Heterobasidion annosum) iskeytyi Jokioisissa 15 %:iin tutkimusta varten vaurioitetuista puista. Vauriolahokohdissa kasvaa e.m. kahden lahottajasienen lisäksi tavallisesti bakteereita sekä joukko lahottajasieniä.

MMK Antti Isomäki ja MH Pentti Niemistö
Metsänarvioinnin tutkimusosasto
Puuntuotoksen tutkimussuunta
Helsinki

TUTKIMUS AJOURIEN PUUNTUOTANNOLLISESTA MERKITYKSESTÄ

1. JOHDANTO

Korjuukoneiden vaatimien ajourien avaaminen harvennuksen yhteydessä alentaa puuntuotannon määrää ja laatua. Tämä on looginen hypoteesi ajouratutkimusten lähtökohdaksi. Ajouran avaaminen merkitsee poikkeamista parhaaksi katsottavasta harvennusvalinnasta ja -voimakkuudesta. Myös korjuuvaurioilla täytyy olla negatiivinen vaikutus puuntuotantoon.

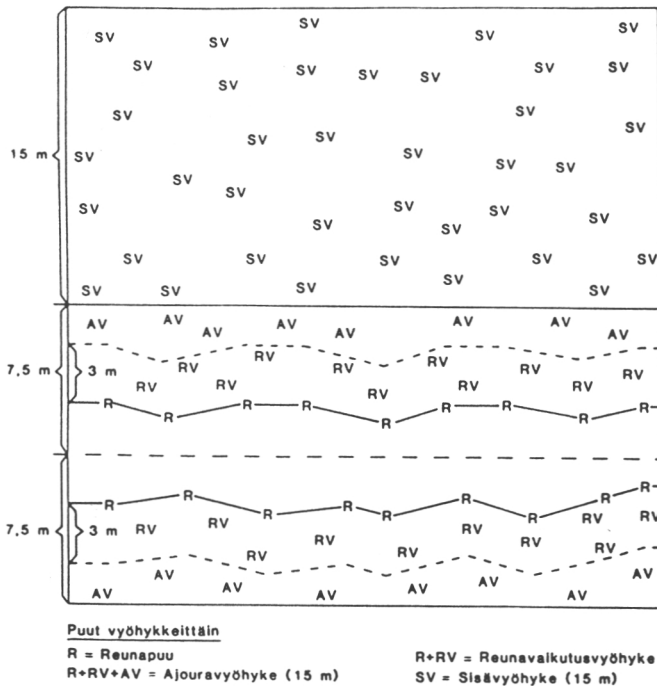
Tuotostappioiden suuruuden selvittäminen on monitahoinen ongelma, koska metsikön olosuhteet sekä ajourien suuntaus, leveys ja tiheys voivat vaihdella suuresti. Korjuuvaurioiden määrään ja laatuun vaikuttavat edellisten lisäksi korjuumenetelmä, -koneet ja -olosuhteet sekä työn suorittajan ammattitaito ja huolellisuus.

Monitahoisuutensa takia ongelma on yleensä pilkottu osaongelmiin, joita pyritään ratkaisemaan erikseen. Esimerkiksi seuraavista asioista on selvityksiä: vaurioiden määrä ja laatu, vaurioiden kasvu- ja lahovaiikutukset, ajourien puustovaikutukset ja reunapuuston kasvureaktiot. Ajourien sijasta on useimmiten kuitenkin selvitetty suorien käytävien vaikutusta, koska laskenta helpottuu olennaisesti verrattuna aitoihin ajouriin. Tällöin nimittäin käytäväpuusto ja reuna-vaikutuksen alainen puusto voidaan olettaa keskimääräiseksi. Ajoura on kuitenkin suunnattu tarkoituksellisesti puustotappioiden välttämiseksi, joten kasvutappio herkästi yliarvioidaan. Reunavaikutusta on havaittu joskus vain reunapuissa, toisinaan aina 3-5 metrin etäisyydelle ajourasta. Kaiken kaikkiaan tutkimukset ovat hajanaisia ja tuloksia on vaikea sovitaa yhteen.

2. AINEISTO

Vuonna 1980 käynnistetyssä yhteispohjoismaisessa tutkimuksessa pyritään selvittämään ajourien vaikutuksia kuusikoissa. Suomesta on kerätty 20 koealan aineisto, joka analysoidaan myös Suomessa. Koealat on sijoitettu metsiköihin, jotka on ensiharvennettu 9-10 vuotta ennen mittausajankohtaa. Puustossa ei saa olla vaurioita, koska niiden vaikutus pyritään selvittämään muilla aineistoilla.

Koealat on rajattu ajouran suunnassa kuvan 1 mukaisesti. Osalle koealoista mahtuu kaksi ajouraa. Keskistä puista on mitattu $d_{1.3}$, dk , h ja 20 vuoden sädekasvu rinnankorkeudelta. Puiden sijaintitietoina ovat X- ja Y-koordinaatit, etäisyys lähimmästä ajouran reunasta ja avautumiskulma ajouralle. Kaatokoepuista on mitattu lisäksi $d_{6.0}$, sädekasvu 6 metrin korkeudelta ja pituuskasvu (20v). Kannoista on mitattu läpimitta, joten puusto pystytään konstruoimaan sellaiseksi, kuin se oli harvennushetkellä.

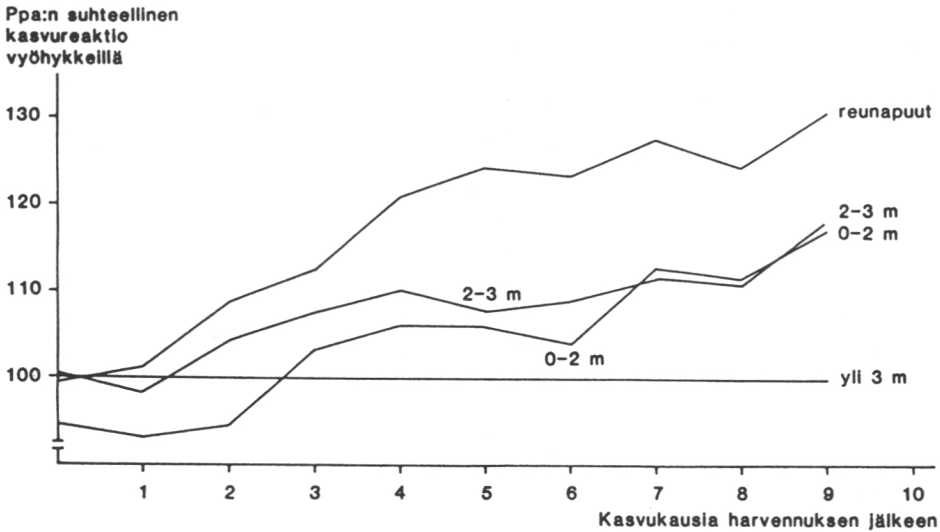


Kuva 1. Koealan sijoittuminen ja vyöhykejako.

3. TUTKIMUSMENETELMÄ

Aluksi on selvitetty puukohtaisia kasvureaktioita reunavaikutuksen ulottumisen selvittämiseksi. Tunnuksena on käytetty harvennuksen jälkeisen kasvun suhdetta harvennusta edeltävään kasvuun (kuva 2). Pituuskasvussa ei havaittu reunavaikutusta, mutta ppa:n kasvussa erottuivat reunapuut selvästi ja vielä 3 metrin vyöhyke ajouran reunasta merkitsevästi verrattuna muuhun puustoon. Reunavaikutuksen laskennassa etäisyyttä tehokkaammaksi tunnukseksi osoittautui avautumiskulma ajouran suuntaan, mutta käytännöllisyytensä takia etäisyyttä käytetään jatkossa puustovyöhykkeiden rajaamisessa. Tulokset lasketaan hehtaariohtaisina eri vyöhykkeille käyttäen 30 metrin ajouraväliä. Muille ajouratiheyksille tulokset on helppo laskea muunnosten avulla. Puustokohtaiset tulokset lasketaan vyöhykkeittäin seuraavasti:

- A. 15 metrin levyiset sisävyöhyke ja ajouravyöhyke, joilta saadaan tulokset suoraan 30 metrin ajouravälille.
- B. Reunavaikutusvyöhyke, johon kuuluu ajoura ja 3 metrin levyiset kaistat kummallakin reunalla.
- C. Reunapuut, jotka sijaitsevat välittömässä yhteydessä ajouraan.
- D. Ajoura, ts. kaikki puut, jotka ovat sijainneet reunapuiden rajaamalla alueella.



Kuva 2. Pohjapinta-alan keskimääräiset suhteelliset kasvureaktiot reunapuulle ja reunavyöhykkeillä. Puun vuotuinen kasvu on jaettu harvennusta edeltäneen 10-vuotiskauden keskikasvulla. Tälle kasvureaktiolle on laskettu vyöhykkeittäiset keskiarvot vuosittain. Vyöhykkeiden erot on testattu varianssianalyysillä ja todettu merkitseviksi reunapuilla ja 0-3 metrin reunavyöhykkeellä. Etäämpänä ajourasta ei todettu merkitseviä eroja, joten siellä kasvun katsotaan olevan normaalin harvennusreaktion suuruinen ja sitä merkitään sadalla. Kuvassa on vyöhykkeet 0-2 ja 2-3 metriä erotettu toisistaan, vaikka ne eroavat merkitsevästi vain ensimmäisinä vuosina.

4. AJOURIEN PUUSTOVAIKUTUKSET

Kun vauriot jätetään huomioimatta, ajouran avaaminen voi alentaa puuston tuotosta määrällisesti ja/tai laadullisesti seuraavista syistä:

- Ajouravyöhykkeen yliharventaminen, jolloin puustopääoma ei pysty käyttämään tarjolla olevia kasvutekijöitä täysin hyväksi.
- Ajoura-aukon puuntuotannollinen vajaakäyttö,

ts. ajoura on liian leveä, jotta reunapuut ulottuisivat käyttämään vapautuneen kasvutilan täysin hyväkseen.

c) Puuvalinnassa tinkiminen poistamalla ajouralta hyviä puita ja jättämällä mahdollisesti korvaavia, mutta huonompia puita ajouran reuna-alueelle.

4.1. AJOURAT JA HARVENNUSVOIMAKKUUS

Käsitellyssä aineistossa (18 koealaa) vyöhykkeiden pohjapinta-alat (m^2/ha) ovat keskimäärin seuraavat:

	Sisäv.15m	Au-v.15m	Au+2x3m	Ajoura
Ennen harv:	32.4	32.2	32.6	29.2
Harv. jälk:	23.6	22.1	21.1	0.0

Poistuma-%:	26.6 %	31.1 %	34.3 %	100.0 %

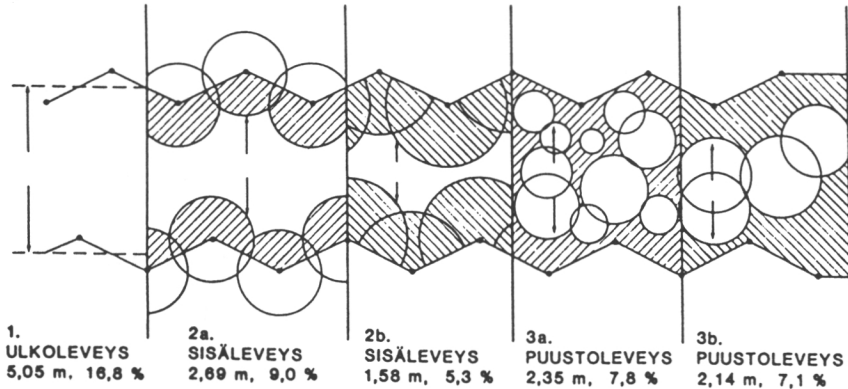
Ajouran aiheuttama lisäys harvennusasteeseen on edellisen mukaan 4.5 %-yksikköä 15 metrin levyisellä ajouravyöhykkeellä ja reunavaikutusvyöhykkeellä (ajoura + 2x3m) 7.7 %-yksikköä. Reunavaikutusvyöhykkeen harvennusvoimakkuudella on ilmeisesti keskeinen asema kasvutappioiden syntymisessä, vaikka keskimäärin ei varsinaisesta yliharventamisesta olekaan kysymys. Koealojen välillä on tässä suhteessa suurta vaihtelua ja muutamilla koealoilla puustopääoma on reunavaikutusvyöhykkeellä laskettu selvästi liian alas.

4.2. AJOURA-AUKKO JA AJOURAN LEVEYS

Yleensä ajouran leveys ymmärretään lähinnä puunkorjuun näkökulmasta ja leveyden määrittämisessä käytetään reunapuiden etäisyyksiä toisistaan tai ajouran keskilinjasta. Usein näitä samoja leveyskäsitteitä näkee käytettävän myös puuntuotannollisia vaikutuksia arvioidessa. Puuntuotannon kannalta ajouran leveyttä määritettäessä on otettava huomioon reunapuut, joiden

kasvutilasta ainakin puolet on ajouralla. Toinen vaihtoehto on laskea ajouran pinta-ala suoraan ajourapuuston osuutena kokonaispuustosta. Tässä tutkimuksessa puiden kasvutilat on rinnastettu niiden ppa-osuuksiin siten, että koealan pinta-ala on jaettu puiden kesken laskennallisiksi kasvutiloiksi pohjapinta-alojen suhteessa. Tällä perusteella erilaiset ajouraleveyden käsitteet on määritelty seuraavasti (metriä tai % pinta-alasta, ks.kuva3) :

1. ULKOLEVEYS = Ajouran reunapuiden rajoittaman alueen keskileveys (m) tai % pinta-alasta.
2. SISÄLEVEYS = Ulkoleveys - reunapuiden edustama kasvutila ajouralla.
 - 2a) Ulkoleveys(%) - puolet reunapuiden ennen harvennusta edustamasta laskennallisesta kasvutilasta.
 - 2b) Ulkoleveys(%) - puolet reunapuiden harvennuksen jälkeen edustamasta laskennallisesta kasvutilasta.
3. PUUSTOLEVEYS(%) = Ajourapuuston osuus kokonaispuustosta.
 - 3a) Ajouralla kasvaneiden puiden ppa-osuus kokonaispuustosta ennen harvennusta.
 - 3b) Valikovan harvennusehdotuksen mukaan ajouralle jätettävävän puuston ppa-osuus jäävästä puustosta.



Kuva 3. Ajouran leveyskäsitteet ja niiden arvot metreinä ja osuuksina pinta-alasta 30 metrin ajouravälillä.

Tässä aineistossa ajouran pinta-alasta noin 47 % kuuluu välittömästi reunapuuston kasvutilaan ja harvennuksen jälkeen kasvutilojen laajennuttua varovaisimmankin arvion mukaan 69 %. Todellisuudessa jälkimmäinen osuus on ilmeisesti suurempi, koska reunapuut kasvavat muuta puustoa nopeammin ja laajentavat kasvutilaansa epäsymmetrisesti ajouralle päin.

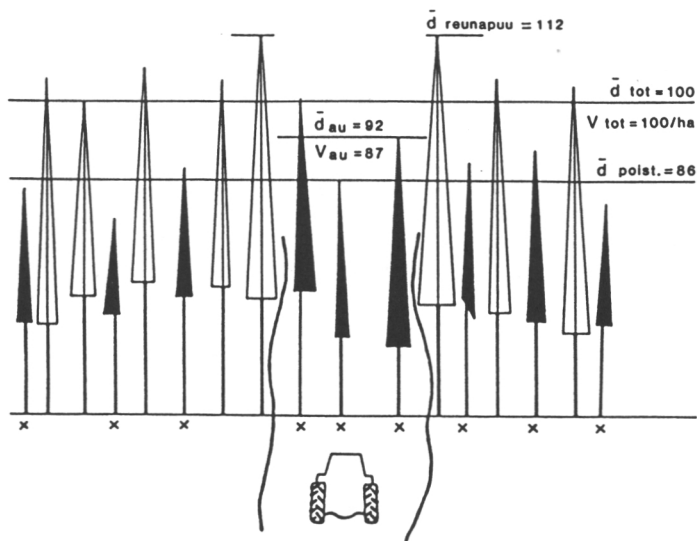
Ajourapuusto edustaa laskentatavasta riippuen 7-8 % kokonaispuustosta ja näin laskettu puustoleveys 42-47 % ajouran ulkoleveydestä. Tämän aineiston perusteella merkitsee noin 5 metrin levyinen ajoura 30 metrin välein välittömästi noin 7-9 %:n avohakkuuta, jonka puuntuotannollinen merkitys kuitenkin lievenee ajan kuluessa.

4.3 AJOURAN VAIKUTUS PUUVALINTAAN

Edellä on osoitettu, että ajouran puuntuotannollinen leveys on noin puolet reunapuiden väliin jäävästä alueesta. Ajouraa ei kuitenkaan saa samaistaa tämän leveyiseen sattumanvaraisesti suunnattuun käytävään, koska ajouran suuntaamisessa on havaittavissa selvää valikoivuutta poistettavien ja reunalle jätettävien puiden suhteen. Seuraavassa asetelmassa on ajouralta poistettavan puuston, kokonaispoistuman ja reunapuuston keskiläpimittoja ja tilavuuksia verrattu vastaaviin tunnuksiin kokonaispuustossa ennen harvennusta.

	Puusto e. harv.	Ajoura- poistuma	Kokonais- poistuma	Reuna- puusto
Keskilpm.(cm):	15.1	13.9	13.0	16.9
%	100.0	92.0	86.1	111.9
Tilav.(m ³ /ha):	256.3	19.2	70.4	43.0
%	100.0	7.2	27.5	16.8

Vertailu osoittaa, että ajourapuuston keskiläpimitta on 92 % kokonaispuuston keskiläpimitasta ennen harvennusta. Vastaavasti reunapuiden keskiläpimitta on 12 % suurempi verrattuna puustoon ennen harvennusta. Puuston tilavuus on keskimäärin 256.3 m³/ha, josta 7.2 % on ajourapuustoa ja 16.8 % reunapuita. Kun ajouran ulkoleveydestä vähennetään reunapuiden edustama kasvutila saadaan ajouran osuudeksi 9.0 % eli 900 m³/ha. Tällä pinta-alalla on ollut siis 7.2 % tilavuudesta, joten ajourapuuston keskitilavuus on 224.4 m³/ha eli 13 % alempi kuin kokonaispuuston keskiarvo. Nämä luvut osoittavat, että ajoura on suunnattu sekä määrältään että kooltaan selvästi keskimääräistä pienemmän puuston kautta (kuva 4). Tästä huolimatta ajouralta poistettu puusto on luonnollisesti keskimääräistä poistumaa suurikokoisempaa (keskiläpimitta 6.4 % suurempi).



Kuva 4. Ajoura(au) on suunnattu suuria puita väistellen ja pienempiä poistaen siten, että myös ajourapuuston tilavuus on pinta-alaan nähden 13 % keskimääräistä pienempi.

Seuraavassa asetelmassa verrataan jäävän puuston keskiläpimittoja ja keskitilavuuksia eri vyöhykkeillä kokonaispuustoon harvennuksen jälkeen:

	Kok. puusto	Au-vyöhy. (15 m)	Au + 2x3m	Reunapuut
Keskilpm.(cm):	16.42	16.56	16.62	16.86
%	100.0	100.9	101.2	102.7
Keskitilav. (m ³ /ha)	185.9	179.5	172.4	
%	100.0	96.6	92.7	

Reunapuut ovat harvennuksen jälkeenkin vielä 2.7 % paksumpia kuin jäävä puusto keskimäärin. Lisäksi ne muodostavat tässä aineistossa peräti 23.2 % jäävästä puustosta, joten reunapuilla on varsin tärkeä asema puuston jatkokehityksessä. Jäävän puuston keskiläpimitat poikkeavat eri vyöhykkeillä vain hyvin vähän toisistaan. Yllättävää on se, että keskiläpimitat ovat ajouran lähellä jopa suurempia kuin jäävässä puustossa keskimäärin. Koska keskitilavuudet ovat

näillä vyöhykkeillä selvästi pienemmät, voidaan tulos tulkita siten, että ajouran avaaminen ei alenna puuston keskiläpimittaa vaan ainoastaan lisää harvennusvoimakkuutta, jolloin keskiläpimitta saattaa jopa nousta.

Ajourien yhteydessä käytetyt termit osittainen avohakkuu tai systemaattinen harvennus on selkeästi torjuttava, koska ajouran suuntauksessa on aivan selvästi käytetty samoja periaatteita kuin puuvalinnassa yleensä.

5. AJOURAN AIHEUTTAMAN KASVUTAPPION LASKENTA

Kasvutappion laskemiseksi on periaatteessa kaksi erilaista tapaa. Ajouravyöhykkeellä toteutunutta kasvua verrataan joko viereisen sisävyöhykkeen kasvuun tai ajouravyöhykkeelle tehdään tietokoneella 'valikoiva harvennus' ilman ajouraa ja toteutunutta kasvua verrataan tälle harvennusvaihtoehdolle ennustettavaan kasvuun. Kasvun ennustamiseksi laaditaan koaloittain regressioyhtälöt, joissa sisävyöhykkeen puiden kasvua harvennuksen jälkeen selitetään puun läpimitalla. Harvennusta edeltänyttä kasvua ei voida käyttää selittäjänä, koska kannoista kasvua ei tunneta.

Regressioyhtälöiden käyttö ajouravyöhykkeen puiden kasvun ennustamiseen on perusteltua silloin, kun harvennusvoimakkuus vyöhykkeillä on yhtä suuri. Tästä syystä puhtaasti valikoiva harvennusvaihtoehto täytyy tehdä yhtä voimakaaksi kuin sisävyöhykkeen harvennus. Toinen ehto regression käytölle on se, että kasvun taso (lähinnä kasvu-%) ennen harvennusta on ollut yhtä suuri kyseisillä vyöhykkeillä. Nämä ehdot karsivat muutamia koaloja pois regressioon perustuvasta laskentatavasta.

Näinollen parhaalta vaihtoehdolta vaikuttaisi kasvujen vertailu vyöhykkeiden kesken. Absoluuttisten kasvujen vertailu ei anna oikeaa tulosta, koska puuston määrät ja vyöhykkeiden kasvut ennen harvennusta poikkeavat eräissä tapauksissa liian paljon toisistaan. Parempi tulos saadaan, kun verrataan vyöhykkeiden kasvureaktiiviteettiä eli harvennuksen jälkeisen ja sitä edeltäneen kasvun suhteita keskenään.

Koealat ovat tällaiseen tarkasteluun ilmeisesti vähän liian pieniä, joten satunnaiset erot puuvalinnassa saattavat sotkea vertailua. Tämän osoittaa ainakin se, että joillakin koealoilla päädytään epäloogisiin tuloksiin, joissa ajouralla näyttäisi olevan positiivinen vaikutus tuotokseen. Vyöhykkeittäisessä tarkastelussa täytyy siis olla joitakin heikkouksia, jotka täytyy ottaa huomioon tuloksia esitettäessä.

Vaikka ajouran positiivista vaikutusta osoittava tulos onkin epälooginen, se on sikäli realistinen, että harvennuksen vaikutus saattaa hyvinkin olla ajouravyöhykkeellä parempi kuin sisävyöhykkeellä. Tämä ei kuitenkaan missään tapauksessa johdu ajourasta vaan siitä, että harventaminen on syystä tai toisesta otollisempi ajouravyöhykkeellä tai sisävyöhykkeen harvennuksessa on toimittu kasvun kannalta epäedullisesti (esim. laadun takia). Oma vaikutuksensa saattaa olla hakkuutahteilla, joiden lannoitusvaikutus keskittyy suunnatun kaadon takia ajouran läheisyyteen.

Molemmilla laskentatavoilla on omat heikkoutensa. Luotettavin tulos saadaan, jos tulokset tukevat toisiaan. Jos ne ovat ristiriitaiset, on tapauskohtaisesti harkittava kumpi laskentatapa on paremmin perusteltu. Hankalimpia ovat tapaukset, joissa tavallisuudesta poiketen sisävyöhyke on harvennettu ajouravyöhykettä voimakkaammin. Regression käyttö ei ole perusteltua, koska ei ole mitään mieltä ajatella ajouravyöhykkeen valikoivaa harvennusta voimakkaammaksi kuin toteutunut ajouraharvennus. Näissä ja muissakin epäselvissä tapauksissa on syytä luopua vyöhykeajattelusta ja tarkastella ongelmaa vain ajouran ja reuna-puiden valinnan osalta ja arvioida kasvutappio tältä pohjalta.

Vyöhykkeiden vertailu on perusteltua 15 koelalla, joista kolmella ei pystytä osoittamaan tilavuuskasvussa ajouran aiheuttamia tappioita. Useimmilla koealoilla kasvutappio on 3-6 % metsikön tilavuuskasvusta kuuden vuoden aikana harvennuksen jälkeen. Kolmella koealalla tappio on peräti 9-11 %, joka selittyy pääasiassa ajouravyöhykkeen yliharventamisella (40-50 % ppa:sta). Kasvutappio ajoittuu metsikön voimakkaimman kasvun vaiheeseen, mutta näyttää koko ajan pienen-tyvän. Koko kiertoajan puitteissa em. 3-6 %:n kasvutappio lienee 1-2 %.

Kasvutappion määrästä saadaan tuskin tämänkään tutkimuksen perusteella yksiselitteistä kuvaa, koska ongelma on todella moniselitteinen. Tulosten suurella vaihtelulla saattaa olla käytännöllisten johtopäätösten kannalta pelkkää hyötyä, mikäli tappion suuruutta voidaan selittää sellaisilla tekijöillä, jotka voidaan ottaa huomioon ajourien suunnittelussa ja hakkuun toteutuksessa.

Tutkimuksen tässä vaiheessa näyttää siltä, että reuna-vaikutusvyöhykkeen (ajoura + 3 metriä leveät reuna-kaistat) harvennusvoimakkuus on ratkaiseva tekijä tuotostappioiden syntymisessä. Samalla on kuitenkin muistettava, että kapeat ajourat ja tiheä reunapuusto lisäävät vaurioriskiä. Raiteiden muodostuminen ja reunapuiden vaurioituminen on otettava vakavasti, koska ne koskevat välittömästi neljäsosaa jäävästä puustosta. Lisäksi reunapuut ovat keskimääräistä kookkaampia ja niille on keskitetty runsaasti tilaa ja muita kasvutekijöitä.

MH Antti Maukonen
Metsäteknologian osasto
Suonenjoki

PUUNKORJUUMENETELMIEN PUUSTOLLE AIHEUTTAMAT VAURIOT

Harvennushakkuiden suurimpia ongelmia ovat korjuukustannukset ja vauriot, joita korjuu synnyttää kasvatettavalle puustolle. Koneellistamisella pyritään hillitsemään kustannuksia, mutta samalla vaurioriski tavallisesti kasvaa. Koska puuston ja myös maaperän vaurioituminen saattaa aiheuttaa huomattavia puun laatu- ja kasvutappioita, on perusteltua paneutua yleisimpiin harvennuspuun korjuumenetelmiin vaurioitumisen kannalta ja samalla pohtia keinoja vaurioiden vähentämiseksi.

Puutavaran metsäkuljetus

Koska harvennushakkuut tehdään vielä lähes kokonaan miestyönä, jolloin hakkuuvaiheessa syntyy erittäin vähän vaurioita, kysymys metsäkuljetusvälineestä on ollut päähuomion kohteena.

Tutkimustulosten perusteella puuston vaurioituminen metsäkuljetuksessa on kohtuullisella tasolla. Metsäntutkimuslaitoksella (SIREN 1981) toteutettu vaurioinventointi käsitti 88 kpl hakkuukautena 1979-1980 korjattua leimikkoa yhteispinta-alaltaan 425 ha. Tutkimuksessa keskimääräinen vaurioprosentti oli 1.8 ja korkein arvo oli 8.7.

Runsaasti huomiota osakseen on saanut tutkimuksen tulos, jonka mukaan maataloustraktori oli aiheuttanut hieman metsätraktoria enemmän korjuuvaurioita. Maataloustraktorileimikoissa keskimääräinen vaurioprosentti oli 2.2 ja metsätraktorilla korjattaessa keskimäärin 1.5. Metsätraktorin aiheuttamat vauriot olivat jonkin verran maataloustraktorin aiheuttamia vaurioita syvempiä, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee.

	Jakauma %			
	Raapai- su	Pinta- vaurio	Syvä- vaurio	Katko- juuri
Maat.traktori	6.9	39.3	48.2	5.6
Metsätraktori	3.2	34.6	51.8	10.4

Molemmilla konetyypeillä hieman yli puolet vaurioista kohdistui runkoon, alle 10 % juurenniskaan ja loput juuristoon.

Metsätehossa (LILLEBERG 1984) suoritetun vaurioinventoinnin mukaan on keskiraskas metsätraktori vaurioittanut 0.5 % jäävästä puustosta ja metsävarusteinen maataloustraktori vastaavasti 0.6 %. Kyseisiin lukuihin eivät sisälly juuristovauriot. Nykyiset harvennusemetsien korjuuohjeet ovat tutkimuksen mukaan oikeaan osuneita, eikä esim. ohjeellisista ajouraleveyksistä ja -väleistä ole syytä tinkiä.

Tutkimuksessa keskimääräinen ajouraleveys metsätraktoreileimikossa oli 3.4 m (vaihtelu 2.9 - 4.1 m) ja maataloustraktoreileimikoissa 3.2 m (vaihtelu 2.6 - 4.0 m). Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeiden mukaan ajourien tulee olla leveydeltään 3.5 - 4.0 m. Ajouraväli oli metsätraktorilla keskimäärin 29 m (25 - 32 m) ja maataloustraktorilla 27 m (22 - 31 m), kun vastaava ohjarvo on 30 m. Ajouran kapeneminen ja ajouravälin pieneneminen em. ohjarvoista lisäävät vaurioriskiä huomattavasti.

Jos halutaan vertailla eri konetyyppien soveltuvuutta harvennukseen, täytyy aina muistaa olosuhteiden merkitys. Edellä esiteltujen tutkimustulosten valossahan ei metsä- ja maataloustraktorin välillä ole ratkaisevaa eroa. Kun ajetaan helpossa maastossa, selvittää kapeilla urilla ja vähillä vaurioilla. Kun olosuhteet vaikeutuvat, myös vaurioriski kasvaa (LILLEBERGIN 1984 mukaan maaston muuttuminen kakkosluokkaan lisää suhteellisten vaurioiden määrää jo 70 prosentilla). Vaikeimmissa olosuhteissa metsätraktori on usein ainut mahdollinen vaihtoehto.

Monitoimikoneiden käyttö

Nopeasti kohoaviin harvennuspuun korjuukustannuksiin etsitään apua hakkuun koneellistamisesta. Avohakkuihin suunnitellut monitoimikoneet eivät kuitenkaan sovellu ahtaisiin harvennusoloihin suuren tilan tarpeen vuoksi. Myöskään erityisesti harvennuksiin suunnitellut pienikokoiset erikoiskoneet eivät ole yleistyneet Suomen vaikeissa lumi- ja maasto-oloissa. Pientraktoreiden ongelmana ovat lähinnä juuristo- ja maaperävauriot, mutta runkovaurioita koneet aiheuttavat suhteellisen vähän (VALONEN & HARSTELA 1980).

Kuormainproessorista on kehittymässä sekä harvennuksiin että avohakkuihin soveltuva yleiskone. Kuormainproessorin työskentely on joustavaa, jolloin pitkiä puita joudutaan siirtelemään vähemmän kuin tavallisella proessorilla. Jäävän puuston vaurioitumista voidaan kuitenkin pitää kuormainproessorinkin heikkoutena harvennushakkuussa.

Metsäntutkimuslaitoksella suoritettussa (SIREN 1983) vaurioinventoinnissa tutkittiin 15 leimikkoa pinta-alaltaan 75 ha. Kysymyksessä olivat lähinnä väljennysleimikot, joissa jäävän puuston runkoluku oli keskimäärin 760 runkoa/ha. Leimikoista kymmenen oli korjattu kesällä ja viisi talvella.

Keskimääräinen vaurioprosentti kuormainproessorileimikoissa oli huolestuttavan korkea, 11.1 (vaihtelu 5.5 - 21.9 %). Vaurioista runkoon kohdistui 64 % ja juurenniskaan 3 % loppujen ollessa juurivaurioita. Kooltaan vauriot olivat yleensä pieniä, 70 % vaurioista oli pinta-alaltaan alle 100 m³. Vaurioista 13 % oli raapaisuja, 56 % pintavaurioita, 20 % syvävaurioita ja 11 % katkojuuria. Vauriot olivat pääosin monitoimiosan tai käsiteltävän puun aiheuttamia.

Toisessa Metsäntutkimuslaitoksen (IMPONEN & SIREN 1983) järjestetyssä kokeessa pyrittiin selvittämään kaatotavan vaikutusta jäävän puuston vaurioitumiseen. Keskimääräinen vaurioprosentti oli tällöin 6.0 vaihtelun ollessa eri tutkimusurilla 2.4 - 11.6. Alhainen vaurioprosentti selittyy ainakin osittain korjuuajankohdalla, joka oli maaliskuu. Kuormainproessorin aiheuttama vaurioprosentti oli keskimäärin 5.2 ja kuormatraktorin 0.8. Kuormatraktorin aiheuttamat vähäiset vauriot johtuvat osittain uraleveydestä, joka kuormainproessorin jäljiltä oli lähes 5 m.

Kaatotavoista osoittautui parhaaksi sellainen, jossa puut kaadettiin mahdollisimman paljon ajouran päälle. Tällöin vaurioprosentti oli 4.9. Eniten vaurioita (8.6 %) syntyi, kun ne puut joihin prosessori ulottui, kaadettiin ajouralta pois päin, ja kauempana olleet puut kaadettiin vastaavasti ajouraa kohti (ns. latva-tyvikaato). Samanlainen tutkimustulos kaatotapojen välisistä eroista on saatu myös Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusasemalla, jossa kuormainprossessorin toimintaa on tutkittu harvennussimulaattorilla (HARSTELA & MAUKONEN 1983).

Uralle kaadon paremmuus johtunee siitä, että tällöin puiden siirtelytarve vähenee oleellisesti. Näin on nimenomaan silloin, kun tehdään vapaapituista puutavaraa. Jos sen sijaan tehdään määrämittaista puutavaraa, joudutaan puun käsittely aloittamaan aina tyvestä. Tällöin saattaa eri kaatotapojen edullisuusjärjestys muuttua, ja latva-tyvikaato on todennäköisesti vaurioitumista ajatellen paras kaatotapa.

Suuria vauriomääriä on saatu myös monissa erillistutkimuksissa. Esim. FRÖDLING ja THÖRLIND (1982) saivat Ruotsissa vaurioituneiden puiden osuuksiksi tavanomaisilla prosessoreilla vinssauksen kanssa yli 16 %, ilman vinssausta n. 13.5 % ja kuormainprossessorilla n. 13 %.

Koko- ja osapuumentelmä

Koko- ja osapuumentelmässä puut korjataan metsästä karsimattomina joko kokonaisina tai osiin katkaisuina. Menetelmässä joudutaan siirtelemään pitkiä puita ja puunosia, ja eräänä vaurioitumiseen mahdollisesti vaikuttavana lisätekijänä on hakkuutähteiden juuristolle antaman suojan puuttuminen. Korjuun on lisäksi tapahduttava yleensä kesäaikana, koska talvella puut jäävät helposti lumen alle.

Metsäntutkimuslaitoksen (SIREN 1984) vaurioinventoinnissa tutkittiin 24 osapuumentelmällä korjattua leimikkoa. Puutavara haketettiin 19 leimikolla välivarastolla, ja 5 leimikolla käytettiin palstahaketukseen perustuvaa korjuuketjua. Leimikot olivat pääosin männiköitä, keskipinta-alaltaan 3.1 ha.

Vaurioituminen oli osapuumenetelmässä tutkimuksen mukaan melko vähäistä: keskimääräinen vaurioprosentti oli 2.5. Kuusivaltaisissa leimikoissa vaurioita syntyi hieman enemmän kuin männiköitä harvennettaessa. Esim Keski-Suomen osapuutyömailla, joista 65 % oli kuusikoita, oli keskimääräinen vaurioprosentti 3.4 %, kun vastaava luku Pohjois-Suomessa (pääosin männiköitä) oli 1.2 %.

Vaurioista runkoon kohdistuneita oli 58 % ja juureniskaankin 2 % loppujen ollessa juurivaurioita. Pääosa vaurioista oli lieviä pintavaurioita. Runkovaurioista niiden osuus oli 75 %.

Miten vaurioita voidaan vähentää ?

Vaurioitumisen syyt vaihtelevat eri menetelmillä. Metsäkuljetuksessa syinä ovat yleisimmim liian kapeat ajourat ja maaperän huono kantavuus. Myös väärin sijoitetut kasat sekä liian jyrkät ja ahtaat liittymät ovat usein syynä metsäkuljetuksessa syntyviin vaurioihin.

Korjuun onnistumisen kannalta sen huolellinen suunnittelu on tärkeää. Monitoimikonekorjuussa suunnittelun merkitys korostuu entisestäänkin. Korjuuajan valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Harvennuskuusikoiden ja heikosti kantavien maiden puunkorjuussa tulee ehdottomasti rajoittua talvikauteen. Myös harvennuskorjuuta ainakin nila-aikana tulee välttää, koska tällöin vaurioherkkyys on suurimmillaan.

Harvennusleimikon ajouria suunniteltaessa vaikeimmat ja heikosti kantavat maastokohdat tulisi pyrkiä mahdollisuuksien mukaan kiertämään. Tarvittava uraleveys riippuu maastosta. Helpossa maastossa 3.5 m uraleveys on riittävä, mutta vaikeilla paikoilla saattaa yli 4 metrin ura olla tarpeen. Jyrkkiä mutkia on vältettävä.

Hakkuussa on kiinnitettävä huomiota kasojen oikeaan sijoitukseen. Kasat eivät saa olla liian lähellä kasvatettavia puita eivätkä esteiden takana. Jos kasat ovat kuormaimen ulottumattomissa, kone joutuu poikkeamaan uralta ja vaurioriski on suuri.

Metsäkuljetuksessa ja erityisesti monitoimikonehakuksessa kuljettajan ammattitaidolla ja vastuuntunnolla on ratkaiseva merkitys. Urakkatyön paine ajaa kiivaaseen työtahtiin, joka saattaa heijastua huonona korjuujälkenä. Näin jopa kokonainen puunhankintaorganisaatiokin voi muutaman epäonnistuneen puunkorjuutyömaan vuoksi menettää maineensa ja metsänomistajien luottamuksen. Kun työ tehdään kunnolla, saavutetaan nykyisillä harvennuspuun korjuumenetelmillä kaikkia osapuolia tyydyttävä korjuujälki.

KIRJALLISUUTTA

- FRÖDING, A & THÖRNLIND, M. 1982. Skador efter delmekaniserad fallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten resultat nr. 25:1-4.
- HARSTELA, P & MAUKONEN, A. 1983. Tavanomainen ja kuormainprosessori varttuneissa harvennusemetsissä. Simulaattorikoe. Summary A Conventional and grapple loader processor in second and third thinning. A Simulator experiment. Silva Fennica 1983, vo 1 17 n:o 2:101-112.
- IMPONEN, V & SIREN, M. 1983. Kaatotavan vaikutus kuormainprosessorin tuottavuuteen. Summary: The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor. Folia For. 548:1-14.
- LILLEBERG, R. 1984. Kasvatusmetsän korjuujäljen nykytila. Koneurakoitsija n:o 3:20-22.
- SIREN, M. 1981. Puuston vaurioituminen harvennuspuiden korjuussa. Summary: Stand damage in thinning operations. Folia For. 474:1-23.
- SIREN, M. 1983. Puuston vaurioituminen harvennuspuiden korjuussa kuormainprosessorilla. Summary: Stand damage in thinning operation with grapple loader processor. Folia For. 548:1-14.
- SIREN, M. 1984. Suullinen ennakkotieto osapuukorjuun vaurioinventoinnin tuloksista.
- VALONEN, P & HARSTELA, P. 1980. Pientraktori harvennusemetsissä. Summary: Small tractor in thinning. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto 5/1980.

MH Matti Sirén
Metsäteknologian osasto
Helsinki

METSÄKONEIDEN MAASTOKELPOISUUS

1. JOHDANTO

Viime vuosina on käyty ajoittain vilkastakin keskustelua erilaisten traktoreiden ja muiden koneiden soveltuvuudesta puutavaran maastokuljetukseen. Keskustelussa on noussut usein esiin koneiden maastokelpoisuus. Kevyttä kuljetuskalustoa on pidetty huonosti soveltuvana ympärivuotiseen käyttöön ja vaikeisiin olosuhteisiin. Myös varsinaisten metsätraktoreiden eri kokoluokkien maasto-ominaisuudet ovat kiinnostaneet samoin kuin eri metsätraktorimerkkien ja -mallien väliset mahdolliset erot.

Maastokuljetuksen ajanmenekistä tyhjänä- ja kuormatuna-ajon osuus kokonaisajasta keskimääräisellä ajo-
matkalla on suunnilleen kolmannes, minkä lisäksi tulee vielä ajo kuormauksen aikana. Täten maastokelpoisuuden merkitys käytännön työssä on huomattavan suuri. Huono maastokelpoisuus ja lumessakulkukyky vaikeuttavat koneen ympärivuotista tasaista käyttöä upottavissa, mäkisissä ja runsaslumisissa olosuhteissa.

Maastokelpoisuuteen liittyvät olennaisesti myös korjuujälki ja raiteenmuodostus. Uusimmissa konetyypeissä on pyritty yhdistämään koneiden keveys, hyvä maastokelpoisuus ja kaikkiin olosuhteisiin riittävä tehokkuus. Huonoon maastokelpoisuuteen liittyy usein myös huono korjuujälki.

Koneiden kokonaissuorituskykyä arvioitaessa on tietysti myös otettava huomioon ajon lisäksi erilaisten kuormainten tehokkuus, ulottuvuus ja asennusmahdollisuus eri konealustoille, mikä usein on ratkaisevaa hakuun ja lähikuljetuksen yhteiskustannuksia laskettaessa.

Koska usealla taholla on ilmennyt kiinnostusta laajemmin tutkia eri koneiden maastokelpoisuuta, katsot-

tiin tarpeelliseksi järjestää tärkeimmät maasto-ominaisuudet kattava koesarja. Koejärjestelyt toteuttivat Metsäntutkimuslaitos, Metsähallituksen kehittämisjaosto ja Veitsiluoto Oy:n metsäosasto. Metsäntutkimuslaitoksen osalta tutkimus liittyy yhteispohjoismaiseen harvennuseksperimentin puunkorjuuta käsittelevään NSR-projektiin.

Maasto-ominaisuuksien tutkiminen aloitettiin selvittämällä koneiden lumessakulkukykyä. Lumessakulkututkimus jakautui kahteen osaan. Läpi talven 1983-1984 seurattiin Metsähallituksen ajossa olevan Volvo BM Valmet 862 K -metsätraktorin kulkua normaalissa puutaran ajossa. Näin pyrittiin saamaan kuva lumipeitteen paksuuden ja rakenteen muutosten vaikutuksista traktorin liikkuvuuteen. Helmi-maaliskuun vaihteessa järjestettiin eri konetyyppejä vertaileva koe, johon osallistui 14 eri konetta.

Koesarjan toinen osakokonaisuus, kokeet heikosti kantavalla maalla tehtiin 20.8.-10.9.84 Kuivaniemen kunnassa Metsähallinnon Iin hoitoalueessa. Koe käsitti kaksi osaa, lähinnä raiteenmuodostusta selvittävän kokeen turvemaan pakettipellolla sekä käytännön puunajoa jäljittävän osan ensiharvennuseksperimentin ollessa ojitetulla rämeellä. Kokeeseen osallistuivat Valmet Jehua ja 6-pyöräistä Lokomo 919 lukuunottamatta samat koneet kuin talvikokeeseen ja edellisten koneiden lisäksi myös Jermu-telamaasturi.

2. LUMESSAKULKUKOKEET ROVAJÄRVELLÄ

21. Yleistä

Kokeen tavoitteena oli saada tietoa harvennuksiin soveltuvien koneiden lumessakulkuominaisuuksista. Tämän vuoksi kokeeseen haluttiin mukaan yleisimmin käytössä olevat kevyet ja keskikokoiset metsätraktorit sekä erilaisia maataloustraktoriperusteisia koneratkaisuja. Koska tutkimuksen suoritus rajoitti koneiden lukumäärää, valittiin valmistajien kanssa 1 - 3 kiinnostavinta konetta kultakin valmistajalta. Kokeessa oli mukana myös prototyyppikoneita edustamassa tulevaisuuden näkymiä.

Koneiden suuri lukumäärä kokeessa asetti melkoisia vaatimuksia tutkimuspaikalle. Tulosten vertailukel-

poisuus edellyttää samanlaisia koeolosuhteita kaikilla koneilla, mutta myös riittävä vaikeusaste oli tarpeen koneiden suorituskyvyn selville saamiseksi. Lopulta päätettiin valita koepaikka Rovajärven ampuma-alueelta, Naarmankairasta, jossa puusto ei ollut esteenä kokeelle. Koetta varten rajattiin kolme olosuhteiltaan erilaista koepaikkaa.

Ennen koetta sovittiin konevalmistajien kanssa kokeen suoritustavasta ja säännöistä. Koneiden varustuksen saivat koneenvalmistajat vapaasti valita kuitenkin siten, että varusteiden ja telojen tuli olla yleisessä myynnissä ja käytössä. Koneiden tuli olla sarjavalmisteisessa kunnossa. Osallistuneet koneet olivat ÖSA 250 lukuunottamatta uusia tai uudenveroisia ja ne olivat joko urakoitsijoiden omistuksessa tai esittelykoneita. Kokeissa mukana ollut ÖSA 250 oli yli 2 vuotta vanha, mutta hyväkuntoinen kone. Kuljettajien hankkiminen jäi valmistajien harteille, ja useimmat valmistajat päätyivät kuljettajavalinnassaan koneurakoitsijoihin.

Myös ajotavasta ja kuormien koosta sovittiin etukäteen. Päädyttiin ajotapaan, jossa ajettiin ensin vakiokokoinen kuorma koskemattomassa lumessa vastamäkeen ja palattiin samaa uraa tyhjänä takaisin. Muutkin kuormat ajettiin samalla uralla, mutta kuorman koko oli tällöin vapaa. Samaa uraa ajettiin kunnes ajoaika vakioitui, käytännössä tämä merkitsi 3 - 4 kuormaa. Ensimmäisen vakiokuorman kooksi sovittiin keskikokoisilla koneilla 6 m³, Kockums 83 - 35:llä 5 m³ ja Norcar HTP 480:llä 4 m³. Maataloustraktoreille ja telamaastureille ensimmäisenkin kuorman koko oli vapaasti valittavissa. Kaikilla koepaikoilla ajettiin kolmemetristä mäntykuitupuuta.

22. Tutkitut koneet

Kokeeseen osallituivat seuraavat koneet seuraavassa varustuksessa:

	Renkaat		Telat ja ketjut
	edessä	takana	
Kockums 84-35 etutelastolla	23.1.-26 "apupyörä" 500/60-22.5	17.5-25	Edessä ja takana RKP L -telat liukuastein
Kockums 84-35	23.1-26	17.5-25	Edessä OVAKO kaksois- rengashokkiketjut. Takana RKP L -telat liukuastein
Kockums 83-35	500-22.5	500-22.5	Edessä ja takana RKP L -telat
Lokomo 919 Turbo 6-pyörällä	23.1-35	500/60-26.5	Edessä OVAKO maasto- ketjut. Takana RKP L -telat liukuastein
Lokomo 919 Turbo 8-pyörällä	17.5-25	17.5-25	Edessä ja takana RKP L -telat liukuastein
Norcar HTP-480	400/55-22.5	400/55-22.5	Edessä OVAKO jää- tikköketjut. Takana Svedlundin ottavat telat liukuastein
Ponsse S15	600-34	600/55-26.5	Edessä Gunnebo CB -ketjut. Takana RKP L -telat liukuastein
Valmet Jehu -prototyyppi	17.5-25	17.5-25	Edessä ja takana RKP L -telat liukuastein
Volvo BM Valmet 862 K	23.1-26	17.5-25	Edessä OVAKO kak- soisrengashokki- ketjut. Takana RKP L -telat liukuastein
ÖSA 250	600-34	600/55-26.5	Edessä OVAKO kak- soisrengashokkiketjut Takana RKP sekatelat
Maataloustraktoriperustaiset koneet			
Valmet 602 +tav. perävaunu	7.50-18/6	13.6-36/6	OVAKO jäätikköketjut traktorissa
Volvo BM Valmet 805+RKP vetävä perävaunu	14.9-24	18.4-34 500-22.5	Hankkijan ESA-ketjut (OVAKO) traktorissa Perävaunussa RKP L -telat

Kokeeseen osallistuivat lisäksi Terri 1020 -telamaasturi sekä Normetin Farmi-Trac -telamaasturi. Prototyypikoneena oli mukana Suokone Oy:n erikoiskone, joka koostuu metsäperävaunusta MPV ja Fiat 1580 DT traktorista varustettuna telastolla TT-7,0.

23. Tutkimusolosuhteet

Naarmankairan Hautavaaraan mitattiin kolme koepaikkaa, joista kuhunkin tuli 15 rataa. Yksi koepaikoista oli suolla, kaksi Hautavaaran rinteessä. Tasamaaratojen pituus oli 65 m ja molempien rinneratojen 100 m. Tasamaaradat jaettiin kahteen mittausjaksoon, rinneradoilla mittausjaksoja oli kolme.

Ajoajat sekä lumi- ja kaltevuusolosuhteet määritettiin mittausjaksottain. Lumipeitteen vahvuus mitattiin 10 kohdasta jokaiselta mittausjaksolta kultakin radalta ja sen poikkileikkaus sekä tiheys kerran kultakin mittausjaksolta koepäivänä. Kaltevuudet mitattiin 10 metrin jaksoissa. Ajovaiheessa mitattiin kuormausaika, purkamisaika sekä ajoajat kuormattuna ja tyhjänä. Kuormien koot mitattiin koneiden kuormatilassa.

Koneiden muodostamat raiteet valokuvattiin ensimmäisen ja kolmannen ajokerran jälkeen. Kuvien avulla pyrittiin selvittämään erot koneiden välillä raiteenmuodotuksen suhteen. Koetilanne kesti kunkin koneen osalta yhden päivän. Samaan aikaan tutkittiin kolmea konetta, yhtä kullakin koepaikalla. Koe kesti kaikkiaan viisi päivää. Ilman lämpötila vaihteli koeviikolla -2°C ... -12°C , eikä lumen rakenteessa tai tiehydessä tapahtunut kokeen aikana oleellisia muutoksia. Koeratojen lumi- ja kaltevuusolosuhteet on esitetty taulukossa 1. Taulukossa esiintyvien kaltevuuksien lisäksi alueen 3 radoilla, joilla ajoivat etutelastolla varustettu Kockums 84-35 ja Kockums 83-35, oli paikoittain 2,5 % sivukaltevuutta.

24. Tulokset

Koska kuormaus ja purkaminen vaihtelivat huomattavasti mm. kuljettajan taitojen mukaan ja koska ne ovat kokeen tarkoituksen kannalta toisarvoisia, on ne jätetty seuraavista tuloksista pois. Tutkimuksen tavoitteena oli maastokelpoisuuden selvittäminen ja näin ollen keskittyminen ajoaikoihin on perusteltua. Todettakoon myös, että olosuhteet kuormauspaikoilla vaihtelivat eri koneilla.

Tutkimuksessa mukana olleiden koneiden ajanmenekki kuormattuna- ja tyhjänäajossa on esitetty kuvassa 1. Ajanmenekki on laskettu kolmen ensimmäisen kuorman perusteella. Suuret erot keskikokoisten metsäkoneiden ryhmässä olivat yllätys. ÖSA 250:n ajanmenekki oli alueesta riippuen jopa yli kaksinkertainen verrattuna nopeimpien koneiden, Ponsse S 15 ja Kockums 84-35 ajanmenekkiin. Polttoturpeen kuljetusajoneuvosta kehitetyn Suokoneen prototyypikoneen ajanmenekki oli pienin, mutta kone ei nykyisessä muodossaan sovellu jatkuvaan metsäkuljetukseen. Valmet Jehun voidaan sanoa kärsineen jonkin verran olosuhteista, sillä sen kohdalla jyrkimmän rinteen rata oli lumiolosuhteiltaan muita ratoja vaikeampi, mikä näkyy myös suurempana ajanmenekkinä.

Kockums 83-35 oli varsin lähellä ÖSA 250 ajanmenekkiä, ja kokeen pienimmän metsätraktorin, Norcar HTP 480:n selviytyminen lumessa oli koneen koon huomioon ottaen hyvä.

Positiivinen yllätys oli RKP:n vetävällä peräkärryllä varustettu Volvo BM Valmet 805 -maataloustraktori, jonka lumikelpoisuus oli huomattavan hyvä. Maatalouskoneetta suosi ehkä jonkin verran se, että ensimmäisen kuorman koko sillä oli vapaa ja tämä helpotti jäljen ajamista. Toisaalta ensimmäinen kuorma jäi turhan pieneksi, koska koneen lumikelpoisuus oli oletettua parempi. Suuri osuus yhdistelmän maastokelpoisuudesta lankeaa RKP:n vetävälle peräkärrylle, joka vaikutti erittäin toimivalta ratkaisulta. Kokeessa mukana ollut tavallinen kaksivetoinen maataloustraktori sen sijaan oli lumikelpoisuudeltaan huono. Kokeen perusteella näyttääkin siltä, että perinteisellä "isännän linjan" koneella 40...50 cm lunta alkaa olla ääriraja metsäajolle.

Mukana oli myös kaksi telamaasturia, Terri 1020 ja Farmi-Trac. Farmi-Trac menestyi suurempikokoisena Terriä paremmin. Tasaisella alueella koneet kulkivat sujuvasti, mutta jo loiva rinne aiheutti suuria vaikeuksia. Kummassakaan telamaasturissa ei ollut perävetoa, joka parantaa mäennousukykyä.

Koneiden suhteita kuvaa ajanmenekki cmin/100 m ensimmäisille kuormille, jotka oli metsätraktoreilla vakioitu kokoluokittain. Taulukossa 2 on esitetty ensimmäisen kuorman ajanmenekki eri koepaikoissa. Koneiden järjestys on näinkin tarkastellen sama kuin useampien ajokertojen jälkeen.

Kuormien koko eri koneilla on mielenkiintoinen asia, ja vaikuttaa suuresti tuotokseen. Ensimmäisillä ajokerroillahan kuorman koko oli vakioitu, mutta seuraavilla ajokerroilla konetta saatiin kuormittaa vapaasti. Taulukossa 3 on esitetty kuormien keskimääräiset koot toisesta ajokerrasta lähtien eri koepaikoilla.

Kuormien koot vaihtelivat koneittain melkoisesti. Suokoneen suuret kuormat perustuvat siihen, että kone pystyi ottamaan kuormaansa kaksi nippua peräkkäin. Kockums 84-35 olisi ehkä voitu kuormittaa jonkin verran enemmän kuin kokeessa tehtiin.

Taulukko 2. Ensimmäisen ajokerran kuormattuna-ajon ajanmenekki eri koealoilla, cmin/100 m (suluissa kuorman koko m³).

	Alue 1	Alue 2	Alue 3
Kockums 84-35 etutelastolla	164 (6)	317 (6)	443 (6)
Kockums 84-35	153 (6)	305 (6)	651 (6)
Lokomo 919 Turbo 8-pyörää	203 (6)	326 (6)	571 (6)
Lokomo 919 Turbo 6-pyörää	209 (6)	458 (6)	605 (6)
Ponsse S 15	190 (6)	289 (6)	541 (6)
Suokone	106 (6)	160 (6)	250 (6)
Valmet Jehu	193 (6)	286 (6)	871 (6)
Volvo BM Valmet 862 K	306 (6)	431 (6)	789 (6)
ÖSA 250	238 (6)	534 (6)	1020 (6)
Kockums 83-35	257 (5)	607 (5)	983 (5)
Norcar HTP-480	563 (4)	834 (4)	2815 (4)
Volvo BM Valmet 805	186(5.3)	309(3.0)	476(2.1)
Normet	115(2.6)	251(1.9)	keskeytys (1.3)
Terri 1020	93(1.0)	108(0.4)	keskeytys (0.3)
Valmet 602	1351(-)	ei tulosta	ei tulosta

Taulukko 3. Kuorman keskikoko eri koealueilla.

	Kuormien keskikoko, m ³		
	Alue 1	Alue 2	Alue 3
Kockums 84-35 etutelastolla	8,6	9,2	8,7
Kockums 84-35	8,6	9,3	9,9
Lokomo 919 Turbo 8-pyörää	8,7	10,8	9,9
Lokomo 919 Turbo 6-pyörää	8,9	9,2	10,1
Ponsse S 15	9,0	9,1	9,6
Suokone	*	14,9	12,5
Valmet Jehu	8,1	9,6	9,7
Volvo BM Valmet 862 K	8,3	8,1	8,7
ÖSA 250	8,2	8,2	8,1
Kockums 83-35	6,6	7,0	5,3
Norcar HTP-480	5,7	4,2	3,3
Volvo BM Valmet 805	5,6	4,8	4,2
Normet	2,9	2,3	0,6
Terri	1,9	0,6	0,6
Valmet	2,3	-	-

* Ajettiin vain vakiokuorma kuormaimen rikkouduttua.

25. Päätelmiä

Kokeen perusteella voidaan todeta yleisimmin käytettyjen metsäkoneiden lumikelpoisuuden olevan hyvä. Yllättäviä ovat kuitenkin suuret erot samankin kokoluokan sisällä. Keskkikokoisissa koneissa erottuivat Ponsse S 15 ja Kockums 84-35 muita parempina kuljijoina, mutta myös Lokomo 919 Turbon molemmat versiot ja Valmet Jehu ovat varsin lumikelpoisia. Volvo BM Valmet 862 K menestyi kokeessa jo selvästi kärkekoneita huonommin, mutta kenties suurin yllätys oli ÖSA 250, joka oli selvästi ryhmänsä hitain.

Kockums 83-35 lumessakulkukyky oli lähellä ÖSA 250:n tasoa. Norcar HTP-480, joka on harvennusten erikoiskone, menestyi kokoonsa nähden kohtalaisen hyvin oloissa, jotka eivät ole koneen normaalia käyttöaluetta. Vaikeimmalla koealueella koneella oli kuitenkin vaikeuksia.

Maataloustraktoripohjaisista koneista kulkivat lumessa erittäin hyvin Suokoneen erikoiskone ja Volvo BM Valmet 805 varustettuna RKP:n vetävällä peräkärriyllä. Nelivetoinen maataloustraktori osoitti vetävällä peräkärriyllä varustettuna, että yhdistelmän maastokelpoisuus riittää vaikeisiin lumiolosuhteisiin. Yhdistelmä ei kuitenkaan hinnaltaan ole mikään "isännän linjan" ratkaisu, koska hankittavan puutavaravaruksen kuuletus vaatii jo lähes urakointiperusteisia puumääriä.

Telamaastureiden osalta yllätyksenä oli niiden heikkomäen nousukyky koskemattomalla lumialuastalla. Käytännössä urat jouduttaneen mäkisessä maastossa polkemaan etukäteen. Vetävällä perääjoneuvolla telamaasturin mäennousukyky pehmeässä lumessa voitaneen selvästi parantaa, mutta tästä huolimatta koneiden ensisijainen sovellutusalue on joka tapauksessa tasaisilla suomailloilla.

Mielenkiintoinen seikka kokeessa oli, että Kockums 84-35 ja Lokomo 919 Turbo olivat mukana kahdenlaisella varustuksella. Kockums 84-35 oli kokeessa etutelas-tolla ja ilman, ja Lokomo 919 Turbo 6-pyöräisenä ja 8-pyöräisenä. Eri versioiden välillä ei ollut suuria eroja, mutta kokeen perusteella näyttää siltä, että etutelasto auttaa vaikeimmassa olosuhteissa. Helpoimassa paikassa se saattaa jopa hidastaa koneen kulkua. Koneiden välisiä eroja ei ole kovinkaan helppoa se-

littää. Kockums 84-35 menestys on selitettävissä osittain sillä, että kone edustaa kokoluokkansa yläpäättä ja on teholtaan suuri. Ponsse S 15 menestys perustune onnistuneeseen kokonaisuuteen. Hyvä voimansiirto, edullinen teho-paino suhde ja sopiva rengastus tekevät koneesta erinomaisen lumessakulkijan.

3. KOKEET HEIKOSTI KANTAVALLA MAALLA

Maastokelpoisuuskokeen toinen osakokonaisuus käsitti raiteenmuodostusta selvittelevän kokeen turvemaan pakettipellolla sekä käytännön puunajoa jäljittelevän kokeen ensiharvennusvaiheessa olevalla ojitetulla rämeellä (VsR-muuttuja). Koetuloksia ei ole vielä ehditty kokonaan laskea. Seuraavassa kuitenkin tietoja tutkimusmetodiikasta ja muutamia ennakkotuloksia.

31. Tutkimusolosuhteet ja metodiikka

Turvemaan pakettipellolle mitattiin rinnakkain 45 rataa, joiden pituus oli 65 m ja leveys 5 m. Koealue oli jaettu kolmeen lohkokon, joissa kussakin oli 15 rataa. Jokainen kone ajoi yhden uran kustakin lohkokosta. Kahdella laitimmaisella lohkokolla ajettiin telavarustuksella, keskimmaisella lohkokolla ilman teloja ja ketjuja. Ajo tapahtui kuormattuna vakiokuormalla ajamalla samaa rataa edestakaisin, ja aina ajokertojen välillä raiteet mitattiin. 65 m matkalla mittauskohtia oli 15, joista mitattiin molemmat raiteet. Ajokertojen määrä telavarustuksella oli rajattu paremmin kantavassa päässä (turvetta n. 1,75 m) 20 kertaan ja heikommin kantavassa päässä (turvetta noin 2,0 m) 8 kertaan. Pyörävarustuksella ajettiin niin monta kertaa kuin ilman kiinnijuuttumisvaaraa oli mahdollista. Kuorman koko oli koneiden kokoluokittain vakioitu. Keskiraskailla koneilla kuorman koko oli 6 300 kg. Kun ajettu puutavara oli tuoretta 4 - 5 m pitkää mäntyrankaa, vastaa 6 300 kg noin 7 m³ kuormaa. Norcar HTP 480 ja Volvo BM Valmet 805 ajoivat 4 500 kg kuormalla. Telamaastureiden kuorma oli merkistä riippuen 1 800 - 2 700 kg.

Rämeellä koealueen koko oli 240 x 85 m. Alue oli jaettu kolmeen lohkokon, jossa kussakin oli 15 uraa. Urat oli hakattu viereen viereen kuitenkin siten, että

urien välissä oli kapea vyöhyke pystypuustoa rajaa-massa uraa. Uraleveys oli noin 4 m. Urilla oli 2 ojaa, joista toinen oli noin 2 metrin levyinen ja toinen 50 cm levyinen. Ajo tapahtui siten, että ensin ajettiin kolme uraa käsittävä lenkki tyhjänä, ja sen jälkeen takaisin kuormattuna. Jokaisen kuormattuna ajon jälkeen mitattiin ja kuvattiin raiteet. Kuormien koot olivat samat kuin peltokohteella. Alun perin ei ajokertojen määriä rajattu, mutta tutkimusaikataulun vuoksi rajattiin ajokertojen lukumääräksi enintään 6. Ensimmäinen kierros ajettiin ilman aluspuita isommassa ojassa, toisella kierroksella ojaan pantiin reilu kuormaimen kourallinen puuta.

32. Olosuhteiden mittaus

Tutkimusolosuhteet mitattiin sekä pellolla että rä-meellä useammalla eri menetelmällä. Tutkimusvälineinä urittain suoritetuissa mittauksissa käytettiin kos-teussondia, suosiipikairaa ja penetrometria. Tutki-muksen kestäessä mitattiin sademäärät tutkimusalu-eilla. Taulukossa 4 (liitteenä) on esitetty tutkimu-saikataulu ja vastaavan ajan sademäärät.

Koneet punnittiin sekä tyhjänä että kuormattuna. Ko-neiden varusteet ja käytetyt rengaspaineet, joiden tuli olla rengasvalmistajien antamissa suositusra-joissa, mitattiin ja kirjattiin ylös.

33. Koneiden raiteenmuodostus

Raiteenmuodostus peltokohteilla ja rämeellä on esi-tetty kuvissa 2-7. Raiteen syvyyttä laskettaessa on pyritty poistamaan ojien vaikutus jättämällä ojien viereiset mittauskohdat pois. Ojien vaikutus näkyy kuitenkin tuloksissa jonkin verran ja korostuu erityi-sesti sadekelillä tai sateen jälkeen ajettaessa. Tästä kärsivät etenkin peltokohteella Ponsse S 15 600 mm renkailla, joka ajoi koko yön jatkuneen sateen jäl-keen, sekä Volvo BM Valmet 805, joka ajoi toisen pel-tolohkon tihkusateessa.

Suokohteilla koneet ajoivat seuraavan määrän ajoker-toja (1 ajokerta = ajo tyhjänä + ajo kuormattuna)

	ajokertoja
Kockums 84-31	5
Kockums 84-35	2*
Kockums 83-35	6
Lokomo 919 Turbo 8-pyörällä	4, kiinnij. 5.kerralla
Norcar HTP 480	6
Ponsse S 15 600 mm renkailla	5*
Ponsse S 15 700 mm renkailla	6
Meri Trackmo (Suokone)	6
Volvo BM Valmet 805	3
Volvo BM Valmet 862	2
ÖSA250	2, kiinnij. 3.kerralla
Farmi Trac	4*
Jermu	1, kone jäi kiinni leveämpään ojaan
Terri 1020	0, kone jäi kapeampaan ojaan

*

Kockums 84-35 tutkiminen suolla epäonnistui osittain. Ponsse S 15 ajoi 600 mm renkailla 5 kertaa, ajokertamaksimiksi sovittiin vasta tämän jälkeen 6 kertaa. Farmi Trac ajoi vain 4 kertaa tutkimusaikataulun tiukkuuden vuoksi, kone olisi voinut ajaa pitempäänkin.

34. Päätelmiä

Erot koneiden maastokelpoisuudessa heikosti kantavalla maalla olivat yllättävän suuret. Turvemaille suunnitellut erikoiskoneet, Meri Trackmo (Suokone) ja telamaasturit, jättivät maastoon varsin vähäiset jäljet. Telamaastureista kuitenkin vain Farmi-Trac onnistui ojien ylityksessä, sen sijaan Jermulle ja erityisesti Terrille ojat tuottivat suuria vaikeuksia.

Metsäkoneiden ryhmässä erot koneiden maastokelpoisuudessa olivat yllättävän selvät. Norcar HTP 480 menestyi kokeessa erittäin hyvin. Tämän voidaan olettaa johtuvan suurelta osin koneen keveydestä. Keskiraskaiden koneiden ryhmässä suokelpoisuudeltaan ja raitteenmuodostukseltaan erinomaisia koneita ovat Ponsse S 15 ja Kockums 83-35. Myös 8-pyöräinen Lokomo 919 on suokelpoisuudeltaan hyvä, mutta jonkin verran Ponssea ja Kockums 83-35 heikompi. Selkeästi näitä koneita huonommat heikosti kantavan maan ominaisuudet ovat Kockums 84-31:llä, Kockums 84-35:llä ja ÖSA 250:llä. Kaikilla koepaikoilla huonoin raitteenmuodostus oli Volvo BM Valmet 862:lla.

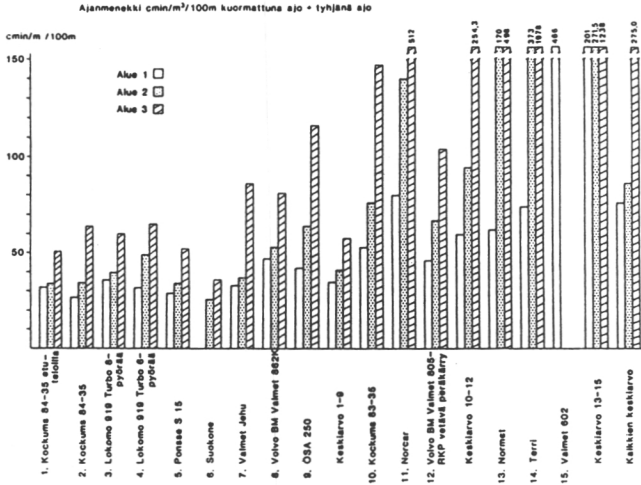
Kun aletaan miettiä syitä koneiden eroihin tutkitun ominaisuuden suhteen, täytyy ottaa huomioon useita seikkoja, joiden selvittämiseen tutkimuksen kenttätyö-
vaiheen vasta päätyttyä ei ole ollut aikaa. On kuitenkin selvää, että koneiden paino, painojakauma sekä kuorman jakautuminen koneessa selittävät paljon, mutta eivät suinkaan kaikkea. Etutelasto auttaa suo-olosuhteissa, mutta myös 6-pyöräisellä koneella, jonka etupää on kevyt, voi olla erinomaiset suo-ominaisuudet. Tästä on osoituksena Ponsse S 15 kokeessa saavuttama hyvä tulos. Kun aineistoa talven mittaan käsitellään ja pohditaan eri koneiden rakenteita, saadaan ehkä jonkin verran lisävalaistusta kokeessa ilmenneisiin tuloksiin.

Taulukko 1. Tutkimusolosuhteet eri koeluseilla: lumen syvyys, cm (suluisessa kaltevuus, %)

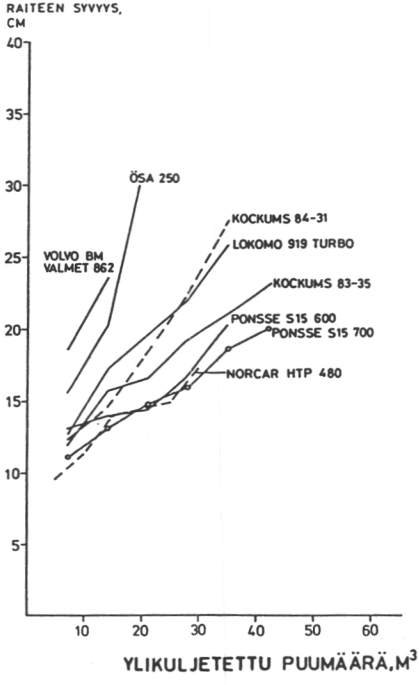
Alue 1 (suo)															
Jakso 2	70	72	70	65	82	71	69	70	69	62	75	78	60	65	66
1	59	58	59	56	57	62	62	61	60	64	67	58	58	62	62
Alue 2															
Jakso 3	53	49	57	62	56	58	58	65	59	54	55	67		57	56
2	61	67	73	59	70	58	59	53	55	58	58	62		66	54
1	52	54	65	58	67	58	60	67	56	56	56	57		54	63
	(9,2)	(11,0)	(9,3)	(11,5)	(10,8)	(10,7)	(11,3)	(11,2)	(10,7)	(9,8)	(10,3)	(10,3)		(8,7)	(7,2)
	(9,2)	(8,3)	(10,5)	(7,7)	(9,3)	(7,7)	(8,3)	(8,7)	(8,2)	(9,7)	(9,0)	(8,8)		(9,2)	(8,0)
	(7,9)	(6,5)	(8,1)	(7,0)	(7,9)	(7,0)	(8,1)	(7,2)	(7,2)	(7,5)	(6,8)	(7,4)		(6,2)	(6,4)
Alue 3															
Jakso 3	59	63	59	56	66	60	52	66	70	46	50	63		60	60
2	62	55	64	67	62	59	67	76	80	50	54	75		57	64
1	61	68	65	68	67	77	78	77	87	57	72	70		65	63
	(15,2)	(12,3)	(16,2)	(17,5)	(12,2)	(13,3)	(16,8)	(16,0)	(14,0)	(13,0)	(16,5)			(12,7)	(12,3)
	(15,3)	(13,3)	(16,3)	(16,3)	(16,2)	(13,8)	(15,5)	(16,2)	(16,2)	(16,3)	(14,3)	(16,3)		(13,3)	(13,3)
	(15,2)	(13,1)	(15,4)	(14,2)	(14,2)	(13,8)	(14,1)	(14,9)	(14,0)	(16,1)	(13,9)	(13,4)		(13,0)	(12,8)
	Kockums 84-35 etulestalla	Kockums 84-35	Kockums 83-35	Lokomo 919 Turbo 8-pyörällä	Lokomo 919 Turbo 6-pyörällä	Norcar HTP-480	Ponsse S 15	Suokone	Valmet Jahu	Volvo BM Valmet 805 + REP vetävä peräkärry	Volvo BM Valmet 862 K	USA 250	Valmet 602	Farmi Trac	Terri

Taulukko 4.

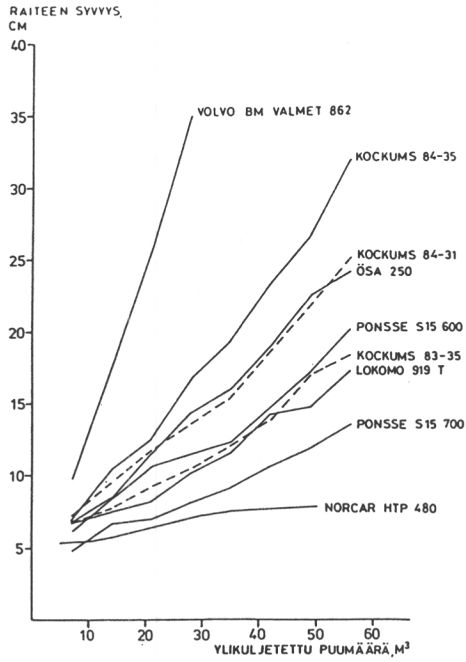
Päivämäärä	Suokohde	Peltokohde	Sademäärä, mm
20.8.		Volvo BM valmet 362	
21.8.	Volvo BM Valmet 862		
22.8.		Ponsse S 15 700 mm	
23.8.	Ponsse S 15 600 mm + 700 mm	Ponsse S 15 600 mm	13,8
24.8.	Farmi Trac	Ponsse S 15 600 mm	0,3
27.8.	Meri Trackmo	Norcar HTP 480	
28.8.	Norcar HTP 480	Meri Trackmo	3,0
29.8.	Kockums 84-31	Kockums 83-35	
30.8.	Kockums 83-35	Kockums 84-31, 84-35	1,0
31.8.	Kockums 84-35	Kockums 84-35	10,0
3.9.	Lokomo 919 Turbo	Lokomo 919 Turbo	
4.9.	Lokomo 919 Turbo, USA 250		
5.9.		USA 250	
6.9.		Volvo BM Valmet 805	1,0
7.9.	Volvo BM Valmet 805	Terri	
10.9.	Jermu, Terri	Ford 6600, Jermu	11,1



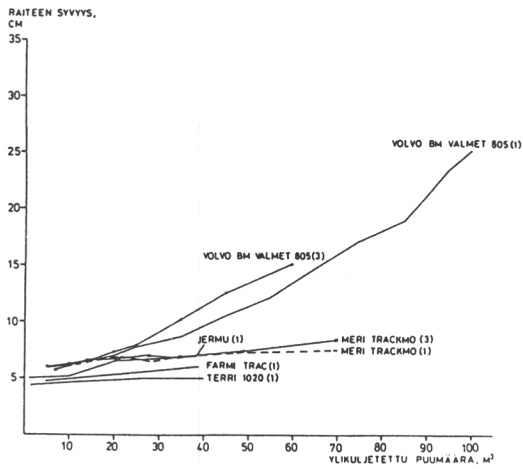
RAITEENMUODOSTUS RÄMEELLÄ



RAITEENMUODOSTUS PELLOLLA, LÖHKÖ 3



RAITEENMUODOSTUS PELLOLLA, LÖHKÖT 1 JA 3



MMT Pertti Harstela
 Metsäteknologian tutkimusosasto
 Suonenjoki

KORJUUKUSTANNUSTEN JA METSIKÖN TULEVAN TUOTON OPTIMOINTI

Tutkimuspäivien aikana on esitelty viimeisintä tutkimustietoa harvennuspuun korjuun seurausvaikutuksista. On käsitelty toisaalta korjuun aiheuttamia vaurioita jäävälle puustolle, koneiden maastokelpoisuutta, ajouraleveyttä ja raiteen muodostusta ja tuhoriskiä korjuun jälkeen. Nämä tekijät vaikuttavat metsikön tulevaan tuottoon. Toisaalta erilaisilla korjuumentelmillä on erilaiset suorat korjuukustannukset. Kaikki korjuumenetelmät, hevoskorjuu mukaanlukien, aiheuttavat edellä mainittuja seurausvaikutuksia. Kokonaisuuden kannalta paras korjuumenetelmä voidaan periaatteessa laskea summaamalla suorat korjuukustannukset ja aiheutettujen tuottotappioiden nykyarvo korjuun välillisinä kustannuksina. Pienimmän kokonaiskustannuksen saanut menetelmä on taloudellisesti optimaalinen.

Koska korjuun seurausvaikutusten tutkiminen siten, että saataisiin edustavia rahallisia arvoja, on erittäin vaikeaa, on tällaisia laskelmia tehty hyvin vähän. Niissä joudutaan nykytietämyksen tasolla arvioimaan hyvin monia tekijöitä. NSR:n yhteispohjoismaisen projektin puitteissa BOSTRÖM (1979) teki tällaisia laskelmia 70-luvun alussa.

Laskelmissaan hän päätyi edullisimpaan nykyisenlaiseen 20-30 m välein n. 4 m leveät ajourat vaativaan korjuumenetelmään. Sen jälkeen on kehitetty uutta korjuuteknologiaa. Ennen kaikkea on tullut markkinoille uusi ns. kevyt metsätraktorikalusto ja vielä "kevyempänä" tekniikkana telamaasturit, samoin kuin uutta monitoimikonekalustoakin. Kaikista epävarmuustekijöistä ja perustietojen niukkuudesta huolimatta, olisi mielenkiintoista uusia laskelmat nykytiedon tasolle.

Esimerkki metsäkuljetuksen optimoinnista

Kuten tämän päivän alustuksissa on käynyt ilmi, voidaan metsäkuljetuskalusto jakaa aiheuttamiensa seu-

rausvaikutusten suhteen seuraaviin ryhmiin:

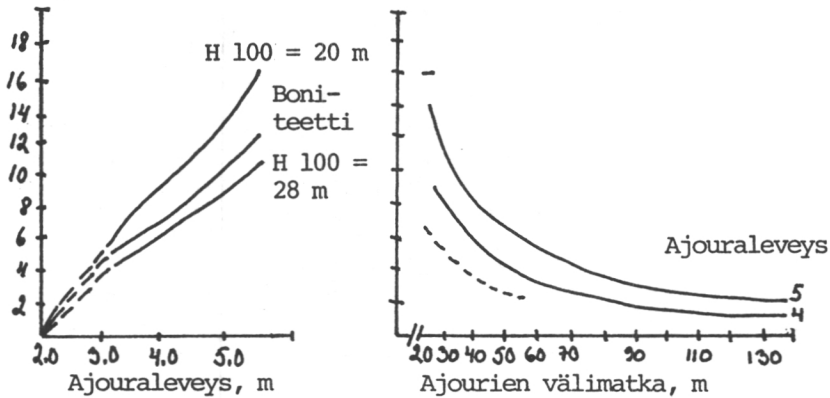
1. Keskikokoiset metsätraktorit, maataloustraktorit
2. Pienet metsätraktorit
3. Pientraktorit (Makeri, Norcar)
4. Telamaasturit, moottorikelkat, hevonen

Seuraavaan esimerkkilaskelmaan valittiin kustakin ryhmästä kustannuksiltaan halvin vaihtoehto ammattimaisessa urakoinnissa eli ensimmäisinä mainitut vaihtoehdot. Seurausvaikutuksia ja korjuukustannuksia tarkastellaan eri konetyyppien vaatiman keskimääräisen ajouraleveyden funktiona sen tutkimustiedon perusteella, joka on tällä hetkellä käytettävissä. Keski-kokoisen metsätraktorin ajouraleveytenä käytetään 4m, pienten metsätraktoreiden 3.5 - 4.0 m, pientrakto-reiden 3.5 m ja telamaastureiden 2.5 m.

Kuvassa 1 on esitetty ajourien vaikutus metsikön kasvuun BUCHTin (1981) tutkimuksen eri boniteettien keskiarvojen mukaisesti männikössä. Ekstrapolointi pisteviivoilla on tehty sen oletuksen pohjalta, että 2 m ajouraleveydellä reunapuut voivat jo täysin hyödyntää ajouran synnyttämän tilan. Kuvaan 2 on vinoviivoituksella merkitty raiteenmuodostuksen ja vaurioiden vaikutus lähinnä sulanmaan aikaisessa korjuussa kuusikossa FRIESin (1977) ja KARDELLin (1978) tutkimusten keskiarvona keskikokoiselle metsätraktorille. Vaikutusta on pienennelty muille traktorityypeille siinä suhteess kuin raiteen syvyys oli pienempi HALLONBORGin (1983) tutkimuksessa.

Kasvutappio on muutettu nykyarvoksi pitämällä menetetyn puukuutiometrin kantohintana 100 mk ja diskonttaamalla se 10 vuoden päästä nykyhetkeen 5 % vuotuisella korolla. Kasvutappio muutettiin korjuun lisäkustannukseksi jakamalla nykyarvo 55 m³/ha poistumalla ensiharvennuksessa.

Suhteellinen kasvu-
tappio, %



Kuva 1. Ajouran vaikutus männikön kasvuun ensiharvennuksessa seuraavana 5-10 v. kautena (BUCHT 1981).

Kuvaan 2 on piirretty näin syntyneet korjuun välilliset kustannukset. Kuvassa on myös esitetty arvio välittömistä lähikuljetuskustannuksista. Keskikokoisen metsätraktorin kuljetuskustannukseksi otettiin 20 mk/m^3 . Pienen metsätraktorin kustannus saatiin lisäämällä siihen 20 % koneurakoitsijoiden liiton tilastojen mukaisesti (KORHONEN 1983). Pientraktorin kuljetuskustannus otettiin SIRENin (1984) Norcar-metsätraktoria käsitelleen tutkimuksen laskelman mukaisesti keskikokoisen metsätraktorin ja Norcar-traktorin kuljetuskustannusten suhteena kuitupuun ajossa. Telamaasturille otettiin kaksi kuljetuskustannusta TAKALOn ja VÄYRYSEN (1982) Terri-telamaasturitutkimuksesta keskikokoisen metsätraktorin ja telamaasturin kustannusten suhteena. Suurempi kustannus on tutkimuksen kaikkien kolmen työmaan keskiarvo ja pienempi kahden erityisesti telamaasturille sopivan työmaan keskiarvo. Telamaasturin kustannusarvio on kaikkein epävarmimmalla pohjalla, koska sen työn tuottavuudesta puuttuvat sekä ns. vertailevat aikatutkimukset että tilastoselvitykset. Lisäksi pienkoneille voitaisiin laskea organisointikuluja. Erikoiskoneiden käyttö johtanee siirtymiskulujen (myös muiden koneiden) ja työnjohtokulujen lisääntymiseen sekä mahdollisesti kapasiteetin vajaakäyttöön (vrt. ELOVAINIO ja MIKKONEN 1981). Laskelmien yksinkertaistamiseksi ne jätettiin

kuitenkin pois.

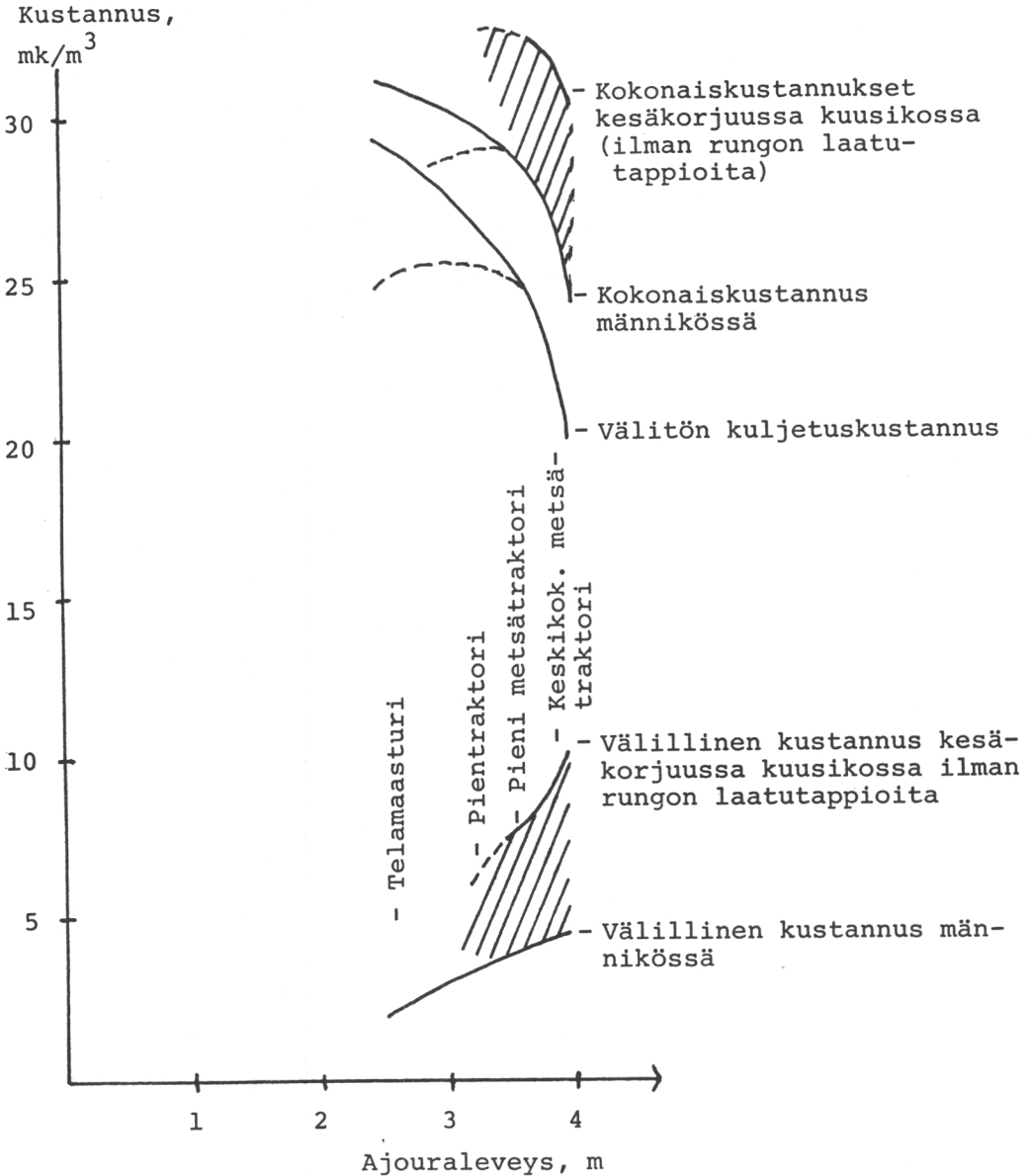
Kuvassa 2 on myös välittömien ja välillisten korjuukulujen summakäyrä. On korostettava laskelman hypoteettisuutta, perustietojen epävarmuutta eräiltä osin ja ongelmakentän yksinkertaistamista sekä laskelmien keskiarvo-luonnetta. Esimerkiksi tuulituhoriskiä ei ole otettu huomioon, eikä mahdollisia eroja puuston laatu-tappioissa esim. lahovikojen vuoksi. Toisaalta kaikilla vertailluilla menetelmillä päästään verraten pieniin runko- ja juurenniskavauriomääriin hyvällä leimikon suunnittelulla ja korjuun toteutuksella, eikä ole vertailukelpoisia tutkimuksia siitä, aiheuttaako joku em. kuljetusvälineistä toista enemmän ko. vaurioita.

Mahdollisen eron koneiden välisissä vauriomäärissä kompensoisi varmasti se tulos, josta ELFVING (1984) on raportoinut ennakkotuloksia edellä esitetyjen laskelmien teon jälkeen. Hänen mukaansa nimittäin 4.5 m leveät käytävät eivät aiheuttaneet "avohakkuu"-tuottotappiota, jos käytävien väliin jätettiin puustoa niin, että alueen pohjapinta-ala oli sama kuin vertailuna olleessa valikoivassa harvennuksessa ilman uria. BUCHTin (1981) erilaiset, tämän laskelman pohjana olleet, tulokset johtuisivat siitä, että leveämmällä ajouraleveydellä ei ajourien väliin ole vastaavasti jätetty enemmän puustoa, jotta kokonaispohjapinta-ala olisi ollut sama. Jos tämä ELFVINGin tulos osoittautuu yleistettäväksi, ovat leveämmän ajouran vaatimat koneet vielä tässä esitettyä taloudellisempia. Kaiken kaikkiaan tämä pohdinta osoittanee sen, ettemme tiedä vielä tarpeeksi, ja erityisesti on mielenkiintoista nähdä suomalaisten tutkimusten tulokset, joista ISOMÄKI ja NIEMINEN alustuksessaan antoivat ennakkotietoja. Nekin osoittavat, että ratkaisevaa tuottotappioille on ajourien reuvoille jätetyn puuston määrä ja mahdollinen vaurioituminen.

Kyseenalaiseksi voisi asettaa myös sen, että laskelmissa on käytetty etujärjestön antamia kustannuslukuja muiden tietojen puuttuessa. Parempaa mallia laskelmien suorittamiseen ollaan suunnittelemassa.

Jos diskonttausprosentiksi otetaan nolla, säilyy eri koneiden kokonaiskustannusten suuruusjärjestys samana männikössä, mutta kesäkorjuussa kuusikossa tulevat te-

lamaasturit edullisemmiksi. Metsätraktoreiden välillä on tällöin hyvin pienet erot.



Kuva 2. Välittömät metsäkuljetuskustannukset ja seurausvaikutusten aiheuttamat välilliset sekä kokonaiskustannukset (diskonttauspros. 10).

Kaikkine puutteineenkin laskelma osoittanee sen, ettei nykyisen tutkimustiedon perusteella voida osoittaa välittömien korjuukustannusten ja metsikön tulevan tuoton huomioon ottaen nykyisiä keskikokoisia metsätraktoreita edullisempaa kuljetusvaihtoehtoa harvennus-hakkuisiin. Näin ollen metsäkuljetus näyttäisi olevan "terveellä pohjalla". Sen sijaan monitoimikoneiden jäljiltä on inventoitu sen verran suuria vauriomääriä jäävälle puustolle, että niiden laajamittaiseen käyttöön pitää suhtautua varauksin ja pyrkiä kehittämistyön avulla löytämään uusia ratkaisuja.

Metsäkuljetuksenkin seurausvaikutusten aiheuttamia välillisiä korjuukuluja voidaan edelleen vähentää hyvällä leimikon suunnittelulla ja korjuun toteutuksella mikäli mahdollista jäätyneen maan ja pienen lumen aikaan. Myös metsätraktoreiden kehitystendenssi ottaa harvennusolosuhteet entistä paremmin huomioon. Traktoreiden painoa ja renkaiden pintapaineita on pyritty alentamaan, runkonivel on useissa traktoreissa sijoitettu akselien puoliväliin takapyörien oikaisun estämiseksi, voimansiirtoa on kehitetty, jne.. Tälle kehitykselle voi vain toivoa jatkoa. E erityisen ongelmallisia raiteenmuodostuksen suhteen ovat ensiharvennusikään ehtivät turvemaiden "suuret ikäluokat". Ehkä niiden myötä tarvitaan pienen pintapaineen omaavia erikoiskoneitakin.

Tässä esille tuotua optimointiongelmia tullaan lähivuosina tutkimaan kehittyneemmällä malleilla. Niissä voidaan esim. lähteä liikkeelle olosuhdejakaantumista ja seurausvaikutusten todennäköisyyksistä eri olosuhteissa ja erilaisia korjuumenetelmiä käytettäessä. Suurimpana ongelmana tulee varmasti olemaan empiiristen perustietojen niukkuus.

KIRJALLISUUTTA

- BOSTRÖM, C. 1979. Variera stickvägsavstånden!
Skogen 9-10.
- BUCHT, S. 1981. Effekten av några olika gallrings-
mönster på beståndsutvecklingen i tallskog. Sver.
Lantbruksuniv. Inst. för skogssköts. Rapp. 4.
- ELFVING, B. 1984. Nya resultat om sticksvägsgall-
ring. Skogen 10:32-33.
- ELOVAINIO, A. & MIKKONEN, E. 1981. Erikoiskoneiden
käytön organisointi puunkorjuussa. Metsätehon kat-
saus 3.
- FRIES, J. 1977. Sänker skogstraktorn tillväxten?
Skogen 6.
- HALLONBORG, U. 1983. Bäringshetsprov vid Hornbor-
gasjön. Skogsarbeten resultat 4.
- KARDELL, L. 1978. Markskador edter gallring kostade
 $10\text{m}^3/\text{ha}$. Skogen 9-10.
- KORHONEN, T. 1983. Pienen metsätraktorin kannatta-
vuutta tutkittu. Koneurakoitsija 4.
- SIREN, M. 1984. Tutkimustuloksia Norcar HT-440 Turbo
harvennustraktorista. Folia Forestalia 581.
- TAKALO, S. & VÄYRYNEN, S. 1982. TERRI-telamaasturi
puutavaran maastokuljetuksessa. Folia Forestalia
538.

- N:o 1 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten II. 1972.
- N:o 2 Matti Leikola. Silmujen ja neulasten poiston vaikutus männyn ja kuusen pituuskasvuun. 1972.
- N:o 3 Kim von Weissenberg. Kokemuksia Murray männyn viljelystä Suomessa. 1972.
- N:o 4 Terttu Koponen. Peltomyyräpopulaation rakenteesta. 1972.
- N:o 5 Pentti Nisula. Erialaisten rullataimien menestymisestä viljelyaloilla. 1972.
- N:o 6 Veikko Koski ja Jyrki Raulo. Ennakkotuloksia rauduskoivun jälkeäiskokeesta. 1972.
- N:o 7 Matti Leikola. Havaintoja taimipakkauksissa esiintyvistä lämpötiloista välivarastoinnin aikana. 1973.
- N:o 8 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Pellolle istutettujen männyn ja kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. 1973.
- N:o 9 Etelä-Suomen metsänviljelytutkijoiden neuvottelupäivillä pidetyt alustukset. 1973.
- N:o 10 Jyrki Raulo. Rauduskoivun taimilajien 1 A + 1 A tuottaminen. 1974.
- N:o 11 Matti Leikola ja Olavi Huuri. Ennakkotuloksia Etelä-Suomen runkotutkimuksesta vv. 1970—1973. 1974.
- N:o 12 Tutkimuspäivän alustukset v. 1974. 1974.
- N:o 13 Martti Ruottinen. Suonenjoen ja Pieksämäen taimitarhojen taimitoimitukset vuosina 1971 ja 1972. 1975.
- N:o 14 Jyrki Raulo. Lannoitetun täytemaan käytöstä rauduskoivun viljelyssä. 1975.
- N:o 15 Matti Leikola. Näkökohtia lyhytkiertoviljelmiä ja -kokeita perustettaessa. 1976.
- N:o 16 Risto Rikala. Jauhetun kuorihumuksen käyttökelpoisuus lumen sulattamiseen taimitarhalla. 1976.
- N:o 17 Matti Leikola ja Pekka Suolahti. Ennakkotuloksia männyn taimien välivarastointikokeesta. 1976.
- N:o 18 Matti Leikola ja Jyrki Raulo. Heinimisajankohdan vaikutus pellolle istutettujen männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. 1976.
- N:o 19 Matti Leikola ja Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden menestyminen Suonenjoen taimitarhalla kesällä 1976. 1977.
- N:o 20 Matti Leikola. Muovihylsytaimien menestyminen Suonenjoella vv. 1971—1976. 1977.
- N:o 21 Pertti Harstela. Taimitarhatyöntekijöiden mielipiteitä työmenetelmistä ja työjärjestelystä. 1977.
- N:o 22 Carl Johan Westman ja Päivi Hänninen. Kemiallinen maa-analyysi paljasjuuristen taimien tuotannossa - ennakkotiedonanto. 1977.
- N:o 23 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Kuusen taimien juurten leikkaus noston yhteydessä. 1977.
- N:o 24 Risto Rikala. Maanparannus, lannoitus ja kastelu keskustaimitarhoilla. 1978.
- N:o 25 Jari Parviainen ja Kyösti Konttinen. Männyn avomaataimien koulinta-ajankohtakoe. 1978.
- N:o 26 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurtuminen. Tuloksia vuoden 1976 juurruttamiskokeista. 1979.

- N:o 27 Pekka Rossi. Paju- ja poppelipistokkaiden juurruttaminen taimitarhalla. Kirjallisuuteen ja havaintoihin perustuvat ohjeet. 1979.
- N:o 28 Ukko Rummukainen ja Pekka Voipio. Eräiden herbisidien käytöstä havupuiden kylvöaloilla. 1979.
- N:o 29 Leo Tervo. Havaintoja verhopuuston kasauksesta. 1979.
- N:o 30 Päivi Hänninen. Hidasliukoisten lannoitteiden käyttömahdollisuuksia kouluttujen taimien kasvatuksessa. 1979.
- N:o 31 Risto Rikala. Paljasjuuristen taimien kuljetus ja käsittely ennen istutusta. Tiedusteluun pohjautuva selvitys. 1979.
- N:o 32 Jyrki Raulo ja Leo Tervo. Raudaskoivun taimilajin 1 (Lk+A) tuottaminen Etelä-Suomessa. 1980.
- N:o 33 Jari Parviainen (toim.). Metsäpuiden taimien kasvatusta ja istutusta koskevia viimeaikaisia tutkimuksia. 1980.
- N:o 34 Päivi Hänninen. Männyn koulintataimien kasvuerot ja niihin vaikuttaneet tekijät Suonenjoen taimitarhalla. 1980.
- N:o 35 Taimitarhan sienitautipäivä 14.8. 1980.
- N:o 36 Havaintoja Keski-Eurooppaan tehdyiltä opintomatkalta 14.6.-1.7. 1980. Jari Parviainen ja Leo Tervo. Metsäpuiden taimien tuottaminen, Pekka Rossi. Lyhytkiertoviljelyn puulajien lisääminen ja viljely. 1980.
"Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja" -sarja ilmestyy vuoden 1981 alusta "Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja" -sarjassa.
- N:o 15 Hannu Raitio ja Risto Rikala. Näkökohtia taimien ravinnetaloudesta ja lannoituksesta taimitarhalla. 1981.
- N:o 26 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Ennakkotuloksia pistokkaiden istutuksesta auraavilla istutuskoneilla ja käsin. 1981.
- N:o 34 Taimitarha-aineiston geneettiset ominaisuudet. Tutkimuspäivän 1981 esitelmät. 1981.
- N:o 49 Pertti Harstela ja Leo Tervo. Paljasjuuristen taimien tuotannon teknologia. 1982.
- N:o 62 Marja-Liisa Juntunen. Tuhkan levityksen terveydellisten haittojen arviointi. 1982.
- N:o 76 Pekka Rossi. Hirvien aiheuttamat satomenetykset pajuviljelmillä. 1982.
- N:o 104 Risto Rikala ja Kimmo Vähänummi. Kasvatusalustan vaikutus yksivuotiaiden männyn kennotaimien kehittymiseen. 1983.
- N:o 117 Ukko Rummukainen ja Pekka Voipio. Tuloksia rikkakasvien kemiallisesta torjunnasta rauduskoivun koulinta-alalla turve-
maalla. 1983.
- N:o 118 Juha Lappi ja Heikki Smolander. AKTA-aineistojen kuvallisen ja tilastollisen analyysin ohjelma. 1983.
- N:o 142 Antti Maukonen. Kulotusteknologian kehittäminen. 1984.
- N:o 164 Leo Tervo. Uudelleenkierrätysperiaatteella toimiva kasvinsuojelu-
ruisku taimitarhalla. 1984.