

## JÄLJELLE JÄÄVÄ PUUSTO JA AJOURALTA TOIMIVAT HARVENNUSPUUN KORJUUKONEET

PERTTI HARSTELA

### SUMMARY:

*REMAINING TREES AND MACHINES WORKING FROM THE STRIP ROAD IN  
THINNINGS*

Saapunut toimitukselle 1979-10-29

Artikkelissa käsitellään aluksi kirjallisuuden perusteella jäljelle jäävän puuston haittaavaa vaikutusta ajouralta suoritettavaan koneelliseen kaatoon silloin, kun käytetään valikoivaa harvennusta. Toisessa osassa tarkastellaan geometrisesti tyyppimetsiköissä jäljelle jäävien puiden systemaattisen poiston tarvetta käytettäessä ajouralta suoraviivaisesti liikkuvia kone-elimä.

Suomalaisissa metsiköissä puusto on harvennuksen jälkeen siinä määrin harvaa, ettei 15 m ulottuvuuden omaavien kone-elinten käyttö näytä tuottavan teoreettisten selvitysten perusteella vaikeuksia. Ajourien välistä joudutaan poistamaan systemaattisesti vain vähän puita.

### 1. JOHDANTO

Harvennuspuun korjuun koneellistamisessa jäljelle jäävä puusto aiheuttaa ongelmia koneiden liikkumiselle. Valikoivassa harvennuksessa ongelmaa on ratkaistu kahdella tavalla: rakentamalla pienkoneita, jotka sopivat liikkumaan puuston välissä ja rakentamalla ajourilla liikkuvia koneita, joiden ulottuville puut esijuonnetaan tai joissa on pitkälle ulottuvia kone-elimä puiden tai puutavaran noutamista varten. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan viimeksi mainittua tapausta teoreettisesti käyttäen hyväksi tyyppimetsiköitä.

Ajouralla toimivan koneen puiden noutamiseen tarkoitettut kone-elimet ovat joko suoraviivaisesti eteneviä (esim. pitkälle ulot-

tuvat kuormaimet) tai niillä on mahdollisuus tehdä mutkia (vintturin köysi taittopyörien avulla). Jälkimmäisessäkin tapauksessa mutkittelu hidastaa työtä ja saattaa lisätä jäljelle jäävän puuston vaurioitumista. Jos kone-elinten ulottuvuus on vähäinen, lisää se ajourien tiheyttä ja siten vähentää metsikön tuotosta. Samoin jos muutoin jätettäviä puita joudutaan poistamaan kone-elinten tieltä, lisääntyy harvennuksen systemaattisuus ja metsikön tuleva tuotos vähenee.

Seuraavassa tarkastellaan sitä, miten pitkälle ajouralta on mahdollista toimia suoraviivaisesti etenevällä kone-elimellä ennen harvennusta (kaatoelin) ja harvennuksen jälkeen (puutavaran kasaus). Erikseen tar-

kastellaan sitä kuinka pitkältä on mahdollista ilman systemaattista harvennusta vetää n. 1,0 m levyistä taakkaa suoraviivaisesti ajouralle ja miten monta puuta joudutaan poistamaan eri pituisilta esijuontourilta. Ajouralle siirrettävän taakan sijainti määritettiin systemaattisella satunnaisotannalla ruotsalaisissa tyyppimetsiköissä (GUSTAVSSON), joihin tehtiin tyyppillinen alaharvennukseen perustuva harvennusohjelma. Erikseen tarkasteltiin taakan siirtomahdollisuutta kohtisuoraan ajouraa kohti ja mahdollisimman esteetöntä linjaa pitkin, joka kuitenkin sai olla korkeintaan 20° kulmassa ajouraan nähden. Palstatiellä liikkuva konehan voi jossain määrin valita esijuontolinjan,

## 2. PUIDEN SAAVUTETTAVUUS ENNEN HARVENNUSTA

IEVIN ja ROZIN (1975) ovat matemaattisesti tutkineet palstatiellä toimivalla kaatokasaukoneella saavutettavia puita valikoivassa harvennuksessa. Saavutettavuus riippui puun etäisyydestä koneesta, puuston läpimitasta, alkuperäisen puuston tiheydestä, hakkuun intensiivisyydestä ja koneen työkentelpisteiden välisestä etäisyydestä. Viimeksi mainittu johtuu siitä, että mitä lähempänä työskentelypisteet ajouralla ovat toisiaan sitä todennäköisemmin yksittäistä puuta voidaan lähestyä useammasta suunnasta. Heidän laskelmiensa mukaan koneen puomin maksimaalinen pituus voi olla puuston keskiläpimitasta riippuen seuraava, kun pyritään saavuttamaan 92 % poistettavasta puustosta. Runkoluku hakkuun jälkeen on 6 750 (10 a iällä) ja 450 (70 a iällä):

Metsikön ikä, a	Puomin suurin pituus, m
10	12,5 – 14,7
20	12,5 – 17,1
40	18,3 – 24,8
70	26,2 – 32,3

## 3. KASAN SAAVUTETTAVUUS AJOURALTA

Aikaisemmin on tutkittu eräissä ensiharvennuskuusikoissa kasan näkymistä tiettyyn paikkaan ajouralle etäisyyden funktiona. Näkyvyyden todettiin vähenevän lineaari-

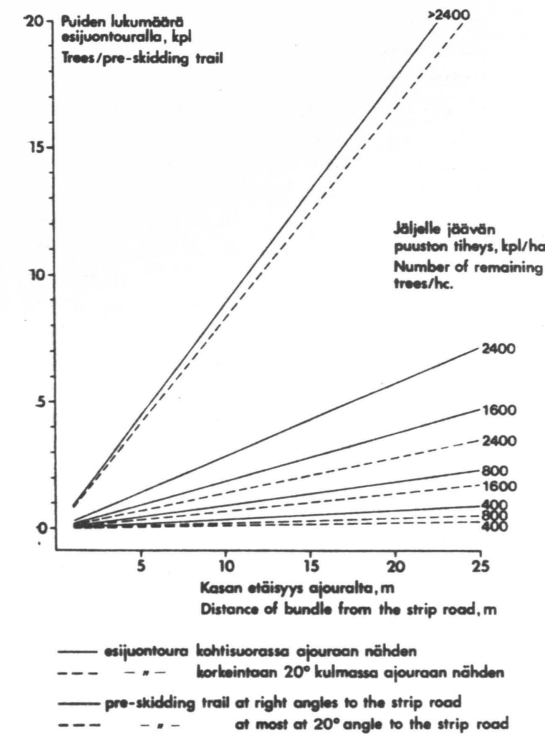
mutta kohtisuorasta linjasta poikkeaminen lisää esijuontomatkaa. Silloin kun esijuontolinjat eivät olleet esteettömiä, tarkasteltiin tiellä olevien puiden poistotarvetta eli sitä, kuinka paljon esijuonto suoraviivaisesti etenevillä kone-elimillä edellyttää systemaattista harvennusta.

Tutkimus kuuluu NSR:n »Gallingsteknik»-projektin selvityksiin, joita tehdään metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastossa. Työhön osallistui tutkimusapulaiset Riitta Nisinen ja Urpo Paananen ja konekirjoituksesta huolehti kanslisti Hilikka Ryth. Käsikirjoituksen lukivat prof. Pentti Hakkila ja prof. Matti Kärkäinen. Kiitän tuesta.

Kun otetaan huomioon, että jäljelle jäävän puuston tiheydet ovat nuorella iällä suurempia kuin Suomessa käytetyt, eivät puuston rungot (esim. oksaisuuden näkyvyyttä havaittavaa vaikutusta ei ole otettu huomioon) ole n. 15 m ulottuvuuden omaavan kaatopuomin käytön esteenä nuorena metsikössä. Vanhemmassa metsikössä voitaisiin tämän mukaan käyttää pitempiäkin puomeja.

Kun tarkastellaan palstalle kasatun puuston esijuontoa ajouralle, on lisäongelmina taakan leveys ja se, ettei saavutettavuutena voida käyttää jotain todennäköisyysprosenttia, vaan taakan vetolinjalla ei saa olla yhtään puuta. Jatkossa keskitytäänkin tarkastelemaan kasojen esijuontoa teoreettisesti. Menetelmänä on yksinkertaisuuden vuoksi matemaattisen tarkastelun sijasta tyyppimetsiköiden graafinen tarkastelu.

sesti etäisyyden funktiona niin, että näkyvyys 15 m päästä oli keskimäärin 70 % maksimista. Tarkastelussa ei otettu huomioon lumen ja vaikean maaston näkyvyyttä



Kuva 1. Esijuontouralle sattuvien puiden lukumäärä.

Fig. 1. Number of trees per pre-skidding trail.

huonontavaa vaikutusta (HARSTELA 1977).

Kuvassa 1 on esitetty niiden puiden lukumäärä etäisyyden funktiona ajouralta, jotka

Taulukko 1. Kuitupuukasojen esijuontourilta poistettavien puiden lukumäärä.

Table 1. The number of trees removed schematically from a pre-skidding rail.

Metsikkö Stand	Ajouraväli, m Distance between strip roads, m	Esijuontouran keskimääräinen pituus, m Average length of the preskidding trail, m	Poistettavia puita, kpl/ esijuontoura Removed trees/ pre-skidding trail
Taimikko ..... Sapling stand	20	5	0,5
	30	10	1,0
	60	23	2,2
Ensiharvennus ..... First thinnings	20	5	0,2
	30	10	0,5
	60	23	1,0
Myöhempi harvennus .... Latter thinnings	20	5	0,1
	30	10	0,2
	60	23	0,3

sattuvat satunnaisesti paikkaan määritetyn kasan 1 m levyiselle suoralle esijuontouralle eri puuston tiheydellä. Kasa vedetään joko suorakulmaisesti kohti ajouraa (katkoviiva) tai puiden lukumäärän minimoivaa uraa pitkin, joka kuitenkin saa olla korkeintaan 20° kulmassa (yhtenäinen viiva) ajouraan nähden.

Oletetaan, ettei tekemies valitse kasan paikkaa esijuontoa silmällä pitäen, vaan muiden tekijöiden perusteella. Tällöin kasan sijainti voidaan olettaa ajouraan nähden satunnaiseksi. Jos katsotaan, että esijuonto voi tapahtua korkeintaan 20° kulmassa ajouraan nähden, on eri pituisilla esijuontourilla olevien puiden lukumäärä keskimäärin taulukon 1 mukainen, jos taimikon harvennuksessa jäävien puiden lukumäärä on 2 000 kpl/ha, ensiharvennuksessa 1 200 kpl/ha ja myöhemmässä harvennuksessa 800 kpl/ha.

Oletetaan taimikon harvennuksessa poistettavan 10 m<sup>3</sup>/ha, ensiharvennuksessa 3 m<sup>3</sup>/ha ja myöhemmässä harvennuksessa 70 m<sup>3</sup>/ha ja kasojen koon olevan taimikossa 0,1 m<sup>3</sup> ja harvennuksessa 0,5 m<sup>3</sup>. Lisäksi oletetaan poistuman ajouralta olevan 30 m ajouravälillä 30 % ja muilla ajouraväleillä samassa suhteessa ajourien edellyttämään pinta-alaan. Tällöin ajourien välistä tulee kasoja taimikossa 54–85 kpl/ha, ensiharvennuksessa 29–50 kpl/ha ja myöhemmässä harvennuksessa 69–117 kpl/ha. Vaikka oletettaisiin jokaisen kasan vaativan oman esijuontouran on esijuontourilta poistetta-

via puita taimikossa 27–187 kpl/ha, ensiharvennuksessa 6–50 kpl/ha ja myöhemässä harvennuksessa 69–117 kpl/ha. Nämä puumäärät ovat taimikossa 3–9 % ja ensiharvennuksissa vain 1–4 % jäävän puuston lukumäärästä. Käytännössä vielä voidaan usealla esijuontouralla juontaa useampi kuin yksi kasa varsinkin myöhemmissä harvennuksissa. Lisäksi osa kasoista on jo luonnostaan ajourien reunalla ja yleensä tekemies myös ottaa esijuonnon huomioon kasan paikkaa suunnitellessaan.

Edellä esitetyn perusteella voidaan päätellä seuraavaa:

- Esijuontourilta poistettava puusto ei lisää, taimikkoo lukuunottamatta, merkittävästi harvennuksen systemaattisuutta, vaan ajouran edellyttämä tila ratkaisee systemaattisuusasteen.
- Harvennuksissa joudutaan poistamaan vain keskimäärin 0–1 puuta esijuontouraa kohti. Näin ollen tekomiehen lieene verraten helppo suunnitella suorat

esijuontourat. Puuston vaurioitumisen estämiseksi tämä on kuitenkin tärkeä toimenpide. Sen sijaan taimikossa esijuontourien suunnittelu edellyttäne suu- rempaa työpanosta, ellei taakkoja nosteta jäljelle jäävän puuston yli.

- Jäljelle jäävien puiden poistamistarve ei rajoita suoraan liikkuvien kone-elinten pituutta harvennuksissa, jos tämä otetaan puutavaran tekovaiheessa huomioon. Yhdellä mutkalla (esim. vintturin taittopyörällä) voidaan juontaa verraten pitkiä uria, vaikka esijuontouria ei tekovaiheessa suunniteltaisikaan.
- Ensimmäinen esijuontouralta poistettava puu on ensiharvennuksessa keskimäärin vajaan 10 m päässä ja myöhemmissä harvennuksissa 20 m päässä ajouralta.
- Koska esijuontoura ei aina synny luonnostaan kohtisuoraan ajouraan nähden, on koneen kuljettajan suunniteltava verraten huolellisesti koneen sijainti esijuontoa varten.

#### 4. TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA

Tutkimuksen kummankin osan tulokset perustuvat teoreettisiin geometris-matemaattisiin laskelmiin. Käytännössä ne saatavat antaa liian pelkistetyn kuvan asiasta, koska esim. näkymä- ja maastoesteiden vaikutusta ei ole voitu ottaa huomioon. Laskelmat perustuvat myös paljolti oletuksiin, joita ei ole empiirisesti eikä matemaattisesti (esim. simulointitekniikalla) testattu.

Oletetusten testaus olisikin tärkeää jatkotutkimuksissa. Toisaalta 3. luvussa referoitu näkyvyystutkimus ja pitkälle ulottuvien kone-elinten empiiriset tutkimukset ja käytökokemukset tukevat tämän tutkimuksen tuloksia ja niistä tehtyjä johtopäätöksiä. Kuitenkin ainakin taimikoissa näkyvyys on ongelma, joka tällaisessa teoreettisessa tarkastelussa ei tule esiin.

#### KIRJALLISUUSLUETTELO

HARSTELA, P. 1977. Ergonomic and technic aspects of bunching round timber in thinnings. Seloste: Kasauksen ergonomia ja teknologia harvennushakkuissa. Commun. Inst. For. Fenn. 89. 4: 1–37.

IEVIN, J. K. & ROZIN, T. Ja. 1975. Puiden saavu-

tettavuus koneellisissa harvennushakkuissa. Teoksessa: Kompleksnaja mehanizacija rubok uhoda, s. 61–74. Riga.

GUSTAVSSON, R. Typbeständ i röjningskog. Preliminär rapport. Skogshögskolan, Inst. för skogsteknik. Moniste.

#### SUMMARY:

#### REMAINING TREES AND MACHINES WORKING FROM THE STRIP ROAD IN THINNINGS

In the first part of the study the hindrance of the remaining trees was studied on the basis of the literature when felling trees by machines working from the strip road in selective thinning. On the basis of mathematical calculations the maximum length of a felling boom can be 18–24 m, when 92 % of the removed trees are tried to achieve and number of the remaining trees is 1000 trees/hc.

In the second part there was geometrically studied the need of schematic thinning in some type stands when randomized bundles are pre-skidded straightlined to the strip road (fig. 1 and table 1). In average only 0–1 trees per pre-skidding trail are needed to remove schematically. Following conclusions were drawn:

- Trees removed from the pre-skidding trails don't significantly increase the need of schematic thinning. The number of schematically removed trees is mainly caused by the strip roads.
- Because only in average 0–1 trees per pre-skidding trail is needed to remove, is it not

very difficult to make straight pre-skidding trails by cutting men. To prevent the damages of remaining trees is this very important however.

- Remaining trees don't limit the length of the machine booms in thinnings, if pre-skidding trails have been planned during the cutting work. Making one curve to the line of the winch (by a corner block) is man able to pre-skid very long trails even if no pre-skidding trails have been planned.
- In average the first schematically removed tree is in the distance of c. 10 m from the strip road in first thinnings and in the distance of 20 m in latter thinnings.
- Because the natural pre-skidding trail often is not at right angles to the strip road, has the driver of machine to plan very carefully the location of the machine when pre-skidding. These results are only theoretical and many assumptions made have not been empirically tested. But empirical studies and practical experience support them in many respects.