

TAIMIKKOPUUN KORJUUMENETELMIEN VERTAILUA

PERTTI HARSTELA ja LEO TERVO

SUMMARY:

COMPARISON OF METHODS FOR HARVESTING IN SAPLING STANDS

Saapunut toimitukselle 1978-02-15

Tutkimuksessa laadittiin teoreettisesti nomogrammi täyskoneellisen systemaattisen harvennuksen korjuukustannusten ja tarvittavien ajonopeuksien arvioimista varten. Nomogrammin ja aikaisempien empiiristen tutkimusten perusteella verrattiin systemaattista täyskoneellista korjuumenetelmää ihmistyövaltaiseen kaatoon ja kokopuuhaketuksen perustuvaan korjuumenetelmään. Viimeksi mainittu oli riukuasteen metsikössä halvempi menetelmä. Systemaattinen harvennus oli pienemmässä taimikossa halvempi, mutta sen käyttöä rajoittanevat metsikön tulevaan tuottoon liittyvät tekijät.

1. JOHDANTO

Taimikoiden harvennus- ja perkauspuun talteen ottoa on tutkittu sekä ihmistyövaltaisia menetelmiä (HARSTELA ja TERVO 1977) että täyskoneellistettuja, systemaattiseen harvennukseen perustuvia, menetelmiä käytettäessä (HEINO ja RUOTSALAINEN 1976). Ensin mainituissa menetelmissä korjuukustannukset nousivat verraten jyrkästi puuston koon pienetessä. Ruotsalaisissa systeemianalyyseissä on systemaattisiin harvennuksiin perustuvat täyskoneelliset menetelmät todettu selvästi valikoiviin harvennuksiin perustuvia täyskoneellisia menetelmiä halvemmiksi. Toisaalta metsikön tulevan tuoton kannalta systemaattisiin harvennuksiin perustuviin menetelmiin suhtaudutaan kriittisesti (BERG ym. 1973).

Vaikka kasvu- ja tuottonäkökohdat saat-

tavatkin asettaa systemaattiset harvennukset kyseenalaisiksi, ne ovat ilmeisesti korjuukustannuksiltaan edullisimmat taimikkopuun korjuumenetelmät.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan teoreettisesti täyskoneellistettujen systemaattisten korjuumenetelmien korjuukustannuksia suhteessa ihmistyövaltaisiin valikoiviin menetelmiin ja verrataan tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin. Jos tietyissä olosuhteissa ei systemaattistenkaan menetelmien käyttö näytä olevan taloudellista, ei valikoivaan harvennukseen perustuvat täyskoneelliset menetelmät tulle kysymykseen. Ruotsalaisten systeemianalyysien mukaan valikoiva täyskoneellinen harvennus tulee joka tapauksessa taimikossa liian kalliiksi (BERG ym. 1973). Tätä osoittaa myös VALOSEN ja

KALAJAN (1977) tutkiman kaato-kasauskoneen alhainen tuotos 2,2 m³/h riukuasteen metsikössä.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on:

- laatia keskimääräiseen ajonopeuteen perustuvat nomogrammit täyskoneellisen systemaattisen harvennuksen kustannuksista
- verrata nomogrammien tuloksia empiirisiin tuloksiin »moto-manuaalisista» ja täyskoneellistetuista menetelmistä
- päätellä täyskoneellisissa menetelmissä tarvittavat ajonopeudet ja verrata niitä ergonomisiin normeihin ja teknisiin mahdollisuuksiin

2. AINEISTO JA MENETELMÄ

Tutkimuksessa laskettiin teoreettisesti systemaattista käytäväharvennusta suorittavalle harvesterille nomogrammisto käyttäen perusteena aikaisempia empiirisiä tutkimuksia. Nomogrammiston puun keskipituuden ja tilavuuden välinen suhde on saatu HAKKILAN ym. (1978) tutkimuksesta. Muilta osin käytettiin seuraavia perusteita:

- kuutiomäärä hehtaarilla määritettiin kokonaisrunkoluvun ja keskikokoisen puun tulona, joten puunkokojakauman vinoutta ei otettu huomioon
- korjattu määrä on saatu vähentämällä hehtaarikohtaisesta kuutiomäärästä korjuuhäviönä 20 % (HAKKILA ja MÄKELÄ 1975).
- harvesterin työleveydeksi oletettiin 2,5 metriä
- käyttöaika saatiin lisäämällä tehotyöaikaan 10 % keskeytyksiä
- käännösten osuutena työajasta käytettiin 5 % (BERG ym. 1973, HEINO ja RUOTSALAINEN 1976)
- keskimääräisenä kuorman kokona käytettiin 15 m³
- hakekuorman tyhjennysajomatkana oli 300 m sekä kuormattuna että tyhjänä ajossa

3. TULOKSET JA TARKASTELU

Kuvio 1 on teoreettisesti laadittu nomogrammi, josta on laskettu kuvion 2 katkoviivoilla esitetyt käyrät. Kuvioon 2 on

verrata täyskoneellisen systemaattisen harvennuksen ja »moto-manuaalisen» harvennuksen korjuukustannuksia.

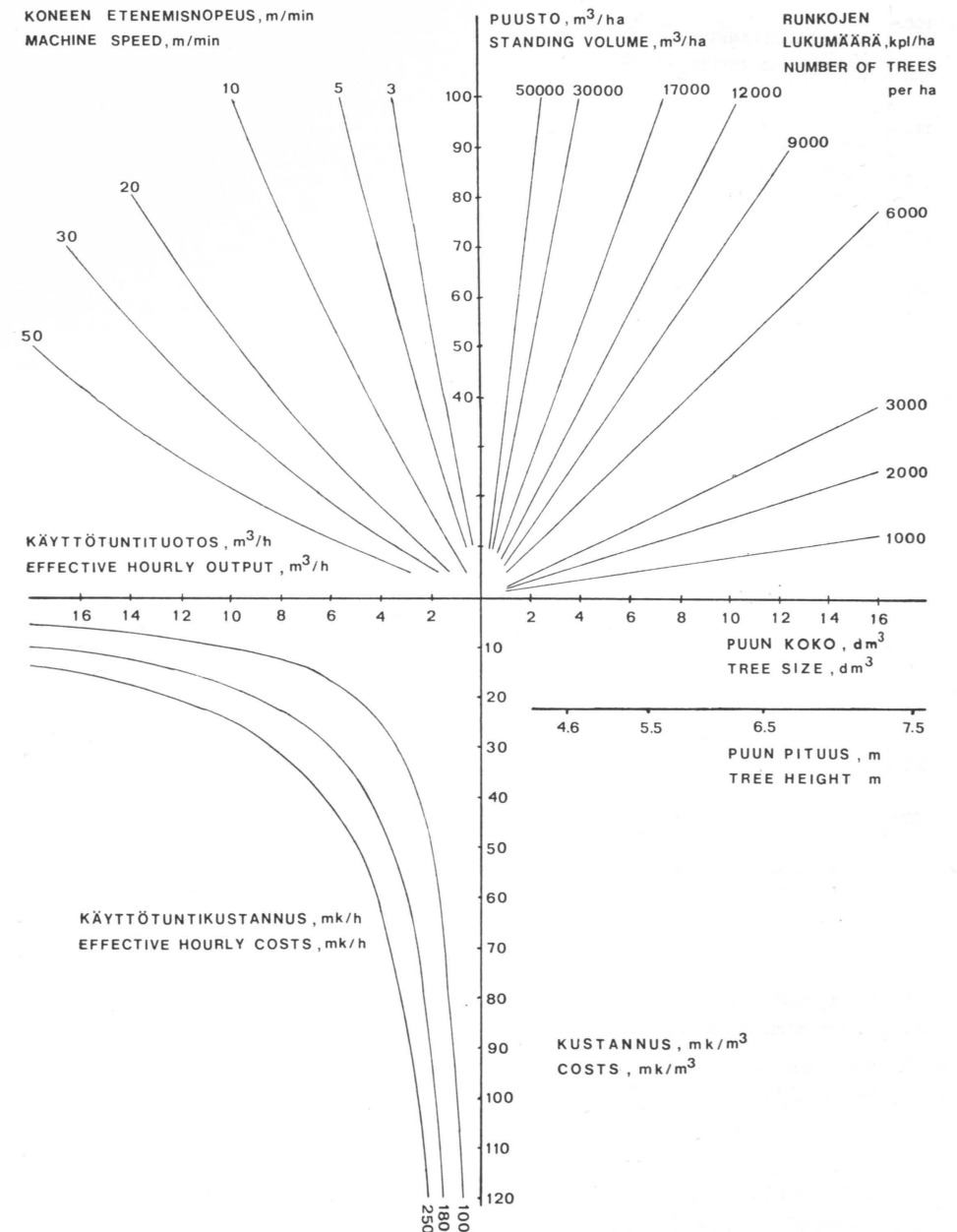
Tämä tutkimus kuuluu NSR:n yhteispohjoismaisen »Röjningens och gallringens mekanisering»-projektin tutkimuksiin. Laskentatöihin osallistivat Antero Harstela, Marja-Leena Holm, Seppo Närhi ja Urpo Paananen. Käsikirjoituksen lukivat Pentti Hakkila, Ilkka Kallio, Matti Kärkkäinen, Gustaf Sirén ja Yrjö Vuokila. Konekirjoituksen suoritti Hilka Ryth ja käännöksen englanniksi Kim von Weissenberg.

Kiitämme avusta.

- ajonopeutena tyhjennysajossa käytettiin kuormattuna 40 m/min ja tyhjänä 50 m/min
- hakesäilön tyhjennysaika otettiin HARSTELAN ja TERVON (1977) tutkimuksesta
- siirtymisaikana, joka lisättiin tehotyöaikaan, käytettiin 8 min/ha (BERG ym. 1973).

Kun kuviossa 2 verrattiin nomogrammista saatuja kustannuksia empiirisiin tutkimuksiin, tulokset muunnettiin vastaamaan samanlaisia olosuhteita edellä esitetyillä perusteilla. Näin kuvion 2 vaaka-akselilla oleva puun koko ei kuvaa korjatun puuston keskikokoa muuta kuin systemaattisessa harvennuksessa, vaan puuston keskikokoa ennen harvennusta. Vesakkoharvesterin käyttötuntikustannuksena käytettiin 180 mk/h ja ihmistyövaltaisen korjuuketjun kokopuu-hakkurin käyttötuntikustannuksena 170 mk/h. Ihmistyövaltainen eli »moto-manuaalinen» korjuuketju sisälsi kaadon kahvakehikolla varustetulla moottorisahalla, kasauksen ajouran varteen ja kokopuuhaketuksen (HARSTELA ja TERVO 1977).

yhtenäisellä viivalla piirretty kirjallisuudesta saadut empiiristen tutkimusten kustannukset. Vesakkoharvesterityyppisen koneen

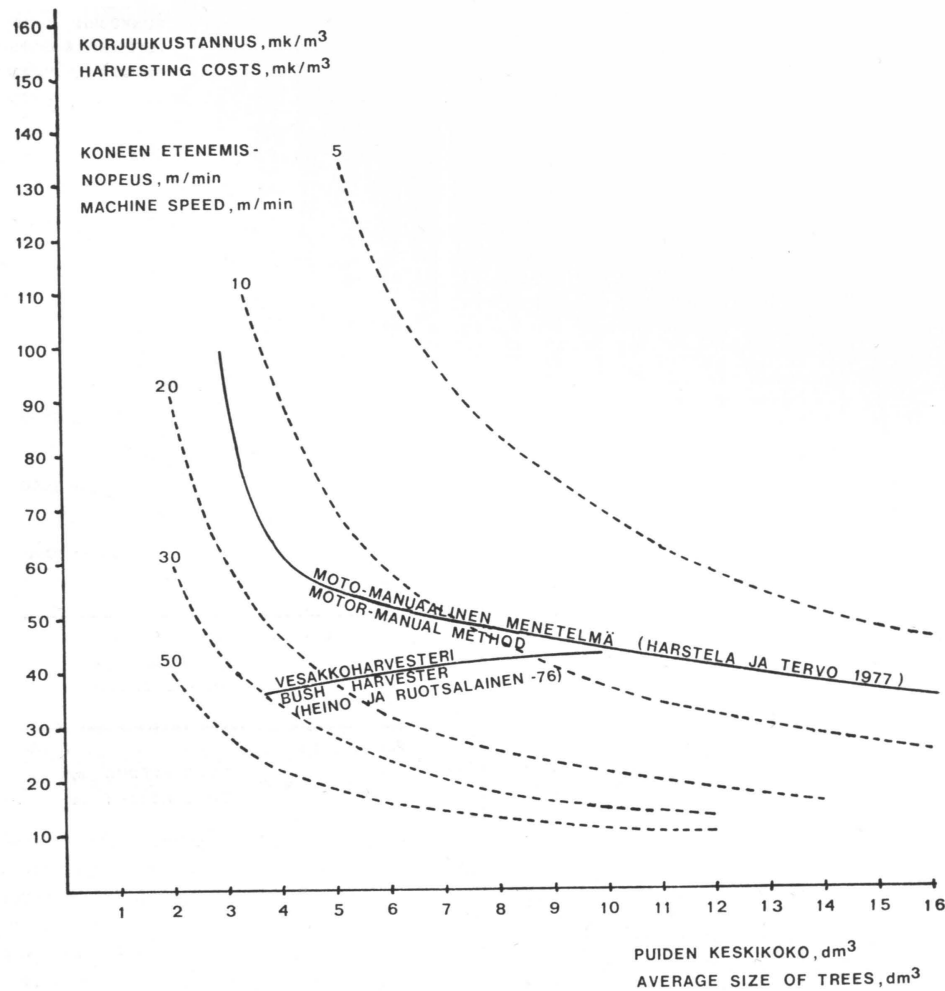


Kuvio 1. Nomogrammi systemaattista harvennusta suorittavasta taimikkoharvesterista.

Figure 1. Nomogram for systematic thinning using a saplingstand harvester.

korjuukustannukset lisääntyvät kiihtyvästi koneen etenemisnopeuden vähentyessä olosuhteiden pysyessä samoina. Etenemisnopeus riippuu ensisijaisesti koneen hakkurin ja myös kaato- ja syöttölaitteiden te-

hokkuudesta. Pienessäkin taimikossa voidaan saavuttaa verraten kohtuullinen tuotos alle 30 m/min etenemisnopeudella. Metsätraktorin keskimääräiset ajonopeudet kuormattuna ovat KAHALAN (1972) mukaan



Kuvio 2. Eri työmenetelmien empirisiä tuloksia ja nomogrammista laskettuja harvesterin korjuukustannuksia eri etenemisnopeuksille.

Figure 2. Empirical results from different work methods and costs for the harvester estimated from the nomogram for different driving speeds.

olleet 40–43 m/min, joten metsätraktorin alustalle rakennettu vesakkoharvesteri voi, ehkä vaikeimpia maastoja lukuunottamatta, käyttää n. 30 m/min ajonopeutta, jos kaadon, syötön ja haketuksen tehokkuus sen sallii. Tämä lienee kuitenkin mahdollista vain nuorena taimikossa, jossa puun koko on pieni.

Ajonopeus vaikuttaa koneen heiluntaan (esim. AHO ja KÄTTÖ 1971). Näin myös ergonomiset syyt voivat rajoittaa ajonopeutta. Koska vesakkoharvesterilla työ-

aika on suurimmaksi osaksi ajoa, muodostuu päivittäinen altistus aika suureksi. Kuitenkin alle 30 m/min ajonopeudet ovat niin alhaiset, että nykyisten tietojen mukaan ei helpoissa ja keskinkertaisissa maastoissa ergonomiset syyt estä vesakkoharvesterin käyttöä.

Kun verrataan »moto-manuaalisen» korjuuketjun ja vesakkoharvesterin korjuukustannuksia, todetaan »moto-manuaalisen» korjuuketjun olevan edullisemmän ns. riukuasteen metsäkoissa ja riukuastetta lähentele-

vissä suurissa taimikoissa. Systemaattisten harvennusten vaikutuksesta puuston tulevaan tuottoon ei liene täysin luotettavia tietoja, mutta eräät tutkimukset viittaavat huomattaviin tuotostappioihin myös yhdistetyssä valikoivassa ja käytäväharvennuksessa (BERG ym. 1973, ERIKSSON 1977). Koska taimikkopuun korjuu ei vielä ole laajassa mitassa käynnissä, lienee tarkoituksenmukaista rajata se aluksi rukuasteen metsiköihin ja käyttää ihmistyövaltaisia korjuumenetelmiä. Riukupuun korjuu on hyönteistuhojenkin estäjänä tärkeämpi kuin pienemmän taimikon. Jos tuotostutkimukset myöhemmin osoittavat käytäväharvennukset tai yhdistetyt valikoivat ja käytäväharvennukset mahdolliseksi, korjuuta voisi laajentaa vesakkoharvesterilla suoritettavaan pienempien taimikoiden korjuuseen.

Ihmistyövaltaisessa korjuussa edullisin haketuspaikka riippuu monista tekijöistä. ESKELISEN ym. (1977) mukaan palstahaketus on kokopuun korjuussa edullisempi, jos vuotuinen korjuumäärä on pieni, maasto-olosuhteet keskimääräistä paremmat ja puuston koko on pieni. Heidän mukaansa palstahaketuksessa syntyy vaurioita enemmän. HARSTELA ja TERVO (1977) totesivat kui-

tenkin enemmän vaurioita jäljelle jääneessä puustossa puiden lähikuljetuksen kuin palstahaketuksen jäljillä. He totesivat helpoissa maasto-oloissa ja pienessä taimikossa palstahaketuksen kustannuksiltaan väliarastohaketukselta edullisemmaksi, mutta tutkitun hakurin maastokelpoisuus oli huono. Ruotsissa ovat ANDERSSON ym. (1977) päätyneet ESKELISEN ym. tutkimuksesta poikkeavaan käsitykseen siitä, että taimikkopuun koon pienetessä haketus varastolla tulee suhteessa ajouralla haketuksen halvemmaksi. Tätä tulosta on kuitenkin vaikea selittää, koska pienen puiden kuljetuksessa tuotos on alhainen.

Tässä yhteydessä ei ole puututtu vesakkoharvesterien lupaavimpaan käyttöalueeseen, lehtipuuvesakoiden ja lyhytkiertometsiköiden korjuuseen. Varauksella nomogrammia voidaan käyttää tuotosten arviointiin tai tarvittavien ajonopeuksien määrittämiseen myös näissä tapauksissa, mutta tällöin on lähdettävä liikkeelle ensimmäisen pystyakselin määristä. Kaikkiaan nomogrammin luotettavuutta tulisi testata empiirisesti laskentaperusteiden suhteen. Esimerkiksi korjuuhäviöstä ei ole luotettavaa tietoa.

KIRJALLISUUS

- AHO, K. & KÄTTÖ, J. 1971. Tutkimus metsätraktorin heilumisen mitta- ja arvostelumenetelmän kehittämiseksi. Summary: Experiment for developing a method how to measure and evaluate the rocking of the forest tractor. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. Tutkimuslaskelma 9.
- ANDERSSON, S., JONSSON, Y. & NYLINDER, M. 1977. Avverkning och transport av skogliga energirävaror. Redog. ForsknStift. Skogsarb. NR 4: 1–20.
- BERG, H., BÄCKSTRÖM, P.-O., GUSTAVSSON, R. & HÄGGLUND, B. 1973. Några system för ungsogsrojning — en analys. Redog. ForsknStift. Skogsarb. NR 5: 1–78.
- ERIKSSON, L. 1977. Simulation of stand development after cleaning. Royal College of Forestry, Department of Operational Efficiency. Research Notes 108:1–2.
- ESKELINEN, A., MELKKO, M. & VESIKALLIO, H. 1977. Haketuspaikan valinta kokopuuna korjuussa. Summary: Selecting the chipping site in whole-tree harvesting. Metsäteho Tied. 346. 1–15.
- HAKKILA, P. & MÄKELÄ, M. 1975. Pallarin vesakkoharvesteri. Summary: Pallari Bushharvester. Folia For. 249. 1–18.
- — —, KALAJA, H., SALAKARI, M. & VALONEN, P. 1978. Whole-tree harvesting in the early thinning of pine. Seloste: Kokopuuna korjuu männikön ensiharvennuksessa. Folia For. 333. 1–58.
- HARSTELA, P. & TERVO, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomiat. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Folia For. 294. 1–23.
- HEINO, E. E. & RUOTSALAINEN, M. 1976. Riukuasteisen taimikon käsittelymahdollisuudet vesakkoharvesterilla. Metsätehon seloste 4. 1–15.
- KAHALA, M. 1972. Puutavaran metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of timber by forwarder. Metsäteho Tied. 310.
- VALONEN, P. & KALAJA, H. 1977. Alustavia tuotostietoja Makeri-pientraktorista. Metsäntutkimuslaitos. Metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.

SUMMARY:

COMPARISON OF METHODS FOR HARVESTING IN SAPLING STANDS

A theoretical nomogram was made for estimating the costs of fully mechanized thinning and the driving speed of the machine. Based on this nomogram and previous studies, 3 harvesting methods were compared: systematic fully mechanized harvesting, selective fully mechanized harvesting, and manual felling combined with whole-tree chipping.

The third method was cheaper than the fully mechanized methods in a pole-stage stand. The choice of the most advantageous chipping station depended on conditions, but the smaller tree size

and possibly the reduced damage on the remaining stand favor chipping on the strip road rather than chipping on the intermediate landing or at the mill.

Mechanized systematic thinning was the cheapest method for harvesting in the sapling stand. The required driving speeds were so low that ergonomic factors should not hinder its use. Factors related to the future production of the stand do, however, limit its use. Mechanized selective thinning does not seem to be an economical method for harvesting in a sapling or pole-stage stand.