METSÄTEHON katsaus

4/1990

TURVEMAIDEN KONEELLINEN PUUNKORJUU KESÄAIKAISISSA ENSIHARVENNUKSISSA

NSR-projekti

Markku Mäkelä

Metsäteho selvitti turvemaiden kesäaikaista koneellista puunkorjuuta tutkien kahdeksaa eri korjuuketjua. Kolmessa niistä oli pyöräkone- ja yhdessä kaivukoneperustainen tavanomainen kuormainharvesteri, kolmessa oli pientraktori- ja yhdessä maataloustraktoriperustainen pieni kuormainharvesteri. Metsäkuljetuksessa oli neljä 8-pyöräistä ja kaksi telakonetta.

Kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 7 cm, tavanomaiset kuormainharvesterit käsittelivät 190 - 235 havupuuta tai 180 - 235 lehtipuuta tehotunnissa. Pienten kuormainharvestereiden vastaavat tuotokset olivat 130 - 190 havu- tai lehtipuuta. Kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 21 cm, tavanomaiset kuormainharvesterit käsittelivät 120 - 130 havu- tai lehtipuuta ja pienet kuormainharvesterit 90 - 115 havu- tai 60 - 85 lehtipuuta tehotunnissa.

Metsäkuljetuksessa pientraktoreiden tuottavuus oli selvästi - keskimääräistapauksessa 20 - 25 % - pienempi kuin tavanomaisten kuormatraktoreiden. Tuottavuus vaihteli paljon koneittain.

Korjuukustannuksiltaan sekä edullisimman että kalleimman korjuuketjun muodostivat pieni kuormainharvesteri ja pientraktori. Teknisesti korjuu onnistui tutkimuskohteissa kaikilta korjuuketjuilta.

Korjuuvaurioita puutavaran valmistus ja metsäkuljetus aiheuttivat keskimäärin 3.0 %:iin jäävistä puista. Korjuuvauriojakauma oli kaksijakoinen: viidessä korjuuketjussa vaurioita oli alle 3 % (pääosa 1 - 2 %) ja kolmessa 4 - 7 % jäävistä puista.

Tutkimus on osa Pohjoismaiden ministerineuvoston rahoittamaa yhteispohjoismaista NSR-tutkimusprojektia.

JOHDANTO

Ojitusalueita on maassamme lähes 6 milj. ha eli noin 30 % metsämaan kokonaispinta-alasta. Ojitusalueiden puusto on lähes 300 milj. m^3, joka on 18 % puuston kokonaismäärästä. Jos ojitusalueiden harvennushakkuita ei tehdä ajoissa, menetetään osa ojituksen hyödystä.

Metsäteho jatkoi syksyllä 1989 ensiharvennusten koneellisen puunkorjuun tutkimussarjaa (Metsätehon katsaukset 2/1989 ja 10/1989) turvemaiden kesäaikaisen puunkorjuun osuudella. Turvemaiden puuston ensiharvennuksissa yhtäläistä aiempien osatutkimuskohteiden kanssa on pieni rungonkoko. Poikkeavaa sen sijaan on runsas lehtipuuosuus ja maaston huono kantavuus.

Kuva 1. Lako 2 R / Valmet 8200 -kuormainharvesteri. Molemmat valok. Metsäteho
Fig. 1. Lako 2 R / Valmet 8200 one-grip harvester. Both photos by Metsäteho

Kuva 2. Valmet 828 B -kuormatraktori
Fig. 2. Valmet 828 B forwarder

TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Aikatutkimuksin selvitettiin puutavaran valmistuksen ja metsäkuljetuksen ajanmenekit. Koneiden tuntikustannusten määrityksessä pyrittiin mahdollisimman lähelle maksusopijapuolten käyttämää kustannustasoa.

Tavoitteena oli saada kaikille korjuuketjuille samankaltaiset olosuhteet. Siinä ei täysin onnistuttu, vaan osalla korjuuketjuja kohde oli lehtipuuta runsaasti sisältävä rämemännikkö, osalla kantavuudeltaan parempi, kuusivaltainen alue.

Tutkimusaineiston Metsäteho keräsi elo-syyskuussa 1989 Sonkajärven Sukevalla yhteistyössä Kajaani Oy:n kanssa. Tutkimuskohteessa oli:

	Puita/ha
Alkupuusto	1 207 - 1 886, keskim. 1 434
Poistettu puusto	327 - 1 229, keskim. 549
Jäävä puusto	611 - 1 117, keskim. 885

Tutkimuspalstoilta poistettujen runkojen keskikoko oli 83 - 190 dm^3, pääosin kuitenkin 83 - 105 dm^3.

Kaikkiaan käsiteltiin 4 387 puuta (502 m^3), joista havupuita oli 48 % ja lehtipuita 52 %. Metsäkuljetuksesta tutkittiin 52 kuormaa (330 kuutiometriä), joista havupuukuormia oli 46 % ja lehtipuukuormia 54 %.

Korjuuketjut olivat seuraavat:

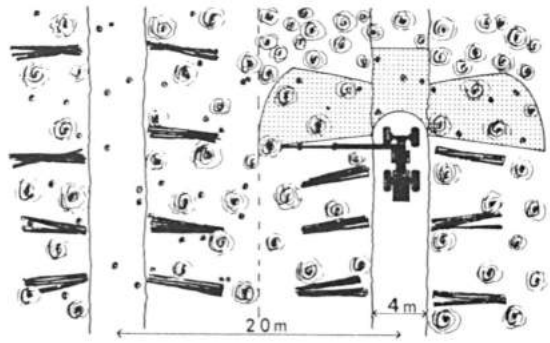
Puutavaran valmistus	Metsäkuljetus
Farmi Trac 5000	Farmi Trac 5000
Finntrac 4000	Norcar 490
Lako 2 R / Valmet 8200	Valmet 828 B
Lokomo 990 / 746	Bruunett Mini 678 F
Nokka-Joker	Nokka-Joker
Pika 350 / Fendt	Noramaster 4 WD
Ponsse/Norcar	Norcar 490
Valmet 901	Valmet 828 B

TYÖSKENTELYMENETELMÄT

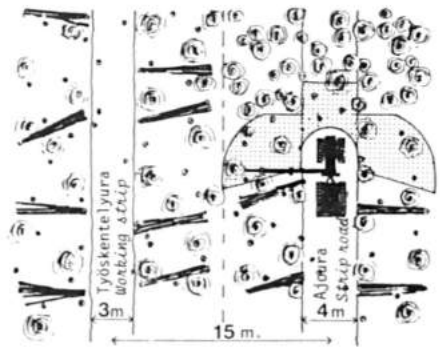
Kaikki poistettavat puut valmistettiin puutavaraksi koneellisesti ja ne valitsi monitoimikoneen kuljettaja.

Tavanomaiset kuormainharvesterit työskentelivät 20 m:n välein sijoitetuilla ajourilla. Metsäkuljetuksessa käytettiin samoja uria (kuva 3).

Pien- ja maataloustraktoriperustaisille kuormainharvestereille ajourat oli suunniteltu 30 metrin välein (kuva 4). Koneet kulkivat ajourilla ja niiden välisellä keskialueella ja valmistivat ne keskialueen puut puutavaraksi, joihin eivät ajourilta ylettyneet. Pienet ajokoneet kulkivat sekä ajouria että keskialueen työskentelyuria pitkin. Tavanomaiset kuormatraktorit ajoivat vain varsinaisilla, 30 m:n välein sijoitetuilla ajourilla.



Kuva 3. Tavanomaisten kuormainharvestereiden työskentelymenetelmä
Fig. 3. Working method of conventional one-grip harvesters



Kuva 4. Pienten kuormainharvestereiden työskentelymenetelmä
Fig. 4. Working method of small one-grip harvesters

TULOKSIA

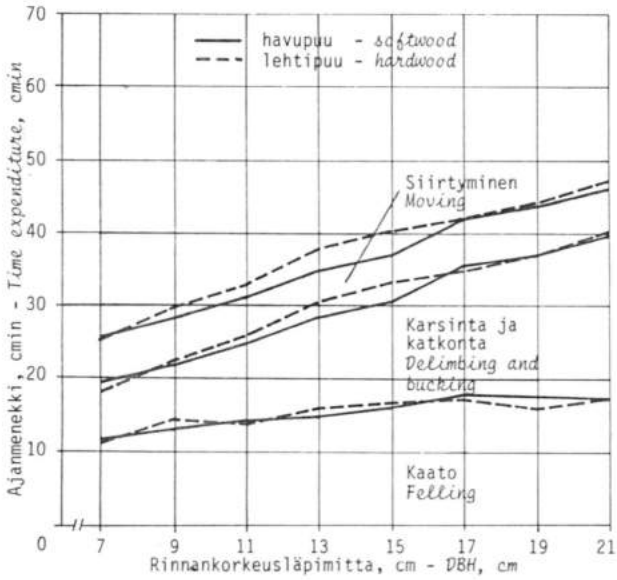
Koneiden liikkuminen

Maaston kantavuus on turvemaiden kesäaikaisessa puunkorjuussa yleensä minimitekijä. Puiden juuristot tosin saattavat parantaa korjuualueen kantavuutta. Toisinaan huono kantavuus saattaa vaikeuttaa työmaalle siirtymistä. Upottavuus on pienin ongelma telakoneille ja pahenee pyöräkoneille, kun niiden pyörien määrä vähenee. Pyöräkoneiden pintapainetta voidaan kuitenkin pienentää käyttämällä niissä teloja tai leveämpiä pyöriä.

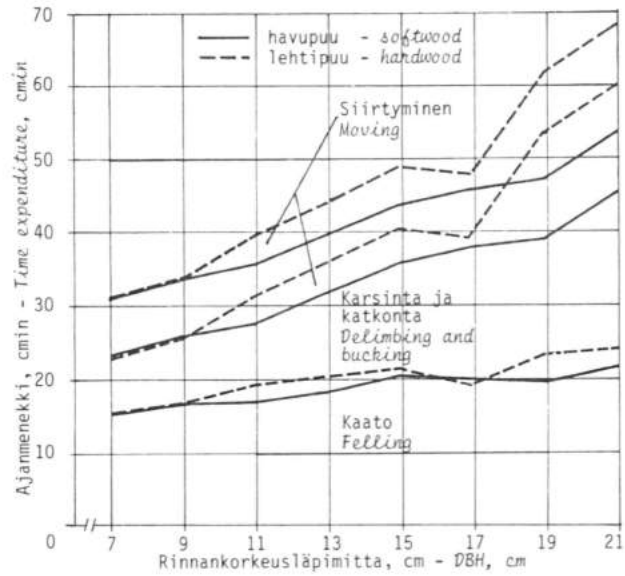
Suurin ongelma maaston kantavuus on metsäkuljetuksessa. Hakkuukoneet ovat kevyempiä ja ketterämpiä kuin kuormatut metsäkuljetustraktorit. Lisäksi ne kulkevat uraa pitkin vain kertaalleen. Metsäkuljetuksessa hakkuualueen kantavuutta tosin parantaa ajourille kertynyt hakkuutähde.

Tutkimuksen aikana yksi hakkuukone upposi siirtyessään työmaalle. Metsäkuljetuksessa yksi kone rikkoi maan pintakerroksen ajokelvottomaksi kahden kolmen ajokerran jälkeen.

Tutkimuksen kantavuusongelmaa ei ole syytä tarkastella koneittain, sillä toisten koneketjujen korjuupalsta ja siirtymisreitti työmaalle olivat selvästi kantavampia kuin toisten.



Kuva 5. Esimerkki tavanomaisen kuormainharvesterin tehoajanmenekistä
Fig. 5. Example of the effective time expenditure of a conventional one-grip harvester



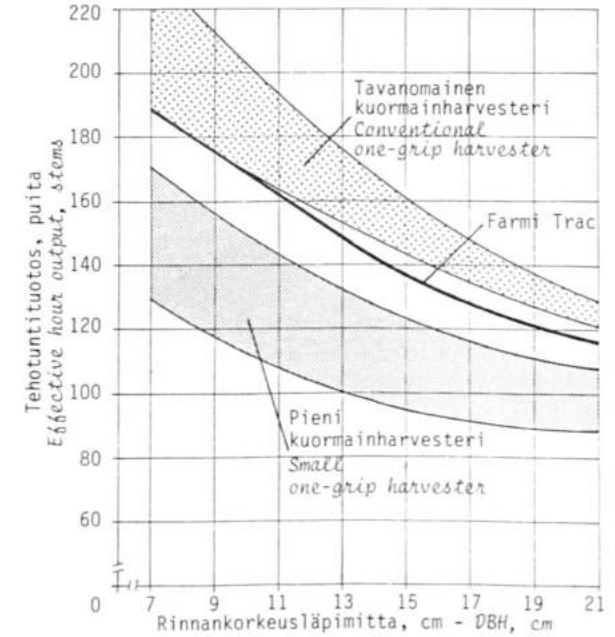
Kuva 6. Esimerkki pienen kuormainharvesterin tehoajanmenekistä
Fig. 6. Example of the effective time expenditure of a small one-grip harvester

Puutavaran valmistus

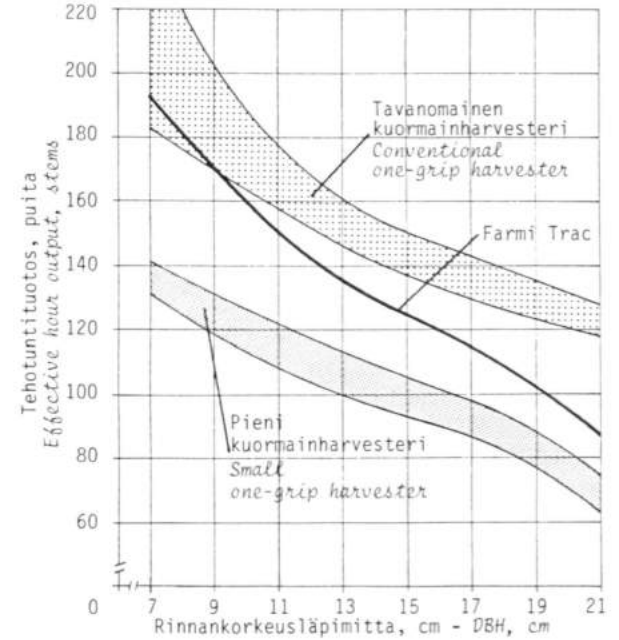
Puutavaranvalmistuksen ajanmenekit eroteltiin työnvaiheittain. Suurin työnvaihe oli pieniä puita käsiteltäessä puiden kaato ja suuria puita käsiteltäessä puolestaan karsinta ja katkonta. Eri koneiden ja konetyyppien työnvaiheittaiset erot aiheutuivat yleensä kaadosta, karsinnasta tai molemmista. Kaivukone- ja maataloustraktoriperustaiset koneyksiköt liikkuivat muita hitaammin ja niiltä kului selvästi enemmän aikaa työpisteiden välisissä siirtymisissä kuin muilta.

Koneet valmistivat puutavaraksi sekä havu- että lehtipuita. Puulajeittaiset ajanmenekkierot vaihtelivat konemerkeittäin. Kun Lokomo, Ponsse ja Valmet käsittelivät havu- ja lehtipuita, niiden puutavaranvalmistuksen ajanmenekeissä ei ollut eroja tai lehtipuu oli hieman hitaampaa käsitellä. Farmi Trac-in, Nokka-Jokerin ja Pikan vastaava ero oli pieni rinnankorkeusläpimitaltaan 17 - 19 cm:n puihin asti, mutta suureni sen jälkeen selvästi. Finntrac ja Lako käsittelivät lehtipuita niiden koosta riippumatta selvästi hitaammin kuin havupuita, mutta erityisen hitaasti suuria lehtipuita. (Kuvat 5 ja 6)

Koneiden ajanmenekeistä laskettujen tuotosten perusteella hakkuukoneet voitiin jakaa kahteen pääryhmään (kuvat 7 ja 8). Ryhmien väliin jäi yksi konemerkki - Farmi Trac.



Kuva 7. Puutavaranvalmistuksen tehotuntituotoksen riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta, havupuu
Fig. 7. The correlation between effective hour output of cutting and DBH, softwood



Kuva 8. Puutavaranvalmistuksen tehotuntituotoksen riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta, lehtipuu
Fig. 8. The correlation between effective hour output of cutting and DBH, hardwood

Tavanomaisten kuormainharvestereiden ryhmään kuuluivat Lokomo, Ponsse ja Valmet. **Pienten** (pientraktori-, kaivukone- tai maataloustraktoriperustaisten) **kuormainharvestereiden** ryhmään kuuluivat Finntrac, Lako, Nokka-Joker ja Pika.

Tavanomaisten kuormainharvestereiden tehotuntituotokset olivat 190 - 235 havupuuta tai 180 - 235 lehtipuuta, kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 7 cm. Kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 21 cm, vastaavat tuotokset olivat 120 - 130 sekä havu- että lehtipuuta.

Pienten kuormainharvestereiden tehotuntituotokset olivat 130 - 170 havupuuta tai 130 - 140 lehtipuuta, kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 7 cm. Kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 21 cm, vastaavat tuotokset olivat 90 - 110 havupuuta tai 60 - 75 lehtipuuta. **Farmi Tracin** vastaavat tuotokset olivat, kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 7 cm, 190 havu- tai lehtipuuta, ja kun puiden rinnankorkeusläpimitta oli 21 cm, 115 havupuuta tai 85 lehtipuuta.

Metsäkuljetus

Eri ajokoneiden kuormankoko vaihteli seuraavasti:

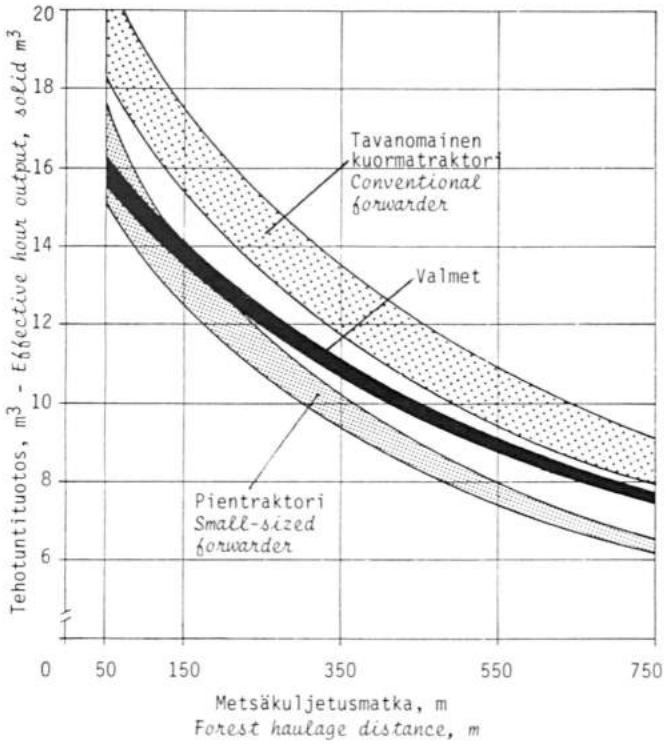
	Havupuu	Lehtipuu
	Kuorman koko, m^3	
Bruunett	6.9	5.8
Farmi Trac	5.8	5.3
Nokka-Joker	5.6	4.9
Noramaster	7.1	5.5
Norcar	7.0	6.4
Valmet	8.1	6.7

Eri konetyyppien tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeuksissa ei ollut merkittäviä eroja. Kun ajanmenekit lasketaan m^3:ä kohti, niihin vaikuttaa kuorman koko. Silloin pientraktorit (telakoneet) olivat liikkumisissaan 20 - 40 % hitaampia kuin muut. Kuormaukseen ja purkamiseen kului pientraktoreilta ja Valmetilta 20 - 25 % enemmän aikaa m^3:ä kohti kuin muilta ajokoneilta.

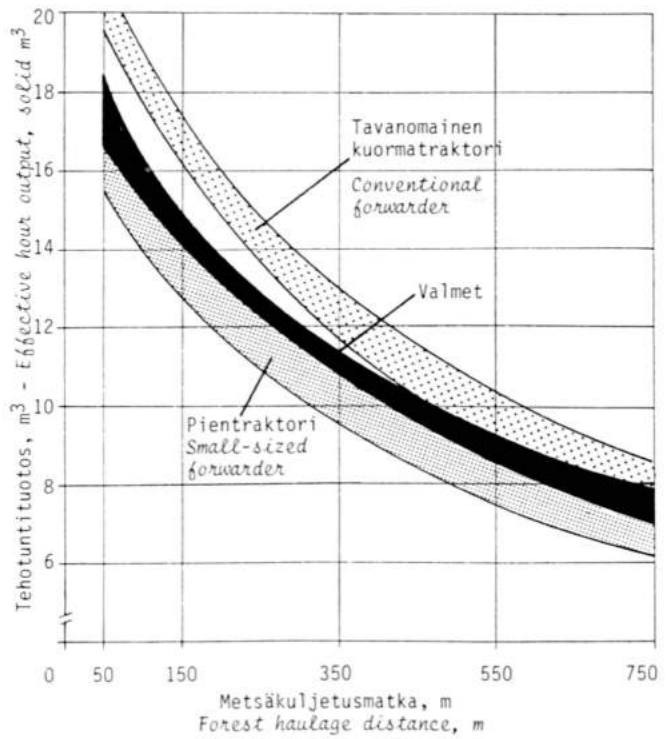
Tuotosten perusteella ajokoneet jaettiin kolmeen luokkaan (kuvat 9 ja 10): ylimpään kuuluvat Bruunett, Noramaster ja Norcar, keskimmäiseen kuuluu Valmet ja alimpaan kuuluvat Farmi Trac ja Nokka-Joker.

Korjuukustannukset

Koneellisten korjuuketjujen yksikkökustannukset (mk/m^3) saatiin ajanmenekkien ja kesän 1989 kustannustason mukaan laskettujen konemerkeittäisten tuntikustannusten avulla.



Kuva 9. Metsäkuljetuksen tehotuntituotoksen riippuvuus metsäkuljetusmatkasta, havupuu
Fig. 9. The correlation between effective hour output of forest haulage and forest haulage distance, softwood



Kuva 10. Metsäkuljetuksen tehotuntituotoksen riippuvuus metsäkuljetusmatkasta, lehtipuu
Fig. 10. The correlation between effective hour output of forest haulage and forest haulage distance, hardwood

TAULUKKO 1 Korjuukustannukset, metsäkuljetusmatka 350 m
Table Harvesting costs, forest haulage distance 350 m

Korjuuketju *Harvesting system*	Puutavaran valmistus *Mechanical cutting*	Metsäkuljetus *Forest haulage*	Korjuu yhteensä *Harvesting total*
	mk/m³ - *Fmk / solid m³*		
Tavanomainen kuormainharvesteri & kuormatraktori *Conventional one-grip harvester & forwarder*	25 - 29	21 - 25	49 - 51
Kaivukoneperustainen kuormainharvesteri & kuormatraktori *Excavator-based conventional one-grip harvester & forwarder*	30	26	56
Pieni kuormainharvesteri & kuormatraktori *Small one-grip harvester & forwarder*	25	23	48
Pieni kuormainharvesteri & pientraktori *Small one-grip harvester & small-sized forwarder*	23 - 30	23 - 27	46 - 57
Maataloustraktoriperustainen kuormainharvesteri & kuormatraktori *Agricultural tractor -based one-grip harvester & forwarder*	25	23	48

Hakkuukoneiden käyttötuntikustannuksiksi saatiin:

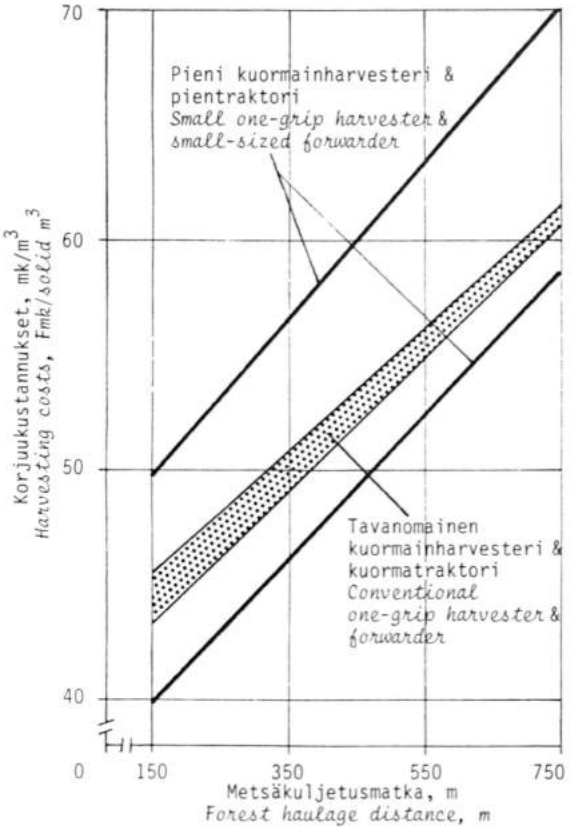
Kuormainharvesterin peruskone	Käyttötuntikustannukset, mk
Hakkuukonealusta	355 - 370
Kaivukone	285
Pientraktori (telakone)	260 - 280
Maataloustraktori	250

Metsäkuljetuksessa käytettyjen tavanomaisten kuormatraktoreiden käyttötuntikustannukset olivat 250 - 265 mk ja pientraktoreiden 220 - 230 mk.

Korjuukustannukset (taulukko 1) laskettiin Farmi Tracin palstaa vastaaville olosuhteille. Se oli melko tyypillinen rämekohde (poistettavien runkojen keskikoko 93 dm³, havupuita 46 % ja lehtipuita 54 %). Korjuukustannuksiltaan sekä edullisimman että kalleimman korjuuketjun muodostivat pieni kuormainharvesteri ja pientraktori.

Metsäkuljetuksen kustannuseroja selittää myös hakkuujälki, joka vaihteli tutkimuspalstoilla melkoisesti.

Tavanomaisten kuormainharvestereiden ja kuormatraktoreiden suhteellinen edullisuus paranee verrattuna pienen kuormainharvesterin ja pientraktorin muodostamaan korjuuketjuun, kun ajomatka pitenee (kuva 11). Muutos ei kuitenkaan ole kovin suuri.



Kuva 11. Korjuukustannusten riippuvuus metsäkuljetusmatkasta
Fig. 11. The correlation between harvesting costs and forest haulage distance

Korjuuvauriot

Korjuuvauriot (taulukko 2) mitattiin metsäkuljetuksen jälkeen. Jäävästä puustosta vaurioitui puutavaran valmistuksessa keskimäärin 1.6 % ja metsäkuljetuksessa 1.4 % eli korjuussa yhteensä 3.0 %. Aiempia osatutkimuksia suurempi vaurioprosentti aiheutui siitä, että kolmessa korjuuketjussa vauriomäärät olivat suuremmat kuin muissa ketjuissa. Suurin vaurioprosentti johtui ainakin osittain suurten haapojen kaatuessaan aiheuttamista vaurioista.

TAULUKKO 2 Korjuuvauriot
Table Harvesting damage

Korjuuketju *Harvesting system*	Puutavaran valmistus *Mechanical cutting*	Metsäkuljetus *Forest haulage*	Yhteensä *Total*
	Vaurioita, % jäävistä puista *Damage, % of residual growing stock*		
Farmi Trac & Farmi Trac	0.4	0.8	1.2
Finntrac & Norcar	0.5	1.5	2.0
Lako & Valmet	1.0	1.4	2.4
Lokomo & Bruunett	2.4	1.7	4.1
Nokka Joker & Nokka Joker	0.3	0.5	0.8
Pika & Noramaster	2.3	2.3	4.6
Ponsse & Norcar	4.4	2.2	6.6
Valmet & Valmet	1.8	0.9	2.7

Metsänhoidollista jälkeä ei määritetty, koska aiemmissa osatutkimuksissa on havaittu arviointiasteikon riippuvan liian paljon arvioijasta. Se puolestaan johtuu siitä, että arviointistandardit toistaiseksi puuttuvat.

PÄÄTELMIÄ

Turvemaiden puuston kesäaikaisessa koneellisessa harvennuskorjuussa on korjuuketjujen teknisen ja taloudellisen kannattavuuden lisäksi otettava huomioon myös koneiden kyky liikkua ja toimia huonosti kantavilla mailla. Mitä upottavampi korjuukohde tai siirtymisreitti sinne on, sitä tarpeellisempi on tela- tai teloilla varustettu 8-pyöräinen peruskone.

Kun tarkastellaan erityyppisten korjuuketjujen taloudellisuutta, näyttää pienen kuormainharvesterin ja pientraktorin muodostama korjuuketju olevan turvemaalla kilpailukykyisempi kuin kovalla maalla.

Tutkimus osoitti, että turvemaiden kesäaikainen koneellinen puunkorjuu on mahdollista useantyyppisiä korjuuketjuja käyttäen. Kohteen tai siirtoreitin kantavuuden mukaan on kuitenkin syytä käyttää harkintaa koneketjua valittaessa.

Asiasanat: ensiharvennus, turvemaat, hakkuukoneet

Metsäteho Review 4/1990

An NSR-Project

MECHANIZED FIRST THINNING ON UNFROZEN PEATLAND

Metsäteho evaluated summertime peatland harvesting studying eight different mechanized harvesting systems. Four of the systems were based on the use of conventional one-grip harvesters, three of which were mounted on wheeled carriers and one on a tracked excavator. Four systems used small one-grip harvesters, three of which were mounted on minitractors and one on an agricultural tractor. Four 8-wheeled and two tracked vehicles were used for forwarding.

Conventional one-grip harvesters processed 190 to 235 softwood or 180 to 235 hardwood stems per effective hour when the DBH was 7 cm. The corresponding results for small one-grip harvesters were 130 to 190 softwood or hardwood stems. When the DBH was 21 cm, conventional one-grip harvesters processed 120 to 130 softwood or hardwood stems and small one-grip harvesters 90 to 115 softwood stems or 60 to 85 hardwood stems per effective hour.

The forest haulage productivity of small-sized forwarders was clearly smaller - 20 to 25 % on average - than that of conventional forwarders. Productivity varied a great deal from machine to machine.

A small one-grip harvester and a small-sized forwarder were both the least and the most expensive harvesting system as far as harvesting costs were concerned. Harvesting was technically possible using all types of harvesting systems on the sites studied.

Harvesting resulted in damage to about 3.0 % of the residual growing stock.

The study is a part of the joint Nordic research project financed by the Nordic Council of Ministers.

Key words: first thinning, peatlands, multifunction logging machines

METSÄTEHO

SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO RY:N METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
PL 194 (Fabianinkatu 9 B) · 00131 HELSINKI · Puhelin (90) 658 922

ISSN 0257-4306

HELSINKI 1990 PAINOVALMISTE