



Proessori- ja harvesterikorjuuketjut

PROCESSOR AND HARVESTER SYSTEMS

SEPPÖ JUUKOLA ANTERO KOSKINEN

HELSINKI 1974

METSÄTEHO

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Forest Industries

SISÄLLYS Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO	3
2 HARVESTUSJÄRJESTELMÄN KOKONAISKUVAUS	5
3 LASKENTAJÄRJESTELMÄ	7
PROSESSORI - JA	
HARVESTERIKORJUKETJUT	7
Processor and Harvester Systems	9
4 KÄSITTELYJÄRJESTELMÄ	10
4.1 Käsittelyn laatu- ja määrät	10
4.2 Korjuusajan ja korjuun laatu	12
5 SEPPÖ JUKKOLA - ANTERO KOSKINEN	12
5.1 Käsittelyn laatu- ja määrät	12
5.2 Siirtokäsittelemä	13
5.3 Törmäys- ja valvontajärjestelmä	13
6 KÄSITTELYJÄRJESTELMÄN HARVESTUS	14
7 KÄSITTELYJÄRJESTELMÄN KOKONAISKUVAUS	14
8 KÄSITTELYJÄRJESTELMÄN KOKONAISKUVAUS	14
9 KÄSITTELYJÄRJESTELMÄN KOKONAISKUVAUS	14
KIPJÄLLEKUTU - KIPJÄLLEKUTU	16
Summary in English	17

Metastasis - Metastasis Report 197

METASTASIS

Second International Conference on Metastasis
Forest North Section of the Central Association of Finland
Forest Industries

PROCEEDINGS - 1A
SARVASTIEN KOKOUSKIRJA

Proceedings and Abstracts

George J. Lohman - Editor

SISÄLLYS Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TARKASTELTAVAT KORJUUKETJUT	5
3 LASKENTAMENETELMÄ	7
4 KORJUUKETJUN OSATYÖVAIHEIDEN TUOTOKSET	7
4.1 Kaato	7
4.2 Koneellinen kaato-juonto	7
4.3 Harvesterit ja prosessorit	8
4.4 Kuormajuonto	9
4.5 Autoonkuormaus	9
5 YKSIKKÖKUSTANNUKSET	10
5.1 Kustannusten laskentaperusteet	10
5.2 Korjuuketjujen yksikkökustannukset	12
6 ERILLISKUSTANNUKSET	12
6.1 Varastokustannukset	12
6.2 Siirtokustannukset	13
6.3 Suunnittelu- ja valvontakustannukset	13
7 KOKONAISKUSTANNUSTEN TARKASTELUA	14
8 EPÄVARMUUSTEKIJÖITÄ	14
9 KEHITYSNÄKYMÄ	14
KIRJALLISUUTTA - References	16
Summary in English	17

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa selvitetään lähinnä tähänastisten tutkimusten ja konekokeilujen pohjalta harvesteri- ja prosessorityyppeihin monitoimikoneisiin perustuvien korjuuketjujen osatyövaiheiden tuotokset ja ketjujen yksikkökustannukset sekä näihin vaikuttavat olosuhdetekijät. Näiden tietojen perusteella pyritään tekemään johtopäätöksiä eri korjuuketjujen taloudellisuudesta vaihtelevissa korjuuolosuhteissa.

Tutkimuksessa tarkastellaan pieneen ja isoon prosessoriin ja harvesteriin perustuvia korjuuketjuja. Pienet koneet käsittelevät vain yhtä puuta kerrallaan, ja niissä puu syötetään karsinta-katkontaelimiin sykeperiaatteella. Isot koneet ovat pieniä järeämpiä, ja ne voivat käsitellä kahta puuta samanaikaisesti, ottaa yhtä puuta samalla kun toista karsitaan, ja puun syöttö on jatkuvatoimista.

Korjuuketjujen osatyövaiheiden tuotokset

Ison prosessorin tuotos on rungon koon mukaan 1.5...1.6-kertainen ja ison harvesterin tuotos 1.5...1.8-kertainen vastaavien pienten koneiden tuotoksiin verrattuna. Prosessoreiden tuotokset ovat noin 20 % vastaavan kokoisten harvesterien tuotoksia suurempia.

Kuormajuonnon tuotos on isojen koneiden jälkeen jonkin verran parempi kuin pienten koneiden jälkeen.

Autoonkuormauksen tuotos on noin 20 % pienempi välivarastolla toimivien prosessoreiden kuin kuormatraktoreiden jälkeen.

Korjuuketjujen yksikkökustannukset

Prossessoriketjut ovat yleensä harvesteriketjuja edullisempia.

Lyhyillä, alle 200 m:n juontomatoilla isohkojen runkojen käsittelyssä prosessoreihin perustuvat tavaralajimenetelmä- ja puumenetelmäketjut ovat suunnilleen yhtä edullisia.

Isoihin koneisiin perustuvat ketjut ovat pieniin koneisiin perustuvia ketjuja edullisempia.

Korjuuketjujen erilliskustannukset

Puumenetelmäketjujen varastokustannukset ovat nelinkertaiset tavaralajimenetelmäketjujen varastokustannuksiin verrattuina.

Siirtokustannukset ovat suurimmat isojen koneiden ketjuissa. Pienissä leimikoissa eri ketjujen väliset erot ovat huomattavat, mutta suurissa lähes merkityksettömät.

Suunnittelu- ja valvontakustannukset ovat pienimmät harvesteriketjussa ja suurimmat prosessoreiden puumenetelmäketjuissa.

Kokonaiskustannukset

Yleensä prossessoriketjut tulevat harvesteriketjuja 2...3 mk/m³ edullisemmiksi. Tiheissä ja järeäpuustoissa leimikoissa harvesteriketjut tulevat lähes yhtä edullisiksi kuin prossessoriketjut. Isoihin monitoimikoneisiin perustuvat korjuuketjut ovat yleensä pieniin koneisiin perustuvia ketjuja 1...2 mk/m³ edullisempia, mutta hyvin pieni- ja harvapuustoissa leimikoissa pienten koneiden ketjut tulevat vastaavan tyyppisten suurten koneiden ketjuja edullisemmiksi. Prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjut tulevat puumenetelmäketjuja edullisemmiksi.

Jos ihmistyökustannukset nousevat kuten tähän asti konetyökustannuksia nopeammin, harvesteriketjujen ja prosessoreiden puumenetelmäketjujen edullisuus paranee jonkin verran tulevaisuudessa prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjuihin verrattuina, mutta mitään ratkaisevia eroja ei eri ketjujen väliseen kannattavuuteen tässä suhteessa tule.

Näyttää siltä, että lähivuosien koneellistamisessa kannattaa pääasiassa pyrkiä prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjuihin, suuriin koneisiin perustuviin ketjuihin sellaisella alueella, missä suuret prossessorit voidaan työllistää vähintään keskinkertaisissa korjuuolosuhteissa, ja pienten prosessoreiden ketjuihin muualla. Harvesteriketjujen käyttö ei laajassa mittassa näytä vielä taloudelliselta. Parhaiten harvesteriketjut soveltuvat alueille, missä leimikot ovat pieniä, mutta kookaspuustoisia ja maastot melko hyviä.

Käyttöä esitettyt laitteet edellyttävät koneiden käyttöä saman ajan aikana avoimissa tiloissa ja noin 7-metriseen kuusiainetuon tekemiseen laitteiden.

Tutkimuksen tulokset eivät ole täysin yleistettävissä eri koneistuksilla.

1 JOHDANTO

Suomessa ja Ruotsissa on viime vuosien aikana suunniteltu ja valmistettu lukuisia oloihimme soveltuvia monitoimikoneityyppejä. Markkinoiden ensimmäiset monitoimikoneet olivat prosessorityyppisiä eli koneita, jotka karsivat, kasaavat ja mahdollisesti katkovat puutavaran. Näiden jälkeen tulivat kaato-kasaus- ja kaato-juontokoneet, jotka on tarkoitettu prosessoreiden kanssa samassa korjuuketjussa käytettäväksi. Uusimmat monitoimikonetyypit ovat harvesteriteita, koneita, jotka karsinnan, katkonnan ja kasauksen lisäksi myös kaatavat puun.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tähänastisten Suomessa ja Ruotsissa tehtyjen tutkimusten, konekokeilujen ja koneenvalmistajilta saatujen tietojen perusteella selvittää harvesteri- ja prosessorityypisiin monitoimikoneisiin perustuvien korjuuketjujen osatyövaiheiden tuotokset ja ketjujen yksikkökustannukset sekä näihin vaikuttavat olosuhdetekijät. Näiden tietojen perusteella tarkastellaan eri korjuuketjujen taloudellisuutta erilaisissa korjuuolosuhteissa. Lisäksi pyritään ennakoimaan ketjujen yksikkökustannusten kehitystä ja koneiden tulevia käyttömahdollisuuksia.

Tutkimuksessa ei verrata monitoimikonekorjuuketjujen edullisuutta tavanomaisiin ihmistyövaltaisiin korjuumenetelmiin.

2 TARKASTELEVAT KORJUUKETJUT

Tarkasteltavat korjuuketjut perustuvat pieneen ja isoon prosessoriin ja pieneen ja isoon harvesteriin. Pienellä prosessorilla tarkoitetaan konetta, jossa puun siirtelylaite on kytketty karsintalaitteeseen siten, että kone voi käsitellä vain yhtä puuta kerrallaan. Puu syötetään karsinta-katkontalaitteeseen sykeperiaatteella. Isossa prosessorissa puun

Koneellisen puun kaato- ja siirtelylaitteen (Käyttöä 1972 ja 1973) Refora- ja Drott-koneistuksella harvesterien lisäksi puun kaato- ja siirtelylaitteita 0,2...0,3 m/s nopeudella kaato- ja siirtelylaitteilla.

siirtelylaite on erillään muusta monitoimiosasta siten, että koneella voidaan ottaa uutta puuta samanaikaisesti, kun edellistä karsitaan ja katkotaan. Puun syöttö on jatkuvatoimista.

Pienessä harvesterissa kaato- ja siirtelylaite on rakennettu siten, että kone voi käsitellä vain yhtä puuta kerrallaan. Puu syötetään sykeperiaatteella. Isossa harvesterissa kaato- ja siirtelylaite on erillään muusta monitoimiosasta ja puun syöttö on jatkuvatoimista. Karsinta-katkonta-kasauslaitteet ovat samanlaiset kuin isossa prosessorissa.

Harvestereihin ja prosessoreihin perustuvista korjuuketjuista tarkastellaan kuvassa 1 esitettyjä kuutta ketjua, jotka ovat seuraavat.

Prossessoriketjut

Tavaralajimenetelmäketjut

- Ketju 1 moottorisahakaato - pieni prosessori - kuormajuonto - autoonkuormaus
- Ketju 2 moottorisahakaato - iso prosessori - kuormajuonto - autoonkuormaus

Puumenetelmäketjut

- Ketju 3 kaato-juontokone - pieni prosessori - autoonkuormaus
- Ketju 4 kaato-juontokone - iso prosessori - autoonkuormaus

Harvesteriketjut

Tavaralajimenetelmäketjut

- Ketju 5 pieni harvesteri - kuormajuonto - autoonkuormaus
- Ketju 6 iso harvesteri - kuormajuonto - autoonkuormaus

KETJU
System 1



Kaato
Felling



Pieni prosessori palstalla
Small processor in the
cutting area



Kuormajuonto
Forwarding

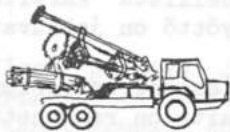


Autoonkuormaus
Loading onto truck

KETJU
System 2



Kaato
Felling



Iso prosessori palstalla
Large processor in the
cutting area



Kuormajuonto
Forwarding

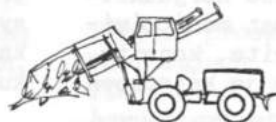


Autoonkuormaus
Loading onto truck

KETJU
System 3



Kaato-juontokone
Feller-skidder



Pieni prosessori varastolla
Small processor at the landing



Autoonkuormaus
Loading onto truck

KETJU
System 4



Kaato-juontokone
Feller-skidder



Iso prosessori varastolla
Large processor at the landing



Autoonkuormaus
Forwarding

KETJU
System 5



Pieni harvesteri
Small harvester



Kuormajuonto
Forwarding



Autoonkuormaus
Loading onto truck

KETJU
System 6



Iso harvesteri
Large harvester



Kuormajuonto
Forwarding



Autoonkuormaus
Loading onto truck

Kuva 1. Tarkasteltavat korjuuketjut

Fig. 1. Harvesting systems examined

Kaikki esitettävät laskelmat edellyttävät koneiden käyttöä sulan maan aikana avohakkuuleimikoissa ja noin 5-metrinen kuusikuitupuun tekoa ilman lajittelua.

Tutkimuksen tulokset eivät ole täysin yleistettävissä eri konemerkeille.

3 LASKENTAMENETELMÄ

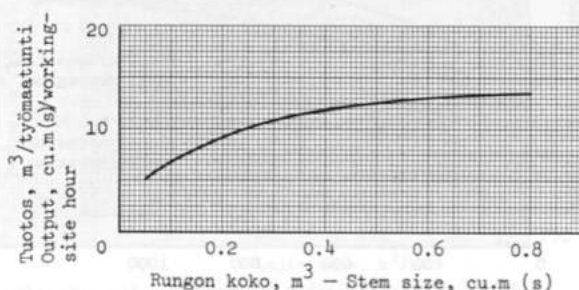
Prosessoreiden ja harvestereiden tuotokset on laskettu näitä koneita varten kehitetyn, ATK:lle sovelletun tuotoslaskentajärjestelmän avulla. Järjestelmän on rakentanut luonnontiet. kand. Jaakko Peltonen, ja se on esitetty Metsätehon monisteessa 1973-12-28. Järjestelmän avulla on voitu eri koneista tai konekomponenteista suoritettuihin aikatutkimuksiin perustuen laskea toiminnaltaan erilaisten koneiden tuotokset. Ne on voitu laskea puulajeittain erikokoisille rungoille, viidelle leimikon tiheydelle ja neljälle maastoluokalle.

Korjuuketjujen muiden työvaiheiden tuotokset on laskettu käsin eri tutkimustuloksista.

4 KORJUUKETJUJEN OSATYÖVAIHEIDEN TUOTOKSET

4.1 Kaato

Kaadon osalta on käytetty kuvassa 2 esitettyjä KAHALAN (1970) tutkimusten mukaisia moottorisahalla suoritettua suunnatun erilliskaadon tuotoksia.



Kuva 2. Suunnatun erilliskaadon tuotoksen riippuvuus rungon koosta. Maastoluokka II

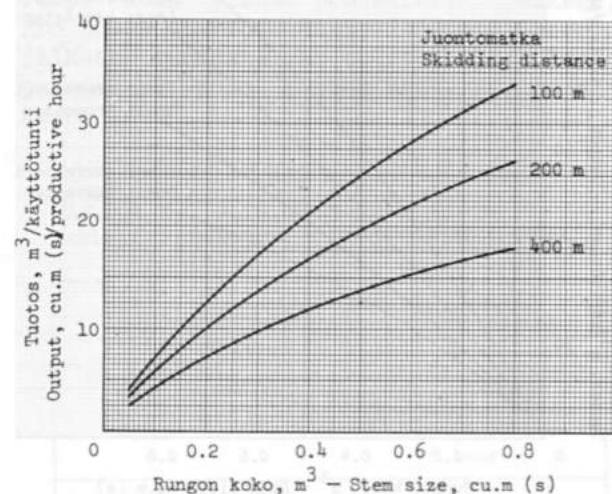
Fig. 2. Correlation between the output of directed separate felling and stem size. Terrain class II

Koneellisen kaadon tuotos on ruotsalaisten (SONDELL 1971 a ja b) Bofors- ja Drott-kaatokoneista suorittamien tutkimusten mukaan esimerkiksi 0.2...0.3 m³:n runkojen kaadossa 20...30 m³/käyttötunti.

4.2 Koneellinen kaato-juonto

Koneellisen kaato-juonnon tuotokset perustuvat Metsätehon tutkimuksiin (KOSKINEN 1973) ja Metsätehon jäsenyritysten keräämiin tuotostilastoihin. Kuvassa 3 on esitetty kaato-juontokoneen tuotoksen riippuvuus rungon koosta eri juontomatkoilla.

Tuotos laskee keskimäärin 20 % juontomatkan pidentyessä 100 m:stä 200 m:iin ja lähes 50 % juontomatkan pidentyessä 100 m:stä 400 m:iin. Jos tiheys on 300 runkoa/ha, tuotos on noin 10 % pienempi ja, jos tiheys on 1 000 runkoa/ha, noin 5 % suurempi kuin kuvassa esitetty tuotos. Tiheyden vaikutus tuotokseen on sitä suurempi, mitä huonompaa on maasto, mitä pienemmistä rungoista on kysymys ja mitä lyhyempi on juontomatk. Jos maasto on I luokkaa, koneen tuotos on noin 15 % suurempi ja, jos se on III luokkaa, noin 20 % pienempi kuin II maastoluokassa. Harvapuustoisissa leimikoissa ja pieniä runkoja käsiteltäessä maaston vaikutus tuotokseen on keskimääräistä suurempi.



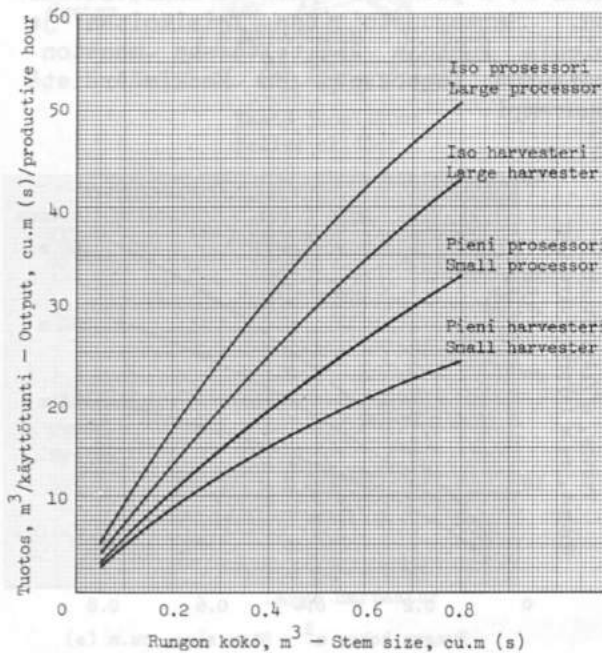
Kuva 3. Kaato-juontokoneen tuotoksen riippuvuus rungon koosta eri juontomatkoilla. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha. Maastoluokka II

Fig. 3. Correlation between the output of the feller-skidder and stem size over different skidding distances. Stand density 500 stems/hectare. Terrain class II

4.3 Harvesterit ja prosessorit

Pienen prosessorin tuotokset perustuvat JUKKOLAN - KOSKISEN (1973) Pika 50 -koneesta suorittamiin tutkimuksiin ja ison prosessorin tämän tutkimuksen yhteydessä Kockum Processor 837:stä suoritettuihin tutkimuksiin. Pienen harvesterin tuotokset on laskettu KOSKISEN - SALMISEN (1972) Pika 75 -harvesterin prototyypistä suorittamien tutkimusten perusteella. Laskelmissa on otettu lisäksi huomioon valmistajan uusiin koneisiin tekemät tekniset uudistukset. Ison harvesterin tuotokset perustuvat kaatolaitteen ajankäytön osalta ruotsalaisten (SONDELL 1971 a ja b) tutkimuksiin. Karsinta- ja katkontalaiteryhmän ajankäyttö vastaa laskelmissa ison prosessorin ajankäyttöä. Lisäksi koneen tuotoksia laskettaessa on käytetty hyväksi Rauma-Repola Oy:ltä Lokomo-harvesterista saatuja tietoja.

Kuvassa 4 on esitetty harvestereiden ja prosessoreiden käyttötuntituotoksen riippuvuus rungon koosta II maastoluokassa leimikon tiheyden ollessa 500 runkoa/ha. Ison prosessorin tuotos on rungon koon mukaan 1.5...1.6-kertainen ja ison har-



Kuva 4. Ison ja pienen prosessorin ja harvesterin tuotoksen riippuvuus rungon koosta. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha. Maastoluokka II

Fig. 4. Correlation between the output of the large and small processor and harvester, and stem size. Stand density 500 stems/hectare. Terrain class II

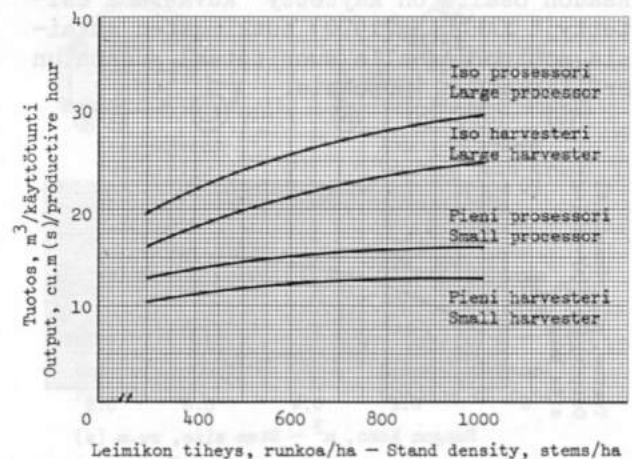
vesterin 1.5...1.8-kertainen vastaavien pienten koneiden tuotoksiin verrattuna. Ero johtuu lähinnä isojen koneiden pieniä suuremmista liikenopeuksista ja työskentelyalueista työpisteissä sekä siitä, että nämä koneet voivat käsitellä kahta puuta samanaikaisesti. Prosessoreiden tuotokset ovat noin 20 % vastaavan kokoisten harvestereiden tuotoksia suuremmat.

Varastotyöskentelyssä prosessoreiden tuotokset ovat 20...30 % korkeammat kuin niiden työskennellessä palstalla.

Kuvassa 5 on esitetty prosessoreiden ja harvestereiden tuotoksen riippuvuus leimikon tiheydestä II maastoluokassa, kun rungon koko on 0.3 m³.

Leimikon tiheys vaikuttaa voimakkaimmin isojen koneiden tuotoksiin. Näillä siirtymisten osuus työajasta on suhteellisesti suurempi kuin pienillä koneilla. Isoilla koneilla tuotos kasvaa noin 1.5-kertaiseksi ja pienillä noin 1.2-kertaiseksi leimikon tiheyden kasvaessa 300 rungosta/ha 1 000 runkoon/ha. Tiheyden vaikutus on tätä suurempi, jos maasto on vaikeampaa ja rungon koko on alle 0.3 m³:n.

Maaston vaikutus koneiden tuotoksiin on tiheyden vaikutusta pienempi. Ensimmäisen luokan maastossa tuotokset ovat 2...5 % korkeammat ja III luokan maastossa



Kuva 5. Ison ja pienen prosessorin ja harvesterin tuotoksen riippuvuus leimikon tiheydestä. Rungon koko 0.3 m³. Maastoluokka II

Fig. 5. Correlation between the output of the large and small processor and harvester, and stand density. Stem size 0.3 solid cu.m. Terrain class II

3...8 % alhaisemmat kuin kuvassa esitetyt tuotokset II luokan maastossa. Siirtymisnopeuksien muutokset vaikuttavat hieman merkittävämmiin prosessoreiden kuin harvestereiden tuotoksiin.

Kaikilla koneilla maasto vaikuttaa tuotokseen eniten pienikokoisten runkojen käsittelyssä ja harvapuustoisissa leimikoissa.

4.4 Kuormajuonto

Kuvasta 6 nähdään kuormajuonnon tuotos eri monitoimikoneiden jälkeen. Tuotokset on laskettu JUKKOLAN - KOSKISEN (1973) ja KAHALAN (1972) tutkimusten perusteella. Maaston vaikutus on laskettu kuormatraktoreiden ohjemaksujen perusteella. Laskelmat on tehty keskijäreälle kuormatraktorille. Laskelmissa on oletettu, että kasan koko riippuu eri koneiden työskentelyalueista ja että isojen prosessoreiden ja harvestereiden jälkeen kasat ovat laadullisesti hieman parempia kuin vastaavien pienten monitoimikoneiden jälkeen. Ajouraväli on prosessoreiden jälkeen 8 m ja harvestereiden jälkeen 10 m.

Kuormajuonnon tuotos isojen koneiden jälkeen on noin 5 % suurempi kuin pienten koneiden jälkeen. Prosessoreiden jälkeen tuotos on noin 5 % parempi kuin harvestereiden jälkeen. Lajitiheyden vaikutus on ajouravälin eroavuuden vuoksi harvesterei-

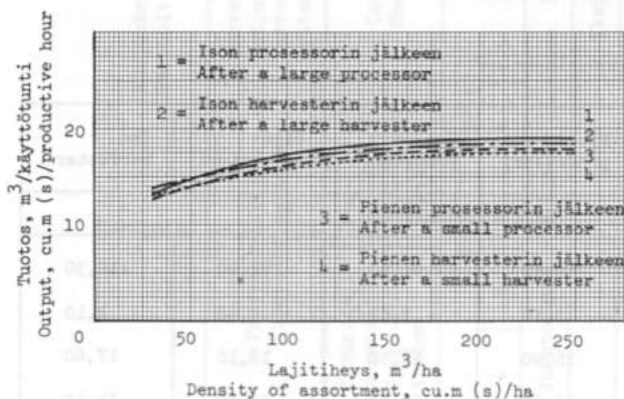
den jälkeen hieman pienempi kuin prosessoreiden jälkeen.

Kuormajuonnon tuotos on I maastoluokassa 8...10 % suurempi ja III maastoluokassa 9...14 % pienempi kuin II maastoluokassa 100...400 m:n juontomatkoilla. Juontomatkan lyheneminen 200 m:stä 100 m:iin parantaa työtosta lajitiheyden ollessa 100...150 m³/ha noin 12 % ja juontomatkan piteneminen 200 m:stä 400 m:iin alentaa tuotosta vastaavasti noin 8 %. Lajitiheyden ollessa pieni matkan vaikutus tuotokseen on näitä pienempi.

4.5 Autoonkuormaus

Autoonkuormauksen tuotokset (taulukko 1) on laskettu JUKKOLAN - SAVOLAISEN (1973) tutkimusten perusteella. Laskelmissa on oletettu käytettävän täysperävaunuautoa, jossa on irrotettava kourakuormain. Kuormain kiinnitetään autoon ja irroteetaan autosta jokaisen kuormauksen yhteydessä.

Autoonkuormauksen tuotos on selvästi pienempi prosessoreiden kuin kuormatraktoreiden jälkeen. Tuotosten ero johtuu siitä, että prosessoreiden jälkeen varastomuodostelmat tulevat huomattavasti pienemmiksi, puut ovat niissä usein ristikkäin ja muodostelmien reunat ovat epätasaiset. Autoonkuormauksen tuotos ison prosessorin jälkeen on jonkin verran suurempi kuin pienen prosessorin jälkeen. Ero johtuu siitä, että ison prosessorin jälkeen muodostelmat tulevat laadultaan paremmiksi kuin pienen prosessorin jälkeen.



Kuva 6. Kuormajuonnon tuotoksen riippuvuus lajitiheydestä erityyppisten monitoimikoneiden jälkeen. Juontomatta 200 m. Maastoluokka II

Fig. 6. Correlation between the output of forwarding and density of assortment after harvesters and processors of different types. Forwarding distance 200 m. Terrain class II

TAULUKKO 1 Autoonkuormauksen tuotos
Table Output of loading onto a truck

Varasto Landing	Tuotos, m ³ /käyttötunti Output, cu.m (s)/ productive hour
Kuormatraktorivarasto For forwarders	27.4
Ison prosessorin varasto For large processors	22.6
Pienen prosessorin varasto For small processors	21.7

TAULUKKO 2

Koneiden tuntikustannuslaskelmien perusteet

Erittely	Kuorma- traktori	Kaato- juontokone	Pieni prosessori	Iso prosessori	Pieni harvesteri	Iso harvesteri
Vuotuinen työaika, h	2 300	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500
Käyttöaste, %	80	68	68	70	63	65
Hinta, mk	170 000	325 000	375 000	700 000	425 000	800 000
Jäännösarvo, %	20	20	20	20	20	20
Poistoaika, v	4	4	4	5	4	5
Korko, %	10	10	10	10	10	10

5 YKSIKKÖKUSTANNUKSET

5.1 Kustannusten laskentaperusteet

Moottorisahakaadon yksikkökustannukset on laskettu metsäalan työehtosopimuksen (28.5.1973 - 30.4.1974) mukaan Etelä-Suomessa. Hakkuupalkkoihin on lisätty työnantajan sosiaalikulut, 24 %, sekä 14 % muita hakkuun sivukustannuksia.

Kuormatraktorin ja monitoimikoneiden yksikkökustannukset on laskettu aikaisemmin esitettyjen tuotosten ja koneiden tuntikustannusten perusteella. Tuntikustannukset on laskettu taulukon 2 perusteiden mukaan, ja tuntikustannuslaskelmat on esitetty taulukossa 3.

Isojen prosessoreiden ja harvestereiden poistoaajaksi on oletettu 5 v ja vastaavi-

en pienten koneiden poistoaajaksi 4 v. Isoilla koneilla on käyttöasteen oletettu olevan 2 %-yksikköä korkeampi kuin pienillä koneilla. Ero johtuu siitä, että järeyden on laskettu tuovan koneille lisää kestävyyttä ja käyttövarmuutta. Harvestereiden käyttöaste on laskettu 5 %-yksikköä prosessoreiden käyttöastetta alhaisemmaksi. Tämä johtuu harvesterin kaatolaitteen aiheuttamista keskeytyksistä.

Autoonkuormauksen yksikkökustannuslaskelmissa on aikakustannuksina käytetty 37 mk:aa/käyttötunti. Kustannukset on laskettu puutavaran autokuljetuksen ohjemaksujen laskentaperusteiden mukaan täysperävaunuautolle, jossa on irrotettava kourakuormain ja jonka keskimääräinen ajomatka on 50 km.

TAULUKKO 3

Koneiden tuntikustannuslaskelmat

Erittely	Kuorma- traktori	Kaato- juontokone	Pieni prosessori	Iso prosessori	Pieni harvesteri	Iso harvesteri
	mk/käyttötunti					
Pääomakustannukset	24,90	51,60	59,50	91,20	72,90	112,30
Muut kiinteät kustannukset	2,00	3,00	3,10	3,60	3,40	4,10
Palkat	14,40	16,90	16,90	16,50	18,10	17,60
Muut muuttuvat kustannukset	15,80	38,20	43,60	62,10	52,60	74,40
Yhteensä	57,10	109,70	123,10	173,40	147,00	208,40
Yrittäjänvoitto (5 %)	2,90	5,50	6,20	8,70	7,40	10,40
Yhteensä	60,00	115,20	129,30	182,10	154,40	218,80

TAULUKKO 4
Table

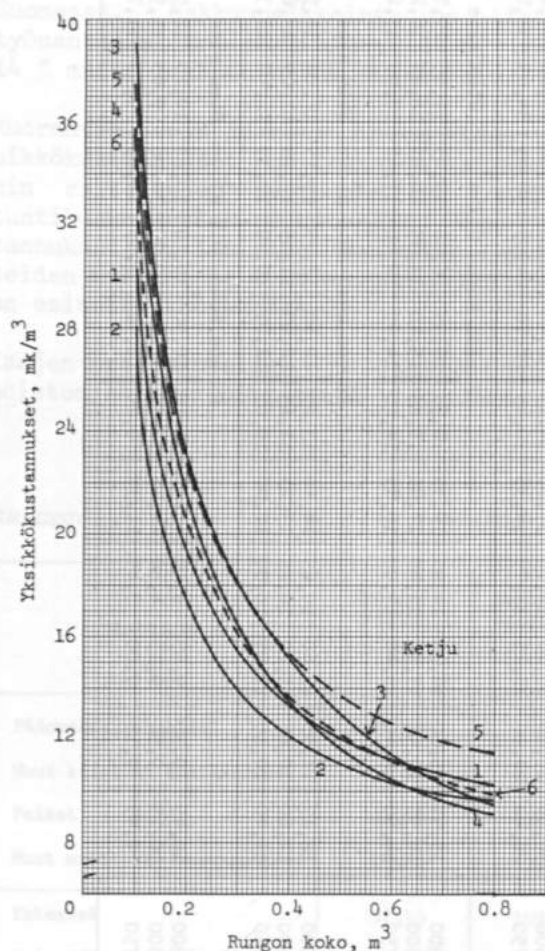
Korjuuketjujen välittömät yksikkökustannukset. Maastoluokka II
Per-unit costs of harvesting systems. Terrain class II

Leimikon tiheys, runk./ha Stand density, stems/ha	Proessoriketjut Processor systems						Harvesteri- ketjut Harvester systems		Proessoriketjut Processor systems						Harvesteri- ketjut Harvester systems		Proessoriketjut Processor systems						Harvesteri- ketjut Harvester systems	
	Tavaralaji- menetelmä Short-wood system			Puu- menetelmä Tree-length system			Tavaralajimenetelmä Short-wood system				Puu- menetelmä Tree-length system		Tavaralajimenetelmä Short-wood system				Puu- menetelmä Tree-length system		Tavaralaji- menetelmä Short-wood system					
	Ketju - System						Ketju - System						Ketju - System											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6						
	Juontomatk - Skidding distance 100 m						Juontomatk - Skidding distance 200 m						Juontomatk - Skidding distance 400 m											
	Yksikkökustannukset, mk/m ³ - Per-unit costs, marks/cu.m (s)																							
Rungon koko 0.1 m ³ - Stem size 0.1 cu.m (s)																								
300	33,05	33,05	38,35	34,95	41,10	42,25	33,30	33,35	42,65	39,25	41,35	42,50	33,60	33,65	47,95	44,55	41,65	42,75						
500	30,05	27,80	36,10	32,70	37,05	34,85	30,40	28,10	39,00	35,60	37,40	35,20	30,70	28,45	44,75	41,35	37,65	35,50						
750	28,40	24,20	35,15	31,75	34,35	30,45	28,70	24,55	38,05	34,65	34,75	30,80	29,10	24,90	43,65	40,25	35,05	31,15						
Rungon koko 0.3 m ³ - Stem size 0.3 cu.m (s)																								
300	15,95	15,60	16,35	14,95	19,35	18,35	16,35	16,00	19,05	17,35	19,75	18,75	16,65	16,30	22,70	21,00	20,05	19,05						
500	14,95	13,45	15,80	14,40	17,80	15,85	15,40	13,85	18,05	16,35	18,25	16,25	15,75	14,20	21,55	20,10	18,60	16,60						
750	14,50	12,40	15,40	14,00	16,85	14,10	14,95	12,80	17,65	15,95	17,25	14,55	15,30	13,15	21,20	19,50	17,65	14,85						
Rungon koko 0.5 m ³ - Stem size 0.5 cu.m (s)																								
300	12,15	11,85	11,60	10,65	14,10	13,25	12,60	12,25	13,15	12,20	14,55	13,65	12,95	12,60	15,90	14,95	14,90	14,00						
500	11,60	10,65	11,20	10,25	13,25	11,65	12,05	11,05	13,10	11,65	13,65	12,10	12,40	11,40	15,30	14,35	14,05	12,40						
750	11,40	10,10	10,95	10,00	12,90	10,65	11,85	10,50	12,35	11,40	13,30	11,10	12,20	10,85	15,05	14,10	13,70	11,40						
Rungon koko 0.7 m ³ - Stem size 0.7 cu.m (s)																								
300	10,45	10,30	9,65	9,10	12,10	11,10	10,90	10,70	10,65	10,10	12,50	11,55	11,25	11,05	12,80	12,25	12,90	11,85						
500	10,15	9,50	9,15	8,60	11,55	10,00	10,60	9,90	10,20	9,65	11,95	10,45	10,95	10,25	12,35	11,80	12,35	10,75						
750	9,95	9,15	9,00	8,45	11,30	9,20	10,40	9,55	10,05	9,50	11,70	9,65	10,75	9,90	12,15	11,60	12,10	9,95						

5.2 Korjuuketjujen yksikkökustannukset

Taulukossa 4 (s. 11) on esitetty tarkasteltujen korjuuketjujen välittömät yksikkökustannukset eri olosuhteissa. Taulukon yksikkökustannukset eivät sisällä mitään epäsuoria kustannuksia, kuten varasto-, siirto-, suunnittelu- ja valvontakustannuksia tai töiden järjestelyistä aiheutuvia kustannuksia, jotka yleensä ovat erilaisia eri ketjuilla. Kaadon osalta on käytetty moottorisahakaadon yksikkökustannuksia, jotka ovat keskinkertaisissa olosuhteissa koneellista kaatoa 2,00... 3,00 mk/m³ pienemmät.

Lisäksi nähdään kuvasta 7 eri korjuuketjujen välittömien yksikkökustannusten riippuvuus rungon koosta olosuhteissa, joissa leimikon tiheys on 500 runkoa/ha, juontomatka 200 m ja maastoluokka II.



Kuva 7. Eri korjuuketjujen välittömien yksikkökustannusten riippuvuus rungon koosta. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha. Juontomatka 200 m. Maastoluokka II

Todetaan, että prosessoriketjut ovat yleensä harvesteriketjuja edullisempia. Alle 200 m:n juontomatoilla, isohkojen runkojen käsittelyssä prosessoreihin perustuvat tavaralajimenetelmä- ja puumenetelmäketjut ovat suunnilleen yhtä edullisia, mutta tätä pitemmillä matkoilla tavaralajimenetelmäketjut tulevat puumenetelmäketjuja edullisemmiksi. Isojen koneiden ketjut ovat yleensä pienten koneiden ketjuja edullisempia. Leimikon tiheys vaikuttaa eniten suuriin koneisiin perustuvien tavaralajimenetelmäketjujen yksikkökustannuksiin. Hyvin harvapuustoisissa leimikoissa pienet koneet tulevat suuriksi edullisemmiksi. Maasto-olosuhteiden muuttuminen ei muuta eri korjuuketjujen keskinäistä edullisuutta. Kun juontomatka on 400 m, puumenetelmäketjut tulevat jo kaikkia tavaralajimenetelmäketjuja epäedullisemmiksi. Runkon koon kasvaessa harvesteriketjujen ja prosessoriketjujen välinen yksikkökustannusten markkamääräinen ero pienenee. Suurten koneiden ketjuissa rungon koon vaikutus yksikkökustannuksiin on merkittävämpi kuin pienten koneiden ketjuissa.

6 ERILLISKUSTANNUKSET

6.1 Varastokustannukset

Tavaralajimenetelmäketjut ja puumenetelmäketjut tarvitsevat erilaiset varasto-olosuhteet. Kun puutavara tuodaan varastolle tavaralajeina kuormatraktorilla, tarvitaan sopivaa varastotienvartaa noin 20 m/100 m³. Jos prosessorit työskentelevät varastolla ja samaa varastoaluetta ei käytetä useampaan kertaan, mikä edellyttäisi autokuljetusta korjuun kanssa samanaikaisesti, varastoalueeksi sopivaa tienvartaa tarvitaan noin 80 m/100 m³.

Usein leimikoilla ei ole riittävästi sopivaa varastotilaa ainakaan puumenetelmäketjuille, vaan sitä joudutaan raivaamaan. Tie, jonka varteen puutavara voidaan varastoida, maksaa keskinkertaisissa olosuhteissa 3 000 mk/km. Näillä tiekustannuksilla, edellyttäen että samaa varastotilaa käytetään vain kerran, tulee varastokustannuksiksi tavaralajimenetelmäketjuilla 0,60 mk/m³ ja puumenetelmäketjuilla 2,40 mk/m³. Puumenetelmäketjuissa samaa varastoaluetta voidaan tarvittaessa käyttää kaksi tai kolmekin kertaa, jolloin varastokustannukset pienenevät.

TAULUKKO 5

Korjuuketjujen siirtokustannukset

Leimikon koko, m ³	Proessoriketjut				Harvesteriketjut	
	Tavaralajimenetelmä		Puunenetelmä		Tavaralajimenetelmä	
	Ketju 1	Ketju 2	Ketju 3	Ketju 4	Ketju 5	Ketju 6
	Siirtokustannukset, mk/m ³					
100	4,70	6,00	6,15	7,45	5,30	6,90
300	1,60	2,00	2,05	2,45	1,80	2,30
500	0,95	1,20	1,25	1,50	1,05	1,40
1 000	0,45	0,60	0,60	0,75	0,55	0,70
2 000	0,20	0,30	0,30	0,40	0,25	0,30

6.2 Siirtokustannukset

Siirtokustannuksia laskettaessa on siirron aloittamiseen ja lopettamiseen kuluvana aikana pidetty monitoimikoneilla 3 h:a ja kuormatraktoreilla 2 h:a. Siirtomatkaa on oletettu 30 km. Siirron tuntikustannuksina on monitoimikoneilla pidetty 50 % käyttötuntikustannuksista ja kuormatraktoreilla 60 %:a. Koneiden siirtymisnopeudeksi on oletettu 15 km/h. Laskelmissa on edellytetty eri ketjuissa kutakin kone-tyyppiä olevan yksi kappale.

Taulukossa 5 on esitetty ketjuittain siirtokustannusten riippuvuus leimikon koosta. Pienimmät siirtokustannukset ovat ketjulla, jossa on pieni prosessori ja kuormatraktori, ja suurimmat ketjulla, jossa on kaato-juontokone ja iso prosessori. Ketjujen väliset erot vaihtelevat 30 km:n matkalla 100...2 000 m³:n leimikoissa 2,75 mk:sta 0,20 mk:aan/m³. Pienissä leimikoissa erot eri korjuuketjujen siirtokustannuksissa ovat selvät ja isoissa leimikoissa lähes merkityksettömät.

6.3 Suunnittelu- ja valvontakustannukset

Eri korjuuketjujen töiden suunnittelussa ja valvonnassa voidaan erottaa seuraavat toimenpiteet:

- leimikon valinta ja alustava tarkastus,
- leimikon suunnittelu ja ajourien merkintä,
- työn valvonta ja ohjaus,

- koneiden huollon, korjausten ja siirtojen järjestely,
- työvoiman huollon järjestely,
- työmittaus ja palkan laskenta ja
- satunnaiset leimikon suunnitteluun ja valvontaan liittyvät tehtävät.

Taulukosta 6 nähdään eri korjuuketjujen suunnittelu- ja valvontakustannukset. Laskelmat perustuvat Metsätehon keräämiin aineistoihin. Pika 50 -korjuuketjujen yhteydessä käytetystä suunnittelun ja valvonnan työpanoksesta. Laskelmissa on työnjohdon kokonaiskustannuksiksi suunnittelutyössä laskettu 30 mk/h. Tällöin on otettu huomioon, että työnjohto joutuu suorittamaan myös välillisesti suunnittelua palvelevia tehtäviä, ja myös nämä on laskettu varsinaisen suunnittelutyön kustannuksiksi. Auton kustannuksina on 0,37 mk/km. Pienen prosessorin ketjuista saadut tulokset on taulukossa yleistetty kaikkiin prosessoriketjuihin. Harvesteriketjujen suunnittelu- ja valvontakustan-

TAULUKKO 6 Suunnittelu- ja valvontakustannukset

Korjuuketju	Suunnittelu- ja valvontakustannukset, mk/m ³
Proessoriketjut	
Tavaralajimenetelmä	1,40
Puunenetelmä	1,80
Harvesteriketjut	1,00

nukset on laskettu edellyttäen, että leimikon suunnittelua ja ajourien merkintää sekä työn valvontaa ja ohjausta tarvitaan niissä 50 % vähemmän, mutta muita suunnitteluun ja valvontaan liittyviä töitä yhtä paljon kuin prosessoriketjuissa.

Prosessoreilla voivat varastoalueiden suunnittelu- ja rakennustyöt, kahden monitoimikoneen huollot, korjaukset ja ketjutus sekä korjuun kanssa samanaikaisesti tapahtuva kaukokuljetus aiheuttaa työnjohdolle puumenetelmäketjuissa enemmän töitä kuin tavaralajiketjuissa. Tavaralajiketjuissa kaato erillisenä työvaiheena vaatii tarkkaa suunnittelua ja huolellista työn ohjausta ja valvontaa. Lisäksi jokainen korjuuketjun erillinen työvaihe vaatii omat töiden järjestelyt ja ajoitukset.

Harvesteriketjuissa töiden suunnittelua ja valvontaa vähentää prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjuihin verrattuna se, että niissä kaato ei ole erillinen työvaihe.

7 KOKONAISKUSTANNUSTEN TARKASTELUA

Kun eri korjuuketjujen yksikkökustannuksissa otetaan huomioon myös niiden aiheuttamat välilliset kustannukset, tämän tutkimuksen perusteella voidaan tehdä seuraavia johtopäätöksiä.

Yleensä prosessoriketjut tulevat harvesteriketjuja 2,00...3,00 mk/m³ edullisemmiksi. Tiheissä ja järeäpuustoissa leimikoissa harvesteriketjut tulevat lähhes yhtä edullisiksi kuin prosessoriketjut. Isoihin monitoimikoneisiin perustuvat korjuuketjut ovat yleensä pieniin koneisiin perustuvia ketjuja 1,00...2,00 mk/m³ edullisempia, mutta hyvin pieni- ja harvapuustoissa leimikoissa pienten koneiden ketjut tulevat vastaavan tyyppisten suurten koneiden ketjuja edullisemmiksi. Prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjut tulevat yleensä puumenetelmäketjuja edullisemmiksi.

Jos toimitaan alueella, missä leimikot ovat pieniä, töiden suunnittelu- ja valvontakustannukset lisääntyvät. Myös etenkin suurten koneiden täysi työllistäminen vaikeutuu ja koneiden vajaakäyttö aiheuttaa nopeasti yksikkökustannusten nousua. Tällaisissa korjuuolosuhteissa harvesteriketjujen ja pienen prosessorin

ketjujen edullisuus muihin korjuuketjuihin verrattuna paranee.

8 EPÄVARMUUSTEKIJÖITÄ

Prosessoreiden tavaralajimenetelmäketjujen taloudellisuus ja käyttökelpoisuus muihin koneellisiin ketjuihin verrattuna etenkin huonoissa leimikko-olosuhteissa perustuu suurelta osalta siihen, että niissä puut kaadetaan moottorisahalla. Moottorisahakaato on kuitenkin vaikeissa lumi- ja tuuliolosuhteissa varsin hankalaa. Sen suunnittelu ja valvonta vaativat melkoisesti työtä. Tästä johtuu, että moottorisahakaaton kustannukset saattavat tulevaisuudessa nousta korjuuketjujen muiden työvaiheiden kustannuksia selvästi nopeammin. Moottorisahakaaton vaikeudet ja työvoiman niukkuus voivat vaikuttaa sen, että prosessoriketjuissa joudutaan siirtymään koneelliseen kaatoon. Tällöin prosessoriketjujen edullisuus harvesteriketjuihin verrattuna heikkenee.

Tulevaisuudessa saattavat hakkuutähteet saada nykyistä suuremman merkityksen. Tällöin puumenetelmäketjujen kannattavuus tavaralajimenetelmäketjuihin verrattuna paranee.

Harvestereista on tällä hetkellä huomattavasti vähemmän kokemusta kuin prosessoreista, joten tiedot niiden tuotoksista eivät ole yhtä luotettavia kuin tiedot prosessoreiden tuotoksista. Harvestereilla työskenneltäessä on aina päästävä jokaisen puun tyvelle, kun taas prosessoreilla voidaan kaadettuun puuhun tarttua melkein mistä kohdasta tahansa. Tästä syystä leimikossa saattavat jotkut huonot maastokohtat viedä etenkin harvestereilta kohtuuttomasti aikaa ja niiden kokonaistuotos jää tässä tutkimuksessa laskettua alhaisemmaksi. Prosessoriketjuissa kaadon hyvällä suunnittelulla ja kaatamalla puut oikein voidaan huonojen maastokohtien haitta usein välttää.

9 KEHITYSNÄKYMÄ

Tällä hetkellä monitoimikoneet ovat yleisesti melko uusia. Niiden käyttöaste on alhainen, ja ne maksavat paljon. Prosessorit ovat harvestereita useita vuosia vanhempia ja samalla vakiintuneem-

pia koneita. Harvestereita on käyttökokemuksen ja yleisen teknistaloudellisen kehityksen myötä mahdollisuus kehittää prosessoreita enemmän. Koneiden kehittäminen on kuitenkin hidasta, joten nopeiden muutosten aikaansaaminen erityyppisten koneiden kannattavuuteen ei ole todennäköistä.

Harvesteriketjuissa ja prosessoreiden puu-
menetelmaketjuissa ihmistyökustannusten osuus on keskimäärin 24 % ja prosessoreiden tavaralajimenetelmaketjuissa, kun käytetään moottorisahakaatoa, keskimäärin 30%. Jos ihmistyökustannukset nousevat kuten tähän asti konetyökustannuksia nopeammin, harvesteriketjujen ja prosessoreiden puu-
menetelmaketjujen edullisuus paranee tulevaisuudessa jonkin verran prosessoreiden tavaralajimenetelmaketjuihin verrattuna.

Mitään ratkaisevia eroja ei ketjujen väliseen kannattavuuteen tässä suhteessa kuitenkaan tule.

Näyttää siltä, että lähivuosina koneellistamisessa kannattaa pyrkiä pääasiassa prosessoreiden tavaralajimenetelmaketjuihin, suuriin koneisiin perustuviin ketjuihin sellaisilla alueilla, missä suuret prosessorit voidaan työllistää vähintään keskinkertaisissa korjuuolosuhteissa, ja pienten prosessoreiden ketjuihin muualla. Harvesteriketjujen käyttö ei laajassa mittassa näytä vielä taloudelliselta, mutta niiden käyttö kehittämismielessä jo tässä vaiheessa vaikuttaa perustellulta. Harvesteriketjut soveltuvat parhaiten alueille, joissa leimikot ovat pieniä, mutta kookaspuustoisia ja maastot melko hyviä.

KIRJALLISUUTTA

References

JUKKOLA, SEPPO - KOSKINEN, ANTERO 1973. Pika 50 -korjuuketjut. Summary: Pika 50 Harvesting Systems. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 320. Helsinki.

JUKKOLA, SEPPO - SAVOLAINEN, RAIMO 1973. Puutavaran autoonkuormaaminen ja puutavara-autojen ajonopeus. Summary: Loading Timber onto Trucks and the Driving Speed of Timber Trucks. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 323. Helsinki.

KAHALA, MIKKO 1970. Ajankäyttö runkojen kaadossa (Time Expenditure on Tree-Length Felling). Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 13/1970. Helsinki.

- 1972. Puutavaran metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest Haulage of Timber by Forwarder. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 310. Helsinki.

KOSKINEN, ANTERO 1973. Valmet 880 KK -kaato-juontokone. Summary: Valmet 880 KK Felling Skidding Machine. Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 20/1973. Helsinki.

KOSKINEN, ANTERO - SALMINEN, JAAKKO 1972. Pika 75 -harvesteri (Pika 75 Harvester). Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 4/1972. Helsinki.

Metsäalan työehtosopimukseen liittyvät työvaihteelliset hakkuupalkat. Palkkausalue 4. 28.5.1973 - 30.4.1974. 1973. Helsinki.

Metsätraktoreilla tapahtuvan puutavaran kuljetuksen ohjemaksut Etelä-Suomessa (palkkausalueet 3-4). 1.2.1973 - 31.1.1974. 1973. Puu-

tavarankuljetustenantajien neuvottelukunnan ja Metsäkoneurakoitsijain Liitto r.y. Helsinki.

PELTONEN, JAAKKO 1973. Monitoimikoneiden tuotoslaskentajärjestelmä. Metsätehon moniste 1973-12-28. Helsinki.

PETTERSSON, BÖRJE - SONDELL, JAN - STENSTRÖM, FOLKE 1971. Organisations- och metodfrågor vid avverkning med kvistare-kapare. Summary: Organisations and Methods Analyses of Limber-Bucker Operation. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Logging Research Foundation, Redogörelse nr - Report No. 5. Stockholm.

PETTERSSON, BÖRJE - STENER, BERTIL - STENSTRÖM, FOLKE 1970. Kockum Processor 78 ATK. Analys av en mobil kvistare-kapare. Summary: The Kockum Tree Processor 78 ATK. Analysis of a Mobile Limber-Bucker. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Logging Research Foundation, Redogörelse nr - Report No. 15. Stockholm.

SONDELL, JAN 1971 a. Bofors fällare-läggare. Prestationsanalys. Summary: The Bofors Feller-Buncher. Productivity Analysis. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Logging Research Foundation, Redogörelse nr - Report No. 6. Stockholm.

- 1971 b. Drott fällare-läggare. Prestationsanalys. Summary: The Drott Feller-Buncher. Productivity Analysis. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten - Logging Research Foundation, Redogörelse nr - Report No. 8. Stockholm.

PROCESSOR AND HARVESTER SYSTEMS

By Seppo Jukkola and Antero Koskinen

Summary

Based mainly on investigations and machine experiments to date, the outputs of the work phases of harvesting systems using harvester and processor type are presented. The per-unit costs of the systems and factors affecting them are also given. Conclusions are drawn from these data on the economicalness of different harvesting systems in varying harvesting conditions.

Harvesting systems based on small and large processors and harvesters were studied (Fig. 1, p. 6).

Small machines handle only one tree at a time, feeding it into the delimbing-bucking devices by the impulse principle. Large machines are more robust and are capable of handling two trees at a time, taking one while the other one is being delimbed, and the in-feeding process is continuous.

The outputs of processors and harvesters were calculated by an output calculation system applied to automatic data processing and developed for these machines. The system made it possible to simulate the machine outputs in different conditions on the basis of time studies made on different machines or machine components.

Outputs of work phases of harvesting systems

The outputs of the work phases of different harvesting systems are given in Figs. 2-6, p. 7-9, and Table 1, p. 9.

Depending on the stem size, the output of the large processor is 1.5...1.6-fold and that of the large harvester is 1.5...1.8-fold the output of the corresponding small machines.

Planning and supervision costs are lowest in the harvester system and highest in the tree-length processor systems.

Processor systems are generally 2...3 times (solid) lower in cost than harvester systems. Processor systems are nearly the same in terms of large-sized trees. Harvester systems based on large harvesters and processors are generally 1...2 times (solid) lower in cost than systems. The processor outputs are about 20 per cent greater than those of the harvesters of the same size. Processor outputs at a landing are 20...30 per cent greater than in the cutting area.

The output of forwarding is slightly better after large than after small machines.

The output of loading-onto a truck is about 20 per cent smaller after processors operating at a landing than after forwarders.

Per-unit costs of harvesting systems

Processor systems are generally more economic than harvester systems (Table 4, p. 11).

Short-wood and tree-length systems based on the use of processors are roughly equally economic in the handling of large stems over short skidding distances (under 200 m).

Systems based on large machines are more economic than those based on small machines.

Component costs of harvesting systems

The landing costs of tree-length systems are 4 times those of short-wood systems.

The costs of moving from a working site to an other are highest in large-machine systems. The differences between the systems are considerable in small stands, but almost insignificant in large stands.

Planning and supervision costs are lowest in the harvester system and highest in the tree-length processor systems.

Total costs

Processor systems are generally 2...3 marks/cu.m (solid) lower in cost than harvester systems. Harvester and processor systems are nearly the same in dense stands with large-sized trees. Harvesting systems based on large harvesters and processors are generally 1...2 marks/cu.m (solid) lower in cost than systems based on small machines, but in very small and thin stands small-machine systems are more economic than systems with large machines of corresponding type. The short-wood systems of processors are more economic than the tree-length systems.

If labour costs rise as they have hitherto faster than machine work costs, the economicalness of the harvester systems and the tree-length systems of processors will improve somewhat in the future compared with the short-wood systems of processors, but the cost differences between the different systems in this respect will not be decisive.

It seems that mechanisation in the next few years should be concentrated on short-wood systems of processors: in districts where the use of large processors is feasible in at least middling harvesting conditions, on systems based on large machines; and elsewhere on small-processor systems. The use of harvester systems on a large scale does not seem economically feasible yet. They are best used in districts where the stands are small but have large trees and the terrain is fairly good.

