METSÄTEHON
TIEDOTUS
METSÄTEHO REPORT

345

Työvaikeustekijöiden vaikutus palstalla toimivien monitoimikoneiden tuotokseen

EFFECT OF WORK DIFFICULTY FACTORS ON THE OUTPUT OF MULTIPURPOSE MACHINES OPERATING IN THE CUTTING AREA

ANTTI MYLLYNIEMI

HELSINKI 1977

Metsätehon tiedotus — *Metsäteho Report* 345

M E T S Ä T E H O

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

TYÖVAIKEUSTEKIJÖIDEN VAIKUTUS PALSTALLA TOIMIVIEN MONITOIMIKONEIDEN TUOTOKSEEN

Effect of Work Difficulty Factors on the Output of Multipurpose Machines Operating in the Cutting Area

Antti Myllyniemi

METSÄTEHO, Opastinsilta 8 B, 00520 HELSINKI 52

Kauppakirjapaino Oy, Helsinki 1977

ISBN 951-673-035-3

SISÄLLYS
Contents

	Sivu *Page*
TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 TUTKIMUSMENETELMÄ	5
2.1 Tutkimuskohteet, suoritustapa ja aineiston keruu	5
2.2 Aineiston käsittely	6
3 TUTKIMUSAINEISTO	6
3.1 Konetyypit	6
3.2 Aineiston määrä ja laatu	6
4 TUTKIMUSTULOKSET	8
4.1 Yleistä	8
4.2 Konemerkkikohtaiset tulokset	8
4.2.1 Kockums KS 875-78 ATK -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos	8
4.2.2 Lokomo — Ösa 705 -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos	9
4.2.3 Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos	11
4.2.4 Valmet-prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos	13
4.3 Keskeytykset	14
4.4 Työjälki	14
4.5 Käyttötuntituotos	14
5 TULOSTEN TARKASTELU	16
KIRJALLISUUTTA — *References*	17
Summary in English	18

TIIVISTELMÄ

Tutkimus selvittää lähinnä maksuperusteita varten olosuhteiden vaikutusta palstalla työskentelevien prosessoreiden tuotokseen.

Tutkimusaineisto käsittää neljä konemallia, yhteensä 15 eri konetta, ja 25 käsiteltyä palstaa ja se kerättiin vuoden 1976 aikana.

Tehoajan osuus oli keskimäärin 91 % käyttöajasta ja alle 15 min:n keskeytysten osuus 9 % käyttöajasta.

Kockums KS 875-78 ATK ja Lokomo – Ösa 705 -prosessorin käyttötuntituotokset ovat olleet yhtä suuret (noin 30 m³), kun leimikon tiheys on 500 runkoa/ha ja rungon koko 0.35 m³. Tätä pienempiä puita käsiteltäessä Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tuotos on ollut hieman suurempi ja isompia puita käsiteltäessä taas pienempi kuin Kockums-prosessorin tuotos. Käsiteltäessä 0.35 m³:n puita Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin tuotos oli 24 % ja Valmet-prosessorin tuotos 40 % pienempi kuin isojen prosessoreiden tuotos.

Kaikkia prosessoreita koskevia yleisiä työvaikeustekijöitä ovat rungon koko, leimikon tiheys, maasto ja puulaji.

Käsiteltyjen puiden lukumäärä käyttötunnissa ei paljonkaan pienene rungon koon kasvaessa. Tästä syystä rungon koko vaikuttaa tuotokseen erittäin paljon. Kun rungon koko kasvaa, isojen prosessoreiden käyttötuntituotos nousee eniten. Valmet-prosessorin tuotos nousee suhteellisesti enemmän kuin Tvigg-prosessorin. Leimikon tiheyden kasvaessa sykeperiaatteen mukaan toimivan Valmet-prosessorin suhteellinen tuotos nousee selvästi vähemmän kuin jatkuvatoimisten prosessoreiden.

Maasto vaikuttaa prosessoreiden siirtymisnopeuteen. Esimerkiksi Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tuotos 0.20...0.40 m³:n puita käsiteltäessä (leimikon tiheys 500 runkoa/ha) on ollut maastoluokassa 2 5.3...4.8 % pienempi kuin maastoluokassa 1.

Selvin puulajeittainen tuotosero syntyy havu- ja lehtipuun välille. Rungonmuodoltaan mutkaiset ja järeäoksaiset lehtipuut alentavat tuotosta. Kaikkien koneiden lehtipuunkäsittelyaika kasvaa jyrkästi, kun rungon koko on suurempi kuin 0.15 m³.

Työmenetelmistä on saatu vertailuaineistoa vain yhdestä konemerkistä, Tvigg-prosessorista. Tuotos on ollut 3...4-metrisen teossa 0.20...0.40 m³:n puita käsiteltäessä 6.6...7.2 % pienempi kuin noin 5-metrisen teossa.

Tutkimuksen keskimääräisiin tuotoksiin ja helmikuun 1977 kustannustason tuntikustannuksiin perustuen Kockums-prosessorin yksikkökustannukset ovat alhaisimmat. Hieman korkeamman hankintahinnan vuoksi Lokomo – Ösa -prosessorin yksikkökustannukset nousevat Kockums-prosessorin yksikkökustannuksia suuremmiksi. Tvigg-prosessorin suuremmasta tuotoksesta huolimatta sen yksikkökustannukset ovat suuremmat kuin Valmet-prosessorin. Tämän aiheuttaa koneiden hankintahintojen suuri ero.

Isojen prosessoreiden taloudellisuutta parantaa vielä niiden suorittaman kasauksen parempi työjälki, mikä alentaa kuormajuonnon kustannuksia.

1 JOHDANTO

Metsäteollisuuden ja metsähallituksen suorittamista hakkuista tehtiin vuonna 1976 noin 6 % monitoimikoneilla. Nykyisin monitoimikoneiden käyttö keskittyy ensisijaisesti järeäpuustoisille uudistushakkuuleimikoille. Leimikoiden olosuhdetekijät vaikuttavat huomattavasti monitoimikoneiden tuotokseen ja käytön taloudellisuuteen. Tämä tutkimus selvittää lähinnä maksuperusteita varten olosuhteiden vaikutusta monitoimikoneiden tuotokseen.

Tutkimus rajattiin koskemaan vain palstalla työskenteleviä prosessoreita. Koneet käyttivät puulta puulle -menetelmää, jolloin puu oli kaadettu ihmistyönä moottorisahalla. Tästä menetelmästä poiketen yksi iso prosessori käsitteli puita kaato-kasauskoneen jäljiltä palstalla. Tutkimussuunnitelman ovat laatineet metsänhoitajat Mikko Kahala ja Martti Tynkkynen. Tynkkynen on osallistunut aineiston keruun alkuvaiheisiin ja Kahala asiantuntijana tutkimuksen suorittamiseen. Tutkimuksen seuraamista varten asetettiin Metsäkoneurakoitsijain Liitto r.y:n ja Puutavarankuljetustenantajien neuvottelukunnan edustajien muodostama tukiryhmä, johon kuuluivat metsänhoitaja Markku Hovi, metsänhoitaja Juhani Järvinen, metsänhoitaja Jorma Riikonen, urakoitsija Tauno Tolppa ja metsänhoitaja Hannu Vainio. Tämän tukiryhmän asiantuntemusta on käytetty tutkimuksen eri vaiheissa.

2 TUTKIMUSMENETELMÄ

2.1 Tutkimuskohteet, suoritustapa ja aineiston keruu

Tutkimustyömaiden valinnan suorittivat Metsätehon edustajat. Tutkimusaineisto kerättiin vuonna 1976 Enso-Gutzeit Osakeyhtiön, Kajaani Oy:n, Kemi Oy:n, Pohjan Saha Oy:n, Puulaaki Oy:n, Oy W. Rosenlew Ab:n, Tehdaspuu Oy:n, Veitsiluoto Osakeyhtiön ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy:n osoittamissa kohteissa.

Tutkimuskohteet pyrittiin sijoittamaan lumettomana aikana tavanomaisiin avohakkuuleimikoihin. Tärkeänä kriteerinä tutkimuskohteiden valinnassa pidettiin kuljettajan ammattitaitoa. Useimmat kuljettajat olivat käyttäneet monitoimikonetta vähintään vuoden ajan. Eräiden koneiden kuljettajien työkokemus on ollut alle vuoden mittainen. Tutkimustyömaat valittiin seuraavin perustein.

- Tutkittavaan monitoimikoneeseen ei ollut asennettu erityisiä apulaitteita eikä siitä ollut poistettu mitään olennaista, mikä olisi vaikuttanut koneen tuotokseen verrattuna tyyppikoneen tuotokseen.
- Tutkimustyömaiden tuli edustaa rungonkokojakaumaltaan alueelle tyypillistä avohakkuuleimikkoa.
- Pyrittiin tutkimaan leimikoita, joissa olisi ollut eri puulajeja riittävästi puulajeittaisen tuotoseron selvittämiseksi. Tämä tavoite pystyttiin toteuttamaan vain osin, koska monitoimikoneilla käsiteltävät leimikot ovat pääasiassa kuusivaltaisia.
- Tutkimusaineistoa kerättiin maan eri alueilta. Tätä pyrkimystä rajoitti useimpien konemerkkien alueittainen jakautuminen.
- Maasto-olosuhteiden ja leimikon tiheyden vaikutusta kunkin koneen tuotokseen pyrittiin selvittämään.
- Kullekin konemerkille haluttiin saada mahdollisimman monia erilaisia työmenetelmiä, puulajeja ja puutavaralajeja sekä eripituisen kuitupuun tekoa.

Tutkimusaineiston lyhyt keruuaika ja metsäteollisuustuotteiden menekkivaikeuksien vuoksi supistuneet hakkuut rajoittivat huomattavasti tutkimusleimikoiden valintamahdollisuuksia.

Tutkimus suoritettiin aikatutkimuksena siten, että työpisteessä mitattiin jokaisen

puun käsittelyyn kuluva aika. Samoin mitattiin työpisteestä toiseen siirtymiseen kuluva aika. Kahta puuta samanaikaisesti käsittelevien koneiden käyttämä aika mitattiin työvaiheittain. Työntutkija seurasi tällöin kussakin työpisteessä ottolaitteistoa ainoastaan työpisteen ensimmäisen puun osalta ja karsinta-katkontalaitteiston ajankäyttö rekisteröitiin jokaisesta puusta. Tutkittavien työmaiden puusto oli mitattu pystyyn ja kuutiomäärän toteamiseksi määritettiin rinnankorkeusläpimitta puukohtaisesti. Rinnankorkeusläpimitan mittausta ja merkitsemistä on useimmissa leimikoissa avustanut mittamies.

2.2 Aineiston käsittely

Aineisto käsiteltiin Metsätehon monitoimikoneiden tuotoslaskentasysteemillä, jota luonnont. kand. Jaakko Peltonen on muokannut tähän tutkimukseen sopivaksi. Ohjelmalla laskettiin aikatutkimusaineistosta työpiste- ja runkokohtaiset ajat sekä työvaiheiden kestot puulajin ja rinnankorkeusläpimitan funktiona. Muita tulostuksesta saatavia tietoja olivat siirtymäajat matkan funktiona, runkojen jakautuminen eri läpimittaluokkiin, keskikuutiot puulajeittain sekä kaikkien työvaiheiden puuta kohti lasketut keskiarvot ja hajonnat. Näiden tulostustietojen perusteella on määritetty koneittain ja konemerkeittäin graafista tasoitusta käyttäen puukohtaisten työvaiheiden ajanmenekkikäyrät puun rinnankorkeusläpimitan funktiona. Puukohtainen kokonaisajanmenekki rinnankorkeusläpimittaluokittain on laskettu käsin.

Manuaalisessa laskennassa on käytetty kahta eri etenemistapaa. Koneilla, jotka pystyvät lomittamaan eri työvaiheita eli jotka voivat käsitellä kahta tai useampaa puuta samanaikaisesti, laskennan perustana on työpistekohtainen aika.

Työpistekohtainen kokonaistyöskentelyaika on laskettu oheisen kaavan avulla (ks. oik. ylös).

Runkokohtainen tehoaika saadaan jakamalla työpistekohtainen kokonaistyöskentelyaika työpisteessä olevien puiden lukumäärällä n.

Yhtä puuta kerrallaan käsittelevien koneiden puukohtainen ajankäyttö saadaan suoraan läpimittaluokittain eri osa-aikojen summana, joita ovat:

puun ottamisaika
puun karsinta- ja katkonta-aika

$$T = T_1 + (n - 1) \times (T_2 + T_3) + T_4 + T_5 + T_6 + T_7, \text{ jossa}$$

T = työpistekohtainen kokonaistyöskentelyaika

T_1 = ensimmäisen puun ottamisaika

T_2 = muiden kuin työpisteen viimeisen puun karsinnan ja katkonnan kestoaika (samanaikaisesti otetaan seuraavaa puuta)

T_3 = karsinta-katkontalaitteen seuraavan puun odotusaika

T_4 = viimeisen puun karsinnan ja katkonnan kestoaika

T_5 = siirtymisaika työpisteestä toiseen

T_6 = taskun tyhjennysaika, jos tyhjennys on tapahtunut erillisenä työvaiheena

T_7 = erillisinä aikoina esiintyneet häiriöt

keskimääräinen siirtymisaika/puu
keskimääräinen taskuntyhjennysaika/puu
keskimääräinen häiriöaika/puu

3 TUTKIMUSAINEISTO

3.1 Konetyypit

Tutkimus rajoitettiin koskemaan neljää Suomessa tällä hetkellä käytössä olevaa, palstalla toimivaa prosessoria. Nämä ovat Kockums KS 875-78 ATK, Lokomo – Ösa 705, Volvo BM 985 Tvigg ja Valmet-prosessori. Ne edustavat noin 54 %:a vuoden 1977 alussa meillä toimineista prosessorimerkeistä ja -malleista. Suurimman osan tutkimuksen ulkopuolelle jäävien koneiden lukumäärästä muodostavat Pika-prosessorit, 31 %, joista kuitenkin muutamia on poistettu käytöstä.

Monitoimikoneiden kuljettajien ajokokemus oli keskimäärin hyvä. Useimmat heistä olivat käyttäneet monitoimikonetta 1...3 vuotta. Kolmen kuljettajan ajokokemus monitoimikoneella oli alle vuoden, mutta he olivat sitä ennen ajaneet kuormatraktoria useita vuosia.

3.2 Aineiston määrä ja laatu

Kutakin koneyksikköä seurattiin palstoittain mahdollisuuksien mukaan erilaisissa olosuhteissa. Aineiston määrä vaihteli 100:sta 300 työpisteeseen konetta kohti. Tutkimusaineiston määrä ja tutkimusolosuhteet esitetään taulukossa 1. Tutkittuja koneyksiköitä oli yhteensä 15 kpl ja tutkimuspalstoja 25 kpl.

Maastoluokituksessa on käytetty metsätraktoreiden ohjemaksujen mukaista luokitusta. Maasto- ja runkotiheysluokat on saatu PMP-lomakkeista. Lisäksi Metsätehon tutkija on tarkistanut maaston ja sen luokituksen vastaavuuden.

TAULUKKO 1
Table

Tutkimusaineisto ja tutkimusolosuhteet
Investigation material and conditions

Merkki ja tyyppi *Make and type*	Koneen numero *No. of the machine*	Palstan numero *No. of the cutting area*	Lumen paksuus, cm *Snow depth, cm*	Maastoluokka *Terrain class*	Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density stems/ha*	Mänty *Pine* kpl *units*	Mänty *Pine* m^3/runko $m^3(s)$/*stem*	Kuusi *Spruce* kpl *units*	Kuusi *Spruce* m^3/runko $m^3(s)$/*stem*	Lehtipuu *Hardwoods* kpl *units*	Lehtipuu *Hardwoods* m^3/runko $m^3(s)$/*stem*	Yhteensä, kpl *Total, units*	Keskimäärin, m^3/runko *Average*, $m^3(s)$/*stem*	Yhteensä, m^3 *Total*, $m^3(s)$
Kockums KS 875-78 ATK	1	1	–	1	874	18	0.621	252	0.215	6	0.091	276	0.239	66
		2	–	1	874	34	0.737	673	0.191	24	0.062	731	0.212	155
	2	1	–	1–2	300	28	0.566	509	0.302	4	0.031	541	0.314	170
		2	–	1–2	300	25	0.590	240	0.282	10	0.089	275	0.303	83
	3	1	–	1–2	1 207	7	0.466	1 219	0.265	177	0.236	1 403	0.262	368
Yhteensä ja keskimäärin *Total and average*	3	5	–	–	–	112	0.626	2 893	0.251	221	0.203	3 226	0.261	842
Lokomo – Ösa 705	1	1	–	2	418	27	0.501	1 011	0.408	27	0.104	1 065	0.403	429
	2	1	15	2	660	13	0.461	88	0.527	–	–	101	0.519	52
		2	15	1	649	29	0.723	270	0.450	–	–	299	0.476	142
		3	15	1	692	149	0.671	358	0.414	–	–	507	0.490	248
	3	1	–	2	705	16	0.533	208	0.399	–	–	224	0.409	92
		2	–	2	582	13	0.471	375	0.223	1	0.112	389	0.231	90
	4	1	–	2	422	170	0.335	251	0.330	–	–	421	0.332	140
	5	1	–	1	870	70	0.276	246	0.175	127	0.172	443	0.190	84
Yhteensä ja keskimäärin *Total and average*	5	8	–	–	–	487	0.475	2 807	0.364	155	0.160	3 449	0.370	1 277
Volvo BM 985 Tvigg	1	1	80	1	1 450	31	0.146	95	0.061	53	0.046	179	0.071	13
		2	100	1	1 500	16	0.127	138	0.069	52	0.080	206	0.076	16
		3	100	1	1 500	13	0.066	50	0.056	16	0.060	79	0.058	5
		4	80	1	1 071	49	0.075	203	0.067	53	0.059	305	0.067	20
		5	80	1	1 450	44	0.143	254	0.054	98	0.039	396	0.060	24
	2	1	5–10	1	507	79	0.196	358	0.196	97	0.102	534	0.179	96
	3	1	–	1	1 307	102	0.465	728	0.125	137	0.178	967	0.168	163
	4	1	10–15	1	936	–	–	345	0.126	20	0.047	365	0.122	44
		2	10–15	1	982	–	–	374	0.101	119	0.059	493	0.091	45
Yhteensä ja keskimäärin *Total and average*	4	9	–	–	–	334	0.240	2 545	0.113	645	0.088	3 524	0.120	426
Valmet-prosessori *Valmet processor*	1	1	–	1	499	124	0.537	141	0.429	10	0.290	275	0.473	130
	2	1	–	1	622	203	0.607	213	0.420	11	0.319	427	0.506	216
	3	1	–	1	472	168	0.380	359	0.399	8	0.159	535	0.389	208
Yhteensä ja keskimäärin *Total and average*	3	3	–	–	–	495	0.512	713	0.411	29	0.265	1 237	0.448	554
YHTEENSÄ JA KESKIMÄÄRIN *TOTAL AND AVERAGE*	15	25	–	–	–	1 428	0.445	8 958	0.260	1 050	0.128	11 436	0.271	3 099

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Yleistä

Tutkitut prosessorityypit eroavat ominaisuuksiensa ja toimintojensa vuoksi toisistaan. Sen vuoksi toimintoihin kuluneiden aikojen vertailu eri konemerkkien kesken on vaikeaa. Kaikki Lokomo — Ösa 705 ja Kockums -prosessorit sekä yksi Tvigg-prosessori ovat voineet lomittaa eri työvaiheita keskenään käsittelemällä kahta tai useampaa puuta yhtäaikaisesti. Kolme Tvigg-prosessoria ja kaikki Valmet-prosessorit ovat pystyneet käsittelemään ainoastaan yhtä puuta kerrallaan. Toimintojen erilaisuuden vuoksi esitetään tässä ensin prosessoreiden merkkikohtaiset tulokset ja sen jälkeen vertaillaan tuotoksia ja työvaikeustekijöitä keskenään.

4.2 Konemerkkikohtaiset tulokset

4.2.1 Kockums KS 875-78 ATK -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos

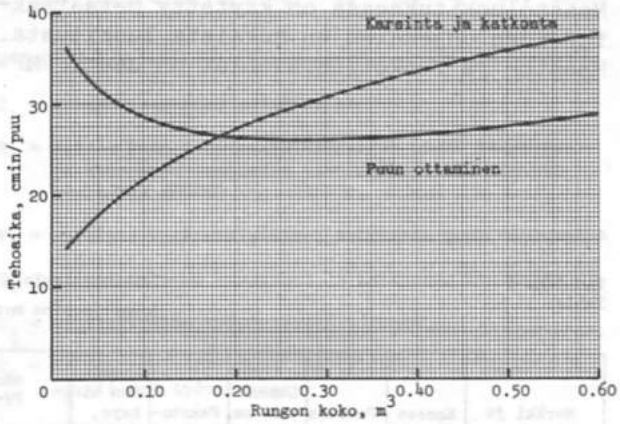
Liukupuomilla varustettua Kockums-prosessoria rakennetaan tällä hetkellä vain KS 875-78 -alustalle. Monitoimiosa on sama kuin KS 837-78 ATK -mallissa, jonka tekniset tiedot selviävät Metsätehon katsauksesta 21/1974. Kaikki kolme konetta ovat olleet varustetut isommalla alustalla, jolloin koneen kokonaispaino on 25 000 kg.

Tehoajan osuus käyttöajasta oli keskimäärin 90.7 %. Käyttöaika sisältää myös alle 15 min:n keskeytykset. Niiden jakautuminen koneittain esitetään kappaleessa 4.3 Keskeytykset (s. 14).

Kuvassa 1 on esitetty kuusivaltaisessa leimikossa puun ottamiseen sekä karsintaan ja katkontaan kuluvan ajan riippuvuus rungon koosta. Keskisuurten puiden ottoaika on pienin. Karsinta-katkonta-aika kasvaa tasaisesti rungon koon mukaan. Funktioiden leikkaus osoittaa, että jos kaikki rungot olisivat pienempiä kuin 0.20 m^3, karsintalinja joutuisi odottamaan ottolaitetta jokaisen puun kohdalla. Runkojen vaihtelevan koon vuoksi tulee karsintalinjalle kuitenkin odotusaikoja jokaisessa rungonkokoluokassa 14.8...22.6 cmin.

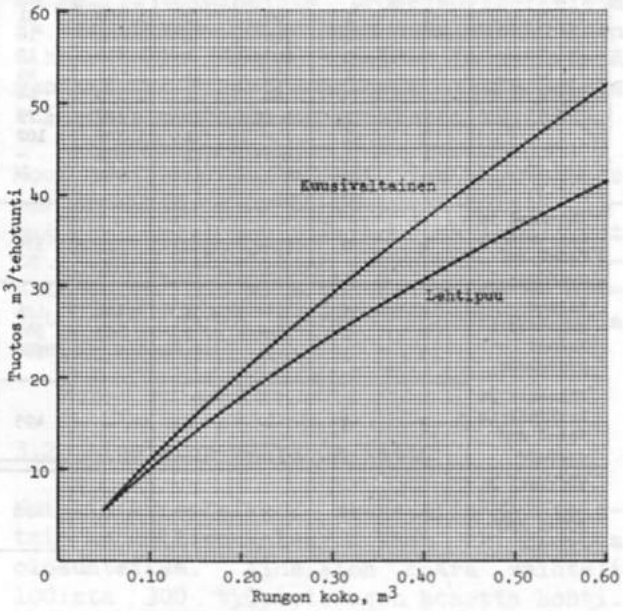
Kuormatraktoreiden ohjemaksujen mukaisessa maastoluokassa 1 keskimääräinen siirtymisnopeus oli 17.9 m/min.

Tehtäessä noin 3 m kuitupuuta ja sahatukkia kuusivaltaisessa leimikossa (tiheys



Kuva 1. Kockums KS 875-78 ATK -prosessorin puunkäsittelyaikojen riippuvuus rungon koosta

500 runkoa/ha) Kockums-prosessorin tehotuntituotos vaihtelee tämän tutkimuksen mukaan 0.20...0.40 m^3:n rungoilla noin 20 m^3:stä 37 m^3:iin (taulukko 2). Kuvassa 2 on esitetty puulajin vaikutus tuotokseen. Tuotokseen vaikuttavia tekijöitä ovat rungon koon lisäksi leimikon tiheys, maasto ja puulaji. Leimikon tiheys vaikuttaa suuresti Kockums-prosessorin tuotokseen. Kun käsitellään 0.30 m^3:n puita ja siirrytään leimikon tiheydestä 300 runkoa/ha tiheyteen 750 runkoa/ha, tuotos nousee 20.2 %. Tiheissä leimikoissa puukohtaiset siirtymis-



Kuva 2. Rungon koon vaikutus Kockums KS 875-78 ATK -prosessorin tuotokseen eri puulajeilla. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1, noin 3 m kuitupuu ja sahatukki

TAULUKKO 2 Kockums KS 875-78 ATK -prosessorin tehotuntituotos rungon koon ja leimikon tiheyden mukaan

Table *The per-productive hour output of the Kockums KS 875-78 ATK processor according to stem size and stand density*

Maastoluokka: 1 *Terrain class: 1*
Työmenetelmä: noin 3 m kuitupuu ja sahatukki *Work method: about 3-m pulpwood and sawlogs*
Lajittelu: kuitupuu ja sahatukki erilleen *Sorting: pulpwood from sawlogs*

Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density, stems/ha*	Rungon koko, m^3 – *Stem size, m^3(s)*											
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	m^3/tehotunti – *m^3(s)/productive hour*											
100	3.0	5.9	8.6	11.3	13.9	16.4	18.8	21.0	23.6	25.9	28.2	30.4
300	4.8	9.5	13.8	18.0	21.9	25.8	29.6	33.2	36.6	40.0	43.4	46.6
500	5.6	10.8	15.7	20.4	24.7	29.0	33.0	37.0	40.9	44.6	48.3	51.8
750	6.0	11.5	16.7	21.8	26.6	31.0	35.4	39.6	43.6	47.6	51.3	55.0
1 000	6.4	12.2	17.5	22.6	27.5	32.0	36.4	40.7	44.8	48.9	52.8	56.6

matkat lyhenevät ja samalla puiden lukumäärä työpisteissä kasvaa, jolloin myös työvaiheiden lomittuvuus tehostuu.

Kun rungon koko on 0.30 m^3, pelkkien lehtipuiden käsittelyssä tuotos on lähes 15 % pienempi kuin kuusivaltaisessa leimikossa, jossa puulajisuhteet ovat: mänty 3 %, kuusi 90 % ja lehtipuu 7 % puiden lukumäärästä.

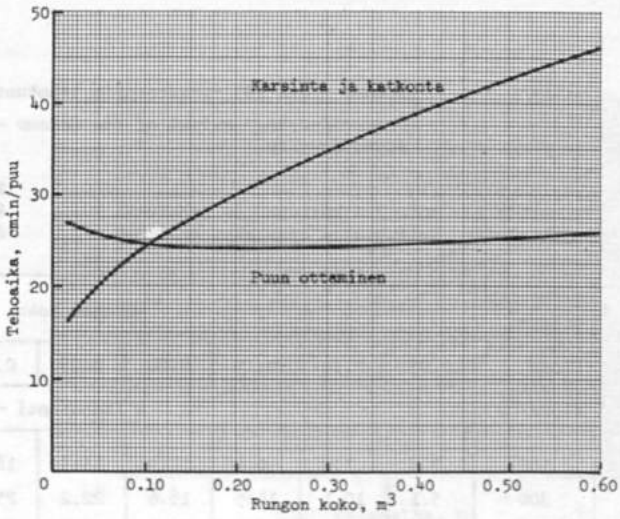
Maasto vaikuttaa tuotokseen siirtymisnopeutta hidastamalla. Maaston vaikutusta siirtymisnopeuteen ei ole voitu selvittää Kockums-prosessorilla. Tutkituilla palstoilla ei ole todettu maaston vaikuttaneen merkittävästi puiden käsittelyaikoihin.

Yhtä Kockums-prosessoria tutkittiin kaatokasauskoneen jäljessä palstalla, jonka tiheys oli 1 200 runkoa/ha. Tuotoksen ei todettu merkittävästi nousseen kaato-kasauskoneen ansiosta. Syynä lienee suuri runkotiheys, jolloin jo miestyönä tehdyn erilliskaadon jälkeen puiden lukumäärä työpisteessä on suuri. Puiden kasauksen merkitys tiheässä leimikossa on vähäinen.

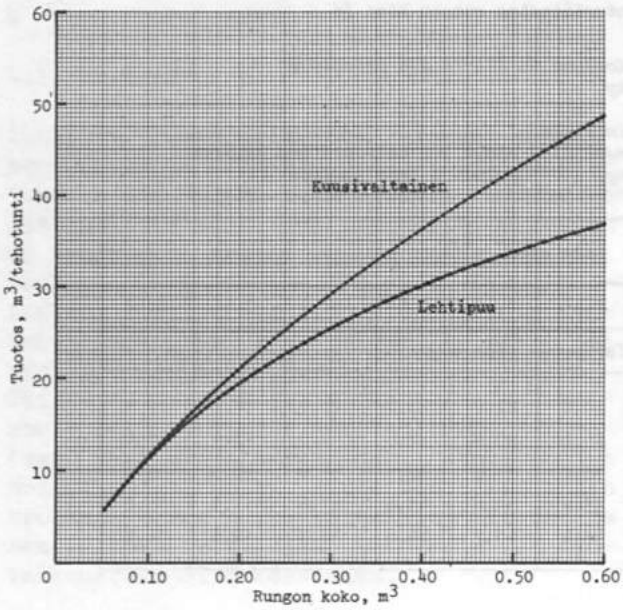
4.2.2 Lokomo – Ösa 705 -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos

Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tekniset tiedot selviävät Metsätehon katsauksesta 14/1975.

Tehoajan osuus käyttöajasta oli keskimäärin 90.0 %. Kone pystyy lomittamaan eri työvaiheita eli pystyy käsittelemään kahta tai useampaa puuta samanaikaisesti kuten Kockums-prosessori. Kuusivaltaisessa leimikossa puun ottamiseen sekä karsintaan ja katkontaan kuluvan ajan riippuvuus rungon koosta on esitetty kuvassa 3. Puun ottoaika vaihtelee eri rungonkokoluokissa aika vähän. Nivelpuomikuormain soveltuu myös pienten puiden ottamiseen melko hyvin. Karsinta-katkonta-aika kasvaa tasaisesti rungon koon mukaan. Runkojen vaihteleva koko aiheuttaa karsintalinjalle 8.1...17.3 cmin:n odotusaikoja jokaisessa rungonkokoluokassa. Odotusajat ovat suhteellisen pieniä, joten kone pystyy käyttämään tehokkaasti työvaiheiden lomittuvuutta hyväkseen.



Kuva 3. Lokomo – Ösa 705 -prosessorin puunkäsittely-aikojen riippuvuus rungon koosta



Kuva 4. Rungon koon vaikutus Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tuotokseen eri puulajeilla. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1, noin 3 m kuitupuu ja sahatukki

Kuvassa 4 on esitetty Lokomo – Ösa:n tehotuntituotos noin 3 m kuitupuun ja sahatukin teossa kuusivaltaisessa leimikossa ja käsiteltäessä pelkkää lehtipuuta. Varsinkin järeiden lehtipuiden käsittely on huomattavasti hitaampaa kuin havupuiden. Tehotuntituotos vaihtelee kuusivaltaisessa leimikossa (tiheys 500 runkoa/ha) 0.20... 0.40 m^3:n rungoilla noin 21 m^3:stä 36 m^3:iin. Kun rungon koko on 0.30 m^3, pelkkien lehtipuiden käsittelyssä tuotos on yli 13 % pienempi kuin kuusivaltaisessa leimikossa, jossa puulajisuhteet ovat: mänty 14 %, kuusi 81 % ja lehtipuu 5 % puiden lukumäärästä.

Runkotiheydellä on suuri vaikutus Lokomo – Ösa:n tuotokseen. Taulukossa 3 on esitetty Lokomo – Ösa -prosessorin tehotuntituotos. Leimikon tiheyden kasvaessa puiden lukumäärä työpisteessä kasvaa, ja näin kone pystyy käyttämään tehokkaammin työvaiheiden lomittuvuutta hyväkseen. Samalla puukohtaiset siirtymismatkat ja -ajat lyhenevät. Kun käsitellään 0.30 m^3:n puita ja siirrytään leimikon tiheydestä 300 runkoa/ha tiheyteen 750 runkoa/ha, tuotos nousee 20.5 %.

Maastoluokassa 1 siirtymisnopeudeksi saatiin 29.9 m/min ja maastoluokassa 2 23.3 m/min. Maaston huononeminen hidastaa siirtymistä, jolloin puukohtaiset siirtymisajat pitenevät. Suhteellinen maastoluokkien 1 ja 2 välinen tuotosero kasvaa pienemmissä runkotiheyksissä. Kun käsitellään 0.30 m^3:n puita ja siirrytään leimikon tiheydestä 750 runkoa/ha tiheyteen 300 runkoa/ha, maastoluokkien 1 ja 2 välinen tuotosero kasvaa 4.7 %:sta 7.5 %:iin. Tämä johtuu siitä, että puukohtaiset siirtymismatkat pitenevät tiheyden pienentyessä.

Maaston vaikutusta puiden käsittelyaikoihin myös selvitettiin. Pieniä eroja saatiin eri maastoluokissa työskentelevien koneiden työskentelyaikojen, puun ottoajan sekä karsinta- ja katkonta-ajan, välille. Tulokset menivät ristiin siten, että toisilla koneilla käsittelyajat ovat olleet maastoluokassa 1 lyhyempiä kuin maastoluokassa 2. Toisilla koneilla taas käsittely on ollut

TAULUKKO 3 Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tehotuntituotos rungon koon ja leimikon tiheyden mukaan
Table *Productive-hour output of the Lokomo – Ösa 705 processor according to stem size and stand density*

Maastoluokka: 1 — *Terrain class: 1*
Työmenetelmä: noin 3 m kuitupuu ja sahatukki — *Work method: about 3-m pulpwood and sawlogs*
Lajittelu: kuitupuu ja sahatukki erilleen — *Sorting: pulpwood from sawlogs*

Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density, stems/ha*	Rungon koko, m^3 – *Stem size, m^3(s)*											
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	m^3/tehotunti – *m^3(s)/productive hour*											
100	3.6	7.0	10.0	12.9	15.5	18.1	20.7	23.3	25.7	28.1	30.5	32.7
300	5.1	10.1	14.5	18.6	22.2	25.8	29.2	32.6	35.6	38.6	41.6	44.3
500	5.9	11.4	16.5	21.0	25.2	29.3	33.0	36.4	39.8	43.0	46.0	48.8
750	6.6	12.3	17.6	22.4	27.0	31.1	35.0	38.6	42.0	45.3	48.5	51.5
1 000	7.0	13.0	18.2	23.2	27.9	32.2	36.1	39.8	43.2	46.6	49.7	52.7

nopeampaa maastoluokassa 2 kuin maastoluokassa 1. Eri kuljettajien työskentely poikkeaa huomattavasti toisistaan. He saattavat hallita joitakin osatoimintoja paremmin kuin toisia, ja tällöin työn rytmityksessä on eroja. Tästä syystä päätelmien tekeminen osa-aikojen välisistä eroista on arveluttavaa. Järjestettyihin kokeiluihin samalla kuljettajalla eri olosuhteissa ei ole ollut tässä tutkimuksessa riittävästi mahdollisuuksia. Voidaan olettaa, että työskentely huonommassa maastossa on hankalampaa kuin paremmassa. Esimerkiksi kaltevuudet huonontavat kuljettajan ja koneen työskentelyasentoa. Mahdolliset erot ovat kuitenkin varsin pienet.

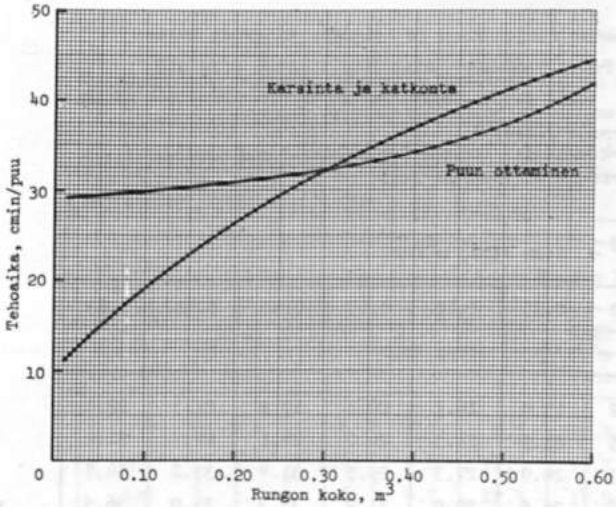
4.2.3 Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos

Tvigg on ruotsalaisvalmisteinen monitoimikone, joka voidaan asentaa usean erimerkkisen kuormatraktorin kuormatilaan. Monitoimiosan tekniset tiedot selviävät Metsätehon katsauksesta 17/1974. Tutkitut koneet olivat kaikki Valmet 882 K -kuormatraktorin alustalla, jolloin koneen kokonaispaino on 16 700 kg.

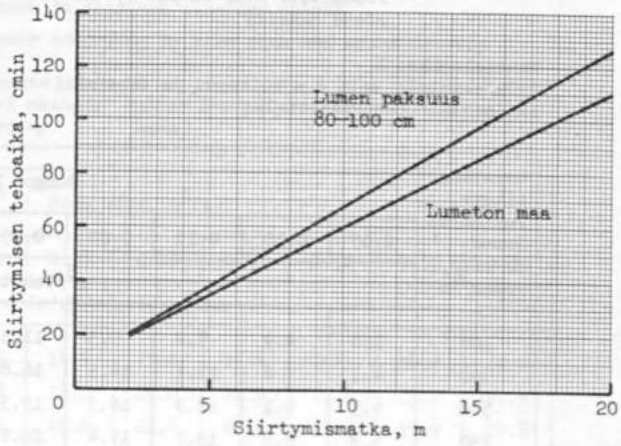
Tehoajan osuus käyttöajasta oli keskimäärin 90.8 %. Koneista kolme pystyi käsittelemään vain yhtä puuta kerrallaan. Vain yhdessä koneessa käytettiin automaattista apteerauslaitetta, jolloin kone voi käsitellä kahta tai useampaa puuta samanaikaisesti. Kuvassa 5 on esitetty kuusivaltaisessa leimikossa puun ottamiseen sekä karsintaan ja katkontaan kuluvan ajan riippuvuus rungon koosta. Tvigg-prosessorilla puun ottoaika kasvaa huomattavasti suuria puita käsiteltäessä. Karsinta-katkontaaika kasvaa tasaisesti rungon koon mukaan. Näissä työvaiheissa ei ole ollut aikaeroja automaattisella apteerauslaitteella varustetun ja yhtä puuta kerrallaan käsittelevän Tvigg-prosessorin välillä. Jos kaikki rungot olisivat 0.30 m^3:ä pienempiä, tulisi automaattista apteerauslaitetta käytettäessä karsintalinjalle odotusta jokaisella puulla. Vaihteleva rungon koko aiheuttaa karsintalinjalle 27.9...30.0 cmin:n odotusaikoja jokaisessa rungonkokoluokassa. Pitkät odotusajat osoittavat, että kone ei pystynyt käyttämään työvaiheiden lomittuvuutta tehokkaasti hyväkseen.

Kuvassa 6 on esitetty siirtymisajan riippuvuus siirtymismatkasta maastoluokassa 1 lumettomana aikana ja lumen paksuuden ollessa 80...100 cm. Keskimääräiseksi siirtymisnopeudeksi on saatu lumettomana aikana 16.8 m/min ja lumen aikana 14.9 m/min. Ero on suhteellisen pieni, mikä saattaa johtua kuljettajien erilaisesta työrytmistä. Samaa kuljettajaa ei tutkittu lumettomana ja lumen aikana.

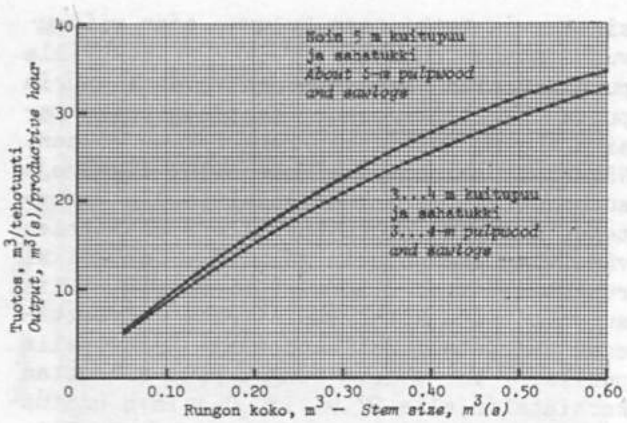
Tvigg-prosessorin tehotuntituotos kuusivaltaisessa leimikossa on esitetty kuvassa 7 (s. 12) rungon koon funktiona. Tuotos on työmenetelmän mukaan 0.20...0.40 m^3:n puilla tehtäessä noin 5 m kuitupuuta ja sahatukkia 16...27 m^3 sekä tehtäessä 3...4 m kuitupuuta ja sahatukkia 15...25 m^3. Työmenetelmien ero oli karsinta- ja katkon-



Kuva 5. Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin puunkäsittely-aikojen riippuvuus rungon koosta

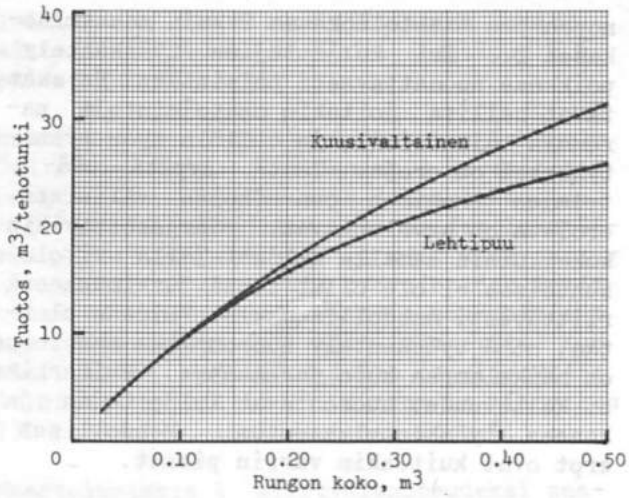


Kuva 6. Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin siirtymisajan riippuvuus siirtymismatkasta sekä lumen vaikutus siirtymisaikaan maastoluokassa 1. Peruskone Valmet 882 K



Kuva 7. Rungon koon vaikutus Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin tuotokseen eri työmenetelmissä. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1

Fig. 7. The effect of stem size on the output of the Volvo BM 985 Tvigg processor with different working methods. Stand density 500 stems/hectare, terrain class 1



Kuva 8. Rungon koon vaikutus Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin tuotokseen eri puulajeilla. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1, noin 5 m kuitupuu ja sahatukki

ta-ajasta keskimäärin 4.7 cmin. Automatiikalla varustetun ja yhtä puuta kerrallaan käsittelevän Tvigg-prosessorin tuotokset ovat tässä tutkimuksessa olleet yhtä suuret. Kun rungon koko on 0.30 m^3, pelkkiä lehtipuita käsiteltäessä tuotos on yli 10 % pienempi kuin kuusivaltaisessa leimikossa, jossa puulajisuhteet ovat: mänty 10 %, kuusi 72 % ja lehtipuu 18 % puiden lukumäärästä (kuva 8).

Taulukossa 4 on esitetty Tvigg-prosessorin tehotuntituotos. Leimikon tiheyden kasvaessa puiden lukumäärä työpisteissä kasvaa ja siten puukohtaiset siirtymisajat lyhenevät. Kun Tvigg on yhtä puuta kerrallaan käsittelevä kone, leimikon tiheys vaikuttaa sen tuotokseen ainoastaan puukohtaisten siirtymisaikojen välityksellä. Kun käsitellään 0.30 m^3:n puita ja siirrytään leimikon tiheydestä 300 runkoa/ha tiheyteen 750 runkoa/ha, tuotos nousee 22.1 %.

Maaston vaikutusta Tvigg-prosessorin tuotokseen ei voitu selvittää tämän tutkimuksen aineistolla. Sen vaikutus lienee jokseenkin samansuuruinen kuin Lokomo – Ösa 705 -prosessorin tuotokseen.

TAULUKKO 4 Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin tehotuntituotos rungon koon ja leimikon tiheyden mukaan
Table Productive-hour output of the Volvo BM 985 Tvigg processor according to stem size and stand density

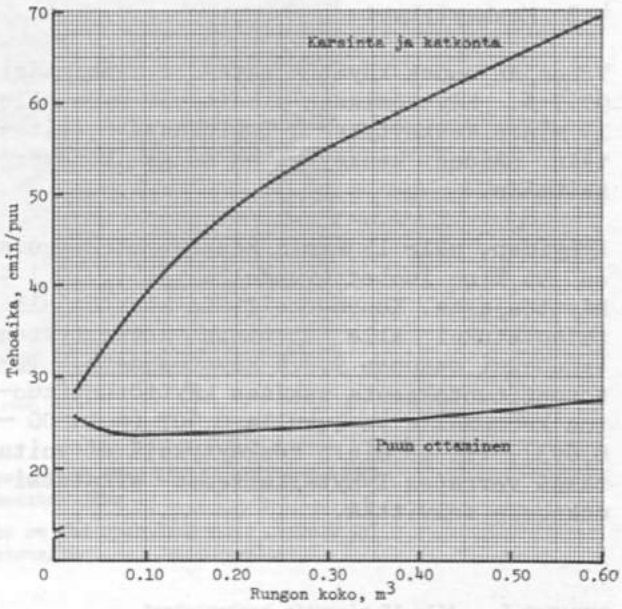
Maastoluokka: 1 — *Terrain class: 1*
Työmenetelmä: noin 5 m kuitupuu ja sahatukki — *Work method: about 5-m pulpwood and sawlogs*
Lajittelu: ei lajittelua — *Sorting: none*

Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density, stems/ha*	Rungon koko, m^3 – *Stem size, m^3(s)*											
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	m^3/tehotunti – *m^3(s)/productive hour*											
100	2.6	4.9	7.2	9.3	11.3	13.2	15.0	16.7	18.3	19.9	21.3	22.6
300	4.1	7.8	11.1	14.1	16.8	19.5	21.9	24.1	26.2	28.1	29.7	31.2
500	4.9	9.1	12.9	16.3	19.3	22.3	24.9	27.3	29.5	31.4	33.2	34.7
750	5.3	9.8	13.7	17.4	20.7	23.8	26.5	29.0	31.2	33.3	35.0	36.5
1 000	5.5	10.2	14.3	18.0	21.3	24.3	27.2	29.7	31.9	34.0	35.7	37.2

4.2.4 Valmet-prosessorin osa-ajat ja tehotuntituotos

Valmet-prosessorin peruskoneena on Valmet 880 S -metsätraktori. Koneen tekniset tiedot selviävät Metsätehon katsauksesta 8/1976.

Tehoajan osuus käyttöajasta oli keskimäärin 91.8 %. Kone toimii sykeperiaatteen mukaan ja käsittelee yhtä puuta kerrallaan. Kuusivaltaisessa leimikossa puun ottamiseen sekä karsintaan ja katkontaan kuluvan ajan riippuvuus rungon koosta näkyy kuvasta 9. Puun ottoaika vaihtelee eri rungonkokoluokissa noin 24 cmin:sta 28 cmin:iin. Karsinta- ja katkonta-aika sen sijaan nousee tasaisesti rungon koon kasvaessa. Tämän tutkimuksen mukaan siirtymisnopeus on maastoluokassa 1 17.1 m/min.



Kuva 9. Valmet-prosessorin puunkäsittelyaikojen riippuvuus rungon koosta

Valmet-prosessorin tehotuntituotos tehtäessä pitkää (noin 5 m) kuitupuuta ja sahatukkia kuusivaltaisessa leimikossa on esitetty taulukossa 5. Tehotuntituotos vaihtelee 0.20...0.40 m^3:n rungoilla (leimikon tiheys 500 runkoa/ha) noin 12 m^3:stä 22 m^3:iin. Puulajisuhteet ovat tällöin: mänty 40 %, kuusi 58 % ja lehtipuu 2 %. Puulajin vaikutusta ei selvitetty, koska tutkitut koneet työskentelivät lähes puhtaissa havupuuleimikoissa.

Leimikon tiheydellä ei ole Valmet-prosessorin tuotokseen niin suurta vaikutusta kuin edellä tarkasteltujen, työvaiheita lomittavien koneiden tuotokseen. Koska kone käsittelee yhtä puuta kerrallaan, leimikon tiheys vaikuttaa ainoastaan puukohtaisiin siirtymisaikoihin. Tiheyden kasvaessa puiden lukumäärä työpisteessä kasvaa, mikä lyhentää puukohtaista siirtymisaikaa. Kun käsitellään 0.30 m^3:n puita ja siirrytään leimikon tiheydestä 300 runkoa/ha tiheyteen 750 runkoa/ha, tuotos kasvaa 15.8 %.

Maaston huononeminen hidastaa siirtymisnopeutta ja alentaa siten tuotosta. Valmet-prosessorin tutkimustyömaita ei saatu erilaisille maastoluokille, joten luokkien välisiä tuotoseroja ei voitu selvittää.

TAULUKKO 5 Valmet-prosessorin tehotuntituotos rungon koon ja leimikon tiheyden mukaan
Table Productive-hour output of the Valmet processor according to stem size and stand density

Maastoluokka: 1 — *Terrain class: 1*
Työmenetelmä: noin 5 m kuitupuu ja sahatukki — *Work method: about 5-m pulpwood and sawlogs*
Lajittelu: ei lajittelua — *Sorting: none*

Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density, stems/ha*	Rungon koko, m^3 – *Stem size, m^3(s)*											
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	m^3/tehotunti – *m^3(s)/productive hour*											
100	2.4	4.6	6.7	8.7	10.5	12.3	14.1	15.8	17.4	19.1	20.7	22.2
300	3.3	6.1	8.8	11.3	13.7	15.8	18.0	20.0	21.9	23.8	25.7	27.4
500	3.7	6.8	9.7	12.3	14.9	17.3	19.6	21.8	23.9	25.9	27.9	29.8
750	4.0	7.3	10.3	13.1	15.8	18.3	20.7	23.0	25.1	27.2	29.2	31.1
1 000	4.2	7.5	10.6	13.4	16.1	18.7	21.1	23.5	25.7	27.8	29.8	31.7

4.3 Keskeytykset

Tehoajan osuus käyttöajasta oli keskimäärin 90.7 %. Käyttöaikaan sisältyvät myös alle 15 min:n keskeytykset. Taulukossa 6 esitetään näiden keskeytysten osuus konemerkeittäin.

Lyhyiden, alle 15 min:n keskeytysten osuus on 95 %:n luotettavuudella 8.5...10.1 % käyttöajasta. Konemerkeittäin käyttöajalla painotetuksi alle 15 min:n keskeytysten osuudeksi saadaan 9.3 % käyttöajasta. Tehotuntituotoksesta saadaan käyttötuntituotos kertomalla se luvulla 0.907 (= 1.000 – 0.093). Yli 15 min:n keskeytyksiä ei voitu tässä verraten lyhytaikaisessa aikatutkimuksessa selvittää.

TAULUKKO 6 Alle 15 minuutin keskeytykset

Merkki ja tyyppi	Kone 1	2	3	4	5	Keskimäärin
	% käyttöajasta					
Kockums KS 875-78 ATK	10.5	6.2	10.3	–	–	9.3
Lokomo – Ösa 705	8.5	13.0	15.0	5.4	3.1	10.0
Volvo BM 985 Tvigg	8.0	9.2	12.1	6.4	–	9.2
Valmet-prosessori	0.2	13.9	6.8	–	–	8.2
Keskimäärin						9.3

TAULUKKO 7 Alle 15 minuutin keskeytysten jakautuminen aiheensa perusteella

Keskeytyksen syy	Kockums KS 875-78 ATK	Lokomo-Ösa 705	Volvo BM 985 Tvigg	Valmet-prosessori	Keskimäärin
	% keskeytysajasta				
Lepo	25.2	47.5	52.0	43.3	41.9
Huolto	16.9	8.5	15.1	35.7	16.8
Korjaus	20.5	30.6	29.2	11.8	24.5
Työn suunnittelu	–	–	2.1	–	0.5
Karsintajätteiden poisto laitteistosta	18.8	13.4	1.6	4.7	10.5
Peruskoneen kiinni juuttuminen	10.5	–	–	1.0	3.0
Muu	8.1	–	–	3.5	2.8
Yhteensä	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Taulukossa 7 on esitetty lyhyiden keskeytysten jakautuminen aiheensa perusteella. Suurimman osan, keskimäärin 41.9 %, keskeytysajasta muodostaa lepo. Lyhytaikaisiin korjauksiin (24.5 %) ja huoltoihin (16.8 %) kuluu myös suhteellisen suuri osa keskeytysajasta. Karsintajätteiden poistoa laitteistosta on runsaammin järeäpuustoisissa ja tiheissä leimikoissa koneilla, joilla on jatkuvatoiminen puun syöttö. Sen sijaan sykeperiaatteen mukaan toimivalla koneella karsintajätteiden poistoa tulee suhteellisen vähän. Peruskoneen kiinni juuttuminen riippuu paljon maaston kantavuudesta ja kaltevuudesta. Liikuttaessa maastoluokissa 1 ja 2 raskaan prosessorin (Kockums) peruskone näyttää juuttuvan kiinni suhteellisesti useammin.

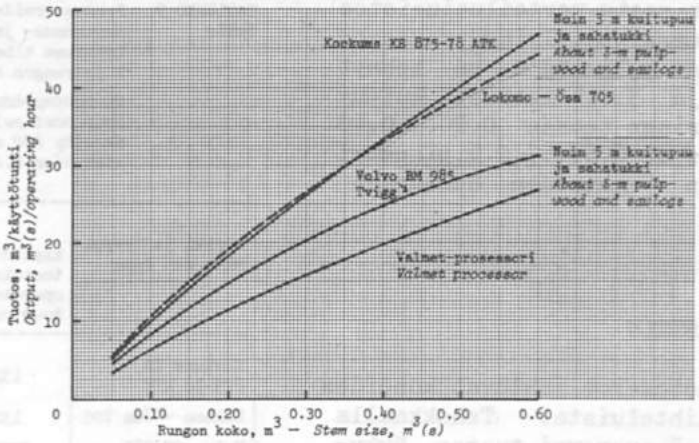
4.4 Työjälki

Monitoimikoneella suoritetussa hakkuussa eri koneiden tekemässä karsintajäljessä ei olennaisesti ole eroa. Syöttörullien piikit sen sijaan voivat aiheuttaa laatutappioita varsinkin tukkipuulle. Piikkirullien painamat reiät saattavat rungon alttiiksi sinistymiselle. Tutkituissa koneissa oli piikkirullat muissa paitsi Valmet-prosessorissa, jossa on sykeperiaatteen mukaan toimiva karsinta ja katkonta. Puun apteerausta ja piikkirullien tukkipuulle aiheuttamia vaurioita ei tutkittu.

Metsätehon selosteen 12/1976 mukaan monitoimikoneilla valmistetun sahatukin ja pitkän kuitupuun kuormajuonnon tuotokset ovat yleensä suuremmat kuin ihmistyönähakkuun jälkeisessä kuljetuksessa, vaikka monitoimikoneen pinotavarataskuja ei käytetä. Edellä esitetyissä tuotoksissa mukana olleet Kockums-prosessorin pinotavarataskun erillisinä työvaiheina suoritettuihin tyhjennyksiin kuluneet ajat olivat keskimäärin 0.2 cmin/puu, Lokomo – Ösa -prosessorin 1.6 cmin/puu ja Valmet-prosessorin 2.3 cmin/puu. Kockums- ja Lokomo – Ösa -prosessorilla lajiteltiin sahatukki ja noin 3-metrinen kuitupuu erilleen.

4.5 Käyttötuntituotos

Prosessoreiden tuotos käyttötuntia kohti saadaan lisäämällä puun käsittelyyn kuluvaan tehoaikaan lyhyiden, alle 15 min:n pituisten keskeytysten osuus, tässä tapauksessa 9.3 % käyttöajasta. Käyttötuntituotos on esitetty konemerkeittäin rungon koon funktiona kuvassa 10. Rungon koon



Kuva 10. Rungon koon vaikutus prosessoreiden käyttötuntituotoksiin. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1

Fig. 10. The effect of stem size on the operating-hour outputs of processors. Stand density 500 stems/hectare, terrain class 1

kasvaessa kaikkien koneiden tuotos kasvaa. Rungon koon vaikutus tuotokseen on samansuuntainen myös muissa leimikon tiheyksissä. Kun leimikon tiheys on 500 runkoa/ha ja rungon koko 0.35 m^3, Kockums- ja Lokomo — Ösa -prosessorin tuotokset ovat olleet yhtä suuret. Tätä pienempiä puita Lokomo — Ösa käsittelee hieman nopeammin. Yli 0.35 m^3:n puita käsiteltäessä Kockumsin tuotos kasvaa verrattuna Lokomo — Ösa:n tuotokseen. Tvigg-prosessorin tuotos on 0.35 m^3:n puita käsiteltäessä 24 % ja Valmet-prosessorin tuotos 40 % pienempi kuin isojen prosessoreiden tuotokset.

Kaikkia prosessorityyppejä koskevia yleisiä työvaikeustekijöitä ovat rungon koon lisäksi leimikon tiheys, maasto ja puulaji. Selvin puulajeittainen tuotosero syntyy havu- ja lehtipuun välille. Rungonmuodoltaan mutkaiset ja järeäoksaiset lehtipuut alentavat tuotosta huomattavasti. Kaikkien koneiden lehtipuunkäsittelyaika kasvaa jyrkästi 0.15 m^3:ä suurempien runkojen käsittelyssä.

Maasto vaikuttaa tuotokseen lähinnä siirtymisnopeutta hidastavasti. Esimerkiksi Lokomo — Ösa -prosessorilla tuotos on maastoluokassa 2 0.20...0.40 m^3:n rungoilla (leimikon tiheys 500 runkoa/ha) 5.3...4.8 % pienempi kuin maastoluokassa 1.

Kun leimikon tiheys kasvaa, yhdeltä työpisteeltä käsiteltävissä olevien puiden lukumäärä kasvaa. Tällöin puukohtaiset siirtymismatkat ja -ajat lyhenevät, mikä nostaa tuotosta. Lisäksi yhdessä työpisteessä käsiteltyjen puiden lukumäärän kasvaessa työvaiheita lomittava kone pystyy käyttämään tehokkaammin hyväksi lomittuvuuttaan eli pystyy käsittelemään kahta tai useampaa puuta yhtäaikaisesti. Taulukossa 8 on esitetty eri konemerkkien suhteellinen tuotos leimikon eri tiheyksissä. Tiheyden kasvaessa nousee sykeperiaatteen mukaan toimivan Valmet-prosessorin suhteellinen tuotos selvästi vähemmän kuin jatkuvatoimisten prosessoreiden tuotos. Leimikon tiheys vaikuttaa eniten Kockums-prosessorin tuotokseen. Järeäpuustoisissa leimikoissa on usein pieni tiheys, joka alentaa isoilla puilla muuten syntyvää suurta tuotosta.

TAULUKKO 8 Tiheyden vaikutus prosessoreiden tuotokseen. Maastoluokka 1 ja rungon koko 0.30 m^3

Table The effect of stand density on the output of processors. Terrain class 1 and stem size 0.30 m^3(s)

Merkki ja tyyppi *Make and type*	Leimikon tiheys, runkoa/ha *Stand density, stems/ha*				
	100	300	500	750	1 000
	Suhteellinen tuotos *Relative output*				
Kockums KS 875-78 ATK	100	157	176	189	195
Lokomo — Ösa 705	100	143	162	172	178
Volvo BM 985 Tvigg	100	147	169	180	184
Valmet-prosessori *Valmet processor*	100	128	141	149	152

Työmenetelmistä on saatu vertailuaineistoa vain yhdestä konemerkistä, Tvigg-prosessorista. Siinä sama kuljettaja on tehnyt noin 5-metristä ja 3...4-metristä kuitupuuta. 3...4-metrisen teossa 0.20...0.40 m^3:n puilla tuotos on 6.6...7.2 % pienempi kuin tuotos noin 5-metrisen kuitupuun teossa.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Prosessoreiden tuotoserot johtuvat koneiden ominaisuuksien vaihteluista. Tehokkaalla koneella on yleensä suurempi tuotos. Nykyään tehokkaat koneet ovat myös isoja. Iso kone saattaa rajoittaa leimikon suunnittelua enemmän kuin pieni kone. Raskas kone on yleensä vähemmän maastokelpoinen. Koska monitoimikoneilla pitäisi pystyä käsittelemään tulevaisuudessa myös maaston kantavuudeltaan huonompia leimikoita, tulisi monitoimikoneiden maastokelpoisuuteen kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Tuotos ei yksin riitä selittämään jonkin koneen soveltuvuutta. Entistä enemmän tulisi painottaa työjäljen ja työn laadun merkitystä.

Suuriin tuotoksiin yltävien koneiden hankintahinta ja muut kustannukset ovat usein myös suuremmat kuin pienituotoksisten koneiden. Tätä tutkimusta varten on kaikille tutkituille prosessoreille laskettu mahdollisimman yhdenmukaisin perustein tuntikustannukset helmikuun 1977 hinta- ja kustannustason mukaan. Vuotuinen päätyöaika, vaihtoarvoprosentti ja poistoaika ym. ovat kaikille koneille samat. Koneenmyyjien ilmoittamat hinnat ja vastaavat tuntikustannukset prosessorimerkeittäin ovat:

	Koneen hinta, mk	Tuntikustannukset, mk
Kockums KS 875-78 ATK	860 000	210
Lokomo – Ösa 705	995 000	226
Volvo BM 985 Tvigg (alustakone Valmet 882 K)	1 176 000	226
Valmet-prosessori	523 000	165

TAULUKKO 9 *Table*

Prosessoreiden käyttötuntituotos-, tuntikustannus- ja yksikkökustannussuhteet. Leimikon tiheys 500 runkoa/ha, maastoluokka 1 ja rungon koko 0.35 m^3

Operating-hour output, per-hour cost and unit cost relations of processors. Stand density 500 stems/ha, terrain class 1 and stem size 0.35 m^3(s)

Merkki ja tyyppi *Make and type*	Keskimääräiset – *Average*		
	käyttötuntituotokset *operating-hour outputs*	tuntikustannukset *per-hour cost*	yksikkökustannukset *unit cost*
Kockums KS 875-78 ATK	132	93	70
Lokomo – Ösa 705	132	100	75
Volvo BM 985 Tvigg	100	100	100
Valmet-prosessori *Valmet processor*	79	73	93

Taulukossa 9 tarkastellaan tämän tutkimuksen keskimääräisiin tuotoksiin ja edellä esitettyihin tuntikustannuksiin perustuen suuntaa antavasti eri prosessoreiden keskinäistä taloudellisuutta. Tarkastelun vertailuperusteena ovat Volvo BM 985 Tvigg -prosessorin tuotokset ja kustannukset.

Kockums-prosessorin yksikkökustannukset ovat alhaisimmat. Hieman korkeamman hankintahinnan vuoksi Lokomo – Ösa -prosessorin yksikkökustannukset nousevat Kockums-prosessorin kustannuksia suuremmiksi.

Suuremmasta tuotoksesta huolimatta Tvigg-prosessorin yksikkökustannukset ovat suuremmat kuin Valmet-prosessorin. Tämän aiheuttaa koneiden hankintahintojen suuri ero.

Koneiden työmenetelmät ovat poikenneet siten, että Kockums- ja Lokomo – Ösa -prosessori ovat tehneet noin 3-metristä kuitupuuta ja sahatukkia ja Tvigg- ja Valmet-prosessori noin 5-metristä kuitupuuta ja sahatukkia. Tuotosvertailu eri prosessoreiden jälkeisessä kuormajuonnossa tukin ja pitkän kuitupuun osalta osoittaa (Metsätehon seloste 12/1976), että kuormajuonnon tuotos on suurin isojen prosessoreiden jälkeisessä ajossa, vaikka ei käytetä prosessoreiden pinotavarataskuja. Toisaalta piikkirullien aiheuttamat laatutappiot saattavat olla varsinkin tukkipuussa suuremmat kuin sykeperiaatteen mukaan toimivalla Valmet-prosessorilla.

KIRJALLISUUTTA
References

JUKKOLA, SEPPO — KOSKINEN, ANTERO — SÄTERI, LASSE 1974. Kockum 837-78 ATK -prosessori (Kockum 837-78 ATK Processor). Metsätehon katsaus — Metsäteho Review 21/1974. Helsinki

MIKKONEN, ESKO — TYNKKYNEN, MARTTI 1974. Tvigg-prosessori (Tvigg Processor). Metsätehon katsaus — Metsäteho Review 17/1974. Helsinki

MIKKONEN, ESKO — RUOTSALAINEN, MATTI — TAIPALE, JUKKA 1975. Lokomo — Ösa 705 -prosessori (Lokomo — Ösa 705 Processor). Metsätehon katsaus — Metsäteho Review 14/1975. Helsinki

MIKKONEN, ESKO 1977. Puutavaran lajittelu monitoimikoneilla. Summary: Timber Sorting with Multi-Purpose Machines. Metsätehon tiedotus — Metsäteho Report 344. Helsinki

PELTOLA, HANNU 1976. Valmet-prosessori (Valmet Processor). Metsätehon katsaus — Metsäteho Review 8/1976. Helsinki

TYNKKYNEN, MARTTI 1976. Monitoimikoneilla valmistetun sahatukin ja pitkän kuitupuun kuormajuonto. Metsätehon seloste 12/1976. Helsinki

EFFECT OF WORK DIFFICULTY FACTORS ON THE OUTPUT OF MULTIPURPOSE MACHINES OPERATING IN THE CUTTING AREA

By Antti Myllyniemi

S u m m a r y

Approx. 6 per cent of the cutting carried out by the forest industry and the National Board of Forestry in 1976 was performed by multipurpose machines. The use of multipurpose machines is concentrated in Finland primarily in final cutting stands with large-sized timber. Conditions in the stands influence appreciably the output and economicalness of use of the multipurpose machines. The present study deals with the effect of conditions on the output of multipurpose machines chiefly for bases of payment. The study was confined to four processors in current use in Finland in cutting areas. They are the Kockums KS 875-78 ATK, Lokomo – Ösa 705, Volvo BM 985 Tvigg and Valmet processor. They represent about 54 per cent of the processor makes and models in use in Finland at the beginning of 1977. The machines used the from-tree-to-tree method in which the timber was felled by human labour using a power saw. The investigation was conducted as a time study.

The investigation material comprises a total of 15 machines and 25 treated cutting areas and it was collected during 1976.

The share of productive time was an average of 91 per cent of operating time and the share of interruptions of under 15 min was 9 per cent of operating time.

The per-operating hour outputs of the Kockums KS 875-78 ATK and Lokomo – Ösa 705 processors were equally great (approx. 30 solid m^3) when the stand density was 500 stems/hectare and the stem size was 0.35 m^3. For timber smaller than this the output of the Lokomo – Ösa processor was slightly greater, while for larger trees it was smaller than the output of the Kockums processor. When the stem size was 0.35 m^3 the output of the Volvo BM 985 Tvigg processor was 24 per cent and that of the Valmet processor 40 per cent lower than the output of larger processors.

General work difficulty factors relating to all types of multipurpose machines are stem size, stand density, terrain and the tree species.

The number of the trees handled per operating hour does not decrease much when the stem size increases. Stem size, therefore, affects the output very greatly. When the stem size grows the per-operating hour output of large processors increases relatively most. The output of the Valmet processor increases relatively more than that of the Tvigg. When the stand density increases the relative output of the Valmet processor which works on the impulse principle grows distinctly less than the relative output of continuous-operation processors.

The terrain affects on the movement speed of processors. For instance, the output of the Lokomo – Ösa processor in terrain class 2 was 5.3...4.8 per cent smaller than in terrain class 1 when the stem size was 0.20...0.40 m^3 (stand density 500 stems/hectare).

The most distinct difference in output by tree species is between hardwoods and softwoods. Hardwoods with curved stems and large branches lower the output. The hardwoods handling time of all the machines grows steeply when the stem size is greater than 0.15 m^3.

As regards methods of work, material for comparison was obtained for one machine make only, the Tvigg processor. In the preparation of 3...4-m timber from stems of 0.20...0.40 m^3 the output was 6.6...7.2 per cent smaller than in the preparation of about 5-m timber.

The per-unit costs of the Kockums processor were the lowest on the basis of the average outputs of the study and the per-hour costs of the cost level in February 1977. Because of the slightly higher purchase price the per-unit costs of the Lokomo – Ösa processor were higher than those of the Kockums processor. In spite of the greater output of the Tvigg processor its per-unit costs were higher than those of the Valmet processor. This was due to the great difference in the purchase price of the machines. The work methods of the machines differed: the Kockums and the Lokomo – Ösa made approx. 3-m pulpwood and sawlogs and the Tvigg and the Valmet about 5-m pulpwood and sawlogs. In addition, the Kockums and Lokomo – Ösa sorted sawlogs from pulpwood.

The economicalness of large-sized processors is improved further by their better work performance in bunching, which reduces the costs of forwarding.

ISBN 951-673-035-3