

Puutavaran keräilyajon ajanmenekki

**Jouni Väkevä
Jarmo Lindroos
Juha Rajamäki
Kari Uusi-Pantti**

Metsätehon raportti 96

10.8.2000

Puutavaran keräilyajon ajanmenekki

Jouni Väkevä

Jarmo Lindroos

Juha Rajamäki

Kari Uusi-Pantti

Metsätehon raportti 96
10.8.2000

Ryhmähanke: Aureskoski Oy, Koskitukki Oy, Metsäliitto
Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene
Oyj, Vapo Timber Oy ja Yksityismetsätalouden
Työnantajat r.y.

Asiasanat: kaukokuljetus, keräilyajo, autokuljetus

© Metsäteho Oy

Helsinki 2000

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	5
2 MENETELMÄT JA AINEISTO	5
2.1 Tutkimusautot	5
2.2 Työvaiheet.....	6
2.3 Aineiston määrä	6
2.3.1 Kuormien määrä.....	6
2.3.2 Aineiston määrä puutavaralajeittain.....	7
2.3.3 Aineiston määrä purkutavoittain	7
2.4 Keräilykuormien rakenne.....	8
2.5 Kuorman koko	9
3 TULOKSET	10
3.1 Kuormaus.....	10
3.1.1 Varsinaisen kuormauksen ajanmenekki	10
3.1.2 Muiden kuormauksen työvaiheiden ajanmenekki.....	10
3.1.3 Tulosten tarkastelua	11
3.2 Kuorman purkaminen	13
3.2.1 Varsinaisen purkamisen ajanmenekki.....	13
3.2.2 Purkamisen muiden työvaiheiden ajanmenekki.....	13
3.2.3 Tulosten tarkastelua	14
3.3 Kuormattuna- ja tyhjänäajo.....	15
3.3.1 Ajonopeudet eri matkoilla.....	15
3.4 Siirtymisajo	16
3.4.1 Tieluokkien osuudet ajomatkoista.....	16
3.4.2 Ajonopeudet eri tieluokissa.....	17
3.4.3 Siirtymisajonopeudet eri matkoilla.....	18
4 TULOSTEN SOVELTAMINEN	19
4.1 Autokuljetuksen kustannuslaskentaohjelma	19
4.2 Soveltamisperiaatteet	19
4.3 Kustannusvaikutukset	21
5 PÄÄTELMÄT	23
5.1 Kuormaus	23
5.2 Kuorman purkaminen	24
5.3 Tyhjänä- ja kuormattuna-ajo	24
5.4 Siirtymisajo	24
5.5 Kustannusvaikutukset	24

TIIVISTELMÄ

Puutavaran autokuljetuksessa keräilyajolla tarkoitetaan kuorman keräämistä kahdelta tai useammalta varastolta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää keräilystä johtuva lisäajanmenekki verrattuna niin sanottuun normaaliajoon, jossa kuorma saadaan täyteen yhdeltä varastolta. Ajanmenekkien eroa tutkittiin kuormaus- ja purkamisvaiheessa. Lisäksi selvitettiin ajonopeudet kuormattuna- ja tyhjänäajossa sekä varastojen välisessä siirtymisajossa.

Aineistoa kerättiin kuudelta puutavara-autolta talvi- ja kesäkausilta. Aineistossa oli yhteensä 60 keräilykuormaa (2 660 m³) ja 15 normaalikuormaa (724 m³). Keräilykuorma kerättiin keskimäärin 3,3:lta varastolta ja kuormassa oli keskimäärin 2,1 eri puutavaralajia. Kahden varaston välinen etäisyys oli keskimäärin 11 km.

Keräilykuormilla varsinaisen kuormauksen ajanmenekki oli samalla tasolla kuin normaalikuormillakin. Muihin työvaiheisiin kuului aikaa 8,3 min/varastopysähdys.

Purkamisvaiheen mahdollisista ajanmenekkieroista keräily- ja normaalikuormien välillä ei voitu tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä. Tutkimusaineisto hajautui liian pieniin ositteisiin purku- ja mittaustavan mukaan.

Kuormattuna- ja tyhjänäajonopeudet olivat lähes samalla tasolla kuin vuoden 1995 tutkimuksessa.

Varastojen välisessä siirtymisajossa hitaampien tieluokkien osuus ajomatkasta oli selvästi suurempi kuin kuormattuna- ja tyhjänäajossa v. 1995. Siirtymisajo oli 12 - 21 km:n matkoilla nopeampaa kuin kuormattuna-ajo mutta hitaampaa kuin tyhjänäajo. Tätä lyhyemmillä matkoilla siirtymisajonopeus oli hieman suurempi ja pitemmillä matkoilla pienempi kuin muussa ajossa.

Tuloksia sovellettiin autokuljetuksen kustannuslaskentaan. Esimerkkilaskelmassa kustannukset nousivat 2,8 % normaalikuormiin verrattuna, kun keräilyosuus kuljetusmäärästä oli 50 % ja kuorma kerättiin keskimäärin 3:lta varastolta. Lisäkustannukset aiheutuvat pääasiassa kuormaimen mukana kuljettamisesta, varastopysähdyksiin kuluvaan ajan kasvusta sekä siirtymisajon hitaudesta. Näistä kuormaimen mukana kuljettamisella on merkittävin kustannuksia nostava vaikutus.

1 JOHDANTO

Pienten puutavaraerien autokuljetuksessa käytetään *keräilyajoa*. Tässä tutkimuksessa keräilyajolla tarkoitetaan kuorman keräämistä kahdelta tai useammalta varastolta. Vertailukohtana käytetään *normaaliajtoa*, jossa kuorma saadaan täyteen yhdeltä varastolta.

Keräilyajo poikkeaa normaaliajosta muun muassa seuraavasti:

- Yhtä kuormaa kohden tehdään useita varastopysähdyksiä, mikä nostaa kuormausvaiheen kokonaisaikaa.
- Kuormainta kuljetetaan yleensä auton mukana, mikä pienentää hyötykuormaa.
- Varastojen välisissä siirtymisissä ajetaan hitaammilla tieluokilla suhteellisesti enemmän kuin normaalissa tyhjänä- ja kuormattuna-ajossa.
- Tavallista suurempi erien määrä saattaa hidastaa kuorman purkamista.

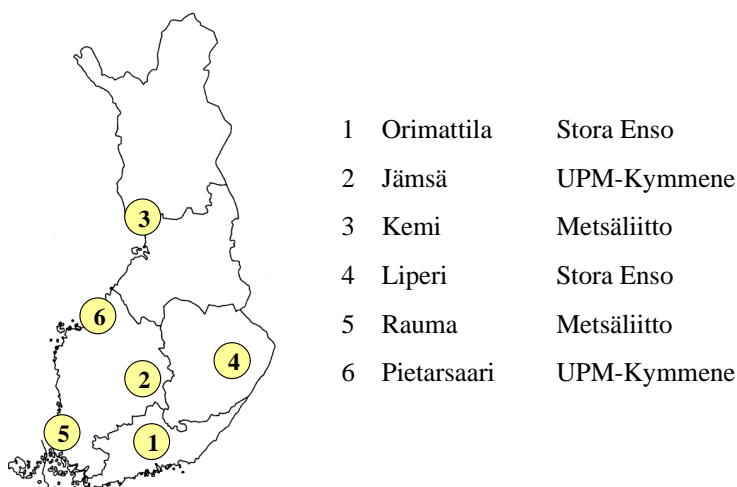
Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää keräilystä johtuva lisäajanmenekki verrattuna normaaliajtoon. Ajanmenekkiä tutkittiin ensisijaisesti kuormaus- ja purkamisvaiheessa sekä varastojen välisessä siirtymisajossa.

Tuloksia voidaan hyödyntää muun muassa kuljetuskustannusten laskennassa ja niiden kohdentamisessa puutavaraerille sekä kuljetusten suunnittelussa ja käytännön järjestelyissä. Lisäksi tulokset palvelevat puutavaran autokuljetuksen kehittämistä.

2 MENETELMÄT JA AINEISTO

2.1 Tutkimusautot

Tutkimukseen valittiin 6 uudehkoa puutavara-autoa. Valinnan kriteereinä olivat maantieteellinen alue ja urakanantaja (kuva 1).

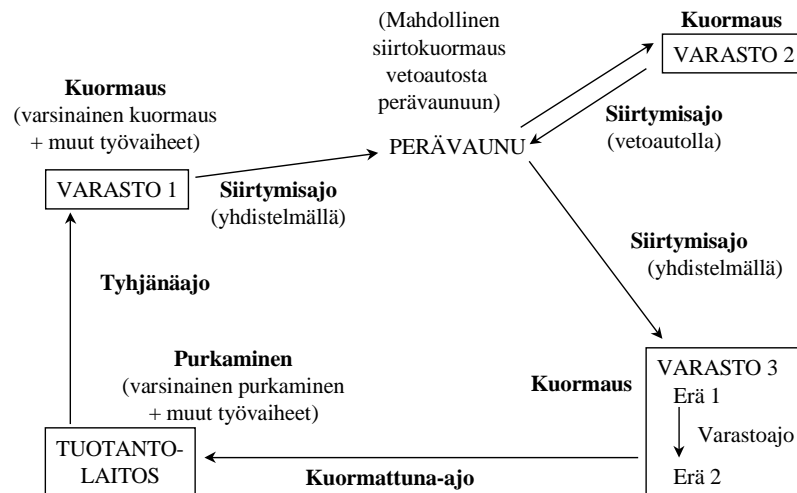


Kuva 1. Tutkimusautojen sijainti ja urakanantajat.

Kaikilta kuudelta tutkimusautolta pyrittiin kellottamaan 3 ajopäivää talvikaudelta ja 3 ajopäivää kesäkaudelta. Keräilykuormien lisäksi pyrittiin kellottamaan jokaiselta autolta vähintään yksi normaalikuorma kummaltakin kaudelta.

2.2 Työvaiheet

Ajanmenekit selvitettiin työvaiheittain, joista keskeisimmät esitetään kuvassa 2. Kuormauksessa ja purkamisessa eriteltiin varsinaiseen kuormaukseen/purkamiseen kulunut aika sekä muihin työvaiheisiin kulunut aika. Muut työvaiheet luetellaan tarkemmin tulosten yhteydessä.



Kuva 2. Keräilyajon termit ja työvaiheet.

2.3 Aineiston määrä

2.3.1 Kuormien määrä

Aikatutkimusaineisto kerättiin vuonna 1999 talvikaudelta (13.1. - 4.3.) ja kesäkaudelta (6.5. - 3.6.). Aineiston kuormien määrä esitetään taulukossa 1.

TAULUKKO 1 Aikatutkimuksen aineisto työvaiheittain

	Työvaihe	Kuormien määrä, kpl		
		Talvi	Kesä	Yhteensä
Keräilykuormat	Tyhjänäajo	29	30	59
	Kuormaus	29	31	60
	Siirtymisajo	28	30	58
	Kuormattuna-ajo	26	30	56
	Purkaminen	27	31	58
Normaali-kuormat	Tyhjänäajo	6	9	15
	Kuormaus	6	9	15
	Kuormattuna-ajo	5	9	14
	Purkaminen	5	8	13

2.3.2 Aineiston määrä puutavaralajeittain

Keräilyajon aineisto oli yhteensä 2 660 m³. Tästä tukkipuun osuus oli 30 %, mäntykuitupuun 31 %, kuusikuitupuun 23 % ja lehtikuitupuun 16 %. Normaaliajosta aineistoa kertyi yhteensä 724 m³ (taulukko 2).

TAULUKKO 2 Tutkimusaineisto puutavaralajeittain keräily- ja normaaliajossa

Puutavaralajit	Keräilyajo				Normaaliajo			
	Puumäärä, m ³			Osuus, %	Puumäärä, m ³			Osuus, %
	Talvi	Kesä	Yht.		Talvi	Kesä	Yht.	
Mäntytukki	175	287	462	17	-	101	101	14
Kuusitukki	208	94	302	11	105	110	215	30
Vanerikoivu	49	11	60	2	-	-	-	-
Mäntykuitu 3 m	83	204	287	11	53	21	73	10
Mäntykuitu 4 m	44	-	44	2	-	-	-	-
Mäntykuitu 5 m	194	279	473	18	46	56	102	14
Kuusikuitu 3 m	156	130	286	11	15	14	28	4
Kuusikuitu 5 m	171	157	328	12	46	48	94	13
Koivukuitu 3 m	65	168	233	9	19	49	69	10
Koivukuitu 5 m	149	35	184	7	11	23	34	5
Muu lehtikuitu 5 m	-	-	-	-	-	8	8	1
Yhteensä	1 295	1 365	2 660	100	295	429	724	100

2.3.3 Aineiston määrä purkutavoittain

Keräilykuormien purkamisesta saatiin suurin aineisto kurottajalla purkamisesta, kun käytettiin vaakamittausta (21 %) tai useita mittaustapoja (29 %). Seuraavaksi yleisin menetelmä oli purkaminen auton omalla kuormaimella ilman mittausta (16 %). Myös normaalikuormilla suurin aineisto saatiin kurottajalla purkamisesta vaakamittausta (28 %) ja useita mittaustapoja (16 %) käyttäen. Kolmanneksi yleisintä oli kuorman purkaminen auton omalla kuormaimella tukkimittarille (17 %) (taulukko 3).

Aineisto jakautui hyvin moneen purku- ja mittaustapaan, jolloin menetelmäkohtainen puumäärä jäi pieneksi sekä keräilykuormilla että varsinkin normaalikuormilla.

TAULUKKO 3 Tutkimusaineiston määrä purku- ja mittaustavoittain

Purkutapa	Mittaustapa	Keräilykuormat			Normaalikuormat		
		Kuormia	Puumäärä		Kuormia	Puumäärä	
		kpl	m ³	%	kpl	m ³	%
Kurottaja	Vaakamitta	12	555	21	4	174	28
	Pinomitta	2	96	3	1	43	7
	Tukkimitari	4	191	7	1	50	8
	Useita	17	755	29	2	99	16
Pyöräkuormaaja	Vaakamitta	1	52	2	-	-	-
	Tukkimitari	2	94	3	-	-	-
Siltanosturi	Tukkimitari	-	-	-	1	58	9
Pudotus	Vaakamitta	1	43	2	1	44	7
Auton kuormain	Ei mitata	9	312	16	-	-	-
	Tukkimitari	3	150	5	2	107	17
Kaivinkone	Vaakamitta	1	46	2	-	-	-
Proomun nosturi	Ei mitata	1	53	2	-	-	-
Useita	Vaakamitta	2	88	3	-	-	-
	Pinomitta	1	44	2	-	-	-
	Useita	2	92	3	1	46	7
Yhteensä		58	2571	100	13	622	100

2.4 Keräilykuormien rakenne

Keräilykuormista noin kolmannes kerättiin kahdelta varastolta, reilu kolmannes kolmelta varastolta ja loput neljältä tai useammalta varastolta. Keskimäärin kuorman puut kerättiin 3,3:lta varastolta. Talvikaudella määrä oli keskimäärin 3,1 ja kesäkaudella 3,5 varastoa/kuorma (taulukko 4).

TAULUKKO 4 Kuormien jakauma varastojen määrän mukaan

Varastoja, kpl/kuorma	Kuormia, kpl			Kuormien osuus, %		
	Talvi	Kesä	Yht.	Talvi	Kesä	Yht.
2	9	10	19	31	32	32
3	14	8	22	48	26	37
4	3	5	8	10	16	13
5	-	5	5	0	16	8
6	2	3	5	7	10	8
7	1	-	1	3	0	2
Yhteensä	29	31	60	100	100	100

Keräilykuormat kerättiin kaikkiaan 198:lta varastolta. Yhdellä varastolla saattoi olla useita puutavaraeriä, keskimäärin varastolla oli 1,2 erää; kaikkiaan eriä oli 239 kappaletta (taulukko 5). Erän koko oli keskimäärin 11,1 m³. Talvella erät olivat suurempia (14,1 m³) kuin kesällä (9,3 m³).

TAULUKKO 5 Erien määrä ja keskimääräinen koko puutavaralajeittain keräilyajossa

Puutavaralajit	Eriä, kpl			Osuus, %	Erän koko, m ³		
	Talvi	Kesä	Yht.		Talvi	Kesä	Yht.
Mäntytukki	18	23	41	17	9,7	12,5	11,3
Kuusitukki	14	13	27	11	14,9	7,2	11,2
Vanerikoivu	4	2	6	3	12,3	5,4	10,0
Mäntykuitu 3 m	5	23	28	12	16,5	8,9	10,2
Mäntykuitu 4 m	3	-	3	1	14,7	-	14,7
Mäntykuitu 5 m	12	33	45	19	16,2	8,4	10,5
Kuusikuitu 3 m	15	20	35	15	10,4	6,5	8,2
Kuusikuitu 5 m	11	18	29	12	15,5	8,7	11,3
Koivukuitu 3 m	4	11	15	6	16,3	15,3	15,6
Koivukuitu 5 m	6	4	10	4	24,9	8,7	18,4
Yhteensä	92	147	239	100	14,1	9,3	11,1

Taulukossa 6 esitetään kuinka monesta eri puutavaralajista keräilykuormat koostuivat. Keskimäärin kuormassa oli 2,1 tavaralajia. Talvella määrä oli keskimäärin 1,8 ja kesällä 2,4 lajia/kuorma.

TAULUKKO 6 Puutavaralajien määrä keräilykuormissa

Puutavaralajit, kpl/kuorma	Kuormia, kpl			Kuormien osuus, %		
	Talvi	Kesä	Yht.	Talvi	Kesä	Yht.
1	11	5	16	38	16	27
2	13	12	25	45	39	41
3	5	11	16	17	35	27
4	0	3	3	0	10	5
Yhteensä	29	31	60	100	100	100

2.5 Kuorman koko

Keräilykuormat olivat pienempiä kuin normaalikuormat. Pienen aineiston perusteella ei voi kuitenkaan tehdä päätelmiä kuormien yleisestä koosta. Kuormien keskimääräisiä kokoja voidaan vertailla tarvittaessa puunhankkijoiden omilla, huomattavasti tätä tutkimusta laajemmilla aineistoilla.

TAULUKKO 7 Tutkimuskuormien määrä ja koko

		Kuormia, kpl	Kuorman koko, m ³
Keräilyajo	Kuormain mukana	56	45
	Kuormain ei mukana	4	40
Normaaliajo	Kuormain mukana	13	48
	Kuormain ei mukana	2	49

Tässä tutkimuksessa kuorman koolla ei ole ratkaisevaa vaikutusta ajanmenekkiä koskeviin tuloksiin. Varsinaisen kuormauksen ja purkamisen ajanmenekki lasketaan kuutiometriä kohden (min/m³), jolloin kuorman koon vaikutus poistuu. Muut työvaiheet lasketaan kuormaa kohden kuluvana aikana, mutta niiden ajanmenekki ei merkittävästi riipu kuorman koosta.

Kuorman koolla on toki ratkaiseva vaikutus autokuljetuksen kustannuksiin, mikä on otettava huomioon tulosten soveltamisessa esimerkiksi kustannuslaskentaan. Kuorman koon merkitystä käsitellään luvussa "Tulosten soveltaminen".

3 TULOKSET

3.1 Kuormaus

3.1.1 Varsinaisen kuormauksen ajanmenekki

Keräilykuormilla varsinaisen kuormauksen ajanmenekki oli 0,70 min/m³. Tulos on laskettu koko aineistosta ja perustuu taulukossa 2 esitettyyn puutavaralajijakaumaan.

Varsinaisen kuormauksen kokonaisaika on laskettavissa em. ajanmenekin ja kuorman koon avulla. Tutkimuksen aineistossa kokonaisaika oli keskimäärin 31,5 min/kuorma (0,70 min/m³ x 45 m³/kuorma).

3.1.2 Muiden kuormauksen työvaiheiden ajanmenekki

Kuormauksessa eroteltiin taulukossa 8 esitetyt työvaiheet. Keräilykuormien varastokohtainen aika (min/varasto) on saatu jakamalla kuormakohtainen aika keskimääräisellä varastojen määrällä (3,3 varastoa/kuorma).

TAULUKKO 8 Keräilykuormien kuormauksen muiden työvaiheiden ajanmenekki

Työvaihe	Keräilykuormat			Normaalikuormat	
	min/ kuorma	min/ varasto	%	min/ kuorma	%
Ajot varastolla	4,6	1,4	17	0,9	8
Yhdistelmän kääntäminen	1,0	0,3	4	0,0	0
Siirtokuormaus	3,5	1,1	13	0,0	0
Kuormaimen valmistelut	9,0	2,7	33	3,6	30
Kuormasiteiden kiinn./irr.	2,9	0,9	11	2,4	20
Peräv./pankkojen käsittely	1,7	0,5	6	1,6	13
Lumihaitta	0,0	0,0	0	0,0	0
Nipun osien merkintä	0,1	0,0	0	0,3	3
Muut valmistelut	0,4	0,1	1	0,4	3
Tiedonsiirto	0,9	0,3	3	0,6	5
Keskeytykset (< 15 min)	2,9	0,9	11	2,1	18
Yhteensä	27,3	8,3	100	11,9	100

Tulosten mukaan keräilyajossa muihin työvaiheisiin kului aikaa keskimäärin 8,3 minuuttia/varasto. Eniten aikaa kului kuormaimen valmisteluihin (33 %), ajoihin varastolla erien ja pinojen välillä (17 %), siirtokuormaukseen vetoautosta perävaunuun (13 %), kuormasiteiden irrotukseen ja kiinnitykseen (11 %) sekä keskeytyksiin (11 %).

Normaalikuormilla muihin työvaiheisiin kului aikaa keskimäärin 11,9 min. Eniten aikaa kului kuormaimen valmisteluihin (30 %), kuormasiteiden irrotukseen ja kiinnitykseen (20 %), keskeytyksiin (18 %) ja perävaunun tai pankkojen käsittelyyn (13 %).

Kuormaimen valmistelu kuormaus- ja kuljetuskuntoon vei suhteellisesti lähes saman ajan sekä keräily- että normaaliajossa. Varastolla ajoa oli keräilyajossa kaksinkertainen määrä normaaliajoon verrattuna. Kuormasiteiden irrotukseen ja kiinnitykseen sekä perävaunun ja pankkojen käsittelyyn meni suunnilleen sama aika (min/kuorma) kummassakin ajomuodossa. Keskeytysten suhteellinen osuus oli normaaliajossa selvästi suurempi.

3.1.3 Tulosten tarkastelua

Taulukossa 9 vertaillaan keräilykuormien ajanmenekkejä normaalikuormista v. 1995 ja 1999 saatuihin tuloksiin. Normaalikuormien varsinaista kuormausta koskeva ajanmenekki (min/kuorma) on laskettu keräilykuormien puutavaralajijakaumalla (taulukko 2) ja kuorman koolla (45 m³). Lisäksi oletetaan, että kaikissa tapauksissa kuormain kuljetetaan mukana, jolloin sen irrotus- ja kiinnitysaika ei ole mukana muissa työvaiheissa.

Keräilykuormilla varsinaisen kuormauksen ajanmenekki oli 0,03 min/m³ pienempi (4 %) kuin normaalikuormilla v. 1995 (ero -1,5 min/kuorma). Ero on pieni ja voi selittyä aineistojen välisellä vaihtelulla.

TAULUKKO 9 Kuormauksen ajanmenekin vertailua eri aineistoissa (kuorman koko 45 m³)

	Keräilykuormat				Normaalikuormat					
	1999				1999			1995		
	min/ m ³	min/ kuor- ma	min/ va- rasto	%	min/ m ³	min/ kuor- ma	%	min/ m ³	min/ kuor- ma	%
Varsinainen kuormaus	0,70	31,4	9,5	53	0,62	27,9	70	0,73	32,9	71
Muut työ- vaiheet	-	27,3	8,3	47	-	11,9	30	-	13,2	29
Yhteensä	-	58,7	17,8	100	-	39,8	100	-	46,1	100

Varsinaisen kuormauksen ajanmenekki oli keräilyssä 0,08 min/m³ suurempi (13 %) kuin normaalikuormilla vuonna 1999 (ero +3,5 min/kuorma). Normaalikuormien aineisto v. 1999 oli pieni, mikä voi osaltaan selittää tulosten eroa. Todellisen tasoeron osoittaminen on näin pienellä vertailuaineistolla vaikeaa.

Tekijöitä, jotka voisivat hidastaa varsinaista kuormasta keräilyajossa, ovat muun muassa:

- Pienet pinot ovat matalia, minkä takia kuormaimen liikerata on pidempi kuin kuormattaessa suuremmista pinoista. Pienemmät varastopinot lisäävät myös vajaiden kuormaintaakkojen osuutta.
- Pohjimmaisten pölkkyjen osuus on pienissä pinoissa suurempi ja niiden kuormaaminen voi olla hitaampaa esim. roskien välttämisen tai pölkkyjen kiinnijäätymisen takia.
- Keräilykuormissa on usein monia tavaralajeja, joiden erilläänpito ja järjestelyt voivat hidastaa työskentelyä. Lisäksi mänty- ja kuusitukkeja saatetaan lajitella kuormauksen aikana.

Varsinaisen kuormauksen ajanmenekki vaihtelee puutavaralajeittain. Tietyn puutavaralajin ajanmenekissä on puolestaan vaihtelua, joka johtuu muun muassa kuljettajien ja kaluston välisistä eroista sekä kuormausolosuhteiden (varastomuodostelma, kuormauspaikka, säätö jne.) vaihtelusta.

Tutkimusjärjestelyt eivät mahdollistaneet luotettavien puutavaralajikohtaisten ajanmenekkien laskentaa. Tähän tarkoitukseen aineisto jäi useimmilla tavaralajeilla liian pieneksi sekä puumäärän (taulukko 2) että kuljettajien määrän osalta. Puutavaralajikohtaista aineistoa saatiin keskimäärin vain 3,6 kuljettajalta/tavaralaji. Laskentaan soveltuvaa aineistoa pienensi edelleen se, että sekakuormilla varsinaista kuormausaikaa ei voitu aina luotettavasti kohdentaa eri puutavaralajeille.

Keräilykuormilla muihin työvaiheisiin kului 8,3 min yhdellä varastolla. Vastaava aika normaalikuormilla v. 1999 oli 11,9 min (ero +3,6 min) ja v. 1995 tutkimuksessa 13,2 min (ero +4,9 min). Osaltaan tulosten ero johtuu tutkimusaineistojen välisestä vaihtelusta. Eroja voi osittain selittää myös se, että vain kerran kuormaa kohden toistuvien työvaiheiden aika kohdistuu normaaliarjossa yhteen pysähdykseen. Keräilyajossa nämä ajat jakautuvat usealle pysähdykselle.

Keräilyajossa voidaan joissain tilanteissa käydä varastolla pelkällä vetoautolla, minkä voi olettaa nopeuttavan varastolla käyntiä. Tämä voi osaltaan lyhentää keskimääräistä varastolla pysähtymisaikaa.

3.2 Kuorman purkaminen

3.2.1 Varsinaisen purkamisen ajanmenekki

Keräilykuormilla varsinaisen purkamisen ajanmenekki oli 0,46 min/m³. Tulos on laskettu koko aineistosta ja perustuu taulukossa 4 esitettyyn purku- ja mitaustapojen jakaumaan.

Varsinaisen purkamisen kokonaisaika on laskettavissa em. ajanmenekin ja kuorman koon avulla. Tutkimuksen aineistossa kokonaisaika oli keskimäärin 20,7 min/kuorma (0,46 min/m³ x 45 m³/kuorma).

3.2.2 Purkamisen muiden työvaiheiden ajanmenekki

Kuorman purkamisessa eroteltiin varsinaisen purkamisen lisäksi taulukossa 10 esitetyt työvaiheet.

TAULUKKO 10 Kuorman purkamisen muiden työvaiheiden ajanmenekki keräily- ja normaalikuormilla

Työvaihe	Keräilykuormat		Normaalikuormat	
	min/kuorma	%	min/kuorma	%
Ajot	5,7	29	4,7	28
Yhdistelmän kääntäminen	0,1	1	0,0	0
Kuormaimen valmistelut	1,0	5	0,7	4
Kuormasiteiden kiinn./irr.	1,4	7	1,3	8
Peräv. ja pankkojen käsittely	0,3	2	0,4	2
Nipunosien merkintä	0,1	1	0,0	0
Mittaus	8,6	43	6,8	41
Tiedonsiirto	0,9	5	0,7	4
Muut	0,3	2	0,1	1
Keskeytykset (< 15 min)	1,4	7	1,8	11
Yhteensä	19,8	100	16,5	100

Keräilykuormilla muihin työvaiheisiin kului aikaa keskimäärin 19,8 ja normaalikuormilla 16,5 min/kuorma (ero 3,3 min/kuorma).

Rakenteeltaan muiden työvaiheiden ajanmenekki oli samankaltainen keräily- ja normaalikuormilla. Suurin osa ajasta kului mittaukseen (41 - 43 %) ja ajoihin purkupaikalla (28 - 29 %).

3.2.3 Tulosten tarkastelua

Taulukossa 11 vertaillaan keräilykuormien purkamisen ajanmenekkejä normaalikuormista v. 1995 ja 1999 saatuihin tuloksiin. Normaalikuormien varsinaista purkamista koskeva ajanmenekki (min/kuorma) on laskettu 45 m³:n kuorman koolla. Ajanmenekissä ei ole otettu huomioon aineistojen eroja puutavaralajien tai purku- ja mittaustapojen jakaumissa.

TAULUKKO 11 Kuorman purkamisen ajanmenekin vertailua eri aineistoissa (kuorman koko 45 m³)

	Keräilykuormat			Normaalikuormat					
	1999			1999			1995		
	min/m ³	min/kuorma	%	min/m ³	min/kuorma	%	min/m ³	min/kuorma	%
Varsinainen purkaminen	0,46	20,7	51	0,36	16,2	48	0,26	11,7	34
Muut työvaiheet	-	19,8	49	-	17,6	52	-	23,0	66
Yhteensä	-	40,5	100	-	33,8	100	-	34,7	100

Taulukon 11 vertailussa keräilykuormien varsinainen purku on hitaampaa kuin normaalikuormilla v. 1995 ja v. 1999. Myös muihin työvaiheisiin kului enemmän aikaa kuin v. 1999, mutta vähemmän kuin tuloksissa v. 1995.

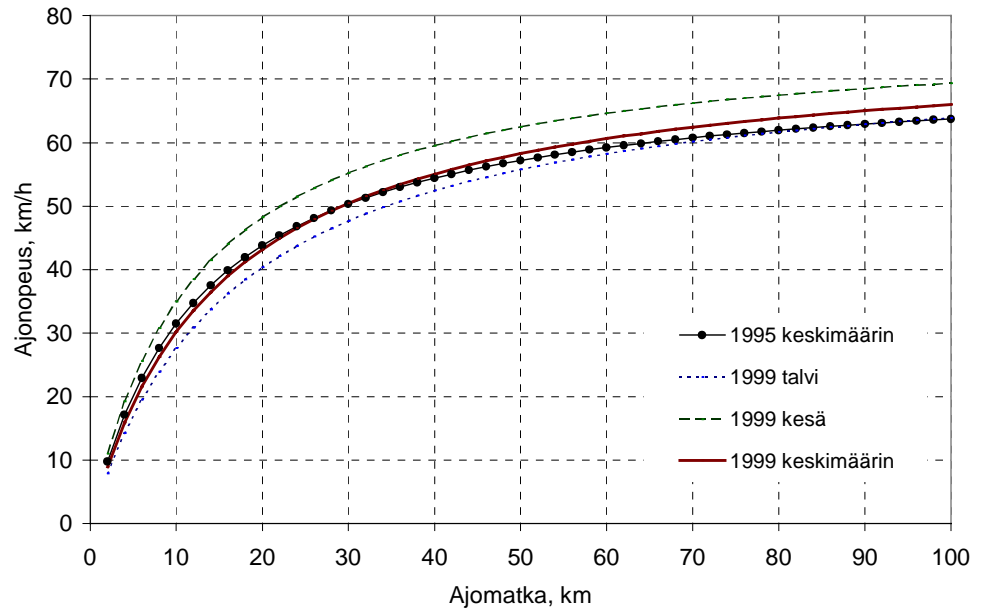
Saadut tulokset eivät kuitenkaan ole yleistettävissä. Purku- ja mittaustapojen eroilla sekä purkupaikan järjestelyillä on merkittävä vaikutus vertailussa esitettyihin tuloksiin. Pienen aineiston perusteella ei voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä keräily- ja normaalikuormien purkamisen ajanmenekkiä eroista. Tutkimusaineisto hajautui pieniin ositteisiin purku- ja mittaustavan mukaan (taulukko 3). Kun otetaan vielä huomioon, että aineisto jakautui usealle tuotantolaitokselle, vertailtavuus huononee entisestään.

Keräilykuormien purkaminen voi olla normaalikuormia hitaampaa, mikäli niissä on enemmän puutavaraeriä, jotka vaativat erillistä käsittelyä purkuvaiheessa.

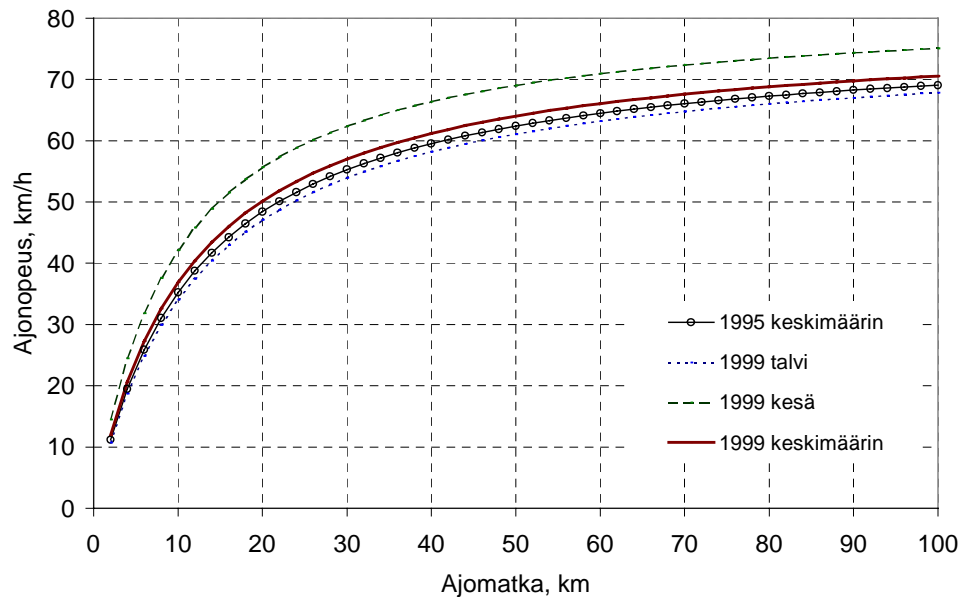
3.3 Kuormattuna- ja tyhjänäajo

3.3.1 Ajonopeudet eri matkoilla

Kuvissa 3 ja 4 esitetään ajonopeudet kuormattuna- ja tyhjänäajossa matkan funktiona. Tuloksia verrataan vuoden 1995 tuloksiin.



Kuva 3. Kuormattuna-ajon nopeudet matkan funktiona vuosina 1995 ja 1999.



Kuva 4. Tyhjänäajon nopeudet matkan funktiona vuosina 1995 ja 1999.

Vuoden 1999 keskimääräisen nopeuden laskennassa on talvikauden tulosta painotettu 60 % ja kesäkauden tulosta 40 %. Painotuksen arvioitiin vastaavan keskimääräisen kuljetussuoritteen jakautumista eri kausille.

Keskimääräinen tyhjänäajonopeus esimerkiksi 90 km:n matkalla oli 70 km/h ja kuormattuna-ajonopeus 65 km/h.

Ajonopeudet olivat kesällä suurempia kuin talvella. Esimerkiksi 90 km:n matkalla kuormattuna-ajo oli kesällä noin 6 km/h ja tyhjänäajo noin 8 km/h nopeampaa kuin talvella.

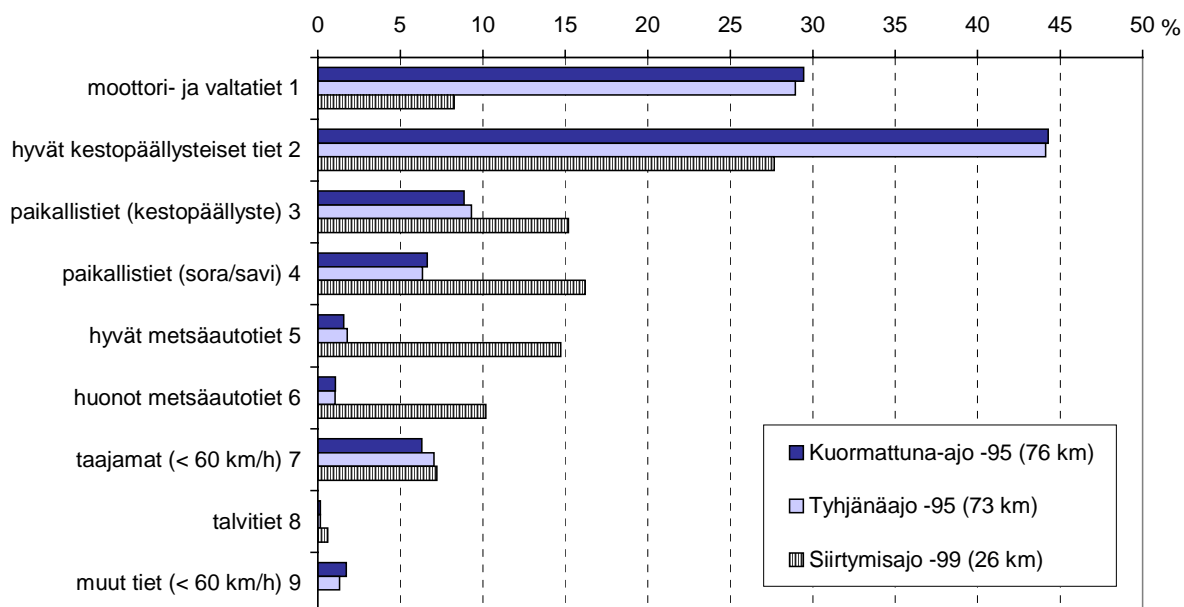
Tässä tutkimuksessa kuormattuna- ja tyhjänäajon aineistoa ei kerätty tieluokittain. Näin ollen v. 1999 ja 1995 nopeuden kuvaajat eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska tieluokkajakauma ei ole välttämättä sama eri tutkimuksissa. Keskimääräiset ajonopeudet ovat kuitenkin lähellä toisiaan.

Tulos vahvistaa käsitystä siitä, että vuoden 1995 ajonopeusfunktiot soveltuvat edelleen hyvin ajoaikojen laskentaan. Autokalustossa tai liikenneoloissa ei myöskään ole tapahtunut merkittäviä muutoksia vuoden 1995 jälkeen.

3.4 Siirtymisajo

3.4.1 Tieluokkien osuudet ajomatkoista

Siirtymisajomatkojen jakautuminen eri tieluokkiin esitetään kuvassa 5. Vertailuaineistona esitetään lisäksi vuoden 1995 tutkimuksen tieluokkajakauma kuormattuna- ja tyhjänäajossa.



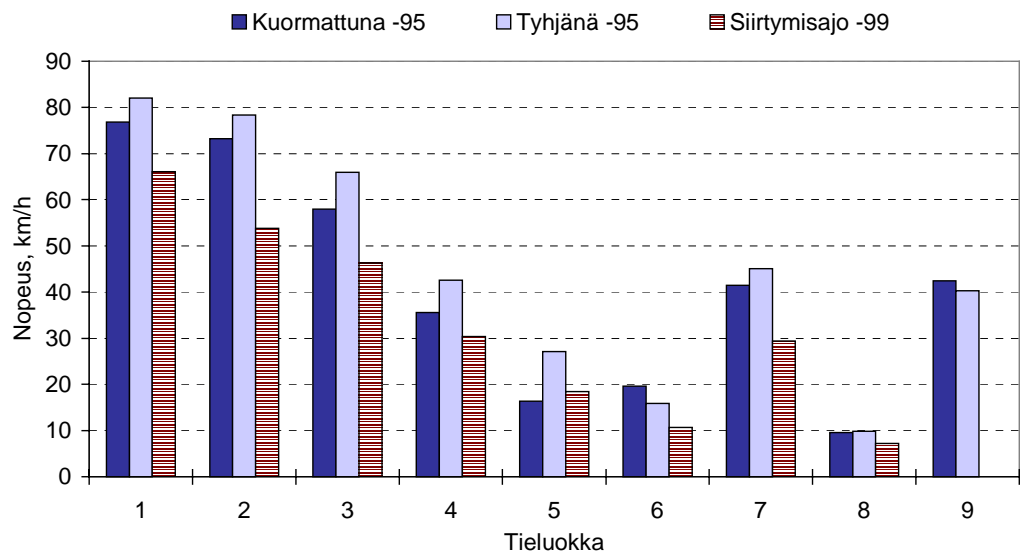
Kuva 5. Ajomatkojen jakautuminen eri tieluokkiin.

Siirtymisajoa oli keskimäärin 26 km/kuorma. Varastojen keskimääräinen etäisyys oli 11 km.

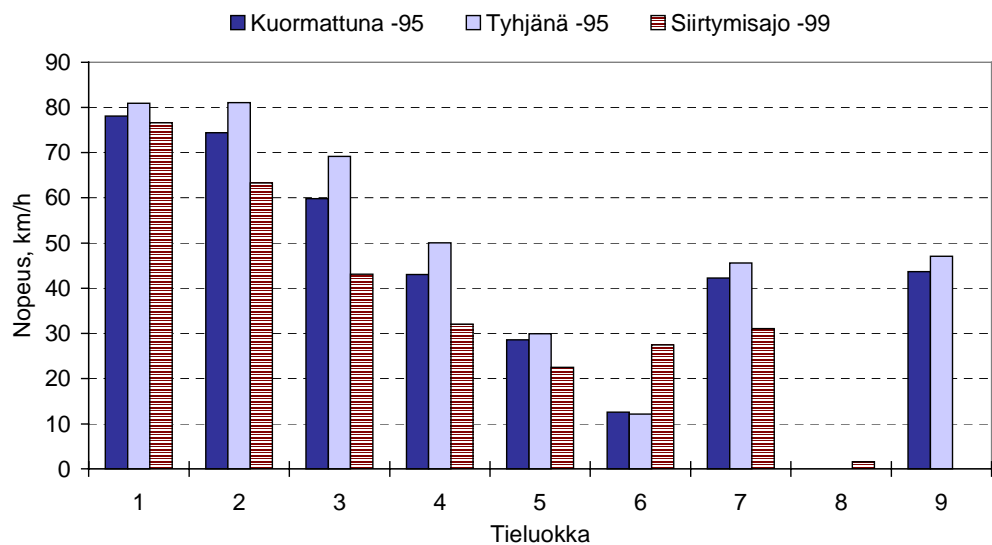
Siirtymisajosta noin 50 % tapahtui tieluokalla 4 tai sitä alempiasteisilla teillä. Tyhjänä- ja kuormattuna-ajosta näiden tieluokkien osuus oli noin 20 % v. 1995.

3.4.2 Ajonopeudet eri tieluokissa

Siirtymisajossa ajonopeudet laskettiin tieluokittain. Tuloksia verrataan kuvissa 6 - 7 vuoden 1995 kuormattuna- ja tyhjänäajon tuloksiin talvi- ja kesäkausilla. Tieluokat 1 - 9 on määritelty kuvassa 5.



Kuva 6. Talvikauden ajonopeudet tieluokittain eri tutkimusten mukaan.

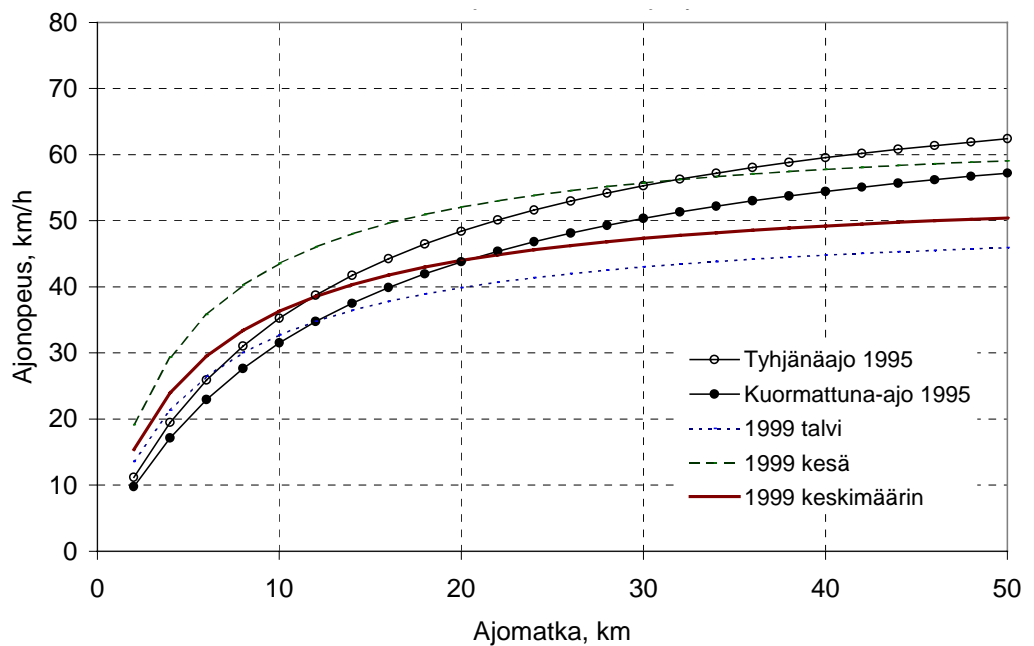


Kuva 7. Kesäkauden ajonopeudet tieluokittain eri tutkimusten mukaan.

Siirtymisajonopeudet näyttivät olevan lähes kaikissa tieluokissa hitaampia kuin tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeudet.

3.4.3 Siirtymisajonopeudet eri matkoilla

Siirtymisajosta varastopisteiden välillä saatiin runsaasti havaintoja, joiden avulla laadittiin ajonopeusfunktiot talvi- ja kesäkaudelle. Näistä laadittiin keskimääräinen funktio painottamalla talvikauden tulosta 60 %:lla ja kesäkauden tulosta 40 %:lla. Siirtymisajonopeudet varastopisteiden välillä esitetään kuvassa 8.



Kuva 8. Siirtymisajonopeudet (yhdistelmällä ja vetoautolla ajot yhdessä) matkan funktioina vuonna 1999 sekä tyhjänä- ja kuormattuna-ajonopeudet vuonna 1995.

Siirtymisajonopeutta voidaan verrata vuoden 1995 tyhjänä- ja kuormattuna-ajon nopeuksiin (kuva 8). Tulosten mukaan siirtymisajo oli hieman nopeampaa lyhyillä, alle 12 km:n matkoilla. Matkoilla 12 - 21 km siirtymisajo oli nopeampaa kuin kuormattuna-ajo mutta hitaampaa kuin tyhjänäajo. Yli 21 km:n matkoilla siirtymisajo oli hitaampaa kuin muut ajot.

Keskimääräinen siirtymisajoaika (S , min/siirtyminen) lasketaan funktiolla:

$$S = 5,82359 + 1,07424 * matka - 0,5 / (matka + 1)$$

$matka = \text{varastopisteiden välimatka, km}$

Ajonopeus voidaan laskea ajoajan ja -matkan avulla.

4 TULOSTEN SOVELTAMINEN

4.1 Autokuljetuksen kustannuslaskentaohjelma

Tutkimustulosten soveltamisesta autokuljetuksen kustannuslaskentaan tehtiin esimerkkisovellus Metsätehon kustannuslaskentaohjelmalla "MTAUTO 6/2000". Kuvassa 9 esitetään ohjelman rakenne ja laskentaperiaate.



Kuva 9. Autokuljetuskustannusten laskentaohjelman rakenne- ja laskentaperiaate.

Laskentaperusteiden eli työmäärän, yhdistelmän käytön ja työajan sekä kustannusten avulla sovellus laatii kustannuslaskelman. Kustannukset jaetaan A) ajasta, B) matkasta ja C) kuormaimesta syntyviin kustannuksiin. Nämä jaetaan kustannusfunktioiden avulla eri työvaiheille (1 - 5). Työvaiheiden kustannukset summataan, jolloin saadaan yhden kuorman kustannukset. Puutavaran yksikkökustannukset saadaan jakamalla kuorman kustannukset kuorman koolla.

4.2 Soveltamisperiaatteet

Edellä kuvatun kustannuslaskentaohjelman työmäärätietoihin lisättiin mahdollisuus syöttää seuraavat keräilyajoa kuvaavat tunnusluvut:

- keräilyajon osuus kuljetusmäärästä (%)
- varastopysähdyksiä keskimäärin (kpl/keräilykuorma)
- varastojen välinen matka keskimäärin (km).

Keräilyajo vaikuttaa yhdistelmän käytön ja työajan laskentaan. Vaikutukset lasketaan seuraavilla periaatteilla ja oletuksilla:

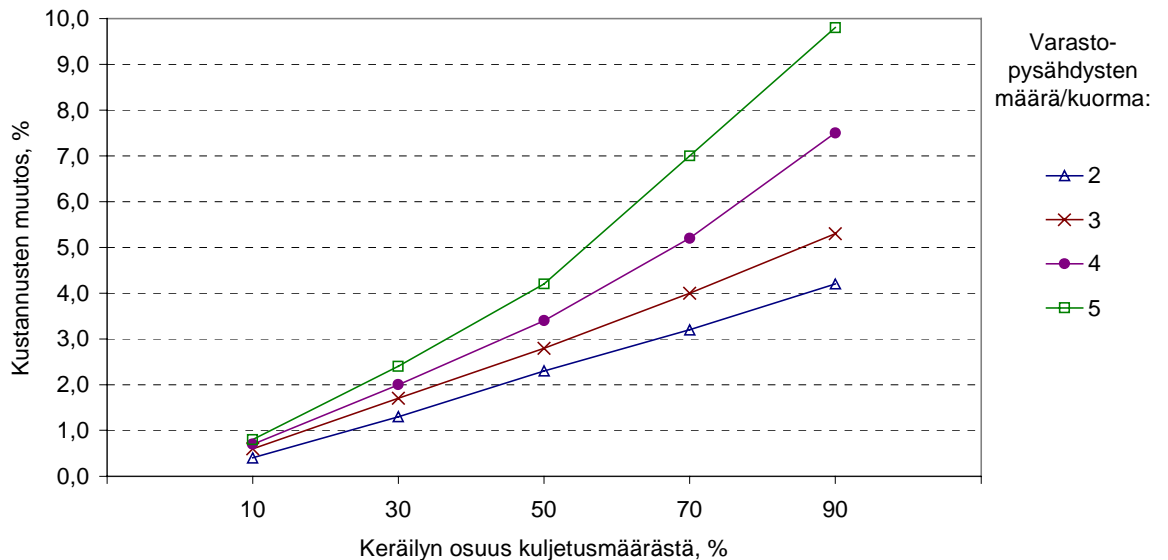
- Keräilyajossa kuorman kokoa pienennetään kuormaimen painon verran (3 000 kg).
- Siirtymisajon matka lasketaan varastopysähdysten määrän ja varastojen välisen matkan avulla (km/kuorma).
- Sekä tyhjänä- että kuormattuna-ajomatkoista vähennetään siirtymisajomatkan puolikas. Tällöin keskimääräinen kuljetusmatka säilyy ennallaan, mutta varastojen välisille siirtymisosuuksille voidaan laskea ajoaika tutkimuksesta saadulla funktiolla.
- Tyhjänä-, kuormattuna- ja siirtymisajolle lasketaan ajoaika. Yhden ajokerran kokonaisajoaika (min/kuorma) saadaan näiden summana.
- Varsinaisen kuormauksen aika (min/kuorma) lasketaan ajanmenekin (min/m³) ja kuorman koon avulla. Ajanmenekin (min/m³) oletetaan olevan sama kuin normaalikuormillakin. Ajanmenekki saadaan vuoden 1995 tutkimuksen puutavaralajikohtaisten ajanmenekkien painotettuna keskiarvona. Esimerkkilaskelmassa ajanmenekkinä käytetään 0,65 min/m³ (havupuutukin osuus 48 %, havukuitupuun 40 %, lehtipuutukin 3 % ja lehtipuukuidun 9 %).
- Kuormauksen muiden työvaiheiden aika (min/kuorma) lasketaan varastopysähdysten määrän ja ajanmenekin (8,3 min/pysähdys) avulla.
- Keräilykuormien kuormausvaiheessa lasketaan kuormaimen irrotuksessa ja kiinnittämisessä säästyvä aika (kuormain kuljetetaan mukana).

Keräilyajon kustannusvaikutukset lasketaan vertaamalla keräilyajoa sisältävää laskelmaa niin sanottuun peruslaskelmaan, jossa ei ole lainkaan keräilyajoa. Laskelmista saatujen kokonaiskustannusten erotus on keräilystä johtuvaa lisäkustannusta. Lisäkustannukset voidaan tarvittaessa kohdentaa keräilynä kuljetettaville puutavaraerille erikseen päätettävien aiheuttamisperiaatteiden mukaisesti.

4.3 Kustannusvaikutukset

Kuvassa 10 esitetään keräilyajon vaikutus kuljetuskustannuksiin muutamissa esimerkkitapauksissa. Laskentaperiaatteita on selitetty tarkemmin jo edellä.

Vertailulaskelmissa keräilyvarastojen väliseksi etäisyydeksi määritettiin 5 km, vuotuiseksi kokonaiskuljetusmääräksi 38 000 m³ ja keskimatkaksi 91 km. Kuorman koko oli normaaliajossa 42 tn ja keräilyajossa 39 tn.



Kuva 10. Keräilyajo-osuuden ja varastopysähdysten määrän vaikutus kuljetuskustannuksiin.

Kustannusten muutos-% kuvaa sekä kokonaiskustannusten että yksikkökustannusten nousua, joka aiheutuu keräilyajosta. Kustannusten noususta suurin osa aiheutuu hyötykuorman pienenemisestä. Oletuksena oli, että keräilykuorma on 3 tonnia pienempi, koska kuormainta joudutaan kuljettamaan auton mukana. Kahdella varastopysähdyksellä lisäkustannukset aiheutuvat käytännössä kokonaan kuorman pienenemisestä. Kolmella pysähdyksellä kuormaimesta johtuva osuus lisäkustannuksista on noin 80 %, neljällä noin 70 % ja viidellä noin 60 %. Loput lisäkustannuksista aiheutuvat kuormausvaiheen kuluvan ajan sekä siirtymisajon osuuden kasvusta, kun pysähdysten määrä kasvaa.

Taulukossa 12 esitetään muutamia esimerkkejä eri laskentatekijöiden muutoksen vaikutuksesta kustannuksiin. Vertailutasona on kuvassa 10 esitetyt kustannusvaikutukset.

TAULUKKO 12

Yksittäisen laskentatekijän muutoksen vaikutus kustannuksiin

Keräilyn osuus kuljetusmäärästä, %		10				50			
Eriä keräilykuormassa, kpl		2	3	4	5	2	3	4	5
		Kustannusten muutos, %							
Vertailutaso (erien välimatka 5 km, varsinainen kuormaus 0,65 min/m ³ , varastopysähdys 8,3 min, keräilykuorman koko 39 tn)		0,4	0,6	0,7	0,8	2,3	2,8	3,4	4,2
Muutos laskentatekijässä	A. Erien välimatka 15 km	0,5	0,6	0,7	0,9	2,4	3,0	3,7	5,1
	B. Varsinainen kuormaus 0,75 min/m ³ (muutos +15 %)	0,8	0,9	1,0	1,1	2,6	3,2	3,7	4,9
	C. Varastopysähdysten aika 12,5 min (muutos +50 %)	0,5	0,7	0,8	0,9	2,6	3,3	4,3	5,8
	D. Keräilykuorman koko 37 tn (muutos -5 %)	0,8	0,9	1,0	1,1	3,9	4,5	5,3	6,5

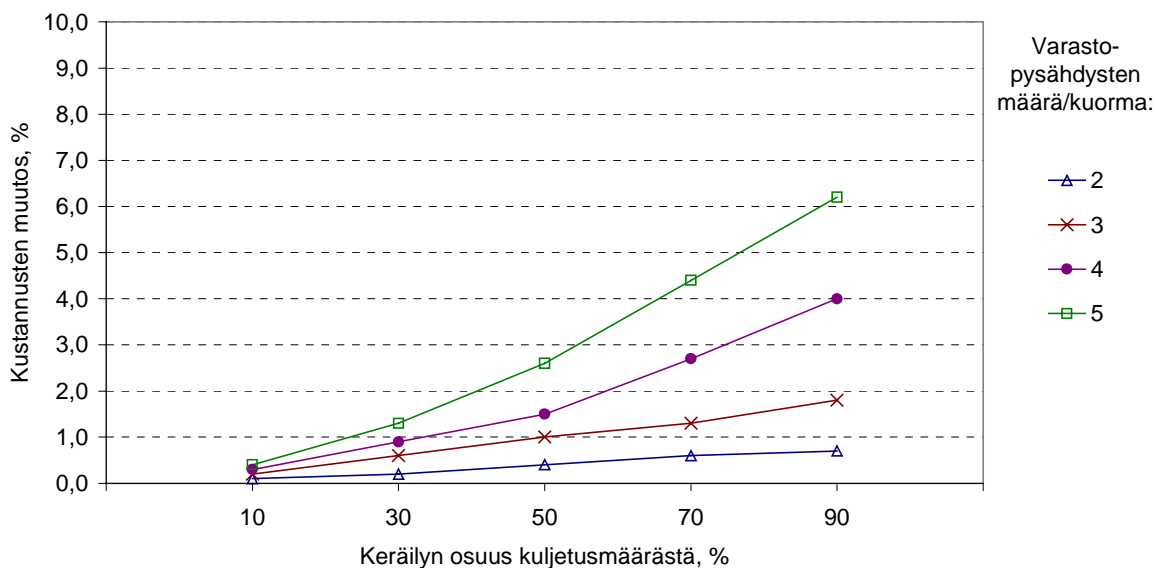
Varastojen välisen keskimääräisen siirtymisajomatkan piteneminen 15 km:iin ei juuri vaikuta kustannuksiin 10 %:n keräilyosuudella. Jos keräilyn osuus on 50 %, kustannukset nousevat 0,1 - 0,9 %-yksikköä erien määrästä riippuen vertailutasoon nähden.

Varsinaisen kuormauksen ajanmenekin nousu 15 %:lla (0,75 minuuttiin/m³) nostaa kustannuksia 0,3 - 0,4 %-yksikköä vertailutasoon nähden lukuun ottamatta viimeistä vaihtoehtoa.

Varastopysähdykseen kuluvan ajan nousu 50 %:lla (8,3 minuutista 12,5 minuuttiin) nostaa kustannuksia 10 %:n keräilyosuudella 0,1 %-yksikköä vertailutasoon nähden. 50 %:n keräilyosuudella nousu on 0,3 - 1,6 %-yksikköä riippuen erien määrästä.

Keräilykuormien koon pieneneminen 5 %:lla (39 tonnista 37 tonniin) nostaa kustannuksia 0,3 - 0,4 %-yksikköä vertailutasoon nähden, kun keräilyajon osuus on 10 %. Jos keräilyajon osuus on 50 %, kustannukset nousevat 1,6 - 2,3 %-yksikköä.

Kuvassa 11 esitetään esimerkkejä keräilyajon kustannusvaikutuksista, jos oletetaan, että kuormainta kuljetetaan jatkuvasti auton mukana sekä normaali-että keräilyajossa. Kuorman kokona laskelmissa on käytetty 39 tonnia. Kuormaimen irrottamisen ja kiinnittämisen jäädessä pois säästetään aikaa 14 min/kuorma.



Kuva 11. Keräilyajo-osuuden ja varastopysähdysten määrän vaikutus kuljetuskustannuksiin, kun kuormainta kuljetetaan mukana sekä normaali- että keräilyajossa (kuorman koko 39 tn).

Kun keräilyn osuus on 10 %, kustannukset nousevat 0,1 - 0,4 % riippuen erien määrästä. 50 %:n keräilyosuudella kustannusnousu on 0,4 - 2,6 % ja 90 %:n keräilyosuudella 0,7 - 6,2 %.

5 PÄÄTELMÄT

5.1 Kuormaus

Keräilyajon varsinaisen kuormauksen ajanmenekkiä (min/m^3) verrattiin vuosien 1995 ja 1999 normaaliajon tuloksiin, jotka oli laskettu keräilykuormia vastaavalla puutavaralajijakaumalla.

Vuoden 1995 tutkimusaineisto on laajin vertailuun soveltuva tutkimusaineisto. Varsinaisen kuormauksen ajanmenekki oli 4 % pienempi kuin normaalkuormilla v. 1995. Vertailu antaa perusteita olettaa, että varsinaisen kuormauksen ajanmenekki (min/m^3) on keräilykuormilla samalla tasolla kuin normaalikuormillakin.

Keräilykuormien vertailu vuoden 1999 normaalikuormiin puolestaan antaa viitteitä siitä, että varsinainen kuormaus olisi keräilyajossa hitaampaa kuin normaaliajossa (ero 13 %). Vertailuaineisto oli kuitenkin pieni, eivätkä tutkimusjärjestelyt mahdollistaneet tarkkojen vertailujen tekemistä. Vertailut tulisi tehdä huomattavasti suuremmalla kuljettaja- ja puumäärällä puutavaralajikohtaisesti.

Muiden työvaiheiden osalta tulokset näyttävät selkeiltä. Muuhun kuin varsinaiseen kuormaukseen kuluva aika saatiin kaikista varastopysähdyksistä. Tulosten mukaan yhteen varastopysähdykseen kului aikaa keskimäärin 8,3 minuuttia.

5.2 Kuorman purkaminen

Pienen aineiston perusteella ei voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä keräily- ja normaalikuormien purkamisen ajanmenekkieroista. Tutkimusaineisto hajautui pieniin ositteisiin purku- ja mittaustavan mukaan (taulukko 3). Kun otetaan vielä huomioon, että aineisto jakautui usealle tuotantolaitokselle, vertailtavuus huononee entisestään.

Keräilykuormien purkaminen voi olla normaalikuormia hitaampaa, mikäli niissä on enemmän puutavaraeriä, jotka vaativat erillistä käsittelyä purkuvaiheessa.

Purkamisen ajanmenekkiä tulisikin selvittää lisäaineistoilla. Oikea tutkimusjärjestely olisikin verrata keräily- ja normaalikuorman purkamista samalla vastaanottoaikalla samoilla purku- ja mittausten menetelmillä puutavaralajeittain.

5.3 Tyhjänä- ja kuormattuna-ajo

Autokalustossa tai liikenneoloissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia vuoden 1995 jälkeen. Tutkimuksen suunnitteluvaiheessa oletettiin, että vuoden 1995 tutkimustulokset kuormattuna- ja tyhjänäajonopeuksista edustavat edelleen riittävän hyvin nykyistä tasoa.

Tässä tutkimuksessa kuormattuna- ja tyhjänäajon aineistoa ei kerätty tieluokittain. Näin ollen v. 1999 ja 1995 nopeuden kuvaajat eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska tieluokkajakautuma ei ole välttämättä sama eri tutkimuksissa. Keskimääräiset ajonopeudet olivat kuitenkin lähellä toisiaan. Tulos vahvistaa oletusta siitä, että vuoden 1995 ajonopeusfunktiot soveltuvat edelleen hyvin ajoaikojen laskentaan.

5.4 Siirtymisajo

Tulosten mukaan siirtymisajo oli hieman nopeampaa kuin kuormattuna- tai tyhjänäajo lyhyillä, alle 12 km:n matkoilla. Matkoilla 12 - 21 km siirtymisajo oli nopeampaa kuin kuormattuna-ajo mutta hitaampaa kuin tyhjänäajo. Yli 21 km:n matkoilla siirtymisajo oli hitaampaa kuin muut ajot.

Siirtymisajossa hitaampien tieluokkien osuus ajomatkasta oli selvästi suurempi kuin kuormattuna- ja tyhjänäajossa.

5.5 Kustannusvaikutukset

Keräilyajon lisäkustannukset aiheutuvat pääasiassa kuormaimen mukana kuljettamisesta, varastopysähdyksiin kuluvan ajan kasvusta sekä siirtymisajon hitaudesta. Näistä kuormaimen mukana kuljettamisella on merkittävin kustannuksia nostava vaikutus.