

JANNE TOIKKA  
PERTTI VIRTALA

# Akselimassatutkimus 2013–2014

## PROJEKTIN LOPPURAPORTTI





Janne Toikka, Pertti Virtala

# Akselimassatutkimus 2013–2014

Projektin loppuraportti

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 67/2015

Liikennevirasto

Helsinki 2015

*Kannen kuva: Janne Toikka, Destia Oy*

Verkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-179-4

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

**Janne Toikka ja Pertti Virtala: Akselimassatutkimus 2013–2014 – Projektin loppuraportti.** Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 67/2015. 74 sivua ja 4 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-179-4.

**Avainsanat:** ajoneuvot, raskas liikenne, akselipaino, telipaino, kokonaispaino, kuormitus

## Tiivistelmä

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää raskaan ajoneuvoliikenteen keskimääräisiä akseli-, teli- ja kokonaispainoja sekä niiden jakaumia. Tutkimuksessa suoritettiin akselipainomittauksia 16 mittauspisteessä 5 eri alueella ympäri Suomea. Mittauspisteet sijoituivat pääasiallisesti valtatieverkolle, mutta mukana oli myös muutamia kanta- ja seututeitä. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin joulukuussa 2013 ja viimeiset lokakuussa 2014. Tutkimusaineistossa on havainnot 2372 ajoneuvosta. Tulosten perusteella päivitettiin ajoneuvotyypikohtaiset kuormituskertalukukertoimet.

Edellinen valtakunnallinen akselimassatutkimus on tehty Suomessa vuosina 1998–1999, jonka jälkeen ajoneuvokanta ja raskaan liikenteen akseliratkaisut ovat muuttaneet huomattavasti. Lisäksi uusi ajoneuvoasetus astui voimaan lokakuussa 2013, minkä johdosta suurimmat sallitut ajoneuvojen kokonaismassat nousivat. Suuremmilla kokonaismassoilla arveltiin olevan vaikutusta tie- ja katuverkon sekä siltojen kunnostus- ja ylläpitotarpeeseen.

Tutkimuksessa mitattiin raskaiden ajoneuvojen akselipainot yliajettavalla dynaamisella akselivaa’alla sekä mitattiin kaikkien ajoneuvojen akselivälit. Tämän lisäksi selvitettiin ajoneuvojen rengastyypit, jousitus, kuormausaste ja tavaralaji.

Tutkimuksen keskeisimpänä tuloksena voidaan pitää uusia kuormitusekvivalenttikertoimia, jotka määritettiin jokaiselle ajoneuvoryhmälle. Kuormitusekvivalenttien arvot on esitetty alla olevassa taulukossa.

Kuormausaste	Ajoneuvoryhmä			
	KAIP	KAPP	KAVP1	KAVP2
Tyhjät	0.62	0.48	0.69	0.70
Puolityhjät	0.70	1.02	1.60	1.01
Täydet	1.28	1.86	3.54	2.56
Keskimäärin	0.88	1.29	2.46	1.83

**Janne Toikka och Pertti Virtala: Undersökning om axelmassa 2013–2014 – Projektets slutrapport.** Trafikverket, teknik och miljö. Helsingfors 2015. Trafikverkets undersökningar och utredningar 67/2015. 74 sidor och 4 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-179-4.

## Sammandrag

Syftet med undersökningen var att ta reda på de genomsnittliga axel-, boggi- och totalvikterna inom den tunga fordonstrafiken och deras fördelning. Axelvikterna mättes vid 16 mätningstillfällen på 5 olika platser i Finland. Mätningstillfällena fanns huvudsakligen på riksvägar, men också på några stam- och regionvägar. De första mätningarna gjordes i december 2013 och de sista i oktober 2014. Undersökningsmaterialet omfattar observationer från 2 372 fordon. På basis av resultaten uppdaterade man koefficienterna för belastningsantalet enligt fordonstyp.

Den föregående, riksomfattande undersökningen om axelmassa i Finland gjordes 1998–1999, varefter fordonsbeståndet och den tunga trafikens axellösningar har förändrats betydligt. Dessutom trädde den nya fordonsförordningen i kraft i oktober 2013, enligt vilken fordonens största tillåtna totalmassa ökade. Man antog att de större totalmassorna skulle inverka på drifts- och underhållsbehovet på väg- och gatunätet samt på broarna.

I undersökningen mätte man de tunga fordonens axellast med en dynamisk axelvåg, som man körde över, och mätte alla fordonens axelavstånd. Dessutom tog man reda på fordonens däcktyp, fjädring, lastningsgrad och typ av gods.

Det viktigaste resultatet av undersökningen kan anses vara de nya koefficienterna för belastningsekvivalenter, som fastställdes för varje fordonstyp. Belastningsekvivalenternas värden framgår av tabellen nedan.

Lastningsgrad	Fordonsgrupp			
	KAIP	KAPP	KAPV1	KAPV2
Tomma	0.62	0.48	0.69	0.70
Halvtomma	0.70	1.02	1.60	1.01
Fulla	1.28	1.86	3.54	2.56
I medeltal	0.88	1.29	2.46	1.83

**Janne Toikka and Pertti Virtala: Axle Weight Study 2013–2014 – Project report.** Finnish Transport Agency, Technology and Environment. Helsinki 2015. Research reports of the Finnish Transport Agency 67/2015. 74 pages and 4 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-179-4.

## Summary

The purpose of this work was to find out the average axle, bogey and total weights of heavy vehicles. Studies were conducted in 16 locations in 5 different areas around Finland. The measurement points were located mainly on main roads, but there were also a few measurement points on smaller regional roads. The first measurements were done in December 2013 and the last measurements in October 2014. The final data cover results of 2 372 heavy vehicles. Based on analyzed data the ESAL factors (i.e. equivalence single axle load) are updated for all main vehicle types.

The previous national axle weight study in Finland was carried out from 1998 to 1999. Vehicles and axle solutions have changed remarkably after previous study. In addition the new regulation was introduced in Finland in October 2013. This allowed a heavier total maximum weight for heavy vehicles. It has been figured, that the heavier weights will affect resources, which have to be reserved for road, street and bridge maintenance and repairing.

The axle weights of heavy vehicles were measured by using dynamic axle balance. And the distance between axles was measured by using laser sensor as distance meter. In addition tire types, suspension type, load fullness and load type were registered.

The most concrete outcome of this study was the updated ESAL values, which were defined to every vehicle group. ESAL vales are presented in Table below.

Load	Vehicle group			
	Trucks	Semitrailers	Full trailers	Modules
Empty	0.62	0.48	0.69	0.70
Semi full	0.70	1.02	1.60	1.01
Full	1.28	1.86	3.54	2.56
Average	0.88	1.29	2.46	1.83

## Esipuhe

Tässä julkaisussa raportoitu Destia Oy:n toteuttama Akselimassatutkimus 2013–2014 oli keskeinen osa tutkimusohjelmaa Akselimassatutkimukset 2013–2014. Destia Oy:n tutkimusosuuden lisäksi tutkimusohjelmaan kuului silta-WIM (weigh-in-motion) -mittauksia, joissa mittauskonsulttina toimi Trafikia Ab Ruotsista. Tutkimusohjelman ohjausryhmässä oli mukana Liikenneviraston asiantuntijoiden lisäksi sidosryhmien edustajia Trafista, Kuntaliitosta, Metsäteollisuudesta ja Metsätehosta sekä Aalto-yliopistosta. Liikenneviraston projektipäällikkö tutkimuksessa oli Timo Tirkkonen ja Destia Oy:ssä projektipäällikkönä toimi Janne Toikka.

Akselimassatutkimusten mittaustuloksia on jo käytetty hyväksi Liikennevirastossa mm. siltojen suunnittelukuormia tarkennettaessa. Niitä tullaan edelleen käyttämään mm. tierakenteiden ja siltarakenteiden kestävyuden arviointiin. Tämän julkisen tutkimusraportin kautta tutkimustieto pyritään levittämään kaikille tiedon tarvitsijoille riittävän tarkassa muodossa. Vastaavan tyyppistä kokoomaraporttia ollaan valmistellessa myös silta-WIM-mittausten osalta.

Helsingissä joulukuussa 2015

Liikennevirasto  
Tekniikka ja ympäristö -osasto/Taitorakenneyksikkö



# Sisällysluettelo

1	MITTAUKSET .....	9
1.1	Yleistä .....	9
1.2	Mittauspaikat ja -ajat.....	10
1.3	Mittausten suorittaminen .....	13
1.3.1	Mittausjärjestelyt ja laitteisto.....	13
1.3.2	Liikenteenohjaus .....	15
1.3.3	Mittaustapahtuma.....	16
1.4	Mitattavat suureet .....	18
1.5	Laskennalliset suureet.....	19
1.6	Luokitteluperusteet.....	20
2	TULOKSET .....	23
2.1	Ajoneuvojen määrä .....	23
2.2	Akseleiden määrä .....	26
2.3	Kokonaismassat.....	28
2.3.1	Mittauspaikoittain.....	28
2.3.2	Tavaralajeittain.....	29
2.3.3	Kokonaismassajakaumat .....	29
2.3.4	Kokonaismassajakaumat ajoneuvoryhmissä .....	31
2.3.5	Kokonaispaino vs. kuormausaste.....	34
2.4	Akselimassat .....	37
2.4.1	Keskiarvot taustamuuttujittain.....	37
2.4.2	Jakaumat ajoneuvoryhmittäin .....	39
2.4.3	Jakaumat vs. rengastus.....	43
2.4.4	Jakaumat vs vetotapa .....	45
2.4.5	Jakaumat vs jousitus .....	46
2.4.6	Jakaumat vs. kuormausaste .....	47
2.5	Kuormitusekvivalentit .....	50
2.5.1	Laskentaperusteet.....	50
2.5.2	Akselistoratkaisujen kuormitusvastaavuus.....	52
2.5.3	Kuormitusvastaavuus ajoneuvoryhmittäin .....	54
2.5.4	Kuormitusvastaavuus tavaralajeittain .....	56
2.5.5	KAIP .....	58
2.5.6	Muut ajoneuvoryhmät .....	59
2.6	Kuormitusekvivalenttikertoimien muutokset.....	60
2.7	Muita kuormitusvastaavuuskertoimia .....	62
3	SIMULOINTITARKASTELUJEN LÄHTÖTIETOJA.....	64
3.1	Perävaunuttomat kuorma-autot .....	64
3.1.1	Akselivälit ja keskimääräiset akselimassat .....	64
3.1.2	Akselimassojen jakaumat.....	64
3.2	KAPP-ryhmä .....	67
3.2.1	Akselivälit ja keskimääräiset akselimassat .....	67
3.2.2	Akselimassojen jakaumat.....	67
3.3	Perävaunulliset kuorma-autot .....	69
3.3.1	Akselivälit ja keskimääräiset akselimassat .....	69
4	TULOSTEN LAADUNVARMISTUS .....	72
4.1	Yleinen laadunvarmistus.....	72
4.2	Tulosten käsittelyssä havaitut virheet.....	72

4.3	Mittaustulosten toistettavuus .....	72
-----	-------------------------------------	----

LÄHDELUETTELO .....	74
---------------------	----

#### LIITTEET

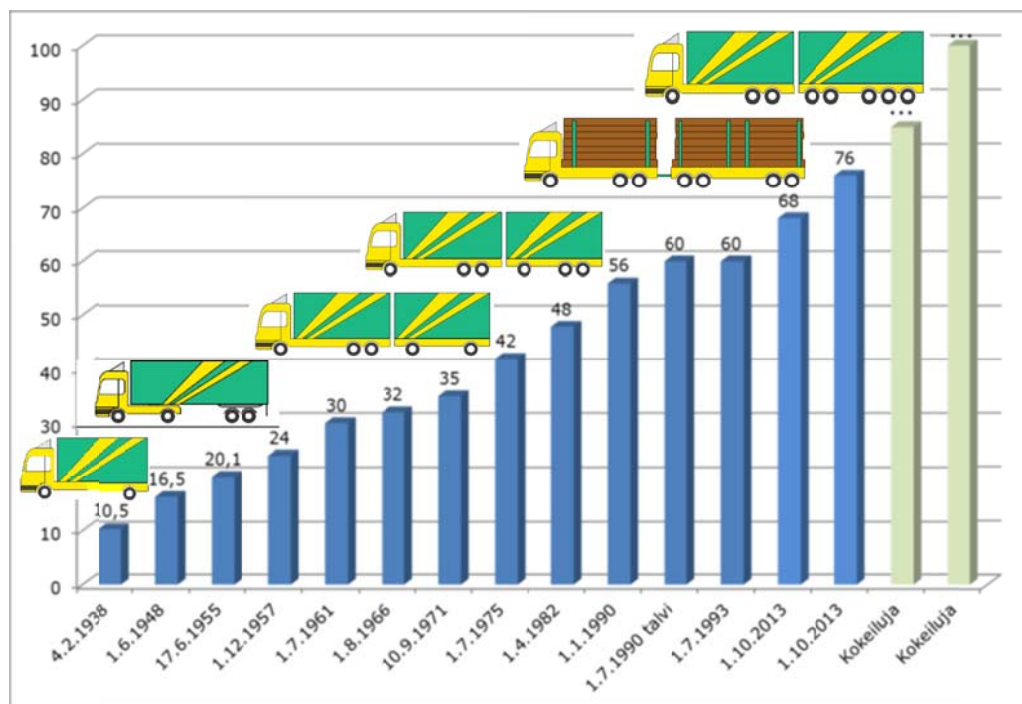
Liite 1	Mittauspisteiden tarkemmat sijainnit kartalla mittausalueittain
Liite 2	Mittausesitys
Liite 3	Liikenteenohjaussuunnitelma
Liite 4	Kuormituskertalukujen laskentamenetelmien vertailu

# 1 Mittaukset

## 1.1 Yleistä

Suomessa käytettävän raskaan ajoneuvoliikenteen suurimmat sallitut mitat sekä akseli-, teli- ja kokonaismassat on säädetty ajoneuvoasetuksessa. Massoihin ja mittoihin liittyviä asetuksia on annettu useita menneiden vuosikymmenien aikana. Suurimmat teli- ja kokonaismassat nousivat ajoneuvoasetuksen muuttuessa 1.10.2013 alkaen, minkä jälkeen Suomessa on saanut ajaa entistä raskaammalla kalustolla. Muutoksella on arveltu olevan vaikutusta tie- ja katuverkon sekä ja silta-rakenteiden kunnossa- ja ylläpitotarpeeseen. Kuvassa 1 on esitetty raskaiden ajoneuvojen suurimpien sallittujen kokonaismassojen kehitys Suomessa vuosina 1938–2014.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli mittauksin selvittää raskaan liikenteen keskimääräisiä akseli-, teli- ja kokonaispainoja sekä niiden jakaumia. Lisäksi mittaus-tulosten perusteella on määritelty uudet kuormitusekvivalenttikertoimet ajoneuvo-luokittain.



Kuva 1. Raskaiden ajoneuvojen suurimpien sallittujen kokonaismassojen kehityshistoriaa aikavälillä 1938–2013.

## 1.2 Mittauspaikat ja -ajat

Akselipainotutkimuksen mittaukset ajoittuivat ajoneuvoasetuksen muutoksen jälkeiseen aikaan. Ensimmäiset mittaukset tehtiin joulukuussa 2013 Uudenmaan ja Varsinais-Suomen ELY-keskusten alueilla. Vuonna 2014 mittauksia jatkettiin Kaakkois-Suomen ja Keski-Suomen sekä Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskusten alueilla.

Jokaisella mittausalueella tutkimuksia tehtiin kolmessa päivittäin vaihtuvassa mittauspisteessä siten, että yhdessä pisteessä mittauksia tehtiin yhden päivän aikana klo 6:00–20:00 välisenä aikana. Tämän lisäksi tutkimuksen lopuksi mitattiin yksi yksittäinen mittauspiste. Kaikkiaan mittauksia suoritettiin 16 mittauspisteessä.

Mittaukset suoritettiin tieverkolla olevilla levähdysalueilla, joille tutkimukseen valitut ajoneuvot ohjattiin. Mittauspisteiden valinta pyrittiin tekemään siten, että valta-, kanta- ja seututiet ovat kaikki edustettuina mittausohjelmassa. Valitun pisteen lähistöllä tuli sijaita LAM-piste, jonka liikennemäärätietojen perusteella tulokset olisivat laajennettavissa koko liikenteelle. Lisäksi pisteistöön haluttiin mukaan yksi tai useampi mittauspiste edellisen vuosina 1998–99 toteutetun akselimassatutkimuksen mittauspisteistä.

Mittauspisteiden käytännön valintaa rajoittivat lisäksi levähdysalueiden koko, näkemät sekä tie- ja levähdysalueen valaistus. Alueen tuli olla riittävän suuri, jotta käytettävä mittauskalusto saatiin mahtumaan sinne. Lisäksi toivomuksena oli, että alueelle voitaisiin ohjata samanaikaisesti kaksi ajoneuvoyhdistelmää peräkkäin. Tästä tosin jouduttiin tinkimään alemmalla tieverkolla olevien pienempien P-alueiden tapauksessa. Lisäksi alueen valaistusta pidettiin tärkeänä liikenneturvallisuuden vuoksi syksyllä mitattujen pisteiden osalta.

Mittausohjelma muodostettiin siten, että jokaiselta mittausalueelta valittiin kolme erillistä mittauspistettä, jotka sijaitsivat suhteellisen lähellä toisiaan. Tällöin siirtymät pisteiden välillä pysyivät suhteellisen pieninä ja mittausjärjestelyiden purkamisen ja siirtäminen uuteen mittauspaikkaan onnistui yön aikana ennen seuraavan mittauspäivän alkua.

Pisteiden alustava valinta tehtiin yhdessä Liikenneviraston kanssa toimistolta käsin. Tällöin valittiin jokaiselta mittausalueelta em. reunaehtojen ja karttatarkastelun perusteella ensisijaiset mittauspisteet ja näille varapisteet. Alustavan pistevalinnan jälkeen kaikille pisteille tehtiin maastokäynnit, joiden aikana arvioitiin pisteiden soveltuvuutta tutkimuspisteiksi. Arvioinnissa kiinnitettiin huomioita sekä turvallisuusasioihin (mm. näkemät, valaistus, raskaan liikenteen poistumisen onnistuminen, ts. poistuminen ei onnistu helposti vastamäkeen) sekä mittausteknisiin asioihin (mm. asfaltoinnin tasaisuus oletetussa vaa'an sijaintikohdassa, alueen tilavuus). Maastokäyntien perusteella tehtiin päätökset lopullisista mittauspisteistä.

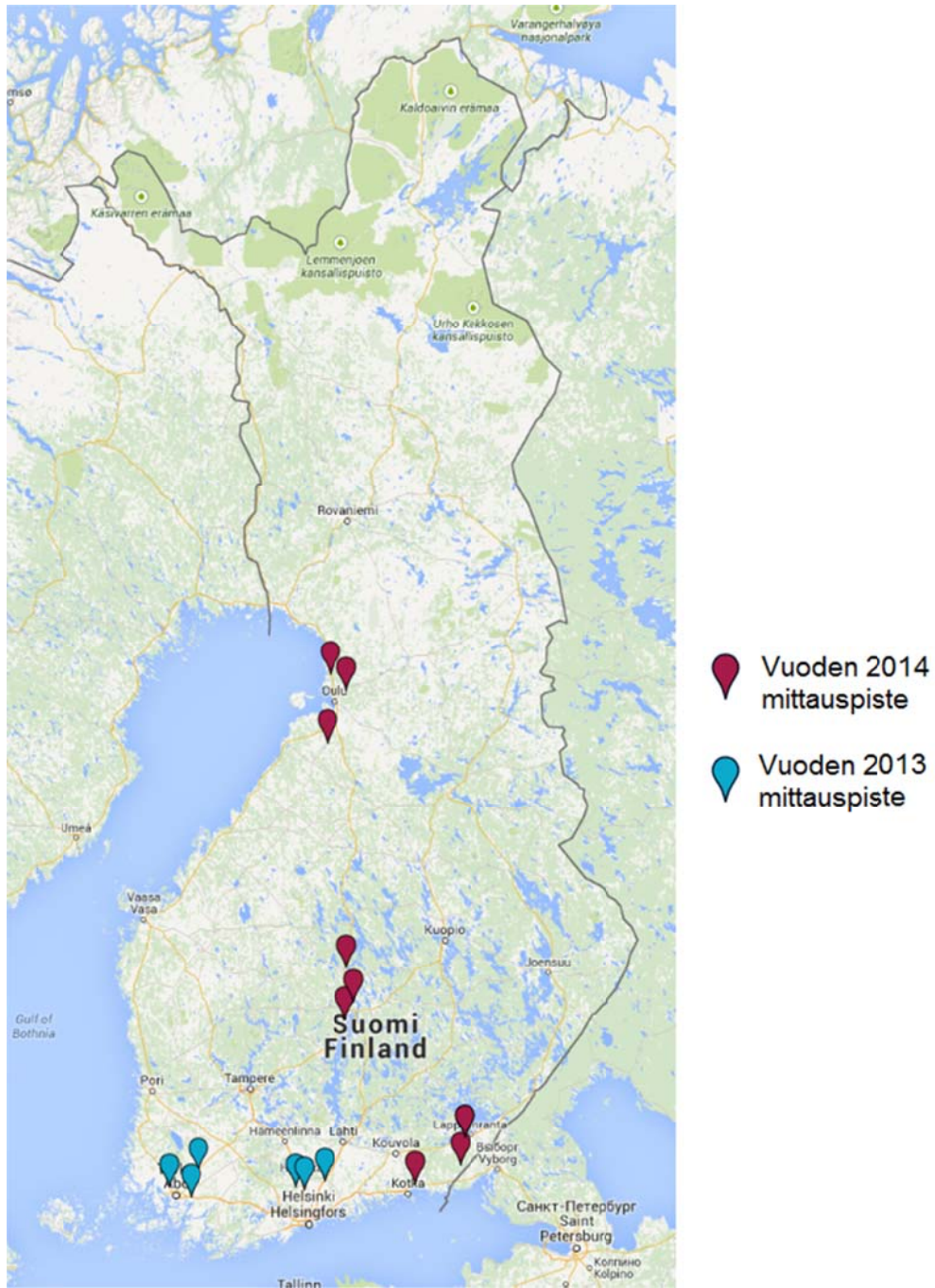
Tavoitteena oli päivittäinen mittausaika klo 6:00–20:00, mutta tavoitteesta jouduttiin hiukan tinkimään. Suurimpana syynä tähän olivat sääolosuhteet, joiden johdosta mittauksia ei voitu aloittaa ajoissa tai mittaukset jouduttiin lopettamaan aiottua aiemmin. Lisäksi kertaalleen mittaukset jouduttiin keskeyttämään liikenteen ruuhkahuipun ajaksi, jotta mittauspisteen ohikulkeva liikenne ei jonoutunut liikaa mittausjärjestelyiden johdosta.

Mittauspisteiden sijainnit on esitetty alueittain alla olevassa taulukossa 1.

Taulukko 1. Mittauspisteiden sijainnit

Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Uusimaa</b>						
10.12.2013	Piste 1	Mäntsälä	4 / 111 / 1776	1 (ts. Hki -> Lahti)	60.60469	25.25678
11.12.2013	Piste 2	Karhunkorpi	3 / 106 / 5700	1 (ts. Hki -> Hämeenlinna)	60.50636	24.84976
12.12.2013	Piste 3	Hyvinkää	25 / 29 / 4050	1 (ts. Lohja -> Hyvinkää)	60.53326	24.68376
Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Varsinais-Suomi</b>						
17.12.2013	Piste 4	Masku	8 / 104 / 1180	1 (ts. Turku -> Rauma)	60.53956	22.13189
18.12.2013	Piste 5	Pöytyä	9 / 109 / 3215	1 (ts. Turku -> Loimaa)	60.70270	22.72438
19.12.2013	Piste 6	Makarla	1 / 31 / 2250	2 (ts. Turku -> Makarla)	60.44509	22.56111
Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Kaakkois-Suomi</b>						
20.5.2014	Piste 7	Montola, länsi	6 / 215 / 1664	1 (ts. Kouvola -> Lappeenranta)	61.02883	28.07165
21.5.2014	Piste 8	Montola, itä	6 / 215 / 2230	2 (ts. Lappeenranta -> Kouvola)	61.03150	28.08060
22.5.2014	Piste 9	Jokimies	387 / 7 / 4396	1 (ts. Lappeenranta -> Vaalimaa)	60.75636	27.98666
Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Keski-Suomi</b>						
3.6.2014	Piste 10	Tommoissuo	9 / 233 / 6645	2 (Jyväskylä -> Muurame)	62.16117	25.67927
4.6.2014	Piste 11	Tiituspohja	637 / 2 / 3624	2 (ts. Laukaa -> Jyväskylä)	62.3188	25.85098
5.6.2014	Piste 12	Mämmensalmi	4 / 309 / 4800	1 (ts. Jyväskylä -> Oulu)	62.64173	25.69722
Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Pohjois-Pohjanmaa</b>						
7.10.2014	Piste 13	Kiiminki	20 / 5 / 916	2 (Kiiminki -> Oulu)	65.10936	25.71750
8.10.2014	Piste 14	Haukipudas	4 / 407 / 4702	1 (Oulu -> Kemi)	65.23992	25.38805
9.10.2014	Piste 15	Liminka	86 / 25 / 2641	2 (ts. Liminka -> Paavola)	64.65920	25.32602
Pvm.	Tutkimuspiste	Paikka	Tieosoite	Suunta	GPS-koordinaatit	
<b>Kaakkois-Suomi</b>						
30.11.2014	Piste 16	Summa	7 / 32 / 3969	1 (ts. Kotka -> Hamina)	60.56848	27.07730

Mittauspisteiden sijainnit on esitetty myös kuvassa 2 olevassa kartassa. Tarkemmat mittausaluekohtaiset kartat on esitetty liitteessä 1.



Kuva 2. Kartta akselipainotutkimuksen mittauspisteiden sijainneista.

## 1.3 Mittausten suorittaminen

### 1.3.1 Mittausjärjestelyt ja laitteisto

Akselimassojen mittaukset suoritettiin dynaamisella Dini Argeon valmistamalla WWSD10T-vaakalaitteistolla, johon kuului 2 kpl WWSD10T-akselivaakoja (Kuva 3) ja 3590EKRo9P-näyttösalkku (Kuva 4). Molemmat vaakalevyt kytkettiin laitteiston mukana tulleilla johdoilla näyttösalkkuun, joka puolestaan kytkettiin RS232 sarjakaapelilla mittaustietokoneeseen. Vaa'an mittaustulokset luettiin automaattisesti sarjajaportin kautta tietokoneessa olevaan mittaushjelmistoon ja tulokset tallennettiin samaan tietokantaan muiden mittaustulosten kanssa.



Kuva 3. WWSD10T vaakalevy.



Kuva 4. 3590EKRo9P näyttösalkku

Ajoneuvojen akselivälit mitattiin Noptelin CM3 Distance Sensors -laitteistolla (kuva 5), joka oli myös kytketty mittaustietokoneeseen. Integroimalla mittauslaitteistot yhdeksi kokonaisuudeksi tulokset saatiin automaattisesti siirrettyä mittausohjelmistoon ja näin välttyttiin mahdollisilta näppäilyvirheiltä tulosten kirjauksessa.



*Kuva 5. Etäisyysmittari akselivälien mittaukseen.*

Dynaamista akselimassojen mittausta varten vaa'an molemmille puolille oli rakennettu ajorampit (Kuva 6), joiden avulla mitattava ajoneuvo oli koko mittauksen ajan samassa tasossa vaa'an kanssa eikä ajoneuvo heilahdellut ajaessaan vaakalaitteiston ylitse. Dynaamisessa mittauksessa mitattavien ajoneuvojen kuljettajia ohjeistettiin ajamaan hiljaa pysähtymättä ja tasaisella nopeudella vaakojen ylitse. Ylitysnopeuden tuli mittauksen aikana olla alle 10 km/h.



*Kuva 6. Akselivaa'an ympärille rakennetut ajorampit.*



Mittaustietokone ja muu tutkimuksessa käytettävä laitteisto oli sijoitettu toimisto- ja sosiaalitalana käytettyyn matkailuautoon (Kuva 7). Vaakalaitteisto ajoramppeineen ja asennuksessa tarvittavine työkaluineen kulki mittauspisteiden välillä peräkärryissä.



Kuva 7. Matkailuauto toimisto- ja sosiaalitalana.

### 1.3.2 Liikenteenohjaus

Akselipainomittauksia tehtiin raskaalle liikenteelle, jolloin mittauspisteen ohitse kulkevasta liikenteestä poimittiin mitattaviksi kuorma-autot, puoliperävaunu- ja täysperävaunuyhdistelmät sekä erilaiset moduuliyhdistelmät. Varsinaiset mittaukset suoritettiin tien viereen perustetuilla mittauspisteillä, jotka sijaitsivat levähdysaluilla. Pääsääntöisesti kaikki em. ajoneuvoryhmiin kuuluvat ajoneuvot pyrittiin punnitsemaan, mutta mikäli tutkimusalueelle ei mahtunut tai siellä oli jo yksi ajoneuvo jonossa tutkimukseen, niin tällöin myös raskaat ajoneuvot ohjattiin mittauspisteen ohitse.

Liikenteenohjaaja ohjasi tutkimukseen poimitun raskaan ajoneuvon mittauspisteelle, missä kuljettajalle ojennettiin akselipainotutkimuksen tutkimusesite ja häntä informoitiin lyhyesti tutkimuksesta. Tutkimus oli vapaaehtoinen, joten halutessaan kuljettajan ei tarvinnut osallistua tutkimukseen. Käytetty tutkimusesite on esitelty liitteessä 2.

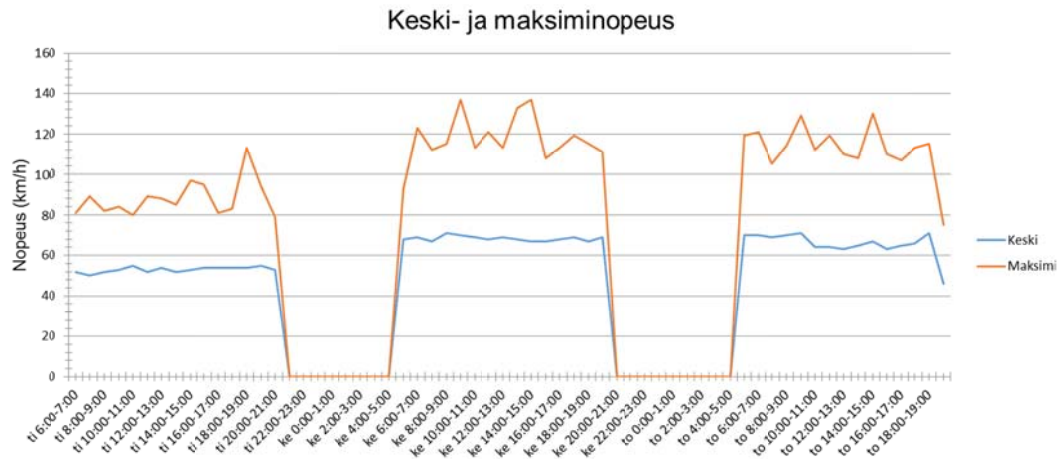
Tutkimuspisteille tehtiin omat liikenteenohjaussuunnitelmat, jotka lähetettiin etukäteen paikallisiin ELY-keskuksiin nähtäviksi. Tutkimuspisteiden liikennejärjestelyt ja liikenteenohjaus suoritettiin suunnitelmien mukaisesti. Esimerkki tehdystä liikenteenohjaussuunnitelmasta on liitteessä 3.

Vuoden 2014 mittauksissa käytettiin nopeusnäyttötauluja (Kuva 8), joiden tarkoituksena oli tehostaa liikennejärjestelyiden vaikutusta. Liikenteenohjaajien silmämääräisen arvion mukaan nopeudet tippuivat nopeusnäyttöjen avulla 50 km/h nopeus-

rajoitusalueella merkittävästi, joskin liikenteen seassa oli edelleen myös huomattavan kovaa ajavia ajoneuvoja. Esimerkki tutkimusalueen kohdalla mitatuista keski- ja huippunopeuksista on esitetty alla olevassa kuvassa 9.



Kuva 8. Nopeusnäyttötäulu Haminan mittauspisteellä.



Kuva 9. Mitatut ajonopeudet Pohjois-Pohjanmaan mittauspisteillä 7.–9.10.2014.

### 1.3.3 Mittaustapahtuma

Tutkimukseen osallistuvalla kuljettajalla kysyttiin muutama kysymys ajoneuvon kuormalajista (maa-ainekuljetus, raakapuu, nestekuljetus, muu tavaralaji) ja kuormausasteesta (täysi, puolityhjä, tyhjä). Samanaikaisesti mittaushenkilöstö tutki ajoneuvon jousituksen tyyppin ja mittasi akselien sijainnin suhteessa ensimmäiseen akseliin sekä valokuvasi tutkimukseen osallistuvat ajoneuvot. Esimerkki mittaustapahtumasta on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Kuljettajan haastattelu.

Lopuksi ajoneuvon kuljettajaa ohjeistettiin ajamaan hiljaa pysähtymättä vaakalaitteiston ylitse. Tulokset siirtyivät automaattisesti sekä vaa'alta että etäisyysmittarilta mittausohjelmistoon (Kuva 11), jolloin tietokonetta käyttävän mittaajan ei tarvinnut käsin kirjata mittaustuloksia ylös.

Akselimassatutkimus			
Tiedot			
Uusi mittaus	<b>Mittauspaikka</b>	<b>Mittausaika</b>	<b>Yleiskuva</b>
Lisää akseli	16. Summa	30.10.2014 12:07:31	251
Poista akseli	<b>Vetoauton rek. maa</b>	<b>Perävaunu1 rek. maa</b>	<b>Perävaunu2 rek. maa</b>
Tallenna	FIN - Finland	FIN - Finland	FIN - Finland
Peruuta	<b>Tavaralaji</b>	<b>Kuormausaste</b>	<b>Käytössä uudet massat</b>
Mittaustiedot	Nesteet	Täysi	<input type="checkbox"/> Kyllä
#1 - 6.4t - 0.0 m	Maa-aines	Puolityhjä	<b>Kuljettajan kommentit</b>
#2 - 0.0t - 2.9 m	Raakapuu	<b>Tyhjä</b>	
#3 - 5.1t - 4.1 m	<b>Muu</b>		
#4 - 2.5t - 9.4 m	<b>Etäisyys (mm): 0</b>	<b>Yhteydet:</b>	<b>Vaaka:</b>
#5 - 2.6t - 10.9 m	Tallenna akselin etäisyys	<input checked="" type="checkbox"/> Etäisyysmittari	
#6 - 2.6t - 12.1 m	Laserosoitin	<input checked="" type="checkbox"/> Vaaka	

Kuva 11. Tutkimuksessa käytetyn mittausohjelmiston käyttöliittymä.

Käytännössä alueen mittausjärjestelyiden sijoittelu vaihteli hiukan mittauspaikkojen välillä sen mukaan, minkälaisen mittausjärjestelyn kukin mittauspaikka mahdollisti. Esimerkiksi akselivälien mittauksia tehtiin joissakin pisteissä auton vasemmalta (ts. kuljettajan puolelta) ja toisissa mittauspisteissä auton oikealta puolen (kuva 12). Käytetyillä mittausjärjestelyiden muutoksilla ei kuitenkaan ole vaikutusta tutkimustuloksiin.



Kuva 12. Akselivälin mittaus.

Tyypillisesti koko mittaustapahtuma kesti noin 60 sekuntia siitä, kun kuljettaja pysähtyi haastattelupisteeseen siihen, kun haastattelu oli suoritettu ja kuljettaja oli vapaa jatkamaan matkaansa. Nopealla ja sujuvalla mittauksella pyrittiin siihen, että raskaan liikenteen matkanteko ei merkittävästi hidastu ja kuljettajat eivät ryhdy kiertämään mittauspaikkaa. Mittauksia suoritettaessa ei havaittu pitkän matkan ajoneuvojen ja kuljettajien kiertävän mittauspaikkaa, mutta paikan useasti päivän aikana ohittavien kuljettajien havaittiin paikoitellen käyttävän vaihtoehtoisia kiertoteitä.

## 1.4 Mitattavat suureet

Mittaustulokset ovat yksilöitävissä kolmen eri muuttujan avulla. Muuttujia ovat ”mittauspaikka”, ajoneuvo- ja mittauspistekohtainen ”mittausID” ja ajoneuvo-kohtainen ”akselin numero”. Lisäksi määriteltiin ajoneuvoID apumuuttuja, minkä avulla saman mittausID:n saaneet ajoneuvot pystyttiin erottelemaan mittauspaikkojen välillä.

Akseli voi kuulua joko vetoautoon, perävaunu1:een tai perävaunu2:een (ts. moduulirekkayhdistelmät). Se voi olla joko ylhäällä tai alhaalla. Vain alhaalla olevat akselit punnittiin. Ylhäällä olevien akseleiden akselipainon merkittiin olevan 0. Tietokantaan tallennettavat mitattavat suureet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Mitattavat suureet.

Mittauspaikka	Mittausld	Mittausaika	Vleiskuva	VetoautonMaa	Vetoauto	PerävaununMaa	Peräva	UudetMassat	Tavaralaji
1. Mäntsälä	6	10.12.2013 07:17:29	1652	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset
1. Mäntsälä	6	10.12.2013 07:17:29	1652	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset
1. Mäntsälä	6	10.12.2013 07:17:29	1652	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset
1. Mäntsälä	7	10.12.2013 07:25:50	1653	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset
1. Mäntsälä	7	10.12.2013 07:25:50	1653	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset
1. Mäntsälä	7	10.12.2013 07:25:50	1653	Finland	FIN	Finland	FIN	EPÄTOSI	Raaka-ainekuljetukset

Kuormaus	Kuljettajankomme	Akse	Etäisyys	AkselinTyyppi	AkselinA	Jousituksen	RengastuksenTyyppi	Punnitus
Tyhjä		1	0	Vetoauto	Alhaalla	Muu	Yksittäinen pyörä	4810
Tyhjä		2	6200	Vetoauto	Alhaalla	Ilmajousi	Paripyörä	9570
Tyhjä		3	7592	Vetoauto	Ylhäällä	Ilmajousi	Yksittäinen pyörä	0
Tyhjä		1	0	Vetoauto	Alhaalla	Ilmajousi	Yksittäinen pyörä	5180
Tyhjä		2	3953	Vetoauto	Alhaalla	Ilmajousi	Paripyörä	5550
Tyhjä		3	5339	Vetoauto	Alhaalla	Ilmajousi	Paripyörä	4760
Tyhjä		4	6628	Vetoauto	Ylhäällä	Ilmajousi	Yksittäinen pyörä	0

## 1.5 Laskennalliset suureet

Mittautulosten analysointiin tarvittiin apusuureita, jotka määritettiin erikseen tietyillä laskentasäännöillä. Teliin muodostamista varten tarvittiin sääntöjä, joiden perusteella päätettiin, kuinka moni akseli kuului samaan teliin. Teliin muodostaminen tehtiin ajoneuvoasetuksessa määritettyjen akselien välisten etäisyyksien perusteella. Samalla määritettiin telille ja sen akseleille suurin sallittu teli/akselipaino. Sen perusteella akselit luokiteltiin ylipainoisiin ja sallituissa rajoissa oleviin akselisiin ylipainokoodilla 0/1. Laskennalliset apusuureet on esitetty alla olevassa taulukossa 3.

Taulukko 3. Laskennallisia apusuureita.

Tunti	Onko Etuakseli	Akselien väli	Teliin	Sallittu_19xx	Sallittu_2013	Vetävä	AutonTyyppi	Ylipaino
7	1		1	0	10	Ei Vetävä	1	0
7	0	6200	1	0	11.5	Vetävä	1	0
7	0	1392	1	0	10	Ei Vetävä	1	0
7	1		1	0	10	Ei Vetävä	1	0
7	0	3953	2	0	9	Ei Vetävä	1	0
7	0	1386	2	0	9	Vetävä	1	0
7	0	1289	1	0	10	Ei Vetävä	1	0

Ajoneuvot ryhmiteltiin neljään ajoneuvoryhmään, joita olivat kuorma-autot ilman perävaunua (KAIP), puoliperävaunulliset (KAPP) ja täysperävaunulliset kuorma-autot (KAVP/KATP) sekä moduuliyhdistelmät (KAVP2). Taulukossa tämän ryhmän nimi on AutonTyyppi ja se saa arvoja 1, 2, 3 tai 4.

## 1.6 Luokitteluperusteet






Tutkimuksen tuloksia luokiteltiin ajoneuvoryhmiin ja ajoneuvotyyppeihin. Ajoneuvoryhmiä olivat seuraavat:

- Perävaunuttomat kuorma-autot (KAIP)
- Puoliperävaunulliset kuorma-autot (KAPP)
- Täysperävaunulliset ajoneuvoyhdistelmät (KAVP1)
- Moduuliyhdistelmät (KAVP2)





Täysperävaunullisessa ajoneuvoyhdistelmässä oli vetoauton lisäksi yksi perävaunu, jossa oli kaksi akselisto/teliryhmää. Moduuliyhdistelmässä oli vetoauton lisäksi kaksi perävaunua, joista ensimmäinen oli joko puoliperävaunutyyppinen tai täysperävaunutyyppinen.

Ajoneuvojen akselistot luokiteltiin teliratkaisuihin, joita olivat telissä olevien akseleiden määrän mukaisesti 1–6-akseliset telit. Akseli luokiteltiin kuuluvaksi samaan teliin, kun akselivälit olivat enintään 2,6 m. Ajoneuvojen tyyppien perustana oli rakenteellinen akselimäärä, ts. siinä otettiin huomioon sekä alhaalla olevat että ylös nostetut akselit. Keskimääräisiä painoja laskettaessa otettiin huomioon vain alhaalla olevat akselit.







Ajoneuvot luokiteltiin lisäksi ajoneuvotyyppeihin ajoneuvoryhmien, teliratkaisuiden ja akselivälien perusteella. Vetoautot jakautuivat viiteen (Kuva 13), puoliperävaunut neljään (Kuva 14) ja täysperävaunut (Kuva 15) kuuteen eri tyyppiin. Yhdistelmien erilaiset vetoauto ja perävaunu kombinaatiot muodostivat lisää erilaisia kokonaistyyppijä. Yleisimmät moduuliyhdistelmien kakkosperävaunujen tyypit on esitetty kuvassa 16.

Tyyppi	Kuva
1	
2	
3	
4	
5	



Kuva 13. KAIP ajoneuvoryhmän tyypit.

Tyyppi	Kuva
1	
2	
3	
4	

Kuva 14. KAPP ajoneuvoryhmän perävaunujen tyypit.

Tyyppi	Kuva
11	
12	
13	
22	
23	
35	

Kuva 15. KAVP ajoneuvoryhmän perävaunujen tyypit.

Tyyppi	Kuva
2	
3	

Kuva 16. KAVP2 ajoneuvoryhmän perävaunujen tyypit.

Oman ajoneuvotyyppitarkastelun lisäksi ajoneuvoille määritettiin myös COST-koodit. Raskaan liikenteen COST-koodit on luotu aiemmin OECD COST -työryhmässä tämän tutkimuksen ulkopuolella.



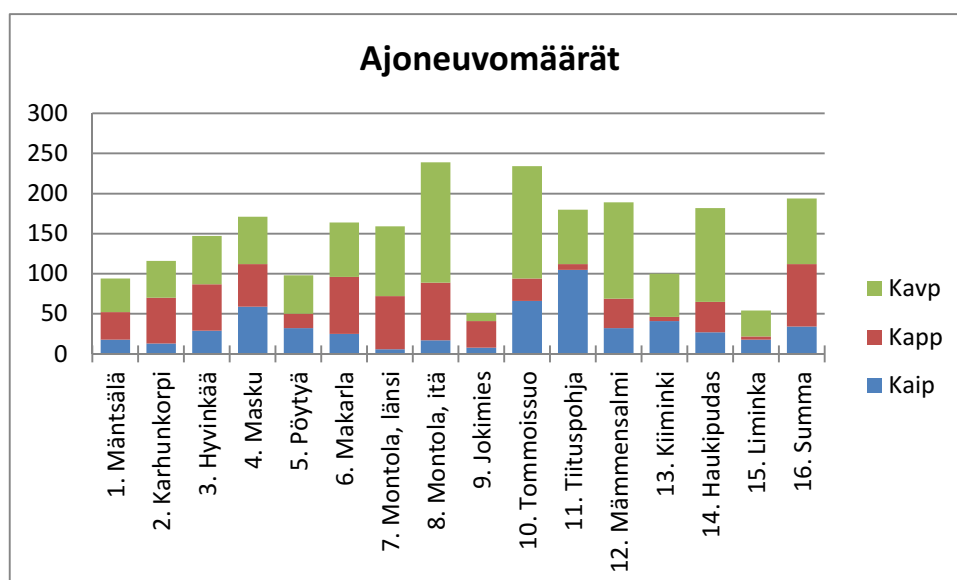
## 2 Tulokset

### 2.1 Ajoneuvojen määrä

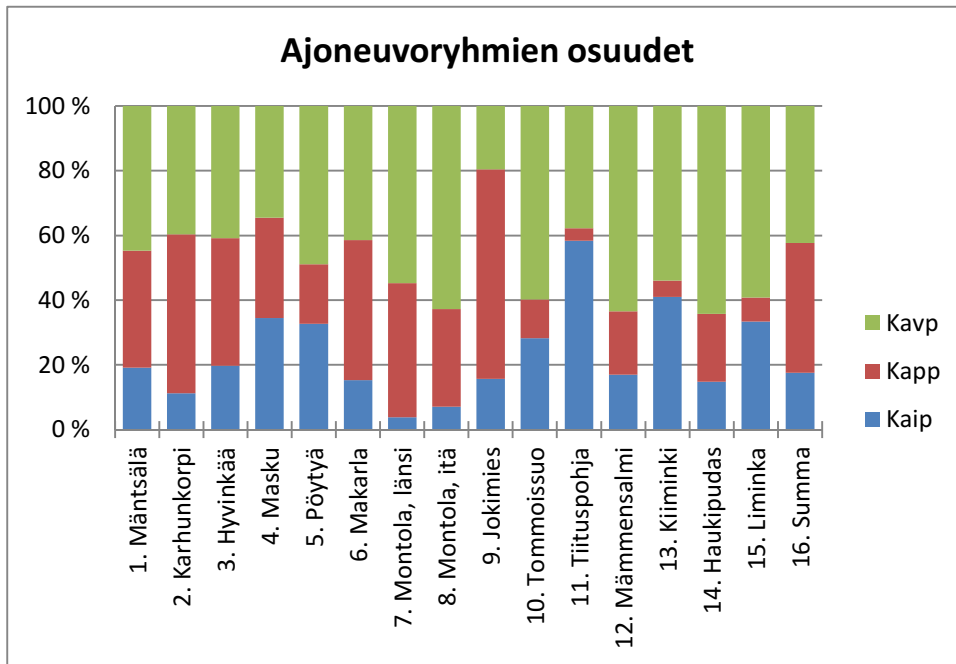
Tutkimukseen osallistuneita raskaita ajoneuvoja oli kaikkiaan 2372 kpl ja ne jakaantuivat ajoneuvoryhmiin (KAIP, KAPP, KAVP1/KAVP2) seuraavan taulukon 4 mukaisesti. Ilman perävaunua olevia kuorma-autoja (KAIP) oli yhteensä 531, puoli-perävaunullisia ajoneuvoja (KAPP) 661 ja täysperävaunullisia kuorma-autoja (KATP1) 1089 ja modulyhdistelmiä (KAVP2) 61. KAIP-ryhmän osuus vaihteli tutkimuspaikoittain välillä 3–58 %, KAPP-ryhmän osuus vaihteli välillä 3–66 % ja KAVP-ryhmän osuus vaihteli välillä 16–56 %. Ajoneuvojen määrät ja ajoneuvoryhmät mittauspisteittäin on esitetty kuvissa 17 ja 18.

Taulukko 4. Ajoneuvoryhmien osuudet (kpl ja %) eri mittauspaikoissa.

Mittauspaikka	Kaip	Kapp	Kavp1	Kavp2	Yhteensä	Kaip	Kapp	Kavp1	Kavp2	Yhteensä
	1	2	3	4		1	2	3	4	
1. Mäntsälä	18	34	42		94	19.1 %	36.2 %	44.7 %		4.0 %
2. Karhunkorpi	13	58	44	1	116	11.2 %	50.0 %	37.9 %		4.9 %
3. Hyvinkää	29	58	60		147	19.7 %	39.5 %	40.8 %		6.2 %
4. Masku	59	54	58		171	34.5 %	31.6 %	33.9 %		7.2 %
5. Pöytyä	32	18	47	1	98	32.7 %	18.4 %	48.0 %		4.1 %
6. Makarla	25	74	65		164	15.2 %	45.1 %	39.6 %		6.9 %
7. Montola, länsi	5	70	81	3	159	3.1 %	44.0 %	50.9 %		6.7 %
8. Montola, itä	17	79	132	11	239	7.1 %	33.1 %	55.2 %	4.6 %	10.1 %
9. Jokimies	9	34	8		51	17.6 %	66.7 %	15.7 %		2.2 %
10. Tommoissuo	66	34	128	6	234	28.2 %	14.5 %	54.7 %	2.6 %	9.9 %
11. Tiituspohja	105	6	66	3	180	58.3 %	3.3 %	36.7 %	1.7 %	7.6 %
12. Mämmensalmi	32	39	108	10	189	16.9 %	20.6 %	57.1 %	5.3 %	8.0 %
13. Kiiminki	42	6	50	2	100	42.0 %	6.0 %	50.0 %	2.0 %	4.2 %
14. Haukipudas	27	40	102	13	182	14.8 %	22.0 %	56.0 %	7.1 %	7.7 %
15. Liminka	18	4	28	4	54	33.3 %	7.4 %	51.9 %	7.4 %	2.3 %
16. Summa	34	83	70	7	194	17.5 %	42.8 %	36.1 %	3.6 %	8.2 %
<b>Kaikki yhteensä</b>	<b>531</b>	<b>691</b>	<b>1089</b>	<b>61</b>	<b>2372</b>	<b>22.4 %</b>	<b>29.1 %</b>	<b>45.9 %</b>	<b>2.6 %</b>	<b>100 %</b>



Kuva 17. Ajoneuvoryhmien määrät mittauspaikoittain.



Kuva 18. Ajoneuvoryhmien osuudet mittauspaikoittain.

Ajoneuvoryhmien ja ajoneuvotyyppien lukumäärät ja osuudet on esitetty taulukoissa 5 ja 6. Tutkimuksessa oli tarkistuskorjausten jälkeen ajoneuvoja KAIP-ryhmässä 22,8 %, KAPP-ryhmässä 31,5 % ja KAVP1-ryhmässä 43 %. KAPP- ja KAVP-ryhmät sisältävät moduuliyhdistelmiä, joiden osuus kaikista ajoneuvoista oli 2,7 %.

Taulukko 5. Ajoneuvojen määrät vetoauto- ja perävaunutyypeittäin.

Ryhmä	Perävaunun tyyppi		Vetoauton tyyppi					Yhteensä	
			1	2	3	4	5	kpl	%
			o o	o oo	o ooo	o o oo	o o ooo		
Kaip	0	-	231	247	44	14	5	541	22.8 %
Kapp	1	o	2	1		3		6	31.5 %
	2	oo	5	52	2			59	
	3	ooo	344	336	2			682	
	4	oooo		1				1	
Kavp1	11	o o	2	5				7	43.0 %
	12	o oo	9	31	57	6	2	105	
	13	o ooo	5	14		1		20	
	22	oo oo		437	46	6	5	494	
	23	oo ooo	5	403	45	2		455	
	31	ooo o		1				1	
	35	ooo ooooo		1				1	
Kavp2	1	o		1				1	2.7 %
	2	oo	2	15				17	
	3	ooo	1	41	3			45	
Yhteensä			603	1529	196	32	12	2372	100 %





KAIP-ryhmässä edustavimmat ajoneuvotyypit olivat kaksi- tai kolmiakseliset ajoneuvotyypit 1 ja 2, joiden yhteenlaskettu edustavuus oli 88,4 %. Neli- ja viisiakselisten osuudet olivat muutamia prosentteja. KAPP-ryhmää edustivat parhaiten vetoautona 2- tai 3-akseliset tyypit 1 ja 2 ja perävaununa kolmiakselinen tyyppi 3. Muita tyyppejä oli häviävän vähän. Varsinaisista ajoneuvoyhdistelmistä KAVP1-luokkaa edustivat parhaiten kolmiakselinen vetoautotyyppi 2 ja perävaununa joko neliakselinen 2+2 tai viisiakselinen 2+3. Näiden edustavuus koko ryhmästä oli 77,6 %. Moduuliyhdistelmien kakkosperävaunua edusti kolmiakselinen perävaunutyyppi, joita oli 65,1 % moduuliryhmästä. Ajoneuvojen ja perävaunujen osuudet on esitetty kokonaisuudessaan taulukossa 6.

Taulukko 6. Ajoneuvojen osuudet vetoauto- ja perävaunutyypeittäin.

Ryhmä	Perävaunun tyyppi		Vetoauton tyyppi					Yhteensä	
			1	2	3	4	5	%	%
Kaip	0	-	42.7 %	45.7 %	8.1 %	2.6 %	0.9 %	100 %	22.8 %
Kapp	1	o	0.3 %	0.1 %		0.4 %		100 %	31.5 %
	2	oo	0.7 %	7.0 %	0.3 %				
	3	ooo	46.0 %	44.9 %	0.3 %				
	4	oooo		0.1 %					
Kavp1	11	o o	0.2 %	0.5 %				100 %	43.0 %
	12	o oo	0.8 %	2.9 %	5.3 %	0.6 %	0.2 %		
	13	o ooo	0.5 %	1.3 %		0.1 %			
	22	oo oo		40.4 %	4.2 %	0.6 %	0.5 %		
	23	oo ooo	0.5 %	37.2 %	4.2 %	0.2 %			
	31	ooo o		0.1 %					
	35	ooo oooo		0.1 %					
Kavp2	1	o		1.6 %				100 %	2.7 %
	2	oo	3.2 %	23.8 %					
	3	ooo	1.6 %	65.1 %	4.8 %				
Yhteensä			0.1 %	0.6 %	0.0 %	0.0 %	0.7 %	100 %	100 %

Taulukossa 7 on esitetty eri ajoneuvoryhmien osuudet sekä nykyisessä että edellisessä vuosien 1998–99 tutkimuksessa. Tulosten vertailukelpoisuuden helpottamiseksi edellisessä tutkimuksessa omana ryhmään olleiden linja-autojen osuudet on poistettu taulukossa. Taulukosta voidaan havaita, että puoliperävaunujen osuus on noussut edellisestä tutkimuksesta ja täysperävaunujen osuus on vähentynyt reilulla 10 prosenttiyksiköllä. Uutena ajoneuvoryhmänä on nyt mukana moduuliyhdistelmät, mutta niiden osuus on toistaiseksi vähäinen.

Taulukko 7. Ajoneuvoryhmien osuudet vuosien 1999 ja 2013 akselipainotutkimuksissa.

Tyyppi	Kuva tyypistä	v. 1998-99 tutkimus		v. 2013-14 tutkimus	
		Lukumäärä	Osuus	Lukumäärä	Osuus
KAIP		829	25.0 %	541	22.8 %
KAPP		623	18.8 %	748	31.5 %
KAVP		1863	56.2 %	1083	45.7 %
MODUULI		-	-	63	2.7 %
		3315		2372	

## 2.2 Akseleiden määrä

Tutkimuksessa käsiteltiin yhteensä 13832 akselia, joiden määriä on taulukoitu ristiin eri taustamuuttujien suhteen seuraavissa taulukoissa 8–10. Taulukossa 8 on esitetty akseleiden määrät vetoautotyypeittäin ja telien akselimäärittäin erikseen vetoautoissa, ja perävaunuissa.

Taulukko 8. Akseleiden lukumääriä yhdistelmittäin, vetoautotyypeittäin ja telirakenteittain.

Yhdistelmä / telit	Vetoauton tyyppi					Yhteensä
	1	2	3	4	5	
<b>1_Vetoauto</b>	<b>1209</b>	<b>4456</b>	<b>476</b>	<b>466</b>	<b>60</b>	<b>6773</b>
1 akseli	1209	1534	196	64	19	3022
2 akselia telissä		3058		64		3122
3 akselia telissä			588		21	609
4 akselia telissä					20	20
<b>2_Perävaunu1</b>	<b>1286</b>	<b>4947</b>	<b>391</b>	<b>285</b>	<b>25</b>	<b>6934</b>
1 akseli	21	57	58	10	2	148
2 akselia telissä	38	2724	392	40	24	3218
3 akselia telissä	1062	2265	138	9		3474
4 akselia telissä		40				40
5 akselia telissä		5				5
6 akselia telissä		6				6
<b>3_Perävaunu2</b>	<b>5</b>	<b>146</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>163</b>
1 akseli		1				1
2 akselia telissä	4	28				32
3 akselia telissä	3	123	9			135
<b>Yhteensä</b>	<b>2571</b>	<b>9549</b>	<b>873</b>	<b>757</b>	<b>82</b>	<b>13832</b>

Taulukko 9. Akseleiden lukumääriä yhdistelmittäin, rengastyypeittäin ja telirakenteittain.

Ajoneuvo/ telirakenne	Rengastus			
	Paripyörä	Supersingle	Yksittäinen pyörä	Yhteensä
<b>1_Vetoauto</b>	<b>3178</b>	<b>400</b>	<b>3164</b>	<b>6742</b>
1 akseli	627	11	2415	3053
2 akselia telissä	2158	313	589	3060
3 akselia telissä	382	72	155	609
4 akselia telissä	11	4	5	20
<b>2_Perävaunu1</b>	<b>1826</b>	<b>2994</b>	<b>2106</b>	<b>6926</b>
1 akseli	127	34	22	183
2 akselia telissä	1346	1185	693	3224
3 akselia telissä	313	1767	1388	3468
4 akselia telissä	29	8	3	40
5 akselia telissä	5			5
6 akselia telissä	6			6
<b>3_Perävaunu2</b>	<b>21</b>	<b>92</b>	<b>51</b>	<b>164</b>
1 akseli			1	1
2 akselia telissä	6	22		28
3 akselia telissä	15	70	50	135
<b>Yhteensä</b>	<b>5025</b>	<b>3486</b>	<b>5321</b>	<b>13832</b>

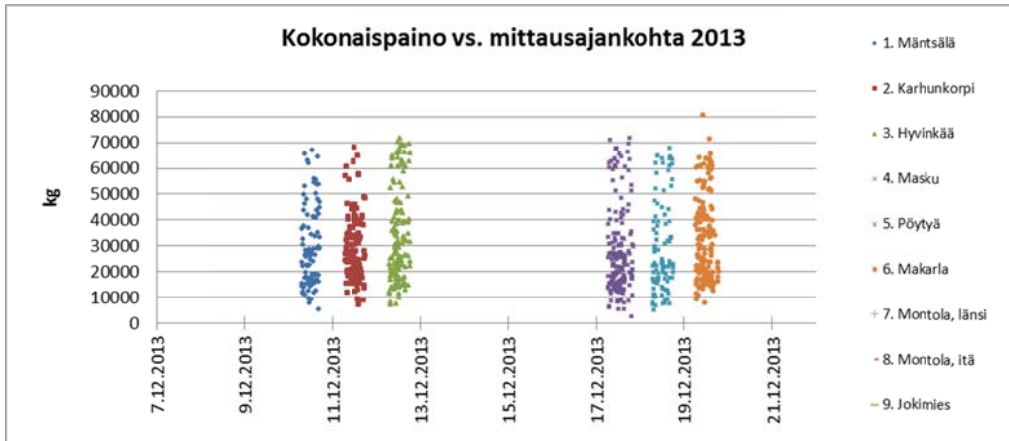
Taulukko 10. Akseleiden lukumääriä teli-, jousitus- ja rengasratkaisuittain.

Jousitus/ telit	Rengastus			
	Paripyörä	Supersingle	Yksittäinen pyörä	Yhteensä
<b>Ilmajousi</b>	<b>3323</b>	<b>3065</b>	<b>3792</b>	<b>10180</b>
1 akseli	604	31	1119	1754
2 akselia	2305	1290	1170	4765
3 akselia	405	1740	1502	3647
4 akselia	9	4	1	14
<b>Muu</b>	<b>1702</b>	<b>421</b>	<b>1529</b>	<b>3652</b>
1 akseli	150	14	1319	1483
2 akselia	1205	230	112	1547
3 akselia	305	169	91	565
4 akselia	31	8	7	46
5 akselia	5			5
6 akselia	6			6
<b>Yhteensä</b>	<b>5025</b>	<b>3486</b>	<b>5321</b>	<b>13832</b>

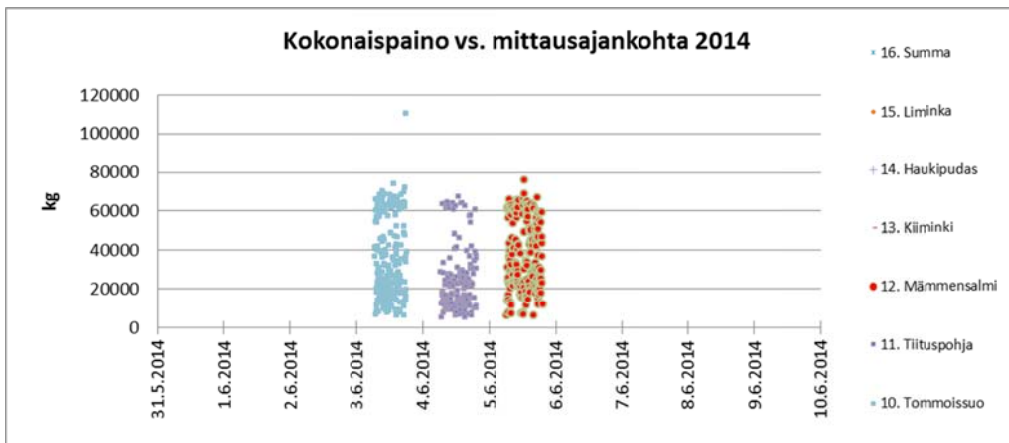
## 2.3 Kokonaismassat

### 2.3.1 Mittauspaikoittain

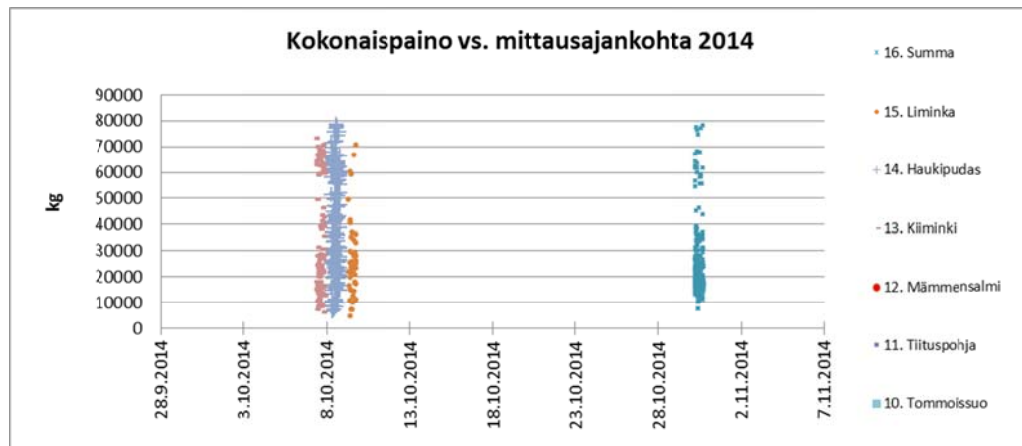
Ajoneuvojen kokonaispainot vaihtelivat välillä 5 000–110 000 kg. Mittauspaikat ja ajankohdat edustavat suunnilleen samantyyppistä kokonaispainojakaumaa (kuvat 19–21). Maksimikokonaispaino näyttää hiukan kasvavan siitä riippuen mitä myöhemmin mittaus suoritettiin.



Kuva 19. Ajoneuvojen kokonaispainot mittauspaikoittain ja ajankohdittain vuoden 2013 mittauksissa.



Kuva 20. Ajoneuvojen kokonaispainot mittauspaikoittain ja ajankohdittain vuoden 2014 mittauksissa.



Kuva 21. Ajoneuvojen kokonaispainot mittauspaikoittain ja ajankohdittain vuoden 2014 mittauksissa.

### 2.3.2 Tavaralajeittain

Ajoneuvoryhmät jakaantuvat tavaralajeittain taulukon 11 mukaisesti. Yleisin ajoneuvoryhmä oli kaikissa tavaralajeissa perävaunullinen kuorma-auto (KAVP1), joiden osuus kuljetuksissa vaihteli välillä 40–86 %. Noin kolmanneksen osuudella oli puoli-perävaunullinen ajoneuvoryhmä, jonka osuus vaihteli välillä 3–33 % ollen noin kolmannes neste-, raaka-aine- ja muu-tavararyhmässä.

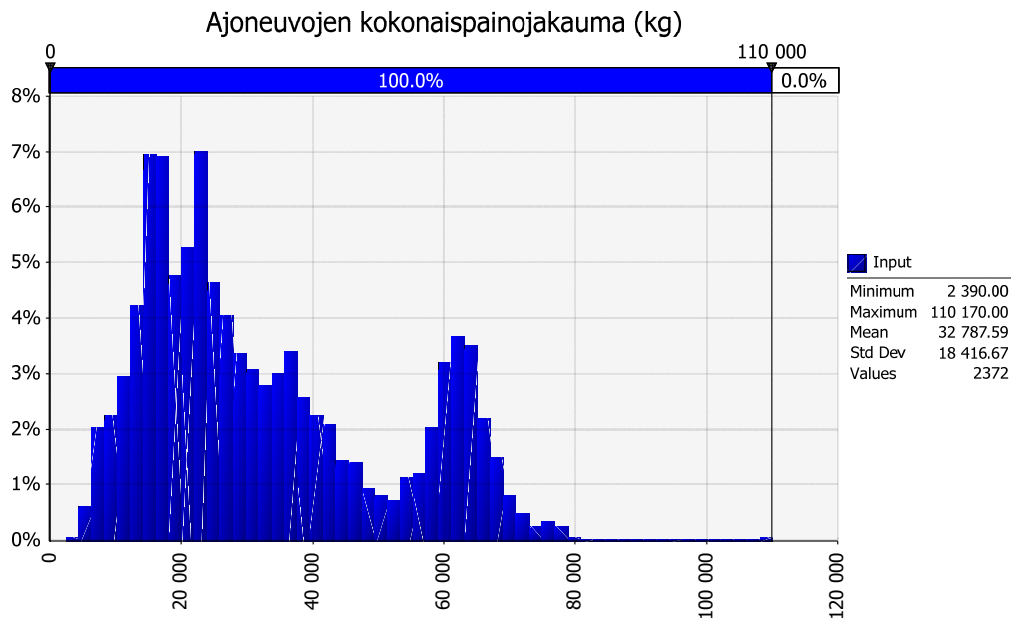
Moduuliyhdistelmiä oli 2,6 % ja niitä oli määrällisesti eniten tavaralajissa muu, mutta osuudeltaan eniten tavaralajissa nesteet.

Taulukko 11. Ajoneuvoryhmät tavaralajeittain (kpl) ja niiden %-osuudet.

Tavaralaji	Ajoneuvoryhmä				Yhteensä	Ajoneuvoryhmä				Yhteensä
	Kaip	Kapp	Kavp1	Kavp2		Kaip	Kapp	Kavp1	Kavp2	
Maa-aines	19	2	48		69	27.5 %	2.9 %	69.6 %	0.0 %	100 %
Muu	468	604	744	53	1869	25.0 %	32.3 %	39.8 %	2.8 %	100 %
Nesteet	20	27	114	6	167	12.0 %	16.2 %	68.3 %	3.6 %	100 %
Nesteiden kuljetus	5	15	25		45	11.1 %	33.3 %	55.6 %	0.0 %	100 %
Raaka-ainekuljetukset	17	30	56	1	104	16.3 %	28.8 %	53.8 %	1.0 %	100 %
Raakapuu	2	13	102	1	118	1.7 %	11.0 %	86.4 %	0.8 %	100 %
<b>Yhteensä</b>	<b>531</b>	<b>691</b>	<b>1089</b>	<b>61</b>	<b>2372</b>	<b>22.4 %</b>	<b>29.1 %</b>	<b>45.9 %</b>	<b>2.6 %</b>	<b>100 %</b>

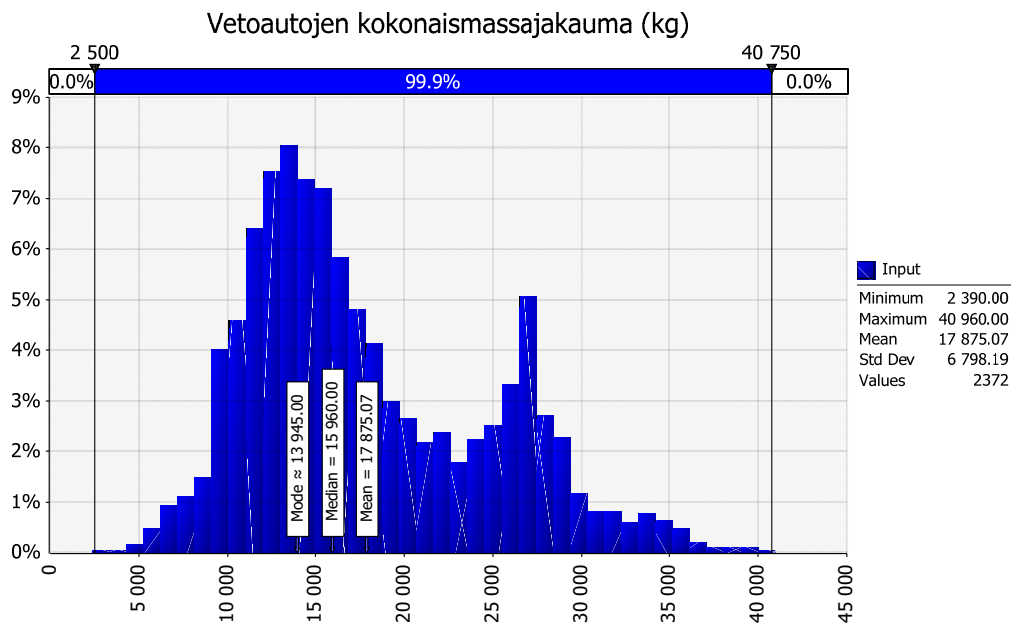
### 2.3.3 Kokonaismassajakaumat

Kaikkien ajoneuvojen keskimääräinen kokonaismassa oli 32,8 tonnia. Suurin kokonaismassa oli 110 tonnia, joka oli erikoiskuljetus. Kokonaismassat vaihtelivat välillä 2,4–110,2 tonnia. Ilman mainittua erikoiskuljetusta kokonaismassojen maksimi oli noin 80 tonnia. Kokonaismassajakauma on esitetty kuvassa 22.



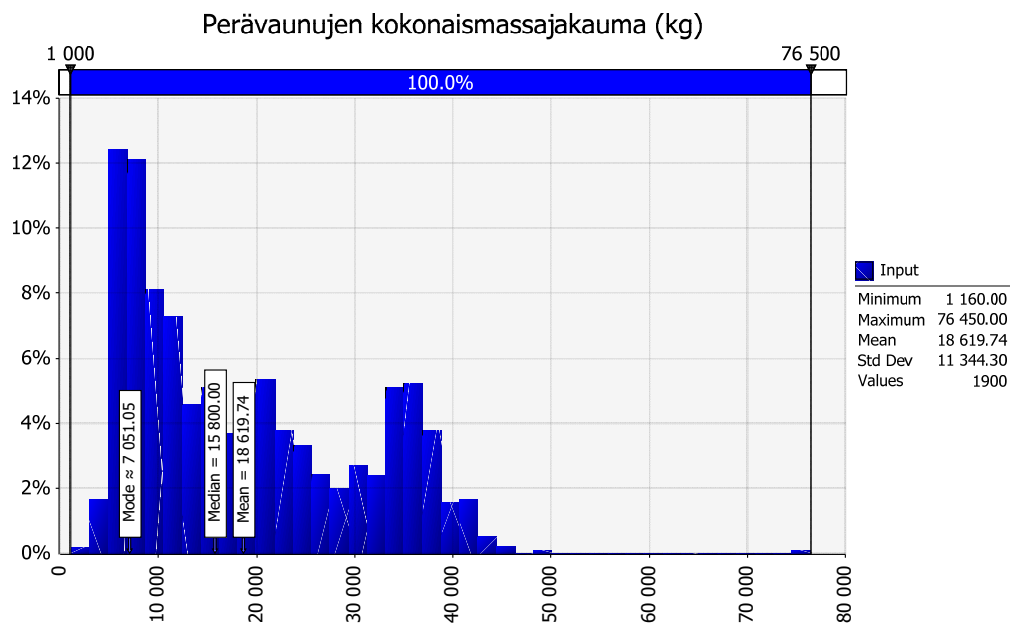
Kuva 22. Ajoneuvojen kokonaismassajakauma, kaikki kohteet.

Vetoautojen keskimääräinen kokonaismassa oli 17,9 tonnia ja perävaunujen 18,6 tonnia. Maksimiarvot olivat vetoautoille 41 tonnia ja perävaunuille 76,5 tonnia. Kokonaismassajakaumat on esitetty kuvissa 23 ja 24.



Kuva 23. Vetoautojen kokonaismassajakauma.





Kuva 24. Perävaunujen kokonaismassajakauma.

### 2.3.4 Kokonaismassajakaumat ajoneuvoryhmissä

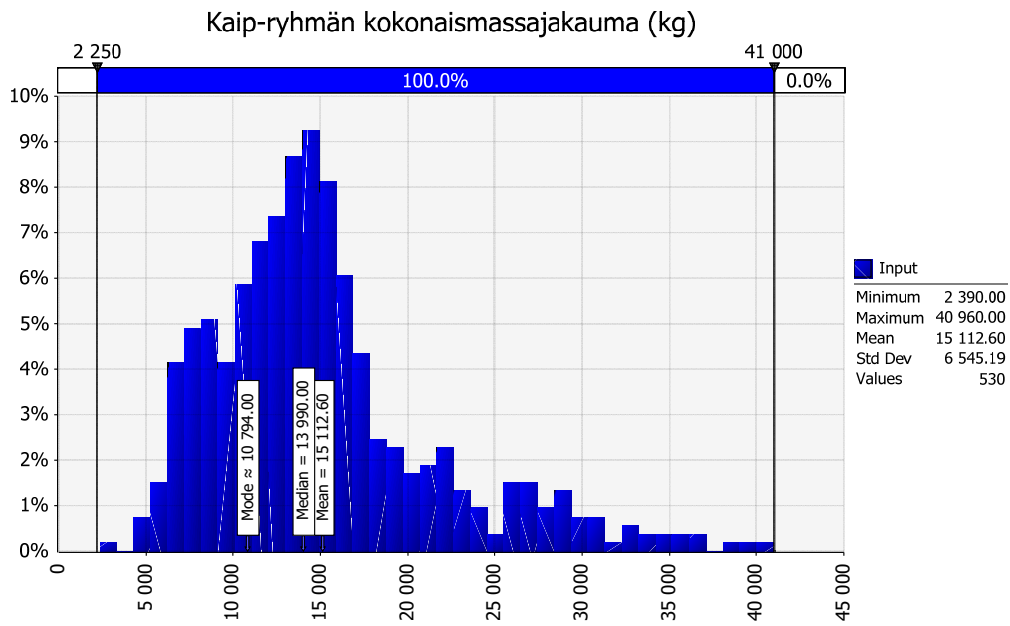
KAIP-ryhmän kokonaismassa oli keskimäärin 15,1 tonnia ja se vaihteli välillä 2,4–41,0 tonnia.

KAPP-ryhmän kokonaismassa oli keskimäärin 27,4 tonnia ja se vaihteli välillä 9,2–80,6 tonnia, missä viimeinen oli erikoiskuljetus. Muuten KAPP-ryhmän maksimimassa oli noin 60 tonnia.

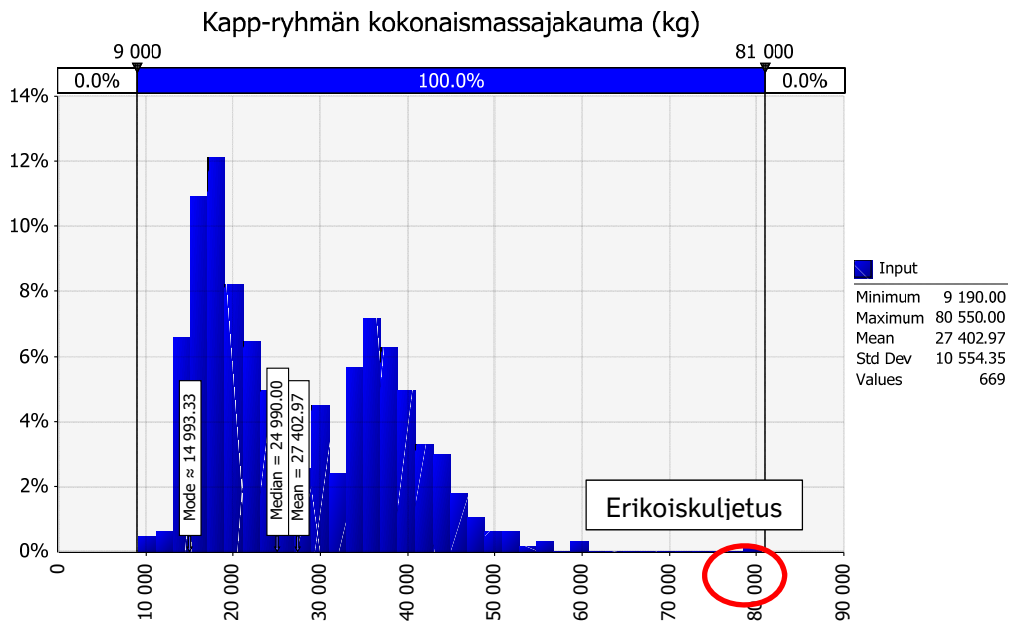
KAPV1-ryhmän kokonaismassa oli keskimäärin 43,8 tonnia ja se vaihteli välillä 14,5–110 tonnia, missä viimeinen oli erikoiskuljetus. Ilman erikoiskuljetusta maksimi oli noin 80 tonnia.

Moduuliyhdistelmien kokonaismassa oli keskimäärin 43,9 tonnia ja se vaihteli välillä 22,3–79 tonnia.

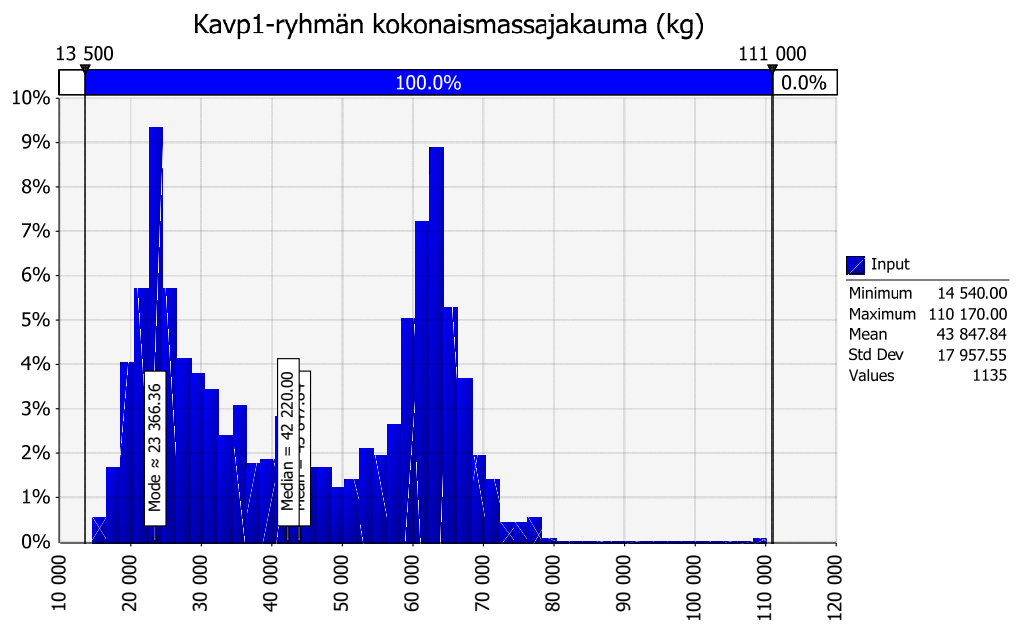
Ajoneuvoryhmien kokonaismassajakaumat on esitetty kuvissa 25–28.



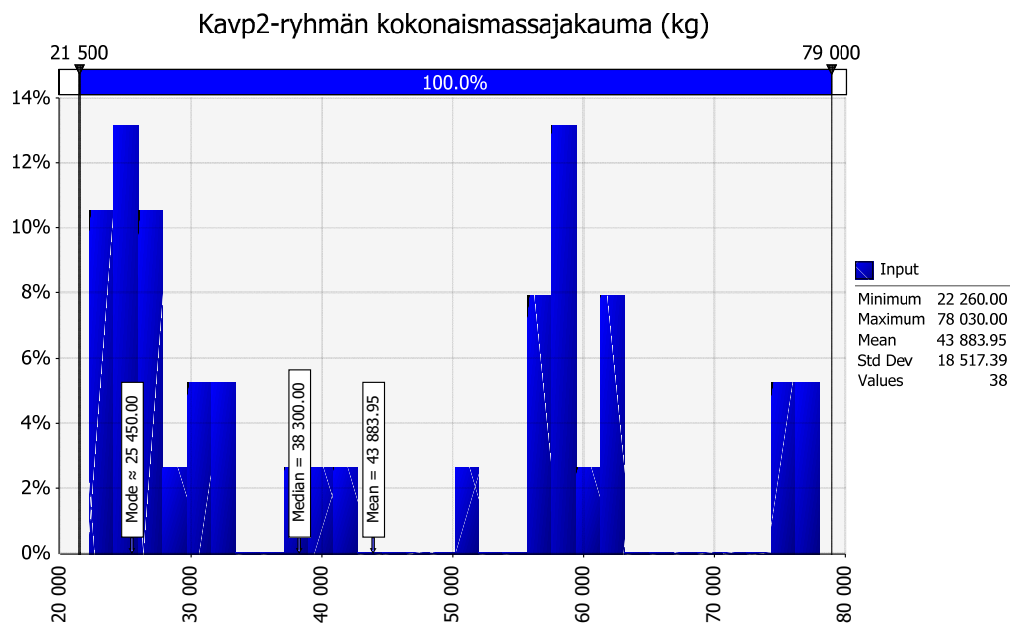
Kuva 25. Kokonaispainojakauma KAIP-ryhmässä (kg).



Kuva 26. Kokonaispainojakauma KAPP-ryhmässä (kg).



Kuva 27. Kokonaispainojakauma KAVP1-ryhmässä (kg).



Kuva 28. Kokonaispainojakauma KAVP2-ryhmässä (kg).

### 2.3.5 Kokonaispaino vs. kuormausaste

Kuormausasteesta kerättiin karkea 3-luokkainen tieto; täysi, puolitäysi ja tyhjä (taulukko 12). Eniten täysiä kuormia oli täysperävaunullisten moduuliyhdistelmän ajoneuvoryhmässä KAVP2 (63 %) ja toiseksi eniten varsinaisten perävaunullisten yhdistelmien ryhmässä KAVP1 (58 %). Vähiten täysiä kuormia oli KAIP-ryhmässä.

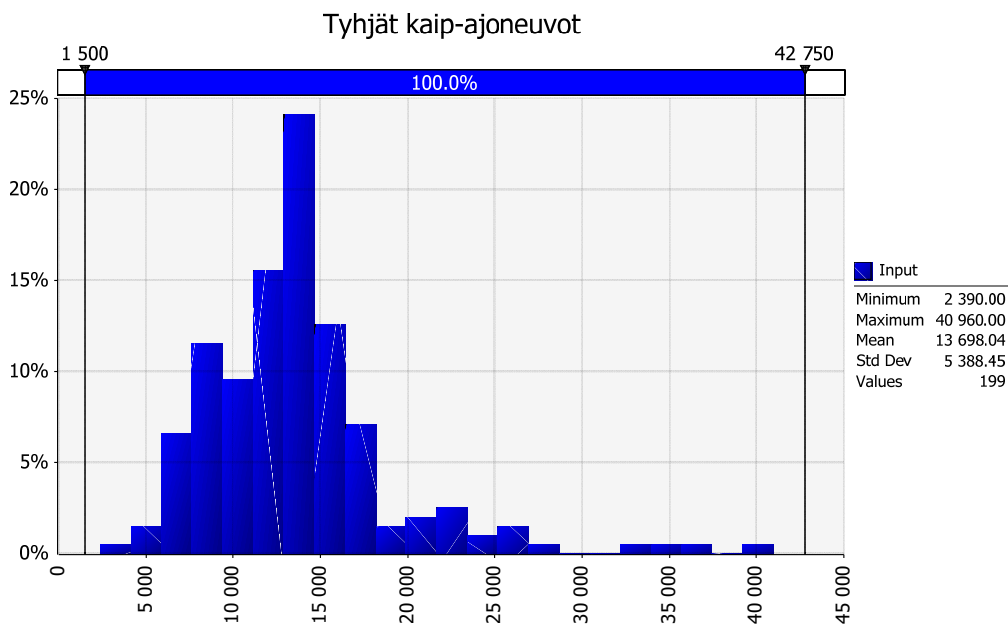
Täyteen kuormattujen ajoneuvojen osuus oli 52 % ja tyhjien osuus oli 32 %. Tyhjien ja täyteen kuormattujen ajoneuvojen kokonaismassajakaumat on esitetty kuvissa 29–34.

Taulukko 12. Ajoneuvojen lukumäärät ja %-osuudet ajoneuvoryhmittäin kuormausasteen mukaisissa ryhmissä.

Kuormausaste	Ajoneuvoryhmä				Yhteensä
	KAIP	KAPP	KAVP1	KAVP1	
Puolityhjä	143	111	134	9	397
Tyhjä	199	218	318	16	751
Täysi	189	362	637	36	1224
Yhteensä	531	691	1089	61	2372

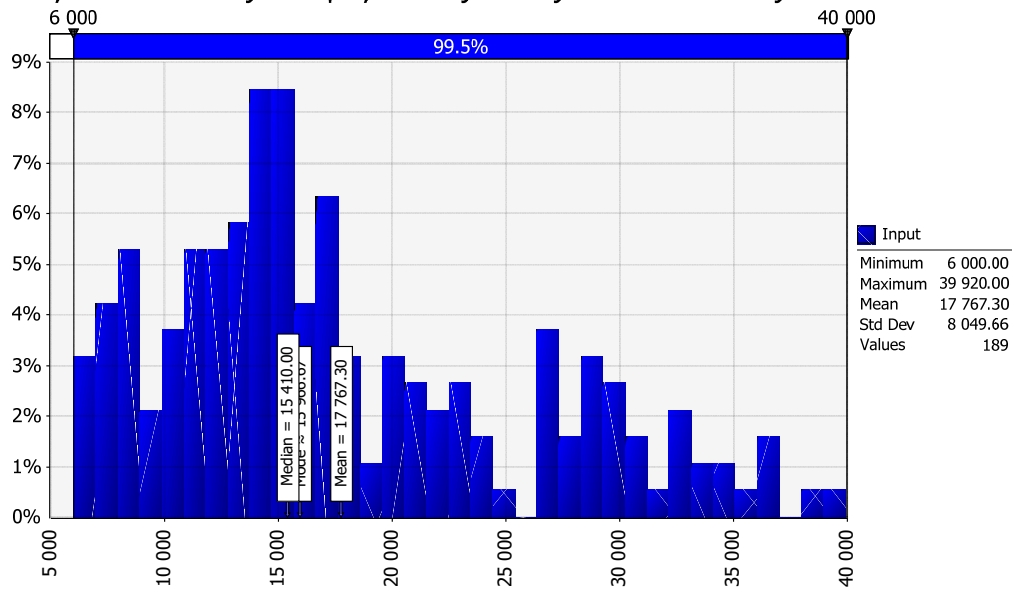
  

Kuormausaste	Ajoneuvoryhmä				Yhteensä
	KAIP	KAPP	KAVP1	KAVP1	
Puolityhjä	27 %	16 %	12 %	15 %	17 %
Tyhjä	37 %	32 %	29 %	26 %	32 %
Täysi	36 %	52 %	58 %	59 %	52 %
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %



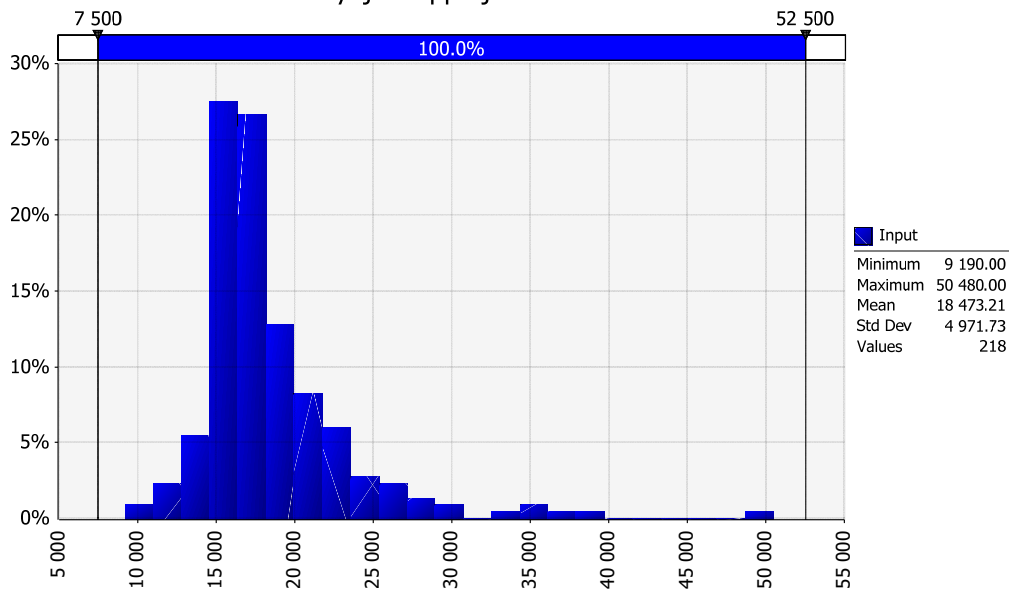
Kuva 29. Tyhjien KAIP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma.

Täyteen kuormattujen Kaip-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma



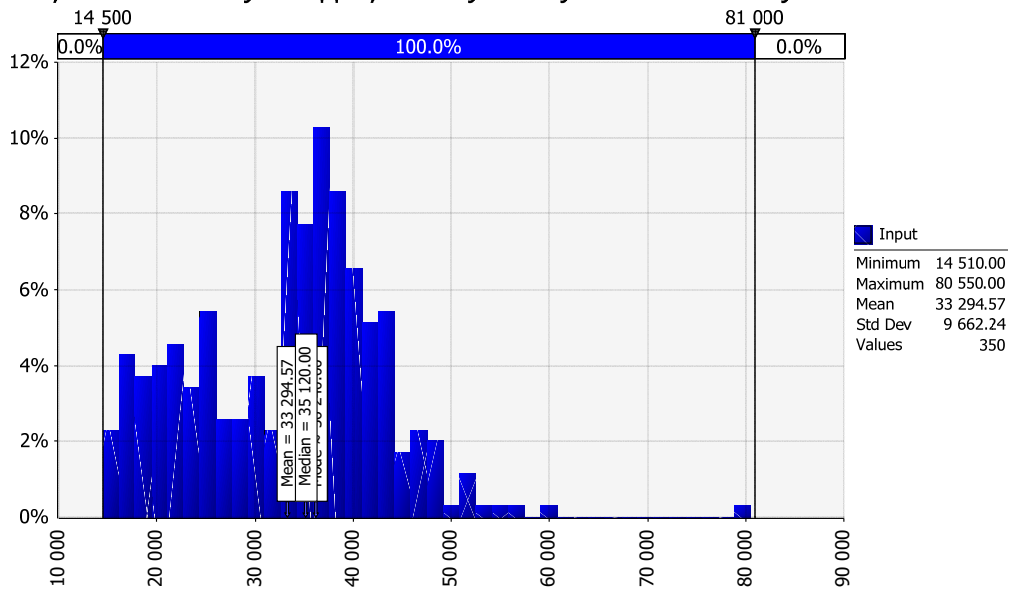
Kuva 30. Täyteen kuormattujen KAIP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma.

Tyhjät kapp-ajoneuvot



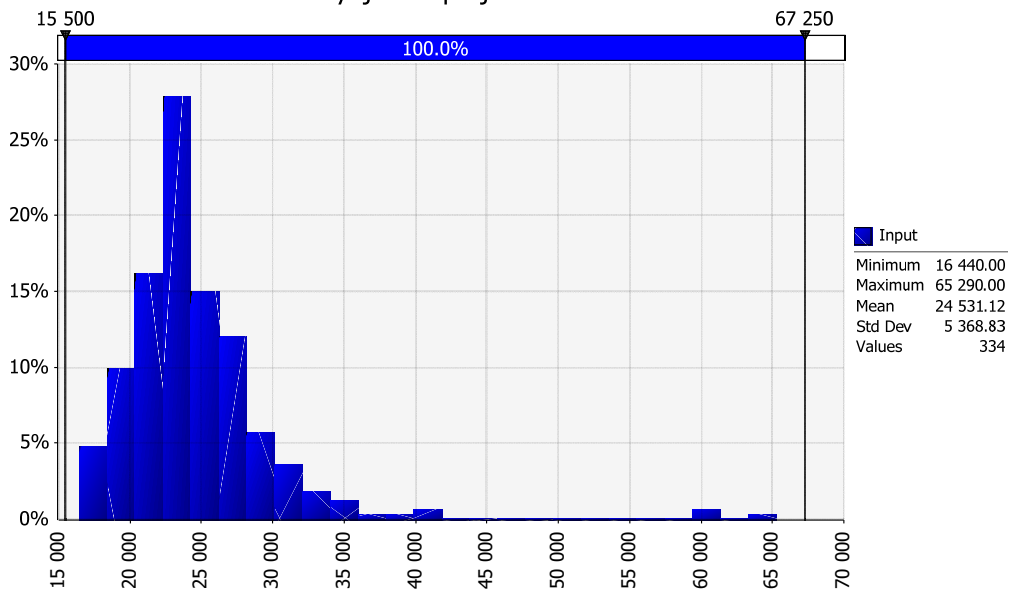
Kuva 31. Tyhjien KAPP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma.

Täyteen kuormattujen Kapp-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma

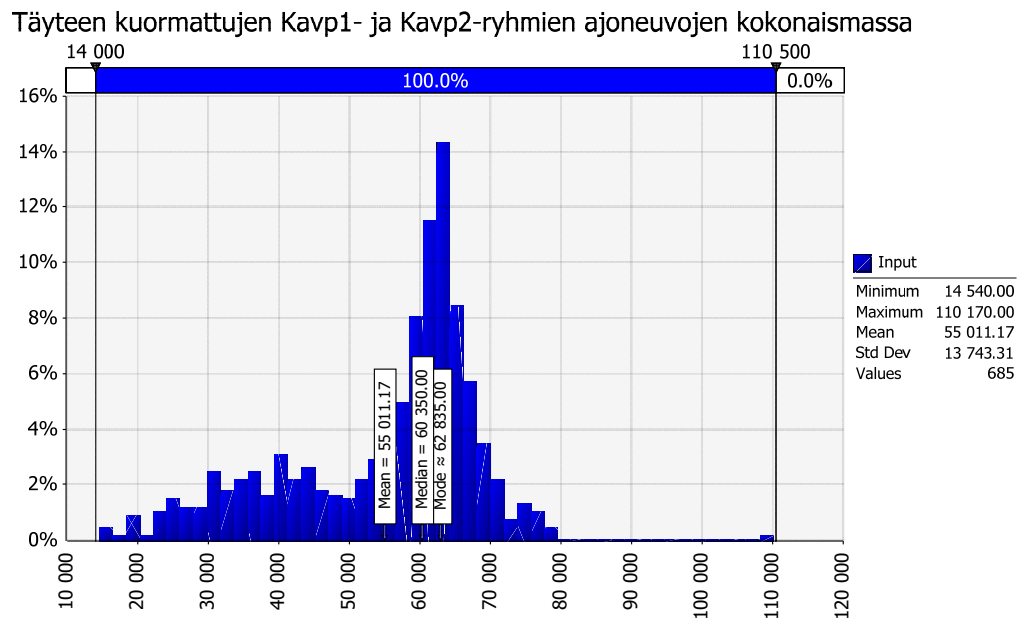


Kuva 32. Täyteen kuormattujen KAPP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma.

Tyhjät kapp-ajoneuvot



Kuva 33. Tyhjien KAPP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassajakauma.



Kuva 34. Täyteen kuormattujen KAVP-ryhmän ajoneuvojen kokonaismassa-jakauma.

## 2.4 Akselimassat

### 2.4.1 Keskiarvot taustamuuttujittain

Ajoneuvojen keskimääräinen akselimassa oli 5624 kg. Oheisissa taulukoissa 13–15 on ristiintaulukoituna keskimääräiset akselimassat erilaisten taustamuuttujien suhteen.

Paripyöräengastuksilla keskimääräinen akselimassa oli 6,9 tonnia, singlerengastuksella 4,6 tonnia ja yksittäisengastuksella 5,1 tonnia. Keskimääräinen akselipaino vaihteli mittauspaikoittain välillä 2,0–6,9 tonnia.

Taulukko 13. Keskimääräiset akselimassat mittauspaikoittain ja rengastuksittain (kg).

Mittauspaikka	Paripyörä	Supersingle	Yksittäinen py	Keskimäärin
<b>1. Mäntsälä</b>				
1_Vetoauto	7119		5118	6026
2_Perävaunu1	4289	4778	3917	4221
<b>2. Karhunkorpi</b>				
1_Vetoauto	7050	1930	5178	5917
2_Perävaunu1	5655	3896	3828	4100
3_Perävaunu2			1973	1973
<b>3. Hyvinkää</b>				
1_Vetoauto	7996		5406	6657
2_Perävaunu1	6957	4120	4771	5296
<b>4. Masku</b>				
1_Vetoauto	7075	0	5149	6053
2_Perävaunu1	6175	3722	4135	4699
<b>5. Pöytyä</b>				
1_Vetoauto	7128		5265	6162
2_Perävaunu1	5955	3288	4372	4613
3_Perävaunu2			6033	6033
<b>6. Makarla</b>				
1_Vetoauto	7786		5606	6580
2_Perävaunu1	6290	4034	4676	4832
<b>7. Montola, länsi</b>				
1_Vetoauto	7594	4238	5606	6469
2_Perävaunu1	6276	5002	4590	5258
3_Perävaunu2	2550	6132		5109
<b>8. Montola, itä</b>				
1_Vetoauto	7746	4456	6149	6704
2_Perävaunu1	6679	5240	4533	5641
3_Perävaunu2	7386	6087		6598
<b>9. Jokimies</b>				
1_Vetoauto	7225	4366	5624	6349
2_Perävaunu1	3141	5103	5500	4514
<b>10. Tommoissuo</b>				
1_Vetoauto	7583	4067	6143	6519
2_Perävaunu1	6237	5078	5830	5457
3_Perävaunu2		2339		2339
<b>11. Tiituspohja</b>				
1_Vetoauto	6463	2416	5045	5345
2_Perävaunu1	4267	4131	6396	4229
3_Perävaunu2	1950	2085		2070
<b>12. Mämmensalmi</b>				
1_Vetoauto	7583	4056	6067	6557
2_Perävaunu1	4846	5187	5533	5102
3_Perävaunu2		5223		5223
<b>13. Kiiminki</b>				
1_Vetoauto	7724	2450	5806	6671
2_Perävaunu1	7540	6328	4665	6111
3_Perävaunu2		2260		2260
<b>14. Haukipudas</b>				
1_Vetoauto	7780	4920	6030	6889
2_Perävaunu1	7020	4421	5589	5775
3_Perävaunu2	7968	4091	5008	5205
<b>15. Liminka</b>				
1_Vetoauto	6115		4693	5328
2_Perävaunu1	4747	3377	3161	3556
3_Perävaunu2			2237	2237
<b>16. Summa</b>				
1_Vetoauto	6513	1795	5175	5630
2_Perävaunu1	4659	3515	3934	3940
3_Perävaunu2	2345	7485	3165	4811
<b>Keskimäärin</b>	<b>6854</b>	<b>4616</b>	<b>5123</b>	<b>5624</b>



Taulukoissa 14–15 on esitetty keskimääräiset akselimassat rengastus-jousitus-yhdistelmittäin ja akselimäärittäin. Akseliyhdistelmiä, joissa oli telissä 5–6 akselia, oli erittäin vähän. Suurin akselimassojen keskiarvo oli paripyörärengastuksella varustetuissa akseleissa ja pienin supersingle-rengastuksin varustetuissa akseleissa.

Taulukko 14. Keskimääräiset akselimassat kuormitusasteen, jousitustyyppin ja rengastuksen mukaan.

Kuormaus/ jousitus	Rengastus			
	Paripyörä	Supersingle	Yksittäinen pyörä	Keskimäärin
<b>Puolityhjä</b>	<b>6472</b>	<b>3958</b>	<b>4602</b>	<b>5045</b>
Ilmajousi	6552	3994	4215	4871
Muu	6227	3730	5788	5659
<b>Tyhjä</b>	<b>4276</b>	<b>2077</b>	<b>3551</b>	<b>3462</b>
Ilmajousi	4523	2110	2934	3214
Muu	3873	1889	4843	4034
<b>Täysi</b>	<b>8394</b>	<b>6086</b>	<b>6255</b>	<b>7007</b>
Ilmajousi	8288	5997	6043	6772
Muu	8602	6871	6799	7698
<b>Keskimäärin</b>	<b>6854</b>	<b>4616</b>	<b>5123</b>	<b>5624</b>

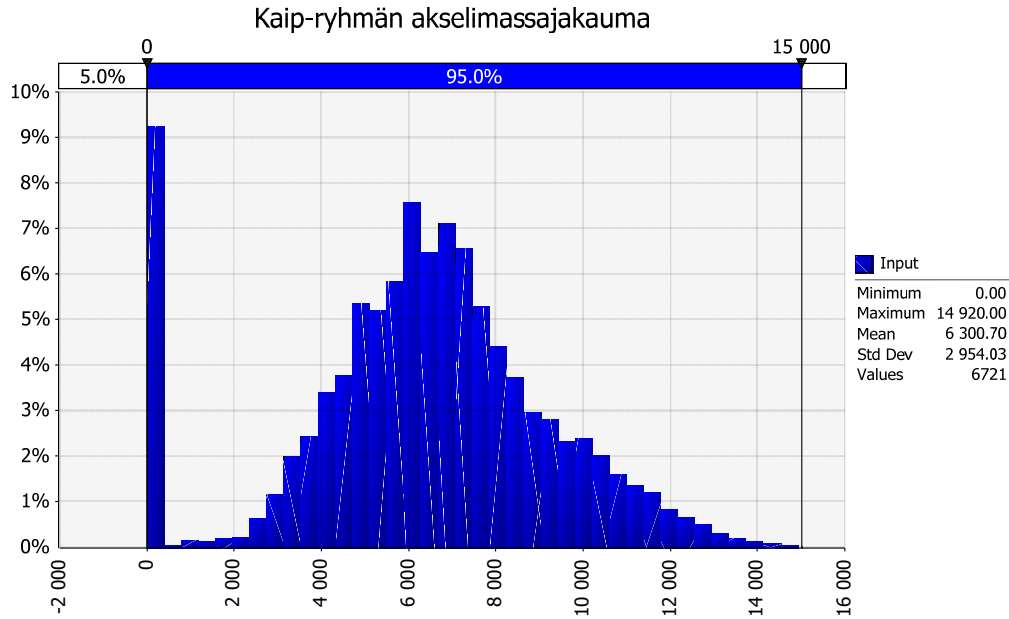
Taulukko 15. Keskimääräiset akselimassat eri rengas- ja jousitusratkaisuilla ja eri teliratkaisuissa.

Jousitus/ telit	Rengastus			
	Paripyörä	Supersingle	Yksittäinen pyörä	Keskimäärin
<b>Ilmajousi</b>	<b>6925</b>	<b>4623</b>	<b>4785</b>	<b>5435</b>
1 akseli	6862	5326	6233	6434
2 akselia	7002	4666	4372	5724
3 akselia	6664	4586	4026	4586
4 akselia	3193	1835	5330	2958
<b>Muu</b>	<b>6714</b>	<b>4563</b>	<b>5962</b>	<b>6152</b>
1 akseli	6397	6625	6271	6287
2 akselia	6951	4757	4131	6421
3 akselia	6119	4121	3598	5115
4 akselia	4581	4695	7821	5094
5 akselia	10644			10644
6 akselia	5145			5145
<b>Keskimäärin</b>	<b>6854</b>	<b>4616</b>	<b>5123</b>	<b>5624</b>

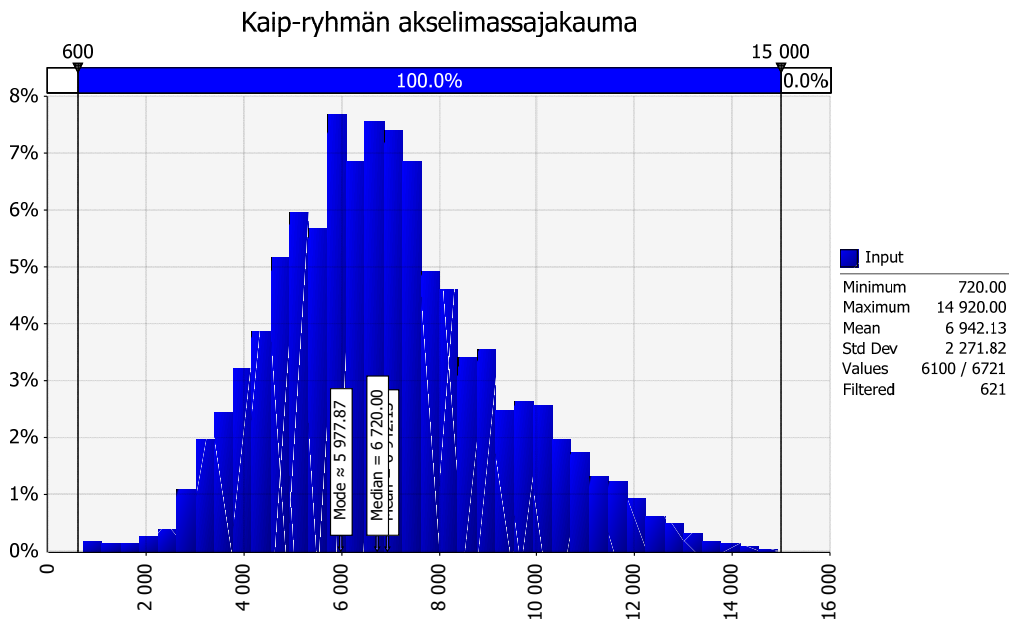
#### 2.4.2 Jakaumat ajoneuvoryhmittäin

Akselimassojen jakaumia on tarkasteltu kuvissa 35–41. Akselimassajakaumat ovat säännöllisempiä kuin kokonaisuusjakaumat. Jakaumissa on useimmiten vain yksi huippu, mutta toisinaan myös kaksi huippua. Akselimassoja tarkasteltaessa jätetään yleensä ylösnostetut akselit pois. Kuvassa 35 on KAIP-ryhmän akselimassajakauma ylösnostetut akselit mukana ja Kuvassa 36 ne on jätetty pois. Jäljempänä esitetyistä kuvista ylösnostetut akselit on jätetty pois.

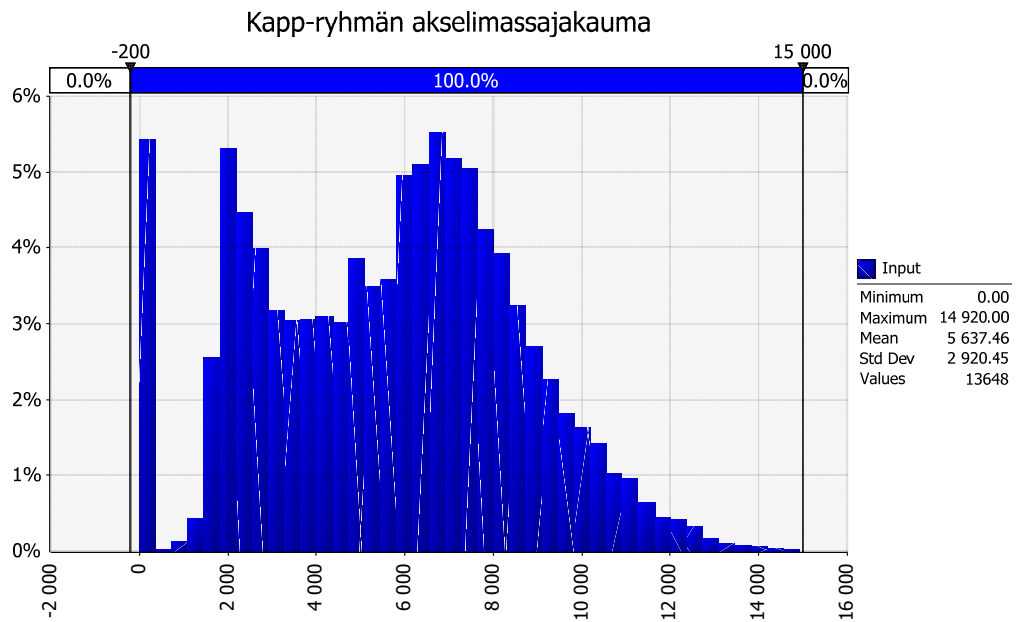
KAIP-ryhmän akselimassojen keskiarvo oli 6,9 tonnia ja se vaihteli välillä 0,7–14,9 tonnia.



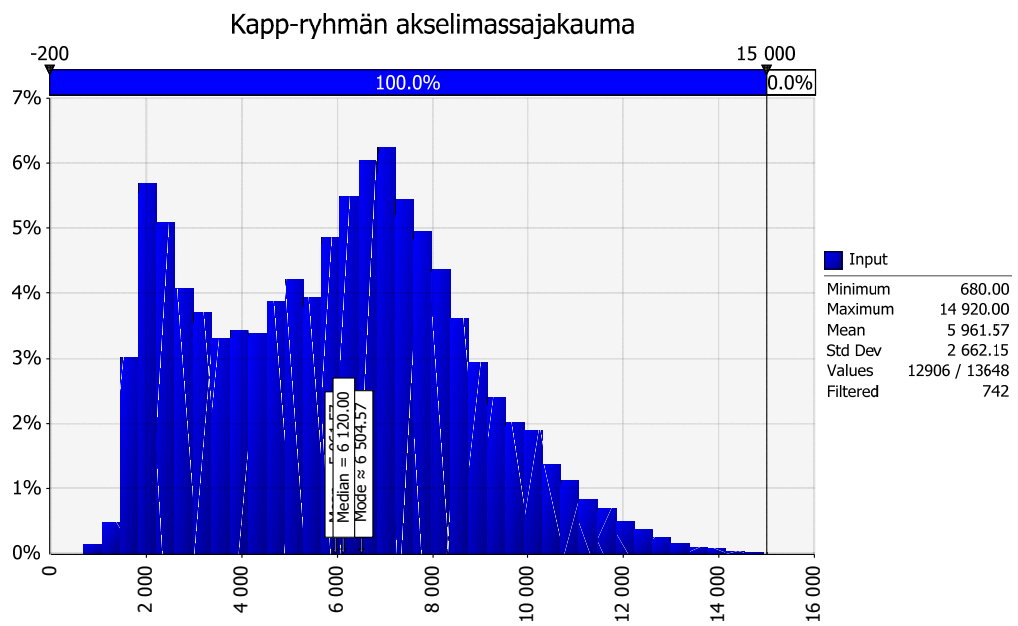
Kuva 35. KAIP-ryhmän akselimassajakauma (kg) missä ylös nostetut akselit mukana.



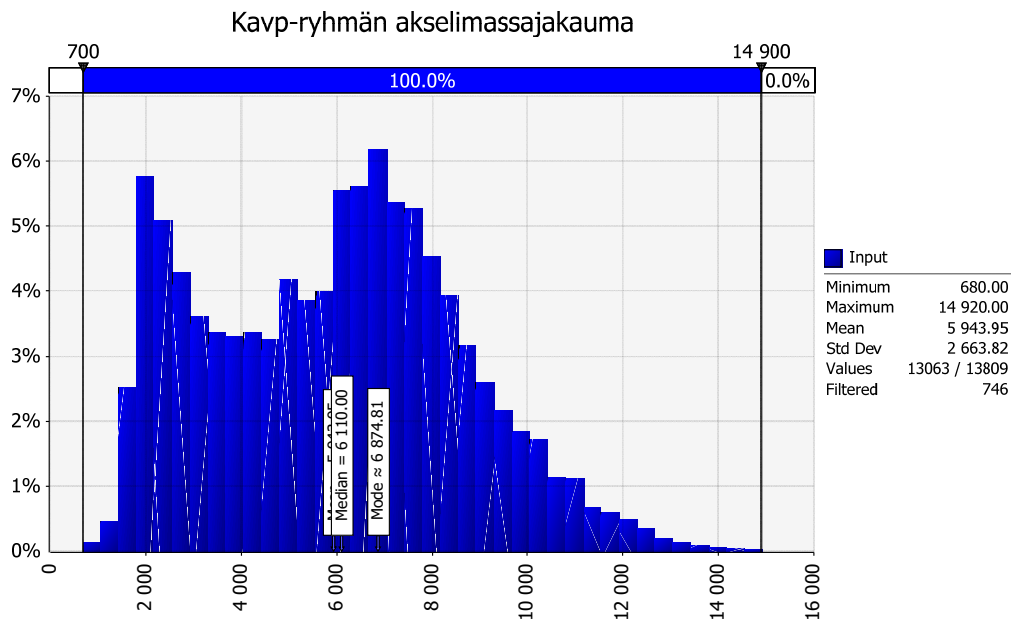
Kuva 36. KAIP-ryhmän akselimassajakauma (kg) missä vain alhaalla olevat akselit mukana.



Kuva 37. KAPP-ryhmän akselimassajakauma (kg) kun myös ylösnostetut akselit (742 kpl) mukana.

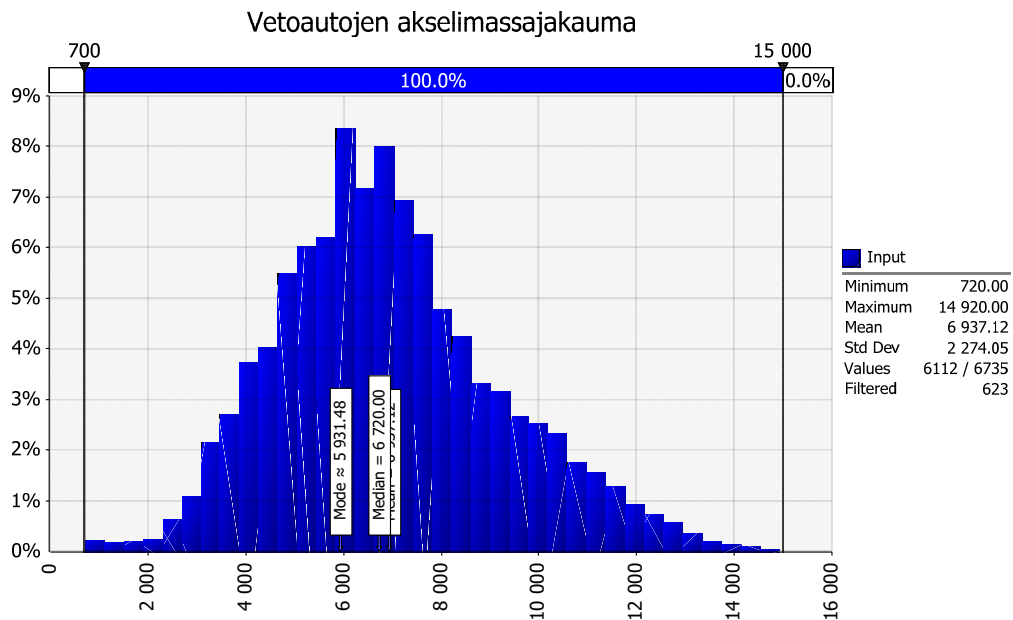


Kuva 38. KAPP-ryhmän akselimassajakauma kun ylösnostetut akselit ei mukana.

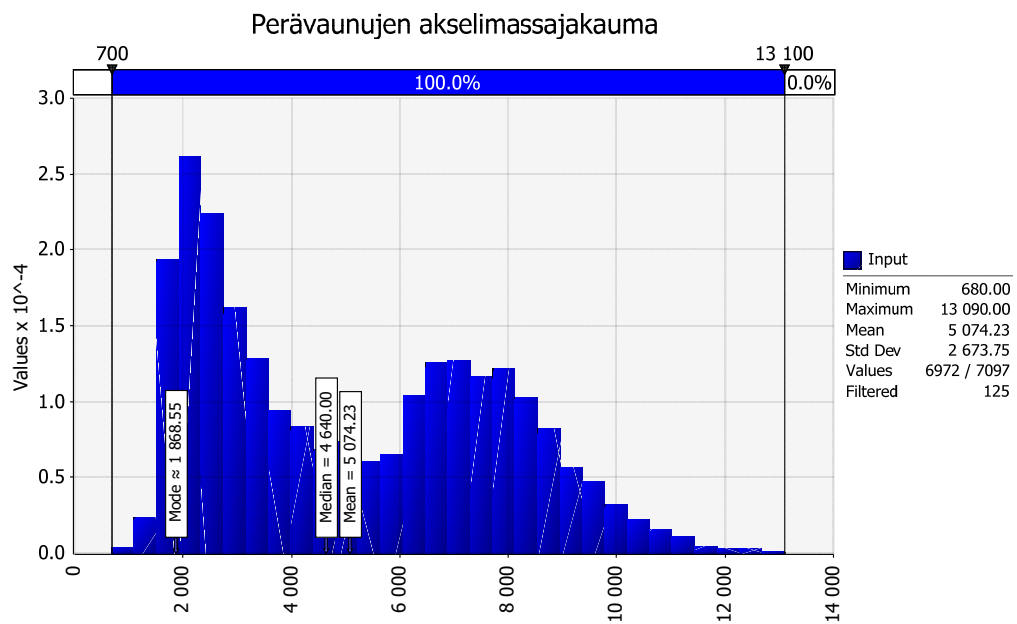


Kuva 39. KAVP-ryhmän akselipainojakauma (kg) kun ylösnostetut akselit (746 kpl) eivät ole mukana.

Vetoautojen keskimääräinen akselimassajakauma oli 6,9 tonnia ja perävaunujen keskimääräinen akselimassa 5,1 tonnia.



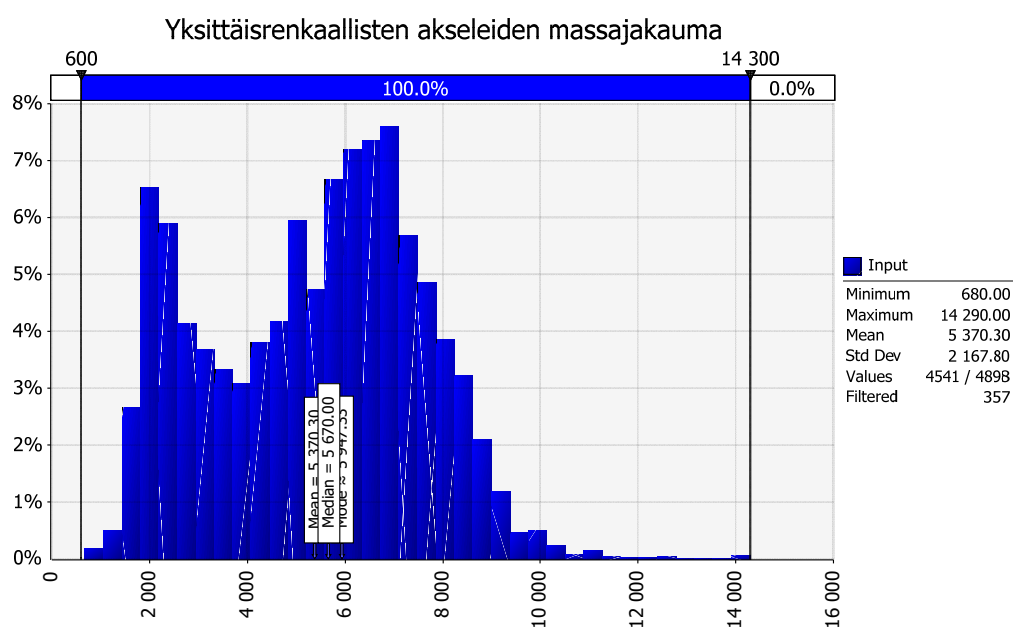
Kuva 40. Vetoautojen akselimassajakauma (kg).



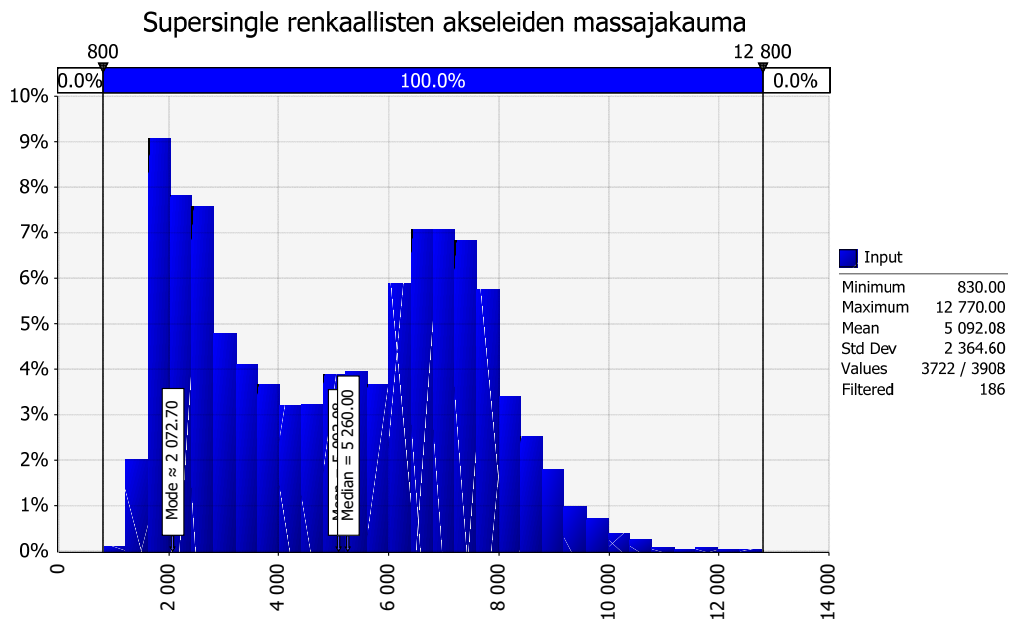
Kuva 41. Perävaunujen akselimassajakauma (kg).

### 2.4.3 Jakaumat vs. rengastus

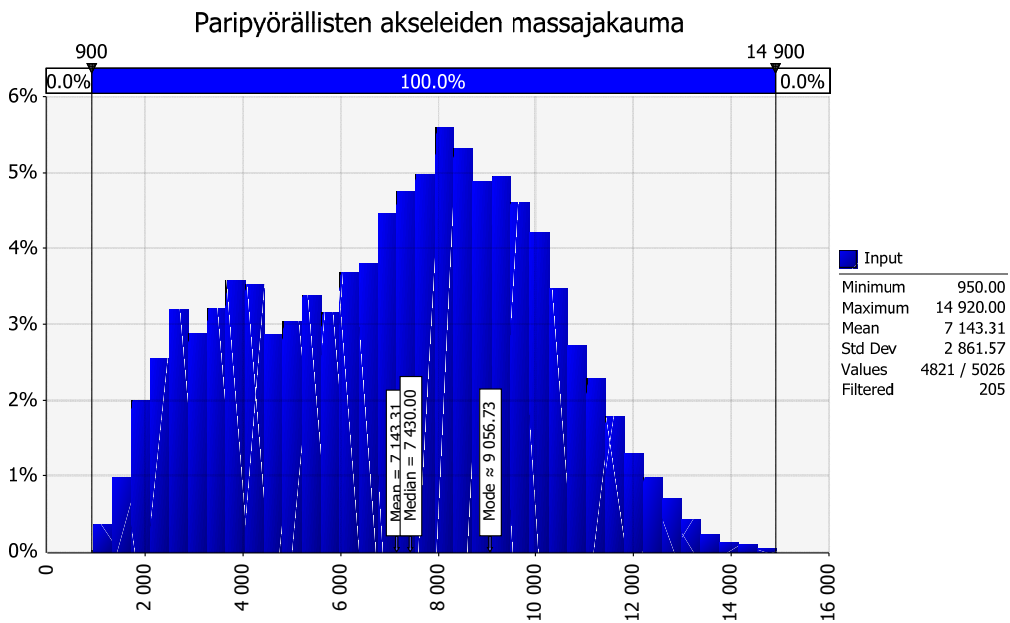
Yksittäisrenkaallisten akselien akselipaino vaihteli välillä 0,7–14,3 tonnia ollen keskimäärin 5,4 tonnia. Ylhäällä olevien akselien akselipainot eivät sisälly jakaumiin. Supersingleakselien akselipaino vaihteli välillä 0,8–12,8 tonnia ollen keskimäärin 5,1 tonnia. Paripyörällisten akselien akselipaino vaihteli välillä 1,0–14,9 tonnia ollen keskimäärin 7,1 tonnia. Akselimassajakaumat eri rengastuksilla on esitetty kuvissa 42–44.



Kuva 42. Yksittäisrenkaallisten akselien akselimassajakauma (kg).



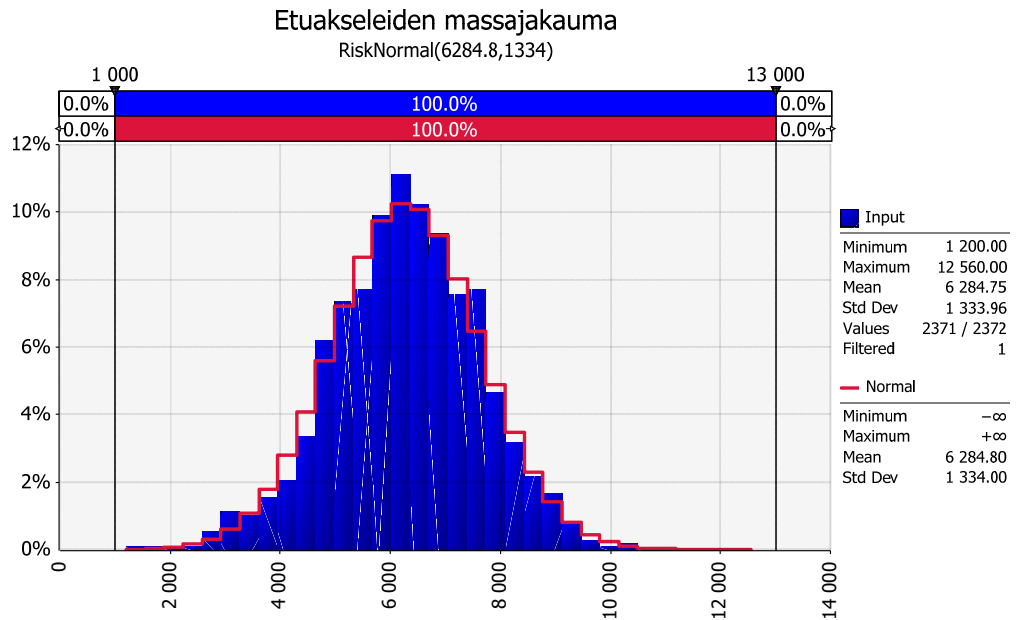
Kuva 43. Supersinglerenkaallisten akselien akselimassajakauma (kg).



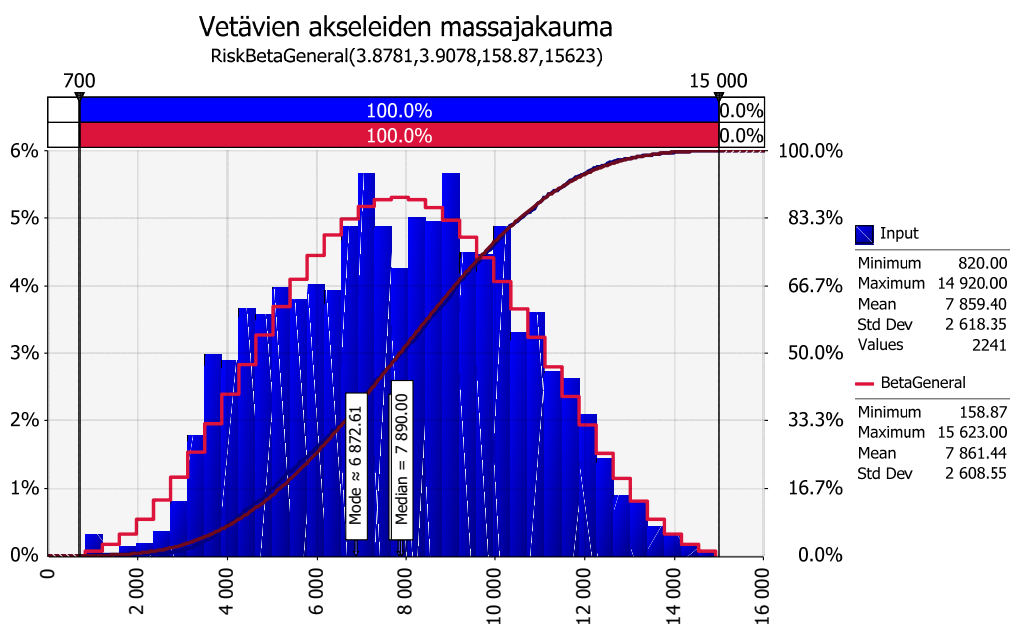
Kuva 44. Paripyörärenkaallisten akselien akselimassajakauma (kg).

#### 2.4.4 Jakaumat vs vetotapa

Etuakseleiden akselimassat olivat keskimäärin 6,3 tonnia ja ne vaihtelivat välillä 1,2–12,6 tonnia. Akselimassa noudattaa normaalijakaumaa keskiarvolla 6,3 ja hajonnalla 1.3 tonnia. Vetävien akselien akselimassa on myös normaalin keskiarvolla 7,9 ja hajonnalla 2,6 tonnia. Kuviin 45–46 on laitettu myös vastaavat jakaumasovitukset.



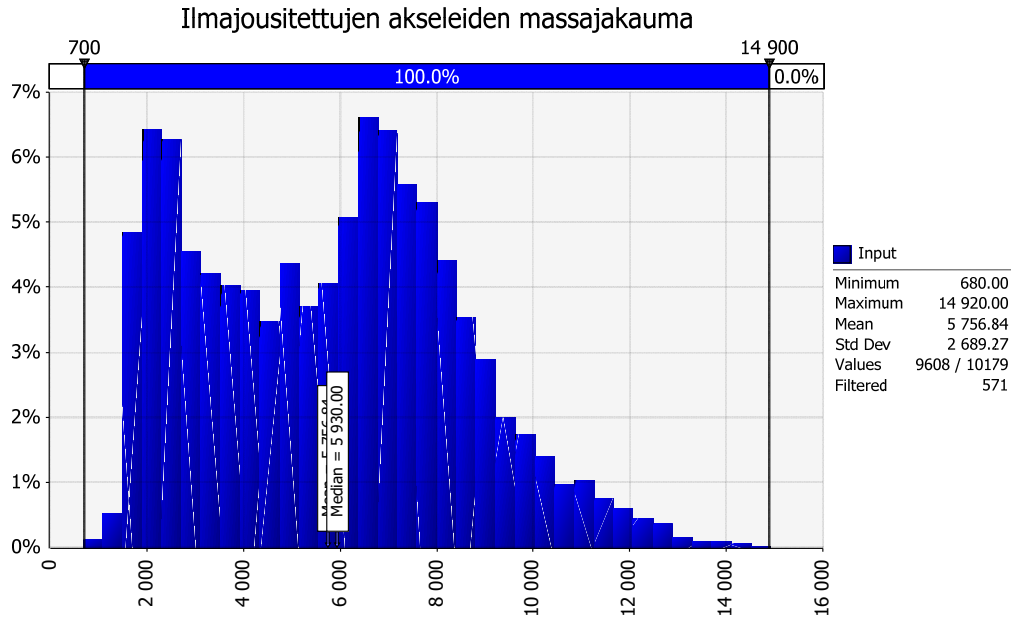
Kuva 45. Etuakseleiden akselimassajakauma (kg) ja sen normaalijakaumasovitus.



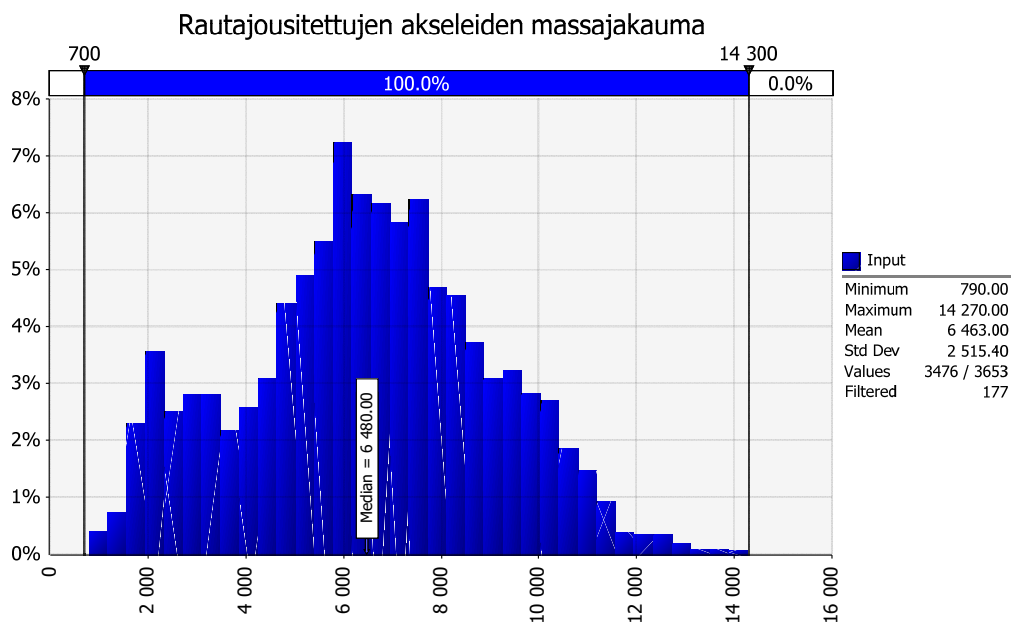
Kuva 46. Vetävien akselien akselimassajakauma ja sen jakaumasovitus.

### 2.4.5 Jakaumat vs jousitus

Ilmajousitettujen akselien massajakauma on kaksihuippuinen (kuva 47). Vaihtelualue on välillä 0,7–14,9 tonnia. Lehtijousitettujen akselien massajakauma on säännöllisempi ja yksihuippuinen ja sen vaihtelualue on sama (kuva 48).



Kuva 47. Ilmajousitettujen akselien akselimassajakauma.

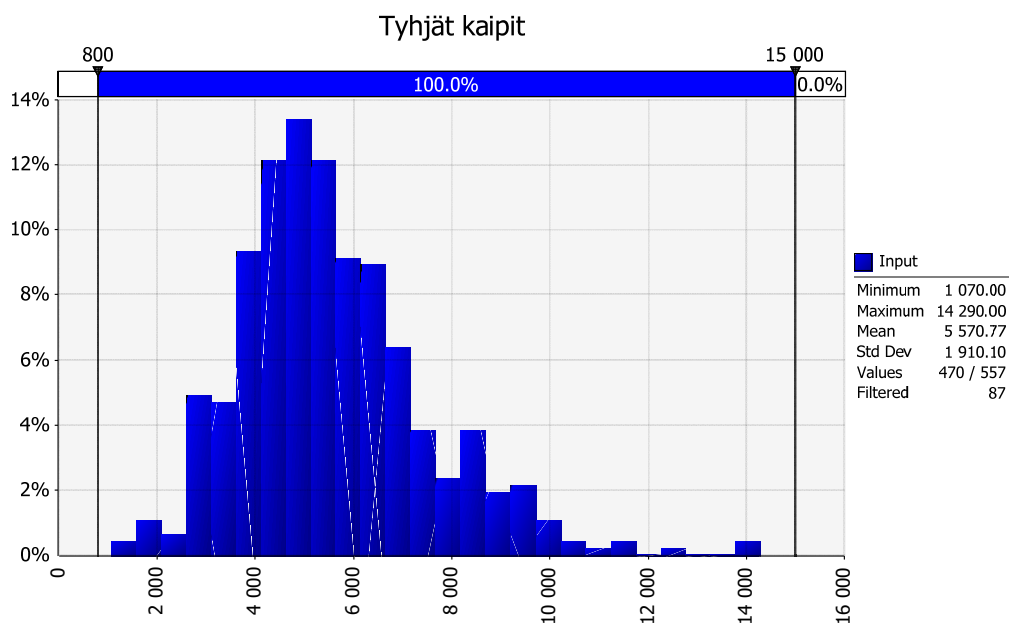


Kuva 48. Lehtijousitettujen akselien akselimassajakauma.

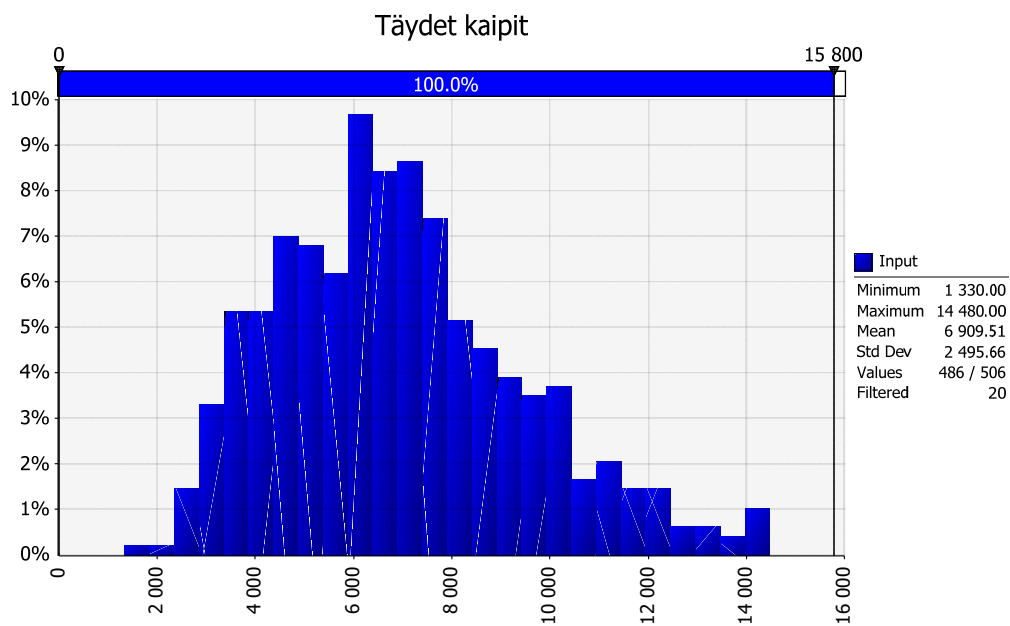


## 2.4.6 Jakaumat vs. kuormausaste

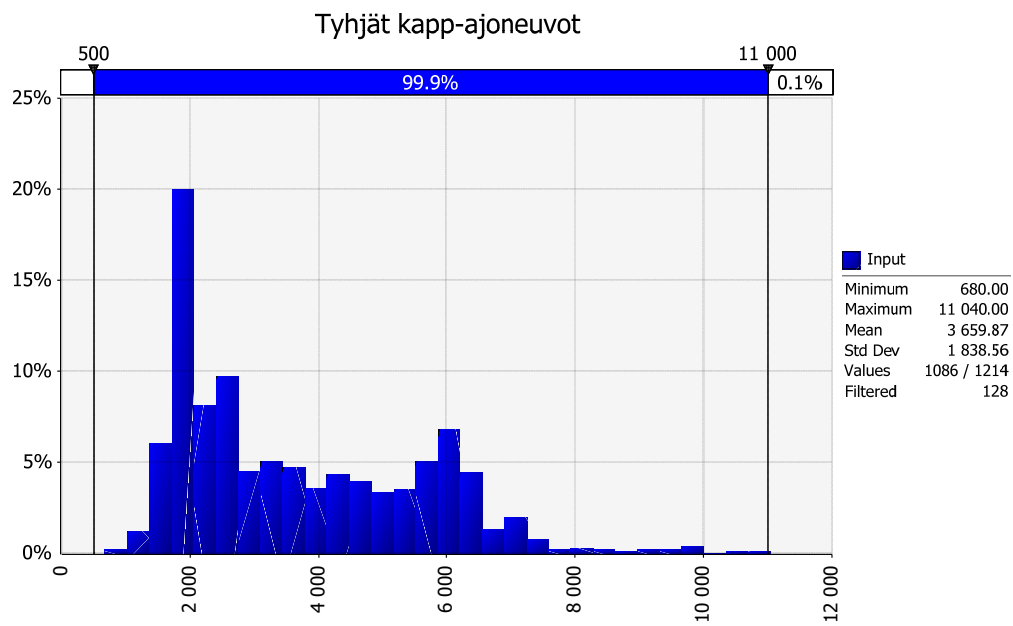
Seuraavissa kuvissa on esitetty ajoneuvoryhmien akselimassajakaumat erikseen tyhjästä ja täyteen kuormatuista ajoneuvoista (kuvat 49–54). Täyteen kuormattujen ajoneuvojen akselimassojen keskiarvo ja hajonta ovat luonnollisesti suuremmat kuin tyhjiä ajoneuvojen vastaavat tunnusluvut. Vajaakuormatuiksi ilmoitetut ajoneuvot puuttuvat tästä tarkastelusta.



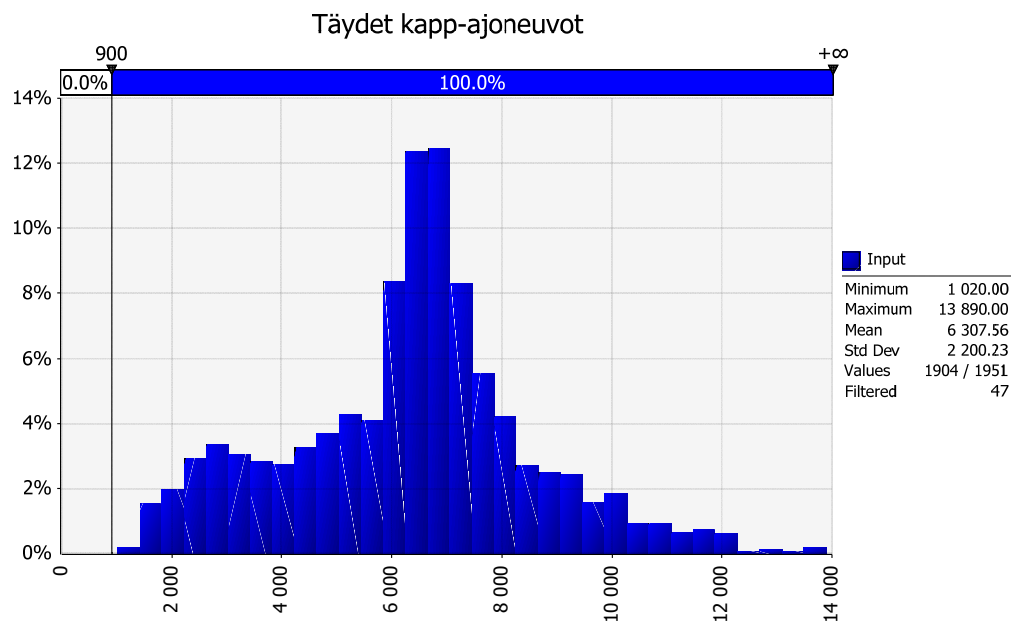
Kuva 49. Tyhjiä KAIP-ajoneuvojen akselimassajakauma.



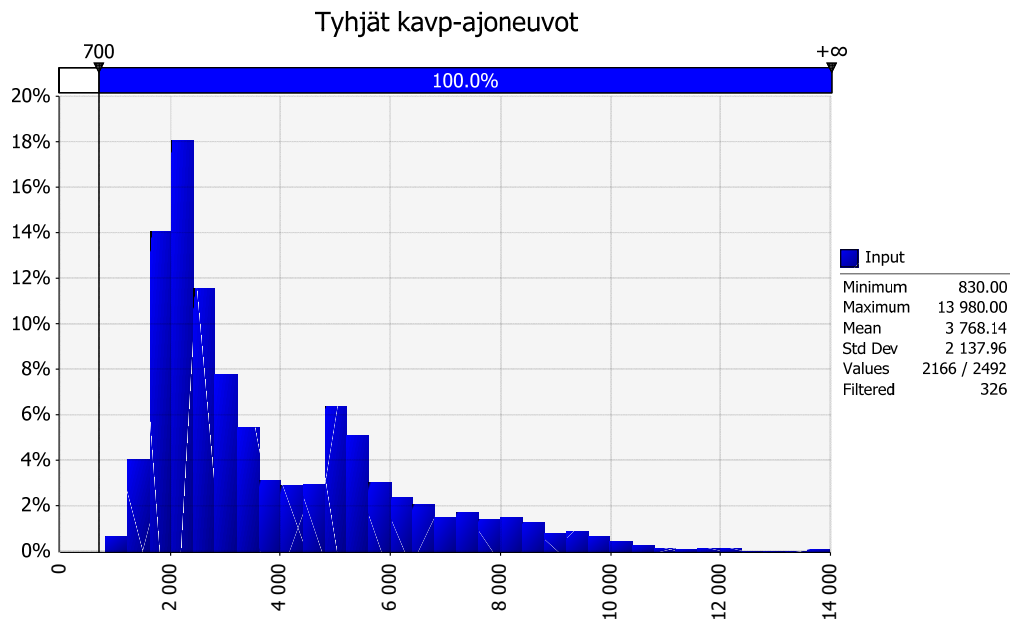
Kuva 50. Täysiä KAIP-ajoneuvojen akselimassajakauma.



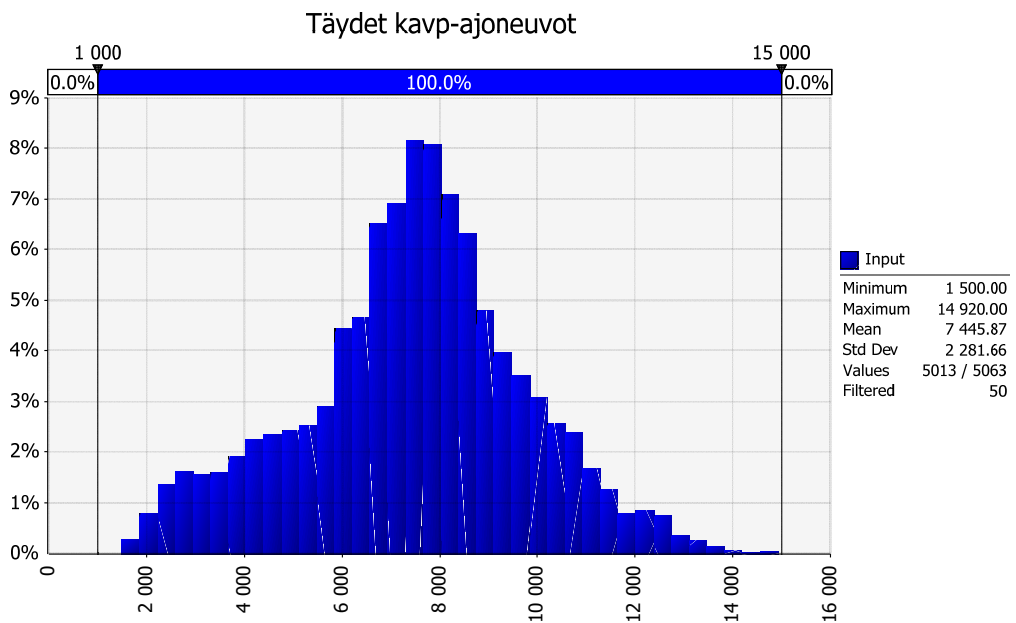
Kuva 51. Tyhjien KAPP-ajoneuvojen akselimassajakauma.



Kuva 52. Täysien KAPP-ajoneuvojen akselimassajakauma.



Kuva 53. Tyhjien KAVP-ajoneuvojen akselimassajakauma.



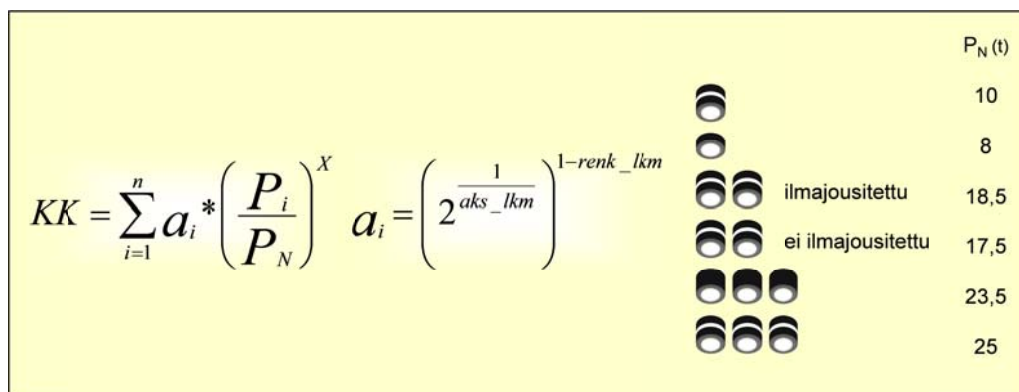
Kuva 54. Täysien KAVP-ajoneuvojen akselimassajakauma.

## 2.5 Kuormitusekvivalentit

### 2.5.1 Laskentaperusteet

Vastaavuuskerroinmenetelmä tarkoittaa sitä, että kullakin akseli-/ajoneuvoluokalla on oma vastaavuuskertoimensa, jolla tämän luokan liikennemäärä muunnetaan vastaamaan standardiakselin (100 kN yksittäinen paripyöräakseli) ylityksiä tien poikkeileikkauksessa. Näin saadut luvut lasketaan yhteen, jolloin saadaan koko liikenteen aiheuttama kuormituskertaluku (standardiakseleina). Kun päivittäinen kuormituskertaluku kerrotaan raskaiden ajoneuvojen liikennemäärällä, saadaan kumulatiivinen kuormituskertaluku, joka on kuormituskestävyystarkastelujen lähtötieto.

Ajoneuvojen kuormitusvastaavuudet laskettiin kuvan 55 mukaisilla periaatteilla sillä poikkeuksella, että kerrointa  $a_i$  ei käytetty. Vastaavuuden laskenta perustui kunkin akselin/rengastustyyppin mukaiseen vertailupainoon ja neljännen potenssin ( $x=4$ ) kaavaan. Potenssi kuvaa tierakenteen väsymissuoran kulmakerrointa. Erilaisilla tierakenteilla voi olla toisistaan poikkeavat väsymissuorien kulmakertoimet, mutta arvo 4 on yleisimmin käytetty. Kunkin ajoneuvon kunkin akselin tai telin akseli/telipaino jaettiin vertailupainolla ( $P_N$ ), johon vaikutti telityyppi, jousitus ja rengastus (taulukko 16). Ajoneuvon kuormitusvastaavuus on sen akseleiden kuormitusvastaavuuksien summa. Ajoneuvoryhmän keskimääräinen kuormitusvastaavuus on kaikkien ajoneuvoryhmän ajoneuvojen vastaavuuksien keskiarvo.



Kuva 55. Akseleiden kuormitusvastaavuuden laskentaperiaate [2].

Taulukossa 16 on esitetty kuormitusvastaavuuden laskennassa käytetyt referenssipainot. Mustalla fontilla olevat luvut ovat yleisesti tunnettuja referenssipainojen arvoja. Punaisella fontilla olevat luvut ovat tätä tutkimusta varten erikseen interpoloituja tai pääteltyjä.

Taulukko 16. Referenssipainot ( $P_N$ ) eri akselista- ja rengasratkaisuille.

Akselia/teli	Paripyörä		Supersingle		Yksittäisrengas		Potenssi
	PI	PM	SI	SM	YI	YM	
1	10000	9700	9000	8700	8000	7700	4
2	18500	17500	17390	16406	14800	13892	4
3	25000	24000	23500	22500	15000	14200	4

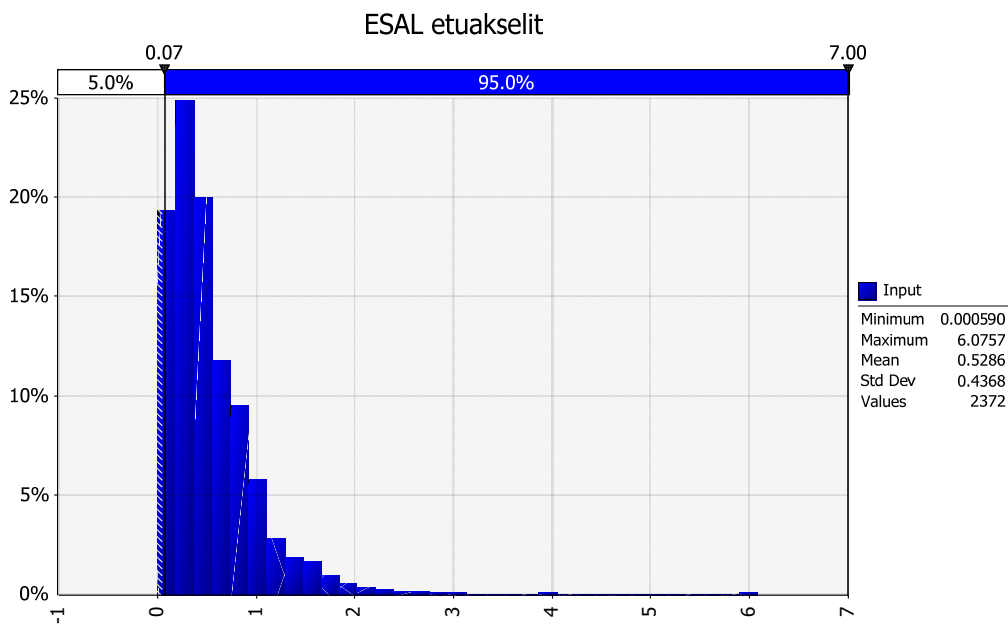


## 2.5.2 Akselistoratkaisujen kuormitusvastaavuus

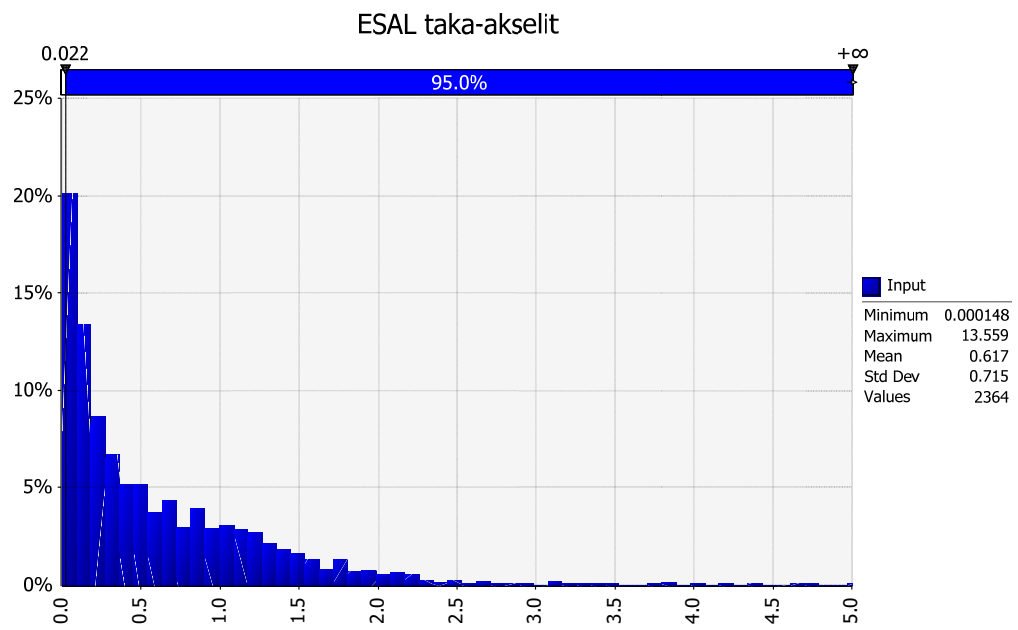
Akselisto- ja rengas-jousitusratkaisujen keskimääräinen kuormitusvastaavuus vaihteli välillä 0,31–1,25 (Taulukko 19). Yksittäisakselien keskimääräinen kuormitusvastaavuus oli 0,51 ja se oli pienin paripyörärensastuksella ja suurin lehtijousitetulla supersinglerengastuksella. Kaksiakselisten telien keskimääräinen kuormitusvastaavuus oli 0,60 ja se oli pienin ilmajousitetulla supersinglerengastuksella ja suurin lehtijousitetulla yksittäisrensastuksella. Kolmiakselisten telien keskimääräinen kuormitusvastaavuus oli 0,44 ja se oli pienin ilmajousitetulla supersinglerengastuksella ja suurin lehtijousitetulla yksittäisrensastuksella. Lukuja vertailtaessa on kuitenkin muistettava, että kunkin keskiarvon taustalla on eri määrä akseleita ja erilaiset kuormausasteet.

Taulukko 19. Keskimääräiset vastaavuuskertoimet eri akselisto- ja rengasratkaisuille.

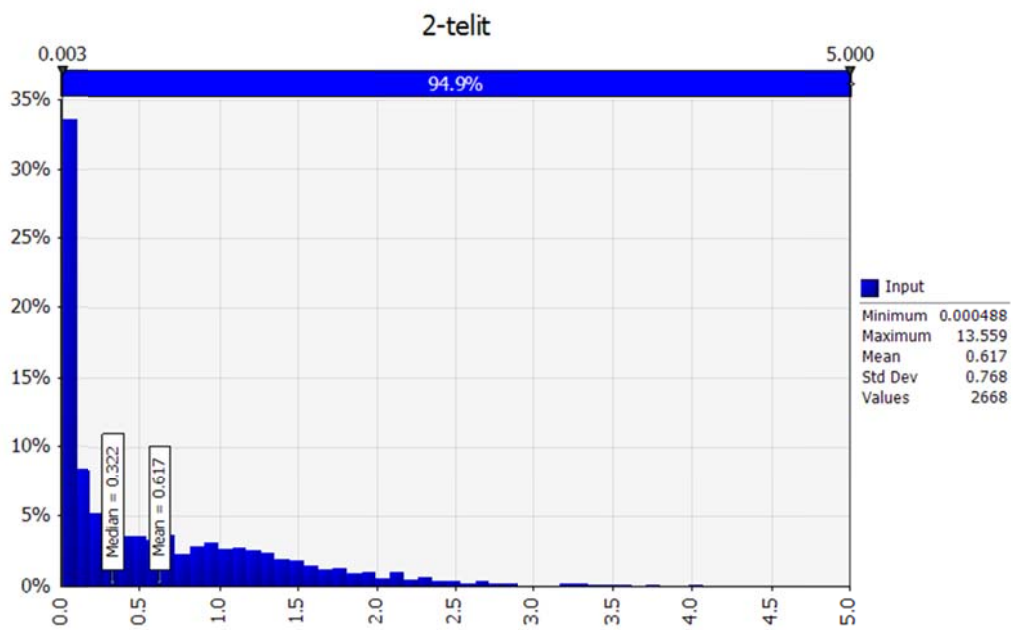
Akselia/teli	Paripyörä		Supersingle		Yksittäisrenkas		Yhteensä
	PI	PM	SI	SM	YI	YM	
1	0.42	0.42	0.47	0.81	0.48	0.57	0.51
2	0.55	0.79	0.31	0.51	0.82	1.12	0.60
3	0.67	0.64	0.32	0.36	0.45	1.25	0.44



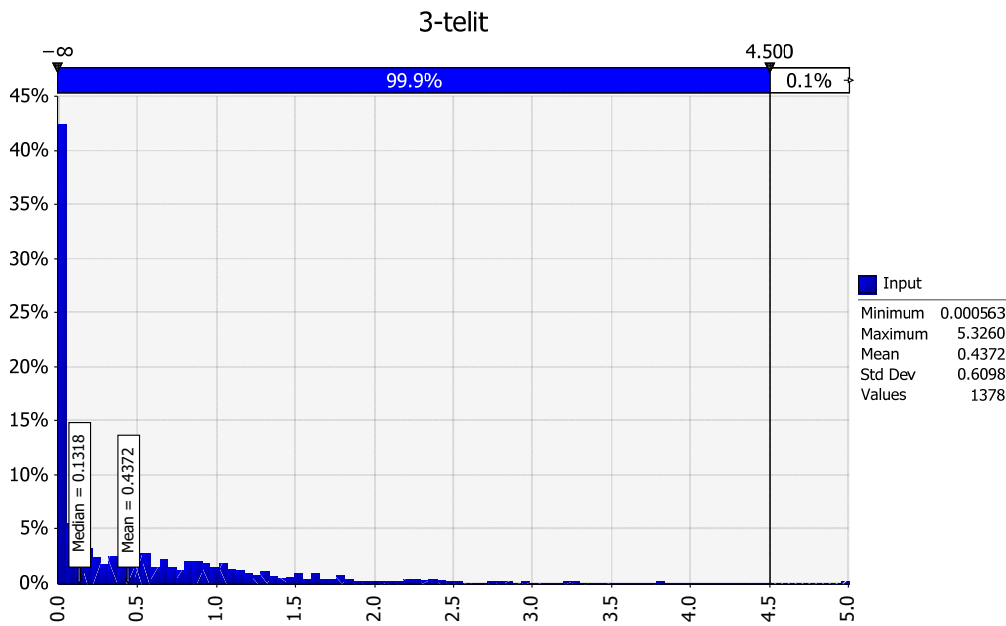
Kuva 56. Etuakseleiden kuormitusvastaavuus.



Kuva 57. Yksiakselisten taka-akselien kuormitusvastaavuus.



Kuva 58. Kaksiakselisten telien kuormitusvastaavuus.



Kuva 59. Kolmiakselisten telien kuormitusvastaavuus.

### 2.5.3 Kuormitusvastaavuus ajoneuvoryhmittäin

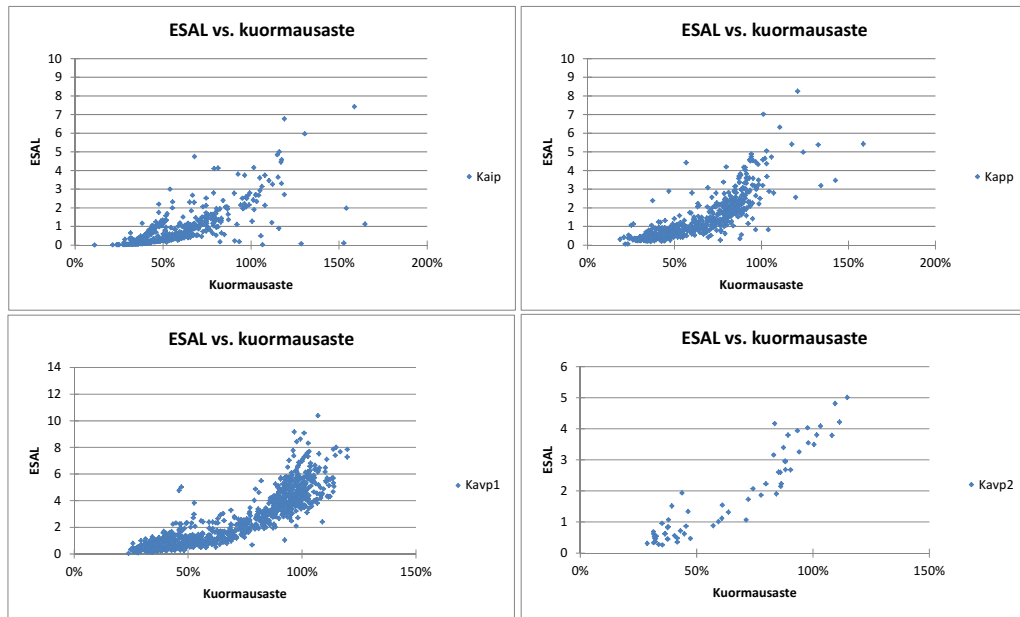
Keskimääräiset kuormitusvastaavuudet olivat ajoneuvoryhmittäin 0,88, 1,29, 2,46 ja 1,83 (Taulukko 20). Vastaavat luvut kuormausasteittain käyvät ilmi taulukosta.

Taulukko 20. Ajoneuvoryhmien keskimääräiset kuormitusvastaavuudet.

Kuormausaste	Ajoneuvoryhmä			
	KAIP	KAPP	KAVP1	KAVP2
Tyhjät	0.62	0.48	0.69	0.70
Puolityhjä	0.70	1.02	1.60	1.01
Täydet	1.28	1.86	3.54	2.56
Keskimäärin	0.88	1.29	2.46	1.83

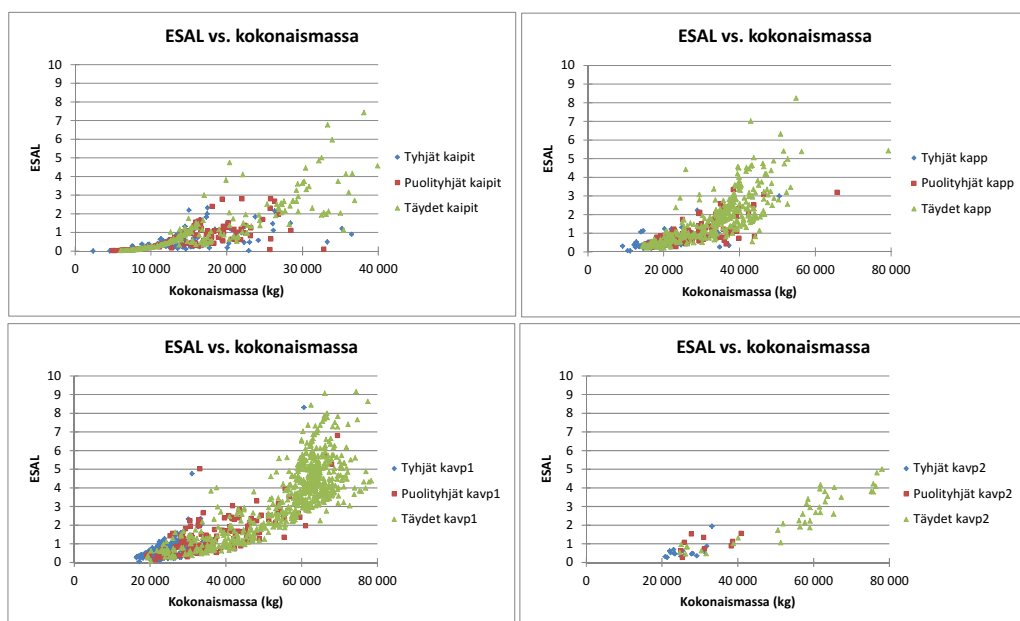
Kuormitusvastaavuus riippuu paitsi akselisto- ja jousitus-rengastusratkaisuista myös pyörä/telimassoista. Ajoneuvoryhmien sisällä on siten erittäin paljon vaihtelua. Yksittäisen ajoneuvon kuormitusvastaavuus voi vaihdella kuormausasteesta riippuen lähes nolasta jopa kymmeneen standardiakseliin (Kuva 60). Kuvan tarkastelussa kuormausaste on määritetty jakamalla ajoneuvon kokonaismassa sen akselien sallittujen massojen summalla. Yksittäisten akselien sallittujen massojen summa ei kuitenkaan aina vastaa ajoneuvokohtaisia sallittuja kokonaismassoja vaan suurin sallittu kokonaismassa saattaa olla pienempi, mutta sitä ei ole tässä tarkastelussa otettu huomioon. Perävaunuttomien ajoneuvojen kuormitusvastaavuus voi ääritilanteissa ylittää yhdistelmäajoneuvojen kuormitusvastaavuuksien tasolle.





Kuva 60. Kuormitusvastaavuus vs. laskennallinen sallittujen akselimassojen perusteella määritetty kuormitusaste.

Yksittäisten ajoneuvojen kuormitusvastaavuus kokonaismassan ja ilmoitetun kuormausasteen mukaan on esitetty seuraavassa kuvassa 61. Täyteen kuormattujen ajoneuvojen kokonaismassa ja kuormitusvastaavuus vaihteli niin ikään paljon johtuen siitä minkä painoista tavaraa on kuljetettu. Lähes 80 tonnin painoisen yhdistelmäajoneuvon kuormitusvastaavuus vaihteli välillä 4–9 standardiakselia.

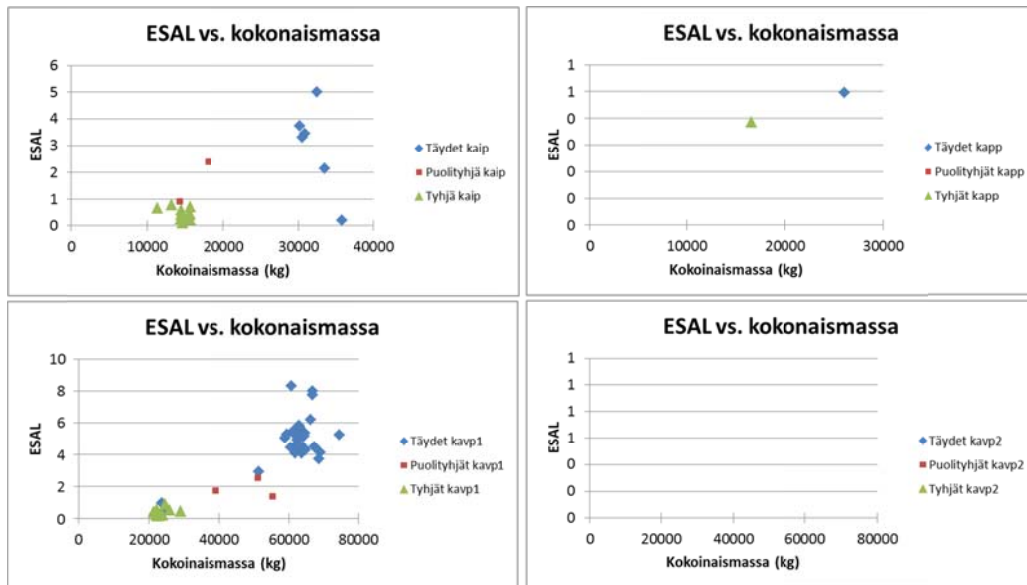


Kuva 61. Kuormitusvastaavuus vs. kokonaismassa kuormausasteittain.

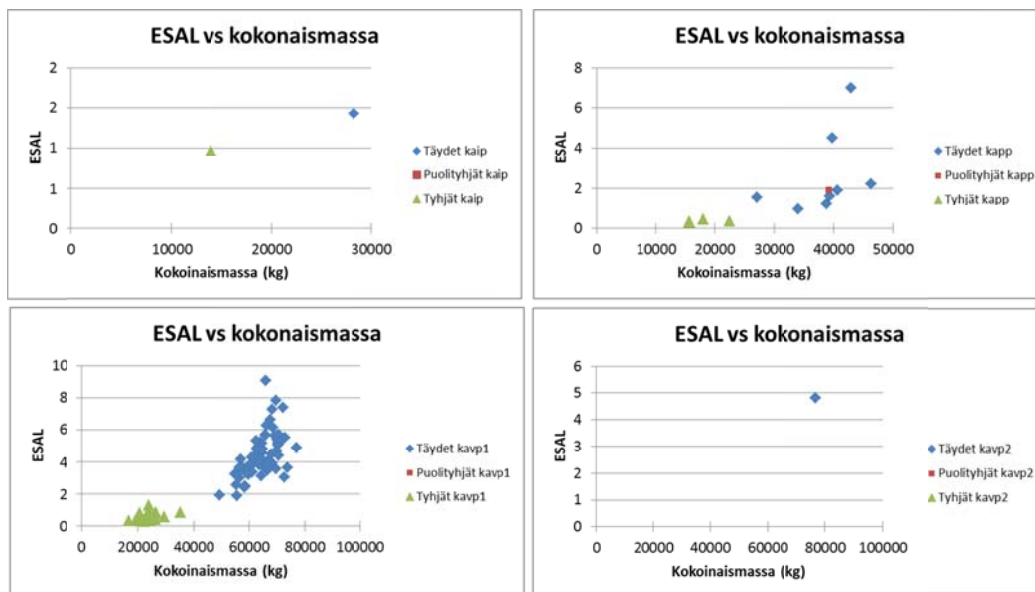
## 2.5.4 Kuormitusvastaavuus tavaralajeittain

Ajoneuvojen kuormitusvastaavuudet ja kokonaismassa on esitetty tavaralajeittain seuraavissa kuvissa 62–66. Vuoden 2014 mittauksissa raakapuu- ja maa-ainekuljetukset ovat eritelty toisistaan, mutta vuoden 2013 mittauksissa ne muodostavat yhdessä tavaralajin raaka-ainekuljetus.

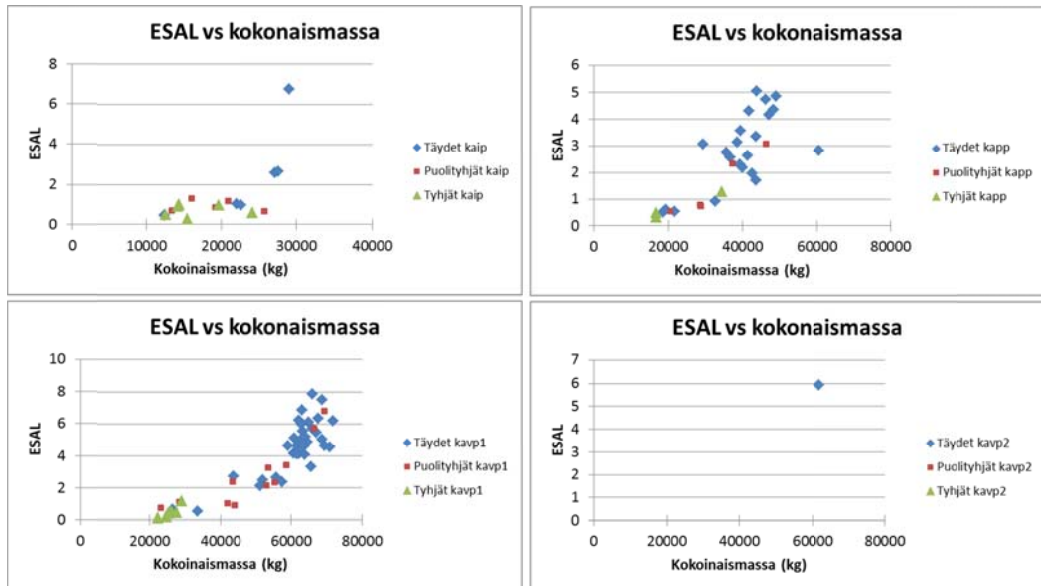
Kuvien perusteella voidaan olettaa, että muutamien yksittäisten ajoneuvojen kuormausaste on joko ilmoitettu tai kirjattu väärin. Yksittäisiä tuloksia ei kuitenkaan ole korjattu, sillä niiden luotettava selvittäminen jälkikäteen ei onnistu.



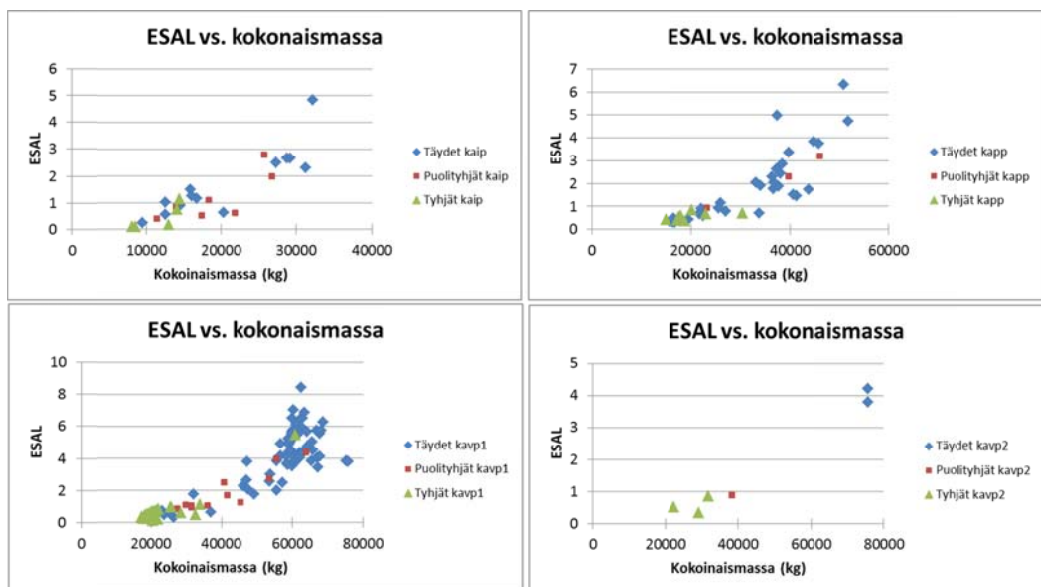
Kuva 62. Kuormitusvastaavuus vs. kokonaismassa kuormausasteittain maa-ainekuljetuksille.



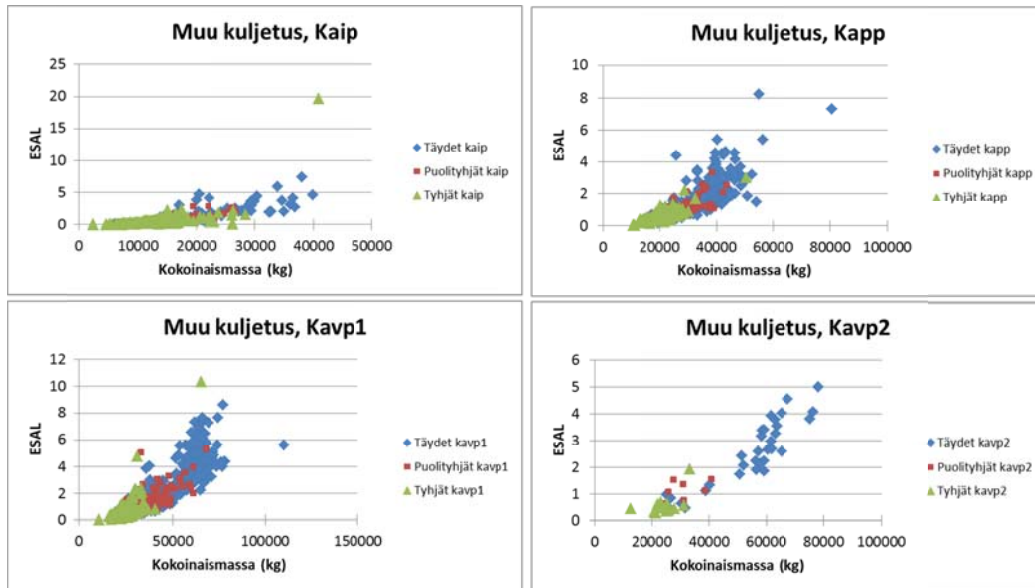
Kuva 63. Kuormitusvastaavuus vs. kokonaismassa kuormausasteittain raakapuu-kuljetuksille.



Kuva 64. Kuormitusvastaavuus vs. kokonaismassa kuormausasteittain raaka-ainekuljetuksille.



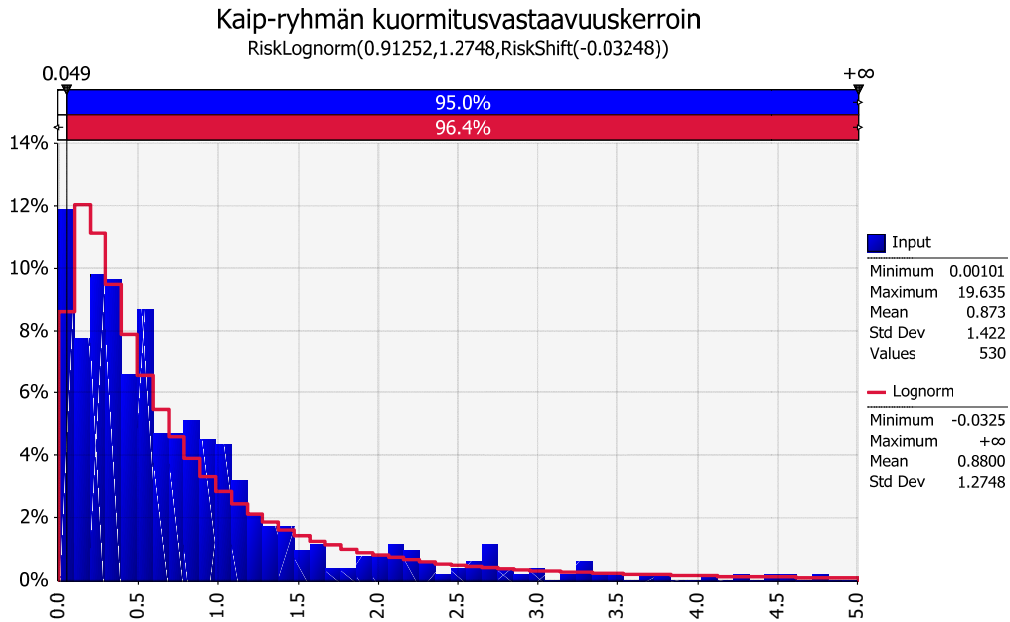
Kuva 65. Kuormitusvastaavuus vs. kokonaismassa kuormausasteittain nestekuljetuksille.



Kuva 66. Kuormitusvastaavuus vs. kokoinaismassa kuormausasteittain muille kuljetuksille.

## 2.5.5 KAIP

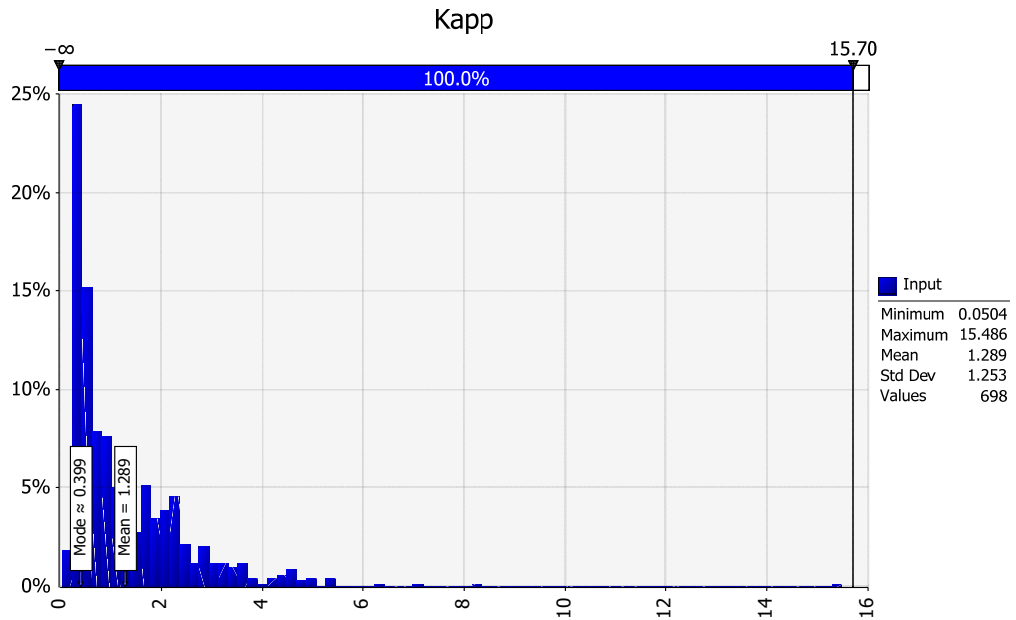
Perävaunuttomien kuorma-autojen keskimääräinen kuormitusekvivalentti on 0,88 ja se vaihteli välillä 0–19,6.



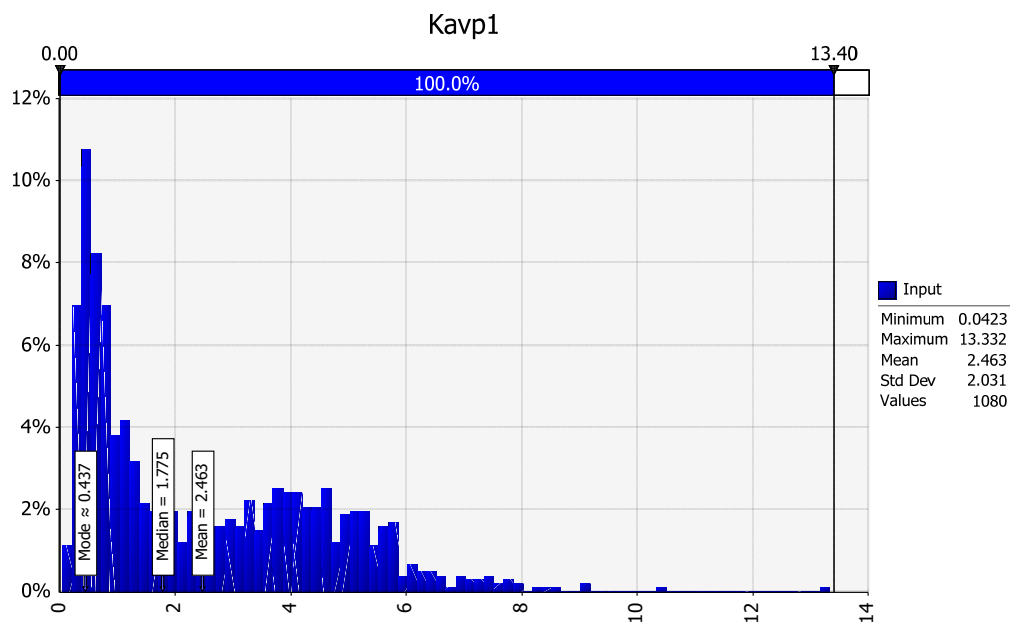
Kuva 67. Perävaunuttomien kuorma-autojen kuormitusekvivalentti potenssilla 4.

## 2.5.6 Muut ajoneuvoryhmät

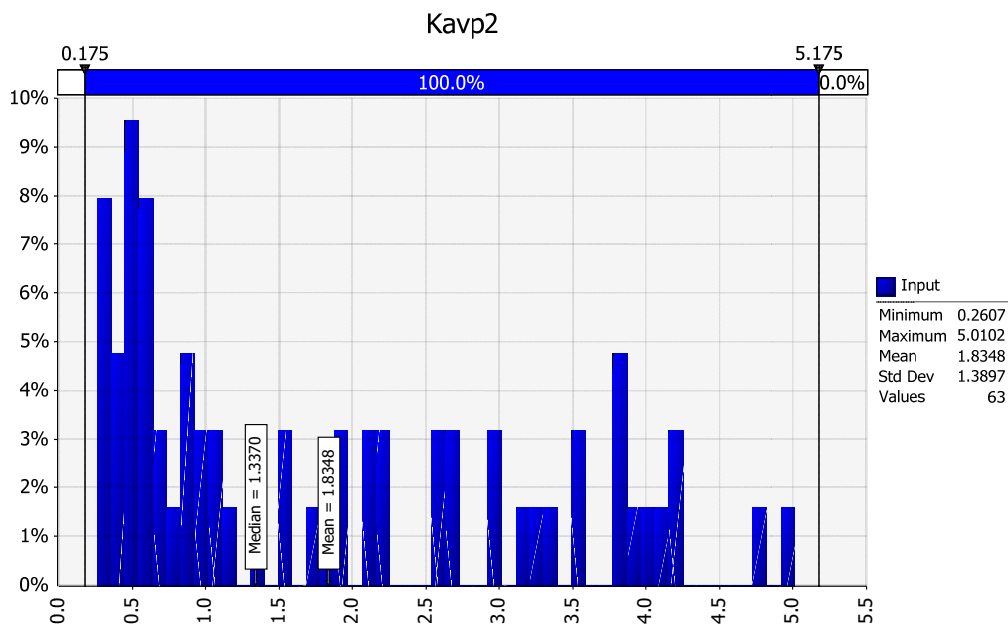
Puoliperävaunullisten ajoneuvojen kuormitusvastaavuus oli keskimäärin 1,75 ja vaihteli välillä 0,1–15,5 std.aks.



Kuva 68. KAPP-ryhmän kuormitusvastaavuusjakauma.



Kuva 69. KAVP1-ryhmän kuormitusvastaavuusjakauma.







Kuva 70. Moduuliyhdistelmien kuormitusvastaavuusjakauma.

## 2.6 Kuormitusekvivalenttikertoimien muutokset






Tutkimuksen ajoneuvoryhmäkohtaiset ekvivalenttikertoimet sekä edellisen tutkimuksen vastaavat kertoimet ovat esitettyinä seuraavassa taulukossa 21.

Taulukko 21. Ajoneuvoryhmien kuormitusvastaavuuksien muutokset.




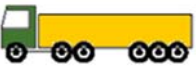
Tyyppi	Kuva tyypistä	ESAL kertoimet	
		v. 2014	v. 1999
KAIP		0.88	0.58
KAPP		1.29	1.48
KAVP		2.46	2.63
MODUULI		1.83	-

Tuloksien perusteella yksittäisten akselien aiheuttama kuormitus on pienentynyt edelliseen tutkimukseen verrattuna. Samanaikaisesti kuitenkin sekä ajoneuvoryhmät ja tyypit ovat muuttuneet edellisestä tutkimuksesta. Muutos selittää yksittäisten akselien kuormitusvastaavuuksien pienenemisen. Eli nykyisin massat jakaantuvat yleensä useammalle akselille kuin aiemmin. Seuraavissa taulukossa 22–24 on esitetty ajoneuvoryhmien sisällä tapahtuneet muutokset.








Taulukko 22. KAIP ryhmän ajoneuvotyyppien osuus.

Tyyppi	Kuva	Osuus	
		v. 2014	v. 1999
1		42.7	55.6
2		45.7	37.4
3		8.1	1.6
4		2.6	5.2
5		0.9	-

Taulukko 23. KAPP ryhmän ajoneuvotyyppien osuus.

Tyyppi	Kuva	%osuus	
		v. 2014	v. 1999
1		0.7	4.1
2		46.0	48.2
3		7.0	9.3
4		44.9	31.0
5	Muut	1.4	7.4

Taulukko 24. KAVP ryhmän ajoneuvotyyppien osuus.

Tyyppi	Kuva	%osuus	
		v. 2014	v. 1999
3+12		2.9	14.9
3+22		40.4	58.1
3+13		1.3	6.9
4+13		5.3	8.6
3+23		37.2	1.1
4+22		4.2	
4+23		4.2	
	Muut	4.5	10.4

## 2.7 Muita kuormitusvastaavuuskertoimia

Samanaikaisesti akselimassatutkimuksen kanssa Trafikia AB suoritti Liikennevirastolle ajoneuvomassojen mittauksia silta-WIM (engl. weight in motion) menetelmällä. Tulosten myöhempää vertailua varten akselimassatutkimuksen tulosaineistolle laskettiin kuormitusvastaavuuskertoimet myös Trafikian laskentakaavalla.

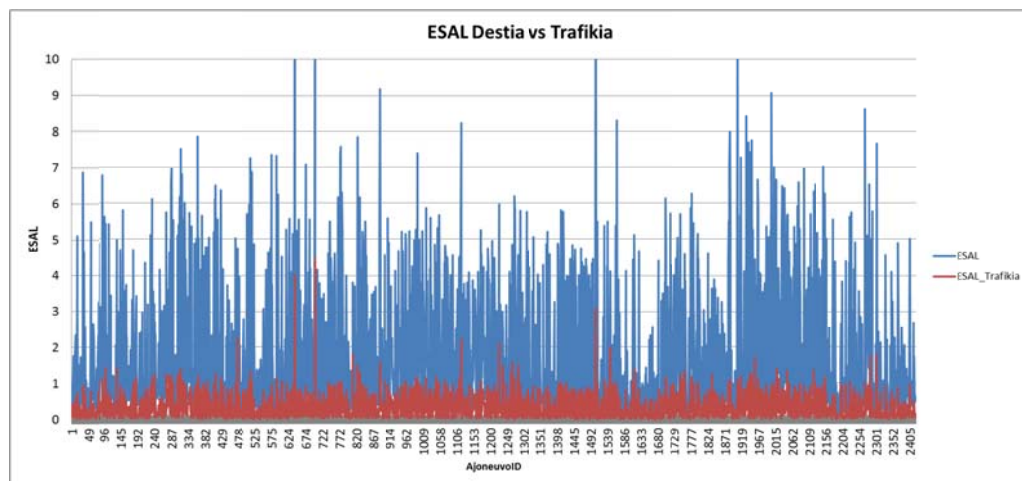
$$ESAL = \sum_{i=1}^n 10^{-4} * ft * fa * (P_i)^4$$

Käytännössä laskentakaava on samanmuotoinen kuin tämän tutkimuksen varsinaisessa kuormituskertalukulaskennassa käytetty kaava. Muuttuja  $ft$  on ajoneuvon rengastuksesta ja jousituksesta riippuva kerroin, ja se jätetään huomiotta koska WIM-mittauksissa rengas ja jousitustyypit jäävät selvittämättä.

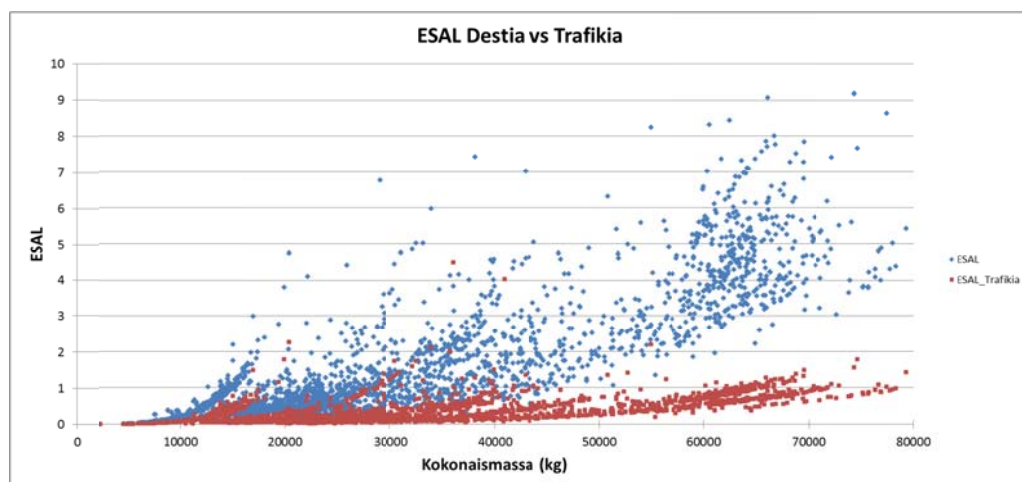


Muuttuja  $f_a$  on akselin referenssipainosta riippuva kerroin, jonka arvo vaihtelee samaan teliin kuuluvien akseleiden lukumäärän perusteella. Kerroin  $f_a$  voi saada arvon 1,000 yksittäisakselin tapauksessa, 0,0953 kaksoisakselin tapauksessa ja 0,0301 kolmoisakselin tapauksissa. Nämä vastaavat 10tn, 18tn ja 24tn referenssipainoja ja ovat hyvin lähellä akselimassatutkimuksen ilmajousitettujen paripyörällisten akselien referenssiakselipainoja. Koska ilmajousitettujen paripyörärenskaiden referenssipainot ovat muita rengastyyppejä ja jousitusratkaisuja suurempia (Taulukko 16), niin kaava antaa lähtökohtaisesti ajoneuvoille aina pienempiä ESAL-arvoja kuin tämän tutkimuksen varsinaisessa kuormituslaskennassa käytetty kaava.

Seuraavissa kuvissa 71–72 on nähtävissä kaavojen tuottamien kuormituslukujen erot ajoneuvoikohtaisesti. Merkittävät erot tuloksissa selittyvät laskennassa käytettävällä ns. 4-potenssin säännöllä, jolloin erot referenssipainossa korottuvat 4-potenssiin. Liitteessä 4 on esitetty ESAL-kertoimien laskenta ja laskentamenetelmien väliset erot tarkemmin muutamien yksittäisten ajoneuvojen tapauksessa.



Kuva 71. Ajoneuvojen kuormitusvastaavuuskerroin Destian käyttämällä kaavalla ja Trafikian käyttämällä kaavalla. Vaaka-akselilla ajoneuvoID.



Kuva 72. Ajoneuvojen kuormitusvastaavuuskerroin Destian käyttämällä kaavalla ja Trafikian käyttämällä kaavalla. Vaaka-akselilla kokonaismassa.

## 3 Simulointitarkastelujen lähtötietoja

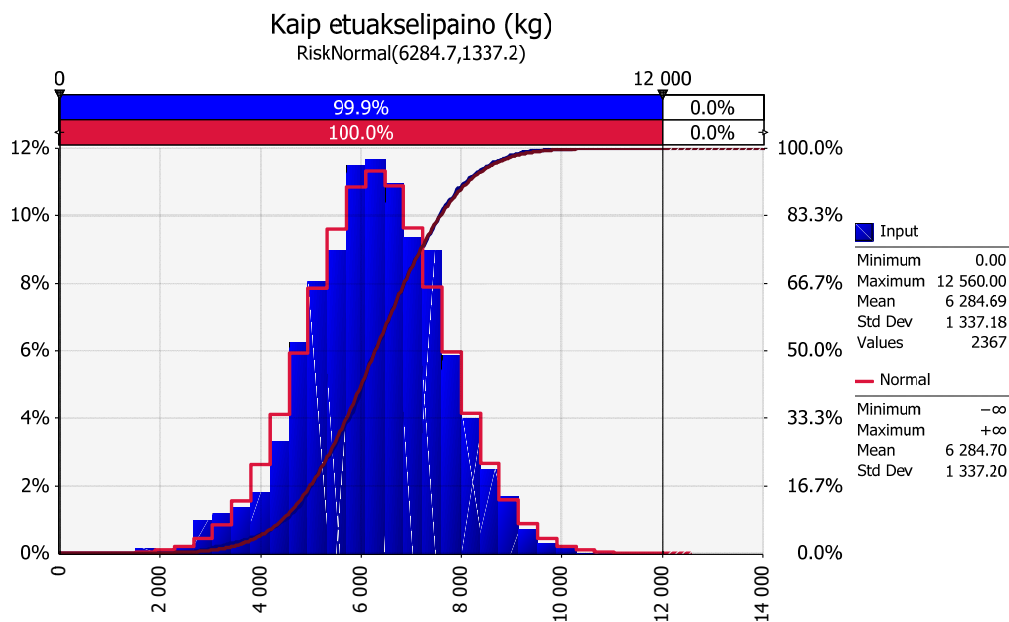
### 3.1 Perävaunuttomat kuorma-autot

#### 3.1.1 Akselivälit ja keskimääräiset akselimassat

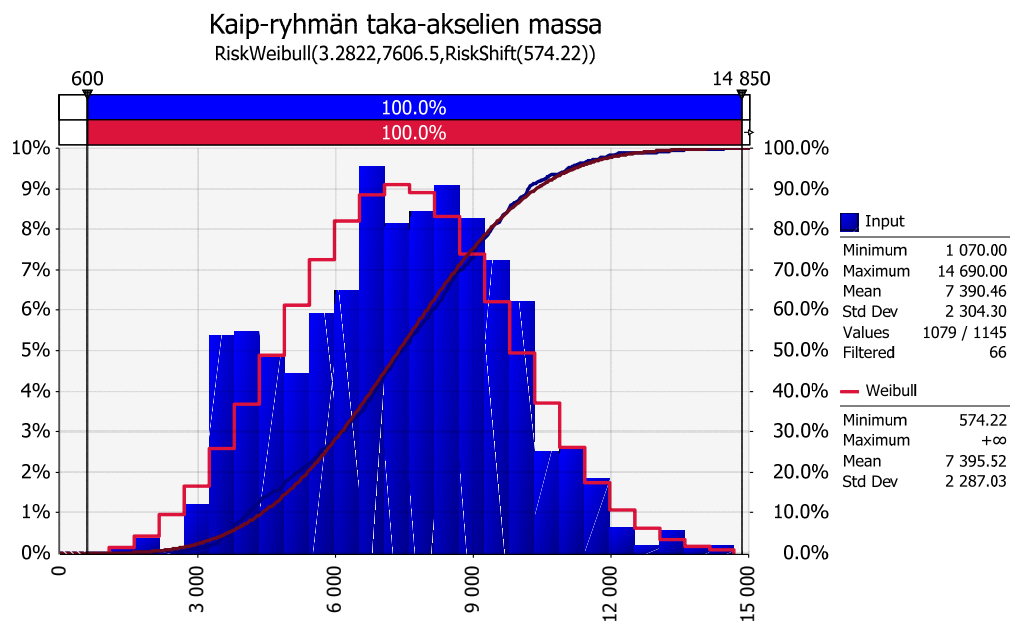
Taulukko 25. KAIP-ryhmän ajoneuvotyyppejen osuudet ja keskimääräiset akselivälit (m) ja akseli- tai telimassat (kg).

Ajoneuvotyyppi	Kaip	Suhteellinen osuus	1aksv	2aksv	3aksv	4aksv	Etuakseli	2. akseli	3. akseli	4. akseli	5. akseli	Kokonais massa
	1	43.7 %	4.96	-	-	-	43.3 % 4573	56.7 % 5979	-	-	-	100 % 10552
	2	44.3 %	4.77	1.33	-	-	31.9 % 6285	40.4 % 7978	27.7 % 5468	-	-	100 % 19731
	3	3.9 %	3.60	1.38	1.36	-	26.4 % 7009	25.3 % 6706	25.9 % 6860	22.4 % 5942	-	100 % 26517
	4	7.1 %	2.86	2.23	1.33	-	24.3 % 5891	23.4 % 5687	27.5 % 6664	24.8 % 6026	-	100 % 24269
	5	0.9 %					19.6 % 6468	20.6 % 6778	21.4 % 7040	20.8 % 6842	17.6 % 5790	100 % 32918
Ylös nostetut akselit mukana keskiarvoissa							Ylös nostetut akselit eivät mukana keskiarvoissa					

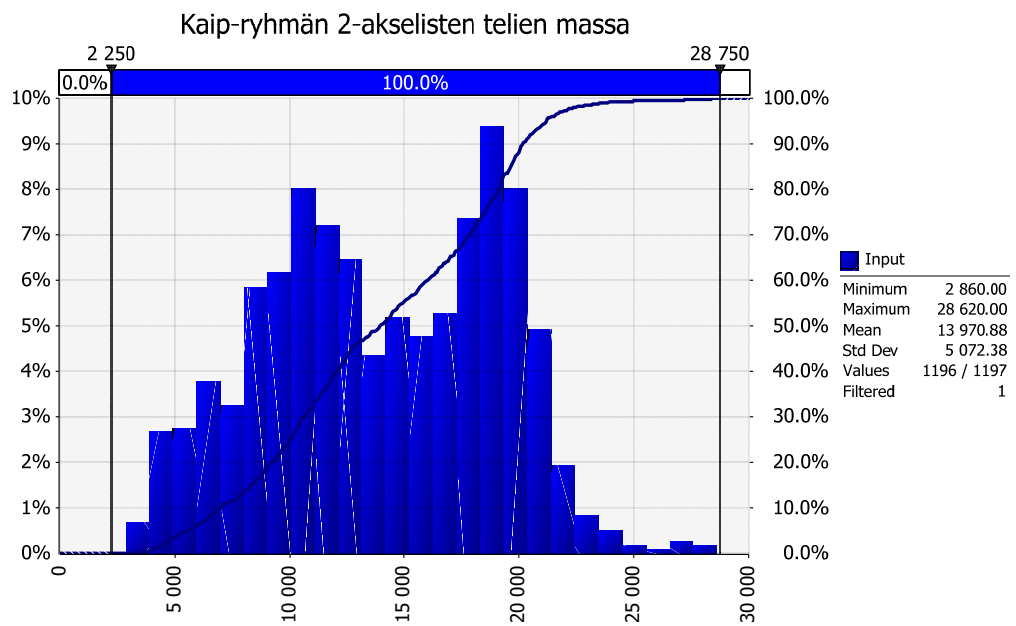
#### 3.1.2 Akselimassojen jakaumat



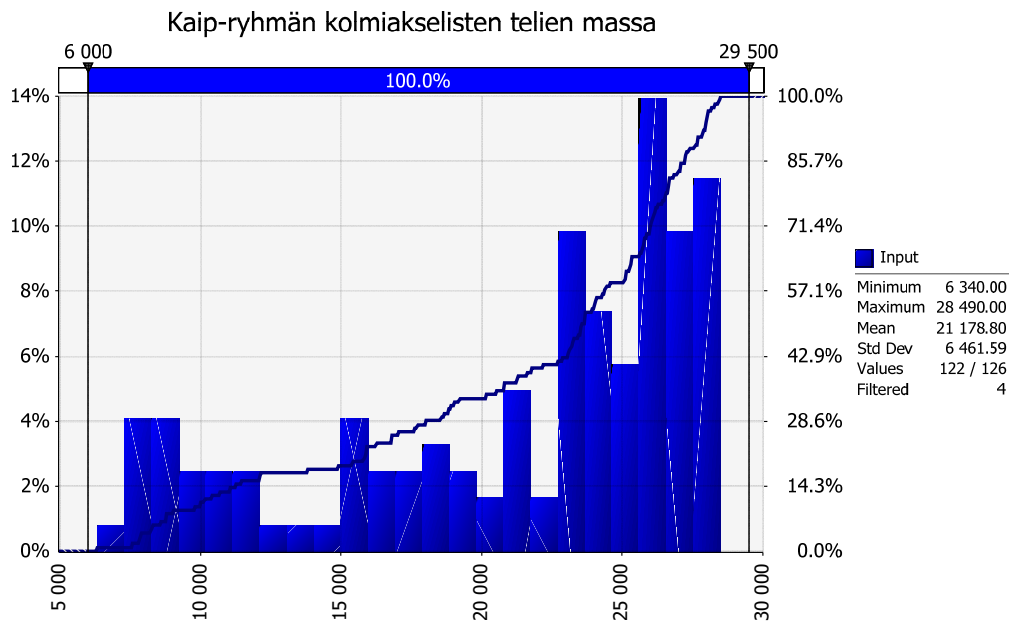
Kuva 73. KAIP-ryhmän ajoneuvojen etuakselien massa.



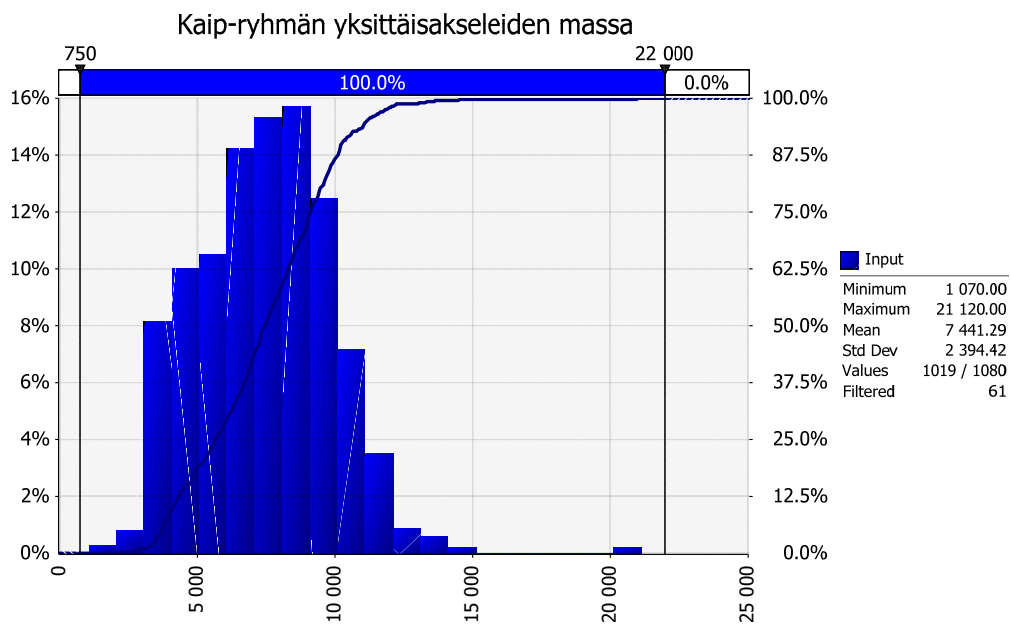
Kuva 74. KAIP-ryhmän 2-akselisen ajoneuvotyypin 1 taka-akselin massa (kg).



Kuva 75. KAIP-ryhmän kaksiakselisten telien massa (ylös nostetut akselit eivät ole mukana).



Kuva 76. KAIP-ryhmän kolmiakselisten telien massa (ylös nostetut akselit eivät ole mukana).



Kuva 77. KAIP-ryhmän ajoneuvotyypin 4 yksittäisakselin (toinen akseli) massa.

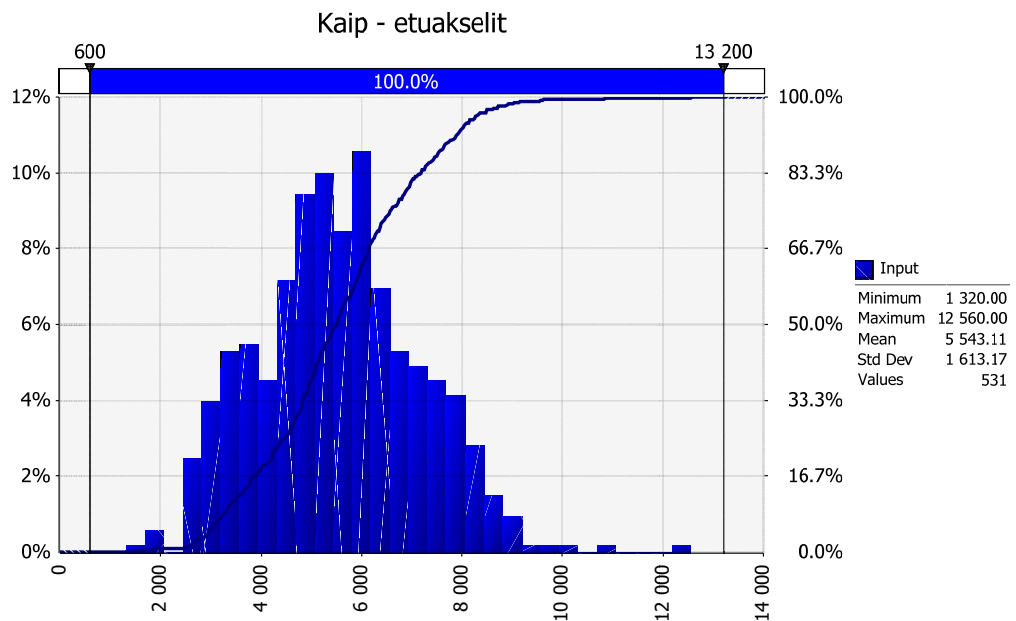
## 3.2 KAPP-ryhmä

### 3.2.1 Akselivälit ja keskimääräiset akselimassat

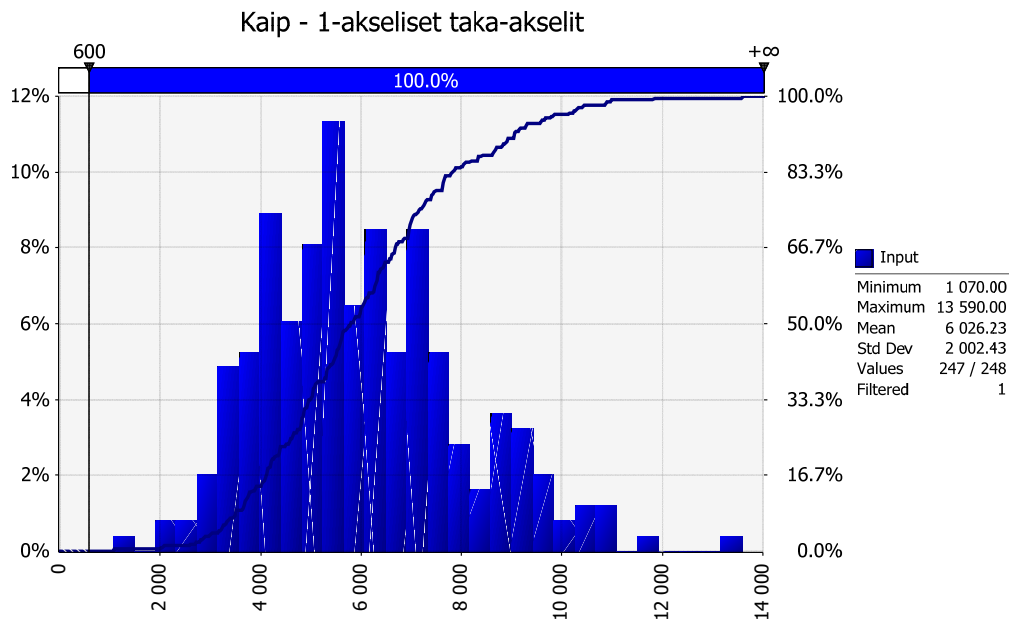
Taulukko 26. Puoliperävaunullisten ajoneuvojen keskimääräiset akselivälit ja akselivälit tai telipainot.

Ajoneuvotyyppi	Kaip	Suhteellinen osuus	1aksv	2aksv	3aksv	4aksv	Etuakseli	2. akseli	3. akseli	4. akseli	5. akseli	Kokonais massa
	1	42.7 %					43.3 %	56.7 %				100 %
			5.00	-	-	-	4573	5979	-	-	-	10552
	2	45.7 %					31.8 %	40.4 %	27.7 %			100 %
			4.80	1.30	-	-	6279	7978	5468	-	-	19725
	3	8.1 %					26.4 %	25.3 %	25.9 %	22.4 %		100 %
			3.60	1.38	1.36	-	7009	6706	6860	5942	-	26517
	4	2.6 %					24.3 %	23.4 %	27.5 %	24.8 %		100 %
			2.86	2.23	1.33	-	5891	5687	6664	6026	-	24269
	5	0.9 %					19.6 %	20.6 %	21.4 %	20.8 %	17.6 %	100 %
			2.4	2.06	1.35	1.36	6468	6778	7040	6842	5790	32918
Ylös nostetut akselit mukana keskiarvoissa							Ylös nostetut akselit eivät mukana keskiarvoissa					

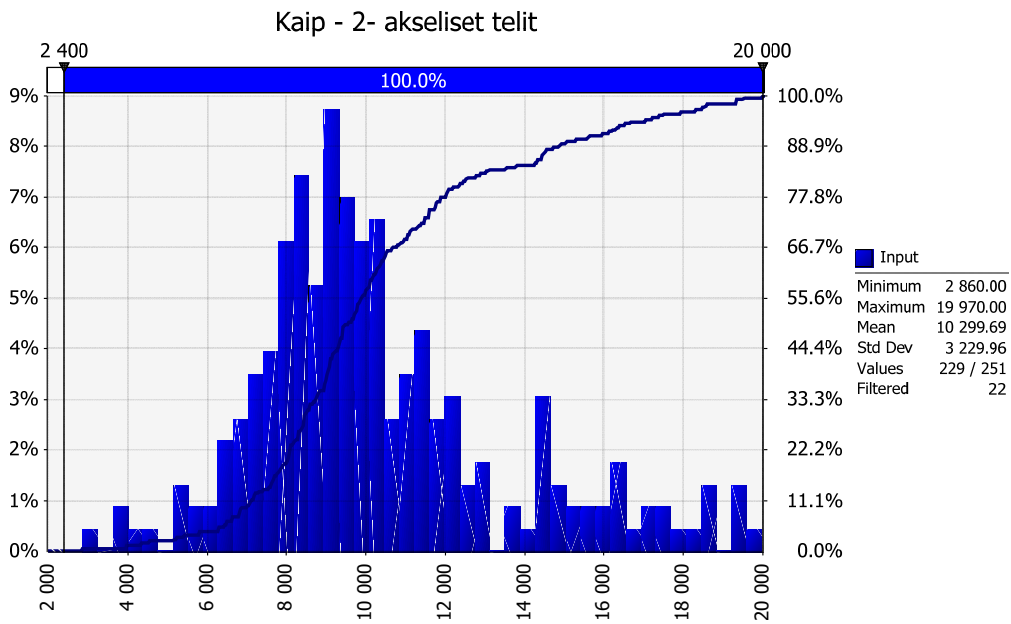
### 3.2.2 Akselimassojen jakaumat



Kuva 78. KAPP – etuakselimassat.



Kuva 79. KAPP – taka-akselimassat.

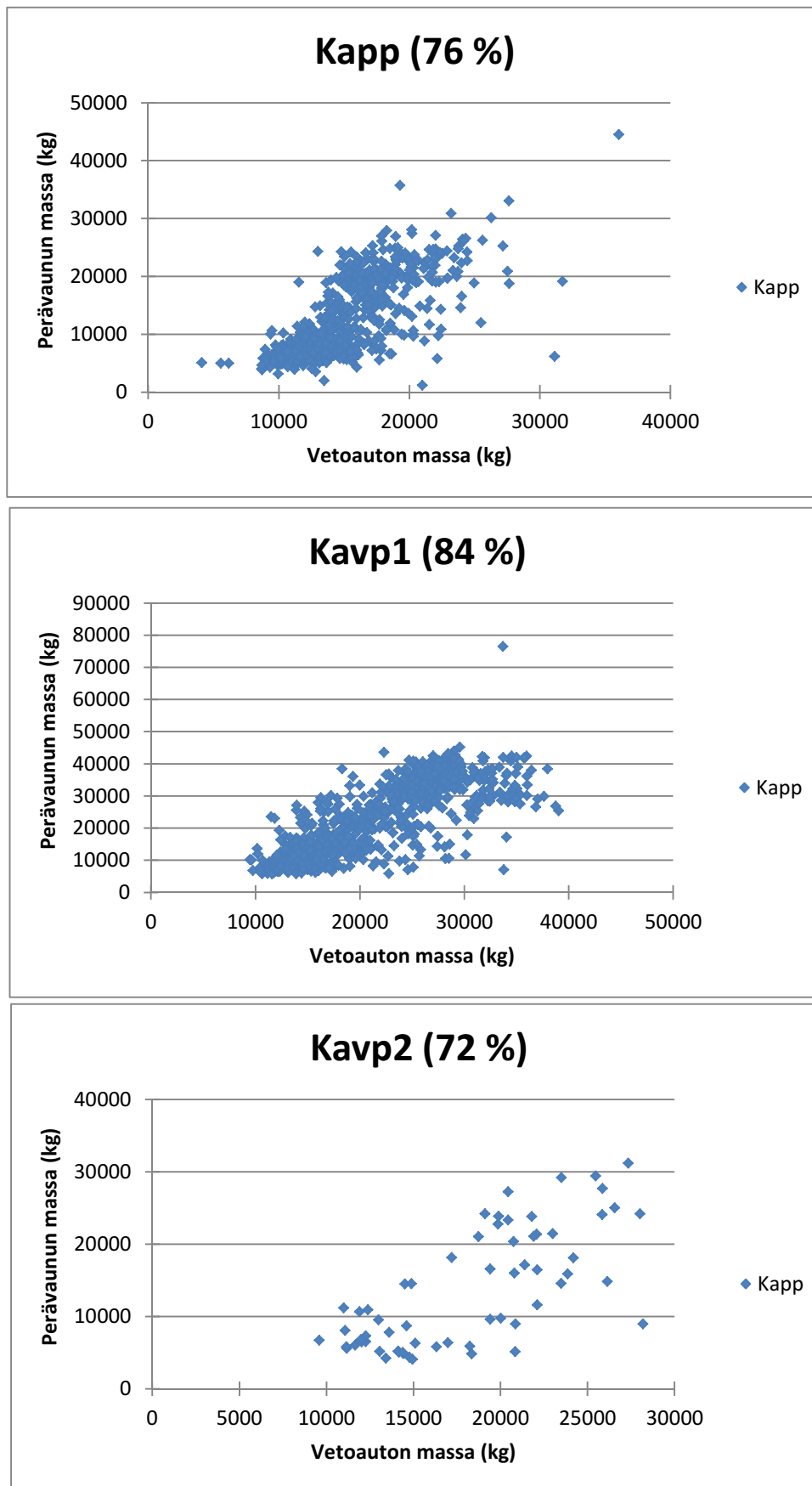


Kuva 80. KAPP – 2-akselisten telien massa.









Kuva 82. Vetoautojen ja perävaunujen massojen korrelaatio.

## 4 Tulosten laadunvarmistus

### 4.1 Yleinen laadunvarmistus

Mittaustuloksien oikeellisuus on pyritty varmistamaan tarkastelemalla mitatun datan paikkansapitävyyttä sekä pistokokein että loogisuustarkastelujen avulla.

Dataa tarkastettiin pistokokein n. 10 % koko mitatusta aineistosta. Tällöin varmistettiin, että oikea valokuva yhdistyy oikeaan punnitustapahtumaan. Lisäksi tarkastettiin, että akselien lukumäärä ja akselien asennot vastasivat ajoneuvosta otettua kuvaa. Mikäli mittaustiedoissa havaittiin virheitä, niin havaitut virheet korjattiin mittaustuloksiin. Tyypillisiä havaittuja virheitä olivat mm. ajoneuvoista otetut ylimääräiset tai puuttuvat kuvat, minkä seurauksena oikea kuva ei yhdistynyt oikeaan punnitustapahtumaan. Korjausprosessin jälkeen oikea kuva yhdistyy oikeaan mittaustulokseen.

Tämän jälkeen mittaustuloksille tehtiin loogisuus tarkasteluja, joiden perusteella virheelliset mittaustulokset pyrittiin löytämään aineistosta. Tällöin mm. varmistettiin, ettei ajoneuvon alhaalla olevan akselin paino voi olla nolla. Mikäli näin oli, niin ajoneuvon punnitustuloksia korjattiin mahdollisuuksien mukaan. Mikäli korjaus ei ollut mahdollista, niin puutteelliset tulokset poistettiin aineistosta. Vuoden 2014 mittaustuloksista poistettiin 24 kpl ajoneuvoja. Yleensä syynä virheellisille tuloksille oli mitattavan ajoneuvon liian suuri ajonopeus vaakalaitteiston ylitse. Muutamissa tapauksissa ajoneuvo myös putosi pois vaa'alta kesken punnitustapahtuman, jolloin sen viimeiset akselit jäivät mittaan.

Raakadatalle tehdyn laadunvarmistuksen ja korjausten jälkeen mittaustuloksille tehtiin varsinaisen tulosten käsittelyä.

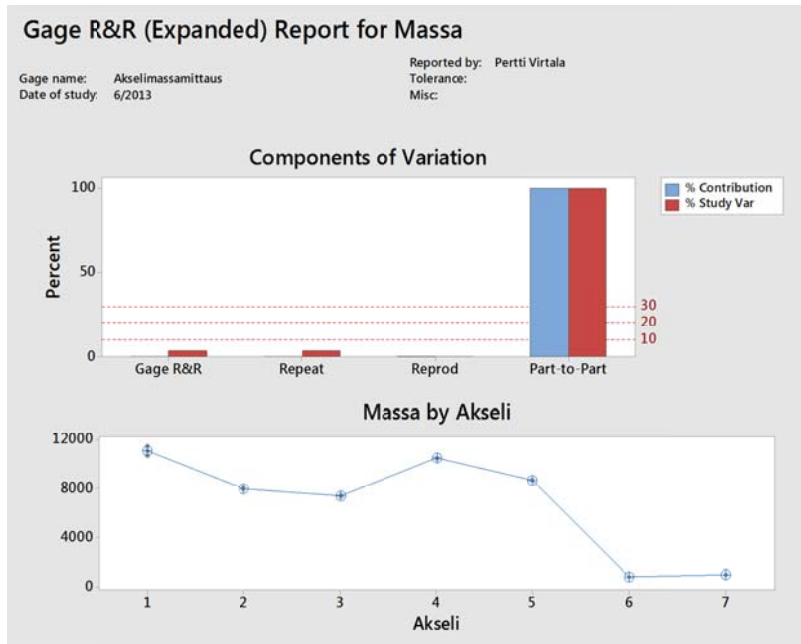
### 4.2 Tulosten käsittelyssä havaitut virheet

Tuloksia tarkasteltaessa havaittiin joitakin virheitä, jotka paljastuivat tietojen loogisuustarkasteluissa. Joissakin tilanteissa akseli oli koodattu kuuluvaksi perävaunuun vaikka sen olisi pitänyt kuulua vetoautoon. Asia paljastui erikoisina akselistoratkaisuina, joiden ei uskottu olevan kovin yleisiä. Epäselvät ajoneuvot tarkistettiin valokuvista ja oikea akselimäärä todettiin niistä. Nämä vaikuttivat myös teliryhmien muodostamiseen ja korjaukset tehtiin myös teliryhmiin.

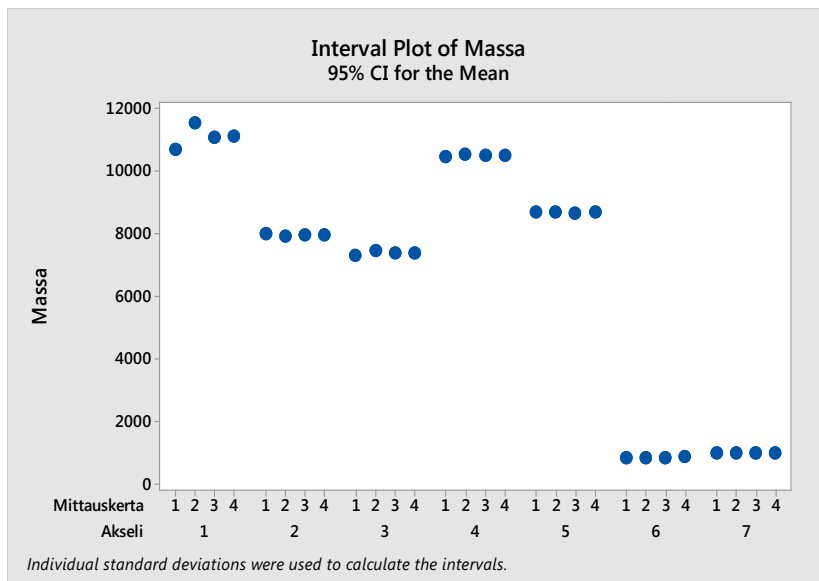
Joissakin tilanteissa alhaalla olevaksi merkityn akselin akselimassa oli nolla. Akselin asento korjattiin ylös nostetuksi.

### 4.3 Mittaustulosten toistettavuus

Akselivaakalaitteiston toistettavuutta tutkittiin punnitsemalla muutama ajoneuvo neljästi ja tarkastelemalla toistettavuutta CageR&R-menetelmällä. Toistettavuusvirheeksi saatiin 3 % kokonaisvaihtelusta, jota voidaan pitää erittäin hyvänä.



Kuva 83. CageR&R analyysi.

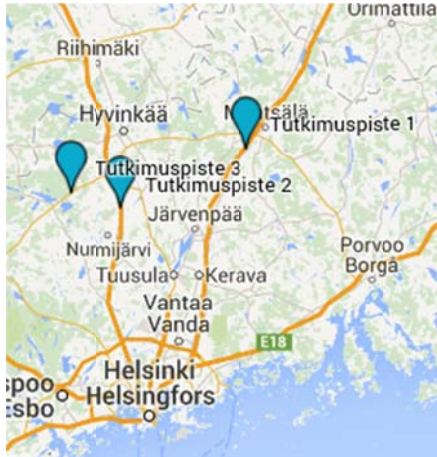


Kuva 84. Mittauskertojen erot toistomittauksissa.

## Lähdeluettelo

1. Pihlajamäki Jari: Liikennesuorituksen laskeminen. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. TPPT-menetelmäkuvaus. Tien pohja- ja päällysrakenteet -tutkimusohjelma 1994–2001. Espoo 2001.
2. Rätty P., Pursiainen J. Akselimassatutkimus 1998. TIEL:n julkaisu. Helsinki 1999. 275 s.
3. Kulauzovic B., Znidaric A., Brozovic R. Cestel D - Reports and results. Ljubljana 2012

## Mittauspisteiden tarkemmat sijainnit kartalla mittausalueittain



Kuva 1. Akselipainotutkimuksen Uudenmaan mittauspisteet.



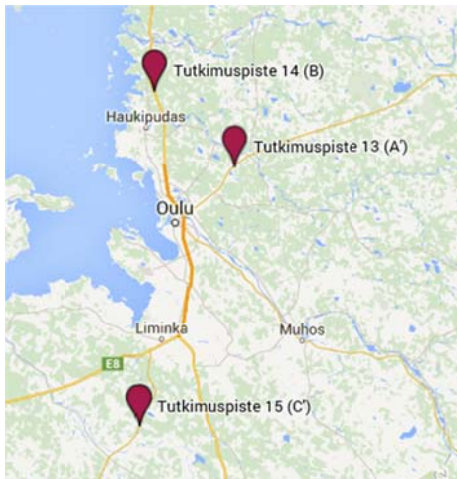
Kuva 2. Akselipainotutkimuksen Varsinais-Suomen mittauspisteet.



Kuva 3. Akselipainotutkimuksen Kaakkois-Suomen mittauspisteet.



Kuva 4. Akselipainotutkimuksen Keski-Suomen mittauspisteet.



Kuva 5. Akselipainotutkimuksen Pohjois-Pohjanmaan mittauspisteet.



Kuva 6. Akselipainotutkimuksen viimeinen mittauspiste Haminan Summassa.



Hyvä kuljettaja,

Liikennevirasto tekee tutkimusta ajoneuvojen akselipainoista. Oletthan ystävällinen ja osallistut tutkimukseen, joka pitää sisällään lyhyen haastattelun ja akselipainojen mittauksen. Arvio tutkimuksen kestosta on noin 5 minuuttia. Tutkimustulokset ovat luottamuksellisia.

Tutkimustuloksia käytetään tie- ja katuverkon sekä siltojen kunnossapitotarpeen selvittämiseksi. Osallistumisesi on tärkeää mahdollisimman kattavan tutkimustuloksen saamiseksi.

Vaaka ylitetään ajamalla hitaasti, tasaista vauhtia ja pysähtymättä koko matkan.

Kiitoksia ja turvallista matkaa!



Bästa förare,

Trafikverket genomför en undersökning om fordonens axeltryck. Vi ber er att delta i undersökningen, som innehåller en kort intervju och mätning av axeltrycket. Undersökningen beräknas ta ungefär 5 minuter. Resultaten är konfidentiella.

Resultaten från undersökningen används för att utreda behovet av underhåll för väg- och gatunätet samt broar. Ert deltagande är viktigt för att erhålla ett så heltäckande resultat från undersökningen som möjligt.

Kör över vägen sakta, med konstant fart och utan att stanna.

Tack och ha en säker resa!



Dear driver,

Finnish Road Administration is performing a research concerning vehicle axle load. You are kindly requested to participate in this research, which includes a short interview and axle load measurement. The estimated duration of your participation is about 5 minutes. The research results are confidential.

The research results will be used to determine the maintenance needs for the road network and bridges. Your participation is important in order to receive as comprehensible and reliable results as possible.

Drive over the scale slowly, steadily and without stopping at all.

Thank you and have a safe trip!



**Lugupeetud autojuht,**

Maanteeamet (Liikennevirasto) viib läbi uuringut mootorsõidukite teljekoormustest. Loodame, et leiate aega osalemaks uuringus, mis sisaldab lühikest intervjuud ja teljekoormuste mõõtmist. Uuringuks kulub umbes 5 minutit. Tulemused on konfidentsiaalsed.

Tulemusi kasutatakse teede, tänavate ja sildade remondivajaduste selgitamiseks. Teie osalemine on oluline tõepärasemate tulemuste saamiseks.

Kaalust tuleb üle sõita aeglaselt, tasase kiirusega ning peatumata.

Aitäh ja head reisi!



**Уважаемый водитель,**

Управление дорожного движения Финляндии проводит исследование осевой нагрузки транспортных средств. Пожалуйста, примите участие в исследовании, которое включает в себя короткое собеседование и измерение осевой нагрузки Вашего автомобиля. Исследование займет примерно 5 минут.

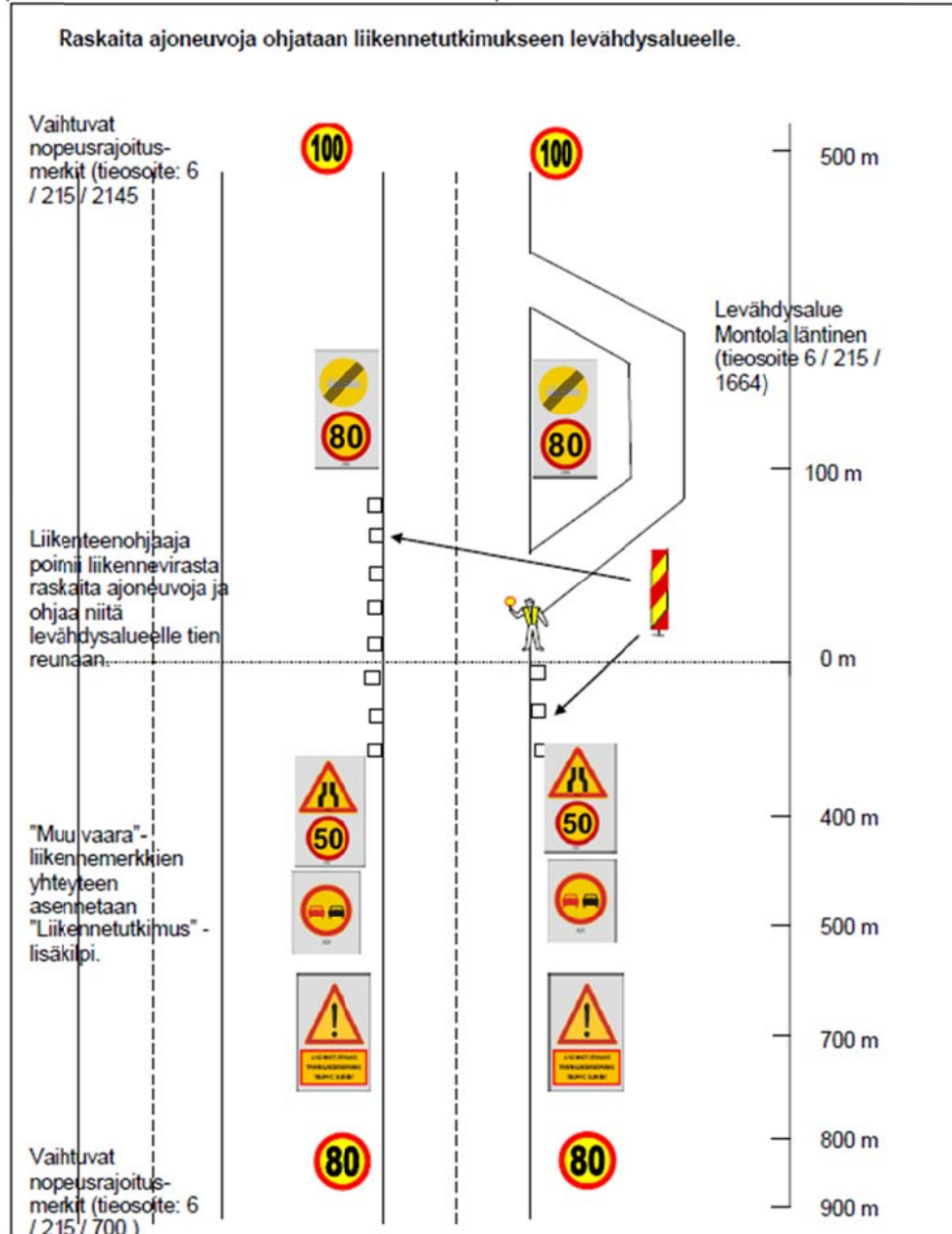
Результаты исследования являются конфиденциальными и используются для определения необходимых мероприятий по содержанию дорог, улиц и мостов в надлежащем порядке. Ваше участие в исследовании является важным с точки зрения получения всеобъемлющих и достоверных результатов.

Проезд через измерительные весы необходимо производить медленно с постоянной скоростью, без остановок.

Спасибо и безопасного пути!



Projekt, urakkaosa	
Liikennejärjestelyt akselimassatutkimuksien ajaksi VT6:lle, suunta 1	
Laatija	Pvm.
Janne Toikka	15.5.2014
Hyväksyvä	Pvm.





## Kuormituskertalukujen laskentamenetelmien vertailu

Raportoidut akselimassatutkimuksen kuormituskertaluvut laskettiin kaavalla

$$ESAL = \sum_{i=1}^n a_i * \left(\frac{P_i}{P_n}\right)^4$$

jossa akselin referenssipaino  $P_n$  määräytyy telin akseleiden lukumäärän, rengastyypin ja jousituksen mukaisesti. Mahdolliset  $P_n$  saamat arvot on esitetty Taulukko 16.

Vaihtoehtoinen laskentakaava on poimittu BWIM-laittevalmistaja Cestelin ohjekirjasta ”D – Reports and results”. Laskentakaavaa on käytetty Trafikian liikennevirastolle suorittamien silta-WIM-mittaustulosten käsittelyssä.

$$ESAL = \sum_{i=1}^n 10^{-4} * ft * fa * (P_i)^4$$

jossa  $fa$  on telissä olevien akseleiden määrästä riippuva kerroin. Kaava voidaan myös kirjoittaa muotoon

$$ESAL = \sum_{i=1}^n ft * \left(\frac{P_i}{P_n}\right)^4$$

jolloin referenssipainona  $P_n$  käytetään 10tn, 18tn tai 24tn painoa akseleiden lukumäärän mukaan 1, 2 tai 3-akselisille teleille.

Alla olevissa taulukoissa on esitetty muutamalle todelliselle akselimassatutkimuksen ajoneuvolle ESAL-kertoimien laskenta akseli- ja telikohtaisesti. Erilaisista referenssipainoista ja laskennassa käytetystä ns. 4-potenssin säännöstä johtuen ajoneuvojen kokonaiskuormitusluvussa on huomattavia eroja menetelmien kesken, vaikka yksittäisten akseleiden tapauksessa ESAL-arvot paikoitellen voivat olla täsmälleen samantaisia.

Ensimmäinen esimerkki laskentaesimerkki kuvaa melko normaalia kuormaa KAPP ajoneuvoryhmässä ja jälkimmäinen esimerkki raskasta kuormaa KAVP1 ajoneuvoryhmässä. Taulukon alapuolella olevassa kuvassa on esitetty laskennan kohteena olevan ajoneuvon kuva.

Esimerkki 1.

Akselimassatutkimuksen ajoneuvo ID 6.

Akseli	Punnitustulos	Jousitus	Rengastus	Pi Destia	Pn Destia	Pi Trafikia	Pn Trafikia	ESAL Destia	ESAL Trafikia
1	7310	Muu	Yksittäispyörä	7310	7700	7310	10000	0.812	0.286
2	9190	Ilmajousi	Paripyörä	9190	10000	9190	10000	0.713	0.713
3	5440	Ilmajousi	Supersingle	16220	23500	16220	24000	0.227	0.209
4	5360	Ilmajousi	Supersingle						
5	5420	Ilmajousi	Supersingle						
Yhteensä								1.753	1.207



Esimerkki 2.

Akselimassatutkimuksen ajoneuvo ID 1948.

Akseli	Punnitustulos	Jousitus	Rengastus	Pi Destia	Pn Destia	Pi Trafikia	Pn Trafikia	ESAL Destia	ESAL Trafikia
1	7090	Muu	Yksittäispyörä	7090	7700	7090	10000	0.812	0.253
2	7040	Muu	Yksittäispyörä	27560	24000	27560	24000	1.739	1.739
3	10420	Muu	Paripyörä						
4	10100	Muu	Paripyörä	11000	8700	11000	10000	2.556	1.464
5	11000	Muu	Supersingle						
6	8360	Muu	Supersingle						
7	12770	Muu	Supersingle	21130	16406	21130	18000	2.752	1.899
Yhteensä								7.858	5.355







