

Runkokuljetusten täyttöasteen parantaminen mittaustapaa kehittämällä

Tommi Lahti

Opinnäytetyö

Elokuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Lahti, Tommi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Elokuu 2018
	Sivumäärä 66	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Runkokuljetusten täyttöasteen parantaminen mittaustapaa kehittämällä		
Tutkinto-ohjelma Logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Risto Pakarinen		
Toimeksiantaja(t) Posti Group Oyj		
Tiivistelmä <p>Posti haluaa tehostaa kuljetuksiaan vähentääkseen kuljetuskustannuksia ja ympäristön kuormitusta. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää uusi mittaamenetelmä Postin runkokuljetusten täyttöasteen mittaamiseen ja tehdä selkeä selvitys eri mittaamenetelmistä. Eri mittaamenetelmien hyviä ja huonoja puolia käytiin läpi sekä selvitettiin mittaamenetelmien sopivuutta Postille.</p> <p>Aluksi selvitettiin Postin kuljetusten nykytila ja kuljetusten mittaamistapa. Sen jälkeen selvitettiin mitä kirjallisuudesta löydettiin kuljetuksista ja yrityksen tehokkuuden mittaamisesta. Runkokuljetusten tehokkuuden mittarina käytettyä kuormatilan täyttöastetta tutkittiin eniten. Kuljetusyriytysten ja kuljetusmuotojen käyttämiä mittaamenetelmiä selvitettiin myös kyselyllä. Postin täyttöasteen mittaamisen nykytilaa verrattiin kerättyyn tutkimustietoon kirjallisuudesta ja aiemmista tutkimuksista.</p> <p>Lopuksi esiteltiin erilaisia mittaamenetelmiä Postin runkokuljetusten täyttöasteen mittaamiseen. Tiekuljetusten täyttöastetta käsittelevän kirjallisuuden ja Ruotsissa suoritettujen tutkimusten perusteella kuormatilan täyttöasteen mittaamisen täytyy perustua ensisijaisesti painoon. Kuorman painona tulisi käyttää todellista painoa, mutta todellisen painon käyttö on haasteellista. Yrityksissä käytettiin rahdituspainoja todellisen painon sijaan. Myös painoon ja pinta-alaan perustuva yksikkö, kg/lvm nostettiin esille Ruotsissa suorituissa tutkimuksissa. Kyselyn perusteella kuljetusyriytokset käyttävät täyttöasteen mittaamiseen eri mittaamenetelmiä, jotka riippuvat kuljetettavasta tavarasta. Pinta-alaan perustuva täyttöasteen mittaaminen on varmasti yksi helpoimmista mittaamenetelmistä. Tulisi selvittää tarkemmin kuinka haastavaa on mitata Postin eri tuotteiden painot (printti, paketit). Täyttöasteena tulisi käyttää painoa, jos painon selvittäminen ei lisää merkittävästi työväiteita.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Täyttöaste, kuormausaste, käyttöaste, tyhjänä ajo, mittaaminen, tiekuljetus, runkokuljetus.		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Lahti, Tommi	Type of publication Bachelor's thesis	Date August 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 66	Permission for web publication: x
Title of publication Increasing the Fill Rate of Line Haul Transports by Improving the Measuring Method		
Degree programme Degree programme in logistics		
Supervisor(s) Pakarinen, Risto		
Assigned by Posti Group Oyj		
Abstract <p>Posti wants to improve transport efficiency by minimizing costs of transports and environmental impacts. The objective was to find a new measuring method to measure the fill rate and write a clear research of different measuring methods. Different measuring methods were introduced, and it was studied which one of these measuring methods was the most appropriate to line haul transports of Posti.</p> <p>First, the present state of transports and measuring methods of Posti was studied. Key performance indicators in literature considering transports and logistics was studied. Fill rate indicator was studied most. Fill rate indicator expresses the performance of line haul transports. Fill rate indicators used by other companies and modes of transport was introduced. Also, a fill rate survey was done by sending a questionnaire to transport companies. Present state of fill rate measuring of Posti was compared to findings in literature and previous studies.</p> <p>Finally, different measuring methods of fill rate in line haul transports of Posti were introduced. Findings in literature and previous studies done in Sweden clearly proved that measuring fill rate in road freight transports should have been based on weight of freight. Weight of freight should have been the actual weight of the freight. However, the weight used by companies was the computational freight weight, because this weight was available easier. Also, indicator weight per load meter was introduced in studies done in Sweden. Results based on the survey, the transport companies are using different measuring methods to define the fill rate and measuring methods are depending on features of freight. Fill rate indicator based on area is one of the easiest way to define the fill rate. It should be researched more how challenging is to measure weight of Posti's products (print, parcels). Fill rate indicator should be based on the weight if measuring weight does not increase amount of work significantly.</p>		
Keywords/tags (subjects) Fill rate, Load factor, Utilization rate, Empty mileage, Efficiency measurement, Road freight transport, Line haul transport.		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	4
1.2	Työn kulku ja rajaus	5
1.3	Posti tutkimuksen teettäjänä	7
2	Kuljetukset	8
2.1	Kuljetusmuodot	8
2.2	Tiekuljetukset	10
2.3	Ajoneuvokalusto ja kuljetusyksiköt	11
2.4	Liikennelajit	14
2.5	Taloudellisuus ja rahditusperusteet	16
2.6	Runkokuljetukset	17
2.7	Postin kuljetustuotanto	18
3	Kuljetusten mittaaminen	19
3.1	Suoritusten mittaus ja kustannustehokkuuden parantaminen	19
3.2	Logistiikan mittaaminen	21
3.3	Logistiikan mittareita	22
3.4	Tiekuljetusten mittaaminen	23
3.4.1	Suoritekäsitteet	24
3.4.2	Kuljetusten tilastolliset yksiköt	25
3.5	Täyttöaste	26
3.5.1	Painoon perustuva täyttöaste	31
3.5.2	Tilavuuteen perustuva täyttöaste	32
3.5.3	Kuormatilan pohjan pinta-alaan perustuva täyttöaste	32
3.5.4	Eri tuotteiden ja materiaalien keskimääräisiä tiheyksiä	33
3.6	Toiminta- ja käyttöaste	34

	2
3.7 Tyhjänä ajo ja kustannukset	35
4 Täyttöasteen mittaaminen ja kuormatilan tehokas käyttö	38
4.1 Tutkimukset Ruotsissa	38
4.2 Muut kuljetusmuodot	41
5 Kuljetusten telematiikka	42
5.1 Kuljetusyksiköiden tunnistaminen	43
5.2 RFID-teknologia	43
5.3 RFID-teknologian edut	45
6 Mittaaminen Postissa	46
6.1 Postin kuljetuskalusto ja mittaaminen	46
6.2 Kuormatilan täyttöaste	47
6.3 Ajoneuvon käyttöaste	48
6.4 Tyhjänä ajo	48
7 Täyttöastekysely	48
8 Täyttöasteen riippuvuus painosta ja tilavuudesta	51
9 Tulokset	52
10 Johtopäätökset ja pohdinta	57
Lähteet	61
Liitteet	65
Liite 1. Kyselylomake	65
Liite 2. Täyttöasteen määrittämisen prosessikaavio	66
Kuviot	
Kuvio 1. Täysperävaunuyhdistelmä.	12
Kuvio 2. EUR- ja teholava	13

Kuvio 3. Postin kuljetusyksiköitä	14
Kuvio 4. Kuljetusverkoston rakenne.....	15
Kuvio 5. Kuorma-autojen täyttöaste (kg) Suomessa vuosina 2000-2016.....	27
Kuvio 6. Suomen kuorma-autojen kuormatilan täyttöaste	28
Kuvio 7. Ajoneuvon kuormatila ylhäältä päin kuvattuna	33
Kuvio 8. Suomen tiekuljetusten liikennesuorite ja tyhjänä ajo vuosina 2000-2016....	36
Kuvio 9. Kuorman tiheys ja täyttöaste	51

Taulukot

Taulukko 1. Kuorma-autoliikenteen suoritteet Suomessa vuonna 2016	26
Taulukko 2. Eri tuotteiden ja materiaalien keskimääräisiä tiheyksiä.....	33
Taulukko 3. Täyttöasteiden etuja ja haasteita	41
Taulukko 4. Keskimääräisiä täyttöasteita eri alustyypeille	42
Taulukko 5. Kyselyn vastaukset.....	49
Taulukko 6. Täyttöasteen soveltuvuus Postin runkokuljetuksille.....	53
Taulukko 7. Täyttöasteiden etuja ja haasteita	54

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Maantiekuljetukset ovat yleisin kuljetusmuoto monissa teollisuusmaissa. Nostamalla ajoneuvon kuormatilan täyttöastetta yritykset saavat merkittävää taloudellista etua ja ympäristövaikutukset vähenevät. Kuljetuskustannusten nousu ja mahdollinen öljyn hinnan nousu tulevaisuudessa ohjaavat yrityksiä parantamaan ajoneuvojen täyttöastetta. Nostamalla täyttöastetta voidaan saavuttaa säästöjä polttoaineenkulutuksessa, koska polttoaineenkulutus (l/tkm) vähenee täyttöasteen kasvaessa. Myös liikennevirtaa ja -ruuhkia voidaan vähentää tehostamalla kuormatilan täyttöastetta ja vähentämällä tyhjänä ajoa. Nykyisin myös monet valtiot yrittävät lisätä kuljetusten tehokkuutta kuormatilan täyttöasteen nostamisella ja tyhjänä ajoa vähentämällä. Näin ne saavat taloudellista etua, ympäristöhaitat vähentyvät ja infrastruktuuri toimii paremmin. (McKinnon, Browne, Piecyk & Whiteing 2015, 243.)

Myös Postin tavoitteena on tehostaa kuljetuksiaan. Yksi tapa siihen on kehittää kuljetusten täyttöasteen mittaustapaa. Mittareilla tunnistetaan kehitettäviä kohteita kuljetuksissa. Kehityskohteiden löydyttyä voidaan tehostaa kuljetuksia ja sen jälkeen esimerkiksi kuljetuskustannukset pienentyvät, kuljetuskerrat vähenevät, tyhjänä ajo vähenee, kuljetusten energiatehokkuus kasvaa ja ympäristöpäästöt, erityisesti hiilidioksidipäästöt, vähenevät.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää uusi mittaamenetelmä Postin runkokuljetusten tehokkuuden mittaamiseen. Työssä selvitettiin eri mittaamenetelmien hyviä ja huonoja puolia sekä haettiin sopivaa mittaamenetelmää Postin runkokuljetuksille. Tavoite oli tehdä selkeä selvitys tiekuljetuksissa käytettävistä eri mittaamenetelmistä kuormatilan täyttöasteelle.

Ajoneuvon kuormatilan täyttöastetta voidaan mitata eri tavoin. Täyttöaste voidaan esittää eri mittayksiköin (esim. kg, lvm tai m³) tai prosenttiosuuksina. Esimerkiksi kuorman paino on 4 000 kg tai edellinen voidaan esittää prosenttiosuutena ensimmäiskuorman (hyötykuorman) painosta. Eri mittaamenetelmät antavat erilaisia tuloksia.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

- Mitkä tekijät vaikuttavat hyvän tehokkuusmittarin rakenteeseen?
- Soveltuuko kuljetustoiminnassa yleisesti käytetyt mittausmenetelmät Postin kuljetustoiminnan ohjaamiseen?
- Kuinka kuormatilan täyttöastetta voitaisiin parantaa tehokkuusmittareiden avulla?

1.2 Työn kulku ja rajaus

Aluksi selvitettiin, miten kirjallisuudessa ja aiemmissa tutkimuksissa on käsitelty kuljetuksia ja yrityksen tehokkuuden mittaamista. Seuraavaksi selvitetään Postin nykytilaa kuljetusten osalta. Näitä vertaamalla haettiin erilaisia mittausmenetelmiä Postin runkokuljetusten tehostamiseksi.

Toimeksiantaja halusi, että työssä keskitytään runkokuljetusten tehokkuuden mittaamisessa käytettyyn kuormatilan täyttöasteeseen. Toimeksiantaja halusi myös, että muita mittausmenetelmiä, kuten ajoneuvojen käyttöastetta ja tyhjänä ajoa käydään läpi. Työssä käydään läpi kuljetusyritysten käyttämiä mittausmenetelmiä kuljetustehokkuuden seurantaan ja kuormatilan käytön optimointimenetelmiä. Myös tavaraliikenteen telematiikkaa käsitellään hyvin yleisellä tasolla tiekuljetusten näkökulmasta.

Tutkimusmenetelmät voidaan tavallisesti jakaa kvantitatiiviseen (määrällinen) ja kvalitatiiviseen (laadullinen) analyysimenetelmään. Tietynlaisten ongelmien ratkaisemiseen on järkevää ja mukavaa valita tietynlaiset analyysimenetelmät. Analyysimenetelmiin liittyy teoreettisia lähtökohtaoletuksia. Analyysimenetelmä valitaan tutkimuksen ongelmanasettelun perusteella. (Aineiston analyysimenetelmät 2015.)

Kvantitatiivinen analyysi pyrkii selvittämään erilaisia ilmiöiden syy-seuraussuhteita, ilmiöiden välisiä yhteyksiä tai ilmiöiden yleisyyttä ja esiintymistä numeroiden ja tilastojen avulla. Erilaisia laskennallisia ja tilastollisia menetelmiä sisältyy runsaasti kvantitatiiviseen analyysiin. Usein kvantitatiivinen analyysi alkaa tilastollisella kuvaavalla analyysillä. Tämän jälkeen edetään esimerkiksi yhteisvaihtelun, riippuvuussuhteiden tai aikasarjan analysointiin tai tekemään erilaisia luokitteluita. Kvantitatiivisen analyysimenetelmän tutkimusprosessi on yleensä hahmoteltava kokonaisuudessaan etukäteen, koska ongelmanasetteluun, aineiston hankintaan ja analyysimenetelmään liittyvät valinnat vaikuttavat toisiinsa. (Määrällinen tutkimus 2015.)

Kvalitatiivinen analyysi voidaan toteuttaa monella erilaisella menetelmällä. Se voi kytkeytyä moniin eri tieteenfilosofisiin suuntauksiin. Kvalitatiivinen menetelmä voi liittyä kiinteästi tietynlaiseen analyysitapaan tai ohjata tietyn tyyppisiin väljempiin aineiston käsittelytapoihin. Kvalitatiivisissa menetelmissä yhteisenä ominaisuutena on esimerkiksi kohteen esiintymisympäristöön ja taustaan, kohteen tarkoitukseen ja merkityksiin, ilmaisuun ja kieleen liittyvät näkökulmat. Kvalitatiivinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmäsuuntaus, jossa pyritään ymmärtämään kohteen ominaisuuksia, laatua ja merkitystä kokonaisvaltaisesti. (Laadullinen tutkimus 2015.)

Tutkimustietoa voidaan kerätä esimerkiksi kyselyllä. Kysely tunnetaan survey-tutkimuksen keskeisenä menetelmänä. Survey (eng.) tarkoittaa sellaisia kyselyä, haastattelun ja havainnoinnin muotoja, joissa aineisto kerätään standardoidusti ja joissa kohdehenkilöt muodostavat otoksen tai näytteen tietystä perusjoukosta. Standardoituus tarkoittaa sitä, että kysymys esitetään kaikille vastaajille täsmälleen samalla tavalla. Surveyn avulla kerätty aineisto käsitellään yleensä kvantitatiivisesti. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2014, 193.)

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelmänä kvalitatiivista analyysia. Tutkimuksen aineistonkeruun menetelmänä käytettiin kyselyä, joka käsitteli kuljetusyritysten käyttämiä mittausmenetelmiä ajoneuvojen kuormatilan täyttöasteelle. 22:lle kuljetusyritykselle lähetettiin sähköpostitse linkki kyselyyn. Kysely oli mahdollisimman yksinkertainen ja lyhyt, jotta saataisiin selkeät vastaukset. Se osoitettiin yleensä kuljetusyrityksen kuljetuspäällikölle. Kysely koostui yhdestä monivalintakysymyksestä ja neljästä avoimesta kysymyksestä (ks. liite 1). Kyselyn kuljetusyritykset toimivat Suomessa ja ne vaihtelevat kooltaan pienistä suuriin. Lopuksi kyselyn tulokset ja muita täyttöastetta käsittelevien tutkimusten tuloksia analysoitiin ja verrattiin Postin runkokuljetusten mittausmenetelmiin. Tulosten perusteella arvioitiin mittausmenetelmän soveltuvuutta Postin runkokuljetuksille ja saadaanko tämän avulla tehostetua runkokuljetusten toimintaa.

Kirjallisuuskatsaus keskittyy tutkimuksen kannalta olennaiseen kirjallisuuteen, joita ovat esimerkiksi aikakauslehtiartikkelit, tutkimusselosteet ja muut keskeiset julkaisut. Sen tarkoituksena on näyttää, mistä näkökulmista ja miten aihetta on aikaisemmin tutkittu sekä miten tekeillä oleva tutkimus liittyy olemassa oleviin tutkimuksiin. Lukija

voi tarkistaa tietoja lähdeviitteistä alkuperäisistä kirjoituksista ja arvioida niiden käyttöä tutkimuksessa. Lukija voi seurata, miten tutkija on rakentanut uutta tietoa alkuperäisten kirjoitusten pohjalta. (Hirsjärvi ym. 2014, 121.)

Tämä opinnäytetyö painottui kirjallisuuskatsaukseen ja suurin osa opinnäytetyön aiheistosta on aiemmin julkaistua kirjallisuus- ja tutkimustietoa tiekuljetusten tehokkuuden mittaamisesta. Kirjallisuuskatsauksessa esiteltiin yleistä tietoa tiekuljetuksista ja tiekuljetusten tehokkuuden mittaamisesta. Kirjallisuuskatsaus painottui erityisesti kuormatilan täyttöasteen mittaamismenetelmiin. Kirjallisuuskatsaus koostui aiemmin julkaistusta tiekuljetuksia käsittelevästä kirjallisuudesta, tiekuljetusten tehokkuuden ja täyttöasteen mittaamiseen, aiemmin julkaistusta täyttöastetutkimustuloksista sekä muiden kuljetusmuotojen kuormatilan täyttöasteen mittaamenetelmistä.

Kirjallisuuskatsauksen lähdemateriaalissa on suuri painotus Alan McKinnonin teoksilla. Hän on tutkinut nimenomaan tiekuljetusten täyttöasteen eri mittaamenetelmiä. Alan McKinnonin teokset ovat luotettavia ja kattavia lähteitä. Lisäksi Ruotsissa tehdyillä tiekuljetusten täyttöastetta käsittelevillä tutkimuksilla on suuri painotus tässä opinnäytetyössä. Ruotsissa tehdyt tutkimukset ovat tunnettujen yliopistojen teoksia. Kuljetusten tehokkuuden tunnusluvut esitellään Reijo Oksasen kirjasta. Oksasen kirja on luotettava ja kattava teos kuljetusten tunnusluvuista. Nimenomaan kuljetusten täyttöasteen eri mittaamenetelmistä oli haastavaa löytää julkaistua kirjallisuutta.

1.3 Posti tutkimuksen teettäjänä

Posti toimii 11 maassa. Nämä maat ovat Suomi, Venäjä, Ruotsi, Norja, Puola, Saksa, Viro, Latvia, Liettua, Sveitsi ja Yhdysvallat. Postin liikevaihto oli 1,6 miljardia euroa vuonna 2016. Postilla työskentelee noin 20500 henkilöä. Suomen valtio omistaa kaikki Postin osakkeet. Liikevaihdosta 96 prosenttia tulee yrityksiltä ja yhteisöiltä. Postin tärkeimmät asiakastoimialat ovat kauppa, palvelut ja media. Postin toiminta on jaettu neljään eri liiketoimintaryhmään. Nämä ryhmät ovat postipalvelut, paketti- ja logistiikkapalvelut, Itella Venäjä ja OpusCapita (taloushallinnon palvelut). (Posti lyhyesti 2018.)

2 Kuljetukset

2.1 Kuljetusmuodot

Suomi on nykyisin osa globaaleja kuljetusmarkkinoita. Suomen logistiselle kilpailukyville aiheutuu suuria haasteita, jotka johtuvat Suomen syrjäisestä sijainnista Euroopan päämarkkinoihin nähden ja vaativista ilmasto-olosuhteista. Suomen markkinat ovat laajentuneet ja avautuneet, sisäinen ja kansainvälinen kilpailu ovat lisääntyneet sekä logistiset toiminnot ovat tehostuneet, koska ihmiset, tavarat, palvelut ja pääomat liikkuvat vapaasti. (Ritvanen, Inkiläinen, Bell & Santala. 2011, 184.)

Raaka-ainelähteiden, tuotannon, markkinoiden ja jälkimarkkinoiden sijainti rajoittaa nykyisin aiempaa vähemmän toimitusketjujen strategisia ratkaisuja, koska kuljetukset, kuljetusketjut ja kuljetusjärjestelmät ovat tehostuneet. Kuljetuspäätöksiä tehtäessä on huomioitava maantieteelliset ja talousmaantieteelliset tekijät sekä kansainväliset sopimukset ja kansalliset lait. (Ritvanen ym. 2011, 184.)

Kuljetusten hoitaminen Suomessa on haastavaa, koska Suomi on laaja ja harvaan asuttu maa. Tavaravirrat ovat ohuet. Pääkaupunkiseutu on logistiikan suuri keskittymä. Suomesta löytyy myös 5-7 merkittävää kasvukeskusta, jotka ovat pääkaupunkiseudun kanssa luoneet mahdollisuuksia valtakunnallisten kuljetustoimintojen kehittämiselle. Asiakkaat ja omat tuotteensa pitää tuntea, jotta kykenee rakentamaan hyvän jakelujärjestelmän. (Ritvanen ym. 2011, 184.)

Kuljetuskalusto kehittyy tekniikan ja infrastruktuurin luomien mahdollisuuksien vuoksi. Myös erilaisista kuljetustarpeista syntyvä kysyntä kehittää kuljetuskalustoa. Kuljetustalous on merkittävin vaikutin kuljetuskaluston kehittämiseksi. Nykyisin kehittämiseen vaikuttavat aiempaa enemmän myös kuljetusten ympäristö- ja turvallisuustekijät, rikollisuuden ja terrorismin ehkäisy sekä sosiaaliset näkökohdat. (Ritvanen ym. 2011, 185.)

Ulkomaankuljetukset muodostuvat lähes aina useista kuljetus- ja käsittelyvaiheista. Merikuljetukset ovat merkittävässä asemassa ulkomaankaupan kuljetuksissa. 85-90 % viennistä, noin 70 % tuonnista ja 80-90 % kokonaistonnista kuljetetaan meriteitse. (Ritvanen ym. 2011, 185.)

Kuljetusten perustyyppit erotellaan seuraavasti:

- Tiekuljetukset. Maantiekuljetuksia ovat reitti-, runko-, siirto-, keräily-, jakelu-, paluu- ja satunnaiskuljetukset.
- Aluskuljetukset (sisävesi/meri). Aluskuljetuksia ovat linja-, hakurahti- ja sopimusliikenne.
- Rautatiekuljetukset
- Lentokuljetukset
- Yhdistetyt kuljetukset. Käytetään eri kuljetusmuotoja. Tällaisia kuljetuksia ovat esimerkiksi auto-laiva-auto-kuljetus.
- Intermodaalikuljetukset. Tavara on koko kuljetuksen ajan samassa kuljetusyksikössä (esim. kontti) ja kuljetukseen käytetään ainakin kahta eri kuljetusmuotoa.
- Putket. Putkia (esim. öljyputki) käytetään esimerkiksi kaasun, nesteen ja kiinteän aineen siirtoon. (Ritvanen & Koivisto 2007, 53.)

Kuljetuspalveluita suoritetaan maalla, merellä ja ilmassa. Kuljetuksilla on suuri merkitys logistisen ketjun useissa eri vaiheissa. Logistinen ketju alkaa raaka-aineen hankkimisesta tuotantoon ja päättyy lopputuotteiden toimittamiseen kuluttajille. Lisäksi kuljetusketju jatkuu vielä esimerkiksi paluukuljetuksina jätekuljetusten muodossa. Kuljetustehtävien perusmuotoja ovat keräily-, siirto-, runko-, jakelu- ja paluukuljetukset. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo. 2008, 37.) Rautatie- ja vesikuljetukset ovat yleensä pidempiä kuljetusmatkaltaan kuin tiekuljetukset (Mäkelä ym. 2008, 39).

Keräilykuljetuksessa kerätään määräerät tuotteita, materiaaleja tai komponentteja seuraavaa tuotannon tai jakeluvaihetta varten. Jakelukuljetuksissa tuotteet viedään myyntipisteeseen markkinoiden lähelle tai suoraan loppuasiakkaalle. Siirtokuljetusten tarkoituksena on tuotteiden tai erien siirto saman organisaation tai tuotantopisteiden välillä. Runkokuljetuksilla siirretään suuria eriä keskusvarastoilta, terminaalien välillä tai tuottajilta ketjun seuraaviin osiin. Runkokuljetus on tuotteiden kuljetusta päävarastointipisteiden välillä ja useimmiten runkokuljetus suoritetaan jakelunvirran suunnassa asiakkaille päin. (Mäkelä ym. 2008, 37.) Esimerkiksi kuljetusterminaalien väliset kuljetukset ovat runkokuljetuksia.

Paluukuljetuksissa on tärkeää hyödyntää tyhjänä kulkevaa kalustoa ja välttää tyhjänä ajoa. Paluukuljetuksia ovat esimerkiksi tyhjien pullojen palautuskuljetukset. (Mäkelä ym. 2008, 37.) Tuotevirta siirtyy asiakkaalta toimittajalle paluulogistiikassa. Paluulogistiikkaan kuuluvat esimerkiksi asiakaspalautukset, takuu- ja huoltopalvelut sekä

kierrätyspalvelu. Paluulogistiikka ei ole päinvastainen toiminto kuin toimitusketjun hallinta. Kuljetus- ja jakelujärjestelmä tai -reitti ei ole useinkaan sama kuin yrityksen lähtölogistiikassa. Lähtölogistiikassa toimitusaika ja nopeus ovat tärkeitä. Esimerkiksi tuotepalautukset, pakkausmateriaalit, tyhjät rullakot ja kuormalavat voidaan kerätä jakelun yhteydessä. Asiakaspalautukset voivat johtua esimerkiksi viallisista tai vääristä tuotteista. Näiden syiden vuoksi paluulogistiikan ennakoiminen on vaikeaa. Liiketulos ja asiakastyytyväisyys paranevat hallitun, hyvin hoidetun ja ohjeistetun paluulogistiikan ansiosta. (Ritvanen ym. 2011, 165.)

2.2 Tiekuljetukset

Kuljetusmuodot muodostavat toisiaan täydentäviä kuljetusketjuja, eivätkä ne kilpaile keskenään. Näin kilpailua syntyy yleensä yritysten välillä. Kuljetusmuotojen välinen kilpailu on kuitenkin tärkeää esimerkiksi hintakilpailun ja osaamisen säilymisen kannalta. Tiekuljetus on melkein aina osa kuljetusketjua. (Mäkelä ym. 2008, 43.)

Tiekuljetukset ovat tärkein ja suurin kuljetusmuoto lähes kaikissa teollisuusmaissa, mukaan lukien Suomi. Tiekuljetus on nopea, joustava, soveltuu myös pienille kuljetuserille ja on hinnaltaan melko edullinen. Kun kuljetusmatkat ovat lyhyitä, kuljetusvirrat pieniä ja vaaditaan nopeaa toimitusta, niin tiekuljetus on lähes ainoa kuljetusmuoto. Käytettävissä on laajin infrastruktuuri ja mahdollisuus ovelta ovelle -kuljetuksille. Ajoneuvolla voidaan kuljettaa erikokoisia ja painoisia tuotteita lyhyitä ja pitkiä matkoja. Alalla on tehokkaasti toimiva kilpailu. Kuorma- ja pakettiautojen käyttö perustuu ensisijaisesti laajaan liikenneverkkoon ja joustaviin kuljetusmahdollisuuksiin. (Mäkelä ym. 2008, 43.) Suomen sisäisistä kuljetuksista 72,6 % (perustuu tonn kilometreihin) suoritettiin tiekuljetuksina vuonna 2015, 27,0 % kuljetuksista suoritettiin rautatiekuljetuksina ja 0,4 % vesikuljetuksina. (Freight transport statistics – modal split 2017.) Yhden tiekuljetuksen pituus oli keskimäärin 96 km Suomessa vuonna 2016 (Road freight transport by journey characteristics 2017).

Kuljetusten tavoite on aina, että ajoneuvot olisivat mahdollisimman täynnä meno- ja paluukuljetuksissa. Tyhjänä ajoa tulee välttää mahdollisimman paljon. Ajoneuvon optimaalinen käyttö ei ole aina mahdollista, koska kuljetusten kysyntä vaihtelee paljon

kuormaus- ja purkupaikoittain. Myös ajoneuvon maksimitat ja kuormatila asettavat vaatimuksia kuljetettaville tuotteille. (Mäkelä ym. 2008, 49.)

Kuljetuksissa tavarat ja tuotteet voidaan jakaa eri luokkiin. Tällaisia luokkia ovat esimerkiksi kiinteä irtotavara, kappaletavara, nesteet, kaasut ja lämpötilahallittavat tuotteet. (Mäkelä ym. 2008, 49.) Suomen teollisuuden tuotantorakenne on hyvin kuljetuspainotteinen ja teollisuus on hajautunut ympäri maata. Tämän vuoksi tiekuljetusten suurin asiakasryhmä on teollisuus. (Mäkelä ym. 2008, 50.)

2.3 Ajoneuvokalusto ja kuljetusyksiköt

Ajoneuvo on maalla kulkeva laite, joka ei kulje kiskoilla. Ajoneuvot jaetaan moottori-käyttöisiin ja hinattaviin ajoneuvoihin. Esimerkiksi kuorma-auto on ajoneuvo ja perävaunu on hinattava ajoneuvo. Käytettävä kuljetuskalusto riippuu enimmäkseen kuljetettavasta tavarasta ja sen määrästä. Paikallisissa ja lyhyemmissä kuljetuksissa käytetään usein kuorma- ja pakettiautoja ilman perävaunua. Suurimmissa pitkän matkan kuljetuksissa käytetään esimerkiksi seitsemän- tai useampiakselisia perävaunuyhdistelmiä. (Mäkelä ym. 2008, 51.)

Ajoneuvojen, ajoneuvoluokkien sekä ajoneuvon mittojen ja massojen määrittelyyn sovelletaan, mitä ajoneuvolaissa ja sen nojalla säädetään. Ajoneuvojen tekniset vaatimukset ovat pääosin peräisin EU-lainsäädännöstä. Valtioneuvoston asetuksessa 47/2017 on määritelty enimmäismassat, jotka vaihtelevat esimerkiksi akselimäärän, akselien keskinäisen etäisyyden, jousituksen ja yhdistelmän koostumuksen perusteella. Esimerkiksi 7-akselisen yhdistelmän enimmäismassa on 60 tonnia ja suurin enimmäismassa on 76 tonnia (vähintään 9-akselinen yhdistelmä). Suurin sallittu korkeus autolle ja perävaunulle on 4,4 metriä. (Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä 4.12.1992/1257.)

Kuorma-auton suurin kokonaismassa vaihtelee akselien lukumäärän mukaan, leveys on 2,6 metriä, korkeus on 4,4 metriä ja pituus on 12 metriä. Yhdistelmäajoneuvo on ajoneuvo, jossa on vetoauto ja perävaunu. Yhdistelmäajoneuvoja ovat esimerkiksi puoliperävaunuyhdistelmä, varsinainen perävaunuyhdistelmä ja moduuliyhdistelmä. Puoliperävaunuyhdistelmän (vähintään 6-akselinen) suurin kokonaismassa on 52 tonnia, leveys on 2,6 metriä, korkeus on 4,4 metriä ja pituus on 16,5 metriä. Varsinaisen

perävaunuyhdistelmän (7-akselinen) suurin kokonaisuudessa on 60 tonnia, leveys on 2,6 metriä, korkeus on 4,2 metriä ja pituus on 22 metriä. Moduuli on yhdistelmä, jonka rakenteellinen pituus on yli 22 metriä. Moduulirakenteisen täysperävaunuyhdistelmän enimmäispituus on 25,25 metriä. Suurin sallittu leveys on 2,55 metriä rakenteeltaan yli 22,00 metrin pituisessa yhdistelmässä käytettävän muun kuin lämpöeristetyin ajoneuvon sekä linja-auton. (Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä 4.12.1992/1257.) Kuviossa 1 on täysperävaunuyhdistelmä, jota käytetään esimerkiksi Postin runkokuljetuksissa.



Kuvio 1. Täysperävaunuyhdistelmä.

Kuljetusyksikkö on kuljetuksissa käytettävä pakkauskokonaisuus, jota käsitellään toimitusketjussa. Kuljetusyksiköitä on olemassa erilaisia ja ne soveltuvat erilaisten tavaroiden kuljetukseen. Kuljetusyksiköitä ovat esimerkiksi kuormalavat ja rullakot. Kuormalavoja ovat esimerkiksi EUR-lava, FIN-lava ja myymälälava (teholava). EUR-lavan mitat ovat 0,8 x 1,2 x 0,144 m ja paino on noin 20 kg. FIN-lavan mitat ovat 1,0 x 1,2 x 0,144 m ja paino on noin 25 kg. Myymälavan mitat ovat 0,6 x 0,8 x 0,129 m ja paino on noin 8 kg. (Hokkanen & Virtanen 2013, 26.) EUR- ja teholava ovat kuviossa 2. Posti käyttää kuljetuksissaan kuormalavojen (EUR, FIN, teho) lisäksi esimerkiksi Postin omia rullakoita, lehti- ja pakettihäkkeitä.



Kuvio 2. EUR- ja teholava.

Postin kuljettamat tuotteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri kategoriaan. Nämä kategoriat ovat printti, paketti ja rahti. Printti koostuu postituotteista, joita ovat esimerkiksi mainoslehtiset. Paketit voivat olla pieniä tai suuria. Paketin minimimitat ovat 15 x 15 x 1 cm ja 100 g sekä maksimitat ovat 300 x 120 x 60 cm ja 35 kg (Pakettien mitat ja painot 2018). Rahdilla tarkoitetaan tässä kuormalavalähetyksiä. Posti antaa esimerkiksi EUR-lavan enimmäispainoksi 1 000 kg ja Postin rullakon (81 x 63 x 210 cm) enimmäispainoksi 250 kg (Express-rahdin mitat ja painot 2018). Kuviossa 3 on Postin kuljetusyksiköitä.



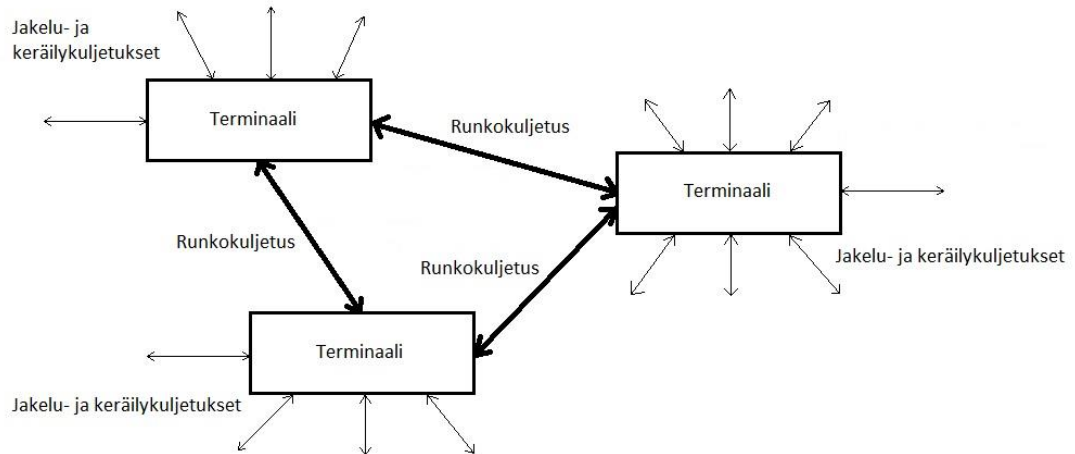
Kuvio 3. Postin kuljetusyksiköitä. Vasemmalta oikealle on lehtihäkki, pakettihäkki ja rullakko. Häkeissä on edestä avattava luukku.

2.4 Liikennelajit

Kuljetukset voidaan jakaa eri liikennelajeihin. Liikennelajit ovat tilaus-, linja-, sopimusliikenne ja yksityinen liikenne.

Linjaliikenne on säännöllistä usein aikataulun mukaista kuljetusta määrättyllä reitillä. Kuljetuskapasiteetti on kaikkien kuljetusten tarvitsijoiden käytettävissä. Asiakkaat vaihtelevat suurista teollisuusyrityksistä henkilöasiakkaisiin. Esimerkiksi teollisuusyrittäjä voi lähettää suuria määriä säännöllisiä lähetyksiä, kun taas henkilöasiakas voi lähettää yksittäisiä paketteja. Yleisiä kuljetettavia tuotteita ovat erilaiset kappaletavarat kuormattuina lavoille tai kuljetushäkkeihin. Linjaliikenteessä kuljetetaan myös esimerkiksi elintarvikkeita lämpösäädetyinä kuljetuksina. Linjaliikenneketjuilla on yleensä ainakin suurimmilla liikennepaikoilla omat terminaalit. Terminaalien välillä olevat kuljetukset ovat runkokuljetuksia. Tavara tuodaan terminaaleihin keräilykulje-

tuksina ja lajitellaan eteenpäin runkokuljetuksiin. Tavaransaavuttua määräpaikkakunnalle tavara jaetaan jakelukuljetuksina asiakkaille. (Mäkelä ym. 2008, 58.) Kuviossa 4 on esimerkki kuljetusverkoston rakenteesta.



Kuvio 4. Kuljetusverkoston rakenne.

Kuljetuksen ostaja (vuokralle ottaja) ja suorittaja sopivat kuljetustehtävistä pidempiaikaisesti sopimusliikenteessä. Sopimusliikennöitsijän kalusto on usein tehty sopivaksi tiettyihin kuljetuspalveluihin tai yritys on erikoistunut tietylle toimialalle. Kuljetuskalusto on usein varustettu kuljetuksenantajan tunnuksilla. Suuri ja keskisuuri teollisuus, kaupan keskusliikkeet ja tukkuliikkeet sekä kuljetusten alihankintapalveluja ostavat logistiikkayritykset ovat suurimpia asiakkaita sopimusliikenteessä Suomessa. (Mäkelä ym. 2008, 59.) Sopimusliikenne voi olla käytännössä tilaus- tai linjaliikennettä. Oleellisinta on se, että määräysvalta kuljetusvälineen käyttöön on vuokralleottajalla. (Oksanen 2004, 47.)

Kuljetusväline on tilaajan yksinomaisessa käytössä tilausliikenteessä. Ammattimainen maantiekuljetus on luonteeltaan enimmäkseen tilausliikennettä. Merikuljetusten tilausliikenteestä käytetään nimitystä hakurahtiliikenne (aika- ja matkarahtaus). Yksityinen liikenne on erilaisten yhteisöjen ja yksityishenkilöiden suorittamaa omaa kuljetusta. (Oksanen 2004, 47.)

2.5 Taloudellisuus ja rahditusperusteet

Kuljetustapahtuma koostuu yleensä kolmesta vaiheesta. Alkuvaiheessa kuljetettava tavara siirretään kuljetusyrityksen lähtöterminaaliin. Loppuvaiheessa tavara jaetaan jakeluterminaalista asiakkaalle. Terminaalien välissä on maantieteellisesti pisin siirtyminen. Tämä siirtyminen on runkokuljetus, joka koostuu yhdestä tai useammasta vaiheesta. Kuljetusketjun alku- ja loppuvaiheen siirtomatka voi olla etäisyydeltään mitätön verrattuna runkokuljetukseen. Kuitenkin keräily- ja jakelukuljetukset voivat aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Nämä kustannukset voivat olla yli puolet kuljetusten kokonaiskustannuksista. (Sakki 2009, 85.)

Pitkän matkan runkokuljetuksissa yhdistetään monen toimeksiantajan tavaroiden siirto samaan kuljetusyksikköön. Tämän vuoksi kustannukset jakautuvat epätasaisesti keräily- ja jakelukuljetusten sekä runkokuljetusten välillä. Jakelukuljetus on kallis, kun pieni tavaeraerä viedään varta vasten tiettyyn yritykseen lyhyen matkan päähän, eikä samassa kuljetuksessa ole muita tavaratoimituksia. Logistiikassa, niin kuin kuljetuksissakin kokonaiskustannus riippuu enemmän tapahtumien lukumäärästä kuin tavarain painosta, tilavuudesta tai kuljetusmatkasta. Kuljetustoiminnan keskeisin tavoite on taloudellisuus (Mts. 85).

Rahdin hinta määräytyy rahditusperusteen ja kuljetettavan matkan mukaan. Rahdituspainona voidaan käyttää lähetyksen todellista painoa, kuutiopainoa, lavametripainoa tai lavapainoa. Yhden kuutiometrin tilan vievän lähetyserän rahdituspaino on 333 kg (333 kg/m^3). Tästä voidaan laskea tilavuuspaino, joka on todellisen tilavuuden ja rahdituspainon tulo. Lähetyksen päälle tai alle voidaan lastata tavaraa, jos käytetään kuutiopainoa. Tilavuuspainoa voidaan käyttää rahdituspainona, jos todellinen paino on pienempi kuin 333 kg/m^3 , tällöin sekä päälle tai alle lastaaminen on mahdollista. Lavapaino voi olla rahditusperusteena, jos lastaaminen päälle tai alle ei ole mahdollista. Lavametrimäärä saadaan laskettua lähetyksen leveyden (m) ja pituuden (m) tulolla, joka jaetaan lopuksi 2,4. Esimerkiksi lavapaino FIN-lavalle on 925 kg ja EUR-lavalle on 740 kg. Lavametripainoa voidaan käyttää myös rahditusperusteena, jos lähetys varaa tilaa (leveys ja korkeus) yhden lavametrin määrän. Lavametripaino on 1850 kg/lvm ($2 \times 925 \text{ kg}$). (Rahditusperusteiden ABC 2018.)

Lavametripaino voi vaihdella eri yrityksissä. Lavapainona käytetään joissakin yrityksissä esimerkiksi 2000 kg/lvm. Esimerkiksi erittäin kevyt tuote painaa vähän, mutta voi viedä kuitenkin paljon ajoneuvon kuormatilaa. Tässä tapauksessa on järkevämpää hinnoitella lähetys tilavuuden perusteella, ei painon. Silloin määritellään laskennallinen rahdituspaino.

Kolmesta rahdituspainovaihtoehdosta käytetään suurinta. Nämä rahdituspainot ovat lähetysten todellinen paino, kuutiopaino (333 kg/m^3) tai lavametripaino (1850 kg/lvm). (Rahditusperusteiden ABC 2018.)

Lentokuljetuksissa käytetään rahdituspainoa 167 kg/m^3 . Merikuljetuksissa käytetään rahdituspainona 1000 kg/m^3 . Lento- ja merikuljetuksissakin kuljetushinta määräytyy suurimman painon mukaan, todellisen painon tai kuutiopainon. (Chargeable Weight 2018.)

2.6 Runkokuljetukset

Runkokuljetus on tavaroiden kuljettamista peräkkäisten päävarastointipisteiden välillä. Runkokuljetus suoritetaan useimmiten jakeluvirran suunnassa asiakkaille päin. Suuria tuote-eriä siirretään runkokuljetuksilla keskusvarastoilta tai tuottajilta ketjun seuraaviin vaiheisiin, useimmiten aluevarastoihin. Runkokuljetusten tärkeä tavoite on saada kuljetettavat kuormat mahdollisimman täyteen. Useimmiten siirtoetäisyydet runkokuljetuksissa ovat suuret, joten maanteillä tapahtuvissa runkokuljetuksissa käytetään usein perävaunukalustoa. (Karrus 2005, 123). Runkokuljetukset ovat esimerkiksi terminaalien, jakelukeskusten tai tuotantolaitosten välisiä kuljetuksia. Usein tavarat lähetetään jakelukeskuksista jonkin jakelupisteenä toimivan terminaalin kautta lopulliseen toimituspisteeseen. Runkokuljetusprosessi on esitetty kuviossa 4 (s. 15).

Runkokuljetus alkaa lähtöterminaalista ja päättyy määräterminaaliin. Noutoauto purkaa tavarat lähtöterminaaliin. Tavara lajitellaan lähteville runkolinjoille lähtöterminaalissa. Terminaalikäsitteilyä ei kaikille tavaraerille tule, koska se riippuu tavaraerän koosta. Tavaroita yritetään säilyttää terminaalissa mahdollisimman vähän aikaa. Tavara kuormataan suuntakuormiin runkokuljetukseen lähtöterminaalista. Runkokulje-

tus voidaan viedä joko määräterminaaliiin tai suoraan vastaanottajalle. Tavara lajitellaan jakelureiteille määräterminaalissa. Lopuksi jakelukuljetus vie tavarán vastaanottajalla ja tavara luovutetaan vastaanottajalle. (Vesterinen 2011, 28.)

2.7 Postin kuljetustuotanto

Postin ydinliiketoiminta koostuu logistiikka-, posti- ja verkkokaupan palveluista sekä erilaisista taloushallinnon palveluista (Logistiikka, postia ja taloushallinnon palveluja 2018).

Paketti- ja logistiikkapalvelut vastaa kokonaisvaltaisista toimitusketjuratkaisuista, paketti- ja verkkokaupan palveluista, kuljetuspalveluista sekä varastoinnista ja lisäpalveluista Suomessa ja Baltiassa. Posti on Suomen markkinajohtaja B2C- ja B2B-pakettiliiketoiminnassa sekä varastopalveluissa. Posti on kolmen suurimman toimijan joukossa Suomessa kuljetuspalveluissa. Posti käsitteli noin 34 miljoonaa paketti- ja kuljetusyksikkölähetystä sekä noin 2,35 miljoonaa rahtilähetystä vuonna 2016. Paketti- ja kuljetusyksikkölähetysten lukumäärä on tasaisessa kasvussa vuodesta 2012 alkaen. (Logistiikka, postia ja taloushallinnon palveluja 2018.)

Postipalvelut sisältää kirje-, lehti- ja markkinointipalveluja. Kirjepalvelut vastaa yrityksille ja kuluttajille tarjottavista kirjepalveluista, postimerkeistä, postinohjauspalveluista, Netpostista ja kansainvälisestä postiyhteistyöstä. Lehtipalvelut tarjoaa ja kehittää yritysasiakkaille sanoma- ja aikakauslehtien sekä kaupunkilehtien jakelupalveluita. Markkinointipalvelut tuottaa ja kehittää yrityksille palveluja markkinointiin. Suurin osa liiketoiminnasta on nykyisin jakelupalveluja osoitteelliseen ja osoitteettoa suoramarkkinointiin sekä niihin liittyviä lisäarvopalveluja, kuten rekisteri- ja kohderyhmäpalvelut ja Kontakti-palvelu. Posti kehittää uusia markkinointi palveluita erityisesti digitaaliseen markkinointiin. Postipalvelut käsitteli noin 2 miljardia lähetystä. Lähetysten lukumäärä on laskussa alkaen vuodesta 2013. (Logistiikka, postia ja taloushallinnon palveluja 2018.)

Postin runkokuljetukset ovat terminaalien ja/tai postikeskusten välisiä kiinteällä aikataululla suoritettavia tiekuljetuksia. Terminaalien ja/tai postikeskusten ajettava väli on yksi runkolinja. Runkokuljetusten lähetyksistä on rahtia noin 55 %, paketteja on

noin 24 % ja printtituotteita on 21 %. Runkokuljetuksilla on kaikkiaan noin 940 ajettavaa runkolinjaa, joista noin 750 ajetaan päivittäin. Yksi työvuoro koostuu yleensä useammasta runkolinjasta. Yhden työvuoron aikana voidaan ajaa esimerkiksi 2-4 runkolinjaa. Työvuoron runkolinjat on suunniteltu tavaramäärän mukaan, jotta täyttöaste saataisiin optimaaliseksi. Suurin osa runkokuljetuksista suoritetaan alihankintana (noin 60 %).

3 Kuljetusten mittaaminen

Kuljetusyritys tarvitsee kirjanpidon lisäksi sisäisen laskentatoimen menetelmiä, jotta sen taloudellista toimintaa ja tehokkuutta voidaan seurata. Kuljetusyritys voi käyttää kirjanpidosta saatavien euromääräisten tietojen lisäksi muita suureita. Muita suureita ovat esimerkiksi kilometrit, polttoainelitrat, kuutiometrit, lavojen lukumäärät ja työtuntien lukumäärät. (Mäkelä ym. 2008, 59.)

Kuljetuspalvelujen hinnoittelu on tärkeää ja myös haastavaa. Kuljetusten hinnoittelun lähtökohtana tulisi olla, että aiheutuneet kustannukset katetaan kuljetuksesta saatavalla korvauksella. Laskelmien perusteella saatujen ajoneuvojen vuotuisten kokonaiskustannusten avulla lasketaan kuljetusmaksut. Kuljetusmaksut lasketaan kutakin kuljetustehtävää varten, esimerkiksi kilometriä, tonnia, tai tuntia kohden. Työvoiman palkka- ja sosiaalikulannukset ovat tiekuljetusyritysten suurin toimintakustannusten erä Suomessa ja useassa Länsi-Euroopan maassa. (Mäkelä ym. 2008, 61.)

3.1 Suoritusten mittaus ja kustannustehokkuuden parantaminen

Yritys voi parantaa kilpailuasemaansa lisäämällä kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuutta voidaan parantaa muuttamalla yrityksen oman toiminnan painopistettä arvoketjussa vähentämällä tai lisäämällä omia toimintoja. Tämä tarkoittaa, että yrityksen on määriteltävä uudelleen toiminnot, jotka se tekee itse ja toiminnot, jotka se ostaa yrityksen ulkopuolelta (ulkoistaminen). Toinen keino parantaa yrityksen kustannustehokkuutta on tehostaa omia prosesseja ja toimintojen kustannustehokkuutta. Näitä voidaan tehostaa esimerkiksi poistamalla tuhlausta, uudistamalla pro-

sesseja, parantamalla resurssien käyttöastetta, parantamalla tuotteiden konstruktiota, soveltamalla uutta teknologiaa ja muuttamalla toimintojen sijaintia. (Fogelholm & Karjalainen 2001, 20.)

Yrityksen toiminnan ohjaamiseen ei riitä ainoastaan taloudellisen tuloksen mittaaminen ja siihen liittyvä tavoitteiden mittaaminen. Mittarit kertovat keinoista, joilla tulokseen ennen kaikkea vaikutetaan. Yrityksen mittariston tulee muodostaa yhtenäinen kokonaisuus. Tämän kokonaisuuden avulla organisaation kaikki jäsenet voivat ymmärtää oman panoksensa merkityksen yrityksen menestymiselle. (Fogelholm & Karjalainen 2001, 21)

Yrityksen tavoitetekijöitä ovat esimerkiksi kannattavuus, asiakastyytyväisyys ja toimituskyky. Tavoitetekijä ei sinällään ole toiminnallinen mittari. Tavoitetekijää voidaan kuvata erilaisilla mittareilla. Samasta lähtöaineistosta saadaan eri mittareilla erilaisia mittaustuloksia. Monet yritykset seuraavat samoja tavoitetekijöitä. Kuitenkaan yritysten käyttämät mittarit eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään. (Mts. 36.)

Tavoitetekijä kuvaa mittauksen kohteena olevaa suuretta. Toiminnallinen mittari on mittalaite, joka tuottaa mittaustuloksia. Toiminnalliseen mittariin liittyy aina jokin mittaumenetelmä, joka muuntaa lähtöaineiston mitta-arvoksi. Tavoitetekijään voidaan liittää yleisiä tavoitteita (esim. toimituskyvyn parantaminen). Tavoitearvo liittyy aina toiminnalliseen mittariin ja sitä verrataan mitta-arvoihin. Toimituskyvyn yksi osa-alue on toimitusvarmuus, jonka mittarina on esimerkiksi ajoissa tehtyjen toimitusten osuus. Yritys voi asettaa toimitusvarmuuden tavoitearvoksi esimerkiksi 98 %. Ennen sitä yrityksen pitää määritellä toimitusvarmuuden mittari. Tähän mittariin kuuluu esimerkiksi ajoissa tehdyn toimituksen määrittelemine. (Mts. 36.)

Tavoitetekijät (johdettavat asiat) eivät ole aina helposti mitattavia. Kannattavuuden mittaaminen perustuu yrityksen rahaprosessin tapahtumiin ja vakiintuneisiin määritelmiin. Siis kannattavuus on suoraan mitattavissa. Toimituskyky on monimutkaisempi asia. Se koostuu esimerkiksi toimitusajasta, toimitusvarmuudesta ja toimitusten laadusta. Edelliset osatekijät ovat helpommin mitattavia ja toimituskykyä voidaankin mitata välillisesti niiden avulla. Mittaukset voidaan jakaa suoriin ja välillisiin mittaustilanteisiin. (Mts. 36.)

3.2 Logistiikan mittaaminen

Suoritusten mittaaminen on osa logistiikan toiminnan ohjaamista. Tunnusluvut kertovat miten hyvin asetetut suoritustavoitteet on saavutettu organisaatiossa. Tunnusluvut ovat tärkeitä työkaluja liikkeenjohdolle. Ne sisältävät olennaista ja tiivistettyä tietoa selkeässä muodossa. Tavoitteelliseen johtamiseen kuuluu olennaisesti tunnusluvut. (Pastinen, Mäntynen & Koskinen. 2003, 153.)

Jotta saataisiin tarkkoja tuloksia, niin tunnusluvut pitää valita huolella. Hyvän tunnusluvun on mitattava ominaisuutta, jota sen on tarkoitus mitata ja se kohdistuu mitattavaan teoreettiseen käsitteeseen. Tässä on keskeistä mitattavan asian teoreettisen käsitteen riittävän selvä rajausta tarkastelunäkökulman valinnan avulla. Tämän jälkeen tunnusluku johdetaan kaavan muotoon. Hyvän tunnusluvun pitää myös antaa luotettavia mittaustuloksia. (Pastinen ym. 2003, 154.)

Hyvältä mittarilta vaaditaan myös seuraavia ominaisuuksia:

- Pätevyys, mittari kuvaa varsinaista suorituskäytäntöä.
- Kattavuus, mittaus kattaa tarkasteltavan prosessin.
- Vertailtavuus, mittaukset ovat eri toiminnan volyyymeilla, eri organisaatioissa ja ajallisesti vertailukelpoiset.
- Tarkkuus, mittaukset ovat tarkkoja ja luotettavia todellisen tilanteen kuvauksessa.
- Käyttökelpoisuus, mittari tukee päätöksentekijää toiminnan kehittämisessä sekä tuloksen ja palautteen nopeuden osalta.
- Sopivuus, mittari sopii nykyisiin tietojärjestelmiin mittareiden helpottamiseksi.
- Kannattavuus, mittauksesta aiheutuvat kustannukset eivät saa ylittää hyötyjä. (Mts. 154.)

Toiminnanohjauksessa mittaamisella on tärkeä rooli. Tunnusluvun arvo on mittaustulos. Sitä käytetään ohjaustarkoitukseen. Ohjaus on toimenpidesarja, joiden avulla saavutetaan asetettu tavoite. Yrityksen johto mahdollistaa ohjauksen. Mittaamisella saadaan selville saavutetut tulokset ja verrataan niitä asetettuihin tavoitteisiin. (Mts. 155.)

Logistiikan mittaamisen alue on laaja. Logistiikan mittaaminen sisältää liiketaloudellista ja fyysistä (paino, tilavuus, paino, aika) mittaamista. Liiketaloudellinen ja fyysinen mittaaminen perustuvat aina johonkin mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmään. (Mts. 155.)

Logistiikan mittaamisella saadaan tietoa logistiikan kehittämistarpeista, mahdollisuuksista ja logistiikkatoimintojen käytännön toteuttamisen tehokkuudesta. Kehittämisen näkökulmat ovat palvelutason, logistisen rakenteen ja toimintatapojen sekä logistiikan operatiivisen tehokkuuden kehittäminen. Palvelutasoa voidaan kehittää siten, että saadaan lisää tuottoja paremmasta hinnasta tai lisääntyneestä myynnistä. Logistista rakennetta ja toimintatapoja voidaan kehittää laskemalla yrityksen tai arvoketjun kokonaiskustannuksia. Logistiikan operatiivista tehokkuutta voidaan kehittää alentamalla yrityksen logistiikkakustannuksia. (Mts. 155.)

Tulosten mittaaminen on tärkeä osa yrityksen logistiikkaprosessia. Mittauksen tulos ilmoittaa, kuinka hyvin yritys onnistuu toteuttamaan toimintastrategiaansa valitsemiensa liikeideoiden avulla. Myös eri sidosryhmät asettavat yritystoiminnalle omia tavoitteitaan ja siten myös mittareita menestymiselle. Eri sidosryhmiä ovat esimerkiksi omistajat, asiakkaat ja henkilökunta. (Mts. 155.)

Logistiikkaprosessin kokonaisuuden ymmärtäminen vaatii tiedot järjestelmän fyysisestä rakenteesta, toimintatavoista ja suoritettavista tehtävistä. Mittarit voidaan jakaa logististen virtojen mukaan. Logistisia virtoja ovat materiaalivirta, informaatiovirta ja pääomavirta. Mitattavaa kohdetta voidaan tarkastella volyymin (toiminnan laajuus), resurssien, ajan, laadun tai palvelutason näkökulmista. (Mts. 158.)

3.3 Logistiikan mittareita

Volyymi on käsiteltävän tavaran, toistuvien tehtävien ja tapahtumien määrä. Resurssit ovat esimerkiksi varastoidut tavarat, henkilöt, tilat, ajoneuvot ja siirtovälineet sekä muut laitteet ja koneet. Toimintaan käytettyjen resurssien määrä vaikuttaa suoraan logistiikkatoiminnan taloudellisuuteen. (Pastinen ym. 2003, 158.)

Ajan merkitys on tärkeä logistiikassa. Toimitusaika on yksi keskeinen kilpailutekijä. Toimitusaika on suoraan riippuvainen aikaisempien vaiheiden läpimenoajasta ti-

lausohjautuvassa toiminnassa. Varastomäärät ja varastoinnin kustannukset ovat riippuvaisia läpimenoajoista varastoivassa toiminnassa. Aikavaihtelut ovat usein tarkkoja läpimenoja- ja toimitusaikoja tärkeämpiä vaikuttajia toiminnan hyvyyteen ja kustannustasoon. Toimitus- ja läpimenoaikavaihtelut vaikuttavat voimakkaasti tarvittavien varastojen suuruuteen varastoivassa toiminnassa. Tavaransaannin huono ennustettavuus huonontaa palvelutasoa asiakastoimituksissa. Materiaalivirran ja ohjaustoimintojen läpimenoaikojen ja aikapoikkeamien mittaus on tärkeää logistiikkajärjestelmässä. (Mts. 159.)

Laatua voidaan mitata käsiteltävästä tavarasta ja suoritettavista toiminnoista logistiikkatoiminnoissa. Mittauskohteina ovat tavaransaannin ominaisuuksien ja kunnan poikkeamat, toiminnan tai tiedon sisällön virheet ja poikkeamat oikea-aikaisuudesta. Laajimmillaan laatu ilmaisee tuotteen ja palvelun toiminnon sopivuutta käyttötarkoitukseen. Tällainen laatu muodostuu odotetun laadun ja koetun laadun perusteella, joten se on vaikeasti mitattavissa. Yrityksen tai tuotteen imagotekijät ovat hyvinkin asiakasriippuvaisia. Suppeammin laatu voidaan käsittää onnistumiseksi suhteessa omiin spesifikaatioihin ja tavoitteisiin. Tällainen laatu on helpommin mitattavissa, kun voidaan käyttää konkreettisia arvoja, joihin voidaan verrata mittaustuloksia. (Mts. 159.)

Palvelutaso ilmaisee yrityksen tai yrityksen toiminnan kykyä toimittaa tarvittaessa oikeaa tavaraa oikeaan aikaan asiakkaalle tai työvaiheelle. Asiakkaiden palvelutasovaatimukset pitää tuntea, jos halutaan mitata palvelutasoa. Siis pitää tietää minkälaisia varastointipolitiikkaa asiakkaat harjoittavat, kuinka nopeasti ne haluavat tilauksensa ja mitkä ovat asiakkaiden vähimmäisvaatimukset palvelutason suhteen. Palvelutasoa voidaan verrata myös kilpailevan yrityksen tarjoamaan palvelutasoon. (Mts. 159.)

3.4 Tiekuljetusten mittaaminen

Ajoneuvojen tehokkuutta ja hyötykäyttöä voidaan mitata eri tavoin. Mittausmenetelmät poikkeavat toisistaan ja siten ne kuvaavat kuljetustehokkuutta eri tavoin. Mittausmenetelmät painottuvat painon (tonni, kilogramma) mittaamiseen. (McKinnon ym. 2015, 244.)

3.4.1 Suoritekäsitteet

Tunnusluvuilla voidaan mitata kuljetustuotannon tehokkuutta. Tunnusluvut mittaavat kuljetusten tuottavuutta eli toteutuneen suoritemäärän suhdetta johonkin tuotannontekijään. Kuljetusyrityksen tavoitteellinen enimmäissuoritemäärä tietyllä ajanjaksolla, kapasiteetti (ks. kaava 1) määräytyy tuotannontekijöiden perusrakenteen perusteella. Jos perusrakenne muuttuu, niin myös kapasiteetti muuttuu. (Oksanen 2004, 37.)

$$\text{Kapasiteetti} = \frac{\text{Tavoitteellinen enimmäissuoritemäärä}}{\text{Aika}} \quad (1)$$

Kapasiteetti voidaan laskea tavarasuoritteena (tonni, t), ajosuoritteena (liikennesuorite, km) tai kuljetussuoritteena (tonnikilometri, tkm) aikayksikköä (h, vrk) kohti. Kaavoissa 2-4 on esitetty eri kapasiteetit kuljetuksille. (Oksanen 2004, 38.)

$$\text{Tavarakapasiteetti} = \frac{\text{Tavoitteellinen tavarasuorite [kg]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (2)$$

$$\text{Käyttökapasiteetti} = \frac{\text{Tavoitteellinen ajosuorite [km]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (3)$$

$$\text{Kuljetuskapasiteetti} = \frac{\text{Tavoitteellinen kuljetussuorite [tkm]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (4)$$

Tavarakapasiteetti huomioi vain kuljetettavan tavaramäärän. Se sopii parhaiten mittaamaan kapasiteettia, kun kuljetus tapahtuu vakioreitillä etukäteen määritellyn ajosuunnitelman mukaisesti. Tällaisia kuljetuksia ovat useat keräily- ja jakelukuljetukset sekä paikkakuntien ja terminaalien väliset tavaralinjaliikenteen kuljetukset. (Oksanen 2004, 39.)

Käyttökapasiteetti huomioi vain ajettavat kilometrit. Se sopii parhaiten vakiokuormiin tapahtuviin kuljetuksiin, joissa kuljetusvälineen käyttötuntimäärä on rajoitettu. Tällaisia kuljetuksia ovat esimerkiksi useat kaupan ja teollisuuden pitkänmatkan kokokuormakuljetukset. (Oksanen 2004, 39.)

Kuljetuskapasiteetti huomioi kuljetettavan tavaramäärän ja ajosuoritteen. Se sopii parhaiten mittaamaan kapasiteettia silloin, kun tavarasuorite ja ajosuorite vaihtelevat. Kuljetussuorite lasketaan kuljetustyönä (ks. kaava 5), joka lasketaan kuorman ja kuljetusmatkan tulona. (Oksanen 2004, 39.)

$$Kuljetussuorite = Kuorma [t] \times Kuljetusmatka [km] \quad (5)$$

Kuljetusteho saadaan kaavasta 6 (Oksanen 2004, 40).

$$Kuljetusteho = \frac{Kuljetussuorite [tkm]}{Aika [h,vrk]} \quad (6)$$

3.4.2 Kuljetusten tilastolliset yksiköt

Tilastollisia yksiköitä ovat esimerkiksi yleiset yksiköt (t, kg, m³, l, kpl), liikennesuorite (ajosuorite, km), kuljetussuorite (tkm), ajoneuvon kuormatilan täyttöaste (%), ajoneuvon käyttöaste (%) ja tyhjänäajoprosentti (%).

Kuljetusmäärien yleisiä yksiköitä ovat tonni (t), kilogramma (kg) sekä tilavuusmitat litra (l) ja kuutiometri (m³). Myös vakiomittaisia yksiköitä käytetään. Tällaisia yksiköitä ovat esimerkiksi kuormalava tai kontti. Liikennesuoritteella kuvataan ajoneuvojen ajamia ajokilometrimääriä. (Ritvanen ym. 2011, 111.)

Kuljetuksissa tehtävää kokonaistyömäärää kuvataan kuljetussuoritteella. Kuljetussuoritteen yksikkö on tonnikilometri (tkm). Kuljetussuorite syntyy tavaroiden kuljettamisessa. Kun tonnin tavaramäärä kuljetetaan kilometrin matkan, syntyy yhden tonnikilometrin verran kuljetussuoritetta. (Mäkelä ym. 2008, 38.) Siis tonnikilometri on kuljetun matkan (km) ja kuorman painon (t) tulo (ks. kaava 5).

Tonnikilometri kuvaa ajoneuvojen tuottavuutta. Tämä mittari on huono kuvaamaan täyttöastetta, koska se ei ota kantaa siihen, kuinka suuri osa kuormatilasta hyödynnetään suhteessa maksimi kuormatilaan. Tämän mittarin avulla ei siis voida esimerkiksi parantaa kuormatilan täyttöastetta. (McKinnon ym. 2015, 244.) Taulukossa 1 on Suomen kuljetussuoritteet ajoneuvotyypeittäin. Kuljetussuoritteen perusteella täysperävaunuyhdistelmillä on suuri merkitys Suomen tiekuljetuksissa.

Taulukko 1. Kuorma-autoliikenteen suoritteet Suomessa vuonna 2016. (Kuorma-autoliikenteen suoritteet kotimaan liikenteessä ajoneuvotyypin mukaan vuonna 2016 2017.)

Ajoneuvotyyppi	Tavaramäärä, 1000 t	Ajosuorite, milj. km	Kuljetussuorite, milj. tkm
Kuorma-auto ilman perävaunua	72 403	725	2 013
Puoliperävaunuyhdistelmä	30 705	254	3 441
Täysperävaunuyhdistelmä	171 433	896	19 131
Yhteensä	274 541	1 876	24 586

3.5 Täyttöaste

Täyttöaste ilmoittaa kuinka tavarat on lastattu kuljetusyksikköön ja kuinka hyvin kuljetusyksikön tila- ja painorajoitteet on hyödynnetty. Täyttöaste ilmaisee, kuinka tehokkaasti ajoneuvon kuormatila on käytetty. Täyttöasteen mittaamisella on tärkeä merkitys kuljetusten tehokkuuteen. (Pahlén & Börjesson 2012, 6.)

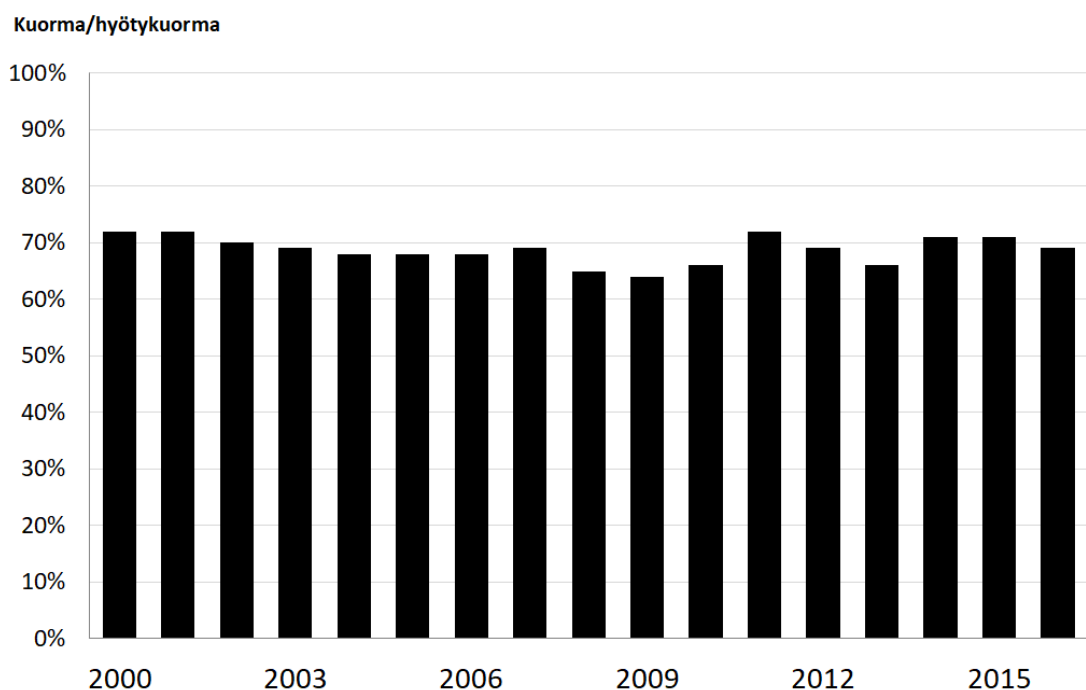
Hyötykuorma on ajoneuvon suurin mahdollinen tavaramäärä. Ajoneuvon suurimmat sallitut mitat ja painot rajoittavat hyötykuormaa. (Oksanen 2004, 42.) Hyötykuorma voidaan ilmoittaa erikseen vetoautolle ja perävaunulle. Samalla ajoneuvolla voi olla useita eri hyötykuormia. Silloin siihen on kytkettynä erikokoisia perävaunuja tai sen kuormatilat ovat vaihdettavia. (Oksanen 2004, 43.)

Kuljetettavan tavarän ominaisuudet määrittävät hyötykuorman mittaamistavan. Hyötykuorma mitataan

- painaville massa- ja kappaletavaroille tonneina (t)
- kevyille suuren tilavuuden omaaville tavaroille kuutiometreinä (m³)
- säiliössä kuljetettaville nestemäisille aineille litroina (l)
- määrämittaisille kuljetusyksiköille esim. kappaleina, rullakoina tai kuormalavoina. (Oksanen 2004, 43.)

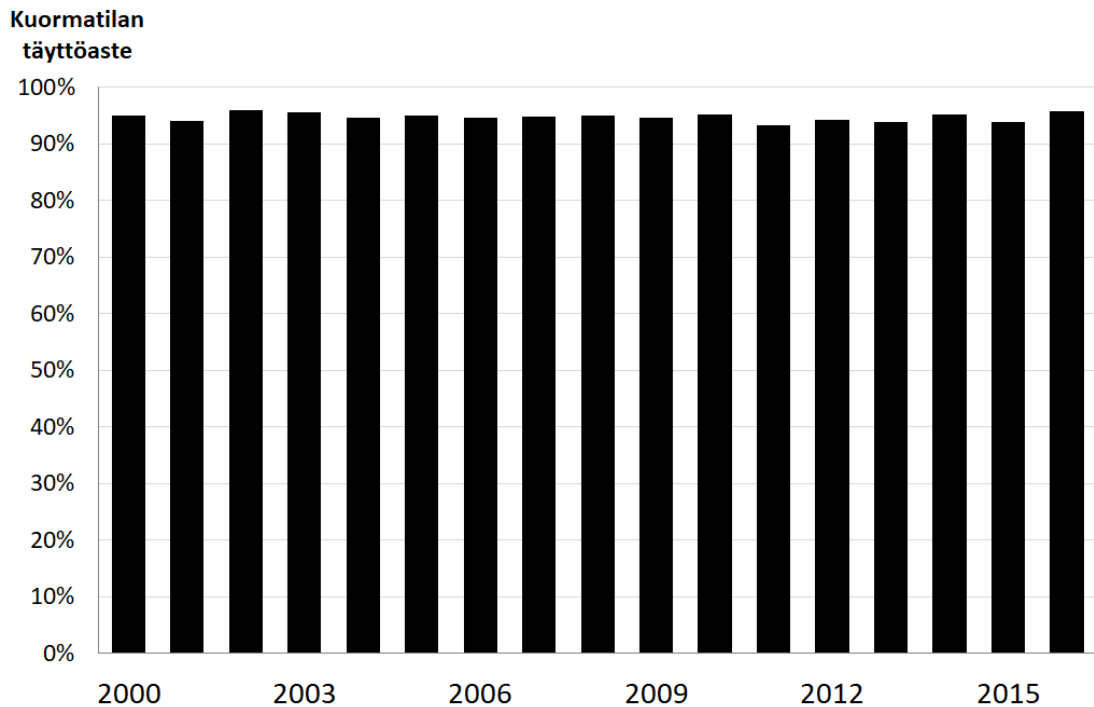
Hyötykuorman lisääminen on yksi tärkeimmistä kuljetustaloutta parantavista menetelmistä. Hyötykuormaa voidaan kasvattaa mitoittamalla kuljetusvälineet ja kuormatilat oikein, valitsemalla kuljetustarpeeseen nähden mahdollisimman suuri ajoneuvo

tai ajoneuvoyhdistelmä sekä keventämällä kuljetusvälineen omaa painoa. Hyötykuorman suuruuteen vaikuttavat myös oleellisesti perävaunuyhdistelmien kytkentävaihtoehdot ja akselilukumäärä. Hyötykuorma on parhaimmillaan, kun kuljetusvälineen kantavuus ja kuormatilan maksitilavuus saavutetaan. (Oksanen 2004, 43.) Suomen tiekuljetusten ajoneuvojen kuormatilan täyttöaste (kuormausaste) oli 69 % vuonna 2016 (ks. kuvio 5). 2000-luvulla täyttöaste (64 %) on ollut huonoimmillaan vuonna 2009. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.) Kuorman paino oli keskimäärin 17,0 tonnia (EU:n suurin) ajoneuvoa kohden Suomessa vuonna 2016 (Road freight transport by journey characteristics 2017).



Kuvio 5. Kuorma-autojen täyttöaste (kg) Suomessa vuosina 2000-2016. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.)

Suomen tiekuljetusten kuormatilan täyttöaste (tilavuuteen perustuva) on ollut noin 95 % vuonna 2000-2016 (ks. kuvio 6). Tiekuljetuksissa kuorma-autojen kapasiteetti on käytetty tehokkaasti vuonna 2000-2016. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.) Kuvio 6 on laadittu siten, että kuljettajia on pyydetty arvioimaan, kuinka suuri osuus kuormatilan tilavuudesta on käytössä (suurimmillaan) matkan aikana. Kyselyn vastausvaihtoehdot olivat: 0 % (tyhjä), 25 % (lähes tyhjä), 50 % (puolillaan), 75 % (lähes täynnä) tai 100 % (täynnä). (Kuorma-autojen kuormatilan täyttöaste 2018.)



Kuvio 6. Suomen kuorma-autojen kuormatilan täyttöaste (tilavuuteen perustuva). (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.)

Yleensä kuormatilan tilavuus on rajoittava tekijä, koska se täytetään täysin täyttöasteen (t, kg) jatkuvasti pienentyessä. Korkean täyttöasteen (massan sekä tilavuuden suhteen) kuljetusten (esim. maa-aines ja tukkipuu) osuus on vähentynyt ja kuljetettavana on enemmän tilaa vieviä, mutta kevyempiä tavaroita. Kuljetuskaluston tehokkaaseen hyödyntämiseen yrityksillä on vahvat ja välittömät taloudelliset kannustimet. Kalusto kannattaa pitää mahdollisimman paljon liikkeellä ja tyhjänä ajoa tulisi välttää. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.)

Kaavassa 7 täyttöaste on laskettu painoon (t, kg) perustuvana. Paino voidaan ilmoittaa kilogrammoina tai tonneina. (Oksanen 2004, 43.) Myös keskikuorma ja keskikuormausaste on laskettu kaavoissa 8-9 (Oksanen 2004, 41).

$$\text{Täyttöaste} = \text{Kuormausaste} = \frac{\text{Todellinen kuorma [kg]}}{\text{Hyötykuorma [kg]}} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{Keskikuorma} = \frac{\text{Kuljetussuorite [tkm]}}{\text{Ajosuorite [km]}} \quad (8)$$

$$\text{Keskikuormausaste} = \frac{\text{Keskikuorma [kg]}}{\text{Hyötykuorma [kg]}} \times 100 \quad (9)$$

Seuraavassa on lueteltu syitä, jotka rajoittavat lastaamasta täysiä kuorma:

- Markkinoista johtuvat syyt, joita ovat esimerkiksi markkinoiden sijainti ja kysynnän heilahtelu.
- Lainsäädännöstä johtuvat syyt, joita ovat esimerkiksi ajoneuvojen koko- ja painorajoitukset, toimitusten aikataulutus sekä terveys- ja turvallisuussyyt ajoneuvon kuorman purkamisessa ja lastauksessa.
- Huono yhteistyö. Esimerkiksi yrityksen eri yksiköiden tai osastojen välinen yhteistyö ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla.
- Infrastruktuurista johtuvat syyt, joita ovat esimerkiksi kuljetusverkoston kapasiteetti ja varastointikapasiteetti kuljetusten alku- ja loppuvaiheessa.
- Kaluston rajoitukset. Esimerkiksi tuotteiden ja ajoneuvojen, käsittelylaitteiston sekä kuormien keskinäinen yhteensopimattomuus. (McKinnon ym. 2015, 248.)

Kysynnän aiheuttama heilahtelu näkyy tavaravirrassa suuresti päivittäin, viikoittain, kuukausittain ja sesongeittain. Ajoneuvojen käyttökapasiteetti on usein sovitettu vastaamaan kysynnän huippuja ja muina aikoina ajoneuvojen käyttö voi jäädä vähemmälle. Yritykset voivat palkata henkilöstöä, ottaa käyttöön ylimääräisiä ajoneuvoja tai ulkoistaa kuljetuksia muille huippukysynnän aikana. Kysynnän huippuihin on vaikea vastata, jos vaihtelu on suurta ja arvaamatonta. Jos kuljetusyritys saa ajoissa ennakoilmoituksen kuljetuspalveluiden tarpeesta, niin ajoneuvojen käyttökapasiteetti voidaan hyödyntää tehokkaammin. Yhteistyöllä kuljetuspalveluiden ja eri toimijoiden välillä saadaan tehostettua ajoneuvojen käyttöä. (McKinnon ym. 2015, 248.)

Kuljetusyritysten tulisi tietää paremmin kaikki mahdolliset noudettavat lähetykset meno- ja paluumatkoilla. Näin kuorman täyttöastetta saataisiin paremmaksi. Monet lähetysten noudot jäävät huomioimatta optimaalisella reitillä, koska kommunikointi ei ole hyvällä tasolla kuljetusyrityksen ja lähettäjän välillä. (Mts. 250.)

Lähes kaikki kuljetettava tavara kulkee vain yhteen suuntaan. Henkilökuljetuksissa matkustajavirralla on yleensä paluukuljetus. Siis tavarakuljetuksissa ei ole paluukuljetusta toisin kuin henkilökuljetuksissa. Tavarakuljetukset ovat harvoin tasapainossa kahden alueen tai valtion välillä, eli tavaraa kulkee toiseen suuntaan enemmän. Keskimääräistä täyttöastetta voidaan parantaa, jos ajoneuvoon lastataan tavaraa paluumatkalla alkuperäiseen lähtöpaikkaan. (Mts. 250.)

Just-in-time -toimituksen tavoite on liikkua koko toimitusketjun ajan. JIT-toimituksella saavutetaan matalat varastotasot. JIT-toimitukset ovat hyvin aikariippuvaisia ja yleensä toimitetaan ilman pitkää ennakoilmoitusaikaa pienissä

toimituserissä. JIT ja matalat varastotasot ovat hyvin yleinen käytäntö nykyisin. JIT-toimituksia ja matalia varastotasoja on syytetty ajoneuvojen kuormatilan heikommasta käytöstä ja siten kasvaneesta tavaraliikenteestä. Kehittyneillä reititys- ja aikataulutusalgoritmeilla voidaan minimoida JIT:n aiheuttamia taloudellisia kustannuksia ja ympäristöhaittoja. (Mts. 251.)

Paremman täyttöasteen saavuttamiseksi tarvitaan kuorman noutoja ja monimutkaisia reittejä. Jotta parempi täyttöaste saavutettaisiin, tarvitaan myös luotettava aikataulu. Yleensä liikenneruuhkat ovat ennakoitavissa ja siten niiden vaikutusta voidaan vähentää kuljetusketjussa lisäämällä ylimääräistä aikaa toimitusketjussa. Liikenneonnettomuudet ja tietyt aiheuttavat kuitenkin arvaamattomia aikakustannuksia kuljetuksille. Myös ruuhka jakelukeskuksessa, ajoneuvojen rikkoutuminen ja työntekijöiden poissaolot voivat aiheuttaa ongelmia aikataulussa. Telematiikka auttaa ajoneuvojen seuraamista nykyisin. Siten ajoneuvojen reittejä voidaan suunnitella tarkemmin ja muuttaa nopeammin, mikä auttaa aikataulussa pysymisessä. (Mts. 254.)

Paremmalla pakkaussuunnittelulla voidaan tehostaa kuljetusten tehokkuutta. Jos, kuormatilaan mahtuu enemmän tuotepakkauksia, niin tarvitaan vähemmän kuljetuksia. (Mts. 254.)

Kuormatilan tehokasta hyötykäyttöä rajoittaa paluumatkalla ajoneuvojen ja kuljetettavan tuotteen yhteensopimattomuus, esimerkiksi elintarvikkeet voivat tarvita lämpösäädellyn kuljetuksen ja lavoja ei voi kuljettaa säiliöautossa. (Mts. 255.)

Ajoneuvon koko- ja painorajoitukset vaikuttavat täyttöasteeseen. Usein painorajoitus saavutetaan ennen kuin kuormatilan tilavuus on täytetty tai kuormatilan maksimitilavuus täyttyy ennen kuin painorajoitus saavutetaan. Hyötykuorman painorajaa on nostettu enemmän kuin kuormatilan mittoja viimeisten lähivuosikymmenten aikana. Samaan aikaan rahdin keskimääräinen tiheys on laskenut. Edelliset muutokset ovat edesauttaneet sitä, että nykyisin useimmiten kuormatilan maksimitilavuus saavutetaan ennen kuin enimmäispainoraja saavutetaan. Kuormatila voidaan lastata esimerkiksi kahteen kerrokseen. Joissakin Euroopan maissa on käytössä pidemmät ajoneuvot ja siten enimmäispainorajoitus on suurempi. Tällaisia maita ovat esimerkiksi Suomi, Ruotsi, Tanska ja Alankomaat.

Tutkimukset ajoneuvojen mitta- ja painorajoista osoittavat, että maantieajoneuvojen suuremmilla mitta- ja painorajoilla on positiivinen vaikutus ympäristövaikutuksiin, taloudellisiin vaikutuksiin ja turvallisuuteen. (Mts. 255.)

Tilauksen koko määräytyy usein vastaanottajan varastointitilan perusteella. Varastointitilan kutistuminen johtuu nykyisestä suuntauksesta pitää varastotasot matalalla ja lattiatilan tehostetusta käytöstä. Esimerkiksi jälleenmyyjät ovat pienentäneet varastotiloja ja lisänneet kauppatilaa tavaroille. Varastoihin vietäviä toimituksia voi rajoittaa kuormalavan korkeus, koska lavapaikalla on tietty korkeus varastossa. Edelliset ehdot optimoivat varastotilan käyttöä, mutta taas huonontavat ajoneuvon tilankäytön tehokkuutta. Esimerkiksi säiliöajoneuvon täyttöaste voi huonontua, koska vastaanottajan säiliön koko voi olla pieni. (Mts. 257.)

3.5.1 Painoon perustuva täyttöaste

Täyttöasteen mittaaminen perustuu ainoastaan painoon (t, kg). Tämä on kuvaa kuorman todellisen painon ja suurimman mahdollisen kuorman (hyötykuorma, maksiminettoakuorma) suhdetta. Tätä mittaria käytetään yleisesti, koska se on helppo mitata, esimerkiksi tilavuuteen verrattuna. Lähetysten painosta löytyy yleensä paljon mitaustietoa, joten vertailu menneisyyteen onnistuu helposti. (McKinnon ym. 2015, 245.)

Painoon perustuva täyttöaste voi vaihdella suuresti. Kuorman sisältö voi vaihdella esimerkiksi raskaista terästuotteista tai raakapuusta kevyempiin aineisiin, kuten muovi tai pahvi. Jos kuormatila täyttyy tilavuudeltaan ennen kuin suurin mahdollinen paino saavutetaan, niin painoon perustuva täyttöaste ei voi saavuttaa maksimitasoaan. Siten tämä täyttöaste voi antaa huonomman kuvan kuin mikä tilanne on todellisuudessa. Tuotteilla, joilla on matala tiheys, niin kuormatilan pinta-alaan tai tilavuuteen perustuva täyttöaste kuvaa paremmin tilannetta. (Mts. 245.) Joten vain kuorman painoon perustuva mittari ei ota kantaa esimerkiksi ajoneuvon omaan painoon tai tyhjänä ajoon.

Täyttöaste voi perustua myös tonnakilometreihin (tkm). Täyttöaste voidaan ilmoittaa todellisten ajettujen tonnakilometrien ja teoreettisten enimmäistonnakilometrien lukumäärän suhteella. Maksimitonnakilometrit ilmoittavat suurimman mahdollisen

kuorman (hyötykuorma) ja kilometrien tulon, joka on lakien mukaan mahdollista.

Tämän täyttöasteen etuna on, että paino voi muuttua esimerkiksi jakelu- tai keräilykuljetusten aikana. Vain painoon perustuvassa täyttöasteessa oletetaan, että paino ei muutu matkan aikana. (McKinnon 2015, 9.)

3.5.2 Tilavuuteen perustuva täyttöaste

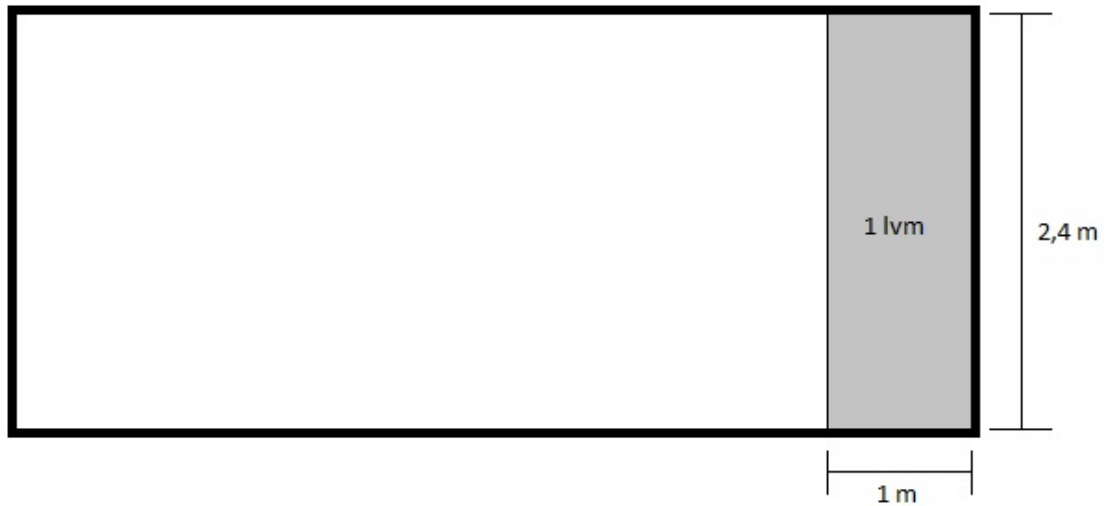
Mittaa kuinka suuren osan kuorman tilavuus käyttää koko kuormatilan tilavuudesta. Siis tämä on käytetyn tilavuuden ja maksimitilavuuden suhde. Tilavuudesta ei kerätä systemaattisesti tietoa maantiekuljetuksissa, joten makrotasolla (teollisuuden alat, valtiot) tilavuuteen perustuvan täyttöasteen vertailu on haasteellista. (McKinnon ym. 2015, 245.) Myös tuotteen tilavuuden mittaaminen saattaa olla haasteellista, koska tuote voi olla hyvin epänormaalin muotoinen. Esimerkiksi kuormalavalähetyksen tilavuuden mittaaminen on helpompaa, jos kuormalava on lastattu samanlaisilla laatikoilla. Tilavuuteen perustuvan täyttöaste lasketaan kaavalla 10.

$$Täyttöaste = \frac{\text{kuorman tilavuus [m}^3\text{]}}{\text{kuormatilan tilavuus [m}^3\text{]}} \times 100 \quad (10)$$

3.5.3 Kuormatilan pohjan pinta-alaan perustuva täyttöaste

Kuormatilan pohjan pinta-alaan perustuva täyttöaste mittaa kuorman käyttämän pohjan pinta-alan suhdetta kuormatilan kokonaispinta-alaan. Tämä suhde voidaan ilmaista myös esimerkiksi kuormatilassa olevien lavojen lukumäärän ja kuormatilan maksimäärän lavamäärän suhteella. Tässä lavojen tulisi olla samanlaisia, jotta vertailu olisi mahdollista. (McKinnon ym. 2015, 245.)

Lavametri perustuu myös kuormatilan pohjan pinta-alaan. Lavametri on yhden metrin matka ajoneuvon kuormatilasta koko leveydeltään ja korkeudeltaan, kattoon asti (Ståhl 2011, 52). Siis lavametrilukumäärä saadaan laskettua lähetyksen pituuden (m) ja leveyden (m) tulona, joka jaetaan lopuksi luvulla 2,4. Kuviossa 7 on havainnollistettu yksi lavametri (lvm).



Kuvio 7. Ajoneuvon kuormatila ylhäältä päin kuvattuna. Harmaa alue on yksi lavametri.

3.5.4 Eri tuotteiden ja materiaalien keskimääräisiä tiheyksiä

Taulukossa 2 on tyypillisiä keskimääräisiä tiheyksiä eri materiaaleille ja tuotteille.

Taulukko 2. Eri tuotteiden ja materiaalien keskimääräisiä tiheyksiä. (McKinnon ym. 2015, 246.)

Materiaali tai tuote	Tiheys, t/m³
Polystyreenivaaho	0,05
Suuret kodinkoneet	0,1
Henkilöautot	0,1
Paketti	0,2
Päivittäistavarat	0,3
Juomapullolaatikko	0,6
Puutavara	0,8
Polttoaine ja etanoli	0,8
Vesi, maito ja olut	1,0
Luonnonkumi	1,2
Maa-aines	1,8

jatkuu seur. sivulle

jatko ed. sivulta

Tiiliskivi	1,9
Betoni	2,2
Metalliseokset	2,7
Teräs	7,9

Ideaalinen tiheys tuotteella tai materiaalilla on noin $0,3 \text{ t/m}^3$, jos kuormatilana on 40 tonnin puoliperävaunu (ajoneuvon pituus 16 m ja korkeus 4 m). Ideaalinen tuote tai aine, jonka tiheys on noin $0,3 \text{ t/m}^3$ täyttäisi puoliperävaunun tilavuudeltaan ja myös kuorman maksimipaino saavutettaisiin. Kuorman tiheys vaihtelee hyvin suuresti todellisuudessa. (McKinnon ym. 2015, 246.)

3.6 Toiminta- ja käyttöaste

Tietyllä aikajaksolla toteutunutta kuljetussuoritetta nimitetään toiminta-asteeksi (ks. kaava 11). Tietyllä aikajaksolla toteutunutta tavarasuoritetta nimitetään kuormitusasteeksi (ks. kaava 12). Tietyllä aikajaksolla toteutunutta ajosuoritetta nimitetään käyttöasteeksi (ks. kaava 13). (Oksanen 2004, 41.)

$$\text{Toiminta-aste} = \frac{\text{Toteutunut kuljetussuorite [tkm]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (11)$$

$$\text{Kuormitusaste} = \frac{\text{Toteutunut tavarasuorite [t,kg]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (12)$$

$$\text{Käyttöaste} = \frac{\text{Toteutunut ajosuorite [km]}}{\text{Aika [h,vrk]}} \quad (13)$$

Yleensä toiminta-, kuormitus- ja käyttöaste ilmaistaan prosentteina vastaavasti lasketusta kapasiteetista, esimerkiksi kaava 14. Kuitenkin käyttötarkoituksesta riippuenne voidaan ilmaista myös absoluuttisina arvoina. (Oksanen 2004, 42.)

$$\text{Toimintasuhde} = \frac{\text{Toiminta-aste} \frac{[\text{tkm}]}{[\text{h,vrk}]}}{\text{Kuljetuskapasiteetti} \frac{[\text{tkm}]}{[\text{h,vrk}]}} \times 100 \quad (14)$$

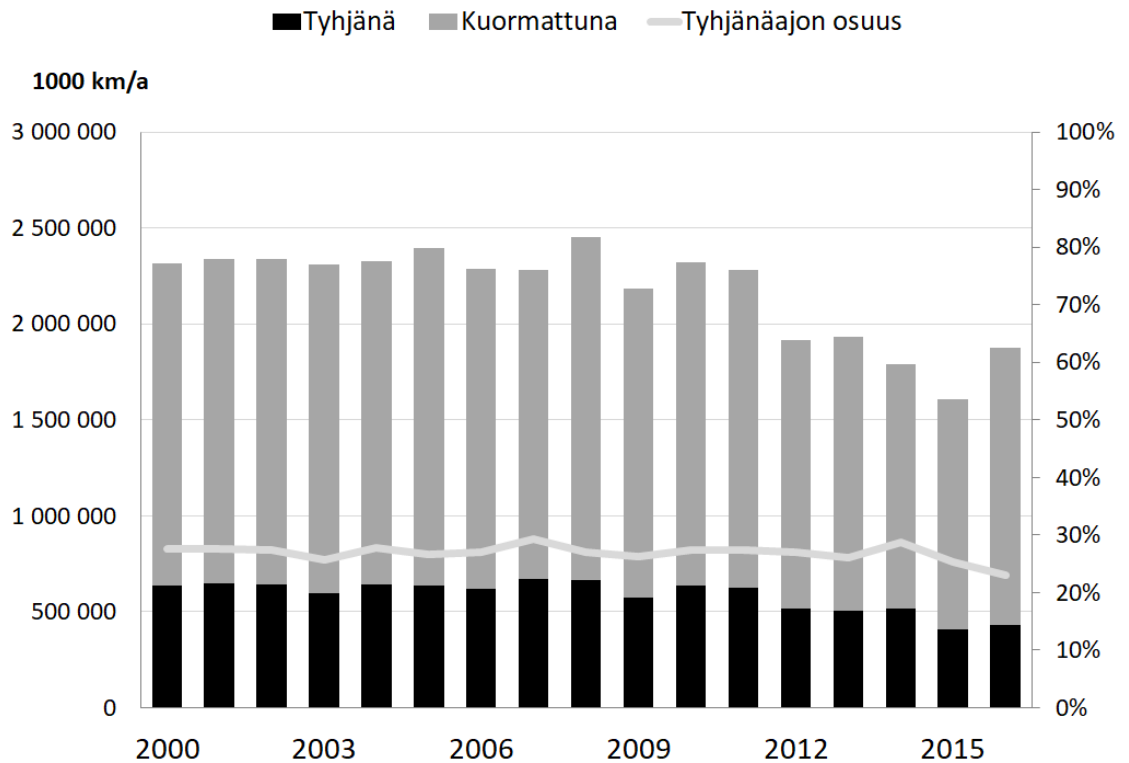
Kuljetusten yksikkökustannuksiin ja siten myös hinnoitteluun ja kannattavuuteen vaikuttaa erittäin suuresti toiminta-asteen vaihtelu. Mitä korkeampi toiminta-aste, sitä

kilpailukykyisemmin hinnoiteltuja kuljetuksia kuljetusyritys pystyy tarjoamaan verrattuna alhaisemmalla toiminta-asteella toimivaan kuljetusyritykseen. Jos molempien kuljetusyritysten hinnat ovat samat, niin korkealla toiminta-asteella toimivan kuljetusyrityksen kannattavuus on parempi. (Mts. 42.)

Kustannustekijöiden riippuvuussuhteiden tunnistaminen toiminta-asteesta on tärkeätä kuljetusten kustannuslaskennassa. Siis, riippuuko kustannus toiminta-asteen muutoksista ja jos riippuu, niin miten. Toiminta-asteen kasvaessa kuljetusten taloudellisuus paranee, kun toiminta-asteesta riippumattomat kiinteät kustannukset jakautuvat suuremmalle suoritemäärälle. Toisaalta toiminta-asteesta riippuvat muuttuvat kustannukset kasvavat toiminta-asteen kasvaessa. Pitkällä aikavälillä lähes kaikki kustannustekijät ovat jollakin tavalla muuttuvia. (Mts. 42.)

3.7 Tyhjänä ajo ja kustannukset

Tyhjänä ajolla tarkoitetaan ajomatkaa, joka suoritetaan kokonaan ilman kuormaa. Tyhjänäajoprosentti ilmoitetaan prosentteina. Tyhjänäajoprosentti ilmoittaa ajettujen kilometrien suhteen, kun kuormatila ei ole tyhjä verrattuna kaikkiin ajettuihin kilometreihin. Tyhjänä ajo on seurausta yhdensuuntaisesta tavarankuljetuksesta. Ajoneuvon paluumatkalle toiseen suuntaan on vaikeaa löytää kuljetettavaa tavaraa. Yleensä tyhjänä ajoa esiintyy kuljetusten alku- ja loppuvaiheessa. Kuljetusten alussa keräily- ja noutovaiheessa ajoneuvo lähtee kuormatila tyhjänä ensimmäiselle asiakkaalle. Kuljetusten lopussa, jakeluvaiheessa ajoneuvo palaa tyhjänä terminaaliin. Tyhjänä ajo aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia kuljetusyritykselle ja synnyttää lisää ympäristöpäästöjä. (McKinnon ym. 2015, 246.) Tiekuljetusten ajosuoritteesta 77 % ajettiin kuormattuna ja siten tyhjänä ajoa oli 23 % Suomessa vuonna 2016 (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017). Tyhjänä ajo Suomessa on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 8. Suomen tiekuljetusten liikennesuorite ja tyhjänä ajo vuosina 2000-2016. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.)

Tyhjänäajoprosentti lasketaan kaavalla 15 (Oksanen 2004, 44).

$$\text{Tyhjänäajoprosentti} = \frac{\text{Ilman kuormaa ajettu matka [km]}}{\text{Kokonaisajosuorite [km]}} \times 100 \quad (15)$$

Kuljetuskustannusten käsittelyssä syntyy kohdistamisongelmia, jos kuljetetaan useamman asiakkaan tavaroita. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi:

- Samassa kuormassa kuljetetaan usean asiakkaan tavaroita eripituisia matkoja. Tämän seurauksena ajoneuvon täyttöaste muuttuu jokaisen kuormaus- ja purkutapahtuman seurauksena.
- Kuljetetaan meno-paluukuormia eri asiakkaille. Jakelu-, keräily- ja/tai siirtokuljetustehtävä muodostuu rengasreitistä sekä kuormausten ja purkujen välissä on tyhjänä ajoa ja/tai odotusta. (Mts. 71.)

Täyttöasteen muutoksista, tyhjänä ajosta ja odotuksista aiheutuu kustannuksia. Odotusaika vähentää kuljetusaikaa ja aiheuttaa kustannuksia, jotka ovat riippuvaisia ajasta. (Mts. 71.)

Kuljetuskustannusten laskemisen keskeinen ongelma on tyhjänä ajon kustannusten kohdistaminen kuljetussuoritteille. Tyhjänä ajoa syntyy koska, kuorma puretaan ja seuraava kuorma lastata eri paikassa. Syitä tyhjänä ajoon ovat esimerkiksi:

- Paluukuormaa ei ole saatavilla.
- Kuljetusmatkan lyhyys. Takaisin palaaminen tyhjänä kuormauspaikalle on kannattavampaa kuin paluukuorman odottaminen tai hakeminen muualta.
- Kuljetuksia suoritetaan reittisuunnitelman ja aikataulun mukaisesti useiden lastaus- ja purkupaikkojen välillä. Sen seurauksena edellisen kuorman purkupaikan ja seuraavan kuorman lastauspaikan välimatka ajetaan tyhjänä.
- Pitkillä kuljetusmatkoilla kalustolle sopivia paluukuormia kannattaa hakea poikkeamalla paluureitiltä tai kuljettamalla paluukuormaa vain osalla paluumatkasta. Tyhjänä ajo voi olla edullisempaa kuin paluukuorman saannin odottaminen. (Mts. 72.)

Tyhjänä ajosta syntyy aina kaikki muita paitsi tavarankäsittelykustannuksia. Tyhjänä ajon kustannusten kohdistamisessa ei ole olemassa yleispätevää tai yhtä oikeaa laskentamenetelmää. Seuraavassa on esitelty muutamia kustannusajureita, jotka soveltuvat tyhjänä ajon kustannusten kohdistamiseen erilaisissa kuljetusjärjestelmissä ja toimintaympäristöissä:

- Tyhjänä ajo kohdistetaan kuljetussuoriteosuuksien suhteessa kaikille kuljetuksille. Yksikkönä voidaan käyttää esimerkiksi tonnakilometriä. Tonnakilometri soveltuu kustannusajuriksi silloin, kun kuormaus- ja purkupaikkojen väliset kuormat ja kuormattuna ajomatkat vaihtelevat.
- Tyhjänä ajo kohdistetaan sitä seuraavalle kuljetukselle. Tämä soveltuu käytettäväksi silloin, kun tyhjänä ajo aiheutuu vain seuraavan kuljetustehtävän suorittamisesta. Esimerkiksi kuorma noudetaan asiakkaalta ja kuljetetaan ajoneuvon asemapaikkakunnalle.
- Tyhjänä ajo kohdistetaan kuljetukselle, jota ennen ja jälkeen on tyhjänä ajoa. Esimerkiksi ajoneuvo tilataan kuljettamaan kuorma paikkakunnalta A paikkakunnalle B. Kumpikaan paikkakunnista ei ole ajoneuvon asemapaikkakunta.
- Tyhjänä ajo kohdistetaan meno-paluu -kuormille tai meno-paluu -osakuormille siten, että ensin kustannusajurina on meno- ja paluukuormien matkojen suhde. Sen jälkeen tyhjänä ajo jaetaan vielä osakuormien suhteessa esimerkiksi painon tai tilavuuden perusteella.
- Tyhjänä ajo kohdistetaan kuljetussuoritteille myös kuljetustehon (tkm/h) suhteessa. Tässä huomioidaan kuljetustyön ja ajankäytön. Jos tehdään suuri kuljetustyö, niin siihen menee todennäköisesti myös paljon aikaa. Kuljetusteholla tasoitetaan tyhjänä ajon kustannusten allokoitua verrattuna, jos käytettäisiin pelkkää kuljetustyötä kustannusajurina. (Mts. 73.)
- Tyhjänä ajon kohdistamiseksi lasketaan tyhjänä ajettujen ajomatkojen prosentuaalinen osuus kuormatuista ajomatkoista. Sen jälkeen lisätään jokaista kuormattuna ajettua ajomatkaa tällä prosenttiosuudella. (Mts. 74.)

Täyttöaste pienenee, kun kuljetetaan vajaakuormia. Sen seurauksena yksikkökustannukset nousevat. Siis mitä suurempi kuorma, sitä pienemmät ovat yksikkökustannukset. Tyhjänä ajoa voidaan käsitellä mallintamalla ja simuloimalla. (Mts. 74.)

4 Täyttöasteen mittaaminen ja kuormatilan tehokas käyttö

Tässä luvussa selvitetään ensin, miten Ruotsissa on mitattu ajoneuvon kuormatilan täyttöastetta tiekuljetuksissa. Seuraavaksi selvitetään muiden kuljetusmuotojen rahdituserusteita ja sitä, miten muissa kuljetusmuodoissa mitataan täyttöastetta.

4.1 Tutkimukset Ruotsissa

Pahlén ja Börjesson tutkivat kolmen eri yrityksen pitkän matkan tiekuljetusten täyttöasteita Ruotsissa. Nämä kolme yritystä olivat Ruotsin johtavia kuljetusyrityksiä ja kuljetettava tavara oli kappaletavaraa. Täyttöasteet laskettiin kuorman painolle, tilavuudelle ja käytetylle pinta-alalle. Kaikki kolme yritystä käyttävät lähetysten painon seurantaan rahdituspainoja. Siten täyttöaste on tässä laskettu rahdituspainojen perusteella, ei todellisen painon. Myös tilavuuteen ja pinta-alaan perustuvat täyttöasteet määritettiin. Tutkimuksessa selkeästi parhaan arvon täyttöasteelle antoi kuorman pinta-alaan perustuva täyttöaste. Keskimääräiset täyttöasteet olivat painolle 64,3 %, tilavuudelle 61,2 % ja pinta-alalle 91,5 %. Näistä kolmesta eri täyttöasteesta voidaan päätellä, että kuormatilan käyttöä voisi parantaa nostamalla kuorman painoa ja käytettyä tilavuutta. Näin suhde paino per lavametri (kg/lvm) tulisi paremmaksi ja kuormatilan käyttö tehostuisi. (Pahlén & Börjesson 2012. 11.)

Kaavoissa 16-18 on esitetty, kuinka täyttöaste on laskettu (Pahlén & Börjesson 2012, 10).

$$Täyttöaste = \frac{Rahdituspaino [kg]}{Hyötykuorma [kg]} \times 100 \quad (16)$$

$$Täyttöaste = \frac{Kuorman tilavuus [m^3]}{Kuormatilan tilavuus [m^3]} \times 100 \quad (17)$$

$$Täyttöaste = \frac{Kuorman pinta-ala [m^2]}{Kuormatilan pinta-ala [m^2]} \times 100 \quad (18)$$

Pålsson on puolestaan tutkinut teollisuuden yrityksiä ja kuljetusyrityksiä. Kuljetettavan tavaran ominaisuuksista riippui, rajoittiko kuormaa paino- vai tilavuusrajoite. Kemian-, metalli- sekä massa- ja paperiteollisuuden yritysten kuljetuksia rajoitti selvästi painorajoite. Myös elintarviketeollisuusyrityksen kuljetuksia rajoitti enimmäkseen painorajoite (riippuen esimerkiksi nestemäisten tuotteiden määrästä). Tukkukaupan alan yrityksen kuljetuksia rajoitti kuormatilan tilavuus. Kahden suuren kuljetusyrityksen (20 000 ja 39 000 työntekijää) kuljetuksia rajoitti paino tai tilavuus riippuen tavarasta ja lastaustavasta. Ensimmäisen kuljetusyrityksen kuormia rajoitti lähinnä kuormatilan tilavuus ja pinta-ala. Joskus painorajoite tuli vastaan, jos kuormalavoja lastattiin päällekkäin. Toisen kuljetusyrityksen kuorman rajoite (paino tai tilavuus) riippui merkittävästi lastattavan tavaran ominaisuuksista. Paino oli kuormien rajoituksena esimerkiksi raskaan teollisuuden komponenteissa ja tilavuus oli rajoituksena enemmän verkkokaupan tuotteissa. (Pålsson 2015, 16.)

Toinen kuljetusyritys ilmoitti kuormatilan täyttöasteeksi 65-70 % (perustuu tilavuuteen). Kun taas terminaalien välisissä runkokuljetuksissa täyttöaste nousi 85-90 prosenttiin. Kuljetusvirtojen epätasapainon vuoksi esiintyi tyhjänä ajoa. (Pålsson 2015, 17.)

Syy siihen miksi kuormatilaa ei käytetä tehokkaammin, liittyy tavaroiden käsittelyyn. Kuormat täytyy lastata ja purkaa tehokkaasti terminaaleissa. Siis lastaus ja purku täytyy suorittaa nopealla aikataululla. Olisi tärkeää, että kuormalavoja voisi kasata päällekkäin mahdollisimman tehokkaasti ja nopeasti. Terminaaleissa tarvitaan lisäresursseja, jotta lastaus tapahtuisi tehokkaasti ja lähetykset lähtisivät aikataulussa. Aikarajoitukset johtavat täyttöasteen heikentymiseen, joten kuormatilan käyttö heikentyy. (Pahlén ym. 2012, 13.)

Tiedon puute lähetysten ominaisuuksista ja lähettäjiä haluttomuus antaa oikea tietoa lähetystiedoista aiheuttavat täyttöasteen pienentymistä. Kuljetusyrityksen saamista lähetysten ennakkotiedoissa on paljon virheitä ja puutteita. Kuljetusyritysten ja kuljetusyritysten asiakkaiden paremmalla yhteistyöllä saataisiin laadukkaampaa tietoa lähetyksistä sekä kuljetusten suunnittelu ja resurssien käyttö tehostuisi. (Pahlén ym. 2012, 13.)

Hosseini ja Shirani tutkivat kuormatilan täyttöasteen mittaamista kahdessa suuressa kuljetusyrityksessä. Ensimmäisellä yrityksellä on maailmanlaajuisesti 91 000 työntekijää 130 maassa ja toisella yrityksellä 300 000 työntekijää 220 maassa. (Hosseini & Shirani 2011, 13.) Ensimmäinen yritys käyttää täyttöasteen mittaamisen painoa (kg). Painona käytetään rahdituspainoa. Siis, täyttöaste on tavaroiden rahdituspaino per ajoneuvon kantavuus (hyötykuorma). Tämä täyttöasteen laskentakaava on esitetty kaavassa 19. Toinen yritys käyttää täyttöasteen mittaamiseen painoa (kg) ja lavametrejä (lvm). Täyttöaste määritetään rahdituspainon ja lavametrien suhteella. Tämä laskentakaava on esitetty kaavassa 20. (Hosseini & Shirani 2011, 49.)

Kuljetusyritysten käyttämät täyttöasteet tiekuljetuksissa ovat kaavoissa 19 ja 20 (Hosseini & Shirani 2011, 49).

$$Täyttöaste = \frac{Rahdituspaino [kg]}{Hyötykuorma [kg]} \times 100 \quad (19)$$

$$Täyttöaste = \frac{Rahdituspaino [kg]}{Kuormatila [lvm]} \quad (20)$$

Hosseinin ja Shiranin haastattelemat kuljetusyritysten päälliköt ja asiantuntijat suosittelevat painoon perustuvan täyttöasteen käyttöä (ks. kaava 19). Toinen yritys käyttää täyttöasteen mittaamiseen lavametrejä ja kuorman painoa (ks. kaava 20), mutta tämäkin mittausmenetelmä liittyy painon mittaamiseen. Asiantuntijat ja yritykset suosittelevat painon käyttöä täyttöasteen mittaamiseen, koska painon mittaaminen on helppoa ja painoa käytetään kuljetuksissa yleisesti, esimerkiksi paino löytyy kuljetusjärjestelmästä, laskutus perustuu painoon sekä lainsäädäntö määrittelee painorajat. Kaikki osapuolet suosittelevat yksimielisesti käyttämään painona rahdituspainoa. Kuljetusyritykset mittaavat täyttöasteen säännöllisesti tai tarvittaessa. (Hosseini & Shirani 2011, 54.) Taulukossa 3 on esitetty eri mittayksiköitä täyttöasteille sekä näiden etuja ja haasteita.

Taulukko 3. Täyttöasteiden etuja ja haasteita (Hosseini & Shirani 2011, 60).

Täyttöasteen peruste	Edut	Haasteet
Tonnikilometri	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata • Sopii kaikenlaiselle rahdille • Paino- ja kilometritietoja saattaa olla tallessa järjestelmässä • Yhteensopiva hinnoittelujärjestelmän kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittausvälineistö tarvitaan • Matkan pituus saattaa vaikuttaa merkittävästi täyttöasteeseen • Massatavaran (bulkki) kanssa mitaustulokset eivät ole luotettavia • Rahdituspainoa käytetään todellisen painon sijasta.
Paino	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata • Sopii kaikenlaiselle rahdille • Painotietoja saattaa olla tallessa järjestelmässä • Yhteensopiva hinnoittelujärjestelmän kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittausvälineistö tarvitaan • Massatavaran (bulkki) kanssa mitaustulokset eivät ole luotettavia • Riippuvuus ajoneuvon paino- ja mitta-rajoiuksista • Rahdituspainoa käytetään todellisen painon sijasta. • Vie aikaa
Tilavuus	<ul style="list-style-type: none"> • Sopii kaikenlaiselle rahdille 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaikea mitata • Ei sovellu hyvin tiheälle rahdille • Vie aikaa • Riippuvuus ajoneuvon koosta
Kuormalavojen lkm.	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata • Nopea mitata 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuormalavojen täytyy olla samanlaisia • Riippuvuus pinottavuudesta

4.2 Muut kuljetusmuodot

Tilastojen mukaan neljän maan (Tšekki, Unkari, Latvia ja Puola) keskimääräinen painon perustuva täyttöaste oli noin 50-52 % merikuljetuksissa vuonna 2008 (Load factors for freight transport 2010). Taulukossa 4 on esitetty keskimääräisiä täyttöasteita erilaisille alustyypeille.

Taulukko 4. Keskimääräisiä täyttöasteita eri alustyypeille. Täyttöasteet perustuvat painoon. (Load capacity utilisation 2015.)

Alustyyppi	Keskimääräinen täyttöaste
Säiliöalus, öljy	0,48
Säiliöalus, kemikaali	0,64
Säiliöalus, nestekaasu	0,48
Irtolastialus	0,50-0,60
Rahtilaiva, kappaletavara	0,60
Jäähdytysalus	0,50
Konttialus	0,70
Autojen kuljetusalus	0,70
Ro-ro-alus	0,70

Lentorahtihinnan määrittämiseen tarvitaan lähtö- ja määräasema, tavarán laatu, bruttopaino sekä mitat ja tilavuus. Lähetyksen brutto- tai tilavuuspainon perusteella määritetään kuljetusmaksu. Tilavuuspaino saadaan jakamalla koko lähetyksen kuutiometrimäärä 6000:lla. Siis, 6 dm³ vastaa 1 kg ja 1 m³ vastaa noin 167 kg. Jos lähetyksen tilavuuspaino on suurempi kuin bruttopaino, niin rahti hinnoitellaan tilavuuspainon mukaan. (Lentorahtihinnat 2018.)

Rautatiekuljetusten painoon perustuvat täyttöasteet rahtikuljetuksille ovat olleet noin 45-55 % vuosina 2007 ja 2008 kahdeksassa eri maassa. Maat ovat Tšekki, Unkari, Liettua, Puola, Slovakia, Slovenia, Espanja ja Turkki. (Load factors for freight transport 2010.) Suomen rautatiekuljetuksissa tavaravaunujen täyttöaste (painoon perustuva) on noin 53 %. (Rautatiekuljetusten kustannustehokkuus 2017).

5 Kuljetusten telematiikka

Telematiikka on osa tietotekniikkaa, joka sisältää tietoliikennetekniikan ja tietojenkäsittelytekniikan. Telematiikka tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia logistisen ketjun tehostamiseen. Logistiikka on merkittävä kilpailutekijä yrityksissä ja toimitusverkoissa. Sähköisen tiedonsiirron, tietojärjestelmien ja tietoverkkojen sekä materiaalin tunnis-

tus- ja seurantateknologian tehokas soveltaminen on tärkeä osa logistiikan kehittämistä. Telematiikka koskee koko logistisen ketjun hallintaa aina tilauksen tekemisestä laskutukseen ja kaikkeen siltä väliltä. Telematiikka mahdollistaa esimerkiksi tiedon siirron nopeutumisen ja tehostumisen, virheiden vähenemisen, tuoton kasvamisen kustannussäästöjen kautta ja palvelutason paranemisen logistiikkaketjussa. (Mäkelä ym. 2008, 124.)

Tiekuljetuksissa telematiikkaa voidaan hyödyntää esimerkiksi ajoneuvojen, kuljetusyksiköiden ja tavaralähetysten tunnistamiseen ja paikantamiseen perustuvissa kuljetusten seurantajärjestelmissä ja palveluissa. (Mäkelä ym. 2008, 126.)

5.1 Kuljetusyksiköiden tunnistaminen

Yritysten lähettämässä kolleissa (kuljetettava tavara) on osoitelappu, joka sisältää kuljetusta ohjaavia tietoja. Sitä käytetään kollojen tunnistamiseen ja jäljitykseen toimitusketjun eri vaiheissa. Kollilapun tulisi olla kiinnitettynä lähetykseen siten, että se on selkeästi ja helposti luettavissa. Lähettäjälle, kuljettajalle ja vastaanottajalle voi syntyä kustannuksia, jos kolliosoitelapun tiedot ovat virheellisiä tai epäselviä. (Standardoidun kolliosoitelapun käyttö 2018.)

Kolliosoitelappu on linkki toimitustiedon (rahtikirja) ja kuljetettavan tavaran (kolli) välillä. Se toimii myös viivakoodin avulla linkkinä sähköisen tiedon ja kuljetettavan tavaran välillä. Kollilapun pakollisia tietoja ovat mistä ja minne -kentät, SSCC (standardimuotoinen tunnistenumero), kolliluku, paino sekä viivakoodi ja sovellustunnus. (Standardoidun kolliosoitelapun käyttö 2018.)

5.2 RFID-teknologia

RFID-teknologia (Radio Frequency Identification) käyttää radiotaajuuden signaaleja kohteiden automaattisessa tunnistamisessa. RFID-teknologia muistuttaa viivakooditeknologiaa. Sen merkittävin etu on, että lukijan ja tuotteen (tunnisteen) välillä ei tarvita suoraa näkyvää yhteyttä. RFID-tunnisteen lukua ei haittaa esimerkiksi lumi, sumu, jää, maali tai muut näkyvyyttä haittaavat haastavat ympäristöolosuhteet. Lukunopeus on erittäin suuri RFID-lukijan ja -tunnisteen välillä. Lukunopeus voi olla alle 100 ms. (Lau, Liu, Ni & Patil 2004, 701)

RFID-teknologia ei tule korvaamaan viivakooditeknologiaa lähitulevaisuudessa. Viivakoodit ovat edullisia ja tehokkaita tuotteen tietojen ominaisuuksien kuvaamisessa ja tallentamisessa. Todennäköisesti RFID- ja viivakooditeknologia tulevat olemaan käytössä samanaikaisesti useamman vuoden ajan. (Radio Frequency Identification 2018.)

Viime vuosina yritysten investoinnit ovat kasvaneet RFID-teknologiaan. RFID-teknologia on otettu yritysten strategiaan mukaan, koska se tuo merkittäviä etuja toimitusketjun suorituskykyyn. (Benefits of implementing RFID in Supply Chain Management 2013.)

RFID-teknologia tallentaa ja noutaa tietoa sähkömagneettisen kentän avulla. Peruskomponentit ovat lukija, tunnistin (tag) ja kommunikaatio näiden välillä. (Lau ym. 2004, 701.)

Tunnistin lähettää tiedot lukijalle. Tiedonsiirto lukijan ja tunnistimen välillä käyttää määritettyä taajuutta ja protokollaa. Tunnistin on passiivinen tai aktiivinen. Aktiivisessa tunnistimessa on paristo, kun taas passiivisessa tunnistimessa ei ole paristo. Passiivinen tunnistin heijastaa signaalin takaisin lukijalla. Signaali sisältää tiedon. Passiivisia tunnistimia käytetään korvaamaan viivakoodeja. Ne ovat halvempia ja kevyempiä kuin aktiiviset tunnistimet. Lukuetaisyys on kuitenkin huomattavasti lyhyempi passiivisilla tunnistimilla verrattuna aktiivisiin tunnistimiin. (Lau ym. 2004, 702.)

RFID-ohjelmisto seuraa yleensä tuotteita, kuormalavoja, paketti, laatikoita ja lähetyksiä. Väliohjelmisto (middleware) yhdistää RFID-laitteet (esim. lukija, tunnistin) tietojärjestelmään. Esimerkiksi väliohjelmisto suorittaa lukijoiden hallinnan ja tarkkailun, hallitsee tiedonsiirtoa, tekee tunnistimien luennasta ja kirjoittamista luotettavampaa sekä hallitsee tapahtumia tunnistimiin ja lukijoihin liittyen. (Hanson 2006.)

Aktiivinen tunnistin (active tag) voi lähettää signaalin ilman lukijan virtasignaalia. Sitä aktiivisen tunnistimen toimintaetaisyys on merkittävästi suurempi kuin passiivisen tunnistimen. Aktiivinen tunnistin soveltuu esimerkiksi erittäin arvokkaille tuotteille. Tunnistin voi olla vain luettava (read only) tai pyyhittävä ja uudelleenkirjoitettava (read/write). Vain luettavan tunnistimen tietoja ei voi muuttaa tai lisätä. Uudelleenkirjoitettavan tunnistimen tietoja voidaan muuttaa ja lisätä. (Lau ym. 2004, 702.)

Aktiivisen ja passiivisen tunnistimen lisäksi on olemassa puolipassiivisia tunnistimia. Puolipassiivisessa tunnistimessa on paristo. Se käyttää lukijan energiaa kuin passiivinen tunnistin. Paristoa käytetään tallentamaan ja havaitsemaan esimerkiksi lämpötilaa, liikkumista ja säteilyä. Puolipassiivinen tunnistin mahdollistaa tuotteen lämpötilan seuraamisen toimitusketjun läpi. (Radio Frequency Identification 2018.)

RFID-tunnistimen lukuetaisyys riippuu lukijan toimintatehosta, tunnistimen vastaus-tehosta ja ympäristöolosuhteista. (Lau ym. 2004, 703.)

Lukuetaisyys riippuu käytettävästä radioaaltojen taajuudesta lähettimen ja tunnistimen välillä, tunnistimen antennin koosta sekä onko tunnistimessa paristo, joka lähettää vahvan signaalin lukijalle. (From how far away a typical RFID tag can be read 2018.)

Passiivisen tunnistimen lukuetaisyys on noin 2,5-900 cm riippuen käytettävästä taajuudesta. Aktiivisen tunnistimen lukuetaisyys on enimmillään noin 100 m. Lukuetaisyys vaihtelee käytännössä. Vesi ja metalli voivat vähentää lukuetaisyyttä merkittävästi. (From how far away a typical RFID tag can be read 2017.) RFID-teknologia kehittyy koko ajan ja kehitteillä on tekniikka, joka mahdollistaa lukuetaisyyden 100 m asti passiivisella tunnistimella (What Is the Read Range of a Passive RFID Tag 2013).

5.3 RFID-teknologian edut

Kuormalavat ja paketit voidaan lukea ja rekisteröidä sekunneissa terminaalisissa. Tunnistimien ja lukijan välillä ei tarvita näköyhteyttä sekä useita tunnistimia voidaan lukea samanaikaisesti. Siten työvoimakustannukset pienentyvät. (Benefits of implementing RFID in Supply Chain Management 2013.)

RFID-teknologia voi tehostaa merkittävästi toimitusketjua, koska kuormalavojen ja pakettien käsittely ja jäljittäminen voidaan tehdä tarkasti reaaliajassa verrattuna viivakooditeknoologiaan. Kuormalavat ja paketit voidaan jäljittää helposti ja niiden liikkuminen on tallennettu järjestelmään. Kuormalavojen ja pakettien tiedot on kerätty automaattisesti järjestelmään. Lähetykset ovat helposti seurattavissa koko toimitusketjun läpi. (Benefits of implementing RFID in Supply Chain Management 2013.)

RFID-teknologia nopeuttaa huomattavasti lähetysten hallintaa, parantaa tehokkuutta ja parantaa tarkkuutta keräily- ja jakeluprosesseissa. Jakelukustannukset pienentyvät. Kun kuormalava tai paketti saapuu terminaaliin, niin RFID-lukija rekisteröi lähetysten heti lastauslaiturilla RFID-tunnistimen avulla. Sen jälkeen tieto kuormalavasta ja paketista siirtyy tietojärjestelmään. Tätä tietoa voidaan hyödyntää kuormalavojen ja pakettien nopeassa ja tehokkaassa sijoittamisessa terminaaliin odottamaan oikeaan paikkaan seuraavaa vaihetta logistiikkaprosessissa. (Benefits of implementing RFID in Supply Chain Management 2013.)

Siis RFID-teknologian edut ovat:

- Vähemmän ruumiillista työtä ja työvaiheita
- Vähemmän kuluja, koska toimitukset on tehostunut
- Parempi läpinäkyvyys logistiikka prosessissa, tarkka reaaliaikainen tieto ja reaaliaikainen paikannus
- Parempi suunnittelu, esimerkiksi kuormalavojen sijoittelu terminaalissa
- Kuljetusyksiköiden nopea ja tarkka paikannus
- Parempi hävikin seuranta
- Lähetysten nopeammat toimitukset

6 Mittaaminen Postissa

6.1 Postin kuljetuskalusto ja mittaaminen

Posti on Suomen suurin kuljetus- ja jakeluyritys, joten Postilla on merkittävä rooli ympäristöystävällisen ja energiatehokkaan kuljetustoiminnan kehittäjänä. Kuljetusten tehokkuutta parannetaan esimerkiksi tehokkaalla reittisuunnittelulla, korkealla käyttöasteella ja kuljetusten yhdistelyllä. (Vihreä logistiikka ja Posti Green 2018.)

Postin ajoneuvokantaan kuuluu lähes 3900 hyötyajoneuvoa. Suomessa ajoneuvoilla ajettiin noin 114 miljoonaa kilometriä vuonna 2016 ja noin 108 miljoonaa kilometriä vuonna 2015. Postin alihankkijat ajoivat noin 80 miljoonaa kilometriä vuonna 2016 ja noin 85 kilometriä vuonna 2015. (Vihreä logistiikka ja Posti Green 2018.)

Posti kuljettaa postia, paketteja ja rahtia samalla kalustolla. Reittioptimoinnilla ja kuljetusten yhdistämisellä ajoneuvojen käyttöasteet ovat parantuneet merkittävästi. Lisäksi käyttöasteen nostamiseksi tehdään aktiivisesti kehitystyötä. (Vihreä logistiikka ja Posti Green 2018.)

Parempi käyttöaste on saanut aikaan kustannushyötyjä madaltuneiden ajoneuvokulujen sekä vähentyneiden ajoneuvojen polttoaine- ja huoltokustannusten kautta. Jalkeluautojen polttoaineen keskikulutus on kasvanut hyvästä ajotavasta ja kehittyneestä moottoriteknologiasta huolimatta. Myös ajoneuvojen täyttöasteet ja kuljetettävien kuormien painot ovat kasvaneet. Näillä on suora vaikutus polttoaineen kulu- tukseen. (Vihreä logistiikka ja Posti Green 2018.)

Kaikissa Postin omassa käytössä olevissa ajoneuvoissa on ajotapaseurantalaite. Laitetta hyödynnetään tuotannossa päivittäisenä työkaluna esimiestyössä, suunnitte- lussa ja operatiivisessa työnjohdossa. Vuonna 2016 ajotapaseurantalaitteet asennet- tiin reiluun 400:aan perävaunuun. Näiden avulla kerätään ajotutut kilometrit sekä te- lematiikka- ja GPS-tietoja, joita hyödynnetään esimerkiksi määräaikaishuolloissa ja ajojärjestelyssä. Ajotapaseurantajärjestelmän ansiosta on onnistuttu vähentämään polttoaine- ja huoltokustannuksia. (Vihreä logistiikka ja Posti Green 2018.)

Rahtikuljetusten paino merkitään rahtikirjaan ja paino on järjestelmässä tallennet- tuna. Rahti kuljetaan pääosin kuormalavoilla. Paketit lastataan ajoneuvon kuormati- laan runkokuljetuksissa pakettihäkeissä. Printtituotteiden todellisen painon mittaa- minen on haasteellista, koska todellinen paino voi vaihdella merkittävästi. Printti- tuotteita kuljetetaan lähinnä lehtihäkeissä ja rullakoissa.

6.2 Kuormatilan täyttöaste

Täyttöasteen mittaaminen perustuu lavametrimäärään Postin runkokuljetuksissa. Terminaalityöntekijä lastaa tavarat esimerkiksi ajoneuvon kuormatilaan, perävau- nuun tai konttiin. Terminaalityöntekijä lukee lastatut kollit luentalaitteella järjestel- mään. Järjestelmästä nähdään, missä kuormassa kollit ovat, jos kollit on luettu järjes- telmään. Lastauksen jälkeen hän merkitsee kuormakarttaan, montako lavametriä hän lastasi kuormatilaan. Tämän jälkeen hän toimittaa kuormakartan ajojärjestelyyn ja ajojärjestelijä syöttää tiedon järjestelmään. Ajojärjestelijä muuttaa lavametrit suo- raan lavametripainoksi. Järjestelmässä näkyy tieto siis kilogrammoina, joka perustuu lavametripainoon, ei tavaroiden todelliseen painoon. Pelkkä lavametripaino ei esi-

merkiksi ota kantaa, siihen onko kuormassa lastattu yksi tai kaksi kuormalavaa päällekkäin. Täyttöaste perustuu siis pelkästään kuormatilan pinta-alaan. Nykyinen kuormatilan täyttöasteen mittaustapa on esitetty liitteessä 2.

Täyttöasteella on tärkeä merkitys reitti-, kuormasuunnittelussa ja käytettävän ajoneuvon valintaan. Täyttöaste vaikuttaa myös kuljetusten hinnoitteluun.

6.3 Ajoneuvon käyttöaste

Postin runkokuljetuksissa ajoneuvon käyttöaste ilmoitetaan ajatut kilometrit arkivuorokautta kohden. Kuljettaja merkitsee ajatut kilometrit ja sen jälkeen ne tallennetaan järjestelmään ajoneuvoittain ja työvuoroittain. Kaavasta 3 saadaan johtamalla kaava ajoneuvon käyttöasteelle. Kaava 21 määrittää ajoneuvon käyttöasteen Postin runkokuljetuksissa. Käyttöaste yritetään pitää hyvällä tasolla.

$$\text{Ajoneuvon käyttöaste} = \frac{\text{Ajetut kilometrit [km]}}{\text{Arkivuorokausi [vrk]}} \quad (21)$$

6.4 Tyhjänä ajo

Postin runkokuljetusten yksikkö suorittaa myös tilausajoa suoraan lähettäjältä vastaanottajalle. Erityisesti tilausajossa esiintyy tyhjänä ajoa ja täyttöasteen muutosta ajoreitillä. Ne aiheuttavat ongelmia kuljetusten hinnoittelussa. Runkokuljetuksissa kuormatilan täyttöaste on yleensä parempi kuin tilausajossa.

Tyhjänä ajo ilmoitetaan tyhjänä ajettujen kilometrien ja koko matkaan käytettyjen kilometrien lukumäärien suhteella. Tyhjänäajoprosentti on määritelty kaavassa 15 sivulla 36. Tyhjänä ajoa tilastoidaan Postin runkokuljetuksissa. Tyhjänä ajo tuottaa haasteita, esimerkiksi hinnoitteluun. Tyhjänäajoprosentti ei ota kantaa siihen, onko kuormatila täynnä vai onko kuormatilassa vain yksi lava. Tyhjänäajoprosentti ilmaisee vain, että onko kuormatilassa jotain tavaraa. Se ei ota kantaa tavaramäärään.

7 Täyttöastekysely

Tässä luvussa selvitetään, miten muut suomalaiset kuljetusyrietykset mittaavat kuormatilan täyttöastetta tiekuljetuksissa. Yrityksille lähetettiin kyselylinkki sähköpostilla.

Kysely lähetettiin yhteensä 22 kuljetusalan yritykselle ja neljä yritystä vastasi kyselyyn. Kyselylomake on liitteessä 1. Kysely sisälsi yhteensä viisi kysymystä. Yksi kysymys oli monivalintakysymys ja neljä kysymystä olivat avoimia kysymyksiä. Seuraavaksi käydään läpi yritysten vastaukset. Kyselyn tulokset ovat taulukossa 5.

Taulukko 5. Kyselyn vastaukset.

1. Mittaatteko kuormatilan täyttöastetta tiekuljetuksissa?	
Kuljetusyritys 1	Kyllä
Kuljetusyritys 2	Kyllä
Kuljetusyritys 3	Kyllä
Kuljetusyritys 4	Kyllä
2. Minkälaisissa tiekuljetuksissa mittaatte täyttöastetta?	
Kuljetusyritys 1	Jakelukuljetukset
Kuljetusyritys 2	Jakelu- ja runkokuljetukset
Kuljetusyritys 3	Jakelu-, nouto- ja runkokuljetukset
Kuljetusyritys 4	Jakelu-, nouto- ja runkokuljetukset. Ei kpl-tavaran jakelukulj.
3. Mitä yksikköä käytätte kuormatilan täyttöasteen mittauksessa?	
Kuljetusyritys 1	Tilavuus
Kuljetusyritys 2	Kuormalavojen lukumäärä ja pohjan pinta-ala
Kuljetusyritys 3	Rahdituspaino
Kuljetusyritys 4	Tilavuus (kevyt tavara), lvm ja todellinen paino (raskas tavara)
4. Mitä rahditusperustetta hyödynnätte eniten tiekuljetuksissa?	
Kuljetusyritys 1	Tilavuus
Kuljetusyritys 2	Kuormalava, laatikko, rullakko ja todellinen paino
Kuljetusyritys 3	Todellinen paino
Kuljetusyritys 4	Tilavuuspaino, erityisesti kpl-tavara
5. Miten mittaatte täyttöastetta käytännössä tiekuljetuksissa?	
Kuljetusyritys 1	Lastattu kuorma / enimmäishyötykuorma
Kuljetusyritys 2	Runkovuoro ilmoittaa tyhjän pinta-alan määrän päivittäin

jatkuu seur. sivulle

jatkoa ed. sivulta

Kuljetusyritys 3	Todelliset tkm / teoreettiset tkm
Kuljetusyritys 4	Lastattu kuorma / enimmäishyötykuorma (kevyt m ³ , raskas t) Mittaus suoritetaan päivittäin (raskas) ja viikoittain (kevyt)

Ensimmäisessä kysymyksessä selvitettiin, mittaako yritys kuormatilan täyttöastetta. Kyselyn vastausten perusteella kaikki kyselyyn vastanneet yritykset mittaavat kuormatilan täyttöastetta.

Seuraavaksi kysyttiin, millaisissa tiekuljetuksissa kuormatilan täyttöastetta mitataan. Pääsääntöisesti täyttöastetta mitataan niin hyvin, kuin sitä on mahdollista mitata. Kaikki vastanneet yritykset ilmoittivat mittaavansa kuormatilan täyttöastetta jakelukuljetuksissa. Yksi yritys ilmoitti, että täyttöasteen mittaaminen on erittäin haastavaa kappaletavaran jakelukuljetuksissa, joten täyttöastetta ei mitata niissä. Toinen yritys ilmoitti, että täyttöastetta mitataan vain jakelukuljetuksissa. Kolmas yritys ilmoitti, että täyttöastetta mitataan runko- ja jakelukuljetuksissa. Neljäs yritys ilmoitti mittaavansa täyttöastetta nouto-, runko- ja jakelukuljetuksissa.

Kuormatilan täyttöasteen mittauksessa yritykset ilmoittivat hyödyntävänsä kuorman tilavuutta, rahdituspainoa, todellista painoa, lavametrejä ja kuormatilan pinta-alaa. Yksi yritys ilmoitti käyttävän kuutioperusteista täyttöastetta, jos kuormalla on matala tiheys, ja tonniperusteista täyttöastetta, jos kuormalla on suuri tiheys.

Yritysten eniten käyttämiä rahdituserusteita olivat tilavuus, tilavuuspaino, todellinen paino ja lavapaino. Yksi yritys ilmoitti, että esimerkiksi massatavarakuljetuksissa käytetään rahdituserusteena todellista painoa. Toinen yritys ilmoitti, että tilavuuspainoa käytetään eniten, erityisesti kappaletavarakuljetuksissa.

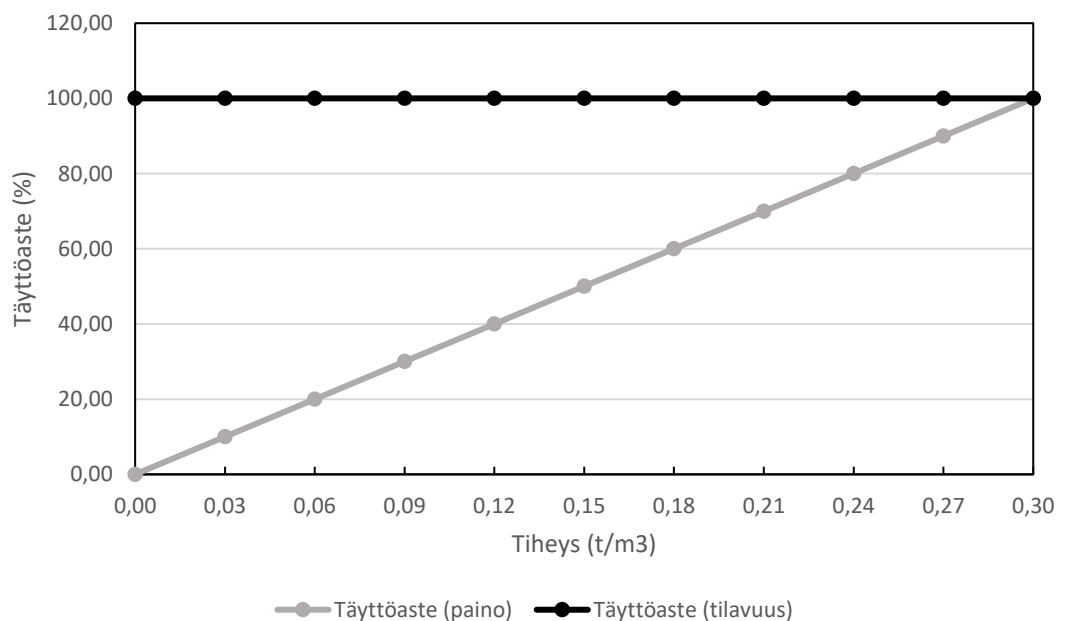
Yritykset mittaavat täyttöastetta käytännössä esimerkiksi vertaamalla todellisen kuorman ja hyötykuorman suhdetta, ja kuorman käyttämän pinta-alan ja kuormatilan kokonaispinta-alan suhdetta sekä vertaamalla todellisia tonnakilometrejä ja teoreettista enimmäistonnakilometrimäärää. Yksi yritys ilmoitti mittaavansa täyttöastetta tonniperusteisesti tai tilavuusperusteisesti riippuen kuljetettavan tavaran tiheydestä.

Tässä kyselyssä mikään tietty täyttöasteen mittaamenetelmä ei noussut selkeästi käytetyimmäksi. Mittausmenetelmä riippui enimmäkseen kuljetettavan tavaran ominaisuuksista. Kaikki kyselyssä esiin tulleet mittaamenetelmät on esitelty tämän opinäytetyön kirjallisuuskatsauksessa.

8 Täyttöasteen riippuvuus painosta ja tilavuudesta

Tässä luvussa selvitetään täyttöasteen riippuvuutta tilanteessa, jossa kuormatilan enimmäistilavuus on saavutettu. Joten, tässä tilanteessa täyttöaste on 100 % tilavuuden suhteen. McKinnonin mukaan kuorman optimaalinen tiheys on noin $0,3 \text{ t/m}^3$. Tällöin kuormatilan täyttöaste olisi 100 % sekä tilavuuden, että painon suhteen.

Kuviossa 9 on esitetty täyttöaste sekä painon, että tilavuuden suhteen. Optimaalinen täyttöaste on saavutettu silloin, kun täyttöaste on 100 % sekä painon, että tilavuuden suhteen. Kuviossa 9 molemmat suorat (musta ja harmaa) saavuttavat täyttöasteen enimmäismäärän kuorman tiheyden ollessa $0,3 \text{ t/m}^3$. Kuvioista 9 selviää myös, että kuorman tilavuuden saavutettua enimmäisarvonsa, kuorman täyttöaste painon suhteen voi vaihdella. Tilastokeskuksen mukaan kuorma saavuttaa nykyisin enimmäistilavuuden arvon ennen enimmäispainon arvoa.



Kuvio 9. Kuorman tiheys ja täyttöaste. Harmaa suora on täyttöaste painon suhteen. Musta suora on täyttöaste tilavuuden suhteen.

Jos esimerkiksi kuljetusten täyttöaste painon suhteen on 70 %, siten kuorman tiheys saa arvon $0,21 \text{ t/m}^3$ kuvion 9 mukaan. Joten, jos yritys haluaa parantaa täyttöastetta, niin kuorman tiheyttä pitää nostaa arvosta $0,21 \text{ t/m}^3$ kohti arvoa $0,3 \text{ t/m}^3$. Parempi kuorman tiheys voidaan saavuttaa esimerkiksi huolellisemmalla kuorman lastauksella. Optimaalinen kuorman lastaaminen kuluttaa taas toisaalta enemmän aikaa. Kuviossa 9 on oletettu, että täyttöaste painon suhteen on suoraan verrannollinen kuorman tiheyteen.

Kuorman tilanne voisi olla myös sellainen, että paino saavuttaa enimmäisarvonsa ennen kuin enimmäistilavuus saavutetaan. Silloin kuorman tiheys ylittää arvon $0,30 \text{ t/m}^3$. Nykyisin kuitenkin yleisempi tilanne Postin runkokuljetuksissa on, että kuormatila täyttyy ennen kuin kuorman enimmäispaino saavutetaan. Joten tässä on tarkasteltu vain tilannetta, jossa kuorman tiheys on alle $0,30 \text{ t/m}^3$.

Jos tavoite on esimerkiksi nostaa täyttöaste (paino) 70 %:sta 80 %:iin, niin kuorman tiheys tulisi nostaa $0,21 \text{ t/m}^3$:sta $0,24 \text{ t/m}^3$:iin. Siis kuorman paino tulisi nostaa 30 kg yhtä kuutiometriä kohden. Sama sääntö on voimassa, jos esimerkiksi täyttöaste (paino) halutaan nostaa 80 %:sta 90 %:iin. Siis paino tulisi nostaa 30 kg yhtä kuutiometriä kohden ($0,24 \rightarrow 0,27 \text{ t/m}^3$).

60 t painavan täysperävaunuyhdistelmän tyypillinen hyötykuorma on 40 t ja kuormatilan tilavuus on 140 m^3 (Vehicle type characteristics and default load factors 2015). Edellisillä arvoilla saadaan kuorman tiheydeksi ($140/40$) noin $0,29 \text{ t/m}^3$. Arvo $0,29 \text{ t/m}^3$ on hyvin lähellä McKinnonin ilmoittamaa arvoa $0,30 \text{ t/m}^3$. Joten edellisen kappaleen perusteella 10 prosenttiyksikön nousu täyttöasteessa (paino) merkitsee, että koko kuorman paino (täysperävaunuyhdistelmä) tulisi nousta 4200 kg ($30 \text{ kg/m}^3 \times 140 \text{ m}^3$).

9 Tulokset

Maantiekuljetusten täyttöastetta käsittelevän kirjallisuuden ja Ruotsissa suoritettujen tutkimusten perusteella kuormatilan täyttöasteen mittaamisen tulisi perustua en-

sisijaisesti painoon. Täyttöasteen laskukaavana tulisi käyttää kuorman painon ja hyötykuorman suhdetta. Kuorman painona tulisi käyttää todellista painoa, mutta todellisen painon käyttö on haasteellista, joten yritykset käyttävät rahdituspainoa todellisen painon sijaan. Runkokuljetuksissa saavutetaan yleensä parempi kuormatilan täyttöaste kuin jakelu- ja noutokuljetuksissa.

Taulukossa 6 on tiivistettynä opinnäytetyön tulokset eli täyttöasteena käytettävän tunnusluvun soveltuvuus Postin runkokuljetuksille. Taulukossa 6 on esitetty hyvän mittarin omaisuudet pystysarakkeessa vasemmalla. Hyviä ominaisuuksia tulee eniten painoon perustuville täyttöasteille. Aikaisemmat tutkimustulokset ja kirjallisuus suosittelevat käyttämään painoon perustuvaa täyttöastetta, mikä ilmenee selvästi myös taulukossa 6. Myös kuormatilan pohjan pinta-alaan perustuva täyttöaste saa kannatusta taulukossa 6.

Taulukko 6. Täyttöasteen soveltuvuus Postin runkokuljetuksille.

	tkm	m ³	m ² (lvm)	lavojen lkm.	kg	kg/lvm
Pätevyys			x		x	x
Kattavuus	x	x	x	x	x	x
Vertailta- vuus		x	x		x	x
Tarkkuus	x				x	
Käyttökeli- poisuus			x		x	x
Sopivuus	x		x		x	x
Kannatta- vuus	x		x		x	x

Pinta-alaan perustuva täyttöaste ei ota kantaa kuorman painoon tai kuorman lastaustapaan (esim. lavat päällekkäin). Täyteen lastattu kuormatila, joka on lastattu erittäin kevyellä tai raskaalla tavaralla, on sama täyttöaste (pinta-ala). Tällainen täyt-

töaste on esimerkiksi lavametrimäärään perustuva täyttöaste, joka on käytössä nykyisin Postin runkokuljetuksissa. Taulukossa 7 on vielä lueteltu eri täyttöasteiden mitausmenetelmien edut ja haasteet Postin kuljetusten kannalta.

Taulukko 7. Täyttöasteiden etuja ja haasteita Postin runkokuljetusten näkökulmasta

Täyttöasteen peruste	Edut	Haasteet
Tonnikilometri (tkm)	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata yleisesti • Rahdille paino ja kuljetusmatka saadaan järjestelmästä helposti • Sopii kaikenlaiselle rahdille 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuljetusmatka voi vaikuttaa huomattavasti täyttöasteeseen. • Käytetäänkö todellista painoa vai rahdituspainoa • Onko lähettäjä ilmoittanut painon oikein • Printin ja pakettien painon määrittäminen • Painon tarkka määrittäminen vie aikaa • Ei sovellu erittäin kevyille tuotteille
Paino (kg)	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata • Rahdille paino saadaan järjestelmästä helposti • Sopii kaikenlaiselle rahdille 	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetäänkö todellista painoa vai rahdituspainoa • Onko lähettäjä ilmoittanut painon oikein • Printin ja pakettien painon määrittäminen • Todellisen painon määrittäminen vie aikaa • Ei sovellu erittäin kevyille tuotteille
Tilavuus (m³)	<ul style="list-style-type: none"> • Sopii kaikenlaiselle rahdille 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaikea ja työläs mitata • Ei sovellu erittäin painaville tuotteille • Ajoneuvon koko rajoittaa
Kuormalavojen lkm.	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo ja nopea mitata yleisesti 	<ul style="list-style-type: none"> • Kuormalavojen täytyy olla samanlaisia • Kuormalavojen pinnottavuus

jatkuu seur. sivulle

jatkoa ed. sivulta

Kuormatilan pinta-ala (m² tai lvm)	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo ja nopea mitata • Sopii kaikenlaiselle rahdille 	<ul style="list-style-type: none"> • Ei ota kantaa kuorman painoon • Ei ota kantaa päälle lastaukseen
Paino/lavametri (kg/lvm)	<ul style="list-style-type: none"> • Helppo mitata • Rahdille paino saadaan järjestelmästä helposti • Sopii kaikenlaiselle rahdille • Kuvaa kuorman tiheyttä 	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetäänkö todellista painoa vai rahdituspainoa • Onko lähettäjä ilmoittanut painon oikein • Printin ja pakettien painon määrittäminen • Todellisen painon määrittäminen vie aikaa

Ruotsissa suoritettujen tutkimusten mukaan kappaletavarakuuljetuksissa kuorman kooka rajoitti enimmäkseen kuormatilan pinta-ala tai tilavuus. Toisin sanoen kuorman paino ei saavuttanut suurinta mahdollista enimmäispainoa (hyötykuorma). Ajoneuvon kuormatilan käyttö on tehokkaimmillaan, kun kuorman paino ja tilavuus saavuttavat enimmäisarvonsa (hyötykuorma ja kuormatilan kokonaistilavuus). Kuorman painoa tulisi siis nostaa, koska esimerkiksi kuormatilan pinta-ala täyttyy ennen kuin enimmäispaino (hyötykuorma) saavutetaan. Näin paino per lavametri (kg/lvm) -suhde tulisi paremmaksi. Paino per lavametri -suhde kuvaisi paremmin ns. kuorman tiheyttä kuin esimerkiksi vain pelkästään kuormatilan pinta-alaan tai tilavuuteen perustuvat täyttöasteet.

Ajoneuvojen kuormatilan täyttöasteen määrittämisessä pitäisi siis käyttää kaavoja 19 tai 20 (s. 40). Kaava 20 perustuu rahdituspainon ja hyötykuorman suhteeseen. Kaava 20 perustuu rahdituspainon ja käytettyjen lavametriensä suhteeseen.

Muita kuljetusmuotoja, joita tässä opinnäytetyössä käsiteltiin, olivat meri-, lento- ja rautatiekuljetukset. Edellä mainituissa kuljetusmuodoissa käytettiin rahditusperusteina ja täyttöasteen mittayksikkönä enimmäkseen kuorman painoa tai tilavuutta kuljetettavan tavaran ominaisuuksista riippuen.

Kaikki kyselyyn vastanneet yritykset mittasivat kuormatilan täyttöastetta tiekuljetuksissa. Kuljetusyritysten tapa mitata kuormatilan täyttöastetta vaihteli, eikä mikään

tietty mittausmenetelmä noussut selvästi suosituimmaksi. Yrityksissä käytettävään täyttöasteeseen vaikutti, esimerkiksi kuljetusyrityksen toimiala. Jos yritys käyttää kuljetuksissaan esimerkiksi säiliöautoja, niin täyttöasteen mittaamisessa käytetään yksikkönä tilavuusmittoja, raskaissa metalliteollisuuden komponenttikuljetuksissa tonneja ja kevyemmissä villaeristekuljetuksissa tilavuutta. Myös kuormatilan pinta-alaan perustuvaa täyttöastetta käytettiin.

Oksanen esitti tyhjänä ajon ongelman ratkaisemiseksi menetelmää, jossa suunnitellulta kuljetusreitiltä poistetaan käyntipaikka kerrallaan ja lasketaan reitin kokonaiskustannukset. Menetelmä toistetaan jokaiselle reitin käyntipaikalle erilliskustannusten toteamiseksi. Alkuperäisen reitin kokonaiskustannusten ja simuloitun (yksi käyntipaikka poistettu) reitin kokonaiskustannusten erotusta voidaan pitää reitiltä poistetun käyntipaikan aiheuttamana erilliskustannuksena. Reitien kokonaiskustannukset jaetaan tämän jälkeen käyntipaikoille niiden aiheuttamien erilliskustannusten suhteessa. Siten myös tyhjänä ajo tulee automaattisesti kohdistettua käyntipaikoille. Tämä menetelmä ei kuitenkaan ole aina oikeudenmukainen. Esimerkiksi, jos reitillä on useampi käyntipaikka lähellä toisiaan pistotiellä. Siten yhden käyntipaikan poistaminen vääristäisi erilliskustannusta. Tätä menetelmää voidaan kehittää siten, että erilliskustannusten selvittämisen jälkeen voidaan mahdollinen jakamatta jäävä erotus (lisäkustannus) tai ylijäämä (hyvitys) kohdistaa esimerkiksi käyttämällä jotakin kappalessa 3.7 mainittuja tyhjänä ajon kustannusajureita. (Oksanen 2004, 74.)

Käyttökapasiteetille eli käyttöasteelle Oksanen ehdotti käytettävän kaavaa, ajoneuvoilla ajatut kilometrit tiettyä ajanjaksoa kohti. Tämä kaava huomioi vain ajatut kilometrit. Siten se sopii parhaiten vakiokuormilla suoritettaviin kuljetuksiin, joissa kuljetusvälineen käyttötuntimäärä on rajallinen. Esimerkiksi kaupan pitkänmatkan kuljetukset ja teollisuuden kokokuormakuljetukset ovat edellä mainittuja kuljetuksia. Käyttöaste kannattaa määrittää kaavalla, tavoitteellinen käyttöaika tiettyä ajanjaksoa kohti, jos kuljetusmatka on lyhyt ja keskinopeus on pieni. Laskennallinen kapasiteetti vaihtelee merkittävästi kuljetustarpeista, työvuorojärjestelystä ja kuljetusten suunnittelusta, kun kapasiteetti on riippuvainen laskentaperusteeksi valitusta ajanjaksosta. (Oksanen 2004, 39.) Postilla on kuljetustoimintaa lähinnä arkisin ja tässä opin-

näytetyössä käsiteltävät kuljetukset ovat pitkänmatkan runkokuljetuksia. Siten ajoneuvojen käyttöasteen tunnuslukuna on perusteltua käyttää ajettuja kilometrejä arki vuorokautta kohti.

10 Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää uusi mittaussuunnitelma Postin runkokuljetusten täyttöasteen mittaamiseen. Täyttöasteen lisäksi käytiin läpi myös muita kuljetustehokkuuden tunnuslukuja, esimerkiksi tyhjänä ajoa ja ajoneuvon käyttöastetta. Tämä opinnäytetyö koostui kirjallisuuskatsauksesta ja kyselystä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella täyttöasteen mittausta tulisi perustaa kuorman painoon. Kyselyn perusteella kuljetusyrityksillä ei ollut yhtä selkeää tapaa mitata kuormatilan täyttöastetta, vaan täyttöasteen mittaussuunnitelma (mittayksikkö) riippui kuljetettavan tavaran ominaisuuksista.

Logistiikkaa ja erityisesti kuljetuksia käsittelevästä kirjallisuudesta tulee selväksi, että mittaamisella on tärkeä merkitys koko yrityksen kustannustehokkuudelle. Mittareilla voidaan esimerkiksi hinnoitella kuljetuksia, muita logistiikkatoimintoja ja parantaa yrityksen kilpailukykyä. Yleisesti tiedetään, että mitä täydempi kuormatila, niin sitä taloudellisempi on kuljetus. Myös tyhjänä ajoa tulee välttää ja ajoneuvojen tulisi olla liikkeellä mahdollisimman paljon.

Kuormatilan täyttöasteesta ei löytynyt suuressa määrin tietoa kirjallisuudesta. Kuljetusten tehostamisesta ja kuormatilan tehokkaasta käyttämisestä löytyi tietoa kirjallisuudesta, mutta erityisesti ajoneuvon kuormatilan täyttöasteen laskentamenetelmistä oli haasteellista löytää tietoa. Alan Mckinnon on julkaissut artikkeleita, jotka käsittelevät nimenomaan kuormatilan täyttöasteen mittaussuunnitelmia eri mittayksiköitä hyödyntäen eri tilanteissa. Tutkimustietoa löytyi myös Ruotsin tiekuljetuksia käsittelevistä case-tutkimuksista. Tämän opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa hyödynnettiin enimmäkseen Alan Mckinnonin ja Ruotsissa suoritettujen tutkimusten tuloksia.

Yrityksille lähetetty kysely kuormatilan täyttöasteesta oli osa tätä opinnäytetyötä. Neljä yritystä vastasi kyselyyn. Kysely lähetettiin kaikkiaan 22 kuljetusalan yritykselle.

Siis kyselyn vastausprosentti (18 %) jäi siis pieneksi. Vastaustulokset kuitenkin antoivat suuntaa, miten kuljetusyrietykset mittaavat tiekuljetusten täyttöastetta. Näitä mittayksiköitä olivat esimerkiksi kuorman paino, tilavuus, kuormatilan pinta-ala ja tonnikilometrit.

Kuormatilan täyttöastetta käsittelevä kirjallisuus ja tästä aiheesta tehdyt tutkimukset Ruotsissa suosittelivat käyttämään kuormatilan täyttöasteen laskemisessa kuorman painoa. Täyttöasteen määrittämisessä käytettävissä laskuissa tulisi käyttää ensisijaisesti kuorman todellista painoa. Yrietykset kuitenkin käyttävät rahdituspainoja, koska nämä ovat helpommin saatavilla. Tilastokeskuksen mukaan nykyisin kuljetuksissa tavarapaino on laskenut. Korkean täyttöasteen (massan sekä tilavuuden suhteen) kuljetusten (esim. maa-aines ja tukkipuu) osuus on vähentynyt ja kuljetettavana on enemmän tilaa vieviä, mutta kevyempiä tavaroita. Tästä on seurannut, että kuormatilan enimmäistilavuus saavutetaan ennen kuin enimmäispaino saavutetaan. Toisin sanoen kuorman painoa voidaan nostaa. (Tiekuljetusten kustannustehokkuus 2017.) Edellinen on havainnollistettu kuviossa 9. Tähän tarkoitukseen soveltuisi yksikkö, paino per lavametri. Painon käyttämisen suosiminen täyttöasteen määrittämisessä kirjallisuudessa saattaa perustua siihen, että painotiedot ovat helposti saatavilla rahdikirjoista.

Korkeaa täyttöastetta ja täysiä kuormia rajoittavat monet asiat, kuten lyhyt lastausaika, ajoneuvon paino- ja kokorajoitukset, turvallisuussyyt, kuormien yhteensopimattomuus, JIT-toimitukset, matalat varastotasot, huonot pakkaukset ja kysynnän heilahtelu. Edellä mainitut rajoitteet vaikeuttavat entisestään kuljetusten suunnittelua ja täyttöasteen parantamista.

Postin runkokuljetuksissa hyödynnetään täyttöasteen määrittämisessä vain lavametrejä. Tämä mittausmenetelmä on varmasti yksi helpoimmista ja edullisimmista menetelmistä mitata kuormatilan täyttöastetta. Se sai myös kannatusta kyselyn ja soveltuvuutensa perusteella. Täyttöasteen mittausmenetelmässä olisi järkevää hyödyntää kuorman painoa, siis todellista painoa tai rahdituspainoa. Mittayksikkö paino per lavametri (kg/lvm) olisi sopiva mittayksiköksi erityisesti kuvaamaan ns. kuorman tiheyttä. Tämä mittayksikkö huomioi painon lisäksi kuormatilan pinta-alaa. Kappaletavarant lisääntyessä ja keventyessä seuraa, että kuormatila täyttyy entistä useammin

ennen kuin kuorman enimmäispaino saavutetaan. Joten yksikkö kg/lvm olisi hyvä kuvaamaan kuorman painoa pinta-alaa kohden. Ideaalista ajoneuvon kuormausta rajoittavat esimerkiksi JIT-toimitukset ja ajanpuute terminaalityöskentelyssä.

Kuitenkaan ei voida todeta, että painoon perustuvan täyttöasteen avulla saadaan tehostettua Postin runkokuljetusten toimintaa verrattuna nykyiseen täyttöasteen mittaumenetelmään (lvm), koska optimaalista kuorman lastausta rajoittavat monet asiat. Pinta-alaan perustuva täyttöaste on kuitenkin lähes yhtä soveltuva kuin pelkästään painoon perustuva täyttöaste (ks. taulukko 6, s 54).

Postin runkokuljetuksissa kuljetettavan tavarain painon mittaaminen on haasteellista. Kuorman tarkka painon mittaaminen lisää työvaiheita ja siten kustannukset lisääntyvät. Esimerkiksi jokainen paketti-, lehtihäkki, rullakko ja kuormalava tulisi punnita. Myös Postin kuljettamat tavarat aiheuttavat haasteita. Postin runkokuljetukset kuljettavat rahtia, paketteja ja printtituotteita. Esimerkiksi printtituotteiden painoista ei jää järjestelmään vastaavaa merkintää kuin rahdistä. Rahtilähetysten paino olisi vaikeampi selvittää, koska rahtitiedot merkitään rahtikirjaan, mukaan lukien paino. Painotietojen määrittämiseen voi liittyä myös epätarkkuutta. Lähettäjä merkitsee lähettyksen todellisen painon ja rahdituspainon rahtikirjaan. Lähettäjän ilmoittavat painot voivat olla epätarkkoja ja siten aiheuttaa ainakin jonkin verran vääristymää painoperusteiseen täyttöasteeseen.

Jatkotutkimusta voisi suorittaa esimerkiksi, että miten Postin runkokuljetusten kuljetettavien tavaroiden paino kannattaisi selvittää ja mitata. Voisi selvittää esimerkiksi, onko mahdollista yhdistää rahtilähetysten paino helposti tiettyyn kuormaan. Olisi myös mielenkiintoista suorittaa jonkin kuorman todellisen painon mittaus täysin satunnaisesti jollekin ajoneuville ja laatia kuormalla tarkka täyttöaste painon, tilavuuden ja lavametrien suhteen. Tutkimuksen arvoinen aihe olisi myös, kuinka paljon resursseja kannattaa käyttää lastaukseen, jossa kuormatilan enimmäistilavuus ja -paino on hyödynnetty tehokkaasti.

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi muitakin mittaumenetelmiä. Toimeksiantajalle tärkeimmät tunnusluvut olivat kuitenkin kuormatilan täyttöaste, ajoneuvon käyttöaste ja tyhjänäajoprosentti. Joten, tämä opinnäytetyö painottui enemmän

näihin kolmen tunnusluvun mittausmenetelmiin ja näiden muunnelmiin. Erityisesti keskityttiin tutkimaan ajoneuvon kuormatilan täyttöasteen eri mittausmenetelmiä.

Telematiikka helpottaisi ja tehostaisi merkittävästi kuljetusten seuraamista ja mittaamista, niin kuin koko toimitusketjünkkin. Koko kuljetusketju täytyisi varustaa telematiikkakomponenteilla, esimerkiksi terminaalit, postikeskukset, ajoneuvot ja kuljetusyksiköt. Näitä komponentteja ovat esimerkiksi RFID-tagit, -antennit ja -lukulaitteet. Koko kuljetusketjun kattaminen näillä komponenteilla ja laitteilla olisi erittäin työlästä ja kallista. Joten RFID-tekniologiaa hyödyntävä telematiikka ei ole vielä ajankohtaista Postin kuljetuksissa, koska se vaatisi merkittävästi aika- ja raharesursseja.

Lähteet

Aineiston analyysimenetelmät. 2015. Jyväskylän yliopiston oppimateriaali. Viitattu 1.2.2018.

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmät>.

Asetus ajoneuvon käytöstä tiellä. 4.12.1992/1257. Finlex. Viitattu 19.4.2018.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19921257>.

Benefits of implementing RFID in Supply Chain Management. 2013. Artikkelele RFID Arena -sivustolta. Viitattu 1.2.2018. <http://rfidarena.com/2013/11/14/benefits-of-implementing-rfid-in-supply-chain-management.aspx>.

Chargeable Weight. 2018. Sanasto LogisticsGlossary-sivustolta. Viitattu 30.1.2018.

<https://www.logisticsglossary.com/term/chargeable-weight/>.

Express-rahdin mitat ja painot. 2018. Posti Group Oyj. Tuotetietoa. Viitattu 14.2.2018. <https://www.posti.fi/yritysasiakkaat/apu-ja-tuki/ohjeet/pakettien-ja-rahdin-lahetysohjeet/kuljetusyksikoiden-mitat-ja-painot.html>.

Fogelholm, J. & Karjalainen, J. 2001. Tuotantotoiminnan mittaaminen. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Freight transport statistics – modal split. 2017. Eurostat. Tilastotietoa. Viitattu 18.2.2018.

http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics_-_modal_split.

From how far away a typical RFID tag can be read. 2018. RFID Journal. Viitattu 1.2.2018.

<https://www.rfidjournal.com/faq/show?139>.

Hanson, J. 2006. An Introduction to RFID Development. Artikkelele DevX-sivustolta.

Viitattu 1.2.2018. <http://www.devx.com/enterprise/Article/31108>.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2014. Tutki ja kirjoita. 19. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hokkanen, S. & Virtanen, S. 2013. Varastonhoitajan käsikirja. 2. painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Hosseini, S. V. & Shirani, M. 2011. Fill Rate in Road Freight Transport. Master of Science Thesis. Göteborg: Chalmers University of Technology, Department of Technology Management and Economics. Viitattu 1.2.2018.

<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/147419.pdf>.

Karrus, K. 2005. Logistiikka. 5. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Kuorma-autojen kuormatilan täyttöaste. 2018. Tilastokeskus. Sähköpostiviesti. 16.3.2018. Vastaanottaja T. Lahti. Yliaktuaarin selvitys kuinka kuvion 6 kuvaajat on laadittu.

Kuorma-autoliikenteen suoritteet kotimaan liikenteessä ajoneuvotyyppin mukaan vuonna 2016. 2017. Tilastokeskus. Tilastotietoa. Viitattu 13.2.2018.

http://tilastokeskus.fi/til/kttav/2016/kttav_2016_2017-04-28_tau_002_fi.html.

- Laadullinen tutkimus. 2015. Jyväskylän yliopiston oppimateriaali. Viitattu 1.2.2018. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>.
- Lau, Y., Liu, Y., Ni, L. & Patil, A. 2004. LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. *Wireless Networks* 10, 701-710. Kluwer Academic Publishers. Viitattu 1.2.2018. <http://www.stitcs.com/en/RFID/Indoor%20Location%20Sensing%20Using%20Active%20RFID.pdf>.
- Lentorahtihinnat. 2018. Finnair. Tuotetietoa. Viitattu 20.4.2018. <http://www.finnaircargo.com/fi/cargo/hinnoittelu.html>.
- Load capacity utilisation. 2015. NTM (Network for Transport Measures). Viitattu 12.2.2018. <https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/sea/load-capacity-utilisation/>.
- Load factors for freight transport. 2010. Euroopan ympäristökeskus. Tilastotietoa. Viitattu 18.2.2018. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/load-factors-for-freight-transport/load-factors-for-freight-transport-1>.
- Logistiikka, postia ja taloushallinnon palveluja. 2018. Posti Group Oyj. Vuosikertomus 2016. Viitattu 13.2.2018. <http://annualreport2016.posti.com/liiketoiminta/logistiikkaa-postia-ja-taloushallinnon-palveluja>.
- McKinnon, A., Browne, M., Piecyk, M. & Whiteing, A. 2015. *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. 3. Edition. Lontoo: KoganPage.
- McKinnon, A. 2015. *European Freight Transport Statistics*. Raportti, European Automobile Manufacturers Association ACEL. Viitattu 28.2.2018. http://www.acea.be/uploads/publications/SAG_15_European_Freight_Transport_Statistics.pdf.
- Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2008. *Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät*, 3. painos. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos.
- Määrällinen tutkimus. 2015. Jyväskylän yliopiston oppimateriaali. Viitattu 1.2.2018. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineiston-analyysimenetelmat/maarallinen-analyysi>.
- Oksanen, R. 2004. *Kuljetustuotannon toimintolaskenta*. Hyvinkää: Ekondata Oy.
- Pahlén, P. & Börjesson, F. 2012. *Measuring resource efficiency in long haul road freight transport*. Raportti. Göteborg: Chalmers University of Technology, Department of Technology Management and Economics. Viitattu 1.2.2018. <http://www.transportportal.se/Energieffektivitet/Etapp1/Bilaga-4-Pahlen-Borjesson-2012.pdf>.
- Pakettien mitat ja painot. 2018. Posti Group Oyj. Tuotetietoa. Viitattu 14.2.2018. <https://www.posti.fi/yrittajasiakkaat/apu-ja-tuki/ohjeet/pakettien-ja-rahdin-lahetysohjeet/pakettien-mitat-ja-painot.html>.

Pastinen, I., Mäntynen, J. & Koskinen, L. 2003. Kaupan ja teollisuuden logistiikka. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos.

Posti lyhyesti. 2018. Posti Group Oyj. Yritysesittely. Viitattu 13.2.2018.
<https://www.posti.com/posti-yrityksena/posti-lyhyesti/>.

Pålsson, H. 2015. Environmental freight transport practices in Swedish companies. Raportti. Lund: Lund University, Packaging Logistics.
<https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2015/fu-2015/envorinmental-freight-transport-practises-in-swedish-companies-fu15.pdf>.

Rahditusperusteiden ABC. 2018. Posti Group Oyj. Tuotetietoa. Viitattu 30.1.2018.
https://www.posti.fi/liitteet-yrityksille/ohjeet/Kotimaan_%20rahti_%20rahditusperusteet.pdf.

Rautatiekuljetusten kustannustehokkuus. 2017. Liikennevirasto. Tilastotietoa. Viitattu 30.1.2018. <http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/matkojen-ja-kuljetusten-palvelutaso/rautatiekuljetusten-kustannustehokkuus/>.

Radio Frequency Identification. 2018. RFID Journal. Viitattu 1.2.2018.
<https://www.rfidjournal.com/site/faqs>.

Ritvanen, V. & Koivisto, E. 2007. Logistiikka pk-yrityksissä – Hankinta kilpailutekijänä. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Suomen Huolintaliikkeiden Liitto ry, Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry.

Road freight transport by journey characteristics. 2017. Eurostat. Tilastotietoa. Viitattu 18.2.2018. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Road_freight_transport_by_journey_characteristics.

Roberti, M. 2013. What Is the Read Range of a Passive RFID Tag. RFID Journal. Viitattu 1.2.2018. <http://www.rfidjournal.com/blogs/experts/entry?10684>.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 7. painos. Vantaa: Jouni Sakki Oy.

Standardoidun kolliosoitelapun käyttö. 2018. Tieke. Viitattu 13.2.2018.
<https://www.tieke.fi/pages/viewpage.action?pageId=16515115>.

Ståhl, S. 2011. Varastoalan ammattilaiseksi. Helsinki: Opetushallitus.

Tiekuljetusten kustannustehokkuus. 2017. Tilastokeskus. Tilastotietoa. Viitattu 13.2.2018. <http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/matkojen-ja-kuljetusten-palvelutaso/tiekuljetusten-kustannustehokkuus/>.

Vehicle type characteristics and default load factors. 2015. NTM (Network for Transport Measures).
<https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/road/vehicle-types-and-characteristics/>.

Vesterinen, P. 2011. Turvaa logistiikka – kuljetusten ja toiminnan turvallisuus. Helsinki: Helsingin seudun kauppakamari / Helsingin Kamari Oy ja tekijät.

Vihreä logistiikka ja Posti Green. 2018. Posti Group Oyj. Viitattu 14.2.2018.
<http://annualreport2016.posti.com/vastuullisuus/ymparisto/vihrea-logistiikka-ja-posti-green>.

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake.

1. Mittaatteko kuormatilan täyttöastetta tiekuljetuksissa?

- Kyllä
 Ei

2. Minkälaisissa tiekuljetuksissa mittaatte täyttöastetta? (Esim. runko- tai jakelukuljetukset)

3. Mitä yksikköä käytätte kuormatilan täyttöasteen mittauksessa? (Esim. rahdituspaino, todellinen paino, tilavuus, lavametri, lavojen lukumäärä)

4. Mitä rahditusperustetta hyödynnätte eniten tiekuljetuksissa? (Esim. todellinen paino, lavapaino, lavametripaino, tilavuuspaino)

5. Miten mittaatte täyttöastetta käytännössä tiekuljetuksissa? Kuinka usein mittaatte täyttöastetta?

Liite 2. Täyttöasteen määrittämisen prosessikaavio.

