
Bottom-up – Tarkastelu Suomen tiekuljetusten energiatehokkuuden kehityksestä



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Liikennealan koulutusohjelma

Hamk Riihimäki, kevät 2014

Pasi Kouhia

Pasi Kouhia



Hamk Riihimäki
Liikennealan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto: Älykkäät liikennejärjestelmät

Tekijä	Pasi Kouhia	Vuosi 2014
Työn nimi	Bottom-up – Tarkastelu Suomen tiekuljetusten energiatehokkuuden kehityksestä	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Suomen maanteiden tavaraliikenteen energiatehokkuutta ja sen kehitystä vuosina 2009–2012, sekä arvioida PIHI-seurantajärjestelmän tietojen luotettavuutta. PIHI on Motiva Oy:n ylläpitämä järjestelmä energian kulutuksen ja tehokkuuden seurantaan. Motiva toimi myös tämän työn toimeksiantajana. Järjestelmän käyttäjinä toimivat Suomalaiset energiatehokkuussopimuksessa mukana olevat kuljetusalan yritykset.

Energiatehokkuuden tutkimiseen käytettiin bottom-up menetelmällä PIHIn tietoja. Tuloksia verrattiin VTT:n top-down menetelmää käyttävän LIPASTO laskentajärjestelmän ja Tieliikenteen tietokeskuksen selvitykseen liikenteen energiatehokkuuden kehittymisestä 2010–2012 (Höylä-raportti). Energiatehokkuutta vertailtiin energiaintensiteetti- (kWh/km) ja energiatehokkuuslukuina (kWh/tkm).

Tuloksissa oli havaittavissa, että kaikkien tietolähteiden mukaan tavarakuljetusten energiaintensiteetti on vuosina 2009–2012 pysynyt samalla tasolla. Energiatehokkuuden luvuissa tonnikilometrien osalta oli PIHIn tiedoissa merkittäviä heittoja Höylä-raportin tietoihin nähden. Keskeisimpinä kehitystarpeina tulevaisuuden kannalta PIHI-seurantajärjestelmässä on tiedon keruu. Luotettavien tonnikilometritietojen saaminen yrityksiltä tulee olemaan suuri haaste järjestelmän kehityksessä.

Avainsanat Maantiekuljetus, energian kulutus, ajosuorite, energiatehokkuus.

Sivut 24 s.

Riihimäki
Degree Programme in Traffic and Transport management
Smart traffic systems

Author	Pasi Kouhia	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Bottom-up – evaluation on Finnish road freight transport energy efficiency and its development	

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to investigate the Finnish road freight transport energy efficiency and its development in 2009-2012, and to assess the PIHI-information system's reliability. PIHI is a system for monitoring energy consumption and energy efficiency and it is maintained by Motiva ltd. Motiva also commissioned this study. The users of the system are Finnish freight transport companies that are involved in the national energy efficiency agreement.

To study energy efficiency a bottom-up method for PIHI information was used. The results were compared to VTT's top-down method using LIPASTO accounting system's information, and the Road traffic data center's report on road transport energy efficiency developments in 2010-2012 (Höylä-report). The energy efficiency comparison was made in energy intensity (kWh/km) and energy efficiency (kWh/tkm) values.

The results showed that in all data sources the freight transport energy intensity in 2009-2012 remained at the same level. Energy efficiency figures by tonne-kilometers in the PIHI data had major variations compared to the Höylä-report's data. The most relevant development needs for the future in the PIHI-information system is in data collection. Getting reliable tonne-kilometer data from the companies is going to be a major challenge for the development of the system.

Keywords Road transport, energy consumption, mileage, energy efficiency.

Pages 24 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	LÄHTÖKOHDAT	1
2.1	Energiapalveludirektiivi ja Energiatehokkuusdirektiivi.....	2
2.2	Energiantehokkuussopimus	2
2.3	PIHI	3
2.4	LIPASTO.....	4
2.4.1	LIISA-laskentajärjestelmä.....	5
3	ENERGIATEHOKKUUDEN MÄÄRITELMÄ	6
3.1	Euro-päästöluokitukset	6
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	7
4.1	EMEES-projekti.....	7
4.2	Top-down.....	8
4.3	Bottom-up.....	8
5	TULOKSET.....	9
5.1	Suoritteet.....	9
5.2	Toimialojen vertailu	11
5.3	Päästöluokat	13
5.3.1	Päästöluokat toimialoittain	14
6	VERTAILU	18
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	22
	LÄHTEET	24



1 JOHDANTO

Suomen ja muun Euroopan päätöksenteon merkittäväksi vaikuttajaksi on viime vuosina noussut kestävä kehitys. Kestävän kehityksen teemoina nähdään hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja energiatehokkuuden parantaminen. Kestävän kehityksen teemat vaikuttavat yhteiskunnan kaikilla sektoreilla, mutta erityisesti liikenteessä, koska se on tällä hetkellä lähes täysin riippuvainen fossiilisista polttoaineista (LVM, 2012).

Energiatehokkuuden parantamiselle on liikennesektorilla erityisen suuria haasteita, sillä liikenteen kysynnän on arvioitu jatkavan kasvuaan. Logististen prosessien hallinnasta on tullut etenkin kansainvälisillä markkinoilla toimiville yrityksille entistä tärkeämpi kilpailukeino. Kansainvälinen kilpailutilanne pakottaa yritykset etsimään yhä kustannustehokkaampia vaihtoehtoja, mikä ei ole aina energiatehokkuuden ja ympäristövaikutusten kannalta optimaalista. Toisaalta taas tehokkaasti hoidettu logistiikka vähentää materiaalien tarvetta ja parantaa jakelujärjestelmän toimivuutta. Energiatehokkuudella voidaan vaikuttaa ympäristön lisäksi myös syntyviin kustannuksiin (LVM, 2010).

2 LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tutkia Suomen tavarakuljetusten energiatehokkuuden kehitystä vuosina 2009–2012. Työn taustalla on energiatehokkuussopimus, jonka allekirjoittaneet yritykset ovat velvoitettuja luovuttamaan ajokalustokohtaisia tietoja ajokilometreistä, polttoainekulutuksista sekä vapaaehtoisena tietona myös tonnikilometrit PIHI-seurantajärjestelmään. energiatehokkuussopimuksen tavoitteena on 9 % energiasäästö vuosina 2008–2016 laskettuna vuosien 2001–2005 keskimääräisestä energiankulutuksesta. Työssä arvioidaan myös PIHI-järjestelmän toimivuutta ja sen keräämän tiedon luotettavuutta.

Työn tavoitteena on saada selkeä kuva PIHIn tietojen laadusta ja luotettavuudesta. Työssä arvioidaan myös PIHIn toimivuutta energiatehokkuussopimuksen yhteydessä toimivana seurantajärjestelmänä, jonka tietojen perusteella voidaan arvioida Suomen tavarakuljetusten energiatehokkuuden kehitystä. Tämän lisäksi pohditaan PIHIn ja sen seurantatietojen mahdollisia kehitystarpeita.

Energiatehokkuuden arviointiin käytettävä tieto on aikajaksolta 2009–2012. Työhön ei sisällytetty joukkoliikenteen energiatehokkuussopimuksen seurantajärjestelmän tietojen arviointia. Työhön ei sisälly kasvihuonekaasupäästöihin liittyviä arviointeja.

2.1 Energiapalveludirektiivi ja Energiatehokkuusdirektiivi

Direktiivi energian tehokkaasta loppukäytöstä ja energiapalveluista eli Energiapalveludirektiivi (Energy Service Directive, ECD, 2006/32/EY) tuli voimaan 17.5.2006, ja se tuli panna kansallisesti toimeen 17.5.2008 mennessä.

Energiapalveludirektiivin soveltamisala on koko Suomen energian loppukäyttö, pois lukien merenkulku, lentoliikenne ja päästökaupan piirissä olevat teollisuuden toimipaikat.

Direktiivin mukaisesti jäsenvaltioiden on asetettava 9 prosentin kansallinen ohjeellinen energiansäästön kokonaistavoite vuodelle 2016 ja käynnistettävä toimia, joiden tarkoituksena on edistää tavoitteen saavuttamista. Kiinteänä energiamääränä ilmaistun tavoitteen laskentaperusteena käytetään direktiivin soveltamisalaan kuuluvan energian loppukäytön virallisten tilastotietojen keskiarvoa jaksolta 2001–2005. Energiamääränä ilmaistuna tämä tarkoittaa Suomessa 17,8 TWh energiansäästötavoitetta vuonna 2016.

Jäsenvaltioiden on lisäksi varmistettava, että julkisella sektorilla on esimerkkiasema direktiivin edellyttämässä toimissa sekä muun muassa käynnistettävä toimia energiatehokkuutta parantavien energiapalvelujen tai muiden energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden saatavuuden ja kysynnän edistämiseksi.

Jäsenvaltiot raportoivat Euroopan komissiolle käynnistämistään toimista sekä niillä saavutetuista energiansäästöistä energiatehokkuuden toimintasuunnitelmissaan vuosina 2007, 2011 ja 2014 (EU, 2006).

Energiatehokkuusdirektiivi (Energy Efficiency Directive, EDD, 2012/27/EU) annettiin varmistamaan EU:n energia- ja ilmastotavoitteita eli niin sanottuja 20–20–20-tavoitteita. Tavoitteiden mukaan EU:n kokonaisenergiankulutus pitäisi vuonna 2020 olla vähintään 20 prosenttia alempi kuin vuonna 2007. Direktiiviehdotus annettiin kesäkuussa 2011 ja se tuli voimaan joulukuussa 2012. Se korvasi energiapalveludirektiivin (2006/32/EY). Energiatehokkuusdirektiivin toimeenpano ei aiheuttanut rahtiliikenteen energiatehokkuuden edistämiseen merkittäviä muutoksia energiapalveludirektiiviin nähden (EU, 2012).

2.2 Energiantehokkuussopimus

Tavarankuljetusten ja logistiikan energiantehokkuussopimus on sopimus jolla pyritään vastaamaan niihin haasteisiin, joita EY:n energian loppukäytön tehokkuutta ja energiapalveluja koskeva direktiivi (2006/32/EY) asettaa energiatehokkuuden parantamiselle. Direktiivi edellyttää päästökaupan ulkopuolisten toimialojen energiatehokkuuden parantamista keskimäärin noin prosentin vuodessa. Tavoite on asetettu vuosille 2008–2016.

Sopimuksen osapuolina ovat liikenne- ja viestintäministeriö (LVM), työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), ympäristöministeriö (YM), Suomen Kulje-

tus ja Logistiikka SKAL ry ja sen jäsenyhdistykset (SKAL), Logistiikkayritysten liitto (LL) ja VR osakeyhtiö (VR). Järjestöjen yksittäiset jäsenyritykset ja muut halukkaat kuljetusalan yritykset liittyvät sopimusjärjestelmään tilaamalla tunnukset PIHI - seurantajärjestelmään.

Sopimuksessa on asetettu sekä määrällisiä että toiminnallisia tavoitteita. Määrällisissä tavoitteissa pyritään saamaan maanteiden tavarankuljetusten yrityksistä tai niiden käytössä olevista, luvanvaraiseen ammattiliikenteseen rekisteröidyistä ajoneuvoista 60 % liittymään sopimusjärjestelmään vuoteen 2016 mennessä. Tavoitteena on myös kuljetussuoritteen energiatehokkuuden vuosittainen yhden prosentin parannus aikajaksolla 2008–2016. Yrityksen pitää siis osoittaa 9 prosentin energiansäästö vuosien 2001–2005 keskimääräiseen energiankulutukseen nähden.

Toiminnallisissa tavoitteissa yritys sitoutuu energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen aina, kun se on taloudellisesti, teknisesti sekä turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat huomioon ottaen mahdollista (LVM, 2008).

2.3 PIHI

PIHI on liikenne- ja viestintäministeriön kustantama energiatehokkuuden seurantajärjestelmä, joka toimii osana tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimusta. Energiatehokkuussopimusjärjestelmään liittyvät yritykset saavat PIHIn käyttöönsä automaattisesti. PIHIn päätehtävänä on tukea yritysten energiatehokkuuden seuraamista ja kehitystä. Yritys syöttää järjestelmään vuosittaisia autokohtaisia tietoja ja saa vertailuraportteja haluamistaan vertailuryhmistä, esimerkiksi automerkeittäin, mallieittain, kokoluokittain, euroluokittain, alueittain ja suoritealoittain. (Motiva Oy, 2013).

Järjestelmän tarkoituksena on auttaa kuljetusyrityksiä säästämään polttoainekuluissa ja näin parantamaan kilpailukykyä. Yritys voi hyödyntää järjestelmää oman toimintansa kehittämiseksi ja palveluidensa markkinoinnissa.

Järjestelmään voi syöttää joko autokohtaisia tai karkeamman tason yritys-kohtaisia tietoja. Molemmissa tapauksissa järjestelmästä on mahdollista tulostaa yrityksen energiatodistus, joka on dokumentti energia-asioiden hallinnasta kuljetusyrityksen asiakkaille. Energiatodistuksesta yritys näkee energiankulutusta ja energiatehokkuutta kuvaavat tunnusluvut sekä tiettyjä vertailulukuja samaa toimialaa edustavien yritysten osalta. Yrityskohtaiset tiedot ovat vain yrityksen itsensä nähtävillä. Järjestelmän pääkäyttäjänä toimii Motiva Oy. PIHI-seurantajärjestelmän ja Trafim valtakunnallisen ajoneuvotietokannan välille on rakenteilla kytkös, jonka välityksellä autojen perustiedot saadaan siirrettyä rekisterinumeron perusteella. (Motiva Oy, 2011).

Taulukossa 1 näkyy PIHI-seurantajärjestelmän kattavuudesta kertovia perustietoja yrityksistä, kalustosta ja niiden energiankulutuksesta. Kõnttätiedolla tarkoitetaan sitä, että ajoneuvomäärät ja kalustotiedot on annettu toimiala- ja kuukausikohtaisesti ilman ajoneuvokohtaista erittelyä.

Taulukko 1. PIHIn kattavuus (Motiva, 2013)

Yritykset				
	2009	2010	2011	2012
Aktiiviset yritykset	227	198	173	166
- Ajoneuvokohtaiset tiedot	226	196	170	159
- Könttätiedot	1	2	3	7
Passiiviset yritykset	379	456	539	608
Yhteensä	606	654	712	774
Kalusto				
	2009	2010	2011	2012
Aktiiviset ajoneuvot	5322	5518	5487	5327
- Ajoneuvokohtaiset tiedot	1494	1509	1436	1503
- Könttätiedot	3828	4009	4051	3824
Passiiviset ajoneuvot	864	1019	1122	1339
Yhteensä	6186	6537	6609	6666
Energiankäyttö				
	2009	2010	2011	2012
Litrat	55 234 269	60 470 139	60 897 315	55 385 119
TWh	0,552	0,605	0,609	0,554
Prosenttia kattavuustavoitteesta	8,50 %	9,30 %	9,40 %	8,50 %

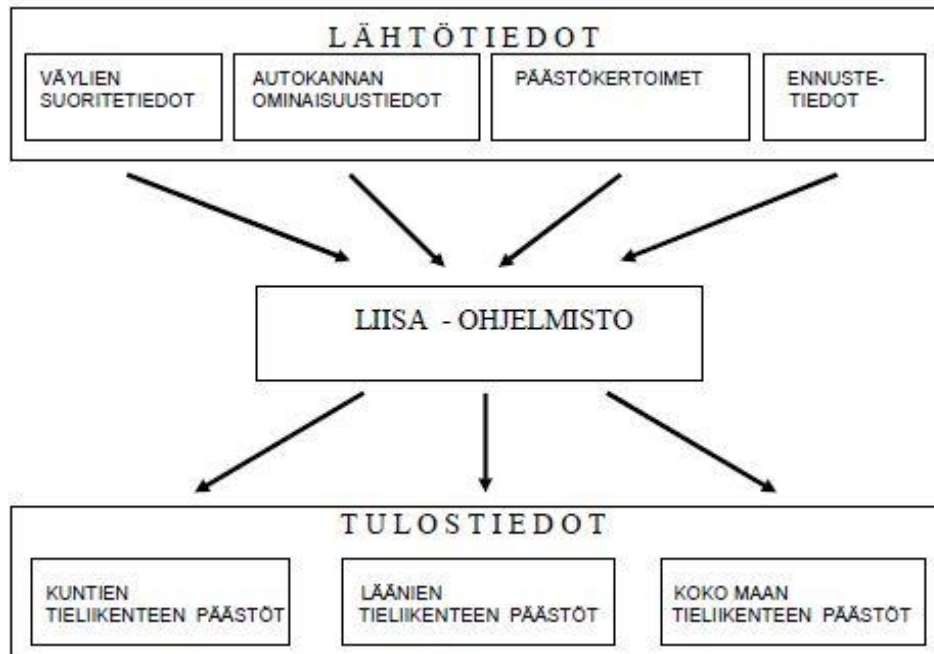
2.4 LIPASTO

Lipasto on VTT:ssä toteutettu Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Laskentajärjestelmän tekeminen alkoi vuonna 1988 LIISAn (tieliikenteen laskentajärjestelmä) kehityksellä. Vuosien 1996 ja 1997 aikana alettiin kehittää laskentajärjestelmiä myös rautatie (RAILI)-, vesi (MEERI)- ja ilmaliikenteelle (ILMI). Nämä kaikki alamallit yhdistyvät LIPASTO nimisessä keskusyksikössä yhdeksi kokonaisuudeksi. Järjestelmän tehtävänä on tuottaa Suomen viralliset liikenteen päästöluvut.

LIPASTOsta saatavat eri liikennemuotojen väliset tiedot vaihtelevat liikennemuodon osamallin mukaisesti. Esimerkiksi tieliikenteen LIISA 2011-malliin pohjautuvissa tiedoissa päästö- ja suoritettiedot on eritelty ajoneuvo- ja väylätyypeittäin. Koko LIPASTO alamalleineen päivitetään uusilla suorite- ja kalustotiedoilla vuosittain. VTT:lle laskennan lähtötiedot toimittaa Liikenteen turvallisuusvirasto, Liikennevirasto, VR ja Finavia. Itse malleja ja päästökertoimia ei päivitetä vuosittain, vaan harvakseltaan erillisinä projekteina (VTT, 2013).

2.4.1 LIISA-laskentajärjestelmä

LIISA-laskentajärjestelmä laskee kunta- ja läänikohtaiset sekä koko maan kattavat tieliikenteen suoritteet. Suoritteen laskennan lähtötiedot saadaan tielaitoksen tierekisteristä poimitusta erillisrekisteristä ja katujen liikennesuoritetiedoista (kuva 1). Suoritetietojen lisäksi lähtötietona on polttoaineen kulutus.



Kuva 1. LIISA-laskentajärjestelmän käyttämät ja tuottamat tiedot (VTT, 2011).

Laskenta suoritetaan pääpiirteittäin kaavan 1 mukaisesti. Joissakin tapauksissa kertoimet eri luokissa ovat samoja (esim. kaduilla kerroin on sama kaikissa nopeusluokissa). Joidenkin päästölajien (SO_2 , CO_2) päästökertoimet on ilmaistu lukuarvona polttonestelitraa kohden, jolloin kaava on hieman erilainen. Päästökerroin ab on peruskertoimen sekä ajoneuvojen ja polttonesteen teknistä kehitystä ja vanhenemista kuvaavien kertoimien tulo (VTT, 2011).

$$E_{y,v} = \sum_{l=1}^9 \sum_{m=1}^{20} \sum_{p=1}^8 \sum_{r=1}^6 S_{l,m,p,r,u,v} \left({}^a b_{l,m,p,r,u,v} + {}^j b_{l,m,p,r,u,v} + {}^k b_{l,m,p,r,u,v} \right) \quad (1)$$

missä

$E_{y,v}$ = Yhdisteen y kokonaispäästö vuonna v

S = Liikennesuorite

$^a b$ = Ajamisesta aiheutuvan päästön kerroin

$^j b$ = Joutokäynnistä syntyvän päästön kerroin

$^k b$ = Käynnistyksestä ja kylmällä moottorilla ajamisesta aiheutuvan päästön kerroin,

indeksit

l = ajoneuvolaji
m = vuosimalli
p = tieluokka
r = nopeusluokka
u = polttonestetyyppi

3 ENERGIATEHOKKUUDEN MÄÄRITELMÄ

Logistiikassa energiatehokkuuden tai energiankulutuksen mittaamiseen ei ole vielä vakiintunutta käytäntöä. Tämän takia tarkastelut ovat usein rajattu tuotteiden kuljetusketjuihin. Koko toimitusketju koostuu raaka-aineiden hankinnan ja tuotannon, raaka-aineiden ja välituotteiden tulologistiikan, tuotannon, lähtölogistiikan sekä tuotteiden toimituksen asiakkaille. Teollisuus- ja kuljetusyritysten intresseissä on vain kuljetusketjun oman osuuden energiatehokkuuden arviointi. Tässäkin tarkastelussa energiatehokkuutta on arvioitu ajoneuvotasolla. Kuljetukset on tärkeä osa logistiikkaa, mutta tarkasteltaessa koko toimitusketjun energiatehokkuutta ja sen parantamista, myös muut toimitusketjun osat tulee ottaa huomioon.

Toimitusketjun ja logistiikan energiatehokkuutta voidaan mitata usealla eri tavalla. Energiatehokkuutta voidaan mitata koko toimitusketjussa mittaamalla kukin toimitusketjun osa erikseen ja yhdistämällä tulokset yhdeksi tai useammaksi indikaattoriksi. Kokonaisvaltainen energiatehokkuuden mittaaminen on kuitenkin haastavaa, sillä toimitusketjut voivat olla monimutkaisia ja laajoja ketjuja tai verkostoja sisältäen useita eri toimintoja. Kokonaisvaltaista mittaristoa energiatehokkuuden mittaamiseen läpi toimitusketjun ei ole olemassa (Kalenoja;Kallionpää;& Rantala, 2012).

Energiatehokkuus määritellään energiapalveludirektiivissä (2006/32/EY) suoritteen, palvelun, tavarain tai tuotoksen ja energiapanoksen väliseksi suhteeksi. Energiatehokkuus tarkoittaa siten liikenteessä matkustus- tai kuljetussuoritteen ja kuluneen energian välistä suhdetta. Henkilö- tai tonnikilometrejä kilowattituntia kohti (hkm/kWh tai tkm/kWh). Asiaa tarkastellessa toisinpäin käännettynä (kWh/hkm tai tkm) puhutaan energiantensiteetistä (Liimatainen, 2010).

3.1 Euro-päästöluokitukset

Kuljetustoiminnassa ympäristön säästötoimenpiteet ovat suuressa mittakaavassa keskittyneet moottoritekniikan ja biopolttoaineiden kehittämiseen sekä liikennepolttoaineiden rikin rajoittamiseen.

Viimeisen vuosikymmenen aikana moottoritekniikkaa on kehitetty erittäin voimakkaasti. Kehityksen suurimmat syyt ovat EU:n, USA:n ja Japanin moottoritekniikan päästömääräykset. Moottorin päästöluokitukset ilmoitetaan Euroopassa ns. Euro-luokkina, jotka on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Raskaan kaluston Euro-luokitus (dieselnet, 2014).

päästöluokka	Käytössä	Häkä (CO) (g/kWh)	Hiilivety (HC) (g/kWh)	Typenoksidit (NO _x) (g/kWh)	Hiukkaset (PM) (g/kWh)
Euro 0	1988–1992	12,3	15,8	2,6	-
Euro I	1992–1995	4,9	9	1,23	0,4
Euro II	1995–1999	4	7	1,1	0,15
Euro III	1999–2005	2,1	5	0,66	0,1
Euro IV	2005–2008	1,5	3,5	0,46	0,02
Euro V	2008–2012	1,5	2	0,46	0,02
Euro VI	2015-	1,5	0,13	0,40	0,01

Raskaan kaluston Euro-luokitus on pakollinen viranomais määräys. EU:n alueella myytävien uusien autojen on täytettävä kulloinkin voimassa olevat päästörajat. Vuonna 2007 ovat voimassa Euro 4 vaatimukset ja Euro 5 vaatimukset astuivat voimaan vuonna 2009. Vaikka euroluokituksen mukaiset vaatimukset tulevat voimaan ko. vuosina, osa ajoneuvoista kuitenkin täyttää nämä vaatimukset jo edellisenä vuonna. (Arposalo & Liedes, 2007).

PIHI-seurantajärjestelmässä on tiedossa jokaisen ajoneuvon Euro-luokka. Tämä luo mahdollisuuden tutkia luokkien välistä energiatehokkuuden kehitystä. Kehitys ei välttämättä ole positiivista, sillä Euro-luokkien tavoitteena on vähentää pakokaasujen pienhiukkaspäästöjä. Polttoaineen kulutuksen vähentämiseen ei ole tavoitteita.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Työssä tutkittiin energiatehokkuutta PIHIn tietojen avulla. Tietoja on tarkoitus verrata LIPASTON tavaraliikenteen virallisiin suorite- ja energiatehokkuustietoihin. PIHIn ja LIPASTON tiedot ovat saatu eri laskentamenetelmillä. PIHIn tiedot on saatu bottom-up menetelmällä kun taas LIPASTON tiedot lasketaan top-down laskentamenetelmällä. Vertailuun otettiin myös mukaan Tieliikenteen Tietokeskuksella tehty selvitys liikenteen energiatehokkuuden kehittymisestä 2010–2012. Tarkoituksena on siis vertailla top-down ja bottom-up laskelmia niin hyvin kuin se on mahdollista.

Tavoitteena on saada vertailun avulla käsitys PIHI-tietojärjestelmän tietojen luotettavuudesta ja järjestelmän toimivuudesta. Tulosten avulla voidaan myös pohtia järjestelmän mahdollisia etuja, puutteita tai kehitystarpeita.

4.1 EMEES-projekti

EMEES-projekti toimi osana energiapalveludirektiiviä (2006/32/EY). Projektin toteutti 21 EU:n jäsenmaan yhteenliittymä *Wuppertal Institute*

for Climate, Environment and energy johdolla ja se toteutettiin EU:n rahoituksella. Projekti aloitettiin marraskuussa 2006 ja saatettiin päätökseen 30. huhtikuuta 2009.

Tämän hankkeen tavoitteena oli auttaa Euroopan komissiota kehittämään yhdenmukaisia arviointimenetelmiä sekä suunnitella menetelmiä joilla arvioidaan ja seurataan energiatehokkuustoimenpiteitä EU-direktiivin (2006/32/EY) 9 % energiansäästöavoitteiden saavuttamiseksi. Hankkeen avuksi yhteistyökumppanit toimittivat käytännön neuvoja, teknistä tukea ja tuloksia. Projektissa kehitettiin konkreettisia menetelmiä ja ohjeita erilaisten tilanteiden ja tulosten laskentaan. Ohjeet tuotettiin ylhäältä alas (top-down) ja alhaalta ylös (bottom-up) menetelmillä. (Wuppertal Institute).

4.2 Top-down

Top-down menetelmällä energiansäästö lasketaan lähtemällä liikkeelle kansallisen tason tai jonkin muun isomman mittakaavan alakohtaisen energiansäästön tilastoista. Tästä lähdetään ikään kuin alaspäin rajaamaan tietoja pienempiin kokonaisuuksiin tilanteen ja tarpeen mukaan.

LIPASTO sisältää koko maan kattavat tavaraliikenteen suoriteluvut, josta lähdetään laskemaan pienempien kokonaisuuksien energiatehokkuuslukuja. Tämä siis edustaa top-down tyylistä laskentatapaa. (Wuppertal Institute).

4.3 Bottom-up

Bottom-up menetelmässä lähdetään liikkeelle tietystä energiatehokkuutta parantavasta toimenpiteestä, mekanismista, ohjelmasta tai energian palvelusta. Yksittäiset toimenpiteet, mekanismit, ohjelmat tai palvelut lasketaan yhteen ja näin saadaan laskettua kokonaismäärä.

PIHI-järjestelmän avulla lasketut energiatehokkuuden arvot ovat siis laskettu bottom-up menetelmällä. Laskenta lähtee liikkeelle yksittäisten ajoneuvojen arvoista ja päättyy koko maan tilanteen arvioimiseen.

Käytännössä menetelmien välinen ero voidaan huomata niiden tavassa laskea energian säästöä. Top-down menetelmät seuraavat energiatehokkuuden indikaattoreiden kehitystä ja laskevat sen siten: Absoluuttinen energiansäästö = muutos energiatehokkuuden indikaattorissa. Bottom-up menetelmissä seurataan suoraan toimenpide tai suoritustason tulosten muutoksia (PIHI) ja energiasäästön laskentaperiaate on: Absoluuttinen energiansäästö = Energiansäästö per loppukäytön toiminta.

Bottom-up menetelmän etuna on että se mahdollistaa suoran energiansäästön kehityksen seurannan. Tämä parantaa tarkkuutta ja nopeuttaa reagointia mahdollisiin muutoksiin. Suurempi tarkkuus vaatii myös enemmän tietoa, joten mikäli tarkempia tuloksia halutaan, joudutaan tiedonkeruuseen

panostamaan. Tiedonkeruu voi siis potentiaalisesti nostaa kustannukset hyvin korkeiksi (Broc, 2009).

5 TULOKSET

Työn tulokset on saatu käyttämällä hyväksi PIHI-seurantajärjestelmän raporttitietoja sekä erillistä kaiken PIHI tiedon sisältänyttä Excel-taulukkoa. Ensin on esitetty tietojen avulla laskettuja tavaraliikenteen perus yksikkösuoritteita ja kalustomääriä. Nämä luvut tuovat esille tutkitun materiaalin määrällisen laajuuden sekä antavat käsityksen ajoneuvokannan suoritteista. Energiatehokkuus esitetään energiaintensiteettinä (kWh/km), jotta se olisi vertailukelpoinen LIPASTOn tietojen kanssa. Energiatehokkuutta tarkasteltiin myös muodossa kWh/tkm.

Työssä on vertailtu eri toimialojen ja painoluokkien välistä energiatehokkuutta. Toimialat ja painoluokat on valittu niiden merkittävyyden mukaan. Ensin valittiin neljä merkittävintä toimialaa ja niistä merkittävimmät painoluokat. Toimialoiksi valittiin puutavarakuuljetukset (53–60 tonnia), kappaleavaran kuljetukset (12–18, 36–48 ja 53–60 tonnia), jätehuoltokuljetukset (22–26 tonnia) sekä lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset (12–18, 36–48 ja 53–60 tonnia). Tämän vertailun tarkoituksena on saada käsitys eri toimialojen välisistä eroavaisuuksista.

Lopuksi tuloksissa on vertailtu myös päästöluokkia (Euro-luokat). Luokitusta on tutkittu niiden kalustomääriä ja ajosuoritteita, joiden avulla voidaan havainnoida kuinka paljon eri luokan ajoneuvoja Suomen tavaraliikenteessä liikkuu. Päästöluokkien välisiä energiatehokkuuksia on myös vertailtu.

5.1 Suoritteet

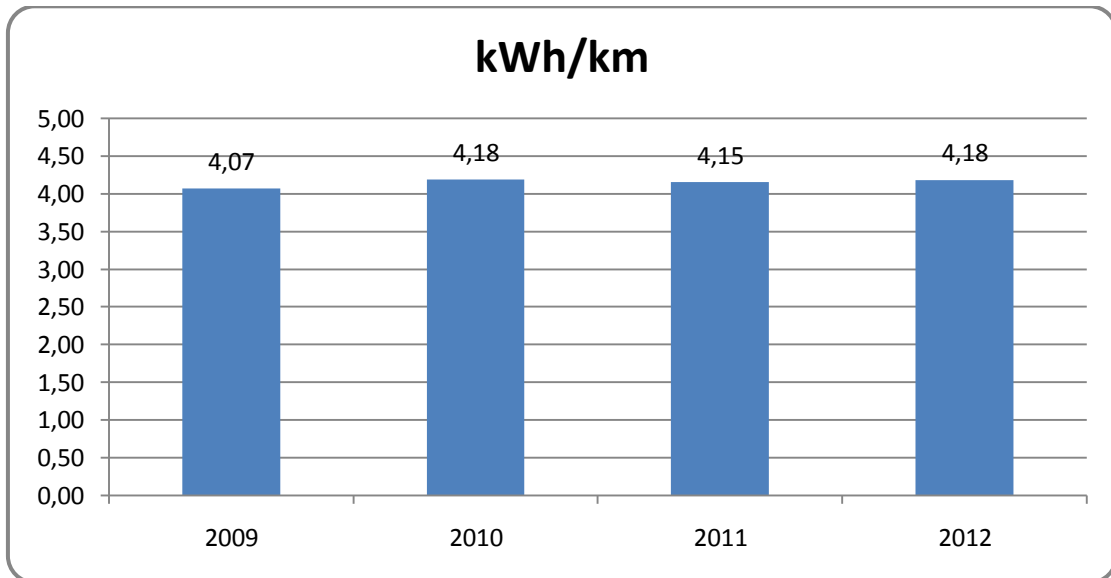
Tässä kappaleessa on esitetty tietokannan kalustomääriä ja kaluston perusuoritteita. Kyseessä on siis yleiskuva koko kannasta ilman tarkempaa jaottelua toimialojen tai päästöluokkien kesken. Kalustomäärät ja perusuoritteet on poimittu PIHIn raportointi työkalulla (taulukko 3).

Taulukko 3. PIHI-seurantajärjestelmän perus suoritteita.

vuosi	kalustomäärä	ajokilometrit	polttoaineen kulutus (l)	energian kulutus (GWh)
2009	1583	106 704 308	43 002 342	434,32
2010	1588	116 276 873	48 174 556	486,56
2011	1544	121 164 386	49 812 274	503,10
2012	1418	95 553 571	39 575 239	399,71

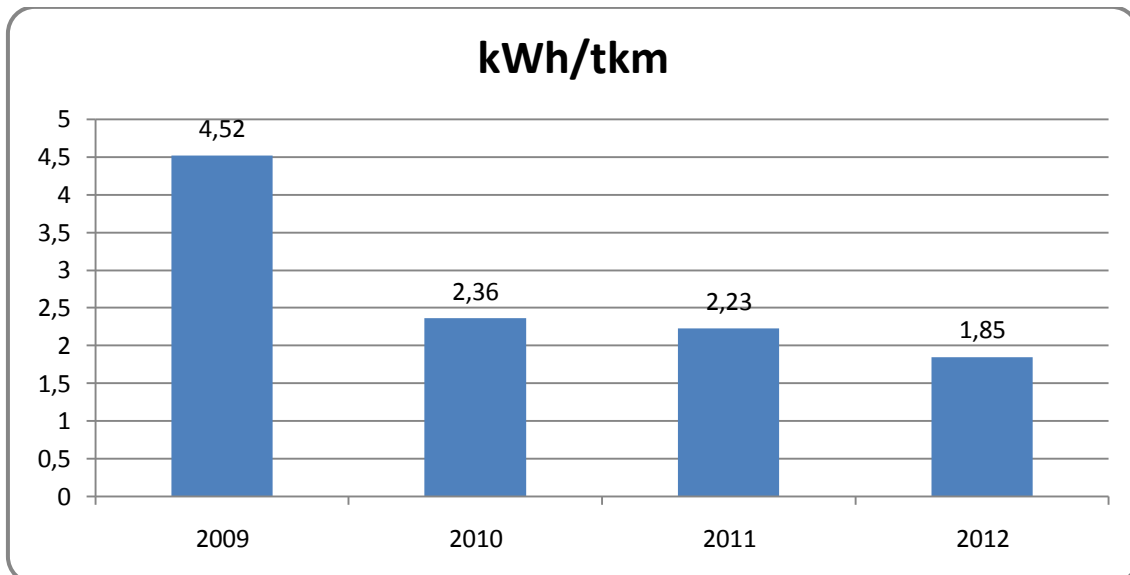
Energian kulutuksen ja tehokkuuden laskemisessa on käytetty polttoaineen (diesel) energiasisältöä, joka on 10,1 kWh/l. Kuvioissa 1 ja 2 on kuvattu ajoneuvojen vuotuinen energiatehokkuus kWh suhteutettuna ajo- ja tonnikilometreihin. Ajokilometreihin suhteutettuna energian kulutus pysyy vuosittain melko vakaana, mutta tonnikilometreissä on suuria muutoksia.

Etenkin vuoden 2009 luku on erittäin suuri. Luvut muinakin vuosina ovat suhteellisen suuria.



Kuvio 1. PIH:n autokannan keskimääräinen energiatehokkuus.

Tonnikilometrien syöttäminen järjestelmään ei ole pakollista, koska käytännössä lukujen saaminen kuljetuksista on yrityksille hyvin hankalaa. Tämän johdosta lukuja on hyvin vähän ja otos jää pieneksi. Tämä johtaa siihen, että heittoa syntyy paljon. Tonnikilometrien merkitys on kuitenkin energiatehokkuuden tarkastelussa hyvin suuri, joten luvut on otettu huomioon vertailun vuoksi.



Kuvio 2. PIH:n autokannan keskimääräinen energiankulutus tonnikilometreinä.

5.2 Toimialojen vertailu

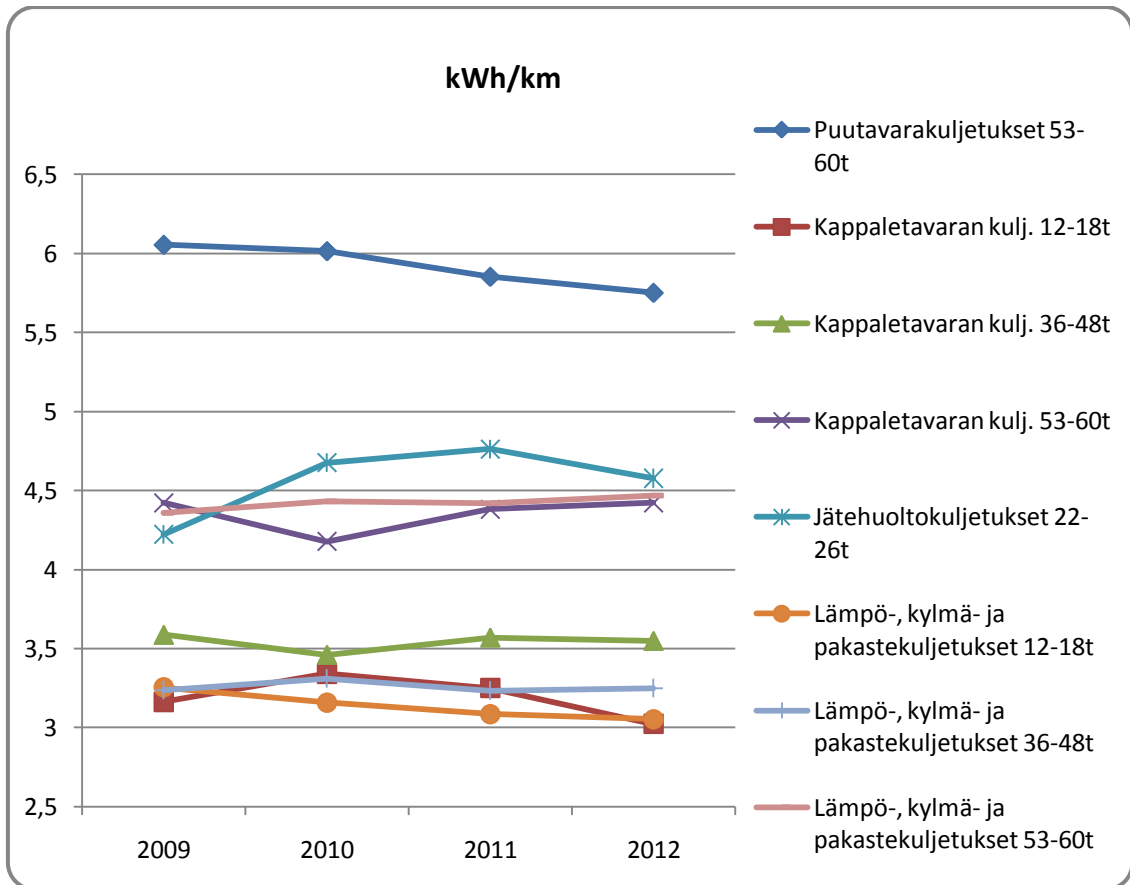
Toimialojen vertailussa on valittu toimialoja ja niiden painoluokkia, joissa on tietojärjestelmän runsaimmat kalustomäärät. Näin otokset on saatu mahdollisimmat suuriksi. Toimialojen ja niiden painoluokkien vuotuiset kalustomäärät on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Kalustomäärät toimialoittain.

toimiala	painoluokka (t)	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	48	39	31	27
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	77	71	81	47
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	44	65	46	41
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	103	96	97	99
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	20	27	43	36
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	96	111	98	135
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	46	42	48	37
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	66	62	63	69

Kuviossa 3 näkyy toimialojen vuotuiset energiatehokkuuden keskiarvot. Odotetusti puutavarakuljetusten kohdalla energian kulutus on suurinta, sillä puukuljetukset ovat painavimpia ja kuljetukset tehdään usein täydellä kuormalla. Kaluston määrässä (taulukko 4) ja energian kulutuksessa kilometriä kohden on puukuljetuksissa kuitenkin laskeva trendi.

Muiden suurten painoluokkien kohdalla (53–60 tonnia) keskimääräinen energian kulutus kilometriä kohden on myös normaalia korkeammalla tasolla. Yllätyksellisesti myös jätehuoltokuljetukset (22–26 tonnia) kuluttavat paljon energiaa.



Kuvio 3. Energiaintensiteetti toimialoittain.

Energiankulutusta suhteessa tonnikilometreihin ei kaikista toimialoista saatu. Tieto oli hyvin vähäistä ja osittain epätodellista. Luvut näkyvät taulukossa 5. Esimerkiksi vuonna 2009 puutavarakuljetusten polttoaineen kulutus tonnikilometriä kohden oli 286 718 kWh/tkm. Taulukossa *-merkillä merkattuihin vuosiin ei tietoja ollut saatavilla.

Taulukko 5. Energiatehokkuus (kWh/tkm) toimialoittain.

toimiala	painoluokka (t)	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	286718	254,44	830	17,89
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18t	180,72	1688,9	1559,95	2,46
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	0,63	0,37	0,64	214,4
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	0,71	0,26	0,21	0,29
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18t	138816,9	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	4,96	*	*	*

5.3 Päästöluokat

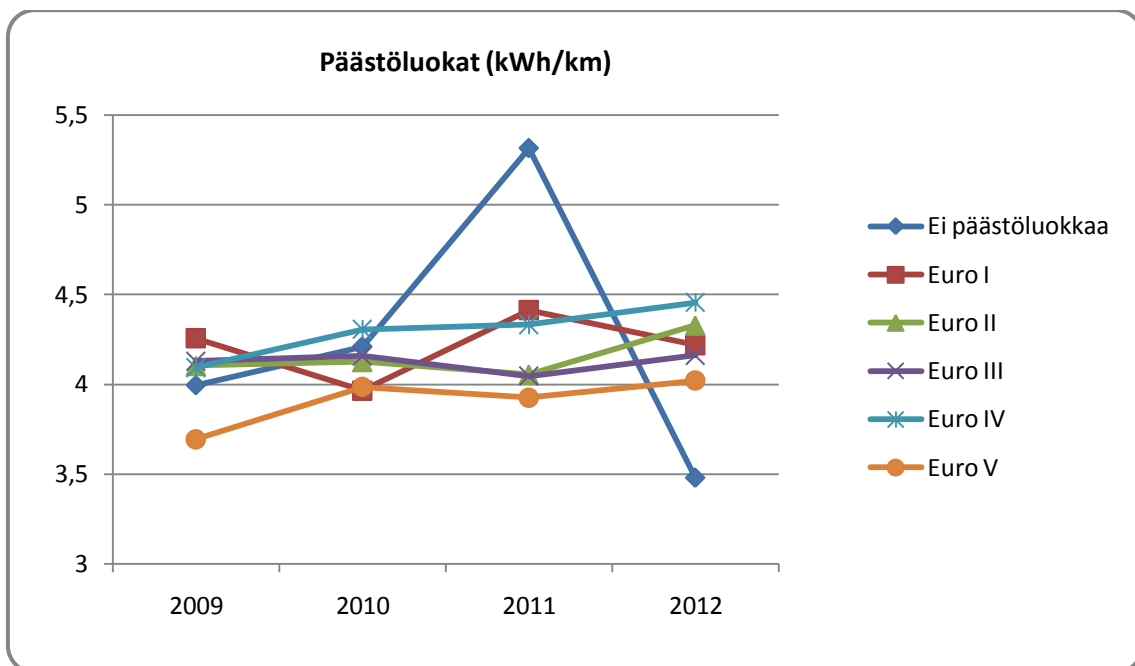
Päästöluokkien välistä energiatehokkuutta on vertailtu samalla tavalla kuin toimialojen energiatehokkuutta. Taulukossa 6 on listattu päästöluokkien vuotuiset kalustomäärät. Kalustomäärissä on nähtävissä suuria eroja. Yleisimpiä luokkia ovat euro III, IV ja V-luokat. Euro V luokassa on havaittavissa suuri kasvu vuosien 2009–2012 välillä. Alemmissa päästöluokissa ajoneuvojen määrä on laskussa. Tämä tukee väitöstä jonka mukaan Suomen raskas ajoneuvokanta on uudistumassa.

Taulukko 6. Kalustomäärät päästöluokittain.

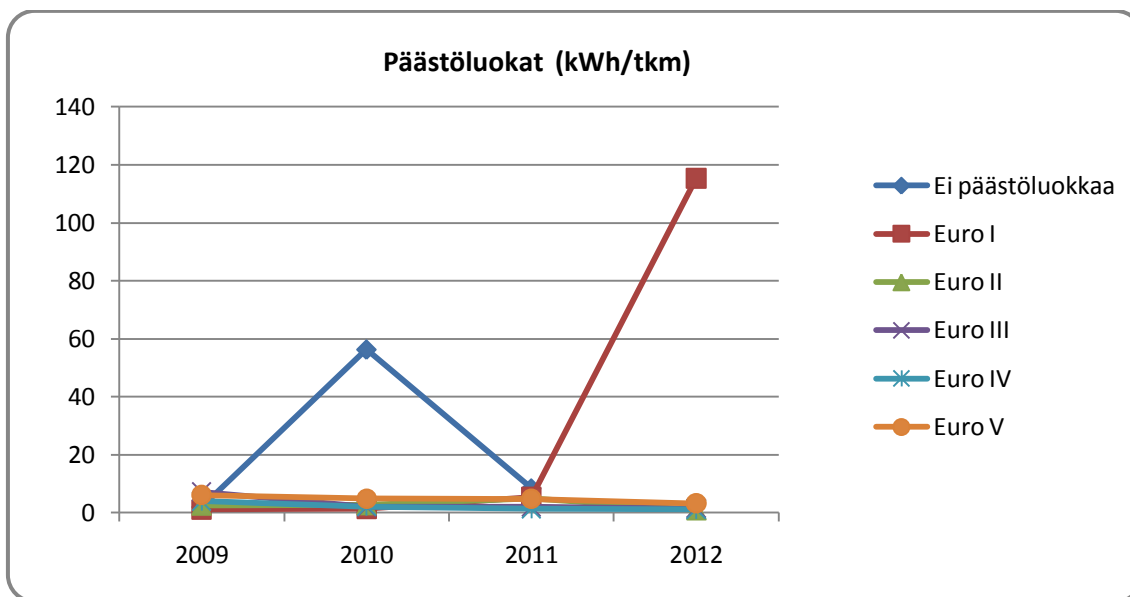
Päästöluokka	2009	2010	2011	2012
Ei päästöluokkaa	118	66	52	60
Euro I	33	30	13	10
Euro II	108	88	77	56
Euro III	633	604	465	378
Euro IV	556	503	474	380
Euro V	134	296	461	536
Euro VI	1	1	2	2

Energian kulutus kilometriä kohden on luokattomien ajoneuvojen osalta melko vaihtelevaa. Arvot ovat vuosina 2009 ja 2010 hieman yli neljä. Vuonna 2011 arvo nousee melkein 5,5:n, ja vuonna 2012 vuorostaan laskee 3,5:n. On vaikea arvioida mistä heittely johtuu.

Muiden luokkien osalta arvot pysyvät harmonisimpina. Jokainen luokka pysyy aika lailla samalla tasolla vuosien 2009–2012 välisenä aikana. Mitään erityistä muutosta ei ole havaittavissa. Euro VI-luokkaa ei otettu tässä tarkastelussa huomioon sen vähäisen lukumäärän vuoksi.



Kuvio 4. Energiaintensiteetti päästöluokittain.



Kuvio 5. päästöluokkien energiatehokkuus kWh/tkm.

5.3.1 Päästöluokat toimialoittain

Tässä kappaleessa tarkastellaan tarkemmin yleisimpiä päästöluokkia. Jokaiselle luokalle tehtiin toimialojen ja painoluokkien jaottelu ja tarkasteltiin niiden välisiä energiatehokkuuksia. Tarkoituksena on selvittää onko päästöluokkien välillä suuria toimialakohtaisia eroja energiatehokkuuksissa. Tarkasteluun valittiin yleisimmät päästöluokat (Euro III, IV ja V).

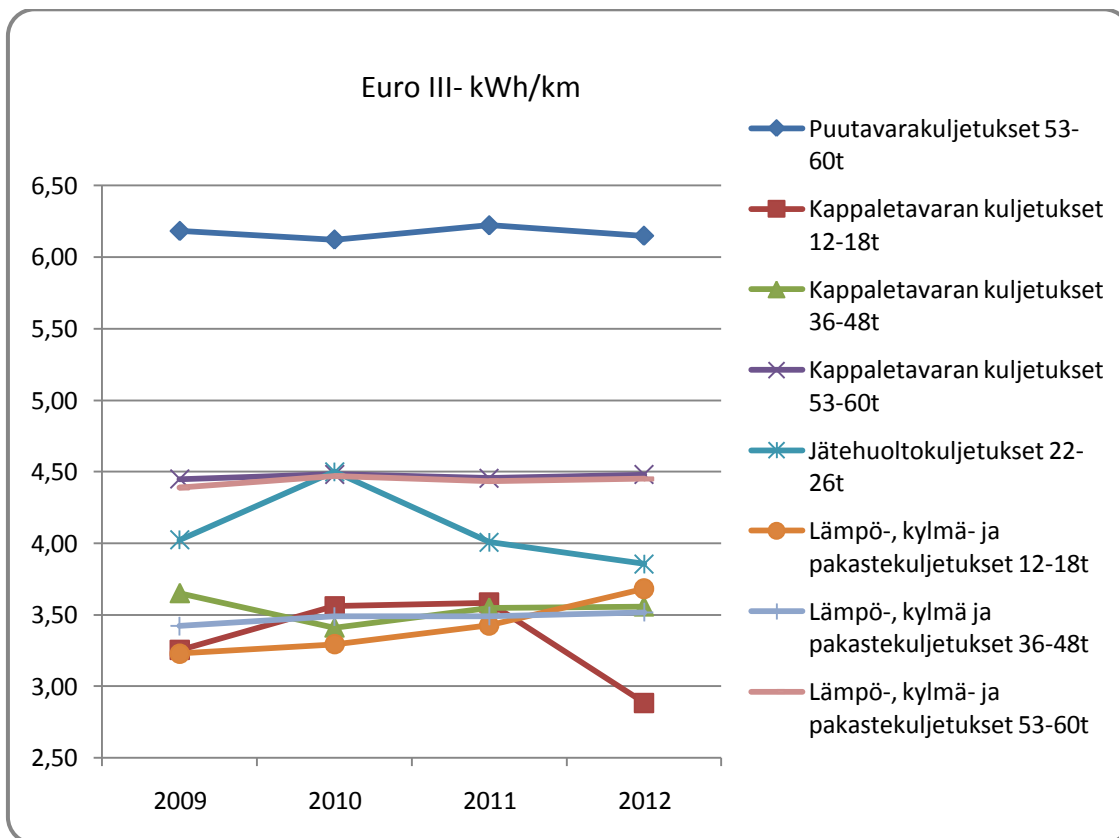
Taulukossa 7 näkyy Euro III-luokan ajoneuvojen määrät vuosina 2009–2012. Keskimääräisesti eniten Euro III-luokan ajoneuvoja esiintyy kappaletavaran sekä lämpö-, kylmä ja pakastekuljetuksissa. Toimiala- ja painojaottelu on tehty samalla tavalla kuin toimialojen vertailussa (kappale 5.2).

Taulukko 7. Euro III-luokan vuotuinen kalustomäärä toimialoittain.

Toimiala	painoluokka (t)	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	21	14	5	3
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	16	23	34	41
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	26	49	30	26
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	30	32	26	24
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	8	11	13	10
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	40	30	10	14
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	10	4	4	4
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	40	37	30	30

Puutavaran, kappaletavaran ja LKP (lämpö, kylmä ja pakaste) kuljetusten suurimman painoluokan (53–60t) arvot ovat odotetusti korkeimmalla tasolla (kuvio 5). Painavimmat kuljetukset kuluttavat huomattavasti enemmän energiaa. Etenkin puutavarakuljetukset ovat todella korkealla tasolla. Jätehuoltokuljetukset ovat myös tässä vertailussa yllättävän korkealla ta-

solla, aivan kuten toimialojen välisessä vertailussa kuviossa 3, 12–18 tonnin ja 36–48 tonnin ajoneuvojen väliset erot energiankulutuksessa kilometriä kohden ovat erittäin pienet.



Kuvio 6. Euro III-luokan energiaintensiteetti toimialoittain.

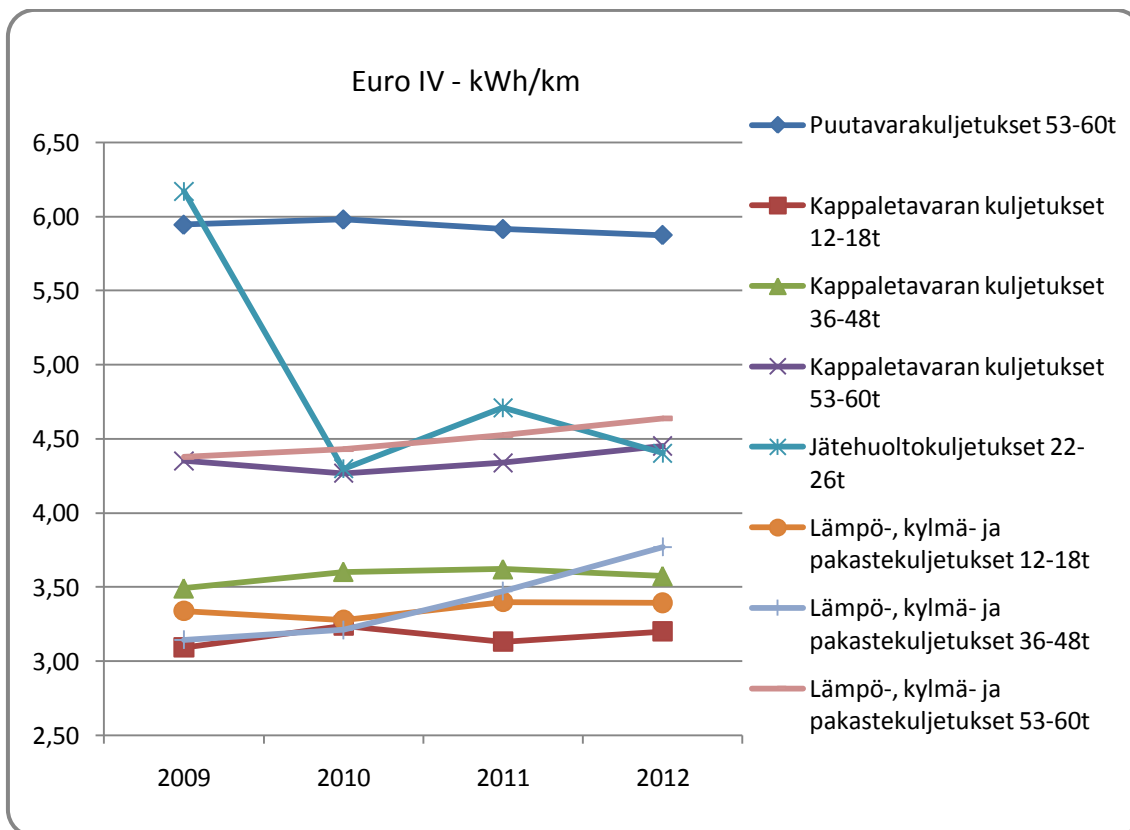
Taulukossa 8 näkyy Euro IV-luokan ajoneuvomäärät vuosina 2009–2012. Runsaslukuisena edustettuna luokassa ovat puutavarakuljetukset, kappaletavaran kuljetukset, sekä lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset. Kappaletavaran kuljetuksissa etenkin suurin painoluokka (53–60t) on suurilukuinen. Jätehuoltokuljetusten ajoneuvoja on tässä päästöluokassa edustettuna hyvin vähän.

Taulukko 8. Euro IV-luokan vuotuinen kalustomäärä toimialoittain.

Toimiala	painoluokka (t)	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	23	21	17	13
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	23	18	24	36
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	17	9	11	10
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	34	40	44	45
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	2	3	5	4
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	29	30	18	11
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	24	17	6	1
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	13	12	14	13

Vertaillessa luokkien Euro III (kuvio 6) ja Euro IV (kuvio 7) energiatehokkuuksia voidaan havaita että energian kulutus kilometriä kohden on

suhteellisen samalla tasolla molemmissa luokissa. Euro IV-luokassa ne ovat kuitenkin hieman alemmalla tasolla lähes jokaisella toimialalla. Jätehuollon kuljetuksissa on runsasta heittoa, mutta otoksen ollessa pieni voi vähäisetkin heitot ajoneuvojen yksittäiskulutuksissa näkyä kokonaistilastossa.



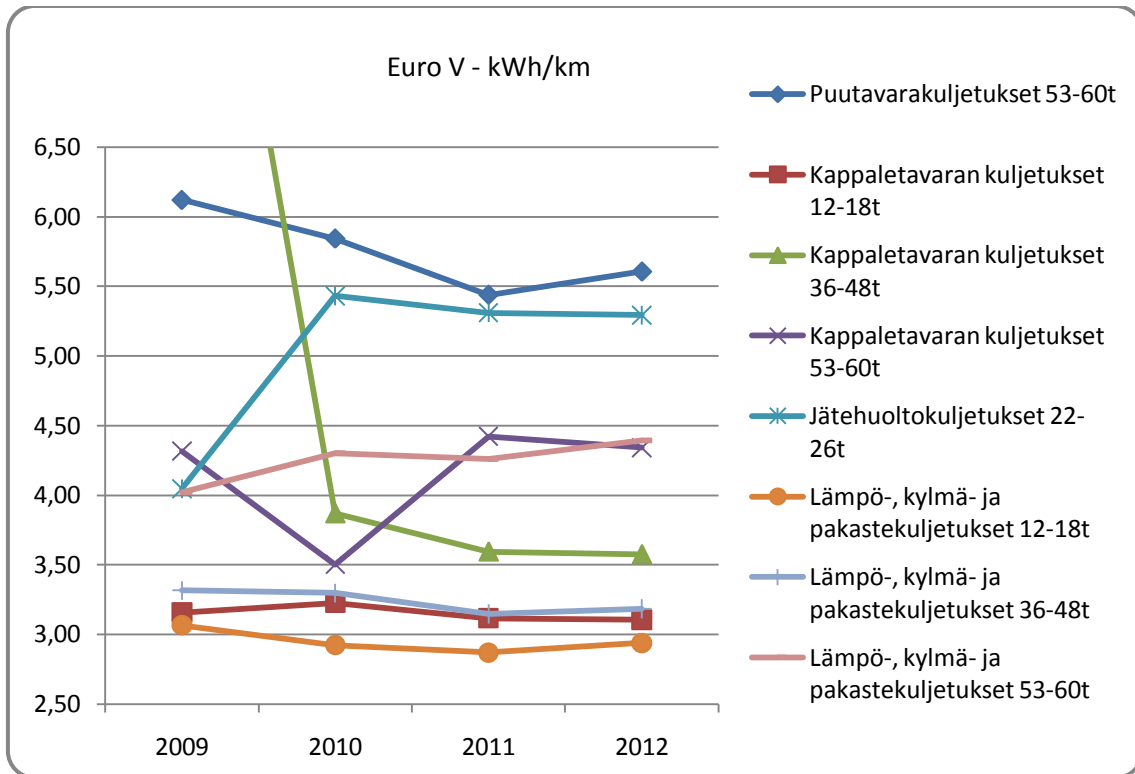
Kuvio 7. Euro IV- luokan energiaintensiteetti toimialoittain.

Taulukossa 9 näkyy Euro V-luokan ajoneuvomäärät vuosina 2009–2012. Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetusten jokaisessa painoluokassa on hyvin suuri määrä ajoneuvoista. Etenkin 12–18 tonnin luokassa ajoneuvoja on runsaasti. Myös kappaletavaran kuljetuksissa 12–18 tonnin luokassa on enemmän kalustoa. Muissa toimialoissa ja painoluokissa ajoneuvomäärät ovat huomattavasti pienemmät.

Taulukko 9. Euro V-luokan vuotuinen kalustomäärä toimialoittain.

Toimiala	painoluokka (t)	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	1	3	9	11
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	24	26	23	20
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	1	3	5	7
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	6	12	17	22
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	2	10	19	13
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	22	48	65	109
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	7	16	35	29
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	8	11	17	25

Euro V päästöluokan energian kulutus kilometriä kohden on kuvattuna kuviossa 8. Arvoissa on huomattavia heittoja, mutta se on kaluston vähäisestä määrästä johtuen odotettavissa. Euro IV-luokkaan (kuvio 6) verrattuna luvut ovat keskimääräisesti laskemassa suurimmassa osassa toimialoja. Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetuksissa 12–18 tonnin painoluokassa kulutus on alle kolme kWh per kilometri, kun taas Euro IV-luokassa arvot ovat kolmen ja kolmea ja puolta kWh per kilometri. 36–48 tonnin ja 53–60 tonnin painoluokissa kulutus on pienempää Euro V-luokassa. Kappale-tavaran kuljetuksissa 12–18 tonnin painoluokassa energiankulutus on myös pienempää.



Kuvio 8. EuroV-luokan energiantensiteetti toimialoittain.

Taulukoissa 10,11 ja 12 on taulukoitu tarkemmassa vertailussa olevien Euro III, IV ja V-luokkien energiatehokkuuksia. Luvut kertovat toimialojen ja niiden painoluokkien vuotuisen energian kulutuksen tonnikipometriä kohden. Taulukossa *-merkillä merkattuihin vuosiin ei tietoja ollut saatavilla. Kuten taulukoista näkee, tiedot ovat hyvin vähäisiä ja myös osittain epäilyttäviä.

Bottom-up – Tarkastelu Suomen tiekuljetusten energiatehokkuuden kehityksestä

Taulukko 10. Euro III-luokan energiatehokkuus toimialoittain (kWh/tkm).

Toimiala	painoluokka	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	128030	7282	*	1,1
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	*	*	*	*
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	0,65	0,52	0,71	85,5
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	0,73	0,39	0,24	0,29
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	*	*	*	*

Taulukko 11. Euro IV-luokan energiatehokkuus toimialoittain (kWh/tkm).

Toimiala	painoluokka	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	*	*	*	*
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	58,7	407,7	208,5	6832,2
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	0,34	0,51	0,3	0,16
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	0,36	0,22	0,19	0,27
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	*	*	*	*

Taulukko 12. Euro V-luokan energiatehokkuus toimialoittain (kWh/tkm).

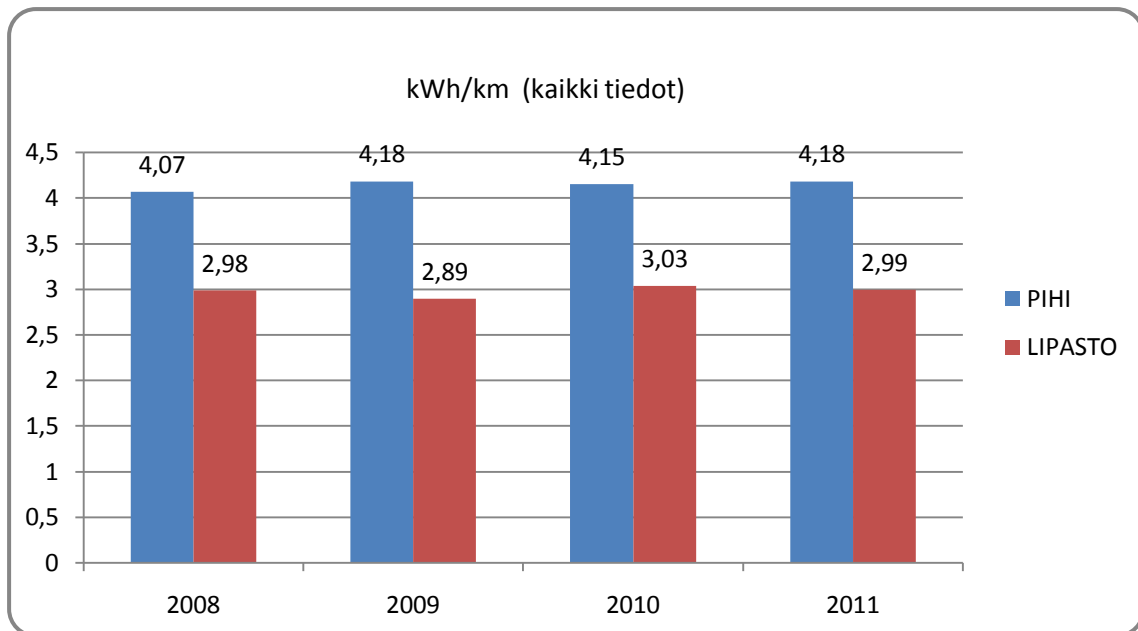
Toimiala	painoluokka	2009	2010	2011	2012
Puutavarakuljetukset	53 - 60	*	*	164,08	*
Kappaletavaran kuljetukset	12 - 18	*	*	*	*
Kappaletavaran kuljetukset	36 - 48	*	*	*	*
Kappaletavaran kuljetukset	53 - 60	*	0,21	2,76	164,09
Jätehuoltokuljetukset	22 - 26	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	12 - 18	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	36 - 48	*	*	*	*
Lämpö-, kylmä- ja pakastekuljetukset	53 - 60	*	*	*	*

6 VERTAILU

Työssä saadut tulokset on siis saatu PIHI-seurantajärjestelmän tiedoista. Tiedot on saatu bottom-up menetelmällä. Tässä kappaleessa on tarkoituksena verrata saatuja tuloksia LIPASTOn virallisiin energiatehokkuuden lukuihin, jotka on laskettu top-down menetelmällä. Tarkoituksena on saada käsitys PIHIn tietojen luotettavuudesta.

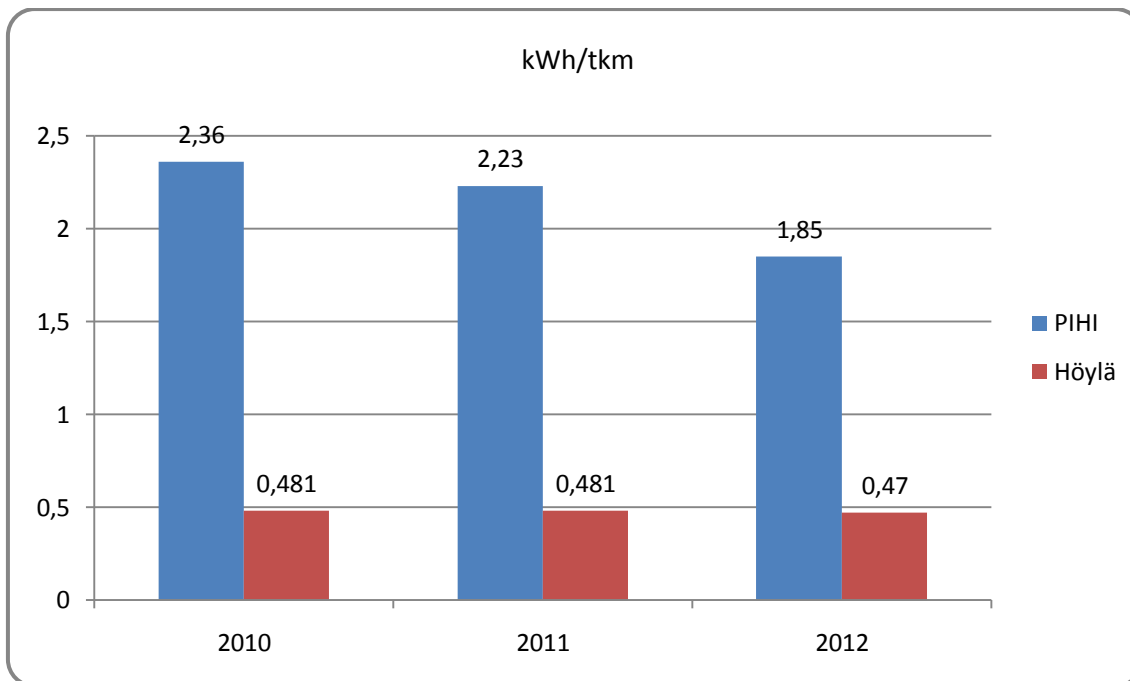
Vertailuun on otettu myös mukaan tekn. tri Harri Kallbergin Tieliikenteen Tietokeskuksella tehty selvitys liikenteen energiatehokkuuden kehityksestä 2010–2012 sekä ennusteesta 2013–2020 (Höylä raportti). Selvityksessä on käytetty myös top-down tyypistä laskentatapaa. Energiatehokkuuden kehittymistä on työssä arvioitu vertaamalla vuosina 2010–2012 myytyjä liikennepolttoaineiden määriä liikennesuoritteisiin ja autokantojen muutoksiin.

Kuviossa 9 on vertailtu PIHIn ja LIPASTOn välisiä energiantensiteettejä. Luvut ovat energiakulutuksen (kWh/km) ajoneuvo kohtaisia keskiarvoja. Luvuista näkee selkeän eron tietojärjestelmien välisistä arvoista. PIHIn mukaan vuotuinen keskikulutus on suurempaa. Luvuissa on kuitenkin myös samanlaisuuksia. Energiantensiteetti pysyy suhteellisen tasaisena molempien tietojen mukaan, eikä suuria heittoja suuntaan tai toiseen ole havaittavissa.



Kuvio 9. PIHIn ja LIPASTOn välisten tietojen energiantensiteetit.

Kuviossa 10 on vertailtu energiatehokkuutta (kWh/tkm) PIHIn tietojen ja Höylä raportin tietojen välillä. Luvuista näkee heti, että niissä on suurta eroavaisuutta. Tuloksissa on jo aiemmin huomattu, että PIHIn energiatehokkuusarvot kilowattitunnit (kWh) suhteutettuna tonnikipometreihin (tkm) ovat epäluotettavia.



Kuvio 10. PIHIn ja höylä raportin energiatehokkuuden vertailu.

Taulukoissa 13, 14 ja 15 on vertailtu vuoden 2011 energiantensiteetin (kWh/km) ja energiatehokkuuden (kWh/tkm) lukuja eri paino- ja Euro-luokkien välillä. Taulukot perustuvat LIPASTO:n yksikköpäästöihin, joissa on kuvattu päästöluokittain eri kokoluokan ajoneuvojen energiatehokkuusarvoja maantieajossa 50%:n kuormalla ja täydellä kuormalla. Luvut on saatu laskennallisilla menetelmin. PIHIn tiedoista vertailuun on otettu päästöluokittain vastaavan kokoluokan ajoneuvojen arvoja. Toimialakoh- taista vertailua ei pystytty tekemään. LIPASTOon on tulossa tavaralaji- kohtaisia lukuja, mutta ne eivät olleet vielä saatavilla.

Taulukossa 13 on tarkastelussa kokonaismassaltaan 15 tonnin ja kanta- vuodeltaan 9 tonnin jakelukuorma-auto. PIHIn tiedoista vertailuun on otettu 12–18 tonnin kokonaispainoluokkaan kuuluvat ajoneuvot. Energiate- hokkuutta suhteessa tonnikilometriin on tässä painoluokassa vaikea ver- tailla tiedon niukkuuden vuoksi. Ajokilometriin suhteutettuna energian- kulutusta sen sijaan pystytään vertailemaan. LIPASTO:n tietojen mukaan luvut pysyvät suhteellisen samalla tasolla puolella kuormalla ja täydellä kuormalla. Arvot vaihtelevat 1,9–2,3 kWh/km välillä. PIHIn arvot ovat paljon korkeammalla tasolla. Tämä voi johtua siitä, että jakeluautojen ajo- suoritteet ovat oletettavasti suuremmaksi osin kaupunkiajoa, jossa poltto- aineen kulutus on suurempaa. Ajon aikana on myös hyvin paljon pysäh- dyksiä, jotka myös nostavat kulutusta. Energian kulutus ajokilometrejä kohden vähenee PIHIn arvojen mukaan mitä uudempaan päästöluokkaan mennään. LIPASTO:n tiedot eivät tue tätä energiatehokkuuden paranevaa trendiä.

Taulukko 13. Vertailu PIHIn ja LIPASTOn tietojen välillä (jakelukuorma-auto).

Suuri jakelukuorma-auto						
Kokonaismassa 15 t, kantavuus 9 t						
Maantieajo						
	Energiankulutus [kWh/tkm]			Energiankulutus [kWh/km]		
	(50 %:n kuorma)	täysi (9 t kuorma)	PIHI (12-18 t)	(50 %:n kuorma)	täysi (9 t kuorma)	PIHI (12-18 t)
--> 1993	0,43	0,24	*	1,9	2,1	3,58
EURO I (1994 - 1996)	0,44	0,24	*	2	2,2	4,02
EURO II (1997 - 2000)	0,44	0,24	*	2	2,2	3,9
EURO III (2001 - 2006)	0,46	0,25	*	2	2,3	3,59
EURO IV (2007 - 2008)	0,44	0,24	570,84	2	2,2	3,26
EURO V (2009 -->)	0,44	0,24	*	2	2,2	3,02

Taulukossa 14 on tarkasteltu puoliperävaunulla varustettuja yhdistelmiä joiden kokonaismassa on 40 tonnia ja kantavuus 25 tonnia. Tietoja verrataan PIHIn 36–48 tonnin painoluokan ajoneuvoyhdistelmien tietoihin. Vertailu energiankulutuksesta tonnikipometreihin nähden on myös tässä painoluokassa hankalaa. Tietoa on ainoastaan Euro III ja Euro IV luokista. Näissäkin tapauksissa PIHIn arvot ovat huomattavasti suuremmat LIPASTON laskennallisiin arvoihin verrattuna. Energiaintensiteetin arvot ovat hyvin samalla tasolla molempien tietolähteiden arvoissa. PIHIn tiedot energiankulutuksesta ajokilometreihin nähden on myös tässä painoluokassa laskusuhdanteessa uudempien ajoneuvojen kohdalla.

Taulukko 14. Vertailu PIHIn ja LIPASTOn tietojen välillä (puoliperävaunu).

Puoliperävaunulla varustetut yhdistelmät						
Kokonaismassa 40 t, kantavuus 25t						
Maantieajo						
	Energiankulutus [kWh/tkm]			Energiankulutus [kWh/km]		
	(70 %:n kuorma)	täysi (25 t kuorma)	PIHI (36-48 t)	(70 %:n kuorma)	täysi (25 t kuorma)	PIHI (36-48 t)
--> 1993	0,21	0,16	*	3,7	4	*
EURO I (1994 - 1996)	0,21	0,16	*	3,7	4,1	4,1
EURO II (1997 - 2000)	0,22	0,17	*	3,8	4,1	4,7
EURO III (2001 - 2006)	0,22	0,17	1,41	3,9	4,1	3,59
EURO IV (2007 - 2008)	0,22	0,17	0,55	3,8	4,1	3,75
EURO V (2009 -->)	0,22	0,17	*	3,8	4,1	3,21

Taulukossa 15 on tarkasteltu varsinaisella perävaunulla varustettuja yhdistelmiä joiden kokonaismassa on 60 tonnia ja kantavuus 40 tonnia. PIHIn tiedoista on mukana 53–60 tonnin painoluokan yhdistelmät. Tässä painoluokassa tonnikipometritietoja oli saatavilla. Tulokset ovat kuitenkin hie-man eri tasolla kuin LIPASTON laskennalliset arvot. Energiaintensiteetti on PIHIn tiedoissa hyvin samalla tasolla LIPASTON arvojen kanssa. Energiakulutuksen laskeva trendi ajokilometreihin nähden on myös tässä painoluokassa havaittavissa.

Taulukko 15. Vertailu PIHIn ja LIPASTOn tietojen välillä (varsinainen perävaunu).

Varsinaisella perävaunulla varustetut yhdistelmät						
Kokonaismassa 60 t, kantavuus 40t						
Maantieajo						
	Energiankulutus [kWh/tkm]			Energiankulutus [kWh/km]		
	(70 %:n kuorma)	täysi (40 t kuorma)	PIHI (53-60 t)	(70 %:n kuorma)	täysi (40 t kuorma)	PIHI (53-60 t)
--> 1993	0,16	0,12	*	4,4	4,8	4,02
EURO I (1994 - 1996)	0,16	0,12	0,4	4,4	4,9	4,72
EURO II (1997 - 2000)	0,16	0,13	1,72	4,5	5	4,43
EURO III (2001 - 2006)	0,16	0,13	0,91	4,6	5,1	4,55
EURO IV (2007 - 2008)	0,16	0,13	0,62	4,5	5	4,55
EURO V (2009 -->)	0,16	0,13	1,22	4,5	5	4,33

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Energiatehokkuudesta ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä on tullut tärkeitä tavoitteita viime vuosina. Euroopan unionin asettamat energiatehokkuuden tavoitteet ja polttoaineverotuksen tiukentaminen asettaa kuljetusyritykset kovien haasteiden eteen. PIHI asettuu yritykselle avainasemaan energiatehokkuuden optimoinnissa.

Lähtökohtaisesti PIHIn tavoitteena on toimia kuljetusyritysten energiatehokkuuden seurantatyökaluna, sekä tuottaa luotettavaa tilastotietoa maanteiden tavaraliikenteen energiatehokkuudesta kansallisella tasolla. Potentiaalisesti PIHIn avulla voitaisiin seurata Suomen tavaraliikenteen energiankulutusta ja sen tehokkuutta, mutta se vaatii järjestelmän käytön yleistymistä ja itse järjestelmän kehitystä.

Järjestelmässä on tällä hetkellä pakollista syöttää ajoneuvojen ajokilometrit ja kulutettu polttoainemäärä. Näiden tietojen avulla pystytään tarkastelemaan kulutettua energiamäärää ajokilometreihin nähden. Tieto antaa kyllä suuntaa energiatehokkuudesta, mutta ei ota huomioon kuljetettavaa kuormaa. Lähtökohtaisesti yritykset pyrkivät ajamaan mahdollisimman suurilla kuormilla, mutta aina esimerkiksi paluukuormaa ei ole. Tämän johdosta kulutus on vähäisempää ja energiatehokkuus vaikuttaa paremmalta.

Tonnikilometrit ovat energiatehokkuuden arvioimisessa erittäin merkittävässä asemassa. Energiankulutus suhteutettuna tonnikilometreihin kertoo kuinka paljon energiaa kuluu rahdin liikuttamiseen. Yrityksiltä ei kuitenkaan vaadita tonnikilometriä syöttämistä järjestelmään. Tämä johtuu siitä, että tonnikilometriä seuraaminen olisi yrityksille lähes mahdotonta. Isommissa terminaalikuljetuksissa kuorman punnitseminen olisi teoriassa ehkä mahdollista, mutta käytännössä se voisi olla hankalaa. Jakelukuljetuksissa todellisia tonnikilometrejä ei pysty nykymenetelmin mitenkään selvittämään kuorman painon muuttuessa jatkuvasti.

Suurin havaitsemani ongelma järjestelmässä oli sen tietojen osittainen luotettavuus. Etenkin tonnikilometriä osalta tiedoissa oli hyvin epämääräisiä lukuja kuten esimerkiksi taulukoissa 10, 11 ja 12. Osittain myös tarkastellessa energiankulutusta ajokilometreihin nähden, oli havaittavissa satunnaisia heittoja arvoissa. Otosten ollessa suhteellisen pieniä, vaikuttivat heitot kokonaiskuvaan merkittävästi. Yritysten näkökulmasta on turhaa lisätä järjestelmään vääriä tietoja, joten todennäköisesti kyseessä on inhimillinen virhe joko tietojen syöttövaiheessa tai aikaisemmin yrityksen omassa kirjanpidossa. Olisi hyvä jos järjestelmää pystyisi kehittämään niin, että mahdottomia lukuja ei pystyisi syöttämään. Lukujen syöttövaiheessa järjestelmä voisi tarkistaa luvut, ja ilmoittaa käyttäjälle mikäli luvuista tulee käytännössä mahdottomia energiatehokkuuden arvoja.

LÄHTEET

- Arposalo, A.;& Liedes, M. (2007). *Turvallisuus ja ympäristövaikutukset transitioliikenteessä*. Lappeenranta: Lappeenranta University of Technology.
- Broc, J.-S. (2009). *The development process for harmonised bottom-up evaluation methods of energy savings*. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- dieselnet. (2014). *www.dieselnet.com*. Haettu 12. 02 2014 osoitteesta <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>
- EU. (2006). (2006/32/EY). *Energiapalveludirektiivi*.
- EU. (2012). Energy Efficiency Directive. *2012/27/EU*.
- Kalenoja, H.;Kallionpää, E.;& Rantala, J. (2012). *Energiatehokkuuden mittarit ja potentiaalit*. Aalto-yliopisto.
- Liimatainen, H. (2010). *Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.
- LVM. (2008). *energiantehokkuussopimus. Tavarankuljetusten ja logistiikan energiantehokkuussopimus vuosille 2008-2016*.
- LVM. (2010). *Energiatehokkuus logistiikassa*. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- LVM. (2012). *Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuus*. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- Motiva. (2013). *Kattavuusraportti*. Helsinki: Motiva.
- Motiva Oy. (2011). *www.motiva.fi*. Haettu 23. maaliskuuta 2014 osoitteesta http://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan_tiedotteet/2011/pihi_polttoainetalous_takaa_kilpailukyvyyn.4145.news
- Motiva Oy. (2013). *www.motiva.fi*. Haettu 13. huhtikuuta 2014
- VTT. (2011). *Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt LIISA laskentajärjestelmä*. VTT.
- VTT. (2013). *www.VTT.fi*. Haettu 23. marraskuuta 2013
- Wuppertal Institute. (ei pvm). *www.evaluate-energy-savings.eu*. Haettu 10. lokakuuta 2013 osoitteesta http://www.evaluate-energy-savings.eu/emees/en/the_project/project_description.php

