



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Heikki Liimatainen

Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi



Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos.
Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 77
Tampere University of Technology. Department of Business Information
Management and Logistics. Transportation Systems. Research Report 77

Heikki Liimatainen

Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi

Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
Tampere 2010

Kansikuvat: Tommi Mäkelä

ISBN 978-952-15-2486-8 (painettu)
ISBN 978-952-15-2487-5 (PDF)
ISSN 1797-9072



Tekijä Heikki Liimatainen	
Julkaisun nimi Kuljetusalan energiatehokkuuden raportointi ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointi	
Tiivistelmä <p>Kuljetusalaan kohdistuva paine energiatehokkuuden parantamiseksi ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi kasvaa jatkuvasti. Suomessa alan tavoitteeksi on tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen muodossa asetettu 9 prosentin parannus energiatehokkuudessa vuosina 2008–2016 EU:n energiapalveludirektiivin mukaisesti. Tavoitteet ja kuljetusyriytysten päivittäisen toiminnan todellisuus eivät kuitenkaan näytä kohtaavan. Pienyritysvaltaisella kuljetusosalalla ei ole riittävästi tietoa, osaamista ja resursseja energiatehokkuuden parantamiseksi. Asiaa eivät myöskään auta energiatehokkuuteen liittyvän raportoinnin standardien puute, epäselvästi asetetut tavoitteet ja tavoitteiden toteutumisen seurannan vajavaisuus.</p> <p>Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää kuljetusalan energiatehokkuuden tavoitteita, siihen liittyvää raportointia ja tehostamistoimenpiteiden vaikutusten arviointia sekä kuljetusasiakkaiden odotuksia kuljetusten ympäristöraportoinnin suhteen. Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuusselvitystä ja haastattelututkimusta.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena on määritelty tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen tavoite yhtenä energiatehokkuuden lukuarvona ensimmäistä kertaa. Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointiin esitellään raportissa ylhäältä alas ja alhaalta ylös -menetelmät ja näihin liittyvät tietolähteet. Energiatehokkuuden raportointiin ja vaikutusten arviointiin yritystasolla liittyviä seikkoja havainnollistetaan laskentaesimerkin avulla.</p> <p>Energiatehokkuuden parantaminen näkyy kuljetusyriytksen toiminnassa suoraan alentuneina kustannuksina ja parantuneena tuloksena. Energiatehokkuuden ja päästöjen raportoinnin hallitseva kuljetusyriitys voi saavuttaa kilpailuetua kuljetusasiakkaiden silmissä. Raportointiin ja energiatehokkuustavoitteiden seurantaan tarvitaan pelisääntöjen selkeyttämistä, minkä toteuttamiseksi yhteistyö alan sidosryhmien kesken on välttämätöntä.</p>	
Asiasanat tiekuljetukset, energiatehokkuus	
Sarjan nimi ja numero Tampereen teknillinen yliopisto. Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos. Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 77	Kokonaissivumäärä 42
ISSN 1797-9072	ISBN 978-952-15-2486-8 (painettu) 978-952-15-2487-5 (PDF)



Author Heikki Liimatainen	
Name of the publication Reporting of energy efficiency in freight transport and evaluating the effects of efficiency measures	
Abstract <p>The pressure towards freight transport sector to improve energy efficiency and reduce carbon dioxide emissions is growing continuously. In Finland, a target for improving the energy efficiency by 9 % during 2008-2016, in accordance to the European energy services directive, was set in the energy efficiency agreement for freight transport and logistics. However, the targets and the reality faced by freight transport companies do not seem to meet. Small companies, such as the majority of Finnish freight transport companies are, do not have enough information, know-how or resources to improve their energy efficiency. The situation is also made worse by lack of standards on reporting energy efficiency, unclear target-setting and inadequate follow-up of achievements.</p> <p>The aim of this study was to clarify the targets of energy efficiency, related reporting and evaluation of efficiency measures, as well as the expectations of transport customer towards environmental reporting. Literature review and surveys were used as research methods.</p> <p>As a result of this study, the target of the energy efficiency agreement for freight transport and logistics was expressed as a single figure for the first time. Top-down and bottom-up methods and related sources of information for evaluating energy efficiency are also presented in this report. Company-level issues in reporting energy efficiency and evaluating efficiency measures are illustrated with a calculation example.</p> <p>The improvement of energy efficiency will directly reduce the costs and improve the profits of a freight transport company. A company which handles the reporting of energy efficiency and emissions well can also gain competitive advantage in the eyes of transport customers. Reporting and monitoring the achievement of energy efficiency targets does, however, require further clarification of common principles, which requires collaboration between all stakeholders.</p>	
Keywords road freight transport, energy efficiency	
Serial name and number Tampere University of Technology. Department of Business Information Management and Logistics. Transportation Systems. Research Report 77	Pages, total 42
ISSN 1797-9072	ISBN 978-952-15-2486-8 (printed) 978-952-15-2487-5 (PDF)

Alkusanat

Tämä tutkimus on osa laajaa suomalaista tieliikenteen energiansäästön ja uusiutuvan energian *TransEco*-tutkimusohjelmaa (www.transec.fi). Tutkimus on tehty Tampereen teknillisen yliopiston tiedonhallinnan ja logistiikan laitoksella, jossa tutkimusryhmään ovat kuuluneet tutkija Heikki Liimatainen ja laboratorioinsinööri Harri Rauhamäki. Tutkimuksen aikana on tehty yhteistyötä VR Transpointin kanssa, josta tutkimuksessa ovat olleet mukana Kimmo Nykänen ja Pasi Sauna-aho. Osana tutkimusta toteutettiin myös tutkijavaihto, jonka aikana tutkija Heikki Liimatainen työskenteli professori Alan McKinnonin ohjauksessa Heriot-Watt Universityssä Edinburghissa.

Haluan lausua parhaat kiitokseni työtovereille ja yhteistyökumppaneille tärkeästä työstä kestävämmän kuljetusjärjestelmän edistämiseksi.

Tampereella 17.11.2010

Heikki Liimatainen
tutkija

trans^{eco}

Sisällysluettelo

1	Tausta.....	7
2	Energiatehokkuuden arviointikehikko.....	9
2.1	EU:n ohjeita energiatehokkuuden arviointiin – EMEES-projekti	10
3	Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi – ylhäältä alas.....	13
3.1	Tavarankuljetuksen ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen tavoitteen määrittely	14
4	Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi – alhaalta ylös.....	17
5	Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi ja tarkka päästöjen laskenta kuljetusyrityksessä	20
5.1	Energiatehokkuuden ja energiankulutuksen laskenta	22
5.1.1	Jyvitys asiakkaille.....	23
5.1.2	Laskennan tulokset	24
6	Logistiikan ympäristöraportointi -kyselytutkimus kuljetusasiakkaille.....	27
6.1	Tausta	27
6.2	Menetelmät.....	28
6.3	Tulokset	28
6.3.1	Oma ympäristöraportointi	29
6.3.2	Kuljetusten ympäristöraportointi	31
6.3.3	Ympäristöraportointi kuljetuspalvelujen hankinnoissa	33
6.3.4	Tulevaisuusväittämät	34
6.4	Kyselyn pääviestit	35
7	Päätelmät	37
	Lähteet	39

1 Tausta

Energiatehokkuudesta ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä on tullut tärkeitä maailmanlaajuisia tavoitteita viime vuosina. Tietoa energiankäytöstä ja toimenpiteistä käytön vähentämiseksi tarvitaan yhteiskunnan kaikilla sektoreilla ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja kohoaviin energiakustannuksiin vastaamiseksi. Tämä trendi välittyy myös kuljetus- ja logistiikka-alalle julkisen sektorin, asiakasyritysten ja kuluttajien kasvavina vaatimuksina kuljetustoiminnan ympäristövaikutusten raportoinnin kehittämiseksi ja energiatehokkuuden parantamiseksi.

Euroopan unioni on asettanut tavoitteeksi hiilidioksidipäästöjen vähentämisen 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä ja tavoite voidaan nostaa 30 prosenttiin, mikäli globaali ilmastopimus saadaan aikaan (COM/2008/0030). Tärkeimmäksi työkaluksi tavoitteen saavuttamiseksi mainitaan EU:n päästökauppajärjestelmän (ETS) uudistaminen. Päästökauppajärjestelmä kattaa kuitenkin alle puolet kasvihuonekaasupäästöistä ja sen ulkopuolelle jää esimerkiksi liikennesektori, vaikkakin lentoliikenteen liittämistä päästökauppaan on jo päätetty direktiivillä (2008/101/EC). Päästökauppajärjestelmän ulkopuolisille sektoreille EU on asettanut jäsenmaille omat kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet (COM/2008/0017). Suomen osalta tavoitteeksi on asetettu 16 % vähenemä vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä.

EU:n jäsenmaana Suomi on myös sitoutunut energiapalveludirektiivin (2006/32/EC) mukaisesti vähentämään energian loppukäyttöä 9 % vuosien 2001–2005 keskiarvosta vuoteen 2016 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi EU on luonut mm. toimintasuunnitelman (COM/2006/0545), jossa todetaan liikennesektorin olevan erittäin tärkeässä roolissa tavoitteiden saavuttamisessa, koska sen energiankäyttö on kasvanut nopeasti ja se on lähes täysin riippuvainen fossiilisista polttoaineista. Toimintasuunnitelmassa tunnistetaan useita energiatehokkuustoimenpiteitä, mutta vain muutama näistä sopii liikennesektorille. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi puhtaiden ajoneuvojen markkinoiden edistäminen, autojen oikeiden rengaspaineiden ylläpito ja eri liikennemuotojen tehokkaan käytön edistäminen, jota korostetaan EU:n liikennepolitiikassa laajemminkin (COM/2006/0314; COM/2007/0607). Toimintasuunnitelmaa ollaan päivittämässä ja tähän liittyvä julkisessa konsultaatiossa tunnistettiin useita haasteita, jotka hidastavat energiansäästötavoitteiden saavuttamista (Euroopan komissio 2009). Liikennesektoriin liittyviä haasteita ovat esimerkiksi täsmällisten tavoitteiden asettamisen vaikeudet ja poliittisten päätöksentekijöiden haluttomuus tehdä vaikeita päätöksiä, jotka koskevat yritysten ja kansalaisten käyttäytymisen muuttamista.

Suomessa liikennealaaan liittyvät ministeriöt ja alan liitot ovat vuonna 2008 solmineet energiatehokkuussopimukset tavarankuljetuksille ja logistiikalle sekä joukkoliikenteelle. Sopimusten tarkoituksena on edistää edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamista. Sopimukset kattavat aikavälin 2008–2016 ja sopijaosapuolet sitoutuvat edistämään energiatehokkuuteen liittyvää tutkimusta ja kehitystä sekä alan yritysten koulutusta ja ohjausta. Yrityksille sopimukseen liittyminen on vapaaehtoista. Sopimusten tavoitteena on, että kuljetusten osalta 60 % yrityksistä ja joukkoliikenteen osalta 80 % liikenteestä on sopimuksen piirissä vuoteen 2016 mennessä (Motiva 2008). Sopimukseen liittymällä yritys sitoutuu energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen ja energiankulutustietojen raportointiin valtakunnallisiin seurantajärjestelmiin. Sopimusten tavoitteena on energiapalveludirektiivin mukaisesti energiatehokkuuden parantaminen 9 prosentilla vuosien 2001–2005 tasosta vuoteen 2016 mennessä. Tavarankuljetusten tavoite on määritelty kirjaimellisesti seuraavasti: ”9 prosentin energiansäästö verrattuna vuosien 2001–2005 keskimääräiseen energiankulutukseen, jos kuljetussuorite (tonnikilometrit) on pysynyt vuoden 2008 tasolla”. Joukkoliikenteen osalta sopimuksessa asetetaan energiansäästötavoitteet kulkumuodoittain. Linja-autoliikenteen säästötavoite on 19,2 GWh vuodessa.

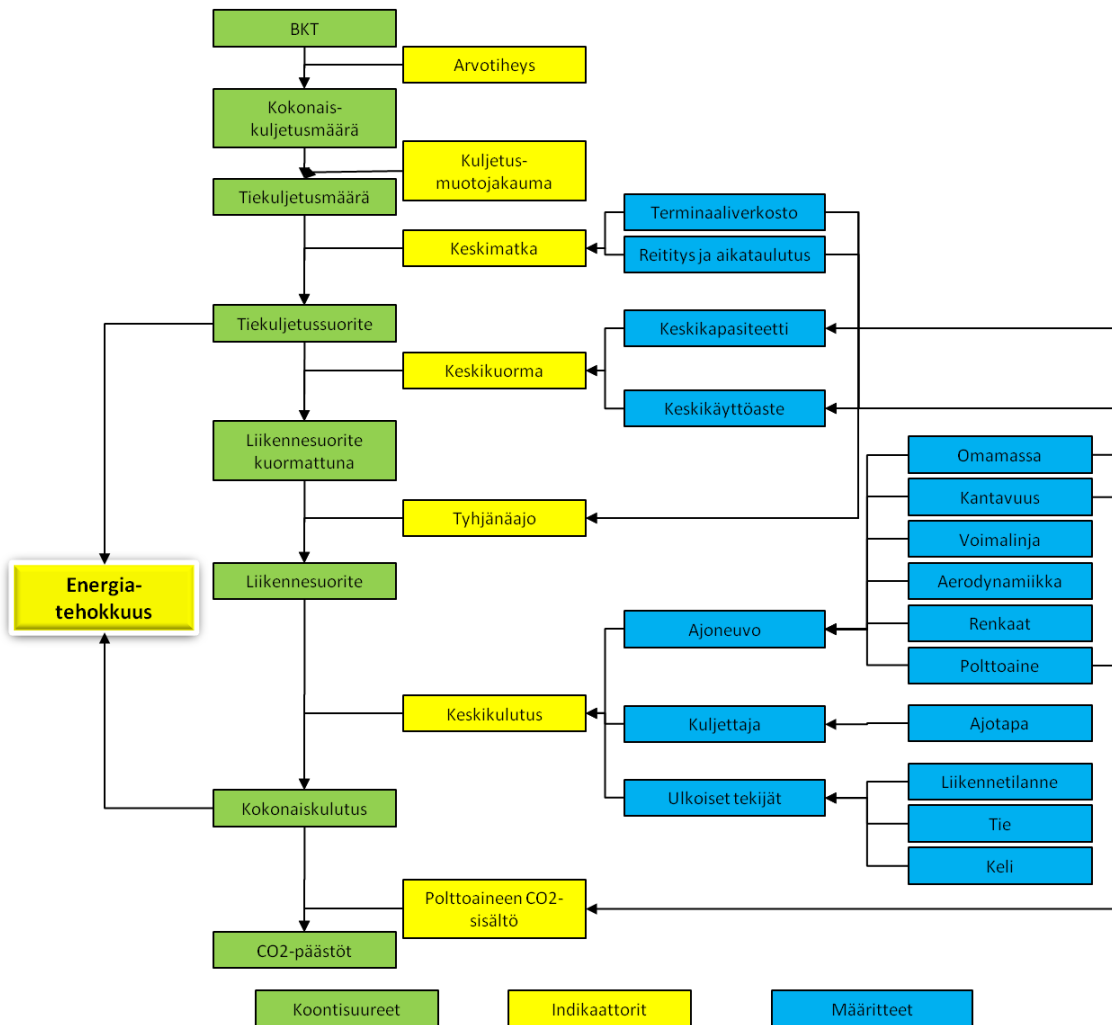
Tavarankuljetusten osalta merkittävää on, että sopimuksessa ei kerrota vuosien 2001–2005 energiankulutusta tai vuoden 2008 kuljetussuoritetta, eikä myöskään sitä, mistä lähteestä nämä tiedot määritellään. Myös energiankulutuksen ja kuljetussuoritteen määrittäminen eri vuosilta on erikoista, koska tämän myötä tavoite voi todellisuudessa olla jotain muuta kuin 9 %, riippuen energiatehokkuuden kehityksestä vuosina 2001–2008. Sopimustekstissä todetaan lisäksi, että energiatehokkuustavoitteen arvioinnissa pyritään ottamaan huomioon myös varhaisten, eli ennen sopimuskautta tehtyjen, toimenpiteiden vaikutus. Sopimuksessa ei kuitenkaan kerrota, mitä nämä varhaiset toimenpiteet ovat tai miten niiden vaikutus pitäisi laskea. Sopimuksen mukaan LVM, SKAL, Logistiikkayritysten liitto, VR ja Motiva määrittelevät vuoden 2008 loppuun mennessä yrityksiltä vuosittain kysyttävät seurantatiedot ja menetelmän, jonka mukaisesti energiatehokkuuden kehittymistä seurataan ja arvioidaan. Näin ei kuitenkaan ole toistaiseksi tapahtunut.

2 Energiatehokkuuden arviointikehikko

Energiatehokkuus määritellään energiapalveludirektiivissä (2006/32/EY) suoritteen, palvelun, tavaran tai energian tuotoksen ja energiapanoksen väliseksi suhteeksi. Energiatehokkuus tarkoittaa siten liikenteessä matkustus- tai kuljetussuoritteen ja kuluneen energian välistä suhdetta, siis henkilö- tai tonnikilometrejä kilowattituntia kohti (hkm/kWh tai tkm/kWh). Tällä indikaattorilla liikkumisen tai kuljetusten tehostuessa energiatehokkuuslukema kasvaa. Asiaa voi tarkastella myös toisinpäin käännettynä (kWh/hkm tai tkm), mitä myös kutsutaan joskus energiatehokkuudeksi, mutta itse asiassa kyseessä on tällöin energiaintensiteetti (Kamakate & Schipper 2009). Energian yksikkönä voidaan käyttää kilowattitunnin sijaan myös joulea. Energiatehokkuuden kanssa läheisiä käsitteitä ovat lisäksi esimerkiksi polttoaineintensiteetti (koe/tkm, koe tarkoittaa kilogrammaa öljyekvivalenttia) ja päästöintensiteetti (g CO₂/tkm) (Pere-Martinez 2009) tai hiilidioksiditehokkuus (tkm/kg CO₂) (Leonardi & Baumgartner 2004). Kaikki nämä yksiköt ovat kiinteästi yhteydessä toisiinsa, sillä dieselin energiasältö (10,1 kWh/l, 36,3 MJ/l, 0,87 koe/l) ja hiilidioksidisisältö (2,66 kg/l) ovat vakioita (LIPASTO 2010).

Energiatehokkuus on usean toisiinsa vaikuttavan tekijän lopputulos. Leonardi & Baumgartner (2004) mukaan hiilidioksiditehokkuus on kaluston käytön tehokkuuden, kaluston ja reitin ominaisuuksien sekä kuljettajan ajotavan tulos. Näistä kaluston käytön tehokkuus on heidän mielestään tärkein määrittäjä. Perez-Martinez (2009) puolestaan analysoi tiekuljetusten energiatehokkuutta Espanjassa 10 kuvailevan ja 10 tehokkuusindikaattorin avulla.

Laajasti hyväksytty kuvaus taloudellisen toimeliaisuuden ja CO₂-päästöjen välisistä koontisuureista, indikaattoreista ja määritteistä esiteltiin EU-tason REDEFINE-projektissa (1999). Tätä kuvausta on sen jälkeen käytetty useissa eri muodoissa kulloisenkin tilanteen painotusten mukaan, mutta koontisuureet ja indikaattorit ovat pysytelleet pääosin muuttumattomina (esim. McKinnon 2007; Piecyk & McKinnon 2009). Myös energiatehokkuuden arviointiin tämä kuvaus sopii hieman muokattuna (kuva 1).



Kuva 1. Tiekuljetusten energiatehokkuuden arviointikehikko.

2.1 EU:n ohjeita energiatehokkuuden arviointiin – EMEEES-projekti

EU:n tasolla on toteutettu tutkimusprojekteja, joiden tarkoituksena on ollut tuottaa toimintaohjeita energiapalveludirektiivin toteutumisen seurantaan. EMEEES-projektissa tuotettiin yleisiä ohjeita energiatehokkuustoimenpiteiden arviointiin kahdella laskentatavalla: ylhäältä alas (top-down) ja alhaalta ylös (bottom-up) (Wuppertal Institute 2009). Ylhäältä alas -laskelmissa tarkastellaan muutoksia joidenkin kansallisen tason tunnuslukujen kautta. Esimerkiksi tavaraliikenteessä energiansäästöä voidaan ennakoida arvioimalla kuorma-autojen yksikkökulutus tavoitevuonna 2016, vähentämällä tästä yksikkökulutus perusvuonna 2007 ja kertomalla näiden erotus kuljetus-suoritteella vuonna 2016 (Lapillone & Desbrosses 2009). Näin saatu energiansäästö voidaan sitten jakaa eri energiatehokkuustoimenpiteillä saavutettaviin osuuksiin.

Alhaalta ylös -laskennassa kokonaisenergiansäästö lasketaan kertomalla yhden toimijan toimenpiteen energiansäästö toimijoiden määrällä, ottaen myös huomioon mahdolliset kaksoislaskennat ja politiikkatoimista riippumattomat säästöt samaan energiansäästökohteeseen liittyen. Projektissa tuotettiin ohjeet alhaalta ylös -laskentaan 20 energiatehokkuustoimenpiteelle, joista raskaaseen liikenteeseen liittyviä ohjeita on kaksi: taloudellinen ajotapa ja energiatehokkaat voiteluaineet ja renkaat (Beeldman & van den Brink 2009; Böhler & Rudolph 2009).

Taloudellisen ajotavan energiansäästöön kuuluu useita raskaan ajoneuvon polttoaineenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat taloudellisen ajotavan koulutukset, ajotapakoulutus ajokorttikoulutuksen yhteydessä sekä kulutusta pienentävät ajoneuvolaitteet, kuten ajotietokone, vakionopeudensäädin, stop-start-järjestelmät ja renkaan ilmanpaineen seurantajärjestelmä. Kunkin toimenpiteen tuottama energiansäästö lasketaan seuraavasti:

vuosittainen energiansäästö = toimenpiteeseen osallistuvien lukumäärä * vaikuttavuus * vaikutus * keskimääräinen energiankulutus ennen toimenpidettä

Vaikuttavuudella tarkoitetaan sitä prosenttiosuutta kuljettajista, jotka muuttavat toimintaansa. Vaikutuksella tarkoitetaan puolestaan sitä, kuinka paljon toiminta muuttuu eli kuinka monta prosenttia energiankulutus pienenee. Keskimääräinen energiankulutus ennen toimenpidettä voidaan laskea jakamalla kokonaisenergiankulutus kuljettajien määrällä, mutta myös ajoneuvojen määrää tai tavaraliikenteessä ajokilometrien määrää voidaan käyttää. EU:n tasolla ohjearvot taloudellisen ajotavan toimenpiteille ovat seuraavat:

Taulukko 1. Taloudellisen ajotavan energiatehokkuustoimenpiteiden EU-tason laskentaperusteet. (Beeldman & van den Brink 2009)

	Vaikuttavuus	Vaikutus
Ajotapakurssit	26 %	7,5 %
Koulutus ajokorttikoulutuksen yhteydessä	26 %	7,5 %
Simulaattorikoulutus	10 %	7,5 %
Ajoneuvolaitteet	67,5 %	3,8 %

Yllä olevien EU-tason vaikuttavuus- ja vaikutuslukemien sijaan laskennassa voidaan käyttää myös kansallisia lukemia, joiden tulee perustua kansalliseen seurantaan.

Laskenta voidaan tehdä myös summaamalla yksittäisten taloudellisen ajotavan kampanjoiden energiansäästöt, jos näistä on tarkkoja vaikuttavuus- ja vaikutuslukuja saatavilla. Lisäksi huomautetaan, että laskennassa pitäisi mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon koulutusten vaikutuksen pieneneminen ajan myötä, minkä arvioidaan olevan 10 % vuodessa, eli vuoden kuluttua koulutuksen vaikutus olisi 6,75 %.

Energiatehokkaiksi voiteluaineiksi määritellään EMEEES-projektissa pienen viskositeetin öljyt (0/5W-30/40) ja renkaiksi alhaisen vierinvastuksen renkaat (RAL-UZ 89 standardin täyttävä). Näiden käyttöönotolla saavutettavaa energiansäästöä voidaan arvioida taloudellisen ajotavan tapaan toimenpiteeseen osallistuvien autojen määrän ja yksikkökulutuksen muutoksen avulla. Laskentaa voidaan tehdä usealla tasolla ja laskentaa varten on määritelty seuraavat vaikutukset (Böhler & Rudolph 2009):

Taulukko 2. Energiatehokkaiden voiteluaineiden ja renkaiden vaikutus kulutukseen.

	Voiteluaine	Renkaat
Vaikutus keskimäärin	2,7 %	5,0 %
Taajama-ajossa	5,2 %	9,0 %
Maantieajossa	3,3 %	7,0 %
Moottoritieajossa	1,8 %	3,0 %

Keskimääräistä vaikutusta käytetään EU:n ja kansallisen tason arvioinnissa, mutta yksittäisten projektien tai kampanjoiden arvioinnissa voidaan käyttää tieluokittaisia vaikutuksia, jos eri tieluokilla ajatut suoritteet ovat selvillä.

EMEEES-projektin ohjeet ovat hyvin suppeat ja jättävät useita raskaan kaluston energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä huomiotta. Erityisesti kaluston omamassan ja kantavuuden suhteella ja aerodynamiikalla on hyvin merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen, mutta näiden energiansäästön laskentaan projektissa ei ole ohjeita.

3 Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi – ylhäältä alas

Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksia voidaan arvioida yllä mainittua kehikkoa käyttäen sekä ylhäältä alas (koontisuureista määritteisiin) että alhaalta ylös (määritteistä koontisuureisiin). Olemassa olevat tilastotiedot eivät kuitenkaan sisällä tietoa kaikista arviointikehikon osista. Suomessa tiekuljetusten energiatehokkuuden ylhäältä alas -arvioinnin pääasiallisia tietolähteitä on kolme: Tilastokeskuksen Tieliikenteen tavarankuljetustilasto, VTT:n LIPASTO liikenteen päästölaskentajärjestelmä ja Liikenneviraston tietilasto. Nämä tietolähteet hyödyntävät osin toistensa tietoja.

Tieliikenteen tavarankuljetustilaston tiedot kootaan jatkuvalla postikyselyllä. Vuosittain 8400 kuorma-auton omistajaa pyydetään toimittamaan yksityiskohtaista tietoa kuorma-auton kuljetuksista kahden seurantapäivän ajalta. Näin kerätty aineisto laajennetaan kertoimien avulla koko Suomen kuorma-autokantaa vastaavaksi. Tavarankuljetustilastosta on saatavilla yhtenäinen aikasarja vuodesta 1995 alkaen ja tiedot ovat vertailukelpoisia muiden EU-maiden tilastojen kanssa. Tavarankuljetustilasto on ainoa lähde Suomessa tiekuljetussuoritteiden ja -määrän osalta ja se tuottaa tietoa myös suomalaisten kuorma-autojen liikennesuoritteesta, mutta se ei sisällä tietoja kuljetusten energiankulutuksesta (Tilastokeskus 2010).

LIPASTO liikenteen päästölaskentajärjestelmä tuottaa monen tasoista tietoa liikenteen energiankulutuksesta ja päästöistä. Laskennan perustana ovat Tietilaston suoritettiedot ja VTT:n määrittelemät yksikköpäästötiedot eri ajoneuvotyypeille, tietyypeille ja kuormituksille. Yksikköpäästöt perustuvat saksalaiseen HBEFA-tietokantaan, VTT:n omiin mittauksiin ja eurooppalaiseen ARTEMIS-tietokantaan. LIPASTO antaa tiedon mm. Suomen kuorma-autoliikenteen kokonaisenergiankulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä Tietilaston kuorma-autojen liikennesuoritteeseen perustuen (LIPASTO 2010).

Tietilastoon on koottu monipuolista tietoa Suomen tieverkosta ja sillä tapahtuvasta liikenteestä. Tietilasto on pääasiallinen tietolähde esimerkiksi kuorma-autojen liikennesuoritteiden osalta. Tiedot perustuvat manuaalisiin ja automaattisiin liikennelaskentoihin, joita tehdään jatkuvasti kiinteissä ja muuttuvissa tieverkoston pisteissä.

Yllä mainittujen lähteiden lisäksi energiatehokkuuden arvioinnin kotimaisia tietolähteitä ovat Öljy- ja kaasualan keskusliiton (ÖKKL) tilastot polttoaineiden myynnistä Suomessa ja valtakunnallinen kuljetusalan energiankulutuksen seurantajärjestelmä EMISTRA. ÖKKL:n tilastot eivät erittele diesel-polttoaineen myynnistä raskaan kaluston osuutta, mutta se voidaan arvioida ja tätä arviota käytetään mm. LIPASTOssa energian-

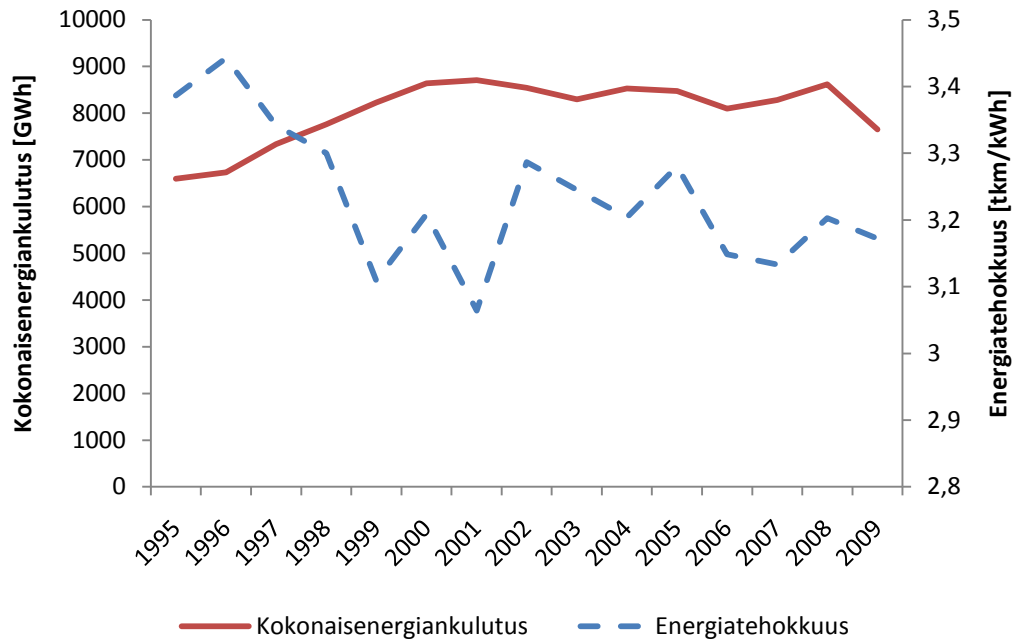
kulutuslaskentojen tarkastuksessa (Mäkelä et al. 2008). EMISTRAan raportointi puolestaan määritellään tavarankuljetuksen ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen seurannassa käytettäväksi työkaluksi, johon sopimukseen liittyvien kuljetusyritysten tulee raportoida kulutustietoja. Tällä hetkellä järjestelmään raportoi noin 600 yritystä 2800 kuorma-auton tiedot ja raportoidut liikennesuoritteet ovat vastanneet 1–3 % Suomen kuorma-autojen kokonaisliikennesuoritteesta (EMISTRA 2010).

Kotimaisten lähteiden lisäksi on käytettävissä kansainvälisiä lähteitä, kuten LIPASTOssa hyödynnettävät HBEFA- ja ARTEMIS-yksikköpäästötietokannat ja myös näihin perustuvat Nätverket för Transport och Miljö (NTM):n energiankulutustiedot erilaisille ajoneuvo- ja tietyypeille ja kuormituksille (NTM 2008).

3.1 Tavarankuljetuksen ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen tavoitteen määrittely

Suomen tiekuljetusten energiatehokkuuden arvioinnissa ainoa kuljetussuoritteen tietolähde on Tieliikenteen tavarankuljetustilasto ja ainoa energiankulutuksen tietolähde LIPASTO. Ongelmana näiden yhdistämisessä on kuitenkin se, että liikennesuorite on erilainen lähteiden kesken. Tavarankuljetustilaston mukaan liikennesuorite on 17–30 % pienempi kuin LIPASTOn mukaan. LIPASTOn liikennesuorite tulee Tietilastosta ja sisältää siten myös mm. ulkomaisella kalustolla ajettut suoritteet. Lisäksi liikennesuorite voi olla epäselvää, onko ajoneuvo iso pakettiauto vai pieni kuorma-auto. Myös Tieliikenteen tavarankuljetustilastossa voi olla virheitä, esimerkiksi liikennesuoritteen aliarvioinnista tai matkojen raportoimatta jättämisestä johtuen. Vastaava ero on havaittu esimerkiksi Britanniassa ja syiden arvioitiin olevan edellä mainittujen kaltaisia (McKinnon & Piecyk 2009).

Liikennesuoritteen eroavaisuuksien vuoksi energiatehokkuuden arvioimiseksi voidaan LIPASTOsta laskea kuorma-autojen keskimääräinen energiankulutus ja laskea uusi kokonaiskulutus tavarankuljetustilaston liikennesuoritteen ja LIPASTON keskikulutuksen tulona. Edelleen energiatehokkuus saadaan tavarankuljetustilaston kuljetussuoritteen ja uuden lasketun kokonaisenergiankulutuksen suhteena (kuva 2).



Kuva 2. Tiekuljetusten energiankulutuksen ja energiatehokkuuden kehitys 1995–2009.

Tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen tavoite voidaan nyt määritellä, kun lasketaan vuosien 2001–2005 energiankulutuksen keskiarvo (8510 GWh) ja lasketaan 9 prosentin säästö tästä, eli vuonna 2016 tiekuljetusten energiankulutus saisi olla 7744 GWh, jos kuljetussuorite on vuoden 2008 tasolla (27,6 mrd. tkm). Näin energiatehokkuustavoite on 3,57 tkm/kWh, mihin pääsemiseksi tarvitaan 11,6 prosentin parannus energiatehokkuuteen vuoden 2008 tasosta (3,20 tkm/kWh) ja 12,6 prosentin parannus vuoden 2009 tasosta (3,17 tkm/kWh). Näin ollen energiatehokkuussopimuksen tavoite onkin itse asiassa koventunut sopimuksessa käytetystä ”prosentti vuodessa” -tehostamistahdista energiatehokkuuden tason putoamisen, vuosista 2001–2005 vuoteen 2008, vuoksi. Mielenkiintoista on, että vuonna 2009 kokonaisenergiankulutus oli 7649 GWh, eli alle vuoden 2016 tavoitteen (7744 GWh), mutta energiatehokkuutena tarkasteltuna oltiin siis kaukana tavoitteesta. Edelleen on kuitenkin syytä huomauttaa, että tilastoissa esiintyy otospohjaisuudesta johtuen satunnaisuutta, joka voi vaikuttaa näihin laskelmiin. Laskelmat on kuitenkin toteutettu parasta käytettävissä olevaa tietoa hyödyntäen.

Energiätehokkuuden tarkempi analyysi on mahdollista, kun Tieliikenteen tavarankuljetustilastoon lisätään energiankulutustieto jokaiselle aineistossa olevalle matkalle ja lasketaan siten kokonaisenergiankulutus samalla tavoin kuin muutkin tilaston tunnusluvut. Tämän tekemiseksi pitää määritellä kuorma-autoille yksikkökulutuksia sellaisten ominaisuuksien mukaan, joista tilastossa on tietoa. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi kuorma-auton tyyppi ja kokonaismassa. Tällainen tarkastelu lähestyy alhaalta ylös -laskentaa, vaikka sen tekemisessä hyödynnetäänkin valtakunnallisia

tilastoaineistoja. Tällaista analyysia ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa voitu toteuttaa, mutta se on osa marraskuussa 2010 käynnistyvää Tiekuljetusalan energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen tulevaisuus (KULJETUS) -tutkimushanketta.

4 Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi – alhaalta ylös

Alhaalta ylös -arviointiin tarvittavia tietoja yksittäisten energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksesta löytyy lukuisien tutkimusprojektien tuloksista. Suomessa erityisesti HDenergia- ja RASTU-projekteissa on tutkittu lukuisten toimenpiteiden vaikutuksia. Tutkimuksissa merkittävin haaste vaikutusten arvioinnin kannalta on usein se, että tutkimuksissa keskitytään useimmiten vain yhden toimenpiteen vaikutuksiin, mutta usean toimenpiteen kokonaisvaikutukset ja ristivaikutukset jäävät vähemmälle huomiolle. Kansainvälisesti kenties kattavin tietolähde energiatehokkuustoimenpiteistä on brittiläinen Freight Best Practice -ohjelma, jossa on otettu kantaa myös toimenpiteiden ristivaikutuksiin (DfT 2010). Ohjelman tuloksia on esitetty taulukoissa 3 ja 4.

Taulukko 3. Energiatehokkuustoimenpiteiden toteutuksen vaikeusaste, kustannustaso ja säästöpotentiaali. (muokattu lähteestä DfT 2010)

Toimenpideryhmä	Toimenpide	Vaikeusaste	Kustannustaso	Säästöpotentiaali	
Operatiivinen	Kuormatilan käyttöasteen parantaminen	3	3	15.0%	
	Tyhjänäajon vähentäminen	3	3	15.0%	
	Energiatehokkaimman automerkin valinta	2	3	5.0%	
Kuljettaja	Kuljettajakoulutus (1. kerta)	2	2	6.0%	
	Jatkuva kuljettajakoulutus ja seuranta	2	1	3.5%	
Telematiikka	Reitityksen ja aikataulutuksen optimointiohjelmisto	2	3	7.5%	
	Navigaatio ja ajantasainen liikennetieto	1	1	3.0%	
Aerodynamiikka	Vetoauton helman ilmanohjain	1	1	0.6%	
	Vetoauton katon ilmanohjain	1	3	4.0%	
	Vetoauton sivujen ilmanohjain	1	2	0.2%	
	Kuormatilan/perävaunun sivupaneelit	1	3	0.8%	
	Kuormatilan/perävaunun etuosan ilmanohjain	1	2	2.9%	
	Vetoauton sivupaneelit	1	3	0.4%	
	Vetoauton ja perävaunun välin pienentäminen	2	3	4.0%	
	Lava-autojen lavan peittäminen	2	3	0.3%	
	Teardrop-muotoiltu perävaunu	1	3	8.0%	
	Perävaunun etuosan muotoilu	1	3	5.0%	
	"Siivilä"-malliset roiskeläpät	1	1	1.7%	
	Renkaat	Energiatehokkaat renkaat kaikilla aksleilla	1	1	5.0%
		Kaksoisrenkaiden vaihto yhteen leveään	1	1	1.4%
Ohjaavan akselin renkaan kaventaminen		1	1	1.0%	
Ilmanpaineiden tarkistaminen		2	1	1.0%	
Renkaiden uudelleen urittaminen		1	2	1.4%	
Akselistosuuntaus		1	1	0.5%	
Muu	Synteettinen moottoriöljy	1	1	2.0%	
	Tyhjäkäynnin välttäminen	2	1	2.0%	
	Nopeuden rajoittaminen 80 km/h	2	2	4.0%	
Kustannustaso	Vaikeusaste				
1 = Yleensä alle 300 € per auto	1 = helppo toteuttaa, vain pieniä muutoksia nykyiseen toimintaan				
2 = Yleensä 300-600 € per auto	2 = toteuttamiseen tarvitaan jonkin verran koulutusta ja muutoksia toimintaan				
3 = Yleensä yli 600 € per auto	3 = toteuttamiseen tarvitaan runsaasti koulutusta ja muutoksia toimintaan				

Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutukset on Freight Best Practice -ohjelmassa arvioitu melko samansuuruisiksi kuin EMEES-projektissa taloudellisen ajotavan, energiatehokkaiden renkaiden ja moottoriöljyn osalta.

Toimenpiteiden ristivaikutuksissa merkittävimmät seikat ovat aerodynamiikan parantamiseen liittyvien toimien vaikutusten lievä pieneneminen ajonopeutta rajoitettaessa ja kuormatilan sisämittoja pienentävän aerodynaamisen muotoilun mahdollinen negatiivinen vaikutus kuormatilan käyttöasteeseen. Samanaikainen toteutus todetaan mahdottomaksi erilaisten kuormatilojen muotoilujen kohdalla.

Taulukko 4. Energiatohokkuustoimenpiteiden ristivaikutukset. (muokattu lähteestä DfT 2010)

	Kuormatilan käyttöasteen parantaminen	Tyhjänaajan vähentäminen	Energiatohokkaimman automerkin valinta	Kuljettajakoulutus (kertaluontoinen)	Jatkuva kuljettajakoulutus ja seuranta	Reitityksen ja aikataulutuksen optimointiohjelmissä	Navigation ja ajantasainen liikennetieto	Vetoauton helman ilmanohjain	Vetoauton katon ilmanohjain	Vetoauton sivujen ilmanohjain	Kuormatilan/perävaunun sivupaneelit	Kuormatilan/perävaunun etuosan ilmanohjain	Vetoauton sivupaneelit	Vetoauton ja perävaunun välin pienentäminen	Lava-autojen lavan peittäminen	Teardrop-muotoiltu perävaunu	Perävaunun etuosan katon muotoilu	"Siivilä"-malliset roiskeläpät	Energiatohokkaat renkaat kaikilla aksleilla	Kaksoisrenkaiden vaihto yhteen leveään	Ohjaavan akselin renkaan kaventaminen	Ilmanpaineiden tarkistaminen	Renkaiden uudelleen urittaminen	Akselistasuuntaus	Synteettinen moottoriöljy	Tyhjäkäynnin välttäminen	Nopeuden rajoittaminen 80 km/h
Kuormatilan käyttöasteen parantaminen	■																										
Tyhjänaajan vähentäminen		■																									
Energiatohokkaimman automerkin valinta			■																								
Kuljettajakoulutus (kertaluontoinen)				■																							
Jatkuva kuljettajakoulutus ja seuranta					■																						
Reitityksen ja aikataulutuksen optimointiohjelmissä						■																					
Navigation ja ajantasainen liikennetieto							■																				
Vetoauton helman ilmanohjain								■																			
Vetoauton katon ilmanohjain									■																		
Vetoauton sivujen ilmanohjain										■																	
Kuormatilan/perävaunun sivupaneelit											■																
Kuormatilan/perävaunun etuosan ilmanohjain												■															
Vetoauton sivupaneelit													■														
Vetoauton ja perävaunun välin pienentäminen														■													
Lava-autojen lavan peittäminen															■												
Teardrop-muotoiltu perävaunu																■											
Perävaunun etuosan katon muotoilu																	■										
"Siivilä"-malliset roiskeläpät																		■									
Energiatohokkaat renkaat kaikilla aksleilla																			■								
Kaksoisrenkaiden vaihto yhteen leveään																				■							
Ohjaavan akselin renkaan kaventaminen																					■						
Ilmanpaineiden tarkistaminen																						■					
Renkaiden uudelleen urittaminen																							■				
Akselistasuuntaus																								■			
Synteettinen moottoriöljy																									■		
Tyhjäkäynnin välttäminen																										■	
Nopeuden rajoittaminen 80 km/h																										■	

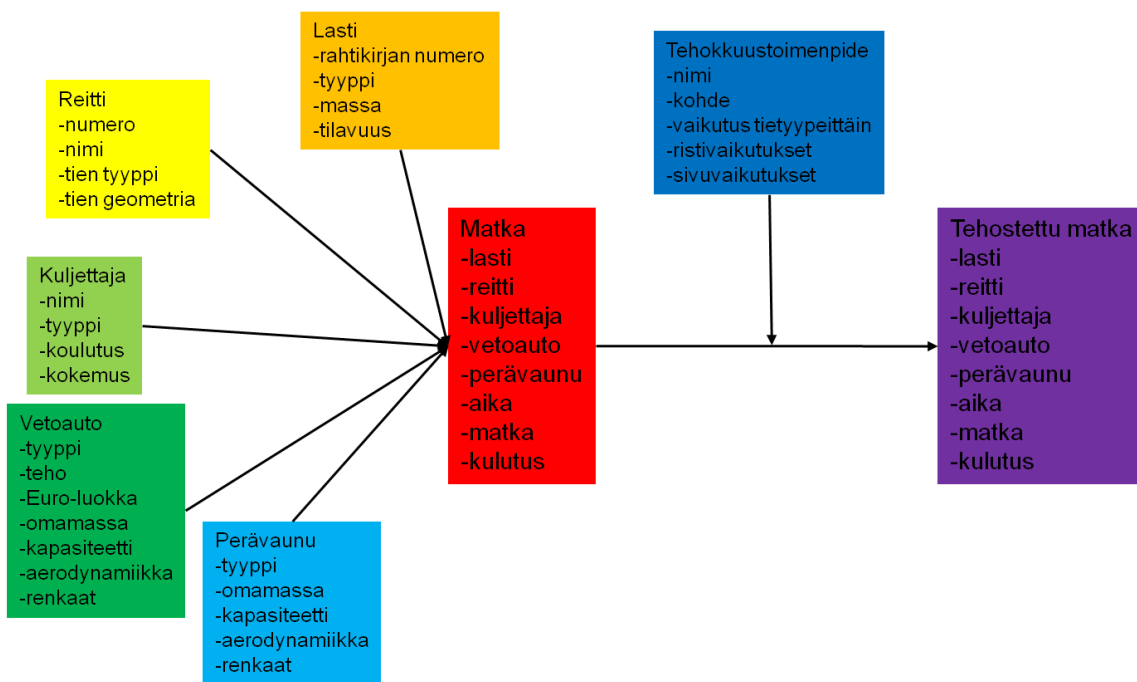
■ ei voi toteuttaa samanaikaisesti
 ■ yhteisvaikutus on pienempi kuin osien summa
 ■ yhteisvaikutus saattaa olla pienempi kuin osien summa

Energiatohokkuustoimenpiteiden vaikutusten arvioimiseksi alhaalta ylös -menetelmällä pitäisi tietää eri toimenpiteiden käytön laajuus ajoneuvokannassa. Tällaista tietoa ei kuitenkaan ole Suomen tasolla saatavissa. Energiatohokkuustoimenpiteet eivät näy ajoneuvorekisterin tiedoissa, joten käytännössä ainoa tapa saada tietoa käytön laajuudesta on haastatella kuljetusyriä. Joidenkin toimenpiteiden osalta käyttöä kuljetusyriä kysyttiin Stenholmin (2004) väitöskirjassaan, mutta yritysten vastauksia ei yksittäisten toimenpiteiden osalta väitöskirjassa raportoitu. Linja-auto liikenteen osalta Tampereen teknillinen yliopisto toteutti syyskuussa 2010 haastattelun.

tutkimuksen, jossa energiatehokkuustoimenpiteiden käytön laajuutta tutkittiin. Joukkoliikenteen energiatehokkuuden seuranta, raportointi ja kehittäminen (JOLEN) -tutkimuksen tulokset raportoidaan liikenne- ja viestintäministeriön julkaisusarjassa vuodenvaihteessa 2010–2011. Vastaava kysely toteutetaan kuorma-autoliikenteelle keväällä 2011 osana KULJETUS-tutkimushanketta. KULJETUS-hankkeessa tarkastellaan myös Stenholmin keräämää aineistoa ja selvitetään näitä vertaamalla energiatehokkuustoimenpiteiden käytön yleistymistä Suomessa.

5 Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi ja tarkka päästöjen laskenta kuljetusyrityksessä

Yksittäisen yrityksen kannalta energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi liittyy läheisesti tarkkaan päästöjen raportointiin kuljetusasiakkaille. Kummassakin on kyse kuljetustehtävien energiankulutuksen seuraamisesta ja siihen vaikuttavien tekijöiden ottamisesta huomioon yksityiskohtaisesti. Kuljetustehtävän energiankulutus muodostuu useiden vaikuttavien tekijöiden summana. Näitä tekijöitä ovat kalusto, kuorma, kuljettajan ajotapa, muu liikenne, tien ominaisuudet ja ajokeli. Nämä tekijät pitäisi pystyä luokittelemaan jokaisesta ajotehtävästä, jotta yhteen tekijään kohdistuvan toimenpiteen vaikutusta voitaisiin arvioida. Ongelma on samankaltainen kuin kuljettajan ajotavan seurannassa (Liimatainen et al. 2009) ja ratkaisua voidaan lähteä hakemaan samaan tapaan yksittäisten ajotapahtumien, eli matkojen, ominaisuuksien tunnistamisesta (kuva 3).



Kuva 3. Matkaperusteinen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointi.

Matkaperusteisen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arvioinnin perustana on jokaisen matkan ominaisuuksien yksilöinti, joiden perusteella voidaan muodostaa vertailukelpoisten matkojen joukko. Matkalla tarkoitetaan ideaalitapauksessa lastin-käsittelyjen välistä tapahtumaa, eli esimerkiksi jakelureitti koostuu useammasta matkasta, vaikka se voidaan käsittää yksittäiseksi työtehtäväksi. Matka voidaan kuitenkin määritellä esimerkiksi terminaalista lähdön ja sinne paluun väliseksi

tapahtumaksi, jolloin tarvittavan tiedon määrä pienenee tarkkuuden kustannuksella. Energiatehokkuustoimenpiteen vaikutuksia verrataan matkoihin, jotka on ajettu vertailukelpoisissa olosuhteissa, vain yksittäistä toimenpiteen kohdetta muuttaen. Kun tietoja matkoista kerätään jatkuvasti yrityksen normaalin toiminnan osana, ei erityisiä testijärjestelyjä energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointiin tarvita. Suurin osa tarvittavista tiedoista on sellaisia, jotka tunnetaan jo tällä hetkellä jokaisessa kuljetusyrityksessä. Kyse olisikin tiedonhallinnan parantamisesta tai uudentyypisistä tietojärjestelmästä, jonka avulla matkaperusteisen energiankulutuksen seuranta toteutettaisiin.

Kenties useimmiten kuljetusyrityksiltä tällä hetkellä puuttuva tieto on matkakohtainen polttoaineenkulutus. Ammattiliikenteen ajoneuvojen ajotietokoneet kehittyvät kuitenkin jatkuvasti ja tieto on ainakin uudemmissa autoissa saatavissa suoraan autosta jokaisen matkan jälkeen kuljettajan manuaalisesti kirjaamana. Tarjolla on myös lukuisia telematiikkajärjestelmiä tietojen automaattiseen käsittelyyn ja näiden palvelujen hinnat alkavat olla tekniikan kehityksen myötä varsin kohtuullisia. Ajoneuvotietokoneen ja telematiikkajärjestelmien kulutustiedot perustuvat auton väylätietoon, jossa voi esiintyä pieniä virheitä todelliseen tankkausten yhteydessä todettavaan polttoaineenkulutukseen nähden, mutta virheet ovat melko merkityksettömiä. Tarkan kulutustiedon seuranta on mahdollista esimerkiksi tankkaamalla autot jokaisen matkan jälkeen täyteen.

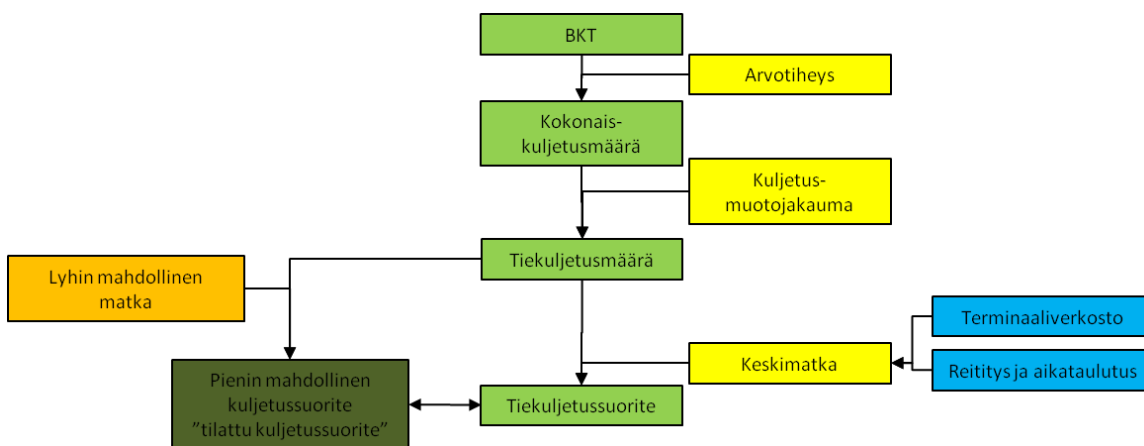
Toinen usein ongelmallinen tietokokonaisuus ovat lastitiedot. Lastin massa ja mitat eivät yleensä ole tarkasti tiedossa ja todellisen massan sijaan käytetään usein esimerkiksi lavaperusteista rahdituspainoa. Myös lastin mitoissa ollaan tyypillisesti kiinnostuneita lastin vaatimasta pinta-alasta, mutta ei korkeudesta. Lastin massan huomioon ottamista voidaan yksinkertaistaa käyttämällä keskimääräisiä massoja lastin käsittely-yksiköille, kuten lavoille ja rullakoille. Keskimääräisten massojen pitäisi kuitenkin perustua todellisiin mittauksiin. Todellisten massojen mittaamiseen on myös tarjolla punnitsevia kuormankäsittelylaitteita (esim. Rocla 2010). Massaa voidaan arvioida myös esimerkiksi ajotietokoneella moottorin kuormitukseen perustuen tai ajoneuvon ilmajousien paineanturoinnilla.

Kuorma-autojen ja perävaunujen ominaisuuksista on olemassa perustiedot ajoneuvo-rekisterissä, mutta tyypillisesti energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä pitää tehdä omat merkinnät auton tietoihin. Kuljettajien ajotavan seuranta puolestaan liittyy kiinteästi energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten arviointiin, sillä ajotavalla on hyvin merkittävä vaikutus energiankulutukseen ja tuon vaikutuksen selvittäminen eri kuljettajien osalta edellyttää muiden kulutukseen vaikuttavien tekijöiden huomioon

ottamista yllä kuvatulla tavalla. Matkaperusteinen energiatehokkuustoimenpiteiden arviointi onkin siten myös iteratiivinen prosessi.

5.1 Energiatehokkuuden ja energiankulutuksen laskenta

Energiatehokkuus kuljetussuoritteen ja energiankulutuksen suhteena (tkm/kWh) ei ole yksistään riittävä toiminnan tehokkuuden tai ympäristöystävällisyyden mitta, koska energiatehokkuuden paraneminen ei aina tarkoita energiankulutuksen vähentymistä. Todellisen ympäristöystävällisyyden selvittämiseksi tarvitaan kuljetussuoritteen ja energiankulutuksen tarkastelua myös yksistään. Lisäksi energiatehokkuuden arviointi-kehikkoon tarvitaan kuljetusmäärän ja kuljetussuoritteen rinnalle laskenta, jolla kuvataan ajojärjestelyn ja terminaaliverkoston sijoittelun onnistumista. Tätä kuvataan kuljetustehtävien lyhimmän mahdollisen matkan kautta lasketun pienimmän mahdollisen kuljetussuoritteen ja toteutuneen kuljetussuoritteen suhteella (kuva 4).



Kuva 4. Kuljetusyrityksen ajojärjestelytoiminnan tehokkuuden arviointi.

Yllä kuvattua voidaan havainnollistaa kuvitteellisella laskentaesimerkillä, jossa kuljetusyritykseltä tilataan 10 EUR-lavan tavaraerän kuljetus Äänekoskelta Saloon. Tavaraerän paino on 9 tonnia ja tilavuus 11,5 m³. Äänekosken ja Salon välinen etäisyys päätieli-verkkoa käyttäen on 351 km, joten tilattu kuljetussuorite on 3159 tkm. Tarkastellaan tätä kuljetusta neljän toteutustavan kautta:

1. Kuljetusyrityksen verkostossa kolmessa vaiheessa
 - a. keräily: Jyväskylä (terminaali)–Uurainen–**Äänekoski**–Konnevesi–Laukaa–Jyväskylä
 - b. runko: Jyväskylä–Turku
 - c. jakelu: Turku (terminaali)–Somero–**Salo**–Sauvo–Parainen–Kaarina–Turku

2. Kuljetusyrityksen toteuttamana asiakkaalta asiakkaalle -kuljetuksena
 - a. siirtoajo tyhjänä: Kuopio–Äänekoski
 - b. kuljetus: Äänekoski–Salo
3. Tilaajan omana suorana kuljetuksena
 - a. kuljetus: Äänekoski–Salo
 - b. paluu tyhjänä: Salo–Äänekoski
4. Tilaajan omana suorana kuljetuksena ilman paluuta
 - a. kuljetus: Äänekoski–Salo

5.1.1 Jyvitys asiakkaille

Ensimmäisessä toteutustavassa kuljetuksissa on mukana muidenkin asiakkaiden kuljetuksia, joten vaiheiden kuljetussuoritteet, liikennesuoritteet ja energiankulutus täytyy jyvittää asiakkaille. Jyvitys voidaan tehdä monilla perusteilla, eikä ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä tapaa. Kaksi yleistä peruseriaatetta päästöjen jakamisessa ovat (WEF 2010a, WEF 2010b, CEN 2010):

1. laskennan läpinäkyvyys
2. kaikkien päästöjen jyvittäminen asiakkaille

Laskennan läpinäkyvyydellä tarkoitetaan sitä, että laskentaperiaatteet ja laskennan lähtötiedot on selitettävä raportoinnissa. Kaikkien päästöjen jyvittämisellä puolestaan tarkoitetaan sitä, että kuljetusyrityksen toiminnan kaikki päästöt on jyvittettävä asiakkaille, jotta yritys ei voi parannella laskennan tuloksia jättämällä esimerkiksi kaikki tyhjänäajat jyvittämättä. Näiden peruseriaatteiden lisäksi WEF:n ohjeissa todetaan, että tiekuljetuksissa jyvitys olisi parasta tehdä tonnikilometrien perusteella. Ohjeessa ei kuitenkaan kerrota miten tonnikilometrit pitäisi laskea. Myös muutamassa japanilaisessa tutkimuksessa on pohdittu päästöjen jyvittämisen haasteita ja pyritty kehittämään laskentaan liittyvää tiedonhallintaa (Yoshifuji et al. 2008; Goto et al. 2006). Näissäkään projekteissa ei kuitenkaan ole annettu selkeää ohjeistusta laskentaan.

CEN:n standardointiprosessiin liittyvässä työssä on ehdotettu, että kuljetusten hiilidioksidipäästöt pitäisi jyvittää seuraavalla kaavalla (Leonardi & Browne 2010):

$$\text{asiakkaan CO}_2\text{-päästö} = [((0,5 * \text{kuljetuksen kokonaisenergiankulutus}) * (\text{asiakkaan pysähdysten määrä} / \text{kuljetuksen pysähdysten määrä})) + ((0,5 * \text{kuljetuksen kokonaisenergiankulutus}) * (\text{asiakkaan lastin massa} / \text{kuljetuksen kokonaismassa}))] * \text{CO}_2\text{-päästökerroin}$$

Kaavassa voi jyvityperusteena käyttää lastin massan sijasta myös kuljetusyksiköiden, kuten lavojen, määrää. Kaavan muodostamisessa pääperiaate on ollut yksinkertaisuus ja soveltuvuus monivaiheisiin kuljetusketjuihin.

Nyt tehtävässä laskentaesimerkissä käytettävät jyvitysperiaatteet ovat seuraavat:

- keräily- ja jakeluosuuksilla
 - reitin kokonaismatka jyvitetty asiakkaiden etäisyyksien terminaalista suhteessa
 - reitin kokonaiskuljetussuorite jyvitetty asiakkaiden optimaalisten kuljetussuoritteiden (etäisyys terminaalista * lähetyksen massa) suhteessa
 - polttoaineenkulutus jyvitetty jyvitettyjen kilometrien suhteessa
- runko-osuudella
 - kuljetussuorite jyvitetty lähetyksen todellisen painon tai rahduspainon (jos lähetyksen tiheys < 333 kg/m³) mukaan
 - polttoaineenkulutus jyvitetty jyvitettyjen kuljetussuoritteiden suhteessa

Laskentaan tarvittavat lähtötiedot ovat: polttoaineenkulutus vaiheittain, etäisyyssiedot asiakkailta terminaaliin ja kokonaismatka vaiheittain, jokaisen asiakkaan lastin todellinen massa, lastien kuljetusyksikkötyyppi ja -määrä. Polttoaineenkulutus on laskettu vaiheittain todelliselle massalle käyttäen LIPASTO-järjestelmän yksikköpäästökertoimia. Näillä perusteilla tehtävän jyvityksen lisäksi lasketaan hiilidioksidipäästöt vertailun vuoksi myös Leonardi & Brownen kaavalla.

5.1.2 Laskennan tulokset

Yllä mainittuja laskentaperiaatteita käyttäen saadaan neljälle kuljetustavalle seuraavan taulukon mukaiset tunnusluvut:

Taulukko 5. Kuljetustehtävän tunnusluvut.

	1				2	3	4
	Keräily:	Runko:	Jakelu:	Yhteensä verkostossa:	Asiakkaalta-asiakkaalle - kuljetuksena:	Asiakkaan omana kuljetuksena:	Oma kuljetus, vain meno:
	KAPP	KAVP	KAPP		KAPP	KAIP	KAIP
Kokonaiskuljetussuorite (tkm)	1835	10438	2955	15228			
Asiakkaan osuus (tkm)	879	2300	1294	4474	3159	3159	3159
Kokonaismatka (km)	160	307	225	692			
Asiakkaan osuus (km)	44	307	59	410	496	702	351
Kokonaiskulutus (l)	57	146	81	284			
Asiakkaan osuus (l)	15	32	21	69	165	140	77
Energiätehokkuus (tkm/kWh)	3.2	7.1	3.6	5.4			
Asiakaskohtainen (tkm/kWh)	5.7	7.1	6.1	6.5	1.9	2.3	4.1
Hiilidioksidipäästö (kg)	151.6	388.4	215.5	755.4			
Asiakkaan osuus (kg)	41.1	85.7	56.7	183.6	438.1	373.5	205.4
Käyttöaste keskim. (% kantavuudesta)	46 %	85 %	53 %	66 %	25 %	50 %	100 %
Tyhjänäajo (% kokonaismatkasta)	22 %	0 %	4 %	6 %	29 %	50 %	0 %
Asiakkaan osuus CO₂-päästöistä Leonardi & Browne kaavalla (kg):							
Massaperusteisesti	52.8	90.4	65.9	209.1			
Lastiysikköperusteisesti	43.2	73.6	51.7	168.5			

Laskentatuloksista nähdään, että kuljetustehtävä on ympäristön kannalta edullisinta suorittaa kuljetusyrityksen verkostossa, vaikka näin tehtynä kuljetussuoritetta tulee

4474 tkm tilatun 3159 tkm sijaan. Verkostossa suoritettu kuljetus on jopa ympäristöystävällisempi kuin asiakkaan suorittama suora kuljetus, vaikka paluukuljetusta ei otettaisi huomioon ja kaluston kantavuusperusteinen käyttöaste on kuljetusyrityksen verkostossa huomattavasti huonompi. Energiatehokkuutena tarkasteltuna erot ovat vielä suuremmat johtuen verkostokuljetuksen suuremmasta kuljetussuoritteesta. Suurimmat päästöt aiheutuvat kuljetusyrityksen asiakkaalta asiakkaalle -kuljetuksesta, mikä johtuu tehtävään liian isosta autosta ja varsinaista tehtävää edeltävästä tyhjänäajosta.

Laskentaesimerkki kuvaa kuljetusyrityksen koordinoimalla toiminnalla saavutettavia ympäristöhyötyjä kuljetusten yhdistelyn ja ison kuljetuskaluston käytön kautta. Esimerkin avulla on myös nähtävissä, että energiaterähdokkuus ei ainoana tunnuslukuna riittävästi kuvaa kuljetuksen ympäristöystävällisyyttä. Tämä nähdään vielä selvemmin, kun tarkastellaan keräilytehtävän suorittamista eri järjestyksissä:

1. keräily kuten edellä: Jyväskylä–Uurainen–**Äänekoski**–Konnevesi–Laukaa–Jyväskylä
2. keräily vastakkaiseen suuntaan: Jyväskylä–Laukaa–Konnevesi–**Äänekoski**–Uurainen–Jyväskylä
3. keräily Äänekoski ensin (painavimmasta keveimpään): Jyväskylä–**Äänekoski**–Uurainen–Konnevesi–Laukaa–Jyväskylä
4. keräily keveimmästä painavimpaan: Jyväskylä–Laukaa–Konnevesi–Uurainen–**Äänekoski**–Jyväskylä

Lastit ovat samat kaikissa tapauksissa ja myös kuljetusmatka on sama kahdessa ensimmäisessä. Kolmannessa ja neljännessä tapauksessa kuljetusmatka kasvaa.

Taulukko 6. Keräilyreittien variaatioiden tunnusluvut.

	Keräily alkuperäinen:	Keräily vastakkaiseen suuntaan:	Keräily Äänekoski ensin:	Keräily keveimmästä painavimpaan:
	KAPP	KAPP	KAPP	KAPP
Kokonaiskuljetussuorite (tkm)	1835	1365	2150	1550
Asiakkaan osuus	879	654	1030	743
Kokonaismatka (km)	160	160	185	185
Asiakkaan osuus	43.6	43.6	50.5	50.5
Kokonaiskulutus (l)	57.0	54.6	65.7	63.1
Asiakkaan osuus	15.5	14.9	17.9	17.2
Energiaterähdokkuus (tkm/kWh)	3.2	2.5	3.3	2.5
Asiakaskohtainen	5.7	4.4	5.8	4.3
Hiiidioksidipäästö (kg)	151.6	145.2	174.8	167.8
Asiakkaan osuus	41.1	39.6	47.6	45.8
Käyttöaste keskim. (% kantavuudesta)	46 %	34 %	46 %	34 %
Tyhjänäajo (% kokonaismatkasta)	22 %	16 %	24 %	14 %

Keräilytehtävän tilattu kuljetussuorite, eli kuljetussuorite jos kaikki kuljetukset tehtäisiin suoraan asiakkaalta terminaaliin, on 845 tkm. Keräilyreiteistä ”Äänekoski ensin” on energiatehokkain, vaikka tyhjänäajoa on siinä eniten. Tämä johtuu siitä, että tällä reitillä lastit otetaan kyytiin painavimmista alkaen, jolloin tonnikilometrejä syntyy paljon, yli 2,5-kertaisesti tilattuun nähden. Kokonaiskulutus ja siten hiilidioksidipäästöt ovat kuitenkin tällä reitillä korkeimmat. Energiatehokkuuden kannalta huonoin, mutta kokonaiskulutuksen ja -päästöjen kannalta paras reitti on ”keräily vastakkaiseen suuntaan”, jossa kuljetussuorite on vain 1,6-kertainen tilattuun nähden. Reitillä myös kokonaismatka ja tyhjänäajo minimoituvat, mutta keskimääräinen käyttöaste jää alhaiseksi.

Esimerkistä nähdään, että kokonaismatkan minimointi on energiankulutuksen ja päästöjen minimoinnin kannalta ensisijainen tavoite ja tämän rinnalla tyhjänäajon ja kuljetussuoritteiden minimointi johtavat ympäristön kannalta parhaisiin reitityksiin. Käytännössä reititykseen vaikuttaa toki kenties tärkeimpänä tekijänä asiakaspalvelu ja asiakkaan määrittelemät aikaikkunat. Kuljetusyritys voi kuitenkin neuvotella asiakkaiden kanssa aikaikkunoiden muutoksista ympäristövaikutusten pienentämiseksi. Ympäristövastuullinen tilaaja voi hyvinkin muuttaa toimintaansa tämän vuoksi. Muutokset edellyttävät kuitenkin kuljetusyritysten osaamisen ja tiedonhallinnan kehittymistä. Kuljetusten tilaajilla näyttäisi myös olevan halua logistiikan ympäristöystävällisyyden kehittämiseen seuraavassa kuvattujen kyselytutkimuksen tulosten valossa.

6 Logistiikan ympäristöraportointi -kyselytutkimus kuljetusasiakkaille

6.1 Tausta

Liiketoiminnan ympäristövaikutusten seuraaminen ja vähentäminen on noussut tärkeäksi osaksi yrityksen yhteiskuntavastuuta ilmastonmuutoksen hillitsemiseen tähtäävien yhteiskunnallisten tavoitteiden myötä. Suomessa erityisesti eri alojen energiatehokkuussopimukset ovat välineitä energiatehokkuuden raportoinnin ja parantamisen edistämiseksi. Julkisten tavoitteiden lisäksi asiakkaiden ympäristötietoisuus lisääntyy ja tämä asettaa vaatimuksia yritysten ympäristövaikutusten raportoinnille. Joissain yrityksissä on asetettu tavoitteita varustaa yksittäiset tuotteet hiilijalanjälkimerkinnällä näihin kasvaviin odotuksiin vastaamiseksi ja toteutettu hiili-auditointeja joidenkin tuotteiden osalta (McKinnon 2010). Myös julkisella sektorilla tuotteiden ilmastomerkintöjen kehittäminen on sisällytetty ilmastopoliittisiin linjauksiin (Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko 2009).

Hiilijalanjäljen arviointiin on olemassa joitain kansainvälisiä ohjeistuksia, kuten PAS2050, GHG Protocol ja ISO 14064, mutta mikään näistä ei ole saavuttanut kansainvälisen standardin asemaa. Ohjeistukset ovat myös melko yleisellä tasolla ja jättävät monia tärkeitä kysymyksiä arviointia tekevän yrityksen vastuulle. (Piecyk 2010)

Kehittyvä ympäristöraportointi asettaa haasteita myös logistiikan ympäristövaikutusten mittaamiselle ja raportoinnille. McKinnon (2010) mainitsee toimitusketjun hiiliauditointien ongelmiksi rajauksen, kohdentamisen, muutokset, kustannukset ja tietojen saatavuuden. Näiden ongelmien vuoksi McKinnon suhtautuu tuotetason hiilijalanjälkimerkintöihin hyvin skeptisesti ja pitää niitä jopa mahdollisina esteinä toimitusketjutason hiiliauditointien avulla tunnistettaville päästövähennyksille. Friesin et al. (2009) mukaan puolestaan kuljetusten ympäristömerkintä lisäisi kuljetusten läpinäkyvyyttä kuljetusasiakkaiden kannalta ja helpottaisi vertailua kuljetusyriyten ja kuljetusmuotojen välillä. Merkintä ei kuitenkaan johtaisi kuljetusten siirtämiseen kuljetusmuodosta toiseen, eivätkä kuljetusasiakkaat ole valmiita maksamaan ylimääräistä ympäristömerkinnän vuoksi.

Tämän kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suomalaisten logistiikkapalvelujen asiakkaiden näkemyksiä ja tarpeita oman toimintansa ja erityisesti logistiikkansa ympäristövaikutusten raportoinnin suhteen nyt ja tulevaisuudessa. Kyselyllä haetaan vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Millaisia tarpeita yrityksillä on logistiikan ympäristöraportoinnin suhteen?
- Mikä merkitys ympäristöraportoinnilla on logistiikkapalvelujen hankinnassa?
- Miten logistiikan ympäristöraportointi kytkeytyy yrityksen muuhun ympäristöraportointiin?
- Millaisia kokemuksia yrityksillä on tuotetason hiilijalanjälkimerkinnöistä?
- Kuinka ympäristöraportoinnin tarpeet kehittyvät tulevaisuudessa?

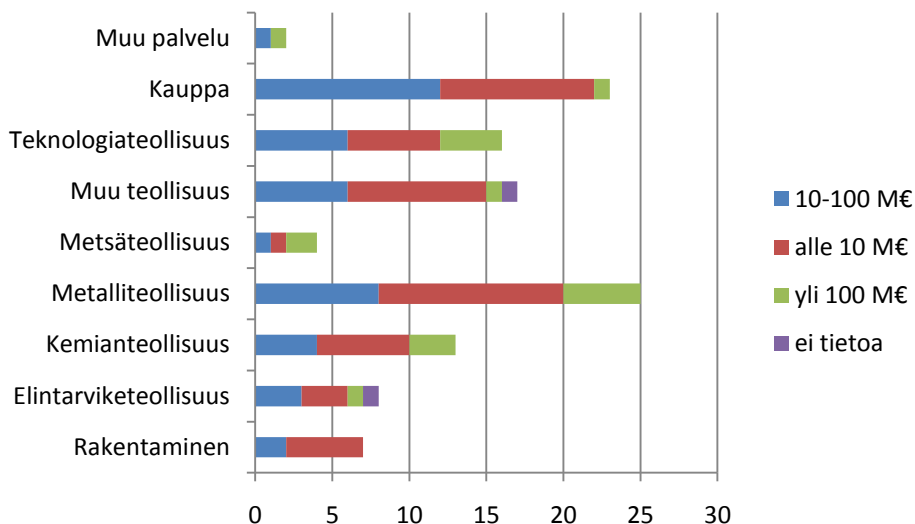
6.2 Menetelmät

Kyselyn toteutuksesta vastasi Tampereen teknillisen yliopiston tiedonhallinnan ja logistiikan laitos ja se tuki laitoksen ja Transpoint Oy Ab:n tutkimusta logistiikan ympäristövaikutusten asiakaskohtaisen mittaamisen ja raportoinnin kehittämiseksi. Kysely oli suunnattu suurille ja keskisuurille, yli 20 henkilöä työllistäville suomalaisille teollisuuden ja kaupan alan yrityksille. Vastaajien yhteystiedot toimitti MicroMedia.

Kysely toteutettiin internetissä Webropol-ohjelmalla tammi-helmikuussa 2010. Kutsu vastata kyselyyn lähetettiin sähköpostitse 2 273 yrityksen toimitusjohtajalle tai vastaavan tason henkilölle. Kutsutuilla oli mahdollisuus toimittaa kutsu eteenpäin organisaatiossaan. 2 009 kutsua toimitettiin onnistuneesti perille ja vastauksia saatiin 115 yrityksestä. Vastusprosentiksi muodostui näin 5,7 %. Vastausprosentti jäi melko pieneksi, mutta vastauksia saatiin monipuolisesti eri toimialoilta ja eri kokoluokan yrityksistä. Näin ollen tutkimuksen tuloksia voidaan pitää edustavina, vaikkakin on syytä huomauttaa, että kyselyyn vastaaminen voi jo sinällään kertoa myönteisestä suhtautumisesta ympäristöasioihin, joten kyselyn tulokset saattavat olla ympäristömyönteisempiä kuin todellinen tilanne koko yritysjoukossa on.

6.3 Tulokset

Kyselyyn vastasi 115 yritystä, jotka edustivat eri toimialoja rakennustuote-teollisuudesta elektroniikkateollisuuteen ja kauppaan. Vastaajista 60 % oli toimitusjohtajia, 20 % logistiikkajohtajia tai -päälliköitä ja loput muita johtajia. Liikevaihdoltaan yritysten koko vaihteli 400 000 eurosta kuuteen miljardiin euroon. Kuvassa 5 on esitetty vastaajien jakautuminen eri toimialoille ja liikevaihtoluokkiin.



Kuva 5. Vastaajien lukumäärä toimialoilla ja liikevaihtoluokittain.

Yritysten kuljetuskustannusten osuus liikevaihdosta oli keskimäärin 4,3 %. 84 % yrityksistä oli ulkoistanut kuljetuksensa kokonaan ja 12 % osittain, vain 4 % ei ollut ulkoistanut kuljetuksia.

6.3.1 Oma ympäristöraportointi

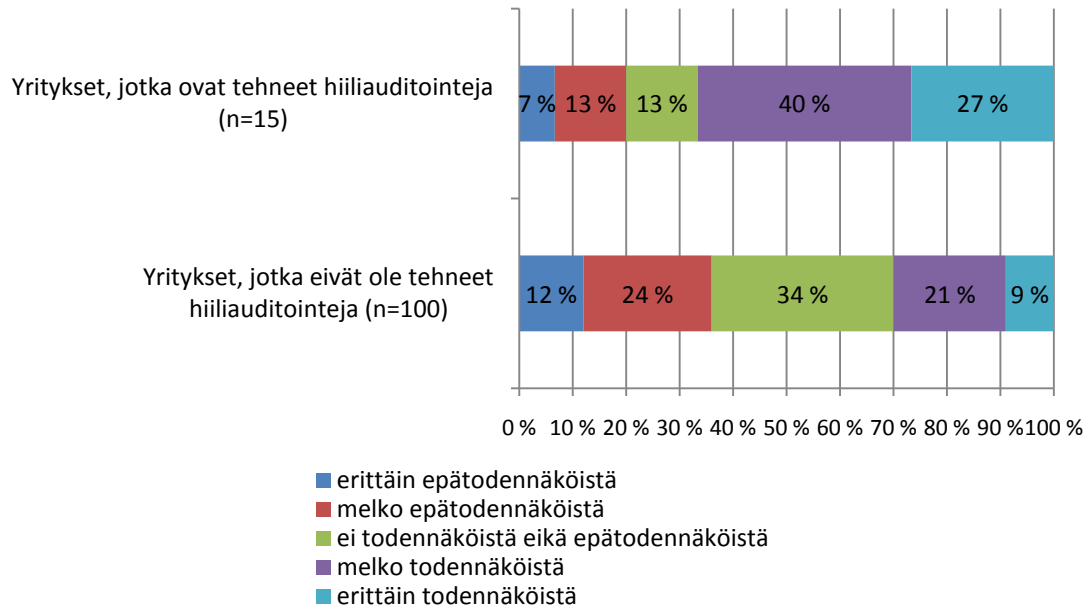
Kyselyssä kartoitettiin yritysten oman ympäristöraportoinnin nykytilaa ja tulevaisuutta muutamalla kysymyksellä. Yrityksen ulkopuolelta, esimerkiksi asiakkailta, kohdistuvia vaatimuksia ja odotuksia yrityksen ympäristöraportoinnin suhteen koki 30 % vastaajista. Suurimmista, yli 100 miljoonan euron liikevaihdon, yrityksistä puolet oli kokenut tällaisia, toimialoista puolestaan metsäteollisuuden yrityksistä 75 %. Vähiten vaatimuksia kohdistui muun teollisuuden ja kaupan yrityksiin. Vaatimusten muodoissa mainittiin usein lakimääräiset vaatimukset ja ympäristösertifikaatit.

Ympäristövaikutusten seuranta ja raportointia suorittaa nyt 42 % yrityksistä, mutta jälleen huomattavasti suurempi osa (78 %) suurista yrityksistä. Metsä- ja kemianteollisuudessa seuranta on yleisintä (75 % ja 69 %), kaupan yrityksissä puolestaan seuranta tehdään vähiten (22 %). Seurattavat mittarit vaihtelivat suuresti yritysten kesken, mutta jätteiden määrä ja energian kulutus mainittiin useissa vastauksissa. Tulevaisuuden raportoinnin tilaa vuonna 2016 kysyttiin väitteellä ”yrityksemme raportoi ympäristövaikutuksista vuosittain”. 64 % piti väitteen toteutumista joko melko tai erittäin todennäköisenä ja 16 % prosenttia vastaavasti epätodennäköisenä, 19 % ei pitänyt toteutumista todennäköisenä eikä epätodennäköisenä. Suurista yrityksistä 94 % piti toteutumista todennäköisenä ja toimialoista metsäteollisuus ja kemianteollisuus pitivät toteutumista todennäköisenä. Suurinta skeptisyyttä väitettä kohtaan

oli puolestaan rakentamisessa, jossa 43 % piti väitettä epätodennäköisenä, mutta 57 % todennäköisenä.

Alihankkijoilta ympäristöraportointia edellyttää 12 % yrityksistä, mutta 22 % suurista yrityksistä. Toimialoista eniten alihankkijoiden ympäristöraportointia edellytetään metsä- ja elintarviketeollisuudessa, molemmissa neljänneksessä yrityksistä, vähiten puolestaan kemianteollisuudessa ja kaupassa. Raportoinnin muotoina mainittiin useimmin lakisääteisten vaatimusten täyttäminen, sertifiointit ja ympäristöjohtamistai laatujärjestelmät.

Yksittäisten tuotteiden hiilijalanjäljen arviointia oli tehnyt 13 % yrityksistä. Suurista yrityksistä osuus oli 39 % ja toimialoista metsäteollisuudessa näin oli tehnyt puolet yrityksistä, elintarvike- ja kemianteollisuudessakin neljäsosa yrityksistä. Teknologia-teollisuuden yrityksistä yksikään ei ollut tehnyt arviointia ja kaupan yrityksistäkin vain 4 %. Arvioinneista saaduista kokemuksista kysyttäessä monet yritykset sanoivat arvioinnin olevan käynnissä tai alkuvaiheessa ja arvioinnin tulosten olevan vaihtelevia. Arviointien ongelmina mainittiin rajaus, lähtötietojen saatavuus ja standardien puute. Tulevaisuusväittämän ”yrityksemme tuotteissa on hiilijalanjälkimerkintä” vastaukset kuvastavat suurta epätietoisuutta asian suhteen. Yrityksistä 34 % piti merkintöjä todennäköisenä, mutta sama osuus piti niitä epätodennäköisenä ja 31 % ei osannut valita kantaansa. Todennäköisimpänä väitettä pitivät suuret yritykset, mutta ero pienempiin ei ollut lähellekään niin suuri kuin monissa muissa väittämissä. Toimialoista metsäteollisuus ja muu teollisuus erottuvat positiivisella suhtautumisella (todennäköisenä pitävien osuus 75 % ja 53 %) ja elintarviketeollisuus suurella epätietoisuudella (63 % ei pidä todennäköisenä eikä epätodennäköisenä). Niistä yrityksistä, jotka olivat hiilijalanjäljen arviointia tehneet, 67 % piti väitteen toteutumista todennäköisenä ja 20 % epätodennäköisenä (kuva 6). Kokemukset arvioinneista ovat siis ilmeisesti olleet pääasiassa myönteisiä.



Kuva 6. Suhtautuminen väitteeseen ”yrityksemme tuotteissa on hiilijalanjälkimerkintä vuoteen 2016 mennessä”.

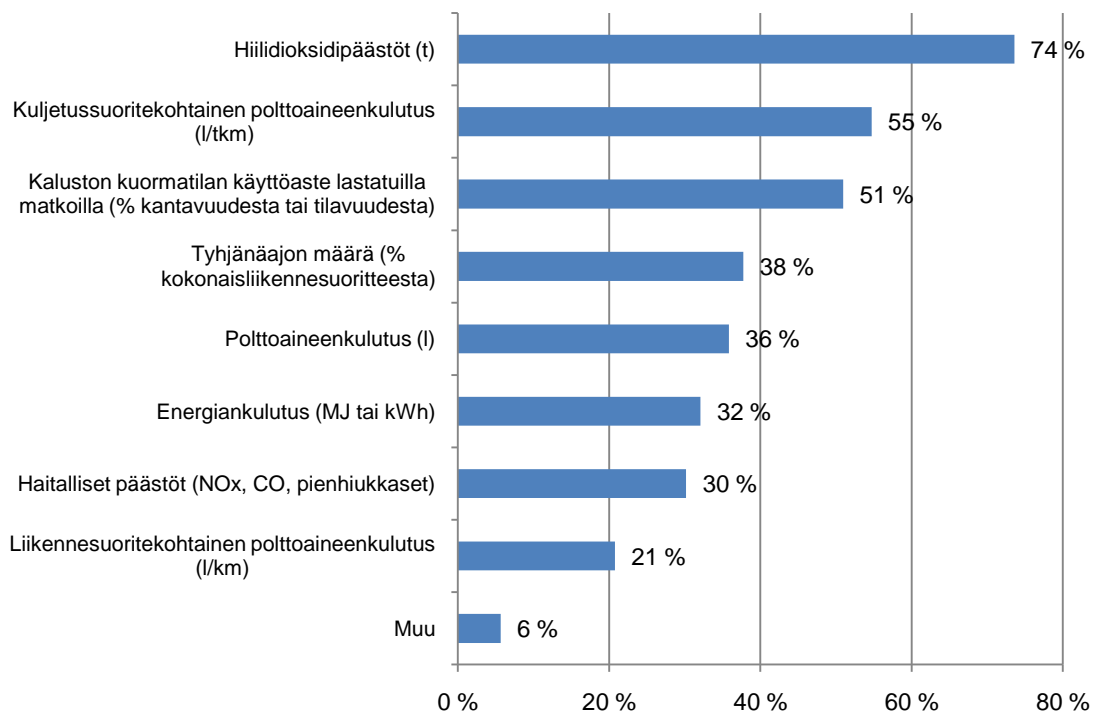
Tavoitteita ympäristövaikutusten vähentämiseksi oli asetettu 54 % yrityksistä. Suurimmissa yrityksissä osuus oli jälleen huomattavasti suurempi (78 %) ja toimialoista metsäteollisuuden yrityksistä kaikissa oli tavoitteita asetettu. Tavoitteiden sisältönä mainittiin usein jätteen määrän ja energiankulutuksen vähentäminen. Tulevaisuuden näkymiä kysyttiin väittämällä ”Yrityksemme on sitoutunut energiansäästö tavoitteeseen”. 59 % yrityksistä piti väitteen toteutumista melko tai erittäin todennäköisenä ja 18 % prosenttia vastaavasti epätodennäköisenä, 23 % ei osannut valita kantaansa. Suuret yritykset pitivät väitettä todennäköisempänä kuin pienemmät ja toimialoista metsäteollisuudessa ja kemianteollisuudessa kaikki yritykset pitivät tätä todennäköisenä.

6.3.2 Kuljetusten ympäristöraportointi

Tällä hetkellä kuljetusyrityksiltä saa kuljetusten ympäristövaikutusten raportteja vain 3,5 % vastaajista. Näistäkin yrityksistä kolme neljästä haluaisi kehittää raportointia paremmaksi. Niistä yrityksistä, joille raportointia ei tällä hetkellä tehdä, 43 % haluaisi kuljetusyritysten raportoivan kuljetusten ympäristövaikutuksista. Suurimmista yrityksistä kaksi kolmasosaa haluaisi raportointia, pienimmistä yrityksistä puolestaan kaksi kolmasosaa ei haluaisi. Toimialoista kemianteollisuudessa raportointia halutaan eniten (69 %) ja muussa teollisuudessa vähiten (29 %). Tulevaisuusväittämää ”yrityksemme edellyttää kuljetuspalvelujen toimittajalta ympäristövaikutusten raportointia” piti todennäköisenä 40 % yrityksistä ja epätodennäköisenä 25 % yrityksistä, suuri osa

yrityksistä piti siis tulevaisuutta epäselvänä. Suurista yrityksistä puolet piti väitettä todennäköisenä kun taas pienemmät yritykset kannattivat kaikkia kolmea vaihtoehtoa kolmanneksen osuuksilla. Toimialoista elintarviketeollisuudessa pidettiin väitettä todennäköisimpänä (88 % todennäköisenä) ja metalliteollisuudessa epätodennäköisimpänä (40 % epätodennäköisenä). Vastauksista voi päätellä, että vaikka ympäristöraportointia halutaankin, sitä ei pidetä niin tärkeänä tai kuljetusyritysten raportointikykyyn ei luoteta niin paljon, että raportointia vaadittaisiin tulevaisuudessa.

Kuljetusyritysten ympäristöraportointia haluavilta kysyttiin, mitä tunnuslukuja, kuinka usein, millä tarkkuustasolla ja missä muodossa raportointi haluttaisiin. Tunnuslukuista selvästi eniten haluttaisiin hiilidioksidipäästöjen määrää, seuraavaksi eniten kuljetus-
suoritekohtaista polttoaineenkulutustietoa ja kaluston kuormatilan käyttöastetietoa. Kysymyksen vastaukset on koottu kuvaan 7.



Kuva 7. Kuljetusyrityksiltä raportoitavaksi haluttavat tunnusluvut.

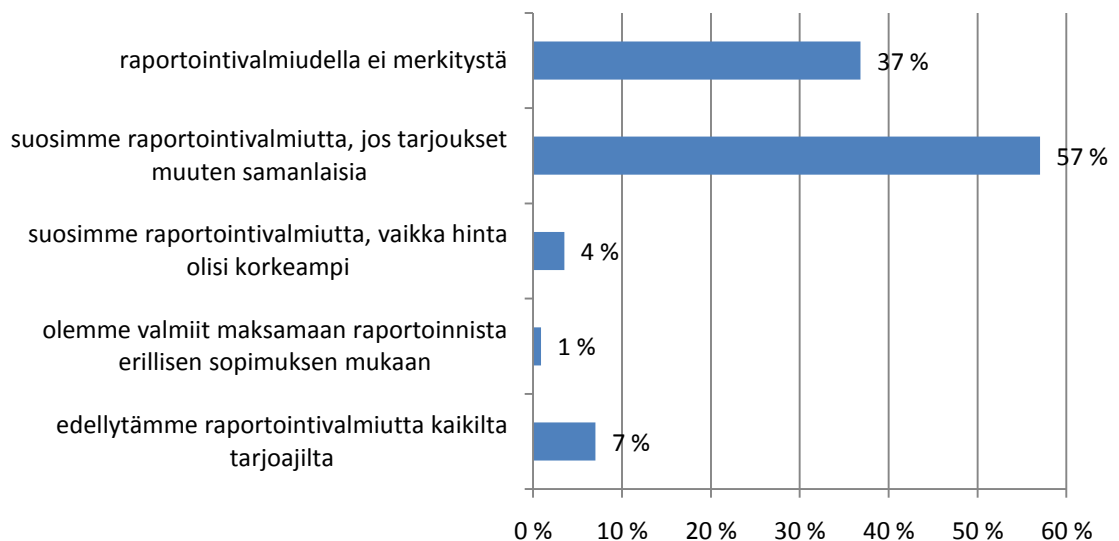
Tietoa kuljetusten hiilidioksidipäästöistä haluaisi siis 74 % raportointia haluavista eli kolmannes kaikista vastaajista, kuljetussuoritekohtaista polttoaineenkulutustietoa ja käyttöastetietoaakin noin neljännes kaikista vastaajista. Näin suuri tarve raportoinnille, jota useimmat kuljetusyritykset eivät tällä hetkellä pysty tekemään, on selvä signaali kuljetusyrityksille kehittää raportointiaan paremmaksi. Kysymyksen avoimissa vastauksissa tuotiin esiin, että alalle pitäisi luoda standardi, jonka perusteella kuljetusyritysten pitäisi raportoida ja yrityksiä voitaisiin vertailla. Tällaista standardia ei tällä hetkellä ole

olemassa, kuten luvussa 5 todettiin, mutta saman luvun laskentaesimerkissä esiteltyt laskentaperiaatteet voisivat olla lähtökohta suomalaisen standardin luomiseksi.

Kuljetusten ympäristöraportointia haluaisi neljännesvuosittain lähes kaksi kolmasosaa raportointia haluavista yrityksistä ja vuosittainen raportointi riittäisi kolmasosalle. Kuukausittaista raportointia haluaisi 4 % yrityksistä. Tarkkuustasoista kuljetusten kokonaissumma riittäisi 39 % yrityksistä, mutta 13 % yrityksistä haluaisi tuotekohtaista raportointia. Suurimmista yrityksistä peräti neljännes haluaisi tuotekohtaista raportointia. Raportoinnin muodoista joko sähköinen kirjallinen raportti tai taulukko-laskentatiedosto kelpaa lähes kaikille vastaajille.

6.3.3 Ympäristöraportointi kuljetuspalvelujen hankinnoissa

Ympäristöraportointivalmiuden ottaa kuljetuspalvelujen hankinnassa huomioon 17 % yrityksistä. Suurista yrityksistä kuitenkin 44 % tekee näin. Toimialoista puolestaan elintarviketeollisuudessa 38 % yrityksistä ottaa raportointivalmiuden huomioon, kemianteollisuudessa ja muussa teollisuudessa ei sen sijaan yksikään vastanneista yrityksistä. Raportointivalmiuden huomioon ottaminen ei kuitenkaan tarkoita, että siitä oltaisiin valmiita maksamaan. Vain 4,5 % yrityksistä pitää raportointia niin tärkeänä, että on valmis maksamaan siitä ylimääräistä. 7 % yrityksistä puolestaan edellyttää raportointivalmiutta kaikilta tarjoajilta, mutta 57 % yrityksistä suosii raportointivalmiutta, mikäli tarjoukset ovat muuten samanlaisia. 37 %:lle yrityksistä raportointivalmiudella ei ole merkitystä kuljetuspalvelujen hankinnassa (kuva 8).



Kuva 8. Ympäristöraportointivalmiuden merkitys kuljetuspalvelujen hankinnassa.

Energiatehokkuuden tason huomiointi kuljetuspalvelujen hankinnoissa on hyvin samankaltaista kuin raportointivalmiuden. 19 % yrityksistä ottaa energiatehokkuuden tason huomioon ja suurista yrityksistä näin tekee 44 %. Toimialojen vastaukset ovat samankaltaisia kuin raportointivalmiuden huomiointissa, tosin elintarviketeollisuuden yrityksistä jopa 75 % ottaa energiatehokkuuden tason huomioon. Tulevaisuusväittämää ”yrityksemme käyttää energiatehokkuuskriteerejä kuljetuspalvelujen hankinnoissa” piti todennäköisenä 38 % vastaajista. 35 % ei pidä väittämää todennäköisenä eikä epätodennäköisenä ja 27 % piti sitä epätodennäköisenä. Todennäköisimpänä väitettä pidettiin keskikokoisissa yrityksissä, pienimmissä yrityksissä oli puolestaan eniten epävarmoja vastauksia. Elintarviketeollisuudessa ja metsäteollisuudessa väitettä pidettiin hyvin todennäköisenä, rakentamisessa, kemianteollisuudessa ja muussa teollisuudessa oli puolestaan paljon epävarmoja ja epätodennäköisenä pitäviä.

Vastanneista yrityksistä 13 % on liittynyt energiatehokkuussopimukseen. Suurista yrityksistä näin on tehnyt kolmannes ja samoin elintarviketeollisuuden ja kemianteollisuuden yrityksistä noin kolmannes on liittynyt energiatehokkuussopimukseen ja metsäteollisuuden yrityksistä 75 %. Tulevaisuusväittämää ”yrityksemme on liittynyt energiatehokkuussopimukseen” piti todennäköisenä 44 % yrityksistä ja 55 % suurista yrityksistä. Elintarvike-, kemian- ja metsäteollisuudessa väitettä pidettiin hyvin todennäköisenä. Teknologiateollisuuden yritykset olivat puolestaan asiasta hyvin epävarmoja.

Kuljetusyrityksiltä edellyttää liittymistä tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimukseen vain 6 % yrityksistä. Suurista yrityksistä tätä edellyttää 11 % ja metsäteollisuuden yrityksistä puolet. Myös kaupan ja metalliteollisuuden yrityksistä noin 10 % edellyttää energiatehokkuussopimukseen liittymistä, mutta muilta toimialoilta yksikään yritys ei niin tee.

6.3.4 Tulevaisuusväittämät

Edellä on jo käsitelty tulevaisuusväittämien tuloksia väittämään liittyvän nykytilakysymyksen kohdalla. Näiden lisäksi esitettiin kuitenkin vielä neljä tulevaisuusväittämää, jotka liittyvät energiatehokkaan logistiikan suunnitteluun ja toteutukseen. Ensimmäinen väittämistä oli: ”yrityksemme toimitusketjut suunnitellaan energiatehokkuuden ehdoilla”. Tätä väitettä piti todennäköisenä 34 % yrityksistä. Väite oli yksi harvoista, jota pidettiin todennäköisempänä keskikokoisten yritysten keskuudessa kuin suurten yritysten joukossa. Toimialoista elintarviketeollisuuden ja metsäteollisuuden yritykset pitivät jälleen väitettä todennäköisimpänä.

Toimitusketjujen suunnittelua energiatehokkuuden ehdoilla todennäköisempänä yritykset pitivät väitettä ”yrityksemme toimitusketjut suunnitellaan yhteistyössä kuljetuspalvelujen toimittajan kanssa”. 53 % vastaajista piti tätä väitettä todennäköisenä ja todennäköisenä pitävien määrä osuus oli suunnilleen sama kaiken kokoisissa yrityksissä. Toimialojen kesken todennäköisyydessä on sen sijaan hajontaa. Elintarvike- ja metsäteollisuuden yrityksistä kaikki pitivät väitettä todennäköisenä, kun taas teknologiateollisuuden yrityksistä vain 31 %.

Väitteeseen ”yrityksemme käyttää ympäristöystävällisistä nykyistä vähemmän tiekuljetuksia” suhtauduttiin väittämistä kaikkein skeptisimmin. Vain 7 % yrityksistä piti tätä todennäköisenä ja peräti 64 % epätodennäköisenä. Todennäköisimpänä väitettä pidettiin elintarvike-, metalli- ja muun teollisuuden yrityksissä, mutta näissäkin vain noin 12 % piti väitettä todennäköisenä. Kyselyyn vastanneissa yrityksissä tiekuljetusten osuus tonneista Suomen sisäisissä kuljetuksissa oli 97,6 % ja vain 12 % yrityksistä käytti rautatiekuljetuksia. Rautatiekuljetuksia käyttävissä yrityksissä niiden osuus oli keskimäärin 8,4 % ja tiekuljetusten 90,4 %. Yritysten skeptinen suhtautuminen tiekuljetusten vähentämiseen viittaa siihen, että kuljetusten energiatehokkuuden parantamiselle kuljetusmuotojen työnjaon muuttumisen kautta ei ole suurtakaan potentiaalia.

Kuljetusten energiatehokkuus voi sen sijaan parantua kuljetusyritysten toiminnan kautta. Tällaiseen kehitystyöhön kuljetusasiakkaat myös rohkaisevat kuljetusyrityksiä. Väitettä ”yrityksemme edellyttää kuljetuspalvelujen toimittajalta energiatehokkuuden jatkuvaa parantamista” piti todennäköisenä 44 % yrityksistä. Suurista yrityksistä väitettä todennäköisenä pitävien osuus oli jopa 78 %. Toimialoista elintarvike- ja metsäteollisuus suhtautuivat tähänkin väitteeseen positiivisimmin.

6.4 Kyselyn pääviestit

Tuotekohtaista hiilijalanjälkimerkintää kohtaan on esitetty kritiikkiä sen monimutkaisuuden ja kalleuden vuoksi. Toimitusketju- tai yritystason hiiliauditoinneista sen sijaan odotetaan olevan hyötyä kuljetusasiakkaille yritysten helpomman vertailun ja päästöjen muodostumisen läpinäkyvyyden paranemisen vuoksi. Tämän kyselyn perusteella enemmistö suomalaisista kaupan ja teollisuuden yrityksistä ei ole toistaiseksi kokenut vaatimuksia yrityksen ulkopuolelta ympäristöraportoinnin suhteen. Suurissa yrityksissä tällaisia vaatimuksia kuitenkin on olemassa. Myöskään alihankkijoilta yritykset eivät ole ympäristöraportointia laajamittaisesti edellyttäneet. Yritykset ovat olleet proaktiivisia ja kehittäneet omaa ympäristöraportointiaan

vaatimuksia laajemmin. Suurin osa yrityksistä myös ennakoi toteuttavansa vuosittaista ympäristöraportointia vuonna 2016.

Yksittäisten tuotteiden hiilijalanjäljen arviointia oli tehty 15 yrityksessä. Arvioinneista saaduista kokemuksista tulivat esiin samat ongelmat, joita aiemmissa tutkimuksissa on esitetty. Erityisesti arviointimenetelmien standardoinnille nähtiin tarvetta. Ongelmista huolimatta tuotteiden hiilijalanjälkimerkintöjen yleistymiseen uskottiin hiiliauditointeja jo tehneissä yrityksissä selvästi vahvemmin kuin muissa yrityksissä. Hiilijalanjälkimerkintöjen tulevaisuuteen liittyvästä kysymyksestä tuli selkeästi esiin asiaan liittyvä epätietoisuus, kolmannes vastaajista ei pitänyt niitä todennäköisenä eikä epätodennäköisenä. Sama epävarmuus oli nähtävissä myös muiden tulevaisuusväittämien kohdalla. Vastauksista välittyi kuitenkin selkeä tahtotila liiketoiminnan ympäristövaikutusten vähentämiseen, mutta vähentämisen keinot ovat epäselviä.

Kuljetusten ympäristöraportoinnin kehittämiseksi nähtiin selkeää tarve, erityisesti CO₂-päästöistä, kuljetussuoritekohtaisesta polttoaineenkulutuksesta ja kaluston käyttöasteesta haluttaisiin tietoa. Kyselyn perusteella varsin yksinkertainen raportointi riittäisi monille. Neljännesvuosittain lähetettävä taulukkolaskentatiedosto, joka sisältäisi toimipaikkakohtaiset tiedot kuljetusten ympäristövaikutusten tärkeimmistä tunnusluvuista, vastaisi useimpien yritysten tarvetta. Vastauksista tuli myös selkeästi esiin, että vaikka raportointia arvostetaan ja joissain tapauksissa jopa edellytetään, siitä ei olla valmiita maksamaan ylimääräistä. Myös kuljetusten ympäristöraportoinnin osalta tuli esiin tarve raportoinnin standardoinnille vertailukelpoisuuden varmistamiseksi.

Kyselyn perusteella suomalaisten kaupan ja teollisuuden yritysten suhtautuminen ympäristöystävällisyyden kehittämiseen voidaan kiteyttää kolmeen pääviestiin: ympäristöystävällisyyttä halutaan kehittää, mutta siitä ei olla valmiita maksamaan, ja kehittämisen keinot ovat epäselviä. Näihin viesteihin vastaamiseksi tarvitaan ensinnäkin tutkimusta ja koulutusta ympäristöystävällisen liiketoiminnan kehittämisen keinoista ja keinojen taloudellisista vaikutuksista. Tämän lisäksi tarvitaan ympäristöystävällisyyden todentamisen selkeyttämistä niin lainsäädäntöä kuin vapaaehtoisia standardeja kehittämällä. Näiden toteuttamiseksi tarvitaan ennen kaikkea koordinoitua yhteistyötä yhteiskunnan eri sektoreiden välillä.

7 Päätelmät

Ympäristöasiat, erityisesti energiatehokkuuden parantaminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen, tulevat jatkuvasti tärkeämmiksi yhteiskunnallisiksi tavoitteiksi. Kehitys näkyy myös kuljetusalalla konkreettisimmin *Tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimuksen* muodossa. Sopimus on sinällään vahva viesti kuljetusalalle energiatehokkuuden parantamisen tarpeesta, mutta sopimuksen toimeenpanossa ja seurannassa on ratkaistavana suuria kysymyksiä. Suurimmat näistä ovat yritysten motivointi sopimukseen liittymiseksi ja energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutusten todentaminen niin yritys- kuin kansallisellakin tasolla. Nämä kysymykset liittyvät kiinteästi toisiinsa, sillä yrityksiä voisi motivoida liittymään sopimukseen, mikäli sopimuksen valtakunnallinen seurantatyökalu tarjoaisi välineitä energiatehokkuuden kehittämiseen yrityksen päivittäisessä toiminnassa.

Päivittäisen energiatehokkuustoiminnan tukemiseksi ja energiatehokkuustiedon laadun parantamiseksi työkalun pitäisi mahdollistaa matkakohtaisten energiankulutus ja lastitietojen käsittely. Matkakohtaiset tiedot mahdollistaisivat työkalun käyttämisen myös nykyisen Tiekuljetusten tavarankuljetustilaston tietojen täydentäjänä tai jopa korvaajana. Työkalu voisi korvata yritysten omia kalustonhallinnan järjestelmiä, mikäli sillä olisi suora liittymä Trafim ajoneuvorekisteriin. Työkalun pitäisi myös mahdollistaa helppo tiedonsiirto yritysten omien järjestelmien kanssa. Suomen pienyritysvaltaisessa kuljetuskentässä suurimmalla osalla yrityksistä ei kuitenkaan ole omia järjestelmiä, joten valtakunnallisella työkalulla voisi olla aidosti lisäarvoa yritysten toimintaan. Yhtenä lisäarvon lähteenä kaikille yrityksille työkalu voisi myös tarjota kertomuksia energiatehokkuuden parhaista käytännöistä ja puolueetonta tutkimustietoa tehostamistoimenpiteiden vaikutuksista. Tällaista tietoa on tuotettu runsaasti Suomessa HDenergia-, RASTU- ja TransEco-tutkimusohjelmissa, mutta tiedon jakaminen ja toimenpiteiden jalkauttaminen yrityskentälle on koettu vaikeaksi.

Ilman toimivaa seurantatyökalua energiatehokkuussopimuksen seuranta on vaikeaa. Tämä on käynyt hyvin ilmi sopimuksen kahden ensimmäisen toimintavuoden aikana. Eräs esimerkki tästä on, että sopimuksen tavoite määritettiin yhtenä lukuna (3,57 tkm/kWh) ensimmäistä kertaa tässä raportissa. Määrittelyn myötä havaittiin ongelmia käytettävissä tilastoissa ja itse tavoitteen asettelun sanamuodoissa, joiden myötä energiatehokkuustavoitteesta ollaan tällä hetkellä kauempana kuin sopimustekstistä voisi päätellä.

Määrittelyihin liittyvät ongelmat vaikeuttavat energiatehokkuustyötä myös yritystasolla. Tehdyssä kyselyssä havaittiin, että kuljetusyritysten ympäristöraportoinnille on olemassa selkeä tarve kuljetusasiakkaiden keskuudessa. Tähän tarpeeseen vastaa-

miseksi kuitenkin tarvitaan selkeitä pelisääntöjä esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen asiakaskohtaiseen laskentaan kuljetustehtävissä. Työ näiden pelisääntöjen määrittelymiseksi aloitettiin tässä tutkimuksessa, mutta niin pelisääntöjen vakiinnuttamiseksi kuin muiden yllä mainittujen energiatehokkuutta parantavien toimien jalkauttamiseksi tarvitaan runsaasti kiinteää yhteistyötä alan viranomaisten, liittojen, tutkimuslaitosten ja yritysten kesken tutkimuksen ja koulutuksen saralla.

Lähteet

Beeldman, M., van den Brink, R. 2009. EMEES bottom-up case application 16: Ecodriving.

Böhler, S., Rudolph, F. 2009. EMEES bottom-up case application 14: Vehicle Energy Efficiency.

CEN 2010. Freight transportation services – Declaration and reporting of environmental performance in freight transport chains. CEN/TR 14310:2002. European Committee for Standardization.

[<ftp://ftp.cen.eu/cen/Services/EHD/Framework/TC320TR143102002FT.pdf>].

COM/2006/0314. Keep Europe moving - Sustainable mobility for our continent, Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0314:FIN:EN:PDF>].

COM/2006/0545. Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential. [http://ec.europa.eu/energy/action_plan_energy_efficiency/doc/com_2006_0545_en.pdf].

COM/2007/0607. Freight Transport Logistics Action Plan. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0607:FIN:EN:PDF>].

COM/2008/0017. Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0017:FIN:EN:PDF>].

COM/2008/0030. 20 20 by 2020 - Europe's climate change opportunity. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0030:FIN:EN:PDF>].

DfT 2010. Fuel Ready Reckoner. Freight Best Practice tool. Department for Transport. [<http://www.fuelreadyreckoner.org.uk/>].

Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0064:EN:PDF>].

Directive 2008/101/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community. [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0101:EN:NOT>].

EMISTRA 2010. EMISTRA, energia- ja ympäristöasioiden seurantajärjestelmä. [http://www.emistra.fi/index_emistra.asp].

Euroopan komissio 2009. Background Information Paper for the Public Consultation on the Evaluation and Revision of the Action Plan for Energy Efficiency (COM (2006) 545). [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/consultations/doc/2009_08_03_eeap/2009_eeap_background_document.pdf].

Fries, N., Patterson, Z., Weidmann, U. 2009. Shippers' willingness to pay for sustainable freight transport and its implications on European freight transport policy. Proceedings of the European Transport Conference 2009, Leeuwenhorst, The Netherlands, October 5–7, 2009.

Goto, M., Masui, T., Kawai, N. 2006. A study on logistic system with environmental efficiency and economic effectiveness. Proceedings of 11th International Symposium on Logistics, ISL 2006, Beijing.

Kamakate, F., Schipper, L., 2009. Trends in truck freight energy use and carbon emissions in selected OECD countries from 1973 to 2005. Energy Policy. Vol 37. Issue 10. pp. 3743–3751.

Lapillone, B., Desbrosses, N. 2009. Top-down evaluation methods of energy savings. Case studies summary report.

Leonardi, J., Baumgartner, M., 2004. CO₂ efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential. Transportation Research Part D. Vol 9. pp. 451–464.

Leonardi, J., Browne, M., 2010. Allocation and calculation rules for GHG emissions in complex logistics and freight transport services. Proceedings of the Logistics Research Network Conference, Harrogate 8. –10.9.2010.

Liimatainen, H., Rauhamäki, H., Liedes, M., 2009. Kuljetusalan energiatehokkuuden hallinta- ja kannustinjärjestelmät. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät. Tutkimusraportti 74.

LIPASTO 2010. Tavarankuljetusten tieliikenteen yksikköpäästöjen määrittäminen. [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/maaritysperusteet_tavara_tie.htm].

McKinnon, A. 2010. Product-level Carbon Auditing of Supply Chains: Environmental Imperative or Wasteful Distraction? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40, Issue 1/2, pp. 42–60.

McKinnon, A., 2007. CO₂ emissions from freight transport in the UK. Heriot-Watt University.

McKinnon, A., Piecyk, M., 2009. Measurement of CO₂ emissions from road freight transport: A review of UK experience. *Energy Policy*. Vol. 37. pp. 3733–3742.

Motiva 2008. Tavarankuljetusten ja logistiikan energiatehokkuussopimus vuosille 2008–2016. [http://motiva.fi/files/72/tavaraliikenne_ets_080124.pdf].

Mäkelä, K., Järvi, T., Laurikko, J., 2008. Tieliikenteen suoritteet, kulutus ja energiatehokkuus. Esiselvitys. VTT Tutkimusraportti VTT-R-11443-08.

NTM 2008. Environmental data for international cargo transport. Calculation methods and default data – mode specific issues. Road transport Europe.

Perez-Martinez, P. J., 2009. The vehicle approach for freight road transport energy and environmental analysis in Spain. *European Transport Research Review*. Vol 1. pp. 75–85.

Piecyk, M. 2010. Carbon Auditing of Companies, Supply Chains and Products. In Cullinane, S, McKinnon, A., Browne, M. and Whiteing, T. (eds), *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*, Kogan Page, London.

Piecyk, M., McKinnon, A., 2009. Analysing global energy trends in road freight transport. Proceedings of the Logistics Research Network Conference, Cardiff 7. – 10.9.2009.

REDEFINE 1999. REDEFINE Summary Report. Relationship between demand for freight transport and industrial effects. [http://cordis.europa.eu/transport/src/redefinerep.htm].

Rocla 2010. Punnitseva haarukkavaunu RHW 22 Dual ja RHW 21. [http://www.rocla.com/productlist.asp?Section=1076]

Stenhom, P., 2004. Maantiekuljetusyrityksen ympäristölähtöinen kilpailukyky. Turun kauppakorkeakoulun julkaisu A-15:2004.

Tilastokeskus 2010. Tieliikenteen tavarankuljetukset. Tilastokuvaus. [<http://www.stat.fi/meta/til/kttav.html>].

Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.

WEF 2010a. Consignment-Level Carbon Reporting – Background to Guidelines. World Economic Forum. [<http://www.weforum.org/pdf/ip/au/background.pdf>].

WEF 2010b. Consignment-Level Carbon Reporting - Guidelines. World Economic Forum. [<http://www.weforum.org/pdf/ip/au/guidelines.pdf>].

Wuppertal Institute 2009. Measuring and reporting energy savings for the Energy Services Directive – how it can be done. Results and recommendations from the EMEES project.

Yoshifuji, T., Goto, M., Yamada, T., Masui, T. 2008. Information modelling to calculate CO₂ emissions caused by distribution and its allocations. Proceedings of the 13th International Symposium on Logistics, ISL 2008, Bangkok.



Tampereen teknillinen yliopisto
Tiedonhallinnan ja logistiikan laitos
PL 541
33101 Tampere

www.tut.fi/tlo

ISBN 978-952-15-2487-5 (PDF)
ISSN 1797-9072