



**Open your mind. LUT.**  
Lappeenranta **University of Technology**

Teknillinen tiedekunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

BH10A0300 Ympäristötekniikan kandidaatintyö ja seminaari

## **KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLJEN LASKENNAN HAASTEET SEKÄ PIENENTÄMISMAHDOLLISUUDET**

### **Consumer´s carbon footprint – calculation challenges and reduction potential**

Työn tarkastaja: KTT, Professori Lassi Linnanen

Työn ohjaaja: DI, Nuorempi tutkija Kaisa Grönman

Lappeenrannassa 20.12.2010

Eija Multanen

# SISÄLTÖ

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO .....	3
1 JOHDANTO .....	4
1.1 Työn tausta.....	4
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset.....	4
1.3 Työn toteutus .....	4
2 ILMASTONMUUTOS JA HIILIJALANJÄLKI .....	5
3 KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLKI .....	7
3.1 Tutkimustietoa .....	7
3.2 Yhteenvedo harjoitustöistä .....	8
4 KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLJEN LASKENNAN HAASTEET .....	9
4.1 Tiedon puutteen vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan.....	9
4.1.1 Tiedon puute asumisen laskuissa.....	10
4.1.2 Tiedon puute liikkumisen laskuissa.....	11
4.1.3 Tiedon puute ruoan laskuissa.....	12
4.1.4 Tiedon puute jätteiden laskuissa.....	12
4.2 Laskentaerojen vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan .....	13
4.2.1 Rajauseroja asumisen laskuissa .....	14
4.2.2 Rajauseroja liikkumisen laskuissa .....	15
4.2.3 Rajauseroja ruoan laskuissa.....	16
4.2.4 Rajauseroja jätteiden laskuissa .....	17
4.2.5 Eri päästökertoimia asumisen laskuissa.....	18
4.2.6 Eri päästökertoimia liikkumisen laskuissa.....	18
4.2.7 Eri päästökertoimia ruoan laskuissa .....	20
4.2.8 Eri päästökertoimia jätteiden laskuissa.....	21

4.3	Laskentavirheiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan .....	21
4.3.1	Laskentavirheitä asumisen laskuissa .....	21
4.3.2	Laskentavirheitä liikkumisen laskuissa .....	22
4.3.3	Laskentavirheitä ruoan laskuissa .....	22
4.3.4	Laskentavirheitä jätteen laskuissa.....	23
4.4	Muiden tekijöiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan .....	24
5	KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLJEN PIENENTÄMISMAHDOLLISUUDET.....	25
5.1	Tietoisuus.....	25
5.2	Tarjonta.....	26
5.3	Toimintaympäristö.....	27
5.4	Tavat .....	28
5.5	Toiset ihmiset.....	29
6	YHTEENVETO.....	30
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
	LÄHTEET .....	35

## LIITTEET

Liite 1. Koonti harjoitustöiden tuloksista

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

CH <sub>4</sub>	metaani
ConsEnv	Ympäristöministeriön koordinoima asumisen ja ruuan ympäristövaikutusten tutkimusohjelma
CO <sub>2</sub>	hiilidioksidi
CO <sub>2</sub> -ekv.	hiilidioksidiekvivalentti
EKJH	Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy
ET-luku	energiatehokkuusluku
GWP	Global Warming Potential, maailmanlaajuisen lämmityspotentiaalin kerroin, GWP <sub>100CO<sub>2</sub>=1</sub>
HFC	fluorihiihivety
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardoimisjärjestö
LIPASTO	VTT:n ylläpitämä Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä
LOAS	Lappeenrannan seudun opiskelija-asuntosäätiö
N <sub>2</sub> O	dityppioksidi
PFC	perfluorihiihivety
SF <sub>6</sub>	rikkiheksafluoridi
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Hiilijalanjälki kuvaa tarkasteltavan yksikön elinkaaren aikana tuottamia kasvihuonekaasupäästöjä. Päästöt ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO<sub>2</sub>-ekvivalentti). (Weidema ym. 2008, 4-5.)

Hiilijalanjälkiä on laskettu vasta jonkin aikaa ja useimmiten siten, että yritykset ovat laskeneet hiilijalanjäljen valmistamilleen tuotteille. Huoli ilmastonmuutoksesta on kuitenkin saanut kuluttajat kyseenalaistamaan valintojaan ja pohtimaan kulutustottumustensa vaikutuksia. Keino oman toiminnan aiheuttaman ilmastovaikutuksen selvittämiseen on henkilökohtaisen hiilijalanjäljen laskeminen.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tässä kandidaatintyössä perehdytään kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan liittyviin ongelmiin. Tavoitteena on arvioida laskennan epävarmuustekijöiden ja virhelähteiden merkittävyyttä toisiinsa verrattuna sekä kokonaisuuden kannalta. Tämän virhearvioinnin pohjalta yhtenä työn tavoitteena on pohtia keinoja, joilla yksittäinen kuluttaja parhaiten pystyy pienentämään hiilijalanjälkeään arjen valinnoilla.

Työssä tarkastellaan yksittäisen kuluttajan hiilijalanjälkeä. Työ rajataan laskennan osalta lähdemateriaalin rajauksen mukaisesti käsittelemään asumista, liikkumista, ruokaa ja jätteitä. Kuluttajan hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksia pohditaan myös tämän rajauksen ulkopuolelta.

## 1.3 Työn toteutus

Pääasiallisena lähdemateriaalina työssä on käytetty Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa talvella 2010 järjestetyn Ilmastonmuutos-kurssin harjoitustöitä. Lähdemateriaalia on käytetty siten, ettei yksittäistä opiskelijaa tai häneen liittyviä tietoja voi tunnistaa. Tämän kandidaatintyön tekoaikana harjoitustöihin liittyviä tietoja ei ole luovutettu ulkopuolisille ja lähdemateriaali on poistettu arkistosta työn valmistuttua.

## 2 ILMASTONMUUTOS JA HIILIJALANJÄLKI

Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ilmiö, joka mahdollistaa nykyisenkaltaisen elämän maapallolla. Aurinko säteilee maapallolle lyhytaaltoista säteilyä, joka lähtee maapallon pinnasta takaisin avaruuteen pidempiaaltoisena lämpösäteilynä. Kasvihuoneilmiö syntyy, kun ilmakehän niin sanotut kasvihuonekaasut pidättävät osan tästä lämpösäteilystä. Ilman kasvihuoneilmiötä maapallon keskilämpötila olisi -18 astetta nykyisen +15 asteen sijaan. (Berghäl ym. 2003, 7.)

Kasvihuoneilmiön aiheuttavia kaasuja kutsutaan kasvihuonekaasuiksi. Näistä tärkein on vesihöyry, mutta ihmisen toiminta ei suoraan vaikuta sen pitoisuuksiin. Hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) on ollut huomion keskipisteenä puhuttaessa ihmisen toiminnasta aiheutuvista kasvihuonekaasuista, lisäksi maapallon säteilytasapainoon vaikuttavat myös metaani ( $\text{CH}_4$ ), dityppioksidi ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sekä halogenoidut hiilivedyt (ns. F-kaasut) eli HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet sekä rikkiheksafluoridi ( $\text{SF}_6$ ). (Berghäl ym. 2003, 7.) (Mann ja Kump 2008; 14, 26.)

Kasvihuonekaasujen vaikutukset ilmastoon ovat erisuuruiset. Ilmastovaikutus määräytyy kaasun pitoisuudesta ja eliniästä ilmakehässä. Helpottaakseen kasvihuonekaasujen vaikutusten vertailtavuutta on kehitetty käsite globaalinen lämmityspotentiaali (GWP). GWP-kerroin ilmaisee kasvihuonekaasun lämmitysvaikutuksen suhteessa hiilidioksiidiin. Kertoimelle lasketaan arvoja kaasujen eliniän eroavaisuuksien vuoksi 20, 100 ja 500 vuoden aikataustalla. (Berghäl ym. 2003, 7.) (Mann ja Kump 2008, 28–29.)

Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan mitä tahansa ilmaston muuttumista. Sen aiheuttajana voi olla ilmastosysteemin luonnollinen sisäinen vaihtelu tai ulkoiset tekijät. Ulkoiset tekijät voivat olla luonnollisia (esimerkiksi pilvisuus, tulivuorten purkaukset ja vaihtelut auringon säteilyssä) tai ihmisen aiheuttamia (esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytön ja metsänhävityksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt). (Berghäl ym. 2003, 9.)

Ihmisen toiminta on lisännyt kasvihuonekaasujen pitoisuutta ilmakehässä. Tämä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja lämmittää ilmastoa. Ilmaston lämpeneminen saattaa johtaa laajoihin ympäristömuutoksiin, jotka vaihtelevat eri puolilla maapalloa. (Berghäl ym. 2003; 7, 9.)

Ilmastonmuutoksen moniulotteisia vaikutuksia voidaan luokitella esimerkiksi ympäristöllisiin, sosiaalisiin sekä taloudellisiin vaikutuksiin. Ympäristövaikutuksia ovat muun muassa lisääntyvät sään ääri-ilmiöt. Toisilla alueilla tulee olemaan nykyistä enemmän tulvia ja rankkasateita, toisaalla lisääntyy kuivuus. Ilmastonmuutoksen myötä lämpimillä pitkän kasvukauden alueilla menestyvät kasvi- ja eläinlajit leviävät uusille, entistä pohjoisemmille alueille kylmemmässä menestyvien lajien kustannuksella. Tämä koskee myös ihmisen ravintona käyttämiä viljelykasveja. Viljelykasvien kasvualueet muuttuvat ja kasvukaudet pidentyvät, tosin myös monet tuholaislajit leviävät laajemmalle. Muutosten myötä ruoka jakautuu maapallolla entistä epätasaisemmin. Tällaisia ilmastonmuutoksen ympäristövaikutuksia seuraa taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia; viljelijöiden toimeentulomahdollisuudet heikkenevät ja nälänhätä ajaa ihmisiä pois kotiseuduiltaan niin sanotuiksi ilmastopakolaisiksi. (Linnanen 2010.)

Huoli ilmastonmuutoksesta ja sen seurauksista on herättänyt niin yritykset, yhteisöt kuin yksittäiset kuluttajatkin kyseenalaistamaan omia kulutustottumuksia sekä tutkimaan mahdollisuuksia vähentää kasvihuonekaasupäästöjä omassa toiminnassa. Hiilijalanjäljen laskeminen on tähän soveltuva apukeino.

Hiilijalanjäljellä pyritään kuvaamaan tarkasteltavan yksikön, kuten tuotteen tai palvelun tuottamisen aiheuttamaa vaikutusta ilmastonmuutokseen. Hiilijalanjäljen laskemiseen ei vielä ole olemassa standardisoitua tapaa. Parhaimmillaan hiilijalanjälkilaskussa otetaan huomioon koko elinkaaren aikana tuotetut kasvihuonekaasupäästöt. Täten hiilijalanjäljen laskeminen on eräänlainen suppea elinkaarianalyysi, suppea, koska vain ilmastovaikutukset huomioidaan. Laskennan lopputulos ilmoitetaan yksikössä kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia. (European Commission 2007.)

Hiilijalanjälkitarkastelu on lähtenyt liikkeelle yksittäisten tuotteiden näkökulmasta, kun yritykset ovat laskeneet hiilijalanjälkiä esimerkiksi kaurahiutaleille ja kaupakasseille. Osin laskentaa ovat suorittaneet myös tieteelliset sekä kaupalliset tahot. Sittenmin on yleistynyt tapa laskea myös koko tuotantolaitoksen tai jopa koko yrityksen toiminnallaan aiheuttama hiilijalanjälki. Laskennan tarkoituksena on löytää tarkasteltavan yksikön ne elinkaaren aikaiset vaiheet, toimintatavat ja käytetyt materiaalit, jotka tuottavat eniten kasvihuonekaasupäästöjä. Laskennan jälkeen päästövähennystoimenpiteet osataan kohdistaa olennaisimpiin seikkoihin.

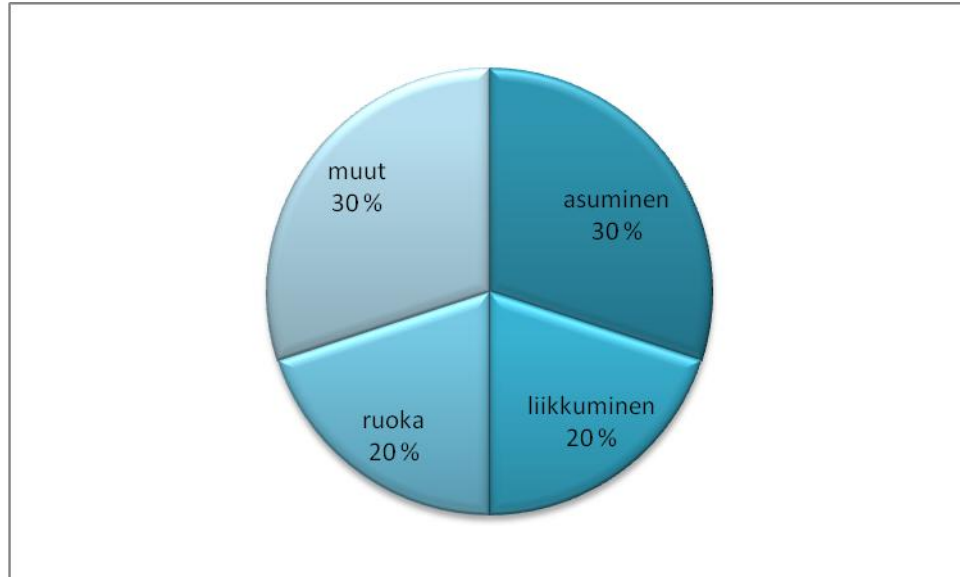
### **3 KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLKI**

Tässä työssä lähestytään hiilijalanjälkilaskentaa tutumman tuote- tai yritysnäkökulman sijaan yksittäisen kuluttajan näkökulmasta. Kuluttajan hiilijalanjälkilaskenta ottaa parhaimmillaan huomioon kaikki yksittäisen henkilön tarkasteluajanjakson, yleensä yhden vuoden, aikana aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Näin ollen hiilijalanjälkilaskentaan tulee sisällyttää niin asumiseen ja liikkumiseen käytetty energia kuin kulutetut tuotteet ja palvelut, kattaen niiden koko elinkaaren.

#### **3.1 Tutkimustietoa**

Tämänhetkisen tutkimustiedon mukaan asuminen, liikkuminen, erityisesti yksityisautoilu, sekä elintarvikkeet ovat suurimmat ilmastovaikutusten aiheuttajat (Nissinen ja Seppälä 2008, 14). Euroopan komission teettämän tuotteiden ympäristövaikutustutkimuksen mukaan nämä kolme osa-aluetta muodostavat 70–80 % kuluttajan hiilijalanjäljestä (Tukker ym. 2006, 15). Kuvassa 1 on esitetty kuluttajan hiilijalanjäljen jakautuminen Seppälän ym. tutkimuksen mukaan. Ruoan osuuteen on kuvassa summattu lähdetutkimuksesta elintarvikkeiden sekä alkoholijuomien ja tupakan muodostamat kasvihuonekaasupäästöosuudet. Kohdan muut suurimman % -osuuden muodostavat virkistys ja kulttuuri noin 7 %, jonka lisäksi mukana ovat mm. vaatteet, sisutustuotteet sekä terveystalvelut.



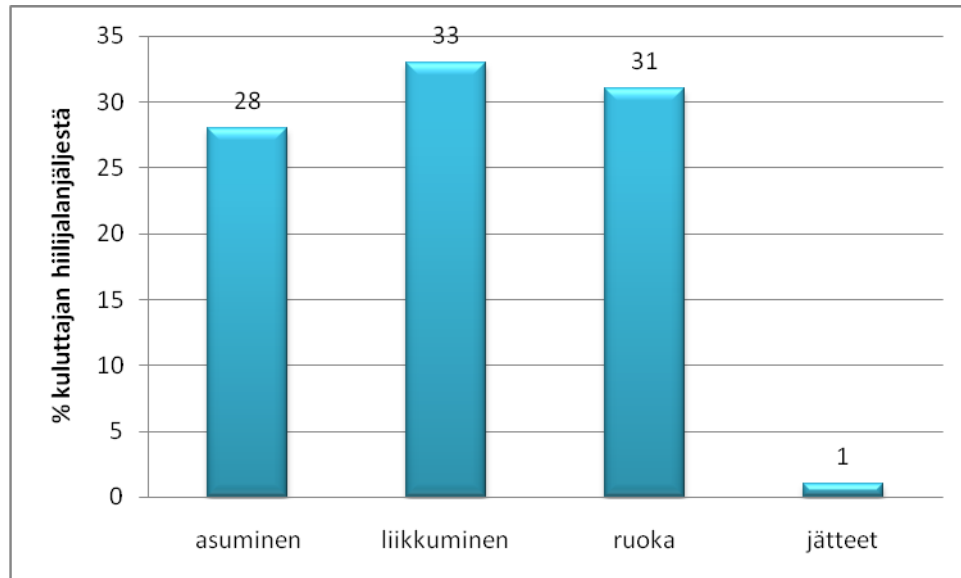


**Kuva 1.** Kotitalouksien kulutusmenojen aiheuttamien kasvihuonekaasujen jakautuminen (mukaiillen Seppälä Jyri ym. 2009, 52).

Ilmastonmuutoskurssin harjoitustöissä otettiin huomioon mainitut kolme yksittäistä osa-alueita, jotka yhteenlaskettuna muodostavat Seppälän (2009, 52) mukaan noin 70 % kuluttajan hiilijalanjäljestä. Näin ollen harjoitustöihin on siis sisällytetty ne kuluttajan elämän osa-alueet, jotka aiheuttavat merkittävimmän ilmastovaikutuksen.

### 3.2 Yhteenveto harjoitustöistä

Tässä työssä on tarkasteltu Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa tammi-helmikuussa 2010 Ilmastonmuutos-kurssilla tehtyjä 46 harjoitustyötä, joissa laskettiin opiskelijan oma hiilijalanjälki. Laskennan tuloksissa oli suurta vaihtelua niin osa-alueiden keskinäisissä suhteissa kuin suuruudessaakin. Koonti lopputuloksista on esitetty liitteessä 1. Keskimäärin opiskelijan hiilijalanjälki muodostuu neljästä harjoitustöihin kuuluviksi rajatusta osa-alueesta kuvan 2 mukaisesti. Kuvassa esitetyt keskimääräiset osuudet on laskettu mediaanina harjoitustöistä. Liikkuminen ja ruoka muodostavat kumpikin reilun kolmanneksen ja asuminen vajaan kolmanneksen kuluttajan hiilijalanjäljestä. Jätteiden osuus oli vain yksi prosentti. Jätteet olikin ainut tässä harjoitustyössä huomioitu, tutkimustiedon mukaan pienemmän osuuden muodostava kuluttajan hiilijalanjäljen osa-alue, mm. vaatteiden ja asusteiden sekä terveydenhuollon tai koulutuksen muodostamia osia ei laskennassa huomioitu. Tutkimustietoon verrattaessa harjoitustöiden tulokset vaikuttavat loogisilta.



**Kuva 2.** Kuluttajan hiilijalanjäljen jakautuminen harjoitustöissä tarkasteltuihin osa-alueisiin (Harjoitustyöt 2010).

## 4 KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLJEN LASKENNAN HAASTEET

Vaikkei hiilijalanjäljen laskemista voikaan enää sanoa uudeksi asiaksi, vaan pikemminkin pinnalla olevaksi muoti-ilmiöksi, ei hiilijalanjäljen laskemiseen silti ole olemassa yhtenäistä, vakiintunutta tapaa. Kansainvälinen standardisointijärjestö ISO (International Organization for Standardization) kuitenkin valmistelee tuotteiden hiilijalanjälkiin liittyvää standardia (ISO 2010). Vielä toistaiseksi hiilijalanjäljen laskennan hajanaiset rajaukset ja oletukset, paitsi lisäävät työmäärää, myös heikentävät laskennan lopputuloksien keskinäistä vertailtavuutta.

### 4.1 Tiedon puutteen vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan

Tiedon puutteeksi määritellään tässä kappaleessa vaillinaiset tiedot kuluttajan henkilökohtaisista kulutusmääristä. Asumisessa tämä tarkoittaa sähkö- ja lämpöenergian vuosittaisia kulutusmääriä sekä liikkumisessa eri kulkuvälineillä kuljettuja kilometrejä. Ruoan ja jätteiden muodostamia osuuksia kuluttajan hiilijalanjäljestä laskettaessa syötyjä ruokamääriä on myös jouduttu arvioimaan samoin kuin tuotettuja jätemääriä.

#### 4.1.1 Tiedon puute asumisen laskuissa

Harjoitustöistä 37:ssä asumisen vaikutukset hiilijalanjälkeen oli laskettu Lappeenrannan seudun opiskelija-asuntosäätiön (LOAS) vuokra-asunnon ympärivuotisen asumisen mukaan. Näiden lisäksi kaksi opiskelijaa ilmoitti asuvansa osan vuodesta LOAS:lla ja osan vuodesta muualla. Tarkastelluissa harjoitustöissä 80 %:ssa olikin jouduttu tekemään karkea arvio sähkön- ja lämmönkulutuksesta, koska näiden osuudet sisältyvät varsinaisen vuokran lisäksi opiskelija-asuntosäätiön vuokralaskuun. Vain kolmella opiskelijalla oli käytettävissään koko vuoden asumista koskevat asuntokohtaiset sähkö- ja lämpöenergian kulutusluvut. Tämän lisäksi kahdella opiskelijalla oli käytettävissään osavuoden asumiselta sähkölämmitteisen talon sähkönkulutus sekä yhdellä kaukolämpöverkossa olevasta asunnosta sähkönkulutus. (Harjoitustyöt 2010.)

Tarkimmin omaa lämpöenergiankulutusta pystyivät siis arvioimaan ne opiskelijat, joilla oli asuntokohtaiset sähkön ja lämmön kulutusluvut käytettävissään. Henkilökohtaisen kulutuksen selvittämiseksi nämä opiskelijat olivat jakaneet toteutuneen asuntokohtaisen kulutuksen perheen henkilölukumäärällä. Laskennan kohteena oli yhteensä 49 asuntoa, koska kolme opiskelijaa oli huomionnut laskuissaan asumisen kahdessa eri kodissa. Näistä 49 asunnosta valtaosan, 34:n, lämpöenergian kulutusta arvioitiin neliöperustein ja kolmessa puolestaan kuutioperustein. Tehdyt valinnat perustuivat opiskelijoiden käytettävissä oleviin asuntokohteiden energiankulutustietoihin tai eri lähteistä poimittuihin yleisiin asuntojen ominaiskulutustietoihin. Näiden lisäksi kaksi opiskelijaa oli arvioinut omaa energiankulutustaan kerrostalon arvioidun asukasmäärän mukaan. (Harjoitustyöt 2010.) Tämä lienee käytetyistä epätarkin arviointiperuste.

Opiskelija-asunnoissa asuvat olivat käyttäneet laskuissaan LOAS:n kohteiden ET-luvut (energiatehokkuusluvut) taulukon tietoja. Siihen on taulukoitu asuntokohteittain kulutusluvut lämpö- sekä sähköenergiasta, bruttopinta-alat, ET-luvut sekä energialuokat. Taulukossa lämpöenergiankulutus on jaettu lämpimän käyttöveden sekä lämmitysenergian kulutukseen, sähköenergiasta on taulukoitu erikseen kiinteistösähkö. (LOAS 2009.) Neliöperustein lämmitysenergiankulutuksen laskeneet olivat suhteuttaneet oman asunnon vuokravastuu pinta-alan kerrostalon bruttopinta-alaan. Tarvittaessa asunnon pinta-ala oli vielä jaettu asunnossa asuvien henkilöiden lukumäärällä, jolloin saatiin omaa lämmönkulutusta kuvaava tulos. (Harjoitustyöt 2010.) Huoneistokohtaisten kulutustietojen

puuttuessa neliöperusteinen jako koko talon lämmönkulutukselle on hyvä keino arvioida omaa lämpöenergiankulutusta.

Myös sähkönkulutusta arvioidessaan harjoitustöissä oli pääosin käytetty asunnon pinta-alaan suhteutettua osuutta koko kerrostalon sähkönkulutuksesta omana kulutuksena. Erillisen sähkölaskun saavat olivat jakaneet toteutuneen asuntokohtaisen kulutuksen perheen henkilölukumäärällä. (Harjoitustyöt 2010.) Sähkönkulutus muodostuu muissa, kuin sähkölämmitteisissä taloissa yksinomaan sähkölaitteiden käytöstä, eli laitteiden ominaiskulutuksesta, lukumäärästä sekä käyttöajasta ja -tavasta (esim. virransäätötila/kokonaan suljettu). Tarkimmin oman sähkönkulutuksen pystyy laskemaan laitteiden käytön perusteella, jos laskutoimitus tehdään kattavasti, mutta neliöperusteinen koko talon kulutusluvun jako on jo hyvin oman sähkönkulutuksen suuruusluokan antava ja siten hyvä arvio.

Kiinteistökohtainen käyttöveden kulutus määräytyy hyvin pitkälti asukasmäärän mukaan, jonka lisäksi asukkaiden paljonkin toisistaan eroavat vedenkäyttötottumukset vaikuttavat kulutukseen. Jälkimmäistä on kuitenkin hyvin haastavaa, jopa mahdotonta luotettavasti arvioida, vaikka karkeita arvioita lapsiperheen suuremmasta vedenkulutuksesta eläkeläispariskuntaan verrattuna voisikin tehdä. Harjoitustyön tehneet asuvat kuitenkin pääosin opiskelijataloissa, jolloin asukkaiden väliset erot vedenkäytössä muodostuvat hieman eri tavalla kulutustottumusten eroavaisuuksista. Kiinteistön kokonaisvedenkulutus jaettuna asukasmäärällä kuvaakin näissä harjoitustöissä yksittäisen asukkaan vedenkulutusta parhaalla mahdollisella tarkkuudella.

#### **4.1.2 Tiedon puute liikkumisen laskuissa**

Hieman aikaa ja vaivaa käyttäessään kuluttaja pystyy kohtuullisella työmäärällä määrittämään tarvittavalla tarkkuudella kulkemansa kilometrit eri kulkuneuvoilla. Hiilijalanjäljen laskennan kannalta ei ole tarpeellista määrittää matkoja kilometrin tarkkuudella. Harjoitustöissä tehtyjen arvioiden tarkkuutta ja totuudenmukaisuutta on ulkopuolisen mahdotonta arvioida ja tarkastaa, joskin myös tarpeetonta kyseenalaistaa.

Linja-autolla, junalla, laivalla sekä lentokoneella kuljetut matkat olivat lähdeaineistossa useimmiten pitkiä ja/tai säännöllisiä kuten lomamatkat ja päivittäinen kaupungin sisäisen linja-auton käyttö. Tällaiset kuljetut kilometrit koettiin melko helpoiksi määrittää.

(Harjoitustyöt 2010.) Henkilöautolla ajettuihin kilometreihin sisältyy suurin epävarmuus niillä, jotka eivät omista autoa, vaan lainaavat satunnaisesti läheisten autoja. Auton omistajilla hankaluutta tuottaa ajokilometrien sijaan henkilökilometrien määrittäminen.

#### **4.1.3 Tiedon puute ruoan laskuissa**

Tarkastelluissa harjoitustöissä oli ruokamääriä arvioitu pääosin tarkemmin erittelemättä arviointiperusteita, muutamassa työssä ilmoitettiin ruokapäiväkirja tai ruokaostoskuittien tarkastelu arvioinnin taustamateriaaliksi. Harjoitustöissä oli erittäin suurta vaihtelua eri ruoka-aineiden ja ateriakokonaisuuksien huomioinnin laajuudessa. (Harjoitustyöt 2010.) Kuluttajan itsensä vuosittain syömien ruoka-ainemäärien arviointi vaatii hieman paneutumista, mutta on turhaa tehdä niin raju yleistys, että päivittäiset ruokailut sisältäisivät vain lounaan, ääritapauksessa samaa ruokalajia päivästä toiseen.

Onneksi vain muutamassa harjoitustyössä oli päädytty käyttämään eri lähteiden (Yle, tilastokeskus, THL) antamia tietoja keskimääräisen suomalaisen vuosittain syömistä ruokamääristä omana kulutuksena tai suoraan ilmoitettuja lukuarvoja keskimääräisen suomalaisen ruokailutottumuksilla aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Harjoitustyön kannalta on paljon mielenkiintoisempaa, että kuluttajan vuosittaisia ruokamääriä oli pyritty arvioimaan, vaikka karkeitakin yleistyksiä tehden. Koska hiilijalanjälkilaskennan lopputulokseen ei ole tarkoitus tällaisella arvioinnilla aiheuttaa lisävirhettä, vaatii omien ruokailutottumusten arviointi jonkin verran enemmän paneutumista kuin keskiarvotietojen käyttö. Tilastotietoja keskimääräisen suomalaisen kuluttajan syömän ruoan hiilijalanjälkivaikutuksista oli pääosin käytetty harjoitustöissä taidokkaasti oman laskennan lopputuloksen totuudenmukaisuuden arviointiin. (Harjoitustyöt 2010.)

#### **4.1.4 Tiedon puute jätteiden laskuissa**

Tuottamaansa jätemäärää arvioivat pääosin ne kuluttajat, jotka tilaavat itse pihan jäteastioiden tyhjennyskuljetukset sopivin väliajoin. Vähemmistönä lienevät sellaiset kuluttajat, jotka punnitsevat roskapusseja viedessään niitä ulos keräysastiaan tai erilliskerätyn hyötyjätteen määriä viedessään niitä kierrätyspisteeseen ja näin tietävät vuosittain kotona tuottamansa jätemäärän. Kodin lisäksi tuotamme jätettä kaikkialla missä käymme ja vietämme aikaa; töissä, koulussa, harrastuksissa sekä virastoissa ja laitoksissa. Näin ollen yksittäisen kuluttajan vuosittain tuottaman jätemäärän aiheuttaman

ilmastovaikutuksen laskemiseksi jätemäärästä täytyy käyttää arviota. Tarkastelluissa harjoitustöissä arviointiperusteina oli tasapuolisesti käytetty sekä saatavilla olevia tilastotietoja että omia arvioita (Harjoitustyöt 2010).

Tilastokeskuksen mukaan yhdyskuntajätettä kertyi Suomessa 520 kg asukasta kohti vuonna 2008. Eri jätejakeiden osuudet oli useassa harjoitustyössä määritelty Tilastokeskuksen Yhdyskuntajätteet vuonna 2008, tonnia – taulukon avulla prosenttiosuudet laskien. (Tilastokeskus 2009.) Näiden valtakunnallisten keskiarvojen lisäksi harjoitustöissä oli käytetty paikallisen jätehuoltoyhtiön, sen toiminta-alueellaan keräämiä jättemääriä asukasta kohti. Jättemääräksi ilmoitetaan asumisessa syntynyttä kuivajätettä 167kg/asukas, erilliskerättyä biojätettä 62kg/asukas sekä ongelmajätettä (mukaan lukien keräystempaukset) 1,3 kg (Etelä-Karjalan jätehuolto Oy 2008, 17). Omat arviot jätemäärästä olivat joko tarkemmin erittelemättömiä arvioita tai perustuivat esimerkiksi viikon aikana tuotettuihin ja punnittuihin jättemääriin.

Vaikka valtakunnallisista keskiarvoista saakin käsityksen tuottamiensa jättemäärien suuruuksista, vaihtelevat jättemäärät huomattavasti elämäntilanteen, elintapojen ja asumismuodon mukaan. Esimerkiksi monissa lapsiperheissä jättemäärää kasvattavat vaipat ja valmisruokapakkaukset, omakotiasujilla on usein oma komposti biojätteille. Harjoitustyön tekijöistä valtaosa oli kerrostalossa asuvia perheettömiä opiskelijoita. Näin ollen olisi ollut hiilijalanjäljen laskennan kannalta totuudenmukaisempaa arvioida omia jättemääriä, tilastotietoja sekä punnituksia apuna käyttäen, kuin ilmoittaa suoraan lähteestä poimittua keskiarvolukua omana jättemääränä. Nyt harjoitustöissä oli käytetty molempia keinoja ja esimerkiksi vuosittaiseksi sekajättemääräksi on arvioitu 10–500 kg (Harjoitustyöt 2010). Tästä aiheutuu jo huomattava eroavaisuus tuotettuun päästömäärään, vaikka laskenta muuten tehtäisiinkin identtisesti.

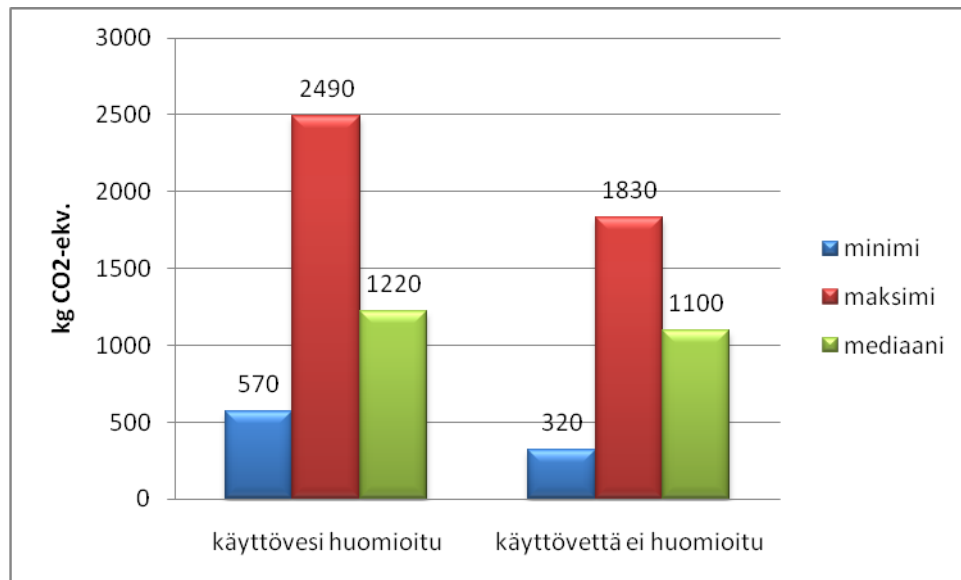
## **4.2 Laskentaerojen vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan**

Erilaisia rajoituksia kuluttajan hiilijalanjälkilaskentaan tehden ja aiheuttomasti erisuuruisia päästökertoimia käyttäen heikennetään laskennan lopputulosten keskinäistä vertailtavuutta. Laskennan eroavaisuuksien aiheuttamat erot vaihtelevat suuruusluokaltaan ja siten merkittävyydeltään tapauskohtaisesti.

#### 4.2.1 Rajauseroja asumisen laskuissa

Lähdemateriaalina käytetyissä harjoitustöissä keskeisin rajausero asumisen hiilijalanjälkeä laskettaessa oli käyttöveden lämmityksen huomioiminen. Harjoitustöistä 29:ssä käyttöveden lämmitys oli huomioitu. Toisaalta melko monessa työssä, 13 kappaleessa, käyttövedettä ei ollut otettu huomioon. Neljässä harjoitustyössä ei ilmennyt onko käyttöveden lämmityksen osuutta huomioitu asumisen aiheuttaman hiilijalanjäljen laskemisessa. (Harjoitustyöt 2010.)

Asumisen muodostaman ilmastovaikutuksen suuruus (kg CO<sub>2</sub>-ekv.) eri rajauksella laskettuna on esitetty kuvassa 3 sekä harjoitustöistä laskettuna mediaanina että vaihteluvälinä pienin ja suurin arvo ilmoittaen. Harjoitustöissä, joissa käyttövesi huomioitiin, asumisen ilmastovaikutukseksi saatiin 1220 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (mediaani). Kun käyttövesi rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, oli vastaava tulos 1100 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Tulosten vaihteluväli oli hyvin laaja, riippumatta kummin päin rajaus oli tehty. Harjoitustöiden tuloksista keskimääräisiä arvoja mediaanin avulla verraten erotus kyseisen rajauksen tehneiden välillä on siis 120 kg CO<sub>2</sub>-ekv. eli 10 % keskimääräisestä asumisen ilmastovaikutuksesta. Tässä pienessä otoksessa tehty käyttöveden huomioimisen rajaus ei aiheuta merkittävää vaihtelua asumisen kasvihuonekaasupäästöihin. Muut eroavaisuudet laskennassa sekä varsinaiset laskuvirheet aiheuttavat tuloksin suurempaa vaihtelua. Keskiarvoja vertailemalla erotus on 250 kg CO<sub>2</sub>-ekv., mutta tarkastelu päädyttiin tekemään mediaanien avulla, jotta yksittäiset poikkeavat laskennan tulokset eivät vääristäisi tulosta.



**Kuva 3.** Käyttöveden huomioimisen vaikutus asumisesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin.

Harjoitustöiden suurimmat asumisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt, 2490 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (liite 1), oli saatu rajaamalla mökillä poltettavat puut mukaan laskentaan. Kolmessa harjoitustyössä oli huomioitu asuminen kahdessa kodissa, opiskelu- ja kotipaikkakunnalla. Vain yksi oli huomioinut opiskelupaikkakunnan soluasunnon ympärivuotisen lämmitystarpeen, joka ei ole riippuvainen asunnon käyttöasteesta. Toinen oli huomioinut lämmitystarpeen 9 kk ajalta vuodessa. Tämä saattaa olla sikäli totuudenmukainen, että opiskelija-asunnon voi irtisanoa kesäksi ja ottaa vastaan uuden asunnon seuraavana syksynä opiskelun jatkuessa. Kolmas opiskelija oli laskenut lämmityksen aiheuttamat päästöt vain opiskelija-asunnossa asumisajaltaan eli 4kk vuodessa, jolloin lopputulos oli huomattavasti pienempi. Toisin kuin lämmönkulutuksen aiheuttamia ilmapäästöjä arvioitaessa, käyttöveden ja sähkönkulutuksen osuuksia laskettaessa totuudenmukaisimman lopputuloksen saa huomioimalla asumisajan eri asunnoissa. Tämä siksi, että asunnossa tulee pitää tietty peruslämpö riippumatta asukkaan läsnäolosta, mutta sähkön ja vedenkulutus ovat olemattomat, jos asunto on tyhjillään.

#### 4.2.2 Rajauseroja liikkumisen laskuissa

Kuluttajan hiilijalanjäljen laskennassa eri kulkuvälineiden huomioiminen on rajauseroiksi luokiteltava eroavaisuus. Nämä valinnat pohjautuvat kuluttajien erilaisiin liikkumistottumuksiin, eikä tästä eroavaisuudesta siis aiheudu virhettä laskentaan. Harjoitustöissä pienimmät liikkumisen hiilidioksidipäästöt olivat 220 kg CO<sub>2</sub>-ekv.,



suurimmat 7230 kg CO<sub>2</sub>-ekv. ja keskimäärin osion lopputulos oli 1140 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (liite 1). Näinkin valtava ero muodostui eri kulkuvälineillä kuljettujen kilometrien perusteella. Pienimmän tuloksen saaneessa harjoitustyössä oli lyhyet kilometrimäärät, eikä ollenkaan laiva- ja lentomatkoja. Suurimpaan tulokseen päädyttiin pitkillä henkilöautoilumatkoilla sekä lentokilometreillä. (Harjoitustyöt 2010.)

#### **4.2.3 Rajauseroja ruoan laskuissa**

Muutamassa harjoitustyössä oli tehty karkea yleistys ja laskettu vuosittaisten ruokailujen aiheuttama ilmastovaikutus vain yhden lounasvaihtoehdon mukaan. Suurimmassa osassa töistä oli kuitenkin huomioitu keskimääräisen viikon lounaita kuvaavat annokset. Näiden annosten aiheuttamat päästöt oli arvioitu Kurpan (2009) ilmoittamien lukuarvojen mukaisesti. Alle kymmenessä työssä oli ruoan osuutta kuluttajan hiilijalanjäljestä arvioitu ruoka-ainekohtaisten päästötietojen perusteella. Perusteellisimmin laskenta oli suoritettu kahta edellä mainittua ruoan kasvihuonekaasupäästöjen arviointitapaa yhdistäen. (Harjoitustyöt 2010.)

Saadut lopputulokset ovat osittain verrannollisia tarkastelun laajuuteen. Verrannollisuus toteutuu, kun ilmastoa eniten kuormittavat ruoka-aineet on otettu tarkastelussa huomioon, siltä osin kun ne kuuluvat omaan ruokavalioon. Ryömän (2008) eri lähteistä kokoamasta taulukosta nähdään, että liha- ja maitotuotteet kuuluvat eniten kasvihuoneilmiöön vaikuttaviin ruoka-aineisiin. Kaikkein pienimmiksi ruoan ilmastovaikutuksiksi ilmoitettiin 220 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (Harjoitustyöt 2010). Tässä työssä tarkastelu oli melko suppea, muuta pienen tuloksen selittävää tekijää ei ollut havaittavissa. Yleisesti pienimpiin kasvihuonekaasupäästöihin päädyttiin niissä harjoitustöissä, joissa oli huomioitu vain lounaat. Kun tarkasteluun sisällytettiin myös muita päivittäisiä ruokailuja, tulokset loogisesti suurenivat. Raaka-aineittain tehdyissä laskuissa päädyttiin tarkastelun perusteellisuuden vuoksi keskimääräisiin tai suuriin lopputuloksiin. Kaikkein suurimmat ruoan aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt olivat 3560 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (Harjoitustyöt 2010). Tässä työssä päivittäisinä ruokailuina huomioitiin perusteellisesti neljä ateriaa. Näiden lisäksi tarkasteluun oli rajattu kuuluvaksi päivittäiset viisi kahvikupillista. Tämä rajausvalinta vaikutti lopputulokseen merkittävästi, kahvi muodosti lähes 30 % ruoan ilmastovaikutuksesta. Ruoan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen mediaani on 1130 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (liite 1).

#### 4.2.4 Rajauseroja jätteiden laskuissa

Muutamassa harjoitustyössä oli laskettu jätteiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjälkeen yleistämällä vuosittain tuotettu jätemäärä kokonaan sekajätteeksi, suurimmassa osassa töitä oli huomioitu ainakin seka- ja biojäte. Kiitettävän monella oli myös hyötyjätejakeita huomioitu. Riippuen minkä lähteen tai oman arvion mukaan vuosittaista jätemäärää arvioitiin, laskuissa otettiin huomioon vain kotona tuotettu jäte, tai myös töissä, koulussa ynnä muualla tuotettu osuus. Omat arviot perustuivat yksinomaan kotona tuotettuun jätemäärään. (Harjoitustyöt 2010.)

Monessa työssä oli päädytty virheelliseen ratkaisuun, missä paperista, pahvista, lasista ja metallista ei ajateltu muodostuvan hiilijalanjälkeä kasvattavia päästöjä, koska ne kierrätetään. Muutamassa harjoitustyössä kierrätyksen ajateltiin jopa vähentävän muiden hiilijalanjälkilaskun osa-alueiden aiheuttamia CO<sub>2</sub>-ekvivalenttipäästöjä, koska kierrätetty raaka-aine korvaa neitseellistä raaka-ainetta. Tällä rajauksella kolmessa harjoitustyössä jäteosion lopputulokseksi saatiin negatiivinen luku, pienimmillään -70 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (Harjoitustyöt 2010.) Kierrätettävien jätejakeiden huomioiminen päästöttöminä tai jopa päästöjä vähentävänä on tässä tapauksessa epälooginen rajaus, koska harjoitustöissä ei otettu huomioon kulutustavaroiden pakkausmateriaalien tuotannon aiheuttamaa ilmastokuormitusta.

Hieman alle puolessa, 46 %, harjoitustöistä erilliskerättävien jätejakeiden osuus oli jollain tavalla huomioitu ilmastovaikutusta lisäävänä tekijänä. Viidesosassa harjoitustöitä erilliskerättävien hyötyjätejakeiden kuljetuksetkin oli huomioitu, tosin osassa näistä oli tehty epäloogisia rajoituksia, kun kaikkien jätejakeiden kuljetuksia ei ollut yhtenäisesti huomioitu tai jätetty huomioimatta. Tarkimmat laskelmat sisälsivät jopa joitain uusioraaka-aineen valmistuksen energiankulutustietoja, mutta yhtenäisesti niitä ei ollut tarkasteltu. Suurimmat jätteiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt, 2170 kg CO<sub>2</sub>-ekv., oli laskettu huomioimalla jätevedenkäsittelyn päästöt perusteellisesti. (Harjoitustyöt 2010.) Näin suuri tulos oli tarkastelluissa harjoitustöissä yksittäinen poikkeus, jätteiden muodostamien kasvihuonekaasujen mediaani oli 40 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (liite 1).

#### 4.2.5 Eri päästökertoimia asumisen laskuissa

Lämmitysenergian tuotannon aiheuttamille kasvihuonekaasupäästökertoimille on tarkastelluissa harjoitustöissä pääosin käytetty kertoimena Motivan ilmoittamaa Suomen keskimääräistä kaukolämmön yhteistuotannon CO<sub>2</sub>-päästökerrointa 220 gCO<sub>2</sub>/kWh. Kertoimen taustalla olevat tilastotiedot ovat lähes kymmenen vuoden takaa, vuodelta 2001. (Motiva 2004, 5.) Tämän lisäksi muutamassa harjoitustyössä lämmityksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt on laskettu käyttäen kerrointa 218 gCO<sub>2</sub>/kWh (CO<sub>2</sub>-raportti 2010), Motivan ilmoittamaa maakaasun kerrointa 202 gCO<sub>2</sub>/kWh (Motiva 2004, 8) ja 173 gCO<sub>2</sub>/kWh (WWF 2010). Kahdessa harjoitustyössä oli lämmitysenergian päästökertoimet laskettu eri lähteitä käyttäen itse. (Harjoitustyöt 2010.)

Sähköenergian tuotannon aiheuttamat hiilidioksidipäästöt oli 45 % harjoitustöistä laskettu käyttäen vuodelta 2004 peräisin olevaa Suomen keskimääräistä sähkönhankinnan CO<sub>2</sub>-päästökerrointa 200 gCO<sub>2</sub>/kWh (Motiva 2004, 11). Neljäsosassa harjoitustöistä sähköntuotannon päästöt oli laskettu Lappeenrannan energian ilmoittamalla vuoden 2008 tilannetta kuvaavalla kertoimella 163,8 gCO<sub>2</sub>/kWh (Lappeenrannan energia 2009). Kuuden asunnon sähkönkulutuksen aiheuttamien ilmapäästöjen selvittämiseksi oli päästökerroin laskettu itse, käytettyjen polttoaineiden tai niiden arvion perusteella. (Harjoitustyöt 2010.)

Totuudenmukaisimman tuloksen asumisen päästöiksi saa käyttämällä paikallisen energiayhtiön ilmoittamaa ajankohtaista käytettyjen polttoaineiden sekä energiantuotantomuotojen mukaista päästökerrointa. Huolellisesti laskien yhtä hyvä vaihtoehto on myös laskea päästökerroin itse. Suomen keskimääräisiä kertoimia käyttämällä laskun epävarmuus kasvaa, vaikka varsinaista virhettä laskuun ei täten muodostu. Kuluttajan hiilijalanjälkilaskuihin ei asumisen aiheuttamiin päästöihin muodostunut huomattavaa eroa eri päästökertoimien käyttäjien välille, koska käytetyt kertoimet olivat samaa suuruusluokkaa ja muut laskennan eroavaisuudet aiheuttavat enemmän vaihtelua osion tuloksiin.

#### 4.2.6 Eri päästökertoimia liikkumisen laskuissa

Lähes kaikissa harjoitustöissä oli käytetty VTT:n ylläpitämän Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO:n tietoja liikenteen yksikköpäästöistä. Yksikköpäästöillä tarkoitetaan liikennevälineiden

päästömääriä kuljettua massa- tai henkilöyksikköä ja pituusyksikköä kohti (g/tonnikilometri, g/henkilökilometri) (VTT 2009a). Ensiksi mainittua yksikköä käytetään tavaraliikenteen ja jälkimmäistä henkilöliikenteen aiheuttamien päästöjen laskemiseen. Lipastossa on taulukoitu liikennemuotokohtaisia tietoja, joita on eritelty mm. käytetyn polttoaineen sekä matkan pituuden ja arvioidun keskinopeuden mukaan (kaupunki/maantieajo) (VTT 2009a). Näin aiheutuu perusteltua eroavaisuutta kuluttajan hiilijalanjälkilaskuissa käytettyihin päästökertoimiin.

Hieman yli puolessa, 54 %:ssa, tarkastelluista harjoitustöistä oli käytetty suoraan LIPASTO:n CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina ilmoitettuja päästökertoimia, viidenneksessä töistä oli summattu erikseen kasvihuonekaasukohtaisesti ilmoitetut päästöt. Lopuissa kymmenessä harjoitustyössä oli huomioitu vain CO<sub>2</sub>-päästöt. (Harjoitustyöt 2010.) Kaikki edellä mainitut liikenteen päästökertoimien käyttötavat johtavat yhtäläillä totuudenmukaiseen lopputulokseen, koska CO<sub>2</sub> on kaikkien liikennevälineiden osalta ylivoimaisesti merkittävin kasvihuonekaasujen aiheuttaja. Muut kasvihuonekaasut aiheuttavat kulkuvälineestä riippuen vain 0,5-1,5 %:n osan kasvihuonekaasupäästöistä (VTT 2009b, VTT 2009c, VTT 2009 d).

Junamatkustaminen oli lähes puolessa junamatkustamista sisältäneistä harjoitustöistä ajateltu päästöttömäksi VR:n antamien tietojen perusteella. Toinen yleisesti käytetty tapa oli laskea junamatkustamisen aiheuttavan kasvihuonekaasupäästöjä LIPASTO:n tietojen mukaisesti. (Harjoitustyöt 2010.) VR tiedottaa internetsivuillaan, että sen junaliikenne on käyttänyt vesivoimalla tuotettua sähköä vuoden 2009 alusta alkaen ja vesivoimalla tuotetun sähkön tuotanto ei lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Kyseisenä vuonna Suomen junaliikenteestä 85 % kulki sähkövetoisesti. (VR 2010.) VTT:n ylläpitämässä LIPASTO-tietokannassa raideliikenteen henkilöliikenteen päästöiksi ilmoitetaan kuitenkin 15-25 g CO<sub>2</sub>-ekv/hkm. LIPASTO:ssa sähköjunaliikenteen kasvihuonekaasupäästöiksi on laskettu sähkönkulutuksen osuus voimalaitosten päästöistä kymmenen vuoden keskiarvona. (VTT 2009e.) Sähköntuotannon lisäksi pienen päästömäärän aiheuttavat myös nuo 15 % junista, jotka kulkevat dieselvetoisesti. Junalla matkustetut kilometrit muodostivat hyvin erisuuruisia osuuksia harjoitustyön tehneiden vuosittaisesta liikkumisesta. Kahden edellä mainitun tekijän yhteisvaikutuksena junamatkat aiheuttivat hajanaisesti hyvin erisuuruisia

osuuksia liikkumisen hiilijalanjäljestä, muutamista prosenteista jopa seitsemäänkymmeneen prosenttiin. (Harjoitustyöt 2010.)

#### **4.2.7 Eri päästökertoimia ruoan laskuissa**

Harjoitustöistä ei ollut selkeästi kerrottu mitä kasvihuonekaasuja oli huomioitu käytetyissä ruoan päästökertoimissa, joista suurin osa kuitenkin ilmoitettiin CO<sub>2</sub>-ekv. Lähes kokonaan tämä oli kuitenkin seurausta lähdemateriaalin puutteellisista tiedoista. Lisäksi eri lähteissä ilmoitetaan eri päästökertoimia samoille ruoka-aineille.

Harjoitustöissä käytetyistä lähteistä LCA Food database:ssa, on läpinäkyvästi ilmaistu eri ruoka-aineiden ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt rajaukset ja oletukset koskien tuotantoprosessia. Tarkat tiedot käytetystä elinkaariarviointista, huomioon otetuista kaasuista ynnä muusta ovat myös saatavilla, sivustolle laitettujen linkkien kautta. Tietoja ruoka-aineiden ilmastovaikutuksen laskennan taustoista ei kuitenkaan valitettavasti ollut siirretty harjoitustöihin.

Kurppa (2009) ilmoittaa ruoan kasvihuonekaasupäästöt CO<sub>2</sub>-ekvivalentteina, mutta tarkempaa tietoa ConsEnv tutkimuksen rajauksista ei ole kerrottu harjoitustöissä yleisesti lähteenä käytetyssä seminaariesityksessä. Käkösen (2010) ilmoittamien päästökertoimien lähdemateriaalina on myös ConsEnv. ConsEnv on ympäristöministeriön koordinoima tutkimusohjelma ruuan ja asumisen ympäristövaikutuksista. (Kuluttajatutkimuskeskus 2009).

Tutkimusrajaukset (esimerkiksi huomioidut kasvihuonekaasut ja tuotantovaiheet) sekä oletukset (tuotantomuodot, kuljetusmatkat ja -tavat) vaihtelevat eri lähteissä ja mahdollisesti myös samassa lähteessä ilmoitettujen tietojen välillä. Tämä aiheuttaa eroavaisuutta eri lähteissä ilmoitettuihin ruoka-aineiden päästökertoimiin kuten taulukosta 1 huomataan. Taulukkoon on kerätty kolmesta harjoitustöissä yleisesti lähteenä käytetystä materiaalista tutkimustuloksia eri eläimistä peräisin olevien lihojen kasvihuonekaasupäästöistä. Vertailun vuoksi taulukossa on myös soijapavun vastaavat arvot. Taulukkoa lukiessa on muistettava, että luvut eivät ole absoluuttisesti vertailukelpoisia, mutta koska päästöjen suuruusluokat sekä lihatuotteiden keskinäinen järjestys toistuvat tutkimuksesta toiseen, voitaneen tietoja pitää niiltä osin luotettavina.

**Taulukko 1.** Eri eläinten lihan sekä soijan kasvihuonekaasupäästöt (kg CO<sub>2</sub>-ekv./kg tuotetta) eri lähteistä.

Nauta	17,0	20,0-24,0	2,2-68,0
Porsas	7,3	5,0-9,0	2,3-4,6
Broileri	5,5	3,6-5,0	3,2-3,7
Seiti (pakaste)	2,6		
Tonnikala	1,5		
Kirjolohi	1,3		
Silakka	1,1		
Taimen (pakaste)			4,5
“kala”		1,0-7,0	
Soija	0,5	1,0	0,6
<b>lähde</b>	<b>Ryömä 2008</b>	<b>Käkönen 2010</b>	<b>LCA Foods 2010</b>

Harjoitustöissä oli lähdemateriaalin puutteellisen raportoinnin takia päädytty käyttämään keskiarvoja löydetyistä ruoka-aine- tai ateriakohtaisista päästökertoimista (Harjoitustyöt 2010). Jo pelkästään yllä olevan taulukon tietoja käyttäen näin aiheutuu kuitenkin merkittävä epävarmuus esimerkiksi naudanlihan ilmastovaikutuksen suuruuteen.

#### 4.2.8 Eri päästökertoimia jätteiden laskuissa

Kuluttajan tuottamien jätteiden aiheuttamia kasvihuonekaasuja oli harjoitustöissä laskettu vaihtelevasti eri päästökertoimilla. Vaihtelevat ja osin virheelliset oletukset jätteiden käsittelymenetelmiksi olivat eri päästökertoimien käytön taustalla. Lisää aiheesta kappaleessa 3.3.4 jossa käsitellään jäteosion laskentavirheitä.

### 4.3 Laskentavirheiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan

Tiedon puutteen takia tehdyt arviot sekä erilaiset rajausten ynnä muut valinnat kuluttajan hiilijalanjäljen laskennassa määrittelevät saadun lopputuloksen suuruuden. Näiden lisäksi laskuvirheillä voi olla lopputulokseen huomattava vaikutus.

#### 4.3.1 Laskentavirheitä asumisen laskuissa

Osassa harjoitustöitä oli laskettu virheellisesti lämpöenergiankulutuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt sähköenergian päästökertoimella ja päinvastoin (Harjoitustyöt 2010). Nämä laskuvirheet vääristävät lopputulosta ylös- tai alaspäin, riippuen kummin päin virhe on tehty. Virheellisissä laskuissa oli käytetty samoja päästökertoimia kuin suurimmassa osassa harjoitustöitä eli kaukolämmön yhteistuotannon CO<sub>2</sub> päästökerrointa 220 g

CO<sub>2</sub>/kWh (Motiva 2004, 5) ja Lappeenrannan energian ilmoittaa sähköntuotannon päästökerrointa 163,8 g CO<sub>2</sub>/kWh (Lappeenrannan energia).

Eräässä harjoitustyössä oli sähkönkulutuksena huomioitu virheellisesti ainoastaan kiinteistösähkön osuus. Tällöin omaksi sähkönkulutukseksi ja sitä kautta sähkönkulutuksen aiheuttamaksi hiilijalanjäljeksi tulee huomattavasti todellista pienempi arvo. Pienimpiin asumisen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin, 320 kg CO<sub>2</sub>-ekv. (liite 1), oli tässä harjoitustyötöksessä päädytty virheellisellä oletuksella, että lämmönkulutus olisi samansuuruinen sähkönkulutuksen kanssa. Lähdemateriaalin tietojen perusteella tehty arvio sähkönkulutuksesta oli kuitenkin järkevää suuruusluokkaa, joten se ei aiheuta virhettä laskuun.

#### **4.3.2 Laskentavirheitä liikkumisen laskuissa**

Kulkuneuvon vuosimallin, käyttämän polttoaineen, ynnä muiden seikkojen perusteella valittujen laskennassa käytettyjen kertoimien ja eri kulkuvälineillä kuljettujen (henkilö)kilometrien totuudenmukaisuutta on ulkopuolisen tarkastelijan tarpeetonta kyseenalaistaa. Tämä seikka huomioon ottaen tarkastelluista harjoitustöistä ei havaittu laskuvirheitä.

#### **4.3.3 Laskentavirheitä ruoan laskuissa**

Kuluttajan hiilijalanjälkilaskuissa ei ollut huomattavissa usein toistuvia laskuvirheitä. Sen sijaan yksittäisissä töissä oli huomionarvoisia ajatusvirheitä ja merkittäviä virheitä aiheuttavia oletuksia. Neljässä harjoitustyössä oli laskettu ruoan aiheuttama osuus kuluttajan hiilijalanjälkeen pelkästään ruoantuotannon energiankulutuksen mukaan. Lisävirhettä näistä kahteen työhön toi ruoantuotannon energiankulutuksessa huomioitu autolla kauppaan kulkeminen sekä ruoanvalmistuksen ja säilytyksen sähkönkulutus. Nämä tekijät oli huomioitu myös liikkumisosuudessa autolla ajokilometreissä sekä asumisen sähkönkulutuksessa. Virheen suuruus on toki pieni, mutta kahteen kertaan saman päästön laskeminen on huolellisella työllä helposti estettävissä. Ruoan ilmastovaikutuksen elintarviketuotannon energiankulutuksen mukaan laskeneissa harjoitustöissä oli jokaisessa pieni lopputulos tässä hiilijalanjälkiosuudessa, alle tuhat kilogrammaa CO<sub>2</sub>-ekv., kun keskimääräinen tulos oli 1450 kg CO<sub>2</sub>-ekv.

Eräissä harjoitustyössä riisi huomioitiin viljatuotteena, jolloin siitä aiheutuu pääosin hiilidioksidipäästöjä. Tällöin jää huomioimatta riisinviljelylle tyypilliset suuret metaanipäästöt, jotka kasvattavat ruoan hiilijalanjälkeä reilusti. Kaasumäärältään suuria päästöjä tehostaa metaanin GWP kerroin 21 (Berghäl ym. 2003, 8). Toisessa harjoitustyössä lihaa ei eritelty eläimen, saati lihalaadun mukaan. Tämä on tällä hetkisen tietämyksen perusteella turhan karkea yleistys, koska eri lihalaatujen aiheuttamien ilmastovaikutusten välillä on jopa kolmekymmenkertainen ero (taulukko 1).

#### **4.3.4 Laskentavirheitä jätteiden laskuissa**

Tarkasteluhetkellä Lappeenrannan kotitalouksien kuiva- ja biojätteet kuljetetaan Lappeenrannassa Konnunsuolla sijaitsevaan Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy:n Kukkuroinmäen jätekeskukseen, jonne kuivajätteet loppusijoitetaan. Biojätteet Vapo käsittelee alueella sijaitsevassa kompostointilaitoksessa. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy, 2010) Vapo kompostoi biojätteen maanparannusaineeksi (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2008, 12), käyttäen tunnelikompostointimenetelmää sekä jälkikypsytystä aumassa (Vapo 2010) EKJH:lle tulleista hyötyjätteistä kartongin ja keräyspaperin hyödyntää Hyötypaperi Oy, erilliskerätyn metallin puolestaan Stena Metalli Oy. Erilliskerätty lasi jää EKJH:lle, joka käyttää sitä alue- ja tierakenteissa. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2008, 12.)

Harjoitustöissä jätteidenkäsittelytavoiksi oletettiin mitä erilaisimpia variaatioita. Usein virheellisesti oletettiin kuivajätteen tai siitä eritellyn energiajakeen käsittely polttamalla. (Harjoitustyöt 2010.)

Monen tahon yhteistyönä tuottaman ilmastolaskurin (WWF 2010.) jätéosion taustalla on HSY:n jätteenkäsittelytavat, jätekoostumukset ja jätteen kuljetusmatkat. Näillä oletuksilla laskettuja päästökertoimia käyttäessään tuli Lappeenrannassa asuvien opiskelijoiden harjoitustöihin laskuvirhe. Ilmastolaskurin taustalla on oletus, että energiajake kerätään erikseen poltettavaksi. Näin ollen kaatopaikkasijoitetun jätteen koostumus on erilainen Konnunsuolla, jossa kaatopaikalle päätyy myös polttokelpoinen muovijäte, jota ei Lappeenrannassa kerätä erikseen. Jätteen koostumus puolestaan vaikuttaa siitä aiheutuviin päästöihin (Suomen ympäristökeskus 2010).



#### 4.4 Muiden tekijöiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan

Hiilijalanjäljen laskeminen on verrattain nuori tutkimuskohde, joten aihepiirin ympärille ei vielä ole ehtinyt muodostua yhtenäistä vakiintunutta termistöä. Tämä aiheutti kuluttajan hiilijalanjälkilaskuihin epäselviä kohtia, joista näkyvin oli termien hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) ja hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>-ekv.) sekoittaminen keskenään. Näiden termien osin epäselvä ja sekava käyttö on saattanut aiheuttaa myös tulkintavirheitä tätä kandidaatintyötä tehtäessä.

Tuotteiden ja palvelujen elinkaaren aikaisten ilmastovaikutusten laskeminen on tuotantoketjujen moninaisuuden vuoksi hidasta ja kallista työtä. Siksi olemassa oleva lähdemateriaali kuluttajan hiilijalanjäljen laskemiseksi on melko vähäistä ja hyvin hajanaista. Nämä seikat pakottavat arvioimaan, yleistämään ja olettamaan monia asioita laskennassa. Edellä mainittuihin menetelmiin liittyy huomattava epävarmuus, jonka suuruus vaihtelee tapauskohtaisesti, asiantuntijuuden mukaan. Vaihtoehtoinen ratkaisu on sulkea vaikeasti määritettäviä päästölähteitä tarkastelun ulkopuolelle. Työn haastavuus vähentää innokkuutta kuluttajan hiilijalanjäljen laskentaan.

Hiilijalanjäljen laskennan avuksi kuluttajalle on tarjolla lukuisia hiilijalanjälkilaskureita (Mann ja Kump 2008, 182-183). Laskurien taustaoletuksia ja tutkimusrajoituksia ei yleensä ole selkeästi kerrottu tai niitä voi laskurinkäyttäjän olla jopa vaikeaa saada selville. Laskurin ilmoittama kuluttajan hiilijalanjälki sisältää suurta epävarmuutta sekä mahdollisesti virheitä, kuten edellä mainitussa jätelaskuritapauksessa. Hiilijalanjälkilaskurit ovatkin täten keskiverto kuluttajalle soveltuva herätyskeino kiinnittää huomiota aiheuttamiinsa kasvihuonekaasupäästöihin ja kuinka määrää voisi jatkossa pienentää. Tarkkaan ja täsmälliseen hiilijalanjäljen määrittämiseen nykyiset laskurit eivät sovellu. Harjoitustöissä laskureita oli käytetty varsinaiseen laskentaan onneksi vain vähän, muutamassa harjoitustyössä oman tarkemman laskennan lopputuloksen arviointiin ikään kuin vertailututkimuksena (Harjoitustyöt 2010).

Elämän epäsäännöllisyys ja muutokset omassa elämässä tekevät kulutuksen arvioinnista haastavaa. Kuluttajien ruokavalio vaihtelee usein vuodenaikojen vaihtelun mukaan. Tämä lisää haastavuutta hiilijalanjäljen laskentaan, koska elintarvikkeiden kulutusta tulee arvioida vuositasolla. Moni opiskelija muuttaa kesätöiden perässä pois

opiskelupaikkakunnalta. Tämä aiheuttaa ns. valtaväestöön verrattuna huomattavan vaikeuden hiilijalanjäljen laskennassa, kun sähkön- ja lämmöntuotantotapa ja -muoto ovat erilaiset kesällä ja kouluvuoden aikana. Opiskelijat olivat käsitellyissä harjoitustöissä yksinkertaistaneet laskentaa huomioimalla asumisesta muodostuvat hiilidioksidipäästöt kuin olisivat asuneet koko vuoden LOAS:lla. Tehty yksinkertaistus ei muuta tosiasiaa, että asumisen ilmastovaikutus on suuruusluokaltaan kolmannes (Seppälä Jyri ym. 2009, 52.) kuluttajan hiilijalanjäljestä. Tehdystä yleistyksestä huolimatta harjoitustöistä pystyy huomaamaan elämän eri osa-alueiden merkittävyyden toisiinsa nähden. Tämä on hiilijalanjäljen laskennan kannalta paljon tärkeämpää, kuin kilogramman tarkkuudella totuudenmukaiseen tulokseen pääseminen.

## **5 KULUTTAJAN HIILIJALANJÄLJEN PIENENTÄMISMAHDOLLISUUDET**

Kulutuskäyttäytyminen on paljon muutakin kuin taloudellinen ilmiö, joka osoittaa yksilön tarpeet ja ohjaa kansantaloutta yhteiskäyttäytymisemme mukaisesti. Se on myös sosiaalinen ja kulttuurisidonnainen prosessi, jonka avulla kuluttaja ilmaisee omaa identiteettiään sekä määrittelee oman paikkansa yhteiskunnassa. Näiden lisäksi se on fyysinen prosessi, joka kuluttaa luonnonvaroja. (Belz ja Peattie 2009, 73-74). Yksilön kulutuskäyttäytyminen määrittelee hänen henkilökohtaisen hiilijalanjäljen eri osa-alueiden suhteen sekä kokonaisuuden suuruuden. Tässä työssä kuluttajan hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksia tarkastellaan laaja-alaisesti edellä mainitut seikat huomioiden.

### **5.1 Tietoisuus**

Tuotannon- ja tuotteiden ilmastovaikutusten tutkiminen on verrattain nuori tieteenala. Tarvitaan lisää tutkimustuloksia eri valintojen, niin tuotanto-, käyttö-, kuin hävitysvaiheessakin, vaikutuksista tuotteiden elinkaaren aikaisiin ilmastovaikutuksiin. Hiilijalanjälkiin liittyvään tutkimustyöhön tarvitaankin roimasti lisää panostusta, sekä rahoitusta että tutkijoiden työtunteja.

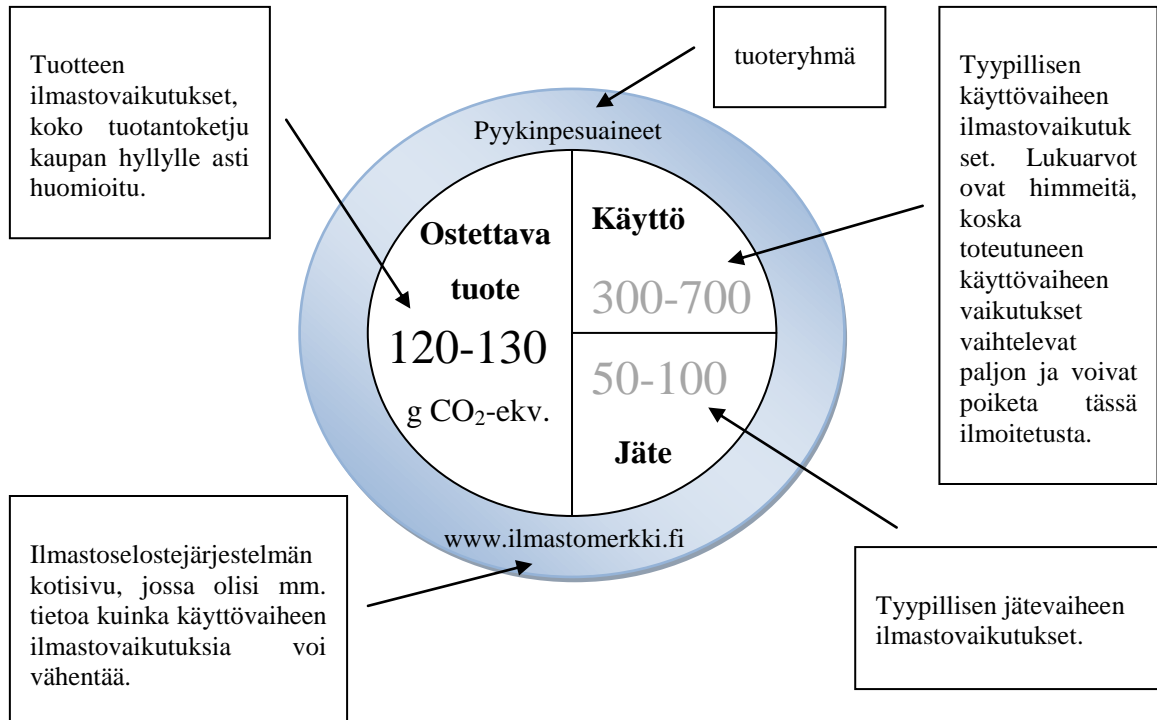
Sen lisäksi, että olemassa oleva tieto hiilijalanjälkeen vaikuttavista asioista lisääntyy, täytyy tämän tiedon saavuttaa kuluttaja entistä paremmin. Jotta tietämys ilmenee

valinnoissa, tulee kuluttajan myös ymmärtää oman kulutuskäyttäytymisen yhteys ilmastomuutokseen (Belz ja Peattie 2009, 81).

## 5.2 Tarjonta

Ostokäyttäytymisen järkiperusteluiksi rahan lisäksi voidaan lukea myös ympäristöystävällisen vaihtoehdon löytämiseen kuluva aika ja vaiva. (Belz ja Peattie 2009, 82-83). Ympäristöystävällisten vaihtoehtojen tulee olla helposti saatavilla, erottua selkeästi muista vastaavan tarpeen tyydyttävistä vaihtoehdoista. Tämän lisäksi niiden tulee olla yhtä helppoja sekä miellyttäviä käyttää kuin verrokkituotteet. Kun edellä mainitut kriteerit täyttyvät, lähes jokaisessa tuoteryhmässä pyykinpesuaineista autoihin olemassa olevat, vähemmän ympäristöä kuormittavat vaihtoehdot ovat kuluttajalle oikeasti vaihtoehto.

Nykyään kuluttajan on erittäin vaikeaa, ellei jopa mahdotonta vertailla päivittäistavaroiden ilmastovaikutuksia. Yksi keino tämän vertailun helpottamiseksi on hiilijalanjälkimerkki tai ilmastoseloste. (Valtioneuvoston kanslia 2009, 109.) Kuvassa 4 on Nissisen ja Seppälän (2008, 34) esimerkki, millaisia tietoja tällaisessa ilmastomerkissä voisi olla. Yhtenäiset ohjeet ilmastomerkin tai vastaavan kuluttajalle suunnatun pakkausmerkinnän sisällöstä ja laskennan rajauksista ovat vasta kehitteillä. Huomattavin kehitteillä olevista merkeistä on British Standard -standardisointilaitoksen kehitystyön kohteena oleva hiilijalanjälkimerkki (Weidema ym. 2008, 4). Tällä hetkellä pakkauksissa on monenlaisia ympäristömerkkejä joiden määrää tulisi mieluummin vähentää kuin lisätä (Nissinen ja Seppälä 2008, 11). Kenties olisikin syytä kehittää yksi merkki, joka kertoo kuluttajalle sekä tuotteen ilmasto-että muut ympäristövaikutukset.



**Kuva 4.** Esimerkki ilmastomerkestä (mukaillen Nissinen ja Seppälä 2008, 34).

### 5.3 Toimintaympäristö

Ohjaukskeinoilla, eli tuotteiden ja palvelujen verotuksella sekä erilaisilla tuilla ja avustuksilla, kannustetaan kuluttajia tiettyihin valintoihin. Kun ympäristölle haitallisempia vaihtoehtoja verotetaan enemmän kuin vastaavaa vähemmän haitallista vaihtoehtoa, kuluttajia ohjataan tekemään ympäristöystävällisiä valintoja. Näin esimerkiksi energiaverotuksella ohjataan kuluttajia uusiutuvien energiantuotantomuotojen käyttöön. Tällaiset keinot tehoavat järkisyin ostokäyttäytymistään perusteleviin kuluttajiin (Belz ja Peattie 2009, 82-83).

Toimintaympäristön ohjaukskeinona voidaan pitää myös tiettyjen toimintojen luvanvaraisuutta ja lupaehdoissa asetettuja tiettyjä toiminnan raja-arvoja. Suomessa lähes kaikki rakentaminen on luvanvaraista ja rakentamismääräyksillä voidaankin tehokkaasti ohjata rakentamista haluttuun suuntaan, kohti entistä energiatehokkaampia taloja. Myös uudenlaisia ohjaukskeinoja, kuten kiinteistöveron ja tonttivuokran porrastamista rakennuksen käyttämän energialähteen ja energiatehokkuuden mukaan, tulee harkita. (Valtioneuvoston kanslia 2009, 104-105.)

Eräs toimintaympäristön kautta toteutettava kuluttajan ohjauskeino on yhdyskuntarakenteen suunnittelu, jolla mahdollistetaan kuluttajien ilmastoystävälliset liikkumisvalinnat. ”Riittävä asukastiheys ja nauhamainen yhdyskuntarakenne parantavat joukkoliikenteen edellytyksiä. -- Eheä yhdyskuntarakenne ei edellytä asutuksen keskittämistä suuriin kaupunkeihin. Sisäisen liikenteen kannalta optimaalinen yhdyskunnan koko voi olla pienen tai keskisuuren kaupungin luokkaa, sillä silloin lähes koko kaupunki on saavutettavissa kävellen tai pyörällä. -- Tärkeää on myös työpaikkaomavaraisuuden lisääminen alueilla, joilta nyt matkustetaan työhön muualle.” (Valtioneuvoston kanslia 2009, 103.)

Yhdyskuntarakenteen suunnittelun lisäksi käytännön mahdollisuudet (hinnoittelu, aikataulut, toimivuus, luotettavuus, liityntäpysäköinti) suosia julkisia kulkuvälineitä ovat tärkeässä roolissa pyrittäessä ohjaamaan kuluttajan käyttäytymistä. Kun edellä mainitut kaksi seikkaa toteutuvat, kuluttajan on mahdollista toteuttaa periaatteellinen halu pienentää omaa hiilijalanjälkeä.

## 5.4 Tavat

Monissa tuotteissa, kuten autoissa ja taloissa suurin osa niiden elinkaarenaikaisista ympäristövaikutuksista muodostuu käyttö- ja/tai hävitysvaiheessa. Tällöin monet tuotteet ovat kuluttajalla. Huomiota tuleekin kiinnittää ympäristöystävällisen tuotannon lisäksi myös kuluttajan tapoihin käyttää sekä poistaa käytöstä hankkimiaan tuotteita (Belz ja Peattie 2009, 76-77).

Asunnossa ylläpidettävä mukavaksi koettu sisälämpötila ja sen mukainen pukeutuminen ovat totuttuja tapoja. Kuluttajalle suunnatuissa ilmastoteko-tietoiskuissa kehoitetaan alentamaan huoneilman lämpötilaa parilla asteella. Tämä on tehokas tapa pienentää hiilijalanjälkeä pienellä totutun tavan muutoksella, koska lämmitys muodostaa merkittävän osan kuluttajan hiilijalanjäljestä.

Kuluttajan ostokäyttäytymisessä on huomattavaa epäloogisuutta. Vaikka suurin osa kuluttajista on huolissaan ilmastonmuutoksesta, vähemmistö ilmaisee huoltaan kulutusvalinnoillaan. Myös nämä, jotka ilmaisevat tekevät ympäristöystävällisiä valintoja vain jollakin kulutuksen osa-alueella. Esimerkiksi erittäin huolestunut kuluttaja, joka

ilmaisee huoltaan ympäristöystävällisillä valinnoilla saattaa silti sallia itselleen pitkiä lomalentoja. (Belz ja Peattie 2009, 77-78.)

Kulutuskäyttäytymisessä ilmenee yleisesti epäloogisuutta myös liittyen kulutustuotteen arvoon ja hankinnan toistuvuuteen sekä yksinkertaisuuteen. Usein toistuvista edullisista ostoista, esimerkiksi mukaan otettavasta kahvikupillisesta ja aikakauslehdestä, muodostuu helposti totuttu tapa toimia, jonka ympäristövaikutusta ei tule miettineeksi. Toisena ääripäänä voidaan mainita kalliit, tarkkaan harkitut ostokset kuten pyykinpesukone tai talo, joiden ympäristövaikutuksiin kiinnitetään huomiota osana eri vaihtoehtojen tutkintaa. (Belz ja Peattie 2009, 79).

## **5.5 Toiset ihmiset**

Yksilön kulutuskäyttäytymistä ei pysty perustelemaan pelkästään järkisyyin eikä sillä, miten yksilöinä miellämme kulutuksen. Kulutukseemme vaikuttaa myös millaisena ajattelemme muiden pitävän omaa kulutuskäyttäytymistämme ja kuinka se heijastaa ja määrää paikkamme yhteisössä. (Belz ja Peattie 2009, 85.) Täten kuluttaminen ei ole pelkästään perustarpeiden tyydyttämistä, vaan myös oman paikan hakemista yhteiskunnassa sekä keino ilmaista itseään ja omia arvojaan. Kuluttaja saattaa jopa tehdä ympäristöystävällisiä valintoja vain silloin, kun ne huomataan. Esimerkkinä tästä Belz ja Peattie (2009, 79.) mainitsevat Reilun Kaupan kahvin ostamisen, jos sitä tarjotaan vieraille tai kahvipaketti on näkyvillä keittiössä. Samainen kuluttaja ei kuitenkaan välttämättä osta muita Reilun Kaupan tuotteita, kuten sokeria ja kuivahedelmiä, koska niitä vieraat eivät huomaa.

Kanssaihminen valintojen merkitys kuluttajan omiin valintoihin korostuu myös toisella tavalla. Mielipidetiedustelujen mukaan selvä enemmistö suomalaisista on huolissaan ilmastonmuutoksesta sekä valmis myös itse toimimaan päästöjen vähentämiseksi. Kuluttaja kuitenkin helposti jättää ilmastoa säästävät valinnat tekemättä huomattaessaan, että toiset jatkavat vanhaan tapaan elämistä. (Valtioneuvoston kanslia 2009, 94.) Tällöin kuluttaja ei koe omalla toiminnallaan, esimerkiksi yksityisautoilun vähentämisellä, voivan vaikuttaa ilmastonmuutoksen hillintään.

Kanssaihminen vaikutus kulutusvalintoihin on huomaamattamme suuri. Valitettavan usein elämää arvioidaan kulutuskäyttäytymisen kautta niin, että mitä enemmän kulutat, sitä

arvostetumpi olet. Ympäristö- ja ilmastoystävällisesti eläjät mielletään helposti askeettisesti eläviksi ja jopa epäsiisteiksi. Tarvitsemme asennemuutoksen joka heijastuu ostokäyttäytymiseemme. Hyvä elintaso ja miellyttävä elämä eivät ole synonyymejä yltiökuluttamiselle. Vähäpäästöisestä arjesta tulee parhaassa tapauksessa yleisesti tavoiteltua (Valtioneuvoston kanslia 2009, 96).

## **6 YHTEENVETO**

Kuluttajan hiilijalanjäljen laskennan tarkoituksena on huomata ne elämän osa-alueet, jotka tuottavat eniten kasvihuonekaasupäästöjä. Tämän huomion jälkeen kuluttajan pystyy kiinnittämään huomiota niihin kulutusvalintoihin, joiden avulla hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää. Näin kuluttajalla on keino omilla valinnoillaan osallistua kasvihuonekaasujen aiheuttaman ilmastonmuutoksen hillintään.

Tässä kandidaatintyössä tarkasteltiin Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa tehtyjä harjoitustöitä, joissa oli laskettu kuluttajan hiilijalanjälki. Harjoitustöissä huomioitiin asumisen, liikkumisen, ruoan sekä jätteiden aiheuttamat kasvihuonekaasut. Kolme ensiksi mainittua muodostivat kuluttajan hiilijalanjäljen lähes kokonaan, jätteet aiheuttivat keskimäärin vain yhden prosentin osuuden. Suomalaisen kuluttajan aiheuttama ilmastokuorma aiheutuu pääosin kolmesta osa-alueesta: asumisesta, liikkumisesta ja ruokailusta (Valtioneuvoston kanslia 2009, 95). Näin ollen harjoitustöissä huomioitiin ilmastovaikutuksen kannalta oleelliset elämänalueet.

Tiedon puute vuosittaisista kulutusmääristä pakottaa tekemään arvioita jokaisessa laskennan osa-alueessa. Opiskelija-asunnoissa asuvilla harjoitustyön tehneillä opiskelijoilla ei valtaväestöstä poiketen ollut käytettävissään huoneistokohtaisia kulutuslukemia sähkö- ja lämpöenergialle eikä käyttövedelle. Hiilijalanjälkeä lasiessaan kuluttaja joutuu arvioimaan myös kulkuvälineittäin liikkumiaan kilometrejä sekä vuosittain syömänsä ruoan ja tuottamansa jätteen määrää. Lopputuloksen totuudenmukaisuuden kannalta asumisen energiankulutuksen lisäksi varsinkin kilometrit sekä ruokamäärät tulee arvioida tarkoin, koska ne muodostavat merkittävämmän osan hiilijalanjäljestä kuin jätteet.

Rajausero käyttöveden huomioinnissa näytti muodostavan merkittävän eron asumisesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin. Tässä harjoitustyötöksessä muut laskennan

eroavaisuudet sekä laskuvirheet aiheuttivat kuitenkin enemmän vaihtelua tuloksiin. Muiden laskentaan vaikuttavien tekijöiden osalta harjoitustyöt oli tehty niin hajanaisesti, että vastaavan tarkastelun tekemisestä luovuttiin. Hajanaisuus monien laskennassa tehtyjen valintojen sekä varsinaisten laskuvirheiden osalta teki syy ja seuraussuhteista luotettavien johtopäätösten tekemisen haastavaksi.

Hiilijalanjäljen osa-alueittain tärkeimmät kasvihuonekaasut tulee huomioida, jotta lopputulos on luotettava. Asumisesta ja liikkumisesta aiheutuu pääosin hiilidioksidia ( $\text{CO}_2$ ). Hiilidioksidin lisäksi myös muut kasvihuonekaasut tulee ottaa huomioon ruoan ja jätteiden aiheuttaman osuuden laskennassa, koska näissä varsinkin metaani ( $\text{CH}_4$ ) on merkittävässä roolissa.

Suuruusluokaltaan merkittävästi kuluttajan hiilijalanjälkilaskennan lopputuloksiin vaikuttavat laskuvirheet olivat tarkastelluissa harjoitustöissä yksittäistapauksia. Useassa työssä toistuvien laskuvirheiden vaikutus tuloksiin oli huomaamaton. Laskennassa tehdyt oletukset ja rajaukset vaikuttivat laskennan tuloksiin enemmän.

Harjoitustöissä liikkumisen muodostama kasvihuonekaasupäästömäärä oli laskettu kaikkein yhtenäisimmin, asuminen käyttöveden huomiointirajausta lukuun ottamatta melko yhtenäisesti. Ruoan ja jätteiden aiheuttamien ilmastovaikutuksien laskenta oli suoritettu hyvin vaihtelevasti eri oletuksilla ja rajauksilla. Ruoan osuus kuluttajan hiilijalanjäljestä on selvästi suurempi kuin jätteiden eli epävarmuustekijöiden vaikutus kuluttajan hiilijalanjäljen laskennan lopputulokseen on merkittävämpi.

Hiilijalanjälkeä laskettaessa tulee kiinnittää huomiota termien hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) ja hiilidioksidiekvivalentti ( $\text{CO}_2$ -ekv.) eroon sekä käyttää niitä oikein, jotta ulkopuolinen lukija tietää mitä kasvihuonekaasuja on milloinkin huomioitu. Jos halutaan määrittää kuluttajan hiilijalanjälki tarkkaan, tulee nykyisiä hiilijalanjälkilaskureita käyttää korkeintaan oman laskennan lopputulosten totuudenmukaisuuden arvioinnin apuna.

Kuluttajan hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksia mietittäessä tulee huomata, että kulutuskäyttäytyminen ei ole pelkästään yksilön tarpeiden tyydyttämistä vaan myös muun muassa keino ilmaista omaa arvomaailmaa. Yksilön kulutusvalintoihin vaikuttavat monet tekijät, esimerkiksi kanssaihmiset ja heidän valintansa sekä totut tavat toimia. Jotta yhä useampi kuluttaja ottaisi ilmasto- ja ympäristöasiat nykyistä laajemmin huomioon



kulutus päätöksiä tehdessään, tulee ympäristötietoisuuden lisääntyä. Toimintaympäristön ohjauskeinoilla kuluttajaa voidaan kannustaa tekemään ilmastoystävällisiä valintoja. Ilmastoystävällisten tuotteiden tulee myös selkeästi erottua verrokkituotteesta. Yksi keino kuluttajan tietoisuuden lisäämiseksi, joka toimisi samalla ilmastoystävällisten tuotteiden erottumiskeinona, on jonkinlaisen hiilijalanjälkimerkin tai ilmastoselosteen käyttöönotto.

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi teollisuuden toimijoille on annettu ympäristöä säästäviä toimintaohjeita ja asetettu tietyt päästörajat. Siirtyminen vähäpäästöiseen yhteiskuntaan edellyttää kuitenkin huomattavia muutoksia, jotka koskevat energian tuotanto- ja käyttötapoja, liikkumista ja kuluttamista sekä työ- että vapaa-aikana. Tähän vaaditaan kuluttajien laajaa osallistumista. (Valtioneuvoston kanslia 2009, 94.) Vasta kun on olemassa luotettavaa tutkimustietoa, joka on helposti kuluttajan saatavilla ja omaksuttavissa, voidaan olettaa kuluttajien laaja-alaisesti kiinnittävän huomiota ympäristönäkökulmaan kulutusvalintoja tehdessään.

Tuotteiden ympäristömerkinnät ovat herättäneet kuluttajat ajattelemaan valintojen ilmasto- ja muita ympäristövaikutuksia. Hiilijalanjälkiä on alettu laskea myös kuluttajan näkökulmasta. Yrityksissä tuotantoprosessia muutetaan hiilijalanjäljen laskemisen jälkeen ympäristöystävällisemmäksi ja saavutetaan kertainvestoinnin jälkeen keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä myös kustannussäästöjä. Kuluttajalla on henkilökohtaisen hiilijalanjäljen laskettuaan mahdollisuus huomata ilmasto- eniten kuormittavat elämän osa-alueet ja niihin vaikuttavat tekijät. Tehdessään ilmastoystävällisiä valintoja kuluttajalla on teollisuuden toimijoiden tapaan mahdollisuus myös kustannussäästöihin kertainvestoinnin jälkeen, esimerkiksi parantamalla asunnon energiatehokkuutta.

Pientämistoimet tulee suunnata asumiseen, liikkumiseen sekä ruokaan liittyviin valintoihin, koska nämä kolme elämänaluetta muodostavat pääosan, noin 70 %, kuluttajan hiilijalanjäljestä. Näillä osa-alueilla on siten saavutettavissa merkittäviä vähennyksiä tuotettuihin kasvihuonekaasupäästömääriin.

Tavoitteena voidaan pitää standardisoidun menetelmän määrittämistä kuluttajan hiilijalanjäljen sekä sen lähdetietoina tarvittavien päästökertoimien laskennalle.

Päästökertoimien määrittämävaiheessa standardisoitua laskentatapaa käyttämällä tehtäisiin yhtenäiset rajaukset esimerkiksi huomioituista tuotantovaiheista. Näin lasketut päästökertoimet luovat pohjan yhtenäisesti suoritettuun kuluttajan hiilijalanjälkilaskentaan, jonka standardisoinnin tulee koskea ainakin asumisen, liikkumisen sekä ruoan aiheuttaman ilmastovaikutuksen laskennan rajauksia. Ainakin rajaamalla kuluttajan hiilijalanjälkeen kuuluvan asumisesta ja liikkumisesta vain käytön sekä ruoasta myös tuotannon aikaiset ilmastovaikutukset, standardisointi lienee mahdollista. Ruoan tuotannon aiheuttamista päästöistä tarvitaan lisää tutkimustietoa, asumisen ja liikkumisen energiankulutuksen päästökertoimia on jo kattavasti laskettu. Jos tarkasteluun rajataan kuuluvan myös asuntojen ja kulkuvälineiden tuotannon aiheuttamat päästöt, luotettava laskenta vähintään monimutkaistuu, ellei jopa muodostu mahdottomaksi. Elämän eri osa-alueista huomioitavien vaiheiden epäyhtenäiset rajaukset on perusteltavissa päästöjen muodostumisen painottumisella ruoan kohdalla tuotantovaiheeseen, asumisessa ja liikkumisessa puolestaan käyttövaiheeseen.

Suomalaisen kuluttajan hiilijalanjäljen standardisointi tulee aloittaa käsitellyistä kolmesta merkittävimmästä elämänalueesta ja pohtia vasta myöhemmin tarvetta myös muiden osa-alueiden sisällyttämisestä laskentaan sekä standardisointiin. Kansainvälistä standardisointia tehtäessä on tärkeää tutkia, miten kuluttajan hiilijalanjälki muodostuu erilaisissa elinympäristöissä. Selvitettävä on esimerkiksi, kuinka suuren osuuden asuminen muodostaa ympärivuotisen kesän ilmastossa sekä kuinka elämänalueiden muodostamien osuuksien merkittävyys tällöin vaihtelee.

Yhtenäisellä tavalla laskettujen kuluttajan hiilijalanjälkien lopputulokset olisivat luotettavasti vertailukelpoisia keskenään. Tällöin laskennan lopputulosten eroavaisuudet aiheutuvat pelkästään eroavaisuuksista kulutustottumuksissa, nyt tarkastelluista laskennan haasteista sekä rajauserojen, että eri päästökertoimien käytön vaikutus poistuisivat. Tarkastellut harjoitustyöt oli tehty monilla erilaisilla rajauksilla ja oletuksilla, jolloin laskennan tuloksista ei pidä tehdä liian suoraviivaisia johtopäätöksiä.

Yhtenäisen laskentatavan lisäksi huomioita tulee kiinnittää raportoinnin läpinäkyvyyteen. Tuotteiden elinkaaren aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämisessä joudutaan tekemään rajauksia ja yleistyksiä, koska tuotantoketjuja on lukematon määrä ja resursseja tutkimuksen tekemiseen on käytettävissä rajallisesti. Tehdyt rajausvalinnat ja oletukset

tulee kertoa raportoinnissa, jotta lukija pystyy arvioimaan ilmoitettuja tuloksia. Raportoinnin tulee olla läpinäkyvää myös kuluttajan hiilijalanjälkeä laskettaessa.

Kuluttajan hiilijalanjäljen pienentämismahdollisuuksia ei tule tarkastella pelkästään miettimällä, mitä tuotteita ja palveluita kulutamme. Hiilijalanjäljen pienentäminen on mahdollista omaksumalla elämäntapa, jossa kestävyysnäkökulma on huomioitu kokonaisvaltaisesti kaikessa kulutuskäyttäytymisessä (Belz ja Peattie 2009, 86). Tuotelähtöisestä ajattelusta tulee siirtyä tarvelähtöiseen ajatteluun. Kulutusvalintoja tehdessä tulee rinnakkaisten tuotteiden vertailun sijaan pyrkiä avoimesti pohtimaan vaihtoehtoisia tapoja tyydyttää kyseinen tarve. Esimerkiksi tuotteiden omistamisen sijaan saman tarpeen voi usein täyttää lainaamalla tai vuokraamalla kyseisen tuotteen, kuten ruohonleikkurin, vain siksi aikaa, kun sille on todellista käyttöä. Samoin voidaan kyseenalaistaa muun muassa tarve lentää lomamatkalla toiselle puolelle maapalloa. Rentoutumisen ja arjesta irtioton tarve täytyynee myös kotiseutu- tai kotimaan matkailulla.

Kuluttajan hiilijalanjäljen pienentämistä ei tule jättää yksittäisen kuluttajan harteille. Kuluttajalle tulee olla tarjolla ilmastoystävällisiä vaihtoehtoja tarpeiden tyydyttämiseksi. Yhteiskunnan ohjauskeinoilla kulutuskäyttäytymistä tulee ohjata ilmastoystävällisiä vaihtoehtoja suosivaksi. Lisäksi tarvitaan kanssaihminen innoitusta ja vertaispainetta.

## LÄHTEET

Belz Frank-Martin, Peattie Ken. 2009. Sustainability marketing, A global perspective. Great Britain, Glasgow: Bell & Bain. S. 292. ISBN 978-0-470-51922-6.

Berghäll Outi, Ahonen Hanna-Mari, Sinivuori Kati, Snäkin Juha-Pekka. 2003. Kioton pöytäkirja ja sen toimeenpanosäännöt. Suomen ympäristö julkaisusarja 607. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Helsinki: Edita Prima Oy. S. 78. ISBN 951-3-38787.

CO<sub>2</sub>-raportti. 2010. Ilmastouutisia, Kaukolämmön myynti ennätykseen – kulutus kasvoi 10 %. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 22.1.2010. [viitattu 16.6.2010]. Saatavissa: [http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news\\_id=1933](http://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=1933)

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2010. Kukkuroinmäen jätekeskus. [verkkodokumentti]. [viitattu 23.6.2010]. Saatavissa: [http://www.ekjh.fi/Km\\_kukkuroinmaki.html](http://www.ekjh.fi/Km_kukkuroinmaki.html)

Etelä-Karjalan Jätehuolto. 2008. Vuosikertomus 2008. [verkkodokumentti]. [viitattu 23.6.2010]. Saatavissa: <http://www.ekjh.fi/Dokumentit/Vuosikertomukset/VUOSIKERTOMUS2008.pdf>

European Commission. 2007. CARBON FOOTPRINT – what is it and how to measure it. European Platform on Life Cycle Assessment, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. [verkkodokumentti]. [viitattu: 15.9.2010]. Saatavissa: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/publications>

Harjoitustyöt. 2010. BH60A1100 Ympäristötekniikan erikoistyöt: Ilmastonmuutos, kurssin osallistujien tekemät 'Henkilökohtainen hiilijalanjälki' - harjoitustyöt. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2010.

ISO. 2010. ISO Standards. Pollution, pollution control and conservation. International Organization for Standardization. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.7.2010]. Saatavissa: [http://www.iso.org/iso/products/standards/catalogue\\_ics\\_browse.htm?ICS1=13&ICS2=020&ICS3=40&](http://www.iso.org/iso/products/standards/catalogue_ics_browse.htm?ICS1=13&ICS2=020&ICS3=40&)

Kuluttajatutkimuskeskus. 2009. Ruoka- ja asumisvalinnoilla voi keventää ympäristökuormitusta. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 17.9.2009. [viitattu 21.9.2010]. Saatavissa: [http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/ajankohtaista/?132\\_m=1096](http://www.kuluttajatutkimuskeskus.fi/ajankohtaista/?132_m=1096)

Kurppa, Sirpa. 2009. Lounaslautaset vertailussa. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 16.9.2009. Kotitalouksien kulutusvalinnat ja niiden ympäristövaikutukset, tiedotustilaisuus ja seminaari. Helsinki 17.9.2009. [viitattu 17.9.2010]. Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/elintarvikeketjut/vastuullinenelintarviketalous/ajankohtaista/consenv>

Käkönen Soile. 2010. Liha & ympäristö. [verkkodokumentti]. HK Ruokatalo Oy. [viitattu 20.7.2010]. Saatavissa: [www.ruokatieto.fi/Link.aspx?id=1126496](http://www.ruokatieto.fi/Link.aspx?id=1126496)

LCA Food Database. 2010. LCA Food Database, Food products. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 3. 2007. [viitattu: 20.7.2010]. Saatavissa: <http://www.lcafood.dk/>

Lappeenrannan energia. 2009. Sähkön alkuperä ja hankinta. [verkkodokumentti]. [viitattu 28.5.2010]. Saatavissa: [http://www.lappeenrannanenergia.fi/index.php?valikko=1&sivu=sahkon\\_myynti&alasivu=myynti\\_alkupera](http://www.lappeenrannanenergia.fi/index.php?valikko=1&sivu=sahkon_myynti&alasivu=myynti_alkupera)

Linnanen Lassi. 2010. Ilmastonmuutoksen vaikutukset. Ilmastonmuutos - kurssin luento, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 5.1.2010. (Luento sekä luentomateriaali, saatavissa kurssin Blackboard oppimisympäristössä, vaatii salasanan.)

LOAS. 2010. Energiatodistukset ja ET-luvut LOAS:n kohteista. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 10.2.2010. [viitattu 21.9.2010]. Saatavissa: <http://www.loas.fi/Kiinteasivu.asp?KiinteasivuID=373&NakymaID=3>

Mann Michael E ja Kump Lee R. 2008. Dire predictions, Understanding global warming. The illustrated guide to the findings of the IPCC. USA, New York: Dorling Kindersley Publishing. S. 208. ISBN 978-0-7566-3995-2.

Motiva. 2004. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät päästökertoimet. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 6.2004. [viitattu 26.5.2010]. Saatavissa: <http://www.motiva.fi/co2ohje>

Nissinen Ari ja Seppälä Jyri. 2008. Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2008. Helsinki: Yliopistopaino. S. 50. ISBN 978-952-5631-73-9.

Ryömä Maura. 2008. Ruoan ilmastokuorma. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 6.2.2010. [viitattu 20.7.2010]. Saatavissa PDF-tiedostona: <http://mryoma.files.wordpress.com/2008/10/ruoan-ilmastokuorma2.pdf>

Seppälä Jyri, Mäenpää Ilmo, Koskela Sirkka, Mattila Tuomas, Nissinen Ari, Katajajuuri Juha-Matti, Härmä Tiina, Korhonen Marja-Riitta, Saarinen Merja ja Virtanen Yrjö. 2009. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö julkaisusarja 20/2009. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy. S. 137. ISBN 978-952-11-3459-3.

Suomen ympäristökeskus. 2010. Jätelajikohtaiset kasvihuonepäästökertoimet taustoineen. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 8.1.2010. [viitattu 2.7.2010]. Saatavissa: <http://www.ilmastolaskuri.fi/web/storage/files/Laskennantaustat150110.pdf>

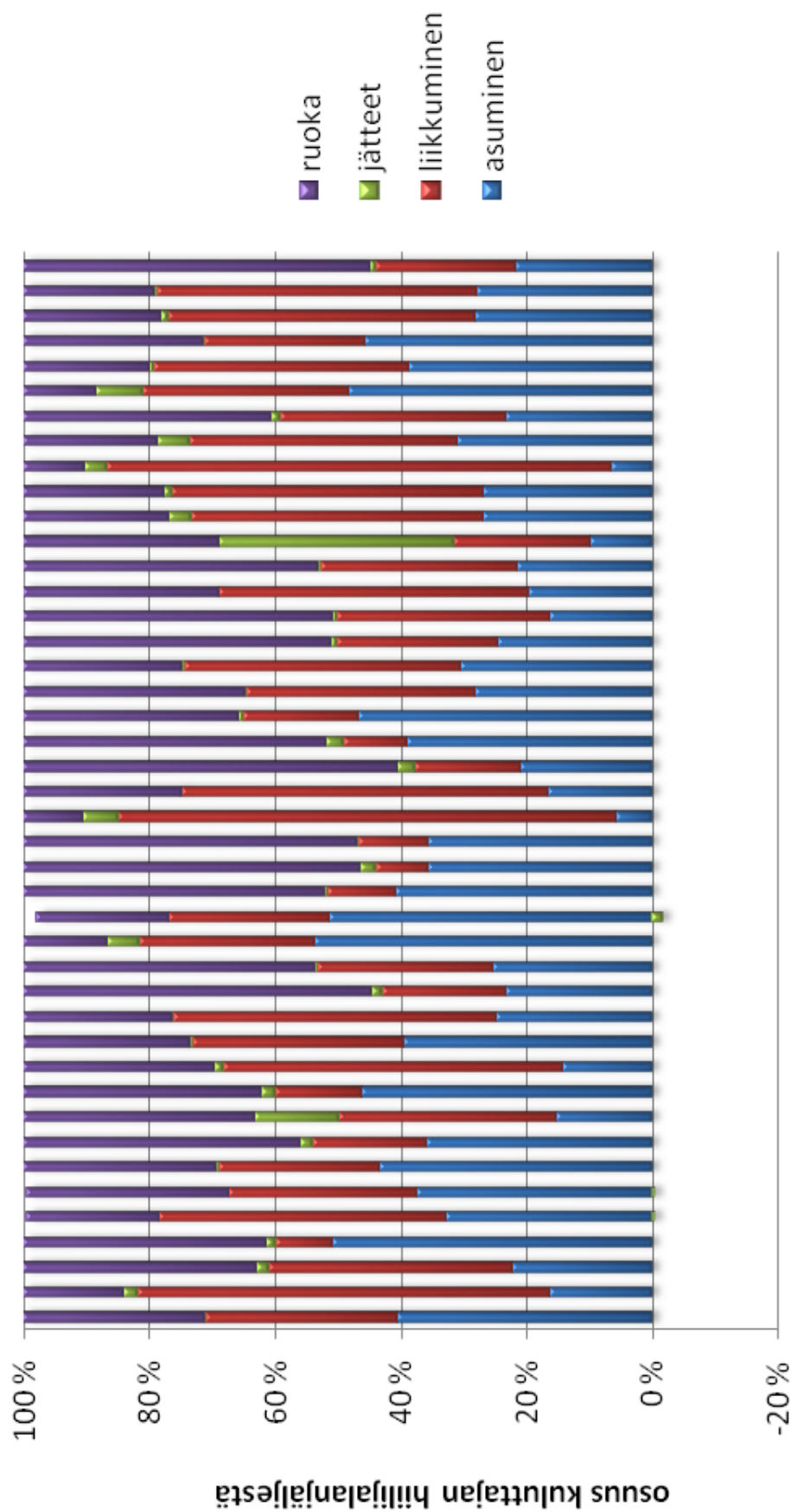
Tilastokeskus. 2009. Jätetilasto 2008. Suomen virallinen tilasto, Ympäristö ja luonnonvarat 2009. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 16.12.2009. [Viitattu 2.7.2010]. ISBN 978-952-244-173-7. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/jate/2008/jate\\_2008\\_2009-12-16\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/jate/2008/jate_2008_2009-12-16_fi.pdf)

Tukker Arnold, Huppes Gjalt, Guinée Jeroen, Heijungs Reinout, de Koning Arjan, van Oers Lauran, Suh Sangwon, Geerken Theo, Van Holderbeke Mirja, Jansen Bart ja Nielsen Per. 2006. Environmental Impact of Products (EIPRO): Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25. IPTS/ESTO-project, European Commission, Joint Research Centre. [verkkodokumentti]. [viitattu: 15.9.2010]. Saatavissa: [http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf)

Vapo. 2010. Joutsenon kompostointilaitos [verkkodokumentti]. [viitattu 24.6.2010]. Saatavissa: [http://www.vapo.fi/fin/kunta\\_ ja\\_yritysasiakkaat/jatteenkasittely/biologinen\\_jatteenkasittely/kompostointilaitokset/joutseno/?id=299](http://www.vapo.fi/fin/kunta_ ja_yritysasiakkaat/jatteenkasittely/biologinen_jatteenkasittely/kompostointilaitokset/joutseno/?id=299)

- VR. 2010. Vastuullisuus, Ympäristö, Ympäristölupausten eteneminen. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 2010. [viitattu 3.9.2010]. Saatavissa: <http://www.vr-konserni.fi/fi/index/Vastuullistatoimintaa/ymparisto/ymparistolupaukset.html>
- VTT. 2009a. Lipasto, Liikenteen päästöt, Etusivu. [verkkodokumentti]. [viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>
- VTT. 2009b. Liikennevälineiden yksikköpäästöt, Tieliikenteen henkilöliikenne, Henkilöautot sekä Linja-autot. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 15.12.2009. [viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilo\\_tie.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilo_tie.htm)
- VTT. 2009c. Liikennevälineiden yksikköpäästöt, Vesiliikenteen henkilöliikenne, Laivat. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 26.3.2009. [viitattu 22.6.2010]. Saatavissa: [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/vesiliikenne/henkilo\\_vesi.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/vesiliikenne/henkilo_vesi.htm)
- VTT. 2009d. Liikennevälineiden yksikköpäästöt, Ilmaliikenteen henkilöliikenne, Lentokoneet. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 7.5.2009. [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa: [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/ilmaliikenne/henkilo\\_ilma.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/ilmaliikenne/henkilo_ilma.htm)
- VTT. 2009e. Liikennevälineiden yksikköpäästöt, Raideliikenteen henkilöliikenne, Henkilöjunat. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 24.4.2009. [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa: [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/raideliikenne/henkilo\\_raide.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/raideliikenne/henkilo_raide.htm)
- Weidema Bo P., Thrane Mikkel, Christensen Per, Schmidt Jannick ja Løkke Søren. 2008. Carbon Footprint. A Catalyst for Life Cycle Assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 2008, volume 12, number 1. S. 3-6.
- WWF. 2010. Ilmastolaskuri. [verkkodokumentti]. [viitattu 16.6.2010]. Saatavissa: <http://www.ilmastolaskuri.fi/fi/user/page/show/name/page1>
- Valtioneuvoston kanslia. 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja, 28/2009. Helsinki: Yliopistopaino. S. 180. ISBN 978-952-5807-65-3.

## Kuluttajan hiilijalanjäljen muodostuminen harjoituksissa osa-alueittain prosentteina





## Harjoitustöiden tulosten vaihteluväli osa-alueittain

