TUOTTEEN HIILIJALANJÄLKI JA SEN LASKENTA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristöteknologian koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2010
Anni Meiseri

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristöteknologia

MEISERI, ANNI: Tuotteen hiilijalanjälki ja sen laskenta

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 47 sivua, 7 liitesivua

Kevät 2010

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota materiaalia tuotteen hiilijalanjäljestä ja sen laskennasta tiedotus- ja kurssimateriaalien pohjaksi. Opinnäytetyö toteutettiin Lahden seudun ympäristöpalveluille. Työ on osana KELAA! Kestävä kulutus ja elämänlaatu -hanketta. Hankkeen tavoitteena on hillitä ilmastonmuutosta edistämällä kestävää kulutusta sekä materiaali- ja energiatehokkuutta. Hiilijalanjälki on selvästi vakiinnuttanut käsitteenä asemansa ilmastonmuutoksen tiedotuksessa vakiintumattomista tiedotustavoista huolimatta. Tällä hetkellä ISO:n (International Organization for Standardization) toimesta luodaan hiilijalanjäljelle ja sen määrittämiselle kansainvälistä standardia samalla kun sen tiedotusmenetelmistä käydään kiivasta keskustelua aina EU-komission tasolla asti.

Työn toteuttamisessa hyödynnettiin olemassa olevia kansallisia ja kansainvälisiä julkaisuja hiilijalanjäljestä ja sen laskennasta. Erityisen tärkeässä roolissa oli brittiläisen standardiorganisaation julkaisema spesifikaatio PAS 2050 ja sen ohjeistus. Työssä käsitellään hiilijalanjälkeä ja sen laskentaa tuotenäkökulmasta. Laskentamenetelmien kohdalla keskitytään erityisesti PAS 2050 -spesifikaatioon, jonka laskentamenetelmä on esitelty tässä työssä ja johon tuotettu laskentamalli perustuu.

Laskentamallin osalta voidaan todeta, että yleispätevän mallin luominen vaikuttaa mahdottomuudelta monitahoisten laskentamenetelmien ja yritys- ja tuoteryhmäkohtaisten suurten määrityserojen vuoksi. Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että hiilijalanjälkeen ja sen laskentaan liittyy useita monitahoisia haasteita muun muassa standardoimattomuuden aiheuttamien vakiintumattomien määritelmien ja menetelmien vuoksi. Hiilijalanjäljen puutteita ja haasteita on käsitelty tämän työn Hiilijalanjäljen edut ja puutteet -luvussa. Aineiston pohjalta tuotettiin Guide to PAS 2050 -ohjeistuksessa esitettyyn esimerkkilaskelmaan pohjautuva hiilijalanjäljen laskentamalli.

Avainsanat: hiilijalanjälki, laskenta, laskentamalli, PAS 2050, tuote

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

MEISERI, ANNI:

The carbon footprint of a product and how to calculate it

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 47 pages, 7 appendices

Spring 2010

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to gather material about the carbon footprint of a product and its calculation methods for the basis of some information and course materials. The thesis was made for Lahti Environmental Services as a part of their KELAA! project. The aim of the project is to restrain climate change by promoting sustainable consumption, and material and energy efficiency. Carbon footprint as a term has clearly established its status in the discussion about climate change in spite of the lack of commonly accepted communication methods. At the moment, the International Organization for Standardization is creating an international standard for carbon footprint and its definition while its communication methods are being discussed at EU level.

National and international publications concerning carbon footprint and its calculation were used when carrying out this work. PAS 2050 and its guide published by the British Standard Institution played a significant part. The carbon footprint and its calculation were examined from the product's perspective. The calculation method represented in PAS 2050 is presented in this work and therefore the calculation part concentrates on this method.

As far as the calculation model is concerned, it can be said that creating a generally applicable model is impossible because of a large variety of calculation methods, and big differences between the product categories. On the basis of the study it can be said that there are many challenges concerning carbon footprint and its calculation due to, among other things, a lack of standards and a commonly accepted definition as well as the calculation methods. The challenges of calculating the carbon footprint are discussed in this study. A calculation model of a carbon footprint was produced on the basis of this material. The model is based on example calculation presented in Guide to PAS 2050.

Keywords: carbon footprint, calculation, calculation model, PAS 2050, product

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 1

2 TUOTTEEN HIILIJALANJÄLKI 2

2.1 Hiilijalanjälki käsitteenä 2

2.2 Ekologinen jalanjälki 4

3 HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA 6

3.1 Kasvihuonekaasut 6

3.2 Lämmityspotentiaalikertoimet (GWP) 9

3.3 Menetelmiä 9

3.4 Elinkaariarviointi 11

3.5 Hiilijalanjälkimerkinnät 13

3.5.1 Raision Elovena 14

3.5.2 Tesco 15

4 PAS 2050 -MENETELMÄN SOVELLUS 16

4.1 Päämäärien ja tarkasteltavan tuotteen määrittely 16

4.2 Hiilijalanjäljen määrittämisen vaiheet 17

4.2.1 Virtauskaavion rakentaminen 18

4.2.2 Rajaus ja priorisointi 19

4.2.3 Tietojen kerääminen 21

4.2.4 Hiilijalanjäljen laskenta 24

4.2.5 Epävarmuuksien tarkastelu 29

4.3 Tulosten todentaminen 29

4.4 Laskentamallin taustaa 30

4.5 Laskentamallin sisältö ja käyttö 31

4.6 Laskentamallin soveltuvuus 32

5 HIILIJALANJÄLJEN EDUT JA PUUTTEET 35

5.1 Hiilijalanjäljen edut 35

5.2 Hiilijalanjäljen haasteet ja puutteet 36

6 YHTEENVETO 40

7 JATKOTUTKIMUSAIHEET 41

LÄHTEET 43

LIITTEET 48

SANASTO

Business to business -elinkaari = Tarkasteltava elinkaari päättyy jatkojalostuksesta vastaavan organisaation porteille. Tarkastelu kattaa tällöin vaiheet raaka-aineesta jatkojalostuksesta vastaavan organisaation porteille.

Business to consumer -elinkaari = Tarkastelussa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari raaka-aineista lopullisen tuotteen hävitykseen ja kierrätykseen.

Ekologinen jalanjälki = Mittaa biologisesti tuottavan maa- ja vesialueen määrän, joka tarvitaan tuottamaan kaikki resurssit jotka yksilö, populaatio tai toiminta kuluttaa sekä tuotettujen jätteiden käsittelemiseksi

GWP-kerroin = Esittää kasvihuonekaasun keskiarvovoimakkuuden suhteessa hiilidioksidiin tietyllä tarkasteluvälillä. Tyypillisesti esitetään joko 20, 100 tai 500 vuoden tarkastelujaksoina.

Hiilidioksidiekvivalentti (CO_2-ekv.) = Suure, joka kuvaa kasvihuonekaasujen ilmastovaikutuksia eli kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua globaalia ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Tuotteen kokonaiskasvihuonekaasupäästöjen määrä hiilidioksidiekvivalentteina saadaan kertomalla kukin kasvihuonekaasu sitä vastaavalla GWP-kertoimella.

Hiilijalanjälki = PAS 2050 -määrityksen mukaisesti tietyn tapahtuman tai kokonaisuuden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää koko elinkaaren ajalta. Lisää määritelmiä esitetty luvussa 2.1.

Iteratiivinen = Tarkoitetaan, että koko prosessin ajan eri vaiheiden keskinäistä tasapainoa voidaan tarkistaa aina palaamalla edellisiin vaiheisiin. Täten arvioinnin kulkua ja päämääriä voidaan päivittää arviointiprosessin kuluessa.

Kasvihuoneilmiö =Molekyylirakenteensa vuoksi kasvihuonekaasut imevät itseen-

sä pitkäaaltoista lämpösäteilyä päästäen läpi lyhytaaltoista auringonvaloa. Tämän vuoksi pitkäaaltoinen lämpösäteily ei pääse poistumaan avaruuteen. Kasvihuonekaasujen pitoisuus vaikuttaa ilmiön voimakkuuteen.

Massatase = Lähtökohtana on, että prosessiin menevän massan tulisi vastata prosessista tulevaa massaa. Sen avulla voidaan tunnistaa tehokkaasti piilossa olevia massavirtoja.

PAS 2050 spesifikaatio = PAS 2050 (Publicly Available Specification) on brittiläisen standardisointiorganisaation BSI:n (British Standards Institution) lokakuussa 2008 julkaisema ohjeistus tuotekohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämiseksi.

Päästöjen allokointi = Termillä tarkoitetaan päästöjen jakamista eri prosessien kesken. Tulee toteuttaa kun tarkasteltavan elinkaaren aikana syntyy päätuotteen lisäksi muita välivalmisteita.

Syöte = Yleisnimitys kaikille tuotteen prosessoinnin aikana prosessiin lisättäville osille, esimerkiksi raaka-aineille ja energialle.

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutos on tällä hetkellä huomattava, paljon julkisuudessa käsitelty ihmiskunnan haaste. Tavoitteet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ovat luoneet tarpeen ilmastovaikutuksia kuvaavalle käsitteelle, johon yleisesti hiilijalanjälkeä on sovellettu niin yksilö-, yritys- kuin valtiotasolla.

Hiilijalanjälki on käsitteenä monitasoinen ja vielä vakiintumaton. Tässä työssä keskitytään selvittämään hiilijalanjälkeä käsitteenä ja sen laskentamenetelmiä sekä näiden haasteita. Työssä arvioidaan myös hiilijalanjäljen etuja ja puutteita sekä tuotetun laskentamallin soveltuvuutta.

Työssä keskitytään käsittelemään hiilijalanjälkeä ja sen laskentaa tuotteen näkökulmasta. PAS 2050 -spesifikaation ohjeistuksen mukaisesti tuotteella tarkoitetaan sekä tavaroita että palveluita, mutta tässä työssä käsitettä ”tuote” on rajattu kuvaamaan ainoastaan tavaroita.

Työn tavoitteena on luoda hiilijalanjälkeä ja sen laskentaa selventävä aineisto ja yksinkertainen tuotteen laskentamalli PAS 2050 -spesifikaation pohjalta. Työ toteutettiin osana KELAA! -hanketta keväällä 2010 ja työn ohjauksesta vastasivat Lahden seudun ympäristöpalvelujen kestävän kehityksen koordinaattori Mervi Virtanen ja Lahden ammattikorkeakoulun lehtori Sakari Autio.

Laskentamallissa tuotetta on tarkasteltu B2B (business to business) -elinkaaren mukaisesti. Opinnäytetyön laskentamallia tarkasteltaessa tulee huomioida, että malli on yksinkertaistettu esimerkki, joten se ei sinällään ole relevantti hiilijalanjäljen laskemiseksi. Esimerkkituotteen osalta tulee huomioida, että kyseessä on kuvitteellinen tuote.

2 TUOTTEEN HIILIJALANJÄLKI

Mielipidetutkimuksista selviää, että kuluttajat ovat kiinnostuneita tuotteiden ilmastovaikutuksista ja valmiita arjen valinnoissaan tekemään ilmastoystävällisiä valintoja. Toistaiseksi tuotteiden ilmastovaikutusten vertailu on kuluttajille kuitenkin vaikeaa, joko tieto ei tavoita kuluttajaa tai tietoa ei ole saatavilla. Tieto voi olla myös laadullisesti epävarmaa. (Nissinen & Seppälä 2008, 7–9.) Monet teollisuusmaiden tuotevalmistajat ja kauppaketjut ovat valmiita vastaamaan näihin kuluttajien vaatimuksiin lisäämällä tietoisuutta tuotteidensa ilmastovaikutuksista (Nissinen & Seppälä 2008, 8). Hiilijalanjäljestä on tullut suosittu ja laajasti käytetty termi tuotteiden ilmastovaikutusten tiedotuksessa ja sen käyttö medioissa, hallituksissa ja yritysmaailmassa on kasvanut räjähdysmäisesti (Wiedmann & Minx 2007, 2).

2.1 Hiilijalanjälki käsitteenä

Hiilijalanjäljelle ei kuitenkaan näytä olevan selvää määritelmää laajasta käytöstä huolimatta. Termin määritelmään ja käytettyyn yksikköön liittyy edelleen epäselvyyksiä. (Wiedmann & Minx 2007, 2.) Erilaisia määritelmiä termille on esitetty taulukossa 1. Taulukko on peräisin A Definition of Carbon Footprint -teoksesta (Wiedmann & Minx 2007). Tässä työssä taulukkoon on lisätty PAS 2050 -spesifikaation hiilijalanjälkimääritelmä.

TAULUKKO 1. Hiilijalanjälki termin määritelmiä (Wiedmann & Minx 2007, 3)

Lähde	**Määritelmä**
BP (2007)	”Hiilijalanjälki on päivittäisistä toiminnoista kuten pyykinpesusta ja lasten koulukuljetuksista syntyvän hiilidioksidin kokonaismäärä”
British Sky Broadcasting (Sky) (Patel 2006)	Hiilijalanjälki lasketaan “mittaamalla hiilidioksidiekvivalenttipäästöt yrityksen omistamien koneiden, liikematkojen ja kaatopaikkakäsittelyn osa-alueilta”
Carbon Trust (2007)	” …metodologia kokonaiskasvihuonekaasupäästöjen arvioimiseksi hiilidioksidiekvivalentteina tuotteen elinkaaren ajalta raaka-aineiden käytöstä tuotannon kautta lopullisen tuotteen hävitykseen (pois lukien käytön päästöt)” ” …tekniikka yksilöllisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämiseksi hankkijaketjun aikaisista toiminnoista ja näiden kehysten määrittämiseksi eri syötteille” (Carbon Trust 2007, 4)
Energetics (2007)	” …yrityksen toimintojen suorien ja epäsuorien hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärä”
ETAP (2007)	” …hiilijalanjälki on ihmistoimintojen aiheuttamien ympäristövaikutusten määrä tuotettuina ja mitattuina kasvihuonekaasuina tonneina hiilidioksidia”
Global Footprint Network (2007)	“Vaadittu biokapasiteetti fossiilisten polttoaineiden polttamisesta syntyvien hiilidioksidipäästöjen eristämiseksi.”
Grup & Ellis (2007)	”Hiilijalanjälki on fossiilisten polttoaineiden polton yhteydessä syntyvän hiilidioksidin mitattu määrä. Yritysorganisaation tapauksessa tulos on päivittäisistä toiminnoista johtuvien suorien tai epäsuorien hiilidioksidipäästöjen määrä. Se voi myös heijastaa markkinoilla olevan tuotteen tai hyödykkeen fossiilista energiaa.
Parliamentary Office of Science and Technology (POST 2006)	“Hiilijalanjälki on hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen kokonaismäärä tuotteen koko elinkaaren ajalta. Se esitetään grammoina hiilidioksidiekvivalenttia per kilowattitunti tuotantoa, mikä sisältää eri kasvihuonekaasujen erilaiset globaalit lämmitysvaikutukset.”
PAS 2050 (2008)	”Tietyn tapahtuman tai kokonaisuuden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää koko elinkaaren ajalta”

Hiilijalanjälki käsittää noin 50 % ihmistoiminnan ekologisesta jalanjäljestä (Global footprint network 2009). Ekologista jalanjälkeä käsitellään tarkemmin luvussa 2.2. Hiilijalanjälki -termin juuret ovat peräisin Wackernagelin vuonna 1996 julkaistusta teoksesta Ekologinen jalanjälki. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan yleisen peruslinjauksen mukaan ihmisperäisiin kulutustottumuksiin tai tuotantoon liittyvää tiettyä ilmastonmuutokselle relevanttia kaasupäästömäärää. Hiilijalanjälkeen liittyvät yleistykset loppuvat kuitenkin tähän. Yhteisymmärrystä ei ole olemassa mittaus- eikä laskentamenetelmien saati yksiköiden suhteen, joten menetelmien spektri ulottuu suorista hiilidioksidipäästöistä koko elinkaaren kattaviin kasvihuonekaasupäästöihin. (Wiedmann & Minx 2007, 2.)

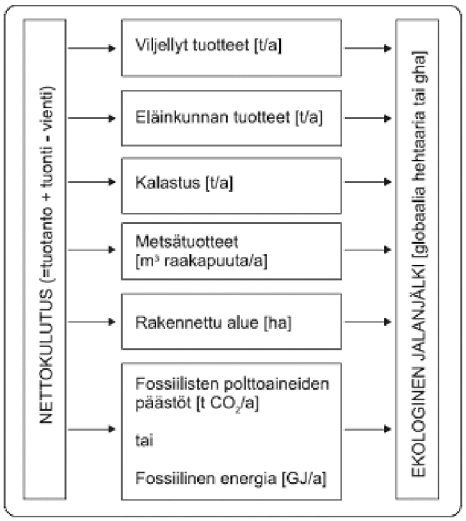
Hiilijalanjäljen lähestymistapa on kulutuslähtöinen. Tämä tarkoittaa, että se ei sisällä ainoastaan paikan päällä tuotettuja fossiilisten polttoaineiden poltosta lähtöisin olevia hiilidioksidipäästöjä vaan lähestymistapa on kokonaisvaltaisempi ottamalla huomioon myös muualla maassa ja maailmalla tuotannon yhteydessä syntyvät päästöt. (CenSA 2009, 23.)

PAS 2050:n mukaan termillä ”hiilijalanjälki” tarkoitetaan tietyn tapahtuman tai kokonaisuuden aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää (Guide to PAS 2050 2008, 1). Termillä viitataan tuotteen elinkaaren aikana syntyneisiin kasvihuonekaasupäästöihin sisältäen kasvihuonekaasuista hiilidioksidin CO_2, metaanin CH_4, typpioksiduulin N_2O sekä HFC- ja PFC-yhdisteet (Guide to PAS 2050 2008, 2). Tuotteen kasvihuonekaasupäästöt esitetään hiilidioksidiekvivalentteina (Guide to PAS 2050 2008, 27). Tässä työssä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan PAS 2050 -spesifikaation mukaista määritelmää.

2.2 Ekologinen jalanjälki

Ekologisen jalanjäljen laskentamallin ovat kehittäneet Mathis Wackernagel ja William Rees 1990-luvulla. Laskentamalli tarjoaa välineen tuotanto- ja kulutustapojen aiheuttamien ympäristövaikutusten tarkasteluun. (Natural Interest 2009, 5.) Lähtökohtana ekologisen jalanjäljen määrittämiselle on oletus, että ihmisten toi-

minnot, kuten energiankulutus kuluttavat tietyn määrän luonnonvaroja vuosittain. (Natural Interest 2009, 5.) Tarkemmin sanottuna se mittaa biologisesti tuottavan maa- ja vesialueen määrän, joka tarvitaan tuottamaan kaikki resurssit, jotka yksilö, populaatio tai toiminta kuluttaa sekä tuotettujen jätteiden käsittelemiseksi (Ewing ym. 2008, 3). Kuviossa 1 on esitetty ekologisen jalanjäljen rakenne.



KUVIO 1. Ekologisen jalanjäljen rakenne (Väinämö 2006, 11)

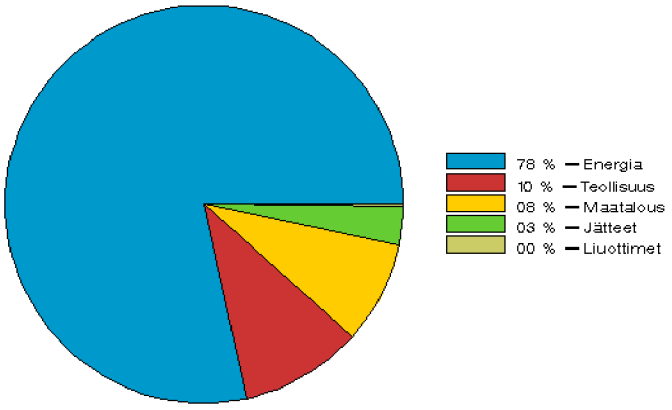
Ekologisen jalanjäljen yksikkönä käytetään globaalihehtaaria. Hehtaarin alue muutetaan ekologisen jalanjäljen laskennassa vastaamaan tuottavuudeltaan maapallon biologisesti tuottavien alueiden keskiarvoa. Arvioinnissa huomioidaan ainoastaan biologisesti tuottavat maa- ja merialueet. Maapallon biologisesti tuottavaksi pinta-alaksi saadaan tällöin 11,2 miljardia hehtaaria. Todellinen maapallon kokonaispinta-ala on noin 51 miljardia hehtaaria. (Väinämö 2006, 11.)

Ekologisen jalanjäljen laskemiseksi on kaksi tapaa. Laskennan voi suorittaa Compound-menetelmällä, jolloin kulutus henkeä kohti lasketaan kansallisten ja kansainvälisten tilastojen avulla. Toinen menetelmä on Component-menetelmä, jossa lasketaan yhteen erillisiä toimintoja vuoden ajalta ja saadaan näin kokonaisjalanjälki. (Väinämö 2006, 10.)

3 HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA

3.1 Kasvihuonekaasut

Kioton pöytäkirja koskettaa kuutta kasvihuonekaasua: hiilidioksidia CO_2, metaania CH_4, dityppioksidia N_2O, fluorihiilivetyjä HFC, perfluorihiilivetyjä PFC sekä rikkiheksafluoridia SF_6. Kioton pöytäkirjassa velvoitetaan kehittyneitä maita vähentämään vuosina 2008–2012 näiden kasvihuonekaasupäästöjen tasoa yhteensä vähintään viidellä prosentilla vuoden 1990 tasosta. (UNITED NATIONS 1998, 3; Valtion ympäristöhallinto 2009b.) Suomen vuoden 2008 kasvihuonekaasupäästöt on esitetty kuviossa 2 sektoreittain.



Nolla viittaa osuuteen joka on pienempi kuin puoli prosenttia

KUVIO 2. Suomen kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain 2008 (Tilastokeskus 2009)

Molekyylirakenteensa vuoksi kasvihuonekaasut imevät itseensä pitkäaaltoista lämpösäteilyä päästäen läpi lyhytaaltoista auringonvaloa. Tämän vuoksi pitkäaaltoinen lämpösäteily ei pääse poistumaan avaruuteen. Kasvihuonekaasujen pitoisuus vaikuttaa ilmiön voimakkuuteen. Kasvihuoneilmiö on elintärkeä maapallolle, sillä sen vaikutuksesta planeettamme keskilämpötila on + 15 °C astetta - 18 °C sijasta. (Valtion ympäristöhallinto 2009a.)

Ilmastonmuutokseen vaikuttavia ulkoisia tekijöitä voidaan arvioida käsitteen ”säteilypakote” avulla. Maapallon pintaa lämmittäviä positiivisia säteilypakotteita ovat esimerkiksi kasvihuonekaasujen lisääntynyt pitoisuus ilmakehässä. Ilmakehässä lisääntyneet tietyntyyppiset aerosolit puolestaan viilentävät pintaa negatiivisen säteilypakotteen kautta. (Heino 2001, 5.)

Kasvihuonekaasuista erityisesti vesihöyry imee itseensä pitkäaaltoista lämpösäteilyä ja täten se on merkittävin kasvihuonekaasu maapallon lämpötalouden kannalta. Vesihöyry kuitenkin sivuutetaan usein tarkasteltaessa kasvihuoneilmiön voimistumista, sillä ihmistoiminta ei suoraan vaikuta ilmakehän veden kokonaismäärään. Jos vesihöyryä ei lasketa, on hiilidioksidi kaikista merkittävin kasvihuonekaasu siitäkin huolimatta, että sen lämmityspotentiaali on pieni. Hiilidioksidin aseman tekee merkittäväksi sen suhteellinen määrä ilmakehässä verrattuna muihin kasvihuonekaasuihin, sillä hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on yli satakertainen verrattuna muihin kasvihuonekaasuihin. (Valtion ympäristöhallinto 2009a.)

Vuodesta 1750 hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on noussut 31 % ja viime vuosikymmeninä hiilidioksidipitoisuuden nousuvauhti on ollut noin 0,4 %. Viimeisten 20 vuoden ajalta ihmiskunnan hiilidioksidipäästöistä noin 75 % on peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Hiilidioksidin muita päästölähteitä ovat maankäytönmuutokset, erityisesti päästöjä aiheutuu metsien raivauksesta. Ihmiskunnan tuottamista hiilidioksidipäästöistä valtameret ja maa-alueet pystyvät nykyisellään sitomaan noin puolet. (Heino 2001, 5.)

IPCC-skenaarioiden (SRES) mukaan ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden odotetaan kasvavan 90–250 % vuoden 1750 tasosta vuoteen 2100 mennessä. Säteilypakotteen vakauttamiseksi olisi välttämätöntä saada aikaiseksi päästövähennyksiä kasvihuonekaasujen ja niihin vaikuttavien muiden kaasujen osalta. (Heino 2001, 9.)

Ilmakehän metaanin pitoisuus on vuodesta 1970 lisääntynyt 151 % ja lisääntyminen jatkuu edelleen. 1990-luvulla metaanipitoisuuden kasvu on hidastunut ja muuntunut vaihtelevammaksi verrattuna 1980-lukuun. Nykyisistä metaanipäästöistä hieman yli puolet on ihmistoiminnan aiheuttamia. Päästöjä aiheutuu muun muassa

karjataloudesta, fossiilisten polttoaineiden käytöstä, riisin viljelystä sekä kaatopaikoilta. Viime aikoina on todettu että hiilimonoksidipäästöt kasvattavat metaanipäästöjä. (Heino 2001, 5–6.)

Ilmakehän dityppioksidin pitoisuus on kasvanut 17 % vuodesta 1750 kasvun jatkuessa edelleen. Nykyisistä dityppioksidipäästöistä noin puolet on ihmistoiminnan aiheuttamia. Päästöjä aiheutuu muun muassa maanviljelysmaista, karjanruuasta ja kemian teollisuudesta. (Heino 2001, 6.)

Montrealin sopimuksen ja sen liitäntäsopimusten myötä ilmakehän useiden halogeeniyhdisteiden pitoisuuden kasvu on hidastunut tai jopa kääntynyt laskuun vuoden 1995 tasosta. Halogeeniyhdisteitä korvaavien aineiden ja synteettisten komponenttien ilmakehän pitoisuudet sen sijaan ovat nousussa. (Heino 2001, 6.)

Kasvihuonekaasuista rikkiheksafluoridi, SF_6 on kaikista voimakkain. Sadan vuoden arviointiajalla yksi kilogramma rikkiheksafluoridia vastaa noin 22 000 kiloa hiilidioksidia. Kaasua ei luonnostaan esiinny ilmakehässä, vaan sitä vapautuu ilmakehään ihmistoiminnan seurauksena alumiini-, sähkö- ja elektroniikkateollisuudesta. (Valtion ympäristöhallinto 2009a.)

Hiilijalanjäljessä kasvihuonekaasujen ilmastovaikutukset kuvataan hiilidioksidiekvivalentteina (CO2-ekv. / CO2-e.). Tuotteen kokonaiskasvihuonekaasupäästöjen määrä hiilidioksidiekvivalentteina saadaan kertomalla kukin kasvihuonekaasu sitä vastaavalla GWP (Global Warming Potential) -kertoimella. (Nissinen & Seppälä 2008, 14.)

3.2 Lämmityspotentiaalikertoimet (GWP)

Hiilijalanjäljen määrittämiseksi tarvitaan GWP:n kaltaisia muuntokertoimia. Hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) -määrityksen mukaisesti GWP (Global Warming Potential) on indikaattori, joka kuvaa kasvihuonekaasujen vaikutusta ilmastonmuutokseen tietyllä tarkasteluajalla. (European commission 2007.)

Kasvihuonekaasupäästövaikutusten keskinäisessä vertailussa GWP-kertoimet ovat laajalti käytössä. Kertoimet esittävät kasvihuonekaasujen keskiarvovoimakkuuden suhteessa hiilidioksidiin tietyllä tarkasteluvälillä. Tyypillisesti GWP-kertoimet esitetään joko 20, 100 tai 500 vuoden tarkastelujaksoina. 20 vuoden tarkastelujaksolla keskitytään lyhytaikaisiin vaikutuksiin, 100 vuoden tarkastelujaksolla keskivertoisiin vaikutuksiin ja 500 vuoden tarkastelujaksolla pitkäaikaisiin vaikutuksiin. (Sinisalo 1998, 16.)

Hiilidioksidin GWP-kerroin on 1,0, ja esimerkiksi kerroin typpioksiduulille on 298 ja metaanille 25 (Forster ym. 2007, 212–213). IPCC:n neljännen arviointi-raportin The Physical Sciense Basis -osan kakkoskappaleessa esitetyt GWP -kerrointaulukot löytyvät liitteestä 1. Mitä suurempi GWP-kerroin on kyseessä, sitä pienempi määrä saa aikaiseksi tietyn ilmastovaikutuksen (Nevalainen 2009, 11).

3.3 Menetelmiä

Hiilijalanjäljen laskentaan ei ole olemassa yhtenäistä kansainvälistä standardia. Sellainen tosin on kehitteillä kansainvälisen standardijärjestön ISO:n (International Organization for Standardization) toimesta.

Kehitteillä oleva standardi 14067 tulee koostumaan kahdesta osasta, joita kehitysvaiheessa työstetään rinnakkain. Standardin ensimmäinen osa, määrittäminen, käsittelee hiilijalanjäljen määrittämistä perustuen ISO 14040- ja 14044-standardeihin. Toinen osa, viestintä, harmonisoi hiilijalanjälkitiedon viestintämenetelmiä perustuen

ISO 14025 -standardiin. Standardi valmistuu suunnitellusti maaliskuussa 2011. (Usva ym. 2009, 16.)

ISO 14067 -standardin kehittämiseen ovat myötävaikuttaneet PAS 2050 -spesifikaation kehittämiseen osallistuneet osapuolet. Kuitenkin ehdotus, joka olisi pohjustanut uuden iso standardin PAS 2050:een, hylättiin elokuun 2008 Bogotan ISO TC 207/SC7 -tapaamisessa. (Usva ym. 2009, 16.)

WRI (World Resources Institute) ja WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) ovat luoneet yrityksille The Greenhouse Gas Protocol -standardin kasvihuonekaasujen määrittämiseksi ja raportoimiseksi. The Greenhouse Gas Protocol sisältää kaksi erillistä mutta toisiinsa sidottua standardia nimeltään GHG Protocol Corporate Accounting ja GHG Protocol Project Quantification. Standardit käsittävät Kioton sopimuksessa määritellyt kuusi kasvihuonekaasua: hiilidioksidin, metaanin, typpioksiduulin, fluorihiilivedyt, perfluorihiilivedyt sekä rikkiheksafluoridin. (WBCSD & WRI 2010a, 2–3.)

Tuotteiden ilmastovaikutusten laskennan pohjaksi soveltuu SETAC:n (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 2008) mukaan myös kansainvälisen ISO standardisointijärjestön ympäristövaikutusten yleiseen määrittämiseen, kuten elinkaariarviointiin, kehitetyt standardit (Nissinen & Seppälä 2008, 16). Elinkaariarviointia käsitellään tarkemmin luvussa 3.3.

Brittiläinen standardiorganisaatio on julkaissut vuonna 2008 tuotekohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämiseksi PAS 2050 -ohjeistuksen perustuen brittiläiseen standardimalliin (BSI 2010). PAS 2050 -ohjeistusta käsitellään tarkemmin luvussa 4.

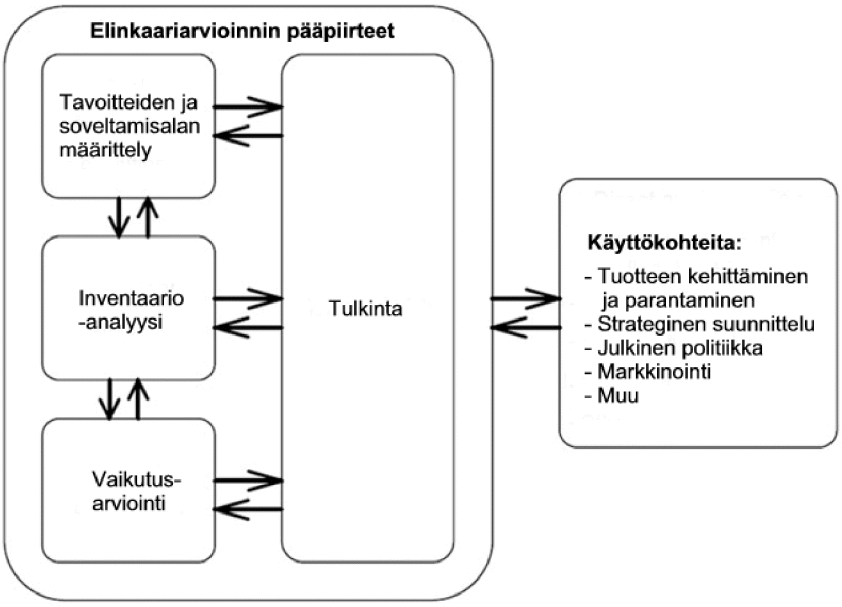
3.4 Elinkaariarviointi

Arvioitaessa tuotteen ilmastovaikutuksia tulisi huomioida kaikki aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt elinkaariajattelun mukaisesti. Menetelmä ottaa huomioon tuotteen vaiheet ”kehdosta hautaan” eli aina luonnonvarojen hyödyntämisestä jäte- ja kierrätysvaiheeseen asti. Elinkaariarvioinnin periaatteita ja vaiheet löytyvät ISO 14040 -standardisarjasta, joita seuraavassa kappaleessa käsitellään tarkemmin. (Nissinen & Seppälä 2008, 14.)

PAS 2050:ssa tuotteen elinkaaren tarkasteluun annetaan kaksi vaihtoehtoa, joko tarkastelu suoritetaan business to consumer (B2C) -elinkaarella tai business to business (B2B) -elinkaarella. Business to consumer (B2C) -elinkaaressa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari raaka-aineista lopulliseen hävitykseen ja kierrätykseen. Yksinkertaistetusti tämän elinkaaren vaiheet kuvataan seuraavasti: raaka-aineet – tuotanto – jakelu/jälleenmyynti – kuluttajan käyttövaihe – hävitys/kierrätys. (Guide to PAS 2050 2008, 11.)

Business to business (B2B) -elinkaarta on kuvattu ISO 14040 -standardissa nimellä ”cradle to gate”. Tässä tarkasteltava elinkaari päättyy siihen, kun tuote toimitetaan toiseen organisaatioon jatkojalostusta varten. Tuotteen elinkaaritarkastelu kattaa tällöin vaiheet raaka-aineesta jatkojalostuksesta vastaavan organisaation porteille. Tarkastelun ulkopuolelle rajautuu elinkaarenvaiheista jatkotuotanto, lopullisen tuotteen jakelu, jälleenmyynti kuluttajalle, käyttövaihe sekä lopullinen hävitys. (Guide to PAS 2050 2008, 10–11.)

ISO 14040 -standardin mukaisesti elinkaariarviointi koostuu neljästä vaiheesta: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi sekä tulosten tulkinta (ISO/DIS 14040 2005, 7.). Elinkaariarvioinnin vaiheet on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Elinkaariarvioinnin vaiheet (ISO/DIS 14040 2005, 8)

Tavoitteissa määritetään elinkaariarvioinnin aiottu käyttötarkoitus, syyt tutkimuksen toteuttamiselle, kohderyhmä sekä tulosten käyttö julkisissa vertailuväitteissä. Soveltamisalan tulisi vastata elinkaariarvioinnille määriteltyjä tavoitteita. (ISO/DIS 14040 2005, 11.)

Inventaarioanalyysivaihe käsittää tiedon keruun ja laskentatoimenpiteet relevanttien syötteiden ja tuotteiden määrittämiseksi. Tiedon keruun aikana prosessia opitaan tuntemaan yhä paremmin mikä voi johtaa tavoitteiden uudelleenasettelemiseen. Tämän vuoksi tiedonkeruuprosessi on luonteeltaan iteratiivista. (ISO/DIS 14040 2005, 13.) Iteratiivisuudella tarkoitetaan että koko elinkaariarvioinnin ajan eri vaiheiden keskinäistä tasapainoa voidaan tarkistaa aina palaamalla edellisiin vaiheisiin. Täten arvioinnin kulkua ja päämääriä voidaan päivittää arviointiprosessin kuluessa. (Eriksson 2002, 46.)

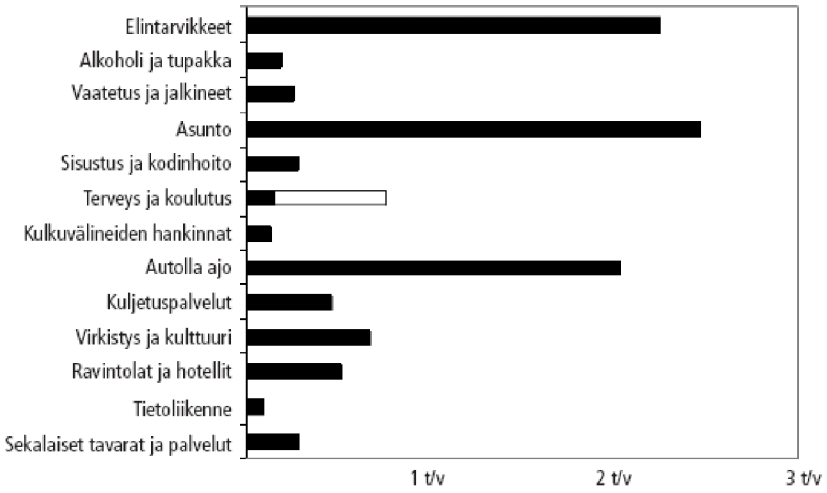
Vaikutusarviointivaiheessa arvioidaan inventaarioanalyysin tulosten pohjalta mahdollisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä. Käytännössä tässä vaiheessa inventaariotiedot jaetaan tiettyihin ympäristövaikutusluokkiin ja luokkaindikaattoreihin.

Vaihe voi sisältää myös iteratiivisen prosessin, jolloin tavoitteita ja soveltamisalaa tarkastellaan ja tarvittaessa muutetaan. (ISO/DIS 14040 2005, 17.)

Inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tulokset yhdistetään tulosten tulkintavaiheessa. Vaiheessa tuotettujen tulosten tulisi vastata määriteltyjä tavoitteita ja soveltamisalaa. Vaiheen tarkoituksena on tuottaa tuloksista helposti ymmärrettävä, täydellinen ja johdonmukainen esitys. Iteratiivista prosessia voidaan hyödyntää tässä vaiheessa selvityksen soveltamisalan päivittämiseksi. (ISO/DIS 14040 2005, 16.)

3.5 Hiilijalanjälkimerkinnät

Tarkasteltaessa ilmastovaikutuksista kertovaa merkkiä on sen taustaksi hyvä selvittää suomalaisen aiheuttamien ilmastovaikutuksen lähteitä. Kuviossa 4 on esitetty yleiskuvaa suomalaisen ilmastovaikutuksista vuodelta 1999. Kuvassa on käytetty yksikkönä 1000 kg CO_2-ekvivalenttia / henkilö / vuosi. Tuotenäkökulmasta erityisesti elintarvikkeiden vaikutus on huomattava. Kolmen suurimman ilmastovaikutusten aiheuttajan joukkoon elintarvikkeiden ohella nousevat asuminen ja autoilu. Autoilua ja asumista koskevia pakollisia ilmastovaikutuksista kertovia merkintöjä on jo olemassa, kuten asuntojen energiatodistukset sekä autojen hiilidioksidipäästön ja polttoaineenkulutuksen merkinnät. (Nissinen & Seppälä 2008, 11–12.) Seuraavissa kahdessa kappaleessa on esitelty kahta erilaista hiilijalanjälkimerkintää.

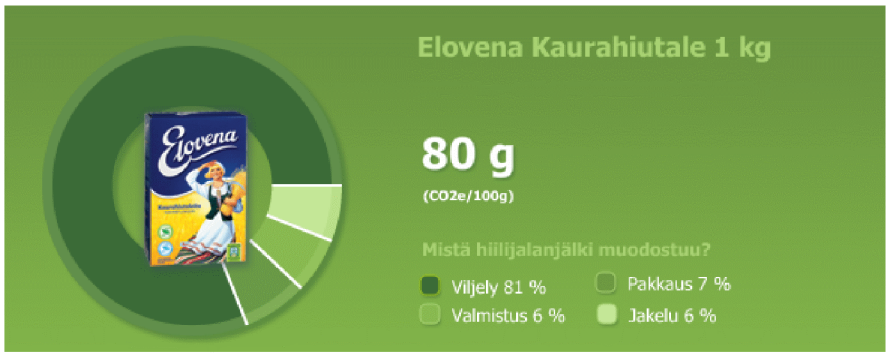


KUVIO 4. Yleiskuva suomalaisen ilmastovaikutuksista vuodelta 1999 (Nissinen & Seppälä 2008, 11)

3.5.1 Raision Elovena

Raisio on ensimmäisenä suomalaisena yrityksenä merkinnyt tuotteen (Elovena-kaurahiutaleet) hiilijalanjälkimerkinnällä huhtikuussa 2008 ja toiminut näin myös eurooppalaisena edelläkävijänä tuotteiden hiilijalanjäljen viestimisen suhteen (Raisio Oyj 2010).

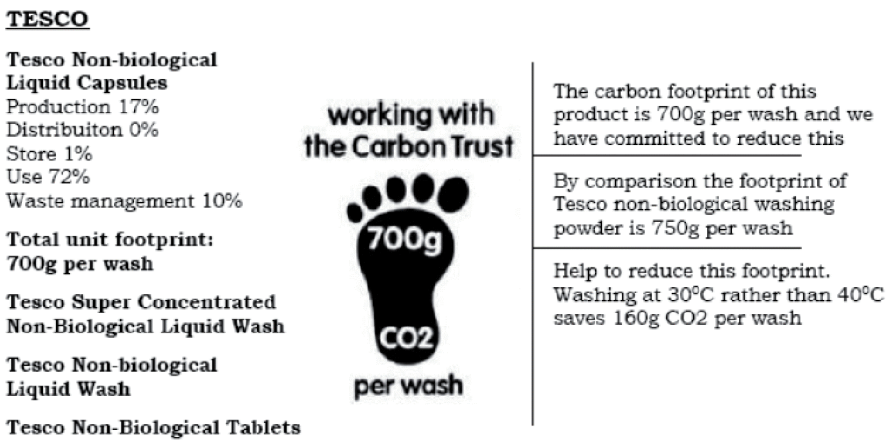
Raision Elovena-kaurahiutaleiden hiilijalanjälkimerkintä perustuu elinkaariarviointiin sekä hallitustenvälisen ilmastopaneelin (IPCC) periaatteisiin. Arvioinnissa on otettu huomioon tuotteen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidin (CO2), metaanin (CH4) ja typpioksiduulin (N2O) osalta. Arvioinnissa tarkasteltiin tuotteen elinkaarta pellolta varastoon. Raision Elovena-kaurahiutaleiden hiilijalanjälkimerkintä on esitetty kuviossa 5. (Povelainen & Finér 2009.) Raision aiemmassa hiilijalanjälkimerkinnässä kaurahiutaleiden hiilijalanjäljeksi ilmoitettiin 37 g_{CO2}/100g (Raisio 2008, Nevalaisen 2009, 21 mukaan). Tällöin arvioinnissa oli huomioitu ainoastaan hiilidioksidipäästöt.



KUVIO 5. Elovena-kaurahiutaleiden hiilijalanjälki (Raisio Oyj 2010)

3.5.2 Tesco

Iso-Britannian suuri kauppaketjuyritys Tesco aloitti 2007 mittavan kehitystyön hiilijalanjäljen mittaamiseksi kaikille sen myymille 70 000 tuotteelle. Vuonna 2008 Tesco merkitsi 20 tuotetta pyykinpesuaineet, appelsiinimehut, energian-säästölamput ja perunat -tuoteryhmistä Carbon Trustin hiilijalan-jälkimerkinnällä. Merkinnän määritysmenetelmä perustuu PAS 2050 -spesifikaatioon, ja se kattaa tuotteen koko elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt. Alla olevassa kuviossa 6 on esitetty Tescon pyykinpesuaineen hiilijalanjälkimerkintä. (Nissinen & Seppälä 2008, 17–18.)



KUVIO 6. Carbon Trustin hiilijalanmerkki Tescon pyykinpesuaineelle (Nissinen & Seppänen 2008, 18)

4 PAS 2050 -MENETELMÄN SOVELLUS

PAS 2050 (Publicly Available Specification) on brittiläisen standardisointiorganisaation BSI:n (British Standards Institution) lokakuussa 2008 julkaisema ohjeistus tuotekohtaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämiseksi. Ohjeistus luotiin Iso-Britannian ympäristöministeriön Defran (Department for Environment, Food and Rural Affairs) ja Defran alaisen yrityksen Carbon Trustin aloitteesta. PAS 2050 -ohjeistuksen kehitysprosessi ja muoto perustuvat brittiläiseen standardimalliin, vaikka PAS 2050 ei varsinaisesti ole standardi vaan spesifikaatio. (BSI 2010.) Ohje käyttää ”tuote” sanaa kuvaamaan sekä fyysisiä tuotteita että palveluita (Guide to PAS 2050 2008, 1).

Tässä luvussa käsitellään Guide to PAS 2050:n ohjeistusta tuotteen hiilijalanjälkitarkastelun ja hiilijalanjälkilaskennan laatimisesta. Menetelmän eri vaiheita on käsitelty vaihekohtaisesti valitsemani esimerkkituotteen näkökulmasta. Luvun loppuosassa käsitellään Guide to PAS 2050 -ohjeistuksessa esitettyyn esimerkkiin ja valittuun esimerkkituotteeseen perustuvaa tuottamaani laskentamallia luvusta 4.4 lähtien.

4.1 Päämäärien ja tarkasteltavan tuotteen määrittely

PAS 2050 -ohjeistusta voidaan käyttää eri täsmällisyystasoilla riippuen siitä kuinka hiilijalanjälkeä tullaan käyttämään. Yleensä hiilijalanjäljen laskemisen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen, mutta laskentaa suorittava organisaatio voi keskittyä myös muihin tavoitteisiin. Laskentaa voidaan käyttää myös esimerkiksi eniten päästöjä aiheuttavan elinkaarenvaiheen tunnistamiseksi. Tällaisella lähestymistavalla saadut tiedot eivät sovellu ulkoiseen varmennukseen tai väittämiin vaan soveltuvat ainoastaan laskennan suorittaneen organisaation omiin tarpeisiin. (Guide to PAS 2050 2008, 5.)

Laskettavan tuotteen valintaa edesauttaa projektin tavoitteisiin pohjautuvien kaiken kattavien kriteerien luominen, jonka jälkeen tunnistetaan tuote, joka parhaiten vas-

taa luotuja kriteerejä. Valittaessa tuotetta hiilijalanjälkitarkasteluun tulee huomioida seuraavat keskeiset kysymykset: Minkä tuotteen osalta on suurimmat mahdollisuudet päästöjen vähentämiseen? Mitkä vertailut ovat merkityksellisimpiä organisaation kasvihuonekaasujen vähennysstrategiassa? Mitkä tuotteet ovat tärkeitä erottumisen ja kilpailun kannalta? Millaiset tavaramerkit / tuotteet ovat eniten asetettavissa päästövähennys- ja markkinointimahdollisuuksille? Kuinka halukkaita ja/tai kykeneviä hankkijat ovat osallistumaan? Millainen vaikutus hiilijalanjälkiarvioinnilla voi olla pääosakkaisiin? Kuinka paljon aikaa ja resursseja voidaan keskittää hiilijalanjälkianalyysiin? (Guide to PAS 2050 2008, 6–7.)

Tuotteen valinnan jälkeen seuraavaksi tulee määritellä toiminnallinen yksikkö. Toiminnallinen yksikkö kuvaa määrää jolla loppukäyttäjä käyttää tuotetta, esimerkiksi 250 millilitraa virvoitusjuomaa tai yhden yön hotellivierailu. Toiminnallisen yksikön tulisi olla helposti ymmärrettävissä ja käytettävissä, sillä se mahdollistaa vertailun perusteet ja kommunikoinnin. Toiminnallisen yksikön määrittäminen on todella tärkeä osa hiilijalanjälkilaskentaa. (PAS 2050 2008, 7.) Tuotteen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt esitetään hiilidioksidiekvivalenttimääränä kohti toiminnallista yksikköä (PAS 2050 2008, 11).

Kauraleivän valinta esimerkkituotteeksi pohjautui samantyyliseen elinkaareen ja samoihin tuotantoprosesseihin elinkaaren aikana kuin mitä Guide to PAS 2050 croissant -esimerkissä. Näiden osalta tulee huomioida että kummassakin esitetyt elinkaarenvaiheet ovat kuvitteellisia.

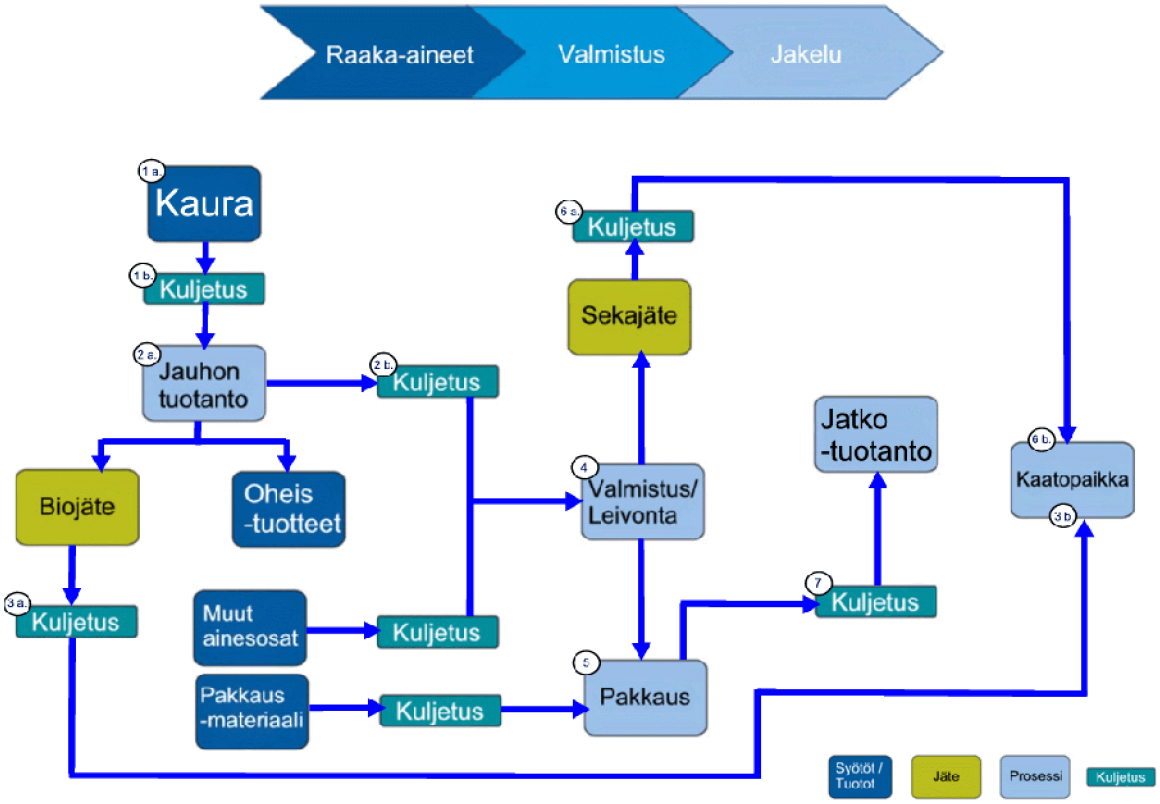
4.2 Hiilijalanjäljen määrittämisen vaiheet

Määrittämisen vaiheita on havainnollistettu esimerkkituotetta hyödyntäen. Esimerkkituotetta on tarkasteltu business-to-business (B2B) -elinkaaren mukaisesti ja esimerkkituotteena käytin kauraleipää.

4.2.1 Virtauskaavion rakentaminen

Virtauskaavion rakentamisen päämääränä on tunnistaa tuotteen elinkaareen myötävaikuttavat materiaalit, toiminnot ja prosessit. Virtauskaavion hahmottaminen kannattaa aloittaa valitun toiminnallisen yksikön jakamisella rakenneosiin massoittain, esimerkiksi raaka-aineisiin ja pakkaukseen. Keskittyminen kannattaa ensin kohdistaa kaikista merkittävimpiin syötteisiin ja tunnistaa näiden valmistusprosessit, säilytysolosuhteet sekä kuljetustarpeet. Virtauskaaviota päivitetään kunnes kaikki syötteet on jäljitetty takaisin alkuperäisiin lähteisiinsä. (Guide to PAS 2050 2008, 10, 12.)

Seuraavassa kuviossa 7 on esitetty valitulle esimerkkituotteelle tuottamani virtauskaavio tarkasteltavan elinkaaren osalta.



KUVIO 7. Kauraleivän virtauskaavio business to business(B2B) -elinkaarella

Esimerkkituotteelle luomani virtauskaavion pohjana toimi Guide to PAS 2050 -ohjeistuksessa esitetty virtauskaaviomalli. Esittämäni virtauskaavio perustuu kuvitteelliseen elinkaareen ja on täten yksinkertaistettu. Virtauskaaviossa ei ole esimerkiksi esitetty muihin ainesosiin ja pakkausmateriaaleihin liittyviä kuljetuksia ja prosesseja. Näitä en myöskään huomioinut laskennassa. Laskentaan en sisällyttänyt myöskään virtauskaaviossa esitettyä jatkotuotantoa, sillä tarkastelemani elinkaari päättyy jatkotuotannosta vastaavan organisaation porteille.

4.2.2 Rajaus ja priorisointi

Tuotteen hiilijalanjäljen laajuuden määrittää tarkasteltavan järjestelmän rajaus. Rajauksella määritellään mitkä elinkaarenvaiheet, syötteet ja tuotokset huomioidaan tarkastelussa. Jos tarkasteluun valitulle tuotteelle on olemassa tuoteryhmäkohtaiset ohjeet (PCR, Product Category Rules) tulee rajausten olla yhdenmukaisia tämän ohjeistuksen kanssa. Mikäli tuotteelle ei ole tuoteryhmäkohtaista ohjeistusta, tulee tuotteen rajat määrittää selvästi. (Guide to PAS 2050 2008, 12–13.)

Rajauksen pääperiaate on sisällyttää kaikki tuotteen tuotannossa suoraan tai epäsuorasti syntyneet ”aineelliset” päästöt. Aineellinen panos mistä tahansa lähteestä lasketaan panokseksi, jos sen kasvihuonekaasupäästöt kattavat enemmän kuin 1 % tuotteen koko elinkaaren odotetuista kokonaispäästöistä. PAS 2050 -spesifikaatiossa on täsmennetty rajauksia ja seuraavassa on esitetty mitä täsmennysten mukaisesti pitäisi sisällyttää arviointiin. (Guide to PAS 2050 2008, 14.) Raaka-aineiden osalta tulee huomioida kaikki kasvihuonekaasupäästöjä tuottavat prosessit liittyen raaka-aineen prosessointiin (PAS 2050 2008, 13).

Energian osalta arviointiin tulee huomioida tuotteen elinkaaren ja koko hankkijaketjun aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Energian päästöihin tulee lukea käyttövaiheesta, kuten kaasun ja hiilen polttamisesta, syntyvät päästöt, lämmön ja sähkön tuotantovaiheiden päästöt sekä päästöt polttoaineiden kuljetuksista. (PAS 2050 2008, 13.) Energian päästökertoimen tulisi kattaa kaikki päästöt elinkaaren eri vaiheista. Energian tuotantotavasta riippuen energialähteitä käsitellään eri ta-

voin. Ensisijaista toimintotietoa käytetään laskettaessa organisaation sisällä tuotetun energian päästökerrointa, kun taas ostosähkölle käytetään toimittajan ilmoittamaa päästökerrointa. Uusiutuvan energian suhteen päästökerrointa määriteltäessä on varmistuttava, ettei kerrointa ole sisällytetty ostosähkön kertoimeen. (Guide to PAS 2050 2008, 31.)

Tarkastelussa on huomioitava tuotteen valmistusprosesseissa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Päästöihin on myös huomioitava eri toimipaikoissa (esimerkiksi tehtaissa ja toimistoissa) syntyvät päästöt. Tällaisia huomioon otettavia päästöjä aiheuttavat muun muassa lämmitys, valaistus ja ilmanvaihto. (PAS 2050 2008, 13–14.)

Elinkaaren aikaisten eri kuljetusmuodoilla tapahtuvien kuljetusten lisäksi päästöihin tulee huomioida polttoaineiden siirrot verkostoissa sekä tehtaan sisäiset kuljetukset esimerkiksi hihnakuljettimilla (PAS 2050 2008, 14). Arvioinnissa tulee huomioida myös varastoinnista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Varastointiin sisältyvät elinkaaren aikana tarvittavien syötteiden ja raaka-aineiden sekä lopullisen tuotteen varastointi eri elinkaaren vaiheissa sekä varastointiolosuhteiden kuten lämmityksen hallinta. (PAS 2050 2008, 15.)

Tarkasteltaessa loppukäyttäjälle menevää tuotetta business to consumer (B2C) -elinkaarella tulee käyttövaiheen kasvihuonekaasupäästöt huomioida arviointiin. Tämän vaiheen kasvihuonekaasupäästöjä laskettaessa käytetään käyttöenergialle maakohtaista vuosittaista keskiarvokerrointa, jollei voida osoittaa että jokin toinen kerroin olisi edustavampi. (PAS 2050 2008, 15.) Lopullisen tuotteen hävityksestä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt sisällytetään arviointiin, jollei kyseessä ole business-to-business (B2B) -tuote (PAS 2050 2008, 16).

Tarkastelun ulkopuolelle PAS 2050:n mukaan voidaan jättää yksittäisestä lähteestä peräisin olevat epäolennaiset päästöt, jotka ovat vähemmän kuin 1 % kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Epäolennaisten päästöjen suuruusluokka ei kuitenkaan voi nousta 5 % korkeammaksi kokonaispäästöistä. Ulkopuolelle rajataan lisäksi ihmisenergian panos prosesseihin, kuluttajien liikennöinti myyntipisteisiin sekä kulje-

tusvälineinä käytettävät eläimet (kehitysmaissa). (Guide to PAS 2050 2008, 14.) Tarkasteluihin ei myöskään huomioida pääomahyödykkeiden, kuten tuotantolaitosten koneiden ja laitteiden tuotantoa (PAS 2050 2008, 13).

Jätteidenkäsittelyn päästöistä rajataan pois bioperäisestä hiilestä johtuvat hiilidioksidipäästöt. Jos kaatopaikalla on järjestetty metaanin talteen kerääminen energiantuotantotarkoitukseen, tulee jätekäsittelyvaiheen metaanipäästöt rajata pois hiilijalanjäljestä. (Guide to PAS 2050 2008, 33.) Päästöjen allokointi eli päästöjen jakaminen eri prosessien kesken tulee toteuttaa kun tarkasteltavan elinkaaren aikana syntyy päätuotteen lisäksi muita välivalmisteita (Guide to PAS 2050 2008, 32).

Rajasin esimerkkituotteen osalta tarkasteltavaa elinkaarta business-to-business - tarkasteluun. Esimerkkituotteen hiilijalanjälki tarkastelussa raaka-aineiden osalta huomioin ainoastaan pääraaka-aineen kauran, sivuuttaen muun muassa muut ainesosat. Esimerkkituotteen osalta tarkastelussa ei ole huomioitu aiemmin tässä kappaleessa esitettyjä täsmennyksiä.

4.2.3 Tietojen kerääminen

Arvioinnissa käytettävän tiedon on täytettävä PAS 2050:n mukaan tietyt laatumääräykset. Laatumääräyksillä pyritään takaamaan arvioinnin paikkansapitävyys, tarkkuus, toistettavuus ja vertailukelpoisuus. Laadukkaaseen tietoon perustuva hiilijalanjälki edustaa tyypillistä tuotteen elinkaarta tietyllä ajanjaksolla huomioiden välimatkalliset, materiaaliset ja alueelliset poikkeamat. (Guide to PAS 2050 2008, 15–16.)

PAS 2050:n mukaan tiedon tulee vastata seuraavia vaatimuksia. Tiedon tulee olla spesifistä tarkasteluajankohtaan ja tiedonkeräysaikaväliin nähden, peräisin vastaavalta alueelta maantieteellisesti, teknologisesti tarkennettua sekä kaikin puolin mahdollisimman tarkkaa ja täsmällistä. (PAS 2050 2008, 17.) Tiedon laadun suhteen tulisi huomioida seuraavat seikat. Tiedon täydellisyyteen tulee kiinnittää huomiota edustavuuden ja tiedon keräämistavan suhteen. Tiedon tulee olla johdonmu-

kaista ja sitä pitää käyttää yksiselitteisesti arvioinnin aikana. Käytetyt tiedot tulee esittää niin että laskenta olisi toistettavissa. (PAS 2050 2008, 17.)

Esimerkkituotteen kohdalla käytin ainoastaan toissijaista tietoa ensisijaisen tiedon puututtua kuvitteellisesta tuotteesta johtuen. Spesifisten tuotekohtaisten lähtötietojen sijasta käytin eri julkaisuista löytyviä päästöarvoja. Kaikkia päästöarvoja ei löytynyt suoraan julkaisusta vaan osa piti johtaa muuta kautta. Esimerkiksi käytetyn raaka-aineen, kauran, päästöt tuhatta kilogrammaa kohti laskin Raision Elovena-kaurahiutaleiden hiilijalanjälkilaskennan pohjalta. Seuraavassa taulukossa on esitetty käytettävän esimerkkituotteen laskennassa käyttämäni tiedot lähteineen.

TAULUKKO 2. Laskennassa tarvittavat tiedot esimerkkituotteen osalta

TIETO	LUKUARVO	YKSIKKÖ	LÄHDE
Päästöt per tonni kauraa	631,81	kg CO_2-ekv. / 1000 kg	Katajajuuri ym. 2003, 37
Tonni kauraa per tonni leipää	0,5		Kuvitteellinen arvo
Kuljetuksen päästöt	0.596 kg (täysi) 0,488 kg (tyhjä)	kg CO_2-ekv. / km	VTT 2010 (LIPASTO)
Matka (raaka-aine)	100	km	PAS 2050
% tyhjät rekat paluumatkalla	100		PAS 2050
Tonni kauraa per matka	9		VTT 2010 (suuri jakelukuorma-atuo)
Käytetty sähkö per tonni kauraa	100	kWh / 1000 kg	PAS 2050
Sähkön päästöt	0,247	kg CO_2-ekv. / kWh	Vares 2001, 10
Tonni jauhoja per matka	9		VTT 2010 (suuri jakelukuorma-atuo)
Tonni jauhoja per tonni leipää	0,7		PAS 2050
Jätekuljetuksen päästöt	4,957	kg CO_2-ekv. / km	VTT 2010 (LIPASTO)
Matka (välituotannon jäte)	20	km	PAS 2050
Tonni jätettä per matka	10		PAS 2050
Tonni jätettä per tonni kauraa	0,1		PAS 2050
Päästöt per tonni jätettä	47 (biojäte) / 423 (sekajäte)	kg CO_2-ekv. / 1000 kg	Suomen ympäristökeskus 2010
Käytetty kaasu per tuhat leipää	1000	kWh / 1000 kg	PAS 2050
Kaasun päästöt	0,202	kg CO_2-ekv. / kWh	Suomi ym.. 2004
Käytetty sähkö per tonni leipää	200	kWh / 1000 kg	PAS 2050
Pakkausmuovin päästöt	2,5	kg CO_2-ekv. / 1 kg	AEA 2009, 36
Pakkausmuovia per 1000 pakkausta	20	kg	PAS 2050
Tonni leipää per tonni pakkausta	1		PAS 2050
Tonni jätettä per tonni leipää	0,1		PAS 2050
Matka (päätuotannon jäte)	50	km	PAS 2050
Päätuotteen kuljetusmatka	100	km	PAS 2050
Tonni leipää per matka	9		VTT 2010 (suuri jakelukuorma-atuo)

Arviointia varten tarvitaan kahdentyyppistä tietoa: toimintotietoja ja päästökertoimia. Toimintotiedot viittaavat kaikkiin materiaali- ja energiamääriin tuotteen elinkaaressa. Päästökertoimet tarjoavat yhteyden, jolla toimintotiedot voidaan muuttaa kasvihuonekaasupäästöiksi. Tällöin tulokseksi saadaan kasvihuonekaasujen määrä toimintotietoa kohden esimerkiksi kg CO_2-ekv. / kWh. (Guide to PAS 2050 2008, 16.)

Sekä toimintotieto että päästökertoimet voidaan jakaa kahteen kategoriaan tietolähteen perusteella. Ensisijainen tieto viittaa suoraan tarkasteltavalle tuotteelle erityisesti tehtyihin mittauksiin. Toissijainen tieto viittaa mittauksiin, joita ei ole tehty erityisesti tarkasteltavalle tuotteelle vaan joka ennemmin edustaa keskiarvoa samanlaisesta prosessista tai materiaalista. (Guide to PAS 2050 2008, 16.)

PAS 2050 vaatii, että arviointia suorittavan organisaation omistamista, käyttämistä ja kontrolloimista prosesseista ja materiaaleista käytetään ensisijaista tietoa. Jälleenmyyjiltä ja muilta organisaatioilta, jotka eivät vaikuta merkittävästi tuotteen päästöihin, ensisijaista tietoa vaaditaan ensimmäisen ylävirran hankkijan kontrolloimista prosesseista ja materiaaleista. Alavirran kasvihuonekaasupäästölähteistä (kuten kuluttajien käytöstä) ei vaadita ensisijaista tietoa. (Guide to PAS 2050 2008, 17.)

Toissijaista tietoa hyödynnetään, kun ensisijaista tietoa ei ole saatavilla tai sen laatu on kyseenalaista. Joissakin tapauksissa toissijainen tieto voi olla suositeltavampaa paremman yhtenäisyyden ja vertailukelpoisuuden takaamiseksi, esimerkiksi GWP-kertoimien kohdalla. (Guide to PAS 2050 2008, 18.)

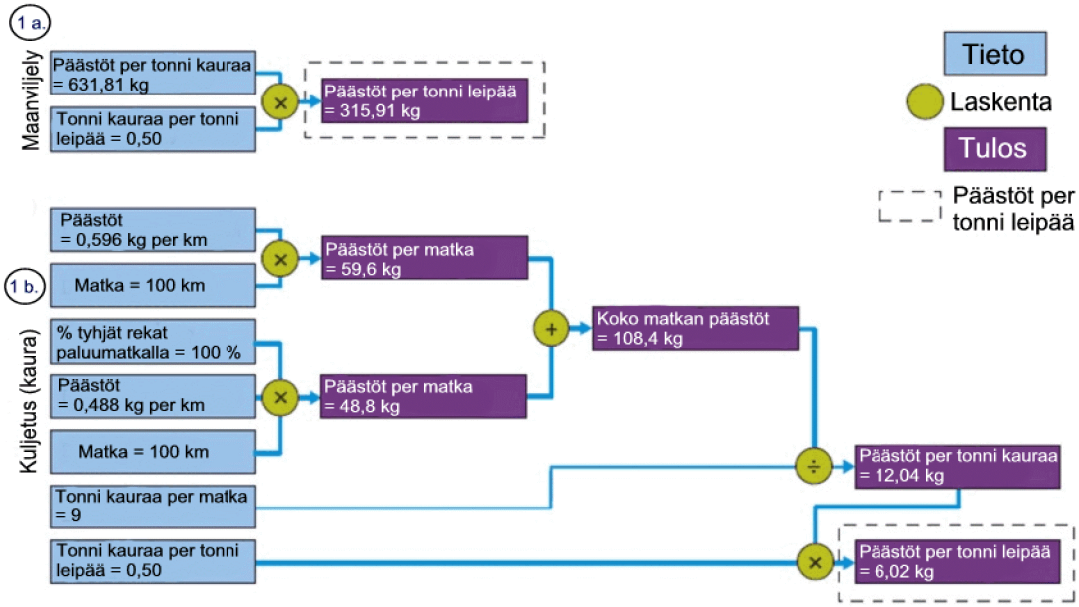
4.2.4 Hiilijalanjäljen laskenta

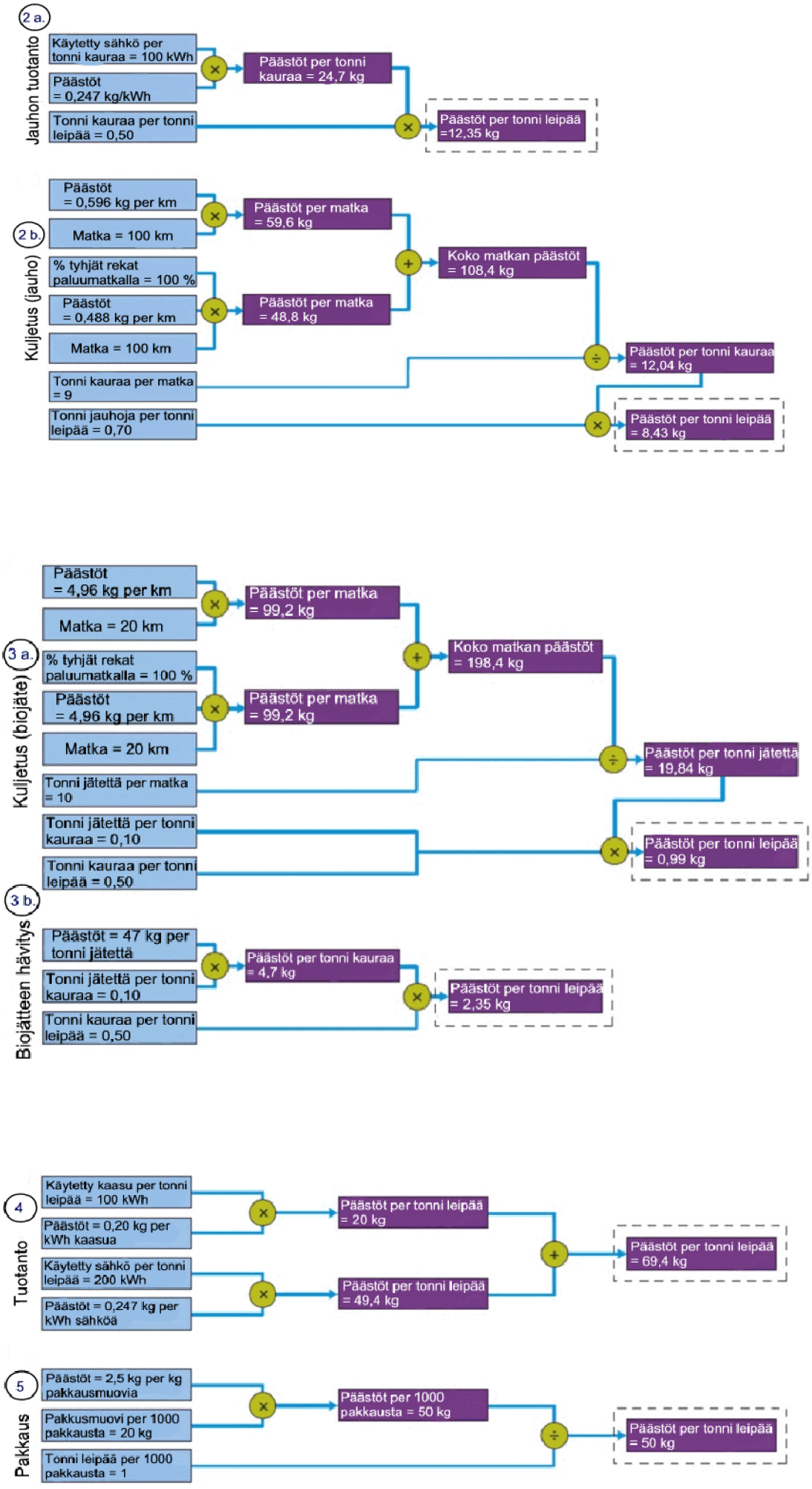
PAS 2050:n mukaisesti hiilijalanjäljen laskennassa jokaiselle vaiheelle/toiminnolle lasketaan yksityiskohtaisesti kasvihuonekaasupäästömäärät toiminnallista yksikköä kohden. Kasvihuonekaasupäästömäärät muutetaan sitten hiilidioksidiekvivalenteiksi (CO_2-ekv.) kertomalla eri kasvihuonekaasut niitä vastaavilla GWP-kertoimilla

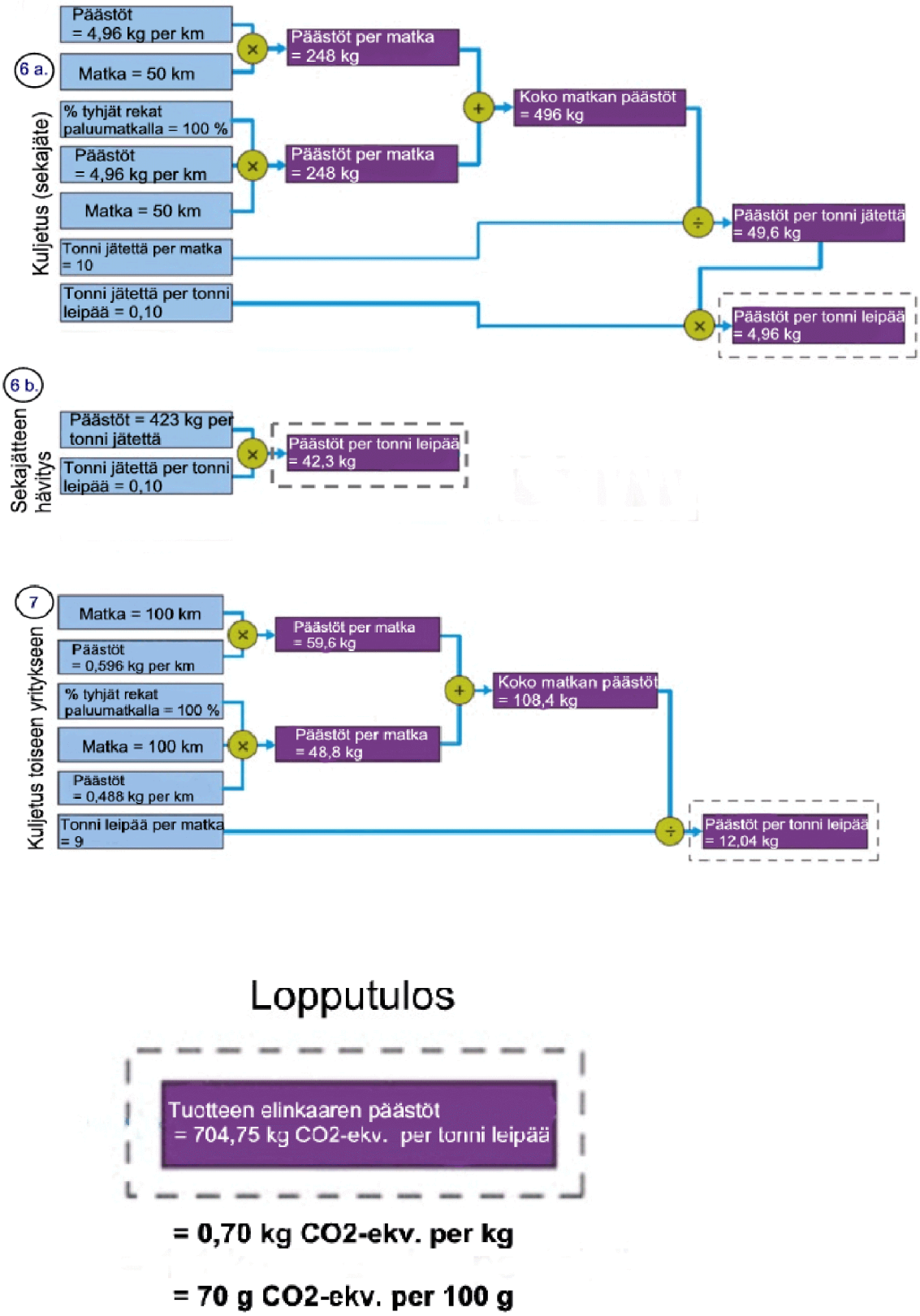
(Global Warming Potential). Kaikkien vaiheiden päästö- ja muuntolaskelmien jälkeen tuloksesta vähennetään elinkaaren aikana varastoitunut hiili. Näin tuotteelle on laskettu hiilijalanjälki toiminnallista yksikköä kohden. (Guide to PAS 2050 2008, 20, 27.)

Kaikkien materiaalien ja virtojen huomioimisen varmistamiseksi hiilijalanjälkilaskennassa voi hyödyntää massataseen laskemista. Massataseen lähtökohtana on että prosessiin menevän massan tulisi vastata prosessista tulevaa massaa. Massatase on yleisesti tehokas tapa tunnistaa piilossa olevia virtoja, mutta joissakin tapauksissa kuten maanviljelyn osalta massatase ei välttämättä ole relevantti tai käytännöllinen monimutkaisten luonnonjärjestelmien vuoksi. (Guide to PAS 2050 2008, 20.)

Tuottamassani kuviossa 8 on esitetty esimerkkituotteen hiilijalanjälkilaskennan vaiheet, jotka perustuvat tuottamaani laskentamalliin ja käyttämääni kauraleipä esimerkkiin.. Vaiheet on numeroitu vastaamaan virtauskaavion numerointia. Kaikki päästöt on esitetty kg CO_2-ekvivalentteina.




2 a.
Jauhon tuotanto
Käytetty sähkö per tonni kauraa = 100 kWh
Päästöt = 0,247 kg/kWh
Tonni kauraa per tonni leipää = 0,50
Päästöt per tonni kauraa = 24,7 kg
Päästöt per tonni leipää =12,35 kg
2 b.
Kuljetus (jauho)
Päästöt = 0,596 kg per km
Matka = 100 km
Päästöt per matka = 59,6 kg
% tyhjät rekat paluumatkalla = 100 %
Päästöt = 0,488 kg per km
Matka = 100 km
Päästöt per matka = 48,8 kg
Koko matkan päästöt = 108,4 kg
Tonni kauraa per matka = 9
Päästöt per tonni kauraa = 12,04 kg
Tonni jauhoja per tonni leipää = 0,70
Päästöt per tonni leipää = 8,43 kg
3 a.
Kuljetus (biojäte)
Päästöt = 4,96 kg per km
Matka = 20 km
Päästöt per matka = 99,2 kg
% tyhjät rekat paluumatkalla = 100 %
Päästöt = 4,96 kg per km
Matka = 20 km
Päästöt per matka = 99,2 kg
Koko matkan päästöt = 198,4 kg
Tonni jätettä per matka = 10
Päästöt per tonni jätettä = 19,84 kg
Tonni jätettä per tonni kauraa = 0,10
Tonni kauraa per tonni leipää = 0,50
Päästöt per tonni leipää = 0,99 kg
3 b.
Biojätteen hävitys
Päästöt = 47 kg per tonni jätettä
Tonni jätettä per tonni kauraa = 0,10
Tonni kauraa per tonni leipää = 0,50
Päästöt per tonni kauraa = 4,7 kg
Päästöt per tonni leipää = 2,35 kg
4
Tuotanto
Käytetty kaasu per tonni leipää = 100 kWh
Päästöt = 0,20 kg per kWh kaasua
Päästöt per tonni leipää = 20 kg
Käytetty sähkö per tonni leipää = 200 kWh
Päästöt = 0,247 kg per kWh sähköä
Päästöt per tonni leipää = 49,4 kg
Päästöt per tonni leipää = 69,4 kg
5
Pakkaus
Päästöt = 2,5 kg per kg pakkausmuovia
Pakkusmuovi per 1000 pakkausta = 20 kg
Tonni leipää per 1000 pakkausta = 1
Päästöt per 1000 pakkausta = 50 kg
Päästöt per tonni leipää = 50 kg



KUVIO 8. Esimerkkituotteen hiilijalanjälkilaskennan vaiheet

PAS 2050 -spesifikaatiossa on esitetty kasvihuonekaasupäästölähteitä, joiden ainutlaatuiset vaikutukset vaikuttavat niiden arviointiin. Seuraavassa on käsitelty osaa näistä päästölähteistä. Päästöjä, jotka vapautuvat pitkällä aikavälillä, ei voida laskea yhtenä kerralla vapautuvana päästökuormana 100 vuoden arviointijakson mukaisesti. Näille päästöille lasketaan painotettu keskiarvo ilmakehässä viipymisajalle arviointiaikana. (Guide to PAS 2050 2008, 27.)

PAS 2050:n mukaan jotkin bioperäisestä hiilestä muodostuvat tuotteet varastoivat hiiltä ja tämän vuoksi aiheuttavat niin sanottuja ”negatiivisia päästöjä”. Tuote voi aiheuttaa varastointihyötyä, jos tuote ei ole ruokaa ihmisille tai eläimille, sisältää yli 50 % sisältämästään hiilestä vuoden jälkeen valmistuksesta, tai sisältää bioperäistä hiiltä joka on erityisesti luotu tai kierrätetty tuotteen syötteeksi, ja näin hiilivarastohyöty on lisä siihen nähden, ettei tuotetta olisi valmistettu. Kierrätyksen jälkeen tuotteen hiilivarastohyöty päättyy, mutta uusi tuote, joka käyttää kierrätettyjä materiaaleja, saa hiilivarastohyödyn. (Guide to PAS 2050 2008, 27–28.)

Jos tuotteen hankkijaketju suoraan aiheuttaa 1.1.1990 jälkeen viljelemättömän maan muuntamisen maanviljelykäyttöön, tulee maankäytön muutoksesta aihetuvat kasvihuonekaasupäästöt sisällyttää hiilijalanjälkilaskentaan. Laskennassa tulee huomioida että kasvihuonekaasupäästöt maankäytön muutoksista tulee laskea erillään maanviljelyn päästöistä. (Guide to PAS 2050 2008, 28–29.)

Monipuoliset syyt aiheuttavat toistuvasti muutoksia hankkijaketjuissa, jotka voivat vaikuttaa tuotteen hiilijalanjälkeen. Kasvihuonekaasupäästöt tulee arvioida uudelleen, jos muutos aiheuttaa enemmän kuin 10 % kasvun hiilijalanjälkeen yli kolmeksi kuukaudeksi tai jos suunniteltu muutos aiheuttaa yli kolmeksi kuukaudeksi yli 5 % kasvun hiilijalanjälkeen. (Guide to PAS 2050 2008, 29.)

Esimerkkituotteen osalta arvioinnissa en huomioinut tässä luvussa mainittuja ainutlaatuisia vaikutuksia sisältäviä kasvihuonekaasupäästölähteitä. Arvioinnista rajasin ulkopuolelle myös varastoituneen hiilen vaikutukset.

4.2.5 Epävarmuuksien tarkastelu

PAS 2050 ei vaadi epävarmuuksien tarkastelua yhdeksi laskentavaiheeksi mutta ohjeistaa tarkastelun suorittamiseen sen hyödyllisyyden vuoksi. Tarkastelun tavoitteena on minimoida tuloksen epävarmuustekijät ja edistää tulosten vertailua ja luotettavuutta. Tarkastelun avulla voidaan tunnistaa vaiheita tiedonkeruussa, joihin tulee keskittyä ja edistää jalanjälkilaskennan ymmärrettävyyttä. (Guide to PAS 2050 2008, 34.) Epävarmuuksien tarkasteluun PAS 2050 -ohjeistuksessa suositellaan kolmivaiheista Monte Carlo -analyysiä. (Guide to PAS 2050 2008, 56.)

Esimerkkituotteen osalta en suorittanut epävarmuuksien tarkastelua, sillä se ei olisi tarkoituksenmukaista kuvitteelliselle tuotteelle, jonka lähtötiedot perustuvat täysin toissijaisiin tietoihin.

4.3 Tulosten todentaminen

Tulosten todentamisen taso riippuu laskentaa suorittaneen organisaation asettamista laskennan tavoitteista. Osa organisaatioista voi pyrkiä heti kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen ja osa voi käyttää tuloksia luodakseen varmuutta sisäiseen päätöksentekoon. (Guide to PAS 2050 2008, 37.)

PAS 2050 määrittelee kolme todentamisen tasoa riippuen hiilijalanjäljen käyttötarkoituksesta. Tulokset voidaan varmentaa kansainvälisesti tunnetun akkreditoidun toimijan kautta. Laskentamenetelmän, tulokset sekä niiden yhteensopivuuden hyväksyttyjen standardien kanssa voi myös varmentaa ei-akkreditoitu toimija. Varmennus ei-akkreditoidun toimijan kautta ei kuitenkaan tarjoa samantasoista luotettavuutta kuin akkreditoidun toimijan käyttäminen. Organisaatio voi tehdä varmennuksen myös itsenäisesti noudattamalla ISO 14021 -standardin menettelytapaa. (Guide to PAS 2050 2008, 37.)

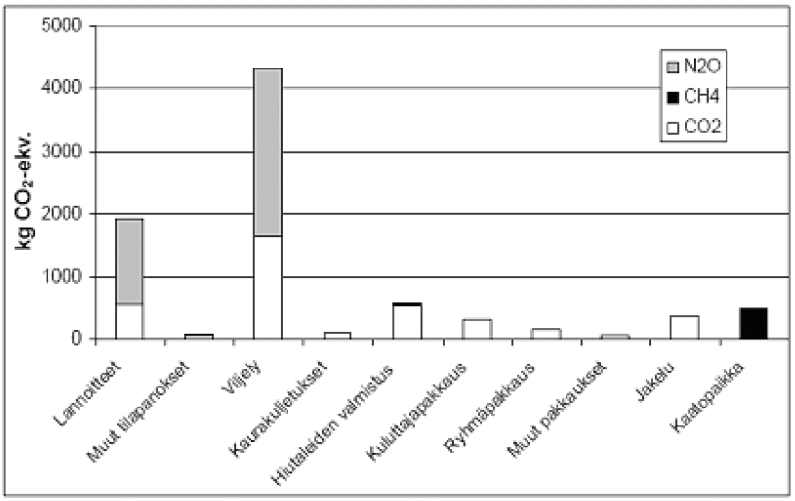
Esimerkkituotteen kohdalla en tulosten todentamista suorittanut, koska kyseessä on kuvitteellinen tuote, jonka tavoitteena on ainoastaan havainnollistaa PAS 2050 - hiilijalanjäljen laskentamenetelmää ja tuottamaani laskentamallia.

4.4 Laskentamallin taustaa

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa hiilijalanjäljen määrittämiseksi yksinkertainen Excel-laskentamalli. Työstämisen edetessä huomioitujen haasteiden ja asiantuntijoiden (Katajajuuri, J.-M. & Soukka, R.) mielipiteiden tuloksena yleispätevän mallin luominen osoittautui mahdottomuudeksi niillä resursseilla ja ajalla, joita opinnäytetyön työstämiseen oli varattu.

Guide to PAS 2050:ssa esitetyn laskentaesimerkin pohjalta kuitenkin toteutin Exceliin business to business (B2B) -elinkaaren mukaisen yksinkertaistetun laskentamallin. Tuottamaani laskentamalliin tulee suhtautua kriittisesti muun muassa rajatun elinkaaren vuoksi, sillä ulkopuolelle rajatut elinkaarenvaiheet voivat vaikuttaa huomattavasti hiilijalanjälkeen. Laskentamallilla ei voida laskea tuotteelle pätevää hiilijalanjälkeä vaan ainoastaan suuntaa antava hiilijalanjälki. Eri tuoteryhmien soveltuvuutta laskentamalliin ei ole testattu. Aikaisemmissa luvun neljä kohdissa käsiteltiin vaiheittain tuottamani laskentamallin työstämisprosessia.

Testasin tuottamaani laskentamallia kuvitteellisen esimerkkituotteen, kauraleivän, avulla. Kauraleivän lähtötiedot ovat perustuneet lähteistä löydettyihin keskiarvoihin ja erilaisiin tuloksiin pohjautuviin päästökertoimiin. Esimerkiksi raaka-aineen hiilidioksidiekvivalenttipäästöt laskin Raision Elovena-kaurahiutaleiden hiilijalanjälkiarvioinnista saatujen tulosten pohjalta. Kuviossa 9 on esitetty Elovena-kaurahiutaleiden päästöt jaoteltuna eri lähteisiin.



KUVIO 9. Elovena-kaurahiutaleiden päästövaikutukset kohti 10 000 kiloa (Katajajuuri, Voutilainen, Tuhkanen & Honkasalo 2003, 37)

4.5 Laskentamallin sisältö ja käyttö

Päädyin jakamaan laskentamallin pohdinnan jälkeen viiteen osaan Excel-laskentataulukossa. Jaotteluun päädyin sen selkeyden ja sopivien mittasuhteiden vuoksi. Ensimmäinen osa käsittelee laskentamallin ohjeistusta ja sisältää yleistä tietoa laskentamallista.

Viisiosaiseen laskentamalliin sisällytin kolme virallista laskentaosiota. Näistä kolmesta laskentaosiosta ensimmäinen osa käsittelee business to business (B2B) -elinkaaren aikaisia tuotantoprosesseja. Toinen osa käsittelee jätehuollon päästöjä huomioiden sekä jätteen kuljetuksen että käsittelyn päästöt. Kolmas osa käsittelee muiden kuljetusten, kuten raaka-aineen kuljetuksen, päästöjä. Kaikissa kolmessa osiossa jaottelin eri vaiheet elinkaaren mukaiseen järjestykseen. Jokaisessa virallisessa laskentaosiossa on esitetty kokonaiskasvihuonekaasupäästöt koko osa-alueen osalta sekä erikseen eri vaiheiden osalta.

Viimeisessä osassa on esitetty koko laskentamallin tulokset. Taulukossa on esitetty eri osa-alueiden, tuotantoprosessien, jätehuollon ja kuljetusten päästöt sektoreittain sekä lukuarvoina että kuvallisesti taulukkomuodossa. Tuotantoprosessien sisäisiä

päästöeroja on esitetty toisessa pylvästaulukossa. Koko elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt on esitetty kolmessa muodossa kg CO2-ekv./1000 kg, kg CO2-ekv./1kg sekä g CO2-ekv./100g. Koko business to business (B2B) -elinkaaren aikaisten kokonaispäästöjen selvittämiseksi tulee laskentamalliin täyttää kaikki kysytyt lukuarvot. Kuvat laskentamallin eri osista on esitetty liitteessä 2.

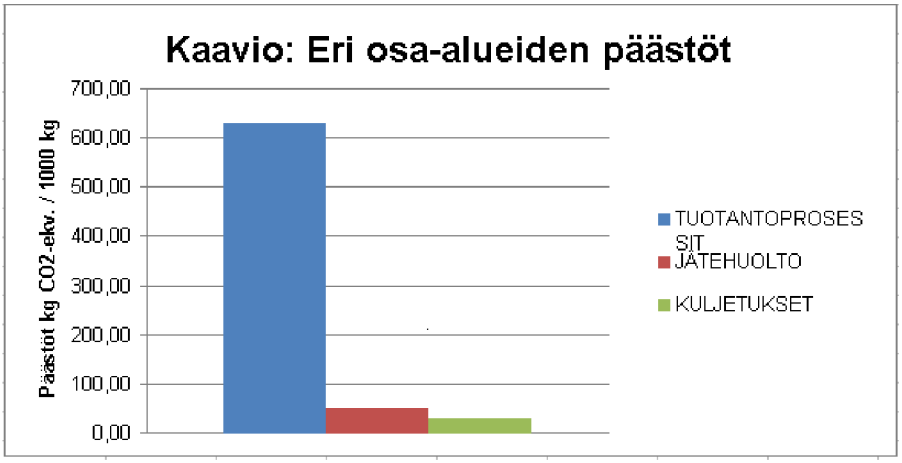
Laskentamallia käytettäessä tulee erityisesti huomioida että syötettävä tieto on kysytyssä muodossa, sillä muuten tulokset eivät ole päteviä. Kysytyt tiedot syötetään aina lukuarvosarakkeeseen. Tätä syötettyä tietoa voidaan tarkentaa lisätietosarakkeessa. Esimerkiksi raaka-aineen tuotanto -kohdassa lisätietoihin voidaan merkitä käytettävän raaka-aineen nimi. Laskentamallin käytön helpottamiseksi ohjeistin jokaista laskentamalliin syötettävää arvoa erikseen. Jokaisen syöttölaatikon oikean reunan punaisesta kolmiosta avautuu ohje syötettävälle arvolle. Käytön helpottamiseksi on yksikkösarakkeessa esitetty syötettävän arvon yksikkömuoto arvokohtaisesti.

4.6 Laskentamallin soveltuvuus

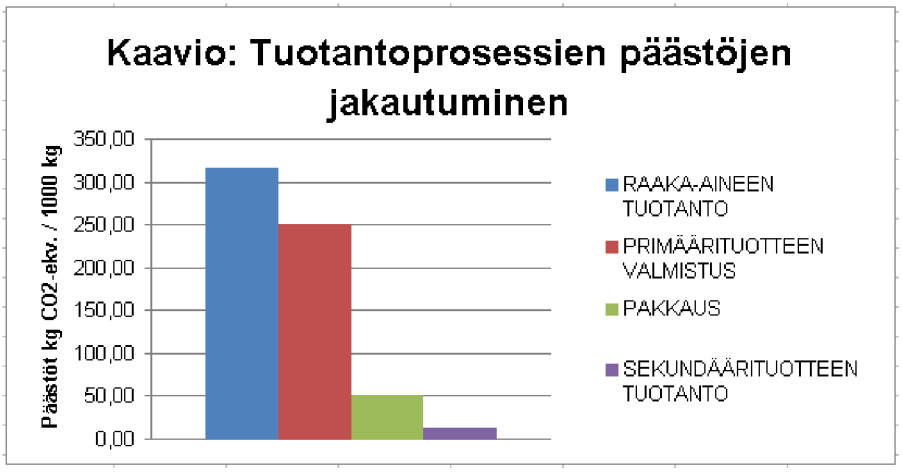
Kuten aiemmin todettiin, tämä laskentamalli ei sovellu pätevän hiilijalanjäljen määrittämiseksi. Laskentamallia voidaan kuitenkin hyödyntää sekä kokonaisuutena tai vain osaa siitä. Täyttämällä kysytyt tiedot koko malliin voidaan esimerkiksi tunnistaa suurimmat päästölähteet elinkaaren ajalta, tai täyttämällä vain osa taulukosta voidaan keskittyä tietyn osa-alueen päästöihin.

Laskentamallia voidaan soveltaa yksinkertaisten tuotteiden business to business -elinkaaren merkittävimpien kasvihuonekaasupäästölähteiden selvittämiseksi. Laskentamallin avulla voidaan selvittää, missä tuotteen elinkaarenvaiheissa syntyy eniten kasvihuonekaasupäästöjä yleisellä tasolla. Määrittelyn tuloksiin kannattaa kuitenkin suhtautua kriittisesti, sillä malli ei huomioi kaikkia elinkaaren vaiheita, joten varmuudella ei voida esittää laskentamallin osoittaman elinkaarenvaiheen olevan suurin päästölähde.

Selvityksen pohjalta voidaan löytää ne vaiheet, joihin päästövähennystavoitteet kannattaa asettaa. Kuten kuvioista 10 ja 11 voidaan huomioida, esimerkkituotteen kohdalla tuotantoprosesseissa syntyy eniten kasvihuonekaasupäästöjä, erityisesti raaka-aineen ja päätuotteen tuotantovaiheista. Tällaisessa tapauksessa päästövähennysten kohdistaminen pienempien vaiheiden, kuten kuljetusten päästöihin ei ole tarkoituksenmukaista tavoiteltaessa kokonaispäästöjen osalta mittavia vähennyksiä.



KUVIO 10. Kauraleipä-esimerkkituotteen eri osa-alueiden päästöt



KUVIO 11. Kauraleipä-esimerkkituotteen tuotantoprosessin päästöjen jakautuminen

Laskentamallia voidaan käyttää myös erilaisten muuttujien vaikutusten selvittämiseksi eri elinkaarivaiheiden kasvihuonekaasupäästöihin. Esimerkiksi kuljetukset -osiossa voidaan tarkastella, miten eri matkanpituudet tai käytettävät kuljetusajoneuvot vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöihin, tai pakkausosiossa, miten eri pakkausmateriaalit vaikuttavat pakkausvaiheen päästöihin.

5 HIILIJALANJÄLJEN EDUT JA PUUTTEET

Brysselissä 4.3.2008 EU-komission toimesta järjestettiin epävirallinen asiantuntijatapaaminen ”Carbon footprint measurement of products”. Tapaamisessa oltiin yleisesti sitä mieltä, että muista ympäristövaikutuksista tulisi antaa tietoa ilmastovaikutusten ohella ja että hiilijalanjälkiarvioinnin tulisi perustua elinkaariarviointiin. Tapaamisessa ei yleisesti kannatettu erillistä hiilijalanjälkimerkkiä, vaikka asian pohtimista yksittäisissä puheenvuoroissa ehdotettiinkin. Hiilijalanjälkimerkkiä kommentoitiin varsin jyrkästi osassa kannanotoista ”harhaanjohtavaksi” mainonnaksi perustuen siihen, että ilmastonmuutos on yksi ympäristöongelma monien muiden joukossa, eikä pelkästään sen perusteella voida esittää tuotteen paremmuutta verrattuna muihin tuotteisiin. (Nissinen & Seppälä 2008, 16–17.)

Hiilijalanjälkimerkinnät jakavat mielipiteet osittain rajustikin, kuten yllä olevasta kappaleesta voidaan päätellä. Osa näkee hiilijalanjälkimerkinnöissä tulevaisuuden ja toinen on valmis pyyhkimään koko termin luettelosta. Tässä luvussa pohditaan hiilijalanjäljen etuja sekä sen haasteita ja puutteita.

5.1 Hiilijalanjäljen edut

Hiilijalanjälkiarvioinnin edut yrityksille ovat moniulotteiset. Arvioinnilla saavutetaan tietoja tuotteen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöistä, joita voidaan hyödyntää päästöjen vähentämisessä, kulujen säästömahdollisuuksien tunnistamisessa, sisäisessä päätöksenteossa sekä tuoteasetelmien arvioinnissa. Toisaalta arviointi tuottaa tietoa, jota voidaan hyödyntää markkinoinnissa konkretisoimalla ympäristövastuuta ja vastaamalla kuluttajien tarpeisiin. Arviointi luo myös kiintopisteen päästövähennyksien mittaamiselle ja pohjan kommunikoinnille ja vertailulle. (Guide to PAS 2050 2008, 1-2.)

Yritysten tuottamat tuotteiden hiilijalanjälkimerkinnät PAS 2050:n pohjalta tarjoavat kuluttajille varmuuden, että esitetyt tulokset perustuvat vankkaan menetelmään.

Merkintöjen avulla kuluttajat ymmärtävät paremmin valintojensa vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin. (Guide to PAS 2050 2008, 2.)

Tuotteiden hiilijalanjälkimerkinnät tarjoavat kuluttajille tietoa tuotteen ilmastovaikutuksista arjenvalintojen tueksi. Tuotteissa konkreettisesti olevat hiilijalanjälkimerkinnät ovat nopea tapa tavoittaa useita kuluttajia. Tuotteeseen liitettävä merkki ei voi olla kovinkaan iso, joten kynnys tiedon tarkasteluun on huomattavasti pienempi kuin monisivuisen esitteen kohdalla.

Yritysten tuottamat hiilijalanjälkimerkinnät voisivat toimia myös kuluttajille herätteenä ilmastonmuutoksen huomioimiseen ja omien kulutusvalintojen tarkkailuun, sillä jos yritykset panostavat merkintöihin ja ilmastovaikutuksista viestimiseen kuluttajat huomaavat kuinka merkittävästä asiasta on kyse.

5.2 Hiilijalanjäljen haasteet ja puutteet

Hiilijalanjälki käsitteenä on ristiriitainen. Sille ei ole vakiintunutta yksiselitteistä kuvausta, vaan se vaihtelee käyttävän tahon määritelmien mukaisesti. Terminä hiilijalanjälki on myös harhaanjohtava, sillä sitä voidaan käyttää sekä kuvaamaan kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä että pelkkää hiilidioksidia. Termi jalanjälki taas luo mielikuvan ekologisen jalanjäljen mukaisesti tarvittavasta maa-alueesta. Yksi suurimmista hiilijalanjäljen puutteista onkin standardoinnin puute. Tällä hetkellä tuotteiden hiilijalanjälkimerkinnät eivät ole vertailukelpoisia erilaisten määritys- ja raportointimenetelmien johdosta.

Hiilijalanjälki keskittyy ainoastaan tuotteen ilmastovaikutuksiin, jolloin tarkastelun ulkopuolelle rajautuu tuotteen muut ympäristövaikutukset. Muiden vaikutusten osuus saattaa kuitenkin olla erittäin merkittävä tuotteen kokonaisympäristövaikutusten kannalta. Tämä herättää kysymyksen, onko ainoastaan ilmastovaikutuksiin keskittyvä merkki vastuullinen tapa tiedottaa tuotteen ympäristövaikutuksista.

Tuotteet, joiden ilmastovaikutukset ovat mitättömät suhteessa muihin ympäristövaikutuksiin, herättävät pohtimaan, syyllistytäänkö tällaisen tuotteen hiilijalanjälkimerkinnällä viherpesuun. Hiilijalanjälkimerkkejä käyttävän organisaation tulisi varmistaa että kuluttajat ymmärtävät merkin sisältämän informaation. Esimerkiksi Tesco on luonut internetiin sivuston opastaakseen kuluttajia merkin käyttöön (Nissinen & Seppälä 2008, 19.).

Kuluttajien näkökulmasta tunnetuimpia ympäristömerkkejä ovat varmasti Nissisen ja Seppälän (2008) kuvaamat myönteiset ympäristömerkit, joihin muun muassa joutsenmerkki kuuluu. Tällaisten ympäristömerkkien myötä kuluttajat ovat tottuneet, että merkinnällä osoitetaan vähiten ympäristöä kuormittavat tuotteet. Hiilijalanjälkimerkintä ei kuitenkaan automaattisesti osoita ympäristöystävällisintä tuotetta vaan merkintä voidaan liittää tuotteeseen kuin tuotteeseen. Tiedotusta hiilijalanjälkimerkinnästä tulisi täten lisätä että se palvelisi tarkoituksenmukaisesti kuluttajien valintoja.

> Merkin tulisikin antaa tarkkaa, luotettavaa ja vertailukelpoista tietoa tuotteen ilmastovaikutuksista johtamatta kuluttajia harhaan. Käytännössä merkin tulisi sisältyä ympäristötietojärjestelmään, mikä takaisi sen että tiedot olisi varmennettu ja elinkaariarviointi suoritettu asianmukaisen ohjeistuksen mukaan. (Nissinen & Seppälä 2008, 35.)

Yksi suurimmista hiilijalanjäljen haasteista on tiedonhankinnan työläys ja sen kustannukset. Elinkaariarvioinnin käytäntöjen tulisi muuttua siten, että laajamittainen tietojen selvittäminen ja merkitseminen olisi mahdollista. Nykyisin yritysten elinkaariarviointeja suorittavat konsultit ja ulkopuoliset toimijat, jolloin ajasta suurin osa kuluu yritystä edeltävien tuotantovaiheiden tietojen selvityksiin, jolloin kustannukset nousevat helposti yli 100 000 euron. (Nissinen & Seppälä 2008, 28.)

Elinkaariarviointeja palvelevien tietopankkien ja työvälineiden kehitystyötä on tuettu EU-komission toimesta. *Tavoitteena on, että ainakin merkittävien raaka-aineiden (esim. metallien ja muovien) tuotantoa edustavat keskusjärjestöt ylläpitävät jäsenyrityksiltä saatuja alan tuotteiden keskimääräisiä julkisia elinkaaritietoja.* Hyvin yleisen tason hiilijalanjälkilaskennassa tietopankkien tietoja voidaan

hyödyntää, mutta tällöin tuoteryhmän sisäinen vertailu ei ole mahdollista. Vertailua voi suorittaa ainoastaan eri tuoteryhmien suuruus-luokkaerojen suhteen. (Nissinen & Seppälä 2008, 28.) Tietopankkien käyttöä hiilijalanjälkiarvioinnissa ei tue myöskään PAS 2050:ssa (2008) esitetyt vaatimukset tiedonlaadun suhteen. Vaatimuksissa esitetään muun muassa että tiedon tulee olla kaikin puolin mahdollisimman tarkkaa ja täsmällistä.

Luotettavan ilmastovaikutuksista kertovan lukuarvon liittäminen tuotteeseen vaatii paljon resursseja sekä aikaa. Tarvittavien tietojen määrittämiseksi yritysten tulisi omatoimisesti ryhtyä selvittämään ja määrittelemään tietoja. Tiedot tulisi välittää hankkijaketjussa aina seuraaville toimijoille. (Nissinen & Seppälä 2008, 9.) Resurssien ja ajan suhteen olisi olennaista arvioida tuoteryhmät, joissa ilmastovaikutuksista kertova merkki olisi hyödyllisin (Nissinen & Seppälä 2008, 9). Merkkiä ei kannata liittää tuotteisiin joiden ilmastovaikutukset ovat mitättömät suhteessa tuotteen muihin ympäristövaikutuksiin.

> Kattavasti tuotteisiin liitettyyn ilmastomerkkiin, jossa on tuotteen ilmastovaikutusta osoittava lukuarvo, ei ole mahdollisuuksia vielä moniin vuosiin. Suurin hidaste liittyy tuotteiden ilmastovaikutuksia koskevan tiedonhankinnan juurruttamiseen yrityksiin niin, että yritykset omatoimisesti määrittäisivät tiedot ja välittäisivät ne edelleen seuraaville tuoteketjun toimijoille. (Nissinen & Seppälä 2008, 37.)

Tekesin Climate Bonus -hankkeen tutkijat ovat huolissaan siitä miten epätarkat ilmastovaikutusarviot vaikuttavat tiedon tuotantoon. Tutkijat ovat pohtineet yritysten kannustimia tuottaa tietoa tuotteen todellisista ilmastovaikutuksista jos julkisuuteen päästetään epätarkkoja tuoteryhmätason arvioita, erityisesti tuotteiden osalta joiden todelliset ilmastovaikutukset nousevat korkeammiksi kuin karkealla arviolla saatavat tulokset. (Nissinen & Seppälä 2008, 24.)

Hiilijalanjälkimerkinnän osalta kannattaa myös miettiä jo olemassa olevia ympäristömerkkejä ja niiden kehitysmahdollisuuksia. Olisi hedelmällistä miettiä hiilijalanjälkimerkin integroimista osaksi jo olemassa olevaa merkintää tai vaihtoehtoisesti sisällyttää olemassa olevaan merkintään hiilijalanjäljen vaatimuksia. Kuten Nissinen

ja Seppälä toteavat (2008) *Markkinoilla on jo nykyisin monia ympäristömerkkejä, joiden määrää pitäisi pikemminkin pyrkiä karsimaan kuin laajentamaan*.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa koulutus- ja tiedotusmateriaalien pohjaksi hiilijalanjälkeä ja sen laskentaa käsittelevää materiaalia sekä kootun materiaalin pohjalta tuottaa yksinkertainen laskentamalli tuotteen hiilijalanjäljen selvittämiseksi Excel-taulukkolaskentaohjelmaan.

Käsitteenä hiilijalanjälki on vakiintumaton ja täten käyttävän organisaation määriteltävissä. Tämän takia käsitettä hiilijalanjälki käytetään kuvaamaan niin suoria hiilidioksidipäästöjä kuin koko elinkaaren kattavia kasvihuonekaasupäästöjä, kuten taulukosta 1 voidaan huomioida. Käsitteen hiilijalanjälki hyödyntämisen kannalta olisi tärkeää saada vakiinnutettu määritelmä käsitteelle. Myöskään laskentamenetelmille ei ole vakiintunutta käytäntöä vaan menetelmät riippuvat laskentaa suorittavan organisaation tai konsultin linjauksista. Tästä syystä saadut tulokset eivät sovellu vertailuun, joten tällöin hiilijalanjälkimerkintä menettää tarkoitustaan. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi käsitteen ja menetelmän standardointi on ehdottoman tärkeää.

Hiilijalanjälkimerkin varjopuoleksi näyttää muodostuvan myös sen suppeus ympäristövaikutusten kuvauksen osalta ja sen tuoma mahdollisuus väärinkäyttää merkkiä kuluttajille suunnatussa markkinoinnissa. Hiilijalanjälkimerkkiin liittyvät tiedonhankinnan ja vertailtavuuden haasteet ovat myös iso ongelma hiilijalanjälkimerkin hyödynnettävyyden kannalta.

Yleispätevän laskentamallin työstämisen sijaan olisi mielekästä selvittää keskitetympien mallien mahdollisuuksia. Mielekästä voisi olla esimerkiksi pohtia tietylle yksinkertaiselle tuoteryhmälle suunnatun paikallisen laskentamallin toteuttamismahdollisuuksia.

7 JATKOTUTKIMUSAIHEET

Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista määrittää yksinkertaiselle tuotteelle hiilijalanjälki ja tätä kautta saavuttaa enemmän ja käytännönläheisempää tietoa hiilijalanjäljen määrittämisestä ja käytännössä havainnoida laskennan suurimmat haasteet ja kehitystarpeet. Jatkotutkimuksen kannalta olisi myös mielenkiintoista vertailla erilaisia olemassa olevia menetelmiä hiilijalanjäljen määrittämiseksi, esimerkiksi tulevaisuudessa vertailla PAS 2050 -sisältöä tulevaan ISO 14067 -sisältöön.

Tulevaisuudessa laskentamallin osalta tavoitteena voisi olla tuoteryhmäkohtaisen mallin luominen esim. tietylle rajatulle alueelle. Laskentamalli voitaisiin toteuttaa tietotekniikan ja ympäristöteknologian koulutusohjelmien välisenä yhteistyönä.

Ennen laskentamallin luomista olisi hyvä toteuttaa esimerkiksi opinnäytetyönä selvitys laskentamalliin soveltuvista tuoteryhmistä. Tuoteryhmien tuotteiden tulisi olla tarpeeksi yksinkertaisia ja sellaisia, joiden valmistajia valitulta alueelta löytyisi useimpia. Valitun tuotteen elinkaaren tulisi olla myös mahdollisimman yksinkertainen ja yleisesti tunnettu. Tuoteryhmäselvityksissä tulisi valita tuoteryhmä ja tuote, joka soveltuisi parhaiten hiilijalanjälkimääritykseen.

Tuoteryhmäselvitysten jälkeen voitaisiin yhteistyössä muutaman eri valmistajan kanssa määrittää muutamalla yhtenevälle tuotteelle hiilijalanjäljet. Näiden selvitysten pohjalta saataisiin soveltuvaa aineistoa tuoteryhmäkohtaisen mallin luomiseksi. Hiilijalanjälki laskentamallin toteuttaminen on monitahoinen prosessi, joka vaatii paljon esiselvityksiä, resursseja ja aikaa, joten käyttökelpoisen laskentamallin luomiseksi on tarkoituksenmukaisempaa jakaa prosessia eri osiin. Tuoteryhmäkohtaisen laskentamallin pohjalta olisi helpompi määritellä mallin laajentamismahdollisuuksia

Mielenkiintoista olisi myös arvioida erilaisten lähtöaineistojen luotettavuutta ja soveltuvuutta tarkemmin hiilijalanjälkilaskennan suhteen. Työssä voitaisiin arvioida soveltuvuutta ja luotettavuutta yleisellä tasolla ja lisäksi voitaisiin myös esimerkiksi vertailla EU-komission tietopankkien arvoja muutaman esimerkkiyrityksen todelli-

siin arvoihin. Toinen mielenkiintoinen näkökulma voisi olla laskea yksinkertaisen tuotteen hiilijalanjäljen suuruus sekä tietopankin arvoilla että todellisilla arvoilla ja vertailla saatuja tuloksia. Työtä voisi rajata esimerkiksi tiettyyn elinkaaren vaiheeseen, jolloin työn laajuus pysyisi järkevänä mahdollistaen syvällisemmän vertailun. Elinkaaren suhteen arvioinnissa olisi hedelmällisintä tarkastella merkittävintä päästölähdettä.

Erityisen mielenkiintoiseksi jatkotutkimusaiheeksi näen hiilijalanjälkimerkinnän mahdollisuuksien pohtimisen osana olemassa olevia ympäristömerkkejä. Olisi kehittävää pohtia erilaisia mahdollisuuksia sisällyttää hiilijalanjälki osaksi jo sisäistettyjä ympäristömerkkejä. Voisiko esimerkiksi hiilijalanjäljen osalta tehdä vaatimuksia olemassa oleviin merkkeihin tai olisiko mahdollista lisätä merkkiin tuotteen ilmastovaikutuksista tiedottava osuus, kuten Nissinen ja Seppälä (2008) toteavat, kannattaa käyttää hyväksi jo olemassa olevien ympäristömerkkien mahdollisuudet. Hiilijalanjälkimerkinnän liittämistä osaksi olemassa olevia merkintöjä tukee myös Nissisen ja Seppälän (2008) maininta: *Kasvihuone-kaasupäästöiltään vähäisten tuotteiden osalta voi olla järkevämpää parantaa näiden jo olemassa olevien merkkien ilmastonäkökulmaa kuin alkaa kehittää uutta merkkiä, joka kamppailisi samoista niukoista taloudellisista resursseista.* Nissinen ja Seppälä käsittelevät vuonna 2008 julkaistussa selvityksessä ”Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit” ilmastovaikutuksista kertovan merkin mahdollisuuksia, haasteita ja viestintämenetelmiä. Tämä työ toimisi hyvänä pohjana jatkotutkimusaiheelle.

Osana jotain jatkotutkimusaihetta olisi myös mielenkiintoista selvittää kuluttajien tietoutta hiilijalanjäljen suhteen. Esimerkiksi kyselylomakkeen avulla voisi kartoittaa eri ikäryhmien käsityksiä hiilijalanjäljestä ja sen suhteesta ilmastonvaikutukseen.

LÄHTEET

KIRJALLISET LÄHTEET

Ewing, B., Goldfinger, S., Wackernagel, M., Stechbart, M., Rizk, S. M., Reed, A. & Kitzes, J. 2008. The Ecological Footprint Atlas 2005. Oakland: Global Footprint Network.

Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Brentsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M. & Van Dorland, R. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Guide to PAS 2050. 2008. How to assess the carbon footprint of goods and services. Lontoo: British Standards Institution.

ISO/DIS 14040. 2005. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and frameworks. Geneva: ISO copyright office.

Katajajuuri, J.-M., Voutilainen, P., Tuhkanen, H. R.& Honkasalo, N. 2003. Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Jokioinen: MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus).

Nissinen, A. & Seppälä, J. 2008. Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2008. Helsinki: Yliopistopaino.

PAS 2050. 2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Lontoo: British Standards Institution.

Sinisalo, J. 1998. Estimation of greenhouse impacts of continuous regional emissions. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) offsetpaino.

UNITED NATIONS. 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

Usva, K., Hongisto, M., Saarinen, M., Nissinen, A., Katajajuuri, J.-M., Perrels, A., Nurmi, P., Kurppa, S. & Koskela, S. 2009. Towards certified carbon footprints of product – a road map for data production. Climate bonus project report (WP3). Helsinki: Oy Nord Print Ab.

Vares, S. 2001. Kerrostalon ympäristövaikutukset LVIS-2001-tyyppikerrostalo. VTT tiedotteita 2108. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT).

Väinämö, V. 2006. Suomen ekologinen jalanjälki – metsäosien laskenta. Suomen ympäristö 39/2006. Helsinki: Edita Prima Oy.

Wiedmann, T. & Minx, J. 2007. A Definition of "Carbon footprint". ISA^{UK} Research report 07-01. Durham: ISA^{UK} Research & consulting.

ELEKTRONISET LÄHTEET

AEA. 2009. Guidelines to Defra / DECC´s GHG Conversion Factors for Company Reporting [viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/20090928-guidelines-ghg-conversion-factors.pdf

BSI (British Standard Institution) 2010. PAS 2050 – Assessing the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services [viitattu 3.3.2010]. Saatavissa: http://www.bsigroup.com/Standards-and-Publications/How-we-can-help-you/Professional-Standards-Service/PAS-2050

CenSA (Center for Sustainability Accounting). 2009. The carbon footprint and climate footprint of Highlands and Islands Enterprise2007/08. Research report 09-01 [viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: http://www.censa.org.uk/reports.html

European Commission. 2007. Carbon footprint – what it is and how to measure it [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: http://lca.jrc.ec.europa.eu./carbon_footprint.pdf

Eriksson, N. 2002. Elinkaariarviointi ympäristömyötäisen tuotesuunnittelun tavoitteiden asettamisen tukena. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan osasto [viitattu 17.3.2010]. Diplomityö. Saatavissa: https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/34673/nbnfi-fe20021421.pdf?sequence=1

Global footprint network. 2009. Carbon footprint [viitattu 9.3.2010]. Saatavissa: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/carbon_footprint/

Heino, R. 2001. IPCC:n kolmas arviointiraportti, ilmastonmuutos 2001, työryhmä 1, tieteellinen perusta, yhteenveto päätöksentekijöille [viitattu 22.3.2010]. Saatavissa: http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/finnish/tar-wg1-spm.pdf

Natural Interest. 2009. Hämeenlinnan kaupungin ekologinen jalanjälki 2005. Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 2 [viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: http://www.hameenlinna.fi/pages/215561/HML_ekologinen_jalanjalki.pdf

Natural Interest. 2010. Ekologinen jalanjälki [viitattu 8.4.2010]. Saatavissa: http://www.naturalinterest.fi/fi/footprints/EJ

Nevalainen, O. 2009. Hiilijalanjälki ekotehokkuuden mittarina. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Tekniikan tiedekunta, Ympäristötekniikan koulutusohjelma [viitattu 1.3.2010]. Kandintyö. Saatavissa: https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/46496/nbnfi-fe200906241646.pdf?sequence=3

Povelainen, M. & Finér, A. 2009. Hiilijalanjälki ja sen laskenta [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: http://www.raisio.com/www/page/2503

Raisio Oyj. 2010. Tuotteiden hiilijalanjälki [viitattu 16.3.2010]. Saatavissa: http://www.raisio.com/www/page/Ekologia_CO_merkki

Suomen ympäristökeskus. 2010. Jätelajikohtaiset kasvihuonekaasupäästökertoimet taustatietoineen [viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: http://ilmastolaskuri.fi/web/storage/files/Laskennantaustat150110.pdf

Suomi, U., Hietaniemi, J. & Hellgrén, M. 2004. Yksittäisen kohteen CO_2-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO_2-päästökertoimet [viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/209/Laskentaohje_CO2_kohde_040622.pdf

Tilastokeskus. 2009. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa sektoreittain [viitattu 24.3.2010]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/khki/2008/khki_2008_2009-12-04_kuv_001_fi.html

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). 2010. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä [viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: http://lipasto.vtt.fi.

Valtion ympäristöhallinto. 2009a. Kasvihuoneilmiön voimistuminen [viitattu 18.3.2010]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=331288&lan=FI

Valtion ympäristöhallinto. 2009b. Kioton pöytäkirja [viitattu 18.3.2010]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi

WBCSD & WRI. 2010a. The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard [viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf

WBCSD & WRI. 2010b. The Greenhouse Gas Protocol: The GHG Protocol for Project Accounting [viitattu 23.3.2010]. Saatavissa: http://www.ghgprotocol.org/files/ghg_project_protocol.pdf

SUULLISET LÄHTEET

Katajajuuri, J.-M. 2010. Vanhempi tutkija. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). Puhelinkeskustelu 15.3.2010.

Soukka, R. 2010. Ympäristötekniikan professori. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Puhelinkeskustelu 18.3.2010.

LIITTEET

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency ($W\ m^{-2}\ ppb^{-1}$)	Global Warming Potential for Given Time Horizon			
				SAR‡ (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO_2	See below[a]	[b]1.4×10^{-5}	1	1	1	1
Methane[e]	CH_4	12[c]	3.7×10^{-4}	21	72	25	7.6
Nitrous oxide	N_2O	114	3.03×10^{-3}	310	289	298	153
Substances controlled by the Montreal Protocol							
CFC-11	CCl_3F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl_2F_2	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	$CClF_3$	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl_2FCClF_2	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	$CClF_2CClF_2$	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	$CClF_2CF_3$	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	$CBrF_3$	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	$CBrClF_2$	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	$CBrF_2CBrF_2$	20	0.33		3,680	1,640	503
Carbon tetrachloride	CCl_4	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Methyl bromide	CH_3Br	0.7	0.01		17	5	1
Methyl chloroform	CH_3CCl_3	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	$CHClF_2$	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	$CHClFCF_3$	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH_3CCl_2F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH_3CClF_2	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	$CHCl_2CF_2CF_3$	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	$CHClFCF_2CClF_2$	5.8	0.32		2,030	595	181
Hydrofluorocarbons							
HFC-23	CHF_3	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,200
HFC-32	CH_2F_2	4.9	0.11	650	2,330	675	205
HFC-125	CHF_2CF_3	29	0.23	2,800	6,350	3,500	1,100
HFC-134a	CH_2FCF_3	14	0.16	1,300	3,830	1,430	435
HFC-143a	CH_3CF_3	52	0.13	3,800	5,890	4,470	1,590
HFC-152a	CH_3CHF_2	1.4	0.09	140	437	124	38
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	34.2	0.26	2,900	5,310	3,220	1,040
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	240	0.28	6,300	8,100	9,810	7,660
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	7.6	0.28		3,380	1030	314
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	8.6	0.21		2,520	794	241
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	15.9	0.4	1,300	4,140	1,640	500
Perfluorinated compounds							
Sulphur hexafluoride	SF_6	3,200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,600
Nitrogen trifluoride	NF_3	740	0.21		12,300	17,200	20,700
PFC-14	CF_4	50,000	0.10	6,500	5,210	7,390	11,200
PFC-116	C_2F_6	10,000	0.26	9,200	8,630	12,200	18,200

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m^{-2} ppb^{-1})	Global Warming Potential for Given Time Horizon			
				SAR[a] (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Perfluorinated compounds (continued)							
PFC-218	C_3F_8	2,600	0.26	7,000	6,310	8,830	12,500
PFC-318	c-C_4F_8	3,200	0.32	8,700	7,310	10,300	14,700
PFC-3-1-10	C_4F_{10}	2,600	0.33	7,000	6,330	8,860	12,500
PFC-4-1-12	C_5F_{12}	4,100	0.41		6,510	9,160	13,300
PFC-5-1-14	C_6F_{14}	3,200	0.49	7,400	6,600	9,300	13,300
PFC-9-1-18	$C_{10}F_{18}$	>1,000[d]	0.56		>6,500	>7,500	>9,500
trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF_5CF_3	800	0.57		13,200	17,700	21,200
Fluorinated ethers							
HFE-125	CHF_2OCF_3	136	0.44		13,800	14,900	8,490
HFE-134	CHF_2OCHF_2	26	0.45		12,200	6,320	1,960
HFE-143a	CH_3OCF_3	4.3	0.27		2,630	756	230
HCFE-235da2	$CHF_2OCHClCF_3$	2.6	0.38		1,230	350	106
HFE-245cb2	$CH_3OCF_2CHF_2$	5.1	0.32		2,440	708	215
HFE-245fa2	$CHF_2OCH_2CF_3$	4.9	0.31		2,280	659	200
HFE-254cb2	$CH_3OCF_2CHF_2$	2.6	0.28		1,260	359	109
HFE-347mcc3	$CH_3OCF_2CF_2CF_3$	5.2	0.34		1,980	575	175
HFE-347pcf2	$CHF_2CF_2OCH_2CF_3$	7.1	0.25		1,900	580	175
HFE-356pcc3	$CH_3OCF_2CF_2CHF_2$	0.33	0.93		386	110	33
HFE-449sl (HFE-7100)	$C_4F_9OCH_3$	3.8	0.31		1,040	297	90
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$C_4F_9OC_2H_5$	0.77	0.3		207	59	18
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$	6.3	1.37		6,320	1,870	569
HFE-236ca12 (HG-10)	$CHF_2OCF_2OCHF_2$	12.1	0.66		8,000	2,800	860
HFE-338pcc13 (HG-01)	$CHF_2OCF_2CF_2OCHF_2$	6.2	0.87		5,100	1,500	460
Perfluoropolyethers							
PFPMIE	$CF_3OCF(CF_3)CF_2OCF_2OCF_3$	800	0.65		7,620	10,300	12,400
Hydrocarbons and other compounds – Direct Effects							
Dimethylether	CH_3OCH_3	0.015	0.02		1	1	<<1
Methylene chloride	CH_2Cl_2	0.38	0.03		31	8.7	2.7
Methyl chloride	CH_3Cl	1.0	0.01		45	13	4

Lähde: Forster ym. 2007, 212 – 213)

LASKENTAMALLI

Tämä on laskentamalli tuotteen hiilijalanjäljen laskemiseksi B2B elinkaarella (business to business). Laskentamalli on jaettu neljään eri taulukkoon:

Taul1: Tuotantoprosessit
Taul2: Jätehuolto
Taul3: Kuljetukset
Taul4: Tuotteen hiilijalanjälki

Taulukoissa on otsikon aihealueen mukaiset laskentamallit, joilla voi laskea yhden osa-alueen päästöt tai tuotteen koko tarkasteltavan elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen täyttämällä lukuarvo -sarakkeessa kysytyt tiedot. Viimeisessä taulukossa on esitetty tuotteen hiilijalanjälkilaskennan tulos koko elinkaaren osalta seuraavissa muodoissa:
- kg / 1000 kg
- kg / kg
- g / 100 g

KÄYTTÖOHJE:

1. Täytä kysytyt tiedot lukuina **LUKUARVO** sarakkeeseen **yksikkö** sarakkeen muodon mukaisesti
   - Laskenta ei ole pätevä jos lukuja ei ole syötetty yksikkö sarakkeessa esitetyssä muodossa!
2. Osassa syöttöruuduista on tarkennettu syötettävän luvun muotoa. Näissä ruuduissa on punainen kolmio ruudun yläreunassa.
3. Täsmennä halutessasi laskettavan tuotteen tiedot **LISÄTIETO** sarakkeeseen
   - esimerkiksi Päästöt /tonni raaka-ainetta -kohtaan voi täsmentää mistä raaka-aineesta on kyse
4. Älä täytyä lukuja muihin sarakkeisiin kuin **LUKUARVO!**
5. Malli laskee automaattisesti tuotteen hiilijalanjäljen lukuarvo -sarakkeiden tiedoista.
6. Tuotteen hiilijalanjälki on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 1: TUOTANTOPROSESSIT

	LISÄTIETO	LUKUARVO	YKSIKKÖ		
RAAKA-AINEEN TUOTANTO					
Päästöt / tonni raaka-ainetta			kg CO_2 -ekv. / 1000 kg		Päästöt (kg CO2 -ekv.) / tonni tuotetta
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta					#ARVO!
VÄLITUOTTEEN TUOTANTO					
Käytetty sähkö / tonni raaka-ainetta			kWh / 1000 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / tonni raaka-ainetta	
Sähkön päästöt			kg CO_2 -ekv. / kWh	#ARVO!	Päästöt (kg CO2 -ekv.) / tonni tuotetta
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta					#ARVO!
PÄÄTUOTTEEN VALMISTUS					
Käytetty kaasu/ tonni tuotetta			kWh / 1000 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / tonni tuotetta	
Kaasun päästöt			kg CO_2 -ekv. / kWh	#ARVO!	
Käytetty sähkö / tonni tuotetta			kWh / 1000 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / tonni tuotetta	Päästöt (kg CO2 -ekv.) / tonni tuotetta
Sähkön päästöt			kg CO_2 -ekv. / kWh	#ARVO!	#ARVO!
PAKKAUS					
Pakkausmateriaalin päästöt			kg CO_2 -ekv. / 1 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / 1000 pakkausta	Päästöt (kg CO2 -ekv.) / tonni tuotetta
Pakkausmateriaali / 1000 pakkausta			kg	#ARVO!	#ARVO!
Tonni tuotetta /1000 pakkausta					

TUOTANTOPROSESSIEN PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

#ARVO!

TAULUKKO 2: JÄTEHUOLTO

	LISÄTIETO	LUKUARVO	YKSIKKÖ			
VÄLITUOTANNON JÄTEKULJETUKSET						
Jätekuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg CO2 -ekv. / matka		
Matka			km	$ARVO!		
% tyhjätrokat paluumatkalla					Koko matkan päästöt kg CO2 -ekv.	
Jätekuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg CO2 -ekv. / matka	$ARVO!	
Matka			km	0,00		
Tonnijätettä / matka			t		Päästöt kg CO2 -ekv. / tonnijätettä	Päästöt [kg CO2 -ekv.] / tonni tuotetta
Tonnijätettä / tonni raaka-ainetta					$ARVO!	$ARVO!
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta						
JÄTTEIDEN HÄVITYS						
Päästöt / tonnijätettä			kg CO_2 -ekv. / 1000 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / tonni raaka-ainetta		
Tonnijätettä / tonni raaka-ainetta				$ARVO!		Päästöt [kg CO2 -ekv.] / tonni tuotetta
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta						$ARVO!
PÄÄTUOTANNON JÄTEKULJETUKSET						
Jätekuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg CO2 -ekv. / matka		
Matka			km	$ARVO!		
% tyhjätrokat paluumatkalla					Koko matkan päästöt kg CO2 -ekv.	
Jätekuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg CO2 -ekv. / matka	$ARVO!	
Matka			km	0,000		
Tonnijätettä / matka			t		Päästöt kg CO2 -ekv. / tonnijätettä	Päästöt [kg CO2 -ekv.] / tonni tuotetta
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta					$ARVO!	$ARVO!
JÄTTEIDEN HÄVITYS						Päästöt [kg CO2 -ekv.] / tonni tuotetta
Päästöt / tonnijätettä			kg CO_2 -ekv. / 1000 kg	Päästöt kg CO2 -ekv. / tonni tuotetta		$ARVO!
Tonnijätettä / tonni tuotetta				$ARVO!		

JÄTEHUOLLON PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

$ARVO!

TAULUKKO 3: KULJETUKSET

	LISÄTIETO	LUKUARVO	YKSIKKÖ				
RAAKA-AINEEN KULJETUS							
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka			
Matka			km	#ARVO!			
% tyhjät rekat paluumatkalla					Koko matkan päästöt kg co2 -ekv.		
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka	#ARVO!		
Matka			km	0,000			
Tonni raaka-ainetta / matka			t		Päästöt kg co2 -ekv. / tonni raaka-ainetta	Päästöt [kg co2 -ekv.] / tonni tuotetta	
Tonni raaka-ainetta / tonni tuotetta					#ARVO!	#ARVO!	
VÄLITUOTTEEN KULJETUS							
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka			
Matka			km	#ARVO!			
% tyhjät rekat paluumatkalla					Koko matkan päästöt kg co2 -ekv.		
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka	#ARVO!		
Matka			km	0,000			
Tonni sekundäärituotetta / matka			t		Päästöt kg co2 -ekv. / tonni sekundäärituotetta	Päästöt [kg co2 -ekv.] / tonni tuotetta	
Tonni sekundäärituotetta / tonni tuotetta					#ARVO!	#ARVO!	
PÄÄTUOTTEEN KULJETUS							
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka			
Matka			km	#ARVO!			
% tyhjät rekat paluumatkalla					Koko matkan päästöt kg co2 -ekv.		
Kuljetuksen päästöt			kg CO_2 -ekv. / km	Päästöt kg co2 -ekv. / matka	#ARVO!		
Matka			km	0,000		Päästöt [kg co2 -ekv.] / tonni tuotetta	
Tonni tuotetta / matka			t			#ARVO!	

KULJETUSTEN PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

#ARVO!

TAULUKKO 4: TUOTTEEN HIILIJALANJÄLKI

TUOTANTOPROSESSIT

TUOTANTOPROSESSIEN PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

#ARVO!

JÄTEHUOLTO

JÄTEHUOLLON PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

#ARVO!

KULJETUKSET

KULJETUSTEN PÄÄSTÖT YHTEENSÄ kg CO2 -ekv. / 1000 kg

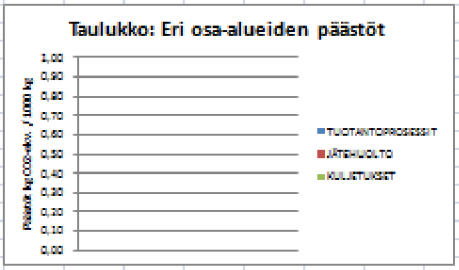
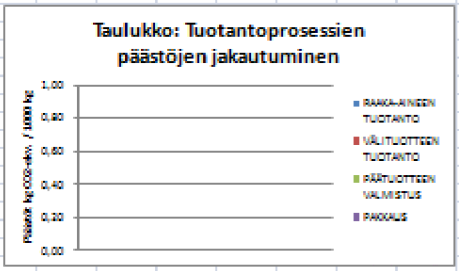
#ARVO!

TUOTTEEN KLIMAARVON PÄÄSTÖT kg CO2 -ekv. / TONNI TUOTETTA

#ARVO!

PÄÄSTÖT kg CO2-ekv. / 1 kg

###

PÄÄSTÖT g CO2-ekv. / 100 g

###