

MTT RAPORTTI 73

Perunan ilmastovaikutukset

Hannele Pulkkinen, Mirja Kemppainen, Anu Markus, Elina Virtanen



Perunan ilmastovaikutukset

PotatoNow-hankkeen kirjallisuusselvitys

**Hannele Pulkkinen, Mirja Kemppainen, Anu Markus,
Elina Virtanen**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



ISBN: 978-952-487-418-2

ISBN: 978-952-487-419-9

ISSN: 1798-6419

<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti73.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Hannele Pulkkinen, Mirja Kempainen, Anu Markus, Elina Virtanen

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: Mirja Kempainen

Perunan ilmastovaikutukset

Pulkkinen, Hannele¹, Kempainen, Mirja², Anu Markus², Virtanen Elina²

¹MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, hannele.pulkkinen@mtt.fi

²MTT, Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, PL 413, 90570 Oulu, mirja.kempainen@mtt.fi, anu.markus@mtt.fi, elina.virtanen@mtt.fi

Tiivistelmä

Elinkaariarviointia käytetään tuotteiden ympäristövaikutusten selvittämiseen. Kattavan kuvan saamiseksi tietyn tuotteen ympäristövastuullisuudesta tulee tarkastella laajasti eri ympäristövaikutuksia. Elinkaariarvioinnin avulla tarkasteltavan tuotteen tuotantoketjusta voidaan löytää ne olennaiset päästölähteet, joihin kannattaa puuttua ketjun päästöjen vähentämiseksi tehokkaasti.

Perunan ilmastovaikutuksia eli hiilijalanjälkiä on tutkittu elinkaariarvioinnilla kansainvälisesti jo useita vuosia. Tutkimuksia löytyy Suomen lisäksi erityisesti Ruotsista, Englannista ja Hollannista. Viimeaikaisia tutkimuksia voidaan pitää jo melko luotettavina, vaikka laskentatapojen erilaisuus ja raportointi asettaakin haasteita tutkimusten vertailulle. Ilmastovaikutusten arviointi on kuitenkin edelleen nuori ja kehittyvä tieteenala. Laskennan kehityksestä huolimatta ilmastovaikutusarviointien tekeminen on haastavaa ja tulokset usein vaikeasti vertailtavissa. Tiettyjen tuotantotapojen erityispiirteitä ei vielä pystytä ottamaan hyvin tai ollenkaan laskennassa huomioon. Myös tutkimuksen tavoitteesta riippuen laskennassa tehdään erilaisia metodologisia valintoja, mikä voi johtaa siihen, että tutkimustuloksetkaan eivät ole täysin vertailukelpoisia.

Elinkaaritarkastelussa määritetään aluksi tutkittavan tuotejärjestelmän rajat. Elintarvikkeiden elinkaariarviointeihin sisällytetään yleensä kasvihuonekaasupäästöt ainakin seuraavista elinkaaren vaiheista: elintarvikkeen raaka-aineiden viljelyn panosten tuotanto, raaka-aineiden viljely, jalostus, jalostuksessa käytettävien muiden panosten (esim. pakkaukset ja kemikaalit) tuotanto, jakelu, kauppa, kuluttajavaihe, pakkausjätteen ja hävikin hävittäminen sekä kaikki kuljetukset elinkaaren vaiheiden välillä ja niiden sisällä. Kun tarkastelussa on määritelty kaikki sisällytettävät elinkaarenvaiheet, kerätään niistä kaikista olennaiset panos-, tuotos- ja olosuhdetiedot ilmastovaikutusten arviointia varten.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi 19 tutkimusta. Tutkimuksissa tarkasteltiin niin tavanomaista kuin luomuperunaa, varhais-, siemen- ja tärkkelysperunaa, sekä yhden tutkimuksen kohteena oli pitemmälle jalostetut perunalastut. Selvityksessä tutkittiin lähinnä perunan elinkaarta viljelyyn käytettävien panosten tuotannosta itse viljelyyn tai jalostukseen asti. Jalostuksen, kuljetusten, jakelun ja pakkausten aiheuttamien päästöjen sisällyttäminen vaihteli tutkimuksissa.

Kaikkien tulosten vaihteluväli oli 8–84 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa, mutta ääripäitä lukuun ottamatta vaihteluväli oli lähinnä 12–18 gCO₂-ekv. / 100 g. Eri tutkimuksista nähdään, että ilmastovaikutukset vaihtelevat merkittävästi, esimerkiksi eri maiden olosuhteiden, tuotantotapojen sekä tutkimuksissa käytettyjen erilaisten laskentatapojen takia. Laadukkaassa ruotsalaisessa tutkimuksessa arvioitiin myös tulosten epävarmuuksia. Tutkimuksen mukaan suurimmat epävarmuudet ovat maaperän typpioksiduulipäästöjen, maaperään sitoutuvan hiilen, lannoitteiden valmistuksen ja jakelun päästöjen arvioinnissa.

Perunan viljelyn merkittävimmät päästöt syntyvät alkutuotannossa, jossa maaperästä vapautuu typpioksiduulia typpilannoitteiden käytön seurauksena. N₂O-päästöjen suuruuteen vaikuttaa maaperä ja typpilannoitustaso. Toinen merkittävistä päästölähteistä on typpilannoitteen valmistus. Niiden lisäksi päästöjä syntyy erityisesti jakelusta, jalostuksesta, pakkauksen valmistuksesta ja viljelyn työkoneiden polttoainekulutuksesta. Jalostuksen päästöihin vaikuttaa energiatehokkuuden lisäksi myös käytetyn sähkön tuotannon päästöt.

Viljelyvaiheen ilmastovaikutuksen vaihteluväli oli tutkimuksissa 7–20 gCO₂-ekv./ 100 g. Tutkimuksissa olleiden yksinkertaisten jalostusvaiheiden (yleensä lajittelu, pesu ja pakkaus) päästöt vaihtelevat tutkimuksissa 0,1–2 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa. Jakelun osuus vaihteli tutkimuksissa 1–5 gCO₂-ekv./ 100 g

perunaa. Keskon tekemässä tutkimuksessa kaupan osuus (sisältäen jakelun terminaaleista myymälöihin) oli 2 gCO₂-ekv./ 100 g, eli 14 % ruokaperunan tuotannon päästöistä.

Vaikka pakkauksen valmistus ei yleensä aiheuta merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä, perunan pakkauksen päästöt voivat olla olennaiset, koska itse perunan ilmastovaikutukset ovat pienet. Paras pakkaus on ilmaston kannalta se, joka vähentää hävikkiä niin kuljetuksissa, kaupassa ja kuluttajalla suojaamalla arvokasta sisältöä. Tutkimuksissa pakkauksina oli 2 kg paperi- tai muovipussi tai suuri pahvinen kuljetuspakkaus, ja niiden osuus vaihteli 1–3 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa.

Maatalouden päästöt koostuvat monista eri lähteistä ja usein biologisista prosesseista, joihin vaikuttaminen on monimutkaista. Perunalla ja muilla runsassatoisilla avomaavihanneksilla on suhteessa muihin elintarvikkeisiin pienimmät ilmastovaikutukset. Tulee kuitenkin muistaa, että ilmastovaikutus ei ota huomioon esimerkiksi tuotteiden ravitsemuksellisuutta.

Perunaa tuottavien tilojen väliset erot voivat olla suuria ja tilat voivat itse vaikuttaa ilmastovaikutusten suuruuteen. Satotasojen ja typen käytön optimointi on yleisin kirjallisuudessa mainittu kasvihuonekaasupäästöjen hillitsemiskeino. Tärkeintä on siis taata hyvä satotaso kohtuullisin typpilannoitetasoin. Myös jos erilaisilla toimenpiteillä, kuten maan kasvukunnon parantamisella, oikein ajoitetulla keinokastelulla tai kasvinsuojeluaineiden käytöllä, onnistutaan nostamaan satotasoa tai huonoina vuosina takaamaan kohtuullinen satotaso, niillä on todennäköisesti perunan ilmastovaikutuksia pienentävä vaikutus.

Korkealaatuisen perunan tuottamisella varmistetaan myös, että käytetyillä panoksilla saadaan mahdollisimman paljon perunaa elintarvikekäyttöön. Vaikka huonot, liian pienet ym. perunat menevät jo usein hyötykäyttöön, olisi parasta, että mahdollisimman paljon perunaa saataisiin sen alkuperäiseen tarkoitukseen eli ihmisravinnoksi.

Merkittävää perunatuotteiden ilmastovaikutusten kannalta on resurssitehokkuus ja erityisesti tuotannon hyötysuhde. Koska suuri osa päästöistä syntyy jo perunaa viljeltäessä, valmista raaka-ainetta tulisi hukata jalostuksessa mahdollisimman vähän. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa perunan elinkaarta syntyy hävikkiä, sitä suuremmat ovat päästöt, jotka ovat aiheutuneet turhaan hävikkimäärän tuottamiseksi.

Peruna vaatii kunnollisen kypsennyksen. Tapahtuipa se teollisuudessa tai kuluttajalla, sen päästöt ovat myös merkittävät. Siksi koko perunan tuotantoketjun, erityisesti varastoinnin ja jalostuksen, energiatehokkuuden parantaminen ja energialähteen vaihtaminen vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttavaan, pienentää ilmastovaikutuksia.

Kuluttaja pystyy minimoimaan kypsennyksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt kypsentämällä perunat uunin sijaan liedellä, keittämällä veden ensin veden keittimessä ja sitten perunat kannen alla. Kuluttajahävikin ehkäiseminen tulisi kuitenkin olla ensisijainen kuluttajavaiheen ilmastovaikutusten vähentämiskeino. Foodspill-tutkimuksen mukaan kuluttajilla syntyvästä ruokahävikistä 6 % on perunaa.

Avainsanat:

Ilmastovaikutus, peruna, elinkaariarviointi, hiilijalanjälki

Climate impact of potatoes

Pulkkinen, Hannele¹, Kempainen, Mirja², Virtanen Elina²

¹MTT, Biotechnology- and Food research, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, Finland, hannele.pulkkinen@mtt.fi

²MTT, Biotechnology and Food Research, P.O. Box 413, 90570 Oulu, Finland, mirja.kempainen@mtt.fi, anu.markus@mtt.fi, elina.virtanen@mtt.fi

Abstract

Life cycle assessment is used for evaluating environmental impacts of food products. To have a thorough understanding of a product's environmental responsibility a broad range of environmental impacts should be considered. Conducting a life cycle assessment of a product's production chain the relevant emission sources can be found and emissions can be reduced effectively.

Potatoes' climate impact e.g. carbon footprints have been studied internationally with life cycle assessment for several years. In addition from Finland, studies can be found especially from Sweden, England and the Netherlands. Recent studies can be considered quite reliable, although differences in the calculation methods and reporting pose a challenge for comparisons. Assessing climate impacts is, however, still a young and developing discipline. Despite developments in the calculation methods conducting assessments is still challenging and comparisons of results is often difficult. Inclusion of certain special production features is not easy or even not possible to quantitative calculations. Also, depending on the objective of the study conducting the calculations different methodological choices are made, which can lead to the fact that all research results are not fully comparable.

Firstly in life-cycle analysis system boundaries are defined. Usually in the life cycle assessments of food products at least the greenhouse gas emissions from following life cycle phases are included: production of farm inputs, raw material cultivation, processing, production of other inputs used in processing (e.g., packaging, and chemicals), distribution, retail, consumer stage, packaging waste and waste disposal, as well as all transportation between and within life cycle stages. When it is defined, which life cycle stages to include in a study, data from all relevant inputs, outputs and production conditions is collected.

In this literature survey 19 studies were reviewed. The studies looked at normal and organic potatoes, early, seed and starch potatoes. In addition one study looked at processed potato chips. The studies mainly focused on assessing the life cycle of potatoes from production of farm inputs to cultivation itself or until processing. Inclusion of emissions from processing, transport, distribution and packaging varied in the studies.

The results of the studies varied between 8-84gCO₂ eq./100 g potatoes, but without the extremes, the range was mostly 12-18 gCO₂ eq./100g. Various studies show that climate impacts vary significantly, for example, because of different conditions in countries, methods of production, and also because of different calculation methods. A high-quality Swedish study also evaluated the uncertainties of the results. The study concluded that the main uncertainties are caused by estimations of emissions of nitrous oxide emissions from soils, soil carbon sequestration and fertilizer manufacturing and distribution.

In potato cultivation the most significant emissions are due to primary production, where nitrous oxide is released from the soil as a consequence of the use of nitrogen fertilisers. Soil type and nitrogen fertilization level define the amount of N₂O that is emitted. The other significant source of nitrous oxide is manufacturing of nitrogen fertilisers. In addition, other remarkable emission sources are distribution, processing, manufacturing of packaging and fuel consumption in farming. In addition to energy efficiency, also production emissions of electricity affect the emissions of manufacturing.

The range of climate impact of growing phase was 7-20gCO₂-eq./100g in these studies. In the studies which included simple processing (usually sorting, cleaning and packing), the emissions of processing vary from 0.1-2gCO₂-eq./100g potatoes. Climate impact of distribution ranged from 1-5gCO₂-eq./100g

potatoes. In a study by Kesko, the share of retail (including distribution from terminals to stores) was 2gCO₂-eq./100g, or 14% of the emissions of packed potatoes.

Although the manufacturing of packaging does not usually cause significant greenhouse gas emissions, emissions from potato packaging may be essential, since the climate impact of potatoes themselves are small. The best package for the climate is the one which reduces wastage in transportation, retail and consumer by protecting the valuable content. The climate impact of packaging in studies which included the production of 2 kg of paper or plastic bag or a large cardboard package ranged from 1-3gCO₂-eq./100g potatoes.

The greenhouse gas emissions from agriculture derive from a variety of sources and often from biological processes, which are extremely complex. Potatoes and other high yield field products have the smallest impact on the climate in relation to other foods. It should be remembered, however, that the climate impact does not take into account, for example the nutritional value of products.

The differences between areas producing potatoes are be large and farmers can influence the magnitude of the climate impact. Harvest levels and optimizing the use of nitrogen are the most common mitigation action proposed in the literature. The key is therefore to ensure a good harvest at a reasonable level of nitrogen fertiliser. Also if various management options, such as increasing soil fertility, the use of irrigation or plant protection agents, raise yields or in bad years ensure a reasonable level of harvest, they are likely to lower the climate impact.

The production of high-quality potatoes will also ensure that with the inputs used as much as possible of the harvest is used for food production. Although poor, too small, etc. potatoes are often used in other production chains, it would be best that as much as possible of the potatoes produced end up to its original purpose e.g. human consumption.

Resource efficiency is very significant for the climate impact of potatoes. Since a large part of the emissions are generated in the cultivation phase of potatoes, in processing raw material should be lost as little as possible. The later losses are generated in the life cycle of the potato, the greater the emissions caused by the production of the lost amount.

Potatoes require a proper cooking. Be it in the industry or at the consumer, its emissions are also significant. Therefore, improving the energy efficiency and replacing used energy to one that emits less greenhouse gasses in the entire potato production chain, but in particularly in storage and processing, reduces the climate impacts.

The consumers are able to minimize greenhouse gas emissions from cooking by boiling potatoes in the stove instead of baking in the oven, boiling the water first electric kettle and using a lid. The prevention of food losses should be the primary action of the consumer phase to reduce climate impact. Foodspill survey showed that 6% of the food losses generated at consumers are potatoes.

Keywords:

Climate impact, potatoes, life cycle assessment, carbon footprint, global warming potential

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| Sisällysluettelo | 7 |
| 1 Johdanto | 8 |
| 2 Perunan ilmastovaikutuksen määrittäminen elinkaariarvioinnilla | 9 |
| 2.1 Elinkaariarviointi ja ilmastovaikutus | 9 |
| 2.2 Perunatuotteiden elinkaari..... | 9 |
| 3 Perunan hiilijalanjälkitutkimukset..... | 12 |
| 3.1 Williams | 13 |
| 3.2 Lillywhite..... | 13 |
| 3.3 Mattsson & Wallen | 14 |
| 3.4 Pulkkinen | 14 |
| 3.5 Röös | 14 |
| 3.6 D'Arcy | 15 |
| 3.7 Havenkort..... | 15 |
| 3.8 Walkers | 15 |
| 3.9 Muiden tutkimusten tuloksia..... | 16 |
| 4 Perunan ilmastovaikutusten tarkastelu | 17 |
| 4.1 Perunan ilmastovaikutusten jakautuminen elinkaaren vaiheisiin..... | 17 |
| 4.2 Vertailu muihin elintarvikkeisiin | 19 |
| 5 Perunan tuotantoketjun kehittämismahdollisuudet ilmastovaikutusten näkökulmasta | 20 |
| 6 Yhteenveto | 22 |
| 7 Kirjallisuus | 23 |

1 Johdanto

Ilmastonmuutos ja sen hillintä on nostettu poliittisesti keskeisimmäksi kansainväliseksi ympäristöhaasteeksi. Suomessa yksityisen kulutuksen ilmastokuormasta peräti noin neljännes aiheutuu syömisestä. Tuotteiden ja erityisesti elintarvikkeiden elinkaarien aikaiset ympäristövaikutukset ovatkin nousseet viime vuosien aikana poliittisen, yhteiskunnallisen sekä kansalaiskeskustelun kohteeksi sekä elintarvikealan yritysten viestinnän ja kehittämisen yhdeksi keskeiseksi ulottuvuudeksi. Elintarvikkeiden hiilijalanjäljistä eli elinkaariarvioinnilla tuotetuista elintarvikkeiden ilmastovaikutuksista tarvitaan lisää ymmärrystä.

Tuotteiden ilmastomuutosvaikutusta kuvataan tuotteen hiilijalanjäljellä, joka kertoo tuotteen koko elinkaaren aikana syntyneiden kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaman ilmastovaikutuksen. Hiilidioksidin lisäksi yleisimmät kasvihuonekaasut ovat metaani ja typpioksiduuli. Ne yhteismitallistetaan ja ilmoitetaan hiilijalanjäljessä hiilidioksidiekvivalentteina, koska metaani on 25 kertaa ja typpioksiduuli 298 kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Maataloudessa, monista muista sektoreista poiketen, syntyy merkittäviä määriä juuri metaania ja typpioksiduulia. Metaanipäästöjä syntyy erityisesti märehitöiden ruuansulatuksesta ja lannan käsittelystä ja typpioksiduulia typpilannoitteiden käytön seurauksena maaperästä.

Elintarvikkeiden tuotannolla ja kulutuksella on merkittävä vaikutus ilmastonmuutokseen. Oikeaa ja luotettavaa tietoa elintarvikkeiden ympäristö- ja erityisesti ilmastovaikutuksista tarvitaan nyt enemmän kuin koskaan aiemmin; kansalaiset ovat huolestuneita ilmastonmuutoksesta ja useissa gallupeissa he ovat ilmaisseet olevansa halukkaita toimimaan kulutusvalinnoillaan ilmaston hyväksi, hallinnossa tarvitaan tietoa päästökseen teon ja ohjauksen tueksi ja elintarvikealan yritykset ovat tiedostamassa oman vastuunsa ja valmiita kehittämään toimintaansa.

Suomalaiset elintarvikealan yritykset ovat olleet aktiivisia selvittämään tuotteidensa ilmastovaikutuksia ja kaksi yritystä käyttää hiilijalanjälkimerkintää myös ruokaperunalla. Hiilimerkintöjen laskenta palvelee useita eri tarkoituksia. Sen lisäksi, että merkinnät lisäävät kuluttajien ymmärrystä elintarvikkeiden ympäristövaikutuksista, merkintöjen yleistyminen ohjaa toimitusketjuja kehittämään toimintaansa. Lähtökohteisesti sama elinkaarin tausta-aineisto ja laskenta palvelevat niin yhteiskunnallisia päättäjiä, ketjun toimijoita kuin kuluttajia.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa on tarkasteltu suomalaisia ja ulkomaisia perunan ilmastovaikutustutkimuksia. Katsauksen perusteella elintarvikealan toimijat ja sidosryhmät voivat ymmärtää mistä elinkaarenvaiheista perunan ilmastovaikutukset syntyvät ja kuinka paljon eri vaiheista syntyy kasvihuonekaasupäästöjä. Katsauksessa on pyritty antamaan myös joitakin yleisiä neuvoja kuinka ilmastovaikutuksia voidaan vähentää eri ketjun vaiheissa. Parhaiten vaikutuksia voidaan kuitenkin pienentää ketjukohtaisella ilmastovaikutusarvioinnilla, sillä elintarvikkeiden ja niiden raaka-aineiden tuotanto ja sitä kautta kehitystoimenpiteet vaihtelevat hyvin paljon toimijasta riippuen.

Tämä kirjallisuuskatsaus toteutettiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen, MTT:n, PotatoNow-hankkeessa, jonka rahoittajina ovat Pohjois-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskukset, Helsingin yliopisto, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Pro Agria ja Oulun talousseura. Katsauksen tavoitteena oli kartoittaa tieteellisiä elinkaaritutkimuksia perunan ilmastovaikutuksen osalta. Tarkoituksena oli erityisesti löytää toimenpiteitä, joilla perunan viljelyn ilmastovaikutusta voitaisiin pienentää. Tässä raportissa esitellään kirjallisuuskatsauksen tuloksia.

Tutkimusryhmä kiittää hankkeen rahoittajaa selvityksen tekemisen mahdollistamisesta.

2 Perunan ilmastovaikutuksen määrittäminen elinkaariarvioinnilla

2.1 Elinkaariarviointi ja ilmastovaikutus

Elinkaariarviointia käytetään tuotteiden ympäristövaikutusten selvittämiseen. Ilmastovaikutus on yksi ympäristövaikutusluokka. Muita ympäristövaikutusluokkia ovat esimerkiksi rehevöityminen, happamoituminen, primäärienergiankulutus, ekotoksisuus, vesijalanjälki ja luonnon monimuotoisuus. Suomalaisen elintarvikkeiden tuotannon näkökulmasta rehevöityminen on yksi hyvin merkittävä vaikutusluokka, mitä ei kannata unohtaa. Kattavan kuvan saamiseksi tietyn tuotteen ympäristövastuullisuudesta tulee tarkastella laajasti eri ympäristövaikutuksia. Elinkaariarvioinnin avulla tarkasteltavan tuotteen tuotantoketjusta voidaan löytää ne olennaiset päästölähteet, joihin kannattaa puuttua, jotta ketjun päästöjä voidaan tehokkaasti vähentää.

Perunan ilmastovaikutuksia eli hiilijalanjälkiä on tutkittu elinkaariarvioinnilla kansainvälisesti jo useita vuosia. Tutkimuksia löytyy Suomen lisäksi erityisesti Ruotsista, Englannista ja Hollannista. Viimeaikaisia tutkimuksia voidaan pitää jo melko luotettavina, vaikka laskentatapojen erilaisuus ja raportointi asettaakin haasteita tutkimusten vertailulle. Ilmastovaikutusten arviointi on kuitenkin edelleen nuori tieteenala. Kehitystä on osaltaan kuitenkin auttanut laskennan yleistymisen kautta lisääntynyt kehitystyö sekä se, että kasvihuonekaasupäästöt ovat ainoita globaalisti vertailukelpoisia päästöjä. Monet muut ympäristövaikutukset ovat paikallisia ja niiden vaikutus luontoon on vaikeammin arvioitavissa.

Laskennan kehityksestä huolimatta ilmastovaikutusarviointien tekeminen on vielä kuitenkin epäyhtenäistä ja tutkimustulosten raportointi on useimmiten puutteellista. Tämä pätee yhtälailla yritysten omiin ilmastovaikutusarviointeihin kuin aihepiiriin tieteellisiin artikkeleihin. Erilaiset laskentatavat tutkimusten välillä vaikeuttavat tutkimusten välistä vertailua. Hiilijalanjälkien laskennan kehitystyössä ja vertailtavuudessa ollaan kuitenkin merkittävästi pidemmällä kuin muiden elinkaariarvioinnin ympäristövaikutusluokkien osalta (mm. monimuotoisuus ja vesijalanjälki).

Tällä hetkellä on olemassa muutamia kansainvälisiä elinkaariarvioinnin standardeja (ISO14020 ja 14060 –sarjat) ja ilmastovaikutusten laskentaohjeita (PAS 2050 ym.), jotka pyrkivät yhtenäistämään laskentatapoja. Ne ovat kuitenkin hyvin yleisluontoisia, koska ne on tehty sovellettaviksi kaikilla tuotannaloilla, eivätkä tarjoa laskentaa tekeväälle yksiselitteisiä laskentaohjeita. Myöskään yhtä yleisesti hyväksyttyä, laajasti käytettyä ohjeistusta ei ole vielä saatavilla.

Koska kansainvälinen harmonisointi ja laskentaohjeistusten kehittyminen konkreettisemmiksi uhkaa viedä vielä pitkän ajan, on kansallisesti yhtenäinen eteneminen tärkeää. Suomessa MTT on yhdessä elintarvikealan yritysten kanssa laatinut Foodprint Tools -hankkeessa kansallisen mahdollisimman käytännölläheisen laskentasuosituksen elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi.

Alan nuoruuden takia kuitenkin ilmastovaikutusten arviointi on osittain vielä kehittymässä. Tiettyjen tuotantotapojen erityispiirteitä ei vielä pystytä ottamaan hyvin tai ollenkaan laskennassa huomioon. Moni tutkimus esittää ilmastovaikutusten pienentämiseksi sellaisia viljelykäytäntöjä, kuten viljelykierto, typensitojakasvien käyttö ja talven kasvipeitteisyys, joita ei nyky-laskennassa vielä pystytä ottamaan huomioon kvantitatiivisesti, muuten kuin mahdollisesti korkeamman satotason kautta. Esimerkiksi luomutuotannon osalta tutkimustulokset ovat hyvin ristiriitaisia sen suhteen onko luomu ilmaston kannalta parempi vai ei, eikä laskennassa pystytä ottamaan kaikkia luomun erityispiirteitä huomioon.

2.2 Perunatuotteiden elinkaari

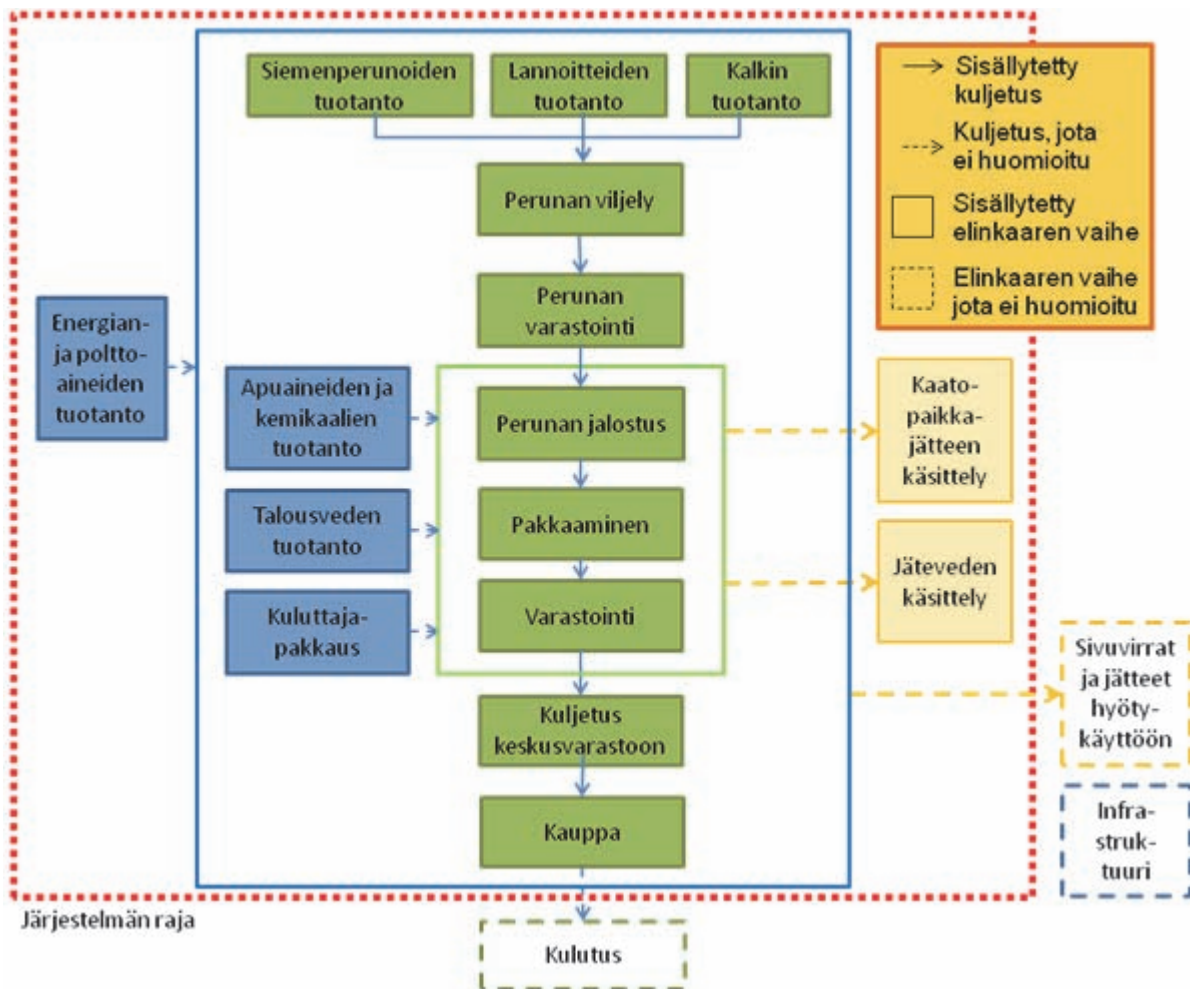
Elintarvikkeiden elinkaariarviointeihin sisällytetään yleensä kasvihuonekaasupäästöt ainakin elintarvikkeen raaka-aineiden viljelyn panosten tuotannosta, raaka-aineiden viljelystä, jalostuksesta, jalostuksessa käytettävien muiden panosten (esim. pakkaukset ja kemikaalit) tuotannosta, jakelusta, kaupasta, kulutta-

javaiheesta, pakkausjätteen ja hävikin hävittämisestä sekä kaikista kuljetuksista elinkaaren vaiheiden välillä ja niiden sisällä (ks. taulukko 1).

Taulukko 1. Ilmastovaikutustarkasteluun tyypillisesti sisällytettävät elinkaaren vaiheet

| Raaka-aineen viljelyn panostuotanto | Lannoitteiden, kalkin ja siemenperunoiden tuotanto ja kuljetukset |
|--|--|
| Perunan viljely | Panosten käytön seurauksena maaperän päästöt viljelymailta ja kesannoilta, työkoneiden ja varastoinnissa käytetyn energian kulutus, kuljetukset tilalla ja tilalta tuotantolaitokseen |
| Jalostus | Energiankulutus, pakkausten valmistus, jalostuksen ja jätevedenpuhdistuksen kemikaalien valmistus, jätevesien käsittely, jätteiden kuljetukset, kaatopaikkajätteen eloperäisen materiaalin mätäneminen |
| Jakelu | Kuljetukset, mahdolliset välivarastoinnit |
| Kauppa | Energiankulutus |
| Kuluttaja | Kuljetus kaupasta kotiin, varastoinnin ja valmistuksen energiankulutus |
| Loppukäsittely | Pakkausjätteen ja hävikin hävittäminen |
| Kaikissa vaiheissa | Hävikin huomioiminen, niin että hävikin tuottamisen aiheuttamat päästöt kuormittavat tuotettuja lopputuotteita |

Elinkaaritarkastelussa määritetään aluksi tutkittavan tuotejärjestelmän rajat. Tuotejärjestelmärajat voivat vaihdella tutkimuksen tavoitteesta riippuen. Kuvassa 1 on esitetty kattavan hiilijalanjälkitarkastelun järjestelmärajaukset jalostetulle perunatuotteelle. Kun tarkastelussa on määritelty kaikki sisällytettävät elinkaarenvaiheet, kerätään niistä kaikista olennaiset panos-, tuotos- ja olosuhdetiedot ilmastovaikutusten arviointia varten.



Kuva 1. Esimerkki perunatuotteen elinkaariarvioinnin järjestelmärajauksesta

Torjunta-aineiden valmistuksen kasvihuonekaasupäästöistä on hyvin vähän tietoa. Voidaan kuitenkin olettaa ettei niillä ole merkittävää vaikutusta perunan ilmastovaikutukseen, koska käytetyt määrät ovat hyvin pieniä. Sen sijaan niiden levityksellä voi jonkin asteinen vaikutus olla polttoaineen kulutuksen kautta, mutta torjunta-aineiden levitys on esimerkiksi kyntöön verrattuna hyvin kevyt toimenpide. Kun torjunta-aineiden käytöllä pystytään nostamaan satotasoa, vaikutus on ilmastovaikutusta pienentävä.

Myös pääomahyödykkeiden (rakennuksen, työkoneet ym.) valmistuksen khk-päästöistä on hyvin vähän tietoa ja ne on harvoin sisällytetty tutkimuksiin. Niiden on kuitenkin arvioitu olevan merkityksellisiä juuri vähäpäästöisten tuotteiden kohdalla. Tutkimustuloksia on kuitenkin vähän ja ne vaihtelevat paljon. Infrastruktuurin osuus viljelyn ilmastovaikutuksista on arvioitu vaihtelevan välillä 1-10 %.

Käytännössä kirjallisuudesta löytyvien tutkimusten järjestelmärajaukset ovat edellä esitettyä luetteloa rajatummalla. Kuluttajavaiheen tarkasteluun sisältyy epävarmuuksia eikä tuottajalla ole aina mahdollista vaikuttaa kuluttajan käyttäytymiseen, minkä vuoksi se usein jätetään rajausten ulkopuolelle. Tulee kuitenkin muistaa, että matalapäästöisillä tuotteilla, kuten perunalla, kulutusvaiheen päästöt voivat olla moninkertaiset koko aikaisemman tuotanto- ja kuljetusketjun päästöihin.

3 Perunan hiilijalanjälkitutkimukset

Kuten yleensäkin hiilijalanjälkitutkimuksia, myös perunatutkimuksia on tehty eri tarkoituksiin. Tutkimuksen tavoitteesta riippuen laskennassa tehdään erilaisia metodologisia valintoja, mikä voi johtaa siihen, että tutkimustuloksetkaan eivät ole täysin vertailukelpoisia.

Ensinnäkin tutkimusten taustalla oleva tietopohjan/otoksen laajuus, eli perunatilojen ja –lohkojen määrä, vaihtelee merkittävästi. Tiedetään, että eri tiloilla tuotettujen perunoiden hiilijalanjälkien välillä on merkittäviä eroja toimintatavoista riippuen. Yhtäläillä erilaisten lohkojen välillä on suuria eroja. Näistä syistä tutkimuksen otoksen tulisi olla hyvin laaja, jotta tuloksia voidaan yleistää, saati että eri tutkimusten tuloksia voitaisiin verrata toisiinsa. Laajaan otokseen päästään usein tilastoja tutkimalla, mutta niiden perusteella voidaan vetää johtopäätöksiä vain keskimääräisestä tuotannosta. Vaihtelua eri tilojen välillä eikä erilaisten tilojen kehittämisvaihtoehtoja voi niiden perusteella voi analysoida.

Toiseksi tutkimuksissa on rajattu tarkasteltava järjestelmä eri tavoin, mutta valitettavasti tehtyjä valintoja ei ole aina selkeästi raportoitu. Tämän vuoksi ei ole varmuutta mitä tuloksiin eli hiilijalanjälkiarvoon on sisällytetty eikä tuloksia siis pysty vertailemaan luotettavasti.

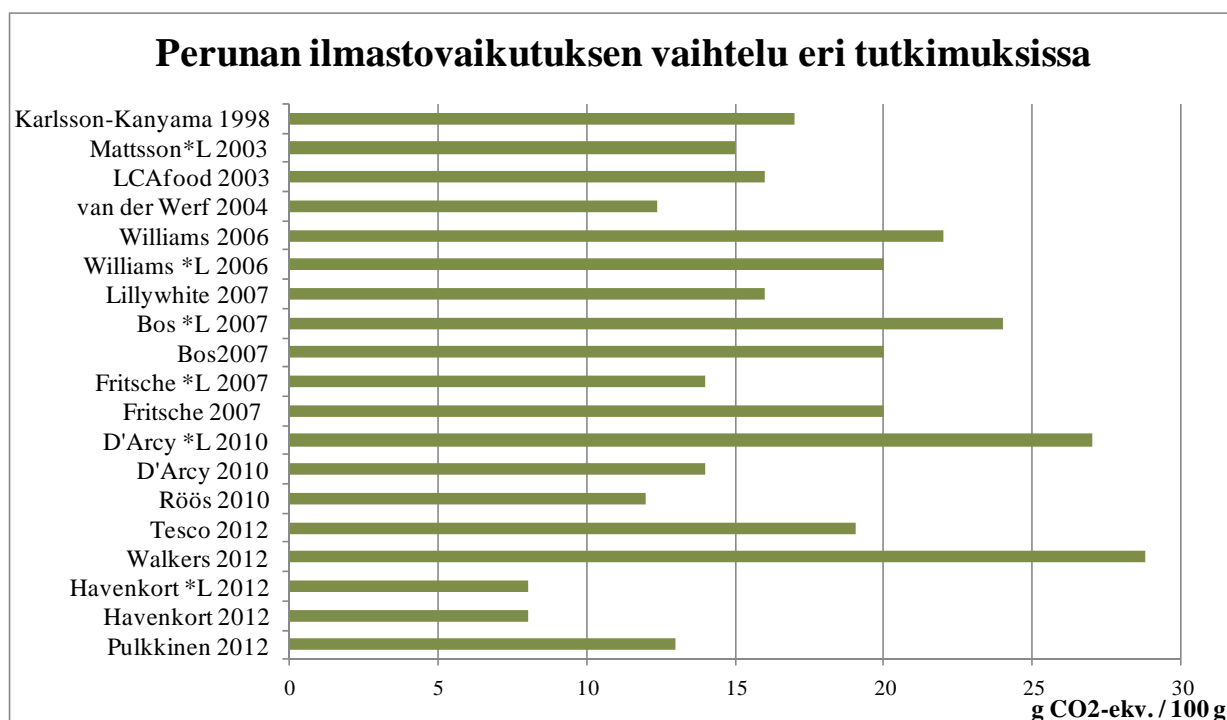
Kolmanneksi isot vuosittaiset vaihtelut ovat hyvin tyypillisiä avomaaviljelyssä mm. satotason vaihtelu sääolosuhteiden vuoksi. Tämän vuoksi usein viljelyä tarkastellaan usean vuoden osalta ja tyypillisesti laskentaohjeistuksetkin suosittelevat vähintään kolmen vuoden tietojen käyttämistä. Silti osa tutkimuksista perustuu hyvin lyhyisiin tarkastelujaksoihin, jopa vain yhden vuoden tietoihin. Satotaso on kuitenkin yksi merkittävä perunan ilmastovaikutuksen suuruuteen vaikuttava tekijä, sillä mitä suuremmalle hehtaarisadolle hehtaarikohtaiset panokset jaetaan, sitä pienemmät ovat päästöt per satokilo.

Röös et al (2010) ovat pohtineet tutkimuksessaan erityisesti viljelyvaiheen ilmastovaikutuksen epävarmuuksien arviointia. He listaavat neljä asiaa, jotka tekevät arvioinnista haasteellista ja jotka tulee muistaa tutkimustuloksia tulkittaessa:

1. Laskentamallien ja kerätyn datan epävarmuudet
2. Elinkaariarvioinnissa tehtävien valintojen ja virheiden epävarmuus
3. Luonnon prosessien vaihtelevuus, kaikkea ei voida vielä selittää yksiselitteisesti ja tyhjentävästi (esim. erilaiset satotasot samankaltaisilta viljelylohkoilta).
4. Perunan jalostuksen ja jakelun vaihtelevuus

Tässä kirjallisuuskatsauksessa käytiin läpi 10 tieteellistä artikkelia, joissa tutkittiin perunan ilmastovaikutuksia (van der Werf 2004, Havenkort 2012, Karlsson-Kanyama 1998, Borzecka-Walker 2011, Röös 2010, Hillier 2009, Mattsson 2003, Pathak 2010, Lillywhite 2008, So 2010), 3 tieteellistä konferenssipaperia (Bos 2007, D’Arcy 2010, Pulkkinen 2012) sekä 5 muuta tutkimusta (Fritsche 2007, Walkers 2012, Tesco 2012, Williams 2006, Brandao 2008). Kaikista tutkimuksista perunan ilmastovaikutusta ei voitu yksiselitteisesti tulkita, mutta niissä joissa pystyttiin, tulosten vaihteluväli oli 8-84 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa. Taulukossa 2 näkyy raportoitujen tutkimustulosten vaihtelua.

Taulukko 2. Lämpikäytyjen perunan ilmastovaikutustutkimusten tuloksia, gCO₂-ekv./100 g perunaa tai perunatuotetta (luomututkimukset merkitty *L)



Seuraavissa luvuissa esitellään lyhyesti tarkimmin raportoitujen tutkimusten lähtökohtia ja tutkimusten välisiä eroja.

3.1 Williams

Williamsin (2006) raporttiin Iso-Britannian ruuantuotannon kasvihuonekaasupäästöistä viitataan yhtenäen ruuan elinkaaritutkimuksissa. He selvittivät useiden kasvi- ja eläinkunnantuotteiden ympäristövaikutuksia hyvin perusteellisesti. Lähteinä käytettiin sekä kansallisia tilastoja että asiantuntija-arvioita.

Williams tutki sekä tavanomaisesti että luomuviljeltyä perunaa ja niiden lisäksi myös varhaisperunaa. Englannissa varhaisperuna jaotellaan vielä kahteen, ensimmäisen sadon varhaisperuna ja toisen sadon varhaisperunaan. Ensimmäisen sadon varhaisperunan satotaso on noin puolet pääsadon satotasosta, mutta toisen sadon jo pääsadon satotason mukainen. Varhaisperunan ja pääsadon järjestelmällinen ero on se, että varhaisperunaa ei varastoida. Pääsadon perunan tyypillinen varastointiaika on oletettu tutkimuksessa kestävän aina toukokuuhun saakka. Englannissa kastelun on arvioitu nostavan satotasoa noin 25 %. Ensimmäisen sadon varhaisperuna vaatii kuitenkin muita vähemmän kastelua. Tavanomaisen perunan sato-taso on selkeästi suomalaista keskiarvoa suurempi, 49 tonnia hehtaarilta.

Pääsadon hiilijalanjälki oli tutkimuksessa 21 gCO₂-ekv./100 g perunaa, kun ensimmäisen sadon varhaisperunan oli 32 gCO₂-ekv. ja toisen sadon varhaisperunan 18 gCO₂-ekv. Luomuperunoiden ilmastovaikutus oli 20 gCO₂-ekv./100 g perunaa.

Perunoiden jäähdytys ja varastointi tiloilla on huomioitu tutkimuksessa. Vaikka energiankulutus ei jalostamattomilla elintarvikkeilla ole erityisen merkittävä tuotteiden hiilijalanjälkien kannalta, on kuitenkin hyvä ymmärtää, kuten Williamsin esittää, että perunan viljelyssä primäärienergiankulutuksesta jopa puolet kuluu perunoiden varastoisissa.

3.2 Lillywhite

Toinen isobritannialainen Lillywhiten (2007) tutkimus päättyy jonkin verran Williamsin tuloksia pienempään ruokaperunan hiilijalanjälkeen. Myös he käyttävät tutkimuksessaan lähteinä tilastoja, kirjallisuuslähteitä ja asiantuntija-arvioita ja saivat perunan hiilijalanjäljeksi 16 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa. Lillywhiten

tutkimuksessa käytettiin Williamsia korkeampaa typpilannoitustasoa, 200kgN/ha. Valitettavasti he eivät tarkemmin avaa miten lukuun on päädytty UK:n ympäristö, ruoka ja maaseutuministeriön, Defran, lannoitus-suosituksista. Korkeampi lannoitustaso ei myöskään käytettyjen tilastojen valossa tuota parempaa satotasoa, vaan itse asiassa satotasona on käytettyä vielä Williamsin tutkimuksessa käytettyä satotasoakin pienempää arvoa, 45 t/ha. Korkeamman lannoitustason ja pienemmän satotason olettaisi johtavan korkeampaan hiilijalanjälkeen Lillywhiten tutkimuksessa verrattuna Williamsin, mutta näin ei kuitenkaan ole eikä perusteluja ole valitettavasti tälle annettu.

3.3 Mattsson & Wallen

Mattssonin ja Wallenin Etelä-Ruotsissa viljellyn perunan hiilijalanjälkitutkimus vuodelta 2003 oli yksi ensimmäisistä perunalle tehdyistä LCA tutkimuksista (Mattsson & Wallen 2003). Tutkimus perustuu tietoihin neljältä perunan viljelijältä ja se vertasi luomu- ja tavanomaista viljelyä. Otos vertailun perustaksi on kuitenkin riittämätön. Tutkimuksen mukaan luomuviljelyn haaste on kasvin suojeleuaineiden puute, mitä ilman satotasot ovat huomattavasti tavanomaisia pienempiä.

Keskimääräinen satotaso tutkimuksessa oli 25 t/ha, tavalliseksi vaihteluväliksi ilmoitettiin 15–35 t/ha. Raportista jää epäselväksi käytettiinkö samaa satotasoa molemmille tuotantotavoille vai ei. Artikkelissa kerrotaan luomutuotannon ilmastovaikutus 15 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa, muttei tavanomaisen tuotannon. Useimmissa avomaatuotteiden ilmastovaikutustutkimuksissa maaperän N₂O-päästöjä pidetään merkittävimpinä. Tässä tutkimuksessa ne ovat kuitenkin melko pienet.

3.4 Pulkkinen

Suomessa tehtiin perusteellinen ruokaperunan ilmastovaikutustutkimus vuonna 2011 (Pulkkinen 2012). Se perustui yritysکوhtaisiin tuotantotietoihin ja yrityksen sopimusviljelijöiden kolmen vuoden lohkotietoihin vuosilta 2008–2010. Aineiston keskimääräinen satotaso oli 34 t/ha ja typpilannoitustaso 67 kgN/ha.

Tutkimuksessa pakatun ruokaperunan ilmastovaikutus oli 13 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa. Raaka-aineen tuotantoketjusta syntyy suurin osa päästöistä. Typpilannoituksen seurauksena syntyvän maaperän typpioksiduulipäästön osuus on 50 % perunan alkutuotannon päästöistä. Viljelyn panosten tuotannon ja kuljetusten osuus on 25 % alkutuotannon päästöistä.

Jalostuksen päästöt ovat noin 10 % perunatuotteen hiilijalanjäljestä ja ne koostuvat lähinnä sähkön kulutuksesta sekä kevyen polttoaineen käytöstä. Pakkauksista syntyy 10 % päästöistä. Koska itse perunatuotteiden hiilijalanjäljet eivät ole suuria muihin elintarvikkeisiin verrattuna, raaka-aineen ja lopputuotteen kuljetusten osuus on koko ketjun päästöistä suhteellisen suuri, näillä tuotteilla noin 15 %.

3.5 Rööös

Rööös (2010) erittäin kattava perunan hiilijalanjäljen tutkimus pohjasi niin kansallisiin tilastoihin kuin asiantuntija-arvioihin, ja ainoana tutkimuksena tarkasteli myös arvioinnin epävarmuuksia. Jalostuksen energiankulutuksen päästöissä tulee ottaa huomioon, että siinä on käytetty keskimääräistä ruotsalaista sähköntuotannon päästökerrointa, joka on ruotsalaisen vesivoiman ansiosta merkittävästi (n. 70 %) suomalaista keskimääräistä pienempi.

Tutkimuksessa oletettiin, että perunaa ei varastoida, vaan kaikki peruna toimitetaan suoraan pakkaamoihin ja sieltä välittömästi eteenpäin. Pakatun ruokaperunan ilmastovaikutus tutkimuksessa oli 12 gCO₂-ekv./100 g perunaa. Ainoana tutkimuksena Rööös arvio myös ilmastovaikutuksen vaihteluvälin, mikä oli -17 % – +30 %. Tutkimuksessa maaperän typpioksiduulipäästöjen osuus alkutuotannon päästöistä on 35 %, viljelyn panosten tuotannon ja kuljetusten osuus 42 % ja siemenviljelyn osuus oli 5 %.

Rööös sisällytti tutkimukseen myös alkutuotannon rakennusten ja koneiden valmistuksen, huoltojen ja loppukäsittelyn päästöt. Niiden osuus oli 10 % koko ketjun päästöistä. Vastaavasti jalostuksen osuus on 4 %, pakkausten 17 % ja kuljetusten 12 % koko ketjun päästöistä.

Tutkimuksen mukaan suurimmat epävarmuudet ovat maaperän typpioksiduulipäästöjen, maaperään sitoutuvan hiilen, lannoitteiden valmistuksen ja jakelun päästöjen arvioinnissa. Tämä olikin ainoa tutkimus, missä pyrittiin ottamaan maaperään sitoutuvan hiilen vaikutus huomioon. Kansainvälisesti ei kuitenkaan ole yhteistä hyväksyttyä tapaa arvioida sen vaikutusta.

3.6 D’Arcy

D’Arcy on tutkinut irlantilaisen tavanomaisesti viljelyyn ja luomuruokaperunan ilmastovaikutuksia ja tuotantotapojen vaikutusta monimuotoisuuteen (D’Arcy 2010). Valitettavasti tutkimus perustuu vain yhden vuoden otoksiin, mikä heikentää merkittävästi tulosten yleistettävyyttä. Vuosittaiset vaihtelut ovat alkutuotannossa merkittäviä ja tutkimuksessa mainitaankin, että kyseisenä vuonna oli erittäin vaikeat sääolosuhteet, mikä johti merkittäviin sadon menetyksiin ja tuloksia tulisi siis tulkita enemmän ilmasto-vaikutuksen maksimiarviona. Lisäksi tiedot tavanomaisilta tuottajilta ja luomutuottajilta kerättiin eri vuosina, mikä heikentää tuotantotapojen vertailtavuutta huomattavasti.

Tutkimukseen osallistui 11 tavanomaista viljelijää ja 5 luomuviljelijää tietyltä alueelta Irlannista. Tutkimustuloksia ei siis voi suoraan yleistää koko Irlantia kuvaaviksi.

Tutkimuksessa tavanomaisen pakatun perunan ilmastovaikutus oli 14 gCO₂-ekv./100 g perunaa ja luomutuotetun perunan 27 gCO₂-ekv. Viljelyn osuus oli tavanomaisesti tuotetulla perunalla 91 % ja luomuperunalla 74 % koko ketjun päästöistä. Jalostuksen osuus oli tavanomaisesti tuotetulla 4 %, luomutuotetulla 0,3 %, jakelun osuus tavanomaisella 6 % ja luomutuotannolla 20 % koko ketjun ilmastovaikutuksesta. Eroja luomun ja tavanomaisen tuotannon välillä ei ole selitetty konferenssipaperissa. Otoksen pienuuden ja vuosittaisen vaihtelun vuoksi,, eroja on haasteellista ellei mahdotonta vertailla.

3.7 Havenkort

Havenkortin tutkimuksen otoksena oli vain kaksi edustaviksi arvioitua tilaa per perunatyypin (tavanomainen-, tärkkelys- ja siemenperuna), mikä heikentää huomattavasti tulosten yleistettävyyttä edes hollantilaiselle perunan viljelylle. Koska kasvukausi on Hollannissa jopa pari kuukautta suomalaista pitempi, on ymmärrettävää, että tavanomaisen perunan satotaso tutkimuksessa 65 t/ha. Se on noin kaksi kertaa suomalaisen keskimääräisen perunan satotaso. Vastaavasti myös lannoitustasot poikkeavat merkittävästi suomalaisesta viljelystä, tässä tutkimuksessa 190 kgN/ha.

Havenkort on ainut joka on tutkimuksessaan vertaillut tavanomaisen perunan, luomuperunan, tärkkelysperunan ja siemenperunan viljelyä. Tavanomaisen ja luomutuotetun perunan hiilijalanjälki oli tutkimuksessa 8 gCO₂-ekv./100 g perunaa, tärkkelysperunan oli 7 gCO₂-ekv./100 g ja siemenperunan 12 gCO₂-ekv./100 g perunaa. Siemenperunan tuotannon päästöjä nostaa tämän tutkimuksen mukaan mm. niiden matalampi satotaso, varastoinnin vaatima energiankulutus ja niiden korkeampi esiperussiementen käytönmäärä. Siemenperunoiden tuotannossa käytettävien esiperussiementen päästöt oletettiin tutkimuksessa kuitenkin samaksi kuin tavanomaisten perunoiden siemenperunoiden, sillä vaikka niidenkin satotasot ovat pienempiä, myös niiden typpilannoitus- ja kastelun tarve on pienempi.

Mielenkiintoista Havenkortin tutkimuksessa on kasvinsuojeluaineiden ruiskutuksen tiheys. Tärkkelysperunaa ruiskutetaan 190 päivän kasvukaudella jopa 17 kertaa, tavanomaista perunaa 14 ja siemenperunaa 110 päivän kasvukaudellakin 10 kertaa. Vaikka kasvinsuojeluaineiden ruiskutus on esimerkiksi kyntöön verrattu kevyt toimenpide polttoaineen kulutuksen kannalta, nostaa korkea ruiskutusten määrä polttoaineen kulutuksen aiheuttamien päästöjen osuutta perunan viljelyn ilmastovaikutuksesta.

Hollantilaisen Havenkortin tutkimuksen mukaan varastointi ei ole yleensä merkittävä päästölähde, poikkeuksena kuitenkin luomutuotanto, jossa perunaa varastoidaan kylmemmässä ja se vaatii enemmän energiaa, koska perunoiden itämistä ei estetä kemiallisesti.

3.8 Walkers

Walkers teetti brittiläisellä konsulttiyrityksellä, Carbon Trustilla, ilmastovaikutustutkimus Walkers-sipseistään vuonna 2007. Sen jälkeen he ovat pystyneet kehittämään tuotantoketjuaan ja pienentämään

ilmastovaikutusta 7 prosentilla. Nykyään 100g pakkauksen ilmastovaikutus on 80 gCO₂-ekv. Alkutuotannon osuus on 36 %, valmistuksen 17 %, pakkauksen jopa 34 % ja jakelun 10 %.

3.9 Muiden tutkimusten tuloksia

Tarkasteltaessa myös muita kohtuullisesti raportoituja tutkimuksia suurenee tutkimustulosten vaihteluväli entisestään. Isobritannialaisen Tesco-kauppaketjun tutkimuksessa perunan ilmastovaikutukseksi on saatu 56 gCO₂-ekv./100 g pakattua perunaa. Eteläkorealaisessa tieteellisessä artikkelissa kevätkauden sadon perunan ilmastovaikutus oli jopa 84 ja syyskauden 81 gCO₂-ekv./100g perunaa (So 2010). Heidän tutkimuksessaan 76 % N₂O päästöistä oli typpilannoitteen valmistuksen ja 23 % perunan viljelyn seurausta. CO₂-päästöistä 90 % tuli typpilannoitteen valmistuksesta ja 6 % perunan viljelystä. Nämä eivät tunnu vastaavan eurooppalaisia tutkimustuloksia.

Bos (2007) mallinsi hollantilaisten nykykäytäntöjen pohjalta luomu- ja tavanomaisen vihannestilan päästöjä. Valitettavasti raportissa on hyvin niukasti tietoja tutkimuksen taustatiedoista, mutta tulokset tukevat keskimääräisiä hiilijalanjälkiä. Tavanomaisen ruokaperunan hiilijalanjäljeksi oli arvioitu 20 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa ja luomuviljelyn perunan 24 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa.

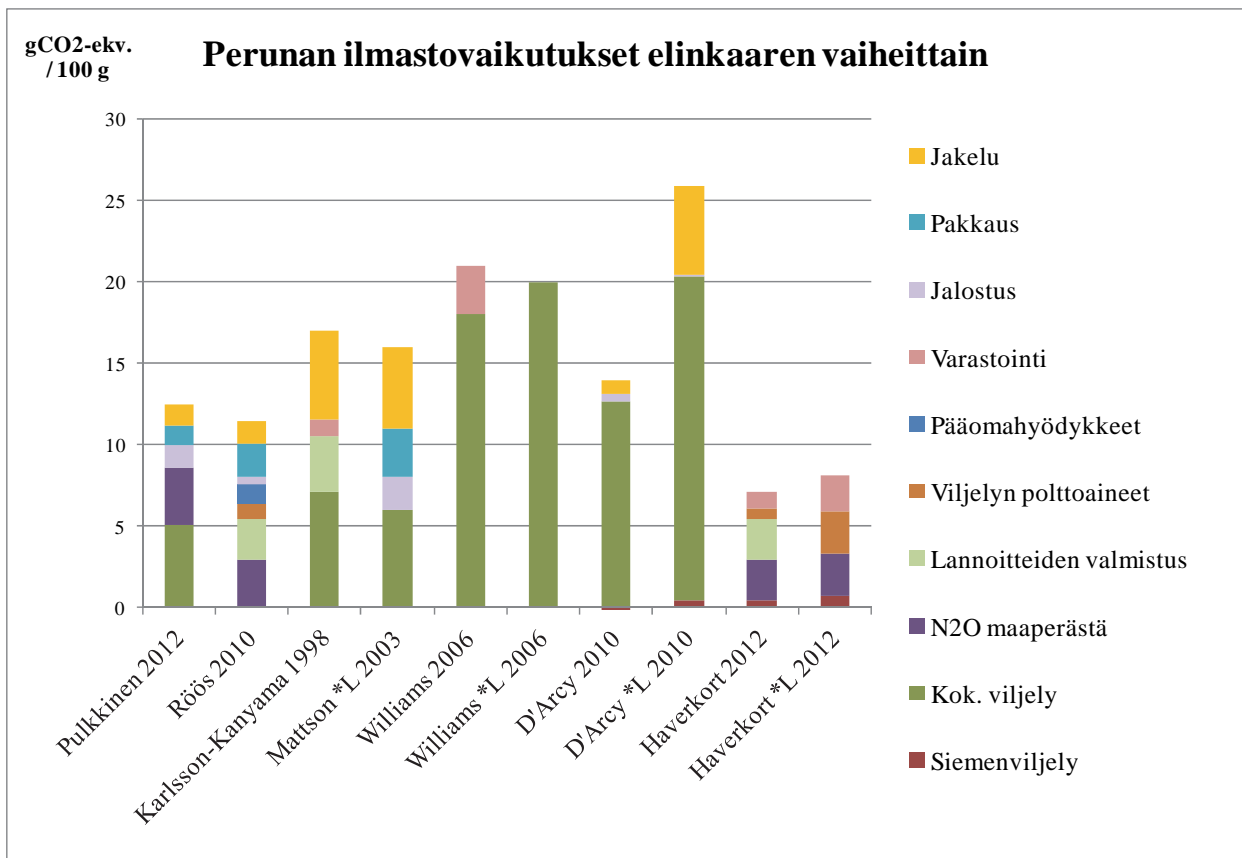
Fitsche (2007) julkaisi raportin tietokantaohjelman taustalla olevista, ilmeisesti melko karkeista, laske- mista. Siinä hän arvioi tavanomaisen saksalaisen perunan hiilijalanjäljeksi 20 ja luomuviljelyn perunan 14 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa.

Eräessä Defran teettämässä tutkimuksessa (Williams et al. 2009) vertailtiin isobritannialaista ja israelilais- ta pääsadon perunaa ja israelilaisella todettiin olevan lähes kaksinkertainen hiilijalanjälki isobritannialai- seen verrattuna. Tämä johtui raportin mukaan suuremmasta kastelutarpeesta, pienemmistä sadoista ja pidemmästä kuljetusmatkasta.

4 Perunan ilmastovaikutusten tarkastelu

4.1 Perunan ilmastovaikutusten jakautuminen elinkaaren vaiheisiin

Perunan viljelyn merkittävimmät päästöt syntyvät alkutuotannossa, jossa maaperästä vapautuu typpioksiduulia typpilannoitteiden käytön seurauksena. Toinen merkittävästä päästölähteistä on typpilannoitteen valmistus. Niiden lisäksi päästöjä syntyy erityisesti jakelusta, jalostuksesta, pakkauksen valmistuksesta ja viljelyn työkonien polttoainekulutuksesta. Jalostuksen päästöihin vaikuttaa energiatehokkuuden lisäksi myös käytetyn sähkön tuotannon päästöt (ks. kuva 2).



Kuva 2. Perunan ilmastovaikutusten jakautuminen elinkaaren vaiheisiin

Perunan hiilijalanjälkeen vaikuttaa merkittävästi maaperän suorat typpioksiduulipäästöt (N₂O), jotka lasjetaan per hehtaari. N₂O-päästöjen suuruuteen vaikuttaa maaperä ja typpilannoitustaso. Mitä suurempi typpilannoitustaso, sitä korkeammat päästöt per ha. Mutta myös mitä suuremmalle hehtaarisadolle hehtaarikohtainen päästö jaetaan, sitä pienempi hiilijalanjälki on per perunakilo. Hehtaarisadolla on siis merkittävä vaikutus perunan viljelyn hiilijalanjälkeen. Orgaanisia eli eloperäisiä maita viljeltäessä syntyy myös enemmän typpioksiduulipäästöjä kuin kivennäismaita viljeltäessä. Viljelyvaiheen ilmastovaikutuksen vaihteluväli oli tutkimuksissa 7–20 gCO₂-ekv./ 100 g

Haasteellista tutkimusten vertailusta tekee myös se, että ne raportoivat eri elinkaarenvaiheita eri tavoin. Tämä korostuu erityisesti jalostus- ja jakeluvaiheissa. Tutkimuksissa olleiden yksinkertaisten jalostusvaiheiden (yleensä lajittelu, pesu ja pakkaus) päästöt vaihtelevat tutkimuksissa 0,1–2,0 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa (D'Arcy 2010, Mattsson 2003, Pulkkinen 2012, Röös 2010). Jakelun osuus vaihteli tutkimuksissa 0,9–5,4 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa (D'Arcy 2010, Karlsson-Kanyama 1998, Mattsson 2003, Pulkkinen 2012 & Kesko 2012, Röös 2010).

Tutkimuksissa pakkauksina oli 2 kg paperi- tai muovipussi tai suuri pahvinen kuljetuspakkaus, ja niiden osuus vaihteli 1,2–3,0 gCO₂-ekv./ 100 g perunaa (Mattsson 2003, Pulkkinen 2012, RööS 2010).

Eri tutkimustulokset vaihtelevat kuitenkin merkittävästi, esimerkiksi eri maiden olosuhteiden, tuotantotapojen sekä erilaisten laskentatapojen takia.

Tilojen välisiä eroja kuvaa hyvin D’Arcyn irlantilaisien tutkimustulosten vaihteluväli. Samalla alueella Irlannissa tuotetun tavanomaisen perunatuotannon hiilijalanjälki vaihteli eri tiloilla 12–24 gCO₂-ekv./100 g pakattua perunaa. Luomutuotannossa vaihteluväli oli irlantilaisessa vieläkin suurempi, 12–65 gCO₂-ekv./100 g pakattua perunaa.

Siemenperunan tuotannon päästöillä ei näytä näiden tutkimusten perusteella olevan merkittävää vaikutusta ruokaperunan tuotannossa. Vaikka Havenkort oli tutkimuksessaan saanut sille hieman tavanomaista perunaa suuremman hiilijalanjäljen, ei sen vaikutus koko ketjussa ole merkittävä, koska käyttömäärät suhteessa tuotetun perunan määrään ovat suhteellisen pieniä.

Taulukossa 2 näkyy eri tutkimusten tulokset, niiden aineisto sekä käytetyt sato- ja lannoitustasot niistä tutkimuksista missä tiedot on raportoitu yksiselitteisesti.

Taulukko 2. Viljelyn panosten ja päästöjen vertailu

| | Maa | Aineiston lähde tai tilojen lukumäärä | Satotaso | Typpi-lannoitus-taso | Varastointi sisällytetty | Ilmasto-vaikutus |
|------------------------|----------|--|----------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | | | t / ha | kgN/ha | Kyllä / Ei | gCO ₂ -ekv. / 100 g |
| Williams | UK | Tilastot, asiantuntija-arvio | 49 | 170 | Kyllä | 21 |
| Williams Luomu | UK | Tilastot, asiantuntija-arvio | 32 | | Kyllä | 20 |
| RööS | Ruotsi | Asiantuntija-arvio | 45 | 145 | | 12 |
| Pulkkinen | Suomi | 18 | 34 | 67 | Kyllä | 13 |
| Lillywhite | UK | Tilastot, kirjallisuus, asiantuntija-arvio | 45 | 200 | ? | 16 |
| D’Arcy | Irlanti | 11 | 28 | | | 14 |
| D’Arcy Luomu | Irlanti | 5 | 21 | | | 27 |
| Havenkort | Hollanti | 2 | 65 | 190 + lannan typpi | | 8 |
| Havenkort Luomu | Hollanti | 2 | 35 | ? | | 8 |
| Mattsson Luomu | Ruotsi | 4 | 25 | n. 165 | | 15 |

4.2 Vertailu muihin elintarvikkeisiin

Perunalla ja muilla runsassatoisilla avomaavihankeksilla on suhteessa muihin elintarvikkeisiin pienimmät ilmastovaikutukset (ks. taulukko 3). Niiden ilmastovaikutus koostuu pitkälti maaperän suorista typpioksiduulipäästöistä (N₂O), jotka lasketaan per hehtaari. N₂O-päästöjen mallinnukseen vaikuttaa maaperä ja typpilannoitustaso, mutta jaettaessa päästö suuremmalle hehtaarisadolle avomaavihannesten tapauksessa, hiilijalanjälki per kilo tuotetta on pienempi kuin esim. viljojen. Juuresten typpilannoitustasotkin ovat usein viljoja ja rypsiä pienemmät mikä puolestaan myös madaltaa niiden ilmastovaikutusta suhteessa viljoihin.

Tulee kuitenkin muistaa, että ilmastovaikutus ei ota huomioon esimerkiksi tuotteiden ravitsemuksellisuutta.

Taulukko 3. Suomalaisen elintarvikeryhmien keskimääräiset ilmastovaikutukset, gCO₂-ekv./100 g

| Ilmatovaikutus, gCO ₂ -ekv. / 100 g raaka-ainetta | |
|--|----------|
| Juurekset, juurikkaat, peruna, sipuli ja kaali | < 20 |
| Viljat ja rypsi | 60–150 |
| Kasvihuonevihankeks | 200–400 |
| Kananmuna | 270 |
| Lihat | 460–1500 |

Lähde: Saarinen 2011

5 Perunan tuotantoketjun kehittämismahdollisuudet ilmastovaikutusten näkökulmasta

Maatalouden kasviuonekaasupäästöjen vähennystavoitteet ovat korkealla ja haasteelliset. Maatalouden päästöt koostuvat kuitenkin monista eri lähteistä ja usein biologisista prosesseista, joihin vaikuttaminen on monimutkaista. Toisin kuin muilla sektoreilla, maataloudessa on siksi vaikeampi vähentää päästöjä teknologisten innovaatioiden tai vähäpäästöisempien energiamuotojen avulla. Se ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö myös maataloustuotannossa olisi paljon kehittämismahdollisuuksia.

Perunalla on runsastuottoisena kasvina useita muita elintarvikkeita matalampi ilmastovaikutus. Sen ilmastovaikutus koostuu pitkälti maaperän suorista typpioksiduulipäästöistä (N₂O). Typpioksiduulipäästöjen suuruuteen vaikuttaa eniten maaperä ja typpilannoitustaso: orgaanisia maita viljeltäessä päästöjä syntyy enemmän kuin kivennäismaita viljeltäessä ja mitä enemmän tyyppiä käytetään per hehtaari, sitä suuremmat ovat päästöt hehtaarilta.

Kuitenkin, mitä suuremmalle hehtaarisadolle hehtaarikohtainen päästö jaetaan, sitä pienemmät ovat päästöt per satokilo. Satotasojen ja tyyppien käytön optimointi onkin yleisin kirjallisuudessa mainittu kasviuonekaasupäästöjen hillitsemiskeino (Hillier et al. 2009 ja 2011, Rööös et al. 2009 ja 2010). Viljelijöille typpilannoituksen käytön taloudellinen optimointi onkin tuttua, mutta tulee muistaa, että tilan talouden ja ympäristön optimi voivat olla erilaiset.

Satotason varmistaminen ja korkean laadun takaaminen varmistavat, että käytetyillä panoksilla saadaan mahdollisimman paljon elintarvikelaatuista perunaa käyttöön. Vaikka huonot, liian pienet ym. perunat menevät jo usein hyötykäyttöön, olisi parasta, että mahdollisimman paljon perunaa saataisiin sen alkupe räiseen tarkoitukseen eli ihmisravinnoksi.

Satotasolla on merkittävä vaikutus perunan ilmastovaikutukseen. Siksi jos erilaisilla toimenpiteillä, kuten maan kasvukunnon parantamisella, oikein ajoitetulla keinokastelulla tai kasvinsuojeluaineiden käytöllä, onnistutaan nostamaan satotasoa tai huonoina vuosina takaamaan kohtuullinen satotaso, niillä on todennäköisesti perunan ilmastovaikutuksia pienentävä vaikutus.

Perunan pitkä varastointi kuluttaa väistämättä paljon energiaa. Varastoinnin energiatehokkuuden parantaminen ja energialähteen vaihtaminen vähemmän kasviuonekaasupäästöjä aiheuttavaan, pienentää ilmastovaikutuksia (Hillier et al. 2011, Wallén ym. 2004).

Hillier et al (2009) tutkimus keskittyi juuri avomaakasvien kasviuonekaasupäästöjen hillitsemiseen. He nostavat tyyppien käytön vähentämisen tärkeimmäksi tavoitteeksi päästöjen pienentämisessä yhdessä maaperään hiilen sitomisen kanssa. Valitettavasti maaperään sitoutuvan hiilen tutkimus vaatii vielä kehittämistä ennen kuin sen määrää pystytään tarkasti mallintamaan. Muita Hillierin mainitsemia tapoja hillitä avomaakasvien päästöjä ovat kasvien tyyppien käytön tehostaminen, typensitojakasvien (palkokasvien) käyttäminen ja maanmuokkausten vähennykset.

Mattsson ja Wallen (2003) pitävät satotasoa merkittävänä hiilijalanjälkeä määrittelevänä tekijänä ja pitävät tasojen nostamista tutkimus- ja kehitystyöllä tärkeänä. Ympäristövaikutusten näkökulmasta hekin korostavat ravinteiden käytön optimointia sekä laadunvarmistusta, jotta mahdollisimman suuri osa viljelystä perunasta saadaan ihmisravinnoksi. Hävikin vähentäminen ja raaka-ainekäytön hyötysuhteen parantaminen on tärkeää koko tuotantoketjussa.

Typpilannoituksen valmistuksen päästöt ovat merkittävät avomaatuotteiden hiilijalanjäljille. Havenkortin tutkimuksen mukaan vanhemmista lannoitteiden valmistustavoista siirtyminen best available technology (BAT) lannoitteisiin vähentää perunan päästöjä n. 12 %. Myös suomalaisen tutkimuksen mukaan (Katajajuuri et al 2010) mukaan vähäpäästöisillä avomaatuotteilla päästöt voivat vähentyä jopa 8 %.

Perunan kastelun vaatima energiankulutus ei Rööös tutkimuksen perusteella ole erityisen merkittävä. Sen sijaan, jos kastelulla onnistutaan nostamaan satotasoa ja kuivina vuosina takaamaan kohtuullinen satota-

so, kastelulla on todennäköisesti enemmän perunan ilmastovaikutuksia pienentävä vaikutus. Toki tulee huomioida eri maiden olosuhteet makean veden riittävyuden osalta sekä mahdollinen vesistöjä rehevöittävä vaikutus.

Kuten monien muidenkin elintarvikkeiden hiilijalanjälkitutkimuksissa, myös perunatutkimusten tulokset antavat ristiriitaisia tuloksia luomuviljelyn ilmastoystävällisyydestä. D’Arcyn ja Bosin tutkimuksissa luomuviljelyn ilmastovaikutus on suurempi, kun taas Fritschen tutkimuksessa pienempi. Havenkortin ja Williamsin tutkimuksissa ilmastovaikutukset olivat lähes yhtä suuret.

Merkittävää perunatuotteiden ilmastovaikutusten kannalta on resurssitehokkuus ja erityisesti tuotannon hyötysuhde. Koska suuri osa päästöistä syntyy jo perunaa viljeltäessä, valmista raaka-ainetta tulisi hukata jalostuksessa mahdollisimman vähän. Mitä myöhäisemmässä vaiheessa perunan elinkaarta syntyy hävikkiä, sitä suuremmat ovat päästöt, jotka ovat aiheutuneet turhaan hävikkimäärän tuottamiseksi.

Mikäli perunatuotetta jalostetaan pitkälle ja jalostus kuluttaa merkittävästi energiaa (esim. kuumennus), ilmastovaikutusta voidaan pienentää vaihtamalla energiaan, joka tuottaa vähemmän kasvihuonekaasupäästöjä. Energiatehokkuuden parantaminen, esimerkiksi hyödyntämällä lauhdevesiä tai ulkoilmaa jäähdytykseen, pienentää myös tehokkaasti ilmastovaikutuksia.

Vaikka pakkauksen valmistus ei yleensä aiheuta merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä, perunan pakkauksen päästöt voivat olla olennaiset, koska itse perunan ilmastovaikutukset ovat pienet. Paras pakkaus on ilmaston kannalta se, joka vähentää hävikkiä niin kuljetuksissa, kaupassa ja kuluttajalla suojaamalla arvokasta sisältöä.

Kesko on tutkinut Suomessa Pirkka perunan kaupan osuuden ilmastovaikutusta vuonna 2011. Kaupan osuuden ilmastovaikutus oli yhteensä n. 2 gCO₂-ekv./100 g tuotetta. Yli puolet tästä vaikutuksesta syntyi jakelukuljetuksista varastosta kauppaan. Hävikin osuus oli 2 kg pusseihin pakatulla tuotteella hyvin pieni.

Peruna vaatii kunnollisen kypsennyksen. Tapahtuipa se teollisuudessa tai kuluttajalla, sen päästöt ovat myös merkittävät. Tehdyissä tutkimuksissa tarkastellaan hyvin vähän jalostettuja perunatuotteita. Jalostettujen tuotteiden vertailukin on vaikeaa erilaisten tuotantoprosessien takia, jotka vaihtelevat jo kansallisesti saati kansainvälisesti. Jalostuksen päästöihin vaikuttaa energiategokkuuden lisäksi mitä energiamuotoja käytetään sekä miten käytetty sähkö on tuotettu.

Kuluttaja pystyy minimoimaan kypsennyksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt kypsentämällä perunat uunin sijaan liedellä. Jos mahdollista kypsennys on tehokkaampi kerta-annosta suuremmissa erissä, mutta vain jos kypsennetyt perunat tulevat kaikki syödyksi. Lisäksi keitinveden voi lämmittää tehokkaammin ensin vedenkeitinissä.

Kuluttajahävikin ehkäiseminen tulisi kuitenkin olla ensisijainen kuluttajavaiheen ilmastovaikutusten vähentämiskeino. Foodspill-tutkimuksen mukaan (Silvennoinen ym. 2012) kuluttajilla syntyvästä ruokahävikistä 6 % on perunaa. Se tarkoittaa, että Suomessa heitetään vuosittain noin 8 miljoonaa kiloa syömäkelpoista perunaa roskeen.

6 Yhteenveto

Perunan ilmastovaikutuksia on tutkittu elinkaariarvioinnilla kansainvälisesti jo useita vuosia. Tutkimuksia löytyy Suomen lisäksi erityisesti Ruotsista, Englannista ja Hollannista. Viimeaikaisia tutkimuksia voidaan pitää jo hyvin luotettavina, vaikka laskentatapojen erilaisuus ja raportointi asettaakin haasteita tutkimusten vertailulle. Vaikka kansainvälisesti perunatuotteiden ilmastovaikutuksia on tutkittu paljon, on tutkimusten vertailu haasteellista. Tutkimuksissa on voitu käyttää hieman eri laskentatapoja ja usein tutkimusten raportointi on puutteellista. Selvityksessä tutkittiin lähinnä perunan elinkaarta viljelyyn tai jalostukseen asti. Kuljetusten, jakelun ja pakkausten sisällyttäminen vaihteli tutkimuksissa.

Tehty perunan ilmastovaikutustutkimusten selvitys tukee aikaisempaa käsitystä, jonka mukaan perunan ilmastovaikutus on pieni verrattuna muiden elintarvikkeiden tuotantoon ja koostuu pitkälti perunan viljelyn päästöistä. Pitää kuitenkin pitää mielessä, että ilmastovaikutus lasketaan perinteisesti per kilo tuotetta, eikä se ota huomioon tuotteiden ravitsemuksellisia eroja.

Perunaa tuottavien tilojen väliset erot voivat olla suuria ja tilat voivat itse vaikuttaa ilmastovaikutusten suuruuteen. Tutkimusten perusteella on tärkeintä taata hyvä satotaso kohtuullisin typpilannoitetasoin ja minimoida elintarvikekelpoisen perunan hävikki koko tuotanto- ja kulutusketjussa. Optimaalisen suhteen löytäminen typpilannoitustasojen ja satotason välillä on siis taloudellisten näkökulmien lisäksi tärkeää myös ilmaston kannalta.

Perunan viljelyn merkittävimmät päästöt syntyvät alkutuotannossa, jossa maaperästä vapautuu typpioksiduulia typpilannoitteiden käytön seurauksena. Toinen merkittävistä päästölähteistä on typpilannoitteen valmistus. Osa lannoitevalmistajista on jo kuitenkin ottanut tai on ottamassa käyttöön uusia puhtaampia teknologioita typpilannoitteiden valmistuksessa, joiden myötä valmistuksen päästöt puolittuvat aikaisemmasta. Lisäksi päästöjä syntyy perunan energiaa kuluttavasta varastoinnista, kuljetuksista, jalostuksen energian kulutuksesta, pakkauksen valmistuksesta ja viljelyn työkalujen polttoainekulutuksesta.

Peruna vaatii kunnollisen kypsennyksen. Tapahtuipa se teollisuudessa tai kuluttajalla, sen päästöt ovat myös merkittävät. Jalostuksen päästöihin vaikuttaa energiatehokkuuden lisäksi mitä energiamuotoja käytetään sekä miten käytetty sähkö on tuotettu.

Pakkausten valmistuksella ja kuljetuksilla ei ole erityistä merkitystä useiden ruokatuotteiden ilmastovaikutuksiin. Perunoiden ilmastovaikutus on kuitenkin luonnostaan niin pieni, että niiden kohdalla kuljetukset ja pakkaukset ovat suhteellisesti jo merkittäviä.

Eri tutkimuksista nähdään, että ilmastovaikutukset vaihtelevat merkittävästi, esimerkiksi eri maiden olosuhteiden, tuotantotapojen sekä tutkimuksissa käytettyjen erilaisten laskentatapojen takia. Perunan ilmastovaikutukset vaihtelevat kirjallisuuden mukaan lähinnä 10–20 gCO₂-ekv. / 100 g perunaa. Vaihtelua selittää lisäksi se, että tutkimuksiin on sisällytetty erilaisia perunan elinkaaren vaiheita. Myös samoissa tutkimuksissa tarkasteltujen perunan viljelijöiden väliset erot näyttävät olevan jopa -67 %:sta aina 200 %:iin saakka. Isot vuosittaiset vaihtelut ovat hyvin tyypillisiä avomaaviljelyssä mm. sääolosuhteiden vuoksi. Koska satotaso vaihtelee paljon vuosittain, myös perunan ilmastovaikutus vaihtelee.

7 Kirjallisuus

- Borzecka-Walker, M., Faber, A., Pudelko, R., Kozyra, J., Syp, A. & Borek, R. 2011. Life cycle assessment (LCA) of crops for energy production. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 9: 698-700.
- Bos, J. F. F. P., de Haan, J. J., Sukkel, W. & Schils, R. L. M. Comparing energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in The Netherlands. In *Proceedings of the Third QLIF Congress, Hohenheim, Germany, 20–23 March 2007*.
- Brandao, M., 2008. Life Cycle Carbon Emissions from Food Systems - Where are the hotspots and how much do they depend on management? Ppt-presentation 2.4.2008.
<http://www.gecafs.org/documents/PP10Brandao.pdf>
- D'Arcy, A., O'Halloran, J. 2010. An LCA of potato production in Ireland: impacts on ecology and environment VII international conference on life cycle assessment in the agri-food sector Bari Italy, pp.563-568
- Fritsche, U. & Eberle, U. Arbeitspapier: Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln; Öko-Institut: Darmstadt, Germany, 2007.
- Havenkort, A. J. & Hillier, J. G. 2011. Cool Farm Tool – Potato: model description and performance of four production systems. *Potato Research* 54: 355-369.
- Havenkort, A. J. & Hillier, J. G. 2011. Cool Farm Tool – Potato: model description and performance of four production systems. *Potato Research* 54: 355-369.
- Hay, F.S., Pethybridge, S.J., 2011. Estimate of the global warming potential of the Tasmanian pyrethrum industry in comparison to other crops, potato and onion, *Acta Horticulturae Et Regiotecturae: The Scientific Journal for Horticulture, Landscape Engineering, Architecture and Ecology* ISSN 1335-2563.
<http://ecite.utas.edu.au/73098>
- Hillier, J., Hawes, C., Squire, G., Hilton, A., Wale, S. & Smith, P. 2009. The carbon footprints of food crop production. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7: 107-118.
- Hillier, J., Hilton, A., Wale, S., Hawes, C., Squire, G. & Smith, P. 2011. SAC Newsletter. Carbon Footprinting of Crop Production ppt.
www.scri.ac.uk/scri/file/PiP/Carbonfootprintingofcropproduction.pdf
- Katajajuuri, J.-M., Hartikainen, H., Silvenius, F. 2010. Lannoitteet vähentävät elintarvikkeiden ilmastovaikutuksia. *Leipä Leveämmäksi* 3/2010. Yara Suomi Oy.
- Lillywhite R, Chandler D, Grant W, Lewis K, Firth C, Schmutz U, Halpin D. (2007) Environmental Footprint and Sustainability of Horticulture (including Potatoes) – A Comparison with other Agricultural Sectors. Final report of Defra project WQ0101.
- Lillywhite, R. 2008. The environmental footprint: A method to determine the environmental impact of agricultural production. *Aspects of Applied Biology* 86 - Greening the Food Chain.
- Mattsson, B., Wallén, E. 2003. Environmental LCA of organic potatoes. In: *Proceedings of the 26th International Horticultural Congress, ISHS, Acta Horticulturae* 691.
- Pathak, H., Jain, N., Bhatia, A., Patel, J. & Aggarwal, P. K. 2010. Carbon footprints of Indian food items. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 66–73.
- Walkers 2012. Walker's carbon footprint.
http://www.walkerscarbonfootprint.co.uk/walkers_carbon_footprint.html

Pulkkinen, H., Regina, K., Katajajuuri J.-M., 2012. Introduction of a national method to estimate direct nitrous oxide emissions from mineral soils for Finnish product carbon footprinting, in: Corson, M.S., van der Werf, H.M.G. (Eds.), Proceedings of the 8th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2012), 1-4 October 2012, Saint Malo, France. INRA, Rennes, France, p. 173–176.

Röös, E. 2009. Carbon Footprint of Table Potatoes – Uncertainties and Variations. Report 017. Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

Röös, E., Sundberg, C. & Hansson, P.-A. 2010. Uncertainties in the carbon footprint of food products: a case study on table potatoes.

Saarinen, M., Kurppa, S., Nissinen, A., Mäkelä, J., (toim.) 2011. Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ympäristövaikutusten ytimessä. ConsEnv-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 14/2011. Ympäristöministeriö.

Silvennoinen, K., Koivupuro, H.-K., Katajajuuri, J.-M., Jalkanen, L., Reinikainen, A. 2012. Ruokahävikki suomalaisessa ruokaketjussa. MTT Raportti 41. Juvenes Print – Tampereen Yliopistopaino Oy

So, K.H., Ryu, J.H., Shim, K.M., Lee, G.Z., Roh, K.A., Lee, D.B., Park, J.A., 2010. Estimation of Carbon Emission and Application of LCA (Life Cycle assessment) from Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production System. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 43: 606-611.
Tanskalainen tietopankki (2003) (tutkimuksen taustoja ei tiedossa)

Tesco 2012. Carbon Label Findings.

http://www.tesco.com/assets/greenerliving/content/documents/pdfs/carbon_label_findings.pdf

Wallén, A. et al. 2004. Does the Swedish consumer's choice of food influence greenhouse gas emissions? Environmental Science & Policy. 7: 525–535.

Williams, A.G., Audsley, E., Sandars, D.L. 2006. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. In: Main Report, Defra Research Project IS0205, Cranfield University and Defra. <<http://www.defra.go.uk>>..

Williams, A.G.; Pell, E.; Webb, J.; Tribe, E.; Evans, D.; Moorhouse, E.; Watkiss, P. (2009) Comparative Life Cycle Assessment of Food Commodities Procured for UK Consumption through a Diversity of Supply Chains. Final Report to Defra on Project FO0103.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

