



Potwellin pakattujen perunatuotteiden hiili- ja vesijalanjäljet

Eric Harrison, Frans Silvenius, Kirsi Usva, Hannele Heusala ja Juha-Matti Katajajuuri



Kirjoittajat: Eric Harrison, Frans Silvenius, Kirsi Usva, Hannele Heusala, Juha-Matti Katajajuuri
Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)
Julkaisija: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2019
Julkaisuvuosi: 2019
Kannen kuva: Erkki Oksanen

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitetään hiili- ja vesijalanjälkiarvio kahdelle Potwellin erikokoisessa pakkauksessa myydylle ruokaperunatuotteelle, kahdelle erikokoiselle kuoritulle perunatuotteelle ja yhdelle vakuu-
mipakatulle keitetylle perunatuotteelle. Systeemi rajautui neljään elinkaarivaiheeseen viljelyn panos-
tuotannosta kaupan keskusvaraston portille: alkutuotantoon, jalostamoihin, pakkauksiin ja kuljetuk-
siin. Pohja-aineistoksi kerättiin PEF-menetelmää pääosin mukaillen kattavat primäärilähtötiedot pe-
runoiden viljelijöiltä, jalostamoilta (pakkaamoilta ja kuorimoilta) sekä Keskolta keskusvarastokuljetus-
ten osalta. Kerätyt kolmen vuoden lohkotiedot (2016 – 2018) tiloilta edustivat kunakin vuonna yli 50
prosenttia Potwellin hankkimasta perunasta. Vesijalanjälki laskettiin käyttäen AWARE-menetelmää,
joka huomioi tuotantomaiden vesiniukkuuden suhteessa käytettyyn vesimäärään.

Ruokaperunalle saatiin hiilijalanjäljeksi 11,5 – 12,2 g CO₂-ekv/100 g perunaa, kuoritulle perunalle
13,7 g CO₂-ekv/100 g ja keitetylle 34,1 g CO₂-ekv/100 g. AWARE-vesijalanjäljeksi saatiin ruokape-
runalle 7 – 8 litraa (AWARE)/kg perunaa, kuoritulle noin 11 litraa (AWARE)/kg ja keitetylle noin 27
litraa (AWARE)/kg. Alkutuotanto oli eniten khk-päästöjä aiheuttava elinkaarivaihe kaikille tuotteille
paitsi keitetylle perunalle, jolle merkittävin oli jalostus. Alkutuotannon sisällä eniten khk-päästöjä
aiheuttivat maaperän typpioksiduulipäästöt. Jalostuksessa suurin päästölähde keitetylle perunalle oli
polttoöljyn käyttö perunan keittämiseen. Keskeisimmät prosessit vesijalanjäljen osalta olivat ruoka-
perunoille ja keitetylle perunalle muovipakkausten valmistaminen ja kuoritulle perunalle perunapel-
tojen kasteleminen.

Asiasanat: hiilijalanjälki, vesijalanjälki, ympäristöjalanjälki, peruna, perunan tuotantoketju

Sisällys

1. Alkusanat	5
2. Järjestelmärajaukset ja menetelmät	6
2.1. Laskentamenetelmä.....	6
2.2. Järjestelmärajaukset	6
2.3. Alkutuotanto	7
2.4. Jalostamot.....	9
2.5. Pakkaukset	10
2.6. Kuljetukset	11
3. Tulokset	12
3.1. Hiilijalanjälki	12
3.2. Vesijalanjälki	13
4. Tulosten epävarmuudet ja vertailu aiempaan tutkimukseen	15

1. Alkusanat

Potwell Oy:n tilauksesta Luonnonvarakeskus laski hiili- ja vesijalanjäljen viidelle Potwellin toimittamalle perunatuotteelle:

- 1 kg ruokaperunapussi
- 2 kg ruokaperunapussi
- 5 kg veitsikuorittu perunasäkki
- 10 kg veitsikuorittu perunasäkki
- 2,5 kg vakuumpakattu keitetty peruna

Tuotteista ruokaperunapussit ovat vähittäiskauppatuotteita ja muut suurkeittiötuotteita. Laskentaan sisältyivät koko tuotantoketjun kasvihuonekaasupäästöt ja vedenkulutus alkutuotannon tuotantopanosten valmistuksesta valmiiksi pakatuiksi ja toimitetuiksi tuotteiksi saakka. Toiminnalliseksi yksiköiksi valittiin 100 g pakattua tuotetta hiilijalanjäljelle ja kilogramma pakattua tuotetta vesijalanjäljelle.

Tutkimus toteutettiin vuoden 2019 heinäkuun ja joulukuun välisenä aikana. Hankkeen vastuullisena tutkijana toimi erikoistutkija Juha-Matti Katajajuuri ja varsinaisina tutkijoina Eric Harrison, Frans Silvenius sekä Kirsi Usva. Hannele Heusala, joka oli varsinaisena tutkijana aiemmassa Potwellin hiilijalanjälkiselvityksessä vuonna 2010, teki suuren osan tiedonkeruun pohjatyöstä ja valmisteli kysymykset sekä tiedonkeruulomakkeet viljelijöille ja perunan jalostamoille (pakkaamot ja kuorimot). Työ toteutettiin standardien ISO 14040/14044 mukaisesti ja siinä mukailtiin suurelta osin Product Environmental Footprint (PEF) –ohjeistusta: poikkeukset tästä on esitetty luvussa 2.1.

Tutkimuksen laatimista seurasi Potwellilta toimitusjohtaja Teppo Vetoniemi, joka myös välitti jalostamojen täyttämät aktiviteettitietolomakkeet ja pohjatietoja käytettyjen pakkausten hiilijalanjäljistä sekä keräsi tutkimustyön edetessä tarvittaessa tutkijoiden tarvitsemia lisätietoja tutkimukseen osallistuneilta tiloilta ja pakkaamoilta. Potwellin Paavo Ahvenniemi kokosi tutkimuksissa tarvittavat viljelijöiden lohko- ja tilakohtaiset aktiviteettitiedot Luken määrittelemään tiedonkeruupohjaan. Kesko toimitti tiedot Pirkka-perunoiden kuljetusten tonnikilometrimääristä ja käytetyistä ajoneuvoista jalostamoilta Keskon keskusvarastoihin.

Työ ja sen tulokset kuvaavat juuri Potwellin toimitusketjuun kuuluvien kuorimoiden, jalostajien, tuottajien ja muun ketjun toimintaa sekä ympäristötehokkuutta, joten tulosta ei voi yleistää koskemaan muiden perunatuottajien hiili- tai vesijalanjälkeä.

2. Järjestelmärajaukset ja menetelmät

2.1. Laskentamenetelmä

Menetelmällisesti työ noudattaa ISO 14040 ja 14044 –standardeja (ISO 2006), joissa on kuvattu elinkaariarvioinnin menetelmä ylätasolla. Euroopan komission Product Environmental Footprint (PEF) – ohjeistus on huomattavasti yksityiskohtaisempi ohjeistus, jota on alettu enenevästi käyttää. Perunalle ja perunatuotteille ei ole toistaiseksi laadittu Euroopan komission PEF-laskentaohjeistuksen tuoterühmäkohtaista laskentaohjetta. Työssä noudatettiin kuitenkin PEF-yleislaskentaohjetta (European Commission 2013, 2017) mahdollisimman paljon, koska se määrittelee laskentaa ja tiedonkeruuta ISO-standardeja yksityiskohtaisemmin, mikä lisää laskentojen vertailukelpoisuutta. Työssä poikettiin PEF-ohjeesta seuraavien asioiden suhteen: työstä ei laadittu hyvin yksityiskohtaista raportointia eikä laskentaan sisällytetty kaupan ja kuluttajien toimintoja ja työssä rajauduttiin tarkastelemaan hiili- ja vesijalanjälkeä, muttei kaikkia muita mahdollisesti olennaisia ympäristöjalanjälkiä (esimerkiksi rehevöitymistä).

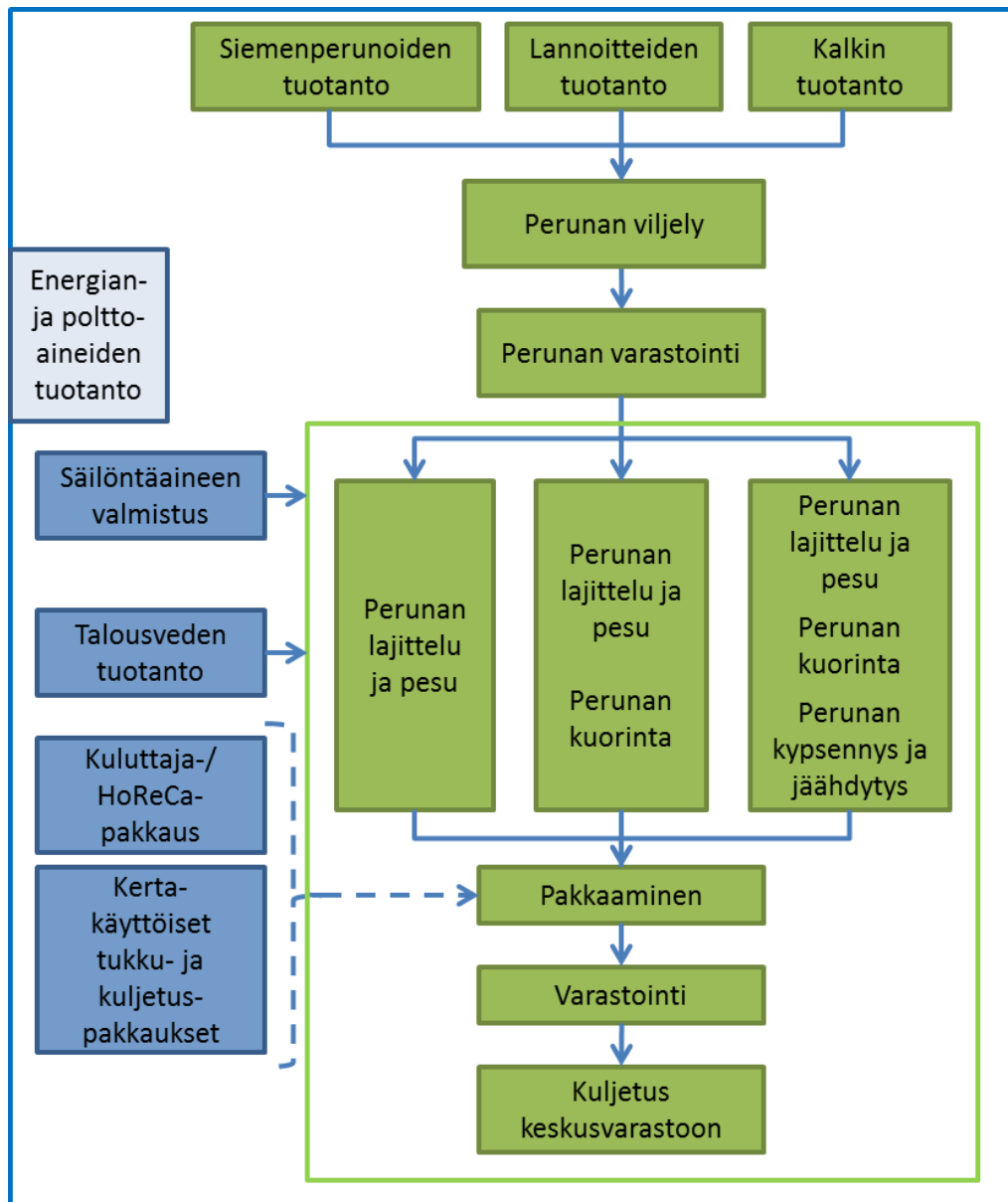
Hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin perunatuotteiden tuoteketjujen eri vaiheissa syntyvät yleisimmät kasvihuonekaasut, eli hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli, jotka muunnettiin hiilidioksidiekvivalentti-kilogrammoiksi tuoteyksikköä kohden.

Vesijalanjäljen laskentaan sovellettiin niin ikään ylätasolla ISO14046 (ISO 2014) –standardia. Vesijalanjäljen arviointi voi sisältää useita veteen liittyviä vaikutusluokkia. Tässä tarkasteltiin veden niukkuusvaikutusta, ja menetelmäksi valittiin AWARE-menetelmä, joka kuvaa veden niukkuutta valuma-alueella (Boulay et al. 2017).

Vesiniukkuusvaikutuksen laskemisessa käytettiin maa- ja vuositason kertoimia. Viljelyn, jalostuksen ja lannoitteiden valmistuksen osalta käytettiin Suomen kertoimia. Sähköntuotannosta 20 % oletettiin tapahtuvan Ruotsissa ja 80 % Suomessa. Polttoaineiden tuotanto on hyvin vaikeasti paikannettavissa, joten niille sovellettiin maailman kertoimia.

2.2. Järjestelmärajaukset

Perunalle laskettiin hiili- ja vesijalanjälki alkutuotannosta kaupan keskusvaraston portille, eli kyseessä on niin kutsuttu cradle-to-gate -tutkimus. Perunan tuotantoketju jakautuu karkeasti neljään osaan: alkutuotantoon, jalostamoihin (pakkaamot ja kuorimot), pakkausten valmistusketjuihin ja kuljetuksiin. Kuva 1 havainnollistaa työssä huomioituja prosesseja: elinkaarivaiheet ja aktiviteettitiedot kuvaillaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin muun muassa tuotantotilojen, teiden ja varastojen rakennus ja huolto, koneiden ja laitteiden valmistus ja huolto, hiilivarojen ja maankäytön muutokset, keskusliikkeiden valtakunnallinen jakelulogistiikka sekä kaupan ja kuluttajan hiilijalanjälki.



Kuva 1 Yksinkertaistettu kaaviokuva huomioiduista elinkaarivaiheista

2.3. Alkutuotanto

Alkutuotannon hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin seuraavat kasvihuonekaasujen päästölähteet:

- suorat ja epäsuorat typpioksiduulipäästöt maaperästä, levitetystä typpilannoitteesta ja kasvintähteistä,
- khk-päästöt typpilannoitteen, muiden lannoitteiden ja kalkitusaineen valmistuksesta,
- kalkituksen aiheuttamat maaperän hiilidioksidipäästöt,
- typpilannoitteen ja kalkitusaineen kuljetuksen päästöt (tuottajalta maataloilille),
- siemenperunoiden kasvatuksen ja kuljetuksen päästöt,
- työkalujen polttoaineen kulutuksen päästöt (poltto ja dieselin tuotantoketju),
- perunan tilavarastoinnin sähkönkulutuksesta aiheutuvat päästöt sekä
- päästöt perunoiden kuljetuksesta varastoihin sekä tiloilta jalostamoille.

Perunan alkutuotannosta kerättiin tietoja kaikkiaan 47 tilalta ja 722 lohkolta vuosilta 2016, 2017 ja 2018 (sisältäen useimmissa tapauksissa samojen lohkojen tietoja eri vuosilta). Tilat ilmoittivat keskimäärin yhteensä 15,36 lohkoa eli 5,12 kultakin vuodelta. Kultakin vuodelta kerättiin lähes saman kokoinen otos, vastaten 26 000 – 28 000 tonnia kasvatettua perunaa. Vuoden 2018 ilmoitettujen lohkojen kasvatetun perunan määrä kattoi 61,9 % Potwellin yhteistyöjalostamojen kaikesta vuonna 2018 vastaanottamasta perunasta, ja näin otosta voidaan pitää aivan poikkeuksellisen kattavana ja tältä osin PEF:n mukaisena.

Viljelijöiltä kysyttiin lohko kohtaisina tietoina lohkon ala, satotaso, maalaji (orgaaninen vai kivennäismaa), typpilannoitustasot hehtaaria kohden (kivennäislannoitus ja lanta), käytetyt kalkitusaineet ja kalkitustasot sekä siemenperunan määrät hehtaaria kohden. Tilakohtaisina tietoina kysyttiin perunan varastoinnin energiankulutukset ja –tuottajat sekä varasto- ja jalostamokuljetusten kuormien painot ja kuljetut matkat. Lisäksi vesijalanjäljen laskentaa varten pyydettiin antamaan kokonaissadetusmäärät joko lohko kohtaisesti tai tilakohtaisesti.

Suoria typpioksiduulipäästöjä aiheuttaa orgaaninen maaperä, typpilannoituksen seurauksena syntyvät N₂O-päästöt ja pellolle korjuun jälkeen jäävät kasvintähteet. Lisäksi epäsuoria N₂O-päästöjä syntyy typpilannoituksen huuhtoumista ja typen oksidien sekä ammoniakkin kemiallisista reaktioista. Ilmastovaikutuksen laskentaan käytettiin PEF:n suositusten mukaisesti vuoden 2013 IPCC-ohjeistuksen karakterisointikertoimia metaanille ja typpioksiduulille (Fazio et al. 2018) sekä maaperän typpioksiduulipäästöjen määrittämiseen vuoden 2006 IPCC-ohjeistusta (IPCC 2006).

Kalkitusaineet jaettiin kahteen pääryhmään: dolomiittiin ja kalsiittiin. Dolomiitin valmistuksen päästöt arvioitiin Ecoinvent-tietokannan päästökertoimilla ja kalsiitin käyttäen Nordkalkin tietoja. NPK-lannoitteiden valmistuksen päästöt laskettiin käyttäen Yaran vuonna 2010 luovuttamia päästö-tietoja ja viljelyn työkoneiden dieselkulutusten lähteenä oli Mikkola & Ahokas (2009).

Viljelijät ilmoittivat joko koko tilan vedenkäyttönsä tai sitten sadetustasot millimetreinä lohko kohtaisesti. Oletettiin, että niillä tiloilla, joilla vedenkäyttöä ei oltu ilmoitettu, sadetus ei ollut käytössä. Tuotantopanosten valmistuksen vedenkulutus otettiin myös huomioon. Lannoitteiden, polttoainesten ja sähköntuotannon vedenkulutukset arvioitiin Usvan et al. (2019) mukaan. Kalkin tuotannon vedenkulutus oletettiin nolllaksi.

Suurimmalla osalla tiloista oletettiin, että ilmoitetut sähkönkulutukset vastasivat ilmoitettujen lohkojen perunantuotannon tarpeita. Virheiden varalta tarkistettiin erikseen viljelijöiltä muutama poikkeuksellisen korkea ilmoitettu sähkönkulutus tilan lohkojen kokonaissatoa kohden (yli 100 kWh/tonni perunaa), ja ne korjattiin tarpeen vaatiessa todellista kulutusta vastaavaksi. Toisena varoimenpiteenä laskettiin, miten sähkönkulutus perunatonna kohden muuttuu huomioimalla vain tilat, jotka olivat ilmoittaneet vähintään 15 lohkoa tai sähkön käyttönsä selkeästi jotain tuotettua perunamäärää kohden. Tällä ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta sähkön kulutukseen tuotettua perunamäärää kohden, joten sähkön päästölaskelmiin otettiin mukaan myös alle 15 lohkoa ilmoittaneet tilat.

Sähkölle käytettiin sen tuottajien itse internet-sivuillaan tai vuosikertomuksissaan ilmoittamia ominaispäästökertoimia: ilmoitettuihin päästöihin lisättiin ketjun päästöt tuottajien ilmoittamien uusiutuvan, fossiilisen ja ydinvoiman suhteiden mukaan. Fossiilisen energian ketjun päästöjen lähteenä oli Sokka ym. (2018), Ecoinventin päästökerrointa käytettiin suomalaiselle vesivoimalle ja Kaldelliksen et al. (2017) päästökertoimia tuulivoimalle. Ydinvoiman sekä aurinkovoiman päästökertoimien lähde oli Lenzen (2008).

Siemenperunoiden määräksi laskettiin noin 6,7 % tuotetun perunan kokonaismäärästä ja sen kasvatuksen päästöt arvioitiin kertomalla kaikki lasketut perunan kasvatuksen päästöt kertoimella 0,067. Siemenperunoiden määrä jäi ilmoittamatta kuudelta lohkolta: näille kirjattiin keskiarvon mukainen siemenperunan käyttö. Varasto- ja jalostamokuljetusten khk-päästöt laskettiin Ecoinventin päästökertoimella traktorille sekä VTT:n Lipasto-tietokannan avulla kuorma-autoille ja puoliperävau-nuyhdistelmille.

Niille kuudelle tilalle, jotka ilmoittivat varastoivansa perunaa mutta eivät kertoneet sähkönkulutustaan, käytettiin kulutuksensa ilmoittaneiden sähkönkulutuksen keskiarvoa tuotettua perunamäärää kohden (noin 28 kWh/perunatonni). Niille 12 tilalle, jotka eivät ilmoittaneet sähkön tuottajaa, käytettiin sähkön päästökertoimenä Suomen viiden vuoden liukuvaa keskiarvoa 0,158 kg CO₂/kWh (Tilastokeskus 2017, päivitetty 5/2019). Tiloilla, joiden kuljetustiedoissa oli puutteita, käytettiin muiden tilojen avulla laskettuja keskiarvoisia päästötasoja tuotettua perunamäärää kohden. Koska työssä kysyttiin viljelijöiltä vain tyyppilannoituksen määrä, arvioitiin muiden lannoitteiden valmistamisen päästöt prosenttiosuutena 1,63 % kaikista alkutuotannon päästöistä: tämä on sama prosenttiosuus kuin vuonna 2010 – 2011 Potwellille toteutetussa perunatuotteiden hiilijalanjälkiarviossa ja noin 10 % tyyppilannoitteen valmistuksen päästöistä. Aikaisempaa tutkimusta käytettiin myös mm. typpi-, diesel- ja siemenperunoiden kuljetusetäisyyksien arvioinnissa. Muiden kuin tyyppilannoitteiden kuljetusten päästöt oletettiin hyvin pieniksi (< 0,1 g CO₂-ekv/kg perunaa), eikä niitä otettu mukaan laskentaan.

2.4. Jalostamot

Kaikki Potwellin kanssa yhteistyötä tekevät seitsemän jalostamo lähettivät tietoja tutkimuksen tekoa varten. Kuusi jalostamoista valmistaa päätuotteenaan ruokaperunaa ja yksi vain keitettyä sekä veitsikuorittua perunaa. Jalostamojen hiilijalanjälkeä arvioitaessa huomioitiin kaikilta jalostamoilta seuraavat kasvihuonekaasujen päästölähteet:

- jalostamon sähkön kulutus,
- biogeenisen metaanin päästö kaatopaikkajätteestä,
- vedenkulutuksen khk-päästöt,
- kevyen polttoöljyn tuotannon ja polton päästöt sekä
- kylmäaineiden vuotojen päästöt.

Lisäksi kuorittuja ja keitettyjä perunoita valmistavassa jalostamossa huomioitiin aiempien lisäksi jalostamon oman jätevedenpuhdistamon typpioksiduuli- ja biogeeniset metaanipäästöt, lieteveden kuljetuksen päästöt sekä kuorittujen perunoiden säilöntäaineena käytetyn natriummetabisulfiitin valmistamisen päästöt.

Ruokaperunaa valmistavilta jalostamoilta kysyttiin vuoden 2018 sisään tulevan perunan, valmiin tuotteen ja kaatopaikkajätteen määrä, laitoksen sähkönkulutus ja –tuottaja sekä lämmitysöljyn ja veden kulutukset. Lisäksi kysyttiin kylmäaineiden täytöt viimeisten kolmen vuoden ajalta. Kuorittua ja keitettyä perunaa valmistavalta jalostamolta kysyttiin myös tietoja vedenpuhdistamon BoD7- ja typpitasoista, jäteveden ja lietteen määrästä sekä niiden kuljetusten perustiedot (kulkuväline, kuljettu matka, kuorman koko). Keitetyn ja kuoritun perunan jalostamosta kysyttiin myös osuudet, joilla käytetty vesi, sähkö ja öljy jakautuvat kuoritun sekä keitetyn perunan välille: vedestä ja sähköstä 80 % meni keitetylle perunalle (20 % kuoritulle) ja käytetystä öljystä 100 % keitetylle.

Kevyen polttoöljyn päästökertoimien lähteet olivat Tilastokeskus (2019) poltolle ja Sokka et al. (2018) tuotantoketjulle. Natriummetabisulfiitille ei löytynyt suoraan päästökerrointa, joten sille käytettiin Ecoinventin päästökerrointa natriumbisulfiitille. Vesijohtoveden käytön kasvihuonekaasupäästöjen lähde oli Tenhunen et al. (2000). Jalostamojen sähkön käytön päästöt laskettiin käyttämällä sähköntuottajien ilmoittamia ominaispäästöjä ja lisäämällä niihin ketjun päästöt, kuten kappaleessa 2.3 Vedenkulutuksen khk-päästökerroin saatiin lähteestä Fred et al. (2008).

Kylmäaineen R404A täyttöjä oli kolmen vuoden ajalla kahdella jalostajalla, jotka olivat kummatkin ruokaperunan valmistajia. Kylmäaineiden päästöt jaettiin kuitenkin tasaisesti ruokaperunaa ja kuorittua sekä kuorittua perunaa valmistavien jalostamojen välille, koska myös kuoritun ja keitetyn perunan jalostaja käytti R404A-kylmäainetta ja kyseiselle aineelle on ominaista harvoin tapahtuvat vuodot, jotka johtavat lyhytaikaisiin mutta hyvin voimakkaisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Yhdellä

jalostajalla oli lisäksi propyleeniglykolin täyttöä, joka arvioitiin perunan hiilijalanjäljen kannalta merkityksettömän pieneksi. Kylmäaineen R404A päästökertoimen lähde oli Suomen kylmäyhdistys ry (Kaplanen 2017).

Vesiniukkuuslaskelmissa huomioitiin vedenkulutukset öljyn valmistukselle ja kuljetuksille sekä sähkön käytölle, ja lisäksi jalostamojen ilmoittamat käyttövesimäärät. Käyttövesimääriin lisättiin vesijohtoverkon häviöt (Vesilaitosyhdistys 2016). Kaikki jalostamojen käyttämä vesi oletettiin puhdistetuksi vesijohtovedeksi.

Ruokaperunaa (yhden ja kahden kilon perunapusseihin) valmistavilla jalostamoilla jyvitetiin taloudellisella allokoinnilla osa päästöistä ihmiskäyttöön päätyville perunasivutuotteille: näitä ovat perunahiutaleet ja suuret sekä pienet perunat, jotka päätyvät jalostamoilta edelleen kuorimoihin, uuniperunoiksi tai vientiin. Suuret ja pienet perunat arvioitiin taloudellisesti samanarvoisiksi päätuotteen kanssa ja perunahiutaleen arvoksi oletettiin 10 % päätuotteen arvosta. Potwellin Teppo Vetonien ja jalostamien ilmoittamien tietojen pohjalta arvioitiin päätuotteen eli ruokaperunan tuotannon osuudeksi 83 massaprosenttia sitä valmistavien jalostamojen sisäänotosta: suurten tai pienten perunoiden sekä hiutaleen osuuksiksi arvioitiin 7 m-% ja 10 m-%, vastaavasti. Allokoinnin myötä päätuotteelle päätyi noin 91 % ruokaperunaa valmistavien jalostamojen päästöistä ja loput allokoitiin sivutuotteille.

Työssä ei jyvitetty päästöjä rehukäyttöön päätyvälle perunankuorelle, joka oli kuoritun ja keitetyn perunantuotannon ainoa merkittävä sivuvirta. Näin ollen kuorittua ja keitettyä perunaa tuottavan jalostamon päästöjä ei allokoitu millekään sivutuotteelle.

Ruokaperunaa valmistaville jalostamoille Potwell arvioi viiden prosentin hävikin, jonka oletettiin sisältävän perunan nestehaihtumat. Kuorittujen ja keitettyjen perunoiden sisäänottomäärästä päätyi vastaavan jalostamon mukaan 45,7 % kuorisivuvirraksi ja mahdollisen muun hävikin oletettiin sisältyvän tähän.

Usea jalostaja vaihtoi sähkösopimuksensa uusiutuvaan energiaan vuoden 2019 aikana ja tulosten ajantasaistamiseksi jalostamojen sähkönkäyttö laskettiin vuoden 2019 sähköntuottajien päästökertoimilla, vaikka muut aktiviteettitiedot olivat vuodelta 2018. Siltä osin kuin toimijat ilmoittivat käyttävänsä tiettyä uusiutuvaa energiaa, tarkistettiin ne alkuperätodistuksista. Potwellin pyynnöstä toteutettiin myös vertailu uusien ja vanhojen sähköntuotantotapojen päästöjen välillä.

2.5. Pakkaukset

Ruokaperunan primääripakkaukset ovat LDPE-muovia ja sekundääripakkaukset aaltopahvista valmistettuja laatikoita sekä terminaalikontteja. Laskuissa oletettiin ruokaperunapussien kulkevan joko terminaalikonteissa tai laatikoissa määrättyissä suhteissa. Keitetyn perunan primääripakkauksena on PA/PP-kalvo ja sekundääripakkauksina kaksi erikokoista aaltopahvilaatikkoa, joihin perunat jakautuvat. Kuoritun perunan primääripakkaus on LDPE:tä. Sekundääripakkauksena on LLDPE-kiristekalvo, jonka päästöt laskettiin myös LDPE:n päästökertoimella. Primääripakkauksille saatiin Pyroll Salolta perunakalvojen painon ja saumauksen energiankulutukset, tuotantomäärät ja sähköntuottaja, joiden avulla arvioitiin kyseisten toimintojen päästöt. Pakkausten materiaaleja havainnollistaa taulukko 1.

Aaltopahvisten sekundääripakkausten kierrätys huomioitiin päästöarvioissa, mutta muuten kaikkien pakkausten jätteenkäsittely jätettiin järjestelmärajojen ulkopuolelle. Pakkausten kuljetusten hiili- ja vesijalanjälki oletettiin merkityksettömän pieneksi.

Aaltopahvin osalta koko tuotantoketjun kattavaa ilmastovaikutuslukua, joka sellaisenaan sopisi tämän tutkimuksen käyttöön, ei toimittajalta eikä erilaisista tietokannoista valmiina ja ajanmukaisena löytynyt. Tässä tutkimuksessa käytetty luku pohjautuu Ecoinventin koko ketjun kattavaan tietoon vuodelta 2003, jota on päivitetty siten, että on oletettu koko ketjussa tapahtuneen samat suhteelliset muutokset kuin FEFCON raporteissa ketjun alkupäätä koskien välillä 2006-2018 (FEFCO 2006, 2009, 2018). Aaltopahvin valmistuksen vedenkulutuslukuna on käytetty niin ikään FEFCO:n julkaisemaa lukua (FEFCO 2018).

LDPE-granulaatin valmistuksen päästökertoimet saatiin PlasticsEuropen raportista vuodelta 2014. Lisäksi saatiin Potwellin tuotteiden painattajalta Pyroll Salolta perunakalvojen painon ja saumauksen energiankulutukset, tuotantomäärät ja sähköntuottaja, joiden avulla arvioitiin painon ja saumauksen päästöt. Kalvojen valmistuksen päästökeroiin saatiin Raniplastilta. Vuoden 2011 tutkimuksen pohjatietoja hyödynnettiin soveltuvin osin sekundääripakkausten tietojen (pakkaustyyppit, vetävyys, painot) saamiseksi. Muuttuneille pakkauksille kysyttiin puuttuvia tietoja suoraan valmistajilta. Keitetyn perunan primääripakkauksen (PA/PP-kalvo) PA:n ja PP:n suhteet kysyttiin Lietpakilta ja vastaavien granulaattien valmistuksen päästökertoimien lähde oli PlasticsEurope (2014).

Taulukko 1 Perunatuotteiden primääri- ja sekundääripakkausten materiaalit

Tuote	Primääripakkaus	Sekundääripakkaus
1 kg ruokaperuna	LDPE-pussi	Aaltopahvi (laatikko ja terminaali-kontti)
2 kg ruokaperuna	LDPE-pussi	Aaltopahvi (laatikko ja terminaali-kontti)
5 kg kuorittu peruna	LDPE-pussi	LLDPE-kiristyskalvo
10 kg kuorittu peruna	LDPE-pussi	LLDPE-kiristyskalvo
2,5 kg keitetty peruna	PA/PP-kalvo (vakuumi)	Aaltopahvilaatikot (kaksi kokoa)

Muovien valmistuksen vedenkulutustiedot saatiin Plastics Europen julkaisemista EPD- raporteista (Environmental Product Declaration) LDPE:lle, PA:lle ja PP:lle (Plastics Europe 2014). LDPE:n osalta EPD ei ollut enää voimassa.

2.6. Kuljetukset

Kuljetuksilla erillisenä elinkaarivaiheena tarkoitetaan perunoiden kuljetusta tiloilta jalostamoihin (tilakuljetukset) ja valmiin perunatuotteen kuljetusta jalostamoilta kaupan keskusvarastoihin. Perunoiden tilalla tapahtuvaan varastointiin, typpilannoitteiden ja muiden panosten kuljettamiseen, viljelykoneiden käyttöön ja jätevedenpuhdistamon lietteen siirtämiseen liittyvät kuljetukset ja liikkumiset sisällytettiin niille kuuluviin alkutuotannon ja jalostamojen päästöihin, kuten kappaleissa 2.3. ja 2.4. kuvataan. Kulkuvälineiden valmistuksen päästöjä ei huomioitu, mutta niiden osuuden perunakiloa kohden voi olettaa olevan hyvin pieni perustuen siihen, että niiden käytön aikana ajettu kilometrimäärä on suhteellisen suuri.

Perunatuotteet kulkivat maatilalta terminaaliin joko traktorilla, kuorma-autolla tai puoliperävauunuyhdistelmällä. Kuljetusten päästökertoimet saatiin VTT:n Lipasto-tietokannasta puoli- ja täysperävauunuyhdistelmäkuljetuksille sekä Ecoinvent-tietokannasta traktorikuljetuksille. Polttoaineiden polton khk-päästöihin lisättiin polttoaineen tuotantoketjun päästöt. Polttoaineiden valmistuksen vedenkulutus otettiin niin ikään huomioon (Usva et al. 2019).

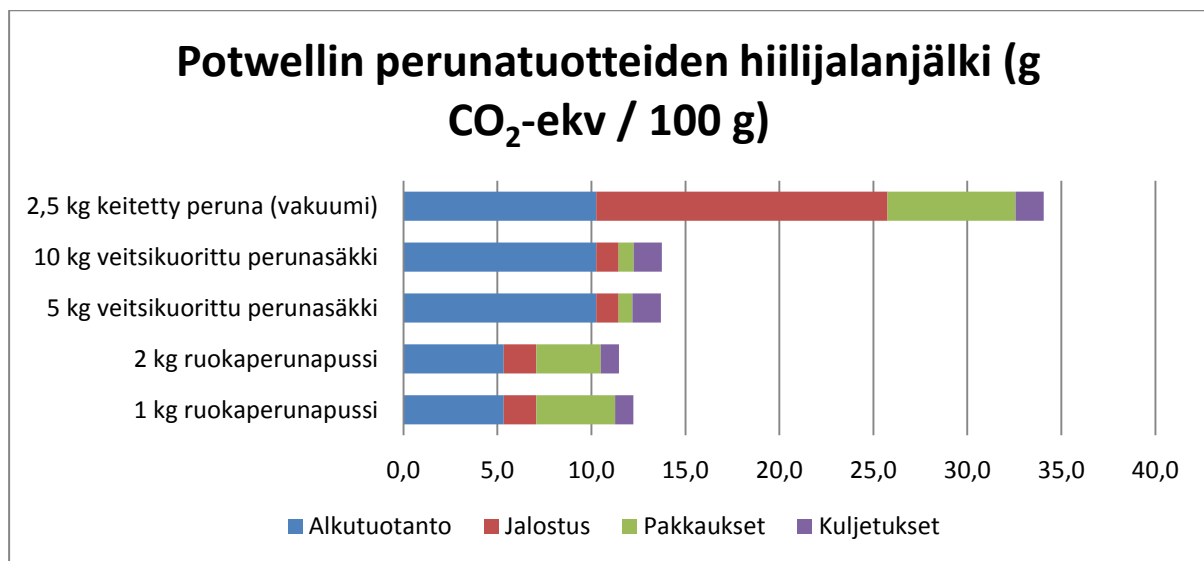
Tiedot Pirkka-perunoiden keskusvarastokuljetuksista, sisältäen tonnikilometrit ja keskimääräisen päästökertoimen kulkuvälineille, saatiin Keskolta. Näitä päästöjä käytettiin kaikkien perunatuotteiden keskusvarastokuljetusten arvioimiseen. Keskon pohjatiedoista laskettiin ensin keskimääräinen tonnikilometrimäärä perunatonnia kohden, jonka jälkeen se skaalattiin työssä käsiteltäviin perunamääriin.

3. Tulokset

3.1. Hiilijalanjälki

Kuva 2 näyttää tulokset perunatuotteiden hiilijalanjäljille. Työssä käsiteltyjen tuotteiden hiilijalanjäljet alkutuotannon panostuotannosta kaupan keskusvaraston portille ovat:

- 1 kg ruokaperunapussille 12,2 g CO₂-ekv/100 g perunaa
- 2 kg ruokaperunapussille 11,5 g CO₂-ekv/100 g perunaa
- 5 kg veitsikuoritulle perunapussille 13,7 g CO₂-ekv/100 g perunaa
- 10 kg veitsikuoritulle perunapussille 13,7 g CO₂-ekv/100 g perunaa
- 2,5 kg keitetylle perunalle (vakuumi) 34,1 g CO₂-ekv/100 g perunaa



Kuva 2 Potwellin perunatuotteiden hiilijalanjälki (g CO₂-ekv/100 g)

Alkutuotanto kattoi hieman alle puolet ruokaperunapussien, noin kolmasosan keitetyn perunan ja jopa kolme neljäsosaa kuorittujen perunoiden päästöistä, ollen merkittävin yksittäinen elinkaari-vaihe kaikille tuotteille paitsi keitetylle perunalle. Ero alkutuotannon päästöjen suuruudessa tuotemäärää kohti ruokaperunoiden ja muiden tuotteiden välillä selittyy kuorisivuvirralla, jota ruokaperunapussien tuotannossa ei synny (muuten alkutuotannon päästöt oletettiin samoiksi kaikille tuotteille). Alkutuotannon tärkeimmät päästölähteet olivat (suuruusjärjestyksessä) maaperän typpioksiduulipäästöt, työkoneiden polttoaineen kulutuksen NO_x-päästöt ja typpilannoitteen valmistus: yhdessä ne kattoivat noin 70 % koko alkutuotannon päästöistä.

Jalostuksen päästöt kattoivat koko hiilijalanjäljestä ruokaperunoilla noin 15 prosenttia, kuorituilla perunoilla noin 10 prosenttia ja keitetyillä jopa lähes puolet. Jalostusvaiheen merkittävyys keitetyillä perunoilla johtui pääasiassa keittämiseen käytetystä polttoöljystä, joka aiheutti suurimman osan (85 %) jalostuksen päästöistä. Kuorituilla perunoilla jalostuksen suurimmat päästöt aiheutuivat jätevedenpuhdistamosta (55 %) ja sähkön käytöstä (20 %): on tosin huomattava jalostuksen suhteellisen pieni osuus kuorittuun perunan kokonaispäästöistä. Ruokaperunoilla jalostuksen tärkeimmät päästölähteet olivat sähkön (65 %) ja polttoöljyn käyttö (20 %).

Pakkausten osuus ruokaperunan kokonaispäästöistä oli suhteellisen korkea, 30 – 35 % koko tuotteen hiilijalanjäljestä. Merkittävin vaikutus oli aaltopahvista valmistetuilla sekundääripakkauksilla, jotka aiheuttivat ruokaperunoilla valtaosan pakkausten päästöistä. Kuorittujen perunoiden pakkaus-

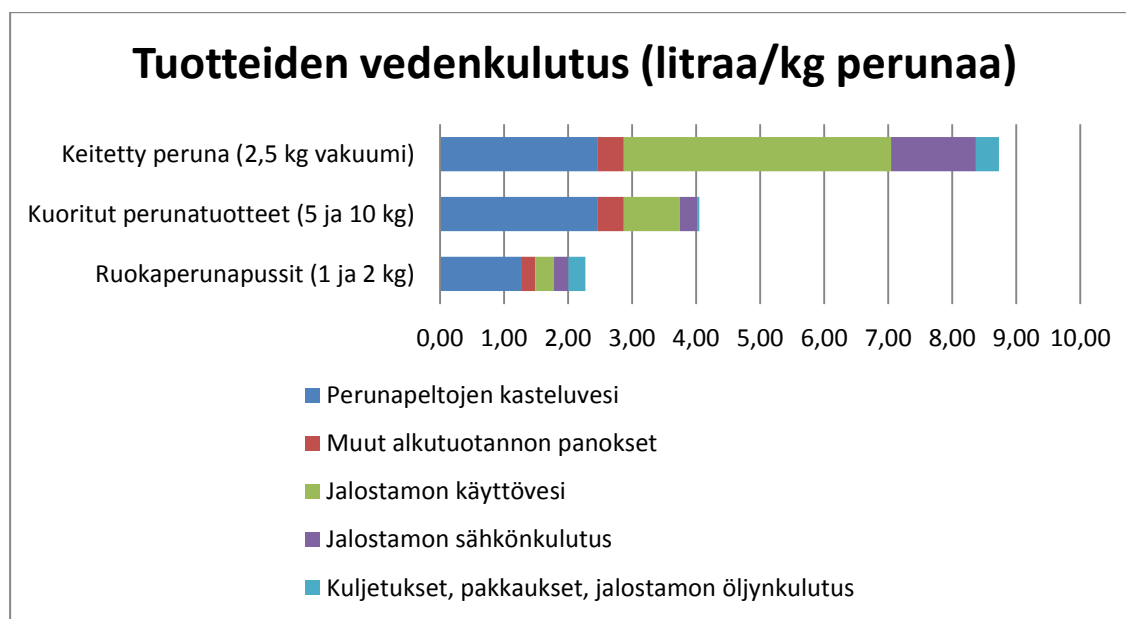
ten pieni osuus kokonaispäästöistä selittyy pelkän LLDPE-kiristekalvon käytöllä sekundääripakkauksena: aaltopahvia ei siis käytetä kuorittujen perunoiden tapauksessa.

Kuljetusten päästöt olivat sekä ruokaperunoilla että kuorituilla noin 10 % kokonaispäästöistä ja keitetyillä noin 5 %. Kuorittujen ja keitetyjen perunoiden tilakuljetusten kuljetuspäästöt tuotemäärää kohden ovat hieman suuremmat kuin ruokaperunalla kuorihävikin takia.

Vuonna 2019 uusittujen jalostamojen sähkösopimukset vaikuttivat vain ruokaperunoiden jalostamojen khk-päästöihin, sillä kuorittujen ja keitetyjen perunoiden jalostamon sähkösopimus pysyi ennallaan. Kaksi jalostamo vaihtoi sähkösopimuksensa uusiutuvaan energiaan, minkä seurauksena sähkön käytön päästöt alenivat noin 23 % ja jalostamojen khk-päästöt 17 %. Koko ketjun päästöt olisivat olleet vanhoilla vuoden 2018 sähkösopimusten päästökertoimilla 12,6 g CO₂-ekv/100 g 1 kg perunapussille ja 11,8 g CO₂-ekv/100 g 2 kg perunapussille ja uusilla sopimuksilla saavutettiin lähes 3 % alenema kokonaispäästöihin.

3.2. Vesijalanjälki

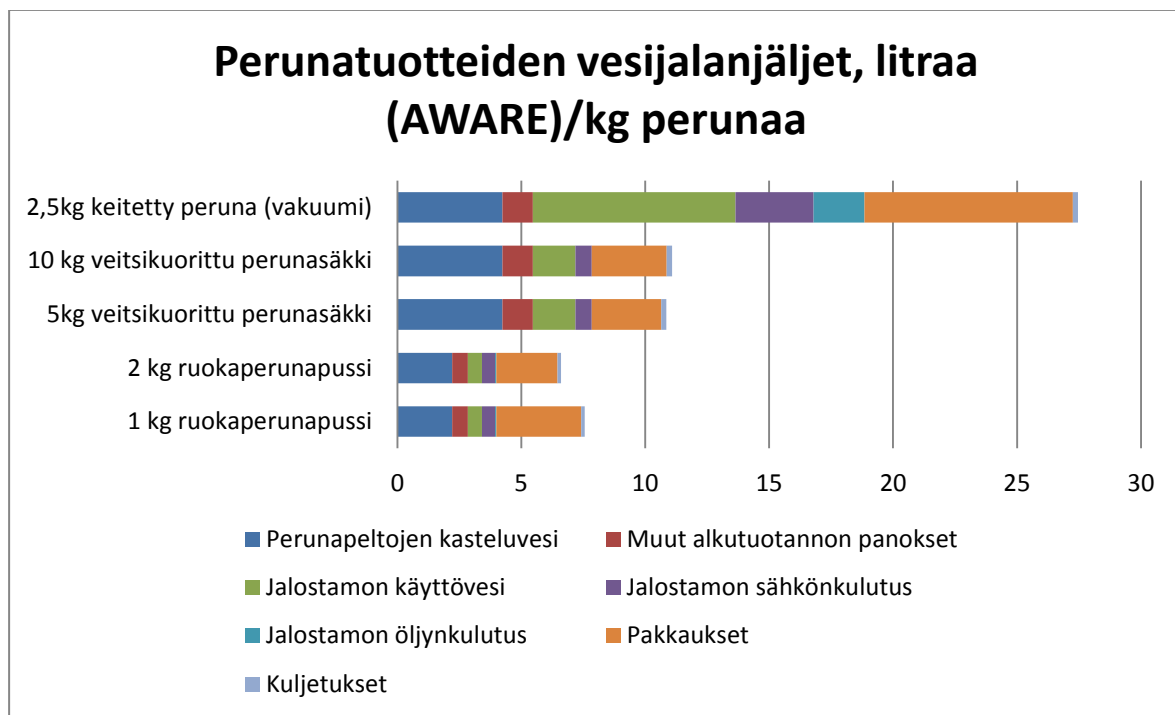
Kuvasta 3 havaitaan, että tuotteiden valmistuksen vedenkulutus vaihtelee voimakkaasti noin kahdesta litrasta liki yhdeksään litraan tuotekiloa kohden. Keittoveden osuus on merkittävä vakuumpakattulla keitetyllä perunalla. Perunan kastelu puolestaan dominoi vedenkulutusta erityisesti keittämättömillä tuotteilla. Kuorittujen perunatuotteiden vedenkulutus on korkeampi, koska niiden tuottamiseen tarvitaan suhteellisesti enemmän perunaraaka-ainetta johtuen kuorinnan hävikistä.



Kuva 3 Perunatuotteiden vedenkulutus (litraa/kg perunaa)

Vesiniukkuuden arvioinnissa kulutetut vesimäärät karakterisoidaan maakohtaisilla vesiniukkuutta kuvaavilla kertoimilla. Muovin osalta pakkauksen valmistuksen oletettiin tapahtuvan Suomessa, ja muovimateriaalin tuotannon oletettiin tapahtuvan maailmalla. Kuva 4 havainnollistaa, että AWARE-vesijalanjälki vaihtelee tuotteesta riippuen noin seitsemästä noin 28 litraan (AWARE) tuotekiloa kohden. Erityisesti öljyperäisten materiaalien, kuten muovin ja polttoaineiden, suhteellinen vaikutus kokonaisuuteen korostuu, koska nämä materiaalit tulevat globaaleilta markkinoilta, myös vesiniukoilta alueilta: tämä nostaa muovipakkaukset merkittävään asemaan (aaltopahvin vesijalanjälki on sen sijaan häviävän pieni). Lisäksi jalostamojen sähkön kulutuksen vesijalanjälki on merkittävä. Sähkön

kulutuksen maakohtaisissa AWARE-karakterisointikertoimissa on oletettu sähkön olevan 20 % Ruotsissa ja 80 % Suomessa tuotettua, mutta sen tuotantotapoja ei ole eritelty.



Kuva 4 Perunatuotteiden vesijalanjäljet, litraa (AWARE)/kg perunaa

4. Tulosten epävarmuudet ja vertailu aiempaan tutkimukseen

Kaikesta Potwellin toimittaman perunan kasvatuksesta saatiin vuodelle 2018 huomattavan korkea yli 60 % edustus ja saman kokoluokan edustus myös muille vuosille, joten viljelijätiedot kuvaavat todennäköisesti hyvin Potwellin perunoiden keskimääräistä perunan kasvatusta Suomessa ja elinkaariarvioinnin aineistoksi ne ovat normaalia kattavammat. Tästä huolimatta puuttuvat lohkot voisivat vaikuttaa saatuihin lopputuloksiin: erityisesti epävarmuutta lohkojen edustavuudesta voi olla tiloilla, jotka ovat ilmoittaneet vain osan omasta tuotannostaan.

Vuoden 2011 Luken laatiman tutkimuksen jälkeen on saatu päivitettyt aaltopahvin ja fossiilisten energiamuotojen tuotantoketjujen khk-päästöt, jotka ovat aiempaa suurempia ja nostivat pakkausten sekä jonkin verran öljyn käytön osuutta ketjun päästöistä. Verrattuna vuoden 2011 tutkimuksen lohkoaineistoon orgaanisten maiden osuus on myös laskenut huomattavasti, minkä vuoksi maaperän typpioksiduulipäästöjen osuus oli pienempi. Tämä vaikutti erityisesti keitettyjen ja kuorittujen perunoiden alkutuotannon päästöihin laskevasti. Potwell vahvisti kivennäismaiden osuuden kasvamisen tilakohtaisen viljelyn kehittymisen ja tietyillä alueilla loppuneiden sopimusten takia. Lisäksi tämän tutkimusten orgaanisten maiden osuutta verrattiin ProAgrian laajaan peruna-aineistoon, jossa oli vastaava orgaanisten maiden osuus, mikä vahvistaa osaltaan tässä työssä saatuja tuloksia. Tämän vuoden tutkimuksen päästöjä alensi suhteessa myös PEF:n mukainen IPCC:n (2006) ohjeistuksen noudattaminen maaperän typpioksiduulipäästöjen laskemisessa, kun aiemmin laskentaan sovellettiin ns. kansallisia yksivuotisten kasvien N₂O-kertoimia.

Viitteet

- Boulay, A-M., Bare, J., Benini, L., Berger, M., Lathuillière, M.J., Manzardo, A., Margni, M., Motoshita, M., Núñez, M., Pastor, A.V., Ridoutt, B., Oki, T., Worbe, S. & Pfister, S. (2017). The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *Int J Life Cycle Assess*, <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- CO₂-päästökertoimet, Motiva. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energian kulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet (viitattu 4.12.2019)
- European Commission 2013. Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations (2013/179/EU). Official Journal of the European Union 56(L 124).
- European Commission 2017. Environmental Footprint Pilot Guidance document. Guidance for the implementation of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) Pilot Phase, v. 6.3
- Fazio, S. Castellani, V. Sala, S., Schau, EM. Secchi, M. Zampori, L., Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra, 2018, ISBN 978-92-79-76742-5, doi:10.2760/671368, JRC109369
- FEFCO 2006. European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies. European Container-board Organisation.
- FEFCO 2009. European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies. Cepi Container Board.
- FEFCO 2018. European Database for Corrugated Board Life Cycle Studies. Cepi Container Board. Saatavissa: http://www.fefco.org/sites/default/files/documents/LCA%20Report%202018_web.pdf (viitattu 9.12.2019)
- Fred T., Heinonen M., Sundell L. and Toivikko S. (2008) Air emissions at large municipal wastewater treatment plants in Finland for national E-PRTR reporting register, IWA Odours and VOCs 8-10 October 2008, Barcelona, Spain, Proceedings.
- IPCC 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Saatavissa: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/5_Waste.pdf (viitattu 9.12.2019)
- IPCC 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste.
- IPCC 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, "Agriculture, Forestry and Other Land Use". Japan: IGES, 2006. Saatavissa: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (viitattu 9.12.2019)
- ISO 14040. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation; 2006.
- ISO 14044. Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation; 2006.
- ISO 14046. Environmental management –Water footprint – principles, requirements and guidelines. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation; 2014.
- Kaldellis, J. K., & Apostolou, D. (2017). Life cycle energy and carbon footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. *Renewable Energy*, 108, 72-84.
- Kapanen, M. (2017). Kylmäainetilanne 2017, Suomen kylmäyhdistys ry. Saatavilla: <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=305> (viitattu 5.12.2019).
- Lenzen, M. (2008). Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. *Energy conversion and management*, 49(8), 2178-2199.
- LIPASTO – liikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/en/index.htm> (viitattu 4.12.2019).
- Mikkola, H. & Ahokas J. 2009. Energy ratios in Finnish agricultural production. *Agricultural and Food Science Vol 18* (2009): 332-346
- Plastics Europe 2014. High-density Polyethylene (HDPE), Low-density Polyethylene (LDPE), Linear Low-density Polyethylene (LLDPE). Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers, www.plasticseurope.org.
- Plastics Europe 2014. Polyamide 6 (PA6). PlasticsEurope February 2014. Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. www.plasticseurope.org.

Plastics Europe 2014. Polypropylene (PP) PlasticsEurope April 2014 December 2016: update water balance. Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers. www.plasticseurope.org.

Sokka, L., Correia, S., & Koljonen, T. (2018). Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvi-huonekaasupäästöt.

Tenhunen, J., Oinonen, J., & Seppälä, J. (2000). Vesihuollon elinkaaritutkimus. Tampereen vesilaitoksen vaikutukset ympäristöön. Suomen ympäristökeskus.

Usva, K., Virtanen, E., Hyvärinen, H. et al. *Int J Life Cycle Assess* (2019) 24: 351. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1512-2>

Vesilaitosyhdistys (2016). Välttämätön vesi. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton_vesi_vvy_2016_nettti.pdf (viitattu 9.12.2019)

Welin 2008 Nordkalk Oy. Kirjallinen tiedonanto 9.9. 2008



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000