

LAPPEENRANNAN–LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Sustainability Science and Solutions
Diplomityö 2022

Valtteri Manninen

**VALMISTAVAN TEOLLISUUDEN ILMASTOVAIKUTUKSET
CASE: PELTITARVIKE OY:N JA ESIMERKKITUOTTEIDEN
HIILIJALANJÄLJET**

Työn tarkastaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Anna Claudelin

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Sustainability Science and Solutions

Valtteri Manninen

Valmistavan teollisuuden ilmastovaikutukset. Case: Peltitarvike Oy:n ja esimerkkituotteiden hiilijalanjäljet

Diplomityö
2022

108 sivua, 13 kuvaa, 36 taulukkoa ja 1 liite

Työn tarkastaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo
Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Anna Claudelin

Avainsanat: hiilijalanjälki, kasvihuonekaasupäästöt, valmistava teollisuus, metalliteollisuus.

Tässä diplomityössä tutkitaan valmistavan teollisuuden ilmastovaikutuksia case-esimerkin kautta, jossa lasketaan hiilijalanjälki Peltitarvike Oy:lle ja sen kolmelle esimerkkituotteelle: kattokaivolle, alipainetuulettimelle ja kattopollarille. Työn tavoitteena on laskea hiilijalanjäljet ja analysoida parhaita keinoja hiilijalanjälkien pienentämiseen. Diplomityö koostuu johdannosta, teoriaosasta, laskentaosasta, johtopäätöksistä ja yhteenvedosta. Teoriaosassa esitellään taustaa ilmastonmuutoksesta ja metalliteollisuuden vaikutuksista siihen sekä laskennassa käytettävät ohjeistukset, standardit ja periaatteet. Laskentaosuudessa lasketaan ensin Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki ja tämän jälkeen yrityksen esimerkkituotteiden hiilijalanjäljet.

Yrityksen hiilijalanjäljen laskenta toteutetaan Greenhouse Gas Protocol-ohjeistusten mukaisesti noudattamalla scope-jaottelua ja noudattaen elinkaarimallinnuksen periaatteita ISO 14040 ja ISO 14044-standardien mukaisesti. Tuotteiden hiilijalanjäljen laskennassa käytetään ISO 14067-standardia. Toiminnallisena yksikkönä käytettiin yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa yrityksen toimintaa vuonna 2021 ja tuotteiden hiilijalanjälkien laskennassa yhden tuotteen toimintoja elinkaarensa aikana. Yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa tuotejärjestelmään sisällytettiin omien ajoneuvojen käyttö ja polttoaineiden valmistus, ostettu energia, raaka-aineiden ja materiaalien valmistus ja kuljetus, työntekijöiden liikkuminen ja jätteen käsittely ja kuljetus ja tuotteiden tuotejärjestelmään raaka-aineiden valmistus ja kuljetus, tuotteen valmistus, ostettu sähköenergia, hukkamateriaalien kierrätys ja kuljetus, pakkausmateriaalien valmistus ja tuotteiden loppukäsittely.

Työn tuloksiksi saatiin Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljeksi vuonna 2021 1136 hiilidioksidiekvivalenttonnia, kattokaivon 4,4 hiilidioksidiekvivalenttikiloa, alipainetuulettimen 4,7 hiilidioksidiekvivalenttikiloa ja kattopollarin 123 hiilidioksidiekvivalenttikiloa. Sekä yrityksen että tuotteiden hiilijalanjäljet koostuvat suurimmaksi osaksi raaka-aineiden ja materiaalien valmistuksen epäsuorista päästöistä. Tulosten perusteella hiilijalanjälkeä on tehokkainta pienentää suosimalla teräsmateriaalien hankinnassa vähäpäästöisempiä materiaaleja, muuttaa ostoenergia uusiutuviin energiamuotoihin, vähentää omien ajoneuvojen päästöjä ja kannustamalla työntekijöitä vähähiilisempään työmatkaliikuntaan.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology
Sustainability Science and Solutions

Valtteri Manninen

Climate impacts of manufacturing industry. Case: Carbon footprints of Peltitarvike Oy and example products

Master's thesis
2022

108 pages, 13 figures, 36 tables ja 1 attachment

Examiner: Assistant Professor, Ville Uusitalo
Supervisor: Post-doctoral researcher, Anna Claudelin

Keywords: carbon footprint, greenhouse gases, manufacturing industry, metal industry.

In this Master's thesis the climate impacts of manufacturing industry are studied through a case example. In this case carbon footprints are calculated for Peltitarvike Oy and three of its example products: roof gullie, negative pressure fan, and roof bollard. The aim of this study is to calculate the carbon footprints and analyze best practices to reduce these footprints. The study consists of introduction, theory section, calculation section, conclusions and summary.

Calculation of the carbon footprint for the company is carried out according to the guidelines of Greenhouse Gas Protocol, scope concept, and principles of life cycle assessment according to the ISO 14040 and ISO 14044 standards. The carbon footprints for products are calculated according to the ISO 14067 standard. The functional unit in the company carbon footprint calculation is the company's practices during 2021 and the functional unit in the carbon footprint calculations of the products are in each case functions of a product during its whole life cycle. System boundary in the company calculation includes the use of company's own vehicles and production of fuel, generation of purchased energy, production of raw materials and their transport, commuting of employees, and waste management and transportation. System boundary in product calculation includes production of raw materials and their transport, generation of purchased energy, waste management and transportation, production of packaging materials and end-of-life management of the product.

Carbon footprint of Peltitarvike Oy in 2021 is 1136 carbon dioxide equivalent tons, roof gullie 4,4 carbon dioxide equivalent kilograms, negative pressure fan 4,7 carbon dioxide equivalent kilograms, and roof bollard 123 carbon dioxide equivalent kilograms. All these carbon footprints mainly consist of indirect emissions from raw material production. According to the analysis the best practices to reduce carbon footprints are to favor low-carbon intensity raw materials in procurements, to change to green energy, to reduce emissions from company's own vehicles and to encourage employees to low-carbon commuting.

ALKUSANAT

Suuri kiitos Peltitarvike Oy:lle ja sen työntekijöille tämän diplomityön mahdollistamisesta ja erittäin sujuvasta yhteistyöstä työn tekemisen aikana. Kiitokset myös Villelle ja Annalle työn ohjaamisesta ja kannustuksesta. Opin työtä tehdessä valtavan paljon uutta ja saamilleni opeille on varmasti käyttöä tulevaisuudessa.

Kiitokset kaikille kuuden Lappeenrannassa viettämäni vuoden aikana saamilleni ystäville, jotka teitte opiskelusta ja elämästä ylipäätään todella paljon vaivattomampaa, antoisampaa ja hauskeempaa. Erityisesti haluan kiittää kumppaniani Jasminea, joka on ollut tapaamisestamme asti tukenani ja tehnyt vaikeistakin hetkistä helppoja.

Kiitos kaikille sukulaisille, jotka olette auttaneet niin henkisesti, fyysisesti kuin taloudellisestikin. Kaikista suurin kiitos kuuluu vanhemmilleni, joiden kasvatus ja tuki on ollut minulle täysin korvaamatonta.

Jyväskylässä 11.10.2022

Valtteri

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	6
1. Johdanto.....	8
2. Ilmastonmuutos ja metalliteollisuus	11
2.1. Ilmastomuutos	11
2.2. Metalliteollisuuden merkitys ilmastonmuutoksessa	14
3. Hiilijalanjäljen laskentaperiaatteet	16
3.1. Elinkaariarviointi.....	16
3.1.1. ISO 14040 – Periaatteet ja pääpiirteet	17
3.1.2. ISO 14044 – Vaatimukset ja suuntaviivoja	18
3.2. Yrityksen hiilijalanjäljen laskenta.....	22
3.2.1. A Corporate Accounting and Reporting Standard	22
3.2.2. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	28
3.3. Tuotteen hiilijalanjäljen laskenta: ISO 14067	32
4. Yrityksen ja tuotteiden hiilijalanjäljet	37
4.1. Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki	37
4.1.1. Tausta ja soveltamisala	37
4.1.2. Inventaarioanalyysi	41
4.1.3. Vaikutusten arviointi.....	63
4.1.4. Tulosten tulkinta	64
4.2. Tuotteiden hiilijalanjäljet	68
4.2.1. Tausta ja soveltamisala	68
4.2.2. Inventaarioanalyysi	73
4.2.3. Vaikutusten arviointi.....	82
4.2.4. Tulosten tulkinta	83
5. Hiilijalanjäljen pienentäminen.....	89
5.1. Yrityksen hiilijalanjäljen pienentäminen	89
5.2. Tuotteiden hiilijalanjälkien pienentäminen	93
6. Johtopäätökset	96
7. Yhteenveto.....	99
8. Lähteet	101
Liite 1 Työmatkaliikenne kysely Peltitarvike Oy:n työntekijöille	

SYMBOLILUETTELO

BOP	Basic oxygen steelmaking
CWPB	Centre-Worked Prebake
EAF	Electric arc furnace
EPD	Environmental Product Declaration
GWP	Global Warming Potential
GHG Protocol	Greenhouse Gas Protocol
HST	Hapon kestävä teräs
HSL	Helsingin Seudun Liikenne
HSS	Horizontal Stud Søderberg
HYBRIT	Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology
IPCC	Intergovernmental panel on Climate Change
ICCT	International Council on Clean Transportation
IEA	International Energy Agency
ISO	International Organization for Standardization
KHK	Kasvihuonekaasu
LCA	Life Cycle Assessment
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LCI	Life Cycle Inventory
NTP	Normal temperature and pressure
OHF	Open-hearth furnace
PET	Polyeteenitereftalaatti
RST	Ruostumaton teräs
SWPB	Side-Worked Prebake
VSS	Vertical Stud Søderberg
WBCSD	World Business Council For Sustainable Development
WRI	World Resources Institute
TEU	Twenty-foot equivalent unit

SI	Kansainvälinen yksikköjärjestelmä
FBM	The board foot
PFC	Perfluoratut yhdisteet
HFC	Fluorihilivedyt
%	prosentti
°C	celsius aste
μm	mikrometri
C_2F_6	heksafluorietaani
CF_4	tetrafluorietaani
CH_4	metaani
cm^3	kuutiosenttimetri
CO_2	hiilidioksidi
CO_2ekv	hiilidioksidiekvivalentti
g	gramma
J	joule
kg	kilogramma
km	kilometri
kWh	kilowattitunti
l	litra
m^2	neliömetri
m^3	kuutiometri
MJ	megajoule
N_2O	typpioksiduuli
$ppmv$	parts per million by volume
SF_6	rikkiheksafluoridi
t	tonni
Wh	wattitunti

1. Johdanto

Ilmastonmuutos on yksi merkittävä maailmassa vaikuttava ihmisen toiminnan seurauksena syntynyt megatrendi. Teollistumisen myötä rajusti kasvanut ihmiskunnan kulutus, päästöjen lisääntyminen ja metsien raivaaminen ovat kiihdyttäneet muutosta. Ilmastonmuutoksen seurauksena maapallon ilmaston keskilämpötila nousee, mikä aiheuttaa erilaisia muutoksia ilmastossa ympäri maailmaa. Lämpötilan nousu johtuu kasvihuoneilmiöstä, joka toisaalta mahdollistaa elämän maapallolla. Ilmakehässä esiintyvät kaasut päästävät auringon säteilyä ilmakehän läpi, mutta estävät lämpöenergian poistumista avaruuteen. Näiden kaasujen pitoisuuksien noustessa suuremmaksi, myös keskimääräinen lämpötila maapallolla kasvaa. Näin ollen ilmaston lämpenemistä selittävänä tekijänä pidetäänkin kasvihuonekaasujen määrän huomattavaa lisääntymistä viime vuosisatoina. (Masson-Delmotte, et al., 2021, s. 4–5; Maslin, 2004, s. 4–8, 11.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät esimerkiksi lisääntyneinä sään ääri-ilmiöinä, kasvillisuusvyöhykkeiden siirtymisenä ja arktisten alueiden jäämassojen sulamisena. Vaikutukset myös itsessään saattavat kiihdyttää ilmastonmuutosta entisestään, sillä esimerkiksi napajäätiköiden sulaminen on ilmaston lämpenemistä kiihdyttävä tekijä. (Maslin, 2004, s. 1–2.) Vaikka ilmaston lämpenemisen vakavimmat vaikutukset kohdistuvatkin muualle maailmaan, Suomessakin vaikutuksia on nähtävissä. Tulokas- ja vieraslajien määrä lisääntyy, pohjoisessa viihtyvät eliölajit joutuvat siirtymään entistä pohjoisemmaksi ja Itämeri yhtenä maailman herkimmistä meristä kärsii ilmastonmuutoksen vaikutuksista muun muassa rehevöitymisensä (Tallinen, 2019, s. 17, 29–31).

Yhtenä mittarina tietyn toiminnan vaikutuksesta ilmastonmuutokseen pidetään hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan tarkasteltavan kohteen aiheuttamien päästöjen laskemista siten, että tulos ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilidioksidiekvivalentit tarkoittavat sitä, että kohteen synnyttämät kasvihuonekaasupäästöt ovat muunnettu tiettyjen päästökertoimien avulla vastaamaan vaikutuksiltaan mahdollisesti tunnetuinta ja tyypillisintä kasvihuonekaasua: hiilidioksidia. (ISO 14067, 2018, s. 10) Hiilijalanjälki voidaan laskea esimerkiksi tuotteelle, palvelulle, organisaatiolle tai henkilölle. Laskennan yhdenmukaisen toteuttamisen varmistamiseksi eri kohteiden hiilijalanjäljen laskentaa varten on luotu useita eri

standardeja, sertifikaatteja, ohjeistuksia ja työkaluja, kuten tässä työssä käytettävät ISO-standardit ja Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol).

Yritysten on tänä päivänä hyvin tärkeää ottaa ilmastovaikutukset huomioon, sillä yritykset aiheuttavat toiminnallaan enemmän tai vähemmän päästöjä joko suoraan tai välillisesti. Usein ajatellaan vain suoria ilmastovaikutuksia, vaikka itse asiassa merkittävä osa monien yritysten päästöistä johtuukin epäsuorista päästölähteistä sen arvoketjuissa. Ottamalla ilmastovaikutuksensa huomioon yritys kantaa vastuunsa omasta osuudestaan ilmastonmuutokseen, mutta voi saavuttaa myös kilpailuetua. Tietoisuuden lisääntyessä ilmaston lämpenemisen syistä ja seurauksista kuluttajat ottavat ympäristönäkökulmat enenevässä määrin huomioon toiminnassaan. Ilmastovaikutuksiaan vähentämällä yrityksiä on mahdollista pienentää ilmastonmuutoksesta johtuvia tulevaisuuden riskejä ja kustannuksia. (Deloitte, 2020; Haukkala, 2010.)

Suomen tilastokeskuksen mukaan metalliteollisuuden osuus Suomen teollisuuden tuotannon arvosta oli noin 43,7 prosenttia vuonna 2019. Tämä on selkeästi suurin yksittäinen teollisuuden ala tällä tavoin mitattuna (Tilastokeskus, 2020). Kun tarkastellaan metalliteollisuuden päästöjä, voidaan huomata, että metallien jalostus aiheutti vuonna 2017 noin 6,1 prosenttia Suomessa syntyneistä kasvihuonekaasupäästöistä. Metalliteollisuuden päästöistä metallien jalostus puolestaan kattaa noin 96 prosenttia alan päästöistä, joten metallien jalostaminen aiheuttaa merkittävimmän osan metalliteollisuuden päästöistä. Metallien jalostuksen päästöintensiteetti on kuitenkin ollut viime vuosina selvässä laskussa. (Kaitila, 2020, s. 4, 6.)

Peltitarvike Oy on Suomessa toimiva yritys, jonka toimiala on metallirakenteiden ja niiden osien valmistus. Yritys on erikoistunut kattokaivojen, teräksisten linjakuivatuskourujen ja kattoturvatuotteiden valmistukseen. Peltitarvike Oy myös kehittää ja valmistaa ohutlevytuotteita ja tarjoaa metalliteollisuuden laserleikkaus- ja alihankintapalveluja. Yrityksen toimipaikka sijaitsee Helsingissä ja työllistää yli kolmekymmentä henkilöä. (Suomen Asiakastieto Oy, 2022; Peltitarvike Oy, 2022)

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää Peltitarvike Oy:n ilmastovaikutuksia laskemalla yritykselle hiilijalanjälki Greenhouse Gas Protocol-ohjeistuksen mukaisesti jakamalla yrityksen päästölähteet kolmeen luokkaan, joita kutsutaan scope 1–3 -luokiksi. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat yrityksen toiminnassaan aiheuttamat suorat kasvihuonekaasupäästöt, toiseen luokkaan sisältyvät ostoenergiaan liittyvät epäsuorat päästöt ja kolmanteen luokkaan

kuuluvat kaikki muut epäsuorat päästöt. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 26). Yrityksen hiilijalanjäljen lisäksi tavoitteena on laskea yrityksen valmistamille kolmelle esimerkkituotteelle hiilijalanjäljet. Esimerkkituotteiksi valikoituivat kattokaivo Malli C-110/350, Alipainetuuletin ATH-100 ja Pito-kattopollari 1400. Laskennan tulosten perusteella on tarkoitus analysoida parhaita keinoja ilmastovaikutusten pienentämiseen yrityksen ja esimerkkituotteiden osalta.

Tämän työn tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mikä on Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki ja mistä se koostuu?
2. Mitkä ovat esimerkkituotteiden hiilijalanjäljet ja mistä ne koostuvat?
3. Millä keinoilla Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää?
4. Millä keinoilla esimerkkituotteiden hiilijalanjälkiä voitaisiin pienentää?

Työn laskennassa käytetään Peltitarvike Oy:n ja heidän yhteistyökumppaneidensa välittämiä tietoja sekä kirjallisuudesta löydettyjä tietoja. Laskentaosassa rajataan tarkastelun ulkopuolelle tiettyjä päästölähteiden osa-alueita erityisesti scope 3 -luokasta, koska kaikkia tarvittavia tietoja ei ole saatavilla.

Tämä diplomityö sisältää teoriaosan, jossa tarkastellaan ensin tarkemmin ilmastonmuutosta sekä metalliteollisuuden vaikutusta siihen. Tämän jälkeen esitellään yksityiskohtaisesti laskentaperiaatteet, joita tässä työssä hyödynnetään. Teoriaosan jälkeen on laskentaosa, jossa lasketaan teoriaosassa esiteltyjä metodeja hyödyntäen Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki ja esimerkkituotteiden hiilijalanjäljet. Laskentaosion jälkeen seuraa analyysiosa, jossa pohditaan parhaita ja toteuttamiskelpoisimpia keinoja laskettujen hiilijalanjälkien pienentämiseksi.

2. Ilmastonmuutos ja metalliteollisuus

Tässä kappaleessa esitellään taustaa työn kannalta oleellisesta ilmiöstä, eli ilmastonmuutoksesta. Lisäksi kerrotaan taustatietoa metalliteollisuudesta ja sen vaikutuksesta ilmastonmuutokseen.

2.1. Ilmastomuutos

Ilmastonmuutos on maailmanlaajuinen ilmiö, jonka yhtenä ilmenemismuotona havaitaan maapallon keskimääräisen lämpötilan kasvaminen eli ilmaston lämpeneminen. Tutkijat ovat havainneet Grönlannin ja Antarktiksien jääkerroksia tutkiessa selkeän korrelaation ilmakehän lämpötilan ja kasvihuonekaasujen pitoisuuden välillä. Kasvihuonekaasujen lisääntyminen nostaa ilmakehän lämpötilaa, mikä aiheuttaa hyvin laaja-alaisia vaikutuksia esimerkiksi jäätiköiden sulamisena, kasvillisuusvyöhykkeiden muutoksina, sään ääri-ilmiöiden lisääntymisenä ja meren pinnan nousuna. (Maslin, 2004, s. 7–8.)

Hiilidioksidin pitoisuuden mittaukset ilmakehästä aloitettiin vuonna 1958 Hawajilta Mauna Loan vuorelta noin 4000 metrin korkeudesta. Näissä mittauksissa on havaittu, että hiilidioksidipitoisuus on kasvanut jokaisena vuonna mittausten aloittamisesta lähtien, jolloin pitoisuus oli noin 316 ppmv (parts per million by volume = tilavuusmiljoonasosa) ja vuonna 2020 pitoisuus ylitti jo arvon 417 ppmv. Perustuen mittauksiin jääkerroksista on arvioitu, että esiteollisella ajalla pitoisuus oli noin 280 ppmv ja viimeisimmän jääkauden aikaan noin 200 ppmv. Voidaan siis päätellä, että teollistumisen myötä kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä on noussut alle parissa sadassa vuodessa jo huomattavasti enemmän, mitä se nousi ennen teollistumista muutamassa kymmenessä tuhannessa | vuodessa. (Maslin, 2004, s. 8, 10; Stein, 2020.)

Fossiilisten polttoaineiden polttaminen on merkittävin hiilidioksidin lähde ja sitä tapahtuu erityisesti energian tuotannossa, teollisuudessa ja liikenteessä. Näin ollen teollistuneet maat aiheuttavat suurimman osan maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöistä ja Pohjois-Amerikka, Eurooppa ja Aasia ovatkin vastuussa selvästi suurimmasta osasta maailman kokonaispäästöistä. (Maslin, 2004, s. 11.) Nykyisistä päästöjen aiheuttajista eniten päästöjä

tuottaa itäinen Aasia noin 27 prosentilla kaikista maailman päästöistä, mutta historiallisesti kumulatiivisista päästöistä vuodesta 1850 alkaen suurin saastuttaja on ollut Pohjois-Amerikka noin 23 prosentin osuudella. Eurooppa on tuottanut kumulatiivisesti toiseksi eniten (17,5 %) päästöjä maailmanlaajuisesti. (IPCC, 2022, s. 22.)

Maapallon keskilämpötila on noussut esiteollisen ajan arvoista noin yhden celsiusasteen verran ja eron odotetaan saavuttavan nykyisellä kehityksellä noin 1,5 °C vuosien 2030–2052 välillä. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että jo noin puolen asteen nousu aiheuttaa sään ääri-ilmiöiden voimakkuuden ja esiintymistiheyden kasvua. Lisäksi kun huomioidaan, että lämpötilan nousu ei ilmene ilmakehässä tasaisesti, selviä muutoksia on havaittavissa jo nyt. Keskilämpötilan nousu on arviolta 2–3 kertaisesti voimakkaampaa arktisilla alueilla, mikä kiihdyttää jäätiköiden sulamista ja sitä kautta meren pinnan nousua. Tähän mennessä syntyneet antropogeeniset päästöt vaikuttavat ilmastoon vielä pitkään, mutta eivät yksinään riitä nostamaan maailman keskilämpötilaa 1,5 °C asteella lähivuosikymmeninä. Näin ollen lähitulevaisuuden ilmastoratkaisut ovat hyvin merkittävässä osassa ilmaston lämpenemisen hillinnässä. Lämpenemisen rajoittaminen 1,5 °C asteeseen on merkittävää, koska ilmaston lämpenemisen vaikutukset ovat selvästi maltillisempia verrattuna noin 2 °C asteen nousuun. Kuitenkin on hyvin todennäköistä, että nykyisellä kehityksellä 1,5 °C asteen nousu saavutetaan vuosien 2030–2052 välillä, eikä nousu todennäköisesti rajoitu siihen. (Masson-Delmotte. et al, 2018, s. 4–5.)

Edellytys ilmaston lämpenemisen rajoittamiseen 1,5 °C asteeseen on saavuttaa hiilidioksidin nettopäästöissä nollassa vuoteen 2050 mennessä ja muiden kasvihuonekaasupäästöjen voimakasta vähentämistä lähivuosikymmeninä. Tärkeitä keinoja tämän saavuttamiseksi ovat energiantarpeen vähentäminen, sähköntuotannon ja polttoaineiden vihreä siirtymä, sähköistyminen, maatalouden päästöjen vähentäminen, hiilen talteenotto ja varastointiteknologian kehittäminen ja vähän energiaa kuluttavien, maa-alaa käyttävien ja pienihiihijalanjälkisten kulutustuotteiden suosiminen ja kehittäminen. Rajoittamistoimia tulisi toteuttaa jo nyt, sillä matalammat kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2030 kasvattavat todennäköisyyttä onnistua 1,5 °C lämpenemisen rajoittamisessa. (Masson-Delmotte. et al, 2018, s. 95.)

Ilmastonmuutosta maailmanlaajuisesti voidaan mitata ilmakehän keskilämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden mittaamisella. Kuitenkin kun halutaan mitata jonkin tietyn toiminnon vaikutusta ilmaston lämpenemiseen, tarvitaan toisenlaisia työkaluja. Esimerkiksi hiilijalanjäljen laskenta on tekniikka, jossa tarkastellaan tutkittavan kohteen kasvihuonekaasupäästöjen

ja -poistumien summaa. Tällaisessa laskennassa eri kaasut on muunnettu karakterisointiker- toimilla vastaamaan hiilidioksidin aiheuttamaa vaikutusta. Tyypillinen käytetty indeksi tähän on ominaislämmitysvaikutus (GWP), jossa mitataan säteilypakotetta tietyn kasvihuone- kaasun massayksikköä kohden tietyllä ajanjaksolla verrattuna hiilidioksidin vastaavaan. (ISO 14044, 2006, s. 10, 13.) Esimerkiksi IPCC:n viidennen arviointiraportin mukaan metaanin GWP-arvo sadan vuoden aikajaksolle on 28. Toisin sanoen sadan vuoden ajanjaksolla metaanin vaikutus ilmakehässä on 28-kertainen hiilidioksiidiin verrattuna. (Greenhouse Gas Protocol, 2013.)

Tulevaisuuden skenaarioita ilmastonmuutoksen kehittymisestä on haastavaa luoda ongel- man monimutkaisuuden takia. IPCC on kuitenkin luonut vaihtoehtoisia skenaarioita ilmake- hän keskilämpötilan kehittymisestä, jotka sisältävät viisi vaihtoehtoista kehitystä. Lämpene- misen kannalta huonoimmissa skenaarioissa (SSP3-7.0 ja SSP5-8.5) päästöjen määrä karke- asti tuplaantuu vuoteen 2100 mennessä vuoden 2015 tasoon nähden ja parhaimmissa ske- naariossa (SSP1-1.9 ja SSP1-2.6) saavutettaisiin hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. Näiden neljän väliin jää keskimääräinen skenaario (SSP2-4.5), jossa päästöjen määrä pysyy suunnilleen samana vuoteen 2050 asti, kunnes se kääntyy laskuun. Arvioihin perustuen ai- noat skenaariot, joissa keskilämpötilan nousu voidaan teoriassa onnistua rajoittamaan 1,5 °C asteeseen ovat skenaariot SSP1-1.9 ja SSP1-2.6. Mikäli ilmaston kannalta kaikista katastro- faalisin skenaario SSP5-8.5 toteutuu, lämpötila saattaa nousta jopa noin 5,7 astetta verrattuna esiteolliseen aikaan. Taulukossa 1 on esitelty eri skenaarioiden vaikutuksia. (Masson- Delmotte, et al., 2021, s. 12 – 14)

Taulukko 1. IPCC:n skenaariot ilmaston keskimääräisestä lämpenemisestä verrattuna esiteolliseen aikaan. Mukaillen: (Masson-Delmotte, et al., 2021, s. 14)

	Lyhyt aikaväli (2021–2040)	Keskipitkä aikaväli (2041–2060)	Pitkä aikaväli (2081–2100)
Skenaario	Todennäköinen vaihteluväli [°C]	Todennäköinen vaihteluväli [°C]	Todennäköinen vaihteluväli [°C]
SSP1-1.9	1,2–1,7	1,2–2,0	1,0–1,8
SSP1-2.6	1,2–1,8	1,3–2,2	1,3–2,4
SSP2-4.5	1,2–1,8	1,6–2,5	2,1–3,5
SSP3-7.0	1,2–1,8	1,7–2,6	2,8–4,6
SSP5-8.5	1,3–1,9	1,9–3,0	3,3–5,7

2.2. Metalliteollisuuden merkitys ilmastonmuutoksessa

Ihminen alkoi hyödyntää rautaa jo noin 4000 vuotta sitten rautakauden alkaessa, kun se syrjäytti aiemmin käytetyn pronssin aseistuksessa ja työkaluissa. Rautaa käytettiinkin pääasiallisena metallina aina teollistumiseen asti ja siihen saakka raudan laatu oli yhtä riippuvainen käytettävän malmin ominaisuuksista kuin metallin valmistustekniikoista. 1800-luvulla alkaneen kaupungistumisen myötä tarve monipuolisemmalle ja tasalaatuisemmalle metallille kasvoi. Rauta oli myös materiaalina tehotonta tuottaa ja haurasta erityisesti kasvavien rautatieverkostojen rakentamisen näkökulmasta. Ensimmäisen läpimurron tähän ongelmaan kehitti Henry Bessemer vuonna 1856 keksiessään keinon hyödyntää happea hiilipitoisuuden vähentämiseksi raudasta, ja aloitti näin terästeollisuuden aikakauden. (Bell, 2020)

1900-luvun mittaan kehitettiin uusia tekniikoita teräksen valmistukseen, joista osa on käytössä tähän päivään asti. Bessemer-tekniikka korvautui 1900-luvun alkupuolella Yhdysvalloissa open-hearth tekniikalla, joka oli aiempaan tekniikkaan verrattuna taloudellisempi ja helpommin hallittava tapa tuottaa terästä. 1960-luvun jälkeen open-hearth tekniikan suosio väheni BOP (Basic Oxygen Process) ja EAF (Electric Arc Furnance) prosessien alkaessa yleistyä. Nämä olivat vuoteen 2010 tullessa käytetyimmät tekniikat teräksen valmistuksessa Yhdysvalloissa. (Schaeffler, 2020)

Metalliteollisuuden ympäristövaikutukset painottuvat metallien sulattamiseen liittyvään suureen energian tarpeeseen ja metallien louhinnan aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin esimerkiksi maankäytössä. Maailman väkiluvun kasvaessa ja kehittyvien maiden teollistuessa metallin tuotannon ympäristövaikutukset nousevat entistä tärkeämpään asemaan. (Kosai & Yamasue, 2019) Tänä päivänä rauta- ja terästeollisuus on eniten energiaa kuluttava valmistavan teollisuuden ala, jossa suurimmat toimijat ovat Kiina, Intia, Japani ja Yhdysvallat (Olmez, et al., 2016). Vuonna 2021 tuotettiin maailman teräsyhdistyksen World Steel Associationin mukaan 1 951 924 tuhatta tonnia raakaterästä, josta Kiinan osuus oli noin 53 prosenttia (worldsteel association, 2021).

International Energy Agency (IEA) laatiman raportin *Iron and Steel Technology Roadmap* mukaan rauta- ja terästeollisuuden osuus maailmanlaajuisista hiilidioksidipäästöistä on noin 7 % ja osuus energian käytöstä noin 8 %. Päästöjen pienentämiseksi on tärkeää panostaa energian tarpeen vähentämiseen, uusiin teknologioihin tuotannossa ja materiaalien

tehokkaampaan käyttöön. (IEA, 2020) Metalliteollisuuden ilmastovaikutusten pienentämiseksi tutkimus on keskittynyt energiatehokkuuden parantamiseen, ja alan suuren energian tarpeen vuoksi tämä onkin ollut looginen lähestymistapa. Kuitenkin joidenkin teollisuuden asiantuntijoiden mielestä tarvittavien päästövähennysten saavuttamiseksi nykyisten prosessien kehittäminen ei enää riitä, vaan tarvitaan myös uutta teknologiaa. (Rynikiewich, 2008)

Esimerkki tällaisesta mahdollisesta teknologiasta on SSAB:n, LKAB:n ja Vattenfallin yhteistyössä kehittämä HYBRIT-tekniikka, jonka avulla pyritään jalostamaan rautaa ja terästä käyttämällä hiilen sijasta fossiilivapaasti tuotettua vetyä. Hanke käynnistettiin vuonna 2016 ja ensimmäinen pilottilaitos käynnistettiin 2020 ja heidän tavoitteenaan on tuoda tällä tekniikalla tuotettua hiilivapaata terästä markkinoille jo vuonna 2026. (HYBRIT - Fossil-free steel, 2022.)

3. Hiilijalanjäljen laskentaperiaatteet

Tässä luvussa esitellään työssä käytettävät laskentaperiaatteet. Sekä yrityksen hiilijalanjäljen laskenta että esimerkkituotteiden hiilijalanjälkien laskennat perustuvat elinkaariarviointiin, johon perehdytään tarkemmin ISO 14040 ja ISO 14044-standardien kautta. Nämä kaksi standardia tarjoavat tietoa elinkaariarvioinnin periaatteista, vaatimuksista ja ohjeistuksista. Yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa hyödynnetään GHG Protocollan ohjeistuksia, jotka tarjoavat yksityiskohtaisen ohjeistuksen laskennan inventaarioanalyysin tekemiseen ja raportointiin. Tuotteiden hiilijalanjäljen laskentaan käytetään ISO 14067 standardin tarjoamia ohjeistuksia.

3.1. Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi, elinkaarimallinnus tai LCA on menetelmä, joka on kehitetty tuotteiden ympäristövaikutusten selvittämiseksi ja ympäristön suojelun tehostamiseksi. Elinkaarimallinnuksen perusidea on mallintaa tutkittavan kohteen ympäristövaikutuksia koko kohteen elinkaaren ajalta alkaen raaka-aineiden tuotosta päättyen loppukäsittelyyn. Tällaista mallinnusta kutsutaan kehdosta hautaan -arvioinniksi, ja tutkimusta on mahdollista rajata tarvittaessa suppeammaksi. Tutkittavan kohteen tarkasteltavia ympäristövaikutuksia voivat olla esimerkiksi happamoituminen ja ilmastonmuutos. (ISO 14040, 2006, s. v.)

Elinkaarimallinnuksen tekeminen voi tarjota useita hyötyjä. Tärkeimpänä hyötynä mallinnuksesta saadaan selvitettyä ja tarkennettua tutkittavan kohteen ympäristövaikutukset eri elinkaaren vaiheissa. Mallinnus voi myös helpottaa päätöksentekijöitä strategioiden laatimisessa, suunnittelussa ja priorisoinnissa, auttaa määrittämään ja kehittämään sopivia indikaattoreita ja mittausmenetelmiä ympäristöasioiden hallinnassa, tunnistaa keinoja päästövähennyksille ja edesauttaa markkinoinnissa. (ISO 14040, 2006, s. v.)

Elinkaariarvioinnin tärkeimmät vaiheet voidaan jakaa neljään osaan. Ensimmäinen vaihe on nimeltään tavoitteen ja soveltamisalan määrittämien, jonka tarkoituksena on asettaa selvietykselle tavoite, määritellä tutkittavan systeemin rajat ja määritellä miten arviointi toteutetaan. Seuraava vaihe on elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysi tai LCI -analyysi. Tässä

vaiheessa kerätään ja käsitellään tarvittava data selvityksen toteuttamiseksi ensimmäisessä vaiheessa asetettujen tavoitteiden ja määritysten mukaan. Kolmas vaihe on nimeltään vaikutusten arviointi tai LCIA, jossa arvioidaan kerätyn datan pohjalta ympäristövaikutuksia ja niiden merkittävyyttä tietyissä ennalta määritetyissä vaikutusluokissa. Viimeisenä vaiheena elinkaarihallinnuksessa on tulosten tulkinta, jossa arvioidaan tutkimuksen tuloksia, tehdään johtopäätökset ja annetaan näiden perusteella suosituksia jatkotoimenpiteistä. (ISO 14040, 2006, s. v.)

3.1.1. ISO 14040 – Periaatteet ja pääpiirteet

SFS-EN ISO 14040:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet -standardi sisältää nimensä mukaisesti periaatteet ja pääpiirteet, joita elinkaariarviointia tehdessä ja suunniteltaessa tulee noudattaa. Standardissa esitellään elinkaariarvioinnin tärkeimmät periaatteet, elinkaariarvioinnin vaiheet, keskeiset piirteet, tuotejärjestelmien yleiset käsitteet, menetelmiin liittyvät pääpiirteet, ohjeistusta raportoinnista ja lopuksi ohjeita kriittisen arvioinnin prosessista. (ISO 14040, 2006, s. iii)

Elinkaariarvioinnin keskeisiksi piirteiksi standardissa esitellään elinkaarinäkökulma, ympäristöpainotus, suhteellinen lähestymistapa ja toiminnallinen yksikkö, iteratiivinen lähestymistapa, läpinäkyvyys, kattavuus ja tieteellisen lähestymistavan ensisijaisuus. Elinkaarinäkökulma elinkaariarvioinnin piirteenä on keskeisessä asemassa, koska arvioinnin tarkoitus on mallintaa esimerkiksi koko tuotteen elinkaari kaikkien oleellisten ympäristövaikutusten selvittämiseksi ja välttää ympäristöä kuormittavia tekijöitä siirtymästä yksikköprosessien ja elinkaaren vaiheiden välillä. Ympäristöpainotus korostaa arvioinnissa ympäristöasioiden merkittävyyttä, joten muita näkökulmia ei tulisi elinkaariarvioinnissa korostaa liiaksi. Eriyisesti tuotteen elinkaariarviointia tehdessä korostuu suhteellisen ja toiminnallisen yksikön merkitys. Tämä tarkoittaa sitä, että prosesseissa käsiteltäviä syötteitä ja tuotoksia käsitellään analyyseissä suhteellisina määrinä, jotka ovat aina suhteutettu toiminnalliseen yksikköön. (ISO 14040, 2006, s. 6–7.)

Iteratiivinen lähestymistapa viittaa mallinnuksen iteratiiviseen luonteeseen, jossa jokainen elinkaariarvioinnin neljästä vaiheesta perustuu edellisessä tai edellisissä vaiheissa määritettyihin, selvitettyihin ja tuotettuihin asioihin. Tällä tavalla pyritään varmistamaan

raportoinnin kattava ja johdonmukainen rakenne ja sisältö. Tieteellisen lähestymistavan ensisijaisuus lisää arvioinnille uskottavuutta, kun ensisijaisesti käytetään luonnontieteitä perustana päätöksille ja tiedonhauille. Toissijaisesti voidaan käyttää muita tieteenaloja, ja viimeisenä vaihtoehtona tieteellisten lähteiden puuttuessa perusteltuja ja asianmukaisia arvovalintoja. (ISO 14040, 2006, s. 6–7.)

Eräs elinkaarimallinnuksen keskeinen termi on tuotejärjestelmä. Tuotejärjestelmällä kuvataan arvioitavan kohteen toimintaa yksikköprosessien ja näiden välisten toimintojen ja virtausten avulla. Hyvin yleisellä tasolla yksikköprosessit voivat olla esimerkiksi raaka-ainesten hankinta, valmistus, käyttö, loppusijoitus, kuljetus ja muut vastaavat kohteen toimintaan elinkaaren vaiheissa oleellisesti liittyvät yksittäiset toiminnot. Yksikköprosessien välillä olevat virtaukset sisältävät esimerkiksi raaka-ainevirtoja, välituotteita, jätteitä, energiaa, vettä, kierrätysmateriaaleja ja päästöjä ilmaan, maahan ja veteen. Arvioinnin inventaarioanalyysiä tehdessä nämä päästövirtaukset ovat inventaarioanalyysin tulos ja vaikutusten arviointivaiheen syöte. (ISO 14040, 2006, s. 9.)

Elinkaariarvioinnin raportoinnissa on tärkeää laatia tarkoitukseen sopiva raportointistrategia. Kaikki arvioinnin osat tulee raportoida ja ne tulee tehdä sellaisessa muodossa, mikä soveltuu aiotulle kohdeyleisölle käsittäen raportoinnin muodon, tiedot, menetelmät, oletukset ja rajaukset. Mikäli arvioinnissa tehdään vaikutustenarviointi ja raportti tehdään kolmannelle osapuolelle, tulee raporttiin sisällyttää myös suhde inventaarioanalyysin tuloksiin, lähtötiedon laadun kuvaus, suojeltavat vaikutusluokan loppupisteet, vaikutusluokkien valinta, karakterisointimallit, tekijät ja ympäristömekanismit ja indikaattoritulosprofiili. (ISO 14040, 2006, s. 16.)

3.1.2. ISO 14044 – Vaatimukset ja suuntaviivoja

SFS-EN ISO 14044:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja -standardi esittelee elinkaariarviointiin liittyvät vaadittavat asiat ja ohjeistaa miten laskentaa ja raportointia tulee toteuttaa ISO 14040 -standardia mukailleen.

Elinkaariarviointi lähtee liikkeelle selvityksen tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelemisestä. Tarvittaessa näitä voidaan tarkentaa myöhemmin, mikäli sille nähdään tarvetta. Elinkaariarvioinnin iteratiivisuuden takia on mahdollista, että myöhemmissä vaiheissa

huomataan puutteita tai tarvetta muutoksille aikaisemmissa vaiheissa. Selvityksen tavoitteissa tulee ilmetä aiottu käyttötarkoitus, selvityksen tekemisen syyt, aiottu kohdeyleisö sekä onko selvityksen tuloksia tarkoitus käyttää esitettävissä vertailuväitteissä. (ISO 14044, 2006, s. 7.)

Soveltamisalan määrittelyn tulee sisältää kuvaus tutkittavasta tuotejärjestelmästä, sen toiminnoista, käytettävä toiminnallinen yksikkö ja järjestelmän rajat. Tulee myös määrittellä etukäteen käytettävät allokointimenettelyt, vaikutusarviointimenetelmät ja vaikutustyyppit, käytettävä tulkintatapa, tiedon laadulle asetettavat vaatimukset, oletukset, rajoitukset ja kuvata laadittavan raportin tyyppi ja muoto. (ISO 14044, 2006, s. 7.)

Elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysi toteutetaan kuten on suunniteltu arvioinnin tavoitteita ja soveltamisalaa määrittäessä. Inventaarioanalyysi sisältää tarvittavien tietojen keräämisen, laskennan ja mahdollisen allokoinnin. Inventaarioanalyysin tärkeimmät vaiheet on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1. Inventaarioanalyysin tärkeimmät vaiheet. Mukailten: (ISO 14044, 2006, s. 12)

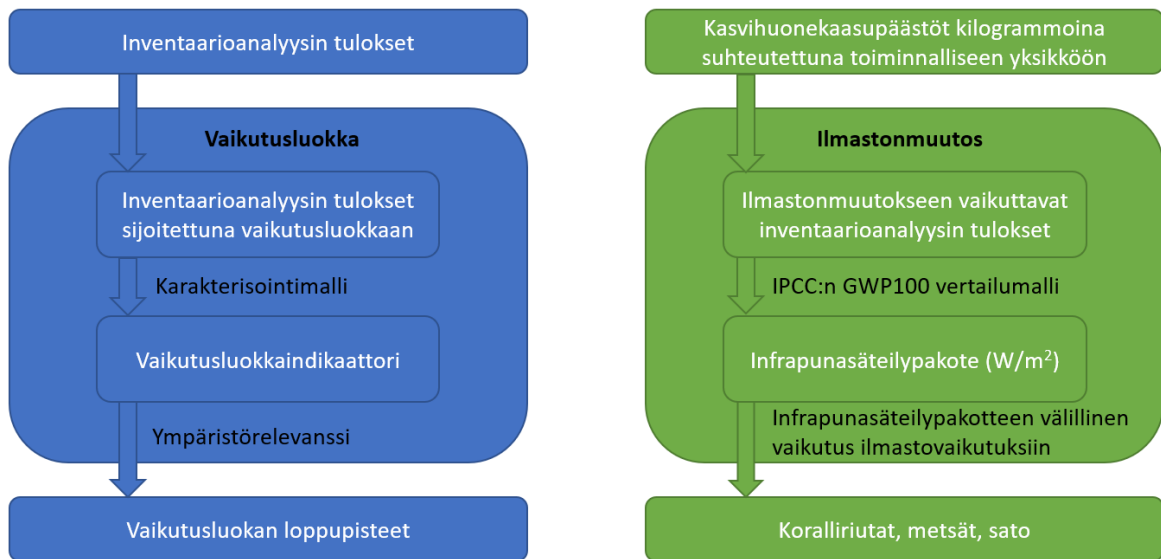
Tietojen keruussa tulee huomioida kaikki tuotejärjestelmän sisältämät yksikköprosessit ja virtaukset. Julkisiin lähteisiin tulee viitata ja kaikkien yksikköprosessien toiminta ja niiden

keskinäiset suhteet tulee kuvata ja tallentaa prosessikulkukaavioilla. Kaikki käytetyt laskentamenetelmät ja yksiköt tulee luetella. Standardi määrittelee myös tärkeimmät tietojen luokitteluun tarvittavat luokat, jotka ovat energiasyötteet, raaka-ainesyötteet, apusyötteet, muut fysikaaliset syötteet, tuotteet, rinnakkaistuotteet, jäte, päästöt ilmaan, maahan ja veteen ja muut ympäristönäkökohdat. (ISO 14044, 2006, s. 11–12.)

Tietojen laskennassa kaikki käytetyt laskentamenetelmät on dokumentoitava tarkasti ja niiden tulee olla selvityksen aikana johdonmukaisia. Käytetyt oletukset on ilmoitettava selkeästi ja yksiselitteisesti. Käytettävät tiedot tulee laadun varmistamiseksi varmistaa esimerkiksi energia- ja massataseiden avulla. Yksikköprosesseille tulee määritellä virta, johon syötteet ja tuotokset suhteutetaan. Lopuksi vielä tarkennetaan järjestelmän rajoja tarkasti dokumentoidun herkkyysanalyysin avulla, jonka seurauksena voidaan tarvittaessa rajata selvityksen ulkopuolelle yksikköprosesseja, elinkaaren vaihteita, syötteitä, tuotoksia mikäli näiden merkitys on vähäinen. Toisaalta herkkyysanalyysin pohjalta voidaan myös lisätä uusia yksikköprosesseja, syötteitä tai tuotoksia, mikäli ne osoittautuvat merkityksellisiksi selvityksen kannalta. (ISO 14044, 2006, s. 13.)

Inventaarioanalyysin lopuksi voidaan tarvittaessa suorittaa allokointimenettely, jos tuotejärjestelmästä tulee useampia lopputuotteita kuin yksi. Tällöin tuotejärjestelmästä aiheutuneet päästöt jaetaan eri lopputuotteiden kesken päätettyä perustetta käyttäen. Allokointia tulee kuitenkin mahdollisuuksien mukaan välttää joko jakamalla yksikköprosesseja pienempiin alaprosesseihin tai kattamalla rinnakkaistuotteet tuotejärjestelmää laajentamalla. Allokointi tulee suorittaa ensisijaisesti fysikaalisiin menetelmiin perustuen, mutta tämän ollessa mahdotonta voidaan käyttää muita perusteita. (ISO 14044, 2006, s. 14.)

Elinkaariarvioinnin vaikutusten arviointivaihe sisältää kolme pakollista vaihetta: vaikutusluokkien, vaikutusindikaattoreiden ja karakterisointimallien valinnan, inventaarioanalyysin tulosten sijoittamisen vaikutusluokkiin ja vaikutusluokan indikaattoritulosten laskemisen. Elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaisesti kaikki käytetyt vaikutusluokat, vaikutusindikaattorit ja karakterisointimallit tulee kuvailla tarkasti. Kuvassa 2 on esitelty vaikutustenarviointi esimerkin kanssa, kun valittuna vaikutusluokkana on ilmastonmuutos. (ISO 14044, 2006, s. 16–17.)



Kuva 2. Vaikutustenarvioinnin vaiheet. Vasemmalla vaiheet yleisesti ja oikealla esimerkki vaikutusluokkana ilmastonmuutos. Mukailten: (ISO 14044, 2006, s. 18)

Pakollisten vaiheiden lisäksi vaikutustenarvioinnissa voidaan tehdä myös vapaaehtoisia vaiheita, jos tavoitteissa ja soveltamisalassa on näin määritelty. Nämä vapaaehtoiset vaiheet ovat normalisointi, ryhmittely, painotus ja lähtötiedon laadun analysointi. Normalisoinnissa lasketaan indikaattoritulosten suhteellinen suuruus vertailutietoon suhteutettuna, ryhmittelyssä vaikutusluokat lajitellaan esimerkiksi tärkeysjärjestykseen, painotuksessa arvovalintojen pohjalta muodostettujen numeeristen arvojen perusteella muunnetaan tai yhdistellään indikaattorituloksia, ja lähtötiedon laadun arvioinnissa varmistetaan käytettyjen tietojen luotettavuus. (ISO 14044, 2006, s. 20–21.)

Viimeisessä elinkaariarvioinnin vaiheessa tulkitaan arvioinnin aiempien vaiheiden aikana tuotettuja tuloksia. Tulosten tulkintaan tulee sisällyttää inventaarioanalyysin ja vaikutustenarvioinnin tuloksista merkittävimpien asioiden tunnistaminen, täydellisyyden, johdonmukaisuuden ja herkkyuden arvioinnit, johtopäätökset ja suositukset. Merkittäviä asioita, joita selvityksestä tulee tunnistaa voivat olla esimerkiksi tietyt inventaariotiedot, vaikutusluokat, oleelliset elinkaaren vaiheet tai yksikköprosessit. Edellisistä vaiheista tulee tulosten tulkintavaiheessa esitellä aiempien vaiheiden merkittävät tulokset, lähtötietojen laatutieto, menetelmätekniiset valinnat, käytetyt arvovalinnat, sekä sidosryhmien roolit ja vastuut. (ISO 14044, 2006, s. 23–25.)

3.2. Yrityksen hiilijalanjäljen laskenta

Yrityksen hiilijalanjäljen laskentaa voidaan toteuttaa monilla eri tavoilla ja ohjeistuksilla, joista yhden kansainvälisesti tunnustetun menetelmän tarjoaa Greenhouse Gas Protocol. GHG Protocol on standardisoitu kokoelma standardeja, ohjeistuksia ja työkaluja hiilijalanjäljen laskentaan yrityksille, kaupungeille, kunnille ja organisaatioille. GHG Protocollaa ylläpitää kaksi organisaatiota: World Resource Institute (WRI) ja World Business Council for Sustainability Development (WBCSD). GHG Protocol perustettiin 1990-luvun lopulla, kun nämä kaksi organisaatiota huomasivat kansainvälisen tarpeen kasvihuonekaasujen laskennan ja raportoinnin standardisoinnille. Ensimmäinen raportti *Safe Climate, Sound Business* julkaistiin vuonna 1998 ja hanke on toiminut aktiivisena siitä lähtien. (Greenhouse Gas Protocol, 2022.)

Yritysten hiilijalanjäljen laskennassa otetaan huomioon Kioton pöytäkirjan mukaisesti kasvihuonekaasuista hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), typpioksiduuli (N₂O), fluorihilivedyt (HFC:t), perfluorihilivedyt (PFC:t) ja rikkiheksafluoridi (SF₆), jotka muutetaan tiettyjen päästökertoimien perusteella vastaamaan vaikutukseltaan hiilidioksidia. Tällä tavalla lasketun hiilijalanjäljen yksikköä kutsutaan hiilidioksidiekvivalenteiksi. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 3.)

Tämän diplomityön kannalta oleelliset GHG Protocollan tarjoamat standardit ja ohjeistukset liittyvät yrityksen hiilijalanjäljen laskentaan. Ensimmäinen standardi *A Corporate Accounting and Reporting Standard* tarjoaa ohjeita ja suosituksia hiilijalanjäljen laskentaan yrityksille ja organisaatioille, ja toinen standardi *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard* keskittyy erityisesti yrityksen tai organisaation hiilijalanjäljen laskentaan arvoketjuissa. (Greenhouse Gas Protocol, 2022.)

3.2.1. A Corporate Accounting and Reporting Standard

A Corporate Accounting and Reporting Standard tai toiselta nimeltään GHG Protocol Corporate Standard on yrityksille suunnattu ohjeistus, joka toimii tarkkana oppaana yrityksen päästöjen laskentaan ja raportointiin. Standardin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2001 ja sitä on päivitetty vuosien saatossa. Viimeisin päivitys on vuodelta 2015, kun Scope

2 laskennan ohjeistusta päivitettiin. Standardin suunnittelussa on korostettu erityisesti muutamaa alla lueteltua seikkaa:

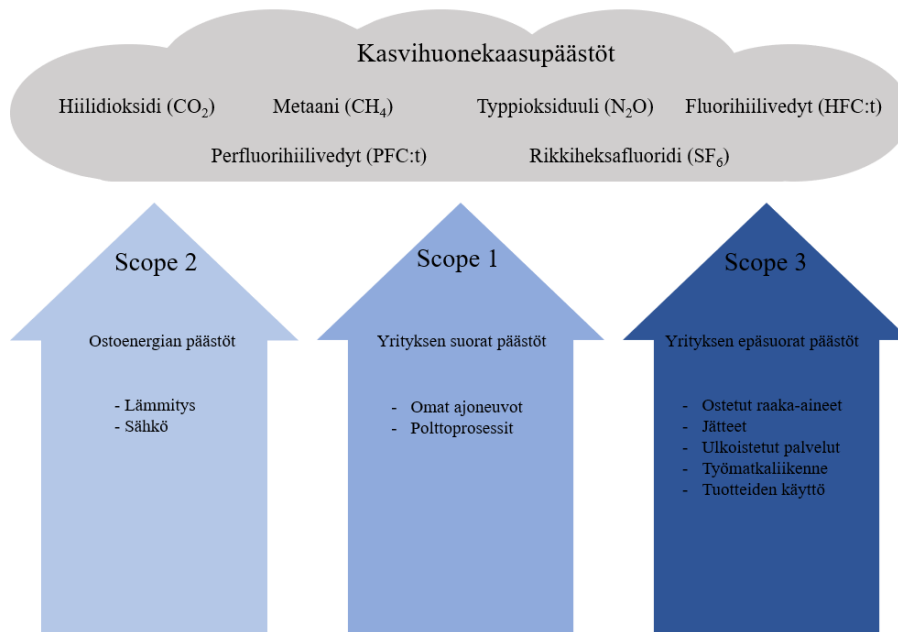
- Auttaa yrityksiä valmistelemaan kasvihuonekaasupäästöjen inventaarioanalyysi standardisoituja menetelmiä ja periaatteita noudattaen siten, että tulokset ovat mahdollisimman totuudenmukaisia.
- Yksinkertaistaa inventaarioanalyysin tekemistä ja vähentää sen kustannuksia.
- Tarjota yrityksille tarvittavaa tietoa tehokkaan strategian luomiseksi päästöjen hallintaan ja vähentämiseen.
- Tarjota yrityksille tietoa mahdollisuuksista, jotka helpottavat osallistumista pakollisiin ja vapaaehtoisin päästövähennysohjelmiin.
- Yhdenmukaistaa ja läpinäkyvöittää päästöjen laskentaa ja raportointia erilaisten yritysten välillä.

(Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 2–3.)

Erityisesti standardissa korostetaan, että kasvihuonekaasupäästöjen laskenta tulisi aina perustaa viidelle periaatteelle: merkityksellisyys, täydellisyys, johdonmukaisuus, läpinäkyvyys ja tarkkuus. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 7.)

Eräs standardin käsittelemä aihealue on yrityksen organisaatiollisten rajojen asettaminen. Tätä joudutaan pohtimaan tapauksissa, joissa yrityksen rakenteet ovat monimutkaisempia esimerkiksi tytäryhtiöiden tai yritysliitosten takia. Tässä työssä tarkasteltava yritys on kuitenkin toiminnoiltaan niin pieni, että laskennassa ja raportoinnissa otetaan huomioon koko organisaatio.

Standardin mahdollisesti tärkein osa-alue on operationaalisten rajojen asettaminen ja erityisesti scope -luokittelu. Tämä sisältää yrityksen päästölähteiden luokittelua suoriin ja epäsuoriin päästölähteisiin, jotka helpottavat eri yritysten päästöjen vertailua keskenään erityisesti tilanteissa, joissa yrityksen rakenne on monimutkainen ja päästöjen päällekkäisen laskennan riski on mahdollinen. Standardi luokittelee päästölähteet kolmeen eri luokkaan, jotka ovat nimeltään scope 1, scope 2 ja scope 3. Luokkien sisältöä on esitetty esimerkkien avulla kuvassa 3.



Kuva 3. Scope luokat ja esimerkkejä niiden sisällöstä. Mukaillen: (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 31)

Scope 1 -luokka sisältää yrityksen tai organisaation suorat päästöt. Tällaisia päästölähteitä ovat kaikki sellaiset päästölähteet, jotka ovat yrityksen hallinnoimia tai omistamia. Tyypillisiä scope 1 -luokan päästölähteitä ovat esimerkiksi yrityksen käyttämät omat ajoneuvot, erilaiset polttamista vaativat prosessit yrityksen sisällä ja kemikaalien valmistuksessa syntyvät päästöt. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 25.)

Scope 2 -luokkaan liittyy yrityksen aiheuttamiin epäsuoriin päästölähteisiin, jotka liittyvät oleellisesti energian ostamiseen joltakin yrityksen ulkopuoliselta taholta. Scope 2 -luokkaan lasketaan sellaiset ostettuun energiaan liittyvät toimenpiteet, joissa energia hyödynnetään yrityksin hallinnoimiin tai omistamiin prosesseihin tai toimintoihin. Esimerkiksi scope 2 -luokkaan kuuluu yrityksen ostama sähkö- ja lämmitysenergia, jotka yritys kuluttaa itse omissa toiminnoissaan. Toisaalta taas yrityksen itse tuottama energia ei kuulu scope 2 -luokkaan, koska kun yritys itse omistaa energiantuotannon tai hallinnoi sitä, se luetaan scope 1 -luokan päästölähteeksi. Mikäli yritys myy tuottamaansa energiaa, tätä ei saa vähentää tai muutoin huomioida päästöjen laskennassa, mutta se voidaan raportoida vapaaehtoisesti erikseen. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 27.)

Scope 3 -luokka sisältää kaikki muut epäsuorat päästölähteet. Kaksi ensimmäistä luokkaa ovat yritysten kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa pakollisia, mutta scope 3 -luokka on raportoinnissa vapaaehtoinen. Scope 3 -luokan päästöjen laskenta ja raportointi tarjoaa

kuitenkin yrityksille mahdollisuuksia tehostaa yrityksen päästöjen hallintaa ja kohdentaa päästöjen raportointia sellaisiin kohteisiin, jotka ovat yrityksen toiminnan, liiketoimintatavoitteiden ja saatavilla olevan informaation kannalta oleellisia. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 29.)

Scope 3 -luokan päästölähteet on jaoteltu useaan kategoriaan, joita käsitellään tarkemmin *GHG Corporate Protocol* -standardia täydentävässä standardissa *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*, joka on esitelty tarkemmin luvussa 3.2.2. Tärkeää on huomata, että osa scope 3 -luokkaan sisältyvistä asioista saattaa lukeutua joko scope 1 tai 2 luokkaan. Oleellinen ero scope-luokkien välillä on se, että omistaako tai hallitseeko yritys itse kyseessä olevaa asiaa, jonka scope-luokkaa pohditaan. Esimerkiksi yrityksen itse omistaessa kuljetuksiin käytettävät ajoneuvot, luetaan kuljetusten päästöt scope 1 -luokkaan eikä scope 3 -luokan kuljetukset kategoriaan. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 29.)

Operationaalisten rajojen asettamisen jälkeen GHG Corporate Protocol -standardi käsittelee päästöjen jäljittämistä ajan mittaan. Yritysten kasvihuonekaasupäästöjä laskiessa on tärkeää, että päästöt sidotaan ja suhteutetaan tiettyyn ajan hetkeen ja jaksoon, sillä yritysten toiminta harvoin pysyy vuodesta toiseen samanlaisena. Yrityksen koon ja omistajuussuhteiden muuttuminen vaikuttavat yrityksen päästöjen historialliseen profiiliin, joten ne on otettava huomioon laskennassa ja raportoinnissa. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 34.)

Tiivistetysti päästöjen jäljittäminen ajan mittaan kulminoituu ”perusvuoden” (baseline year) valintaan, johon nykyisiä päästöjä verrataan. Tämä on yrityksen päästöjen hallinnan kannalta oleellista, koska tämä on luotettava tapa todeta, miten päästöjen määrä, laatu ja lähteet ovat ajan saatossa muuttuneet. Yleensä yritykset valitsevat perusvuodeksi yhden yksittäisen vuoden, mutta on myös mahdollista valita useamman vuoden ajanjakso. Perusvuoden valintaan vaikuttaa esimerkiksi tarvittavan datan saatavuus ja kuinka hyvin kyseinen vuosi kuvastaa yrityksen toimintaa ja sitä kautta päästöjä. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 35.)

Seuraavaksi standardi keskittyy varsinaiseen päästölähteiden tunnistamiseen ja laskentaan. Tämä vaihe voidaan jakaa viiteen vaiheeseen:

1. Päästölähteiden tunnistaminen
2. Laskentamenetelmien valinta

3. Datan kerääminen ja päästökertoimien valinta
4. Laskentatyökalujen käyttöönotto
5. Tietojen kerääminen yritystasolle

Ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan ja luokitellaan yrityksen päästölähteet. Tässä hyödynnetään päästöjen luokitteluun neljää eri luokkaa: kiinteä palaminen, liikennevälineiden päästöt, prosessien päästöt ja hajapäästöt. Kiinteä palaminen käsittää palamisreaktioiden aiheuttamat päästöt kiinteissä laitteistoissa, kuten polttimoissa, turbiineissa, lämmittimissä, koneissa ja keittimissä. Liikennevälineiden päästöihin taas kuuluvat nimensä mukaisesti erilaisten liikennevälineiden polttomoottoreissa syntyvät päästöt. Prosessien päästöissä on erilaisten fyysisten tai kemiallisten prosessien aiheuttamat päästöt, kuten hiilidioksidipäästöt sementin valmistuksessa kalsinointivaiheessa. Viimeinen luokka, hajapäästöt, sisältää päästöt esimerkiksi laitevuotojen yhteydestä, jätevedenkäsittelystä, kaivoksista tai kivihiilikaivoista. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 40–41.)

Päästölähteiden luokittelu perustuu scope-luokitteluun. Luokittelu aloitetaan scope 1 -luokan päästöistä, eli yrityksen suorista päästölähteistä. Päästölähteitä luokitellaan scope 1 -luokasta neljään edellisessä kappaleessa mainittuun kategoriaan, ja tämä luokittelu toistetaan myös kahdessa muussa scope-luokassa. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 41.)

Päästölähteiden tunnistamisen jälkeen siirrytään laskentamenetelmien valintaan. Päästöjen määrää voidaan selvittää suorilla mittauksilla ilman päästökertoimien käyttämistä, tai vaihtoehtoisesti tiettyjen päästökertoimien avulla esimerkiksi massataseisiin tai stoikiometrisiin määriin perustuen. Näistä menetelmistä ensimmäinen on hyvin harvoin käytetty ja jälkimmäinen paljon yleisempi. Menetelmää valitessa tulee ottaa huomioon, millä tavalla tulokset ovat tarkimpia ja sopivimpia raportoinnin kontekstiin. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 42.)

Datan keräämisessä ja päästökertoimien valinnassa tulee hyödyntää yrityksen käyttämiä määriä laskettavista päästölähteistä ja yleisesti julkaistuja tai kolmannen osapuolen laskemia päästökertoimia. Yleisesti ottaen, mikäli saatavilla on lähteeseen tai ominaisuuksiin perustuvia tarkempia päästökertoimia, tulisi niitä käyttää enemmän kuin yleisempiä päästökertoimia. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 42.)

Laskennassa käytettävät työkalut ovat yrityksen itse päätettävissä ja niiden käyttö on vapaaehtoista. Yritys saattaa tarvita päästöjensä laskentaan useita eri työkaluja, sillä osa työkaluista voi olla hyvinkin tarkkoja käyttötarkoituksia varten. GHG Protocol on määrittänyt työkaluille kaksi luokkaa: monialaiset ja alakohtaiset työkalut. Esimerkiksi GHG Protocol tarjoaa erilaisia työkaluja molemmista luokista nettisivuillaan. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 42.)

Viimeinen vaihe, eli tietojen kerääminen yritystasolle on sitä tärkeämpää, mitä suurempi ja monimutkaisempi yritys on. Tällä vaiheella tarkoitetaan tietojen kokoamista suunnitellusti laskentaa varten yrityksen eri fasiliteeteista, kuten eri yksiköistä, osastoista, toiminnoista tai vastaavista itsenäisistä paikoista. Vaihe on tärkeä, jotta raportoinnin taakkaa saataisiin minimoitua ja virheiden mahdollisuutta pienennettyä. Tietojen keräämiseen yritystasolle on yksinkertaistetusti kaksi eri toteutustapaa: keskitetty ja hajautettu lähestymistapa. Keskitetyssä menetelmässä päästöistä vastuussa olevat tahot keräävät toimintatiedot päästöistä ja välittävät ne yritystasolle, jossa päästökertoimia hyödyntämällä päästöjen määrä yritykselle lasketaan kootusti. Hajautetussa menetelmässä itsenäiset tahot taas laskevat toimintatiedoista itse päästökertoimien avulla päästöjen määrän ja toimittavat tämän tiedon yritystasolle. Keskitetyn menetelmän etuna on laskennan yhdenmukaisuus, suoraviivaisuus ja pienempi henkilöstön tarve, kun taas hajautettu menetelmä auttaa paremmin kaikkia yritykseen kuuluvia tahoja ja henkilöitä ymmärtämään päästöihin liittyviä syitä ja ongelmia. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 45 – 46)

GHG Corporate Protocol -standardin viimeinen varsinainen standardia käsittelevä kappale ohjeistaa tarkemmin päästöjen raportoinnista. Kappaleessa linjataan, että julkisen kasvihuonekaasupäästöjä käsittelevän raportin on suositeltavaa perustua parhaaseen saatavilla olevaan tietoon julkaisu hetkellä ja olla avoin laskennassa käytetyistä rajauksista, ottaa esille mahdolliset materiaaliset eroavaisuudet yrityksen toiminnassa viimeisinä vuosina ja sisällyttää raportointiin kaikki bruttopäästöt riippumatta mahdollisista päästökaupoista. Kappaleen tärkeimpänä asiana on eritelty pakollinen raportoitava informaatio ja vapaaehtoiset raportoitavat asiat toisistaan. Pakollista raportoitavaa tietoa on yleistettynä kuvaus yrityksestä sekä inventaario analyysistä, ja tiedot päästöistä vähintään scope luokista 1 ja 2. Vapaaehtoista raportoitavaa on muut asiat, kuten scope 3 -luokan päästöt. (Greenhouse Gas Protocol, 2015, s. 62–63.)

3.2.2. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard

Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard tai lyhyemmin Scope 3 standardi sisältää tarkemmat vaatimukset ja ohjeistukset nimensä mukaisesti yrityksen scope 3 -luokan päästöjen laskentaan verrattuna edellisessä luvussa 3.2.1 käsiteltyyn GHG Protocol Corporate -standardiin. Standardin tarkoituksena on tarjota yrityksille yksityiskohtaisempi vaihe vaiheelta ohjeistus yrityksen arvoketjun päästöjen laskentaan ja raportointiin. Scope 3 -standardi on suunnattu kaiken kokoisille yrityksille ja yrityksiin verrattaviin organisaatioihin. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 3.)

Scope 3 -standardi määrittelee yhdeksän askelta yrityksen arvoketjun kasvihuonekaasupäästöjen laskennan ja raportoinnin tueksi, jotka esitellään standardissa yksityiskohtaisesti. Näistä yhdeksästä askeleesta kaksi ovat vapaaehtoisia ja muut pakollisia scope 3 -luokan päästöjä laskettaessa ja raportoituessa. Askeleet ovat:

1. Liiketoiminnan tavoitteiden määrittely
2. Kirjanpito- ja raportointiperiaatteiden tarkastelu
3. Scope 3 -luokan aktiviteettien tunnistaminen
4. Scope 3 luokan rajojen asettaminen
5. Tietojen kerääminen
6. Päästöjen allokointi
7. Tavoitteen määrittely ja päästöjen seuranta tulevaisuudessa (vapaaehtoinen)
8. Päästöjen varmistaminen (vapaaehtoinen)
9. Päästöjen raportointi

(Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 19.)

Ensimmäisessä askeleessa määritellään mitä scope 3 -luokan päästöjen laskennalla pyritään saavuttamaan liiketoiminnan näkökulmasta. Tärkeimpänä asiana tähän liittyen on selventää yrityksen arvoketjujen päästöihin sisältyviä riskejä ja mahdollisuuksia, tunnistaa päästöjen vähentämisen mahdollisuudet, tavoitteet ja kohteet, sitouttaa arvoketjujen kumppaneita

päästöjen hallintaan, ja kehittää yrityksen mainetta ja sidosryhmien tiedottamista julkisen raportoinnin kautta. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 12)

Kirjanpito- ja raportointiperiaatteiden tarkasteluun liittyy vaatimus jo aiemmin mainittuihin vaadittaviin ominaisuuksiin inventaarioanalyysin laskennasta ja raportoinnista: merkityksellisyys, täydellisyys, johdonmukaisuus, läpinäkyvyys ja tarkkuus. On olemassa tilanteita, joissa jotkin näistä periaatteista ovat ristiriidassa keskenään, mutta tällaisessa tilanteessa periaatteita tulee painottaa liiketoiminnan tavoitteiden näkökulmasta.

Scope 3 -luokan päästöjä tunnistettaessa päästölähteet voidaan jakaa niin kutsuttuihin ylävirta- ja alavirtapäästöihin. Ylävirran päästöillä tarkoitetaan sellaisia päästöjä, jotka syntyvät yrityksen ostamien tai muutoin hankkimien hyödykkeiden tai palvelujen seurauksena, kun taas alavirran päästöt ovat yrityksen myymien tuotteiden tai palveluiden aiheuttamia. Nämä ylä- ja alavirta päästöt on jaoteltu viiteentoista scope 3 kategoriaan, joista kategoriat 1-8 ovat ylävirran päästölähteitä, ja kategoriat 9-15 alavirran päästölähteitä. Kategoriat on nimetty seuraavasti:

1. Ostetut hyödykkeet ja palvelut
2. Tuotantohyödykkeet
3. Polttoaineisiin ja energiaan liittyvät aktiviteetit, joita ei ole sisällytetty scope 2 -luokkaan
4. Ostettujen hyödykkeiden ja palvelujen kuljetus ja jakelu
5. Jätteet
6. Liikematkat
7. Työntekijöiden liikkuminen
8. Yrityksen käyttämät leasingpalvelut
9. Myytyjen tuotteiden ja palveluiden kuljetus ja jakelu
10. Tuotettujen välituotteiden prosessointi
11. Tuotteiden käyttövaihe
12. Tuotteiden loppukäsittely

13. Yrityksen tarjoamat leasing palvelut

14. Franchising-yritykset

15. Sijoitukset

(Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 32)

Neljännessä askeleessa määritetään rajat scope 3 päästölähteiden ja inventaarioanalyysin tekemiseen. Tähän askeleeseen liittyy neljä standardin mainitsemaa vaatimusta, joiden on täyttyvä: yrityksen tulee laskea kaikki scope 3 päästönsä ja esitellä ja perustella kaikki poisrajatut asiat, yrityksen tulee laskea vähintään vähimmäisvaatimukset täyttävät asiat jokaisesta scope 3 kategoriasta, yrityksen tulee raportoida CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC ja SF₆ päästöt arvoketjustaan, ja biogeenisiä hiilidioksidipäästöjä ei tule sisällyttää scope 3 päästöihin, vaan ne tulee raportoida erikseen. Tähän askeleeseen liittyy oleellisesti arvoketjun tarkka kartoittaminen ja käytettävien rajoitusten pohtiminen. Standardi tarjoaa rajausten määrittämiseen seitsemän kriteeriä, joiden pohjalta scope 3 kategorioiden rajaamista tai sisällyttämistä voidaan pohtia: kokoluokka, vaikutus, riski, sidosryhmät, aiempi ulkoistus, alakohtainen ohjeistus tai muu yritykseen tai alaan liittyvä oleellinen kriteeri. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 59–61.)

Viides askel sisältää ohjeistuksen datan keräämisestä. Standardi esittää tietojen keräämistä ja arviointia varten iteratiivisen nelivaiheisen prosessin, jonka vaiheet ovat: datan keräyspyrkimysten priorisointi, datan valinta, datan kerääminen ja aukkojen täyttäminen, sekä datan laadun parantaminen. Lähtökohtaisesti ensimmäisessä vaiheessa tulisi priorisoida resursseja sellaisen datan keräämiseen, jotka sisältävät merkittävimmät vaikutukset kasvihuonekaasupäästöjen määrän kannalta. On kuitenkin mahdollista, että tietyissä tilanteissa voidaan painottaa esimerkiksi taloudellista merkitystä, yrityksen vaikutusvaltaa, riskien arviointia, sidosryhmien tarpeita, alakohtaisia tarpeita tai muuta merkittävää asiaa.

Datan kvantifiointimenetelmiä, eli datan määrittämenetelmiä esitellään standardissa kaksi: suorat mittaukset ja laskeminen. Kun päästöjä määritellään suorilla mittauksilla, kasvihuonekaasut määritetään kertomalla mitattu päästödata GWP-kertoimella, joka muuntaa päästön vastaamaan ilmaston lämmittämispotentiaaliltaan hiilidioksidia. Tämä tapa on esitetty yhtälössä 1. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 68.)

$$\text{Kasvihuonekaasupäästöt} = \text{Mitattu päästödata} * \text{GWP kerroin} \quad (1)$$

Mikäli suorat mittaukset eivät ole mahdollisia ja päästöjä joudutaan laskemaan, tarvitaan lähtötiedoiksi aktiviteettidataa ja päästökerroin. Aktiviteettidatalla tarkoitetaan määrällistä suuretta, jolla mitattavan päästöjä aiheuttavan kohteen aktiivisuutta voidaan mitata ja päästökerroin tarkoittaa kerrointa, jolla aktiviteettidata voidaan muuntaa hiilidioksidiekvivalenteiksi. Kun nämä tiedot ovat selvillä, voidaan kasvihuonekaasujen arvo määrittää kertomalla keskenään aktiviteettidata, päästökerroin ja GWP-kerroin. Laskentaperiaate on esitetty yhtälössä 2. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 68)

$$\text{Kasvihuonekaasupäästöt} = \text{Aktiviteettidata} * \text{Päästökerroin} * \text{GWP kerroin} \quad (2)$$

Datan tyypin ja laadun huomiointi on tärkeää osa tietojen keräämistä, jotta laskennassa ja raportoinnissa saavutetaan mahdollisimman laadukas lopputulos. Datatyypit, joita scope 3 -päästölähteiden laskentaan voidaan hyödyntää, ovat primäärinen data ja sekundäärinen data. Primäärinen data on dataa, joka on saatu joko suoraan mittauksien avulla tai aktiviteettidataa suoraan arvoketjun kumppaneilta. Sekundääristä dataa on puolestaan erilaiset teollisuuden keskiarvot tai muu julkinen data tai kirjallisuustieto. Datan valinnassa tulisi ensisijaisesti suosia primääristä dataa, mutta tarvittaessa sekundaarista dataa voidaan käyttää. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 71, 75.)

Päästöjen allokointi on tekniikka, jolla yritykselle lasketut päästöt voidaan kohdentaa oikeille tuotteille. Tämä on tarpeellista erityisesti silloin, kun yritykselle lasketaan päästöt kokonaisuutena koko yritykselle, mutta yrityksellä on useita lopputuotteita. Tiivistetysti päästöjen allokointi tarkoittaa siis yrityksen kokonaispäästöjen jakamista yrityksen tuottamien asioiden kesken tietyn ennalta päätetyn periaatteen mukaisesti. Allokointi ei välttämättä aina ole tarpeellista, ja sitä tulisi muutoinkin pyrkiä välttämään, mikäli mahdollista. Allokointi ei ole tarpeellista yleensä tilanteissa, joissa yritys tuottaa vain yhtä lopputuotetta, päästöt on laskettu erikseen jokaiselle lopputuotteelle jo valmiiksi, tai laskennassa käytetään pääsääntöisesti sekundääristä dataa. Päästöjen allokointiin voidaan käyttää useita eri periaatteita, joiden mukaan päästöt jaotellaan lopputuotteiden kesken. Tyypillisiä tekniikoita ovat

esimerkiksi jaottelu perustuen massaan, taloudelliseen arvoon, tuotteiden määrään tai energian käyttöön. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 87–91.)

Askeleet 7 ja 8: tavoitteen määrittely ja päästöjen seuranta ajan mittaan ja päästöjen varmistaminen ovat yritykselle vapaaehtoisia, mutta suositeltavia. Scope 3 -standardi esittää askeleelle seitsemän kolme vaatimusta, joiden on täytyttävä tähän liittyen, mitä yrityksen tulee täyttää: perusvuoden valinta ja perustelut valinnalle, määritellä uudelleen laskentaperiaatteet tulevia laskentoja varten, ja laskea aina tarvittaessa perusvuoden päästöt uudelleen tarpeen vaatiessa. Askeleella 8 pyritään lisäämään laskennan ja raportoinnin tarkkuutta, yhdenmukaisuutta, läpinäkyvyyttä, tarkoituksenmukaisuutta ja vähentämään mahdollisia virheitä. Askel ei ole pakollinen, mutta sillä on useita hyötyjä paremman laskennan ja raportoinnin tuloksen savuttamiseksi. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 99, 113)

Kasvihuonekaasupäästöjen raportointiin Scope 3 -standardi määrittelee 10 pakollista ja lisäksi vielä 24 vapaaehtoista asiaa, jotka raportointiin tulisi sisällyttää. Pakollisiin vaatimuksiin sisältyy scope 1- ja scope 2 -luokkien päästöt GHG Corporate Standardin mukaisesti, scope 3 -luokan päästöjen raportointi kategorioittain, jokaisen kategorian kaikki kasvihuonekaasupäästöt raportoituna yksikössä metrisiä hiilidioksidiekvivalenttitonneja, pois lukien biogeeninen hiili ilman päästökauppaa, lista laskennassa mukana olleista scope 3 -kategorioista, lista pois jätetyistä kategorioista perusteluineen, perusvuosi ja perusteet valinnalle, datan tyyppien ja lähteiden kuvaus sisältäen aktiviteettidatan, päästökertoimet, GWP-arvot, käytetyt laskentametodit, ja datan laadun arvioinnin, jokaisesta kategoriasta kuvaus käytetyistä metodeista, allokointimeteodeista ja oletuksista, ja jokaisesta kategoriasta arvio osuudesta, joka päästöistä oli saatu arvoketjukumppaneiden toimittamasta datasta. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 119.)

3.3. Tuotteen hiilijalanjäljen laskenta: ISO 14067

ISO 14067:2018 *Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet.* käsittelee nimensä mukaisesti tuotteiden hiilijalanjäljen laskentaa koskevia vaatimuksia ja ohjeistuksia. Tärkeimpinä asioina standardissa käsitellään yleiset laskentaan ja raportointiin kohdistuvat periaatteet, esitellään menetelmä tuotteen

kokonaisen tai osittaisen hiilijalanjäljen laskentaan ja ohjeistetaan hiilijalanjäljen selvitysraportin laatimisesta. (ISO 14067, 2018, s. 1–2.)

Standardi esittelee periaatteet, joiden mukaan standardin esittämät vaatimukset ovat laadittu. Tärkeinä periaatteina standardi nostaa merkityksellisyyden, täydellisyyden, johdonmukaisuuden, yhtenäisyyden, tarkkuuden ja läpinäkyvyyden, jotka on esitelty muissakin standardeissa ja ohjeistuksissa. Standardi ISO 14067 sisältää myös muita oleellisia periaatteita. (ISO 14067, 2018, s. 20–21.)

Standardi nostaa ensimmäiseksi periaatteeksi elinkaarinäkökulman, jonka perusteella hiilijalanjäljen laskennassa tulee ottaa tarkasti huomioon koko tuotteen elinkaari aina tuotteen raaka-aineiden hankinnasta elinkaaren loppuun, ellei toisin rajauksissa määritellä. Seuraavaksi standardi esittelee suhteellisen lähestymistavan ja toiminnallisen yksikön tai ilmoitetun yksikön merkityksellisyyden. Tällä viitataan siihen, että tuotteen hiilijalanjälkeä laskettaessa on määritelty koko hiilijalanjälkeä laskettaessa toiminnallinen yksikkö tai osittaista hiilijalanjälkeä laskettaessa ilmoitettu yksikkö, johon laskenta suhteutetaan ja tuloksia verrataan. Lisäksi noudatettaviksi periaatteiksi ilmoitetaan iteratiivinen lähestymistapa, kun noudatetaan nelivaiheista elinkaariarviointia, tieteellisen lähestymistavan ensisijaisuutta, ja viimeisenä kaksinkertaisen laskennan välttämistä. Viimeiseen kohtaan tulee keskittyä erityisen tarkasti mahdollisessa allokointimenettelyssä. (ISO 14067, 2018, s. 20–21.)

ISO 14067 -standardin esittelemä tuotteen hiilijalanjäljen laskentamenetelmä perustuu luvussa 3.1.2 esitettyyn nelivaiheiseen elinkaariarviointiin, johon sisältyy tavoitteen ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusten arviointi ja tulosten tulkinta. Standardi määrää myös, että tuotteen tuotejärjestelmän vaiheet eli yksikköprosessit on jaoteltava tuotteen elinkaaren vaiheisiin. (ISO 14067, 2018, s. 22.)

Laskennan yleinen tavoite on laskea hiilidioksidiekvivalentteina ilmaistuna tuotteen ilmaston lämmittämispotentiaali. Laskenta tulee suorittaa kaikista elinkaaren aikana muodostuneista päästöistä ennalta määritettyjen rajausten mukaisesti. Hiilijalanjäljen laskennan tavoitteen määrittelyssä on pakollista selvittää yksityiskohtaisesti laskennan aiottu käyttötarkoitus, tekemisen syyt, kohdeyleisö sekä suunnitelma mahdollisesta viestinnästä hiilijalanjälkeen liittyen. Viestintään on olemassa oma standardi ISO 14026, jota on viestinnässä tarpeen mukaan noudatettava. (ISO 14067, 2018, s. 23.)

Hiilijalanjäljen laskennan soveltamisala määrittää hyvin paljon, millä tavalla laskenta ja raportointi toteutetaan. Soveltamisalan tulee olla yhdenmukainen selvityksen tavoitteen kanssa standardin määrittelemien periaatteiden mukaisesti. Standardi määrittelee kaksitoista kohtaa, jotka tulee olla soveltamisalassa selkeästi määriteltynä:

1. Tutkittava järjestelmä ja sen toiminnot
2. Toiminnallinen yksikkö tai ilmoitettu yksikkö
3. Järjestelmän rajat, sisältäen tutkittavan järjestelmän maantieteellisen laajuuden
4. Tietoa ja tiedon laatua koskevat vaatimukset
5. Tietojen ajallinen rajaus
6. Oletukset, etenkin käyttövaihetta ja käytöstä poistamisvaihetta koskevat
7. Allokointimenettelyt
8. Määritellyt kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat, esim. maankäytön muutoksesta johtuvat
9. Menetelmät tiettyjä tuoteluokkia koskevien asioiden huomioon ottamiseen
10. Hiilijalanjäljen selvitysraportti
11. Mahdollisen kriittisen arvioinnin tyyppi
12. Hiilijalanjälkiselvityksen rajoitukset

(ISO 14067, 2018, s. 23–24.)

Vaiheessa 1 kuvaillaan tuotteen yksikköprosessit ja niiden suhteet toisiinsa. Tällä tavoin luodaan selkeä kuva asioista, joita laskennassa tulee ottaa huomioon. Tämän jälkeen vaiheessa 2 määritetään tuotteelle toiminnallinen tai ilmoitettu yksikkö riippuen siitä, tehdäänkö kokonaisvaltainen vai osittainen hiilijalanjäljen laskenta. Toiminnallisen/ilmoitetun yksikön lisäksi tulee määritellä yksikön mukainen vertailuvirta, johon eri tuotejärjestelmien vertailu perustuu. Esimerkiksi käsien kuivaamiseen tarkoitettujen kahden eri järjestelmän, joista toinen perustuu paperilla kuivaamiseen ja toinen kuuman ilman puhaltamiseen, voidaan määrittää toiminnalliseksi yksiköksi yhden käsiparin kuivaaminen ja vertailuvirroiksi paperijärjestelmälle toiminnallisen yksikön toteuttamiseen tarvittavan paperin massa ja puhallinjärjestelmän vertailuvirraksi tarvittavan ilman tilavuus ja lämpötila. (ISO 14067, 2018, s. 24.)

Järjestelmän rajoja määritettäessä päätetään ja selitetään, mitkä yksikköprosessit huomioidaan laskennassa ja millä tarkkuudella. Kaikki rajauksen ulkopuolelle jätetyt asiat tulee yksilöidä ja perustella, sekä pohtia ulos rajattujen prosessien tai ominaisuuksien merkityksellisyttä laskennan kannalta. Rajauksen sisäpuolelle jäävistä asioista tulee myös pohtia merkityksellisyyden kannalta, mitkä prosessit vaativat tarkemman arvioinnin ja onko perusteltua jättää toiset prosessit vähemmälle huomiolle. Tavoitetta ja soveltamisalaa määriteltäessä olisi hyvä päättää tarkat rajauskriteerit, joiden perusteella vähemmän merkityksellisiä prosesseja voidaan rajata laskennan ulkopuolelle. (ISO 14067, 2018, s. 26.)

Tavoitteen ja soveltamisalan määrittämisen jälkeen toteutetaan selvityksen elinkaari-inventaarioanalyysi, jossa koostetaan tuotteen elinkaaren aikaiset syötteet ja tuotteet. Tässä vaiheessa laskentaan tarvittava tieto kerätään, tiedot varmennetaan, tiedot suhteutetaan yksikköprosesseihin ja toiminnalliseen tai ilmoitettuun yksikköön, järjestelmän rajoja tarkennetaan tarvittaessa ja tarvittaessa suoritetaan allokointimenettely. (ISO 14067, 2018, s. 29.)

Kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien käsittelyssä ja ajoittamisessa on otettava huomioon muutamia seikkoja. Ajallisesta näkökulmasta kaikki päästöt tulee laskea ja raportoida siten, ikään kuin kaikki päästöt olisivat syntyneet yhtä aikaa arviointijakson alussa riippumatta siitä, milloin ne todellisuudessa ovat syntyneet. Poikkeuksena mikäli päästöt tai poistumat ajoittuvat yli kymmenen vuoden päähän tuotteen käyttövaiheen alkamisesta, täytyy ne suhteuttaa elinkaari-inventaariossa valmistusvuoteen. (ISO 14067, 2018, s. 32.)

Toinen erityishuomiota vaativa seikka kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien käsittelyssä on fossiilisen ja eloperäisen tai biogeenisen hiilen erittely. Molemmista lähteistä syntyvät päästöt ja poistumat on sisällytettävä hiilijalanjälkeen ja dokumentoitava nettotuloksena erikseen. Kun hiilijalanjälkiselvitys toteutetaan kehdosta portille periaatteella, voidaan tuotteeseen sitoutuneen eloperäisen hiilen pitoisuus määritellä ja raportoida. Tietoa ei saa sisällyttää varsinaiseen hiilijalanjälkeen, mutta se saattaa olla oleellinen arvoketjun myöhemmissä vaiheissa. (ISO 14067, 2018, s. 33.)

Hiilijalanjälkiselvityksen kolmannessa vaiheessa, eli vaikutusten arvioinnissa keskitytään elinkaarianalyysin inventaarioanalyysissä kerättyjen ja laskettujen tulosten pohjalta tuotteen aiheuttamiin vaikutuksiin. Normaalisti elinkaarianalyysin soveltamisalaa määritettäessä määriteltäisiin myös vaikutusluokat, joiden kannalta vaikutuksia analysoitaisiin, mutta hiilijalanjäljen laskennan tapauksessa keskitytään vain yhteen vaikutusluokkaan:

ilmastonlämmittämisvaikutukseen tai englanniksi Global Warming Potential (GWP). (ISO 14067, 2018, s. 39.)

Tuotteen vaikutusta ilmastonmuutokseen tulkitaan siten, että inventaarioanalyysin aikana selvitetty kasvihuonekaasupäästöjen ja poistojen massojen nettotulos kerrotaan IPCC:n määrittelemällä sadan vuoden lämmityspotentiaalilla. IPCC määrittelee nämä lämmityspotentiaalit yksikössä hiilidioksidiekvivalentti kilogrammaa per päästökilogramma. IPCC on määritellyt arvoja myös muille aikajännteille kuin sadalle vuodelle, mutta niiden käyttäminen tulee tehdä ja raportoida erikseen. Kansainvälisten sopimusten mukaan raportoinnissa tulee käyttää GWP_{100} arvoja, sillä tämä esittää hyvin ilmastonmuutoksen lyhyen aikavälin vaikutuksia eikä muiden arvojen käyttämiselle ole tieteellistä perustetta. (ISO 14067, 2018, s. 39.)

Vaikutusten arvioinnin jälkeen päästään elinkaarianalyysin neljänteen ja viimeiseen vaiheeseen, eli tulosten tulkintaan. Tähän vaiheeseen kuuluu oleellisesti inventaarioanalyysin ja vaikutusten arviointi vaiheiden merkittävät seikat, kuten elinkaaren vaiheiden, yksikköprosessien ja virtojen merkittävimmät osat ja poikkeavuudet, arviointi selvityksen täydellisyydestä, johdonmukaisuudesta ja herkkyysanalyysi, sekä johtopäätökset, rajoitukset ja suositukset selvitykseen perustuen. Tuloksia on iteratiivisuuden periaatteen mukaisesti tulkittava laskennan tavoitteen ja soveltamisalan mukaisesti, ja tulkintaan on sisällytettävä epävarmuuden arviointi, allokointimenettelyt ja selvityksen rajoitusten tunnistaminen. Lisäksi tulosten tulkintaan voidaan sisällyttää herkkyysanalyysi allokointimenetelmistä, menettelytekniikoista, syötteistä ja tuotoksista. Myös arviointi vaihtoehtoisten käyttäjäprofiilien vaikutuksista, erilaisista käytöstä poistamisen skenaarioista ja selvityksessä annettujen suositusten seurauksista. (ISO 14067, 2018, pp. 39–40.)

4. Yrityksen ja tuotteiden hiilijalanjäljet

Tässä luvussa esitellään Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskenta sekä yrityksen valmistamien esimerkkituotteiden hiilijalanjälkien laskenta noudattaen luvussa 3. *Hiilijalanjäljen laskentaperiaatteet* esiteltyjä menetelmiä. Ensin käsitellään luvussa 4.1 *Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki* yrityksen hiilijalanjäljen laskenta ja tämän jälkeen luvussa 4.2 *Tuotteiden hiilijalanjäljet* valittujen tuotteiden hiilijalanjälkien laskenta.

4.1. Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki

Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskenta on jaoteltu elinkaarimallinnuksen neljään päävaiheeseen: tausta ja soveltamisala, inventaarioanalyysi, vaikutustenarviointi ja tulosten tulkinta. Kappaleissa käydään läpi ISO 14040 ja ISO 14044 vaatimat asiat tietyin rajauksin, jotka on esitelty tarkemmin jäljempänä. Yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa on hyödynnetty erityisesti inventaarioanalyysiä tehdessä Greenhouse Gas Protocol -ohjeistusten esittelemiä periaatteita ja menetelmiä, jotka on esitelty tarkemmin luvussa 3.2.

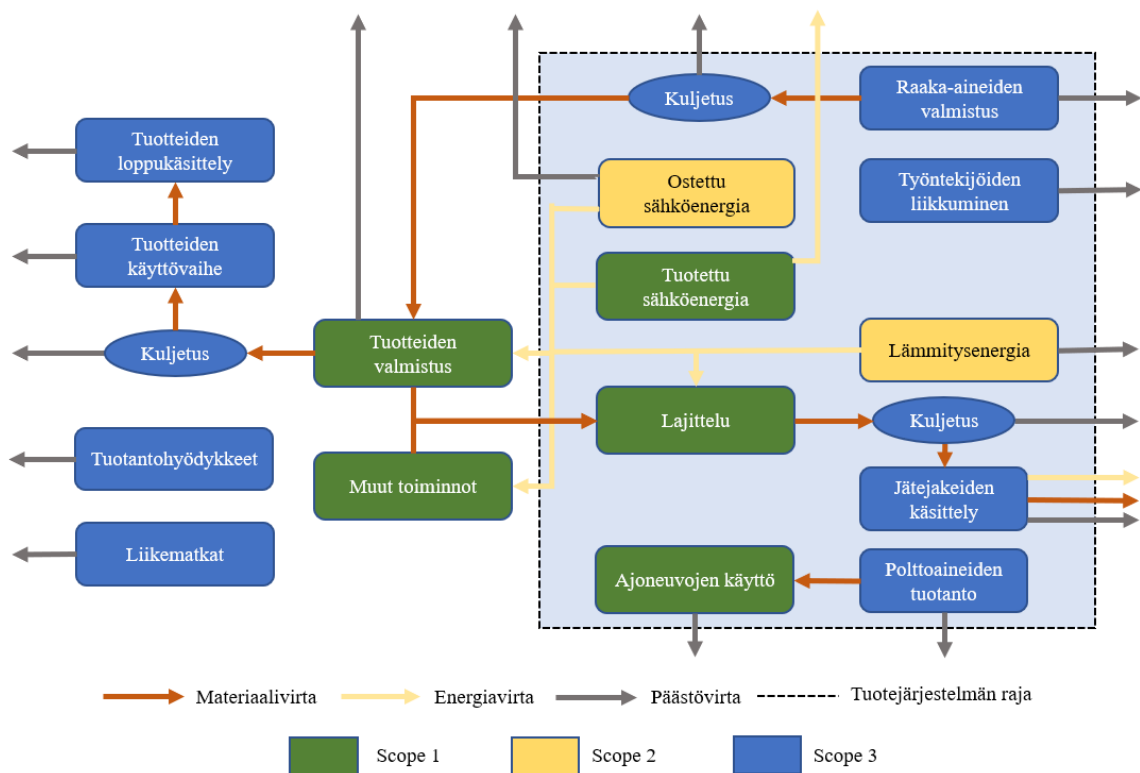
4.1.1. Tausta ja soveltamisala

Työn yhtenä tavoitteena on selvittää Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki mukaan lukien yrityksen suorat ja epäsuorat päästöt. Tämä toteutetaan jakamalla yrityksen päästölähteet kolmeen scope-luokkaan, jotka sisältävät yrityksen suorat päästöt, epäsuorat päästöt liittyen ostoenergiaan ja muut epäsuorat päästöt. Laskennan perusteella analysoidaan yrityksen merkittävimpiä päästölähteitä ja pohditaan toteutuskelpoisimpia keinoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Selvitys on tarkoitettu yrityksen sisäiseen käyttöön ja sitä ei ole lähtökohtaisesti tarkoitettu käytettäväksi esiteltävissä vertailuväitteissä.

Peltitarvike Oy tuottaa pääasiallisesti teräsmateriaaleista erilaisia tuotteita. Yrityksen tärkeimmät tuotteet ovat kattokaivot ja kattoturvatuotteet. Näiden lisäksi Peltitarvike Oy tarjoaa asiakkaille esimerkiksi mittatilaustyönä peltituotteita, linjakuivatustuotteita ja

bitumikeittämiä. Yrityksen toimitilat sijaitsevat Helsingissä, jossa tuotteet valmistetaan ja toimitetaan asiakkaille.

Laskennassa käytettävä tuotejärjestelmä sisältää pääpiirteittäin yrityksen tärkeimmät toiminnot ja siihen liittyvät virrat. Lisäksi tutkittavaan järjestelmään sisällytetään varsinaisen yrityksen ulkopuolisia toimintoja, koska laskennassa halutaan selvittää myös yrityksen epäsuorat scope 3 -luokan päästöt. Tuotejärjestelmän kuvaus on esitelty tarkemmin kuvassa 4.



Kuva 4. Kuvaus Peltitarvike Oy:n toimintaan liittyvistä toiminnoista ja tuotejärjestelmästä.

Kuvassa 4 on esitelty Peltitarvike Oy:n toiminnot sekä niiden väliset materiaali-, energia- ja päästövirrat, jotka ovat oleellisia hiilijalanjäljenlaskennan kannalta. Kuvassa 4 on esitetty toiminnot joko vihreällä, keltaisella tai sinisellä pohjalla riippuen toiminnon scope -luokasta. Yrityksen omista toiminnoista syntyvät päästöt luetaan scope 1 -luokkaan, ostettu sähkö- ja lämmitysenergia scope 2 -luokkaan ja kaikki muut scope 3 -luokkaan.

Yrityksen omiin toimintoihin sisältyvät tuotteiden valmistus, ajoneuvojen käyttö, jätejakeiden syntypaikkalajittelu ja muut toiminnot. Muut toiminnot sisältävät muut yrityksen sisällä

tapahtuvat toiminnot, jotka eivät sisälly varsinaiseen tuotteiden valmistukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi myynti ja markkinointi. Yrityksen sisäisistä toiminnoista tuotteiden valmistus ja ajoneuvojen käyttö tuottavat suoria päästöjä, mutta muista toiminnoista ja lajittelusta näitä ei synny. Yrityksen omiin toimintoihin sisältyy myös aurinkopaneeleilla itse tuotettu sähköenergia, joka ei aiheuta suoria päästöjä, mutta vähentää ostetun sähköenergian kulutusta. Ylimääräinen sähkö myydään sähköverkkoon. Näistä päästölähteistä tuotteiden valmistus ja muut toiminnot rajataan laskennan ulkopuolelle, koska tuotteiden valmistuksen aiheuttamia päästöjä ei voida arvioida datan puuttumisen vuoksi ja muut toiminnot eivät aiheuta suoria päästöjä, joita voitaisiin arvioida.

Scope 2 -luokan päästöihin lukeutuvat ostettu sähkö- ja lämmitysenergia aiheuttavat molemmat yritykselle epäsuoria päästöjä. Sähköenergiaa käytetään tuotteiden valmistuksessa ja muissa toiminnoissa, ja lämmitysenergiaa kuluu yrityksen toimitilojen lämmittämiseen. Tuotejärjestelmästä on tärkeää huomata, että itse tuotettu sähköenergia ei kuulu scope 2 -luokkaan, vaan siitä aiheutuvat päästöt laskettaisiin scope 1 -luokan päästöinä, koska tämä on yrityksen itse omistama ja hallinnoima toiminto. Kuitenkin tuotetun energian ollessa päästötöntä sähköenergiaa, sitä ei huomioida laskelmissa.

Tuotejärjestelmässä on nähtävissä myös Peltitarvike Oy:n ostoenergiaan liittymättömiä toimintoja, jotka aiheuttavat epäsuoria päästöjä. Raaka-aineiden ja materiaalien valmistus ja materiaalien kuljetus aiheuttavat yrityksen ulkopuolella päästöjä. Tähän päästökategoriaan kuuluu myös polttoaineiden valmistuksen aikaiset päästöt, vaikka ne esitetään tässä selvityksessä erikseen. Tuotteiden valmistuksen jälkeen materiaalivirtoja lähtee kahteen suuntaan. Lajitteluun menevät ylimääräiset materiaalit, joita ei pystytä enää käyttämään tuotteiden valmistuksessa. Tuotteiden käyttövaiheeseen ja sen kautta tuotteiden loppukäsittelyyn menevät valmistetut tuotteet. Tuotteiden käyttövaiheesta ja loppukäsittelystä syntyy epäsuoria päästöjä yritykselle. Lajittelusta ei synny päästöjä yrityksen sisällä, mutta jätejakeiden siirtyessä käsittelyyn jätteiden käsittelykeskukseen kuljetuksesta ja käsittelystä syntyy epäsuoria päästöjä. Myös muista toiminnoista syntyy materiaalivirta jätteistä, joka käsitellään kuten tuotteiden valmistuksesta syntyvien jätteiden tapauksessa.

Työntekijöiden liikkuminen työpaikan ja kodin välillä sekä työmatkat muilla kulkuvälineillä, kuin yrityksen omilla ajoneuvoilla lukeutuvat yrityksen omien toimintojen ulkopuolelle. Näin ollen näistä aiheutuneet päästöt luetaan yrityksen epäsuoriin päästöihin.

Liikematkat rajataan tuotejärjestelmän ulkopuolelle, koska näitä toimintoja oli yrityksellä niin harvoin, etteivät niiden aiheuttamat päästöt ole oletettavasti mitenkään merkittäviä.

Tuotantohyödykkeet jätetään selvityksen ulkopuolelle, koska näiden laskenta ei ole olemassa olevien resurssien puitteissa realistista ja tuotantohyödykkeisiin ei pystytä juurikaan vaikuttamaan yrityksen toiminnan luonteen takia. Tuotantohyödykkeisiin luetaan Peltitarvike Oy:n tapauksessa esimerkiksi tuotantotilat, laitteet ja muu kalusto.

Kuten kuvasta 4 huomataan, scope 3 -luokiteltavista toiminnoista puuttuu muutamia scope 3 -luokan päästökategorioita, jotka esiteltiin tarkemmin luvussa 3.2.2. Tuotejärjestelmän ulkopuolelle on jätetty kategoriat 8. yrityksen käyttämät leasing palvelut, 10. tuotettujen väli-tuotteiden prosessointi, 13. yrityksen tarjoamat leasing palvelut, 14. franchising-yritykset ja 15. sijoitukset. Nämä kategoriat jätetään selvityksen ulkopuolelle, koska yrityksellä ei ole kyseessä olevia toimintoja.

Yritykselle ei ole aiemmin tehty hiilijalanjäljen laskentaa ja tämän selvityksen toiminnallisena yksikkönä käytetään yrityksen yhden vuoden aikainen toiminta. Selvitys tehdään vuodelle 2021, koska tämä on selvityksen tekohetkellä tuorein kokonainen vuosi. Vuodelta 2021 on olemassa helposti saatavilla tarvittavaa dataa laskennan tekemiseksi ja kyseinen vuosi kuvastaa edelleen hyvin yrityksen toimintaa vuonna 2022.

Tässä selvityksessä ei suoriteta päästöjen allokointia, vaikka yrityksen toiminnasta seuraa erilaisia lopputuotteita. Allokointia ei suoriteta, koska laskenta perustuu merkittävässä määrin sekundääriseen dataan ja tärkeimmille yrityksen valmistamille lopputuotteille lasketaan hiilijalanjälki erikseen. GHG Protocol-ohjeistusten mukaan allokointi ei yleensä ole tarpeellista, kun laskennassa käytettävä aktiviteettidata ja päästökertoimet liittyvät pääasiassa yhteen tiettyyn tuotteeseen kerrallaan. (Greenhouse Gas Protocol, 2011, s. 88)

Hiilijalanjäljen laskemiseksi tarvittavaa tietoa kerätään yrityksen ilmoittamista tiedoista, kuten aktiviteettidataa energian kulutuksesta, polttoaineiden kulutuksesta, käytetyistä ajoneuvoista ja jätejakeiden lajittelusta. Lisäksi järjestetään työntekijöiden liikkumisen selvittämiseksi sähköinen kysely. Päästöjä ei mitata suoraan, joten päästöt lasketaan aktiviteettidatan, päästökertoimien ja GWP₁₀₀-kertoimien perusteella. Tarvittavat päästökertoimet etsitään julkisista kolmannen osapuolen hallinnoimista lähteistä.

Koska tässä työssä lasketaan Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki, ainoa käytettävä vaikutusluokka on ilmastonmuutos. Tällöin ainoana vaikutusluokkaindikaattorina toimii

infrapunasäteilypakote, jota mallinnetaan IPCC:n viidennen arviointiraportin GWP₁₀₀ vertailumallin avulla.

Työn laskentaa varten kerättävät tiedot pyritään lähtökohtaisesti keräämään suoraan kohteesta, mutta tarvittaessa käytetään perusteltuja oletuksia ja valtakunnallisia tai kansainvälisiä keskiarvoja. Raportoinnissa noudatetaan kappaleen 3. *Laskentaperiaatteet* esitettyjä periaatteita. Raportti on jaettu neljään elinkaariarvioinnin vaiheeseen, joista inventaarioanalyysi suoritetaan GHG Protocollin scope-jaottelun mukaisesti.

4.1.2. Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysissä selvitetään Peltitarvike Oy:n päästöihin liittyvä aktiviteettidata ja esitetään sopivat päästökertoimet. Näiden avulla lasketaan päästöt eri scope -luokille kategorioihin jaoteltuna yhtälön 2 avulla.

Peltitarvike Oy:n suoriin päästöihin kuuluvat yrityksen omissa prosesseissa vapautuvat kasvihuonekaasupäästöt ja omien ajoneuvojen aiheuttamat päästöt. Yrityksen prosesseissa käytetään laitteita, jotka aiheuttavat suoria päästöjä: FinnPower L6 ja Prima Power Platino -merkkisiä laserleikkureita ja Fronius -merkkisiä hitsauslaitteita. Näiden laitteiden aiheuttamien päästöjen suuruudesta ei kuitenkaan löydetty kirjallista tietoa eikä niitä tämän selvityksen puitteissa päästy mittaamaan, joten nämä jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Muut prosesseissa käytettävät laitteet eivät aiheuta suoria päästöjä.

Omien ajoneuvojen käyttö

Yrityksen käytössä on kaksi dieseliä polttoaineenaan käyttävää ajoneuvoa, jotka aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjä. Ajoneuvojen aiheuttamista päästöistä lasketaan polttoaineen kuluksesta aiheutuvat päästöt, jotka koostuvat polttoaineen valmistuksesta ja polttamisesta. On tärkeää huomata, että polttoaineiden valmistuksen aikaiset päästöt luokitellaan scope 3 -luokan päästöiksi ja ajoneuvojen käytön aikana tapahtuva polttoaineiden poltto scope 1 -luokan päästöiksi.

Taulukossa 2 on esitelty bensiinille ja dieselille polttamisesta aiheutuvien hiilidioksidi-, metaani- ja typpioksiduulipäästöjen päästökertoimia lämpöarvoon suhteutettuna. Kun taulukon arvoja käytetään laskennassa, tulee ottaa huomioon bensiinin ja dieselin lämpöarvot ja tiheydet, jotka löytyvät myös taulukosta 2. (The engineering Toolbox, 2022a; Waldron, et al., 2006, s. 16, 21.)

Taulukko 2. Bensiinin ja dieselin päästökertoimia suhteessa lämpöarvoon. (The engineering Toolbox, 2022a; Waldron, et al., 2006, s. 16, 21)

Polttoaine	CO ₂ -päästöt [kg/TJ]	CH ₄ -päästöt [kg/TJ]	N ₂ O-päästöt [kg/TJ]	Lämpöarvo (alempi ja ylempi) [MJ/kg]	Tiheys [kg/l]
Bensiini	69 300	25,0	8,0	43,4 – 46,4	0,737
Diesel	74 100	3,9	3,9	42,6 – 45,6	0,846

Polttoaineiden päästöistä huomioidaan polttamisen lisäksi polttoaineen valmistuksen aiheuttamat päästöt. Euroopan komission selvityksen mukaan bensiinin ja dieselin päästökertoimet polttoaineen tuotannolle ennen käyttövaiheita ovat EU:n alueella keskimäärin noin 18,2 ja 17,4 g CO₂ / MJ. (European Commission DG Ener, 2015, s. 313.)

Taulukosta 2 esitettyjen tietojen perusteella voidaan laskea polttoaineiden päästökertoimet polttoainelitraa kohden, kun lämpöarvon oletetaan olevan alemman ja ylemmän lämpöarvon keskiarvo. Päästöt terajoulea kohden kerrotaan muunnoskerroimella päästöiksi megajoulea kohden, sitten keskimääräisellä lämpöarvolla ja lopuksi tiheydellä, jolloin tulokseksi saadaan päästökerroin polttoainelitraa kohden. Alla olevassa esimerkkilaskussa on laskettu hiilidioksidin päästökerroin bensiinille litraa kohden.

$$69\,300 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{TJ} * 10^{-6} * \frac{43,4 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}_{\text{bensiini}}} + 46,4 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}_{\text{bensiini}}}}{2} * 0,737 \frac{\text{kg}_{\text{bensiini}}}{\text{l}} \approx 2,29 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{l}$$

Tällä tavalla voidaan laskea loputkin päästökertoimet bensiinille ja dieselille, jotka on esitelty taulukossa 3. Taulukkoon on myös lisätty samalla periaatteella laskien polttoaineiden tuotannon päästökertoimet.

Taulukko 3. Bensiinin ja dieselin päästökertoimia polttoainelitraa kohden.

Polttoaine	CO₂ -päästökerroin [kg/l]	CH₄ -päästökerroin [kg/l]	N₂O -päästökerroin [kg/l]
Bensiini (poltto)	2,29	0,000827	0,000265
Diesel (poltto)	2,76	0,000146	0,000146
Bensiini (tuotanto)	0,60	-	-
Diesel (tuotanto)	0,65	-	-

Kun päästökertoimet polttoainelitraa kohden tunnetaan, voidaan laskea Peltitarvike Oy:n omien ajoneuvojen päästöt vuoden 2021 aikana. Yrityksen käytössä olleen henkilöauton kulutukseksi arvioitiin noin 8 litraa dieseliä ajettua sataa kilometriä kohden ja vuoden 2021 ajetuiksi kilometreiksi noin 18 000 km, joten henkilöauton dieselin kulutukseksi arvioidaan vuonna 2021 olleen noin 1440 litraa. Kuorma-auton kulutus vuonna 2021 oli 3095 litraa dieseliä. Taulukossa 4 on laskettu Peltitarvike Oy:n ajoneuvojen päästöt kertomalla yhteen aktiviteettidata (polttoaineen kulutus) ja taulukosta 3 löytyvä sopiva päästökerroin.

Taulukko 4. Peltitarvike Oy:n ajoneuvojen aiheuttamat päästöt.

Ajoneuvo	CO₂ -päästöt [kg]	CH₄ -päästöt [kg]	N₂O -päästöt [kg]
Henkilöauto (polttoaineen poltto)	3980,98	0,21	0,21
Kuorma-auto (polttoaineen poltto)	8556,34	0,45	0,45
Henkilöauto (polttoaineen tuotanto)	934,81	-	-
Kuorma-auto (polttoaineen tuotanto)	2009,18	-	-

Ostoenergia

Peltitarvike Oy käyttää tuotteidensa valmistusprosesseissa kolmannelta osapuolelta ostettua sähköenergiaa tuotannon eri vaiheissa ja yrityksen toimitiloina toimiva rakennus lämmitetään kaukolämmöllä. Peltitarvike Oy osti sähkö- ja lämpöenergian sähköyhtiö Helen Oy:ltä, joka on ilmoittanut myymänsä sähkön alkuperän ja ominaispäästöt nettisivuillaan vuodelle 2021. Sähkö- ja lämpöenergian kulutus vuonna 2021 on esitetty taulukossa 5.

Helenin tuottaman sähkön ominaispäästöt olivat yrityksen itse ilmoittamien tietojen mukaan 74 g CO₂/kWh ja lämmitysenergian osalta 182 g CO₂/kWh. Ominaispäästöjen laskennassa on otettu huomioon erikseen myytävä alkuperäisvarmennetut uusiutuvat lähteet, jotta vältetään päällekkäinen laskenta. Arvot perustuvat pörssisähkön jäännösjakaumaan ja Helenin erillishankintaan. Vuonna 2021 Helenin myydyn sähkön alkuperästä 13 % koostui fossiilista polttoaineista, 42 % ydinvoimasta ja 45 % uusiutuvista lähteistä. Kokonaan uusiutuvaa energiaa erillistuotteena asiakkaille toimitettiin noin 42 % toimitetusta sähköstä ja vastaavasti 26 % ydinvoimaa erillistuotteena. Helenin myymä kaukolämpö koostuu 45,6 % kivihiilestä, 30,4 % maakaasusta, 11,2 % lämpöpumpuista (sähkö), 8,2 % biopohjaisista polttoaineista ja 4,5 % öljystä. Noin 4 % Helenin myymästä kaukolämmöstä myytiin uusiutuvana erillistuotteena. (Helen Oy, 2021.)

Taulukko 5. Peltitarvike Oy:n ostoenergian kulutus vuonna 2021 sekä myydyin sähköenergian määrä.

	Ostosähkö [kWh]	Myyty sähköenergia [kWh]	Ostettu lämmitysenergia [kWh]
Tammikuu	27 656	0	31430
Helmikuu	28 504	0	34750
Maaliskuu	30 379	308	22800
Huhtikuu	20 577	2236	15 810
Toukokuu	20 996	5173	11 140
Kesäkuu	17 833	3792	2020
Heinäkuu	18 172	4829	1880
Elokuu	21 684	1982	3310
Syyskuu	25 608	989	4680
Lokakuu	28 118	563	7840
Marraskuu	30 021	38	16 270
Joulukuu	28 874	0	38 350
Yhteensä	298 422	19 910	190 280

Kun kerrotaan keskenään saatavilla oleva aktiviteettidata ja päästökerroin, saadaan Peltitarvike Oy:n vuoden 2021 ostetun sähkö- ja lämmitysenergian hiilidioksidipäästöt, jotka on esitetty alla olevissa laskelmissa.

$$\text{Sähköenergian päästöt} = 298\,422 \text{ kWh} * 74 \frac{\text{g}_{\text{CO}_2}}{\text{kWh}} * 0,001 = 22\,083 \text{ kg}_{\text{CO}_2}$$

$$\text{Lämmitysenergian päästöt} = 190\,280 \text{ kWh} * 182 \frac{\text{g}_{\text{CO}_2}}{\text{kWh}} * 0,001 = 34\,630 \text{ kg}_{\text{CO}_2}$$

Myytyä sähköenergiaa ei huomioida päästölaskennassa, sillä se on tuotettu aurinkopaneelilla eikä näin aiheuta suoria päästöjä. Tässä selvityksessä aurinkopaneelien epäsuorat päästöt elinkaaren muista vaiheista kuuluvat tuotantohyödykkeiden kategoriaan ja näin ollen rajataan laskennan ulkopuolelle. Myydyin aurinkoenergian aiheuttamia niin sanottuja negatiivisia päästöjä ei myöskään huomioida laskennassa GHG Protocollan mukaisesti.

Peltitarvike Oy:n epäsuorista päästöistä selvitetään käytetyt materiaalit ja raaka-aineet sekä näiden kuljetukset, työntekijöiden liikkuminen ja jättejakeiden käsittely sekä kuljetus.

Materiaalit ja raaka-aineet

Materiaalien ja raaka-aineiden osalta rajataan tarkastelu yrityksen ostamiin metallituotteisiin, jotka koostuvat pääasiallisesti erilaatuisista teräksisistä levy- ja putkituotteista. Ostuista materiaaleista pyrittiin selvittämään tilausvahvistusten, laskujen, erilaisten materiaalisertifikaattien ja materiaalien myyjien ilmoittamien tietojen perusteella tuotenimikkeiden massat, materiaali, myyjä, valmistaja ja valtio, missä tuotteet on valmistettu. Kaikista tuotteista ei ole saatavilla edellä lueteltuja tietoja, mutta massan suhteen noin 92 %:sta tuotteista on saatavilla kaikki edellä mainitut tiedot.

Materiaaliselvityksen perusteella erilaiset teräslaadut käsittivät suurimman osan materiaaleista, joita oli yhteensä noin 462,5 tonnia. Tähän sisältyvät kuumavalssattu teräs, kylmävalssattu teräs, ruostumaton teräs, hapon kestävä teräs, metallipinnoitettu teräs ja määrittelmätön teräs. Lisäksi materiaaleihin sisältyi noin 2,08 tonnia alumiinia, 6,17 tonnia kuparia, 1,04 tonnia messinkiä. Teräsmateriaalien suhteen on syytä huomioida, että monet teräsmateriaalit sopisivat useampaankin materiaalikategoriaan. Tässä selvityksessä materiaaleja pyrittiin lajittelemaan mahdollisuuksien mukaan kuuma- ja kylmävalssattuihin teräksiin, koska näiden välillä on eroa päästökerroimissa.

Peltitarvike Oy osti selvitykseen mukaan otetut materiaalit kahdeltatoista eri myyjältä, jotka olivat hankkineet materiaalit kahdeksaltatoista eri valmistajalta. Merkittävimmät tuotteiden ja materiaalien valmistajat tämän selvityksen kannalta olivat SSAB Europe Oy, Dillinger, Aperam Stainless Services & Solutions Germany GmbH, ArcelorMittal, Outokumpu ja NLMK DanSteel. Näiden valmistajien osuus materiaalien kokonaismassasta on yhteensä noin 81 %. Materiaaleista noin 8 %:n valmistaja ei ole tiedossa. Taulukossa 6 on esitelty tarkemmin ostettujen metallimateriaalien jakautuminen massan suhteen eri valmistajille.

Taulukko 6. Metallimateriaalien jakautuminen valmistajan mukaan.

Valmistaja	Massa [t]
SSAB Europe Oy	133,4
Dillinger	74,0
Outokumpu	55,9
Aperam Stainless Services & Solutions Germany GmbH	51,1
ArcelorMittal	47,6
NLMK DanSteel	34,8
Ei tiedossa	20,5
Mein Fundicion En Cascara, S.A.	11,5
Acerinox Europa	10,0
Padana Tubi & profilati acciaio S.P.A	9,0
Columbus Stainless	5,0
YC Inox Co., Ltd.	4,5
Tata Steel	4,4
Severstal	2,5
YIEH Corporation Limited	2,5
Salzgitter Flachstahl	2,4
Eurometal S.A	1,0
Hydro	1,0
Posco	0,8
Yhteensä	471,9

Materiaaleja tuotiin viidestätoista eri maasta, joista merkittävimmät ovat Suomi (40 %), Ranska (14 %), Belgia (12 %), Saksa (11 %), Tanska (7 %) ja Espanja (5 %). Taulukossa 7 on esitetty tarkemmin materiaalien jakautuminen maittain massan suhteen.

Taulukko 7. Ostettujen metallimateriaalien jakautuminen maittain.

Alkuperämaa	Massa [t]
Suomi	190,1
Ranska	64,8
Belgia	56,4
Saksa	50,0
Tanska	34,8
Espanja	21,4
Ei tiedossa	20,5
Italia	9,0
Taiwan	7,0
Etelä-Afrikka	5,0
Alankomaat	4,4
Venäjä	2,5
Ruotsi	2,1
Romania	1,9
Kreikka	1,0
Korea	0,8
Yhteensä	471,9

Useat metallintuottajat tarjoavat tuotteistaan GWP₁₀₀ korjattuja ominaispäästökertoimia EPD (Environmental Product Declaration) -raporttien muodossa. EPD on standardisoitu dokumentti tuotteen LCA-laskennasta, jonka tarkoitus on tarjota tietoa eri yritysten välillä. (Ecochain Technologies B.V, 2021). Peltitarvike Oy:n hankkimien tuotteiden valmistajista SSAB Europe Oy, Outokumpu, Aperam Stainless Services & Solutions Germany GmbH, ArchelorMittal ja Dillinger Group ovat julkaisseet EPD-raportteja tuotteistaan. Lisäksi Acerinox Europa ja Severstal ovat julkaisseet muilla tavoilla tietoa nettisivuillaan keskimääräisistä päästöistään tuotettua terästä kohden. Valmistajat ovat julkaisseet tietoja hieman eri tarkkuudella elinkaaren eri vaiheista ja taulukossa 8 on esitetty elinkaaren vaiheiden A1-A3 päästökerroin tai muutoin ilmoitettu päästökerroin edellä mainituille valmistajille. A1-A3 tarkoittavat raaka-aineen hankintaa, kuljetusta ja valmistusta. (Hallberg, 2020)

Taulukko 8. Eri valmistajien metallituotteiden ominaispäästökertoimia. (Acerinox, 2021, s. 114; Aperam Stainless Europe, 2022; Archelor Mittal, 2022; Outokumpu, 2022; Severstal, 2021, s. 132; SSAB Europe Oy, 2022)

Yritys	Tuote	CO ₂ -päästökerroin [t CO ₂ ekv / t tuotetta]	
		A1-A3	Yleinen
SSAB Europe Oy	Kuumavalssatut levyt ja kelat	2,16	-
	Kylmävalssatut levyt ja kelat	2,34	-
	Metallipinnoitetut levyt ja kelat	2,42	-
	Rakenteelliset ontot osat	2,49	-
Outokumpu	Kuumavalssattu teräs	2,74	-
	Kylmävalssattu teräs	3,39	-
Aperam Stainless Services & Solutions Germany GmbH	Kuumavalssattu teräs	1,91	-
	Kylmävalssattu teräs	2,02	-
ArchelorMittal	Kuumavalssattu teräs	0,937	-
	Kylmävalssattu teräs	2,44	-
Dillinger Group	Rakenteellinen teräs	1,13	-
Acerinox Europa	Teräs	-	1,11
Severstal	Teräs	-	2,078

Alumiinin tuotantoon käytetään pääasiallisesti neljää eri tekniikkaa: Horizontal Stud Søderberg (HSS), Vertical Stud Søderberg (VSS), Centre-Worked Prebake (CWPB) ja Side-Worked Prebake (SWPB) teknologioita. Näissä tekniikoissa syntyy päästöinä hiilidioksidia (CO₂), tetrafluorimetaania (CF₄) ja heksafluorimetaania (C₂F₆), joista kaksi viimeistä luokitellaan PFC yhdisteiksi. Taulukossa 9 on esitetty alumiinin valmistustekniikoiden päästökerroimet ja näiden keskiarvo. (Marks, et al., 2006, s. 43)

Taulukko 9. Alumiinin eri valmistustekniikoiden päästökertoimia. (Marks, et al., 2006, s. 47, 54)

Alumiinin valmistus tekniikka	Hiilidioksidin päästökerroin [t CO ₂ / t alumiinia]	CF ₄ päästökerroin [t CF ₄ / t alumiinia]	C ₂ F ₆ päästökerroin [t C ₂ F ₆ / t alumiinia]
Horizontal Stud Söderberg (HSS)	1,7	0,0004	0,00004
Vertical Stud Söderberg (VSS)	1,7	0,0008	0,00004
Centre-Worked Prebake (CWPB)	1,6	0,0004	0,00004
Side-Worked Prebake (SWPB)	1,6	0,0016	0,0004
Keskiarvo	1,65	0,0008	0,00013

Kuparin päästökerroin riippuu siitä, käytetäänkö valmistuksessa neitseellisiä raaka-aineita (primaarituotanto) vai uusiomateriaaleja (sekundaarituotanto). Artikkelissa *Assessing the future environmental impacts of copper production in China: Implications of the energy transition* esitellään päästökertoimet hiilidioksidiekvivalentteina globaalisti sekä muutamille suurille tuottajamaille. Päästökertoimet on esitelty erikseen metallin louhinnalle, malmin käsittelylle, primaarituotannolle sekä sekundaarituotannolle. Tämän selvityksen kannalta käytetään maailmanlaajuisista keskiarvoa primaarituotannolle, koska Peltitarvike Oy:n ostamista tuotteista osa oli tuotettu Suomessa ja osan maantieteellistä tuotantopaikkaa ei löydetty, joten sopivampia kertoimia ei ole saatavilla. Kuparin primaarituotannon päästökerroin maailmanlaajuisesti on 2,8 t CO₂ekv / t tuotettua kuparia. (Dong, et al., 2020, s. 12)

Peltitarvike Oy:n materiaalihankintojen päästöjen laskentaan käytetään valmistajien ilmoittamia päästökertoimia niissä tapauksissa, kun se on mahdollista ja muiden materiaalien osalta yleisiä päästökertoimia. Ensin lasketaan terästuotteiden päästöt niiden valmistajien tuotteista, jotka sen ovat julkaisseet elinkaaren vaiheista A1-A3, sen jälkeen lopulle teräkselle päästöt ilmoitettujen teräsmateriaalien päästökertoimien massan suhteen painotetulla keskiarvolla, sitten alumiinille eri valmistustekniikoiden päästökertoimien keskiarvoihin pohjautuen, sitten kuparille yleisellä päästökertoimella ja lopuksi messingille GaBi-elinkaarimallinnusohjelman *EU-28 Brass* prosessia hyödyntäen.

Taulukossa 10 on listattu massoina eri valmistajien tuotteet Peltitarvike Oy:n ostamista terästuotteista, niitä vastaavat päästökertoimet ja näiden avulla laskettu kokonaispäästö. Mikäli teräksisen tuotteen tarkkaa päästökeroainta ei ollut saatavilla, käytettiin laskennassa taulukossa 8 esitettyjen terästen päästökertoimien massan suhteen painotettua keskiarvoa, joka on noin 2,07 t CO₂ekv / t tuotetta. Yhteensä Peltitarvike Oy:n vuonna 2021 ostamien terästuotteiden ominaispäästöt hiilidioksidiekvivalentteina olivat noin 958,08 tonnia.

Taulukko 10. Peltitarvike Oy:n ostamat terästuotteet, niiden päästökertoimet ja päästöt.

Yritys	Tuote	Massa [t]	Päästökerroin [t CO ₂ ekv / t tuotetta]	Päästöt [t CO ₂ ekv]
SSAB Europe Oy	Kuumavalssatut levyt ja kelat	5,00	2,16	10,80
	Kylmävalssatut levyt ja kelat	7,43	2,34	17,39
	Metallipinnoitetut levyt ja kelat	7,50	2,42	18,15
	Rakenteelliset ontot osat	113,47	2,49	282,55
Outokumpu	Kylmävalssattu teräs	48,67	3,39	165,00
Aperam Stainless Services & Solutions Germany GmbH	Kuumavalssattu teräs	6,25	1,91	11,94
	Kylmävalssattu teräs	44,85	2,02	90,61
ArchelorMittal	Kuumavalssattu teräs	35,74	0,94	33,49
	Kylmävalssattu teräs	6,78	2,44	16,55
Dillinger Group	Rakenteellinen teräs	73,98	1,13	83,60
Acerinox Europa	Teräs	6,16	1,11	6,84
Severstal	Teräs	2,51	2,08	5,21
Muut	Teräs	104,22	2,07	215,88
Yhteensä		462,57		958,08

Peltitarvike Oy:n hankkiman alumiinin valmistustekniikasta ei ole varmuutta, joten käytetään aiemmin esiteltyjen neljän tyypillisimmän valmistustekniikan päästökertoimien keskiarvoa. Näiden avulla voidaan laskea Peltitarvike Oy:n ostaman alumiinin hiilidioksidi-, tetrafluorimetaani- ja heksafluorietaanipäästöt, kun tiedetään, että hankitun alumiinin massa oli vuonna 2021 noin 2,08 tonnia. Taulukossa 11 on esitetty Peltitarvike Oy:n ostaman alumiinin päästöt.

Taulukko 11. Peltitarvike Oy:n vuonna 2021 ostaman alumiinin päästökertoimet ja päästöt.

	CO ₂	CF ₄	C ₂ F ₆
Päästökerroin [t kaasua /t alumiinia]	1,65	0,0008	0,00013
Päästöt 2,08 t alumiinia kohden [t]	3,432	0,001664	0,0002704

Peltitarvike Oy osti vuonna 2021 kuparia yhteensä noin 6,17 tonnia. Aiemmin selvitettyä kuparin maailmanlaajuista päästökerrointa hyödyntäen (2,8 t CO₂ekv / t tuotettua kuparia) voidaan laskea ostetun kuparin päästöt. Laskelma on esitetty alla olevassa laskussa.

$$\text{Kuparin CO}_2\text{ekv päästöt} = 6,17 t_{Cu} * 2,8 \frac{t_{CO_2ekv}}{t_{Cu}} = 17,28 t_{CO_2ekv}$$

Messinkiä Peltitarvike Oy osti vuonna 2021 yhteensä noin 1,04 tonnia. Messingin päästöjen osalta laskenta suoritettiin GaBi-elinkaarimallinnusohjelmaa hyödyntäen, ja tulokseksi saatiin 0,55 t CO₂ekv päästöjä.

Materiaalien ja raaka-aineiden kuljetukset

Materiaalien kuljetusten päästöt arvioidaan maakohtaisesti olettaen todennäköiset kuljetusmenetelmät kustakin maasta ja arvioimalla matka Helsinkiin. Suomalaisten valmistajien osalta tarkastellaan tarkemmin myös tehtaiden sijaintia, mutta ulkomaalaisten valmistajien etäisyydet arvioidaan vain suurpiirteisesti valtioiden etäisyyksistä toisiinsa oletettua kuljetusmenetelmää käyttäen. Tässä selvityksessä kuljetuksen oletetaan tapahtuvan joko rekka-autolla tai laivakuljetuksella. Etäisyydet Helsingin ja kohdemaan välillä on arvioitu selainpohjaisia karttaohjelmia hyödyntäen. Severstalin, Outokummun ja SSAB:n tapauksissa etäisyys mitattiin suoraan valmistajan tehtaaseen ja muiden valtioiden ja valmistajien tapauksessa valtion lähimpään suureen satamaan. Romaniaan etäisyys arvioitiin valtion keskelle.

Laivakuljetusten päästökertoimet vaihtelevat muun muassa reitin ja kuljetuksen suuruuden mukaan. Tässä selvityksessä hyödynnetään Clean Cargon laatimaa selvitystä kansainvälisten konttikuljetusten päästökertoimista. Käytetyt kertoimet ovat jäädyttämättömälle rahdille, jonka käyttöaste on oletettu olevan 70 %. Päästökertoimet ovat esitetty muodossa g CO₂ / TEU kilometriä. TEU tarkoittaa kaksikymmentäjalkaista konttia, jonka maksimimassa saa olla 30 480 kilogrammaa ja tyhjä kontin massa on 2250 kilogrammaa. Kun oletetaan 70 % käyttöaste, voidaan olettaa kontin sisältävän noin (30 480 kg – 2250 kg) * 0,7 = 19 761

kilogrammaa lastia (Freightfinders GmbH, 2022). Taulukossa 12 on esitetty konttialusten kuljetuksen päästökertoimet Pohjois-Euroopan alueelta.

Taulukko 12. Päästökertoimet laivakuljetuksille. (A BSR Collaboration - Clean Cargo, 2021, s. 4)

Reitti	Päästökerroin [g CO ₂ / TEU-km]
Pohjois-/Keski-Eurooppaa	138,4
Aasia	44,1
Afrikka	100,2
Välimeren alue	95,8

Rekka-autolla suoritettujen kuljetusten päästökerroin otettiin ICCT:n tutkimuksesta *CO₂ emissions from trucks in the EU: An analysis of the heavy-duty CO₂ standards baseline data*. Tutkimuksessa selvitettiin eri kokoisten raskaan liikenteen ajoneuvojen keskimääräisiä päästökertoimia eri valmistajille. Tässä selvityksessä käytetään 5LH-luokan ajoneuvon päästökerrointa, koska tämän luokan ajoneuvoja valmistetaan tällä hetkellä selvästi eniten (62 %) selvityksen perusteella. 5LH-luokan ajoneuvojen keskimääräinen päästökerroin EU:ssa on 56,6 g CO₂ / t-km. Yksikkö tarkoittaa syntyneitä päästöjä jokaista tonnia kilometrin matkan kuljetettua tuotetta kohden. (Ragon & Rodriguez, 2021, s. 4, 6.)

Taulukossa 13 on esitelty Peltitarvike Oy:n hankkimien materiaalien kuljetusten arvioidut päästöt. Taulukosta on nähtävissä maa, josta kuljetus on tehty, arvioitu matka oletettua kuljetusmenetelmää hyödyntäen pyöristettynä lähimpään sataan kilometriin, kuljetettu massa, päästökerroin ja päästöt. Materiaalien päästöt, joiden valmistusmaa ei ole tiedossa arvioitiin muiden päästöjen keskiarvon perusteella.

Taulukon lopussa on kohta ”muu kuljetus”, jonka matkaksi on arvioitu 500 kilometriä ja se koskee kaikkea kuljetettua materiaalia yhteensä. Tämä oletettu arvo lisättiin laskentaan kattamaan muun kuljetuksen päästöt, jotka eivät sisälly pääasialliseen kuljetustapaan tai -matkaan. Tällaista kuljetusta on esimerkiksi materiaalien kuljetus satamaan tehtaalta laivakuljetusta varten, satamasta kuljetus myyjälle ja myyjältä kuljetus Peltitarvike Oy:lle.

Taulukko 13. Sijainnit, kuljetusmenetelmät ja etäisyydet materiaalien valmistajamaista. (Calcmaps.com, 2015; Google, 2022)

Maa	Kuljetusmenetelmä	Matka [km]	Massa [t]	Päästökerroin [g CO₂ / t-km]	Päästöt [t CO₂]
Suomi, Raahe	Rekka	600	109,6	56,6	3,72
Suomi, Tornio	Rekka	700	56,7	56,6	2,25
Ranska	Laiva	2800	64,8	7,0	1,27
Belgia	Laiva	2600	56,4	7,0	1,03
Espanja	Laiva	3800	21,4	7,0	0,57
Saksa	Laiva	1100	50,0	7,0	0,39
Etelä-Afrikka	Laiva	15100	5,0	5,1	0,38
Taiwan	Laiva	21500	7,0	2,2	0,34
Italia	Laiva	6900	9,0	4,8	0,30
Tanska	Laiva	1100	34,8	7,0	0,27
Romania	Rekka	2100	1,9	56,6	0,23
Suomi, Hämeenlinna	Rekka	100	23,8	56,6	0,13
Alankomaat	Laiva	2500	4,4	7,0	0,08
Venäjä	Rekka	400	2,5	56,6	0,06
Korea	Laiva	23300	0,8	2,2	0,04
Kreikka	Laiva	8100	1,0	4,8	0,04
Ruotsi	Laiva	400	2,1	7,0	0,006
Ei tiedossa		5476,5	20,7		0,51
Muu kuljetus	Rekka	500	471,9	56,6	13,35
Yhteensä					24,97

Työntekijöiden työmatkaliikkuminen

Selvitys työntekijöiden liikkumisesta työpaikan ja kodin välillä toteutettiin sähköisellä kyselylomakkeella Webropol 3.0 -työkalun avulla. Kyselyssä vastaajalta kysyttiin työmatkaa kilometreinä, käytettyä kulkuvälinettä, kyydissä kulkevien henkilöiden määrää, käytetyn liikennevälineen käyttövoimaa, kulutusta ja lopuksi vapaasti ajatuksia ja kommentteja

työmatkaliikkumiseen ja sen edistämiseen liittyen. Kysely lähetettiin 35 työntekijälle, joista 23 vastasi kyselyyn. Kysely on esitelty tarkemmin liitteessä I.

Kyselyn tulosten perusteella Peltitarvike Oy:n työntekijöiden keskimääräinen työmatka yhteen suuntaan on 14,2 km, autolla kulkeneiden 17,2 km, polkupyörällä kulkeneiden 2,9 km ja julkisia liikennevälineitä käyttäneiden 20 km. Kyselyn perusteella autoa käytti noin 74 %, polkupyörää 22 % ja julkisia liikennevälineitä 4 % työntekijöistä.

Yksi bensiiniautoa käyttävä vastaaja ilmoitti kyydissä keskimäärin kulkevien matkustajien lukumääräksi 2 ja kaikki muut 1. Autoista 47 % on bensiinikäyttöisiä, 29 % dieselkäyttöisiä ja 24 % hybridejä. Vastausten perusteella autojen keskimääräinen kulutus oli bensa-autoilla 8,36 l/100 km ja dieselautoilla 6,20 l/100 km. Hybridiautojen osalta vastauksiksi saatiin vaihtelevasti joko polttoaineen tai sähkön kulutustiedot. Autoalan tietokeskuksen selvityksen mukaan ladattavien hybridien kulutuksesta noin 52 % on sähköä ja loput polttoainetta (Autoalan Tiedotuskeskus, 2020, s. 40). Kyselyn perusteella hybridien kulutus oli keskimäärin 5,5 l/100 km polttoainetta ja 22 kWh/100 km sähköä. Julkisia liikennevälineitä käyttävä vastaaja ilmoitti käyttävänsä bussia ja metroa.

Helsingin Seudun Liikenne ilmoittaa nettisivuillaan HSL:n tilaaman bussiliikenteen päästöjen olleen vuonna 2019 hiilidioksidin osalta 57 g CO₂ / matkustajakilometri (Helsingin Seudun Liikenne, 2022). Helsingin metrolienteelle ei ole saatavilla kulutus tai päästötietoja matkustajaa kohden, joten käytetään IEA:n raportin *The Future of Rail – Opportunities for energy and the environment* arvion mukaista päästökerrointa 45 g CO₂ / matkustajakilometri (International Energy Agency - IEA, 2019, s. 60). Tässä selvityksessä vastaajan on oletettu kulkevan puolet matkastaan metrolla ja puolet bussilla.

Bensiinin ja dieselin polttamisen ja valmistamisen päästökertoimina käytetään samoja kertoimia, kuin yrityksen omien ajoneuvojen ja polttoaineiden valmistuksen päästöjen laskennassa. Päästökertoimet ovat nähtävissä taulukossa 3. Hybridien sähkökulutuksen osalta käytetään Suomen keskimääräisen sähkökulutuksen päästökerrointa, joka oli vuosien 2018 – 2020 keskiarvojen perusteella yhteistuotantoenergiamenetelmällä jakaen 89 kg CO₂ / MWh, kun tuontisähköä ei ole huomioitu (Motiva Oy, 2022). Hybridien oletetaan käyttävän käyttövoimanaan sähkön ohella bensiiniä.

Työmatkojen päästöjen laskennassa huomioidaan kulkuneuvolla kuljettu matka, matkustajien keskimääräinen lukumäärä, kulkuväline ja kyselyssä ilmoitetut kulkuvälineiden

keskimääräiset kulutustiedot. Bensiiniautojen päästöissä otetaan huomioon poikkeava keskimääräinen matkustajamäärä, joka on 1,125. Laskennassa otetaan myös huomioon vastamatta jättäneet työntekijät olettamalla laskettujen tulosten kuvastavan Peltitarvike Oy:n työntekijöiden keskimääräistä työmatkaliikkumista. Näin ollen kyselyyn vastanneiden työntekijöiden työmatkaliikenteen päästöt kerrotaan kokonaistyöntekijöiden ja vastanneiden työntekijöiden määrien suhteella $35/23 = 1,52$. Tässä laskennassa työntekijöiden oletetaan käyvän töissä 231 päivänä vuoden aikana perustuen Edenredin laatimaan vuoden 2021 työpäiväkalenteriin, josta on vähennetty noin yhden kuukauden loma (Edenred, 2021). Taulukossa 14 on esitetty työmatkaliikenteen työmatkojen pituus kullakin kulkuvälineellä yhteensä työpäivän aikana.

Taulukko 14. Työmatkojen pituuksia ja polttoaineiden ja energian kulutuksia.

Päästölähde	Työmatka [km / työpäivä]	Matkustajat	Kulutus kuljetta sataa kilometriä kohden.	Kulutus yhteensä
Auto – Bensiini	228	1,125	8,36 l	16,94 l
Auto – Diesel	172,8	1	6,2 l	10,71 l
Auto - Hybridi (sähkön osuus)	95,7	1	22 kWh	21,05 kWh
Auto - Hybridi (bensin osuus)	88,3	1	5,5 l	4,86 l
Polkupyörä	28,6			
Julkinen liikenne	40			

Taulukossa 15 esitetyt päästöt on laskettu kyselyyn vastanneille työntekijöille yhden työpäivän päästöille lukuun ottamatta alinta riviä, jossa on kaikki päästöt koko vuodelta koko henkilöstölle.

Taulukko 15. Peltitarvike Oy:n kyselyyn vastanneiden työntekijöiden työmatkaliikenteen päästöt yhdelle työpäivälle ja alimmalla rivillä koko henkilöstölle vuonna 2021.

	CO ₂ -päästöt [kg]	CH ₄ -päästöt [kg]	N ₂ O-päästöt [kg]
Bensiini (poltto)	49,99	0,0180	0,0058
Diesel (poltto)	29,62	0,0016	0,0016
Bensiini (tuotanto)	13,12		
Diesel (tuotanto)	6,95		
Sähkö	1,80		
Julkinen liikenne	2,04		
Yhteensä	104,12	0,0156	0,0061
Yhteensä (kaikki työntekijät vuoden aikana)	36 380	6,9	2,6

Jätejakeiden käsittely

Peltitarvike Oy:n toiminnassa syntyi vuonna 2021 tavanomaisia jätejakeita ja erilaisia metalliromuja tuotteiden valmistuksesta. Jätejakeiden määrää selvitettiin yritykselle lähetettyjen laskujen, jätehuoltoyritysten ympäristöraporttien ja tilastojen perusteella. L&T:n kautta käsiteltyjen jätemassojen määrät sekä tyhjennyskerrat ovat selvillä, mutta Remeon kuljettamista ja käsittelemistä jätteistä paperille ja pahville ei ilmoitettu suoraan massoja. Koska L&T ilmoitti sekä tyhjennysten määrät että massat, voidaan laskea tästä keksimääräinen arvio yhden tyhjennyksen massasta ja käyttää tätä arvoa Remeon käsittelemien pahvi- ja paperijätteen massojen arvioimiseen. L&T käsitteli vuonna 2021 yhteensä 32 rullakkoa pahvia ja tyhjensi paperiastian 9 kertaa. Pahvin massan ollessa 1,28 t ja paperin 1,19 t voidaan päätellä keskimääräisen pahvirullakollisen massaksi 40 kg ja paperiastiallisen massaksi 132,2 kg. Remeo tyhjensi pahvirullakoita yhteensä 35 ja paperiastioita yhden vuonna 2021. Taulukosta 16 on nähtävissä Peltitarvike Oy:n eri jätejakeiden massat eri jäteyritysten käsittelemänä vuonna 2021. Vaarallisen jätteen määrä ilmaistiin tilavuutena, mutta koska ei ole varmuutta vaarallisen jätteen laadusta, se rajataan laskennan ulkopuolelle.

Taulukko 16. Peltitarvike Oy:n tuottamat jätejakeet vuonna 2021.

	L&T [t]	Remeo [t]	Hernesaaren Romu Oy [t]	Yhteensä [t]
Pahvi	1,28	1,4	-	2,68
Paperi	1,19	0,13	-	1,32
Sekajäte	2,42	2,25	-	4,67
Energiajäte	1,19	2,29	-	3,48
WEEE6 Pienet tieto- ja tele- tekniset laitteet	-	0,13	-	0,13
Paristot (raskasmetallit)	-	0,01	-	0,01
Hapon kestävä teräs	-	-	19,10	19,10
Ruostumaton teräs	-	-	17,81	17,81
Rauta	-	-	9,88	9,88
Sekaromu	-	-	6,06	6,06
Kupari	-	-	3,29	3,29
Alumiini	-	-	2,22	2,22
Messinki	-	-	0,27	0,27

Peltitarvike Oy:n jätteiden käsittelystä ja kuljettamisesta oli vuoden 2021 aikana vastuussa kolme eri yritystä: L&T, Remeo ja Hernesaaren romu, joista jälkimmäinen vastasi yksinomaan metalliromuista. L&T:n käsittelemistä jätejakeista sekajäte kuljetettiin poltettavaksi Vantaan Energian jätteenpolttolaitoksessa ja muut jätejakeet kuljetettiin käsittelylaitokseen Keravalle hyödynnettäväksi uusiomateriaalina lukuun ottamatta energiajätettä, josta valmistetaan kierrätyspolttoainetta. Remeon käsittelemien jätejakeiden osalta oletetaan sekajätteen päätyvän myös Vantaalle poltettavaksi ja muiden jätejakeiden Remeon käsittelylaitokseen Helsinkiin käsiteltäväksi samalla tavalla, kuin L&T:n tapauksessa. Hernesaaren Romun oletetaan käsittelevän metallit uusioraaka-aineiksi.

Kierrätettävien jätejakeiden päästöt lasketaan Julia 2030 -hankkeessa käytettyjen päästökerroimien pohjalta. Hankkeen taustatietoraportissa on esitelty HSY:n alueella tuotettujen, käsiteltyjen ja hyödynnetyjen jätelajien KHK-päästökertoimet, joista hyödynnetään kertoimia paperille, kartongille ja pahville, muille metalleille kuin teräkselle ja alumiinille ja energiajätteelle. (Dahlbo, et al., 2011, s. 2) Lisäksi paristojen kierrättämisen päästökerroin otettiin laskentaan artikkelista *Greenhouse gas factors for recycling of source-segregated waste*

materials, sillä kyseistä päästökerrointa ei löytynyt Julia 2030 -hankkeen raportista (Turner, et al., 2015). Päästökertoimet on esitelty taulukossa 18.

Metalliomun kierrättämisen päästökertoimista teräksen ja alumiinin osalta on tehty vuonna 2009 tutkimus *Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions*. Tutkimuksessa on eritelty epäsuorat päästöt erikseen ala- ja ylävirtojen päästöille sekä suorat päästöt jätteen käsittelystä kierrätyslaitoksessa. Epäsuorat alavirran päästöt sisältävät tarvittavan sähkön ja polttoaineen tuotannon, suorat päästöt sähkön ja polttoaineen käytön ja polttamisen. Tutkimuksessa on oletettu tuhannen kilon materiaalierän käsittelyyn kuluva 2,5 litraa dieseliä ja 50 kWh sähköä. Epäsuorissa ylävirran päästöissä otetaan huomioon vältetyt päästöt neitseellisen materiaalin käytöstä. Koska tutkimuksen tuloksissa on suurta vaihtelua päästökertoimien suuruudessa johtuen sähkön ja dieselin vaihtelevista päästöistä tuotantopaikasta ja tavasta riippuen, lasketaan tutkimuksen kulutustietojen pohjalta päästökertoimet niillä päästökertoimilla, mitä tässä työssä dieselin tuotannolle, polttamiselle ja sähköntuotannolle on jo käytetty. Päästövähennyksiä epäsuorista ylävirran päästöistä ei oteta huomioon. (Damgaard, et al., 2009, s. 6.)

Kun oletetaan metallin kierrätyksen päästölähteiksi kierrätysprosessin aikana kulutetut sähköenergia ja diesel ja oletetaan näiden määräksi 2,5 litraa dieseliä ja 50 kWh sähköä tonnia terästä tai alumiinia kohden, saadaan aiemmin esiteltyjen päästökertoimien avulla laskettua taulukossa 17 esitellyt päästökertoimet.

Taulukko 17. Teräksen ja alumiinin kierrättämisen päästökertoimet.

	CO ₂ [kg / t metallia]	CH ₄ [kg / t metallia]	N ₂ O [kg / t metallia]
Dieselin polttaminen	6,911	0,000365	0,000365
Dieselin tuotanto	1,623		
Sähkön tuotanto	0,223		
Yhteensä	8,757	0,000365	0,000365

L&T:n käsittelemä sekajäte hyödynnetään energiana Vantaan Energian jätevoimalassa ja Remeon käsittelemälle jätteelle oletetaan tapahtuneen samoin. Kyseinen voimalaitos tuottaa

kaukolämpöä polttamalla eri jätejakeita yhdessä maakaasun kanssa. Poltettaviin jätejakeisiin kuuluu muun muassa biojätteen rejekti, energiajäte, poltettava jäte, rakennus- ja purkujäte, sekajäte ja muovipakkauksia, joista kokonaismäärästä sekajätteen osuus on noin 61 %. Jätteenpolttolaitoksen vuoden 2019 vuosiraportissa on eritelty poltetun jätteen määrä ja jätteen poltosta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt. Näillä tiedoilla voidaan arvioida jätevoimalaitoksen aiheuttamat suorat CO₂-päästöt poltettua jätetonnina kohden. Jätettä poltettiin yhteensä 376 159,9 tonnia ja CO₂-päästöt jätteen polttamisesta 162 321 tonnia. (Vantaan Energia, 2019) Näiden lukujen avulla voidaan arvioida jätteen polttamisen karkeaksi CO₂-päästökertoimeksi noin 0,43 t CO₂/ t poltettua jätettä.

Taulukossa 18 on esitelty kaikkien tarvittavien jätejakeiden päästökertoimet ja jätejakeiden aiheuttamat päästöt kierrätyksessä tai loppukäsittelyssä.

Taulukko 18. Peltitarvike Oy:n tuottamien jätejakeiden päästökertoimet ja päästöt. (Dahlbo, et al., 2011, s. 2; Damgaard, et al., 2009, s. 6)

Jätejake	Päästökertoimen [kg / t jätejakeetta]			Päästöt [kg]		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Pahvi	70			190	0	0
Paperi	1050			1390	0	0
Sekajäte	430			2010	0	0
Energiajake	530			1840	0	0
WEEE6 Pienet tieto- ja teletekniset laitteet	60			10	0	0
Paristot (raskasmetallit)	1129			20	0	0
Hapon kestävä teräs	8,76	0,000365	0,000365	170	0,00697	0,00697
Ruostumaton teräs	8,76	0,000365	0,000365	160	0,0065	0,0065
Rauta	130			1280	0	0
Sekaromu	130			790	0	0
Kupari	130			430	0	0
Alumiini	8,76	0,000365	0,000365	20	0,00081	0,00081
Messinki	130			40	0	0
Yhteensä				8330	0,0143	0,0143

Jätejakeiden kuljetukset

Jätteiden kuljetuksien päästöjen laskemiseksi tulee tehdä tiettyjä oletuksia. Jätteiden kuljetus oletetaan tapahtuvan yksinomaan kuorma-autolla, ja kuljetuksen oletetaan tapahtuvan suoraan Peltitarvike Oy:n toimitilojen sijainnista suorinta reittiä käsittelypaikkaan. Kaiken sekajätteen oletetaan päätyvän Vantaan Energian jätteenpolttolaitokselle, metalliromujen Hernesaaren Romu Oy:n romuliikkeeseen Helsingin Tattarinsuolle, L&T:n käsittelemien kierätettävien jätejakeiden L&T:n käsittelylaitokseen Keravalle ja Remeon käsittelemien kierätettävien jätejakeiden käsittelylaitokseen Helsingissä (Hernesaaren Romu Oy, 2022; Remeo, 2022). Taulukosta 19 on nähtävissä etäisyydet näihin sijainteihin Peltitarvike Oy:n toimitiloista Google Maps-ohjelman ilmoittamaa lyhintä reittiä pitkin. Kuljetuksen oletetaan tapahtuvan 9-RD luokkaan kuuluvalla kuorma-autolla, koska tyypilliset jäteautot edustavat akselityypiltään kyseisen luokan kuorma-autoja. 9-RD luokan kuorma-autojen keskimääräiset päästöt kuljetettua kilometriä ja jätetonnia kohden ovat 111,0 g CO₂ / t-km (Ragon & Rodriguez, 2021, s. 6).

Taulukko 19. Jätejakeiden kuljetusetäisyydet ja kuljetusten päästöt. (Google, 2022)

Sijainti	Etäisyys Peltitarvike Oy:n toimitiloista [km]	Kuljetetun jätteen määrä [t]	Päästöt [kg CO ₂ ekv]
Hernesaaren Romu Oy	8,2	58,64	53,37
Vantaan Energian jätteenpolttolaitos	10,0	4,67	5,18
Remeon käsittelylaitos	9,5	3,96	4,18
L&T käsittelylaitos	24,5	3,66	9,95
Yhteensä			94,11

Kooste inventaarioanalyysin tuloksista

Inventaarioanalyysin tuloksiksi saatiin Peltitarvike Oy:n eri scope-luokkien ja kategorioiden aiheuttamia päästöjen määriä sekä suoraan hiilidioksidiekvivalentteina eli ominaispäästöinä, että eri kasvihuonekaasuille erikseen ilmoitettuna. Muita tuloksiksi saatuja kaasuja hiilidioksidin ohella olivat metaani, typpioksiduuli, tetrafluorimetaani ja heksafluorietaani. Taulukossa 20 on koostettu kaikki inventaarioanalyysissä tuloksiksi saadut päästöt kategorioittain.

Taulukko 20. Peltitarvike Oy:n aiheuttamat päästöt vuonna 2021 päästökategorioittain.

Päästökategoria		Päästöt [t]				
Scope 1		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CF ₄	C ₂ F ₆
	Omien ajoneuvojen polttoaineen käyttö	12,54	0,00066	0,00066	-	-
Scope 2	Sähkönkulutus	22,01	-	-	-	-
	Lämmönkulutus	34,63	-	-	-	-
Scope 3	Polttoaineen tuotanto	2,94	-	-	-	-
	Teräsmateriaalien valmistus	958,08	-	-	-	-
	Alumiinimateriaalien valmistus	3,43	-	-	0,00166	0,00027
	Kuparimateriaalien valmistus	17,28	-	-	-	-
	Messinkimateriaalien valmistus	0,55	-	-	-	-
	Hankittujen materiaalien kuljetus	24,97	-	-	-	-
	Työntekijöiden työmatkaliikenne	36,38	0,00688	0,00258	-	-
	Jätteiden käsittely	8,33	0,0000143	0,0000143	-	-
	Jätteiden kuljetus	0,09	-	-	-	-
Yhteensä		1121,23	0,00755	0,00325	0,00166	0,00027

4.1.3. Vaikutusten arviointi

Tässä selvityksessä ainoana käsiteltävänä vaikutusluokkana on ilmastonmuutos. Inventaarioanalyysin tulokset on kerätty tätä ajatellen, joten taulukossa 20 esitettyjä tuloksia voidaan käyttää sellaisenaan vaikutusten arvioinnissa. Tässä selvityksessä käytetään IPCC:n GWP₁₀₀-vertailumallia viidennestä arviointiraportista, jossa eri kasvihuonekaasut on suhteutettu infrapunasäteilypakotteen voimakkuuden suhteen vastaamaan hiilidioksidia. Taulukossa 21 on esitelty GWP₁₀₀-kertoimet inventaarioanalyysin tuloksissa ilmeneville kasvihuonekaasuille. (Greenhouse Gas Protocol, 2013)

Taulukko 21. Tarvittavien kasvihuonekaasujen GWP₁₀₀-kertoimet. (Greenhouse Gas Protocol, 2013)

Kaasun nimi	Kemiallinen kaava	GWP ₁₀₀ -kerroin
Hiilidioksidi	CO ₂	1
Metaani	CH ₄	28
Typpioksiduuli	N ₂ O	265
Tetrafluorimetaani	CF ₄	6 630
Heksafluorietaani	C ₂ F ₆	11 100

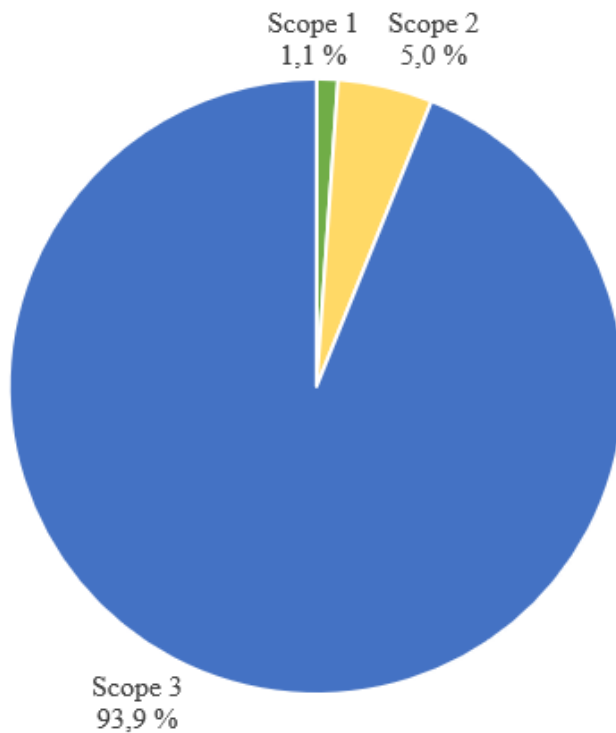
Taulukossa 22 on esitetty Peltitarvike Oy:n vuonna 2021 aiheuttamat päästöt luokiteltuna scope-luokkiin ja niiden omiin alakategorioihin. Ylivoimaisesti suurin osa päästöistä muodostui scope 3-luokan päästöistä ja erityisesti yrityksen ostamien teräsmateriaalien valmistuksesta. Peltitarvike Oy:n vuoden 2021 päästöjen määräksi saatiin selvityksen perusteella noin 1,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttikiloa päästöjä.

Taulukko 22. Peltitarvike Oy:n päästöt muunnettuna hiilidioksidi ekvivalenteiksi kategorioittain.

Päästökategoria		Päästöt [t CO ₂ ekv]
Scope 1	Omien ajoneuvojen polttoaineen käyttö	12,7
Scope 2	Lämmönkulutus	34,6
	Sähkönkulutus	22,0
Scope 3	Polttoaineen tuotanto	2,9
	Teräsmateriaalien valmistus	958,1
	Työntekijöiden työmatkaliikenne	37,3
	Alumiinimateriaalien valmistus	17,5
	Kuparimateriaalien valmistus	17,3
	Hankittujen materiaalien kuljetus	25,0
	Jätteiden käsittely	8,3
	Messinkimateriaalien valmistus	0,55
	Jätteiden kuljetus	0,09
Yhteensä		1136,3

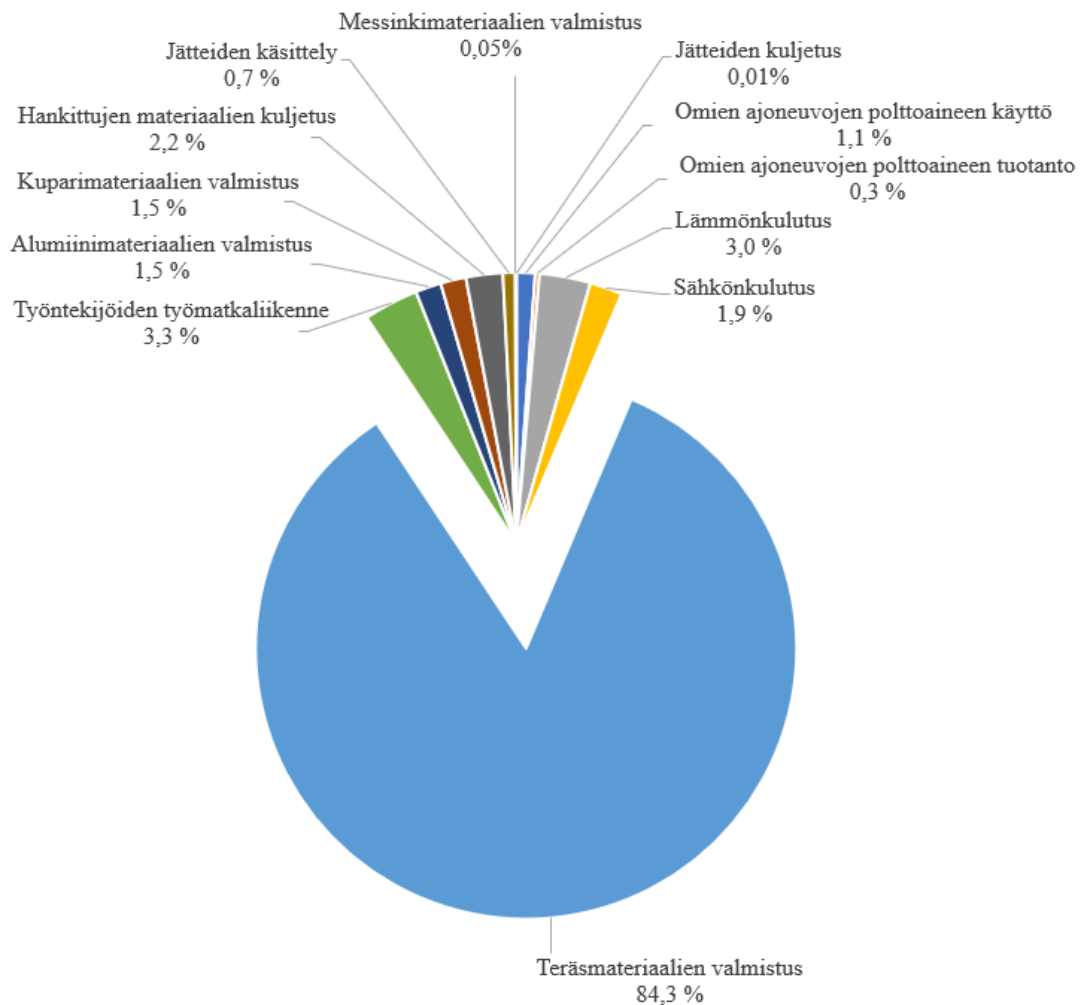
4.1.4. Tulosten tulkinta

Tulosten tulkinnassa tarkastellaan inventaarioanalyysin ja vaikutusten arvioinnissa saatuja tuloksia. Tuloksiksi saatiin inventaarioanalyysistä päästöjen määrät tonneina päästökategorioittain ja vaikutusten arvioinnista päästöt muutettuina hiilidioksidiekvivalenteiksi. Tarkastellaan ensimmäiseksi päästöjen jakautumista eri scope -luokkien välillä kuvan 5 avulla.



Kuva 5. Peltitarvike Oy:n ominaispäästöt scope -luokkiin jaoteltuna.

Kuvasta 5 nähdään, että scope 3 -luokan päästöt ovat ylivoimaisesti merkittävin päästöjen lähde scope 1 ja scope 2 -luokkiin verrattuna. Scope 1 -luokka sisältää vain yrityksen omien ajoneuvojen polttoaineiden kulutuksen ja scope 2 -luokka sähkön- ja lämmönkulutuksen, mutta scope 3 -luokka pitää sisällään monipuolisemmin erilaisia päästökategorioita. Kuvassa 6 on esitelty kaikki selvityksessä mukana olleet päästökategoriat ja niiden osuudet päästöistä.



Kuva 6. Päästölähdekategoriat ja niiden osuudet kokonaispäästöistä.

Selvästi merkittävin yksittäinen päästölähde on Peltitarvike Oy:n hankkimien teräsmateriaalien valmistuksen aiheuttamat päästöt käsittäen yli 90 prosenttia scope 3 -luokan päästöistä ja noin 84 prosenttia kaikista päästöistä. Toiseksi suurin scope 3 -luokan päästölähde on työntekijöiden työmatkaliikenne 3,3 prosentin osuudella päästöistä. Alumiini-, messinki- ja kuparimateriaalien valmistus kattoivat yhteensä noin 3,1 prosenttia päästöistä, hankittujen materiaalien kuljetus 2,2 prosenttia ja jätteiden käsittely ja kuljetus yhteensä alle prosentin.

Teräsmateriaalien valmistuksen päästöjen suuri osuus ei ole selvityksen kannalta yllättävä tulos, sillä metallien valmistusprosessien vaatiman energian ja Peltitarvike Oy:n käyttämän suuren materiaalmäärän takia tulos oli odotettavissa. Hieman yllättävä tulos oli työntekijöiden työmatkaliikenteen verrattain suuri osuus päästöistä muihin päästölähteisiin nähden ja hankittujen materiaalien kuljetuksen kohtalaisen vähäinen osuus päästöistä. Näitä tuloksia

selittää esimerkiksi kuljetusten pienet päästökertoimet työntekijöiden liikkumistapojen päästökertoimiin verrattuna ja yksinkertaistukset laskennassa erityisesti materiaalien kuljetusten osalta.

Saaduissa tuloksissa ilmenee epävarmuutta tiettyjen seikkojen vuoksi. Selvityksen ulkopuolelle rajautui tiettyjä mahdollisia päästölähteitä, joilla olisi mahdollisesti ollut merkille pantavia vaikutuksia lopputuloksiin. Suorissa päästöissä yrityksen käyttämien laitteiden aiheuttamat päästöt ja epäsuorissa päästöissä tuotantohyödykkeiden päästöt olisivat saattaneet olla merkittäviä tulosten kannalta.

Inventaarioanalyysiä tehdessä on laskennan yksinkertaistamiseksi ja ylipäättään mahdollistamiseksi käytetty tiettyjä oletuksia, jotka ovat saattaneet vaikuttaa lopputuloksiin. Ostettujen materiaalien massoja jouduttiin tietyissä tapauksissa arvioimaan tuotteiden ilmoitettujen fyysisten mittojen ja materiaalien keskimääräisten tiheyksien avulla, jolloin virheet massojen suuruuksissa ovat mahdollisia. Ostettujen materiaalien suhteen keskityttiin metalleihin, jolloin muut hankinnat jäivät laskennan ulkopuolelle. Näiden muiden hankintojen merkityksellisyys lopputulosten kannalta arvioidaan kuitenkin vähäiseksi.

Työntekijöiden työmatkaliikenteen päästöissä epävarmuutta aiheuttaa suhteellisen vähäisen lähtötiedon pohjalta tehdyt laskelmat esimerkiksi keskimääräisistä polttoaineidenkulutuksista erityisesti hybridautojen osalta. Materiaalien ja jätteiden kuljetusten osalta virhettä aiheuttaa oletus siitä, että kuljetukset on toteutettu täysillä kuormilla eikä jätteiden kuljetuksissa niin sanottuja tyhjiä kuljetuksia huomioitu.

Lähtötietojen laatu arvioidaan kokonaisuudessaan hyväksi tässä selvityksessä. Suurin osa aktiviteettidatasta kerättiin suoraan laskennan kohteesta. Sähkön- ja lämmön kulutustiedot ovat sähkön myyjän yritykselle raportoimia ja jätteiden määrät ja käsittelytiedot ovat myös palvelun tarjonneelta yritykseltä. Työntekijöiden liikkuminen työpaikalle selvitettiin kyselyllä suoraan työntekijöiltä ja yrityksen omien ajoneuvojen käyttötiedot saatiin suoraan yritykseltä. Laadullista epävarmuutta sisältyy aktiviteettidataan liittyen raaka-aineiden ja materiaalien määriin ja laatuun. Tietoa tähän kasattiin suuresta määrästä hyvin monimuotoisia lähteitä, joten virheet aktiviteettidatan koostamisessa arvioidaan suuremmiksi, kuin muun selvityksessä käytettävän aktiviteettidatan osalta. Toinen epävarmuutta sisältävä aktiviteettidata liittyi kuljetuksiin, sillä näiden kohdalla oli välttämätöntä tehdä hyvin karkeita oletuksia kuljetusmenetelmiin ja reitteihin liittyen.

Työssä käytettävät päästökertoimet ovat peräisin kokonaisuudessaan monipuolisesti erilaisista kolmannen osapuolen lähteistä lukuun ottamatta sähkö- ja lämmitysenergian ominaispäästökertoimia, jotka olivat energian tarjonnan yrityksen itsensä laskemia. Päästökertoimia pyrittiin selvittämään mahdollisuuksien mukaan mahdollisimman tarkasti päästön aiheuttajalta ja tässä onnistuttiin hyvin erityisesti teräsmateriaalien valmistajien tapauksissa. Päästökertoimissa suurinta epävarmuutta sisältyy erilaisten kuljetusmenetelmien päästöker-toimiin, sillä nämä saattoivat vaihdella suuresti erityyppisten ajoneuvojen, kuljetusvälineiden, polttoaineiden, moottoritekniikoiden ja monen muun tekijän takia. Myös osa jätejakeiden päästökertoimista vaihtelivat suuresti keskenään esimerkiksi metallimateriaalien kierättämisen päästökertoimien tapauksessa. Vaihtelua näihin päästökertoimiin voi aiheuttaa esimerkiksi materiaalien laadun vaihtelu, erilaiset käsittelytekniikat, maantieteelliset erot ja erilaiset rajaukset päästökertoimien määrittelyssä.

4.2. Tuotteiden hiilijalanjäljet

Peltitarvike Oy:n tuotteista lasketaan hiilijalanjälki kolmelle eri tuotteelle. Tuotteet ovat katto-kaivo malli C-110/350 hst, alipainetuuletin ATH-100 hst ja Pito-kattopollari 1400. Laskenta tehdään ISO 14040, 14044 ja 14067 standardien mukaisesti, jotka on esitelty tarkemmin luvuissa *3.1 Elinkaariarviointi* ja *3.3. Tuotteen hiilijalanjäljen laskenta: ISO 14067*. Laskenta on jaoteltu samalla tavoin elinkaariarvioinnin neljään päävaiheeseen, kuten yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa. Huomion arvoista on, että tuotteiden hiilijalanjälkien laskennassa ei käytetä samanlaista scope-jaottelua, kuten yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa.

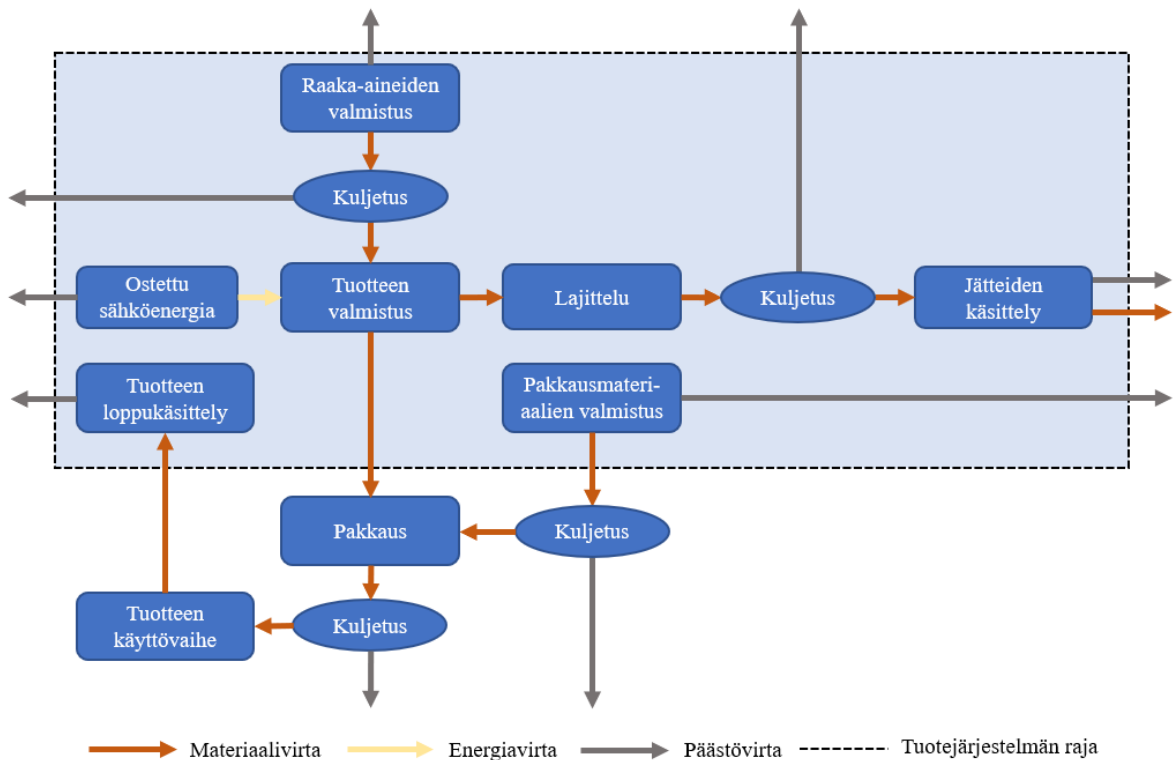
4.2.1. Tausta ja soveltamisala

Laskennan tavoitteena on selvittää Peltitarvike Oy:n kolmelle eri tuotteelle hiilijalanjäljet. Tuotteet ovat toisistaan poikkeavia käyttötarkoitustensa, valmistustapojensa ja materiaaliensa suhteen, mutta esimerkiksi tietyt valmistusvaiheet ovat hyvin samankaltaisia. Laskennassa huomioidaan valmistuksen energiankulutus, materiaalit, jätteet ja näiden kuljetukset. Minkään tarkastelussa olevan tuotteen toiminnasta ei synny käytön aikaisia päästöjä, joten tuotteiden käyttövaihe rajautu laskennan ulkopuolelle. Kaikkien tuotteiden materiaalit ovat

lähes täysin kierrätettävissä, joten elinkaaren loppu sisällytetään tuotejärjestelmään. Laskennassa hyödynnetään Peltitarvike Oy:ltä saatua aktiviteettidataa ja pääasiallisesti mahdollisuuksien mukaan yrityksen hiilijalanjäljen laskennan inventaarioanalyysissä valmiiksi selvitettyjä tietoja esimerkiksi sähkönkulutuksesta, jätteiden käsittelystä ja kuljetuksista.

Kaikkien kolmen selityksessä mukana olevan tuotteen toiminnallisena yksikkönä käytetään yhden tuotteen toimintoja elinkaarensa aikana. Mikään selvityksessä mukana olevista tuotteista ei aktiivisesti tee mitään käyttövaiheensa aikana, vaan ne toimivat staattisesti rakennuksen rakenteissa niin kauan, kuin rakennus on olemassa. Kun tuotteille asetetaan identtinen toiminnallinen yksikkö, on näiden laskettua hiilijalanjälkeä helpompi vertailla toisiinsa, vaikka tuotteet ovatkin erilaisia, valmistustavat poikkeavat toisistaan ja järjestelmien rajoissa on pieniä eroavaisuuksia. Kuitenkin tuotteiden määrittelyn, kuvauksen, toiminnallisen yksikön, järjestelmän rajojen tietojen kuvauksen, syötteiden ja tuotosten sisällyttämiskriteerien, tiedon laatuvaatimusten, oletuksien ja yksiköiden ollessa keskenään identtisiä tai hyvin samankaltaisia voidaan ISO 14067 standardin eri tuotteiden hiilijalanjälkiin perustuvaan vertailuun viittaavan määritelmän mukaisesti. (ISO 14067, 2018, s. 45)

Seuraavaksi esitellään tarkemmin selvitykseen sisällytettävät tuotteet, niiden kuvaukset, valmistusprosessi ja tuotejärjestelmä. Laskennassa on käytetty tässä raportissa esitettyjä kuvauksia huomattavasti tarkempia lähtötietoja, mutta näiden tietojen ollessa luottamuksellisia kuvauksia on yksinkertaistettu. Kuvassa 7 on kuvailtu kaikissa selvitykseen kuuluvia tuotteita koskeva tuotejärjestelmän kuvaus, jossa tuotteen valmistus on jokaisen tuotteen kohdalla erilainen ja kuvailtu myöhemmin erikseen tarkemmin. Tuotejärjestelmään sisällytetään raaka-aineiden valmistus ja kuljetus, tuotteen valmistus, ostettu sähköenergia, hukkamateriaalien lajittelu, kuljetus ja käsittely, pakkausmateriaalien valmistus ja tuotteiden loppukäsittely. Pakkausmateriaalien kuljetus, pakkaus, valmiiden tuotteiden kuljetus ja tuotteiden käyttövaihe rajataan tarkasteltavan tuotejärjestelmän ulkopuolelle. Pakkaus ja tuotteen käyttövaihe rajataan ulos, koska näistä toiminnoista ei synny hiilijalanjäljen laskentaan vaikuttavia päästöjä, ja pakkausmateriaalien ja tuotteiden kuljetukset siksi, että kuljetettavia matkoja ja kuljetustapoja on näissä tapauksissa hyvin vaikea selvittää ja nämä saattavat vaihdella voimakkaasti tuotekohtaisesti.



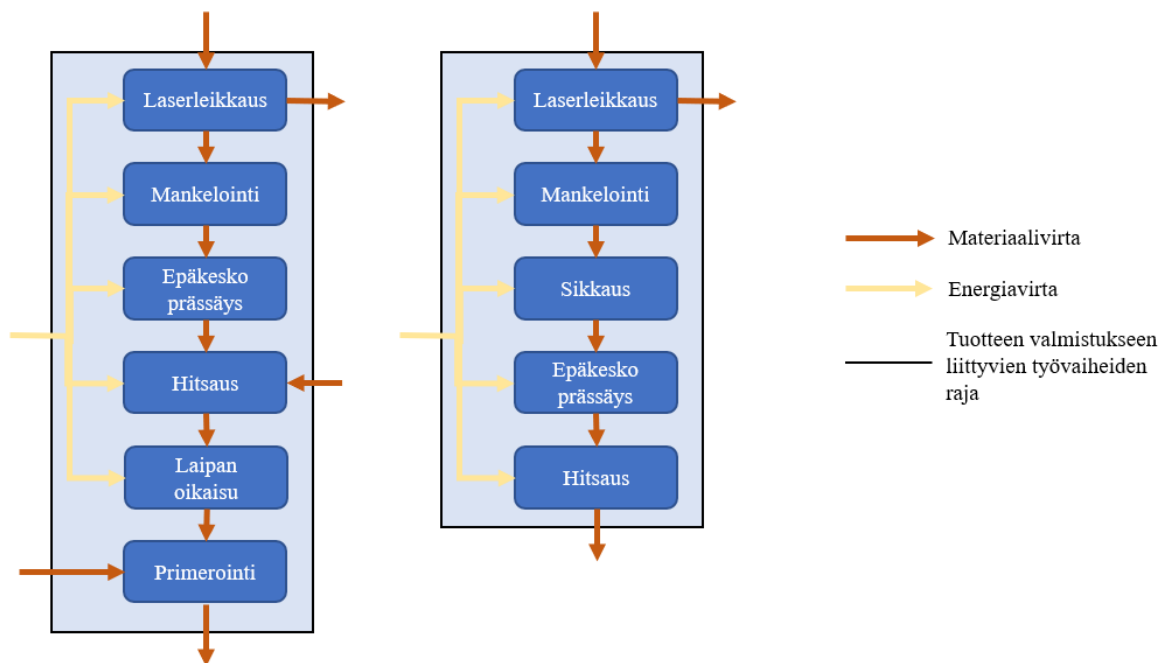
Kuva 7. Tuotteiden hiilijalanjäljen laskennan tuotejärjestelmä.

Kattokaivo Malli C-110/350, hst (+ rakenteeseen kuuluva sihti)

Kattokaivon tarkoitus on johtaa vesi hallitusti pois rakennusten katoilta. Se valmistetaan happon kestävästä teräksestä ja siihen kuuluu laippa, putki ja sihtiosa. Tuotteen elinkaaren pituus on arvioitu olevan yli 50 vuotta ja tuotteen ollessa täysin teräksestä valmistettu se on elinkaaren päätyttyä täysin kierrätettävissä uusiomateriaaliksi. Tuote ei kuluta käyttövaiheen aikana energiaa tai materiaaleja, jolloin käytön aikaisia päästöjä ei synny. Tuotteeseen on saatavilla sähköä kuluttava sulanapitojärjestelmä lisävarusteena, mutta sitä ei huomioida tässä laskennassa.

Tuotteen valmistukseen kuuluu työvaiheina yksinkertaistettuna laserleikkaus, mankelointi, epäkesko prässäys, hitsaus, laipan oikaisu ja primerointi. Valmistusprosessi on kuvailtu yksinkertaistettuna kuvassa 8. Valmistusprosessi alkaa laserleikkauksesta, johon tulee valmistusprosessin rajan ulkopuolelta raaka-aineet ja materiaalit ja sähköenergiaa. Osa laserleikkauksen jälkeen käsitellystä materiaalista jatkaa mankelointiin ja osa menee

hukkamateriaalina lajitteluun. Laserleikkaus on ainoa tuotantoprosessin vaihe, josta syntyy hukkamateriaalia. Hitsausvaiheessa osa hitsauksesta suoritetaan suojakaasun kanssa, josta syntyy kuvassa näkyvä materiaalivirta valmistusprosessin ulkopuolelta. Tuotteen valmistuksen viimeinen vaihe, primerointi, ei kuluta sähköenergiaa, mutta siihen kuluu esitartunta-ainetta, joka näkyy kuvassa 8 materiaalivirtana. Kuvassa 8 on eritelty kattokaivon sihdin valmistusvaiheet erikseen, joka koostuu laserleikkauksesta, mankeloinnista, sikkauksesta epäkesko prässäyksestä ja hitsauksesta.



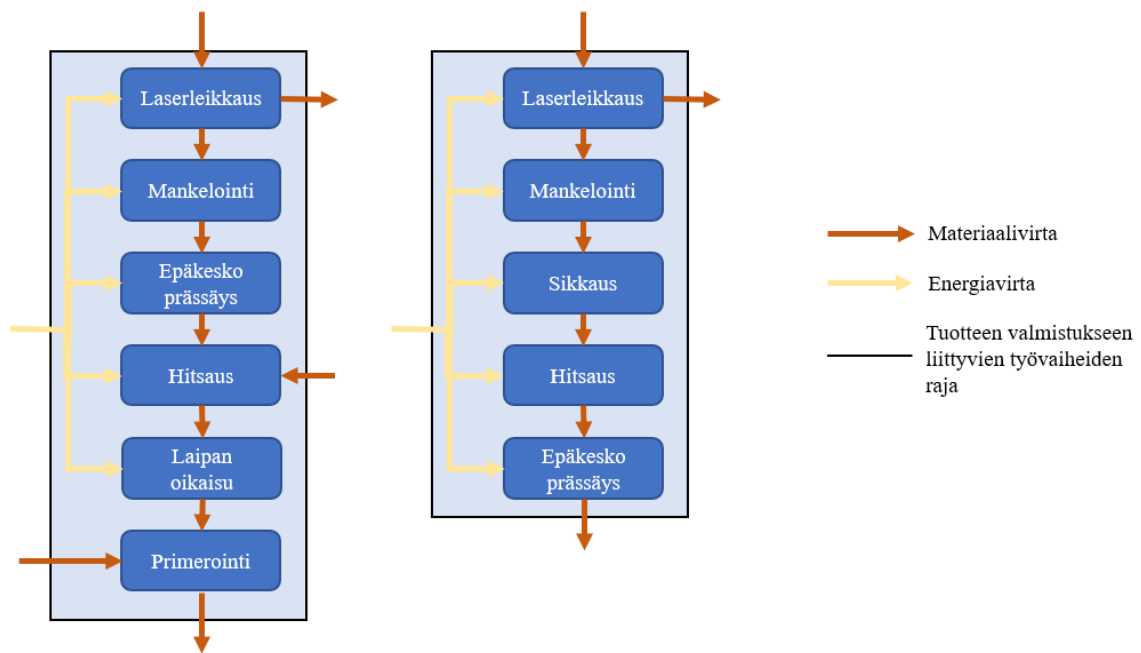
Kuva 8. Kattokaivon valmistuksen kuvaus vasemmalla ja tuotteeseen kuuluvan sihdin kuvaus oikealla.

Alipainetuuletin ATH-100, hst

Alipainetuulettimen tehtävä on vesikaton alapuolella olevien rakenteiden, tilojen ja lämmöneristeiden tuuletus. Tuote valmistetaan myös hapon kestävästä teräksestä ja elinkaaren pituudeksi arvioitu yli 50 vuotta. Materiaalit ovat elinkaaren päätyttyä täysin kierrätettävissä ja käytön aikaisia päästöjä ei synny.

Alipainetuuletin koostuu rungosta ja hattu osasta. Rungon valmistus on lähes samanlainen prosessi kuin kattokaivon valmistusprosessi, ja niiden yksinkertaistetut prosessikuvaukset

eivät juurikaan poikkea toisistaan. Hattuosan valmistus on myös hyvin vastaava prosessi, kuin kattokaivon sihdin valmistusprosessi. Runko- ja hattuosien valmistusprosessien kuvaukset on esitetty kuvassa 9.



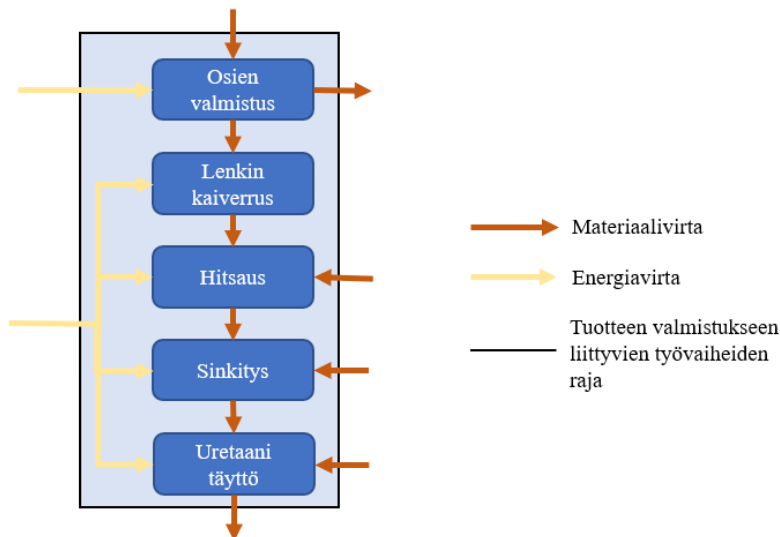
Kuva 9. Alipainetuulettimen rungon valmistuksen kuvaus vasemmalla ja hattu osan oikealla.

Pito-kattopollari 1400

Pito-kattopollari on rakennuksien rakenteisiin asennettava kiinnityslaite turvaköysille, riipputelineille ja muille mahdollisille huolto-, korjaus- ja pelastustöissä tarvittaville apuvälineille. Tuotteen elinkaari on arvioitu olevan yli 50 vuotta ja sen osat ovat pääosin kierrätettävissä. Tuote valmistetaan teräksestä, joka sinkitään ja täytetään uretaanilla. Sinkitty teräs on elinkaaren päätyttyä täysin kierrätettävissä uusiomateriaaliksi ja uretaani voidaan hyödyntää poltettavana jätteenä energiaksi.

Pito-kattopollari koostuu lenkistä, putkesta ja laipasta. Nämä osat tuotetaan Peltitarvike Oy:lle valmiiksi alihankintana, joten niiden valmistus rajataan laskennan ulkopuolelle. Myös sinkitys tehdään alihankintana, mutta tämän vaiheen päästöt arvioidaan muilla tavoin. Sinkityksestä tiedetään menetelmänä käytettävän kuumasinkitystä ja sinkkikerroksen

paksuuden olevan vähintään 100 µm. Osien valmistuksen lisäksi työvaiheita on lenkin kaiverrus, hitsaus, sinkitys ja uretaani täyttö. Kuvassa 10 on esitelty pito-kattopollarin valmistusprosessi.



Kuva 10. Pito-kattopollarin valmistuksen kuvaus.

4.2.2. Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysissä selvitetään tuotteiden valmistukseen tarvittavien materiaalien, energia ja päästövirtojen määrälliset suuruudet yhtä tuotetta kohden kaikissa tuotejärjestelmässä ja valmistusprosesseissa kuvailluissa vaiheissa. Näiden virtausten perusteella voidaan laskea päästövirtausten nettosummasta tuotteen elinkaaren aikainen hiilijalanjälki.

Tuotteiden valmistuksen lähtötietojen perusteella voidaan laskea tarvittavien raaka-aineiden määrät, hukkamateriaaliksi päätyvien materiaalien määrät, pakkausmateriaalin määrä ja valmistukseen käytetyn sähköenergian määrä. Kuljetusten ja jätteiden käsittelyn päästöt voidaan laskea suhteessa kuljetetun materiaalin massaan. Jotta raaka-aineiden valmistuksen, kuljetusten, jätteiden käsittelyn ja tuotteen loppukäsittelyn päästöt voidaan laskea, täytyy ensin laskea kullekin tuotteelle tarvittavat materiaali- ja energiavirrat määrällisesti ja laadullisesti. Taulukossa 23 on esitetty sähkönkulutus kaikille kolmelle tuotteelle valmistuksen aikana niissä työvaiheissa, jotka sähköä kuluttivat.

Taulukko 23. Tuotteiden valmistusprosessien sähkönkulutukset eri työvaiheissa.

Tuote	Kattokaivo [Wh]	Alipainetuuletin [Wh]	Kattopollari [Wh]
Laserleikkaus	87,15	44,35	
Mankelointi	10,87	17,08	
Sikkaus	2,08	8,33	
Epäkesko prässäys	7,50	4,16	
Hitsaus	198,96	234,72	195,17
Laipan oikaisu	6,11	6,11	
Lenkin kaiverrus			1,92
Uretaanitäyttö			8,33
Yhteensä	312,67	314,76	205,42

Taulukossa 24 on esitetty selvityksessä mukana olleiden tuotteiden valmistuksen aikana käytetyt materiaalit. Hukkamateriaaleja syntyi ainoastaan kattokaivon ja alipainetuulettimen valmistuksen aikana suoritetusta laserleikkauksesta, josta syntyi hukkaterästä keskimäärin noin 0,58 kilogrammaa kattokaivon valmistuksessa ja 0,38 kilogrammaa alipainetuulettimen valmistuksessa.

Taulukko 24. Tuotteiden valmistuksessa kuluneet materiaalit.

	Kattokaivo	Alipainetuuletin	Kattopollari
Hapon kestävä teräs	2,03 kg	2,19 kg	
Sinkitty teräs			43,9 kg
Esisivelylios	0,01 kg	0,01 kg	
Hitsauslanka			0,13 kg
Hitsauskaasu			0,0175 m ³
Uretaanivaaho			0,002 m ³

Pakkausmateriaalien määrät ja laatu vaihtelevat tuotteiden määrän ja asiakkuuden mukaan, mutta Peltitarvike Oy:n arvion mukaan voidaan yleistää, että yhden kattokaivon pakkaamiseen kuluu noin 0,2 m² ja alipainetuulettimen pakkaamiseen noin 0,1 m² yksiaaltoista

pakkauspahvia. Kattopollarit toimitetaan tyypillisesti EUR-lavoilla muovisten pakkausvanteiden avulla kiristettynä. Keskiporto kuorma sisältää kymmenen kappaletta tuotteita ja tarvitsee kasassa pysyäkseen kuusi kappaletta muovisia pakkausvanteita. Laskentaa varten oletetaan muovisten pakkausvanteiden olevan PET-muovia, yhden vanteen olevan pituudeltaan kaksi metriä, leveydeltään 20 millimetriä ja paksuudeltaan 1 millimetrin. (napakka, 2022) EUR lavan massa on keskimäärin noin 25 kilogrammaa ja se on valmistettu suurimmaksi osaksi puusta (EPAL, 2022).

Kun tuotteiden valmistukseen käytettyjen materiaali- ja energiavirtojen laatu ja suuruudet ovat selvillä, voidaan laskea tuotteiden päästöt toiminnallista yksikköä kohden. Laskenta on tässä selvityksessä jaettu seuraaviin päästölähteisiin: raaka-aineiden valmistus ja kuljetus, ostettu sähköenergia, hukkamateriaaliksi päätyneiden materiaalien käsittely jätejakeina ja niiden kuljetus, pakkausmateriaalien valmistus sekä tuotteen loppukäsittely. Tuotteiden käyttövaiheiden aikana ei synny päästöjä, joten tähän vaiheeseen ei ole tarpeellista tehdä laskentaa.

Raaka-aineiden valmistus ja kuljetus

Taulukosta 24 on nähtävissä tuotteiden valmistukseen käytetyt materiaalit eri tuotteilla. Teräsmateriaalien päästökertoimena käytetään kappaleessa 4.1.2. *Inventaarioanalyysi* taulukossa 10 esitettyjen päästökertoimien massan perusteella painotettua keskiarvoa, koska tietoa teräksen alkuperästä ei ollut saatavilla laskennan aikana. Tällöin teräsmateriaalien päästöjen laskemiseen käytetään kerrointa 2,07 kg CO₂ekv / kg tuotetta.

Hitsauslangan oletetaan olevan terästä ja hitsauskaasun oletetaan sisältävän 92 prosenttia argonia ja 8 prosenttia hiilidioksidia (Woikoski, 2022). Argon ei ole kasvihuonekaasu, joten sen oletetaan olevan hiilijalanjäljen laskennan kannalta merkityksetön. Hitsauskaasulle voidaan siis laskea päästöt laskemalla kaasun sisältämän hiilidioksidin massa. Hiilidioksidin tiheys NTP-olosuhteissa on 1,97 kg/m³ ja 17,5 litraa hitsauskaasua sisältää 1,4 litraa hiilidioksidia, joten hiilidioksidin massa on noin 2,76 grammaa (Seppänen, et al., 2013, s. 78). Uretaanin tiheydeksi oletetaan Thermo seal insulation systems nimisen yrityksen vastaavan tuotteen tuotekuvauksen perusteella 2 paunaa kuutiojalkaa kohden, joka on SI-järjestelmän

yksiköissä noin 32,04 kg/m³ (Thermo Seal insulation systems, 2022). Tämän perusteella kaksi litraa uretaanivaahtoa painaa noin 0,064 kg.

Uretaanivaahdon, sinkitetyn teräksen ja esisivelyliuoksen päästöt lasketaan GaBi-elinkaari-mallinnusohjelman avulla. Esisivelyliuos sisältää noin 50 % hiilivetyjä ja 50 % bitumia (Nordic waterproofing, 2015). Hiilivetyjen laskennassa käytetään *EU28 gasoline regular at refinery* -prosessia, koska hiiliketjujen pituuden perusteella ero hiilijalanjäljessä on pieni suhteessa bensiinin hiilijalanjälkeen. Bitumin päästöjen laskentaan käytetään *EU-28 Bitumen at refiner* -prosessia ja sinkitetyn teräksen päästöjen laskentaan *EU-28 steel hot dip galvanized* -prosessia. Taulukossa 25 on esitetty materiaalien valmistuksen aiheuttamat päästöt.

Taulukko 25. Tuotteiden raaka-aineiden ja materiaalien päästöt.

	Materiaali	Päästökerroin [kg CO₂ekv / kg materiaalia	Päästöt [kg]
Kattokaivo	2,03 kg hapon kestäväää terästä	2,07	4,20
	0,01 kg esisivelyliuosta	-	0,005
Alipainetuuletin	2,19 kg hapon kestäväää terästä	2,07	4,53
	0,01 kg esisivelyliuosta	-	0,005
Kattopollari	43,9 kg sinkittyä terästä	-	112,38
	0,13 kg hitsauslankaa	2,07	0,27
	0,0175 m ³ hitsauskaasua	-	0,0027
	0,064 kg uretaanivaahtoa	-	0,19

Raaka-aineiden kuljetusten päästöt lasketaan kappaleessa 4.1.2. *Inventaarioanalyysi* taulukossa 13 esitettyjen kuljetusten päästökertoimien keskiarvolla. Näissä kuljetusten päästöissä on huomioitu vain metallituotteet, mutta muiden materiaalien kulutuksen ollessa metallimateriaaleihin suhteutettuna hyvin vähäistä, oletetaan tämän keskiarvon kuvastavan riittäväällä

tarkkuudella kuljetusten päästökerrointa suhteessa kuljetettuun massaan. Käytettävä päästökerroin on tällöin 0,053 kg CO₂ekv / kg. Taulukossa 26 on esitetty raaka-aineiden ja materiaalien kuljetusten päästöt tuotekohtaisesti. Laskennassa ei ole otettu huomioon tuotteiden pakkauksia, koska näiden massat eivät ole tiedossa ja näiden oletetaan olevan merkityksettömiä varsinaiseen materiaalin massaan verrattuna.

Taulukko 26. Tuotteiden raaka-aineiden ja materiaalien kuljetusten päästöt.

	Massa	Päästökerroin [kg CO ₂ ekv / kg]	Päästöt [kg]
Kattokaivo	2,04	0,053	0,108
Alipainetuuletin	2,20	0,053	0,117
Kattopollari	44,13	0,053	2,34

Ostettu sähköenergia

Tuotteiden valmistuksessa käytetään sekä Peltitarvike Oy:n itse tuottamaa aurinkosähköä ja Helen Oy:ltä ostettua sähköenergiaa, jonka tuotantotapa on esitetty tarkemmin kappaleessa 4.1.2. *Inventaarioanalyysi – Ostoenergia*. Koska itse tuotetun sähköenergian kulutusta ei ole tarkasti tiedossa ja sen saatavuus vaihtelee suuresti vuodenajan, vuorokauden ajan ja sääolosuhteiden mukaan, käytetään tuotteiden hiilijalanjäljen laskennassa Helen Oy:ltä ostetun sähköenergian ominaispäästökerrointa, joka on 74 g CO₂/ kWh. Ostetun sähköenergian aiheuttamat päästöt on esitelty tuotekohtaisesti taulukossa 27.

Taulukko 27. Tuotteiden valmistuksessa käytetyn sähköenergian päästöt.

	Sähköenergia [Wh]	Päästöt [kg]
Kattokaivo	312,67	23,14
Alipainetuuletin	314,76	23,29
Kattopollari	205,42	15,20

Jätteet ja niiden kuljetus

Tuotteiden valmistuksessa jätteitä syntyy ainoastaan hukkamateriaalina laserleikkauksen yhteydessä. Hukkamateriaali on puhtaasti terästä, jonka käsittelylle kierrätyksessä on las- kettu päästökertoimet kappaleessa 4.1.2. *Inventaarioanalyysi* taulukossa 17. Päästökertoimet ovat 8,757 g CO₂ / kg terästä, 0,000365 g CH₄ / kg terästä ja 0,000365 g N₂O / kg terästä. Kattopollarin osien valmistus on ulkoistettu alihankkijalle, joten kattopollarin valmistuksessa ei synny Peltitarvike Oy:llä hukkamateriaaleja. Taulukossa 28 on esitetty hukkamateriaalien käsittelystä aiheutuneet päästöt.

Taulukko 28. Jätteiden kierrätyksestä aiheutuneet päästöt.

	Materiaali	Päästökerroin	Päästöt [g]
Kattokaivo	0,58 kg hapon kestäväää terästä	8,757 g CO ₂ / kg	5,079
		0,000365 g CH ₄ / kg	0,000212
		0,000365 g N ₂ O / kg	0,000212
Alipainetuuletin	0,38 kg hapon kestäväää terästä	8,757 g CO ₂ / kg	3,328
		0,000365 g CH ₄ / kg	0,000139
		0,000365 g N ₂ O / kg	0,000139

Jätejakeiden käsittelylaitosten sijaintien ja kuljetuksen toteutustavan oletetaan olevan yhteneväisiä yrityksen hiilijalanjäljen laskennan kappaleen 4.1.2. *Inventaarioanalyysi* kanssa. Tällöin metallijätteet kuljetetaan Hernesaaren Romu Oy:lle käsiteltäväksi. Kuljetetun matkan pituus on 8,2 km ja kuljetuksen päästökerroin 111,0 g CO₂ / t-km. Jätteiden kuljetusten päästöt ovat esitelty taulukossa 29.

Taulukko 29. Jätteiden kuljetuksesta aiheutuneet päästöt.

	Pakkausmateriaali	Matka [km]	Päästöt [kg]
Kattokaivo	0,58 kg hapon kestäväää terästä	8,2	0,528
Alipainetuuletin	0,38 kg hapon kestäväää terästä	8,2	0,346

Pakkausmateriaalien valmistus

Pakkausmateriaaleihin käytetään yksiaaltoista pahvia, PET-muovia ja puisia kuormalavoja. Pahvin päästökertoimenä käytetään tässä selvityksessä arvoa 0,326 kg CO₂ / kg pahvia, joka sisältää pahvin valmistukseen käytetyt raaka-aineet, valmistuksen, kuljetukset ja loppusijoituksen (Reimann, 2022). Kuormalavassa käytettävän puutavaran valmistuksen päästöjä on selvitetty artikkelissa *The Carbon Impacts of Wood Products*, jossa yhden FBM (foot, board measure) yksikön verran kovaa puutavaraa aiheuttaa 2 paunaa hiilidioksidipäästöjä. Näihin hiilidioksidipäästöihin on otettu huomioon puutuotteen valmistuksen aikana ilmaan vapautuneet päästöt, eikä siihen ole huomioitu esimerkiksi puuhun sitoutunutta hiiltä. Muunnetuna SI-järjestelmän yksiköihin saadaan tästä puutavaran päästökertoimeksi noin 284,4 kg CO₂ / m³ puuta (Bergman, et al., 2014, s. 7). Kun puun tiheydeksi oletetaan noin 500 kg / m³, puutuotteen valmistuksen päästökerroin on noin 0,769 kg CO₂ / kg puutavaraa (The engineering Toolbox, 2022b). PET-muovin keskimääräinen tiheys oletetaan olevan 1,39 g / cm³ ja pahvin noin 0,689 g / cm³ (Aqua-Calc, 2022; Kumex, 2022).

Pakkausten laadun, määrän ja ominaispäästöjen ollessa tiedossa, voidaan niiden päästöt yhden tuotteen pakkaamista kohden laskea. Pahvin oletetaan olevan 2 mm paksua, joten pinta-alojen ja tiheyden avulla voidaan laskea 0,1 m² kokoisen pahvipakkauksen painavan noin 0,138 kg ja 0,2 m² kokoisen noin 0,276 kg. Oletetuilla mitoilla yhden PET-muovista valmistetun pakkausvanteen massa on noin 0,006 kg. Massojen ollessa selvillä, voidaan laskea pakkausmateriaalien päästöt yhtä tuotetta kohden, jotka on esitetty taulukossa 30. PET-muovin päästöt on laskettu GaBi-elinkaarimallinnusohjelman *EU-28 polyethylene terephthalate fibres (PET)* prosessin avulla.

Taulukko 30. Tuotteiden pakkausmateriaalien päästöt.

	Pakkausmateriaali	Päästökerroin [kg CO ₂ / kg]	Päästöt [kg]
Kattokaivo	0,276 kg pahvia	0,326	0,09
Alipainetuuletin	0,138 kg pahvia	0,326	0,045
Kattopollari	0,0036 kg PET-muovia	-	0,012
	2,5 kg puuta	0,769	1,923

Tuotteen loppukäsittely

Peltitarvike Oy:n selvityksessä mukana olevat kolme tuotetta voidaan kierrättää lähes täysin uusioraaka-aineiksi. Kattokaivo ja alipainetuuletin valmistetaan 100 prosenttisesti hapon kestävästä teräksestä ja ne voidaan kierrättää kokonaan tuotteen käyttövaiheen päätyttyä. Kattopollarin metalliosat voidaan kierrättää täysin, mutta sen valmistuksessa käytetty uretaani lajitellaan poltettavaksi jätteeksi. Aiemmin luvussa 4.1.2. *Inventaarioanalyysi* selvitettiin eri jätejakeiden käsittelylle päästökertoimia, jotka on esitelty taulukossa 18. Kun tuotteiden loppukäsittelyyn päätyvien materiaalien massat ovat tiedossa, voidaan päästöt laskea. Loppukäsiteltävien materiaalien massat, päästökertoimet ja päästöt on esitelty taulukossa 31.

Taulukko 31. Tuotteiden loppukäsittelyn päästöt.

	Materiaali	Päästökerroin	Päästöt [g]
Kattokaivo	1,45 kg hapon kestävästä terästä	8,757 g CO ₂ / kg	12,70
		0,000365 g CH ₄ / kg	0,00053
		0,000365 g N ₂ O / kg	0000053
Alipainetuuletin	1,81 kg hapon kestävästä terästä	8,757 g CO ₂ / kg	15,85
		0,000365 g CH ₄ / kg	0,00066
		0,000365 g N ₂ O / kg	0,00066
Kattopollari	44,0 kg sinkittyä terästä	130 g CO ₂ / kg	5 720,00
	0,064 kg uretaanivaahtoa	430 g CO ₂ / kg	27,52

Kooste inventaarioanalyysin tuloksista

Inventaarioanalyysin tuloksissa on nähtävissä taulukossa 32 kattokaivon, taulukossa 33 alipainetuulettimen ja taulukossa 34 kattopollarin kasvihuonekaasupäästöt luokiteltuna eri päästölähteisiin. Päästöt koostuivat lähes yksinomaan hiilidioksidista, mutta kattokaivon ja alipainetuulettimen tapauksissa syntyi myös metaania ja typpioksiduulia jätejakeiden

käsittelyssä ja loppukäsittelyssä. Tuloksista nähdään, että kattokaivon ja alipainetuulettimen päästöt ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta kattopollarin päästöt ovat selvästi suuremmat.

Taulukko 32. Kattokaivon hiilijalanjäljen laskennan inventaarioanalyysin tulokset

Päästökategoria	CO₂ [g]	CH₄ [g]	N₂O [g]
Materiaalien valmistus	4205	-	-
Materiaalien kuljetus	108	-	-
Ostettu sähköenergia	23,14	-	-
Jätejakeiden käsittely	5,079	0,000212	0,000212
Jätejakeiden kuljetus	0,528	-	-
Pakkausmateriaalien valmistus	90	-	-
Loppukäsittely	12,70	0,00053	0,00053
Yhteensä	4444,4	0,000742	0,000742

Taulukko 33. Alipainetuulettimen hiilijalanjäljen laskennan inventaarioanalyysin tulokset

Päästökategoria	CO₂ [g]	CH₄ [g]	N₂O [g]
Materiaalien valmistus	4535	-	-
Materiaalien kuljetus	117	-	-
Ostettu sähköenergia	23,29	-	-
Jätejakeiden käsittely	3,328	0,000139	0,000139
Jätejakeiden kuljetus	0,346	-	-
Pakkausmateriaalien valmistus	45	-	-
Loppukäsittely	15,85	0,00066	0,00066
Yhteensä	4739,8	0,000799	0,000799

Taulukko 34. Kattopollarin hiilijalanjäljen laskennan inventaarioanalyysin tulokset

Päästökategoria	CO₂ [g]	CH₄ [g]	N₂O [g]
Materiaalien valmistus	112 843	-	-
Materiaalien kuljetus	2340	-	-
Ostettu sähköenergia	15,20	-	-
Jätejakeiden käsittely	-	-	-
Jätejakeiden kuljetus	-	-	-
Pakkausmateriaalien valmistus	1935	-	-
Loppukäsittely	5747,52	-	-
Yhteensä	122 880,7	-	-

4.2.3. Vaikutusten arviointi

Tuotteiden hiilijalanjäljenlaskennassa käytetään IPCC:n viidennen arviointiraportin GWP₁₀₀-arviointimallia, jota käytettiin myös Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskennassa. Arviointimallin GWP₁₀₀-kertoimet löytyvät kappaleesta *4.1.3 Vaikutusten arviointi* taulukosta 21.

Taulukossa 35 on kaikkien kolmen tuotteen inventaarioanalyysin tuloksista kasvihuonekaasupäästöt muunnettuna GWP-kertoimien avulla vastaamaan hiilidioksidin säteilypakotetta. Koska inventaarioanalyysin aikana käytettiin enimmäkseen hiilidioksidipäästöjä vastaavia kertoimia, oli muiden päästöjen kuin hiilidioksidin osuus verrattain hyvin vähäinen.

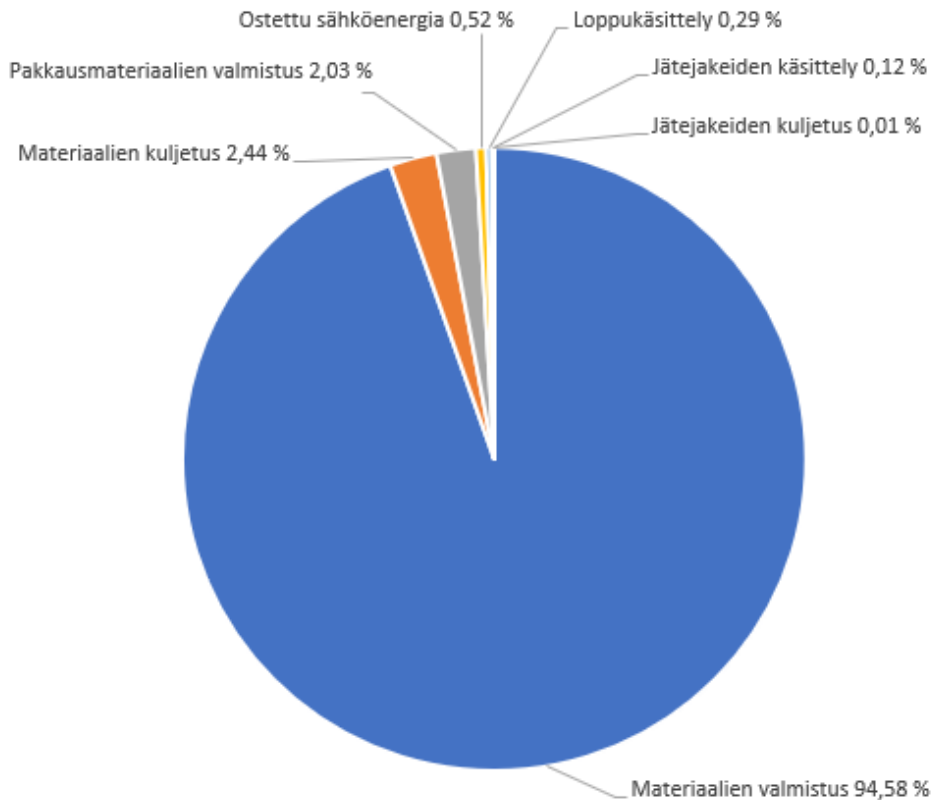
Taulukko 35. Tuotteiden päästöt muunnettuna hiilidioksidi ekvivalenteiksi päästökategorioittain.

Päästökategoria	Kattokaivo [g CO₂ekv]	Alipainetuuletin [g CO₂ekv]	Kattopollari [g CO₂ekv]
Materiaalien valmistus	4 205,00	4 535,00	112 843,00
Materiaalien kuljetus	108,00	117,00	2 340,00
Ostettu sähköenergia	23,14	23,29	15,20
Jätejakeiden käsittely	5,14	3,37	-
Jätejakeiden kuljetus	0,53	0,35	-
Pakkausmateriaalien valmistus	90,00	45,00	1 935,00
Loppukäsittely	12,86	16,04	5 747,52
Yhteensä	4 444	4 740	122 881

Taulukosta 35 voidaan nähdä, että kattokaivon hiilijalanjälki on noin 4,4 kilogrammaa CO₂ekv, alipainetuulettimen noin 4,7 kilogrammaa CO₂ekv ja kattopollarin noin 122,9 kilogrammaa CO₂ekv.

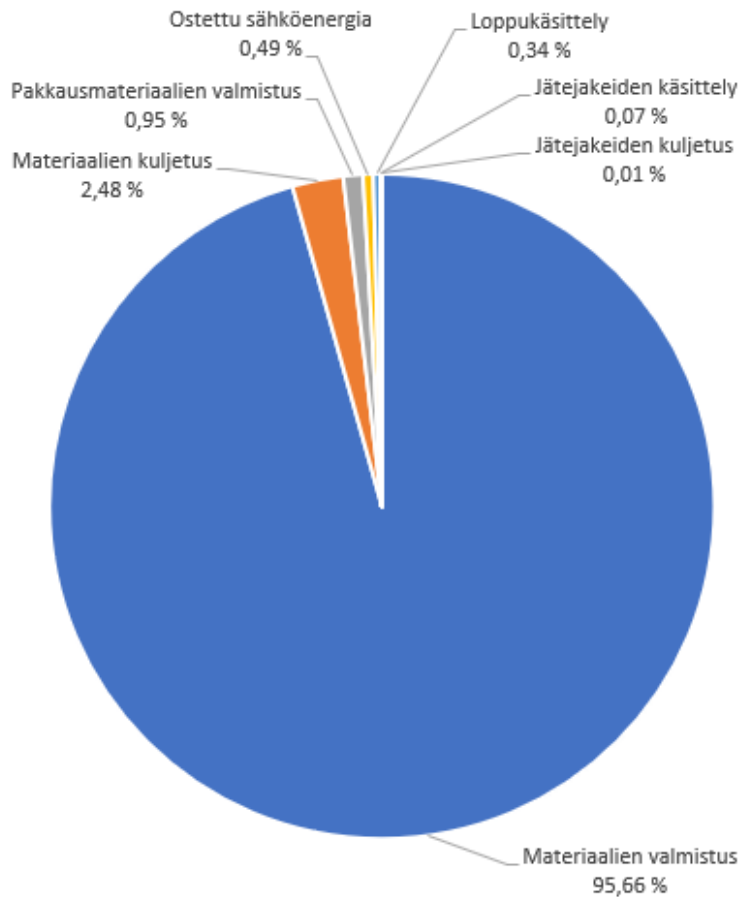
4.2.4. Tulosten tulkinta

Tulosten tulkinnassa arvioidaan inventaarioanalyysin ja vaikutusten arvioinnin yhteydessä saatuja tuloksia, esitellään inventaarioanalyysin ja vaikutusten arvioinnin merkittävimmät seikat ja tarkastellaan tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Kaikista kolmesta tuotteesta saatiin tuloksiksi päästöt kasvihuonekaasuittain päästökategorioihin jaoteltuna ja vaikutustenarvioinnin tuloksista nämä kasvihuonekaasupäästöt muunnettuna vastaamaan säteilypakotteeltaan hiilidioksidia. Kuvissa 11, 12 ja 13 on esitetty kaikille kolmelle tuotteelle kuvaajat tuotteiden ominaispäästöjen jakautumisesta päästölähteittäin.



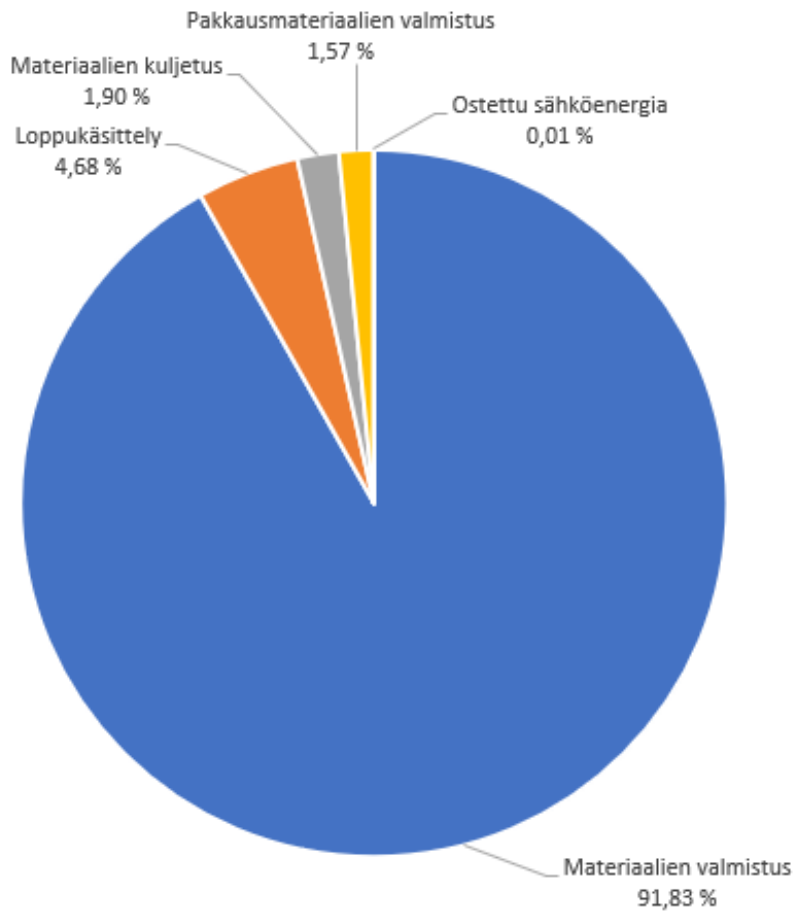
Kuva 11. Kattokaivon päästöjen osuudet kategorioittain.

Kattokaivon päästöistä ylivoimaisesti suurin osa (94,58 %) koostui valmistukseen käytettyjen materiaalien valmistuksesta. Tämä oli odotettavissa oleva tulos, joka on myös yhdenmukainen Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskennan tulosten kanssa. Materiaalien valmistuksen jälkeen toiseksi ja kolmanneksi eniten päästöjä syntyi materiaalien kuljetuksesta (2,44 %) ja pakkausmateriaalien valmistuksesta (2,03 %). Ostetun sähköenergian osuus ylitti juuri ja juuri puolen prosentin osuuden kattokaivon päästöistä, ja loput kategoriat käsittivät yhteensä alle puolen prosentin osuuden päästöistä.



Kuva 12. Alipainetuulettimen päästöjen osuudet kategorioittain.

Alipainetuulettimen valmistusvaiheet ja materiaalit muistuttavat hyvin paljon kattokaivon valmistusta, joten myös hiilijalanjäljen koostumus on pieniä eroavaisuuksia lukuun ottamatta lähes identtinen. Tärkeimmät eroavaisuudet syntyvät siitä, että alipainetuulettimen valmistuksessa käytettiin hieman enemmän materiaaleja ja pakkaukseen vähemmän materiaaleja verrattuna kattokaivoon. Kun materiaaleja käytetään enemmän, myös kuljetuksen, jätteen käsittelyn ja kuljetuksen sekä loppukäsittelyn absoluuttiset päästöt nousevat samassa suhteessa.



Kuva 13. Kattopollarin päästöjen osuudet kategorioittain.

Kattopollarin valmistuksen absoluuttiset päästöt ja päästöjen jakautuminen poikkeavat huomattavasti. Kattopollari on valmistusvaiheiltaan ja materiaaleiltaan hyvin erilainen tuote kahteen muuhun verrattuna, joten tulokset olivat odotettuja. Kattopollari on huomattavasti painavampi, jolloin materiaalien ja pakkausmateriaalien määrä on suurempi. Useat valmistuksen vaiheet tehtiin alihankintana, jolloin yrityksen sisällä valmistuksessa ei syntynyt hukkamateriaaleja lainkaan eikä näin ollen jätteiden käsittelylle ja kuljetukselle syntynyt päästöjä lainkaan. Kattopollarin päästöjen jakautumisesta huomataan, että loppukäsittelyn päästöjen osuus on kahteen muuhun tuotteeseen verrattuna huomattavan suuri. Kahden muun tuotteen ollessa hapon kestävästä terästä, niille voitiin käyttää huomattavasti pienempää kierrätyksen päästökerrointa, kuin sinkitetulle teräkselle. Mikäli sinkitetyn teräksen kierrättämiselle käytettäisiin samaa päästökerrointa, kuin kahden muun tuotteen tapauksessa hapon kestäväälle teräkselle, olisi loppukäsittelyn osuus kokonaispäästöistä merkittävästi pienempi.

Kattopollarin valmistuksessa ostetun sähköenergian päästöjen osuus on verrattain pieni johdun siitä, että monet sähköenergiaa kuluttavat työvaiheet ulkoistettiin alihankkijoille.

Tuotteiden hiilijalanjäljen laskennassa ei ilmennyt suuria yllätyksiä. Materiaalien valmistus ja niiden kuljetus olivat odotetusti suurimmat päästölähteet ja muut päästölähteet olivat näihin verrattuna hyvin marginaalisia. Pakkausmateriaalien aiheuttamien päästöjen osuus oli erityisesti kattopollarin pakkausmateriaalien osalta ehkä yllättävän iso, mutta materiaalien päästöjen osuuden ollessa huomattavasti suurempi ei sen merkitys korostu suuresti.

Laskennasta jätettiin pois kaksi päästölähdettä, joilla olisi saattanut olla vaikutusta tuotteiden hiilijalanjälkien suuruuteen. Pakkausmateriaalien kuljetus rajattiin tarkastelun ulkopuolelle, koska kuljetusten etäisyyksistä tai tavoista ei ollut varmuutta. Kuitenkin todennäköisesti näiden kuljetusten osuus olisi ollut hyvin vähäinen, koska kuljetetun materiaalin määrä on hyvin pieni tuotetta kohden ja kuljetusmatkat eivät todennäköisesti ole kovin pitkiä.

Toinen tarkastelun ulkopuolelle jätetty päästölähde oli kattopollarin valmistuksessa käytettyjen osien valmistuksessa käytetyn sähköenergian ja hukkamateriaalien päästöt. Nämä jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska nämä tehtiin alihankkijoiden toimesta ja tarvittavan aktiviteettidatan kerääminen olisi aiheuttanut liikaa vaivaa suhteessa työn resursseihin. Mikäli osien valmistukseen on käytetty suurin piirtein samoja suuruusluokkia sähköenergiaa, mitä Peltitarvike Oy käytti kattokaivon ja alipainetuulettimen valmistukseen, ostetun sähköenergian päästöt eivät oletettavasti olleet kovin merkittäviä kattopollarin osien valmistuksen aikana. Kuitenkin mahdollisen hukkamateriaalin takia huomioimatta jääneet päästöt erityisesti materiaalin valmistuksesta ovat saattaneet aiheuttaa merkittävänkin osuuden päästöjä, jotka on nyt jätetty laskennan ulkopuolelle. Jos oletetaan, että alihankkija on valmistanut kattopollarin osat keskimäärin samalla materiaalitehokkuudella kuin Peltitarvike Oy kattokaivon ja alipainetuulettimen osat, on kattopollarin osalta jäänyt noin 23 % materiaaleista huomioimatta laskennassa. Näin ollen myös materiaalien valmistuksen päästöistä olisi jäänyt samassa suhteessa huomioimatta. Materiaalien valmistuksen ollessa ylivoimaisesti merkittävin päästölähde, puhutaan merkittävästä osuudesta kattopollarin valmistuksesta johtuvia päästöjä.

Myös laskennassa käytetyt oletukset ovat saattaneet vaikuttaa selvityksen lopputuloksiin. Tulosten kannalta mahdollisesti merkittävin oletus oli materiaalien päästökertoimien noudattavan Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskennassa selvitettyjen materiaalien

päästökertoimien keskiarvoa. Teräksen laatu ja valmistaja vaikuttavat suuresti päästökertoimeen, joten mikäli tuotteen valmistuksessa käytetyn materiaalin valmistaja olisi tiedossa, voitaisiin materiaalien päästöt laskea tarkemmin. Keskiarvo oli noin 2,07 t CO₂ekv / t tuotetta, kun päästökertoimet vaihtelivat välillä 0,94–3,39 t CO₂ekv / t tuotetta. Kuitenkin tuotteiden valmistuksessa käytettävien materiaalien valmistajat todennäköisesti vaihtelevat, joten keskimääräinen päästökerroin todennäköisesti vastaa kohtalaisen tarkasti todellista kerrointa.

Laskennassa oletettiin, että tuotteiden valmistuksessa käytetty sähköenergia koostuisi täysin ostetusta sähköenergiasta. Tämä oletus ei ole kovin merkittävä, sillä sähköenergian aiheuttamien päästöjen osuus oli muutenkin pieni. Vaikka tuotteet olisi oletettu päinvastoin valmistettavan täysin itse tuotetulla päästöttömällä sähköenergialla, päästöjen määrä olisi laskenut parhaimmillaankin noin 0,52 %-yksikköä.

Pakkausmateriaalien määrästä, koosta ja laadusta tehtiin laskennassa useita oletuksia, jotka ovat saattaneet vaikuttaa pakkausmateriaaleista johtuneiden päästöjen määrään ja osuuteen. Esimerkiksi pakkauspahvin paksuus ja muovisten pakkausvanteiden mitat ja materiaali perustuivat oletuksiin materiaalien todennäköisistä mitoista ja koostumuksista. Näiden oletusten vaikutus laskennan lopputuloksiin arvioidaan kohtalaisen pieneksi, sillä pakkausmateriaalien osuus tuotteiden hiilijalanjäljistä oli kohtalaisen pieni (0,95–2,03 %) ja käytetyt oletukset eivät todennäköisesti poikkea merkittävästi todellisuudesta.

Työssä käytettyjen lähtötiedon laadun arvioidaan olevan hyvä. Yritykseltä saatu aktiviteettidata materiaaleihin, sähköenergian käyttöön ja valmistusprosesseihin liittyen oli hyvin kattavaa ja yksityiskohtaista. Tiettyjä asioita jouduttiin rajaamaan laskennan ulkopuolelle tai käyttämään oletuksia alihankittujen palveluiden takia, mutta nämä koskivat suurimmilta osin vain kattopollarin hiilijalanjälkeä. Laskennassa käytettiin paljon jo Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen laskennassa selvitettyjä arvoja esimerkiksi sähköenergian, materiaalien, jätteiden käsittelyn ja kuljetusten osalta, joiden voidaan kohtalaisen luotettavasti olettaa edustavan myös tuotteiden hiilijalanjäljen laskentaan tarvittavia päästökertoimia.

5. Hiilijalanjäljen pienentäminen

Tässä kappaleessa pohditaan keinoja Peltitarvike Oy:n ja esimerkkituotteiden hiilijalanjälkien pienentämiseen, arvioidaan keinojen vaikuttavuutta ja toteuttamisen realistisuutta. Ensin käydään läpi yrityksen ja tämän jälkeen esimerkkituotteiden hiilijalanjäljen pienentäminen. Kuten tuloksista voidaan huomata, parhaat keinot ovat molemmissa tapauksissa hyvin samankaltaisia.

5.1. Yrityksen hiilijalanjäljen pienentäminen

Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen pienentämistä voidaan lähestyä kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen näkökulma on puuttua hiilijalanjälkeen niiden päästölähteiden kautta, jotka aiheuttavat eniten päästöjä ja toinen näkökulma on vähentää päästöjä sieltä, mistä yrityksen on helpointa ja realistisinta vaikuttaa toimintaansa. Tässä kappaleessa pohditaan Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen pienentämistä molemmista näkökulmista ja lasketaan esimerkkejä päästövähennyskeinojen mahdollisista vaikutuksista.

Ylivoimaisesti suurin osa Peltitarvike Oy:n päästöistä on tämän selvityksen perusteella peräisin käytettävien materiaalien valmistuksesta peräisin olevista epäsuorista päästöistä. Näihin päästöihin voidaan vaikuttaa joko vähentämällä käytettävien materiaalien määrää tai valitsemalla vähäpäästöisempiä materiaaleja. Materiaalien määrällinen vähentäminen on mahdollista joko vähentämällä yrityksen tuotantoa, käyttämällä vähemmän materiaaleja tuotteisiin tai vähentämällä hukkaan menevän materiaalin määrää. Lähtökohtaisesti yrityksen ei ole kannattavaa vähentää tuotantoaan, joten keskitytään kahteen jälkimmäiseen. Vähäpäästöisempien materiaalien valintaan voidaan vaikuttaa valitsemalla sellaisten materiaalien valmistajien tuotteita, jotka hyödyntävät tuotannossaan kierrätettyjä materiaaleja ja energian fossiilivapaita energianmuotoja.

Ostetun teräksen valmistuksen päästöt olivat kokonaisuudessaan 958 hiilidioksidiekvivalenttonnia. Päästökertoimet vaihtelivat eri valmistajien ja teräslaatuojen välillä 0,94–3,4 t CO₂ekv / t tuotetta keskiarvon ollessa noin 2,07 t CO₂ekv / t tuotetta. Päästökertoimen

vaihdellessa eri teräslaatuojen ja valmistustekniikoiden suhteen ei ole täysin realistista nopeasti vaihtaa kaikkien tilattuja materiaaleja sellaisiksi, joilla on mahdollisimman matala päästökerroin. On kuitenkin mahdollista suosia vähäpäästöisempien valmistajien tuotteita, jolloin keskimääräinen päästökerroin vähenee. Peltitarvike Oy:n vuoden 2021 kokonaispäästöihin verraten jokainen 0,1 t CO₂ekv / t tuotetta vähennys keksimääräisestä teräksen valmistuksen päästökertoimesta vähentää kokonaispäästöjä noin 46 tonnia hiilidioksidiekvivalentteina eli noin 4,1 % Peltitarvike Oy:n vuoden 2021 kokonaispäästöistä. Tällä olisi jo huomattava vaikutus hiilijalanjälkeen, sillä tämän suuruinen vähennys olisi suurempi, kuin minkään muun yksittäisen tässä työssä tarkastellun päästökategorian päästöt. Yrityksen voi olla haastavaa vaikuttaa materiaalien valmistajiin, kun materiaaleja ei osteta suoraan valmistajalta. Kuitenkin suosimalla vähäpäästöisempiä teräksen valmistajia voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä.

Toisesta näkökulmasta päästöjä vähennettäisiin sieltä, mistä se on helpointa toteuttaa. Tällaisia päästölähteitä ovat energian ostaminen ja käyttäminen, yrityksen omien ajoneuvojen käyttö sekä työntekijöiden liikkuminen työpaikalle. Kaikista nopeimmin toteutettavissa oleva keino päästöjen vähentämiseksi on ostetun sähkö- ja lämmitysenergian sopimusten muuttaminen alkuperävarmennetuiksi fossiilivapaiksi energiamuodoiksi.

Muuttamalla yrityksen käyttämä sähkö- ja lämmitysenergia alkuperävarmennettuun päästötömään energiaan scope 2 -luokan päästöt vähenisivät nollaan ja kokonaispäästöjen määrä vähenisi yhteensä noin 5,6 prosentilla. Vihreän energian varjopuoli on tyypillisesti kalliimpi energian hinta, joka nostaa yrityksen käyttämän energian kustannuksia. Yritys voi myös yrittää vähentää ostetun energian kulutusta lisäämällä tai tehostamalla omaa energian tuotantoaan lisäämällä aurinkopaneelien määrää tai hyödyntämällä tuotetusta energiasta suuremman osan itse.

Vuonna 2021 Peltitarvike Oy myi tuottamastaan aurinkoenergiasta 19 910 kWh sähköyhtiölle, jolloin tämä päästötön energia jäi hyödyntämättä omaan kulutukseen. Mahdollisia keinoja itse tuotetun energian tehokkaampaan hyödyntämiseen ovat energiaintensiivisten toimintojen keskittäminen niihin hetkiin, kun aurinkoenergiaa on eniten tarjolla tai lisäämällä energian varastointimahdollisuuksia esimerkiksi suuremmalla akkukapasiteetilla tai sähköajoneuvoilla. Teoreettisesti mikäli kaikki vuonna 2021 myyty itse tuotettu energia olisi hyödynnetty itse ja näin ollen vähennetty ostetun sähkön määrästä, olisi näin saavutettu noin 1 473 hiilidioksidiekvivalenttikilon päästövähennys, joka vastaisi noin 0,14 prosenttia

kokonaispäästöistä. Päästöjen vähennysmahdollisuudet ovat siis tällä tavoin suhteellisen vähäisiä kokonaispäästöihin suhteutettuna.

Toinen päästölähde, johon yrityksen on helppo omalla toiminnallaan vaikuttaa, on omien ajoneuvojen käyttö. Vähentämällä ajoneuvoilla ajettuja matkoja, ajamalla taloudellisemmin tai vaihtamalla pienipäästöisempiin kulkuneuvoihin päästöjä on mahdollista vähentää, mutta vähennysten suuruutta on vaikea arvioida. Omien ajoneuvojen käytön päästöt on mahdollista poistaa kokonaan vaihtamalla ajoneuvot nollapäästöisiin kulkuvälineisiin, kuten sähköautoihin, joiden käyttämä sähkö on peräisin kokonaan uusiutuvista energianlähteistä tai lopettamalla omien ajoneuvojen käyttö kokonaan. Nämä keinot eivät kuitenkaan ole kovinkaan helppoja toteuttaa tai saattavat vain siirtää päästöt muihin päästökategorioihin. Esimerkiksi omien ajoneuvojen käytön lopettaminen saattaa johtaa suurempaan ulkopuolisten kuljetuspalveluiden käyttämiseen, jolloin päästöt siirtyvät scope 1 -luokasta scope 3 -luokkaan.

Kolmas päästölähde, johon yrityksen on realistista vaikuttaa, on työntekijöiden liikkuminen työpaikalle. Selvityksessä toteutetun kyselyn perusteella 74 % työntekijöistä käyttää tällä hetkellä kulkuvälineenään autoa, mutta vapaiden vastausten perusteella osa autolla kulkevista työntekijöistä voisi olla kiinnostuneita vaihtamaan polkupyörään. Työntekijöiltä kysyttiin ajatuksia vähähiilisemmän liikkumisen edistämiseen työpaikalla, ja suurin osa tähän kysymykseen liittyneistä vastauksista ehdotti pyöräilyyn kannustamista taloudellisella tuella tai terveyshyötyjen korostamisella. Myös sähköautojen tai lataushybridien latauspisteitä oli toivottu ja etätyömahdollisuutta esitetty. Muita keinoja työmatkaliikenteen hiilijalanjäljen pienentämiseen voisi olla esimerkiksi julkisen liikenteen suosiminen autoilun sijaan.

Hiilijalanjäljen pienennyspotentiaalia työntekijöiden työmatkaliikkumisessa arvioidaan laskemalla, paljonko päästöt vähenisivät keskimäärin yhden autoilijan vaihtaessa kulkuvälineensä polkupyörään ja kuinka paljon päästöt vähenisivät, jos kaikki alle kymmenen kilometrin työmatkaa kulkevat autoilijat vaihtaisivat polkupyörään. Lisäksi arvioidaan vähennyspotentiaalia keskimääräisen polttomoottoriautoilijan vaihtaessa lataushybridiin ja paljonko päästövähennykset olisivat, jos kaikki polttomoottoriautoilijat, joilla on yli kymmenen kilometrin työmatka, vaihtaisivat kulkuneuvonsa lataushybridiin.

Alle kymmenen kilometrin työmatkaa autolla kulki kyselyyn vastanneista seitsemän työntekijää, joiden työmatka on yhteensä 45,4 kilometriä ja keskimäärin 6,5 kilometriä. Kaikkien autoilijoiden työmatkan keskiarvo on 17,2 kilometriä ja polttomoottoriautolla kulkeneiden

työntekijöiden noin 15,4 km. Yli kymmenen kilometrin työmatkaa kulkevien polttomoottoriautoilijoiden työmatka oli yhteensä yhden työpäivän aikana noin 163 kilometriä. Kyselyyn vastanneiden autolla kulkevien työntekijöiden yhden työpäivän työmatka on yhteensä 584,8 kilometriä ja näistä aiheutuvat päästöt hiilidioksidiekvivalentteina ovat 104,13 kg CO₂ekv. Näiden lukujen avulla voidaan todeta Peltitarvike Oy:n autolla töihin kulkevan työntekijän keskimääräisen hiilijalanjäljen olevan noin 0,178 kg CO₂ekv / km työmatkaliikenteessä. Aiempien kyselyn pohjalta tehtyjen laskelmien perusteella keskimääräisen lataushybridin päästöt hiilidioksidiekvivalentteina ovat noin 0,089 kg CO₂ekv / km. Samalla periaatteella laskien polttomoottoriautoilijoiden keskimääräinen päästö hiilidioksidiekvivalentteina on noin 0,219 kg CO₂ekv / km. Näiden lukujen avulla voidaan laskea hiilijalanjäljen pienennyspotentiaalit työmatkaliikenteessä, jotka ovat esitetty taulukossa 36. Toisessa ja neljännessä esimerkklaskussa on huomioitu myös kyselyyn vastaamatta jättäneet työntekijät 1,52 kertoimella.

Taulukko 36. Hiilijalanjäljen pienennyspotentiaali työntekijöiden työmatkaliikenteessä.

Keino	Vähennyspotentiaali yhden työpäivän matkoille [kg CO ₂ ekv]	Vähennyspotentiaali koko vuodelle [kg CO ₂ ekv]
Keskimääräinen autoilija (17,2 km työmatka) vaihtaa polkupyörään	6,1	1 409,1
Kaikki alle 10 km työmatkaa kulkevat vaihtavat polkupyörään	24,6	5 674,9
Keskimääräinen polttomoottoriautoilija vaihtaa lataushybridiin	4,0	925,8
Kaikki yli 10 km työmatkaa ajavat polttomoottoriautoilijat vaihtavat lataushybridiin	32,2	7 440,2

Mikäli taulukon 36 mukaiset teoreettiset päästövähennykset toteutettaisiin kokonaisuudessaan, eli kaikki alle 10 kilometrin työmatkaa kulkevat autoilijat vaihtaisivat polkupyörään ja

yli 10 kilometrin työmatkalaiset ajaisivat lataushybrideillä, voitaisiin saavuttaa yhteensä noin 13,1 CO₂ekv tonnin päästövähennykset, joka vastaisi noin 1,3 prosentin päästövähennystä vuoden 2021 kokonaispäästöistä ja noin 35 % vähennystä työntekijöiden työmatkaliikenteen päästöistä. Tämän suuruinen päästövähennys pelkästään näillä keinoilla ei kuitenkaan ole täysin realistinen, sillä osan työntekijöistä ei ole mahdollista vaihtaa autoa polku-työräähän tai polttomoottoriautoa lataushybridiin. Kuitenkin tuloksista nähdään, että jo yksittäisen työntekijän kulkutavan muuttuminen vaikuttaa hiilijalanjälkeen.

Muut selvityksessä lasketut päästölähteet, eli jätteiden käsittely ja kuljetukset eivät ole päästöjen vähentämisen kannalta potentiaalisia kohteita, sillä yrityksen vaikutusmahdollisuudet ovat vähäisiä ja päästöjen vähennyspotentiaali näissä ei ole kovin merkittävä. Yrityksen toiminnassa muodostuu jätteitä kohtalaisen vähän ja ne kierrätetään, joten suuria mahdollisuuksia jätteiden käsittelystä syntyvien päästöjen vähentämiseen ei ole. Syntyvien jätejakeiden määrää voidaan yrittää vähentää, mutta jätteiden käsittelyn aiheuttamien päästöjen osuuden ollessa alle prosentin kokonaispäästöjen määrästä vaikutukset ovat hyvin maltillisia. Kuljetusten osalta yrityksen vaikutusmahdollisuudet ovat myös hyvin rajallisia, sillä näistä toiminnoista vastaa kolmannen osapuolen yritys, jonka toimintaan on hyvin vaikea vaikuttaa. Jätteiden kuljetusten päästöihin on mahdollista vaikuttaa marginaalisesti jätehuoltoyhtiön valinnalla, mutta jätteiden kuljetusten päästöjen ollessa 0,01 prosenttia kaikista yrityksen tuottamista päästöistä ovat vaikutukset hyvin vähäisiä. Materiaalien kuljetukseen on vielä vaikeampi vaikuttaa, sillä Peltitarvike Oy ei itse suoraan tilaa kuljetusta valmistajalta, vaan tuotteet tulevat myyjän kautta. Tähän voidaan yrittää vaikuttaa suosimalla myyjiä, jotka ostavat lähellä sijaitsevien materiaalien valmistajien tuotteita. Materiaalien kuljetuksiin voi myös vaikuttaa materiaalien määrää vähentämällä.

5.2. Tuotteiden hiilijalanjälkien pienentäminen

Tuotteiden hiilijalanjälkien koostuessa kaikkien kolmen tuotteen tapauksessa yli 90 prosenttisesti materiaalien valmistuksesta, on kaikista loogisin päästöjen vähennyskohde tuotteen valmistuksessa käytettävien materiaalien valmistuksen päästöjen vähentäminen. Materiaalien valmistuksen päästöjä voidaan vähentää keskittymällä materiaalien ympäristöystävällisyyteen, eli suosimalla materiaaleja, joilla on pienempi päästökerroin. Toisaalta päästöjä voidaan myös vähentää vähentämällä käytetyn materiaalin määrää joko parantamalla

materiaalitehokkuutta, jolloin hukkamateriaalia syntyy vähemmän, tai vähentämällä tuotteessa käytettävän materiaalin määrää.

Tuotteen valmistukseen käytetyn materiaalin määrällisen vähentämisen etuna on materiaalien valmistuksen päästöjen vähenemisen lisäksi niiden päästöjen väheneminen, joiden suuruus on riippuvainen materiaalien massasta. Näitä päästöjä ovat esimerkiksi kuljetukset, jätteiden käsittely ja loppusijoitus. Materiaalien määrällinen vähentäminen voisi olla potentiaalinen keino tuotteiden hiilijalanjäljen pienentämiseen, sillä laskennan perusteella kohtalaisen iso osa kattokaivon ja alipainetuulettimen valmistukseen käytettävästä materiaalista päätyy hukkamateriaaliksi. On tosin mahdollista, että tässä laskennassa hukkaan menevistä materiaaleista tehdään todellisuudessa pienempiä osia muihin tuotteisiin tai niitä hyödynnetään muutoin kuin kierrätettävänä materiaalina. Teoriassa kuitenkin käytettävien materiaalien määrää voitaisiin vähentää parantamalla materiaalitehokkuutta laserleikkauksessa. Käytettävien materiaalien määrää voidaan vähentää myös esimerkiksi vähentämällä tuotteisiin päätyvän materiaalin määrää, mutta tämä saattaa vaikuttaa esimerkiksi tuotteiden laatuun tai käyttöikään. Jos tuotteiden valmistamiseen käytettäisiin 10 % vähemmän materiaaleja, pieneneisi tuotteen hiilijalanjälki noin 9,75–9,84 %, sillä käytettyjen materiaalien määrä vaikuttaa materiaalien valmistuksen päästöjen lisäksi materiaalien kuljetusten, jätejakeiden käsittelyn ja kuljetuksen ja tuotteen loppukäsittelyn päästöihin.

Materiaalien valmistuksen päästöihin vaikuttaminen materiaalien päästökertoimien kautta on mahdollista, kuten Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen pienentämisen tapauksessa. Eri valmistajien tuotteiden päästökertoimet vaihtelevat, joten pienempien päästökertoimien saavuttaminen tuotteiden materiaaleille on mahdollista. Kuitenkin materiaalien myyjien toimiessa välikätenä Peltitarvike Oy:n ja valmistajan välissä tämä voi olla haasteellista. Potentiaaliset päästövähennykset ovat kuitenkin merkittäviä, sillä jo 0,1 t CO₂ekv / t tuotetta pienennys teräsmateriaalien päästökertoimeen vaikuttaa jo noin 4,8 %-yksikköä vähentävästi tuotteen teräsmateriaaleista johtuviin päästöihin.

Materiaalien valmistuksen jälkeen toiseksi merkittävin päästölähde kattokaivon ja alipainetuulettimen tapauksessa oli materiaalien kuljetus. Tuotteiden hiilijalanjäljen laskennassa kuljetusten päästöt laskettiin keskiarvon perusteella, mutta todellisuudessa kuljetuksen päästöt riippuvat materiaalien kuljetetusta matkasta ja kuljetusmenetelmästä, joka voi vaihdella paljonkin. Tämän selvityksen perusteella vähiten päästöjä kuljetettua materiaalitonnina

kohden synty lyhyillä laivamatkoilla (Tanska, Saksa ja Ruotsi) ja lyhyillä rekkakuljetuksilla (Hämeenlinna).

Pakkausmateriaalien päästöt ovat hieman ostetun sähköenergian päästöjä suuremmat, mutta silti hyvin pieniä kokonaisuuteen nähden jääden 0,95–2,03 %:n välille. Pakkausmateriaalien päästöihin voidaan vaikuttaa helpoimmin yksinkertaisesti käyttämällä vähemmän materiaaleja pakkaamiseen, mikäli käytetyn pakkausmateriaalin määrää ei ole vielä optimoitu. Pakkausmateriaalien liiallinen vähentäminen voi kuitenkin johtaa tuotteiden todennäköisempään vioittumiseen kuljetusten aikana, jolloin saattaa syntyä enemmän hukkatuotteita.

Hiilijalanjälkeä voidaan yrittää pienentää puuttamalla valmistuksessa kulutettavan sähköenergian määrään ja laatuun, mutta potentiaaliset vaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi. Ostetun sähköenergian päästöjen osuus tuotteiden kokonaispäästöistä on niin pieni, että päästövähennykset olisivat hyvin marginaalisia, vaikka sähköenergiaa ei käytettäisi lainkaan tai se muutettaisiin 100-prosenttisesti uusiutuvaksi energiaksi.

Hukkamateriaalien käsittely kierrätyksessä ja tuotteiden loppusijoitus eivät ole selvityksen perusteella kovinkaan potentiaalisia parannuskohteita tuotteiden hiilijalanjäljen kannalta. Teräsmateriaalien kierrätyksestä syntyy hyvin vähän massaan suhteutettuna päästöjä, ja hukkamateriaalien ollessa kokonaan terästä tämän kategorian päästöjen merkitys jää vähäiseksi. Sinkitetyn teräksen kierrättäminen aiheuttaa selvityksen perusteella hieman enemmän päästöjä, mutta tämäkin syntyy kattopollarin loppusijoituksesta elinkaaren päätyttyä. Parhaat keinot jätejakeiden käsittelyn päästöjen ja loppusijoituksen päästöjen vähentämiseen ovat samat kuin materiaalien valmistuksen päästöille, eli materiaalien määrän vähentäminen tuotteissa ja materiaalitehokkuuden parantaminen.

6. Johtopäätökset

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää Peltitarvike Oy:n ilmastovaikutuksia laskemalla yritykselle hiilijalanjälki päästölähteet scope -luokkiin jaoteltuna sekä laskea hiilijalanjälki kolmelle yrityksessä valmistettavalle esimerkkituotteelle. Tutkimuskysymyksiä asetettiin neljä, jotka olivat

1. Mikä on Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki ja mistä se koostuu?
2. Mitkä ovat esimerkkituotteiden hiilijalanjäljet ja mistä ne koostuvat?
3. Millä keinoilla Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää?
4. Millä keinoilla esimerkkituotteiden hiilijalanjälkiä voitaisiin pienentää?

Ensimmäiseen kysymykseen vastauksena selvityksen perusteella Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki vuoden 2021 toimintojen aikana oli noin 1136,35 hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Peltitarvike Oy:n suorat scope 1 -luokan päästöt kattoivat noin 1,1 % kokonaispäästöistä, ostoenergian epäsuorat scope 2 -luokan päästöt noin 5 % ja ylivoimaisesti suurin osa, eli noin 94 %, koostui epäsuorista scope 3 -luokan päästöistä. Noin 84 % hiilijalanjäljestä koostuu teräsmateriaalien valmistuksen aikana syntyvistä epäsuorista päästöistä muiden päästökategorioiden päästöjen jäädessä tähän verrattuna huomattavasti pienemmiksi. Tarkempi erittely hiilijalanjäljen koostumuksesta on nähtävissä kappaleessa *4.1.4 Tulosten tulkinta* kuvassa 6.

Toiseen tutkimuskysymykseen vastauksena selvityksessä mukana olleiden tuotteiden hiilijalanjäljet ovat: kattokaivo 4,4 kg CO₂ekv, alipainetuuletin 4,7 kg CO₂ekv ja kattopollarin 123 kg CO₂ ekv. Hiilijalanjälkien koostumus on hyvin saman kaltainen yrityksen hiilijalanjäljen koostumuksen kanssa materiaalien valmistuksen ollessa ylivoimaisesti suurin päästölähde kaikkien kolmen tuotteen osalta. Erityisesti kattokaivon ja alipainetuulettimen hiilijalanjälkien koostumus on lähes identtinen sisältäen vain pieniä eroavaisuuksia. Molempien osalta materiaalien valmistuksen päästöt käsittivät noin 95–96 % hiilijalanjäljestä materiaalien kuljetuksen ja pakkausmateriaalien valmistuksen ollessa seuraavaksi suurin päästölähde noin 1–3 % osuudella näiden tuotteiden hiilijalanjäljistä. Kattopollarin päästöjen koostumus poikkeaa hieman kahdesta muusta, johtuen erilaisista materiaaleista, valmistusprosessista ja tuotteen koosta. Materiaalien päästöjen osuus on kattopollarilla noin 92 %, loppukäsittelyn

osuus noin 5 % ja materiaalien kuljetuksen sekä pakkausmateriaalien valmistuksen osuuk-sien ollessa molempien alle 2 %. Tarkemmat tuotteiden päästöjen koostumukset on esitetty kappaleessa *4.2.4 Tulosten tulkinta* kuvissa 11, 12 ja 13.

Tutkimuskysymyksiin 3 ja 4 vastaukset ovat hyvin saman kaltaisia, sillä yrityksen ja tuot-teiden hiilijalanjälkien koostumukset ovat hyvin yhteneväisiä ja tehokkaimmat keinot näiden hiilijalanjälkien pienentämiseen vaikuttavat kumpaankin. Kaikkien tässä työssä selvitettyjen hiilijalanjälkien tapauksessa selkeästi potentiaalisin keino hiilijalanjälkien pienentämiseen on puuttua yrityksen käyttämien teräsmateriaalien laatuun pyrkimällä suosimaan mahdolli-simman pienen päästökertoimen omaavia materiaaleja. Peltitarvike Oy:n hiilijalanjäljen kannalta muita potentiaalisia hiilijalanjäljen pienentämiskeinoja ovat alkuperätodennettuun uusiutuvaan sähköön vaihtaminen, työntekijöiden kannustaminen vähähiilisempään työmat-kaliikkumiseen ja omien ajoneuvojen vaihtaminen ympäristöystävällisempiin tai käytön vä-hentäminen.

Peltitarvike Oy:lle tai sen tuotteille ei ole aiemmin tehty hiilijalanjäljen laskentaa, joten tu-loksia ei voida verrata aikaisempiin tuloksiin. Nyt saatuja tuloksia voidaan käyttää kuitenkin vertailupohjana tulevissa selvityksissä ja esiteltyjä potentiaalisia päästövähennyskeinoja voidaan käyttää hiilijalanjälkien suunnitelmalliseen pienentämiseen. Myös vastaavalla alalla toimivat muut yritykset voivat hyödyntää tässä työssä esiteltyjä keinoja, sillä hiilijalanjäljen koostumus on oletettavasti pääpiirteittäin samankaltainen muilla vastaavia raaka-aineita ja materiaaleja käyttävällä valmistavan teollisuuden yrityksellä.

Selvityksen tulosten perusteella voidaan todeta, että metallia pääsääntöisesti materiaalina käyttävällä valmistavan teollisuuden yrityksen hiilijalanjäljen kannalta raaka-aineilla ja ma-teriaaleilla on suuri merkitys. Päästöjen vähentämiseksi tällä toimialalla onkin tärkeää, että metallimateriaalien valmistustekniikat kehittyvät, materiaalit päätyvät tehokkaasti elinkaa-ren päätyttyä uusiokäyttöön ja materiaalien ympäristövaikutuksia mitataan ja raportoidaan laajasti. Yksittäisen yrityksen kannalta on oleellista ymmärtää käyttämiensä materiaalien epäsuoria päästöjä, jotta tehokas vaikuttaminen yrityksen hiilijalanjälkeen olisi mahdollista. Tulevaisuuden uudet tekniikat voivat luoda uusia mahdollisuuksia ilmastoystävällisempien materiaalien valintaan, esimerkiksi SSAB:n, LKAB:n ja Vattenfallin kehittämän HYBRIT-tekniikan myötä, jos hankkeen myötä hiilineutraalia terästä saadaan markkinoille.

Mahdollisissa tulevissa hiilijalanjäljen laskennoissa Peltitarvike Oy:lle suositellaan käytettäväksi samoja pääperiaatteita ja laskentamenetelmiä, mitä tässä selvityksessä on käytetty. Erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota materiaaliselvityksen tekemiseen, sillä se on hyvin aikaa vievä laskennan vaihe, sen tekemisessä tulee herkästi virheitä ja sen merkitys lopputuloksien kannalta on hyvin merkittävä. Tässä työssä materiaaliselvitystä tehdessä listattiin tuotteiden nimikkeet, massat, materiaalit, myyjä, valmistaja ja alkuperämaa. Tuleviin selvityksiin suositellaan tilastoitavaksi myös valmistajan tehtaan sijainti, jotta kuljetusten päästöjen laskenta voitaisiin suorittaa tarkemmin ilman yhtä suuria oletuksia, mitä tässä työssä tehtiin. Tulevissa selvityksissä suositellaan myös kiinnittämään huomiota kysymysten aseteluun selvitettäessä työntekijöiden työmatkaliikkumisen päästöjä.

Tämän työn perusteella jatkotoimenpiteinä suositellaan yritykselle laatimaan tulosten pohjalta suunnitelma hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Suositeltavaa on selvittää tarkemmin kustannuksia uusiutuvaan energiaan siirtymisestä, selvittää tarkemmin minkälaisilla kannustimilla tai keinoilla työntekijät olisivat valmiita vähentämään työmatkaliikkumisensa hiilijalanjälkeä, ja mitkä ovat näiden keinojen kustannukset. Mahdollisesti tärkeimpänä seikkana hiilijalanjälkien pienentämisen kannalta on selvittää mahdollisuudet vähäpäästöisempien raaka-aineiden ja materiaalien suosimiseen yrityksen hankinnoissa.

7. Yhteenveto

Tässä diplomityössä tutkittiin valmistavan teollisuuden ilmastovaikutuksia tekemällä Peltitarvike Oy:lle sekä sen kolmelle esimerkituotteelle hiilijalanjälkien laskenta ja pohtimalla potentiaalisimpia keinoja näiden hiilijalanjälkien pienentämiseen. Toiminnallisena yksikönä selvityksessä on yrityksen hiilijalanjäljen laskennan osalta yrityksen toiminta vuonna 2021 ja tuotteiden hiilijalanjäljen laskennassa yhden tuotteen toiminta koko elinkaarensa aikana. Yrityksen hiilijalanjäljen laskenta suoritettiin GHG Protocol-ohjeistusten mukaisesti noudattaen elinkaarimallinnuksen tekemistä ohjaavia standardeja ISO 14040 ja ISO 14044. Tuotteiden hiilijalanjälkien laskenta suoritettiin niin ikään elinkaarimallintamisen standardeja sekä tuotteen hiilijalanjäljen laskennasta ohjeistavaa ISO 14067-standardia noudattaen. Peltitarvike Oy:lle ei ole aiemmin tehty vastaavaa hiilijalanjäljen laskentaa.

Yrityksen hiilijalanjäljen laskennassa päästölähteet jaoteltiin suoriin (scope 1), ostoenergiiaan liittyviin epäsuoriin (scope 2) ja muihin epäsuoriin (scope 3) päästöihin. Tuotejärjestelmään pyrittiin sisällyttämään mahdollisimman kattavasti kaikki yrityksen tärkeimmät toiminnot laskennan täydellisyyden varmistamiseksi, mutta tiettyjä rajoituksia jouduttiin tekemään. Tuotejärjestelmään sisällytettiin omien ajoneuvojen käyttö ja polttoaineiden valmistus, ostetun sähköenergian käyttö, ostetun lämmitysenergian käyttö, raaka-aineiden ja materiaalien valmistus ja kuljetus, työntekijöiden liikkuminen ja jätejakeiden käsittely ja kuljetus. Yrityksen olemassa olevista toiminnoista tarkasteltavan tuotejärjestelmän ulkopuolelle rajattiin tuotteiden valmistus, muut omat toiminnot, tuotantohyödykkeet, liikematkat sekä tuotteiden kuljetus, käyttövaihe ja loppukäsittely.

Tuotteiden hiilijalanjälkien laskentaan otettiin mukaan kolme yritykselle tyypillistä valmistettavaa tuotetta. Tuotteet olivat kattokaivo, alipainetuuletin ja kattopollari, joiden tarkasteltaviin tuotejärjestelmiin sisällytettiin raaka-aineiden valmistus ja kuljetus, tuotteen valmistus, ostettu sähköenergia, hukkamateriaalien kierrätys ja kuljetus, pakkausmateriaalien valmistus ja tuotteen loppukäsittely. Tuotejärjestelmien ulkopuolelle rajattiin tuotteiden käyttövaihe, pakkaus sekä pakkausmateriaalien ja tuotteiden kuljetus.

Selvityksen mukaan Peltitarvike Oy:n hiilijalanjälki vuonna 2021 oli noin 1136,35 t CO₂ekv, kattokaivon 4,4 kg CO₂ekv, alipainetuulettimen 4,7 kg CO₂ekv ja kattopollarin 123 kg CO₂ekv. Sekä yrityksen että tuotteiden hiilijalanjäljet olivat koostumukseltaan hyvin

samankaltaiset raaka-aineiden ja materiaalien valmistuksen ollessa kaikissa selvästi suurin yksittäinen päästölähde.

Tulosten perusteella yrityksen ja tuotteiden hiilijalanjälkien tapauksissa selvästi potentiaalisin kohde hiilijalanjälkien pienentämiseksi on keskittyä tuotteiden valmistuksessa käytettävien materiaalien laatuun ja määrään. Erityisesti teräsmateriaalien valmistajien ilmoittamiin päästökertoimiin tulisi kiinnittää huomiota. Muita potentiaalisia keinoja yrityksen hiilijalanjäljen pienentämiseksi ovat uusiutuvaan energiaan siirtyminen, yrityksen omien ajoneuvojen aiheuttaman polttoaineen kulutuksen vähentäminen tai ajoneuvojen vaihtaminen ympäristöystävällisempiin vaihtoehtoihin ja työntekijöiden vähähiilisen työmatkaliikkumisen edistäminen.

Selvityksen tuloksien ja analyysin perusteella jatkotoimenpiteinä suositellaan suunnitelman laatimista hiilijalanjälkien pienentämiseksi, selvitys mahdollisuuksista suosia vähäpäästöisempiä materiaaleja hankinnoissa, kustannusten selvittämistä uusiutuvaan energiaan siirtymisestä ja selvitys työntekijöiden valmiudesta muuttaa liikkumistapojaan työpaikalle ja parhaista keinoista siihen kannustamiseen.

8. Lähteet

A BSR Collaboration - Clean Cargo, 2021. 2020 Global Container Shipping Trade Lane Emissions Factors. s. 4 [Viitattu: 20.8.2022] Saatavissa: <https://www.bsr.org/files/clean-cargo/BSR-Clean-Cargo-Emissions-Report-2021.pdf>

Acerinox, 2021. Annual Intergated Report. s. 114 [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: https://www.acerinox.com/export/sites/acerinox/.content/galerias/galeria-descargas/ENG_Memoria_2021.pdf

Aperam Stainless Europe, 2022. Environmental Product Declarations. [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: <https://www.aperam.com/sustainability/environmental-product-declaration>

Aqua-Calc, 2022. Weight of Cardboard. [Viitattu: 18.9.2022] Saatavissa: <https://www.aqua-calc.com/calculate/volume-to-weight/substance/cardboard#:~:text=Cardboard%20weighs%200.689%20gram%20per%20cubic%20centimeter%20or,%5B1b%2Fft%C2%B3%5D%2C%20or%200.3983%20ounce%20per%20cubic%20inch%20%5Boz%2Finch%C2%B3%5D>.

Archelor Mittal, 2022. Environmental Product Declaration (EPD) & Life Cycle Assessments (LCA). [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: <https://sheetpiling.arcelormittal.com/download-center/epd-lca-download/>

Autoalan Tiedotuskeskus, 2020. Ladattavien autojen käyttäjätutkimus - selvitys ladattavien hybridien ja täyssähköautojen käyttötavoista. s. 40. [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien_autojen_tutkimusraportti_liitteinen.pdf

Bell, T., 2020. The History of Steel. ThoughtCo. [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://www.thoughtco.com/steel-history-2340172>

Bergman, R., Puettmann, M., Taylor, A. & Skog, K., 2014. The Carbon Impacts of Wood Products. s. 7 [Viitattu: 17.9.2022] Saatavissa: 10.13073/FPJ-D-14-00047

Calcmaps.com, 2015. Map distance calculator. [Viitattu: 10.8.2022] Saatavissa: <https://www.calcmaps.com/map-distance/>

Dahlbo, H., Myllymaa, T., Manninen, K. & Korhonen, M. R., 2011. HSY:n alueella tuotettujen, käsiteltyjen ja hyödynnettyjen jätelajien khk-päästökertoimet – Laskelmien taustatieto. Suomen Ympäristökeskus SYKE. s. 2 [Viitattu: 10.8.2022] Saatavissa: <https://assets.lt.fi/documents/Julia-2030-hankkeen-taustadokumentti.pdf>

Damgaard, A., Larsen, A. W. & Christensen, T. H., 2009. Recycling of metals: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. s. 6 [Viitattu: 20.8.2022] Saatavissa: 10.1177/0734242X09346838

Deloitte, 2020. Ilmastonmuutoksen vaikutukset suomalaisen elinkeinoelämään - skenaariotyön taustaraportti. [Viitattu: 19.5.2022] Saatavissa: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/fi/Documents/risk/Deloitte%20EK%20Ilmastonmuutoksen%20vaikutukset%20suomalaiseen%20elinkeinoel%C3%A4m%C3%A4%C3%A4n_taustraportti.pdf

Dong, D., van Oers, L., Tukker, A. & van der Voet, E., 2020. Assessing the future environmental impacts of copper production in China: Implications of the energy transition. s. 12 [Viitattu: 2.8.2022] Saatavissa: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652620328705?to-ken=04C88738E75048F4A3124969B8C0CF524277BB5103565B7121839C4F8667C8FC38BB11C09A408CF4EDB1726BAD22AF2D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220802125556>

Ecochain Technologies B.V, 2021. Environmental Product Declaration (EPD) – Overview. [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: <https://ecochain.com/knowledge/environmental-product-declaration-epd-overview/>

Edenred, 2021. Työpäiväkalenteri 2021. [Viitattu: 18.8.2022] Saatavissa: <https://edenred.fi/wp-content/uploads/Tyopaivakalenteri-2021.pdf>

EPAL, 2022. EPAL EURO PALLET (EPAL 1) [Viitattu: 15.9.2022] Saatavissa: <https://www.epal-pallets.org/eu-en/load-carriers/epal-euro-pallet>

European Commission DG Ener, 2015. Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. s. 313 [Viitattu: 8.8.2022] Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/document/download/95b60f97-5c49-4e58-88cb-2b8df9c86fd8_en?file-name=Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%20Oil%20Gas%20Final%20Report.pdf

Freightfinders GmbH, 2022. 20ft. ISO Container - Measurements, weight, volume, area & transport. [Viitattu: 20.8.2022] Saatavissa: <https://freightfinders.com/container-transport/20-feet-iso-container/>

Google, 2022. Google Maps. [Viitattu: 10.8.2022] Saatavissa: <https://www.google.fi/maps/>

Greenhouse Gas Protocol, 2011. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, s. 3, 12, 19, 32, 59 – 61, 68, 71, 75, 87 – 91, 99, 113, 119 [Viitattu: 8.6.2022] Saatavissa: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf

Greenhouse Gas Protocol, 2013. Global Warming Potentials Values, [Viitattu: 27.8.2022] Saatavissa: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Global%20Warming%20Potential%20Values%20%28Feb%202016%29.pdf

Greenhouse Gas Protocol, 2015. A Corporate Accounting and Reporting Standard, s. 2 – 3, 7, 25 – 27, 29, 31, 34 – 35, 40 – 42, 45 – 46, 62 – 63 [Viitattu: 1.6.2022] Saatavissa: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Greenhouse Gas Protocol, 2022. Kotisivu. [Viitattu: 1.6.2022] Saatavissa: <https://ghgprotocol.org/>

Hallberg, E., 2020. Environmental Product Declaration (EPD) Hot rolled steel sheets and coils. SSAD Europe Oy s. 9 [Viitattu: 10.8.2022] Saatavissa: https://www.ssab.com/-/media/Files/EN/Support/Certificates/EPD-Hot_rolled_steel_sheets_and_coils.pdf?m=20210917102342

Haukkala, T., 2010. Moni yritys tekee ilmastonmuutoksella bisnestä, Tilastokeskus. [Viitattu: 19.5.2022] Saatavissa: https://www.stat.fi/artikkelit/2010/art_2010-02-18_005.html?s=0

Helen Oy, 2021. Energian alkuperä. [Viitattu: 28.7.2022] Saatavissa: <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/energia-alkupera>

Helsingin Seudun Liikenne, 2022. Ympäristö lukuina. [Viitattu: 16.8.2022] Saatavissa: <https://www.hsl.fi/hsl/sahkobussit/ymparisto-lukuina>

Hernesaaren Romu Oy, 2022. Kotisivut. [Viitattu: 22.8.2022] Saatavissa: <https://www.hernesaarenromu.fi/yhteystiedot/>

HYBRIT - Fossil-free steel, 2022. Research within HYBRIT. In: [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://www.hybritdevelopment.se/en/research-project-1/>

International Energy Agency - IEA, 2020. Iron and Steel Technology Roadmap, 2020 s. 11 – 15 [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187ceca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf

International Energy Agency - IEA, 2019. The Future of Rail - Opportunities for energy and the environment. s. 60 [Viitattu: 16.8.2022] Saatavissa: https://iea.blob.core.windows.net/assets/fb7dc9e4-d5ff-4a22-ac07-ef3ca73ac680/The_Future_of_Rail.pdf

IPCC, 2022. Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change, s. 22 [Viitattu: 5.7.2022] Saatavissa: https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf

ISO 14040, 2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, s. iii, v, 6 – 7, 9, 16

ISO 14044, 2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, s. 7, 10, 11 – 14, 16 – 18, 20 – 21, 23 – 25

ISO 14067, 2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. s. 1 – 2, 10, 20 – 24, 26, 29, 32 – 33, 39 – 40, 45

Kaitila, V., 2020. ETLA. Suomen CO₂-päästöt 2019–2023 ja hiilineutraalisuustavoitteen saavuttaminen. s. 4, 6 [Viitattu: 11.5.2022] Saatavissa: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Muistio-Brief-84.pdf>

Kosai, S. & Yamasue, E., 2019. Global warming potential and total material requirement in metal production: Identification of changes in environmental impact through metal substitution [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.085>

Kumex, 2022. PET (polyetyleenitereftalaatti). [Viitattu: 18.9.2022] Saatavissa: <https://kumex.ee/fin/products/pet-polueteentereftalaat/>

Marks, J. et al., 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 4: Metal Industry Emissions. s. 25, 41, 43 47, 54. [Viitattu: 15.7.2022] Saatavissa:

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_4_Ch4_Metal_Industry.pdf

Maslin, M., 2004. Global warming a very short introduction. s. 1 – 2, 4 – 8, 11 [Viitattu: 5.5.2022] Saatavissa: https://lut.primo.exlibrisgroup.com/permalink/358FIN_LUT/1js2888/alma991954131306254

Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield. 2018. IPCC, Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, s. 4 – 5, 95 [Viitattu: 6.7.2022] Saatavissa: <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.

Masson-Delmotte, V. et al., 2021. Summary for Policymakers. Climate Change 2021: Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press. s. 4 – 5, 12 – 14 [Viitattu: 7.7.2022] Saatavissa: [10.1017/9781009157896.001](https://doi.org/10.1017/9781009157896.001)

Motiva Oy, 2022. Energiankäyttö Suomessa - CO₂-päästökertoimet. [Viitattu: 17.8.2022] Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet

napakka, 2022. Pakkausvanne PET [Viitattu: 15.9.2022] Saatavissa: <https://www.napakka.fi/pakkausvanne-pet>

Nordic waterproofing, 2015. Käyttöturvallisuustiedote. [Viitattu: 17.9.2022] Saatavissa: https://www.kerabit.fi/Download/21903/Kerabit%20BIL%2020_85%20Esisively-liuos%20_%20Primer%20finnish%2007-05-2015.pdf

Olmez, G. M., Dilek, F. B., Karanfil, T. & Yetis, U., 2016. The environmental impacts of iron and steel industry: a life cycle assessment study. In: Journal of Cleaner Production. s. 195 – 201 [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.139>

Outokumpu, 2022. Sustainability downloads. [Viitattu: 14.8.2022] Saatavissa: <https://www.outokumpu.com/en/sustainability/sustainability-downloads#epd-and-lead-fact-sheet-downloads>

Peltitarvike Oy, 2022. Kotisivut. [Viitattu: 10.5.2022] Saatavissa: <https://www.peltitarvike.fi/>

Ragon, P.-L. & Rodriquez, F., 2021. CO2 emissions from trucks in the EU: An analysis of the heavy-duty CO2 standards baseline data. s. 4, 6 [Viitattu: 21.8.2022] Saatavissa: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/eu-hdv-co2-standards-baseline-data-sept21.pdf>

Reimann, F., 2022. Cardboard packaging and its carbon footprint [Viitattu: 19.8.2022] Saatavissa: <https://www.packaging-warehouse.com/en/magazine/cardboard-packaging-and-its-carbon-footprint-77.php>

Remeo, 2022. Käsittelylaitokset. [Viitattu: 22.8.2022] Saatavissa: <https://remeo.fi/yhteystiedot/kasittelylaitokset/>

Rynikiewich, C., 2008. The climate change challenge and transitions for radical changes in the European steel industry. *Journal of Cleaner Production*. s. 781 – 789 [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.03.001>

Schaeffler, D., 2020. a Brief History of Steelmaking. *MetalForming Magazine*. [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: <https://www.metalformingmagazine.com/article/?/materials/mild-steel/a-brief-history-of-steelmaking-gu#:~:text=Cast%20iron%2C%20wrought%20iron%20and%20steel%20have%20a,of%2C%20and%20subsequent%20improvements%20to%2C%20the%20Bessemer%20converter.>

Seppänen, R. et al., 2013. MAOL taulukot. s. 78

Severstal, 2021. 2021 Sustainability Report. s. 132 [Viitattu: 15.8.2022] Saatavissa: https://severstal.com/global/assets/documents/SVS_Sustainability_Report_2021_ENG.pdf

SSAB Europe Oy, 2022. Hot rolled steel sheets and coils - Environmental Product Declaration (EPD) In accordance with ISO 14025 and EN 15804+A1 [Viitattu: 8.8.2022] Saatavissa: https://www.ssab.com/-/media/Files/EN/Support/Certificates/EPD-Hot_rolled_steel_sheets_and_coils.pdf?m=20210917102342

SSAB Europe Oy, 2022. Ladattavat tiedostot - Ympäristöselosteet. [Viitattu: 26.8.2022] Saatavissa: [https://www.ssab.com/fi-fi/ladattavat-tiedostot#sort=%40customorder%20descending&f:document=\[3f0a0e364ca54f74a30faff866bd87ff](https://www.ssab.com/fi-fi/ladattavat-tiedostot#sort=%40customorder%20descending&f:document=[3f0a0e364ca54f74a30faff866bd87ff)

Stein, T., 2020. Rise of carbon dioxide unabated. NOAA Research News. [Viitattu: 5.5.2022] Saatavissa: <https://research.noaa.gov/article/ArtMID/587/ArticleID/2636/Rise-of-carbon-dioxide-unabated#:~:text=Atmospheric%20carbon%20dioxide%20measured%20at%20Mauna%20Loa%20Observatory,the%20University%20of%20California%20San%20Diego%20announced%20today.>

Suomen Asiakastieto Oy, 2022. Peltitarvike Oy. [Viitattu: 12.5.2022] Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yriytykset/fi/peltitarvike-oy/20107112/rekisteritiedot>

Tallinen, P., 2019. Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen luontoon esimerkkiympäristöissä, WWF. s. 17, 25 – 31 [Viitattu: 25.5.2022] Saatavissa: https://wwf.fi/app/uploads/e/e/8/nemcd2ojf64v9qtqt7rrii/ilmastonmuutos_ja_suomen_luonto.pdf

The engineering Toolbox, 2022a. Fuels - Higher and Lower Calorific Values. [Viitattu: 4.8.2022] Saatavissa: https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html

The engineering Toolbox, 2022b. Wood - Densities of Various Species. [Viitattu: 18.9.2022] Saatavissa: https://www.engineeringtoolbox.com/wood-density-d_40.html

Thermo Seal insulation systems, 2022. Polyurethane spray foam. [Viitattu: 16.9.2022] Saatavissa: <https://thermosealinsulation.ca/services/polyurethane-spray-foam/#:~:text=Polyurethane%20Spray%20Foam%20Our%20product%20is%20a%20medium,foam%20insulation%20provides%20an%20all-in-one%20complete%20wall%20system.>

Tilastokeskus, 2020. Vuoden 2019 teollisuustuotannon arvo 93 miljardia euroa. [Viitattu: 18.5.2022] Saatavissa: https://www.stat.fi/til/tti/2019/tti_2019_2020-07-02_tie_001_fi.html

Turner, D., Williams, I. & Kemp, S., 2015. Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. [Viitattu: 10.8.2022] Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.026>

Vantaan Energia, 2019. Jätevoimalan vuosiraportti 2019. [Viitattu: 18.8.2022] Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/download/Vantaan_Energian_jatevoimalan_vuosiraportti_2019pdf/%7B626A9D07-64B7-4F6A-BF6E-2ED4E404AE0B%7D/162828

Waldron, C. et al., 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile combustion s. 16, 23 [Viitattu: 4.8.2022] Saatavissa: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

Woikoski, 2022. SK-8 (Avomix). [Viitattu: 15.9.2022] Saatavissa: <https://www.woikoski.fi/teollisuus-ja-elintarviketeollisuus/kaasut/teolliset-kaasut/sk-8-awomix.html>

worldsteel association, 2021. Annual production steel data. [Viitattu: 8.7.2022] Saatavissa: https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/P1_crude_steel_total_pub/CHN/IND

Liite I: Työmatkaliikenne kysely Peltitarvike Oy:n työntekijöille (toteutettu sähköisenä kyselynä Webropol 3.0 -työkalulla)

1. Kuinka monta kilometriä työmatkasi on yhteen suuntaan pääsääntöisesti käyttämäsi kulkuvälinettä käyttäen?
2. Mitä kulkuvälinettä pääsääntöisesti käytät?
 - a. Autoa
 - b. Mopoa tai moottoripyörää
 - c. Julkista liikennevälinettä
 - d. Sähköpyörää
 - e. Polkupyörää
 - f. Kävelyä
 - g. Jotain muuta

3. Kuinka monta henkilöä keskimäärin auton kyydissä on työmatkoilla?

Kysymys 3. aukeaa vastattavaksi vain, jos vastaa kysymykseen 2 vaihtoehdon a.

4. Mitä käyttövoimaa liikennevälineesi käyttää?
 - a. Bensiiniä
 - b. Dieseliä
 - c. Kaasua
 - d. Sähköä
 - e. Hybridi
 - f. Jotain muuta

Kysymys 4. aukeaa vastattavaksi vain, jos kysymykseen 2 vaihtoehdon a tai b.

5. Mitä julkista liikennevälinettä käytät?

Kysymys 5. aukeaa vastattavaksi vain, jos vastaa kysymykseen 2 vaihtoehdon c.

6. Tarkenna mitä muuta kulkuvälinettä, mitä käyttövoimaa se käyttää ja kuinka paljon se keskimäärin kuluttaa:

Kysymys 6. aukeaa vastattavaksi vain, jos vastaa kysymykseen 2 vaihtoehdon g.

7. Tarkenna mitä muuta käyttövoimaa liikennevälineesi käyttää:

Kysymys 7. aukeaa vastattavaksi vain, jos vastaa kysymykseen 4. vaihtoehdon f.

8. Arvioi liikennevälineesi keskimääräistä polttoaineen/sähkön/kaasun kulutusta litroina/kilowattitunteina/kiloina sataa kilometriä kohden. Jos et osaa vastata, voit jättää tämän kysymyksen tyhjäksi.

Kysymys 8. aukeaa vastattavaksi vain, jos vastaa kysymykseen 4. vaihtoehdon a, b, c, d tai e.

9. Onko sinulla ajatuksia, miten vähähiilisempää työmatkaliikkumista voitaisiin edistää työpaikallasi tai onko sinulla muuta kommentoitavaa työmatkaliikkumiseesi liittyen?