

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2023

Saara Maantiehinno

Yrityksen hiilijalanjäljen laskeminen

– Case Laserkeskus Oy



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2023 | 41 sivua

Saara Maantiehinho

Yrityksen hiilijalanjäljen laskeminen

- Case Laserkeskus Oy

Tässä opinnäytetyössä toteutetaan hiilijalanjäkilaskenta Laserkeskus Oy:n toimeksiannosta. Päästöjen laskenta suoritetaan raportointivuodelle 2022. Laskenta suoritetaan kahdella eri Excel-pohjaisella laskurilla ja Greenhouse Gas-protokollan ohjeistusta mukaillen.

Hiilijalanjäljen laskemisessa tulee huomioida useita eri asioita, ja siihen liittyvät laskurit ja ohjeistukset poikkeavat paljon toisistaan, jolloin yritysten väliset tulokset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia.

Protokollan tulkinnanvaraisuudesta ja laskureiden eroista johtuen tulokset laskureiden välillä ovat suuret. Opinnäytetyössä pohditaan syitä tulosten eroavaisuuksiin.

Tulokseksi saatu hiilijalanjälki on suuntaa antava arvio, jonka perusteella voidaan tunnistaa yrityksen suurimmat päästölähteet ja esittää päästövähennystoimenpiteitä.

Asiasanat:

Hiilijalanjälki, hiilijalanjäljen laskeminen, yritysvastuullisuus, y-hiilari, hiilifiksi järjestö, kasvihuonekaasupäästöt, hiilijalanjäkilaskuri

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and environmental engineering

2023 | 41 pages

Saara Maantiehinho

Calculation of company's carbon footprint

- Case Laserkeskus Oy

In this thesis, a carbon footprint calculation was carried out on behalf of the Laserkeskus Oy. The calculation of emissions was carried out for the reporting year 2022. The calculation was implemented using two different Excel-based calculators and following the Greenhouse Gas protocol guidance.

In a carbon footprint calculation, one must take into account a number of different factors. The associated counters and guidelines differ greatly, and for this reason, results between companies may not be comparable.

Due to the interpretation of the protocol and the differences in the calculators, the results differ greatly. In this thesis, the reasons for the differences in the results are discussed.

The resulting carbon footprint is an indicative estimate to identify the largest emission sources of the company and to present emission reduction measures.

Keywords:

Carbon footprint, carbon footprint calculation, corporate responsibility, greenhouse gas emissions

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Selvitystyön tavoitteet ja menetelmät	7
2.1 Toimeksiantaja Laserkeskus Oy	7
2.2 HINKU	7
2.3 Metallialan ilmastovaikutukset Suomessa	8
2.4 Selvitystyön menetelmät	9
2.4.1 Y-HIILARI	10
2.4.2 Hiilifiksu järjestö	10
2.5 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset	11
3 Hiilijalanjälkilaskelma yritykselle	12
3.1 Laskennan laajuuden määrittely ja rajaus	14
3.2 Tiedonkeruu	14
3.3 Päästökertoimien määrittely ja kohdistaminen	15
3.4 Tulosten koostaminen	17
3.5 Päästövähennyskohteiden kartoittaminen	17
3.6 Viestintä	18
4 Työn toteutus	20
4.1 Aiheen rajaus	20
4.2 Tiedonkeruu ja laskurit	20
5 Tulokset	22
5.1 Scopet	22
5.2 Sähkönkulutus	24
5.3 Metallijäte	25
5.4 Nestekaasu	26
5.5 Kaukolämpö	27
5.6 Liikematkustaminen	27
5.7 Yhteenveto	28

6 Pohdinta	31
6.1 Luotettavuus	31
6.2 Toimenpiteet	32
Lähteet	36

Kuvat

Kuva 1 Hiilijalanjälkilaskennan scope-luokat ja kategoriat GHG Protocol Corporate Value Chain Accounting and Reporting -standardin mukaan. Alkuperäinen kuva: Greenhouse Gas Protocol.	12
Kuva 2 Hiilijalanjälkilaskelman prosessikaavio	13
Kuva 3 Päästöjen vähentämisen hierarkia	17
Kuva 4 Päästöjen jakautuminen eri scopeihin Y-Hiilarissa	23
Kuva 5 Päästöjen jakautuminen eri scopeihin Hiilifiksu järjestö-laskurissa	24
Kuva 6 Sähkötyyppien vertailu kasvihuonekaasupäästöjen osalta/MWh. Lähde Y-HIILARI-laskuri	33

Taulukot

Taulukko 1 Yleisimpien kasvihuonekaasujen päästökertoimet hiilidioksidiekvivalentteina (CO ₂ e). Lähde: IPCC AR5 2014	16
Taulukko 3 Laserkeskuksen lentomatkat 2022	28
Taulukko 4 Päästölähteiden yhteenveto	30

1 Johdanto

Ilmastokriisi ja sen tuomat muutokset pakottavat yhteiskunnan uusiin ratkaisuihin niin yksilö- ja yritystasolla kuin myös valtakunnallisesti (Sitra 2022). Suomi on sitoutunut EU:n tavoitteeseen ensimmäisestä ilmastoneutraalista maanosasta vuoteen 2050 mennessä (Euroopan parlamentti 2022), ja myös asettanut oman, kunnianhimoisemman tavoitteensa jo vuoteen 2035 (Ympäristöministeriö 2022).

Päästövähennystavoitteiden myötä yritys vastuullisuuden merkitys on korostunut viime vuosien aikana, ja kuluttajat peräänkuuluttavatkin enenevässä määrin yritystoiminnan läpinäkyvyyttä. Vastuullinen kuluttaminen ja kuluttajien eettiset arvot ovat nousemassa uusiksi kuluttamisen trendeiksi (Yle 2017; VTT 2022). Läpinäkyvä yritystoiminta ja laaditut vastuullisuusstrategiat ja hiilijalanjälkilaskelmat ovat selkeä kilpailuetu nykyajan yrityksille (Fortum 2021).

Hiilijalanjälki kuvaa toiminnan ja käytettävien tuotteiden ja palvelujen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä, ja sitä voidaan pitää yhtenä vastuullisen liiketoiminnan mittarina. Hiilijalanjälkilaskelma tuo konkreettisella tasolla yrityksen tietoon ympäristöön vaikuttavat tekijät ja sitä kautta auttaa vastuullisessa päätöksenteossa. (Ekokompassi 2022.)

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan yrityksen hiilijalanjäljen laskentaan ja tarkastellaan saatuja tuloksia ja niiden merkitystä yrityksen toiminnan kannalta. Aihe muotoutui yrityksen uudesta strategiasta vuosille 2022-2024, jossa hiilijalanjäljen laskenta on vastuullisuusohjelman toteuttamisessa ensimmäinen vaihe, johon pohjautuen yritys voi jatkaa tarvittavin toimenpitein. Työssä esitetään ehdotuksia yrityksen hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Yrityksen hiilijalanjäljen määrittämiseen on olemassa useita erilaisia laskentatyökaluja. Tämän tutkimuksen toteuttamiseen käytettiin niistä kahta tulosten luotettavuuden parantamiseksi.

2 Selvitystyön tavoitteet ja menetelmät

2.1 Toimeksiantaja Laserkeskus Oy

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Laitilassa toimiva Laserkeskus Oy (myöhemmin Laserkeskus), metallin esikäsitteilypalveluja tuottava alihankkija ja sopimusvalmistaja, joka on perustettu vuonna 2003. Esikäsitteilypalveluihin kuuluvat eri leikkausmenetelminä plasma- ja polttoleikkaus, särmäys ja koneistus, hitsaus ja kokoonpano sekä viimeistelyyn koneellinen hionta, rummutus ja viisteytys. Pintakäsittelyä ei toteuteta itse, vaan tarjotaan yhteistyöverkoston avulla. Laserkeskus työllistää tällä hetkellä noin 80 henkilöä. (Laserkeskus 2022.)

Laserkeskukselle on vuonna 2018 myönnetty ja 2021 uusittu SFS-EN ISO 14001:2015-ympäristöjärjestelmäsertifikaatti, joka on voimassa vuoteen 2024 asti (Laserkeskus 2022). Sertifikaatin myöntäminen edellyttää yritykseltä ympäristönsuojelun tason parantamista jatkuvasti ylläpitäen ja parantaen ympäristöjärjestelmään vaadittavia prosesseja ja niiden keskinäisiä vaikutuksia. Ympäristöjärjestelmän luomiseen ja käyttöönottoon kuuluu ympäristötavoitteiden laadinta niin, että ne ovat yhdenmukaisia organisaation strategian kanssa. (SFS-EN ISO 14001:2015.)

Standardin 14001:2015 (2015, s. 17) mukaan ympäristötavoitteiden on mahdollisuuksien mukaan oltava mitattavissa, jolloin hiilijalanjäljen laskenta antaa sopivan pohjan suunnitella tarvittavat toimenpiteet niiden saavuttamiseksi.

2.2 HINKU

Laitila on yksi HINKU-verkoston kunnista. HINKU-verkoston tavoitteena on 80 prosentin päästövähennykset vuoteen 2030 mennessä vuoden 2007 tasosta (Hiilineutraali Suomi 2022). HINKU-kuntana Laitila on tehnyt yhteistyötä

paikallisten yritysten kanssa ja tarjonnut yhdessä Vakka-Suomen Voiman (VSV) kanssa maksutonta päästölaskentaa vuonna 2020 (VSV 2020).

Laserkeskukselle tehdyssä laskelmassa huomioitiin kolmen vuoden ajalta kriittisimmät päästölähteet, jotka olivat energiankulutus, polttoaineet, kierrätysmateriaalit ja jätteet. Lopuksi tarjottiin kehitysehdotuksia päästöjen pienentämiseen. Toimenpide-ehdotukset olivat

1. sähkönkulutuksen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen
 - a) aurinkopaneelien käyttöönnotolla
 - b) uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön ostamisella
2. nestekaasun hiilidioksidipäästöjen vähentäminen vaihtamalla bio-nestekaasuun. (VSV 2020.)

2.3 Metallialan ilmastovaikutukset Suomessa

Suomessa toimii kolme suurta teräsyhtiötä. Pelkästään SSAB AB, jolla on Pohjoismaiden suurimpana raakateräksen tuottajana Suomessa kaksi tehdasta, tuottaa 7% koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. (SSAB n.d.)

Terästeollisuuden osuus koko maailman hiilidioksidipäästöistä on noin 8%. (Industry transition 2021) Noin 80% Suomessa tuotetuista metalleista menee vientiin joko suoraan tai välillisesti erilaisina koneina ja laitteina, ja metallin jalostuksen osuus on Suomen tavaraviennistä 12% (Heikkinen & Loukola-Ruskeenieniemi 2015; Järvinen 2023). Kone- ja metalliteollisuus työllistää henkilöstömäärällä mitattuna Suomessa enemmän kuin mikään toinen teollisuudenala (Kymenlaakso n.d.), ja on täten valtiontalouden kannalta merkittävä osa-alue.

Metallin hiilijalanjäljestä suurin osa, noin 85-9%, syntyy valmistusvaiheessa (Mölsä 2021). Perinteinen tuotanto, jossa rautamalmista valmistetaan terästä koksien ja hiilen avulla, tuottaa yhtä terästonnia kohti noin 1,6 tonnia hiilidioksidipäästöjä (Tekniikan maailma 2019). Kierrätysmetalleja hyödyntämällä päästöjä voidaan vähentää huomattavia määriä. Materiaalin tarve on kuitenkin niin suuri, että kierrätysmateriaali ei yksin riitä kattamaan

tarvetta. Terästä käytetään vuosittain lähes 200 kiloa jokaista maapallon asukasta kohti. (SSAB n.d.)

Metalli on kestävä materiaali, jota voi uudelleensulatettuna käyttää periaatteessa lähes loputtomiin. Maailmassa terästä kierrätetään painomääräisesti enemmän kuin yhteensä kaikkia muita materiaaleja (Teräsrakenneteollisuus n.d.) kierrätettävän kokonaismäärän ollessa yli 2 miljoonaa tonnia (Outokumpu n.d.).

SSAB on yhdessä Vattenfallin ja LKAB:n (”Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag”, Ruotsin valtion omistama kaivosyhtiö) kanssa HYBRIT-hankkeessa (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) kehittänyt fossiilivapaata terästä, joka on pelkistetty vedyllä hiilen ja kaksin sijaan. Tavoitteena on toimittaa fossiilivapaata terästä markkinoille ja ottaa tekniikka käyttöön teollisessa mittakaavassa vuonna 2026. Tämä tulee huomattavasti vauhdittamaan tavoitetta vuoteen 2035 mennessä hiilineutraalista Suomesta, ja todennäköisesti maalmanlaajuisesti mullistamaan kone- ja metallialan.

Ennen fossiilivapaan teräksen tuleamista markkinoille avain on kestävässä tuotesuunnittelussa, jossa huomioidaan kiertotalouden periaatteet. Kestävä tuotesuunnittelu huomioi tuotteen koko elinkaaren raaka-aineista tuotantoon, käyttöön ja lopulta jätteeksi (Ilmasto-opas 2018). Yrityksen raaka-aine- ja materiaalitehokkuuden lisääminen ja sivuvirtojen mahdollisuuksien mukainen hyödyntäminen voivat olla yritykselle merkittävä kilpailuetu.

2.4 Selvitystyön menetelmät

Tapaustutkimus (case study research) on tutkimusstrategia, jossa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin yksittäistä tapahtumaa tai muuten suppeasti rajattua kokonaisuutta (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006). Case-tutkimukselle ominaista on monien eri tutkimusmetodien käyttö sekä erilaisten aineistojen yhteensovittaminen (Aaltio 1999).

Selvitystyössä hyödynnettiin eri tietolähteitä yrityksen sisäisistä tietokannoista, jotta saatiin selville monipuolisesti yrityksen päästölähteet. Lisäksi käytiin sähköposti- ja puhelinkeskusteluja yhteistyökumppaneiden kanssa ja tavattiin toimeksiantajan kanssa kasvotusten kuukausittain.

Tässä tapauksessa numeerinen aineisto käsittää toimeksiantajan luomat ja ylläpitämät kulutusseurannat ja niistä muodostetut arviot, joita lasketaan laskurin avulla erilaisin kertoimin. Käytetyt kertoimet pohjautuvat Greenhouse Gas-protokollan standardiin ”A Corporate Accounting and Reporting”. Tiedonkeruu aloitettiin marraskuussa 2022. Koko vuoden data ei ollut täydellisenä saatavilla laskentaa varten, joten joulukuun arviot muodostettiin laskemalla kuukausittaiset keskiarvot, ja tarpeen mukaan varmistettiin vuoden 2023 alussa.

2.4.1 Y-HIILARI

Y-Hiilari on Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämä yrityksen hiilijalanjäljen laskennan työkalu, jonka rajaus perustuu yksinkertaistettuun Greenhouse Gas-protokollan A Corporate Accounting and Reporting-standardiin (Y-HIILARI-ohje 2019).

Laskuri on luotu vuonna 2011 Kohti hiilineutraalia kuntaa -hankkeeseen (HINKU), ja sen viimeisin versio on julkaistu 16.3.2021 (Y-HIILARI-laskuri 2021). Y-HIILARI -laskuri on laajalti suositeltu helppokäyttöisyytensä ja selkeytensä vuoksi.

2.4.2 Hiilifiksu järjestö

Hiilifiksu järjestö -hiilijalanjälkilaskuri kehitettiin vuonna 2018 Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen toteuttamassa ja Sitran rahoittamassa Hiilifiksu järjestö -hankkeessa (Haaspuro & Jaurimaa 2019). Laskurissa sovelletaan muita hiilijalanjälkilaskureita, mutta se on räätälöity erityisesti järjestöjen tarpeisiin.

Järjestöfokuksesta huolimatta laskuri on sopiva myös yrityskäyttöön, ja valittu käytettäväksi työhön sen monipuolisuuden vuoksi.

Laskurit eivät sisällä täysin päällekkäisiä asioita ja ovat pohjautuneet osittain eri lähteisiin. Hiilifiksu järjestö-laskurin avulla laskennassa voitiin ottaa lähempään tarkasteluun myös epäsuorat päästöt. Molemmat laskentatyökalut ovat Excel-
taulukko-ohjelmapohjaisia, joissa on suurilta osin valmiiksi määritellyt päästökertoimet kullekin päästölähteelle. Laskennan osa-alueet on lajiteltu omiin välilehtiin.

2.5 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

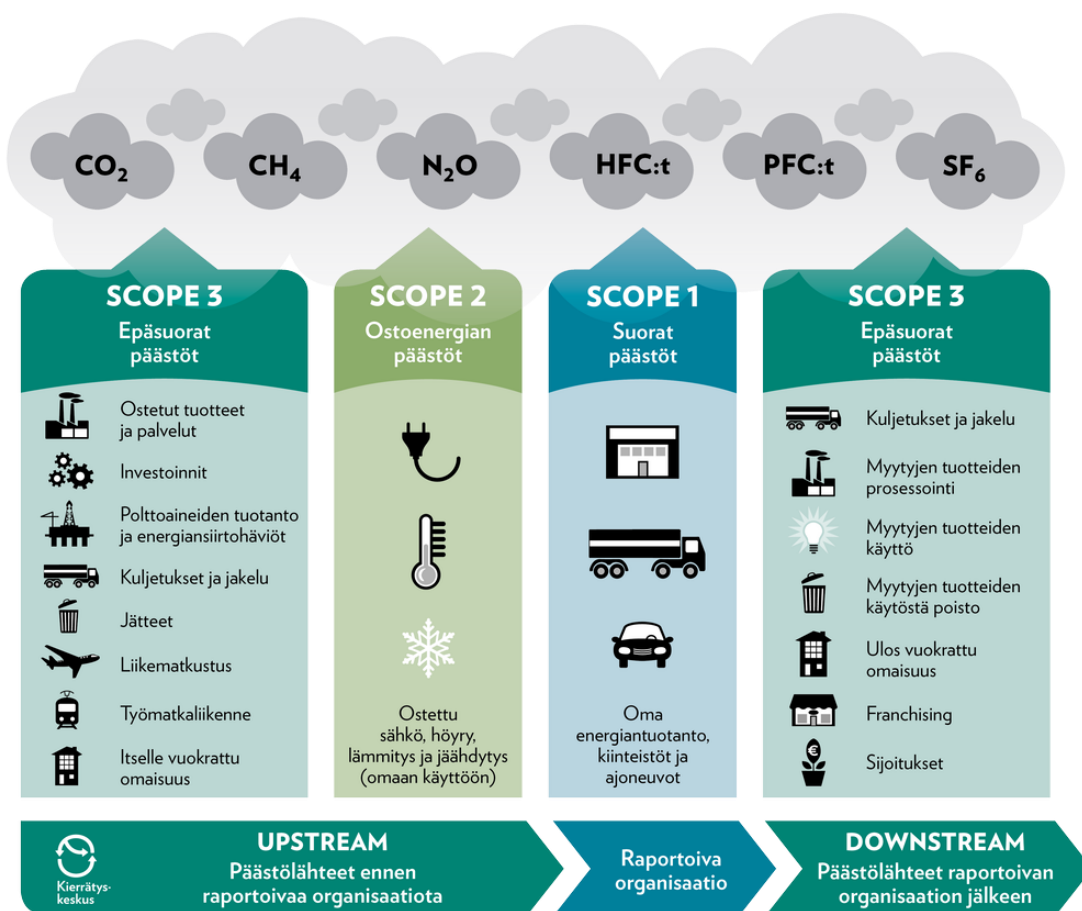
Selvitystyön tarkoituksena oli saada selville Laserkeskus Oy:n hiilijalanjälki vuodelta 2022. Hiilijalanjälki laskettiin kahdella eri laskentaohjelmalla, jonka jälkeen niistä saatuja tuloksia verrattiin keskenään. Vertailemalla tuloksia saatiin kattava käsitys yrityksen toiminnan päästöistä.

Selvitystyön tarkoitus oli saada vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä ovat Laserkeskus Oy:n päästölähteet ja kokonaishiilijalanjälki?
2. Miten laskentatyökalujen tulokset eroavat toisistaan ja mistä se johtuu?
3. Miten yrityksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää?

3 Hiilijalanjälkilaskelma yritykselle

Yksi keskeisimmistä yrityksen hiilijalanjäljen laskentaan tarkoitetuista standardeista on Greenhouse Gas-protokolla, lyhyemmin GHG, jonka mukaan yrityksen päästöt on jaettavissa kolmeen eri vaikutusalueeseen, scopeen, jotka koostuvat suorista tai epäsuorista päästöistä tuotantoprosessin eri vaiheissa ja niiden taustalla. Scopet on visualisoitu kuvassa 1.



Muokattu. Alkuperäinen kuva: Greenhouse Gas Protocol.

Kuva 1 Hiilijalanjälkilaskennan scope-luokat ja kategoriat GHG Protocol Corporate Value Chain Accounting and Reporting -standardin mukaan. Alkuperäinen kuva: Greenhouse Gas Protocol.

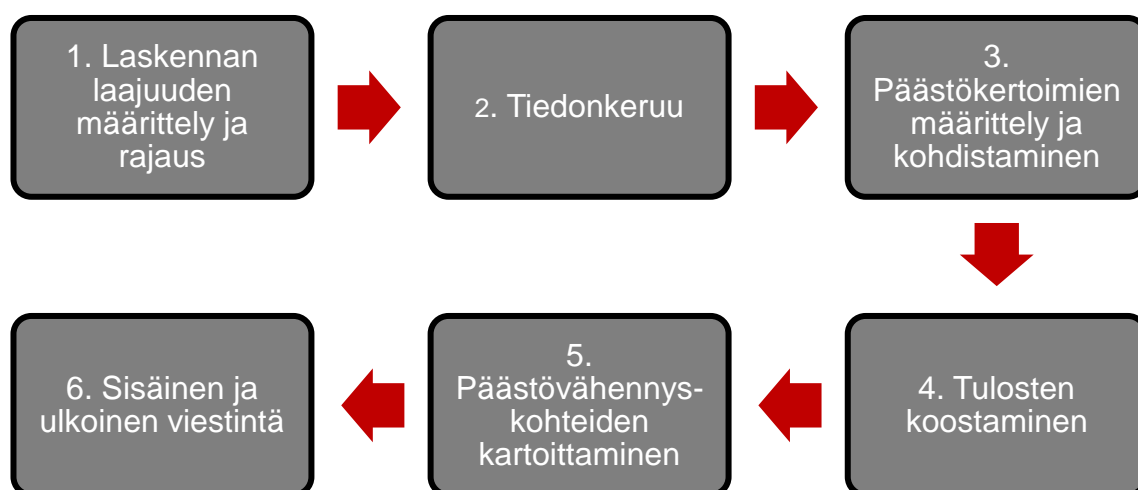
Scope 1 pitää sisällään suorat päästöt, kuten matkustamisesta, omasta energiantuotannosta ja kiinteistöistä aiheutuvat päästöt.

Scope 2 on ostoenergian päästöt, eli omaan käyttöön ostettu sähkö, höyry, lämmitys ja jäähdytys.

Scope 3 sisältää epäsuorat päästöt sekä ennen että jälkeen tuotantoprosessin, kuten esimerkiksi kuljetuksista, jätteistä, ostetuista tuotteista ja palveluista, vuokratusta omaisuudesta ja työmatkaliikenteestä aiheutuvat päästöt.

Prosessin jälkeen päästötekijöitä voivat lisäksi olla esimerkiksi sijoitukset, sekä myytyjen tuotteiden prosessointi ja käyttö sekä niiden käytöstä poisto. (GHG-protocol 2010.) Scope 3 on jaettavissa viiteentoista kategoriaan, jotka ovat kuvassa 1 jaoteltuina ennen (upstream) ja jälkeen (downstream) tuotantoprosessin.

Hiilijalanjäljen laskentaan on olemassa myös muita standardeja, jotka kaikki painottavat kriteereissään hieman eri asioita. GHG on maailmanlaajuisesti yleisesti käytetty. Protokolla on laadittu World Resources Institute- ja World Business Council for Sustainable Development -järjestöjen yhteisenä hankkeena (WRI).



Kuva 2 Hiilijalanjälkilaskelman prosessikaavio

3.1 Laskennan laajuuden määrittely ja rajaus

Hiilijalanjäljen laskentaprosessi (kuva 2) alkaa laskennan laajuuden määrittelyllä ja sen mukaisella rajauksella. Laskentatyön rajaus on olennainen osa työtä, sillä siinä määritetään, mitkä seikat otetaan huomioon kokonaispäästöissä.

Kohteen keskeisimmät rajaukset liittyvät siihen, lasketaanko tuotteen elinkaari, vai määritelläänkö päästöjä yritystasolla. Tuotteen elinkaari (Life Cycle Analysis eli LCA) lasketaan yleensä joko ”cradle-to-gate”, eli valmistuksen alkumetreiltä tehtaan porteille asti, tai ”cradle-to-grave”, eli koko tuotteen lineaarinen tai sirkulaarinen elinkaari (Etteplan n.d.). Tässä opinnäytetyössä ei käydä läpi yrityksen tuotekohtaista laskentaa.

Yritystasolla laskettaessa laskenta rajataan koskemaan koko toimintaa tai jotakin toiminnan osa-aluetta, kuten esimerkiksi matkustamista. Laajuuteen vaikuttaa saatavilla oleva tieto, yrityksen omat intressit ja laskennassa käytettävän standardin asettamat kriteerit. Laskenta voidaan myös rajata koskemaan tiettyä ajanjaksoa, joka yleensä on mennyt kalenterivuosi (Toivonen 2021; Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard 2010, s. 4–6.).

3.2 Tiedonkeruu

Kun lähdetään kartoittamaan yrityksen päästöjä, laskentaan tulisi ottaa mukaan käytännössä kaikki mahdollinen tieto, mistä yrityksen sisällä tehtävä toiminta muodostuu ja miten siitä aiheutuu päästöjä.

Laskentatyön mielekkyyden kannalta pääsääntönä voidaan pitää isoimmissa luvuissa pitäytymistä, jotta työmäärä ei nouse tolkuttomaksi (Toivonen 2021). Kuitenkin lähtökohtana on, että kaikki päästöt tulisi huomioida. Scope 3 on usein se osa-alue, josta on helpointa vähentää päästöjä. Useimmissa laskelmissa ei kuitenkaan olla keskitytty tähän osa-alueeseen yhtä laajasti kuin kahteen muuhun, jotka lähtökohtaisesti sisältävät merkittävimmät päästölähteet.

Hiilifiksi järjestö-laskurin avulla on tarkasteltu myös näitä pienempiä päästölähteitä, jotka ovat näkymätön, mutta merkittävä osa yrityksen toimintaa.

SFS-EN ISO 14064-standardin osuus ISO 14064-1 määrittää ja opastaa kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistojen laskemiseen ja raportointiin organisaatiotasolla. ISO 14064-1 sisältää vaatimuksia kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan ja rajaamiseen yrityksessä. Standardi sisältää viisi pääperiaatetta, jotka varmistavat, että kasvihuonekaasupäästöihin liittyvä informaatio on totuudenmukaista. Nämä periaatteet ovat relevanssi, täydellisyys, johdonmukaisuus, tarkkuus ja läpinäkyvyys. ISO 14064-1 on Suomessa kansallisesti tunnettu laskentaohje, joka soveltuu organisaation toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasujen määrittämiseen.

3.3 Päästökertoimien määrittely ja kohdistaminen

Päästökerroin on jonkin yksittäisen asian aiheuttama päästö. Lähtökohtaisesti jokaiselle tuotteelle tai palvelulle voidaan määrittää oma päästökertoimensa. Erilaisille lämmitysmuodoille on määritelty päästökerroin esimerkiksi yhden kilowattitunnin tuottamisesta, ja se ilmoitetaan muodossa g CO₂e/kWh. Elintarvikkeiden päästökerroin ilmoitetaan muodossa kg CO₂e/kg. (OpenCO2.net n.d.)

Kertoimia löytyy julkisista ja suljetuista tietokannoista. Energiayhtiöt usein ilmoittavat itse oman tuotantonsa päästökertoimen, jonka määrittelyyn vaikuttavat tuotannon ja siirron häviöt (Helen n.d.).

Kuten tuloksista huomataan, hiilijalanjäljen laskennassa on paljon tulkinnanvaraisuutta ja siksi myös määritellyt ja käytetyt päästökertoimet vaihtelevat.

Kasvihuonekaasut

Merkittävimpiä kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O) sekä osittain fluoratut hiilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC) ja rikkiheksafluoridi (SF₆) (SVT n.d.). Yleensä kasvihuonekaasupäästöistä puhuttaessa suurena käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂e), jossa eri kasvihuonekaasujen ilmastoa lämmittävä vaikutus on suhteutettu hiilidioksidiin. Hiilidioksidiekvivalentti lasketaan kertomalla tietyn kasvihuonekaasun massa sen ilmastonlämpenemispotentiaalilla eli GWP-kertoimella. (Ilmasto- ja energiasanasto 2010). Taulukko 1 alla.

Hiilidioksidiekvivalentissa kasvihuonekaasujen päästöt ovat vertailun helpottamiseksi yhteismitallistettu käyttäen global warming potential (GWP)-kertoimia. GWP ilmoitetaan tietylle ajanjaksolle, ja hiilijalanjälkeä laskettaessa käytetään 100 vuoden tarkastelujaksoa (OpenCO2.net).

Taulukko 1 Yleisimpien kasvihuonekaasujen päästökertoimet hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂e). Lähde: IPCC AR5 2014

Kasvihuonekaasu	Kemiallinen kaava	Kerroin 2015
hiilidioksidi	CO ₂	1
metaani	CH ₄	28
dityppioksidi	N ₂ O	265

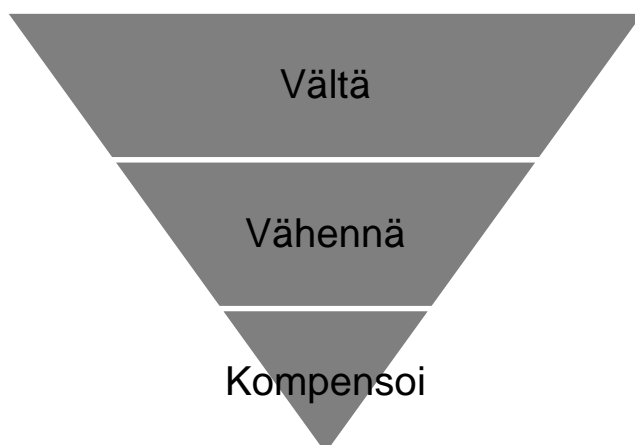
Päästökertoimet mahdollistavat yritysten lähtötietojen muuttamisen kasvihuonepäästöiksi. (A Corporate Accounting and Reporting Standard 2015, s. 97).

3.4 Tulosten koostaminen

Tulokset tulee koostaa sellaiseen muotoon, että niistä on mahdollista tunnistaa merkittävimmät päästölähteet ja tuloksia on helppo hyödyntää. Mahdollisimman selkeä dokumentointi ja jäsentely auttaa tulosten tulkinnassa.

3.5 Päästövähennyskohteiden kartoittaminen

Kuvassa 3 on visualisoitu päästöjen vähentämisen hierarkia, jonka mukaan ensisijainen keino on päästöjen synnyn välttäminen. Päästöjä välttääkseen tulee miettiä, mitkä päästöt ovat kokonaan vältettävissä erilaisilla valinnoilla. Esimerkiksi tapaamisen järjestämisen sijaan asiat voivat olla mahdollista hoitaa sähköpostitse. Jos tapaaminen kuitenkin on välttämätöntä, hierarkian toisena keinona on päästöistä vähentäminen. Tämä voi tapahtua joukkoliikennettä suosimalla, jolloin vältetään yksityisautoilun päästöt. Päästöjen vähentämisen hierarkian kolmantena kohtana on päästöjen kompensointi. Kun kaikki välttämisen- ja vähentämistoimenpiteet on tehty, jäljellä olevat päästöt kompensoidaan.



Kuva 3 Päästöjen vähentämisen hierarkia

Päästökompensaatio on karkeasti sitä, että itse tuotetut päästöt hyvitetään vähentämällä saman verran päästöjä jossain muualla (Teini 2019). Usein tämä tarkoittaa jonkin palveluntarjoajan kautta suoritettua päästöyksikköjen ostamista

ja mitätöimistä. Jotkut yritykset tarjoavat uusien alueiden metsittämistä, kun taas jotkut investoivat erilaisiin kehittyvien maiden hankkeisiin, jotka parantavat elinoloja vähentäen samalla kasvihuonekaasujen syntyä.

Päästökompensaatiota ja sitä tarjoavia yrityksiä on kuitenkin paikoin kritisoitu ”nykypäivän anekaupasta”, sillä joidenkin mukaan hiilikompensaatioiden varaan rakennettu hiilineutraalisuus mahdollistaa entisenlaisen saastuttamisen puhtaalla omatunnolla. Tällä hetkellä ongelmana nähdään myös päästökompensaatioiden kaksoislaskenta, joka tarkoittaa sitä, että yrityksen tai yksityisen toimijan päästökompensaatiotoimet lasketaan myös Suomen valtion taseeseen. Kun kaksi eri tahoa raportoivat edukseen samat kompensatioyksiköt, puhutaan kaksoislaskennasta (Green Carbon 2021).

Päästökompensaatiotoimille on asetettu minimikriteerit, joiden toteutumisen voidaan katsoa varmistavan, että kompensatio todella tapahtuu. Tuotetun päästövähennyksen tulee olla todellinen, mitattavissa, pysyvä ja lisäinen. Päästövähennyksen todellisuus edellyttää, että kompensatioprojekti ei ole aiheuttanut päästöjä muualla. Lisäisyys tarkoittaa, että päästövähennystä ei olisi tapahtunut ilman kompensatiosuoritetta. Päästökompensaatioyksiköiden tulisi olla lähtökohtaisesti vähintään 100 vuotta (Nurmi & Ollikainen 2019). Pysyvyys on kriteerinä ongelmallinen, sillä esimerkiksi kompensatiotoimena istutetut puut saattavat palaa, jolloin saavutetut ilmastohyödyt kumoutuvat. Kompensaatiosta ei myöskään saa aiheutua merkittävää haittaa ympäristölle tai sosiaalisesti. (Ympäristöministeriö n.d.) Aiemmin mainitun kaksoislaskennan välttäminen on myös yksi asetetuista minimikriteereistä.

Päästövähennyskohteiden kartoittaminen auttaa yrityksiä tarttumaan oikeanlaisiin vähennystoimenpiteisiin. On myös tärkeää tunnistaa, mihin päästöihin voi vaikuttaa suoraan ja mihin välillisesti.

3.6 Viestintä

Yritysvastuullisuudella on kolme osa-aluetta: sosiaalinen vastuu, taloudellinen vastuu ja ympäristövastuu (Yrittäjät n.d.). Vastuullisuuden arviointiin on kehitetty

erilaisia mittareita, joista ympäristövastuun mittaamiseen hiilijalanjälki voidaan nähdä konkreettisena vaihtoehtona, sillä hiilijalanjälki luo vahvan mielikuvan toiminnan jäljestä ja vaikutuksesta maapallolle.

Hiilijalanjälkeen ja päästövähennyksiin liittyvän viestin tulee erityisesti ulkopuolelle olla rehellistä ja läpinäkyvää. Harhaanjohtavalla viestinnällä yritys voi syyllistyä viherpesuun.

Viherpesulla tarkoitetaan mielikuvamarkkinointia, joka antaa yrityksestä tai yksittäisestä tuotteesta tai palvelusta harhaanjohtavia ympäristöväitteitä. Katteettomien väittämien avulla pyritään saada kuluttaja ostamaan tuote, jonka ympäristöystävällisyydestä kuluttaja saa totuudesta poikkeavan mielikuvan. Mielikuvamarkkinointia on esimerkiksi tuotepakkausten ulkonäön tarkoituksellinen suunnittelu tietynlaisiksi niin, että ne yhdistetään ekologisuuteen ja vastuullisuuteen.

Viherpesua on myös epämääräiset väittämät, joille ei löydy perusteita. Kun yritys viestii asiakkaille omista vastuullisuustoimistaan, tulee olla tarkka siitä, kuinka viesti muotoillaan. Yritys ei voi esimerkiksi väittää laskeneensa koko toimintansa hiilijalanjälkeä, jos kaikkia toiminnan osa-alueita ei ole otettu laskelmassa huomioon. Myös sillä, kertooko päästökerroin ainoastaan CO₂-päästöt vaiko kasvihuonekaasupäästöt CO₂-ekvivalentteina, tai koko tuotteen elinkaaren aikaiset päästöt vai ainoastaan käytön aikaiset, on suuri ero luotettavuuden kannalta.

4 Työn toteutus

4.1 Aiheen rajaus

Laskentatyön rajaus on olennainen osa työtä, sillä siinä määritetään, mitkä seikat otetaan huomioon kokonaispäästöissä. Rajaukseen vaikuttaa käytettävissä olevan tiedon määrä. Laskenta voidaan myös rajata koskemaan tiettyä ajanjaksoa, joka tässä tapauksessa on vuosi 2022. Työ on toteutettu osittain vuonna 2022, ja tällöin laskelmissa on käytetty joulukuun osalta käytetty ennusteita ja pääteltävissä olevia keskiarvoja.

Tässä työssä aihe rajattiin koskemaan merkittävimpiä päästölähteitä koko yrityksen toiminnassa. Tuotteen elinkaari rajattiin siten, että vain Laserkeskuksen rajojen sisällä tapahtuva toiminta huomioitiin. Käytössä olleiden laskureiden kaikki tiedot täytettiin niiltä osin kuin tietoa oli mahdollista helposti saada.

4.2 Tiedonkeruu ja laskurit

Tiedonkeruu aloitettiin keskusteluilla ja kartoittamalla yrityksen prosessia. Koska laskenta haluttiin toteuttaa laskureilla, laskennasta rajautui pois ne päästölähteet, joita laskurissa ei ollut huomioituina. Tietoa kerättiin ensisijaisesti Laserkeskuksen toimitusjohtajalta. Jätehuolto- ja kuljetustietoja kysyttiin niitä toteuttavalta yritykseltä, ja energiayhtiöiltä selvitettiin heidän omat päästökertoimensa. Sekundääristä dataa tarvittiin joidenkin päästökertoimien osalta.

Koska molemmat laskurit ovat suojattuja ja toimivuudeltaan testattuja järjestelmiä, niillä tehtyihin laskelmiin lähtökohtaisesti voidaan luottaa. Osa kertoimista on yhdistetty useammista eri lähteistä, mikä lisää niiden epävarmuutta. Taulukoiden ollessa suljettuja omat muokkaukset eivät ole mahdollisia. Joitain kerättyjä tai muuten helposti saatavilla olevia tietoja ei voitu tämän vuoksi huomioida laskelmissa. Laskelmien ulkopuolelle on jätetty

henkilöstön lahjat, Kauppalehti-tilaus, henkilöstön työmatkaliikenne, sijoitukset, sponsoritoiminta, ruoka ja juoma ja vedenkulutus.

5 Tulokset

Y-HIILARI-laskurin mukaan Laserkeskuksen kokonaishiilijalanjälki on 455t CO₂e, kun taas Hiilifiksi järjestö-laskurin antama tulos on 676,8t CO₂e.

Muiden teollisuuden pk-yritysten hiilijalanjälkilaskelmia on melko vähän, eivätkä laskelmat ole keskenään vertailukelpoisia metodien tulkinnanvaraisuuksien vuoksi. Keskivertosuomalaisen vuotuinen hiilijalanjälki on Sitran mukaan keskimäärin 10t CO₂e.

Hiilijalanjäljen kattavuuteen vaikuttavat erityisesti tehdyt rajaukset. Esimerkiksi usean scopeen 3 kuuluvan päästölähteen huomioimattomuus jättää hiilijalanjäljen todellista pienemmäksi. On siis hyvä selventää, että työssä esitetyt tulokset eivät ole täydellinen totuus hiilijalanjäljestä, vaan laskureiden rajausten puitteissa tehtyjä laskelmia. Todellisuudessa yrityksen toiminnasta aiheutuu myös muita kasvihuonekaasupäästöjä, eikä valmiilla laskureilla päästä tarkkaan tulokseen.

Toimeksiantajalle laadittiin raportti työstä ja tuloksista sekä toimitettiin laskureiden Excel-tiedostot, joihin tiedot oli syötetty. Näin yrityksessä voidaan halutessa käyttää jo laadittua tietoa tulevassa seurannassa.

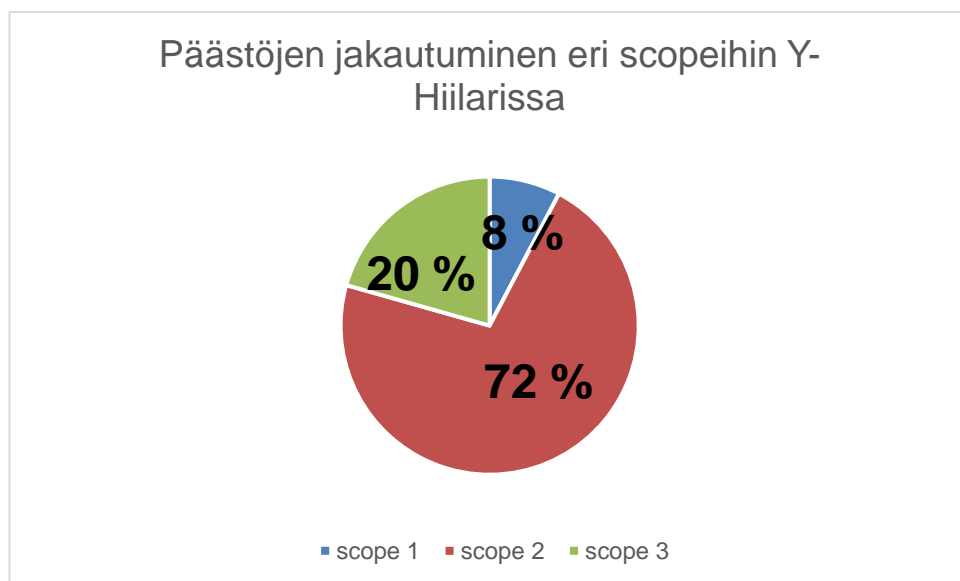
5.1 Scopet

Laskureiden painotuserot havainnoidaan parhaiten jakamalla päästöt eri scopeihin. Kuvassa 4 nähdään kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen eri vaikutusalueiden välillä Y-Hiilarissa. Scope 1 sisältää suorat päästöt, kuten matkustamisesta, omasta energiantuotannosta ja kiinteistöistä aiheutuvat päästöt, eli Laserkeskuksen tapauksessa trukeissa käytettävän nestekaasun.

Scope 2 eli ostoenergian päästöt ovat suurin vaikutusalue Y-HIILARI-laskurissa. Se sisältää sähkönkulutuksen sekä kaukolämmön. Y-Hiilarissa energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt on jaettu suoriin ja epäsuoriin päästöihin perusteena GHG-protokollan tulkinnanvaraisuus. Tästä ei kuitenkaan

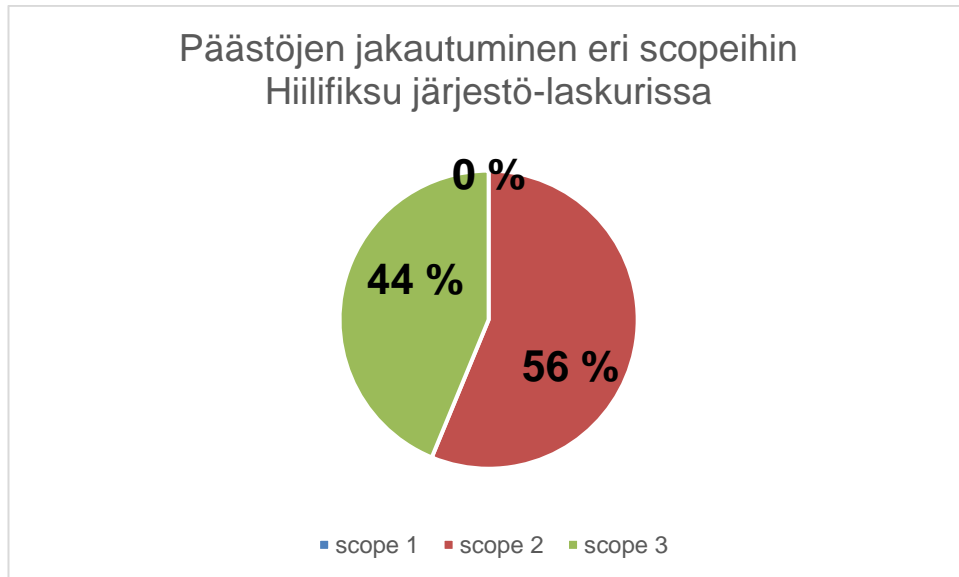
ole tarkempaa tietoa, mihin tämä perustuu tai millä kaavalla tämä on laskettu. Ostosähkö on siis osittain myös scopessa 3.

Scope 3 sisältää kaikki loput laskurissa käsiteltävät päästölähteet, jotka ovat jätehuolto ja liikematkustaminen. Greenhouse Gas-protokollan mukaan scopen 3 huomioiminen laskelmassa ei ole pakollista, ja yritykset voivat itse päättää mitä kategorioita ottavat laskelmassa huomioon (A Corporate Accounting and Reporting Standard 2015, s. 29). Y-Hiilarin pohjautuessa GHG-protokollaan scope 3 on kokonaispäästöissä pienessä osassa laskurin keskittyessä tarkastelemaan vain merkittävimpiä päästölähteitä, kuten jätehuoltoa, liikematkustusta ja raaka-aineiden sekä tuotteiden kuljetuksia, vaikka todellisuudessa scopen osuus yrityksen liiketoiminnan kokonaisuudesta olisi huomattavasti suurempi ja monipuolisempi.



Kuva 4 Päästöjen jakautuminen eri scopeihin Y-Hiilarissa

Kuva 5 kuvaa Hiilifiksi järjestö-laskurissa päästöjen jakautuvan scopejen 2 ja 3 välille scopen 2 sisältäessä pelkästään ostosähkön. Scope 3 on 44 prosentin osuus kaikista päästöistä, ja siihen sisältyvät liikematkustus, jäte, hankinnat, palvelut ja tapahtumat. Hankintoihin sisältyy paperi, kalusteet ja laitteet, ja palvelut & tapahtumat-välilehti sisältää tapahtumatilat, postipalvelut, siivouksen, palvelinten käytön, sekä tarjotut elintarvikkeet ja muut tuotteet.



Kuva 5 Päästöjen jakautuminen eri scopeihin Hiilifiksu järjestö-laskurissa

5.2 Sähkönkulutus

Molemmilla laskureilla todettiin suurimmiksi päästölähteiksi ostosähkö ja metallijäte. Y-HILARI-laskurin mukaan ostosähkön päästöt jakautuvat kahteen scopeen, joista scopen 2 päästöt ovat yhteensä 317 127,86 kg CO_{2e} ja scopen 3 päästöt 20 404,3 kg CO_{2e}, jolloin kokonaispäästöt ovat yhteensä 337 532,2 kg CO_{2e}, kun energiayhtiön (Elkraft 2023) ilmoittama päästökerroin on 232,41 g CO_{2e}/kWh ja Laserkeskuksen ilmoittama sähkönkulutus 1 364 519 kWh.

Hiilifiksu järjestö-laskurissa ostosähkön päästöt ovat 380 553 kg CO_{2e}. Energian päästökertoimiin on lisätty polttoaineketjun aiheuttamat päästöt, joiden on arvioitu olevan 20%. Tämä lisätään automaattisesti laskurin lukemaan. Ilman polttoaineketjun aiheuttamia päästöjä lukema olisi 304 442,4 kg CO_{2e}. Vain täysin vihreän, eli uusiutuvista energianlähteistä tuotetun sähkön kertoimena on 0. (Salo ym. 2019) Laskureiden antamat kokonaispäästöt ostosähkölle eivät juurikaan poikkea toisistaan.

5.3 Metallijäte

Laserkeskuksella syntyvän metallijätteen määrä vuonna 2022 oli etukäteen arvioituna 1 912 180 kiloa. Metallijätteen päästökerroin on Y-Hiilarin mukaan 24,64 kg CO₂e/t, lähteenä Ecolnventin tietokanta, versio 3.5. Tässä ei ole huomioitu tuotteen käytöstä poistoa. Tällöin metallijätteen päästöt ovat yhteensä

$$1\,912,18\,t * 24,64\,kg\,CO_2e = 47\,116,1\,kg\,CO_2e$$

Laskuri antaa mahdollisuuden myös jätteiden kuljetusten päästöjen laskemiseen samassa taulukossa. Metallijäte kierrätetään Eurajoella, josta se siirtyy murskattuna takaisin sulattamoon. Metallijäte on siirretty kierrätyspisteeseen 50 kilometrin päähän kolme lavaa kerrallaan yhteensä 46 kertaa, jolloin yhden kuorman paino on pelkät materiaalit huomioiden

$$\frac{1\,912\,180\,kg}{46} \approx 42t$$

Laskurissa kuitenkin kysytään vain etäisyyttä kierrätyspaikalle, jolloin päästölukemaan tulee 8 620 kg CO₂e lisää, eli kokonaispäästösumma on 55 736 kg CO₂e.

Laskurissa on erikseen Kuljetukset-välilehti, joten vertailun vuoksi jätehuollosta ja jätteen kuljetuksesta vastaavan tahon tietojen pohjalta laskuriin syötettiin perävaunullisen yhdistelmän (76t/51t) kulkemat 4 600 km ja pelkällä hytillä jakelukuorma-auton (15t/9t) kertoimella 548 km, jolloin metallijätteen kuljetuksen kokonaispäästöt olivat yhteensä 7 904,7 kg CO₂e maantiekuljetusten päästöjen ollessa 6 405 kg CO₂e ja polttoaineiden valmistamisen päästöt yhteensä 1 500 kg CO₂e. Tätä ei olla otettu huomioon lopullisessa laskelmassa, jotta laskelma pidettiin yksinkertaisena. Tällä vältettiin myös samojen päästöjen laskeminen useaan otteeseen, eli kaksoislaskenta.

Hiilifiksi järjestö-laskurin päästökerroin metallijätteelle on 130 g CO₂e/kg, jolloin

$$1\,912\,180\,kg * 130\,g\,CO_2e = 248\,583\,kg\,CO_2e$$

Päästökerroin perustuu SYKE:n Julia 2030-hankkeen laskelmiin HSY:n alueella tuotettujen, käsiteltyjen ja hyödynnettyjen jätelajien kasviuonekaasupäästökertoimista, joissa on huomioitu jätteen eri vaiheissa tuotetut ja vältetyt kasviuonekaasupäästöt. Laskelma on kuitenkin tehty kotitalousjätteisiin perustuen, eikä välttämättä näin ollen täysin soveltuva teollisuusjätteen laskentaan.

Laskureiden ero metallijätteen kokonaispäästöissä on siis yli viisinkertainen. Kun otetaan huomioon Y-Hiilarissa lasketut metallijätteen kokonaispäästöt ja skenaario sen kuljetuksesta, metallijätteen kokonaiskasviuonekaasupäästöt olisivat 55 020,8 kg CO_{2e}, joka edelleen olisi 450% pienempi kuin Hiilifiksi järjestö-laskurin tulos.

5.4 Nestekaasu

Trukeissa käytettävä nestekaasu on Laserkeskuksen toiminnan kolmas merkittävä päästölähde, mutta se ei ollut kummassakaan laskurissa täytettävissä sellaisenaan. Y-HIILARI-laskurissa nestekaasu oli Lämpöenergiankulutus-välilehdellä, jolloin syötetty tieto vääristää yhteenvetoa päästölähteiden jakautumisesta eri osa-alueisiin. Omista ajoneuvoista aiheutuvat päästöt kuuluvat scopeen 1. Tämä ei kuitenkaan ole lopputuloksen kannalta oleellista, mutta on mekaanisesti korjattu yhteenvetoon. Kulutettu energia (kWh) nestekaasussa laskettiin kertomalla käytetyn nestekaasun määrä 11 700 kg nestekaasun energiatiheydellä 12,8 kWh/kg (VTT 2016).

$$11\,700\text{ kg} * 12,8 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} = 149\,760\text{ kWh}$$

Tästä muodostuu päästöjä yhteensä 34 990 kg CO_{2e}, joka on Y-HIILARI-laskurissa kolmanneksi suurin päästökokonaisuus. Lämpöenergiankulutus-välilehdelle Kuljetukset-välilehden sijaan merkitsemisen vuoksi nestekaasun käyttö menee samaan kategoriaan kaukolämmön kanssa.

5.5 Kaukolämpö

Paikallisen kaukolämpöyhtiön lämpöenergian päästökerroin vuodelta 2022 on 4,7 g/kWh (Salo 2023) ja kulutetun energian ollessa 495 000 kWh päästöt ovat yhteensä 8 375,40 kg CO₂e. Y-HIILARI laskee lämpöenergian megajouleina, jolloin kulutettu energia on

$$495\,000\text{ kWh} * 3,6 = 1\,782\,000\text{ MJ}$$

yhden kilowattitunnin ollessa 3,6 megajoulea. Tämä kerrottuna päästökertoimella 0,0047 kg/MJ on yhteensä 8 375,40 kg CO₂e.

Hiilifiksu järjestö-laskurilla kaukolämmön päästöt on 0. Paikallinen kaukolämpö on tuotettu Kuusiston Sahan kaukolämpölaitoksella. Puutuotetuotannon sivutuotteet tulkitaan uusiutuviksi energialähteiksi, jolloin kaukolämpötuotannon päästökerroin on laskurin mukaan 0.

5.6 Liikematkustaminen

Laserkeskuksen ilmoittamat lentomatkat koottiin taulukkomuotoon (taulukko 2), ja lentoasemien väliset etäisyydet selvitettiin ICAO Carbon Emissions Calculator-sivuston avulla. Joukkoliikenteen päästöt lasketaan henkilökilometreinä, eli jokaisen matkustajan kuljetussuorite erikseen. Esimerkiksi 100 kilometrin matka ja 4 matkustajaa on yhteensä 400 henkilökilometriä (hkm).

Molemmissa laskureissa on omat sarakkeensa ja päästökertoimensa eri lennoille. Hiilifiksu järjestö-laskurissa 463 kilometriä on lyhyen ja pitkän lennon raja, joiden lisäksi erikseen on kaukolennot. Y-Hiilarissa on erikseen määritelty lyhyet ja pitkät kotimaan lennot, joiden raja on 400 kilometriä, sekä Euroopan-lennot n. 2 000 kilometriä ja pitkät lennot yli 5 000 kilometriä. Tällöin Frankfurt-Hannover-Frankfurt sekä Helsinki-Arlanda-Helsinki lasketaan suuremmalla kertoimella kuin muut tehdyt matkat etäisyyksien ollessa 280 ja 398 kilometriä.

Taulukko 2 Laserkeskuksen lentomatkat 2022

matka	HEL-ARL-HEL	HEL-VIE-HEL	HEL-FRA-HEL	FRA-HAN-FRA	HEL-LON-HEL	
etäisyys (km)	398	1 460	1 537	280	1 846	5 521
matkan kilometrit yht	796	2 920	3 074	560	3 692	11 042
henkilömäärä	3	3	5	5	3	19
henkilökilometrit	2 388	8 760	15 370	2 800	11 076	40 394

Hiilifiksu järjestö-laskurin lentomatkustuksen päästökertoimien lähteenä on käytetty Lipasto-tietokantaa, joka ei ole enää käytössä. Lentomatkustuksen päästökertoimeen sisältyy myös RFI- eli säteilypakotekerroin (Radiative Forcing Index), joka huomioi lentokoneiden pakokaasun sisältämän vesihöyryn muodostaman tiivistymisjuovan vaikutuksen saapuvan ja poistuvan säteilyn välisessä erossa. Säteilypakotekertoimen arvo sijoittuu välille 2-5 (Sausen 2005). Kerroin on epävarma, sillä sitä ei ole vielä pystytty tieteellisesti määrittämään yksityiskohtaisen tarkasti.

Y-HIILARI-laskurin päästökertoimet lentoliikenteelle ovat lähtöisin Finnairilta ja niissä ei ole ollenkaan huomioitu säteilypakotekerrointa. Tällöin kokonaispäästömäärä on Y-HIILARI-laskurin mukaan huomattavasti pienempi, 3 637,2 kg CO_{2e}, kuin Hiilifiksu järjestö-laskurilla, 14 502 kg CO_{2e}.

5.7 Yhteenveto

Taulukkoon 4 on koottu kaikki laskureissa käytetyt arvot kustakin päästölähteestä. Päästölähteet on jaoteltu välilehtien mukaisesti isompiin kokonaisuuksiin. Taulukossa 0 tarkoittaa päästöiksi ilmoitettua nollaa, kun taas tyhjä tarkoittaa, että kyseistä päästölähdettä ei ole huomioitu. Vihreällä värillä

on korostettu päästölähteet, joiden suuruus on molemmissa laskureissa ollut samankaltainen, prosentuaalisesti 80-100%.

Huomionarvoista on, että Hankinnat- ja Palvelut ja tapahtumat-välilehtien päästöjen osuus on Hiilifiksu järjestö-laskurin mukaisista kokonaispäästöistä 14 742 kg CO₂e eli vain kaksi prosenttia, kun kolmen merkittävimmän päästökokonaisuuden summa on yhteensä 662 023 kg CO₂e. Nämä rajattaessa laskennan ulkopuolelle laskureiden kokonaistulosten välinen yhteneväisyysprosentti on 69.

Y-HIILARI-laskurin mukainen kokonaishiilijalanjälki on 455t CO₂e ja Hiilifiksu järjestö-laskurin 676,8t CO₂e. Suuri ero johtuu laskureiden eri kohderyhmistä Hiilifiksu järjestö-laskurin ollessa spesifioitu järjestötoimintaan, kun taas Y-HIILARI on melko yleispätevä laskuri pohjautuen A Corporate Accounting and Reporting-standardiin. Tämän vuoksi laskureissa on keskitytty eri asioihin. Kuten kuvissa 4 ja 5 nähdään, laskureissa on suuria painotuseroja eri scopejen välillä.

Hiilifiksu järjestö-laskuri on melko tuore ja siinä käytetään laajalti eri lähteitä päästökertoimille. Siinä on myös laajemmin huomioitu eri päästölähteisiin vaikuttavia tekijöitä, kuten jätehuollossa myös kierrättämällä vältetyt päästöt, sekä lentomatksuksessa käytettävä RFI-kerroin. Useampia lähteitä yhdistelemällä muodostettuja päästökertoimia on vähän, mikä lisää tulosten luotettavuutta.

Vaikka Hiilifiksu järjestö-laskurissa ei ole huomioitu nestekaasua, joka on yksi merkittävimmistä päästölähteistä Laserkeskuksen toiminnassa, kokonaisuus on totuudenmukaisempi kuin Y-HIILARI-laskurissa. Täten Laserkeskus Oy:n kokonaishiilijalanjäljen vuodelta 2022 voidaan katsoa olevan laskurilla laskettuna 676,8t CO₂e.

Taulukko 3 Päästölähteiden yhteenveto

Lähde	Y-Hiilari (kg CO2e)	Hiilifiksi järjestö (kg CO2e)	Yhteneväisyys-%
Energia			
Ostosähkö	337532	380553	89
Kaukolämpö	8375	0	
Nestekaasu	34990		
Jätehuolto			
Metalli	47116	248583	19
Kartonki	79	104	76
Paperi	23	336	7
Biojäte	107	54	50
Sekajäte	3224	3305	98
Muovi	519	20	4
Energiajäte	500	265	53
Sähkölaitteet	574	367	64
Vaarallinen jäte	2497	3009	83
Kuljetusten päästöt	8626		
Liikematkustaminen			
Lennot	3637	14502	25
Henkilöauto	4557	4618	99
Bussi	8	84	9
Laiva		3419	
Hotelli	2805	2805	100
Hankinnat			
Paperi		930	
Matkapuhelin		293	
Läppäri		467	
Pöytätietokone		1399	
LED-näyttö		4160	
Metallirunkoinen pöytä		218	
Sähköpöytä		508	
Työpöydän tuoli		340	
Palvelut ja tapahtumat			
Kirjelähetykset		0	
Siivous		2350	
Netti ja soittelu		4060	
Esitteet		17	
Yhteensä kg CO2e	455169	676766	67

6 Pohdinta

Selvitystyön tarkoituksena oli saada selville Laserkeskus Oy:n hiilijalanjälki vuodelta 2022. Hiilijalanjälki laskettiin kahdella eri laskentaohjelmalla, jonka jälkeen niistä saatuja tuloksia verrattiin keskenään. Vertailemalla tuloksia saatiin kattava käsitys yrityksen toiminnan päästöistä.

Selvitystyön tarkoitus oli saada vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

1. Mitkä ovat Laserkeskus Oy:n päästölähteet ja kokonaishiilijalanjälki?
2. Miten laskentatyökalujen tulokset eroavat toisistaan ja mistä se johtuu?
3. Miten yrityksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää?

Hiilijalanjätkilaskenta onnistuttiin toteuttamaan sillä tarkkuudella, kuin se on valmiilla laskureilla mahdollista. Vaikka hiilijalanjätkiselvitys ei ole täydellinen, voidaan sen perusteella kuitenkin määritellä merkittävimmät päästölähteet ja pohtia jatkotoimenpiteitä hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

6.1 Luotettavuus

Epävarmuutta laskentaan toi erilaiset tulkinnat GHG-protokollan mukaisista laskentatavoista ja erityisesti scopen 3 laajempi huomioimattomuus molemmissa laskureissa. Selvitystyössä saadut tulokset eivät ole realistinen lukema yrityksen kokonaishiilijalanjäljestä, vaan ainoastaan suuntaa antava laskelma. Vertailun vuoksi syötetty olemassa olevia tietoja WWF Green Officen Ilmastolaskurin ilmaiseen kokeiluversion, joka antoi sähkönkulutuksen päästöiksi 317,3 tCO₂e ja jätteen 256,8 tCO₂e kokonaispäästö määrän ollessa 603,9 tCO₂e. Tämä vahvisti Y-HIILARI- ja Hiilifiksiu järjestö-laskureiden tulosten olevan oikealla tasolla, ja sen että hiilijalanjätkilaskenta ja siihen liittyvät päästökertoimet ovat hyvin tulkinnanvaraisia niiden vaihdellessa jokaisessa laskurissa.

Laskentatyökalujen tulosten eroja pystyttiin kartoittamaan paneutumalla päästökerrointen taustoihin. Tämä oli ajoittain vaikeaa joidenkin lähteiden

ollessa vanhentuneita tai kokonaan käytöstä poistettuja. Laskennassa käytetyn tiedon tulisi olla mahdollisimman uutta. Oleellista oikeellisen tuloksen kannalta on, että laskennassa käytetään mahdollisimman luotettavia lähtötietoja. Lähes kaikki tiedot olivat primääridataa ja toissijaisiin tietolähteisiin jouduttiin turvautumaan vain joidenkin päästökerrointen osalta.

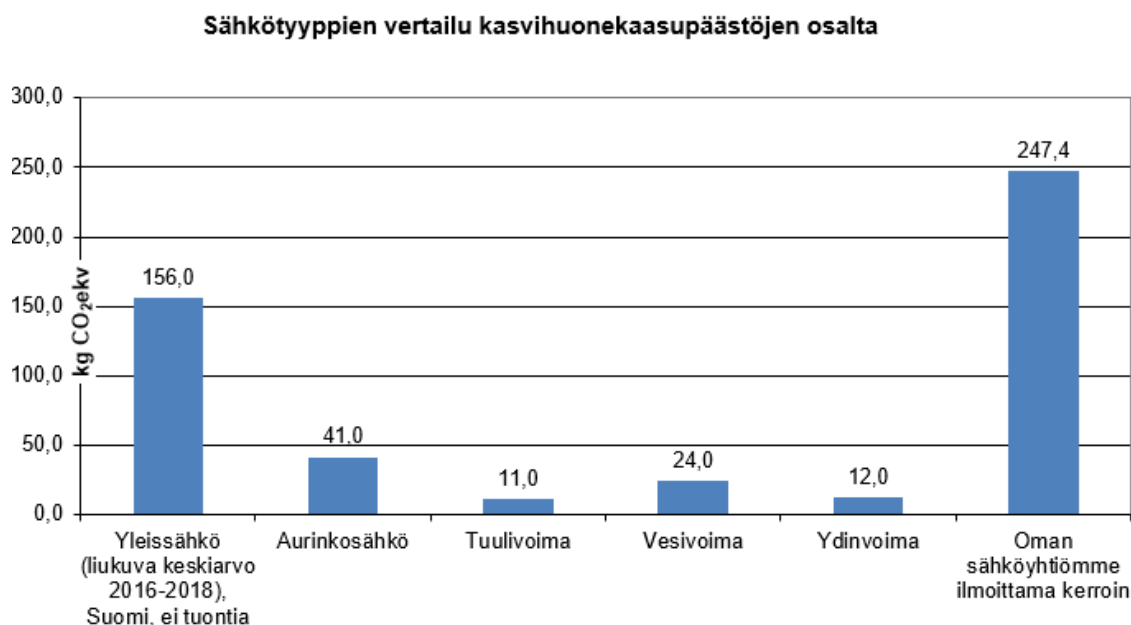
Data syötettiin laskureihin mekaanisesti, ja osa kertoimista piti muuntaa annetusta muodosta laskurin pyytämään muotoon. On täysin laskurikohtaista, ilmaistaanko sähkönkulutus kilo- vai megawattitunteina, tai kulutettu lämpöenergia kilowattitunteina vai megajouleina. Tämä kasvattaa virheen mahdollisuutta.

Kumpikaan laskuri ei täydellisesti sovi Laserkeskuksen tai muunkaan metallialan yrityksen hiilijalanjäljen kokonaisvaltaiseen selvittämiseen. Y-HIILARI on melko yleispätevä laskuri, jossa helppokäyttöisyys on osittain priorisoitu tulosten oikeellisuuden edelle. Valmiiden Excel-pohjaisten, lukittujen taulukkojen rivejä on haastavaa muokata, joten tietojen soveltaminen taulukkoon sopivaksi on vaikeaa. Joidenkin tietojen saamiseksi taulukkoon rivejä olisi pitänyt saada lisätä, esimerkiksi Hiilifiksu järjestö-laskurin Palvelut ja tapahtumat-välilehden Ruokatarjoilut-osio ja siellä oleva ”Muu ruokatuote”, jolle sai syöttää oman päästökertoimen. Tämä olisi voinut olla monistettavissa, jolloin ruokatuotteita olisi voinut lisätä käytännössä rajattomasti. Ruokien valmiit kertoimet olivat määritelty kotiruoka-annosten mukaan, jolloin kertoimet olivat Laserkeskuksen käyttöön liian pieniä. Esimerkiksi sikajuhlissa tarjoiltu ateria ei vastaa valmiiksi määriteltyä porsaanliha-annosta, jossa oletuksena on kinkkukiusaus lisäkkeineen. Tästä syystä ruoka- ja juomatarjoilut jätettiin pois virallisesta laskelmasta.

6.2 Toimenpiteet

Laserkeskus on jo tehnyt toimenpiteitä hiilijalanjälkensä pienentämiseksi, ja alustavasti suunnitteilla on isojakin investointeja. Prosessissa syntyvän hukkalämmön tehokkaampi hyödyntäminen, sähkötrukkeihin siirtyminen sekä

aurinkopaneelien asentaminen tehtaan katolle ovat olleet harkinnassa (Mäki 2022). Tällä hetkellä Laserkeskukselle toimitettu sähkö on siirtoyhtiö Lännen OmaVoima Oy:n mukaan tuotettu 38,4% ydinvoimalla, 32,7% fossiilisilla polttoaineilla ja 28,9% uusiutuvilla energialähteillä.



Kuva 6 Sähkötyyppien vertailu kasvihuonekaasupäästöjen osalta/MWh. Lähde Y-HIILARI-laskuri

Sähkøyhtiö Elkraft tarjoaa vihreän energian sopimusta, jolloin yhtiö ostetun sähköenergian lisäksi hankkii kulutetulle energialle vastaavan määrän alkuperätakuita. Ainakaan toistaiseksi Laserkeskus ei ole tarttumassa kyseiseen sopimukseen, vaikka tämä laskisi sähkönkulutukseen liittyvät päästöt lähes nolnaan. Kuten näemme kuvasta 6, yritys saisi katettua osan sähköntarpeestaan ja näin ollen pienennettyä kokonaispäästöjä jo pelkästään aurinkopaneelien avulla aurinkosähkön kertoimen ollessa 6 kertaa pienempi kuin sähköyhtiön ilmoittama kerroin.

Sähkötrukkeihin siirtyminen ei koko elinkaaren tarkastelun näkökulmasta ole hyvä ajatus, sillä nykyisissä trukeissa on vielä käyttöikä jäljellä. Ekologisempaa on ”käyttää loppuun” nykyinen kalusto sen sijaan, että ne korvattaisiin uusilla.

Kaukolämpö paikalliselta yhtiöltä ei aiheuta Laserkeskukselle suuria kasvihuonekaasupäästöjä, sillä kaukolämpö on tuotettu Kuusiston Sahan kaukolämpölaitoksella. Sahalla lämpö tuotetaan sieltä tulevasta kuoresta ja purusta sekä höyläämöltä jäävästä kutterilastusta (Kuusisto Group n.d.). Puutuotetuotannon sivutuotteet tulkitaan uusiutuviksi energialähteiksi, jolloin kaukolämpötuotannon päästökerroin vuodelta 2022 on 4,7 g/kWh (Salo 2023).

Puuenergian käyttö ei kuitenkaan ole ongelmantonta, ja siitä on käyty keskustelua myös Euroopan parlamentin ympäristövaliokunnassa, joka hyväksyi toukokuussa 2022 uusiutuvan energian direktiivin uudistamiseksi näkemyksen, että primääristä puubiomassaa – pääasiassa jalostamatonta puuta – ei pitäisi enää laskea uusiutuvan energian tavoitteisiin. Puun kasvaessa eli uusiutuessa hitaasti, ja metsien toimiessa tehokkaina hiilivarastoina ja -nieluinä vuotuista hakkuumäärää tulisi pienentää, jotta asetetut ilmastotavoitteet voitaisiin saavuttaa. Pelkästään fossiilisten polttoaineiden korvaaminen ei aina takaa mahdollisimman ympäristöystävällistä lopputulosta.

Metallijätteen käsittelyn päästöt ovat yksi suurimmista kokonaisuuksista hiilijalanjälkilaskelmassa. Jätteen osuus koko materiaalista oli vuonna 2022 etukäteen arvioituna 31%. Paikallinen kiertotaloutta edistävä Materiaalitorityyppinen toiminta toisi yhteen hyödyntämiskelpoisen metallijätteen ja sen hyödyntäjän. Toisaalta taas metallin uusiokäytön kannalta on parempi, että jäte siirtyy mahdollisimman suurina paloina ja erinä jatkokäsittelyyn, jolloin saadaan suurempi ja puhtaampi erä uusiomateriaalia. Onko ilmaston kannalta järkevää hyödyntää kierrätysmateriaalia pienissä erissä vaikkapa käsitoissa, jolloin metallia ei todennäköisesti enää kierrätetä asianmukaisesti, vai kuormittaa kerralla enemmän ympäristöä viemällä lavoittain jätettä jatkokäsittelyyn? Myöskään pelkästään jätteen vähentäminen ei välttämättä takaa ympäristöystävällistä lopputulosta.

Helpoiten yrityksen arjessa kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen onnistuu huomioimalla scopeen 3 kuuluvat päästölähteet eli epäsuorat päästöt kiinnittämällä huomiota valintoihin koskien esimerkiksi logistiikkaa. Kuten koonnista yrityksen lentomatkoista taulukossa 2 nähdään, päästöjä olisi voinut

vähentää 13% huomioimalla välimatkojen pituuden ja suhteuttamalla sen lentomatkustuksen tarpeellisuuteen kyseisellä reitillä. Muilla kulkuneuvoilla liikkumisessa on matkan tarpeellisuuden lisäksi hyvä huomioida käytettävä polttoaine ja sen vaikutukset ympäristöön. Laserkeskuksella on käytössä työsuhdepyöräetu, joka on myös hyvä ja tehokas keino kannustaa vähähiiliseen liikkumiseen. Tämän suhteen voisi järjestää erilaisia haasteita ja kampanjoita, joilla pyöräilijöiden määrän saa nousuun.

Sähköautojen latauspisteiden asentaminen tehtaan parkkialueelle saattaa vaikuttaa positiivisesti päätökseen vaihtaa täyssähkö- tai lataushybridiautoon. Tulkinnanvaraista on, kuuluvatko henkilöstön työmatkaliikenteestä aiheutuvat päästöt yrityksen hiilijalanjälkeen kun yrityksen osoittama työ ei erikseen edellytä autoilua. Yksityisautoilun vähentämiseksi tehdyt toimet vaikuttavat joka tapauksessa positiivisesti myös yrityksen imagoon.

Ennen kaikkea päästövähennystoimet ovat arvokysymys, sillä useimmistakaan toimista ei ole taloudellista tai ajallista hyötyä kuin vasta pidemmällä aikavälillä. Oma hiilijalanjälkeään ja sen pienentämistä on kuitenkin hyvä pohtia jo nyt, jotta yrityksen kilpailukyky säilyy markkinoilla.

Lähteet

Aaltio-Marjosola, I. 1999. Casetutkimus metodisena lähestymistapana. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://metodix.fi/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/>

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 216. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Technology 258. Viitattu 16.2.2023. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Anttila, P. n.d. Case-tutkimus. Ylemmän AMK-tutkinnon metodifoorumi. Virtuaaliammattikorkeakoulu. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://metodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta/#9.2.1%20Tapaustutkimus>

Degerman, R. 2017. Yle. Vastuullinen kuluttaminen lisääntyy, mutta suurinta osaa kiinnostaa eniten hinta ja helppous. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9930079>

Elkraft. n.d. Viitattu 3.12.2022. Saatavissa: <https://elkraft.fi/ymparisto/co2/>

Etteplan. n.d. Elinkaariarviointi. Viitattu 1.3.2023. Saatavissa: <https://www.etteplan.com/fi/ratkaisut/kestava-kehitys/elinkaariarviointi>

Euroopan parlamentti. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? Päivitetty 2022. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>

Fortum.fi. Hiilijalanjäljen pienentäminen on yritykselle kilpailuetu. 2021. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisöille/sahkosopimus/ajankohtaista/hiilijalanjaljen-pienentaminen-yritykselle-kilpailuetu>

Gerres, T., Lehne, J., Mete, G., Schenk S. & Swalec C. 2021. Industry transition. Green steel production: How G7 countries can help change the global landscape. Viitattu 1.2.2023. Saatavissa: <https://www.industrytransition.org/insights/g7-green-steel-production/>

Greenhouse gas Protocol. n.d. Global warming potential values. Viitattu 31.10.2022. Saatavissa: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised edition. Viitattu 5.1.2023. Saatavissa: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Green Carbon. 2021. Kaksoislaskenta: itseään suurempi ongelma. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa: <https://greencarbon.fi/kaksoislaskenta-itsean-suurempi-ongelma/>

Haaspuro, T. & Jaurimaa, A. 2019. Hiilifiksu järjestö -hiilijalanjälkilaskuri. Verkkojulkaisu. Viitattu 6.12.2022. Saatavissa: https://blogs.helsinki.fi/hiilifiksu/files/2019/02/Hiilifiksu-j%C3%A4rjest%C3%B6-laskuri_laskennan-perusteet-1.pdf

Heikinmatti, A. Päivitetty 2023. Yle. Jos terästeollisuus olisi maa, sen hiilijalanjälki olisi maailman kolmanneksi suurin – tässä kolme syytä, miksi terästehtaat muuttuvat vihreämmiksi. Viitattu 1.2.2023. Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20011478>

Heikkinen, V. & Loukola-Ruskeeniemi, K. 2015. Työ- ja elinkeinoministeriö. Metallien jalostus Suomessa: nykytila ja tulvaisuuden haasteet. Viitattu 3.2.2023. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2851374/Metallien+jalostus+Suomessa,+nykytila+ja+tulevaisuuden+haasteet+2015.pdf/8a87a7b3-e3bd-4612-91ec-c6a90a16a5ba/Metallien+jalostus+Suomessa,+nykytila+ja+tulevaisuuden+haasteet+2015.pdf?t=1465371221000>

Heinilä, V. n.d. Ekokompassi. Yrityksen hiilijalanjälki – Ympäristöjohtamisen paras ystävä, vastuuviestinnän oiva apuri. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://ekokompassi.fi/yrityksen-hiilijalanjalki/>

Helen. Päivitetty 2021. Energian ominaispäästöt. Viitattu 6.2.2023. Saatavissa: <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot>

Hiilineutraali Suomi. Päivitetty 2022. Hinku-verkosto. Viitattu 19.2.2023. Saatavissa: <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-fi/hinku>

Huuska, P. 2013. CO2-kokki taulukko. Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

ICAO. n.d. Carbon emissions calculator. <https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx>

Ilmasto- ja energiasanasto 2010. Valtioneuvoston kanslia. 2010. Viitattu 1.3.2023. Saatavissa: [https://vnk.fi/documents/10616/343825/Ilmasto-ja_energiasanasto_2010_\(20100812\).pdf/07e5287b-0c8f-497d-87bd-105ca5bed674](https://vnk.fi/documents/10616/343825/Ilmasto-ja_energiasanasto_2010_(20100812).pdf/07e5287b-0c8f-497d-87bd-105ca5bed674)

Ilmasto-opas. Päivitetty 2018. Kestävä suunnittelu vähentää tuotteiden ilmastovaikutuksia. Viitattu 21.1.2023. Saatavissa: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kestava-suunnittelu-vahentaa-tuotteiden-ilmastovaikutuksia>

Greenhouse Gas Protocol. 2014. Global Warming Potential Values. Viitattu 12.12.2022. Saatavissa: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Järvinen, K. Metallinjalostajat. 2023. Energiakriisiin tarvitaan kestävä ratkaisu. Viitattu 3.2.2023. Saatavissa: <https://metallinjalostajat.teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/energiakriisiin-tarvitaan-kestava-ratkaisu>

Kuusisto Group. n.d. Kiertotalous. Viitattu 11.2.2023. Saatavissa: <https://www.kuusistogroup.com/vastuullisuus/kiertotalous-2/>

Kymenlaakso. n.d. Kone- ja metalliteollisuus. Viitattu 3.2.2023. Saatavissa: <https://ennakointi.kymenlaakso.fi/toimialat/kone-ja-metalliteollisuus>

Laitila. n.d. Energia-asiat ja HINKU. Viitattu 19.2.2023. Saatavissa: <https://www.laitila.fi/palvelut/ymparisto-ja-luonto/energia-asiat/>

Mäki, S. 2022-2023. Suullinen tieto.

Mölsä, S. 2021. Rakennuslehti. Sementin ja teräksen ilmastopäästöt tulevat jo valmistusprosessista – teräs puhdistuu joskus 2030-luvulla vetypelkistyksellä. Viitattu 1.2.2023. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2021/04/sementin-ja-teraksen-ilmastopaastot-tulevat-jo-valmistusprosessista-teras-puhdistuu-pian-vetypelkistyksella/>

Nurmi, V. & Ollikainen, M. 2019. Ympäristöministeriö. Kohti hiilipörssiä? Suomessa esitetyt hiilipörssiin liittyvät aloitteet tutkimuskirjallisuuden ja kansainvälisten kokemusten valossa. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161719/YM_2019_17_Kohti_hiiliporssia.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OpenCO2.net. n.d. Ilmainen päästötietokanta. Viitattu 23.2.2023. Saatavissa: <https://www.openco2.net/fi/hae-paastokertoimia?sortBy=displayValue&sortOrder=asc&page=1>

Outokumpu. n.d. Ruostumattoman teräksen elinkaari. Viitattu 25.12.2022. Saatavissa: <https://www.outokumpu.com/fi-fi/sustainability/environment/circular-economy/stainless-steel-life-cycle>

Pajunen, N. & Toivonen, L. 2022. Sitra. Ilmasto ja energiakriisien ratkaiseminen vaatii puhdasta energiaa – riittävätkö raaka-aineet? Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/artikkelit/ilmasto-ja-energiakriisien-ratkaiseminen-vaatii-puhdasta-energiaa-riittavatko-raaka-aineet/>

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. Menetelmäopetuksen tietovaranto. Viitattu 28.11.2022. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Sausen R. et al. 2005. Aviation radiative forcing in 2000: An update on IPCC (1999). Viitattu 19.2.2023.

Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/224779042_Aviation_radiative_forcing_in_2000_An_update_on_IPCC_1999

Salo, M. 2023. Sähköposti.

Salo, M., Nissinen, A., Mattinen, M., Manninen, K., Dahlbo, H. & Judl, J. 2019. Ilmastodieetti – mihin sen antamat ilmastopainot perustuvat? Viitattu 12.1.2023.

Saatavissa:

https://www.p5.ymparisto.fi/ilmastodieetti_storage/documentation/Laskentaperusteet.pdf

SFS-ISO 14064-1. 2006. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. International Organization for Standardization. Sveitsi: Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 20 s.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kasvihuonekaasut. Tilastokeskus. Viitattu 27.2.2023. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/khki/kas.html>

Teini, J. 2019. TEK. Hiilineutraaliksi asiantuntijaorganisaatioksi, osa 4: päästöjen kompensointi. Viitattu 19.2.2023. Saatavissa: <https://www.tek.fi/fi/uutiset-blogit/hiilineutraaliksi-asiantuntijaorganisaatioksi-osa-4-paastojen-kompensointi>

Toivonen, M. 2021. Green Carbonin webinaarisarja osa 2: Hiilijalanjäljen laskenta käytännössä. Viitattu 11.12.2022. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=gTcWNYVhF_A

VSV-konserni. 2020. Laitilassa sijaitseva yritys – ilmoittaudu mukaan Laitilan kaupungin tarjoamaan energialaskentapalveluun! Viitattu 19.2.2023. <https://vsv.fi/ajankohtaista/laitilassa-sijaitseva-yritys-ilmoittaudu-mukaan-laitilan-kaupungin-tarjoamaan-energiakalkentapalveluun>

VTT Info. 2022. Kyselytutkimus: Vastuullisuus ja digitalisaatio ovat kuluttamisen keskeiset trendit – moni kokee korona-ajan muutokset pysyviksi. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://news.cision.com/fi/vtt-info/r/kyselytutkimus--vastuullisuus-ja-digitalisaatio-ovat-kuluttamisen-keskeiset-trendit---moni-kokee-kor,c3507698>.

World Resources Institute. n.d. Greenhouse Gas Protocol. Viitattu 29.1.2023. Saatavissa: <https://www.wri.org/initiatives/greenhouse-gas-protocol>

WWF Green Office. n.d. Ilmastolaskuri. <https://www.ilmastolaskuri.fi/>

Ympäristöministeriö. n.d. Hallituksen ilmastopoliittika: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

Ympäristöministeriö. n.d. Vapaaehtoiset päästökompensaatiot. Viitattu 26.2.2023. Saatavissa: <https://ym.fi/vapaaehtoiset-paastokompensaatiot>

Y-HIILARI Hiilijalanjälki -työkalu. 2019. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 10.12.2022. Saatavissa: https://www.syke.fi/fiFI/Tutkimus__kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari