

**Veera Vainio, Janne S. Kotiaho, Jutta Mäkinen,  
Laura Ollikainen, Krista Pokkinen, Juulia Räikkönen, Petteri Siika-aho,  
Ilari E. Sääksjärvi, Aliisa Wahlsten & Sami El Geneidy**

# **TURUN YLIOPISTON HIILI- JA LUONTOJALANJÄLKI**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



**TURUN  
YLIOPISTO**

JYU REPORTS 42

Veera Vainio, Janne S. Kotiaho, Jutta Mäkinen,  
Laura Ollikainen, Krista Pokkinen, Juulia Räikkönen, Petteri Siika-aho,  
Ilari E. Sääksjärvi, Aliisa Wahlsten & Sami El Geneidy

# TURUN YLIOPISTON HIILI- JA LUONTOJALANJÄLKI



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



**TURUN  
YLIOPISTO**

JYVÄSKYLÄ 2024

Cover illustration: Hanna Oksanen/Turun yliopisto • University of Turku

Copyright © 2024 Authors and University of Jyväskylä

Permanent link to this publication: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-86-0227-9>

ISBN 978-952-86-0227-9 (PDF)

URN:ISBN:978-952-86-0227-9

DOI: 10.17011/jyureports/2024/42

ISSN 2737-0046



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0).

# Sisältö

Sanasto.....	6
1 Johdanto.....	8
2 Menetelmät.....	10
2.1 Lähtötiedot ja rajaukset .....	10
2.2 Hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmä .....	12
2.2.1 Kulutuksen tyyppi ja määrä .....	12
2.2.2 Luontohaitan ajurit ja maantieteellinen sijainti .....	13
2.2.3 Luontohaitan ajureiden aiheuttama haitta luonnon monimuotoisuudelle.....	17
2.2.4 Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta.....	20
3 Tulokset .....	21
3.1 Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälki vuonna 2022 .....	21
3.1.1 Energia.....	23
3.1.2 Laboratoriolaitteet ja -palvelut .....	26
3.1.3 Koneet, laitteet, IT-tarvikkeet.....	26
3.1.4 Palvelut.....	28
3.1.5 Matkustus- ja kuljetuspalvelut.....	30
3.1.6 Ylläpito, rakentaminen, jätahuolto .....	32
3.1.7 Muut hankinnat .....	34
3.2 Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälki yksiköittäin .....	35
3.3 Luontojalanjäljen maantieteellinen jakautuminen .....	38
3.4 Luontojalanjäljen jakautuminen luontohaitan ajureittain.....	41
4 Tulosten tarkastelu.....	42
4.1 Tulosten vertailu muihin tutkimuksiin .....	42
4.2 Luonto- ja hiilijalanjälkien keskinäinen vertailu .....	44
4.3 Hiili- ja luontojalanjäljen pienentäminen.....	45
4.4 Laskennan kehittäminen .....	48
4.5 Suosituksia seuraaviksi toimenpiteiksi .....	49
Lähteet .....	51
Tekijät.....	57
Liitteet .....	58

## Tiivistelmä

Tässä hankkeessa selvitettiin Turun yliopiston merkittävimpien toimintojen hiili- ja luontojalanjälki vuodelle 2022 Turun ja Jyväskylän yliopistojen välisenä yhteistyönä. Laskentamenetelmä perustuu EXIOBASE-, LC-IMPACT- ja ecoinvent-tietokantoihin, joiden avulla pystytään talouskirjanpitoon perustuen selvittämään eri tuotteiden ja palveluiden aiheuttamat ilmasto- ja luontohaitat sekä niiden maantieteelliset sijainnit. Turun yliopiston luontojalanjälki vuonna 2022 oli 96,7 nBDe (globaali osuus lajeista, jotka ovat riskissä kuolla sukupuuttoon) ja hiilijalanjälki 19 080 t CO<sub>2</sub>e. Energiankäyttö aiheutti 41 % luontojalanjäljestä, ja merkittävänä tekijänä sen taustalla oli puun käyttö energiantuotannossa. Seuraavaksi suurimmat osuudet luontojalanjäljestä aiheutuivat laboratoriolaitteiden ja -palveluiden (18 %), koneiden ja muiden tarvikkeiden (11 %), sekä IT-tarvikkeiden ja -palveluiden (8 %) hankinnoista. Hiilijalanjäljestä energiankulutus aiheutti 8 %. Sitä merkittävämmän osan muodostivat laboratoriolaitteiden ja -palveluiden (24 %), koneiden ja muiden tarvikkeiden (18 %), IT-tarvikkeiden ja -palveluiden (14 %) sekä tutkimus-, koulutus- ja kehityspalveluiden (10 %) hankinnat. Yksiköittäin tarkasteltuna suurin luontojalanjälki aiheutui lääketieteellisen tiedekunnan hankinnoista, erityisesti laboratoriolaitteista ja -palveluista. Suurimman hiilijalanjäljen aiheuttivat yliopiston yhteiset hankinnat, erityisesti IT-tarvikkeet ja -palvelut. Mallinnuksen mukaan Turun yliopiston luontohaitat kohdistuivat maantieteellisesti merkittävilta osin Suomen rajojen ulkopuolelle.

Tämän raportin tulokset ja kehitysehdotukset auttavat tunnistamaan, mitkä organisaation toiminnot aiheuttavat suurimman hiili- ja luontojalanjäljen, ja toimivat siten tukena myös haittojen vähentämisessä. Jatkossa laskentaa voidaan jalkauttaa osaksi Turun yliopiston vuotuista toimintaa ja ympäristövaikutusten seurantaa, ja sitä voidaan tarpeen mukaan kehittää kattavammaksi ja vähemmän manuaalista työtä vaativaksi.

Luontojalanjäljen laskentamenetelmä kokoaa erilaisille lajeille aiheutetun sukupuutto- ja hiilijalanjäljen yhden mittayksikön alle hiilijalanjäljen tavoin. Tämä mahdollistaa organisaatioiden ja kansainvälisten tuotantoketjujen luontojalanjäljen vertailun, sekä luonto- ja hiilijalanjälkien rinnakkaisen laskennan ja tarkastelun. Tulevaisuudessa niin yliopistot kuin muunkinlaiset organisaatiot ympäri maailman voivat hyödyntää tässä raportissa käytettyä menetelmää kehittääkseen ja toteuttaakseen mitattavia strategioita hiilineutraalisuuden ja luontoposiitiivisuuden saavuttamiseksi.

## Abstract

In this project, the carbon and biodiversity footprints of the most significant activities of the University of Turku in 2022 were assessed. The project was a collaboration between the University of Turku and the University of Jyväskylä. The calculation method is based on EXIOBASE, LC-IMPACT, and ecoinvent databases, that can be used to calculate the climate and biodiversity impacts of different products and services based on financial accounts. The biodiversity footprint of the University of Turku in 2022 was 96,7 nBDe (potentially disappeared fraction of species globally) and the carbon footprint 19 080 t CO<sub>2</sub>e.

Energy consumption caused 41 % of the biodiversity footprint, and a significant contributor to that was the use of wood in energy production. Other major causes for the biodiversity footprint were the purchases of laboratory appliances and services (18 %), machinery and equipment (11 %), and IT equipment and services (8 %). Energy consumption contributed to 8 % of the carbon footprint. The purchases of laboratory appliances and services (24 %), machinery and equipment (18 %), IT equipment and services (14 %) and services related to research, education, and development (10 %) contributed to a larger share of the carbon footprint. Examination by unit shows that the Faculty of Medicine had the largest biodiversity footprint, with the purchases of laboratory appliances and services as a major contributor. The largest carbon footprint was caused by the joint procurements of the University, especially the purchases of IT equipment and services. According to the model, geographically a majority of the biodiversity impacts of the University of Turku were located outside of Finland.

The results and suggestions of this report help identify the activities that cause the greatest carbon and biodiversity footprints, and thus also support reducing the footprints. In the future, the assessment can be fused with the annual operations and environmental impact monitoring of the University of Turku, and where necessary, the assessment can be developed to be more comprehensive and less demanding of manual work. The method used in the report assesses the global extinction risk caused to different species under one unit of measurement, similar to a carbon footprint. This makes the comparison of biodiversity footprints of different organizations and international supply chains possible, as well as the parallel calculation and examination of carbon and biodiversity footprints.

In the future, universities as well as other kinds of organizations around the world can utilize the presented methodology to develop and implement measurable strategies towards carbon neutrality and nature positive impacts.

# SANASTO

**Biodiversiteetti, luonnon monimuotoisuus** | Elollisen luonnon monimuotoisuus eri tasoilla, sisältäen lajien sisäisen, lajien välisen sekä ekosysteemien monimuotoisuuden.

**Hankinta** | Organisaation ostama tuote tai palvelu.

**Hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub>e)** | Hiilijalanjäljen yksikkö, joka kuvaa kasvihuonekaasujen (esim. hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi) yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta.

**Hiilijalanjälki** | Kuvaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden (esim. organisaatio tai yksilö) aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä eli negatiivista vaikutusta ilmastolle. Synonyymi ilmastohaitalle.

**Hiilineutraali** | Hiilineutraalisuus saavutetaan, kun nettopäästöt ovat nollassa, eli päästöt ja niiden kompensatiot ovat yhtä suuret. Vrt. luonnon kokonaisuheikentymättömyys.

**Ilmastohaitta** | Ks. hiilijalanjälki.

**Lievennyshierarkia, lieventämishierarkia** | Pyramidimalli, jonka mukaan ihmisen toiminnan aiheuttamia haittoja luonnolle tulisi ensisijaisesti välttää, toissijaisesti minimoida ja viimesijaisesti joko hyvittää ekologisen kompensatiion keinoin toisaalla tai ennallistamalla paikan päällä.

**Luonnon kokonaisuheikentymättömyys** | Luonnon tilan ei sallita heiketä suhteessa nykytilanteeseen. Luonnon kokonaisuheikentymättömyys saavutetaan, kun kompensatiion tuottama hyöty luonnolle on yhtä suuri kuin luontoarvojen heikennys. Vrt. hiilineutraali.

**Luonto** | Elollinen ja eloton luonto maapallolla; maaperä, vesi- ja ilmakehä sekä kaikki niiden sisältämät eliöt ja niiden väliset vuorovaikutussuhteet.

**Luontoekvivalentti (BDe)** | Luontojalanjäljen laskennan yhteismitta, jolla kuvataan ekosysteemityyppien yli yhdistettyä osuutta kaikista maapallon eliölajeista, jotka todennäköisesti häviävät sukupuuttoon luontohaittaa aiheuttavien toimien seurauksena (vrt. PDF). Ekosysteemi-kohtaiset luontohaitat yhdistetään kertomalla maa-, sisävesi- ja meriekosysteemien luontohaitat painoarvoilla, jotka perustuvat kunkin ekosysteemityypin lajien osuuteen koko maailman lajistosta. Yksikköä voidaan käyttää globaalisti erilaisten luontojalanjälkien vertailuun hiilijalanjäljen laskennassa hyödynnetyn hiilidioksidiekvivalentin tapaan.

**Luontohaitta** | Ihmistoiminnan, kuten maankäytön, aiheuttama negatiivinen vaikutus eli haitta luonnolle. Ks. luontojalanjälki.

**Luontohaitan ajuri** | Luontohaitan suora aiheuttaja kuten maan- ja vedenkäyttö, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saasteet ja roskaantuminen tai haitalliset vieraslajit.

**Luontojalanjälki** | Kuvaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden (esim. organisaatio tai yksilö) aiheuttamia haittoja eli negatiivisia vaikutuksia luonnolle ja luonnon monimuotoisuudelle. Ks. luontohaitta.

**Luontokato, luonnon köyhtyminen** | Ihmisen toiminnan aiheuttama luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen kaikkialla maapallolla.

**PDF** (potentially disappeared fraction of species) | Luontojalanjäljen yksikkö, joka kuvaa potentiaalista osuutta lajeista, jotka ovat riskissä kuolla sukupuuttoon luontohaittaa aiheuttavien toimien seurauksena.



# 1 JOHDANTO

Ihmistoiminta on heikentänyt voimakkaasti maa- ja vesiekosysteemien tilaa ja kiihdyttänyt luontokatoa eli luonnon köyhtymistä (IPBES 2019). On arvioitu, että maapallon noin kahdeksasta miljoonasta eliölajista noin miljoona on tällä hetkellä uhanalaisia, eli ne ovat vaarassa hävitä sukupuuttoon seuraavien vuosikymmenten aikana (IPBES 2019).

Kuluneen vuosikymmenen 2011–2020 kansainvälisistä luontotavoitteista yhtäkään ei saavutettu kokonaisuudessaan, vaikka positiivista kehitystä tapahtuikin joidenkin tavoitteiden kohdalla (CBD 2020). Luonnon köyhtyminen jatkuu edelleen. Merkittävimmät suorat luontokadon ajurit eli aiheuttajat ovat maan- ja merenkäyttö, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saasteet ja roskaantuminen sekä haitalliset vieraslajit (IPBES 2019). Suorien luontokadon ajurien taustalla ovat puolestaan epäsuorat ajurit, jotka liittyvät esimerkiksi väestön määrään, ihmisten arvoihin ja kulutuskäyttäytymiseen. Luontokadon ja ilmastonmuutoksen torjunnan epäonnistuminen on nostettu vaikutuksiltaan kolmen vakavimman seuraavan vuosikymmenen aikana ihmiskuntaa uhkaavan globaaliriskin joukkoon (WEF 2024). Kansainvälinen tiedeyhteisö on todennut, että ilmastonmuutoksen rajoittaminen ja luonnon köyhtymisen pysäyttäminen ovat toisiaan tukevia tavoitteita ja ne on ratkaistava samanaikaisesti (Pörtner ym. 2021).

Ilmastonmuutoksen ja luonnon köyhtymisen pysäyttäminen vaativat toimia kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Hiilijalanjälkeä käytetään jo yleisesti organisaatioissa ilmastohaittojen arviointiin ja laskelmiin pohjautuvien ohjauskeinojen pohdintaan. Vastaavalla tavalla organisaatiot voivat jo arvioida luontojalanjälkeään eli luontohaittojaan (Bull ym. 2022; El Geneidy ym. 2021a, 2021b, 2023; Peura ym. 2023; Pokkinen ym. 2023, 2024). Vaikka työkalujen käyttö ei ole vielä levinnyt yhteiskunnassa yhtä laajalle kuin hiilijalanjälki, uusia työkaluja ja mittareita kehitetään ja otetaan tällä hetkellä käyttöön jatkuvasti (Crenna ym. 2020; Damiani ym. 2023; Lammerant ym. 2022; Sanyé-Mengual ym. 2023). Jotta organisaatiot voisivat kehittää tehokkaita strategioita ja ohjauskeinoja hiili- ja luontojalanjäljen pienentämiseksi, tulee niiden tietää, mitkä organisaation toiminnot aiheuttavat merkittävimmän jalanjäljen.

Luontojalanjäljen laskeminen vaatii usein enemmän tietoa verrattuna hiilijalanjäljen laskemiseen (El Geneidy ym. 2023; Marques ym. 2017; Pokkinen ym. 2024; Verones ym. 2021). Ilmasto on yhteinen koko maapallolle, eikä sen kannalta ole välttämättä merkitystä, missä päästö aiheutetaan. Sen sijaan luonto ja sen monimuotoisuus on aina paikallista, eli se on erilaista eri paikoissa. Luontojalanjäljen laskennassa tarvitaan siis tieto siitä, missä ajurit eli luontohaitan aiheuttajat, kuten maankäyttö tai saastuminen, tapahtuvat. Luontojalanjäljen kannalta on merkitystä myös sillä, aiheutetaanko luontohaittaa luonnon monimuotoisuudeltaan arvokkailla vai vähemmän arvokkailla alueilla.

Tässä raportissa esitetty laskenta perustuu Jyväskylän yliopistossa kehitettyyn hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmään (El Geneidy ym. 2021a, 2023; Peura ym. 2023; Pokkinen ym. 2023; Pokkinen ym. 2024). Tässä Jyväskylän ja Turun yliopistojen yhteishankkeessa laskettiin Turun yliopiston vuonna 2022 tekemien hankintojen hiili- ja luontojalanjälki. Turun yliopiston monitieteinen tutkimuksen ja koulutuksen paletti toimii hyvänä testialustana menetelmän käyttöönotolle ja mahdollistaa laskennan testaamisen ja kehittämisen erilaisten organisaatioiden tarpeisiin.

Tässä raportissa kuvataan hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmän perusteet ja raportoidaan tulokset Turun yliopistolle sekä kokonaisuutena että yksiköittäin jaoteltuna. Raportin lopussa kuvataan laskentamenetelmän kehitystarpeita ja laskennan jalkauttamisessa huomionarvoisia asioita, sekä esitetään toimenpide-ehdotuksia hiili- ja luontojalanjälkien pienentämiseksi.

## 2 MENETELMÄT

### 2.1 Lähtötiedot ja rajaukset

Turun yliopisto on monitieteinen ja kansainvälisesti verkostoitunut tiedeyliopisto, jolla on 8 tiedekuntaa. Yhteisö koostuu 22 000 opiskelijasta ja 4 000 henkilöstön jäsenestä. Yliopiston pääkampus sijaitsee Turussa, ja pienemmät kampusalueet Porissa ja Raumalla. Lisäksi Turun yliopistolla on yksittäisiä tutkimusasemia ja kiinteistöjä esimerkiksi Seilin ja Ruissalon saarilla ja Utsjoen Kevolla.

Turun yliopisto on Suomessa tällä hetkellä ainoa yliopisto, jolla luonnon monimuotoisuus on nostettu strategiassa omaksi monitieteiseksi teemakseen, ”luonnon monimuotoisuus ja kestävyys”. Turun yliopistossa toimii monitieteinen biodiversiteettiyksikkö, jonka tekemä tutkimus ja opetus liittyvät luonnon monimuotoisuuteen ja luonnon köyhtymisen hidastamiseen. Strategian luontotavoitteita on toteutettu erityisesti biodiversiteettiyksikön johtaman LUMO-hankkeen avulla vuosien 2021–2023 aikana. LUMO-hankkeen tavoitteena on ollut jalkauttaa luonnon monimuotoisuus ja kestävyys laaja-alaisesti Turun yliopiston monitieteiseen tutkimukseen, opetukseen, yhteiskunnalliseen vuorovaikutukseen sekä yliopiston omaan johtamiseen ja toimintaan. Vahva kiinnostus biodiversiteettityöhön näkyy myös siinä, että Turun yliopisto on yksi kansainvälisen Nature Positive Universities -verkoston perustajajäsenistä.

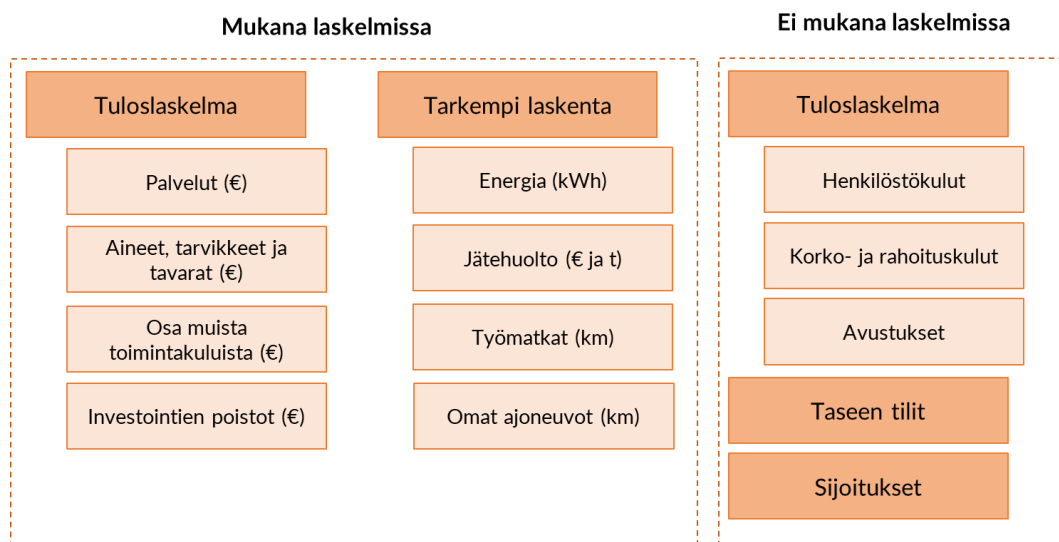
Turun yliopiston biodiversiteettitoiminnan kehittämiseksi ensisijaista on kartoittaa toiminnan vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen ja tunnistaa niistä merkittävimmät luontokadon tekijät. Tätä varten yksi keskeisiä tehtäviä hankkeelle on ollut laskea Turun yliopiston luontojalanjälki. Vuosina 2021 ja 2022 Turun yliopiston luontojalanjäljen laskennan suunnittelussa haluttiin huomioida nykytietämyksellä parhaimmat menetelmät, mittarit ja yksiköt, mitkä tällä vuosikymmenellä ovat tiedossa ja käytettävissä. Lisäksi Turun yliopistossa haluttiin ottaa mallia hyväksi todetusta ja toimivasta menetelmästä, jotta luontojalanjälki saataisiin laskettua parhaalla mahdollisella tavalla. Monitieteisessä Jyväskylän yliopistossa luontojalanjälki on laskettu onnistuneesti useana vuonna (El Geneidy ym. 2021a; 2023; Vainio ja El Geneidy

2021). Siksi Turun yliopiston luontojalanjälki laskettiin yhteistyössä Jyväskylän yliopiston kanssa. Hankkeen tavoitteena oli myös lisätä Turun ja Jyväskylän yliopistojen välistä yhteistyötä luonnon monimuotoisuuden ja kestävyys tutkimuksessa.

Vuonna 2023 toteutettiin luontojalanjäljen varsinainen laskenta ja vuonna 2024 laskenta tullaan jalkauttamaan osaksi yliopiston vuotuista toimintaa. Turun yliopisto on laskenut vuosittain hiilijalanjälkeään jo vuodesta 2019 alkaen. Siihen liittyvän tiedonkeruun rakenteita ja tuloksia hyödynnettiin osittain nyt käsillä olevassa hankkeessa, vaikka menetelmä tässä laskennassa onkin hieman erilainen. Hiili- ja luontojalanjäljen laskennan jalkauttamisessa huomioidaan molemmat laskentamenetelmät, jotta laskennasta saadaan mahdollisimman helposti toistettavissa oleva vuosittainen rutiini yliopistolle. Tulevaisuudessa tavoitteena on jalkauttaa laskentamenetelmä myös Turun yliopiston ylioppilaskunnan käyttöön koko yliopistoyhteisön luontojalanjäljen selvittämiseksi. Esimerkiksi Jyväskylän yliopiston ylioppilaskunta on jo laskenut hiili- ja luontojalanjälkeään yliopiston rinnalla (Pokkinen ym. 2023).

Tämän raportin kuvaamassa yhteishankkeessa selvitettiin luonto- ja hiilijalanjälki koko Turun yliopisto-organisaation varsinaiselle toiminnalle vuoden 2022 osalta. Laskennan ulkopuolelle rajattiin organisaation sijoitustoiminta, henkilöstön ja opiskelijoiden kotimatkat, opiskelijavaihdot sekä kampuksella tapahtuva ruokailu. Hiilijalanjälkilaskennassa käytetyn scope-jaottelun mukaan laskenta sisältää ajoneuvojen käytön suorat päästöt (scope 1), ostoenergian päästöt (scope 2) ja muut arvoketjun epäsuorat päästöt (scope 3).

Lähtötietoina selvityksessä toimivat Turun yliopiston vuoden 2022 talouskirjanpidon varsinaisen toiminnan tuloslaskelma, sekä tiedot energiankulutuksesta, ajoneuvojen käytöstä, kuljetuista työmatkoista ja kerätyistä jätemääristä (Kuva 1).



Kuva 1. Laskelmassa mukana olevat ja pois rajatut osa-alueet. Suluissa kulutusyksikkö, jonka perusteella haittoja on laskettu.

## 2.2 Hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmä

Tässä hankkeessa on sovellettu ja kehitetty Jyväskylän yliopistossa kehitettyä hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmää (El Geneidy ym. 2021a, El Geneidy ym. 2023). Luontohaitan laskemiseksi tarvitaan käytännössä neljä asiaa: 1) tarkasteltavan asian kulutuksen määrä, 2) kulutuksen aikaansaaman luontohaitan aiheuttajan eli ajurin tyyppi ja määrä, 3) luontohaitan ajurin maantieteellinen sijainti, sekä 4) luontohaitan ajurin aikaansaama haitta luonnon monimuotoisuudelle (Kuva 2). Luontohaitan ajurit, joiden kautta Turun yliopiston luontojalanjälkeä tarkastellaan, ovat maankäyttö, luonnonvarojen suora hyödyntäminen (vedenkäyttö), ilmastonmuutos ja saasteet (Taulukko 1).



Kuva 2. Luontojalanjäljen laskentaan tarvittavat elementit.

### 2.2.1 Kulutuksen tyyppi ja määrä

Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta toteutettiin hyödyntäen Turun yliopiston talouskirjanpitoa, joka sisälsi organisaation tekemät aineiden, tavaroiden ja palveluiden ostot (varsinaisen toiminnan kulutit). Lisäksi laskennassa hyödynnettiin muuta kirjanpitoa energiankulutuksesta (MWh), jätemääristä (t), eri kulkuneuvoilla matkustamisesta (km) sekä yliopiston omien ajoneuvojen ajosuoritteista (km).

Eri yksiköiden tekemät hankinnat olivat eroteltavissa talouskirjanpidosta. Kirjanpidon summat oli ilmoitettu euroissa ilman arvonlisäveroa. Kirjanpitoaineistosta huomioitiin luonto- ja hiilijalanjäljen kannalta relevantit tilit. Laskennassa huomioidut tilit ovat nähtävissä Liitteessä 2.

Hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmä hyödyntää EXIOBASE-tietokantaa, joka on ympäristölaajennettu monialueellinen panos-tuotostietokanta (environmentally extended multi-regional input-output database, EEMRIO). Se sisältää aineistoja eri valtioiden ja alueiden välillä liikkuvista vienti- ja tuontivirroista sekä niiden aiheuttamien luontohaittojen ajureista toimialasektoreittain (Stadler ym. 2018). Kirjanpitoaineiston jokaiselle tilille valittiin sopiva

vastine EXIOBASE-tietokannan 200 tuotekategoriasta. Joissain tapauksissa oli tarpeen käyttää keskiarvoa kahdesta tai useammasta tuotekategoriasta.

Tarkasteltu Turun yliopiston kirjanpitoaineisto oli vuodelta 2022. EXIOBASE-tietokannan taloudelliset tiedot taas perustuvat vuoden 2019 aineistoihin, joten kirjanpidon summat oli muutettava vastaamaan vuoden 2019 hintoja. Muunnos tehtiin vähentämällä vuoden 2022 hinnoista kuluttajahintaindeksin mukainen inflaation vaikutus tuotekategoriakohtaisella inflaatiokertoimella (Tilastokeskus 2023a). Turun yliopiston kirjanpidon sisältämät hinnat ovat myös ns. ostajanhintoja (määritelmä: Tilastokeskus 2023b), mutta EXIOBASE:n hinnat taas perushintoja (määritelmä: Tilastokeskus 2023c). Turun yliopiston kirjanpidon hinnat muutettiin perushinnoiksi ottamalla huomioon tuoteverot, tuotetuet, kaupan ja kuljetuksen lisät ja arvonalisävero. Muunnos tehtiin tuotekategoriakohtaisella hintakorjauskertoimella (El Geneidy ym., 2023). Käytännössä nämä muunnokset pienentävät laskennassa käytettäviä euromääriä suhteessa kirjanpidon hintoihin (Kaava 1).

Kaava 1.

$$\begin{aligned} \text{Perushinta} = & \text{Ostajanhinta} - (\text{Ostajanhinta} \times \text{Inflaatiokerroin}) \\ & - (\text{Ostajanhinta} \times \text{Hintamuunnoskerroin}) \end{aligned}$$

## 2.2.2 Luontohaitan ajurit ja maantieteellinen sijainti

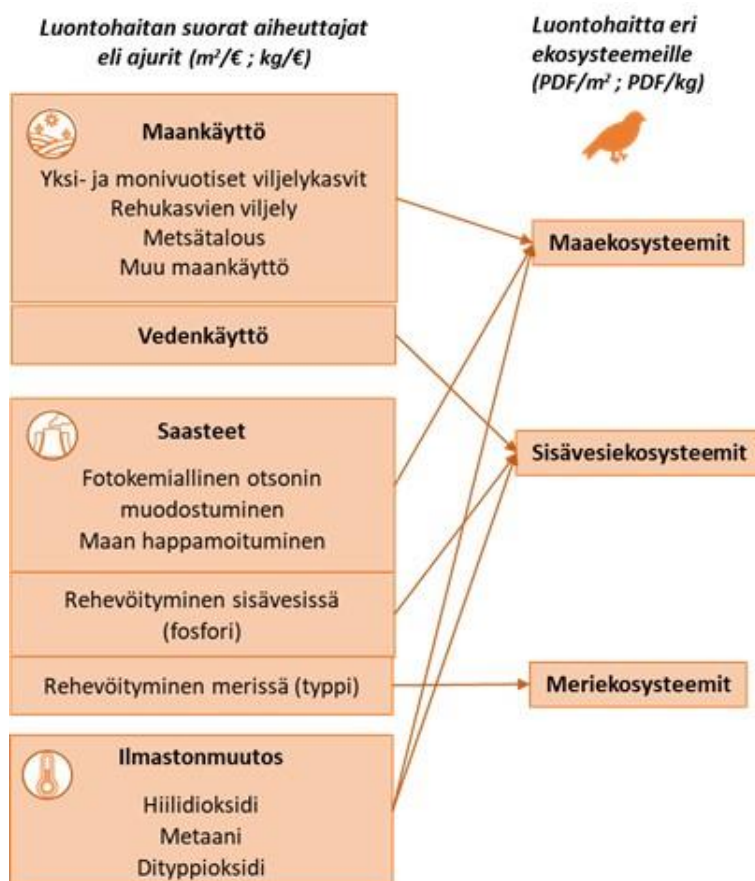
### Talouskirjanpitoon perustuva laskenta

EXIOBASE-tietokanta yhdistää eri tuotekategorioiden taloudellisen kulutuksen ja tuotannon ympäristövaikutuksiin eli luontohaittaa aiheuttaviin suoriin ajureihin. EXIOBASE-tietokanta huomioi keskimääräiset haitat koko tuotteiden ja palvelujen elinkaaren alalta, eli esimerkiksi tuotteiden kohdalla niiden alkutuotannosta, valmistuksesta, pakkauksista ja kuljetuksesta syntyvät haitat.

Käytetty EXIOBASE-tietokannan versio 3.8.2 sisältää aineistot 200:sta tuotekategoriasta 44:ssä valtiossa ja viidellä laajemmalla alueella, joihin loput valtiot jakautuvat (Stadler ym. 2018, 2021). EXIOBASE:n luontohaitan ajureiden kertoimien (ajurin määrä/€) alkuperävuosi riippuu tarkasteltavasta luontokadon ajurista. Kaikki kertoimet ovat vuodelta 2019, mutta esimerkiksi maankäytön osalta alkuperäiset kertoimet ovat vuodelta 2011 ja kertoimien suuruus vuonna 2019 perustuu mallinnukseen kertoimien suuruuden kehittymisestä (Stadler ym., 2021).

EXIOBASE-tietokannan avulla saadaan laskettua, kuinka suuri määrä luontohaitan ajuria, kuten tietynlaista maankäyttöä tai kasvihuonekaasupäästöjä, aiheutuu kansainvälisesti tietyn

tuotteen taloudellisesta kulutuksesta Suomessa. Ajureista tarkastellaan maankäytön (15 maankäyttökategoriaa, esim. metsätalous ja liharajan laidunnus) lisäksi saasteita (5 kategorialla, esim. typpi- ja fosforipäästöt), ilmastonmuutosta (hiilidioksidi-, typpidioksidi- ja metaanipäästöt) sekä vedenkäyttöä (Kuva 3).



Kuva 3. Luontojalanjäljessä huomioidut haitan suorat aiheuttajat eli ajurit eri ekosysteemityypeille. Esimerkiksi maaekosysteemien luontojalanjäljessä on huomioitu maankäytön, saasteiden ja ilmastonmuutoksen vaikutukset.

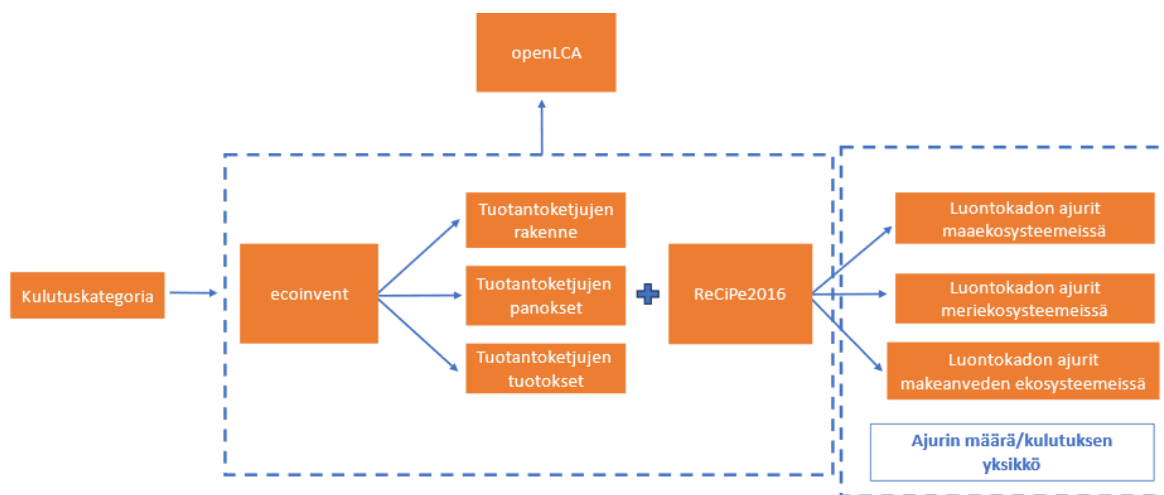
EXIOBASE-tietokannasta saadaan myös tieto siitä, miten Suomessa kulutetun tuotekategorian vaikutukset jakautuvat valtioittain. Valtioita tietokannassa on 44 (mm. Suomi ja monet Euroopan maat käsitellään erillisinä valtioina). Viisi laajempaa aluetta ovat Afrikka (Etelä-Afrikka erillisenä valtiona 44 valtion joukossa), Väli- ja Etelä-Amerikka (Brasilia ja Meksiko erillisinä valtioina), Aasia ja Tyynenmeren alue (Kiina, Japani, Indonesia, Etelä-Korea ja Intia erillisinä valtioina), Lähi-itä ja Eurooppa sisältäen pieniä valtioita ja saarivaltioita, kuten Vatikaani ja Islanti.

EXIOBASE-tietokanta kattaa 200 tuotekategoriaa, jolle voidaan laskea maakohtaiset luontohaitan ajurien määrät. Tuotekategorioita ovat esimerkiksi sähkölaitteet, painotuotteet, tuulivoimalla tuotettu sähkö ja IT-palvelut. Tuotteita tarkastellaan siis melko karkealla tasolla, eikä EXIOBASE:n avulla toistaiseksi voida vertailla tuotekategorian sisällä olevia tuotteita

keskenään. Menetelmä ei myöskään mahdollista vaihtoehtoisen tuotantotavan, kuten luomutuotannon tai vähäpäästöisemmän tuotantoprosessin vaikutusten tarkastelua.

### Muuhun kirjanpitoon perustuva laskenta

Turun yliopiston toiminnasta oli saatavilla talouskirjanpidon ohella myös muunlaista kulutusdataa, joka kertoo esimerkiksi energiankulutuksesta (MWh), eri kulkuneuvoilla matkustamisesta (km) sekä yliopiston omien ajoneuvojen ajosuoritteista (km). Näitä kulutusyksiköitä vastaavat luontohaitan ajurit voidaan johtaa EXIOBASE-tietokannan sijaan ecoinvent-tietokannan (Wernet ym., 2016) ja ReCiPe2016-menetelmän (Huijbregts ym., 2017) avulla (Kuva 4).



Kuva 4. Luontohaittakertoimien muodostaminen ecoinvent- ja ReCiPe-tietokantojen avulla.

Tämä lähestymistapa perustuu yksittäisten tuotteiden tai palveluiden tuotantoketjujen elinkaariarviointiin (life cycle assessment, LCA), jonka avulla on mahdollista arvioida ympäristövaikutuksia tuotteen valmistuksesta kuljetukseen, käyttöön ja käytöstä poistoon asti (Huijbregts ym., 2017). Elinkaarivaikutusten arvioinnin (life cycle impact assessment, LCIA) avulla voidaan muodostaa haittakertoimia, jotka ilmaisevat aiheutuneen ympäristövaikutuksen kulutusyksikköä kohden (esim. kg CO<sub>2</sub>e/MWh tai PDF/km).

Haittojen laskennassa hyödynnettiin ecoinvent-tietokantaa, josta saadaan selville tuotteiden ja palveluiden tuotantoketjujen rakenne, niiden tarvitsemat tuotantopanokset (esim. käytetyt luonnonvarat), sekä tuotannon aiheuttamat tuotokset (esim. ilmansaasteiden määrä). ReCiPe2016-menetelmän avulla koko tuotantoketjun panokset ja tuotokset niputetaan yhteen, jolloin voidaan arvioida luontohaitan ajureiden määrää valmista tuotetta tai palvelua kohden. Varsinainen laskenta tehdään openLCA-elinkaarilaskentaohjelmalla, jossa ecoinvent-tietokannan ja ReCiPe2016-menetelmän yhdistäminen ja analysointi on mahdollista.

Tarkasteltavien kulutustuotteiden (tarvittavat energiantuotannon muodot, tarvittavien kulkuneuvojen käyttö) elinkaari- ja tuotantoketjut muodostetaan ecoinvent-tietokannan avulla. Elinkaari- ja tuotantoketjuja rajattiin tarvittaessa toiminnolla, joka rajaa tietokannan tuotantoketjujen kokoa ja



tekee laskennasta kevyempää (engl. cutoff; laskennassa käytetty arvo oli joko 1E-9 tai ei lainkaan rajausta). Tuotteiden elinkaarivaikutukset arvioidaan ReCiPe2016-menetelmän avulla. Laskennassa huomioitiin luontohaitan ajureista maaekosysteemien osalta maankäyttö (maatalousmaa ja kaupunkien maankäyttö), maaperän happamoituminen, valokemiallisten hapettimien muodostuminen ja ilmastonmuutos, sisävesiekosysteemien osalta rehevöityminen, vedenkäyttö ja ilmastonmuutos sekä meriekosysteemien osalta rehevöityminen.

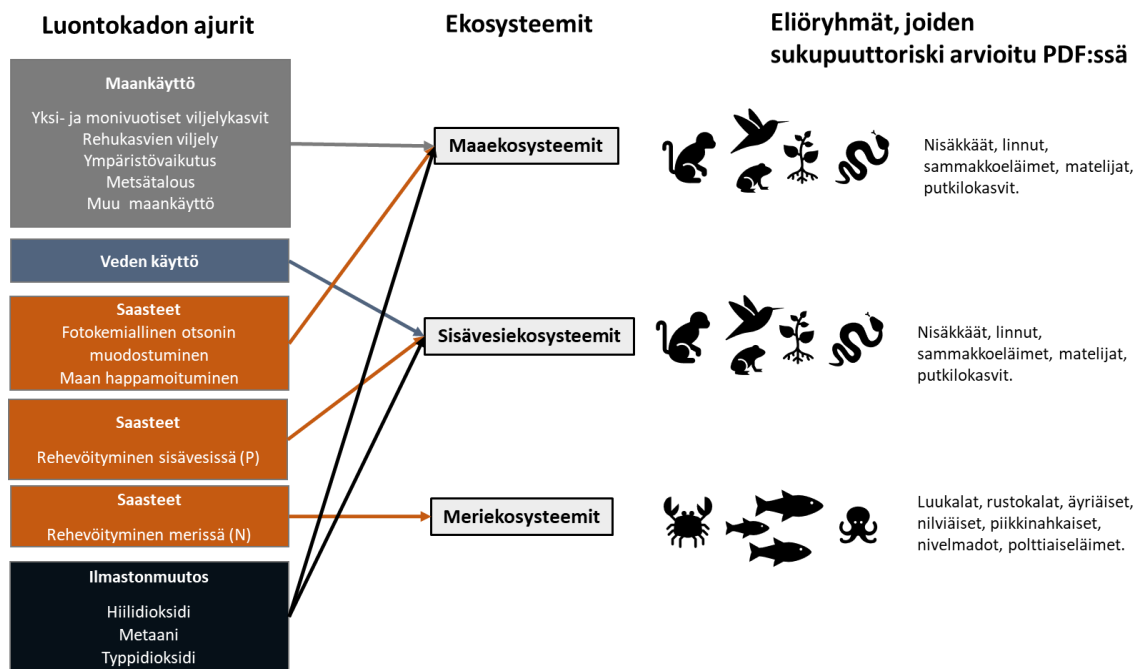
Eri laskentamenetelmillä lasketut tulokset voidaan yhdistää, vaikka onkin huomionarvoista, että tarkasteltavat luontohaitan ajurit vaihtelevat eri kulutuskategorioiden välillä (Taulukko 1). Kyse on kuitenkin pienestä osasta organisaation kulutusta, joten vaikutus kokonaistuloksiin on vähäinen.

Taulukko 1. Laskennassa huomioidut luontohaitan suorat ajurit kulutuksen pääryhmittäin.

Luontohaitan ajuri	Kulutuksen pääryhmä		
	Energia	Työmatkat ja ajoneuvot	Materiaalit, palvelut ja muut hankinnat
<b>Maan- ja merenkäyttö</b>			
<i>Viljelysmaa</i>	X	X	X
<i>Laidunmaa</i>	X	X	X
<i>Metsätalousmaa</i>	X	X	X
<i>Urbaani maankäyttö</i>	X	X	-
<i>Muu maankäyttö</i>	-	-	X
<b>Luonnonvarojen suora hyödyntäminen</b>			
<i>Vedenkäyttö</i>	X	X	X
<i>Ylikalastus</i>	-	-	-
<b>Ilmastonmuutos</b>			
<i>CO<sub>2</sub></i>	X	X	X
<i>CH<sub>4</sub></i>	X	X	X
<i>N<sub>2</sub>O</i>	X	X	X
<b>Saasteet</b>			
<i>Happamoituminen</i>	X	X	X
<i>Rehevöityminen</i>	X	X	X
<i>Valokemiallinen hapettuminen</i>	X	X	X
<i>Ekotoksisuus</i>	-	-	-
<b>Haitalliset vieraslajit</b>	-	-	-

### 2.2.3 Luontohaitan ajureiden aiheuttama haitta luonnon monimuotoisuudelle

Luontohaitan laskennassa tarvitaan LC-IMPACT-tietokantaa, jonka avulla voidaan laskea, kuinka paljon tietty luontohaitan ajuri aiheuttaa luontohaittaa (Verones ym. 2020). Luontohaitan mittarina käytetään osuutta kaikista maailman lajeista, jotka todennäköisesti häviävät eli kuolevat sukupuuttoon globaalisti (PDF, potentially disappeared fraction of species globally) jos luontohaitan ajurit säilyvät muuttumattomina. Indikaattorin taustalla on laajoja aineistoja ja tutkimuksia lajien levinneisyyksistä ja uhanalaisuudesta sekä eliöryhmien herkkyydestä eri ajureille (Verones ym. 2020). Luontohaitta on arvioitu erikseen maaekosysteemien, sisävesiekosysteemien ja meriekosysteemien lajistoille. Kuva 5 havainnollistaa, mitkä luontohaitan ajurit on huomioitu eri ekosysteemityyppeihin kohdistuvissa luontohaitoissa. Esimerkiksi vedenkäyttö sisältyy vain sisävesiekosysteemeihin kohdistuvaan luontohaittaan.

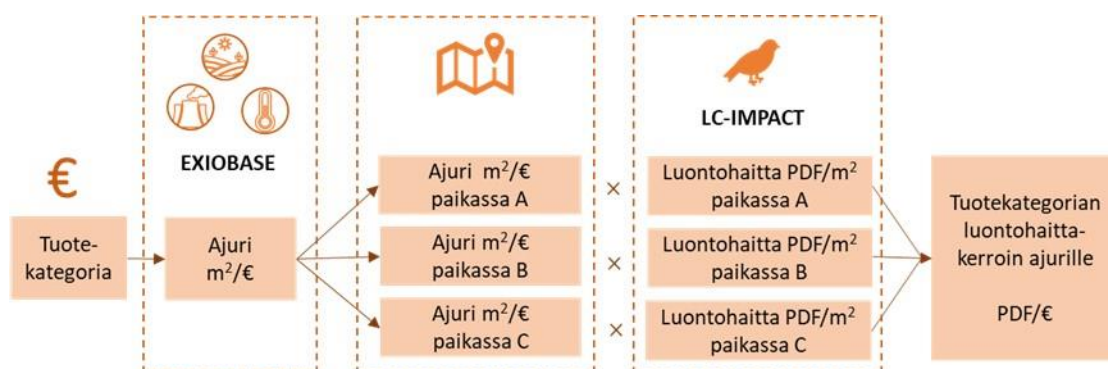


Kuva 5. Luontojalanjäljen laskennassa huomioidut luontokadon ajurit eri ekosysteemeille ja eliöryhmille, joiden sukupuuttoriski on arvioitu luontohaitan mittarissa (PDF).

LC-IMPACT-tietokanta tarjoaa maakohtaiset luontohaittakertoimet eri ajureille maittain (244 maata). Luontohaittakertoimet ovat esimerkiksi muotoa PDF/m<sup>2</sup> tai PDF/kg, sillä tietty määrä luontohaitan ajuria aiheuttaa eri määrän globaalia luontohaittaa eri maissa. Luontohaittakertoimet (globaali PDF/yksikkö luontohaitan ajuria) ovat tyypillisesti suurimpia biodiversiteetiltaan rikkailla alueilla, kuten päiväntasaajan seuduilla. Luontohaittojen maantieteellisen sijainnin selvittämisessä hyödynnetään Pymrio-ohjelmaa, joka on avoimen lähdekoodin työkalu

tietokantojen arvoketjujen analysointiin (Stadler ym. 2021, Stadler 2023). Kun EXIOBASE-tietokannasta on saatu tietyn tuotekategorian aiheuttama tietyn luontokadon ajurin määrä ja sen jakautuminen eri maihin, maakohtaiset ajurit (esim.  $\text{m}^2/\text{€}$ ) kerrotaan maakohtaisilla luontohaittakertoimilla (esim.  $\text{PDF}/\text{m}^2$ ) (Kuva 6). Koska LC-IMPACT-tietokanta sisältää tarkemman maakohtaisen jaottelun, eli enemmän erillisiä maita kuin EXIOBASE-tietokanta, esimerkiksi Afrikka-alueeseen kohdistuva ympäristövaikutus jaetaan LC-IMPACT-tietokannan Afrikka-alueeseen kuuluvien maiden kesken, jotta aineistot saadaan yhdistettyä. Tulokseksi saadaan maakohtaiset  $\text{PDF}/\text{€}$ -kertoimet, joiden summa on lopulta tuotekategorian luontohaittakerroin ( $\text{PDF}/\text{€}$ ) tietylle luontokadon ajurille (Kuva 6).

Kun tämä on tehty kaikille eri luontohaitan ajureille, saman ekosysteemityypin luontohaittakertoimet summataan yhteen ja tulokseksi saadaan lopulta globaalit luontohaittakertoimet maaekosysteemeille, sisävesiekosysteemeille ja meriekosysteemeille muodossa  $\text{PDF}/\text{€}$  (Kuva 4).



Kuva 6. Kaaviokuva EXIOBASE- ja LC-IMPACT-tietokantojen yhdistämisestä luontohaittakerointen muodostamiseksi. Esimerkissä tuotekategoria (200 eri tuotekategoriaa) saa aikaan luontokadon aiheuttajaa eli ajuria (15 eri ajuria) tietyn määrän, kuvan esimerkissä muodossa  $\text{m}^2/\text{€}$ . Ajuri kohdennetaan Pymrio-ohjelman avulla yhteensä 49 eri maahan tai laajempaan alueeseen. Maakohtaiset ajurit ( $\text{m}^2/\text{€}$ ) kerrotaan maakohtaisilla luontohaittakertoimilla ( $\text{PDF}/\text{m}^2$ ) ja näiden tulojen summa on ajurin luontohaittakerroin tuotekategorialle muodossa  $\text{PDF}/\text{€}$ .

Eri ekosysteemeihin kohdistuvat luontohaitat sisältävät eri eliöryhmiä (Verones ym. 2020). Maaekosysteemeihin ja makeanveden ekosysteemeihin kohdistuvat luontohaitat huomioivat nisäkkäät, linnut, sammakkoeläimet, matelijat, perhoset ja putkilokasvit. Maaekosysteemeihin kohdistuvan luontohaitan taustalla on tutkimustietoa esimerkiksi siitä, miten erilaiset maankäyttömuodot muuttavat elinympäristöjä, miten ilmastonmuutos muuttaa elinympäristöjen levinneisyyksiä ja miten maan happamoituminen vaikuttaa kasvien lajimäärään. Sisävesiekosysteemeihin kohdistuvan luontohaitan taustalla on tietoa esimerkiksi siitä, miten vedenkäyttö pienentää kosteikkojen pinta-alaa, miten ilmastonmuutos muuttaa jokien virtausta ja fosfori aiheuttaa rehevöitymistä vesistöissä. Meriekosysteemeihin kohdistuva luontohaitta huomioi

luukalat, rustokalat, äyriäiset, nilviäiset, piikkinahkaiset, nivelmadot ja polttiaiseläimet. Luontohaitta perustuu tutkimustietoon tyypen rehevöittävästä vaikutuksista merissä.

Eri ekosysteemityyppien luontohaittoja ei suositella sellaisinaan summattavan (Verones ym. 2020), mutta haitat voidaan yhdistää yhdeksi arvoksi antamalla jokaiselle kolmesta ekosysteemityypistä oma painoarvonsa (El Geneidy ym. 2023). Painokerroin on kunkin ekosysteemityypin arvioidun lajimäärän osuus globaalista kokonaislajimäärästä (Román-Palacios ym. 2022). Yhdistetyn luontojalanjälkiarvon, eli niin sanotun luontoekvivalentin (BDe) saamiseksi kunkin ekosysteemityypin luontojalanjälkiarvot kerrotaan painokertoimella ja summaataan yhteen (Kaava 2, El Geneidy ym. 2023).

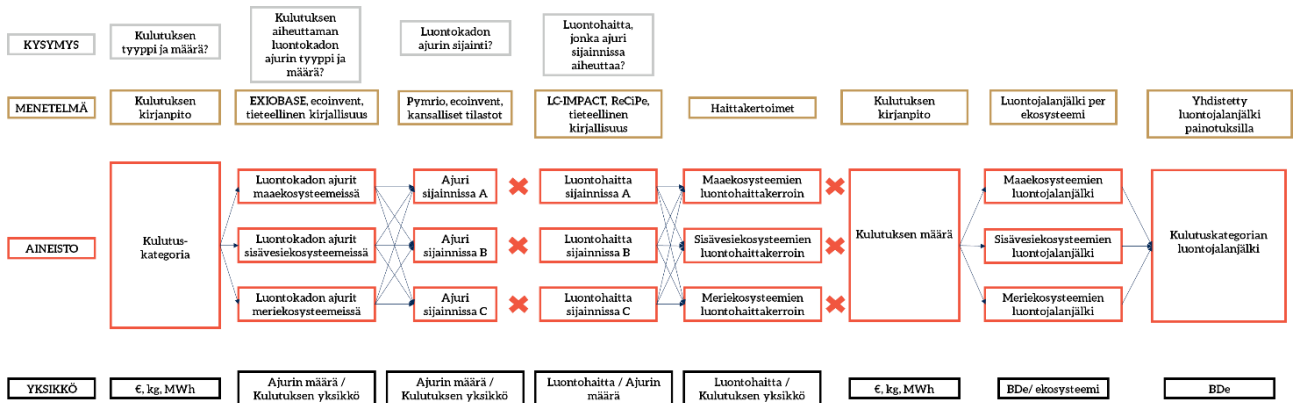
Kaava 2.

$$BDe = PDF_{maa} \times 0,801 + PDF_{sisavesi} \times 0,096 + PDF_{meri} \times 0,102$$

PDF-mittarin on esitetty toimivan niin sanottuna luontoekvivalenttina (biodiversity equivalent, BDe; El Geneidy ym. 2023). Kun maailman lajistoa tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena, pysytään eri maantieteellisissä sijainneissa aiheutettuja luontohaittoja vertailemaan keskenään (El Geneidy ym. 2023). Maapallon lajisto ei ole tasaisesti jakautunut eri puolille maapalloa; toisaalla lajistoa on enemmän pinta-alayksikköä kohden kuin jossain toisessa sijainnissa (Myers ym. 2000, Kotiaho & Hovi 2002, Ceballos & Ehrlich 2006, Tittensor ym. 2010, Pimm ym. 2014, Schluter & Pennell 2017, Raven ym. 2020). Tällöin esimerkiksi yhden metsähehtaarin hävittäminen Suomessa, jossa lajitiheys on suhteellisen matala, aiheuttaa pienemmän luontohaitan luontoekvivalentteina (BDe) mitattuna, kuin yhden metsähehtaarin hävittäminen esimerkiksi Brasiliassa, jossa lajitiheys on paljon Suomea korkeampi. Toisin sanoen osuus maailman lajeista, joka on riskissä hävitä yhden suomalaisen metsähehtaarin hävittämisen seurauksena, on pienempi kuin osuus maailman lajeista, joka on riskissä hävitä yhden brasilialaisen metsähehtaarin hävittämisen seurauksena. Toisaalta, jos Suomessa ja Brasiliassa aiheutetaan sama määrä luontohaittaa luontoekvivalentteina mitattuna, osuus maailman lajeista, joka todennäköisesti häviää, on sama, eli koko maailman lajiston mittakaavassa nämä kaksi haittaa ovat yhtä suuret. Tästä syystä luontohaitan mittaaminen osuutena maailman lajeista, joka todennäköisesti häviää jonkin toimenpiteen tai hankinnan seurauksena voidaan mieltää globaalisti vertailukelpoisena luontoekvivalenttina. Voidaan ajatella, että luontoekvivalentti toimii mittarina luontojalanjäljelle samaan tapaan kuin hiilidioksidiekvivalentti toimii mittarina hiilijalanjäljelle. Teknisesti BDe on logiikaltaan sama asia kuin PDF, mutta luonnehtii mittarin merkitystä hieman eri tavalla.

## 2.2.4 Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta

Hiili- ja luontojalanjäljen laskennassa tilien summat tai muiden kategorioiden kulutusmäärät kerrottiin kunkin luontohaitan ajurin luontohaittakertoimella (PDF/kulutussyksikkö). Sitten kunkin ekosysteemityypin (maa-, sisävesi- ja meriekosysteemit) luontohaitan ajureiden luontojalanjäljet summattiin yhteen, ja lopuksi vielä yhdistettiin yhdeksi BDe-arvoksi ekosysteemityyppikohtaisten painokerrointen avulla. Kuva 7 summaa laskennan prosessin vaiheet.



Kuva 7. Yhteenvedo luontojalanjäljen laskentaprosessista ja menetelmistä.

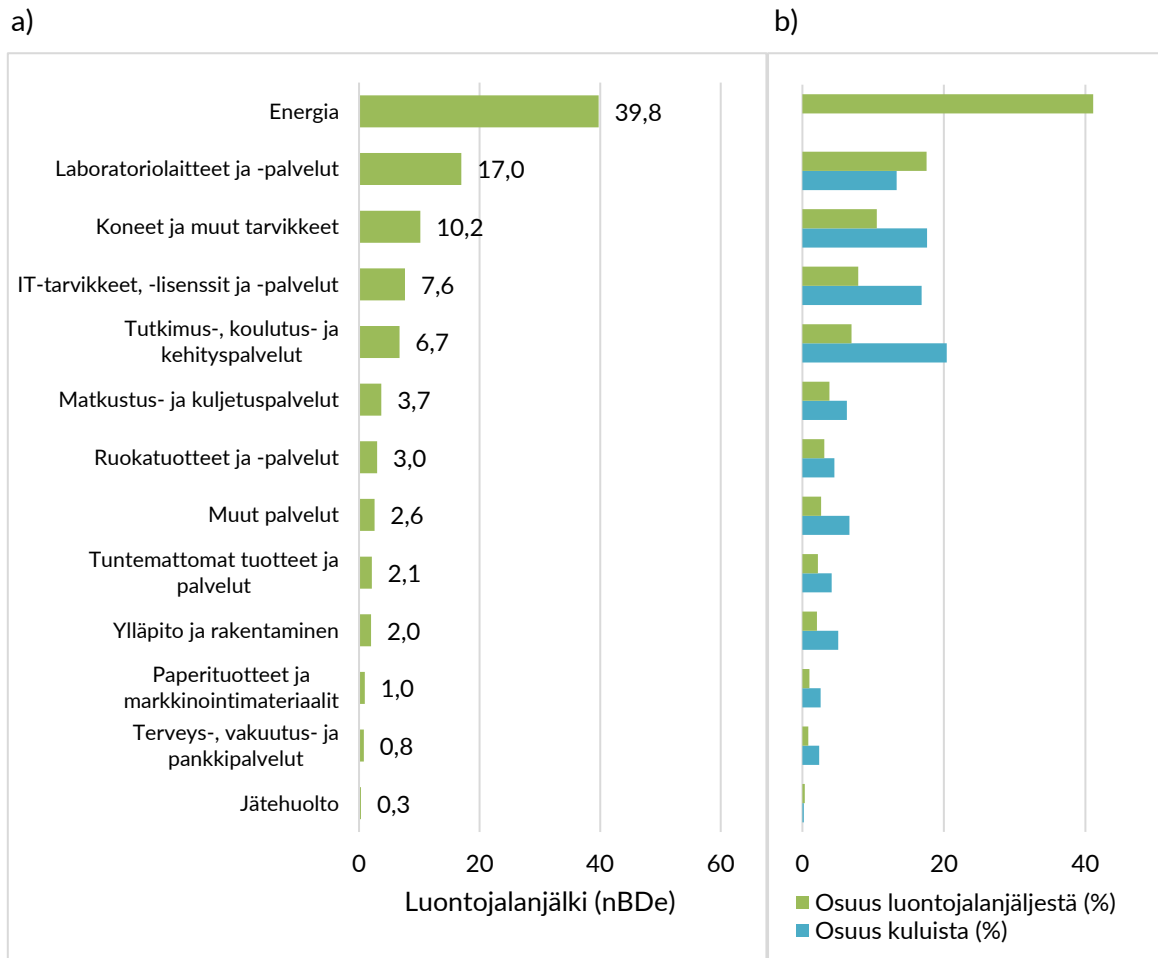
Luontojalanjälki saa usein hyvin pieniä arvoja (BDe saa arvon väliltä 0–1), sillä kyseessä on yhden organisaation osuus koko maailman luontokadosta. Luontohaitan merkittävyyttä voi siksi olla haastavaa hahmottaa. Tulokset esitetään lavennetussa muodossa nBDe ( $n = \text{nano}$ ;  $nBDe = BDe \cdot 10^9$ ), jotta lukujen tulkinta ja vertailu helpottuisi. Samaan tapaan hiilijalanjälkeä muutetaan usein eri massayksiköiden, kuten grammojen, kilogrammojen ja tonnien välillä, jotta lukuarvoista tulee helpommin luettavia eri konteksteissa. Lukuarvojen ohella olennainen asia on myös kulutuksen kohteiden vertailu, jotta pystytään tunnistamaan haitallisimpia kulutuksen muotoja ja vaikuttamaan niihin.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälki vuonna 2022

Turun yliopiston luontojalanjälki vuonna 2022 oli  $9,67 \cdot 10^{-8}$  BDe eli 96,7 nBDe. Toisin sanoen osuus maailman lajeista, joka on riskissä hävitä organisaation toiminnan seurauksena, on 0,000009 prosenttia, mikäli haitta jatkuu samanlaisena. Turun yliopiston hiilijalanjälki oli 19 080 t CO<sub>2</sub>e. Henkilöstöön suhteutettuna luontojalanjälki oli 0,03 nBDe henkilöä kohden, ja liikevaihtoon suhteutettuna 0,33 nBDe/M€. Vastaavasti hiilijalanjälki henkilöä kohden oli 5,5 t CO<sub>2</sub>e ja rahoitukseen suhteutettuna 65,7 t CO<sub>2</sub>e/M€.

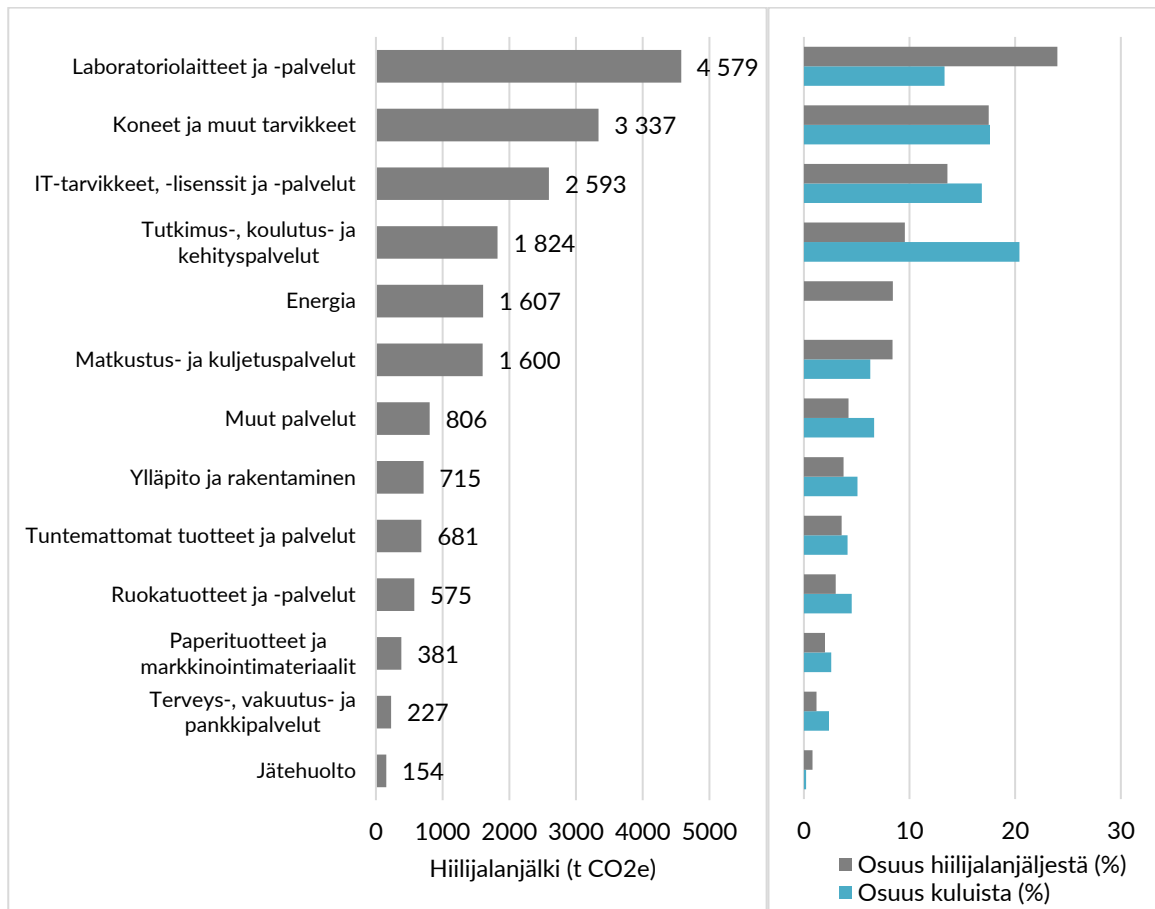
Merkittävimmän osuuden luontojalanjäljestä aiheutti energiankulutus (41 %, Kuva 8), kun taas eniten hiilijalanjälkeä aiheuttivat laboratoriolaitteiden ja -palveluiden hankinnat (24 %, Kuva 9). Kuvissa on esitetty myös kunkin kulutuskategorian osuus kuluista, jotta hahmottuisi, onko kategorialla korkea luontohaittaintensiteetti eli onko sen luontojalanjälki suuri kulutettua yksikköä kohden, ovatko sen kulutusmäärät suuria, vai sekä että. Energia-kategorian kuluja ei ole sisällytetty tarkasteluun, sillä haittatarkastelu ei kata kaikkea energiankulutusta. Tuloksia eritellään tarkemmin tulevissa kappaleissa. Tarkempi tulostaulukko sekä kirjanpidon tilikohtaiset tulokset on koottu liitteisiin 1. ja 2.



Kuva 8. a) Turun yliopiston luontojalanjälki (nBDe) kulutuskausittain, ja b) kategorioiden suhteelliset osuudet (%) kokonaisluontojalanjäljestä ja laskennassa huomioituista kuluista. Energia-kategorian kuluja ei ole sisällytetty tarkasteluun, sillä haittatarkastelu ei kata kaikkea energiankulutusta, ks. 3.1.1 Energia.

a)

b)

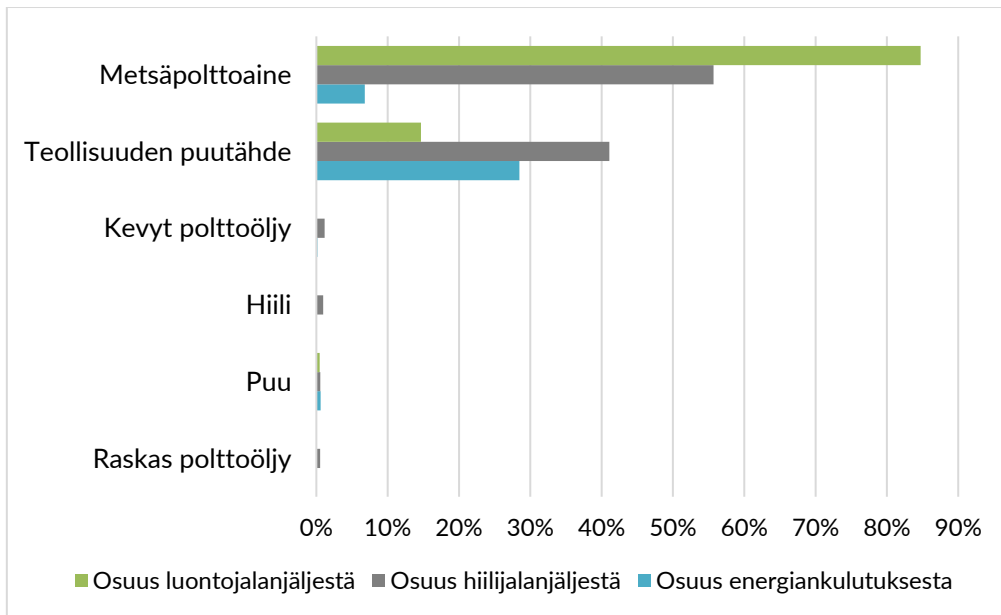


Kuva 9. a) Turun yliopiston hiilijalanjälki (t CO<sub>2</sub>e) kulutusluokittain, ja b) kategorioiden suhteelliset osuudet (%) kokonaishiilijalanjäljestä ja laskennassa huomioituista kuluista. Energia-kategorian kuluja ei ole sisällytetty tarkasteluun, sillä haittatarkastelu ei kata kaikkea energiankulutusta, ks. 3.1.1 Energia.

### 3.1.1 Energia

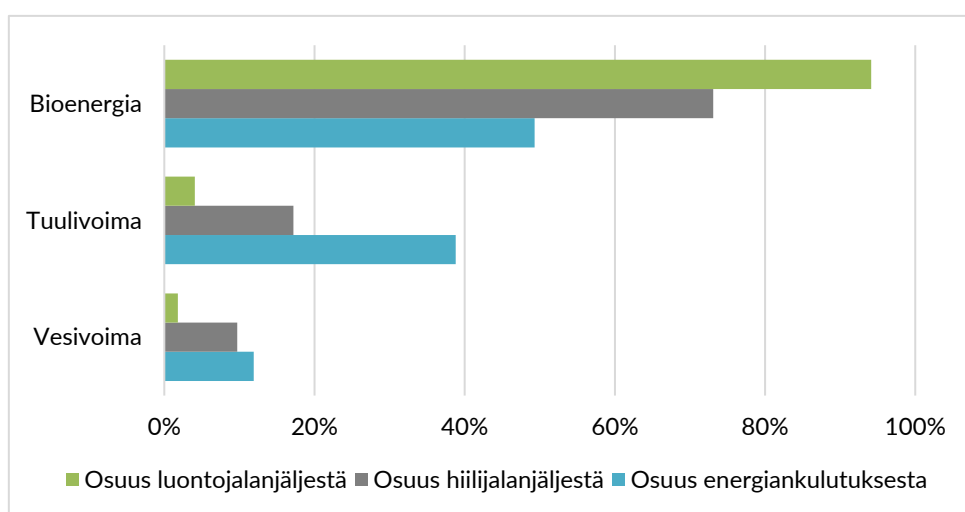
Turun yliopiston energiankäytön aiheuttama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 39,8 nBDe ja hiilijalanjälki 1 607 t CO<sub>2</sub>e. Kaikista tarkastelluista kategorioista energiankäyttö aiheutti merkittävimmän osan (41 %) yliopiston luontojalanjäljestä. Energiankäytön osuus yliopiston hiilijalanjäljestä oli kuitenkin vain 8,4 %. Kaukolämmön osalta suurta luontojalanjälkeä selittää runsas puupolttoaineiden käyttö (Kuva 10). Kaukolämmön käytön luontojalanjälki oli suuruudeltaan 34,6 nBDe ja hiilijalanjälki 968 t CO<sub>2</sub>e.





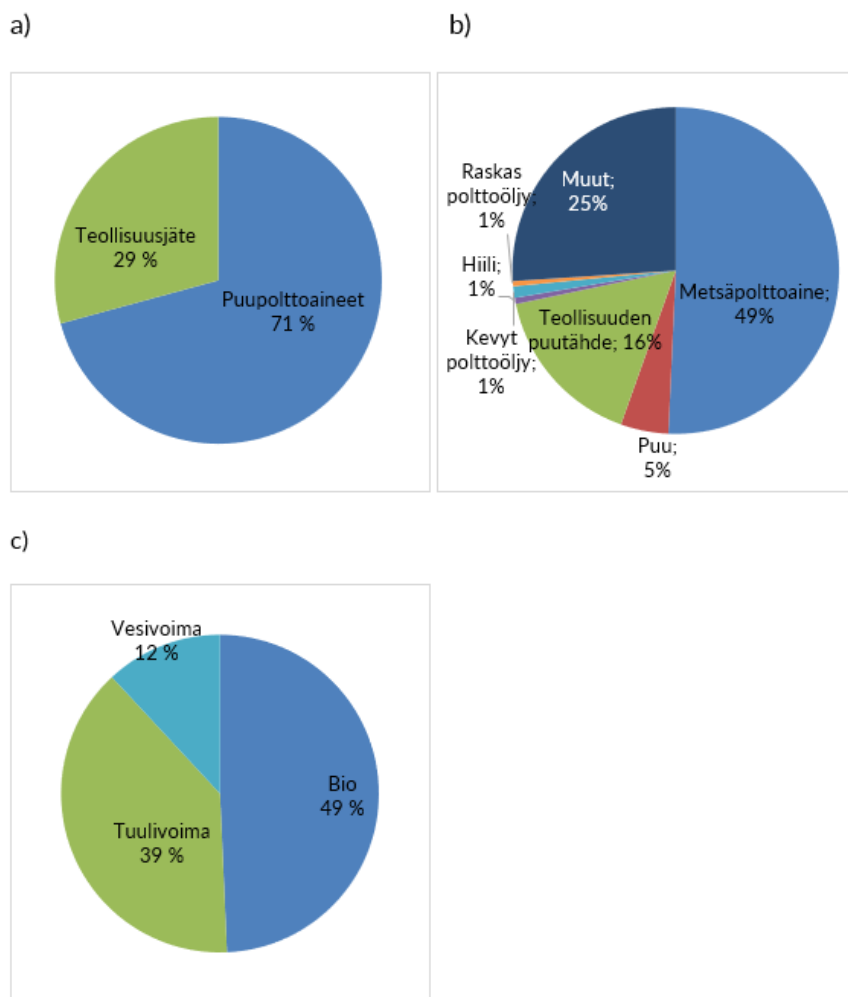
Kuva 10. Kaukolämmön kulutuksen suhteellinen luonto- ja hiilijalanjälki (% nBDe, t CO<sub>2e</sub>) sekä kulutus (% MWh) polttoainetyypeittäin.

Sähkönkulutus puolestaan aiheutti 5,2 nBDe suuruisen luontojalanjäljen ja 639 t CO<sub>2e</sub> suuruisen hiilijalanjäljen. Sähkönkulutuksen osalta suurimman osuuden sekä luonto- että hiilijalanjäljestä (94 % ja 73 %) muodosti bioenergia (Kuva 11, Kuva 12 c). Kulutetusta sähköstä noin puolet oli bioenergiaa. Tuulisähkön osuus oli puolestaan noin 40 % kulutuksesta, mutta luontojalanjäljestä se muodosti noin 4 % ja hiilijalanjäljestä 17 %. Hankittu sähkö oli kokonaisuudessaan tuotettu ilman fossiilisia polttoaineita, mutta se ei kuitenkaan tarkoita päästöttömyyttä tai haitattomuutta.



Kuva 11. Sähkön kulutuksen suhteellinen luonto- ja hiilijalanjälki (% nBDe, t CO<sub>2e</sub>) sekä kulutus (% MWh) tuotantomuodoittain.

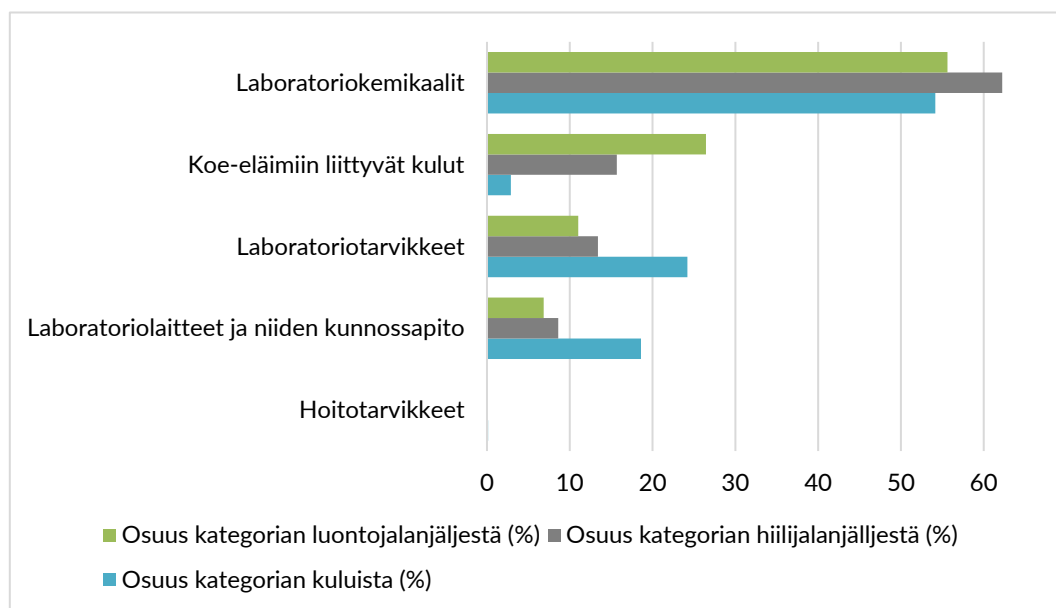
Energiankulutuksen haittoja tarkasteltiin kulujen sijaan suoraan kulutusmäärien perusteella. Kaksoislaskennan välttämiseksi kuluperusteisessa laskennassa jätettiin huomiotta kiinteistöjen ja tilojen vuokriin liittyvät tilit, sillä niiden kuluihin sisältyy myös sähköön ja lämmitykseen liittyviä kuluja. Laskelmissa on huomioitu SYK Oy:n hallinnoimien kiinteistöjen energiankulutus Turun ja Rauman kampuksilla sekä yliopiston hallinnoiman Turun yliopiston kasvitieteellisen puutarhan (Ruissalo) sähkönkulutus. SYK Oy:n omistamat kiinteistöt edustavat noin 80 % Turun yliopiston käytössä olevista tiloista. Kaukolämmön energianlähdejakauma on peräisin Turun osalta SYK Oy:ltä ja Rauman osalta alueellisesta kaukolämpötilastosta (Paikallisvoima 2023). Energialähdejakaumat ovat nähtävillä Kuva 12. Rauman kampuksen kaukolämmönkulutuksesta haittalaskennan ulkopuolelle jäivät mm. kierrätyspolttoaineet sekä kierrätys- ja jäteöljyt (Kuva 12 b, Muut-kategoria). Laskelmaan sisältyviltä osin Turun yliopiston kaukolämmön kulutus vuonna 2022 oli 24 136 MWh ja sähkönkulutus 19 791 MWh.



Kuva 12. a) Turun alueella kulutetun kaukolämmön tuotantojakauma, b) Rauman kampuksella kulutetun kaukolämmön tuotantojakauma, ja c) koko yliopistossa kulutetun sähkön tuotantojakauma.

### 3.1.2 Laboratoriolaitteet ja -palvelut

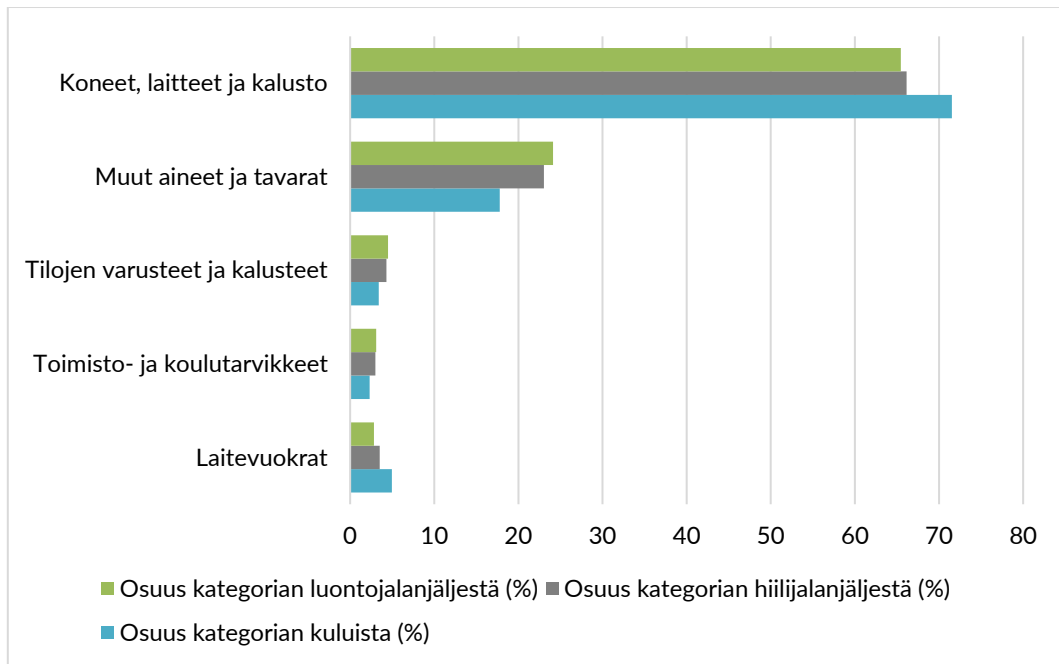
Hankittujen laboratoriolaitteiden, -tarvikkeiden ja palveluiden muodostama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 17 nBDe ja hiilijalanjälki 4 579 t CO<sub>2</sub>e. Tämä kategoria muodosti luontojalanjäljestä noin 18 % ja hiilijalanjäljestä 24 %. Kategoria pitää sisällään laboratoriolaitteiden ja tarvikkeiden ohella myös laboratoriodien kunnossapitopalveluita, koe-eläimiin liittyviä tarvikkeita sekä hoitotarvikkeita. Merkittävin osuus sekä luontojalanjäljestä, hiilijalanjäljestä että kuluista muodostuu laboratorioskemikaalien hankinnasta (Kuva 13).



Kuva 13. Laboratoriolaitteiden ja -palveluiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

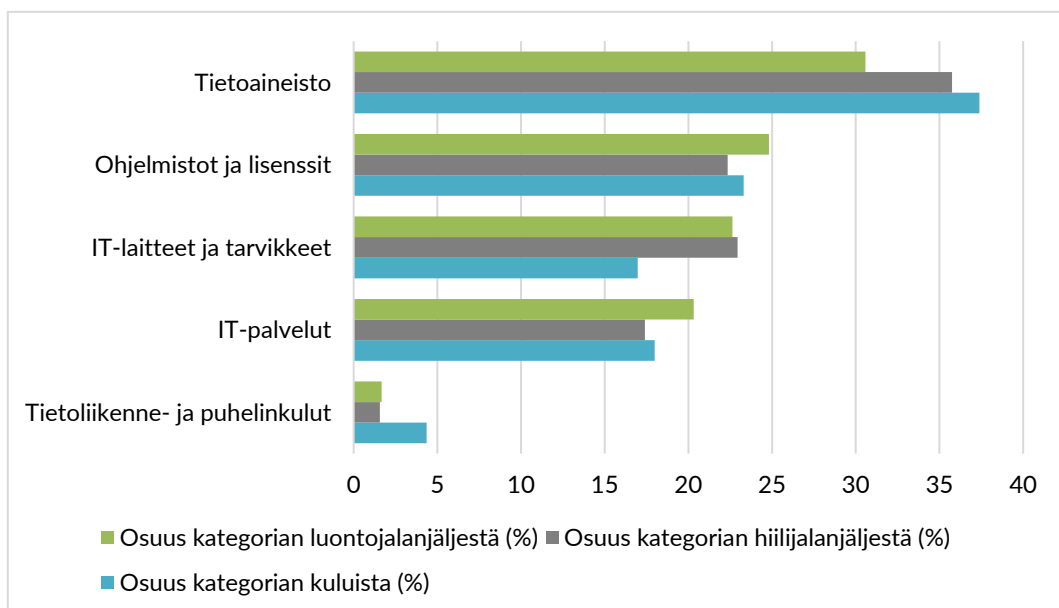
### 3.1.3 Koneet, laitteet, IT-tarvikkeet

Koneiden ja muiden tarvikkeiden hankinnoista aiheutunut luontojalanjälki oli suuruudeltaan 10,2 nBDe ja hiilijalanjälki 3 337 t CO<sub>2</sub>e. Tämä kategoria muodosti yliopiston luontojalanjäljestä noin 11 % ja hiilijalanjäljestä noin 18 %. Kategoriaan sisältyy paljon erilaisia kone- ja kalustohankintoja, opetus- ja toimistotarvikkeita sekä koneisiin ja kalustoihin liittyviä poistoja. Poistot ovat tavanomaisia hankintoja suurempien investointien kulujen jyvittämistä useammalle vuodelle. Jotta suuremmatkin hankinnat tulevat haittalaskennassa huomioiduiksi, on myös poistot sisällytetty laskentaan. (Kuva 14).



Kuva 14. Koneiden ja muiden tarvikkeiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

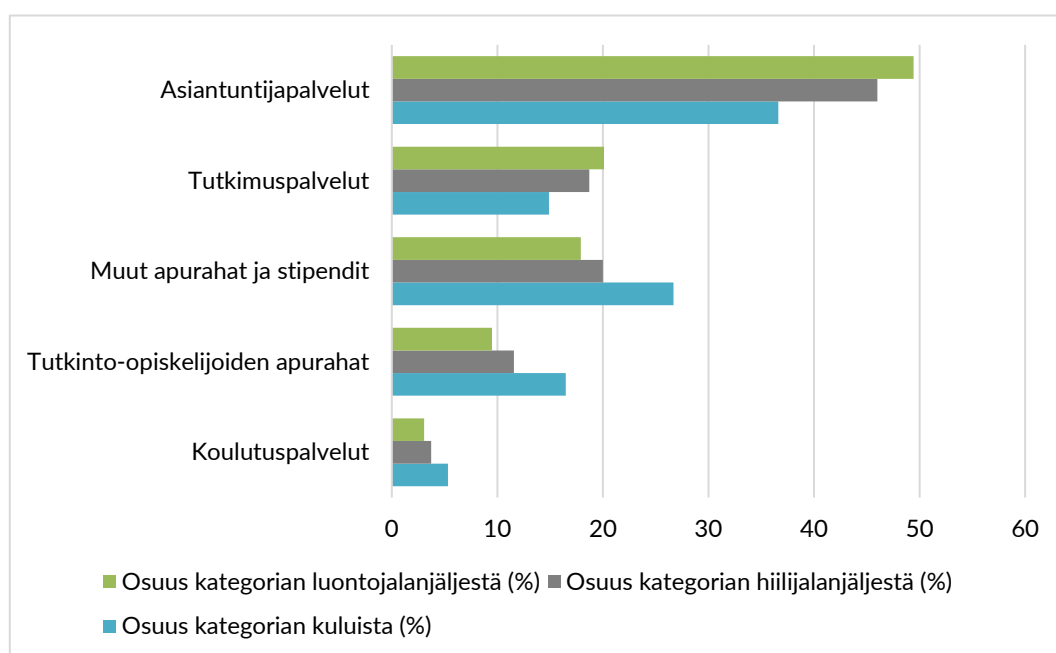
IT-tarvikkeiden, -lisenssien ja -palveluiden luontojalanjälki oli suuruudeltaan 7,6 nBDe ja hiilijalanjälki 2 593 t CO<sub>2</sub>e. Tämä kategoria muodosti yliopiston luontojalanjäljestä noin 8 % ja hiilijalanjäljestä noin 14 %. Merkittävä osa kategorian haitoista muodostuu erilaisista elektronisista aineistoista ja palveluista, mutta esimerkiksi IT-laitteiden hankinnoista syntyy reilu viidesnes sekä luonto- että hiilijalanjäljestä (Kuva 15).



Kuva 15. IT-tarvikkeiden, -lisenssien ja -palveluiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

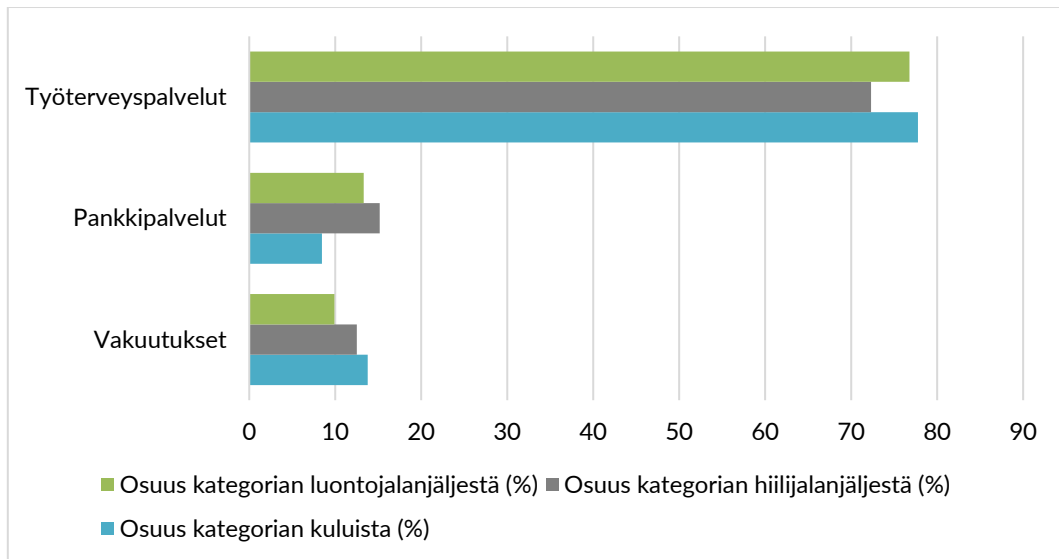
### 3.1.4 Palvelut

Palvelut jakautuivat tutkimus-, koulutus- ja kehityspalveluihin, terveys-, vakuutus- ja pankkipalveluihin sekä muihin palveluihin. Tutkimus-, koulutus- ja kehityspalveluiden hankintojen aiheuttama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 6,7 nBDe ja hiilijalanjälki 1 824 t CO<sub>2</sub>e. Tämä kategoria muodosti yliopiston luontojalanjäljestä noin 7 % ja hiilijalanjäljestä puolestaan noin 10 %. Asiantuntijapalveluiden hankinnoista muodostui sekä kategorian luonto- että hiilijalanjäljestä lähes puolet. Seuraavaksi suurin osa-alue, tutkimuspalvelut, aiheutti kummastakin haitasta noin viidenneksen, kuten myös muut apurahat ja stipendit (Kuva 16).



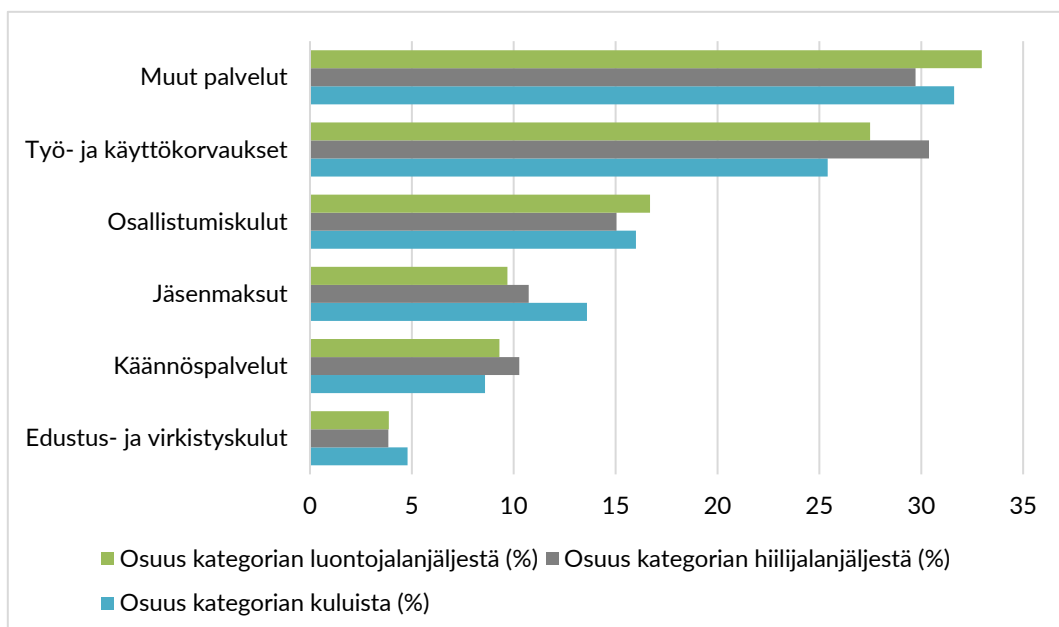
Kuva 16. Tutkimus-, koulutus- ja kehityspalveluiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

Terveys-, vakuutus- ja pankkipalveluiden osuus koko yliopiston luonto- ja hiilijalanjäljistä oli noin 1 % (0,8 nBDe ja 227 t CO<sub>2</sub>e). Selvästi suurimman osuuden, lähes 80 % kategorian luonto- ja hiilijalanjäljestä sekä kuluista muodosti työterveyshuolto. Vakuutus- ja pankkipalveluista aiheutuneet haitat ja kulut olivat selvästi pienemmässä roolissa (Kuva 17). Pakollisiin henkilösivukuluihin liittyvät tilit, kuten sosiaali- ja työtaturmavakuutusmaksut, rajattiin laskennan ulkopuolelle, sillä ne ovat välttämätön osa organisaation toimintaa, eikä niitä siksi ole mielekästä tarkastella haittojen näkökulmasta.



Kuva 18. Terveys-, vakuutus- ja pankkipalveluiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

Muut palvelut -kategorian hankintojen aiheuttama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 2,6 nBDe ja hiilijalanjälki 806 t CO<sub>2</sub>e. Tämä kategoria muodosti koko yliopiston luontojalanjäljestä noin 3 % ja hiilijalanjäljestä noin 4 %. Kategoria sisältää erilaisia osallistumis- ja jäsenmaksuja, edustus- ja virkistyskuluja sekä muiden palvelujen hankintoja. Valtaosa kategorian luonto- ja hiilijalanjäljestä kuten myös kuluista aiheutui Muut palvelut sekä Työ- ja käyttökorvaukset -tilien alaisista hankinnoista, joista ei ollut tarkempaa erittelyä käytettävissä (Kuva 19).



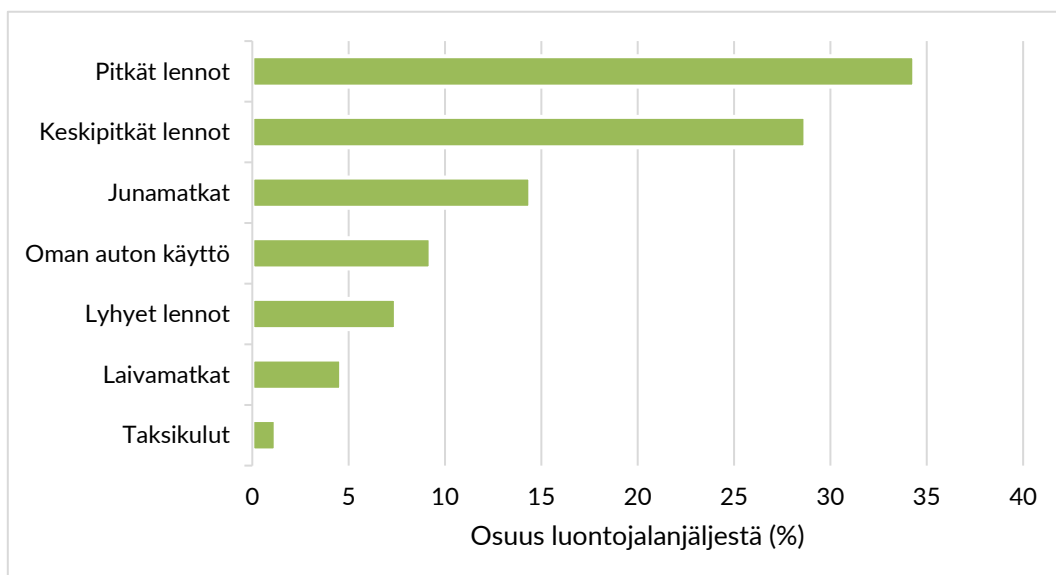
Kuva 19. Muut palvelut -kategorian hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

### 3.1.5 Matkustus- ja kuljetuspalvelut

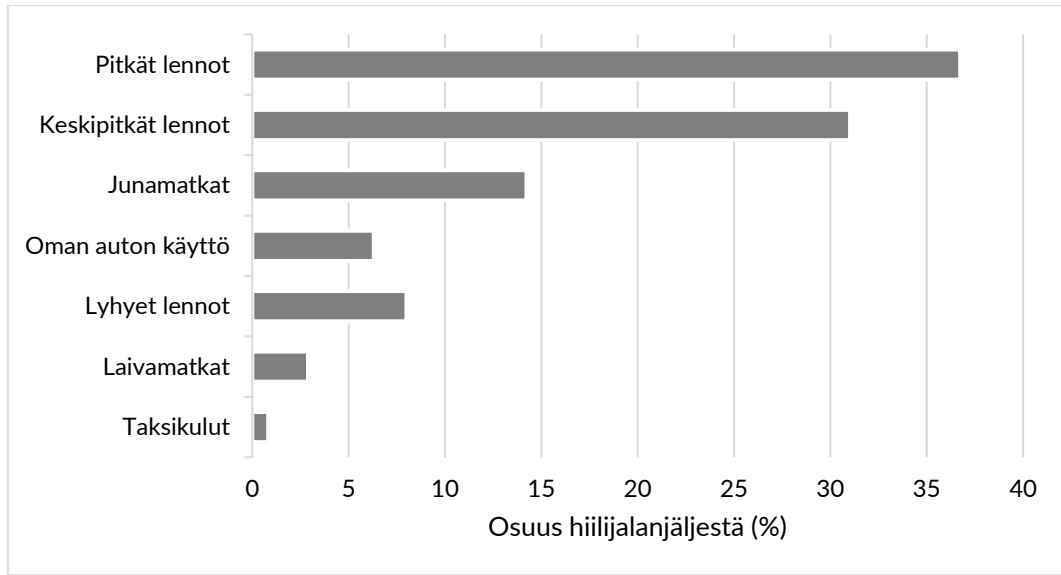
Matkustus- ja kuljetuspalveluiden hiili- ja luontojalanjälkeä tarkasteltiin sekä kulujen että tarkempien matkustukseen liittyvien tietojen, kuten matkustettujen kilometrien ja hotelliyöpymisten lukumäärän perusteella. Matkustus- ja kuljetuspalvelut muodostivat kokonaisuudessaan (sisältäen työmatkat, matkustuksen ja kuljetuksen palvelut sekä yliopiston omien ajoneuvojen käytön) koko yliopiston luontojalanjäljestä noin 4 % ja hiilijalanjäljestä noin 8 %.

Työmatkustamisen aiheuttama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 4,2 nBDe ja hiilijalanjälki 1 454 t CO<sub>2</sub>e. Lentomatkat muodostivat työmatkustuksen ja hiilijalanjäljestä noin 68 %, mutta luontojalanjäljestä vain 37 %. Lentäen matkustettiin selvästi pisin matka, ja lentolippuihin kohdistui myös suuri osuus työmatkustamisen kuluista (Taulukko 2). Itse matkustusmuotojen ohella myös hotellimajoituksella oli merkittävä rooli työmatkustamisen haitoissa, sillä siitä muodostui 48 % luontojalanjäljestä (Kuva 20). Hiilijalanjäljestä hotellimajoitus muodosti 17 % (Kuva 21).

Tarkka jaottelu eri pituisiin lentomatkoihin oli saatavilla vain matkatoimiston kautta hankituista lentolipuista. Kuitenkin henkilöstö osti lentolippuja myös itse, ja 43 % lentokuluista muodostui itse hankituista lentolipuista. Näiden matkojen on oletettu noudattavan samaa jakaumaa lyhyisiin ja pidempiin lentoihin, kuin matkatoimiston kautta hankitutkin matkat. Jotta kaikki lentomatkat tulisivat huomioiduiksi laskennassa, on matkatoimiston kautta hankituille lennoille käytetty kulujakauman perusteella kerrointa 1,43.



Kuva 20. Työmatkustamisen luontojalanjäljen (nBDe) jakautuminen.



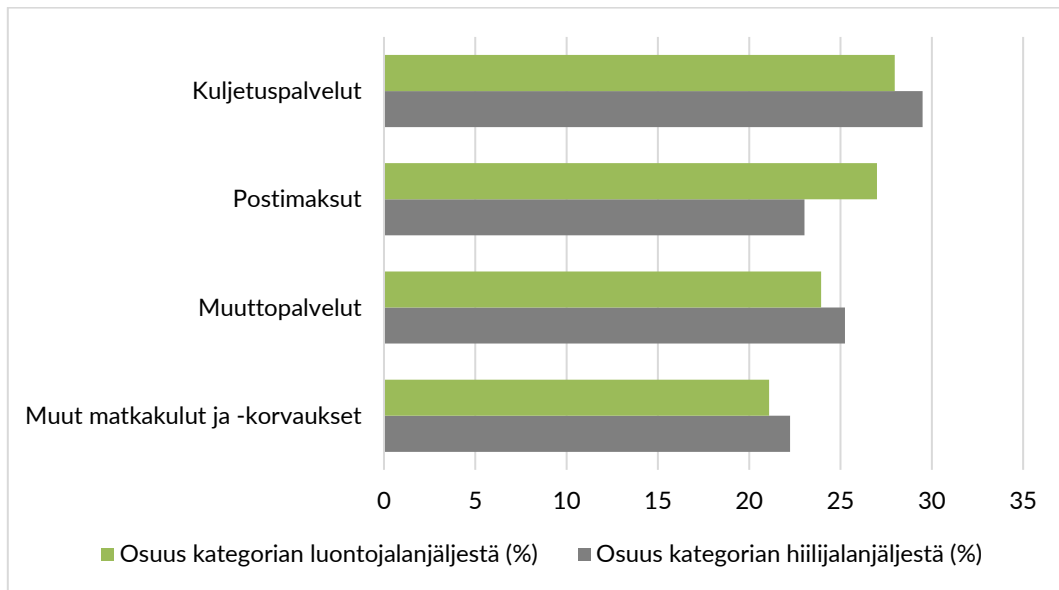
Kuva 21. Työmatkustamisen hiilijalanjäljen (t CO<sub>2</sub>e) jakautuminen.

Taulukko 2. Työmatkojen kulut, kilometrit, luontojalanjälki ja hiilijalanjälki matkustusmuodoittain. Hotellimajoituksen kertoimet EXIOBASE-tietokannasta, muut ecoinvent-tietokannasta.

Matkustusmuoto	Kulut (€)	Kilometrit	Luontojalanjälki (nBDe)	Hiilijalanjälki (t CO <sub>2</sub> e)
Hotellimajoitukset	1 235 773	14 464 kpl	1,16	222,8
Lentoliput matkatoimiston kautta yhteensä	749 727	-	-	-
Lyhyet lennot (alle 463 km)	-	703 614	0,16	96,1
Keskipitkät lennot (Eurooppaan, yli 463 km)	-	3 969 047	0,62	373,0
Pitkät lennot (mannertenväliset)	-	4 648 850	0,74	441,6
Junamatkat	196 101	2 350 000	0,31	171,1
Oman auton käyttö	184 171	400 372	0,20	75,8
Taksikulut	94 852	52 405	0,03	9,9
Laivamatkat	93 974	336 680	0,10	34,8

Erialaisten matkustuksen ja kuljetuksen palveluiden, kuten kuljetus-, posti- ja muuttopalveluiden luontojalanjälki oli 0,24 nBDe ja hiilijalanjälki 90 t CO<sub>2</sub>e. Jakauma eri hankintatilien välillä oli melko tasainen (Kuva 22). Yliopiston omien ajoneuvojen käytöstä aiheutunut luontojalanjälki oli 0,13 nBDe ja hiilijalanjälki 55,9 t CO<sub>2</sub>e. Vuonna 2022 Turun yliopistolla oli käytössä yhteensä 16 autoa, joista 9 oli dieselkäyttöisiä, 5 bensiinikäyttöistä ja 1 sähköauto. Autoilla ajettiin yhteensä 186 000 km.

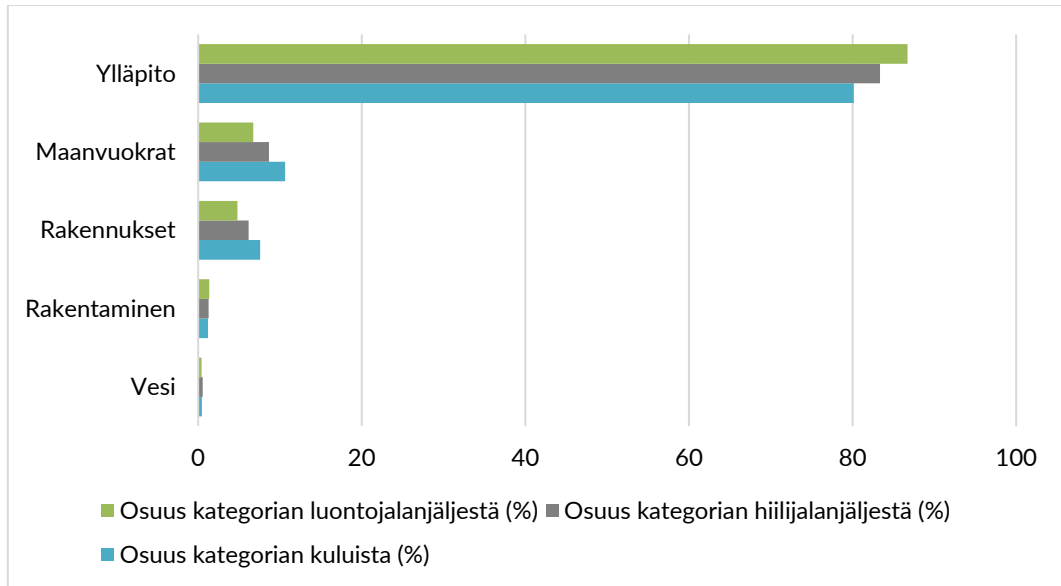




Kuva 22. Matkustus- ja kuljetuspalveluiden tilien hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) suhteellinen jakauma.

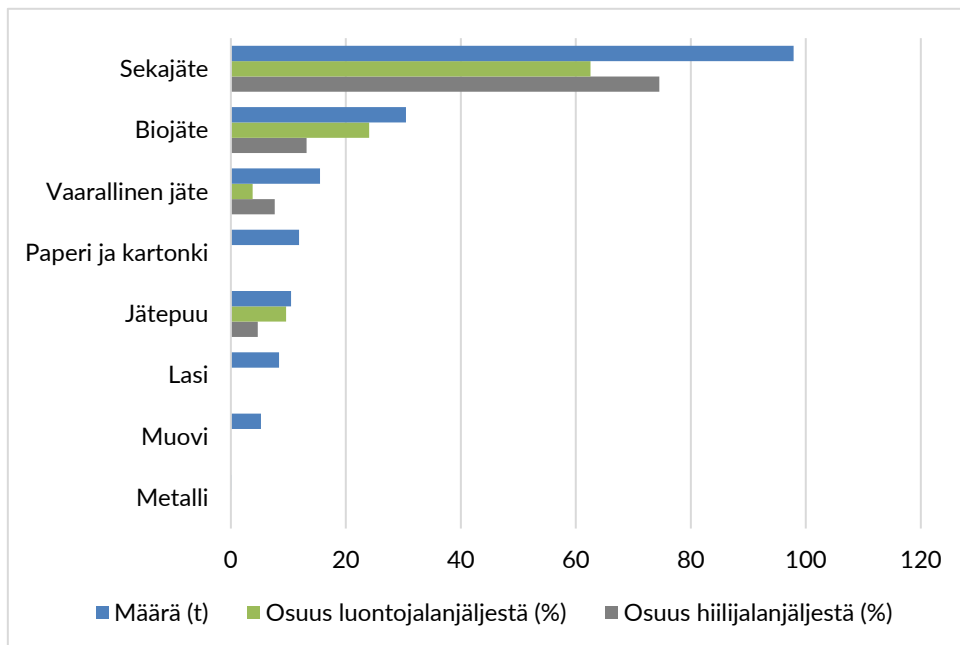
### 3.1.6 Ylläpito, rakentaminen, jätehuolto

Ylläpito ja rakentaminen pitää sisällään erilaisia kiinteistöihin ja niiden kunnossapitoon liittyviä toimintoja. Kategorian luontojalanjälki oli suuruudeltaan 2 nBDe ja hiilijalanjälki 806 t CO<sub>2</sub>e. Ylläpito ja rakentaminen muodosti yliopiston luontojalanjäljestä noin 2 % ja hiilijalanjäljestä noin 4 %. Yli puolet sekä kategorian kuluista että hiili- ja luontojalanjäljestä aiheutui siivouspalveluiden ostoista, jotka sisältyvät kuvassa Ylläpito-kategoriaan (Kuva 23). Laskentaan sisällytettiin maanvuokrat, mutta muut kiinteistöjen ja tilojen vuokriin liittyvät tilit on jätetty laskennan ulkopuolelle kaksoislaskennan välttämiseksi. Maksetut vuokrat todennäköisesti kattavat myös sähkön ja lämmityksen kuluja, jotka on jo huomioitu energiankulutustietojen perusteella.



Kuva 23. Ylläpidon ja rakentamisen tilien hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma.

Jätehuolto muodosti koko yliopiston luontojalanjäljestä 0,3 % ja hiilijalanjäljestä 0,8 %. Jätehuollon aiheuttama luontojalanjälki oli suuruudeltaan 0,3 nBDe ja hiilijalanjälki 155 t CO<sub>2</sub>e. Jätejakeista sekajätettä kertyi selvästi eniten, ja se myös muodosti valtaosan jätehuollon luonto- ja hiilijalanjäljistä (Kuva 24).

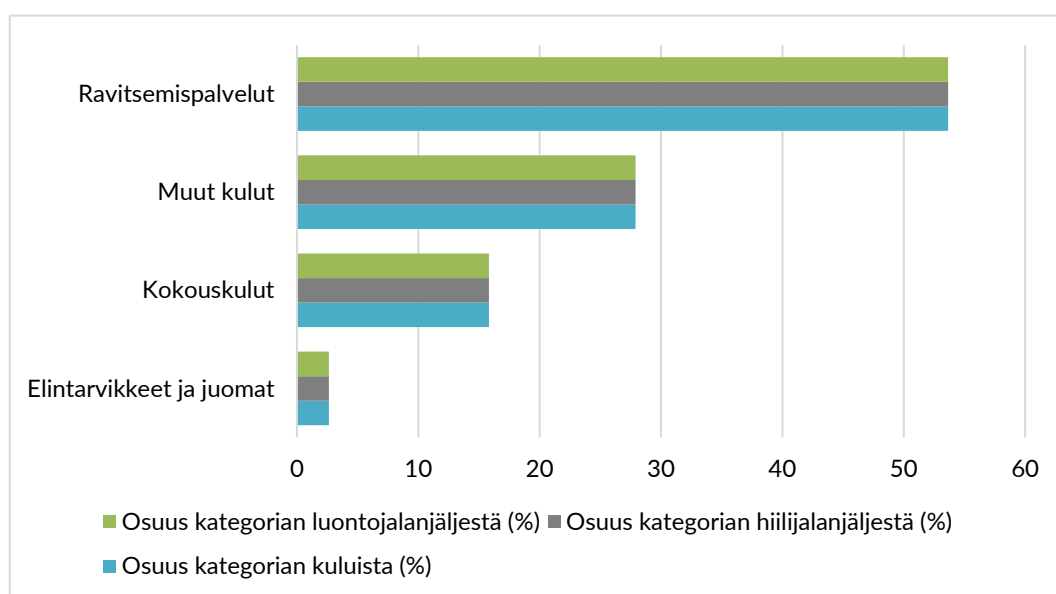


Kuva 24. Jätehuollon hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) suhteellinen jakauma sekä jättemäärät (t) jakeittain.

Jätehuollon hiili- ja luontojalanjälki laskettiin jätemääriin perustuen siten, että jätehuollon kulut jyvitettiin kullekin jätejakeelle tuotetun määrän perusteella. Näin hiili- ja luontojalanjäljen laskennassa voitiin käyttää euromääräisiä haittakertoimia, ja jalanjäljet voitiin myös jakaa yliopiston yksiköiden kesken. Laskennassa on huomioitu kahden suurimman yliopiston käyttämän jätehuoltoyhtiön raportit, joten laskelma ei kata aivan kaiken yliopiston tuottaman jätteen hiili- ja luontojalanjälkeä.

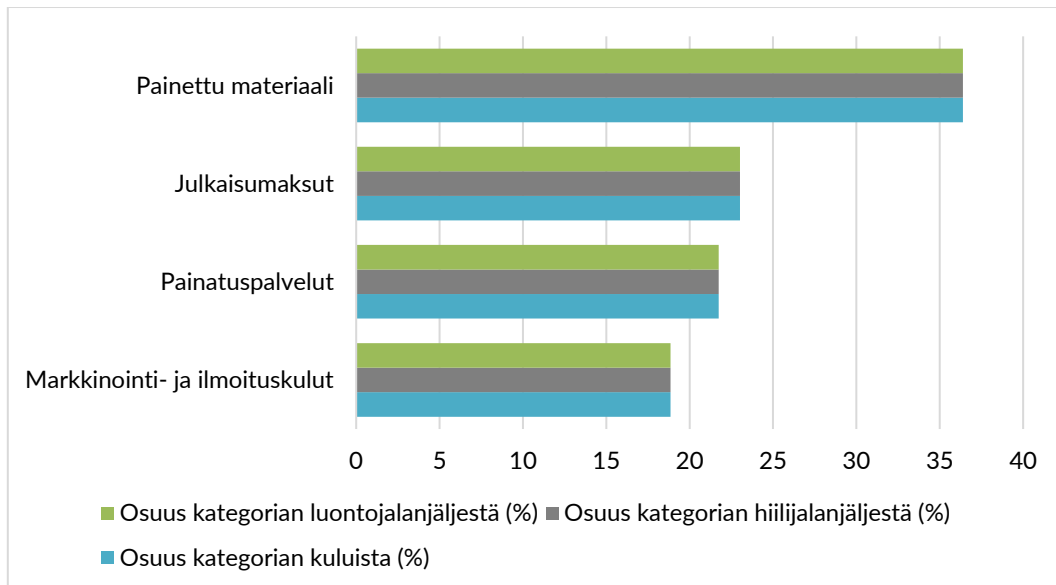
### 3.1.7 Muut hankinnat

Ruokatuotteiden ja -palveluiden hankinnat muodostivat luontojalanjäljestä noin 3 % (3 nBDe) ja hiilijalanjäljestä noin 3 % (575 t CO<sub>2</sub>e). Merkittävin osa kategorian hiili- ja luontojalanjäljestä, noin 54 %, aiheutui ravitsemispalveluiden ostoista, eli mm. oppilasruokailuista eli perusasteen koulujen ruokailuista (Kuva 25). Ruokatuotteiden ja -palveluiden hankinnat sisältää yliopiston tekemät elintarvike- ja ruokapalveluhankinnat, ja esimerkiksi kampusravintoloiden toiminta rajautuu tämän tarkastelun ulkopuolelle.



Kuva 25. Ruokatuotteiden ja -palveluiden hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma. Laskennassa kaikki kategorian tilit on kohdistettu samaan EXIOBASE-tuotekategoriaan, joten haittoja syntyy samassa suhteessa kulujen kanssa.

Paperituotteet ja markkinointimateriaalit muodostuvat erilaisista painetuista materiaaleista sekä markkinointi- ja ilmoituskuluista. Katteoria kattaa koko yliopiston luontojalanjäljestä noin 1 % (1 nBDe) ja hiilijalanjäljestä noin 2 % (381 t CO<sub>2</sub>e). Suurimman osuuden kategorian hiili- ja luontojalanjäljestä ja kuluista, reilut 35 %, muodostavat erilaisten painettujen materiaalien hankinnat, kuten kirjojen ja julkaisujen hankinnat (Kuva 26).



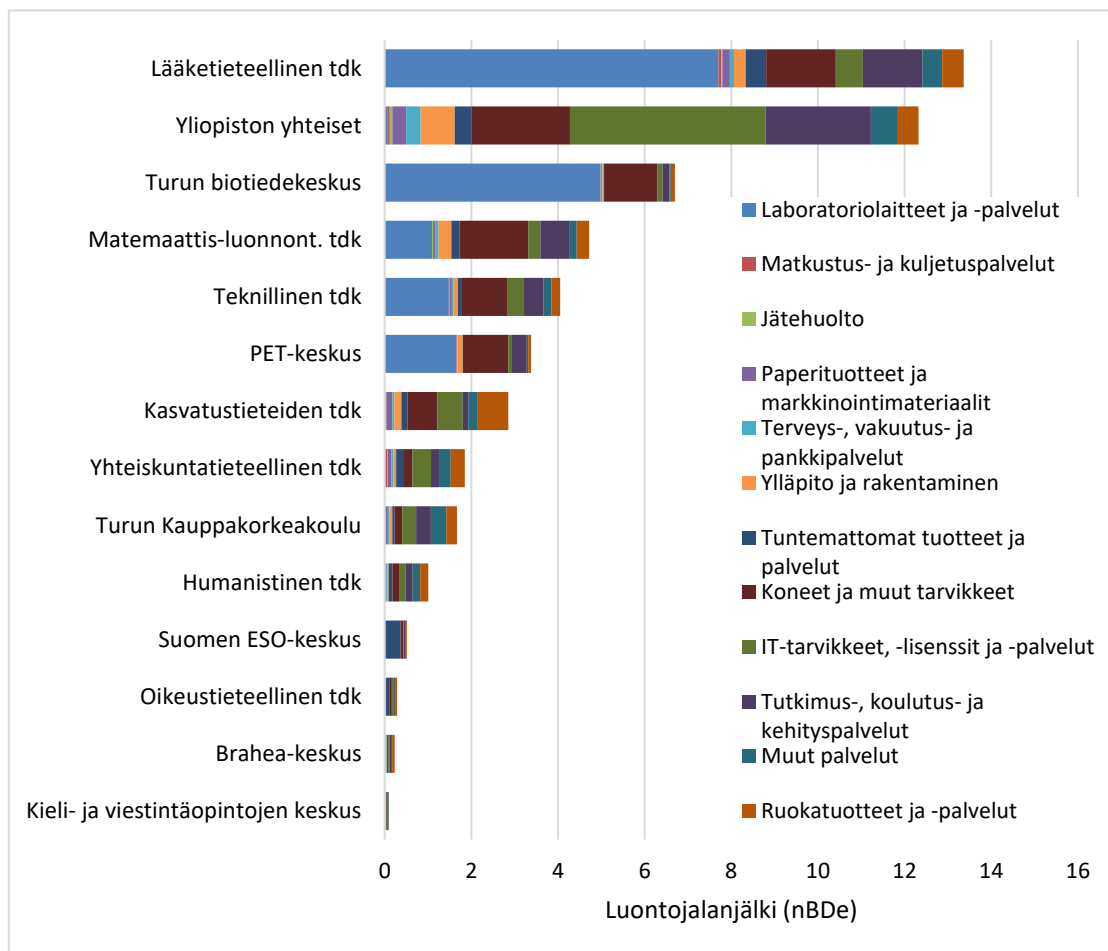
Kuva 26. Paperituotteiden ja markkinointimateriaalien hiili- ja luontojalanjäljen (% nBDe, t CO<sub>2</sub>e) ja kulujen (% €) suhteellinen jakauma. Laskennassa kaikki kategorian tilit on kohdistettu samaan EXIOBASE-tuotekategoriaan, joten haittoja syntyy samassa suhteessa kulujen kanssa.

### 3.2 Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälki yksiköittäin

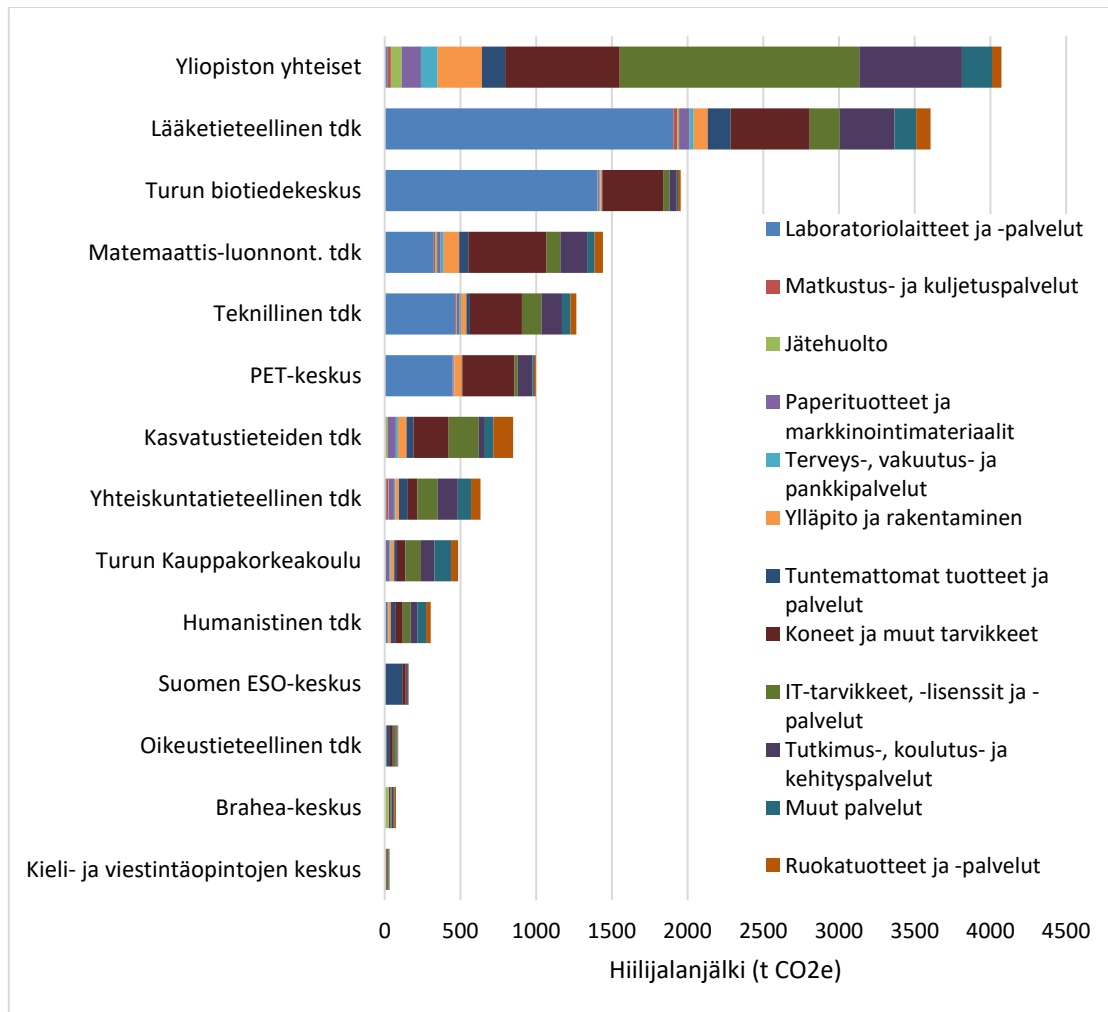
Turun yliopiston luonto- ja hiilijalanjäljen muodostumista tiedekunnittain ja erillislaitoksittain on tarkasteltu Kuvissa 27 ja 28. Kokonaistuloksista poiketen yksikkökohtaisessa tarkastelussa ei ole mukana energiankulutusta, työmatkustusta eikä ajoneuvojen käyttöä. Lääketieteellisellä tiedekunnalla oli yksiköistä suurin luontojalanjälki (14 nBDe) ja kieli- ja viestintäopintojen keskuksella pienin (0,1 nBDe). Yksiköiden suuruusjärjestys luonto- ja hiilijalanjälkien suhteen oli muuten samanlainen, mutta suurin hiilijalanjälki (4 092 t CO<sub>2</sub>e) muodostui yliopiston yhteisistä (mm. yliopistopalveluiden) hankinnoista, ja pienin (32 t CO<sub>2</sub>e) kieli- ja viestintäopintojen keskuksen hankinnoista.

Luonnontieteellisten ja lääketieteellisten yksiköiden luontojalanjäljissä korostuvat erityisesti laboratoriolaitteet ja -palvelut, jotka muodostavat esimerkiksi lääketieteellisen tiedekunnan luontojalanjäljestä 55 % ja Turun biotiedekeskuksen luontojalanjäljestä 73 % (Kuva 27). Yliopiston yhteisten hankintojen luontojalanjäljessä merkittävänä kategoriona taas erottuvat koneet ja muut tarvikkeet, IT-tarvikkeet, -lisenssit ja -palvelut sekä tutkimus-, koulutus- ja kehityspalvelut, joista merkittävä osa keskittyy yksittäisten yksiköiden sijaan yhteishankintojen alle. Esimerkiksi oikeustieteellisen tiedekunnan tai kieli- ja viestintäopintojen keskuksen toiminta vaatii vähemmän materiaalisia resursseja, kuten laitteistoja, mikä näkyy selvästi pienempinä luontojalanjälkinä. Myös yksiköiden hiilijalanjäljissä tutkimuksen ja toiminnan luonne on

selkeästi yhteydessä haittojen suuruuteen (Kuva 28). Laboratoriolaitteet ja -palvelut -kategoria muodostaa merkittävän osan myös luonnon- ja lääketieteellisten yksiköiden hiilijalanjäljistä.

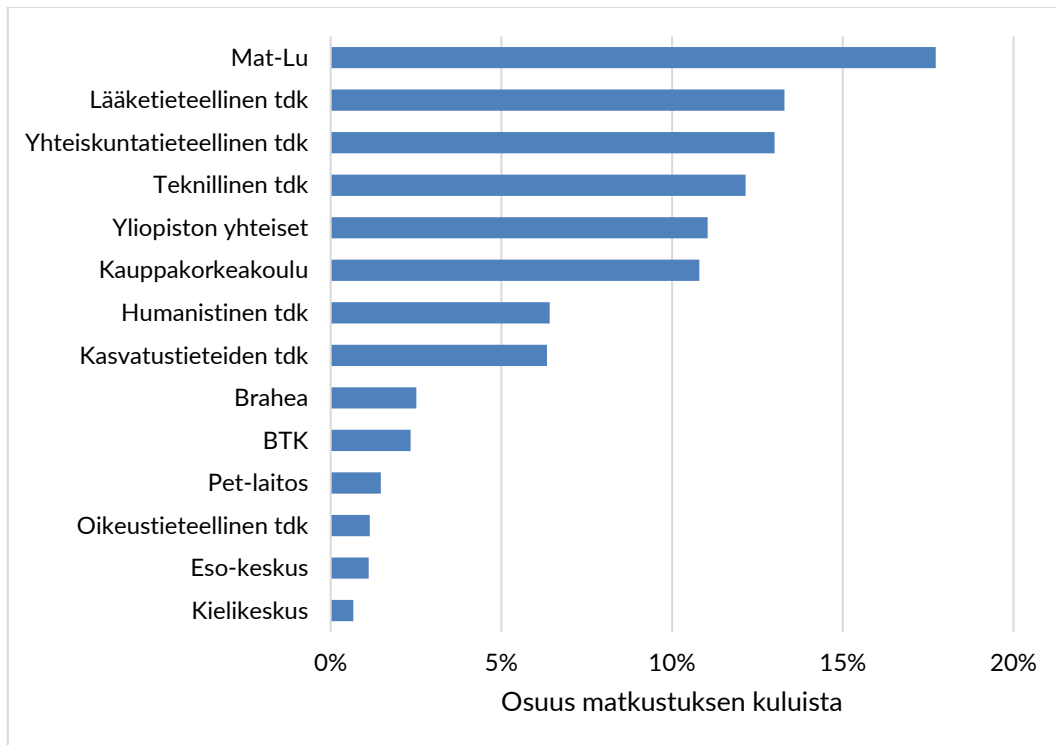


Kuva 27. Turun yliopiston tiedekuntien ja laitosten luontojalanjäljet kategorioittain jaoteltuna.



Kuva 28. Turun yliopiston tiedekuntien ja laitosten hiilijalanjäljet kategorioittain jaoteltuna.

Työmatkustamisen haittojen jakautumista yksiköiden välillä voidaan arvioida kulujakauman perusteella (Kuva 29). Jakauma ei kerro, miten kulut ja siten myös haitat kohdistuvat eri matkustusmuotoihin, mutta toimii suuntaa antavana havainnollistuksena matkustamisen eroista Turun yliopiston yksiköissä. Kulujen ohella muuta yksikkökohtaista tietoa matkustamisesta ei ollut saatavilla, mutta jatkossa työmatkustamisen tapoja voisi olla hyödyllistä tarkastella yksityiskohtaisemmalla tasolla.



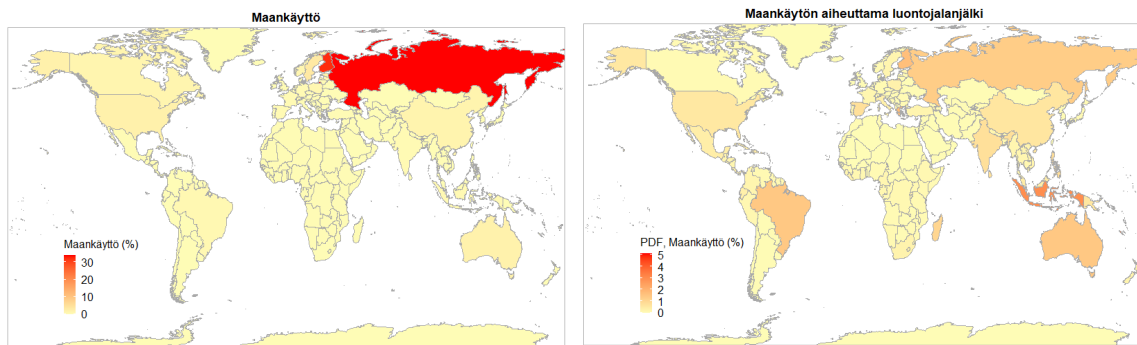
Kuva 29. Työmatkustamisen kulujen jakautuminen Turun yliopiston yksiköiden välillä.

### 3.3 Luontojalanjäljen maantieteellinen jakautuminen

Käytetty laskentamenetelmä mahdollistaa myös luontojalanjäljen maantieteellisen kohdistuksen tarkastelun maan- ja merenkäytön sekä saasteiden osalta. Laskelma perustuu Suomen keskimääräisiin tietoihin eri tuotekategorioiden käytettyjen tuotantopanosten alkuperämaista. Taustalla ei ole siis tietoa siitä, missä juuri Turun yliopiston hankkimat tuotteet on valmistettu. Lisäksi on hyvä huomioida, että luontojalanjäljen alkuperän selvittämisessä käytetty aineisto pohjautuu vuoden 2011 globaalin talouden rakenteeseen. Tulevissa arvioissa tausta-aineistoa pystytään päivittämään, vähintään vuoden 2019 aineistoa vastaaviksi. Tämänhetkisten karttakuvien luontojalanjäljen jakautuminen ei ota huomioon työmatkustamisen eikä energiankulutuksen aiheuttamien haittojen jakautumista.

Hankintojen aiheuttamasta maankäytöstä 34,2 % kohdistui Venäjälle. Seuraavaksi eniten maankäyttöä kohdistui Suomeen (32,4 %) ja Ruotsiin (3,6 %). Vaikka valtaosa maankäytöstä kohdistui Venäjälle ja Suomeen, kumpikaan valtio ei yllä kymmenen suurimman alueen joukkoon, kun tarkastellaan maankäytön aiheuttamaa luontojalanjälkeä. Kolme suurinta maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen vastaanottajaa olivat pienet saarivaltiot kuten Guam (5,2 %), São Tomé ja Príncipe (4,9 %) sekä Pohjois-Mariaanit (4,5 %), jotka eivät pienen kokonsa vuoksi erotu kartalta. Maankäytön ja sen aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen on esitetty Kuvassa 30.

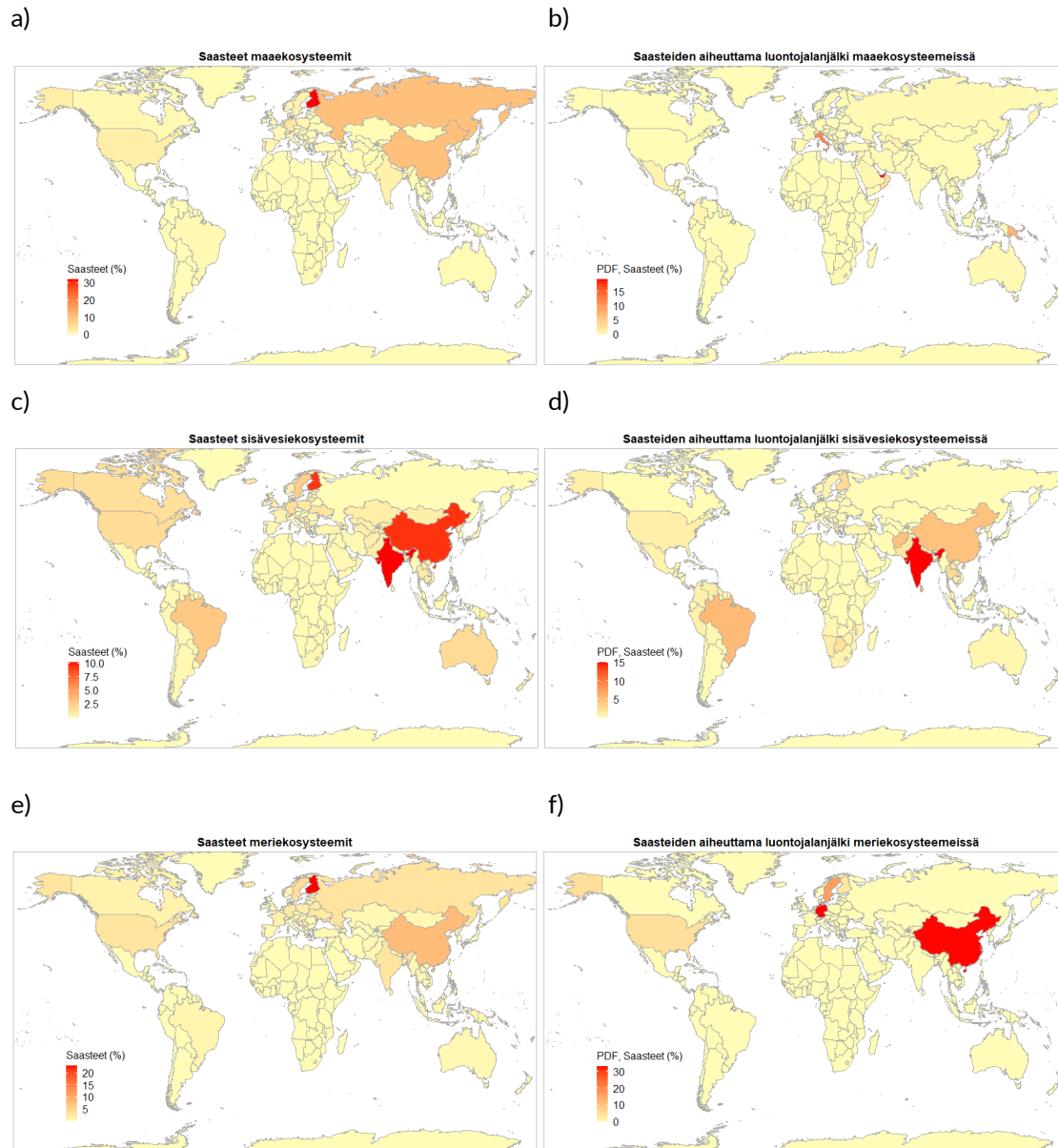
Maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen maantieteellinen sijainti eroaa itse maankäytön maantieteellisestä sijainnista, sillä käytetty luontojalanjäljen mittari kuvaa todennäköisesti häviävien lajien osuutta globaalisti. Siksi tietty määrä maankäyttöä lajirikkailla alueilla lähellä päiväntasaajaa aiheuttaa enemmän luontohaittaa kuin sama määrä maankäyttöä esimerkiksi Suomessa. Eli suurimmat jalanjäljet kohdistuvat tyypillisesti lajirikkaisiin maihin, joissa maan- ja vedenkäyttö sekä saastuminen vaikuttaa useampaan eliölajiin.



Kuva 30. Maankäytön (m<sup>2</sup>) sekä maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen (PDF) maantieteellinen jakautuminen.

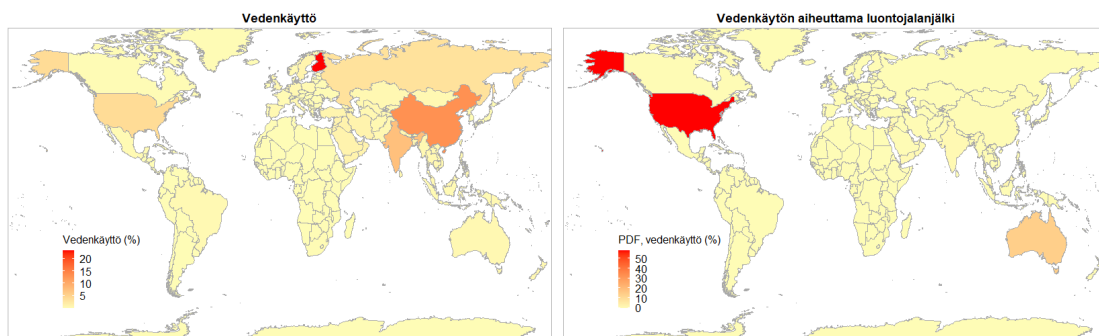
Saasteita kohdistui maaekosysteemien osalta eniten Suomeen (32,3 %), sisävesiekosysteemien osalta Intiaan (10,2 %) ja meriekosysteemien osalta myös Suomeen (23,1 %). Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki puolestaan kohdistui maaekosysteemien osalta eniten Arabiemiraatteihin (19,4 %), sisävesiekosysteemien osalta Intiaan (15,1 %) ja meriekosysteemien osalta Saksaan ja Kiinaan (kumpikin 33 %). Saasteiden ja niiden aiheuttamien luontojalanjälkien jakautumista on tarkasteltu Kuvassa 31.





Kuva 31. Saasteiden ja niiden aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen a)-b) maaekosysteemeissä, c)-d) makean veden ekosysteemeissä ja e)-f) meriekosysteemeissä.

Vedenkäyttöä kohdistui eniten Suomeen (23,6 %), Kiinaan (13,3 %) ja Intiaan (7,7 %). Vedenkäytön aiheuttamasta luontojalanjäljestä eniten taas kohdistui Yhdysvaltoihin (58,5 %), Australiaan (14,4 %) ja Jordaniaan (5,1 %). Jakaumia on tarkasteltu Kuvassa 32. Maan- ja vedenkäytön ja saasteiden, sekä niiden aiheuttamien luontojalanjälkien jakautumista valtioiden ja alueiden kesken on avattu tarkemmin Liitteessä 3.

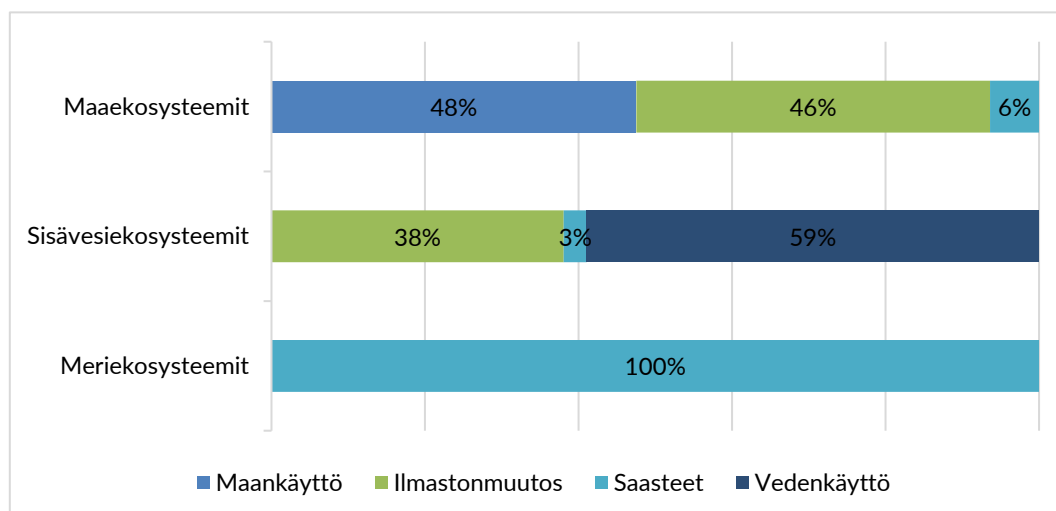


Kuva 32. Vedenkäytön (kg), sekä vedenkäytön aiheuttaman luontojalanjäljen (PDF) maantieteellisen jakautuminen.

### 3.4 Luontojalanjäljen jakautuminen luontohaitan ajureittain

Luontojalanjäljen koostumusta voidaan tutkia myös luontohaitan ajureiden mukaan, erikseen maa-, meri- ja sisävesiekosysteemeille. Luontohaitan ajureiden tarkastelussa ei ole huomioitu työmatkojen, ajoneuvojen käytön tai energiankäytön luontohaittoja, sillä niiden laskennassa huomioitiin eri määrä luontohaitan ajureita.

Maaekosysteemeihin kohdistuva luontojalanjälki muodostuu suunnilleen puoliksi maankäytön ja ilmastonmuutoksen aiheuttamista luontohaitoista (Kuva 33). Sisävesiekosysteemeihin kohdistuvassa luontojalanjäljessä merkittävimmissä roolissa ovat saasteet (59 %). Meriekosysteemeihin kohdistuva luontojalanjälki koostuu pelkästään saasteista, sillä laskentamenetelmällä ei toistaiseksi ole mahdollista huomioida muita luontokadon ajureita meriekosysteemeissä.



Kuva 33. Luontohaitan ajureiden osuudet kuhunkin ekosysteemityyppiin kohdistuneesta luontojalanjäljestä. Jakauma ei huomioi matkustamisen ja energiankulutuksen luontojalanjälkeä.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

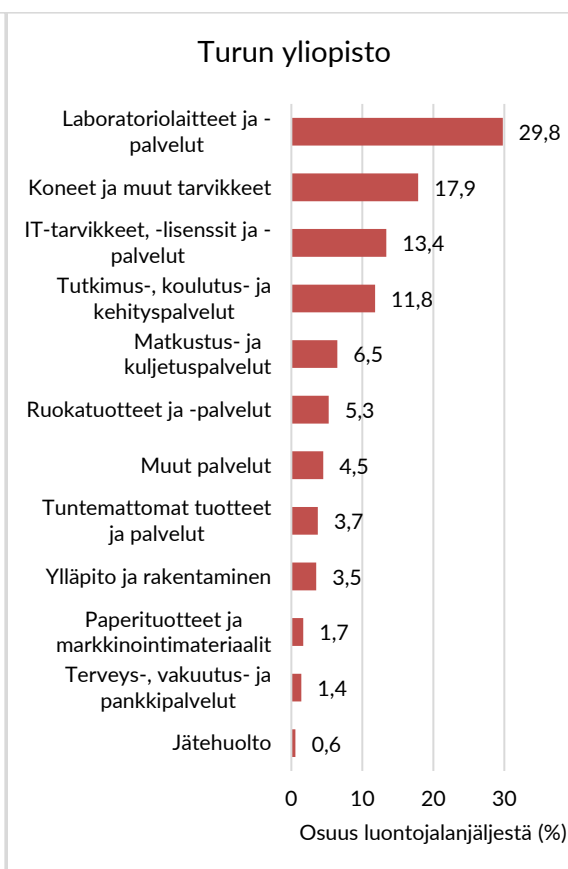
### 4.1 Tulosten vertailu muihin tutkimuksiin

Organisaatioiden luontojalanjäljen laskenta on vielä nuori tutkimusala, eikä vertailukohtia siksi ole vielä kovin montaa. Jyväskylän ja Turun yliopistot ovat suomalaisista korkeakouluista ensimmäisiä, jotka ovat selvittäneet oman toimintansa luontojalanjäljen vastaavilla menetelmillä. Yliopistot ovat erikokoiset ja niiden tutkimusprofiilit eroavat toisistaan, mutta tuloksia voidaan kuitenkin vertailla suhteessa henkilöstömäärään tai toiminnan osa-alueisiin. Luontojalanjäljen laskentamenetelmät vastaavat toisiaan energiankäyttöä lukuun ottamatta. Vuonna 2022 Jyväskylän yliopiston luontojalanjälki oli suuruudeltaan 26,8 nBDe, ja suhteessa henkilöstömäärään tulos on 0,01 nBDe/hlö (Jyväskylän yliopiston laskelmat 2023, ei julkaistu). Turun yliopiston luontojalanjälki oli 96,6 nBDe, ja suhteessa henkilöstömäärään 0,03 nBDe/hlö.

a)



b)



Kuva 34. a) Jyväskylän yliopiston ja b) Turun yliopiston vuoden 2022 luontojalanjäljet. Luontojalanjäljen kategorisoinnissa on pieniä eroavaisuuksia. Energiankulutus on rajattu tämän vertailun ulkopuolelle.

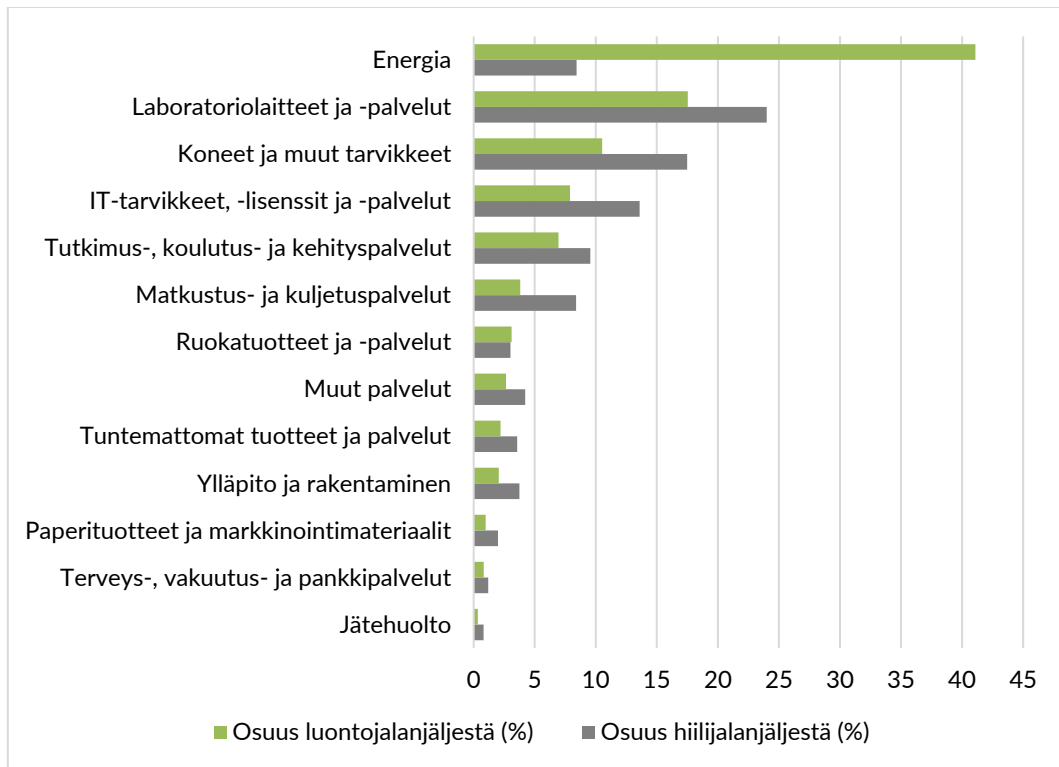
Tässä raportissa esiteltiin luontojalanjäljen laskelmaan verrattuna Jyväskylän yliopiston selvityksessä oli mukana samat toiminnan osa-alueet, mutta laskelmien kattavuudessa tai tarkkuudessa saattaa olla pieniä eroavaisuuksia. Energian luontojalanjälkeä tarkasteltiin tarkasteltiin Jyväskylän yliopistossa eri menetelmällä, joten energiankäyttö on rajattu pois tästä vertailusta, ja prosenttiosuudet luontojalanjäljestä on laskettu ilman energiankäytön luontojalanjälkeä. Vertailussa havaitaan muutamia selkeitä eroavaisuuksia. Turun yliopiston luontojalanjäljestä noin kolmannes muodostuu laboratoriolaitteista ja -palveluista, kun taas Jyväskylän yliopiston tapauksessa osuus on vain noin 5 %. Yliopistojen erilaiset tutkimusprofiilit selittävät tätä eroa. Ruokatuotteiden ja -palveluiden hankinnat muodostivat Jyväskylän yliopiston luontojalanjäljestä noin 14 %, ja vastaava osuus Turun yliopistolla oli noin 5 %. Toisaalta luontojalanjälki oli samansuuruinen esimerkiksi koneiden ja muiden tarvikkeiden ja tutkimus-, koulutus- ja kehityspalveluiden osalta.

Turun yliopiston toiminnalleen aiemmin laskema hiilijalanjälki vuonna 2022 oli 7 500 t CO<sub>2</sub>e, sisältäen kiinteistöt, matkustuksen, laboratoriotarvikkeet, tutkimuslaitteet, toimistotarvikkeiden ja työvälineiden hankinnat, jätteet, logistiikan ja siivouksen (Turun yliopisto 2024). Kiinteistöjen päästöissä ei huomioitu SYK Oy:n tilojen päästöjä (2 307 t CO<sub>2</sub>e) SYK Oy:n toteuttaman päästökompensaation vuoksi. Tässä raportissa Turun yliopistolle laskettu hiilijalanjälki oli suuruudeltaan noin 19 000 t CO<sub>2</sub>e, joka on Turun yliopiston aiempaan laskelmaan verrattuna selvästi suurempi. Laskelmien tuloksia ei voida kuitenkaan suoraan verrata toisiinsa, sillä niissä tarkasteltavat toiminnan osa-alueet eroavat toisistaan. Erot johtuvat kuitenkin esimerkiksi siitä, että tämän hankkeen laskelmassa ei ole huomioitu SYK Oy:n kiinteistöihin liittyviä kompensatioita. Päästöjen kompensointi ei muuta sitä, että päästöjä kuitenkin syntyy, joten kiinteistöjen päästöt on sisällytetty tähän laskelmaan kokonaisuudessaan. Toisin sanoen absoluuttisten päästöjen (päästöt ilman tasapainottavia kompensatioita) ja nettopäästöjen (päästöt ja niiden kompensatit) määrät olisi hyvä ilmoittaa selvyyden vuoksi aina erikseen. Tämä laskelma sisältää myös toista laskelmaa enemmän yliopiston toiminnan osa-alueita, sillä mukana ovat käytännössä kaikki varsinaisen toiminnan kulut. Aiempi hiilijalanjälkilaskelma taas perustuu arvioon keskeisimmistä päästöjen lähteistä. On siis loogista, että tämän laskelman arvio hiilijalanjäljestä on aiempaa suurempi, koska kattavuuskin on kasvanut.

Käytetyt päästökertoimet saattavat myös selittää eroja hiilijalanjälkilaskelmissa. Esimerkiksi junamatkustamisen osalta Turun yliopiston aiemmassa laskelmassa on käytetty Suomessa käytössä olevien sähköjunien päästökerrointa, kun taas tässä selvityksessä käytettiin keskimääräistä junien päästökerrointa, sillä tarkkaa tietoa junamatkojen kohteista ei ollut saatavilla. Muutoinkin laskelmissa käytetyt päästökertoimet ovat peräisin keskenään eri lähteistä, joten niissä voi esiintyä eroavaisuuksia. Tämä näkyy myös lentomatkustamista vertailtaessa. Turun yliopiston hiilijalanjälkilaskennassa käytetyt VTT:n päästökertoimet ovat selvästi suurempia kuin tässä laskelmassa käytetyt ecoinvent-tietokannan päästökertoimet.

## 4.2 Luonto- ja hiilijalanjälkien keskinäinen vertailu

Tässä selvityksessä monien kategorioiden luonto- ja hiilijalanjäljet olivat samansuuntaisia (Kuva 35). Poikkeuksiakin kuitenkin löytyy. Selkein esimerkki tästä on energiankulutus, joka muodostaa luontojalanjäljestä 41 %, mutta hiilijalanjäljestä vain 8 %. Muut poikkeukset ovat toisen suuntaisia; esimerkiksi koneet ja muut tarvikkeet -kategorian hankinnat muodostivat luontojalanjäljestä 11 %, mutta hiilijalanjäljestä 18 %. Samoin laboratoriolaitteet ja -palvelut -kategoria kattaa luontojalanjäljestä 18 %, mutta hiilijalanjäljestä 25 %.



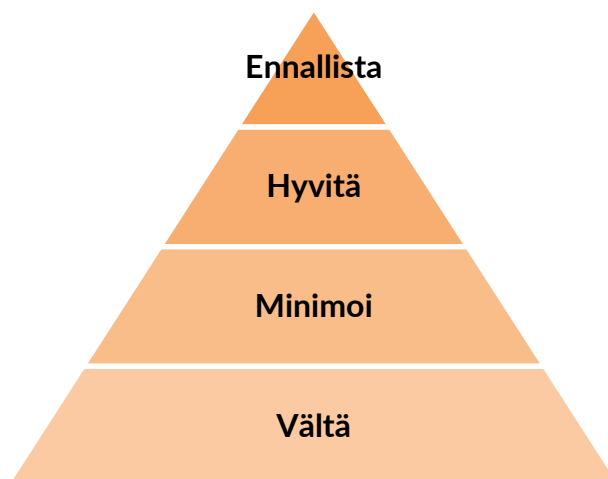
Kuva 35. Luonto- ja hiilijalanjäljen suhteelliset osuudet hankintakategorioittain.

Koska luontojalanjäljen laskennassa otetaan huomioon myös kasvihuonekaasupäästöjen vaikutus luontoon, on hiilijalanjälki käytännössä selvítettävä aina osana luontojalanjäljen laskentaa. Ilmastonmuutoksen osuus oli Turun yliopiston aiheuttamasta luontojalanjäljestä 47 % maaekosysteemeissä ja 38 % makeanveden ekosysteemeissä (Kuva 33), eli ilmastonmuutoksen osuus haitoista oli merkittävä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos luontojalanjälkeä pyritään pienentämään erilaisilla toimilla, on nykyisen arvion mukaan todennäköistä, että myös hiilijalanjälki pienenee. Pääsääntöisesti toimenpiteet, jotka tähtäävät luontojalanjäljen pienentämiseen auttavat leikkaamaan myös hiilijalanjälkeä ja päinvastoin. Näin ei kuitenkaan aina ole, kuten esimerkki energiankulutuksen haitoista osoittaa tässä ja aiemmissakin tutkimuksissa (Rehbein ym. 2020, Santangeli ym. 2016a, Santangeli ym. 2016b, Vainio ym. 2024). Haittojen vähentämisessä ei välttämättä törmätä tilanteisiin, joissa pitäisi valita joko luonto tai ilmasto toisen kustannuksella, mutta riskistä on syytä olla tietoinen. Kun toimenpiteitä haittojen vähentämiseksi suunnitellaan, on hyvä punnita valintojen vaikutuksia sekä hiili- että luontojalanjäljen kehittymiseen.

### 4.3 Hiili- ja luontojalanjäljen pienentäminen

Hiili- ja luontojalanjäljen pienentämiseksi tärkeää on ensisijaisesti välttää haitan aiheuttamista kokonaan. Haitan välttäminen ei kuitenkaan ole aina mahdollista, joten haittaa on pyrittävä

minimoimaan, hyvittämään ja ennallistamaan. Lievennyshierarkia on luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi kehitetty periaate, jonka mukaan ihmisen toiminnallaan aiheuttamat haitat luonnolle tulisi ensisijaisesti pyrkiä välttämään, toissijaisesti minimoimaan ja viimesijaisesti hyvittämään ne ekologisen kompensaation keinoin ja paikan päällä ennallistaen (Kuva 36, Moilanen & Kotiaho 2021, Sitra 2024). Lievennyshierarkian kolme ensimmäistä askelta soveltuvat myös hiilijalanjäljen pienentämiseen.



Kuva 36. Lievennyshierarkian tasot, joita noudatetaan alhaalta ylöspäin (Moilanen & Kotiaho 2021).

Lievennyshierarkian toteuttaminen voidaan aloittaa välttämällä haittoja ja minimoimalla aiheutuvien haittojen määrää. Tätä voidaan toteuttaa esimerkiksi välttämällä tarpeetonta kulutusta sekä valitsemalla sellaisia tuotteita ja hyödykkeitä, jotka aiheuttaisivat mahdollisimman vähän luontohaittoja. Esimerkiksi sen sijaan, että rakennettaisiin uutta, voitaisiin korjata vanhoja rakennuksia. Korjaamisen hiili- ja luontojalanjälki ovat todennäköisesti pienempiä verrattuna uudisrakentamisen jalanjälkiin, kuten esimerkiksi Tampereen kaupungin resurssiviisaan ja perinteisen rakentamistavan vertaileva hiili- ja luontojalanjäljen laskenta osoittaa (Pokkinen ym. 2024). Globaalia luontohaittaa voidaan vähentää myös esimerkiksi kohdistamalla erityistä huomiota tuotteisiin, joiden hankintaketju kohdistuu tuotantomaihin, jotka ovat luonnon monimuotoisuudeltaan erityisen rikkaita. Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi uuden ostamisen sijaan hyödyntää tavaroiden vuokraamista tai lainaamista eli vahvistaa organisaation kiertotalousperiaatteita. Yllä olevat toimenpiteet ja periaatteet on tärkeää integroida osaksi organisaation hankintaperiaatteita ja toimintakulttuuria.

Yliopiston kokonaisjalanjälkien ohella on hyvä tarkastella toiminnan osa-alueita myös erillisinä kokonaisuuksina ja pohtia, miten jalanjälkiä voitaisiin pienentää kunkin kategorian sisällä. Turun yliopiston tapauksessa energiankulutus muodosti merkittävän osan sekä luontoehtä hiilijalanjäljestä. Energiankulutuksen luonto- ja hiilijalanjälkeä voidaan pienentää kulutusta

vähentämällä, energiatehokkuutta parantamalla ja tuotantotapoja vaihtamalla. Energiankulutuksen suuri luontohaitta juontaa kuitenkin juurensa kulutusmäärän ohella puupolttoaineiden, erityisesti metsäpolttoaineiden, kuten metsätähdehakkeen tai kokopuu- ja rankahakkeen runsaaseen käyttöön energiantuotannossa. Polttoon perustumattomiin energianlähteisiin siirtyminen pienentäisi Turun yliopiston luontojalanjälkeä 39 % ja hiilijalanjälkeä 0,7 %. Puupolttoaineiden käyttö kaukolämmöntuotannossa on yleistynyt viime vuosien aikana, kun turpeen ja muiden fossiilisten polttoaineiden käyttöä on vähennetty (SVT 2024). Ilmaston kannalta puupolttoaineet voivat siis olla esimerkiksi turvetta parempi vaihtoehto, mutta luonnon monimuotoisuuden osalta asia ei ole yksiselitteinen (Rehbein ym. 2020, Santangeli ym. 2016a, 2016b; Vainio ym. 2024). Lisäksi puun polton kategorisoimista hiilineutraaliksi pidetään ongelmallisena (Norton ym. 2019). Polttoon perustumattomat energiantuotannon muodot vaikuttaisivat monessa tapauksessa olevan parempi vaihtoehto sekä hiili- että luontojalanjäljen kannalta (Rinne ym. 2019, UNECE 2022), mutta tällaisen kaukolämmön saatavuus voi toistaiseksi olla rajallista.

Vähentämistoimenpiteitä voidaan kohdistaa myös yliopiston työmatkojen ja ajoneuvojen hiili- ja luontojalanjäljen vähentämiseen. Keinoja yliopiston ajoneuvojen hiili ja luontojalanjäljen pienentämiseksi voisivat olla ajosuoritteen vähentäminen tai ajoneuvokannan sähköistäminen. Työmatkojen hiilijalanjäljen vähentämisestä on jo useita esimerkkejä Suomessa ja maailmalla (Ahonen ym. 2021, El Geneidy ym. 2021b). Eurooppalaisissa yliopistoissa ja instituutioissa on kehitetty ohjesääntöjä vastuullisempaan työmatkailuun (ETH Zürich 2019, Le Quéré ym. 2015, LUCSUS 2018, University of Groningen 2019). Tehokkaita keinoja hiili- ja luontojalanjäljen vähentämiseen voivat olla esimerkiksi kotimaan lentojen korvaaminen junamatkoilla (Baumeister 2019) ja keskipitkien ja pitkien lentojen vähentäminen edellä mainitun vastuullisen työmatkailun ohjeistuksella. Esimerkkejä erilaisten toimenpiteiden vaikutuksista Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälkiin on koottu Taulukkoon 3. Vähennysprosentit ovat esimerkkejä, joiden avulla on tarkoitus havainnollistaa toimenpiteiden vaikuttavuutta, eivät niinkään suosituksia vähennystavoitteiksi. Vaikka haittojen vähentämisen toimenpiteitä on tehokkainta kohdentaa eniten haittoja aiheuttaviin toimintoihin, on tärkeää tehdä samalla myös pienempiä vähennystoimenpiteitä. Sekä luonto- että hiilijalanjälki muodostuvat monimutkaisesta kokonaisuudesta toimintoja, joten yhtä lailla ratkaisujenkin tulee olla kokonaisvaltaisia ja kohdistua toiminnan erilaisiin osa-alueisiin.

Yliopiston sisällä eri yksiköiden toiminta voi olla luonteeltaan hyvin erityyppistä. Esimerkiksi matemaattis-luonnontieteellisessä tai lääketieteellisessä tiedekunnassa tehdään paljon resurssi-intensiivistä tutkimusta, kun taas vaikkapa oikeustieteellisen tiedekunnan tai Kielikeskuksen toiminta vaatii energiaa ja materiaalisia resursseja huomattavasti pienemmässä mitassa. Tämä näkyy paitsi yksiköiden luonto- ja hiilijalanjäljissä, myös niiden vähentämismahdollisuuksissa. Vaaditaan pohdintaa siitä, miten haittoja voidaan vähentää ja resursseja käyttää viisaammin ilman että perustoiminnan edellytykset vaarantuvat. Toisaalta



kestävyyssiirtymän toteuttaminen yliopistoissa ja yhteiskunnassa vaatii kriittistä pohdintaa siitä, mitkä toiminnot ja perustehtävät ovat ylipäänsä kriittisiä.

Taulukko 3. Esimerkinomaisten toimenpiteiden vaikutus kategorian ja Turun yliopiston hiili- ja luontojalanjälkeen.

Kategoria	Toimenpide	Muutos kategorian luontojalanjäljessä	Muutos Turun yliopiston luontojalanjäljessä	Muutos kategorian hiilijalanjäljessä	Muutos Turun yliopiston hiilijalanjäljessä
Energia	Lämmönkulutuksen vähentäminen 20 %	- 17,4 %	- 7,1 %	- 12,0 %	- 1,0 %
	Sähkönkulutuksen vähentäminen 20 %	- 2,6 %	- 1,1 %	- 8,0 %	- 0,7 %
	Siirtymä polttoon perustumattomiin energianlähteisiin (tuuli-, aurinko-, vesi- ja ydinvoima sekä maalämpö)*	- 93,7 %	- 38,5 %	- 8,9 %	- 0,7 %
Työmatkat ja ajoneuvot	Ajoneuvokannan sähköistäminen	- 1,9 %	- 0,1 %	- 1,1 %	- 0,1 %
	Ajoneuvojen ajosuorituksen vähentäminen 50 %	- 1,8 %	- 0,1 %	- 1,7 %	- 0,1 %
	Kotimaan lentojen korvaaminen junamatkoilla**	- 1,9 %	- 0,1 %	- 5,9 %	- 0,5 %
	Keskipitkien ja pitkien lentojen vähentäminen 50 %	- 18,4 %	- 0,7 %	- 25,5 %	- 2,1 %
Materiaalit, palvelut ja muut hankinnat	Ympäristökriteerit hankinnoissa (50 % tavoiteltu vähennys)	- 50 %	- 27,7 %	- 50 %	- 45,8 %
Yhteensä			- 75,4 %		- 51,0 %

\*) Nykyinen sähkön kulutusmäärä jaettu tasan aurinko-, tuuli-, vesi- ja ydinvoimalle. Nykyinen lämmön kulutusmäärä jaettu tasan tuulisähkölle, ydinvoimalle ja maalämmölle.

\*\*) Junamatkojen hiilijalanjäljen laskennassa käytetty tässä yhteydessä VR:n ilmoittamaa päästökerrointa 1,5 g CO<sub>2</sub>e/hkm (VR Group 2023).

## 4.4 Laskennan kehittäminen

Tässä selvityksessä käytetyllä laskentamenetelmällä pystytään määrittämään erilaisten maankäytön muotojen, vedenkäytön, saasteiden sekä ilmastonmuutoksen vaikutukset luontojalanjälkeen (Verones ym. 2020). Toistaiseksi laskennassa ei pystytä huomioimaan esimerkiksi haitallisten vieraslajien vaikutuksia. Myöskään tietoa, joka mahdollistaisi meriekosysteemeihin

kohdistuvien ilmastomuutoksen vaikutusten huomioinnin, ei toistaiseksi vielä ole. Tätä selittää osin se, että vaikka ilmastomuutoksen vaikutusten vakavuudesta meriekosysteemeissä on tutkimustietoa, se on hajanaista ja vaikutusten mallinnustavat sekä käytetyt mittarit poikkeavat toisistaan (Boyce ym. 2022).

Myös muita luontojalanjäljen laskentamalleja on kehitetty viime vuosina (Crenna ym. 2020, Lammerant ym. 2022, Damiani ym. 2023). Menetelmät malleissa kehittyvät jatkuvasti ja kattavat yhä enemmän tietoa ympäristöön kohdistuvista paineista. Esimerkiksi meriekosysteemien osalta kehitteillä on muovijätteen vaikutukset huomioiva menetelmä (Høiberg ym. 2022) ja maaekosysteemien osalta on tehty ensimmäisiä arvioita haitallisten vieraslajien leviämisen luontojalanjäljestä kansainvälisen kaupan seurauksena (Borgelt ym. 2024).

Luontojalanjäljen mittarit perustuvat usein ekosysteemien laajuuteen ja kuntoon tai lajiston elinvoimaisuuteen (Marques ym. 2017, UNEP-WCMC ym. 2022). Tässä tutkimuksessa käytetty globaali luontoekvivalentti (BDe) mittaa Suomessa tehtyjen hankintojen vaikutusta koko maailman lajeihin (Verones ym. 2020). Globaali mittakaava tarkastelussa on tärkeä, sillä lajin häviäminen globaalilla tasolla on peruuttamatonta, kun taas alueellisesti hävinnyt laji voi olla vielä mahdollista palauttaa luontoon (Verones ym. 2022). Silti myös alueellinen tieto lajiston elinvoimaisuudesta on arvokasta erilaisten ekosysteemien toiminnan ja niiden ylläpitämien prosessien kannalta paikallisesti. Koska luonnon monimuotoisuus pitää kokonaisuudessaan sisällään monitasoisen verkoston erilaisia toimijoita, niiden ylläpitämiä toimintoja sekä niiden välisiä suhteita, myös monimuotoisuuden mittaamisen menetelmien täytyy kehittyä ottamaan huomioon kokonaisvaltaisia prosesseja (Marquardt ym. 2019, Kortetmäki ym. 2021, Mayor ym. 2024).

## 4.5 Suosituksia seuraaviksi toimenpiteiksi

Tämän hankkeen tavoitteena on jalkauttaa luontojalanjäljen laskenta osaksi Turun yliopiston vuotuista toimintaa ja ympäristövaikutusten seuranta ja tarjota siten keinoja luontojalanjäljen pienentämiseksi. Ensimmäinen laskentakerta on aina seuraavia työläämpi, sillä ensimmäisellä kerralla selvitetään tietolähteitä ja muotoillaan organisaatiolle sopivia toimintatapoja ja laskentamallia, joita voidaan hyödyntää tulevaisuudessakin. Jatkossa laskenta onnistuu kevyemmällä resursseilla, kun pohjatyö on kertaalleen tehty. Luontojalanjäljen laskentaa voidaan jatkossa toteuttaa hiilijalanjälkilaskennan rinnalla, kuten tässä raportissa on toimittu. Laskennan toteuttaminen ja jatkokehitys vaatii kuitenkin aina resursseja ja jalanjälkien perusteella tehtävien toimenpiteiden toteuttaminen vaatii johdon sitoutumista. Aidosti vaikuttavien toimenpiteiden aikaansaaminen vaatii luontotyön nostamista osaksi strategista päätöksentekoa – organisaation tulisi asettaa konkreettinen, mitattava vähennystavoite ja tavoite luonnon kokonaisparaneman saavuttamiseksi.

Tulevaisuudessa luontojalanjälkilaskelman kattavuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi säilyttämällä laskentaan myös Turun yliopiston sijoitustoiminnan (vrt. Pokkinen ym. 2024) tai kotimatkojen ja opiskelijavaihtojen vaikutukset. Tarkkuustasoa taas voidaan parantaa tarkastelemalla kirjanpidon tilien sisältöjä yksityiskohtaisemmin, jolloin hankintoja pystytään luokittelemaan EXIOBASEn kategorioihin tarkemmin.

Ensimmäisen laskentakerran myötä on hahmottunut käsitys siitä, minkälaista tietoa hiili- ja luontojalanjäljen laskentaan tarvitaan ja mistä sitä voidaan saada. Turun yliopisto voi halutessaan tarkastella tiedonkeruun tapoja ja toiminnan tilastointia myös sen kannalta, mikä olisi hyödyllistä hiili- ja luontojalanjälkilaskennan kannalta. Myös erilaiset datankeruun automatisoinnin keinot pienentäisivät manuaalisen työn tarvetta laskennassa jatkossa. Turun yliopisto valmistelee parhaillaan biodiversiteettistrategiaa, josta tulee osa yliopiston laajempaa ympäristöohjelmaa. Yliopiston luontojalanjäljen seurannan kehitys on tarkoitus liittää osaksi strategian toimenpiteitä, mikä osaltaan varmistaa laskennan jatkokehitystä.

## Lähteet

- Ahonen, V., Siljander, M., Pellikka, P., Johansson, T., & Rask, M. (2021). The Sustainability of Academic Air Mobility in Finnish Universities. *Sustainability*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su13052948>
- Baumeister, S. (2019). Replacing short-haul flights with land-based transportation modes to reduce greenhouse gas emissions: The case of Finland. *Journal of Cleaner Production*, 225, 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.329>
- Borgelt, J., Dorber, M., Géron, C., Kuipers, K. J. J., Huijbregts, M. A. J., & Veronesi, F. (2024). What Is the Impact of Accidentally Transporting Terrestrial Alien Species? A New Life Cycle Impact Assessment Model. *Environmental Science & Technology*, 58(7), 3423–3436. <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08500>
- Boyce, D. G., Tittensor, D. P., Garilao, C., Henson, S., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Pigot, A., Reyes, R. B. Jr., Reygondeau, G., Schleit, K. E., Shackell, N. L., Sorongon-Yap, P., & Worm, B. (2022). A climate risk index for marine life. *Nature Climate Change*. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01437-y>
- Bull, J. W., Taylor, I., Biggs, E., Grub, H. M., Yearley, T., Waters, H., & Milner-Gulland, E. J. (2022). Analysis: the biodiversity footprint of the University of Oxford. *Nature*, 604(7906), 420–424. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01034-1>
- CBD. (2020). Global Biodiversity Outlook 5. Montreal. Saatavilla osoitteessa: <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-en.pdf>
- Ceballos, G., & Ehrlich, P. R. (2006). Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(51), 19374–19379. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609334103>
- Crenna, E., Marques, A., La Notte, A., & Sala, S. (2020). Biodiversity Assessment of Value Chains: State of the Art and Emerging Challenges. *Environmental Science & Technology*, 54(16), 9715–9728. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05153>
- Damiani, M., Sinkko, T., Caldeira, C., Tosches, D., Robuchon, M., & Sala, S. (2023). Critical review of methods and models for biodiversity impact assessment and their applicability in the LCA context. *Environmental Impact Assessment Review*, 101, 107134. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107134>
- El Geneidy, S., Alvarez Franco, D., Baumeister, S., Halme, P., Helimo, U., Kortetmäki, T., Latva-Hakuni, E., Mäkelä, M., Raippalinna, L.-M., Vainio, V., & Kotiaho, J. S. (2021a). Sustainability for JYU: Jyväskylän yliopiston ilmasto- ja luontohaitat. Jyväskylän yliopisto, JYU.Wisdom - School of Resource Wisdom. *Wisdom Letters*, 2/2021. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:jyu-202104232476>
- El Geneidy, S., Baumeister, S., Govigli, V. M., Orfanidou, T., & Wallius, V. (2021b). The carbon footprint of a knowledge organization and emission scenarios for a post-COVID-19

- world. *Environmental Impact Assessment Review*, 91(July), 106645.  
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106645>
- El Geneidy, S., Baumeister, S., Peura, M. & Kotiaho, J.S. (2023). Value-transforming financial, carbon and biodiversity footprint accounting (preprint). Saatavilla:  
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2309/2309.14186.pdf>
- ETH Zürich. (2019). Stay Grounded, keep connected. ETH Zurich flight emissions: Reduction targets and corresponding measures. Saatavilla: <https://ethz.ch/content/dam/ethz/associates/services/organisation/Schulleitung/mobilitaetsplattform/ETH%20Zurich%20flight%20emissions-%20Reduction%20targets%20and%20corresponding%20measures.pdf>
- Høiberg, M. A., Woods, J. S., & Verones, F. (2022). Global distribution of potential impact hotspots for marine plastic debris entanglement. *Ecological Indicators*, 135, 108509.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108509>
- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: A harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>
- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. Saatavilla osoitteessa: <https://zenodo.org/records/3553579>
- Kortetmäki, T., Puurtinen, M., Salo, M., Aro, R., Baumeister, S., Duflot, R., Elo, M., Halme, P., Husu, H.-M., Huttunen, S., Hyvönen, K., Karkulehto, S., Kataja-aho, S., Keskinen, K. E., Kulmunki, I., Mäkinen, T., Näyhä, A., Okkolin, M.-A., Perälä, T., ... JYU.Wisdom community. (2021). Planetary well-being. *Humanities and Social Sciences Communications*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00899-3>
- Kotiaho, J. S., & Hovi, M. (2002). Correcting species richness hotspots for latitudinal gradients: A new method. *Annales Zoologici Fennici*, 39. Saatavilla:  
<https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/63721>
- Lammerant, J., Driesen, K., Verhelst, J. & De Ryck, J. (2022). Assessment of Biodiversity Measurement Approaches for Businesses and Financial Institutions. EU Business @ Biodiversity Platform, Update Report 4. Saatavilla: [https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/as-sets/pdf/2022/Update%20Report%204\\_Final.pdf](https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/as-sets/pdf/2022/Update%20Report%204_Final.pdf)

- Le Quéré, C., Capstick, S., Corner, A., Cutting, D., Johnson, M., Minns, A., Schroeder, H., Walker-Springett, K., Whitmarsh, L., Wood, R. (2015). Towards a culture of low-carbon research for the 21st Century. Tyndall Centre for Climate Change Research. Working Paper 161. Saatavilla: <https://tyndall.ac.uk/sites/default/files/publications/twp161.pdf>
- Lund University Centre for Sustainability Studies (LUCSUS). (2018). Travel policy. Saatavilla: [https://www.lucsus.lu.se/sites/lucsus.lu.se/files/lucsus\\_travel\\_policy.pdf](https://www.lucsus.lu.se/sites/lucsus.lu.se/files/lucsus_travel_policy.pdf)
- Marquardt, S. G., Guindon, M., Wilting, H. C., Steinmann, Z. J. N., Sim, S., Kulak, M., & Huijbregts, M. A. J. (2019). Consumption-based biodiversity footprints – Do different indicators yield different results? *Ecological Indicators*, 103, 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.022>
- Marques, A., Veronesi, F., Kok, M. T., Huijbregts, M. A., & Pereira, H. M. (2017). How to quantify biodiversity footprints of consumption? A review of multi-regional input–output analysis and life cycle assessment. *Current opinion in environmental sustainability*, 29, 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.005>
- Mayor, S., Allan, E., Altermatt, F., Isbell, F., Schaepman, M. E., Schmid, B., & Niklaus, P. A. (2024). Diversity–functioning relationships across hierarchies of biological organization. *Oikos*, 2024(1), e10225. <https://doi.org/10.1111/oik.10225>
- Moilanen, A., & Kotiaho, J. S. (2021). Three ways to deliver a net positive impact with biodiversity offsets. *Conservation Biology*, 35(1), 197–205. <https://doi.org/10.1111/cobi.13533>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), Article 6772. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Norton, M., Baldi, A., Buda, V., Carli, B., Cudlin, P., Jones, M. B., Korhola, A., Michalski, R., Novo, F., Oszlányi, J., Santos, F. D., Schink, B., Shepherd, J., Vet, L., Walloe, L., & Wijkman, A. (2019). Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. *GCB Bioenergy*, 11(11), 1256–1263. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12643>
- Paikallisvoima 2023. Kaukolämpöverkon päästöt, Rauman Energia Oy. Saatavilla: [https://www.klpaastolaskuri.fi/paastot/Rauman%20Energia%20Oy%20-%20Rauma%20\(2018%E2%80%932022\)/1ce88a6f02a68a614d9f37e97872253a/d82c8d1619ad8176d665453cfb2e55f0](https://www.klpaastolaskuri.fi/paastot/Rauman%20Energia%20Oy%20-%20Rauma%20(2018%E2%80%932022)/1ce88a6f02a68a614d9f37e97872253a/d82c8d1619ad8176d665453cfb2e55f0) (luettu 12.10.2023)
- Peura, M., El Geneidy, S., Pokkinen, K., Vainio, V & Kotiaho, J.S. (2023). Väliraportti: S-ryhmän luontojalanjälki. <https://doi.org/10.17011/jyureports/2023/20>
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344(6187), 1246752. <https://doi.org/10.1126/science.1246752>

- Pokkinen, K., El Geneidy, S., Peura, M., Vainio, V. & Kotiaho, J.S. (2023). Jyväskylän yliopiston ylioppilaskunnan hiili- ja luontojalanjälki. <https://doi.org/10.17011/jyureports/2023/19>
- Pokkinen, K., Kotiaho, J.S., Nieminen, E., Ollikainen, L., Peura, M., Pykäläinen, E., Savolainen, V., Tuunanen, S., Vainio, V., & El Geneidy, S. (2024). Tampereen kaupungin hiili- ja luontojalanjälki. JYU Reports 34. Saatavilla: <https://doi.org/10.17011/jyureports/2024/34>
- Pörtner, Hans-Otto, Scholes, Robert J., Agard, John, Archer, Emma, Arneeth, Almut, Bai, Xue-mei, Barnes, David, Burrows, Michael, Chan, Lena, Cheung, Wai Lung (William), Diamond, Sarah, Donatti, Camila, Duarte, Carlos, Eisenhauer, Nico, Foden, Wendy, Gasalla, Maria A., Handa, Collins, Hickler, Thomas, Hoegh-Guldberg, Ove, ... Ngo, Hien. (2021). Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change (Version 5). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5101125>
- Raven, P. H., Gereau, R. E., Phillipson, P. B., Chatelain, C., Jenkins, C. N., & Ulloa Ulloa, C. (2020). The distribution of biodiversity richness in the tropics. *Science Advances*, 6(37), eabc6228. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc6228>
- Rehbein, J. A., Watson, J. E. M., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C., & Allan, J. R. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global Change Biology*, 26(5), 3040–3051. <https://doi.org/10.1111/gcb.15067>
- Rinne, S., Auvinen, K., Reda, F., Ruggiero, S., & Temmes, A. (2019). *Clean district heating—How can it work?* (Aalto University Publication Series. BUSINESS + ECONOMY). <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8722-1>
- Román-Palacios, C., Moraga-López, D. & Wiens, J.J. (2022) The origins of global biodiversity on land, sea and freshwater. *Ecology Letters*, 25, 1376–1386. <https://doi.org/10.1111/ele.13999>
- Santangeli, A., Di Minin, E., Toivonen, T., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., & Moilanen, A. (2016a). Synergies and trade-offs between renewable energy expansion and biodiversity conservation – a cross-national multifactor analysis. *GCB Bioenergy*, 8(6), 1191–1200. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12337>
- Santangeli, A., Toivonen, T., Pouzols, F. M., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., & Moilanen, A. (2016b). Global change synergies and trade-offs between renewable energy and biodiversity. *GCB Bioenergy*, 8(5), 941–951. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12299>
- Sanyé-Mengual, E., Biganzoli, F., Valente, A., Pfister, S., & Sala, S. (2023). What are the main environmental impacts and products contributing to the biodiversity footprint of EU consumption? A comparison of life cycle impact assessment methods and models. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(9), 1194–1210. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02169-7>

- Sitra. (2024). Lievennyshierarkia. [viitattu 2.2.2024] Saatavilla: <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/lievennyshierarkia/>
- Schluter, D., & Pennell, M. W. (2017). Speciation gradients and the distribution of biodiversity. *Nature*, 546(7656), Article 7656. <https://doi.org/10.1038/nature22897>
- Stadler. (2023). Pymrio: Multi-Regional Input-Output Analysis in Python. Saatavilla: <https://pymrio.readthedocs.io/en/latest/intro.html>
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C. J., Simas, M., Schmidt, S., ... & Tukker, A. (2018). EXIOBASE 3: Developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 502–515. <https://doi.org/10.1111/jiec.12715>
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J. H., Theurl, M. C., Plutzer, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., ... Tukker, A. (2021). EXIOBASE 3 (3.8.2) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5589597>
- [SVT] Suomen virallinen tilasto (SVT): Sähkön ja lämmön tuotanto [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-5072. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 2.2.2024]. Saantitapa: <https://stat.fi/tilasto/salatuo>
- Tilastokeskus. (2023a). Kuluttajahintaindeksi. [viitattu 20.11.2023] Saatavilla: <https://pxdata.stat.fi:443/PxWeb/sq/837462c3-57b2-4fa4-ab27-6784e653e408>
- Tilastokeskus. (2023b). Ostajanhinta. [viitattu 20.11.2023] Saatavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/os-tajanhinta.html>
- Tilastokeskus. (2023c). Perushinta. [viitattu 20.11.2023] Saatavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/perus-hinta.html>
- Tittensor, D. P., Mora, C., Jetz, W., Lotze, H. K., Ricard, D., Berghe, E. V., & Worm, B. (2010). Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 466(7310), Article 7310. <https://doi.org/10.1038/nature09329>
- Turun yliopisto. (2024). Turun yliopiston hiilijalanjälki. Saatavilla: <https://www.utu.fi/fi/yliopisto/kestava-kehitys/hiilijalanjalki> (luettu 3.6.2024)
- UNECE. (2022). *Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources*. United Nations. <https://doi.org/10.18356/9789210014854>
- University of Groningen. (2019). High-speed travel by train. The UG's new travel policy in simple steps. Saatavilla osoitteessa: <https://www.rug.nl/about-us/who-are-we/sustainability/greenoffice/news/new-travel-policy-map>
- Vainio, V. & El Geneidy, S. (2021). Sustainability for JYU: Jyväskylän yliopiston ilmasto- ja luontohaitat 2020. *JYU Reports*, 13. Saatavilla: <https://doi.org/10.17011/jyureports/2021/13>



- Vainio, V., El Geneidy, S., Halme, P., Peura, M. & Kotiaho, J.S. (2024). Biodiversity impact of the consumption of peat and wood-fired district heating (preprint). Saatavilla: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2024.03.19.585717v1>
- Verones, F., Hellweg, S., Antón, A., Azevedo, L. B., Chaudhary, A., Cosme, N., ... & Huijbregts, M. A. (2020). LC-IMPACT: A regionalized life cycle damage assessment method. *Journal of Industrial Ecology*, 24(6), 1201–1219. <https://doi.org/10.1111/jiec.13018>
- VR Group 2023. Vastuullisuusraportti 2022. Saatavilla: [https://vrgroup.studio.cras-man.cloud/file/dl/i/HWSWzQ/eYR8XOVqzb0Gn\\_fjZWwkeg/VR\\_Group\\_Vastuullisuusraportti\\_2022.pdf](https://vrgroup.studio.cras-man.cloud/file/dl/i/HWSWzQ/eYR8XOVqzb0Gn_fjZWwkeg/VR_Group_Vastuullisuusraportti_2022.pdf)
- WEF (2024). The Global Risks Report 2024. 19th Edition. World Economic Forum. Saatavilla osoitteessa: [WEF The Global Risks Report 2024.pdf \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2024)
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

## Tekijät

Veera Vainio, FM, Projektitutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisausyhteisö Wisdom, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0003-0272-0055

Sami El Geneidy, KTM, Väitöskirjatutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisausyhteisö Wisdom, Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0003-4408-5256

Janne S. Kotiaho, FT, Ekologian professori, Jyväskylän yliopiston resurssiviisausyhteisö Wisdom, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0002-4732-784X

Jutta Mäkinen, FM, Kestävän kehityksen asiantuntija, Kumppanuudet ja vaikuttavuus, Turun yliopisto

Laura Ollikainen, Tutkimusavustaja, Jyväskylän yliopiston resurssiviisausyhteisö Wisdom, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

Krista Pokkinen, DI, Projektitutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisausyhteisö Wisdom, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0001-5840-2705

Juulia Räikkönen, FT, Yliopistotutkija, Turun yliopiston biodiversiteettiyksikkö, Turun yliopisto, ORCID ID: 0000-0002-2551-9162

Petteri Siika-aho, FM, Kehittämisasiantuntija, Kumppanuudet ja vaikuttavuus, Turun yliopisto

Ilari E. Sääksjärvi, FT, Biodiversiteettitutkimuksen professori, Turun yliopiston biodiversiteettiyksikkö, Turun yliopisto, ORCID ID: 0000-0002-8107-5607

Aliisa Wahlsten, FM, Tutkimusavustaja, Turun yliopiston biodiversiteettiyksikkö, Turun yliopisto

# Liitteet

## Liite 1

Turun yliopiston absoluuttinen (nBDe ja t CO<sub>2e</sub>) ja suhteellinen (%) luonto- ja hiilijalanjälki sekä suhteelliset kulut kategorioittain.

Kategoria	Luonto- jalanjälki (nBDe)	Osuus luontoja- lanjäljestä (%)	Päästöt (t CO <sub>2e</sub> )	Osuus hiilija- lanjäljestä (%)	Osuus ku- luista* (%)
Energia	39,8	41,1	1 607,2	8,4	N/A
Laboratorio- laitteet ja -palvelut	17,0	17,5	4 578,7	24,0	13,3
Koneet ja muut tarvikkeet	10,2	10,5	3 336,7	17,5	17,6
IT-tarvikkeet, -lisenssit ja -palvelut	7,6	7,9	2 593,1	13,6	16,8
Tutkimus-, koulutus- ja kehityspalvelut	6,7	7,0	1 824,0	9,6	20,4
Ruokatuotteet ja -palvelut	3,0	3,1	575,3	3,0	4,5
Muut palvelut	2,6	2,7	805,8	4,2	6,6
Matkustus- ja kuljetuspalvelut	3,7	3,7	1600,0	8,4	6,3
Tuntemattomat tuotteet ja palvelut	2,1	2,2	681,0	3,6	4,1
Ylläpito ja rakentaminen	2,0	2,1	714,9	3,7	5,1
Paperituotteet ja markkinointimateriaalit	1,0	1,0	380,6	2,0	2,6
Terveys-, vakuutus- ja pankkipalvelut	0,8	0,8	227,4	1,2	2,4
Jätehuolto	0,3	0,3	154,5	0,8	0,2

\*) Osuus laskennassa huomioitujen tilien kuluista.

## Liite 2.

Luonto- ja hiilijalanjälkilaskennan tulokset kirjanpidon tileittäin.

Tili	Sisältö	Hiilijalanjälki (t CO2e)	Luontojalanjälki (nBDe)
<b>Laboratoriolaitteet ja -palvelut</b>		<b>4 578,70</b>	<b>16,97</b>
430900	Laboratoriolaitteet	147,48	0,45
431300	Hoitotarvikkeet	3,69	0,01
431350	Laboratoriotarvikkeet	613,74	1,87
431400	Laboratoriokemikaali	2 849,24	9,44
431900	Koe-eläimet	570,94	3,57
432100	Rehut	146,76	0,92
434900	LaborLaittKunnossapi	246,84	0,71
<b>Koneet ja muut tarvikkeet</b>		<b>3 336,68</b>	<b>10,18</b>
420090	PoistoKoneet&Laittee	1 790,83	5,40
420100	Poistot, kalusto	316,24	0,95
420110	PoistoMuutAineelHyöd	4,29	0,01
430600	Tilojen varusteet	29,12	0,10
430700	MuutTeknisetTarvikke	23,38	0,08
431000	Matkapuhelimet	76,78	0,23
431050	Kalusteet	114,62	0,36
431100	MuutPienhankinnat	61,28	0,19
431200	PuhdAineetTarvikkeet	65,66	0,21
431360	Käyttöomaisuushankin	319,91	1,00
431700	Toimistotarvikkeet	31,10	0,10
431800	OpetMat ja koulutarv	69,14	0,22
432100	Muut eläintarvikkeet	14,35	0,05
432300	Vaatetus	57,61	0,22
432500	Lahjat	10,21	0,03
432600	MuutAineetTavarat	222,53	0,70
436400	Kopiokonevuokrat	33,51	0,11
436500	Muut vuokrat	83,52	0,18
440300	Muut henkilöstökulut	12,59	0,04
<b>IT-tarvikkeet, -lisenssit ja -palvelut</b>		<b>2 593,12</b>	<b>7,63</b>
420030	Poistot, lisenssit	39,91	0,14
420040	PoistoTietokoneohjel	52,89	0,18
430800	IT-laitteet	487,48	1,41
431500	IT-tarvikkeet	102,51	0,30
431600	AV-tarvikkeet	1,05	0,00
434300	IT-asiantuntijapalv	125,06	0,43
434400	IT-sovelluspalvelut	5,17	0,02
434500	IT-käyttöpalvelut	316,55	1,09
434850	Mediatiedostojen tek	2,38	0,01
435000	IT-laittKunnossapito	1,97	0,01
435400	Kaukopalvelumaksut	0,42	0,00

436300	IT-laitevuokrat	3,87	0,01
438300	Elektroniset kausiju	613,92	1,54
438500	ElektrKurssimat.	47,36	0,12
438700	Elektroniset kirjat	141,54	0,36
438900	MuuElektrAineisto	119,85	0,30
439000	Muu tietoaaineisto	4,33	0,01
439100	IT-ohj. lisenssit	308,93	1,06
439200	Muut lis.ja patentit	103,93	0,30
439300	Muut käyttömaksut	73,86	0,21
441600	Kiinteät puhelinkulu	1,63	0,01
441700	Matkapuhelinkulut	18,16	0,06
441900	IT-tietoliikennekulu	20,34	0,06
<b>Tutkimus-, koulutus- ja kehityspalvelut</b>		<b>1 824,01</b>	<b>6,73</b>
434700	Koulutuspalvelut	55,78	0,17
434820	Asiantuntijapalvelut	839,01	3,32
434830	Tutkimuspalvelut	341,27	1,35
437300	PerustutkApurKotim	9,62	0,03
437400	PerustutkApurUlkom	96,02	0,29
437500	JatkotutkApurKotim	95,13	0,29
437600	JatkotutkApurUlkom	10,17	0,03
437700	UlkomVaihtoOpiskSuom	11,39	0,03
437800	Matka-apurahat	46,11	0,24
437850	UlkopMyöntApurahat	11,34	0,03
437900	Muut apurahat	282,39	0,85
438000	Stipendit	13,51	0,04
439800	KoulPalvelutHlö	12,25	0,04
<b>Ruokatuotteet ja -palvelut</b>		<b>575,31</b>	<b>3,00</b>
432200	ElintarvikkeetJuomat	15,14	0,08
433700	Ravitsemispalvelut	216,09	1,13
433800	Oppilasruokailu	92,61	0,48
436600	PäivärahatAteriakorv	160,45	0,84
442325	Yksityinen kulutus	0,03	0,00
442350	Kokouskulut	90,99	0,48
<b>Muut palvelut</b>		<b>805,78</b>	<b>2,57</b>
434810	Käännöspalvelut	82,79	0,24
435600	Muut palvelut	239,50	0,85
436810	OsallMaksutHlö	106,65	0,38
436820	MuuKonfOsallMaksut	14,53	0,05
437100	Työ- ja käyttökorvau	244,79	0,71
440100	HlökunnanVirkistys	30,97	0,10
442300	Edustuskulut	0,03	0,00
442400	Jäsenmaksut kotim	55,06	0,16
442500	Jäsenmaksut ulkom	31,46	0,09
<b>Matkustus- ja kuljetuspalvelut</b>		<b>90,36</b>	<b>0,24</b>
430400	PolttoVoiteluaineet		

434010	Kuljetuspalvelut	26,65	0,07
434020	Muuttopalvelut	22,81	0,06
436700	Matkustuspalvelut		
436800	Km-korvaukset		
436900	Muut matkakulut	1,60	0,00
437210	Matkakorvaus,palkkaj	18,49	0,05
442000	Postimaksut	20,81	0,07
<b>Tuntemattomat tuotteet ja palvelut</b>		<b>680,96</b>	<b>2,13</b>
420050	PoistoMuutAineetOik	13,79	0,04
420060	PoistoMuutPitkävaik	1,84	0,00
420115	PoistoSuunPoikkPoist	0,80	0,00
442760	Yhteistoim kulukorv	514,72	1,62
442800	Muut kulut	149,81	0,47
<b>Ylläpito ja rakentaminen</b>		<b>714,93</b>	<b>1,99</b>
420070	Poistot, rakennukset	42,39	0,09
420080	Poistot, rakenn.rake	1,65	0,00
430300	Vesi	3,88	0,01
430500	Rakennusmateriaalit	2,90	0,01
433200	Siivouspalvelut	408,81	1,18
433300	Pesulapalvelut	6,85	0,02
433400	VartiointiTurvallisP	92,56	0,27
433600	MuutYmpHoitopalv	8,22	0,02
434100	RakentSuunnPalvelut	6,27	0,02
434200	MuutRakKpPalvelut	66,39	0,20
435100	Muu kunnossapito	13,16	0,04
435700	Maanvuokrat	61,86	0,13
<b>Paperituotteet ja markkinointimateriaalit</b>		<b>380,64</b>	<b>0,96</b>
433000	Painatuspalvelut	82,76	0,21
438200	PainetutJulkaisut	21,24	0,05
438400	Painetut kurssikirja	85,75	0,22
438600	Muut painetut kirjat	31,52	0,08
441500	Ilmoituskulut	32,78	0,08
441501	Markk ja mainoskulut	38,97	0,10
441550	Julkaisumaksut	87,61	0,22
<b>Terveys-, vakuutus- ja pankkipalvelut</b>		<b>227,43</b>	<b>0,81</b>
435200	Pankkipalvelut	6,81	0,02
435550	Tilintarkastuspalvel	26,30	0,08
440700	Työterveyshuolto	164,48	0,62
440900	Irtaimistovak.	8,15	0,02
441000	Vastuuvakuutukset	1,46	0,00
441100	Ajoneuvovak.	1,56	0,00
441210	Henkilövakuutukset	8,44	0,02
441300	Kiinteistövak.	0,26	0,00
441400	Muut vakuutukset	8,58	0,02
442200	Perimiskulut	1,38	0,00

### Liite3.

Maankäytön, vedenkäytön ja saasteiden, sekä niiden aiheuttamien haittojen kohdistuminen. Listattuna kunkin ajurin ja haitan osalta 10 suurinta kohdetta.

Maankäyttö (m2)	%	Maankäytön aiheuttama luontojalanjälki (PDF)	%
Venäjä	34,2	Guam	5,2
Suomi	32,4	Sao Tome ja Principe	4,9
Ruotsi	3,6	Pohjois-Mariaanit	4,5
Yhdysvallat	2	Seychellit	3,8
Viro	1,9	Uusi-Kaledonia	3,6
Australia	1,8	Komorit	3,3
Kiina	1,5	Mayotte	3,2
Kanada	1,4	Indonesia	3
Norja	1,1	Samoa	2,8
Latvia	1	Amerikan Samoa	2,5
Saasteet, maaekosysteemit (kg)	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki maaekosysteemeissä (PDF)	%
Suomi	32,3	Yhdistyneet Arabiemiraatit	19,4
Kiina	10,5	Palestiina	13,2
Venäjä	10,4	Italia	12,3
Saksa	3,8	Libanon	10
Yhdysvallat	2,5	Papua Uusi-Guinea	7,5
Tanska	2,4	Kypros	6,8
Intia	2	Montenegro	4,1
Ruotsi	1,9	Qatar	4
Viro	1,8	Oman	3,3
Yhdistynyt kuningaskunta	1,5	Makedonia	2,8
Saasteet, sisävesiekosysteemit (kg)	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki sisävesiekosysteemeissä (PDF)	%
Intia	10,2	Intia	15,1
Kiina	9,5	Sri Lanka	6,7
Suomi	9,4	Brasilia	5,4
Brasilia	2,8	Afganistan	4,7
Brunei	2,8	Kiina	4,7
Ruotsi	2,5	Taiwan	3,2
Australia	1,8	Thaimaa	2,6
Yhdysvallat	1,7	Suomi	2,5
Kanada	1,6	Botswana	2,2
Saksa	1,6	Nepal	2,1
Saasteet, meriekosysteemit (kg)	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki meriekosysteemeissä (PDF)	%
Suomi	23,1	Saksa	33,3
Kiina	8	Kiina	33,1
Ruotsi	3,7	Ruotsi	16,7
Venäjä	3	Yhdysvallat	5,2
Yhdysvallat	3	Alankomaat	5
Intia	2,7	Suomi	3,8
Saksa	2,4	Latvia	0,5
Albania	2,3	Liettua	0,4
Bosnia ja Hertsegovina	2,3	Valko-Venäjä	0,4
Valko-Venäjä	2,3	Turkki	0,3

Vedenkäyttö (kg)	%	Vedenkäytön aiheuttama luontojalan- jälki (PDF)	%
Suomi	23,6	Yhdysvallat	58,5
Kiina	13,3	Australia	14,4
Intia	7,7	Jordan	5,1
Yhdysvallat	4,1	Bahama	3,5
Venäjä	3,3	Taiwan	2
Iran	1,2	Malesia	1,6
Irak	1,2	Intia	1,1
Israel	1,2	Puerto Rico	1
Jordania	1,2	Jemen	0,9
Kuwait	1,2	Libanon	0,9